60th ANNIVERSARY

60th ANNIVERSARY

60周年記念誌



公益社団法人 地盤工学会関西支部

Kansai Branch of The Japanese Geotechnical Society



60周年記念誌

公益社団法人 地盤工学会関西支部

Kansai Branch of The Japanese Geotechnical Society

Contents 目次

巻頭言

公益社団法人地盤工学会関西支部 支部長 **南荘 淳** ……001

祝 辞

関西支部創立60周年の祝辞
公益社団法人地盤工学会 会長 **大谷 順** ……002

よりよき社会をめざして
(公社)土木学会関西支部 支部長 **吉村 庄平** ……003

地盤工学会関西支部創立60周年を祝して
(一社)日本建築学会近畿支部支部長 **三輪 康一** ……004

地盤工学会関西支部創立60周年に寄せて
(公社)農業農村工学会会長(京都大学農学研究科 副研究科長・教授) **村上 章** ……005

記念講演

地盤工学会関西支部60周年記念講演
2038年南海トラフの巨大地震と大阪の地盤
京都造形芸術大学 学長・京都大学 名誉教授 **尾池 和夫** ……008

地盤工学会関西支部60周年記念講演
AI・ロボットとの共生社会の課題:共感、倫理、法制度
大阪大学大学院工学研究科 教授 **浅田 稔** ……010

記念式典・記念事業

60周年記念式典開催報告
神戸大学大学院農学研究科 准教授 **井上 一哉** ……014

国際講演会「Geotechnics and Energy」開催報告 ……015

地盤工学会関西支部 創立60周年記念
一般市民向け特別企画 福井県立恐竜博物館バスツアー
「福井の地質と化石発掘体験」……016

地盤工学会関西支部 創立60周年記念企画
斜面の動きを知る方法 ―計測結果の活用方法とその課題―
斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価
研究委員会成果報告会および
平成30年7月豪雨災害の調査中間報告 開催報告 ……017

地盤工学会関西支部 創立60周年記念企画
特別現場見学会「北陸新幹線事業について」開催報告 ……018

Kansai Geo-Symposium 2018
―地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム―
開催報告 ……019

60周年記念事業 地盤工学会関西支部
第7回若手セミナー ……020

60周年記念事業 地盤工学会関西支部
第8回若手セミナー ……021

エッセイ

関西地盤情報データベースと
二次覆工省略型地下河川シールドトンネル
一般財団法人地域地盤環境研究所 代表理事 京都大学 名誉教授 **足立 紀尚** ……024

「地盤の可視化」を目指して30年
(一財)災害科学研究所 理事長/大阪大学 名誉教授 **松井 保** ……025

土と基礎に心をよせて60年 元大手前大学 **福井 實** ……026

平成30年西日本集中豪雨災害を受けて
神戸大学 名誉教授 **沖村 孝** ……027

この10年を振り返って
「地盤工学は地盤災害対応にどのように貢献しているか」
京都大学 名誉教授 **大西 有三** ……028

関西国際空港と地盤工学
元関西国際空港用地造成株式会社 代表取締役専務 **古土井光昭** ……029

次の10年に向けて (一社)環境地盤工学研究所 理事長 **嘉門 雅史** ……030

50周年記念事業のことども
ニシキコンサルタント㈱ 顧問 **奥田 剛章** ……031

過去10年、支部60周年、人生100年
神戸大学 名誉教授 **田中 泰雄** ……032

安全な場所にまちを作ろう
(一社)近畿建設協会 理事長 **霜上 民生** ……033

カール・テルツァーギについて
京都大学 名誉教授 **岡 二三生** ……034

支部活動を支える人材と風土
大鉄工業株式会社 顧問 西日本旅客鉄道株式会社 技術顧問 **松田 好史** ……036

ひずみ計測の重要性 神戸大学 理事・副学長 **内田 一徳** ……037

シンガポールLTA国際諮詢委員会に参加して
㈱地域地盤環境研究所 代表取締役会長 **橋本 正** ……038

京都・大阪・神戸の地下水文化
関西大学環境都市工学部 教授 **楠見 晴重** ……039

進化する災害に対する国土・人心の強靱化
大阪大学 名誉教授 **常田 賢一** ……040

地盤を「じまん」
奥村組土木興業株式会社 環境開発本部 担当部長 **本井 敏雄** ……041

自然災害と人生 立命館大学 教授 **深川 良一** ……042

歴史的な難所に高速道路トンネルを建設
鹿島建設株式会社 顧問 **河本 克正** ……043

石碑にみる大阪の災害と伝承
大阪市立大学 大学院理学研究科 教授 **三田村宗樹** ……044

大学における教育改革について
摂南大学 教務部長 **伊藤 譲** ……045

私と地盤工学との関わり
西松建設㈱ 関西支店 支店長 **木村 博規** ……046

大阪港の開発と地盤工学
大阪市港湾局長・地盤工学会関西支部 副支部長 **藪内 弘** ……047

タイの友人 京都大学大学院工学研究科 教授 **大津 宏康** ……048

幹事長時代の想い出 神戸大学大学院 教授 **澁谷 啓** ……049

「手離れのよい事業」をこえて
京都大学大学院地球環境学堂 教授 **勝見 武** ……050

宅地を対象とした地盤調査一斉試験
大阪市立大学大学院 教授 **大島 昭彦** ……051

月の位置 神戸大学 教授 **芥川 真一** ……052

建設プロジェクト

三都の地盤に刻む鉄路
～京阪神における10年間の鉄道整備プロジェクト～
西日本旅客鉄道株式会社 深田 隆弘 …… 054

神戸空港島の建設
神戸市みなと総局工務部 藤元 功
神戸市みなと総局工務部 長谷川憲孝 …… 056

京阪中之島線の建設工事
京阪電気鉄道㈱ 経営企画部 課長 定藤誠一郎 …… 060

阪神なんば線（西大阪延伸線）建設事業
阪神電気鉄道㈱都市交通事業本部 工務部長 原田 大 …… 063

大阪港における咲洲･舞洲･夢洲の土地造成とその技術
大阪市港湾局 計画整備部 保全監理課 設計担当課長代理 長谷 徹 …… 066

市街地における浅層大断面
４連メガネトンネル（小路トンネル）の施工記録
西日本高速道路㈱ 関西支社 建設事業部 水野 希典 …… 068

神戸港港島トンネルの延伸工事
神戸市みなと総局海岸防災部 青位 宙 …… 073

一般国道162号　京北トンネル
京都市建設局 道路建設部長 西 靖彦 …… 075

阪神高速２号淀川左岸線
阪神高速道路株式会社 技術部技術企画課 課長代理 渡辺 真介 …… 079

日本最高高さ300m　あべのハルカスの基礎構造設計
㈱竹中工務店 技術研究所 地盤･基礎部 基礎構造グループ長 濱田 純次
㈱竹中工務店 設計本部 アドバンストデザイン部門 マネージャー 平川 恭章 …… 081

金出地ダム建設事業における地質対策と
試験湛水状況について
兵庫県西播磨県民局光都土木事務所 ダム管理課 課長 松下 彰夫
兵庫県県土整備部土木局 河川整備課 足立 和士 …… 083

新名神　宝塚北ＳＡにおける高盛土の設計施工
西日本高速道路株式会社 本社 建設事業本部 建設事業部 技術管理課 山口 卓位 …… 087

阪神高速６号大和川線
阪神高速道路株式会社 技術部技術企画課 課長代理 渡辺 真介 …… 090

安威川ダムにおける基礎岩盤の性状とその確認結果について
大阪府 安威川ダム建設事務所 岡野 嵩史
大阪府 安威川ダム建設事務所 関本 武史 …… 092

魚崎ポンプ場更新事業の設計と施工
神戸市建設局下水道部 浮田 悦男
神戸市建設局東水環境センター 吉田 芳徳
神戸市建設局下水道部 有吉 隆宏
神戸市建設局東水環境センター 石飛 賢治 …… 096

地質リスクの試行的な取組事例
－紀勢自動車道での経験を活かして－
国土交通省 近畿地方整備局 道路部 道路工事課 改良係長 大森 功一
国土交通省 近畿地方整備局 企画部 企画課 課長補佐 立田 安礼 …… 098

自然災害

平成21年台風9号による地盤災害
㈱ダイヤコンサルタント関西支社 鏡原 聖史
神戸大学大学院 澁谷 啓 …… 104

紀伊半島豪雨災害の総括
立命館大学理工学部 教授 深川 良一 …… 106

2011年紀伊半島大水害での奈良県における調査研究
大阪市立大学大学院理学研究科 教授 三田村宗樹 …… 108

和歌山県における紀伊半島豪雨災害の報告
和歌山大学 教授 江種 伸之 …… 109

三重県における紀伊半島豪雨災害の報告
三重大学大学院生物資源学研究科 教授 酒井 俊典 …… 111

2013年淡路島付近で発生した地震
神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 鍬田 泰子 …… 113

平成30年（2018年）大阪府北部の地震に対する災害調査
大阪府北部の地震に対する災害調査団 …… 116

大阪における伏在活断層
（一財）地域地盤環境研究所 業務執行理事 岩崎 好規 …… 118

歴史遺産と地盤工学

歴史的地盤構造物の保全に対する地盤工学の役割
京都大学大学院 教授 三村 衛 …… 124

城郭石垣の保存と地盤工学
（協）関西地盤環境研究センター 顧問 西形 達明 …… 128

世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」の
地盤災害と保全に向けた取り組み
立命館大学 総合科学技術研究機構 石田 優子
中央開発 関西支社 矢野 晴彦 …… 132

関西支部の活動

流域地盤災害研究委員会と国際会議
京都大学名誉教授 岡 二三生 …… 138

地盤構造物の再生技術に関する研究委員会の報告
立命館大学 理工学部 教授 建山 和由 …… 139

兵庫県南部地震を後世に伝承するための研究委員会
神戸大学大学院 教授 澁谷 啓 …… 142

地下建設工事においてトラブルが発生しやすい
地盤の特性とその対応技術に関する研究委員会
㈱地域地盤環境研究所 代表取締役会長 橋本 正
京都大学大学院工学研究科 教授 木村 亮
㈱地域地盤環境研究所 部長 譽田 孝宏 …… 143

『「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える
調査研究委員会』の活動報告
立命館大学理工学部 教授 深川 良一 …… 145

南海トラフ巨大地震に関する被害予測と防災対策研究委員会
京都大学 教授 三村 衛
関西大学 准教授 飛田 哲男 …… 147

「斜面動態モニタリングに基づく
斜面安定性評価研究委員会」の活動報告
立命館大学理工学部 教授 深川 良一 …… 149

関西の地盤情報に基づく
防災ハザードマップ開発研究委員会の活動報告
大阪市立大学大学院 教授 大島 昭彦 …… 151

滋賀地域地盤研究会の活動報告
立命館大学理工学部 教授 深川 良一 …… 153

和歌山地域地盤研究会の10年
和歌山大学 教授 江種 伸之 …… 154

福井地域地盤研究会
NPO福井地域地盤防災研究所 荒井 克彦 …… 155

地盤工学広報企画委員会の活動
地盤工学会関西支部 地盤工学広報企画委員会 委員長（大阪大学） 乾 徹 …… 156

日中地盤工学技術交流会
株式会社 地域地盤環境研究所代表取締役会長 橋本 正
京都大学 大学院農学研究科 准教授 藤澤 和謙
清水建設株式会社執行役員関西圏土木担当 辻 俊一 …… 157

■座談会 …… 159　　■資　料 …… 201



巻頭言

公益社団法人地盤工学会関西支部 支部長
南 荘　　淳

公益社団法人地盤工学会関西支部は、ちょうど今から60年前の昭和33年11月6日に、当時土質工学分野を専門とする関西の研究者、技術者により立ち上げられました。

その後、土質工学は地盤工学として発展し、関西国際空港や本四連絡橋などをはじめとする高速道路、鉄道、超高層ビルなど、関西における大規模プロジェクト開発を支えてきました。また、阪神淡路大震災など多発する大地震や豪雨による自然災害に対しても、少なからず貢献をしてまいりました。

この間、当支部を支えていただきました会員の皆様に、あらためてお礼の言葉を述べさせていただきます。

日本では、60歳に達すると干支が一巡することから還暦と呼び、もう一度新たな人生が始まると考えられていますが、私たち関西支部も創立から60年を迎え、再度原点に戻って新たな発展のスタートの年にしたいと考えています。

さて、人々の営みは、古代(いにしえ)より大地と共にあり、私たちの祖先は、水路を拓(ひら)き大地を耕し、新たな生活空間を築くことで、文明を発展させてきました。

まさに、この営みは自然との闘いと言っても良く、時には大きなしっぺ返しを受けながら、またそれを乗り越える術(すべ)も見つけてきました。

これら大地を相手とした、自然との闘いと共生の歴史の根底には、我々の地盤工学があったと言っても過言ではありません。

また将来においても、安全で快適な社会を築くための様々な活動に寄与し、一方で避けることのできない多くの自然災害を克服していくために、人工知能やロボットの力を借りながら、我々の地盤工学の役割はますます大きくなっていくものと予想されます。

関西は、大和王権誕生以来、明治まで一貫して日本国の中心であった歴史があり、また現代でも、多くの新しい文化や発明、発見が、この関西から起こっています。

このような活力ある関西において、我々地盤工学会関西支部は、公益社団法人として、今まで以上に社会との繋がりを深め、市民の皆様に地盤工学の重要性や必要性を理解していただく努力を重ねながら、社会とともに歩んでいくことが重要であると思われます。

本誌は、主としてこの10年間の歩みを総括するとともに、60周年事業の全体テーマである、「温故知新－歴史と文化が育む関西の地盤工学と未来技術－」をキーワードとして、諸先輩はじめ、支部に所縁のある方々から寄せられたエッセイや複数の座談会により、地盤工学会関西支部の今を集大成したものであります。

会員の皆様はじめ関係者の皆様に広くご高覧いただき、今後とも支部活動にご支援いただきますよう、お願い申し上げます。

平成30年11月６日
公益社団法人地盤工学会関西支部
支部長　南荘　淳



関西支部創立60周年の祝辞

Congratulatory address for the 60th anniversary of
The Kansai Branch of The JGS

公益社団法人地盤工学会 会長
大谷　順

まずはこのたび、地盤工学会関西支部創立60周年を迎えられた事、地盤工学会を代表し、関西支部会員の皆様に心よりお慶び申し上げます。突然個人的な印象で恐縮ですが、私は学生時代に名古屋にいた関係で、関西支部の方々には大変お世話になっており、地盤工学や土質力学について多くのことを学ぶ機会をいただきました。この記憶は、名古屋大学の地盤系の先生方がその当時、川本先生、植下先生、松尾先生、浅岡先生等、関西支部出身の方が多かったことからもその印象が強いのかもしれません。そういう意味では、土質力学および地盤工学については関西支部が発祥地のような感があったことは間違いありません。

さて、この度は創立60周年ということですが、ご存じのように50周年の際には、私の恩師でもある浅岡先生が当時の会長のお立場で、祝辞を述べられています。よって今回の私が述べる祝辞はその後の10年間ということになろうかと思います。しかしその前に、やはり1987年の第8回アジア地域会議（京都会議）と2005年の第16回国際地盤工学会議（大阪会議）で大成功を納められたことは未だに忘れることはありません。私自身は京都会議の時はまだ留学中で参加できませんでしたが、実は2015年に開催した第15回アジア地域会議（福岡会議）の際に、日本への招致の理由に、この京都会議を最後にわが国で地域会議が開催されていないということを多くの会員の方が指摘されたことと、京都会議が如何に成功裡に終えられたかという結果が、実行委員会としてたいへんなプレッシャーになったことを記憶しています。また大阪会議は私自身も参加したので鮮明に記憶しており、足立実行委員長、嘉門総務部会長のリーダーシップの下で、全員発表させる等の新たな運営方法も導入され、参加者数も海外から1000名を超え、大盛況だったこと、地盤工学会として大きな布石を残されたと思っております。

さて、本題の50周年以降についてですが、私の前任の第34代会長は京都大学の村上先生であり、関西支部所属会員の方です。村上先生は２年間でいくつかの業績を残されておりますが、地盤品質判定士が、国土交通省により宅地防災分野として初めて認可されたことは学会にとりまして大きな一歩だと思います。また2011年の全国大会を岡実行委員長の下で、神戸市において開催していただきましたが、大変な盛況ぶりだったことを記憶しています。

私は現在九州支部に所属していますが、今日の支部活動は極めて困難な状況にあります。その中で、関西支部は会員数が多いこともありますが、着実に活動を推進されており、他支部のお手本になっていることは間違いありません。この10年間におけるそれらいくつかを紹介すると、まずは以前から継続的に毎年開催されているシンポジウムですが、特に2013年からはKansai Geo-Symposiumを立ち上げられ、その後毎年継続されています。また学会における社会貢献を重要視され、出前授業を継続的に実施されており、加えて、産業界からの会員および地方自治体とうまく連携することで建設トラブルに関する専門的立場での支援活動も積極的に行われています。その他、今日国民が最も警戒している南海トラフ地震に関する研究委員会を、京都大学の三村先生が委員長の下で立ち上げられ、その実態と対策について議論され、いつもタイムリーな委員会設置をされていることに感銘いたします。また2014年には国際的な活動として岡実行委員長の下で、第14回IACMAG「地盤力学における計算機手法と最近の進歩に関する国際会議」が京都で開催され、数値解析に精通する多くの専門家が世界中から参加し、地盤工学に関する数値解析技術の最先端について議論されました。以上のような内容から見ても、関西支部の活動が活発であることに疑う余地はありません。

最後になりましたが、地盤工学会は来年70周年を迎えますが、関西支部で実施されているような学術的かつ社会的活動を公益社団法人として推進する必要があります。今後とも、わが国の地盤工学に関する諸問題解決のために益々のご活躍を祈念すると共に、関西支部のより一層のご発展をお祈り申し上げます。関西支部創立60周年、本当におめでとうございます。



よりよき社会をめざして

Aim to create better society

（公社）土木学会関西支部 支部長
吉村　庄平

本年度の土木学会関西支部長を拝命しております、大阪高速鉄道株式会社の吉村です。地盤工学会関西支部におかれましては、この度創立60周年の記念すべき節目をお迎えになられました。この間の皆様のご尽力に敬意を表しますとともに、心からお喜びを申し上げます。

土木学会関西支部も昨年創立90周年を迎え、2018年は両学会にとって新たな一歩を踏み出す記念すべき年となりました。しかしながら、一方で記録的な災害が発生した年にもなりました。６月18日には大阪府北部を震源とし、大阪の観測史上最大となる震度６弱の地震が発生、５名の尊い命が失われました。土木学会関西支部では、地震発生の当日より６名の先生方で調査団を立ち上げ、同様に調査団を立ち上げられた地盤工学会の先生方とも、緊密に連携をとりながら、地震及び地震被害の状況、災害対応等について調査を進めてまいりました。

また、続く７月には西日本を中心として多くの地域で観測史上１位の総雨量となった平成30年７月豪雨が発生しました。この豪雨による災害に関しても、土木学会、地盤工学会をはじめ、関連５学会で関西調査団を結成し、調査に取り組んでいるところです。

それぞれ、各学会と連携して調査速報会を開催し、被災状況と技術的見地からこの経験を今後どう活かしていくべきかなどについて、多くの皆様と共有することができました。

このような災害も一つの契機として、技術者が常に困難な状況を打破し、将来のあるべき社会の姿を見極め、時代のニーズにあった取り組みを進めるため、それまで当たり前だった考え方を超えてチャレンジすることで、インフラに関わる工学は進化、発展してまいりました。

私の経験から過去を思い返してみても、昭和58年に大阪府に入庁して最初に担当した総合治水対策では、行政が行う河川改修、下水道整備等に加えて、流域住民や企業の皆さんにも調整池の整備等、治水の役割を分担していただくという、全く新しい仕組みを構築しました。特に、現在整備が進められている地下河川においては、当時、治水施設として想定されていなかったため、地盤工学会の先生方にもご指導いただきながら、各種の実験を繰り返し、法整備や制度設計、基準づくりに係り、全国に情報発信したことは、今でも鮮明に覚えています。

関西には他にも、連続立体交差や流域下水道等、新たな発想のもと、全国に先駆けて取り組み、今では全国各地で見かける事業が数多くあります。

技術者は数多くの問題を解決しプロジェクトを成し遂げた時にこそ、大きなやりがいが感じられるものだったと思います。私自身も悩み、考え、実行し、失敗を繰り返しながらも得られた達成感と、自らの仕事が社会のお役に立っているという誇りが、土木技術者としての原動力になっていました。しかしながら、近年を振り返ると、法律や基準、予算、時間等の様々な厳しい制約の中で、若手技術者に対して、私の若い頃のように自由な発想ができる環境を十分に与えることができていたかは、残念ながら自信がありません。

今、関西では、鉄道インフラに限っても、リニア中央新幹線や北陸新幹線、なにわ筋線等、長年眠っていた夢のプロジェクトに動きが現れ、また、公営地下鉄を我が国で初めて民営化した大阪メトロが誕生するなど、ハード、ソフトともに、一時に比べて活気づいてきました。11月に万博の大阪・関西への誘致が成功すれば、インバウンド効果もあいまって、さらに勢いづくと確信しています。

災害への対応や、プロジェクトを推進する過程では必ず新たな課題が発生し、それを克服する新しい仕組みや技術が必要になります。昨今、働き方改革が話題になっていますが、技術者の柔軟かつ斬新な発想が困難に打ち勝ち、目標を達成し、彼らが社会への貢献や自身の成長を実感できるような環境づくりも働き方改革ではないでしょうか。

技術者が意気に感じて仕事ができる環境をつくり、技術者としてより良き社会を実現させていくためには、社会を下支えするインフラに関わる業界全体で取り組んでいく必要があると感じています。地盤工学会関西支部におかれましては、Kansai Geo-Symposiumをはじめ、様々な分野の学会・協議会等と連携して研究を進められるとともに、工学の研鑽に努めておられます。土木学会関西支部としましても、引き続き、地盤工学会の皆様、ひいては土木に関係する皆様と相互に密に連携をとりながら、この思いを実現していきたいと考えています。

末筆になりましたが、地盤工学会関西支部のますますのご発展と会員の皆様のご活躍を祈念いたしまして、60周年へのお祝いの言葉といたします。



地盤工学会関西支部 創立60周年を祝して

（一社）日本建築学会近畿支部支部長
三輪　康一

このたび、社団法人地盤工学会関西支部が60周年を迎えられ、盛大に記念式典が開催されますこと、建築学会近畿支部を代表して心よりお喜び申し上げます。

社団法人地盤工学会関西支部は 1958年にその前身である社団法人土質工学会の関西支部として発足し、その後、1995年に土質工学会が社団法人地盤工学会に改名したことに伴い地盤工学会関西支部として再出発され、アジア地域会議や国際地盤工学会議など国際会議の開催実績を積まれるとともに、関西において社会的な活動も積極的に進められるなか、2010年には公益社団法人として認定を受けられ、さらに活動の幅を広げられています。現在、個人会員数1,041名と学生会員154名、特別会員180団体を擁する学術団体として関西ではゆるぎない地位を築かれてこられました。

いうまでもなく、地盤は、その上に建つ構造物を支える基礎になるもので、建築物を扱う私ども建築学会とは深いつながりをもつものです。

ただ、世の中の建築はその大半が民間建築物でありその敷地はいわゆる民有地です。建築は、まず、その基本となる敷地単位で考え、さらにその延長上にある都市計画やまちづくりでは、それぞれの敷地と敷地の間の関係性を解いていかねばならない仕事です。しかし地盤、土質という対象は、民民の境界や官民の境界といった些細な社会的、経済的枠組みにはとらわれない、もっと大きな公共財としての位置づけをもっています。さらに、建築の機能的な寿命はたかだか、30年から50年で、それゆえ最近では空き家問題が深刻な都市政策課題となっているのですが。そこへいくと、地盤は有史以前に形成された組成が未来につづく悠久のタイムスパンをもっており、時間的、空間的にもまこと雄大な機運を感じますし、そこに、地盤工学研究と地盤工学会の活動の、優れて公益性をもつこと、取り組まれる方々の気概とそこに課せられた大きな使命も感じるわけです。

そのなかで、関西支部では、特に関西地域の社会への貢献、学術技術の進歩の促進、さらに技術者の資質向上をめざした活動、そして市民に向けた活動など公益性をもつ、意義ある事業を行っていらっしゃるとお聞き及びします。

研究活動としては、斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会、関西の地盤情報に基づく防災ハザードマップ開発研究委員会、福井、和歌山、滋賀地域の地域地盤研究などを継続的に実施されておられます。

また、このような学術研究活動に加えて、とくに、関西という地域の地域性に対応して、技術者向けの講習会や見学会、さらには、市民を対象とした、特別講演会やふるさと地盤診断ウォーク、高校生対象見学会、出前授業などを定期的に実施されており、その社会貢献活動には特筆すべきものがあると存じます。

地盤は、建築物が自立するための基盤でありますが、さらに、経済の基盤であり、社会と生活、生命の基盤であります。最近では、大阪北部地震や西日本豪雨など、地盤を含む地域の安全性について市民の関心が高まるなかで、安全なまちの基盤をつくる上で、地盤災害に対する備えはますます重要になってきています。

地盤工学会関西支部ではこれまでも災害時の緊急調査として、関西地域で発生する自然災害の調査を行ってこられましたが、本年に入っても、６月の大阪北部地震、７月の豪雨災害、台風被害に際し、いち早く被害調査を実施され報告書を公表されるなど社会的な使命をまっとうされています。貴会の社会に対する様々な活動には深く敬意を表する次第です。そして、今後、地盤工学会関西支部の果たす役割はますます重要になってくると存じます。

ところで、地盤工学会関西支部と日本建築学会近畿支部は、23年前の阪神・淡路大震災における地震被害に関する調査研究をはじめ、これまでも需要な課題に共同で取り組んでまいりましたが、今後も、これまで以上に、学術研究の発展に向けて緊密な連携を保ちつつ、とりわけ関西地域の都市や地域空間の安全性、保全や開発において貢献できるよう、ご一緒に活動していければと希望しております。

今日の貴会の隆盛に寄与してこられました各位の不断のご努力に対して深く敬意を表しますとともに、貴会のさらなるご発展と、災害の防止・軽減をめざして関西地域に対して一層ご貢献されることを祈念し、お祝いの言葉とさせていただきます。



地盤工学会関西支部 創立60周年に寄せて

（公社）農業農村工学会会長　（京都大学農学研究科 副研究科長・教授）
村上　章

このたび、地盤工学会関西支部が創立60周年を迎えられましたことを、衷心よりお祝い申し上げます。

30年の時を戻しますと、個人的回想で恐縮ですが小職は土質工学会（当時）関西支部30周年当時に支部幹事を務め、創立30周年記念事業実行委員会に属しました。当時の学会は正会員だけで12,000名を堅持するとともに、特別会員、国際会員とも右肩上がりの上昇傾向にあり、多くの事業が展開されました。また、土と基礎に特集「関西の土質と基礎」が組まれ、関西における土質工学的諸問題とその対応や、当時施工中のビッグプロジェクトとして関西国際空港、明石海峡大橋、関西学術文化研究都市が取り上げられました。30周年記念誌を手にすると、当時の好況が伝わります。現在の支部事務局で頻繁に開催された実行委員会において、丁々発止の議論を行いながら事業企画を深めていったことが懐かしく思い出されます。

30年を経過して学会名称は変わり、会員減少に代表されるように地盤工学会を取り巻く環境も大きく変化しました。2004年に学会本部で実施された中長期財務検討委員会検討結果に見られる会員減少予測のうち、会員数の現状は「楽観的なシナリオ」に近い推移をたどっています。最近では、学会論文集Soils and Foundationsが2012年からElsevier社とPublishing Partnership契約を交わしScienceDirect上で刊行されることで、実質的に競争力の高い国際ジャーナルになりました。これにより学会の国際情報発信力は著しく増強され、新たな展開が見られます。関西支部におかれては、Kansai Geo-Symposium、現場見学会、ふるさと地盤診断ウォーク、実技セミナー、若手セミナー、各種講習会に加えて、福井・和歌山地域の地盤研究会など多彩な行事を活発に展開されているところですが、これからの時代に適った積極的な活動をさらに進められることを祈念します。

農業農村工学分野では、施工後数十年を経過したダムやため池などの農業水利施設を対象として、点検・診断に基づく補修・更新や、耐震／洪水に対する安全性評価と対策が求められています。とりわけ、土構造物であるフィルダムやため池の保全管理にあたって、地盤地震工学、信頼性解析、逆解析ならびに内部侵食解析など多くの領域課題が関与し、貢献します。連携分野として地盤工学の学術・技術の進展を大いに期待するところです。

おわりに、地盤工学会関西支部の益々のご発展と会員各位のご活躍を祈念して、祝辞といたします。

記念講演

Memorial Lecture

『2038 年南海トラフの巨大地震と大阪の地盤』

京都造形芸術大学学長・京都大学 名誉教授
尾池　和夫

『AI・ロボットとの共生社会の課題：共感、倫理、法制度』

大阪大学大学院工学研究科 教授
浅田　稔



地盤工学会関西支部60周年記念講演
2038年南海トラフの巨大地震と大阪の地盤

京都造形芸術大学 学長・京都大学 名誉教授
尾池　和夫

１．変動帯の日本列島

日本列島は、４枚のプレートが集まる変動帯にできた島弧です。その列島を現す基本的な自然は、地震と噴火と津波です。そのことを基本にしながら、地球のことを考えてみたいと思います。そして、あと20年ほどで起こる南海トラフの巨大地震に備えてほしいと思います。とくに時間のかかる準備は今から始めていただきたいと思います。

２．東日本の巨大地震に学ぶ

2011年東北地方太平洋沖地震の仕組みを解説します。本震の直後、世界の人びとが映像を通じて情報を共有し、東日本を見ていました。それらの映像から地球の姿を読み取るのに必要な知識は、日本列島の大地の仕組みのことです。今回の巨大地震は、マグニチュード（M）9.0という大規模な現象でした。それは1000年の時間、本州の半分という空間で観察しなければならない自然現象です。できるだけ普通の言葉で、地球科学の知識の蓄積をもとに、今回の巨大地震を解説します。

この地震は東日本大震災を引き起こしました。その震災を理解するための背景としても、地震の仕組みを知ってほしいと思います。また、21世紀の人びとにとって、資源、エネルギー、地球環境の問題など、考えるべき課題があります。これらを考えるとき、地球のことを知らずに考えても無意味です。生命のことを考えるときにも、それが生まれた地球のことを知らずには理解できません。その地球に起こった巨大な現象を１つの実例として、地球のことを学んでいかなければなりません。

震災を受けないようにするためには、あるいは津波災害を軽減するためには、地球の活動の仕組みを知ることが重要です。その知識は、いざというときに役立ちます。巨大地震のようにめったに起こらない現象は、経験をもとに対処することのできない現象です。それに確実に対応するためには、人の特権である知識の積み重ねにもとづく知恵です。

巨大地震というのは、大きな面積の震源断層面が発生して、長い時間大きく揺れる地域が広く分布するというのが特徴です。ある場所にいて、大きく揺れ始めて、しかも収まるかに見えてもまた大きく揺れ、それが３分以上続くということがあれば、まちがいなくその地域の近くに巨大地震が起こったということを意味しています。岩盤に破壊が起こって震源断層面ができて、ずれ破壊が地震波を生みだし、その地震波が伝わって足下の大地を揺さぶります。それが地震という自然現象です。断層面の破壊は１秒に３㎞程度の速さで拡がって行きます。破壊が200秒も走り続けると、長さ600㎞の断層面が生まれ、その面がさらに広がろうとして大きな余震がその震源断層面の近くや周りに起こります。余震の分布図を見ると、本震の断層面の位置がわかるのです。

３．地震火山庁の設置と地震火山予報士の制度化

地震の長期的な予報は、プレート境界と活断層に対してそれぞれの手法でまとめられていますが、大規模な地震が実際に起こったときには、その長期予報の内容と起こった地震との関係をすばやく分析して公表することが重要です。予報されていた大規模地震が起こってすんでしまったのなら、その地域の長期予報の内容が変わります。まだ十分なストレスの解放が終わっていなければ、どの程度の規模の地震の可能性が残っているのかを知って、それをすぐ公表することが重要です。

実際に起こった地震の場合について、予報されていた地震が起こってすんだと判断できることが重要です。このような発表が理解できるためには、地震の起こるしくみをかなりよく学習しておかなければなりません。地震調査研究推進本部では地震の知識の普及のための活動も行っていますから、それらの情報をウェブサイトで日ごろから読んで、学習しておいてほしいと思います。

地震の長期予報と緊急地震速報のシステムは、強震動による災害の軽減に具体的に役立つ情報を提供します。日本人の悲願であるというべき地震予知の課題があります。大規模地震が起こる数日前に、あるいは数時間前でもいいですから、地震発生の直前に予告してほしいという希望が市民にあります。

現在、地震予知情報などと称して、情報を売っている人がかなりいます。地震火山予報士が制度化されることによって初めて偽の情報を売る犯罪行為を無くすことができます。

とくに若く有能な科学者が、長期間の研究期間が保証されなければできないような、地震の前兆現象や地震の

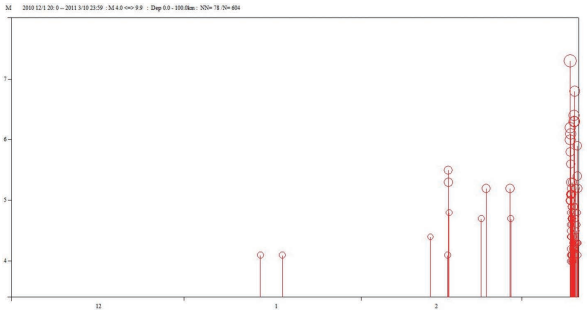


図　2011年東北地方太平洋沖地震の前震の時系列
このような現象の基礎研究が大切

関連する自然現象の研究に挑戦しても、すぐには目に見える成果が出ないということを理解し、その活動に研究費を提供するというような制度が必要です。これは文化としての科学の基本であり、そのようなことができて初めて、文化国家としての日本であることができます。

４．南海トラフの巨大地震

東日本の巨大地震に学びながら、これから起こる西南日本の大規模地震の予測をお話ししたいと思います。西日本は1995年以来地震活動期が続いています。まだいくつかの活断層がこれから動き、2038年頃には活動期のピークとして南海トラフの巨大地震が起こり、大津波が起こります。そのような地震を知って、震災に備えてほしいと思っています。

５．文化と日本列島のジオ多様性

日本列島の大地は、ユーラシアプレートの端に発達した付加帯の構造で構成されており、今から1600万年前頃に、日本海が拡大して完成することによって今の日本列島ができました。したがって、日本列島の地層ができた歴史はたいへん多様であります。日本列島全体にわたって、花崗岩の基盤が広く分布し、火山活動が豊かな土地を作り、活断層運動によって堆積平野が発達し、古い珊瑚礁が隆起して多くの石灰岩台地を作り、また、南大東島のように海のプレートの一部が海面上に出現している場所さえあります。

こうして生まれた日本列島は、４枚のプレートが出会う場所にあって、北欧などの安定大陸と異なり、巨大地震や巨大噴火とそれらによる津波を自然の最大の特徴とする変動帯にあります。その地史が大地のジオ多様性を生み出し、人びとは、度重なる自然災害から立ち上がりながら、地域の文化を育て、歴史を築いてきました。

そのような変動帯の大地の恵みを活かした人びとの生活と、文化の歴史を学び、土地の産物を味わい、大地のしくみを学ぶという目的で、現在日本ジオパークネットワークの活動が行われており、その活動を展開していくことが、未来に向かっての日本の豊かな暮らしのために、大切なことの一つだと私は思っています。

日本のジオパークの活動が、本格的に始まったのは、日本ジオパーク委員会が2008年５月に発足してからと言えます。2018年６月現在、日本には43地域の日本ジオパークが、日本ジオパーク委員会によって認定されており、９か所のユネスコ世界ジオパークが、43地域の中から誕生しました。それらの特徴を知ることも、日本列島のジオ多様性を理解するために役立つことの１つです。

日本には俳句という詩形があります。俳句は季語を詠む文学です。その季語は、連歌、俳諧、俳句などに、季節を規定する言葉として用いられてきました。世界でもっとも短い詩である俳句にとって、季語はたいへん大きな役割を果たします。季語は日本人の宝物と言えます。その季語を生み出したのは、日本列島を囲む海と、日本人の祖先が住みついた列島の大地の特性です。

日本列島と大陸の間にある日本海は、完成した海の中では、世界でいちばん若い海であり、一方、日本列島の東に沈み込む太平洋プレートの海底は、世界で一番古い海底です。季語は、そのような日本列島の空や海や大地の自然を、またそこから得られるさまざまの産物を、さらにそれをもとにした日本人の生活を、季節感をもとに表す言葉として、日本の長い歴史の中で集成されてきました。季語は、日本列島の四季の情報をしっかりと蓄えています。そしてその季語を集めた歳時記も、また日本人の宝物であり、日本人に共通の百科事典の役割を果たしています。そのような季語を生み出した日本列島の生い立ちと仕組みを、地球科学の目で見つめてみたいと思すます。

日本列島の中で、具体的な土地の例として大阪や京都を取り上げてみます。京都は世界的に珍しい都市であり、長期に渡って都が置かれた大都市で、今でも発展を続けています。秦氏が1300年ほど前に、酒の神である松尾大社と米の神である伏見稲荷を祀り、それ以来、大きく発展した都でありながら、城壁を持たないという大きな特徴があります。活断層盆地の分厚い堆積層の中に豊富な地下水を蓄えており、その地下水を活用しながら、茶の湯を生出し、湯葉や豆腐を生み、文化遺産の和食の伝統としての京料理を生み、美味しい酒を生み出してきました。私はそれを変動帯の文化と呼びます。

その都の文化の基礎を支える地下水を蓄える堆積層は、百万年ほど前から今の活動パターンとなった継続的な活断層運動によって形成されたものであり、その歴史を知ることは、都の文化の大もとを知ることになり、これからの地震災害を軽減するためにも必要な知識の基礎となるものです。

日本列島の特徴から大阪平野や京都盆地の仕組みを理解し、列島の自然が生み出した季語を振り返り、日本列島のジオ多様性の特性を、日本ジオパークの活動から理解するということを、この講演の中で試みたいと思っています。

参考文献

1）　尾池和夫,日本列島の巨大地震, 岩波科学ライブラリー
2）　尾池和夫,活動期に入った地震列島, 岩波科学ライブラリー
3）　尾池和夫,四季の地球科学, 岩波新書



地盤工学会関西支部60周年記念講演
AI・ロボットとの共生社会の課題：共感、倫理、法制度

大阪大学大学院工学研究科 教授
浅田　稔

近年の神経科学や生理学などの観測・計測技術の向上に加え、深層学習に代表されるAI技術の進展はめざましく、日進月歩どころか、秒進分歩の勢いで、様々な局面で利用されている。人工意識も近々実現できても不思議ではなさそうな勢いである。しかしながら、深層学習の基本的な限界から、容易でないと察せられる。ポイントは、知覚系重視で運動系との密なリンクが希薄で本質的な身体性に結びついていないからである。このことは、無意識も含めた意識研究にとっても重要と考えられる。それ故、論理的な構造だけでなく、情動的な側面も合わせて検討すべきであろう。講演者はこれが、人工意識の設計においても重要と考えている。

痛みは、触覚や体性感覚などの神経系とは異なる経路を持っている。ただし、痛いときに擦ること（「痛いの痛いの飛んでいけ！」）により触覚系が励起され、痛覚系をブロックすると言われており、当然、独立ではない。この痛みを共有しているという感覚が共感の元（情動感染）となっていると考えられる。実際、共感関連の神経科学、認知科学、心理学の多くの文献が痛みを題材にしていることもそのことを示している。よって、ロボットの神経系に触覚系とは別の痛み回路を埋め込むことは、その良し悪しを別として、生物進化の観点からも、過度な人工的なバイアスにはならないと考えられる。痛み感覚の共有は、ミラーニューロンシステムに代表される自己と他者の行動の同一性理解のみならず、同一の知覚励起に起因しており、自他認知を通じた他者の行動や知覚を無意識に模倣したり、感じたりする傾向の源と考えられる。このことがモラルや倫理の発達に繋がるのではないかと考えられる。

本講演では、先ず最初に、最近のAIの興隆の中心である深層学習について、簡単な紹介とともに、その限界を示す。Big Dataを背景に、巨大な計算機パワーを用い、これまで人が与えていた特徴抽出を多層のネットワーク構造を通して、自動抽出できた点がこれまでと大きく異なる点である。もともとヒトの初期視覚システムの計算モデル化が出発点であったため、認識結果のラベル情報を人が与え、物体検出や認識が得意であり、逆にラベルやテキストからの画像生成、画像から画像の生成などの応用が充実している。同じ方式で音声認識や音声合成などにも応用されている。方や、運動出力に関しては、その厚みがない。なぜならば、画像の場合、数千万枚のデータが利用可能だが、ロボットの試行回数には限界があるためで、そのため、デモによる教示バイアスなどを与えているケースがある。運動出力とのパイプが太くなることで、初めて、環境を含んだループが完成し、入力（感覚）から出力（運動）への即応的な応答（自動的かつ無意識的な行動）が可能になる。これは、環境内での行動学習の基本であると同時に、知識・意図の拘束条件が加わることで、専門家のスキル（経験知による行動規範）として獲得される。また、身体が環境・社会にさらされることで、情動や注意、そして共感などのメンタルな機能が人工システムにも芽生える可能性がある。知識や意図は、既に記号化された巨大データベース（クラウド上）があり、クイズ王のIBMワトソンが著明で、最近では、医療応用が進んでいる。既に記号化され知識となっている点で意識的な処理に対応すると考えられ、無意識的な処理との連携が課題である。

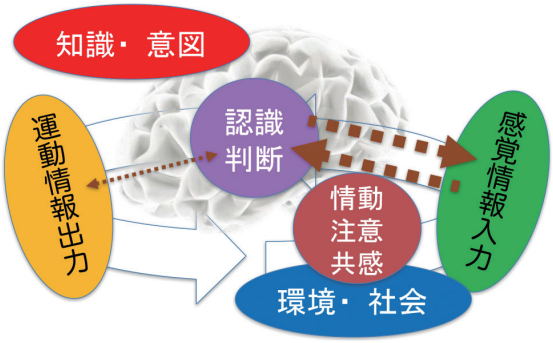


図１　脳機能における深層学習の位置づけと限界

この課題を解決するための意識や自由意思を含め、広義の心の課題について、思想的な背景の概略を復習する。それは、心身二元論デカルトから始まり、フッサールの現象学を通じ、主観と客観を分けずに実存を問い、『現存在』を唱えたハイデガーや、主観と客観に加えて身体性という次元が創発し、身体を媒体とする間主観性を主張するメルロ＝ポンティ、そして最近では、主体と客体とを厳格に区分する近代的な思考法の限界を示したラトールや技術の道徳化の課題を指摘したフェルベックに至る。

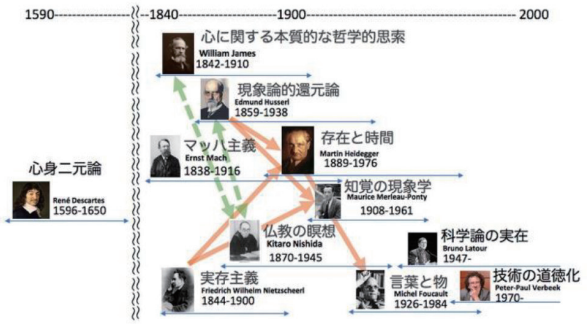


図２　意識・人間や事物（技術）の課題の思想的背景の概略

次に、意識の認知神経科学的な側面からのアプローチを紹介し、意識の有り様の定式化を試みる。ここでは主に、認知神経科学者のドゥ・アンヌの研究を紹介する。意識を始めとする心的機能がどのように発達してきたかを構成的手法をベースとしてアプローチする認知発達ロボティクスを再考する。身体性と社会的相互作用がそのキーワードであるが、これが先に示す思想的背景に由来することを示す。

身体には、上記の痛覚回路が内在し、触覚とは異なる痛みを検知することが可能とする。また、社会的相互作用の前提として、自他認知過程を通じ、他者の運動や知覚を推定しようとする傾向があるとする。これらに基づき、これまでの認知発達ロボティクスの研究の一部をごく簡単に紹介し、それらが系列的に結びつくことで、共感の発達、そしてモラルの発生の可能性を議論する。

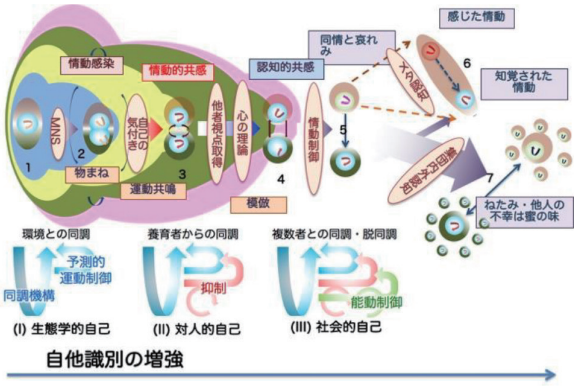


図３　共感発達モデルとしての自他認知過程

図３に示した共感発達過程で自己意識から始まりメタ認知に至る過程で、（無）意識の発達と関連する研究例のいくつかを、図３内の番号に合わせて簡単に紹介する。身体と環境の相互作用により、さまざまな行動が創発する際に、感覚運動系と脳神経系がどのような関係にあるかは、構成的発達科学においての基本課題である。図３の中の番号１より手前で、生態学的自己形成に必要な部分である。非線形振動子のニューロンから構成される脳神経系と筋骨格系を通じて、環境と相互作用した際に生じるネットワーク構造についての解析があり、意識と無意識の原初的な構造が見出されている。

自己身体の発見や自己運動の所有感覚は、生態学的な自己の確立に必要である。サッカーロボットが自己、環境内の物体（ボール、ゴール）、他者（敵、味方）を識別する際に、知覚と運動の相関が利用されている。また、特定のニューロンの働きを利用した頭部身体周辺空間の表現の獲得などもあり、これらは、図３の番号１からMNS に向かうあたりに対応する。

新生児模倣は、新生児が示すミステリーの一つである。これを計算論的にアプローチした研究がある。未熟な視覚と触覚体験から、顔の部位の配置が再現されている。さらに、その配置を他者観測時に射影し、顔の模倣の基盤とした。また、視覚発達を伴う感覚運動学習がミラーニューロンシステムの発達を促進するという仮説のもとに、未熟な感覚の時期には自他が混同されるが、発達に伴い自他分離が起こり、これがミラーニューロンシステムの基盤となっていると主張する研究もある。図３では、番号１と２の間のMNS あたりに対応する。

共感の発達過程として、ロボットが共感的な応答を学習するために、養育者の直感的親行動（赤ちゃんの情動状態を養育者が自動的にまねしたり、誇張したりすること）を利用して、赤ちゃんロボットの情動状態を分化させる過程をモデル化した研究もある（図３番号３あたり）。この研究では、痛み回路というよりも、快―不快の基本情動を仮定している。このほかにも、人間に対する解析を含めて、他者視点取得（Perspective Taking）、情動制御（Emotion Regulation）、メタ認知（Metacognition）に関連した研究が行われている。これらの研究では、痛みの神経回路や他者の行動や知覚を模倣する傾向のバイアスなどを明示的に述べていないが、それらをベースとしてつなげ合わせることにより、共感可能なロボットを実現への足掛かりになると期待される。

さらに、「人工システムが道徳的行為者や受益者になりうるか」などの倫理的な側面、さらには、「人工システムが自身の過失に対して責任をとれるか」などの法制度の課題にも言及し、既に現代社会に浸透している人工システムとの未来共生社会を議論する。

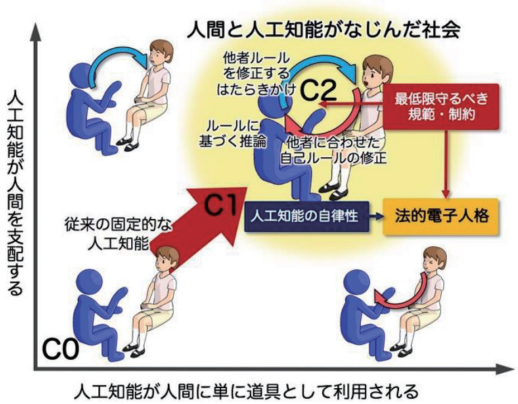


図４　人工物との「なじみ社会」とは？

記念式典
記念事業

Memorial Ceremony
Commemorative Events

60周年記念式典開催報告

神戸大学大学院農学研究科 准教授
井 上　一 哉

1　はじめに

地盤工学会関西支部60周年記念式典を支部設立日である11月６日に、大阪市中央公会堂にて開催しました。60周年記念事業のテーマとして、「温故知新 ―歴史と文化が育む関西の地盤工学と未来技術―」を掲げまして、南荘淳支部長の下、１年にわたる記念事業を展開してきました。本稿では、緊張感をもって臨んだ式典当日の様子を概略的に触れてみます。

2　関西支部60周年

2．1　免震層ツアー

式典に先立ち、午前中には、市民の方々を対象とした大阪市中央公会堂館内特別ガイドツアー・免震層見学会を60周年記念事業の一環として開催しました。事前の受付時に60名の定員に達しており、100周年を迎えた中央公会堂の歴史を展示室にて、また、普段は入室できない３階特別室を見学していただきました。その後、地下の免震層にて中央公会堂を支える免震デバイスを専門家の解説付きで見学していただき、施設内部をお楽しみいただきました。当日はNHK大阪報道局の取材があり、お昼のニュースにて放送されております。

2．2　記念式典

午後の催しとして、13時より記念式典を開催しました。南荘淳支部長の挨拶に続いて、地盤工学会大谷順会長をはじめ、土木学会関西支部、日本建築学会近畿支部、農業農村工学会の来賓の方々より祝辞を賜りました。本誌においても寄稿していただいておりますので、是非ともご一読ください。その後、伊藤譲副支部長より、関西支部のあゆみとして、最近10年間の関西圏内における地盤工学関連プロジェクトや市民の皆様との接点となる支部活動に関わるプレゼンテーションが行われました。

2．3　市民特別講演会

14時30分からは、記念式典のメインイベントとして、「60周年記念市民特別講演会」を大集会室にて開催しました。600名を超える方々にご来場いただき、地盤工学会の活動を認知していただく機会になったと考えています。関西フィルハーモニー管弦楽団弦楽アンサンブルによる華やかな演奏で幕を開け、大阪大学大学院工学研究科の浅田稔先生によるご講演「AI・ロボットとの共生社会の課題：共感、倫理（、意識）、法制度」、京都造形芸術大学学長の尾池和夫先生によるご講演「2038年南海トラフの巨大地震と大阪の地盤」をご来場の方々に聴講いただきました。関西の防災を支える地盤工学とその未来に向けたメッセージを、市民の方と受け止められる大変貴重で素晴らしい時間となりました。お二人の先生の講演内容につきましては、本誌をご覧ください。

2．4　祝賀会

木村博規副支部長の司会進行の下、18時より記念祝賀会を開催しました。竹内広行大阪府副知事と中井雅博中央公会堂館長よりご挨拶を賜り、「還暦」を迎える会員を代表して、辻俊一前副支部長の乾杯のご発声で祝賀会は開催されました。午前から始まった長丁場の記念式典ではありましたが、中集会室には200名を超える会員が集まり、大盛況の中、藪内弘副支部長の中締めにて幕を閉じることができました。

2．5　関係団体の協力と広報活動

これまでの支部周年事業と異なるポイントを挙げるとすれば、多くの学術団体や企業、官公庁から後援・協賛をいただいた点でしょう。共催の大阪市を筆頭に、協賛10団体、後援19団体の支援を受けまして、式典運営の「地盤」が形成されました。この関係は今後の支部活動の活性化にも活かしていきたいと考えています。また、地盤工学会関西支部の認知度向上とともに、市民特別講演会のPRに向けて、広報活動はこれまでの周年事業にないくらい充実したものであったと考えられます。支部ウェブ上への特設ページやFacebookの開設に加えて、先に触れました関係団体にサポートしていただくとともに、主要駅や公的機関へのチラシの掲示・配布、プレスリリース、新聞への広告掲載など、比較的早い段階から粘り強く広報活動を展開してきました。数値化は難しいものですが、市民特別講演会に多くの方にご参加いただいたことが広報の成果と考えています。

3　おわりに

周年事業では、その時々の時代の流れに沿った特色を出すことが望まれます。先人たちの創り上げてきた歴史を理解しつつ、新しい一歩を踏み出さなければなりません。多くの方々の支えがあって無事に式典を閉じることができました。心より厚くお礼申し上げます。

最後に、60周年記念式典の中心的役割を果たしておられた、小林晃幹事長が８月15日にご逝去されました。心よりご冥福をお祈りいたします。

国際講演会「Geotechnics and Energy」 開催報告

主　催：公益社団法人地盤工学会関西支部
後　援：神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻、一般財団法人建設工学研究所、神戸の減災研究会
日　時：2018年５月11日（金）17：30～18：45
場　所：神戸大学六甲第２キャンパス　工学研究科C3-302室
講演者：Richard J. Jardine教授
（Professor, Dept. of Civil & Environmental Engineering, Imperial College London）

開催概要

今回企画された講演会は、地盤工学会関西支部60周年記念事業の一環として、神戸大学にて開催された。講師には、Imperial College LondonのRichard J. Jardine教授をお招きし、2016年に講演された第56回Rankine Lectureを再演いただいた。講演会のタイトルは「Geotechnics and Energy」であり、昨今の重要課題の一つであるエネルギー資源の確保や、地球温暖化に伴う地球環境変動を地盤工学的な視野からどのように検証すべきかについてお話いただいた。講演会には、産学官に所属する地盤工学会会員の方々以外にも、関西圏の大学に在籍する大学院生など、90名近い方々にご参加いただいた。

神戸大学の澁谷啓教授の司会で始まった講演会は、地盤工学会関西支部の木村副会長より今回の講演会の主旨と概要をご説明いただいたのちに、Jardine教授の講演となった。講演では、まず、海底域に賦存するエネルギー資源を産出する際に必要なプラットフォーム建設に伴う杭の周面摩擦について、フィールドでの計測結果と当該地盤で採取した土試料の室内試験結果から導き出した統合的な見解を述べられた。加えて、メキシコ湾のような深海底でのエネルギー資源産出時に考慮すべき海底地すべりなどのリスクについて、Jardine教授がこれまでの研究で携わってきた研究成果をもとに論じられた。地球環境変動に関しては、北アメリカの永久凍土域に着目し、当該地域の温暖化に伴い発生している地すべりについてお話があり、解析結果からはこのままいくと当該地域での温暖化が深刻な問題となることを述べられた。今回の講演のなかで、Jardine教授はエネルギーや環境変動などと地盤工学との関連性などといった複雑な問題を解決するためには、フィールドでの調査に加え、より再現性のある実証実験や解析などを総合的に組み合わせて検討することにより、精度の高い成果を得ることができると強調された。本講演を聴講して、多角的な視点から物事を検証することの重要性を改めて考えさせられた。

今回の講演会に参加いただいた方々は、Jardine教授の携わってきた壮大なプロジェクトに興味を持って耳を傾けられていた様子であった。講演後は、プラットフォーム建設時の様子や永久凍土域で発生する地すべりのトリガーに関する質問などが会場からあり、当初予定していた講演会の時間を過ぎるほど、盛況のうちに講演会は閉幕となった。



写真１　講演会の様子



写真２　木村副支部長による冒頭挨拶



写真３　Jardine教授による講演



写真４　講演後のディスカッションの様子

地盤工学会関西支部 創立60周年記念 一般市民向け特別企画
福井県立恐竜博物館バスツアー「福井の地質と化石発掘体験」

１．はじめに

地盤工学会関西支部60周年記念事業の一環として、関西圏在住の小学５～６年生を対象に、８月６日（月）に福井県立恐竜博物館へのバスツアーを開催しました。

２．化石に学ぶ地盤工学

60周年記念事業のテーマは「温故知新」であり、バスツアーを通して関西の小学生に地盤工学に関する理解を深めてもらうのが目的でありました。参加人数は小学生とそれぞれの保護者の方併せて36名であり、集合場所である梅田のハービスOSAKAバスターミナル付近を朝８時に出発し、現地に到着し化石発掘体験・博物館見学ののち梅田に戻ってきたのが夜８時と長時間に及ぶバスツアーとなりました。

３．出発～道中

現地に向かうバスの中では、福井地域地盤研究会より梅田祐一様（株式会社デルタコンサルタント）、岡島尚司様（株式会社サンワコン）に同乗していただき、福井の地質特性について説明してもらいました。特に、関西の小学生を対象に説明するということで、「福井では化石が発掘されるのに大阪では出てこないのは何故か？（福井で恐竜化石が出る地盤は当時大陸と地続きであったのに対し、大阪近辺の地盤は元々ハワイ沖の海底だったのがマントル対流により日本の近くまで動いてきたから）」など、参加者のみならず引率の私たちでさえも思わず考えてしまうような話題を提供していただき、みな楽しそうに聞いていました。

４．化石発掘体験および博物館見学

現地に到着後、化石発掘体験を行いました。発掘ヤードは、博物館よりマイクロバスでさらに30分ほど進んだ山奥にあります。まず、フクイサウルス等が発掘された実際の現場を見学して、太古の地盤に触れた後、発掘体験では、宝を探すようにみな真剣に発掘を体験していました。恐竜時代の植物や貝の化石を発掘し、興奮のままマイクロバスにて博物館へ戻りました。

化石発掘体験の後は、博物館の見学を行いました。福井県立恐竜博物館は、ロイヤル・ティレル古生物学博物館（カナダ）・自貢恐竜博物館（中国）と並び世界三大恐竜博物館の一つと言われており、地上３階、地下１階からなる博物館の中には4,500㎡の常設展示スペースがあり、44体の恐竜骨格（うち10体は実物の骨格）の他に地層を構成する様々な堆積物や岩石の標本を系列的に展示する「地球の科学ゾーン」、生命が海に現れ陸上に進出する様子をジオラマで示した「生命の歴史ゾーン」などの展示ブースがあり、みな興味深そうに見学していました。

５．おわりに

帰りのバスの中では、さすがにみな疲れたのかぐっすり寝入っていました。ただし、到着後に感想を聞いたところ、みんな今日はとても楽しかったと言ってくれて、笑顔で解散となりました。

今回、地盤工学会関西支部60周年記念事業の一環として、福井県立恐竜博物館へのバスツアーを開催しましたが、関西の小学生に十分楽しんでもらうとともに、行事を通して地盤工学への理解を深めてもらったと思っております。

６．謝辞

本企画にあたっては、60周年記念実行委員会のスタッフの皆様には大変お世話になりました。また、準備段階より福井地域地盤研究会の荒井克彦先生（福井大学名誉教授）に様々なご支援を頂きました。関係者各位にお礼申し上げます。


受付の様子


発掘体験


博物館見学


集合写真

地盤工学会関西支部 創立60周年記念企画
斜面の動きを知る方法　―計測結果の活用方法とその課題―
斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会成果報告会および　平成30年7月豪雨災害の調査中間報告　開催報告

主　催：公益社団法人地盤工学会関西支部
日　時：2018年９月10日（月）13：00～17：00
会　場：建設交流館　グリーンホール

開催概要

（公社）地盤工学会関西支部では、斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会（委員長：立命館大学　深川良一教授）を立ち上げ（平成27年度～29年度）斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価手法を確立するために、斜面変状の測定・通信手法の検討や実際の現地モニタリング、その結果の評価ならびにモニタリング結果の活用方法について議論してきた。本報告会では、委員会の活動成果について会員ならびに一般の方に報告するとともに今後の斜面動態モニタリングの利活用とその課題について議論する機会とし企画した。また、本委員会成果報告書を配布した。

委員会の報告内容は以下のとおりである。

・委員会活動の概要（深川良一委員長）
・既往計測技術や評価方法について（檀上徹 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 特別研究員）
・斜面の動態モニタリングの事例（小田和広 大阪産業大学教授、笹原克夫　高知大学教授）
・モニタリング計測における利活用について（小山倫史 関西大学准教授）
・委員会で実施した計測・評価・伝達の取り組みについて
　－京都府綾部市安国寺の事例（小泉圭吾 大阪大学助教、矢野晴彦 中央開発）
　－福井県福井市高須町の事例（小山倫史 関西大学准教授、佐藤毅 アサノ大成基礎エンジニアリング）

総合討論では斜面動態モニタリングの難しさや今後も継続した観測によって、データの蓄積が重要であることなどが議論された。

本報告会の後、平成30年７月豪雨災害の調査中間報告を開催した。災害調査の概要（芥川真一、神戸大学大学院教授）、災害箇所の事例ならびに対策工（鏡原聖史、ダイヤコンサルタント）、安国寺計測事例の紹介（小泉圭吾、大阪大学助教）について報告がなされた。平成30年７月豪雨災害における降雨の特徴や災害形態の特徴などの速報的な報告がなされた。



写真１　講演の様子



写真２　総合討論の様子



写真３　災害中間報告の状況

地盤工学会関西支部 創立60周年記念企画
特別現場見学会「北陸新幹線事業について」 開催報告

主　催：公益社団法人地盤工学会関西支部
日　時：2018年10月４日（木）８：30～19：00
会　場：鉄道・運輸機構　鉄道建設本部大阪支社　敦賀鉄道建設
現　場：福井県南条郡南越前町大桐地内　北陸新幹線　新北陸トンネル（大桐）

開催概要

今回企画された現場見学会は、地盤工学会関西支部60周年記念事業の一環として、北陸新幹線事業の新北陸トンネル（大桐工区）にて開催された。例年開催している現場見学会は、移動に要する距離や時間を考慮し、京阪神の建設プロジェクト等の現場を見学することが多かったが、今回は関西支部創立60周年を迎えるにあたり、鉄道・運輸機構鉄道建設本部大阪支社敦賀鉄道建設所にご協力いただき、北陸新幹線事業の建設現場を見学する企画とした。当日は、産学官に所属する地盤工学会会員の方々以外にも、関西圏の大学に在籍する大学院生など、合計15名の方々にご参加いただいた。

地盤工学会関西支部の南荘支部長より今回の現場見学会の主旨と概要をご説明いただいたのちに、マイクロバスで敦賀へと向かった。敦賀に到着後、まず初めに敦賀鉄道建設所へ移動し、事業の概要について説明を受けた。北陸新幹線事業の経緯や新幹線開通後の効果、事業全体の概略図や山岳トンネルの施工手順等の説明があり、参加者一同興味を持って聞いている様子であった。その後、新北陸トンネル（大桐）の建設現場へ移動し、トンネル内までマイクロバスで進入した後にヘルメットや防塵マスク、反射チョッキ等の保護具を着用し、現場見学を行った。現場見学会では、熊谷・不動テトラ・梅林・轟特定建設工事共同企業体の現場担当者が現場内を案内し、施工段階に沿って工法の概要や使用機械等の説明を行っていた。参加者一同、全長19.68kmという国内屈指の規模の大きさに驚きつつ、トンネル工事における疑問点について、積極的に現場担当者へ質問が行われていた。帰りのバスの中では、現場見学会に同行していただいた神戸大学の芥川先生からトンネルの建設に要する費用についてご説明いただくとともに、参加者からも過去のトンネル建設現場における経験談を伺うなど、最後まで有意義な時間を過ごしながら、現場見学会は終了となった。

本企画にあたっては、鉄道・運輸機構鉄道建設本部大阪支社敦賀鉄道建設所及び熊谷・不動テトラ・梅林・轟特定建設工事共同企業体の方々のご協力によって、参加者にとって非常に有意義な結果となった。関係者各位に深くお礼申し上げる次第である。



写真１　トンネル入り口全景



写真２　現場見学会の様子



写真３　集合写真

Kansai Geo-Symposium 2018
―地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム―　開催報告

主　催：公益社団法人地盤工学会関西支部、地下水地盤環境に関する研究協議会
協　賛：公益社団法人土木学会関西支部、公益社団法人日本材料学会関西支部、公益社団法人日本地すべり学会関西支部、一般社団法人日本建築学会近畿支部、公益社団法人日本地下水学会、一般社団法人日本応用地質学会関西支部、公益社団法人日本水環境学会関西支部、現場計測コンサルタント協会
日　時：2018年11月2日（金）9：00～17：40
場　所：関西大学100周年記念会館
基調講演者：大谷具幸教授（岐阜大学）

開催概要

地盤工学会関西支部では、かねてより「地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム」を開催してきた。平成25年からは、地下水地盤環境に関する研究協議会と共催し、名称を*Kansai Geo-Symposium*とかえて継続的に開催している。今回のシンポジウムは地盤工学会単独のシンポジウムから数えると20回目、共催になってから数えると6回目の開催にあたる。

*Kansai Geo-Symposium*2018は平成30年11月2日、関西大学100周年記念会館（大阪府吹田市）にて開催された。プログラムは一般公募論文・報告の口頭発表またはポスター発表、基調講演、技術展示および技術展示セッションにより構成される。なお、「論文」は査読あり、「報告」は査読なしとして区別されており、今回のシンポジウムより新たに導入した構成である。また、発表形式は口頭発表の他にポスター発表を用意した。

シンポジウム参加者は定員150名に対して、技術展示関係者を含めて141名、シンポジウム後の懇親会参加者は48名と大変盛況であった。

発表件数は論文・報告合わせて50件で、地盤工学会関西支部では全6セッション中、4セッションを担当した。担当セッションのテーマは、「調査・計測技術・その他」、「土構造物・その他」の他「関西の地盤情報に基づく防災ハザードマップ開発研究委員会」、「斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会」の各特別セッションである。本年の基調講演には、岐阜大学の大谷具幸教授をお招きし、「オープンループ型地中熱利用システムの高効率化とポテンシャル評価手法の研究開発」と題してご講演戴いた。技術展示は広告申込み企業12団体のうち9団体、技術展示セッションは8団体に実施して戴いた。また、午後にはポスターセッションコアタイム、技術展示と合わせてコーヒーブレイクとしてドリンクを用意し、参加者の意見交換の場を設けた。同時開催は初めての試みであったが、始終大変盛況であった。

本シンポジウムは、地盤の環境・計測技術について各分野の人間が活発な意見交流をする上で大変有意義な場となっており、今後も継続していく所存である。


写真１　南荘支部長の開会挨拶

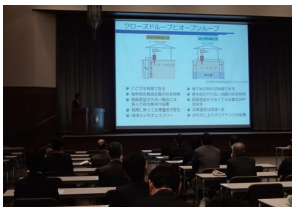

写真２　大谷先生の基調講演


写真３　技術展示セッション


写真４　口頭発表

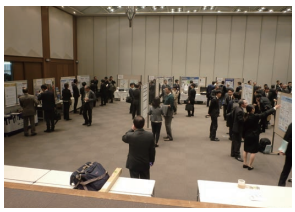

写真５　ポスター会場全景


写真６　ポスター発表

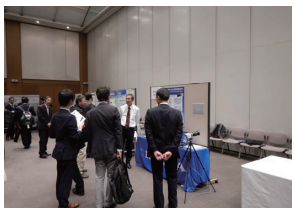

写真７　技術展示


写真８　コーヒーブレイク


写真９　大島先生の懇親会挨拶


写真10　懇親会会場

60周年記念事業 地盤工学会関西支部
第７回若手セミナー

7th seminar for young civil engineering technician
- Commemorative Events of the 60th Anniversary of Kansai Branch of JGS (Japan Geotechnical Society) -

行事・広報グループ幹事

地盤工学会関西支部では、学会次世代を担う若手会員の活性化、交流を目的とした「若手交流会」を平成17年度から実施して参りましたが、昨年度より「若手セミナー～地盤工学の基礎講座～」として、若手技術者・研究者が関心を持つテーマを題材に勉強会形式で継続的に学習できる内容とし、意見交換会によって交流を図ることを目的として開催しております。

第７回は、「進化計算と逆問題」をテーマとして、神戸大学大学院農学研究科准教授の井上一哉先生を講師としてお招きし、適用事例を交えながらご講義いただきました。また２名の方に話題提供として、ご自身の仕事業務等を発表していただきました。実施概要は、以下の通りです。

- 名　　称：第７回若手セミナー
- 開催日時：2018年（平成30年）６月27日
- 開催時間：16：00～19：25
- 開催場所：ドーンセンター　５階　大会議室２
- 参 加 料：無料
- 参加者数：22名
  （特別・正会員16名、非会員３名、学生会員３名）
- 実施内容：セミナー、話題提供、意見交換会
- セミナー：「群知能によるパラメータ同化」
  井上　一哉　神戸大学大学院
- 話題提供：「カルマンフィルタとその利用例について」
  森　守正　㈱竹中土木
  「学習機能を備えた画像認識技術による舗装ひび割れ検出法」
  辻本栄一　阪神高速技術㈱
- G-CPDポイント：2.0
- 主　　催：（公社）地盤工学会　関西支部
- 協　　賛：（公社）土木学会　関西支部
- 後　　援：（一社）建設コンサルタンツ協会　近畿支部
  （一社）日本建築学会　近畿支部
  （公社）大阪府建築士会
  （一社）関西地質調査業協会

セミナーでは、神戸大学大学院の井上先生より、「群知能によるパラメータ同化」と題して、数値シミュレーションに観測結果を反映させるためのデータ同化手法について様々な手法を事例も踏まえて解説していただきました。近年盛り上がっているAI分野にも通じる内容であり、皆興味深く聞き入っていました。

話題提供①では、㈱竹中土木の森様より、データ同化手法の一つであるカルマンフィルタおよびトンネル工事における湧水量予測への適用例について紹介がありました。

話題提供②では、阪神高速道路技術㈱の辻本様より、AI技術を用いた画像認識による舗装ひび割れ検出法について紹介がありました。

最後に、本セミナーでは、多くの人が関心を持つ地盤工学に関するテーマを毎回設定し、テーマに対する講義や話題提供を題材に若手技術者の継続的な知識・技能の向上と、若手技術者同士の交流を深めることを目指しています。従いまして、今後も引き続き、官公庁や地方自治体、企業に勤める若手技術者や研究者の方、学生の方にご参加していただくことを目的として活動して参る所存です。



写真１　セミナー実施状況（井上先生）

60周年記念事業 地盤工学会関西支部
第8回若手セミナー

8th seminar for young civil engineering technician
- Commemorative Events of the 60th Anniversary of Kansai Branch of JGS (Japan Geotechnical Society) -

行事・広報グループ幹事

地盤工学会関西支部では、学会次世代を担う若手会員の活性化・交流を目的とした「若手交流会」を平成17年度から実施して参りましたが、昨年度より「若手セミナー～地盤工学の基礎講座～」として、若手技術者・研究者が関心を持つテーマを題材に勉強会形式で継続的に学習できる内容とし、意見交換会によって交流を図ることを目的として開催しております。

第８回は、「業務・研究紹介」をテーマとして、セミナー参加者の中から、希望者による「話題提供（業務・研究発表など）」を主な内容として開催致しました。実施概要は、以下の通りです。

- 名　　称：第８回若手セミナー
- 開催日時：2018年（平成30年）10月26日
- 開催時間：16：00～19：25
- 開催場所：ドーンセンター　５階　大会議室２
- 参 加 料：無料
- 参加者数：16名（特別・正会員13名、学生会員１名）
- 実施内容：話題提供、意見交換会
- 発 表 者：久保嘉城　㈱竹中土木
  本田和也　神戸大学
  有村翔也　阪神高速技術㈱
  湯川文哉　ケミカルグラウト㈱
- G-CPDポイント：2.0
- 主　　催：（公社）地盤工学会　関西支部
- 協　　賛：（公社）土木学会　関西支部
- 後　　援：（一社）建設コンサルタンツ協会　近畿支部
  （一社）日本建築学会　近畿支部
  （公社）大阪府建築士会
  （一社）関西地質調査業協会

話題提供①として、㈱竹中土木の久保様より、業務紹介を行なっていただきました。現在、久保様が携わられている梅田北野線道路整備工事の概要、ならびに道路整備工事の際に必要となる道路工事施工承認申請書および道路使用許可申請書の内容についてご説明いただきました。また、準拠する法律についてもご説明いただいたので、当申請に馴染みのない参加者の方にも非常にわかりやすい内容であったかと思います。質疑応答では、会場から申請書を作成する際に苦労する点や道路法と道路交通法の相違点などについて質問がありました。

話題提供②として、神戸大学の本田様より、「東京都の東部低地帯における地下水位変動に伴う液状化リスク」と題した研究発表を行なっていただきました。東京都内某所を対象に、過去の地下水位変動を考慮した静的解析から地震応答解析までを実施し、最大過剰間隙水圧比分布について計算値と実測値との対比を行なうことで、計算に用いた水理境界条件の精査等に取り組まれているといった内容で、非常に興味深い発表でした。質疑応答では、当研究の今後の展望等について会場から多くの質問があり、充実した討議がなされました。

話題提供③として、阪神高速技術㈱の有村様より、「阪神高速における土工部点検について」と題した業務紹介を行なっていただきました。日常および臨時業務として行われている道路防災点検に関して、点検頻度や点検対象箇所数、危険度のランク付けといった内容についてご説明いただきました。参加者の多くが、普段利用する路線も含まれていたためか、非常に関心を持って公聴されていたように思います。質疑応答では、点検項目や対策の優先順位付けについて、多くの質問が挙がりました。

話題提供④として、ケミカルグラウト㈱の湯川様より、業務紹介を行なっていただきました。工事部から営業部に転属された経歴をお持ちのため、ご自身の経験も織り交ぜながら地盤改良工法に関するご紹介をいただきました。質疑応答では、新技術に関する質問等が出ました。

話題提供後には、意見交換会を催しました。ゼネコンやコンサルタント、大学といった様々な所属の方にご参加いただいたこともあり、他愛もない内容から技術的な内容まで、忌憚のない意見交換を行なうことができ、非常に有意義な会となりました。

最後に、本セミナーでは、多くの人が関心を持つ地盤工学に関するテーマを毎回設定し、テーマに対する講義や話題提供を題材に若手技術者の継続的な知識・技能の向上と、若手技術者同士の交流を深めることを目指しています。従いまして、今後も引き続き、官公庁や地方自治体、企業に勤める若手技術者や研究者の方、学生の方

にご参加していただくことを目的として活動して参る所存です。



写真１　開会挨拶：南荘支部長



写真２　話題提供①：久保氏 ㈱竹中土木



写真３　話題提供②：本田氏 神戸大学大学院



写真４　話題提供③：有村氏 阪神高速技術㈱



写真５　話題提供④：湯川氏 ケミカルグラウト㈱



写真６　意見交換会の様子

エッセイ

Essay



関西地盤情報データベースと二次覆工省略型地下河川シールドトンネル

Kansai Geo-Informatics Network and
Shield tunnel for Underground River without the secondary lining.

一般財団法人地域地盤環境研究所 代表理事　京都大学 名誉教授
足立　紀尚

私が大学に入学した昭和33年、土質工学会関西支部が発足した。諸先達の努力により、地盤工学発展の礎が関西にしっかりと形成されている。このよき環境の中で、私が関与した、地盤情報データベースの誕生と二次覆工省略型地下河川シールドトンネルの提案について話しておこう。

酒の席から始まった関西地盤情報データベース

1986年、建設省に「ニューフロンティア開発の展望―宇宙・海洋・地中での新たな展開―」という懇談会が設置され、地中専門委員会に加わった。是非関西でも地中開発の研究を始めるべきだと、関西電力の手塚昌信課長（当時）に、二人で酒を飲んだ際、話したらしい。らしいというのは、翌日には全く記憶になかったからである。ところが、一週間後手塚課長から、研究推進の依頼と多額の資金の提示があった。これが基となり、関西の公共、公益機関からなる「地下空間の活用と技術に関する研究協議会」を設立した。私が座長を務めるべきであったが、土質工学会関西支部の「関西の大深度地盤の地質構造とその特性の研究委員会」の委員長を務めていたため、土岐憲三京大教授に座長を依頼し、地盤関係の研究を担当する第２分科会の主査を私が担当することで、連携を取りながら研究を進めた。研究テーマの１つである「ボーリングデータの収集とデータベースの構築」に関しては予算の都合で協議会が担当した。府県庁、市役所、関係機関をまわり、ボーリングデータと資金双方の提供をお願いしたのも懐かしい思い出である。その結果，３年後の1992年には約25,000本のボーリングデータから成る「関西地盤調査情報データベース」が構築でき、それに基づく研究成果として「関西地盤」を出版した。

この陸域のデータベースに先立ち、海域では、赤井浩一京大教授を委員長とする大阪湾海底の地盤研究委員会が1984年より活動していた。その後、陸域は1995年から「関西地盤情報活用協議会」に、海域は1998年から「大阪湾地盤情報の研究協議会」に発展し、さらに2003年、建設省と運輸省の統合を機会に，２つの協議会を統合したが、さらに2005年に協議会の組織改革を行い、「関西圏地盤情報ネットワーク」となり、現在６万本のボーリングデータを保有し、これまでに、約10冊の地盤研究成果を出版している。

陸域の地盤情報データベースは、二人で酒を飲む席で生まれた。関西電力への感謝の念は消えることはない。

二次覆工省略型地下河川シールドトンネルの提案

わが国最初の地下河川は、1990年大阪市が建設した平野川地下貯水池である。その年に、大阪府は、今本博健京大教授を委員長に「寝屋川地下河川技術検討委員会」を設置し、私も参画した。委員会では、内水圧対応地下河川シールドの検討が始まり、二次覆工に鉄板を用いる案が提示された。鉄板などは論外、「二次覆工は不要」が私の意見であった。「土管を太平洋に投げ込んだら、壊れるか？」。「壊れるはずが無い」。それは、「内圧と外圧が等しいからだ」。それと同様、「地下河川の内圧は地表面までの水頭にほぼ等しく、一方我が国の都市部の地下水位は地表面近くにあるから外圧は内圧にほぼ等しく、先の土管と同様、一次覆工のみで十分である」。大阪府の委員会は1993年に終了したが、直後、大阪府の主導で、建設省と東京都を加え、先端建設技術センターに「内水圧が作用するトンネル覆工構造設計検討委員会」が山本稔都立大教授を委員長として発足し、小泉淳早稲田大学教授と私が委員を務めた。この委員会でも、「地下河川シールドトンネルの覆工は、一次覆工のみで十分」と主張した。その理由の第１は、二次覆工があると、例えば強度に対し、一次覆工で0.5、二次覆工で0.5を受持ち、両方で1.0の強度としようと考えがちになる。しかし、0.5＋0.5は所詮0.5であり、各個撃破されれば終わりであるから、1.0の強度を持つ一次覆工のみで対処すべきであること、第２は、二次覆工があると、一次覆工に不具合が生じても、それに隠れ、不具合箇所が特定出来なくなること。第３は、一次覆工のみであると、業者の施工が丁寧になること、である。

1999年「内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引き「（財）先端建設技術センター編」が出版された。その第１章総則の1.1目的は、本手引きは内水圧が作用する地下河川シールドトンネルの設計に関する技術書として取りまとめたもの、とあり、1.2適用範囲には、「本手引きは、内水圧が作用する一次覆工だけのシールドトンネルによる地下河川の計画・設計に適用する。」とある。これ以後も、優れたセグメントが開発されてきているが、この手引きが作られた基は、大阪府が主導した先端建設技術センターの委員会であったことを忘れてはならない。



「地盤の可視化」を目指して30年

Thirty Years with an Intensive View of “Visualization of Ground”

（一財）災害科学研究所 理事長／大阪大学 名誉教授
松 井　　保

筆者が地盤工学（土質力学）に係わり始めたのは学生時代であり、それ以来60年近くにもなる。その中で30年ほど前から、土や岩のような自然材料を対象とする地盤工学がさらに発展するためには、地盤特性の同定手法のレベル向上が不可欠であると指摘してきた。理由は、地盤調査手法の信頼性のレベルが解析手法、実験手法、現場計測手法に比して相対的に低いからである（それなりの理由はあるが…）。さらに、計画、設計、施工の流れの中で横糸の役目を果たす地盤調査分野の発展には、地盤の可視化と同定に係る物理探査および地盤情報データベースの必要性・重要性を指摘してきた。前者は比抵抗や弾性波速度などによる「高密度物理探査」のルーチン化であり、後者は地域ごとに高度な地盤情報を提供できる系統的なシステムづくりである（論説「巨大化するか地盤工学」、土と基礎、1994.4、pp.1-2）。ちなみに、「地盤の可視化」という用語を初めて用いたのは筆者であり、単に地盤情報の分布を表示するだけでなく、地盤情報の信頼性向上も暗に含めたつもりである。

爾来約30年の間、筆者は地盤の可視化技術に関する研究会・委員会の活動に主導的役割を果たしてきた。まず、物理探査に関しては、当時不十分な地山同定のもとで、設計・施工が行われていた山岳トンネルの地山の可視化技術の確立を目標に、1992年に、災害科学研究所トンネル調査研究会（委員長：筆者）を発足させ、現在も継続している。当初は、当時新しい技術であった比抵抗高密度探査に焦点を当てて、トンネル地山調査への実際の適用例を10数ケース収集し（例えば、図１）、研究成果を「地盤の可視化と探査技術 ―比抵抗高密度探査法の実際」（鹿島出版会、2001）として出版し、その活用の普及に努めた。その後、比抵抗高密度探査の有用性が広く認知されてきたので、次の目標として、弾性波探査など他の物理探査手法も用いた複合探査の実用化を目指し、その成果を「地盤の可視化技術と評価法」（鹿島出版会、2009）として出版した。さらに、山岳トンネル建設事業の効率的な推進に役立つように、「複合探査」と「切羽前方探査」に焦点を当てて、上記２書の内容も含めて集大成し、「トンネル技術者のための地盤調査と地山評価」（鹿島出版会、2017）を出版した。

一方、地盤情報データベース（DB）に関しては、1984年に、土質工学会関西支部に大阪湾海底地盤の研究委員会（委員長：赤井浩一）が発足し、筆者がコントロールタワーの役割を任され、海底地盤の研究推進にはDB構築が不可欠と考え、大阪湾地盤情報DBを構築した。ここに、関西の地盤情報DBの礎が築かれたと言っても過言ではない。その後の詳細は省略するが、紆余曲折を経てピンホールを抜けながら多くの方々の叡智を結集して、現在の関西圏地盤情報DBに至っている（特別論文「地盤の可視化技術と地盤情報データの活用」阪神高速道路管理技術センター、技報第24号、2007）。現在、この関西圏地盤情報DBは、約6.6万本のボーリングデータと各種地盤調査データから構成されて、組織連携方式として、協議会（KG-C）、DB運営機構（KG-A）、地盤研究会（KG-R）からなる関西圏地盤情報ネットワーク（KG-NET）により運用されており、活発な研究活動とともに、関西圏域で広く利活用されている。

「地盤の可視化」を目指して約30年を経た現在、「高密度物理探査」の現状は、当初に比して隔世の感があり、広く利活用されている。とはいえ、発注機関の地盤調査マニュアルが旧来の域を出ておらず、これまでの成果が十分生かし切れていない。地盤調査を物理探査主体の調査と詳細調査の２ステップで行うこととともに、20年前の40周年記念誌で述べた“地盤情報主導型プラニング”のルーチン化を強く望んでいる。一方、関西圏地盤情報DBの現状は、理想形にかなり近づいており、世界的に見て先駆的に実用に供されているのは、画期的であろう。最近、全国の地盤情報DBを構築する試みが国主導で始められている。長期的には、全国の地図や地質図のように、国家事業として全国の地盤情報DBを完備すべきであろう。その際には、地盤特有の地域性を生かせる系統的なシステムを構築することが肝要であろう。

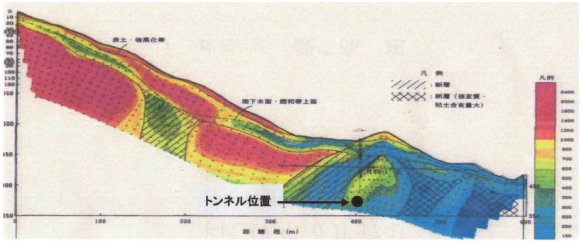


図１　チェックのために実施した比抵抗高密度探査（1987）
（水越トンネル横断面、４箇所の低比抵抗帯が断層位置と一致）



土と基礎に心をよせて60年

The 60 years of devotion to research on soil and foundation engineering

元大手前大学
福井　實

地盤工学会関西支部が創立60周年を迎えられお祝い申しあげます。私は建築学科を昭和30年（1955）卒業し、建築構造の勉強を生かして設計業務をしている間に、地盤の重要性に目覚める機会がいくつかあり63年が経ちました。地盤工学会関西支部の幹事を昭和45年に、評議員を昭和47年に務めました。昭和61年に山肩邦男先生のお薦めで副支部長（関西支部創立30周年事業委員長）、平成11年に松井保先生のお薦めで支部長を務めました。

記念誌をふりかえると、20年誌（昭和53年）には、鳥海勲先生が座長の環境についての座談会に出席、30年誌（昭和63年）には「高層建築基礎」について、40年誌（平成10 年）には「地盤・地震・建物―無駄と思われた金が生きた―」、50年誌（平成20年）には「埋立地盤におけるSL杭工法の実用化について」を夫々発表させて頂きました。

杭基礎が不同沈下することを知ったのは次の事例でした（**図１**参照）。摩耶埠頭に鉄骨平屋建て倉庫（幅45m、長さ100m）を４棟建設した際、埠頭の中央部付近の建物が沈下をはじめた。ペデスタル杭を約20m深さに打設しているので原因追及のため、昭和42年から昭和52年まで12年間沈下測定し、建物中央部が55㎝沈下した。不同沈下の原因は敷地の中央部に旧海底粘土が残存しており、杭にネガテイブフリクションが（NF）作用したことが判明しました。昭和53年に建築学会大会梗概集に発表し典型的なNFの事例としてその重要さを示しました。昭和53年に土木学会関西支部から発刊された「臨海埋立て地盤の土質工学的諸問題（柴田徹委員長）」のテキストが大変参考になりました。

神戸ポートアランドで杭・基礎に関する実験が神戸市、都市基盤整備公団（旧住宅・都市整備公団）により、昭和50年から堯天義久先生、谷本喜一先生、水畑耕治先生、中瀬明男先生等の諸先生のご指導により行われた。実験目的は、打ち込み杭の施工性、杭体に作用するNFの大きさ、アスファルト処理（塗布）杭の適応性、杭及び地盤の沈下性状等の確認である。実験結果を参考にして、実施設計においては適切な建築基礎と地盤改良工法が採用された。平成７年１月に兵庫県南部地震が発生したが、埋立地での建物被害は幸いにも軽微であった。柔らかい海底地盤が、免振効果の役目をしたのではという説を柴田徹先生、足立紀尚先生から伺い、長崎練早眼鏡橋の実例から温故知新という言葉をかみしめました。

関西空港については、昭和53年８月に海底地盤研究会、昭和62年８月に空港島の海底地盤、諸施設の基礎構造の地盤工学会の委員会、平成２年５月に建築物等の設計及び建設に係る地盤沈下対策検討委員会（梅村魁委員長、岸田英明先生他）などが設置され、建築学会および地盤工学会の諸先生のご指導により平成６年に開港した。兵庫県南部地震の際には関西への物流拠点となった。ターミナルビルは地盤沈下を考慮した設計で、不同沈下調整工法を備えたフローティング工法で直接基礎の代表例である。全長1,700mの建物で中央部の本館は地下１階地上４階である。荷重度のバランスを図るため、本館基礎下に厚さ2.5mの鉄鉱石を敷きつめている。本建物は、人類が20世紀に遺した偉大なる技術への挑戦した偉業の一つとして、平成13年にASCEの「Monuments of the Millennium」を受賞している。誠に喜ばしいことである。

後進に伝えたいことは次の通りです。私は地盤沈下による建物の被害例を見てきたので放つては置けない気持ちが常にありました。建築物は設計して建設した時点で完了するものではなく、その後も見守っていかねばなりません。しかし測定業務は意外と難しいことで、予算のこと、誰が担当するのか、施主関係者の了解を得ること等、全てクリアする必要があります。地盤の挙動を長期間測定し発表することは後進者のために是非必要です。最後に大学時代からご指導を頂いた横尾義貫先生、地盤工学会で赤井浩一先生はじめ諸先生のご指導を頂き育てて頂きました。深く感謝致します。

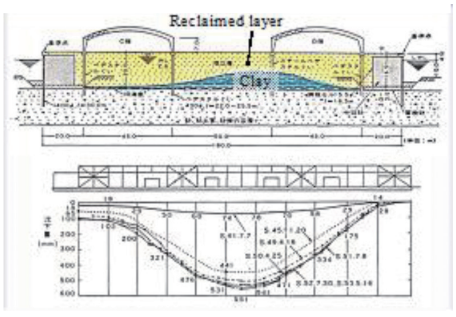


図１　不同沈下状況図



平成30年西日本集中豪雨災害を受けて

Some thoughts on the disasters caused by heavy rainfalls appeared in July, 2018

神戸大学 名誉教授
沖村　孝

近年、特に2010年以降、集中豪雨による土砂災害が日本各地において頻発し、多くの人命が失われていることは、土砂災害から人命を守るために研究活動を続けてきた筆者にとっては胸が痛く、研究の未熟さを痛感する日々を送ってきたにもかかわらず、2018年は７月５日から３～４日続いた集中豪雨による土砂災害や浸水災害により220名に達する尊い人命が奪われたことは大きな衝撃であった。この原因は、全国アメダス観測地点の10%以上の相当する約130か所以上で72時間降水量の新記録を観測した長時間降雨が主な原因であった。

2010～2017年まで災害の原因となった豪雨は、筆者の記憶では時間雨量が70ミリ/時を超える「強雨」が、３～５時間、局所的に集中して降ったことによるものと思っていた。このような降り方による土砂災害は、山腹斜面の頂部遷急点付近から発生する土石流型形態が多く、1960年代に六甲山などで遷緩点付近で発生した小規模表層崩壊型とは異なる形態になったような気がしていた。このため近年では「強雨」による豪雨で、なぜ土石流型崩壊が多発するかの原因究明に関する調査・研究に関心があった。

ところが今年の西日本集中豪雨は、岡山、広島、愛媛県など広域にわたって、また継続時間も３～４日の長期間にわたって続いていたため総降雨量が400～500ミリ以上なるなど大きかったこと、しかし降雨強度は上述したような70ミリ／時を超えることはなく、50ミリ／時前後であったことが大きな特徴であった。総降雨量が大きかったため、岡山県では大きな浸水被害が発生したものと思われる。六甲山系でも、総降雨量は435ミリにも達し、過去の災害事例に照らしても、大きな災害となっても不思議ではなかった条件であったが、多くの山腹崩壊は発生しなかった（一部の事例の土砂災害は人工斜面であったとの報道があった）。

このように六甲山系が崩壊を免れた原因としては、降雨強度が25ミリ／時と大きくなかったこと、しかもこの出現は７月５～６日と一連の降雨の前半であったことが幸いしたと思われる。さらに、私見ではあるが六甲山の植生が豊かであったことも考えられる。六甲山は、1938年災害や1967年災害を経験し、植生を豊かにする活動が進められてから80年、あるいは50年を経てきた。この年月が、六甲山系の山の緑を濃くし、降雨による浸食防止に大きな働きをしたのではないかと思っている。先人の努力に感謝するとともに、現状の緑には寿命があることを考えると、我々としては、次なる世代の植生展開に向けて活動を開始していく必要があると思っている。それには大木を間伐し、日光を斜面に取り込んで次世代の植生に転換していく長い取り組みが必要と思われる。

もちろん、80年前から始められてきた植林に限らず砂防ダムに代表される治山・砂防事業や治水・河川事業等に都市の安全が守られていることを、今回の事例を通して再確認し、引き続きこれらのハードウエアの事業を継続して安全を確保することが必要であるが、ハードウエア事業のみで広域にわたる安全が100%確保出来ることはありえない。このため、2000年代当初から進められてきている「避難」による命の安心・安全を確保する取り組みである、土砂災害警戒区域の設定・周知に加えて、いつ危険となるかを住民に知らせる土砂災害危険情報の充実、信頼度の向上に努めていく必要がある。避難行動は住民自身のリスク認知の向上によって避難行動への移行が達成されるため、これら危険な空間と時間に関するソフト情報は住民に信頼されることが肝要である。これらの情報の信頼度を高めるため地盤工学が果たさなければならない課題は多く、これからも着実に解決していく努力が必要とされよう。このためには試験、解析手法の向上のみならず、フィールドにおけるモニタリング手法の開発等が必要である。さらに、これらの局所情報のみならず、対象とする地域の広域的な特徴や過去の履歴を知ることも必要であろう。「木を見て、森も見る」視点が必要不可欠であると思われる。

このような情報により住民自身のリスク認知の向上が期待されると思われるが、認知はしていてもなかなか避難行動にまで移行できず、命を落とす事例も多くみられる。避難行動への移行は、まず住民が主体的にリスクを認知できる訓練と、避難行動のための訓練が必要であると思われる。住民の避難行動への移行のために役に立つ情報提供と、得られた情報を活用した近隣や地域の取り組みの訓練が常に必要であると思っている。私自身も、これを達成するためにも、住民に信頼してもらえる危険情報の開発と、避難訓練への参加を啓発する活動をこれからも続けていきたいと、台風20号の強雨と強風を聞きながら、ますます意を強くしている。



この10年を振り返って「地盤工学は地盤災害対応にどのように貢献しているか」

How does Geotechnical Engineering contribute to prevent geotechnical disasters?

京都大学 名誉教授
大西　有三

地盤工学会関西支部創立60年おめでとうございます。地盤工学は長年にわたり社会に必要とされる基盤技術として、世の中に貢献してきました。一方、この10年ほどを振り返ってみると、想定外と言われるような様々な地盤災害に直面するようになってきています。

2018年７月の西日本豪雨は、広域で死者200人を超える被害を出しました。この豪雨災害は、近年注目されていたゲリラ豪雨とは異なる様相を呈し、その特徴は短時間あたりの雨量はそれほど激しくないが、長時間かつ広範囲に強い雨が降り続けたことで、11府県にわたって被害が広がったことです。このような雨の降り方により土砂災害は緩斜面、急斜面にかかわらず多発し、河川氾濫をもたらしました。私の故郷（小田川流域）の隣の岡山県真備町でもハザードマップが示したほぼ同じ範囲で水害が発生、予測精度の高さが話題となりました。河川氾濫の場合、決壊後の水の動きは地形等高線から予測ができるので、技術の発達により地形測量精度がよくなった結果と考えています。

他方、河川堤防は土質工学的には非常に取り扱いにくいものです。場所によって堤防の構成材料が変わり、過去に地場の土がそのまま盛り立てられ、記録も残っていないケースが多々あります。土質性状を伝えるボーリングデータは、約200mに１本程度しかなく、横断面情報はほとんどありません。こうした少ない情報を積み重ねて、堤防が決壊する可能性のある場所を推定する検討が学官民共同で進められていますが、変化する自然の猛威に追いついていない歯がゆい状況が続いています。

地下の状況を広域的に把握するためにボーリングデータが重要ですが、やっと国の後押しで2018年４月に「国土地盤情報センター」が発足、全国の地盤情報を統合し、地下の姿を的確に捉え、防災・減災にも役立てようという動きが始まったばかりです。

地盤の災害に関しては、豪雨や地震のたびに斜面崩壊が報じられていますが、常に事後の原因究明が検討対象となっているという状況は長年変わりません。データベースの充実、解析技術の進展が著しいですが、崩壊予測は時間、場所共に未だ極めて難しい状況です。予測に関して、過去強く印象に残った事例として、2004年に斜面崩壊の一部始終が記録された奈良県大塔村国道168号線の珍しいビデオ映像が挙げられます。この斜面は、たまたま事前に斜面不安定現象が発見され、機器が設置され崩落の様子が撮影されたものです（崩落後の写真 **図１**、動画<https:// www.kkr.mlit.go.jp /bousai/ taiou/ kinki/h23/ jisuberi-0810/index.html>参照）。この日は晴天だったので何が直接の原因で崩壊したのか分かりません（2018年４月大分県中津市耶馬渓町で起きた土砂崩れも真の原因不明）。しかし、幸いなことにここでは２日前に交通止めがされていたので、人的被害は皆無でした。

大塔村崩落の例のように、事前に計測機器が設置されていれば、被害を最小限に食い止められます。この10年ほどの間に様々な小型計測機器が開発されており、地盤災害対応にも転用できます。低コストで、多くの場所で計測ができることは、地盤技術者の大きな力となります。

最近では、ドローンを用いた空中からのデータ取得が容易にできるようになりました。写真やレーザー測量により３次元（立体）図が容易に取得でき、可視化が可能になっています。時系列による広域の地盤変化を把握するのに貴重な手段です。また、様々な小型の計測機器が低コストで手に入りデータをインターネットに上げ、リモートで監視ができるようになってリアルタイムの対応が現実化しています。

土木分野では調査、測量、設計、施工、維持管理の一連の作業を一気通貫に３次元可視化しようとしている”i-Construction”が推奨されています。しかし、地盤および地下に関わる情報はなかなか共有化されておらず、これからのデジタル化・３次元化の時代を見据えて、過去のデータ整理なども含めて、学会などで情報整理すべき段階に来ているのではないかと思います。



図１　国道168号奈良大塔村斜面崩壊全景



関西国際空港と地盤工学

Geotechnical Engineering in Kansai International Airport Project

元関西国際空港用地造成株式会社 代表取締役専務
古土井　光昭

１．関西国際空港

ここ数年、外国人観光客の著しい増加に伴い関西国際空港（以下　関空）の利用が急増しており関西圏の経済発展に寄与しているのは喜ばしいことである。財政当局やマスコミの非難に耐え建設を進めてよかったと思う。

関空は伊丹空港の激しい騒音公害を抜本的に解決するため、大阪湾泉州沖５キロの海上に人工島をつくり、24時間運用可能な国際拠点空港を建設するものである。構想から30年1994年一期島の１本の滑走路で開港し，2007年には二期島の２本目の滑走路が運用された。

関空の建設地点は水深約20～25m、海底には軟弱な厚さ20～25mの沖積粘土層が堆積し、埋立により沖積層のみならず下部にある洪積粘土層も圧密沈下し、沈下量は12～18mと見込まれた。プロジェクト推進のためには数多くの課題があったが、最も大きな課題は沈下予測を含む地盤工学に関する問題であった。この課題解決のため多くの大学の先生方、研究者方々のご指導ご協力を得て、現在の関西国際空港が存在していることを忘れてはならない。

２．地盤工学的課題

１）大深度ボーリング調査と地質調査

洪積粘土層の圧密特性を把握するため深度400m（６本）を含む69本のボーリングを実施した。また高品質の試料採取、土質試験のために種々の新しい手法や工夫がなされた。力学特性の把握が可能となった。

海棲のナンノプランクトンの深度方向の含有分布などをもとに広い範囲の地質層序を明らかにする調査反射法地震探査などの地質学的調査が実施され、空港周辺の地下地層モデルが明らかにされた。

２）　沈下予測

洪積層の沈下予測のため、砂層の排水性や粘土層の圧密降伏応力などをパラメータにした予測値と実測値を対比しながら沈下予測を行った。一期のデータを最大限活用したデータベースモデルの開発、圧密曲線のひずみ速度依存性を考慮した新力学モデル（弾粘塑性モデル）などの開発に至った。満足できる沈下予測手法が得られた。

３）「層厚を測る」、「薄層均一施工」

一期および二期空港島ともに護岸延長の９割は緩傾斜石積護岸構造を採用している。埋立に伴う地盤変形に追従でき経済的な断面である。護岸や埋立工事の土砂投入において不同沈下を少なくするため施工にあたって工区内は「薄層均一になるよう施工」し施工毎に「層厚を測る」こととした。荷重の精確な把握が沈下予測の主要な要素である。このためGPSとナローマルチ深浅測量結果を組み合わせた層厚管理システムを構築した。さらに土運船で投入された土砂の堆積形状の計測をもとに面的に埋立土層を立ち上げる施工法を確立した（薄層均一施工）。沈下量の測定は磁気伝送水圧式沈下計を採用して沈下計測の効率化を図った。GPSと組み合わせメッシュデータ化した。

４）　埋立地盤の地盤改良

空港島の埋立地盤厚さは一期島で平均35m、二期島で平均43mになる。一期ではターミナル等の建築の基礎はサンドコンパクションなどで改良したうえ直接基礎とし、地盤の不同沈下にはジャッキアップシステムで対応した。二期では一期より造成天端高が高く二次運搬する土量が多いため、作業効率やコスト面を考慮して大型振動ローラを用いた転圧締固め工法を採用した。試験施工により施工層厚60cm、転圧回数８回、締固め含水比５％等の仕様を決めた。この施工規定に従えば分割された施工区画は最適含水比での締固めにより強固な地盤となる。埋立竣工時には地下構造物となる、雨水排水管、共同溝、道路のアンダーパスなどをあらかじめ埋立地盤造成時に据付け、周辺の埋立により沈下したら所定の位置になるように施工した。仮設、掘削が不要である。



関西国際空港の全景



次の10年に向けて

For-seeing next 10 years

（一社）環境地盤工学研究所 理事長
嘉門　雅史

地盤工学会関西支部が60周年の慶賀に当たり、揮毫の機会を得られたことに感謝する次第です。

過去10年間で私達の学術研究分野での最大の困難は何といっても2011年３月11日発生した東日本大震災であり、関西支部の多くの会員の皆様がそれぞれに関りを持たれ、多様でかつ多大のご貢献をなされました。関西地区では1995年１月17日の阪神淡路大震災の方が、直接被害という点ではより厳しいものであったというべきかもしれません。しかしながら、東日本大震災では地震災害もさることながら、大津波による福島第一原子力発電所の炉心溶融と大規模放射能汚染被害が、その後の復旧・復興に未曽有の困難をもたらしたと言えるでしょう。私の関係する環境地盤工学分野でも災害廃棄物や津波堆積物の適正処理、放射性汚染焼却灰の処分、除染廃棄物の適正処理処分に係る対応、中間貯蔵施設等の整備に関る課題、福島第一原子力発電所の汚染水対策処理への提言活動など、これまでに無かったような多くの課題に直面しました。震災後７年を経て、着実に復旧復興が進展しつつあることは誠に喜ばしいことではありますが、課題の中には今日に至るも完全解決には程遠いものも残しています。

近い将来に確実に襲来が想定されている東南海トラフ地震や首都直下地震では、被災の程度はより著しいものとされています。さらに、地震に関わらず気候変動に起因するとされる、すさまじい集中豪雨による大規模災害が頻発するようになっている今日、学術研究開発の視点と、市民生活の施策に対する視点とを明確に区分した上で、それぞれに対する大局観を持った取組が必要になっています。地盤工学の観点からの研究開発としては、我が国の大都市部周辺で海抜０メートル地域が大規模に広がっていることによる、地震時の広域にわたる液状化災害対策と共に、台風や高潮時の浸水対策、また全国各地の斜面災害対策など、早期に取り組む必要のある課題が多数残されています。さらに高温による気候災害も世界各地に厳しい旱魃や森林火災、農業被害などの影響を及ぼしており、地下水を包含した水循環のメカニズムに異常をきたしていることにも留意しなければなりません。

元来地盤工学は、これらの地盤環境を取り巻くリスクを低減して、その最小化を図る学問ですから、従来の常識に捉われない斬新な取組が必要になっていることを端的に表していると考えるべきでしょう。すなわち、想定するべきリスクの範疇が大きく広がっているにもかかわらず、我が国の危機的財政状況のためにインフラ整備の制約がより厳しくなっている中で、人の生命と財産をどのように守っていくかに、より学術研究資源を注力しなければならなくなっています。

このような視点から、地盤工学が解決するべき課題はまだまだ山積していると言えるでしょう。しかるに、これらの課題可決に取組むべき人材を我々の分野では十分に確保し得ているのでしょうか？地盤工学会関西支部の正会員数は多くの方々の努力にもかかわらず、ほとんど増員が進んでいないようであり、何よりも会員年齢構成が高齢化の方へシフトしており、次代を担う20歳代、30歳代の会員数の少なさが目立っているという誠に危うい状況にあります。特に、自治体若手技術者の地盤工学会の会員数の少なさが目につきます。老朽化した多くの公共施設の解体更新が重大な課題となっており、選択と集中を厳格に仕分けした上で、インフラ整備をマネイジメントしうる人材確保が急務となっています。シンクタンク機関などでは、博士の学位を取得した外国人学生の積極的な採用なども有効な方策であると考えられますが、それとともにダイバーシティ社会の成立にこれまで以上に前向きに取組むことが大切でしょう。

また、環境地盤工学の今後のあり方としては、常に地盤環境の保全に配慮した研究や技術開発の必要性を強調したいと思います。地盤内部の情報を正確に把握することが、建設の現場で重要であることは論を待ちません。しかしながら、今もって地盤調査が不足していたことによる事故が後を絶たないことに注目しなければなりません。人材不足がますます深刻化する中で、ICT技術を活用したCIM導入が全国的に採用されつつありますが、これからの10年において、地盤情報については一層の精緻化と全面的な公開と共有が保証されることを期待するものです。サイトごとの条件が大きく異なる地盤条件を十二分に理解した上で、建設工事や具体の構造物建設・維持管理が推進される時代の到来が待たれています。

地盤工学会関西支部の会員の皆様が次の10年において、これらの活動に大きな貢献をされることを願う次第です。



50周年記念事業のことども

ニシキコンサルタント㈱ 顧問
奥田　剛章

支部長就任の経緯

大阪市港湾局を退職した2007年の年末、嘉門雅史先生から「次期支部長を大阪市から推薦するように。」とのご依頼を受け、当時の技術系局長に声をかけましたが、そろって辞退されその旨先生に回答したところ「時間にゆとりのあるあなたがやればよいではないか。」とのお返事でした。「次期のミッションはなんでしょうか？」とお訊ねすると、「支部50周年の記念事業を実行する必要がある。」とのことで、港湾局時代から何度かイベントを担当した経験から「寄付を募る必要がありますか？」とお聞きしたところ、「支部には基金がありその必要はない。」とのお話でした。それにしても支部の基金とは何なのか当時は知りませんでした。

特別講演

支部長に就任して間もなく幹事長の大津宏康先生や、50周年事業を担当されていた楠見晴重先生はじめ幹事の方々のご尽力で50周年事業の全体像が完成しました。ただ特別講演をどなたに依頼するかが残された課題となっていました。若手の幹事からは、当時関西出身の人気女優で途上国へのNPO活動に挺身されていた藤原紀香さんを推す声が上がりました。私も大いに興味を抱いたのですが、やはり学会行事のメインイベントであり、再検討する事にしました。その後、神戸大学の芥川真一先生から、ノーベル賞受賞者の小柴昌俊先生にお願いする案が提案されました。当時芥川先生は小柴先生が主導される国家プロジェクトの一員として参加されており、お願いしていただいたところ、許諾を得ることができました。

そこで直接正式なお願いに上がることになり、芥川先生に同行いただき、東京駅前の新築なった丸ビル内の財団事務所に赴きました。お会いするなり笑顔でお迎えいただいた小柴先生の温かい人柄に魅了されました。財団はノーベル賞の賞金を活用し、素粒子物理学の普及・啓発を目的に設立され、先生は積極的に各地で講演活動を行っておられるとのことでした。その場で先生から改めて快諾をいただきました。

小柴先生は子供の時のご病気が元で足が少し不自由であり、講演当日は幹事が入念に先生の行動経路をチェックし、無事中央公会堂に到着されました。講演は素粒子物理学において、提起された理論が実験・観測により実証されることでさらに新たな理論が構築されるというもので、詳細は理解できませんでしたが、この考え方は地盤工学にも通じるものと思えました。

講演後、控室で甘いものに目がない先生に幹事は公会堂のパーラーからアイスクリームを取り寄せました。ご出発の前にご挨拶の伺うと、すでにアイスクリームはすっかり召し上がっておられました。

公益法人改革と支部の基金

当時公益法人が玉石混交で大量に設立され、余剰資金の税逃れに利用されているとの批判にこたえ、政府は公益法人改革に着手していました。地盤工学会では公益社団法人として認可を得るべく準備していました。そこで課題となったのが関西支部の基金で、これまで通り支部の会計の中にとどめおくと法人のガバナンスの上で疑義を生じる可能性が出てきました。

本部の法人改革担当理事と公認会計士に面談し、基金がこれまで通り関西地域に密着した支部活動にのみ使用できるようお願いしました。さらに念を押すため、当時本部会長の浅岡顕先生にお会いし、先生が大学の同期で同じ研究室に在籍した気安さから「この基金が失われるようなことがあれば、歴代の支部長に合わす顔がない」となかば脅迫しながら陳情しました。

これらの基金は先輩方が賛助金を積み立てられた果実であり、支部長時代は取り崩すばかりで、新たに積み上げることができませんでした。そのうえ企業のリストラや役所の行革により賛助会員の口数の減少などに歯止めをかけることもできず、忸怩たる思いをいたしました。

おわりに

10年前の記憶だけを頼りに拙文を取りまとめましたので、文中に誤りがあるかもしれませんがどうかご容赦ください。支部のますますのご発展をお祈りします。



図１　小柴先生の特別講演



過去10年、支部60周年、人生100年

Past 10 years, JGSKB 60 year anniversary, and Life 100 years long

神戸大学 名誉教授
田中　泰雄

今回、地盤工学会関西支部の60周年記念の機会に、これまで支部の役員活動に参加した者として、記念誌に寄稿させて頂くことができ、大変感謝しております。記念事業の基本テーマは「温故知新歴史と文化か育む関西の地盤工学と未来技術」と聞き、過去10年間の動向や今後の展望について、思いつくままに私見をまとめてみたいと思います。

過去10年：まず2009～2018年の10年間ですが、何と言っても、2011年３月の東日本大震災と、同年２月のニュージーランド・クライストチャーチの地震が思い出されます。この２つの地震の関係は、私事になりますが、３月11日に東京大学生産科学研究所で開催された、地盤工学会によるクライストチャーチの地震調査報告会に出席したことです。報告会が始まってまもなく、突然早期地震警報が鳴り出し、あと45秒で震度３の揺れが始まると警告がスピーカーから流れました。会場は地震のエキスパートの皆さんで満たされていましたから、正確な到達時間となるかカウントダウンが始まりました。地震の揺れは間違いなく予想時刻に始まりましたが、揺れの強さは震度３を遙かに超え、その強さに参加者の皆さんは数秒後にはビル外へ脱出しようと右往左往となりました。東日本大震災については、地盤工学会から大規模な調査が行われましたが、私は神戸大学の都市安全研究センター長を拝命しており、退職まで残り１年と言う時期で、2011年度は大学として東日本大震災にどう対応すべきかと多忙な１年を過ごすことになりました。1995年の阪神淡路大震災と2011年の東日本大震災の２つの大地震を間近で経験するとは、思っても見ませんでしたが、都市地震災害と広域・複合地震災害の被害と復興を勉強する良い機会になりました。なお人口約40万人のクライストチャーチ市の地震は死者が約200人で、阪神淡路大震災と同じ都市地震災害です。大規模な液状化被害を受けたクライストチャーチには、2011年の３月末と、７年後の本年（2018）訪問しましたが、同市の復興の遅れには驚きました。下図のように液状化被害を受けた住宅地域が再建禁止地域Red Zoneと指定され、被災地が国により買い上げられて空き地で残ったままです。東日本大震災の千葉県浦安市での液状化被害への対応とは大きな違いです。液状化対応の地盤工学技術だけでは無く、社会の対応が異なるためでしょう。国際間の都市地震災害からの復興に関する情報交換が必要と思います。

支部60周年：私が関西支部に関わり始めたのは1980年以降で、その後の約40年間ではアジア地域会議（1987）、関西国際空港（1994）、阪神淡路大震災（1995）、IS-OSAKA（2004）、国際地盤工学会議（2005）、神戸空港（2006）等が記憶に残る事象です。大阪湾沿岸での埋立工事や地震災害、それと国際交流。大阪湾周辺の開発のための地盤技術は着実に進歩しましたが、本年（2018）の西日本豪雨災害や北海道地震災害のように、豪雨や地震に対する防災技術の向上と社会での具現化がまだ必要です。

人生100年：今は人生設計を100年とすべき時代と言われます。支部が100周年を迎えるにはまだ40年必要です。一方、英国土木学会は今年（2018）に200周年を迎えました。関西支部も複数世紀を跨ぐ社会貢献を視野に、活動内容を考えてはどうでしょう。地球温暖化による巨大気候変動や、極小発生確率の地震・火山災害、更には国際社会や人間活動の異次元的変化等、歴史的事象が現実となり得る意識が必要です。その為には、専門領域を超えた分野間での社会変化・貢献に関する技術交流と相互理解、特に地盤工学技術者の社会貢献に関する相互理解を国際的に行うことが重要です。先のクライストチャーチの地震災害の復興の例でも、国際協力・相互理解が可能になると思います。支部活動の益々のご発展を祈念し、拙文の終わりと致します。



液状化によるRed Zone



安全な場所にまちを作ろう

English title

（一社）近畿建設協会 理事長
霜上　民生

規模の大きな自然災害が広範囲にかつ何度も繰り返し発生しています。地震、火山噴火、津波、台風、豪雨、豪雪、深層崩壊、地滑り等々。現在の日本列島はこれらの激しく大規模な自然災害が繰り返された結果の姿といえます。地殻変動や気候変動がこれらの災害の根底に有りこれからもずっと続きます。

大災害とは人間社会にひどい災厄をもたらす自然現象を言うのでしょう。無住の地では単なる自然現象で済まされます。阿蘇山のカルデラ生成のきっかけとなった巨大噴火は、当時人類がいなかったとすれば災害ではなかったでしょうが、鬼界カルデラ生成のきっかけとなった七千三百年前の巨大噴火では、西日本の当時の縄文人が全滅したのではないかと言われています。まさに大災害であったでしょう。記録に残っているだけでも南海トラフ地震や富士山の噴火など百年から数百年の間隔で繰り返し発生し、大きな災害をもたらしています。また、花崗岩が風化した真砂土やコアロックが豪雨で土石流となって麓の町を襲うのも毎年のように発生しています。河川の堤防の整備も道半ばですが、破堤したときには昔の洪水の状況が再現されています。

過去数百年の記録を見れば、それぞれの地域の潜在的な危険性が解ります。そして、地盤工学的に見た条件は変わっていないかもしくは劣化が進んで危険度が上がっていると言えます。雨の降り方も強度が増し、災害の危険度が高まっています。防災の観点から堤防の整備や地盤改良などの施策が実施されていますが、一方では土地利用の高度化が進み、災害発生時の被害規模は大きくなっています。

そこで、全国の居住地について、過去の災害の履歴や今後予想される災害の規模と発生確率をきちんとした調査データに基づき明らかにしていくことを提案します。危険な土地に住む人がその危険性を理解した上で、敢えてその土地に住み続けるなら、命や財産を護る対策を講じる必要があるし、あるいはより安全なところへ移る選択もある。山の斜面の近くであれば、地滑り、山腹崩壊、深層崩壊、雪崩など危険な事象の種類ごとにその危険度や発生確率、規模などを明らかにする。活断層の存在と想定される地震の大きさ。海水面下の市街地では、高潮や津波の大きさと頻度、地震時の液状化の規模、地盤沈下の進行状況など。河川の沿川では台風や豪雨による河川の高水の高さや破堤したときの被災範囲など。過去の災害記録から既往の最大規模の災害を知ることができるし、さらに想定の規模を大きくすることも必要でしょう。

このような想定されるリスクに対して、災害を予防もしくは災害規模を小さくするハード対策、避難するとして安全な避難経路の確保、避難シェルターの確保、情報伝達システムの確立など多くの具体的な対策が実施されなければなりません。勿論そこから移転することも、親から子へ代替わりするときなどに誘導していくことも有効でしょう。また、安全な避難経路やシェルターの確保が不可能であれば、そこから速やかに移転させることが必要です。

人命を守り、経済損失も最小限に抑えるためには地盤工学の見地からこのような個々の土地の危険度について積極的に社会に情報提供していくべきと思います。土地の資産価値が下がることもあるでしょうし、反対に安全性が評価されて地価が上がる土地もあるでしょう。以前なら不動産業界から猛烈な反対意見が出たかもしれません。しかし、時代は変わりました。今や高齢化が進み、人口も減少し出しました。相続の際には子供達は危険なところにある親の家を処分するでしょう。工場の施設も更新時期が来るとより安全なところへ移っていくと思います。百年後には危険性がより低い地域に新しいまちができていくことが想像されます。

そこで地盤工学会としては、災害に関するデータや、山や地盤のデータを整理し、地区ごとに災害の危険性と安全性の両方について情報公開していくことが社会への貢献だと思います。市町村が作ったハザードマップは、災害から命を守るためにこのような危険性の情報を誰にでも解りやすく記載しています。地盤工学会としてはさらに突っ込んで、安全なまちづくりを誘導するための情報という観点からまとめて欲しいのです。避難するための情報ではなく、安全なまちづくりを誘導するためのマップです。土地利用計画やインフラの計画を立てるのに必要な危険性と安全性の情報をまとめて公表しては如何でしょうか。ただし、冒頭に書いた巨大噴火には対処できませんが。



カール・テルツァーギについて

On Karl von Terzaghi

京都大学 名誉教授
岡　二三生

地盤工学会関西支部設立60周年お祝い申し上げます。60周年記念に際し、読書棚からのTerzaghiに関する１冊を取り上げ寄稿させていただきます。

最近、多相系多孔質体に関して、Biot係数を含む有効応力や有効応力の適用範囲、不飽和土など３相系の取り扱いにつて論文をまとめたが、有効応力と言えばその始まりと応用はTerzaghiであることはよく知られている。学生の頃から、私の恩師である赤井浩一先生の研究室で２相系のBiotの論文を読んでいた関係から、Biotの論文との関係について学生の頃から興味を持っていた。10年以上前に赤井先生からその本が出版されたことと内容の一部の訳を教示いただいていたところ、赤木先生の訳本がでて、Goodman先生の本とともに購入し読む機会を得た。その頃、土木工業協会からCE建設業界から雑記長への寄稿を頼まれ、この本について書評のようなものを寄稿した。読まれた方々も多いと思いますが、このエッセイで再び取り上げることとしたい。

「土質力学の父　カール・テルツァーギの生涯」（訳）は平成18年に地盤工学会から出版された。この本は、1883年に生まれたテルツァーギ（K. Terzaghi）の一生を個人的な生活から、地盤工学の専門家としての活動にいたるまでを、グッドマン教授が関連する膨大な手紙類、日記、書類、著作物とインタビューをもとに著された伝記である。和訳者は故赤木俊充東洋大学名誉教授である。

ずいぶん前、津市で開催された1989年のplasticity（塑性理論）の国際会議（委員長は三重大学の徳田正孝教授）で、当時エッセン大学のデ ボーア（Reint de Boer）教授にお会いした折に、有効応力の原理の発展について話を伺った。デ ボーア先生は、有効応力の原理については、テルツァーギと同じウイーン工科大学に在職していたフィルンゲル教授の仕事も同時に評価されるべきと話されていた。その後、Applied Mechanics Reviewにデ　ボーア教授がそのあたりの事情も含んで発表された論文を読み、テルツァーギとフィルンゲルに有効応力や圧密理論に関して深刻な論争があったとの話を知った。フィルンゲルの古い資料はドイツ語であったので読みにくかったが、デ ボーア教授からは、英語と対訳もあるエッセン大学のレポートをたくさん送っていただき勉強することができた。その後、私の恩師である故赤井浩一京都大学名誉教授を通して、カルフォルニア大学のグッドマン教授がテルツァーギの伝記をアメリカ土木学会から出版されたことを知り、その和訳も見せていただいた。

このような状況で、「土質力学の父　カール・テルツァーギの生涯」が出版されたのでさっそく読んでみた。この本を手にとってまず確かめたかったことは、先に述べたウイーン工科大学での圧密理論に関する論争が、どのように描写されているのかであった。本を手にとってみると、497ページの大部のものであったが、論争のあったウイーン時代の章を読み、その経緯をよく知ることができた。どの章を読んでも感銘をうけたが、それらについて少し述べてみたい。

テルツァーギは仮説と実体の違いに用心深く対処し、安易な一般化の危険性を喚起していたことである。たとえば、ランキンとクーロンの土圧理論も粒状体である土を固体に置き換える仮説の上に立っていることについて、この理論は仮説はとしてわきまえて用いれば有用であるが、それが安易に一般化されると基本的な誤りエラーの出発点になると警告を発し、土の力学的現象の数学的な一般化につきものの危険性を指摘している。このような危険性に対する解毒剤は広い意味で土木地質学であるということが、テルツァーギの一貫した主張である。全体を読んでみてこのような態度には、少なからずテルツァーギの好み、すなわち旅行好き特に山を歩き回り地質学に親しみを持っていた性向にもよるところが大きいのかもしれないし、また、数学的な性向の強かったフィルンゲル（K. Fillunger）教授との論争も影を落としているとも思われる。フィルンゲル教授の論文ではすでに体積分率、すなわち間隙率を用いて圧密理論が扱われており、その意味では多孔質体の圧密理論の始まりはフィルンゲル教授であることが現在では明らかになっている（de Boer, Schiffman & Gibson, 1996）。ただし、Terzaghiの定式化はより直観的であり、一次元であるがフーリエ流の解を求めそれを工学的に応用するとこまでの仕事をした点は強調されるべきである。有効応力の原理を用いてテルツァーギは圧密理論を構築したことからも明らかなように、理論の役割は十分理解していた。それは、現場でなにを観察すべきかを理論が教えてくれること、理論は、経験による教訓を明晰に表現すること

ができる言語であると書いていることからも明らかである。

この本の前半の土質力学の誕生の章は、土質力学を学ぶものにはとりわけ興味深い。すなわち、砂の浸透実験から、圧密理論を完成させるまでの時期の記述だが、浸透時における土の変形の計測をめざし、圧密試験機の発明へ至ったことや、粘土においても砂と同様に動水勾配の増加が透水性の増加をもたらすことにTerzaghiは気付き、圧密理論を導く過程は、専門的にも興味深いし、現在土質力学を教える教員の立場から、教育的にも重要な部分だと思う。この本の他の部分には、彼の探究心旺盛で熱血漢であった若いころの生活や、戦後アメリカを中心とした世界中でのコンサルティング活動が生々しく描かれており、いわゆる英雄の伝記としてのみでなく地盤工学に携わるものには専門に関する箴言に満ちている。

本の話に細かい点に深入りしてしまったが、最近テルツァーギに関する出来事が多かった。平成17年には第16回の国際地盤工学会が大阪で開催され、テルツァーギ博士のお孫さんのセルゲイ･テルツァーギ博士が出席されたこと、その時ラルフ ペック先生やこの本の著作者のグッドマン先生にお会いできたことは、よき思い出となった。さらに、1997年、大阪で開催された国際地盤工学会の会議中イスタンブール工科大学でのワークショップに参加したり、2003年にプラハで開かれた第13回ヨーロッパ地盤工学会議中にはテルツァーギの生家跡を訪れたりしたこと、平成18年の１月にノールウエイの地盤工学研究所であるNGIで圧密に関する国際ワークショップに参加した折、テルツァーギ図書館を訪問し、彼の圧密試験機も見ることができたことなどもこの本を読むにあたって想像力をおおいにかきたててくれた。本を読んで感動するということは、その本を読んだ後で、読んだ人自身が、自分はもう読む前の自分ではないと思えることだとすれば、確かにこの本を読んで感動したといえると思う。このあたりの感じ方は、赤木俊充教授による訳者あとがきに記されている、若い頃にこの本を読んでいたら研究生活も変わったものになっていただろうとのS先生の読後感に通じるものがあるかもしれない。最後に、この本を地盤工学関係者のみでなく、土木にかかわる仕事をされているすべての人にこの本の一読を勧めする次第です。元気がでます！



プラハのTerzaghiの生家、建物前の車の後方には足立紀尚京都大学名誉教授（2003年岡撮影）

有効応力に関しては、1978年に土質工学会関西支部20周年記念事業として三笠正人先生。赤井浩一先生らが参加された有効応力に関する会が関西支部で開かれたことが思いだされます。以上の稿はCEの雑記帳に書いた原稿を加筆修正したものですが、この本はすべての地盤工学関係者に読んでもらえたらと思います。

参考文献

岡　二三生、読書録から―カール・テルツァーギの生涯―、CE建設業界、雑記長、Vol.56, pp.69-71, 2007.

土質力学の父　カール・テルツァーギの生涯―アーティストだったエンジニア、グッドマン著、赤木俊充訳、地盤工学会、2006

Goodman, R. E., K. Terzaghi : The Engineer as Artist, ASCE press, 1999

de Boer, R., Schiffman R. L., Gibson R. E., The origins of the theory of consolidation ; the Terzaghi-Fillunger dispute, Geotechnique 46(2), 175-186, 1996

de Boer, R. and N. Katsube, Theory of Porous Media : Highlights in Historical Development and Current State, Appl. Mech. Rev 55(2), B32-B33, Apr 03, 2002

de Boer, R. and W. Ehlers, The development of the concept of effective stresses, Acta Mechanica, 83, pp.77-92, 1990

Fillunger, P., Der Auftrieb in Talsperren, Österreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst, 19, pp.532-556, 567-570, 1913

Fillunger, P., Erdbaumechanik? Selbstverlag des Verfassers, Wien., 1936

Terzaghi, K., Die Brechnung der Durchläassigkeitsziffer des Tones aus dem Varlauf der hydromechanischen Spannungserscheinungen, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, mathematisch-natuturwissenschaftliche Klasse, Abteilung IIa, 132, No.3/4, pp.125-138, 1923

Terzaghi, K., The sharing resistance of saturated soils and the angle between the planes of shear, Proc. Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engng., Cambridge, Mass., 1, pp.54-56, 1936

Kimoto, S., F. Oka and Y. Morimoto, The effective stress concept and the evaluation of changes in pore air pressure under jacketed isotropic compression tests for dry sand based on the two-phase porous theory, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 41, 1894-1907, 2017

岡　二三生、木元小百合、多相多孔質体モデルの定式化について土木学会第73回年次学術講演会、III-103, pp.205-206, 2018

土質工学会講話会一土質力学展望一全応力法と有効応力法によるアプローチ」、土質工学会関西支部、1978年



支部活動を支える人材と風土

High quality of members and systems in Kansai Branch

大鉄工業株式会社 顧問　西日本旅客鉄道株式会社 技術顧問
松田　好史

関西支部副会長を仰せつかった2010、2011年度の２年間と、引き続いて支部長を仰せつかった2012年度の１年間の支部活動を通じて、私が感じた他の学協会活動ではほとんど感じ得なかった関西支部の長所を２つ申し上げて、次代に向けてさらに発展していく関西支部への寄稿とさせていただくこととした。

私が感じた関西支部の特徴は、支部活動を支える豊富な人材と素晴らしい伝統とも言える闊達な風土であった。そんな人材と風土に支えられた支部であるから、その活動内容は非常に活発で、運営の中心となっている幹事も意欲的であった。それまでは地盤工学会にはあまり縁がなく、むしろ他学会との関わりが深かった私にとっては、まさに目から鱗のように感じられた。このことは、支部運営に直接係わったことのない会員諸兄であっても、通常総会における運営状況や出席者の顔ぶれ、および総会や懇親会の雰囲気の中から、容易に感じていただける事柄ではないかと思っている。

2011年７月、第46回地盤工学研究発表会が神戸市で開催され、私は、前年の2010年度から技術展示部会長を仰せつかった。「本部が設定した出展目標数（40ブース必達）を上回ることができれば、１ブースにつき、その半額が支部還元金として交付される。」という、今となっては誰から聞いたのかも記憶にない甘い言葉に、「本部目標数＋10」を技術展示部会長目標として掲げ、『大会終了後には、みんなで神戸牛を堪能しよう。』と部会委員を大いに鼓舞し、自らも各社に出展を繰り返し要請したのである。結果としては、目標を大きく超えて64団体68ブース（過去最高）を達成できたが、会場費などの支出が増えたとのことで、何とか承認いただけたのは、南京町を遠く離れた中華料理屋の２階でのささやかな反省会がやっとであった。また、地盤→土→オカリナ（神戸市では、毎年、全国オカリナフェスティバルが開催されているほど有名である。）ということで、市民団体にお願いしてオカリナコンサートを実施したし、地盤→砂→サンドアートということで、第一人者の椿AKO先生に初対面ながらもお願いするなどして、防災学習や映画会などを含むこれまでにない市民参加行事を企画し展開できたのは、まさに部会委員の積極的努力と型にはまらない発想によるところと思っている。

支部活動の中心は、支部幹事約20名からなる幹事会が担っているといっても過言ではない。産官学各界のまさに脂の乗った30～40代の中堅クラスが、総務部会、広報行事部会、調査研究部会を企画し運営している。私が支部長の時には、さらなる活性化を目的に勝見幹事長の発案で、幹事会終了後の約30分間を利用して、毎回、数社から技術紹介等を実施してもらい意見交換し、その後の懇親会でも交流し、大いに人的ネットワークを広げ深めていただいた。言うまでもなく、学会の存立基盤は会員である。会員自身が楽しい、参加したいと思わなければ、あるいは委員を派遣している会社等が支部活動への参画を後押ししてくれなければ、学会活動は停滞する。地盤工学会関西支部も他学会同様に会員数は微減傾向にあったが、とにかく楽しかった雰囲気のせいか、将来への不安はさほど抱かなかった。

60周年記念事業の基本テーマは、「温故知新」である。なかなか将来が見通せない中にあって、支部活動を支えている多彩な人材こそが、支部の将来を拓く源である。そして、この良き風土が継承され、磨かれていく限り、多くの会員の支持を得て関西支部は持続的に発展していくものと確信している。



写真：サンドアート製作体験講習会
（第46回地盤工学研究発表会：市民参加行事）



ひずみ計測の重要性

神戸大学 理事・副学長
内田　一徳

1．はじめに

地盤工学会関西支部設立60周年、誠におめでとうございます。関西支部の運営に携われた多くの方々のご努力に敬意を表するとともに、多くの方々と協力しながら様々な事業に貢献できたことに心から感謝いたします。

本稿では、高精度GPS計測による地盤内ひずみ計測の将来性を踏まえたひずみ計測の重要性と、著者が提唱したひずみ経路制御三軸試験の特徴について述べたい。

2．ひずみ経路制御三軸試験の特徴

松井保先生からカナダのバンクーバUBCのY. P. Vaid教授をご紹介いただき、1991年から共同研究した当時を懐かしく思い出す。ビュウレットの代わりにコンピュータで制御するピストン（DPVC：デジタル圧力／体積制御装置）を用いて、体積ひずみや間隙圧を直接制御するひずみ経路制御三軸試験装置を開発した。当時では画期的であったゴムスリーブに描いた格子位置をビデオ撮影し、Macによる画像解析で局部ひずみを計測した。オタワ砂のひずみ経路三軸試験と通常の排水三軸試験における供試体の局部ひずみ分布から、前者のひずみ均質性を立証するとともに、DPVCにより過剰間隙水圧をゼロに保つ真の排水試験を提案し、ひずみ経路制御試験の利点を明確にした[1)]。このひずみ経路制御三軸試験は通常の三軸試験と比較して次のような特徴を有している。

1）供試体とDPVCおよび管路で構成される閉じた飽和水路系にはパスカルの原理から圧力勾配は生じず、大きなひずみ領域においても供試体内のひずみは均一性を保ち、要素試験条件を保持できる。これに対して、通常の排水試験では供試体とビュウレット間に圧力勾配が生じるため、大ひずみ領域では供試体内にひずみの偏りが生じ、せん断面が発生するため、厳密には要素試験としての条件に反する。

2）DPVCにより供試体内の過剰間隙水圧をゼロに保つ真の排水試験が可能であり、これと通常の排水試験結果と比較して、供試体内のひずみ分布の相違からピーク強度の大きさや体積変化特性がかなり異なる。

3）ひずみ経路制御によるK_0圧密三軸試験では軸ひずみと体積ひずみが一致するようにDPVCで制御できるため、極めて簡便かつ通常の非排水試験とほぼ同じ速度で効率的に試験を行うことができる。

4）通常の三軸試験での部分排水は要素試験条件を満足しないが、排水量を制御できるひずみ経路制御試験では要素試験条件を満足した部分排水試験を実施することができる。これによりサンドドレーンなどの改良地盤内の挙動解明を容易に行うことができる。

図１は、中圧ひずみ経路制御K_0圧密試験装置の概要である。本装置のDVPCの精度は１パルスあたり4.86×10^{-6}cc、体積ひずみで2.48×10^{-6}%となる。

3．地盤内ひずみ計測の将来性

最近のゴルフでではGPS距離計とクラブに取り付けたセンサーによりラウンド履歴の自動記録も可能となった。こうした高精度GPS計測と小型センサーの発達により、地盤内のひずみ測定は現時点でも十分可能である。これに対して地盤内では反力が取れないため、土圧計により正確な土圧は測定できず、応力の測定は不可能である。地盤中のひずみ経路を追跡することによって、地盤中の応力を推定することが重要となる。今後の地盤工学におけるひずみ計測の重要性は大きくなると考えられ、こうした原位置試験と要素試験を組み合わせた手法が発展し、地盤の強度変形挙動の解明、構成則のパラメータ解析や検証に貢献することを大いに期待したい。

参考文献

1）Uchida, K & Vaid, Y. P.（1994）：Sand behaviour under strain path control, 13th ICSMFE, pp.17-20

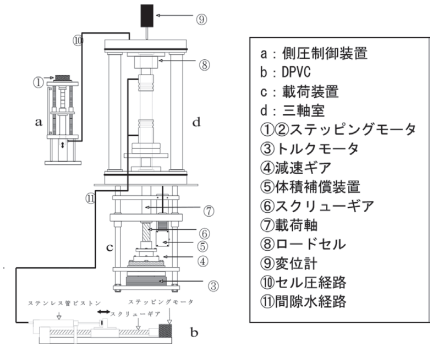


図１　ひずみ経路制御試験装置の概要



シンガポールLTA 国際諮詢委員会に参加して

As International Advisory Board member in Singapore LTA

㈱地域地盤環境研究所 代表取締役会長
橋本　正

2009年３月から４年間に亘りシンガポール政府の行政機関であるLTA（Land Transport Authority陸上交通庁）の国際諮詢委員会IBAメンバーとして、地下鉄や地下道路など地下構造物建設に関する委員を引き受けた。以前から国際会議などを介し懇意にしていたIBA座長Robert Mair教授（ケンブリッジ大學）からの要請で、前任者の日下部治氏（当時　東京工業大学教授）の後を受けて参加した。その後２年間の休止後、2015年４月から発足した同様の委員会IPA座長の国立シンガポール大學副学長KY Yong 教授の依頼によりの英国、カナダ、韓国からの専門家と共にIPAメンバーとして2019年４月まで再び参画することとなった。

シンガポールはマレー半島の南端の小さな島国であり、人口約560万人で面積は720㎢と東京23区とほぼ同じ広さであるが、特にこの20年間で金融などのサービス業やバイオ、IT関係のビジネスが活発になり、現在は１人当たりのGDPが日本を越えている。この発展は、政府が人、モノ、金を世界中から取り込む戦略をもって、空港と港湾のハブ化や交通アクセスの利便性、都市開発や住環境の整備などインフラに非常に力を入れてきた結果によるものと思われる。

LTAは鉄道（MRT/LRT）や高速道路の建設と運営が主な役目であり、現在５本のMRT、４本のLRT他の計10路線で約200kmの鉄道を整備し、今後も2030年迄に360kmの開業を目指して計画建設中である。地下高速道路も延長５kmのマリーナ沿岸線（MCE）が2015年に開通後、現在南北高速道（NSC）を建設中である。

シンガポールの地盤は、主に沿岸部や河川沿いに分布する超軟弱なマリーンクレイや河成砂層、西部に分布する堆積岩のジュロン層、中～東部に分布するブキティマ花崗岩及びOA（古沖積層）があり、地盤が急変する場合が多いので地下工事のトラブルが多い。

IPAの会議は年に２～３回開かれ、その役割は多岐に亘っている。新線計画時には、地盤および周辺環境調査、線形や工法選定と基本設計と環境アセスに関して、LTA及びコンサルから挙げられた資料に基づき、その方針や内容の吟味と適用可能技術の紹介やアドバイスを行う。工事発注時には、施工会社からの提案書に対する技術評価、発注後は工事計画に関してリスクとその対処などに関し、また施工中においては、工事経過報告や計測結果に基づいて、施工上の留意点と、特に事故などのトラブルを生じた事例では施工方法の改善に関するアドバイスを行っている。

IPAに参画して、日本の建設工事と比較して学ぶべき点を述べる。１つは、工事の進め方が英国的であり、建設コンサルタントの役割が大きい。彼らは工事発注までは発注者の下で計画から設計または環境アセスを行い、施工時には施工管理や設計変更などを行う。従って、彼らは設計だけでなく施工法や材料のことを常によく勉強し、知識度も高く、給与も含めた待遇も良い。

次に地盤の調査が詳細である点である。シンガポールの地盤が複雑なことにも依るが、トンネルの線形に合わせて、最低25m間隔でボーリング調査をすることが決められており、地盤の急変部では更に間隔を縮めて調査し、更にジオトモグラフィーを適用する場合がある。

トンネルや開削による周辺構造物への影響解析と構造物の設計に汎用FEMプログラムのPLAXISを用いることが一般的になっており、３次元弾塑性FEMが多く用いられている。設計用地盤物性は、地盤調査結果と過去の実績を踏まえた標準的な数値（GBR）に基づき、過去のニコルハイウエイなどの事故経験を踏まえて少し安全側に決められている。

また、チャレンジャブルな新技術の導入に積極的である。１kmを越す長距離水平コントローリングボーリングによる地盤調査（HD）の導入、軟弱地盤の開削工事では深層混合処理工法と高圧噴射攪拌工法（JGP）を用いた先行地中梁（Cross Wall）、小口径リチャージウエル、シールドトンネルでは、岩盤及びMixed Face地盤での密閉式シールド工法、矩形シールド工法等がある。また、日本からは水平JGP、函体推進工法（SFT）、可塑性注入材などを紹介し、導入が図れている。

シンガポールには、日本の建設会社、専業工事会社、メーカー、材料会社および地盤調査会社など多くの建設関係会社や技術者が在住しており、シンガポールを中心にして東南アジアで活動が行われている。現地で海外の会社や技術者との協同の仕事を介して地元やヨーロッパ流のシステムや技術を身につけ取り入れることは価値があることと思える。また、日本の経験に基づく高度な技術を海外に売り込む良い機会であると考えられる。



京都・大阪・神戸の地下水文化

Groundwater Culture in Kyoto, Osaka and Kobe

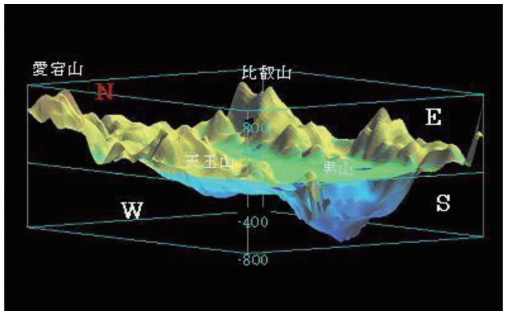
関西大学環境都市工学部 教授
楠見　晴重

京都盆地では平安時代より地下水の利用が盛んな地域であり、地下水と京都の文化が密接に結びついている。平安時代には貴族や高級官僚の屋敷の庭には池を持つことがステータスシンボルとなっていたが、池の水は地下水を利用していた。当時は池の周りに樹木、草花、岩石などを配置し、その風情を楽しみ、それが発展して現在の日本庭園を形作ったと言われている。京都伏見の酒造りは室町時代から始まり、約450年経った現在に至るまで酒造りの仕込み水は常に地下水を使っている。３つの茶道家元には、茶道に使う井戸を持っており、特に裏千家の「梅ノ井」は初代より守り抜いてきた井戸として有名である。京都の食文化と地下水は、豆腐、生麩、湯葉、京料理、京菓子と密接に結びついている。京友禅の「洗い」には地下水を使い新たな色彩、輝きを生み出している。その他、京都の伝統行事と地下水は葵祭りなど関係が深い。筆者の研究室では京都盆地で行われた反射法地震探査、重力探査、約8000本のボーリングデータから、京都盆地の３次元CGを作成し、その形状、地形地質などから盆地には琵琶湖にほぼ匹敵する約211億トンの地下水が賦存しているとことを推定した。筆者はこれを京都水盆と呼んでいる。

大阪市内は、高度成長期に工業用水として地下水を多量に汲み上げた結果、地盤沈下が広域に発生したため、現在では原則、条例によって地下水は汲み上げることはできない。しかし過去においては、浪速四所の名水と呼ばれた井戸が存在していた。その一つが大阪天満宮の名井「天満・天神の水」である。境内には次のような説明板が掲げられていた。「この井水は浪速四所の名井の一であり、摂陽奇観に『天神の水、天満の名井にして諸方に賞翫す。酒に和して美味なり』と記されている。當地は神武天皇蹟に当り、今の大川は仁徳帝の時に開鑿したものであり、上町台地の地続きで地質は洪積層で清らかな水が湧き出した。徳川時代に大阪城代が江戸へ赴く時は途中の飲料水として携行し、明治帝が造幣局に行幸の際は天満の水としを差し上げている。近年まで有名な天満酒が醸造されてこの付近に酒蔵が点在していたのは一にこの清水によるものである。」大阪市内では地下水を汲み上げ過ぎた結果、浪速四所の名水は消滅した。近年の大阪市内の地下水は、汲み上げ規制の効果もあって地下水位が回復しているが、大阪天満宮では「天満・天神の水」復活を熱望され、筆者はそのお手伝いをさせて頂いた。復活した地元では「天満・天神の水」を利用した様々なことが企画され、一部は実施されている。消えかけた地下水文化が根づくことを期待している。

神戸は灘の酒造りには欠かせない「宮水」がある。宮水の湧き出る場所は、正確には西宮に位置しているが、西宮から神戸にかけて宮水を使った酒造りは有名である。灘五郷、灘の酒は寛永年間に西宮で醸造が始まって以来、今日まで400年を経ている。灘五郷は全国日本酒造の30％以上を占めている。先の京都伏見の酒は全国２位の生産量であり、関西は日本酒造りの一大産地となっている。灘五郷と伏見の酒は、いずれも地下水を仕込み水として使用しているが、その味は大きく異なっている。いわゆる灘は「辛口」、伏見は「淡麗」といわれているが、それは地下水水質による。伏見の地下水で代表的な御香水と宮水とのヘキサダイヤグラムを比べると、いずれの溶存ミネラルは宮水が非常に高い値を示している。特に炭酸カルシウムイオンは４倍近い開きがあり、宮水は硬水の部類に入る。硬水を使って酒造りをしている地域はあまり無く、仕込み期間が短く「辛口」の酒となる。酒造りの歴史は伏見の方が長いが、灘の生産量は江戸時代に逆転した。当時の江戸は大消費地で、濃口醤油の食文化であった。それと「辛口」の灘の酒が良く合ったこと、また神戸から江戸への船運による流通ルートを確保したことにより、灘五郷は日本一の酒造りとして今日まで続いている。

21世紀は水の時代と言われているが、関西各地には地下水などの水文化が深く根付いており、今後関西から世界に向けて水文化を発信していくことを期待している。



京都水盆の３次元CG



進化する災害に対する国土・人心の強靱化

Tougher Land & Human Spirit against Progressing Disaster

大阪大学 名誉教授
常田　賢一

関西地方で発生した近年の代表的な災害として、2004年10月の台風23号による洪水被害を挙げたい。この災害の調査に関わり、当時から気にしていたことは、この災害の特徴でもある、円山川などの越流破堤、風倒木による流木被害、淡路島などのため池の決壊の３点である。

まず、越流破堤について、当時、橋梁などで先行していた性能規定型設計の視点から、「越流を是とする堤防の性能」の考え方を提示した。浸水による被害は床下浸水、床上浸水など、浸水の規模により被害水準が異なるので、被害水準を考えた堤防整備のあり方を主旨とした。しかし、当時は堤防の高さにより洪水を河道に封じ込め、速やかに流下させることを基本姿勢としていたため、越流自体が認められない状況にあり、河川管理に精通した学識者からも、越流を考えること自体が一蹴された。

しかし、それから11年後の2015年９月の関東・東北豪雨により、鬼怒川で越流破堤が発生した際には、河川管理者から越流に対して粘り強い堤防構造の工夫が謳われることになった。それは、堤防に対する越流の姿勢がやや変化したことを意味するが、以下のような変化の背景、理由があってのことであると思っている。

一つは、2011年東北地方太平洋沖地震では、海岸堤防の越流破堤による甚大な被害があったが、その対応姿勢として打ち出された構造物の“粘り強さ”の概念が一般的に普及しつつあった点である。もう一つは、堤防構造に関して、従来から洪水時にも侵食抑制が認知されていた堤防の天端舗装に加えて、津波に対する粘り強さの向上策として具体化された裏法尻での補強構造といった技術が認知されつつあった点である。

以上から学べることは、変化のためには環境変化と条件設定の必要性である。言い換えると、変化させるためには、周辺環境を変化させる、あるいは環境の変化を敏感に捉え、さらに条件を設定すればよいことになる。さらに、既成概念、予見に囚われない先見性を持ち、妥協しない粘り強さを持つことである。

次に、流木被害について、降雨による斜面崩壊に起因する倒木だけなく、台風の場合は強風による倒木も相乗する。倒木は下流に流出し、橋梁に堰き止められて流水阻害を発生し、堰き上がった洪水により浸水被害が発生したり、直接的に住家を直撃したりする。平成29年７月九州北部豪雨、平成30年７月豪雨でも流木の流出とそれによる被害が顕在化したが、流木災害は絶えず繰り返される災害形態である。流木被害の抑制には、流木の発生源あるいは発生源直下流での対策が効果的であるが、中下流域への影響も含めた総合的な流木対策が望まれる。

さらに、ため池の決壊について、前述の淡路島の場合、平場のため池でなく、河道を横断して設置したため池が決壊して、広く下流域まで影響した。2011年東北地方太平洋沖地震、平成30年７月豪雨でもため池の決壊が発生し、その危険性が話題になったが、今後も類似の危険性が危惧される。そのため、河川管理者により安定性の向上が図られたダムとは異なるため池は、河道や流域を構成する構造物としての安全性の確保、向上が望まれる。

以上、台風23号の教訓を思い起こし、最近の災害でも類似の事象が繰り返されていることを提起した。特に、最近の豪雨災害は甚大化しており、予想を超える被害のためか、2016年の熊本地震などでも同様であったが、相応の専門家からは「想定外、どこでも起こり得る」などの言い方がされている。しかし、言い方は悪いが、これは素人でも言えることであり、専門家の存在否定になるので、安易に口にすることではないと思う。

最後に、平成30年７月豪雨による被害は、複数県に跨る広範囲で同時多発的に発生したため、死者が200人を超える大災害になった。類似の災害が繰り返されているが、地球温暖化などの環境の変化に伴い、甚大化し、凶暴化している（進化と呼ぶことにする）。それに対峙するためには、国土だけでなく、人間も災害に負けない、挫けない強さを持つとともに、既成概念を超えて、防備する（強靱化と呼ぶことにする）ことが必要である。

∴　進化する災害に対峙し、生き延びるためには、国土および人心の強靱化が必要であり、自然災害のすべてに関わる地盤工学はその一翼を担うことが必然、宿命である。



2004年10月台風23号による円山川の破堤：国土交通省近畿地方整備局による



地盤を「じまん」

My proud story of the soft ground issue

奥村組土木興業株式会社 環境開発本部 担当部長
本井　敏雄

私が兵庫県庁の技術吏員でいた時期、昭和63（1988）年度から平成２（1990）年度までの３年間、関西国際空港株式会社に出向していました。空港島の埋立事業を担当するセクション（工務一部）で、当時の私にとりまして、この会社で取り組まれていた文字通り世紀の最先端海洋埋立事業は、まさしく目からうろこの連続、毎日がファンタスティックな、めくるめく日々でございました。当時運輸省から来られていた技術陣の方々は、「豆腐の上に金塊」と揶揄された沖積超軟弱地盤上への空港島建設について、圧密理論と埋立工事の施工との関係を徹底的に追及して最適解を得ようと必死の努力をされていました。埋立にあたって、海上の空港島となるべきエリアの各ポイントでの沈下量を監視し、そのデータに基づき次に投入すべき土砂の量と場所を決めるという作業をずっと継続されていました。空港島の沈下量と速度が予測を超え、開港を当初予定から１年半延期せざるをえなくなりましたが、でも、あの平成７（1995）年１月の阪神淡路大震災の４か月前に開港でき、関西国際空港が震災復旧と復興に大いに機能したことはすばらしいことだったと思います。

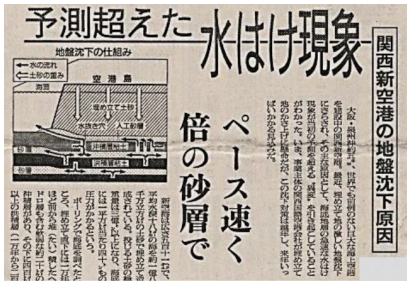
地方公務員だった私が扱う土木工事の設計書は、金額が千円単位です。関空会社に着任した当時、空港建設の予算書の数字は見慣れていた数字と同じような桁の数字でしたが、なんと単位が３桁違っていました。数字の単位が百万円単位だったのです。つまり、工事内訳書に記された数字がたとえば５桁だったとすると、県では何千万円規模の工事ですが、関空会社では百億円規模でございました。にもかかわらず、工事内訳書のボリューム（書類としての厚さ）の薄いこと。空港島埋立に使う土量はすさまじい大きさですが、工法はけっこう単純なので、工事内訳書はそんなに分厚くならなかったのです。内訳書のボリュームと実際の工事との間のギャップに私は面食らってしまいました。国家プロジェクトとして行われる事業の大きさを肌で感じた瞬間でした。

県に戻った私は、その後、空港関係の仕事に８年間も携わることになり、関空会社への出向がまさしくその後の県庁生活の方向を決めたということになりました。最先端技術の一端を垣間見させていただいたという経験と、出向時に得た知己、人とのつながりがその後の仕事にも人生にも大きな影響を与えたことは言うまでもありません。私は国家事業に携われたこと、また地盤（じばん）との関係を勝手に自慢（じまん）しておりました。

もうひとつ軟弱地盤に関係する「じまん」話を。兵庫県庁に入って間もない頃、私は日本海側の豊岡市にある土木事務所に配属されました。豊岡は時々、高い気温を記録して全国的にも有名ですが、地盤がこれまた軟弱地盤で土木構造物の施工に苦労されているところです。一級河川円山川（まるやまがわ）の堤防に、腹付け一体化した構造で県道を整備（盛土）した際に、沿道住宅地にいわゆる「つれこみ沈下」を起こし、家屋が傾いてしまいました。そのため事業損失補償をすることになり、家屋の修復費用の算定もさることながら、補償する範囲と時期とを決定する必要がありました。そこで、コンサルタントの方の協力も得て、現地の地盤データや工事記録をもとに圧密沈下曲線を描き、範囲と時期を決定しました。転勤しましたので、実際の補償交渉までは担当しませんでしたが、交渉は無事円滑に進んで所定の補償額で業務は終了したのです。

私は、土木技術者としての仕事歴において軟弱地盤との関係が節目の経験をもたらしてくれて、まさしく軟弱地盤さまさまです。「軟弱」といえば「軟弱な態度」とか「軟弱なやつ」など、とかくイメージがよろしくない単語になっていますが、地盤が軟弱であることは、そこに解決しなければならない問題やテーマが潜んでいて、それを解決する技術や生活の進歩に寄与するという、積極的な（こじつけ的な）評価もしていきたい、していくべきと、今思っています。

私の性格、資質が軟弱だとしたら、その軟弱を自慢したいのですが、この言い方にはちょっと無理がございます。


予測超えた 水はけ現象
関西新空港の地盤沈下原因
地盤沈下の仕組み
ペース速く 倍の砂層で

予測を超える沈下を伝える記事（一部）
（1990（平成2）年12月28日朝日新聞）



自然災害と人生

Natural disasters and my life

立命館大学 教授
深川　良一

筆者は昭和28年（1953年）10月鹿児島県生まれである。物心ついた頃から常に台風や大雨を意識してきた。実家は山を削って宅地にしたような地形のところにあり、裏はシラスからなる崖だった。いかにも危なそうだったので、台風や豪雨の時は少し離れた場所にある祖父の家に避難するのが常だった。停電すると、ろうそくや油を使った明かりを灯し、その下で祖母の怖い話を聞くのが楽しみだった。避難する機会がかなり多く、一つ一つの台風、豪雨について細かいことは思い出せないが、強い雨の降る中濡れながら避難したこと、水嵩の増した川の常とは違う有様に恐怖心を覚えたこと、台風一過柿の木からおいしそうな柿が沢山落ちていたこと等を明瞭に思い出す。

自分の土砂災害に対するイメージを決定づけたのは、昭和46年（1971年）８月の台風19号災害だった。台風19号は九州に接近しながらその西海上を通り抜けたが、最接近したときは935hPa、最大風速45mということで、かなりの強さを維持していた。種子島では最大瞬間風速62mを観測した。鹿児島県にとっては最悪に近いコースを辿ったのである。８月５日の夕方、筆者の実家のある集落は大きな被害を被ることになった。昼頃から雨風が強まり始め、強い雨がカーテンを引くように周期性をもって動いていくのを呆然と眺めていた。雨が強まると裏山の崖が崩れる兆候はないか見に行くのが子供の仕事だったが、今考えると生死の境をうろうろしていたのかもしれない。山からの水が濁ったり、小石が落ちてくると危ないと言われていた。そうこうしているうちに隣家（親戚）の人が「家が潰れた！」と大きな声を上げながら走ってくるのが分かった。慌てて表へ出ると隣家は崩れた土砂の下敷きになっていた。牛小屋も下敷きになり、飼われていた牛がか細い声で啼いているのが哀れだった。すぐに家を離れたが、しばらく後に実家の裏山が崩れ、まるで紙細工のように実家が潰れた光景を映画の１シーンのように眺めていた。

この災害による最終的な犠牲者は鹿児島県内で47名に上った。筆者の実家のある集落でも隣家の祖父の兄が亡くなり、また隣接する集落でも３名が亡くなるという歴史的な大惨事だった。まさに生まれて初めて経験することであり、この後も同様なことは発生していない。筆者は当時高校３年生だったが、進路を決める際にも重い十字架を背負ったような気がした。その後、しばらくは自分は特別な経験をしたという意識が強かったが、実は単なる世間知らずであるということが次第に自覚されるようになっていった。

ところで、滋賀県に住み始めてもう四半世紀近くになる。滋賀県は普段は災害の少ない住みよい県であると県民自身が言うようなのんびりした県である。土砂災害を研究のメインとする筆者にとっては受け入れにくいような見解で、常々「危ないから用心して欲しい」という発言を繰り返していたが、土砂災害に関しては確かに事例が少ないということを実感させることがあった。平成25年（2013年）９月に滋賀県は台風18号の襲来を受け、記録的な豪雨に見舞われた。滋賀、京都、福井の３府県に対して、「数十年度に一度の災害」を想定して制定された「特別警報」が初めて適用された。三重県境や京都府境において48時間雨量は600㎜を超えた。栗東市安養寺山のふもとでは土砂崩れにより71歳の女性が亡くなった。実はこの方は滋賀県において土砂災害による60年ぶりの犠牲者であった。このことだけに限れば、やはり滋賀県は土砂災害は少ないということになるが、実はその60年前の土砂災害は猛烈なものだった。昭和28年（1953年）８月、集中豪雨により滋賀県南端にある多羅尾村において大規模土砂災害が発生し、犠牲者44名、家屋損壊230戸という大惨事となった。同村周辺は真砂土地帯であることが知られており、そのことが災害の拡大に繋がったものと考えられる。この昭和28年という年は自分の生まれた年でもあるが、実は西日本全体で大変自然災害の多かった年として知られている。いわゆる昭和28年西日本豪雨災害や南山城災害で代表されるが、何か因縁を感じている。

地盤工学会関西支部に所属するようになってからも自然災害との関りが強まってきている。2011年９月の紀伊半島災害の際は副支部長を務めていた関係で、調査団の団長を務めることになった。その後、「想定外」豪雨による地盤災害を考える調査研究委員会、斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会という２つの研究委員会の委員長を務めさせて頂いて、毎年発生する各地の被災現場に触れる機会が続いている。大学の現役教員としてのキャリアは終わりに近づいているが、おそらくまだまだ自然災害との関りは続いていくのだろう。



歴史的な難所に高速道路トンネルを建設

Construction of highway tunnels in a historically difficult place to pass through

鹿島建設株式会社 顧問
河本　克正

関西には古くから人の通行を妨げてきた難所・険しい山が多くある。私はその２つの難所で高速道路のトンネル工事を担当した。難所の解消のおかげで、地元の人に感謝され、経済効果も極めて大きかった。

１つが奈良と大阪の間の生駒山である。生駒山を越える道は国道308号で、奈良県生駒市から大阪府東大阪市に通じるこの道の最大の難所が『暗峠（くらがりとうげ）』である。江戸時代には参勤交代の殿様の籠が通っていた峠で峠付近は石畳となっている。標高455mの峠は乗用車１台がかろうじて通れる道幅しかなく、奈良側、大阪側の山道はＳ字カーブがつづら折れに続き、最大傾斜勾配は30％を超えている。

奈良市と東大阪市を結ぶ「第二阪奈有料道路」は国道308号のバイパスとして平成９年に開通した。私が担当した「阪奈トンネル」は生駒山の真下を通る全長5580mの長大トンネルである。

このトンネルは、「NATM工法」により非常に硬い花崗岩・閃緑岩の中で掘削が進められたが、何度か破砕帯に遭遇し、大きな出水もあった。また、生駒山の頂上の真下あたりに体育館ほどの大きさの地下換気所を造るために、最新の計測技術・補助工法を使い色々な工夫をした。土木技術者として地盤の様々な変化に対応して完成させたことはとても誇りに思えると共に、竣工時には山の神がよく私たちを守ってくれたと感謝した。

もう一つの難所が、『大江山いく野の道の遠ければまだふみも見ず天橋立』と歌われた大江山である。和泉式部の娘の小式部内侍が詠んだこの歌は、小倉百人一首にもとりあげられている。

また大江山にはもう一つ『酒呑童子伝説』という鬼伝説がある。平安朝、一条天皇の頃に京の芸者や姫君が次々に神隠しのように居なくなったのは酒呑童子の仕業だということになり、源頼光、藤原保昌が征伐に向かい酒呑童子の首を取った、という伝説である。

この大江山の下を通る「京都縦貫自動車道」の一部が平成15年に開通し、その中に私が担当した「大江山トンネル」（2126m）がある。

この地域は、『蛇紋岩』が多い地域で、この特異な蛇紋岩対策に大変苦労した。蛇紋岩は一見すると硬そうに見えるが、水を含み時間が経って風化が進みはじめると“スレーキング”して脆弱な岩質に変わる。

この時は、多くの地質の専門家の助けを借りて蛇紋岩対策をした。トンネルでは掘削すると吹付・ロックボルトは当たり前だが、常に変位を計測して追加対策を準備して工事を進めた。そして路盤になる部分の蛇紋岩がスレーキングで“田んぼ”のような状態になることから、蛇紋岩区間はインバートを施工し、良質土で埋戻しを行い、施工中の安全と、トンネルの長期的な安定・品質を確保した。

もう一つこの工事で苦労したのが11段の蛇紋岩の法面対策である。専門家の調査、検討を経て、アンカー工で地盤を締め付けて長期的な安定を確保した。

この工事では、三次元計測などの最新の計測技術で得たデータをトンネル・切土工事の施工にフィードバックし、対策工を行いながら施工した。

山岳トンネルの「NATM工法」は長い歴史を持ち、掘削する山の岩質・地質に応じて柔軟な対応ができる非常に適応性の高い工法である。そして、様々な地質に対応するために計測技術や補助工法が開発されてきた。私が紹介した２つのトンネルは全くタイプの違った岩質だったが、多くの専門家の知見と新技術の採用で、工事を安全に進めることができた。

「NATM工法」はトンネルを１本掘るごとに技術が進み進化していく。今後も多くのトンネル施工に適用され高速道路などの社会基盤の発展に貢献していくだろう。



「大江山トンネル」開通前の市民ウォークの様子



石碑にみる大阪の災害と伝承

Disaster and lore to the next generation
from stone monuments in Osaka

大阪市立大学 大学院理学研究科 教授
三田村　宗樹

歴史のある大阪とその周辺には、過去の歴史を伝える史跡や石碑などが多数見うけられる。大阪の街中だけでなく、郊外の道沿いや神社の片隅にこのような石碑はひっそりと佇んでいる。多くの石碑は、近隣の住民にも認識されずに、その存在は見過ごされている。東北地方の沿岸部などには、古くから過去の津波災害に関わる石碑が多く存在し、それらが各地区の災害リスクを知る防災力向上の材料となっている。

阪神・淡路大震災、東日本大震災、広島豪雨災害など地震・津波・水害・土砂災害などが近年発生する中で、国は、公助を目的とした地域防災計画だけでなく、自助・共助を効果的に促進するための地区防災計画を地区住民自らが作り上げ、実行できる取り組みを進めている。地区で長年居住している高齢の市民は災害経験も有し、地区の災害碑の存在を認知し、地区の災害経緯やそのリスクを知っている方もいるが、住民の多くは自分の暮らす街の災害リスクを十分に理解していない場合が多い。このような状況の中、大阪でも近年、防災意識向上のため、地域住民との防災まち歩きの機会が増えてきた。

そこで、大阪の石碑、特に災害に関わるものを調べ、地区にこのような災害碑がある場合、まち歩きの中でそれらを紹介したりしている。

災害碑としては、大阪はかつて「水の都」とされるように、平野部に散在して認められる。そのほとんどが、淀川の水害に関わる石碑であって、淀川の堤防沿いやその近傍にある社寺の敷地内に建立されている。主要なものとして、枚方市左岸堤防の「明治18年洪水碑」（伊加賀切れ）、高槻市大塚右岸堤防の「洪水記念碑」（大正６年大塚切れ）など淀川の外水氾濫に関わる碑である。これらの大洪水での浸水は広範囲で長期に及び、淀川本流の水位が低下後に、浸水位域の下流堤防を切って、排水させる「わざと切れ」を行った。それぞれの堤防切断箇所となる都島区網島大川左岸「水防碑」、西淀川区福町右岸堤防「大塚切れ洪水碑」に災害碑が建立されている。大和川では、柏原市上市築留の「大和川付替碑」は氾濫を繰り返す大和川の江戸期付け替えに関する記念碑であり、現在の下流域である住吉区遠里小野右岸堤防には、繰り返された堤防決壊のないことを祈る「堤防安泰祈願の碑」や大阪市の建立した「水防碑」がある。

大阪市内には、大阪市役所が建立した「水防碑」が前述の２基以外にも千島、西長堀、下新庄、中津、幸町、西九条、福島、津守などにあり、その多くは地盤沈下に伴って被害拡大した高潮災害の跡地に建てられている。

大阪では、津波災害も無縁ではなく、宝永、安政の南海地震の際に、平野域の広範囲に浸水がおよび、多数の犠牲者を出す津波災害となった。大正橋東詰に建つ「大地震両川口津浪記」（**写真１**）が知られる。この碑には、安政南海地震津波の状況が具体的に示されている。安政東南海地震の強い揺れがあった翌日の安政南海地震の強い揺れがおこり、その日暮れ頃に轟音とともに津波が来襲した。強い地震動を恐れ船に逃げた人とともに、船が流され、川に架かる橋を破壊し、多くの犠牲者が出たと記している。ここに示される状況は、東日本大震災の津波遡上に類似する。津浪記の建立者は、宝永地震の際と同様の被害が安政地震で生じたのは、その伝承が十分でなかったためであるとし、この碑を建立するので、読みやすく墨入れをしてほしいと記している。

自然災害の被害拡大を防ぐためにこれまでの災害経緯を伝承することの大切さをこれらの碑が物語っており、減災へ向けた災害リスク理解に、これらの碑を利用してつなげていく必要がある。現在、多様なハード対策が講じられ想定内での災害防止にはつながっている。リスクコミュニケーションの観点から、「想定外」でハード対策が破綻したケースの災害リスクも含めた説明を施し、適切な災害回避・避難行動へつながる市民の理解を促す必要があろう。



写真１　大正橋東詰に建つ「大地震両川口津浪記」



大学における教育改革について

Educational innovation in engineering colleges today

摂南大学 教務部長
伊藤　譲

現在の職場である摂南大学に勤務して四半世紀近くになろうとしている。その間、建設業界と大学の土木系学科を取り巻く環境は大きく変化し続けてきた。今回、関西支部創設60周年のエッセイ執筆の機会を得たので支部の方々に最近の大学教育の実際について、私の勤務校の例を紹介させていただく。

本学のような私立大学においてはJABEEによる認定制度が結果として工科系の教育プログラムだけでなく大学全体の教育に大きな影響を与えてきたと言える。JABEEとは1999年に設立された日本技術者教育認定機構の略であり、技術者を育成する教育プログラムを「技術者に必要な知識と能力」、「社会の要求水準」などの観点から審査し、認定する非政府系組織である。JABEEは技術者教育認定の実質的同等性を相互承認する世界的枠組みであるワシントン協定に加盟しており、プログラム修了生は協定の加盟国内では現地の技術者と同等の技術業務を行うことができる。これは大学卒業後に海外で就職しようとする学生にとっては大きな特典である。

また、JABEE認定された教育プログラムの修了生は、文部科学大臣の指定を受けて技術士の第一次試験が免除され、技術士補となる資格を得ることができる。技術士資格を重視する土木系の学生にとっては就職に際して大きな特典を有することになる。そこで、私の所属する学科では2004年から本格的に受審の準備を始め、2007年に審査チームから教育プログラムとしての弱点（Weak）を10箇所以上指摘されるといった厳しい評価を受けながらも、辛うじて認定されるに至った。その後2009年の中間審査で弱点を改善して、2012年の認定継続審査では、ほぼ満点の評価で認定を継続できることになった。

JABEEに認定されるためには、まず、プログラムは明確な人材育成の目的を有し、JABEEの設定した基準を満足する学習教育目標を設定し、さらにそれは内外の関係者（教員、学生、保護者、企業など）に公開されていなければならない。これらの目標に対応して、必要な科目が配置され、適切な教育が行われて、目標を達成した学生のみを合格させる教育システムを有する必要がある。

ところが、大学には学習指導要領も、教育改善を担当する組織もなく、学科単位で教育システムを作り直す他なかった。以下に本学における分野別のカリキュラムの改善の経験を述べる。

まず、専門科目では一方的な情報伝達（講義）だけでなく、授業時間内における頻繁な知識定着の確認（クイズ）や学生への問いかけを増やすなど双方向型の授業手法を取り入れ、成績評価は期末試験だけの一発勝負を改め、前述のクイズ、小テスト、レポートや取り組み姿勢など総合的な視点による成績評価へと変えていった。また、力学系の必修科目をクラス分けするなど手厚くした反面、選択科目の統合や廃止を行った。卒業研究においても指導教員が一人ですべて評価することはなくなり、審査会の出席教員に持ち点を与え、指導教員のみによる評価のバラツキを緩和している。さらに、主要専門科目の知識の定着を図るために、３～４年次の夏休みに一部必修の集中講義を配置するなど、アルバイトに流れがちな学生に学習させる仕組みを作った。

次は教養科目である。私が学生であった40年前に「教養砂漠」という言葉が流行っていたと記憶しているが、JABEEに着手した頃も、全体的には昔と何も変わっていなかった。まず、科目名称は「哲学」や「文学」等のように学問分野の全体を指すものが多数を占め、担当教員は、その広い学問分野の全体を教養として講義することは殆どなく、学問分野のごく一部の「教員の教えたい内容」（学生の興味や必要性とは関係なく）や教員の研究内容のみを講義している状況が続いていた。そこで、担当教員に教育内容の見直しを求めることになり、予想通りの抵抗があったが、最終的には理解していただいた。従来は漠然とした教養科目であったが、人材育成における位置付けが明確になった。学生からは中身が見えるようになり、担当教員にも学部教育の中での科目の立場が明らかになり、教育の方向性が具体的に示された。

このように、大学の教育改革は理工系や医学・薬学系が先行して専門教育の改善に努めてきた。最近では文科省の方針でジェネリックスキル（汎用能力）を身につけることに重点が置かれている。そこではアクティブラーニングと呼ばれる教員が教えるよりも学生が学ぶことに重点を置いた教育手法が注目されている。本学でも今年度より、体育の教員も含めた各学部の教員が合同で行うアクティブラーニング型の教養科目を立ち上げている。

最後に、教育改革は教育機関の独りよがりではあってはならない。実務の現場からの厳しいご批判をお待ちしています。



私と地盤工学との関わり

Relations with Geotechnical Engineering

西松建設㈱ 関西支店 支店長
木村　博規

（公社）地盤工学会関西支部の創設60周年を祝し、記念誌にエッセイを寄稿する機会をいただきまして、誠に光栄であり感謝する次第です。記念事業の基本テーマとは少し離れますが、私自身と地盤工学の関わりについて書き留めさせていただきます。

思い起こせば、もう40年近くも前に普通高校から大学進学を考えた際に、『土木工学科』を選んだのが始まりでした。子供の頃から常に『土』に触れる毎日で、文科系が嫌いで理数系に進み、漠然と好きだった『もの造り』をイメージして選んだように思います。

大学では４年間部活動に明け暮れ、研究室配属では水理系と構造系から逃げるように土質力学研究室の配属となりましたが、そのお陰で先輩の土質実験等を手伝う機会も増えていったように思い出します。就職についても漠然としか考えておらず、教授（故赤井浩一先生）よりお叱りを受けたことが懐かしい思い出です。結局、ゼネコン志望であった私に薦められた今の会社に就職し、地盤工学に関わっていくこととなりました。

建設会社に入社して約20年間は関西の建設現場に配属となり、その中で『土質・地盤』に関わる機会が増えていきました。

最初は、大阪府南部における高速道路の建設現場に着任し、大規模な切土・盛土と橋梁等の構造物を経験しましたが、最大70mの高切土ののり面対策に苦労した工事でした。脆弱な亀裂性岩盤であり何度か小規模なのり面崩壊が発生し、開通時期が定められた中で大規模にのり面を崩壊させない対策が求められました。結果的には、数段におよぶ鋼管抑止杭やロックボルト・法枠等を駆使し、開通を間に合わせることができ、個人的には斜面の安定について大変勉強になった現場でありました。

その後幾つか工事を挟んで、大阪市内の地下鉄建設に携わることとなりました。

まず、大阪市西区での駅舎開削工事において、非常に軟弱な沖積粘性土層に悩まされました。N値０～２程度で鋭敏性が高く、掘削範囲の大部分を占める土層であったため、重機の作業効率が悪いだけでなく、土留め壁の変形や切梁軸力の増大が大きな問題となりました。土質の再調査の結果、厚みがある土層では平均強度（粘着力）でなく深さによる勾配をもった強度を採用すること、また鋭敏性が高い粘性土については掘削側（受動側）の強度低下を考慮することで、事象の再現性を説明することができました。

この経験は、数年後に施工した大阪市城東区での地下鉄駅舎開削工事で、類似する沖積粘性土層を克服する際に役立つこととなりました。

またこの城東区の地下鉄工事では、掘削底面以深に厚い洪積砂礫層を有する被圧帯水層地盤での開削工事における地下水位低下について計画・施工・検証を行いました。ここでは、一般的には遮水壁とするソイルセメント壁を若干の透水性を有する壁として評価し、掘削内外の地下水水頭差による外部からの浸透流を考慮しました。浸透流解析からリリーフウェルの仕様検討、揚水試験によるソイルセメント壁の遮水効果確認と井戸能力の検証等を実施し、その結果、被圧地下水対策を事前に検討し十分な施工・管理することで、都市部の開削構内の地盤の安定および周辺地盤への影響低減を実現できました。

これらの『地盤』『地下水』に関する難題に直面したことで、私自身が多少なり成長できたと思える貴重な経験でありました。

一方、地盤工学会関西支部では平成16年度より支部幹事、代議員、支部監事、そして現在は副支部長として、様々な行事や活動を経験させていただきました。

この10年間を振り返りますと、日本全国で自然災害の猛威にさらされた10年かと思います。最も衝撃的だったのは、2011年東日本大地震の津波による被害でしたが、その他にも2016年の熊本地震、度重なる台風による土砂災害、近年激増したゲリラ豪雨被害等、インフラに限らず国民の生命を脅かす脅威が続いております。

『防災・減災』と今後の命題であるインフラの『維持・更新』は、私ども土木技術者に課せられた大きな使命であり、そのための将来の担い手確保、技術の継承が喫緊の課題であります。私も『地盤工学』に関わる一員として、これまで以上に社会へ貢献・恩返しできるよう努めて参りたいと存じます。



大阪港の開発と地盤工学

Geotechnical Engineering for Osaka port development

大阪市港湾局長・地盤工学会関西支部 副支部長
藪内　弘

地盤工学会関西支部創設60周年おめでとうございます。会員各位に対して、この間のご努力に敬意を表する次第です。今年は、戦後、大阪港の埋立てが開始されて60周年にもあたる年でもあり、大阪港の形成や開発と地盤工学について、考えているところを書きたいと思います。

大阪港の開発と地盤工学

大阪は、江戸期より明治にかけて、盛んに埋立てが行われ、新田を開発してきました。遠浅の海や洲を築堤で囲み、土砂を入れるという方式で、多くの陸地を生み出しました。その後、大阪港は川口において明治元年に外国に対し開港しましたが、土砂堆積により安治川の水深が浅く、大型外貿船の入港が困難になったため明治30年より、大阪港築港事業がスタートし、岸壁、防波堤など港湾施設が建設されるとともに、埠頭整備に伴い新たな埋立てを行う等工事を実施し、現在の大阪港の原型が形成されました。この当時、オランダ等からの技術の導入はあったものの、大阪湾の軟弱な沖積層粘土に対する理解も十分ではなく、難工事を余儀なくされました。

戦災、度重なる台風、高潮の被害から、大阪港は壊滅状態となりましたが、その都度不死鳥のように再興を遂げました。安治川の開削や大正内港化を通じ、低い地盤を盛り土し、高潮に強い地盤形成を行い、復旧していったのです。南港の埋立てでは、浚渫土砂、建設残土、購入土を活用しましたが、軟弱地盤をいかに圧密促進させるかが大きな課題となり、実験、研究が盛んにおこなわれました。バーティカルドレーン工法などの技術革新が行われ、大阪港の埋め立てに活用されました。

埋め立て地盤の安定、各種ドレーン等による軟弱地盤の圧密促進など、多くの地盤工学の科学的知見を総動員してこれらの事業が実施されたもので、この間軟弱地盤の圧密に関する研究も盛んにおこなわれました。

夢洲の開発とSDGs

現在、大阪港では、夢洲390ha　新人工島150haを埋め立て中です。中でも、夢洲は、今後の関西経済の将来を占うこととなる、IR（カジノを含む統合型リゾート）や2025年大阪万博を進めています。プロジェクトの実施に当たっては、200haに及ぶ広大な埋立地の早期完成化や、地下鉄や道路、下水、緑地などなど、膨大なインフラ整備が不可欠になります。特に2025年大阪万博は「いのち輝く未来社会のデザイン」をメインテーマとし、国連サミットで決定されたSDGs（Sustainable Development Goals）は2030年の国際社会共通の目標とされ、この大阪万博がSDGsの実現を加速する役割を担うこととなりました。

概括したように、大阪港のインフラ整備を安全に、スムーズに行うためには地盤工学の最新の基礎的研究・知見が欠かせないものであり、建設段階から、夢洲での大規模開発をSDGsと関係付けながら進めることができるかが重要です。都市の開発用地の供給と港の整備、都市活動による廃棄物処理等の問題、これらを一石三鳥で解決を図ってきたのが、大阪港での埋立てです。「海」と「陸」の物流、人流の結節点、そして人の創造した「都市」と「海」という自然の境目にある「港」、港湾地帯で展開される、新たな夢洲開発がいかに持続的に海という貴重な自然と人間の営みに折り合いをとれるかが問われています。

おわりに

大阪港の開発、整備に、過去から現在に渡って地盤工学から得られた英知が生かされてきて、今の大阪港が築れてきました。未来もそうだろうと思います。

一方、SDGsは国際社会共通の目標となり大阪万博が開催されて、このSDGsへの取り組みを加速することになり、地盤工学よる知恵を、SDGsを実現するために、どのように生かして行くべきであるか。創立60周年を節目として、SDGsと地盤工学会活動がどのようにリンクしていくべきなのか、次世代のより良い社会形成に役立てていくかを検討、議論していくことが大切であると思います。



写真：大阪港　西を望む　夢洲（390ha）



タイの友人

Thai friends of mine

京都大学大学院工学研究科 教授
大津　宏康

2008年に地盤工学会関西支部50周年記念事業に支部幹事長として関わってから、もう10年経ったと思うと月日の過ぎる速さに驚くばかりです。この時は、幹事の皆さんの多大なご尽力より、中ノ島公会堂での記念式典を盛会に終えることができたことは懐かしい思い出です。この場を借りて、改めて当時の幹事の皆さんに御礼を申し上げたいと思います。

さて、このエッセイをお引き受けするに当たり、まずあれから10年、私自身何をしてきたか考えてみました。この10年の大半は、まさに東南アジアとの教育研究分野での交流を推進する機会に恵まれたことにつきるといえるでしょう。幸いに、文部科学省補助金事業での交流に関わる機会を得ました。具体的には、グローバルCOE事業（2008-2010）ではバンコクに設置した拠点の拠点長を、大学の世界展開力強化事業（第１期：2011-2015、第２期：2016-2020）ではプロジェクトリーダを務めさせていただきました。

前者のグローバルCOE事業では、「徹底した現場主義」のコンセプトの下で、バンコク拠点を活用し、現地で発生している地盤工学分野の課題、すなわち地すべり・土石流、地下水くみ上げに起因する地盤地下、マングローブ林伐採に伴う海岸浸食等の課題に取り組むことができました。後者の大学の世界展開力強化事業では、ASEAN連携大学（タイ、インドネシア、ベトナム、ミャンマー）の学生を日本に招聘、日本人学生をASEANに派遣という双方向短期留学事業を実施してきました。

いずれの事業も、初めての試みであり、その実施に当たっては仕組みづくりに多大な時間を要しました。その過程でASEAN側の適切なカウンターパートの協力なしでは物事が進まないことは言うまでもありません。私の場合には、カウンターパートとして２人のキーパーソンを得ることができたことが、何よりの幸いでした。その２人は、Dr. Noppadol Phienwej（アジア工科大学AIT）とDr. Suttisak Soralump（タイ・カセサート大学、現東南アジア地盤工学会会長）です。この内、Dr. Noppadolは2008年に開催しました公会堂での記念式典に東南アジア地盤工学会の代表として参列していただきましので、ご記憶の方もいらっしゃると思います。

いずれも、アメリカの大学でPh.Dを取得して帰国したトップエリートです。前述の事業の打合せの折には、かれらのフットワークの軽さと、意思決定の速さに驚くばかりでした。近年、国際化の重要性が唱えられることが多々ありますが、私の経験に基づけば、国際化は英語能力を高めることではなく、トップのフットワークの軽さおよび意思決定の速さを身に着けることだと確認しています。

Dr. Noppadolは私と同世代で、プロジェクトの進め方およびその意思決定の速さに、彼から学ぶことが非常に多かったです。また、研究面でも彼の専門分野はEngineering Geology（日本では応用地質分野と総称されます）で、1988年タイ南部ナコンシタマラートの風化花崗岩斜面で発生した大規模地すべり・土石流跡の見学に同行してもらった折には、日本での被災事例との相関について多くの知見を示してもらいました。

Dr. Suttisakは私より17才年下ですが、間違いなく次代を担う逸材です。私が彼の出身母校であるアジア工科大の派遣教員だった関係で、私を先生として敬意を払ってくれています。彼に関して、最新のホットニュースがあります。皆さんも今年６月にFIFAワールドカップで盛り上がる最中に、タイ・チェンライの洞窟にサッカーチームの少年とコーチ計13名がとじこめられ奇跡的に救出された事件があったことはご承知と思います。実は、この救出劇には公表されていない事実が多く、ダイバーによる実際に実施された救出策と並行して、日本を含む世界中の地盤・地質工学、探査技術、リモートセンシング等の技術を駆使した救出作戦が遂行されていました。その作戦において、Dr. Suttisakは実質的にテクニカルグループの指揮をとりました。後日、彼からその経緯について聞きましたが、丁度東日本大震災の折日本では「絆」という言葉がキーワードとして使用されたように、世界からはタイは政治的には混乱が続いていると思われているが、この事件によってタイが世界と一つになることができたことが何よりうれしいと熱く語ってくれました。

以上のように、素晴らしい友人を得て、日本とASEANの交流を深めることができた10年でした。これからは、これらの知己を得た友人を介して、より一層日本とASEANとの懸け橋となる役割を果たしていきたいと考えています。



幹事長時代の想い出

神戸大学大学院 教授
澁 谷　　啓

平成22年度～23年度の関西支部幹事長の任期における最大のトピックスは、平成23年７月に神戸市で開催された第46回地盤工学研究発表会の開催であった。例年の各種支部行事に加え、研究発表会という一大事業の準備と運営を行うには、支部幹事会のメンバーはもちろんのこと、支部関係者ならびにその他多くの皆様方のご協力なくしては成し得なかった。

研究発表会は、平成23年７月５日～７日までの３日間、神戸市中央区港島中町の神戸市ポートアイランドにある神戸国際会議場をメイン会場として開催され、私は、岡 二三生京都大学大学院教授（当時）を委員長とする実行委員会の総務部長として、中西典明代表幹事（復建調査設計㈱）の絶大なるサポートを得て計画と運営に携わらせて頂いた。関西では９年ぶり、神戸市では18年ぶりの全国大会であり、「市民とともに考える新しい地盤工学の展望と防災」をテーマに掲げて開催された。同年３月11日に発生した東日本大震災発生後初めての地盤工学会による総括的な報告会として、特別セッション「東北地方太平洋沖地震調査報告会」を実施した。開催地が阪神淡路大震災を経験した神戸であったことから、一般市民やマスコミの関心が高く、定員約700名の会議場メインホールに多くの立ち見が出る盛況であった。また、本研究発表会の期間中、ＮＨＫを初め、関西のテレビ局や大手新聞社、地方紙で連日取り上げられ、一般市民の方に地盤工学会の存在と重要性をアピールする絶好の機会となった。

７月２日～３日の２日間、明石工業専門学校の鍋島康之教授のグループにご担当いただいたプレイベントに始まり、技術展示、映画会、オカリナコンサート、市民向け行事としての特別講演会では、「地震考古学から見た21世紀の大地震」と題した産総研の寒川旭先生によるご講演や小学生を対象とした防災学習など「市民とともに」というテーマに則した多彩な行事が開催された。発表会には、1,117件の論文登録と1,755名の参加者登録（発表者を含む）があった。

発表会開催期間中、地盤工学会では初めての試みとして、国際部主催の第４回日韓セミナーが並行して行われた。セミナーのテーマは、Geotechnics on Human Securityであり、韓国地盤工学会会長Yeon-SoJeng教授（当時）から東日本大震災支援のためのご寄付を頂戴した。

平成22年３月末に開催した準備会以来、霜上民生副実行委員長はじめ実行委員会、運営委員会、研究発表講演部会（勝見 武 部会長）、行事部会（榊原 敏夫 部会長）、技術展示部会（松田好史 部会長）、特別講演交流会部会（小田和広 部会長）、それぞれのワーキンググループメンバー、戸塚事務局長はじめ、本部・支部の事務局の方々の献身的な努力と神戸市、兵庫県、近畿地方整備局等のご協力、お力添えにより、数多くの参加者の方々の記憶に残る研究発表会となったことに改めて感謝申し上げる。

実行委員会委員および関係者の皆様が、素晴らしいチームワークで過去にない多彩な行事の企画から運営までに情熱を持って取り組んで頂いたことが、この研究発表会の成功に繋がった。この背景には、関西支部の伝統とも言える、常日頃からの支部会員間のつながりの濃さやお互いの意見を尊重し、自由で活発な議論ができる文化が大きな推進力となったと感じた。

最後に、関東、北海道そして関西と３つの支部で学会活動に携わらせて頂いた私自身の経験から、関西支部は決して本部には負けないとの心意気を強く感じた２年間でもあった。この関西支部独自のDNAは、諸先輩方から受け継がれた良き伝統であり、学会全体の持続的な発展のためには必要であり、この自主自立の精神を後進の方々に伝承することが我々の使命であると強く感じている。



写真１　オープニングセレモニーの様子



「手離れのよい事業」をこえて

Sustainable soil management in civil engineering projects

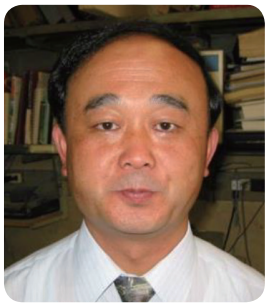
京都大学大学院地球環境学堂 教授
勝見　武

2012～2013年度に関西支部の幹事長を担当させて頂きました。その後、2014年から４年間は本部の理事・国際部長を、2017～2018年には学会は異なりますが土木学会の地盤工学委員長を務めさせて頂き、離れた立場から関西支部と関わりを持たせて頂いています。土木学会地盤工学委員会の重要な任務は、土木学会と地盤工学会との連携による地盤工学技術・研究の進展と学界ならびに社会への貢献であることを踏まえ、委員会運営に務めています。特に連携が有効かつ不可欠となる活動の一つが、災害調査です。今年は、６月18日の大阪府北部地震、７月上旬の西日本豪雨、９月上旬の台風21号、９月６日の北海道胆振東部地震などがありました。これらの災害のたびに、両学会の支部の方々と、本部・事務局の方々との連携について、ささやかながらお手伝いをさせて頂いています。地盤工学会関西支部の役員の方々にも大変お世話になっています。

私が幹事長に就任した2012年４月は、東北地方太平洋沖地震が発生して凡そ１年が経過したところでした。私自身も国の委員会などで復興資材の活用をはじめとする災害復興に関わらせて頂きました。中でも、地盤工学会本部の東日本大震災対応のいくつかの委員会の委員長として再生資材の活用等に関わらせて頂いたことはとても良い経験となりました。災害復興への強い使命感をもって集まった委員の方々の献身的なご貢献により、いくつかの成果が生み出されました。これらの委員会の成果は、一過性ではなく、その後の政策に活用されているものもあります。例えば、地盤工学会から出された「災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン」は、環境省の放射性汚染土壌の対応で参考にされています。また、明記はされていませんが、2017年５月に土壌汚染対策法が改正され、自然由来重金属等を含む土壌の活用について可能性が広まることになりましたが(規制緩和と言ってもいいと思います)、ここでも上記の地盤工学会のガイドラインがあったからこそ、このような改正・規制緩和が可能になったのではないかと考えています。

この地盤工学会「災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン」では、災害廃棄物から分別された土砂に着目し、その活用方法についてまとめています。状況によっては有害物質を基準を超えて含む土砂もある中、復興事業を円滑に進めるには分別土砂を廃棄物として処分するのではなく、有効利用することが求められたことから、「管理しながら活用する」ための方法をこのガイドラインでは提示しました。一方、一般的に土木事業では、「手離れがよい」ことが求められます。構造物の築造が終わったら、その後のモニタリングやメンテナンスはできるだけお金と手間をかけたくないという声をよく聞きます。今回、土壌汚染対策法の改正で自然由来の重金属等の活用の可能性が広まることになりますが、しかしそのためには「管理しながら」活用することが前提となります。作りっぱなしは許されません。また、現在、自然由来の重金属等を含む土の活用について様々な対策工法が提案され適用されていますが、より安価でかつ安全な方法（つまり「より賢い方法」）を確立していくためには、今施工されている現場で何が起こっているか、今後何が起こるか、少々のお金をかけてでもしっかりとモニタリングし、科学的なデータと知見を蓄積していくことが重要と考えています。昨今の事業ではコスト縮減が求められるところではありますが、それでも、事業の遂行上求められる最低限のデータのみをとるのではなく、現象を科学的に説明しうるデータを少しでも取得することが肝要です。そのようにして取得されたデータは、今、目の前にある現場の対応に役立つだけでなく、今後の類似の事業を、より賢く行うための有力な根拠となり、我々の貴重な共有財産になるはずです。このようなことから、「手離れのよい事業」ではなく、「管理とモニタリングを積極的に取り入れる事業」へのパラダイムシフトが必要であると考えています。そして、このパラダイムシフトの実現は、学会なくしては難しいと感じています。

現代は、必要な情報はほとんど何でもインターネットで入手でき、学会の役割も以前とは変わってきているのだとは思いますが、産官学立場の異なる専門家がフラットに議論でき、かつ科学的根拠に基づいた議論が求められる学会の役割はしっかりと守っていかなければならないものであり、特に物理的に人が集いやすい支部ではその役割はより果たしやすいと考えています。その点からも、地盤工学会関西支部の一員であることに感謝しています。



宅地を対象とした地盤調査一斉試験

General Ground Investigation for Housing Land

大阪市立大学大学院 教授
大 島　昭 彦

関西支部創立60周年、誠におめでとうございます。私は昭和32年生まれですので、支部とほぼ同い年となります。これまで関西支部には公私ともに大変お世話になってきました。学生時代は支部講習会の専属アルバイト要員として事務局の上さんと一緒に受付業務を行う傍ら、アルバイト料をもらいながら無料で講習会を聞き、勉強させていただきました。今思うと、この時の経験（いろいろな先生の話を聞くことができました）が非常に大きかったと思えます。その後教員となってからは、平成元年から３年間は支部幹事（講習会担当）、平成５年から２年間は評議員、平成20年から３年間は広報企画委員会委員長、平成26年から２年間は支部幹事長を務めました。幹事長としては若手・シニア会員増強などの行事を新たに企画しました。

私は、若い頃は粘土層の圧密、砂層の締固め、土のせん断などに関する基礎的な実験的研究を行っていましたが、40代後半からは地盤調査に目覚め、今では年間３～４箇所（大阪に限らず全国）で一斉試験を行うのがノルマになっています。そこで、本エッセイでは、宅地を対象とした地盤調査一斉試験について書かせていただきます。

私は、浅層帯水層の地下水位再低下による地盤沈下予測と液状化対策の研究のため、地盤情報データベースを用いて地域の地盤性状をまとめる研究をしていますが、既存の土質試験データは深度方向に飛び飛びのデータしかなく、連続的な性状を調べることが困難でした。そこで、2004年から大阪地域の沖積粘土層を対象とした基準地盤調査（連続サンプリング試料による詳細な土質試験）を、種々の機関の協力も得て毎年３地点程度行うようになりました。現在では大阪・神戸地域の250mメッシュ浅層地盤特性モデルを作成し、地盤沈下量が最小限に収まることを前提とした地下水位低下可能量を求めています。自前で地盤調査を行っている大学の研究者はどうやら少ないようで（絶滅危惧種とも？）、この道の先駆者である田中洋行先生（元北海道大学教授）と意気投合し、2010年９月に北海道厚真町で動的、静的コーン貫入試験、他の比較試験を行いました。これがきっかけになり、ハウスメーカーや地盤調査会社の参加も得て、同年11月に東大阪市で宅地を対象とする地盤調査の一斉試験を行いました。さらに、翌2011年３月の東日本大震災によって宅地の液状化判定と対策が喫緊の課題となり、その目的に対する一斉試験を同年11月に浦安市、2012年11月に滋賀県守山市で実施しました。宅地の地盤調査は比較的簡易なものが多いため、これまで他の試験との比較があまりされていなかったようで、一斉試験によって特にスウェーデン式サウンディング試験と動的コーン貫入試験の位置づけや相互関係が得られ、液状化判定のための試験改良がなされ、それなりの役割を果たしていると思っています。この時点から、毎年３～４箇所で一斉試験を行うようになり、かつ大阪に限らず、日本各地で行うようになりました。2004年から2018年の間の地盤調査地点は、北海道１、茨城県３、千葉県10（浦安７）、埼玉県１、長野県５、滋賀県１、大阪府28、兵庫県２、和歌山県１、岡山県１、福岡県２、熊本県１で、合計56地点となりました。

このように宅地調査をしていると、当然ながら建築関係者の知り合いになることが多くなるのですが、残念なことに大学の建築系の地盤工学者がどんどん少なくなっています（定年退職後のその分野の補充がない）。地盤工学会の建築分野の比率も同様に低くなっているようです。これは建築分野の基礎構造の扱いが軽いために（デザイン、意匠中心？）、建築学科で地盤工学を学ばずに卒業している人が多いようです。これによって建築基礎構造に関するトラブルが増えていますので、地盤品質判定士の資格制度が創設されました。地盤工学を専門とする者は上物が土木でも建築でも基本的に同じなので、今後は構造物基礎は土木系の地盤技術者に任せもよいではと思っている次第です。



諏訪市湖南での地盤調査一斉試験の集合写真



月の位置

Position of the Moon

神戸大学 教授
芥川　真一

今から８年ほど前に、スイス工科大学ローザンヌ校で開催された岩盤関係の国際会議に出席し、会議終了後にジュネーブにあるCERN（欧州原子核研究機構）を視察する機会を得た。この時、様々な素粒子物理学の研究に関する説明を聞いたが、研究所には土木技術者もいるようで、彼らは巨大な物理実験施設の計画、建設、メンテナンスなど様々な仕事をこなしているとのことだった。

CERNでは地下100mの深さに周長が27kmもある巨大な円形トンネルを建設し、その中に設置した真空パイプ（これも周長27km）の中で陽子を加速＆衝突させ、それらが壊れる時に計測されるエネルギー線から物質の根源に関する情報を読み取ろうとする実験を行っている。施設全体の建設には１兆円受規模の資金が注ぎ込まれ、トンネルの施工は勿論のこと、トンネル完成後に設置される種々の実験設備は周到に設計、制作され、限りなく精密に現地に設置される。真空パイプは絶対０度に近い温度まで冷却され、パイプの外に置かれた膨大な強力マグネットが非常に強い磁場を作ることで陽子が加速され実験が可能となる。このような設備は準備、設計、建設に30年程度は掛かる超巨大国際プロジェクトであり、そこで発見されるデータを分析することで多くのノーベル賞受賞者が排出される可能性も大いにあるらしい。

ところが、この施設が完成し、本格的実験が開始されたあとに重大な事件が発生した。実験が開始され互いに反対側から加速されてきた陽子が正面衝突するはずなのに、まったく衝突現象が観測されなかったのだ。陽子は非常に小さいため、真空パイプの複数のルートで第１グループは右回り、第２グループは左回りに加速され、それらが特別に設けられた衝突ポイントの非常に小さいウィンドウ（オーダーは数十ナノメートル）に向けて光速に近い速度で放射される。その時、両方のルートから加速されて来た陽子が正しく制御され想定しているウィンドウに正確にガイドされているのであれば衝突現象が相当な頻度で発生するはずであった。しかし、それが全く起こらなかったのだ。既に１兆円もの資金をつぎ込んで、実験データが全く得られないということになれば、とんでもない問題になる。CERNの技術者、科学者は徹底的に設備、制御ソフトなどありとあらゆる項目をチェックし、何度も原因を探ろうとし、実験をやり直したが、どうしても衝突現象が起こらなかった。「何か、根本的なことを忘れているのではないか？」。皆が必死に原因を究明しようと苦しんでいた時に、ある技術者が「月の位置を計算に入れていただろうか？」と閃いた。

月の位置によって潮の満ち引きが起こることを我々はよく知っている。しかし、地球がまるごと変形していることは、ほとんど意識していない。ニュートンの万有引力については誰もが知るところであるが、我々が暮らしているこの地球そのものが毎日変形しているということはあまり考えない。それは、変形の大きさがあまりにも小さく、日常の生活では感じられないし、感じる必要もないからである。しかし、陽子を衝突させるとなると話は別である。CERNの研究者たちは、周長27kmのトンネルの中心線は完全なる円形として設計・施工し、その中に設置した真空パイプの中心線も完全に円形であると信じて実験をしていた。しかし、月の位置による地球の変形量を計算したところ、完全に円形であると思っていたトンネルが毎日、月の位置によってすこしだけ変形して楕円になり、本来９kmの直径が毎日３mm程度伸びたり縮んだりするということが確認された。しかも、その形状は月の位置によって常に変化しており、そのことによる真空パイプの位置の微妙なズレが原因になっていたのだ。考慮していなかった大事なこととは「月の位置」だったのである。この情報に基づいて陽子を加速する設備、制御ソフトなどを改善したところ陽子の衝突現象が予定通り観測されるようになり、初めて１兆円の実験設備が価値あるデータを出し始めた。その後、2012年にはヒッグス粒子が観測され、30年以上前にそれを予言したヒッグス教授がノーベル賞を受賞した。

地盤工学に関係する技術者は、地盤の変形について考える機会は多い。建設工事による地盤の変形、地震による地盤の振動、豪雨による土砂崩れなど、さまざまなパターンがあるが、最も基本的な地盤の変形は月（厳密に言えばそれ以外の天体も含む）の位置の変化による重力場の変化がもたらす繰り返し変形となっている。地盤災害も含めて地盤の変形を考える際はmmオーダー、cmオーダーなどのスケール感で考える癖がついてしまっているが、最も緻密に、現象のすべてを理解しようとする際には、このような重力場の変化が引き起こす小さな変形のことも考慮に入れねばならないと感じた良いレッスンであった。

建設プロジェクト

Construction Project

三都の地盤に刻む鉄路
～京阪神における10年間の鉄道整備プロジェクト～

Railways constructed on the ground of Three Cities; Kyoto, Osaka, Kobe

西日本旅客鉄道株式会社
深田　隆弘

はじめに　～三都地盤物語～

創立60周年、まことにおめでとうございます。

50周年記念誌で、星野鐘雄氏の「トンネルは文学」、「トンネルは貫通しなければ只の穴」などの話[1)]を懐かしく読み返した。加えて同氏から「JR西日本の土木技術者は、アーバンネットワーク（京阪神地区を中心とする鉄道網）の整備プロジェクトに関係する機会が多いので、京都、大阪、神戸のいわゆる三都の地盤については、よく勉強しておきなさい」と教えを受けたことも思い出した。

そこで、三都における最近10年間の鉄道整備プロジェクトに関して、できるだけ地盤の話と絡めながら振り返り、次の10年につながる話題を提供したい。

１．神戸　～そして神戸～

神戸の地盤は、「六甲山地という顕著な隆起部と大阪湾域の沈降部との境界域であり、構造運動の影響を大きく受けながら地層・地形が形成」された[2)]。冒頭の星野氏の六甲トンネルでの断層や湧水との闘い、そして兵庫県南部地震での被害などとも深く関わっている。

ただしこの10年、神戸地盤を大規模に掘削することはなかったように思う。神戸での鉄道整備は、震災復興を契機に「災害に強い安全で快適なまちづくり」を目指す、神戸市の土地区画整理事業、市街地再開発事業、街路事業、都市公園整備事業等との連携で進められてきた。

JR貨物の神戸港駅が旧鷹取工場跡地へ移転したことで、JR神戸線六甲道～灘間の東灘信号場が不要となり、この大規模用地の有効利用が可能となった。



図１　神戸の扇状地に位置する摩耶駅（基図はGoogle Earth）

2016（平成28）年３月、震災から21年後に誕生した「摩耶駅」は、一連の震災復興事業の集大成として、神戸市東部におけるまちづくりに大きく貢献することができた。また明石方面からの列車折り返し設備の新設により、輸送障害発生時に列車遅延の広域波及を軽減するなど、輸送品質の向上によりJR神戸線の線区価値を一層高めるプロジェクトに磨き上げることができた。

同駅は、「六甲の自然に調和する新しい駅・エコステーション」として、白を基調とする外観、ハイサイドライトによる自然採光、全LED化とセンサーによるきめ細かな照明制御、電車が減速する時に発生する回生電力の利用など、同規模駅の１日当たり使用電力量の50%削減を実現した地球にやさしい駅となっている。（図１）

そして神戸では、50年後、100年後にもずっと魅力的なまちであり続けるために、都心の将来ビジョンが公表されている[3)]。三宮駅周辺の再開発と歩調を取りながら駅ビル、駅前広場などの整備に取り組む計画である。

２．古都京都　～新と旧の調和～

京都都市圏の外延化に伴って、JR嵯峨野線の輸送改善施策が急務となっていた。その中で、京都市内の丹波口駅付近は、1976（昭和51）年に供用開始した単線高架であり、これを複線高架に改築する必要があった。

１線２柱の既設高架橋に１線１柱の新設高架橋を併設し、新旧一体の構造とする既定計画であるが、既設高架橋の耐震性に課題があった。新しい１線１柱高架橋は、設計時の耐震基準[4)]を満足するものとし、新旧一体構造とした際に、全体系では既設高架橋の耐震性が改善されていることを基本コンセプトとして、設計を進めた。鉄道の輸送改善施策では、高いコスト意識が求められるため、「新しい付加構造物が、経年構造物をも支える」といった発想である。

京都市域は、「第三紀末から断層の運動に伴って周辺の山地が隆起し、盆地内部が相対的に沈降することによって形成された断層盆地」である[5)]。したがって、表層地盤には周辺山地からの砂・礫などの粗粒堆積物が多く、現地がよく締まった地盤条件のよい場所であったことも幸いした。なお、新旧一体化にあたり既設高架橋の柱は、兵庫県南部地震の教訓からせん断破壊先行モードを回避するためにコンクリート巻き立てによる耐震補強

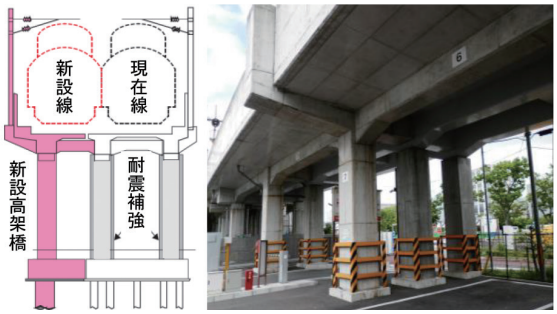


図２　新旧高架橋一体化のイメージと現地構造物

を施している（図２）。

先輩たちから受け継いだ大切な資産を、新しい世代がしっかりと支え、大切に使う、そんな新と旧の調和を見ていただきたい。

３．大阪　～なにわの夢に向かって～

最後は大阪。この10年で大阪駅を中心とする「うめきた」界隈は、大きな変貌を遂げた。うめきたに残る最後の一等地、更地化された貨物ヤード跡地の開発を推進するため、大阪駅の大改良に着手した。これまでも時代の要請に応える形で多くの手を加えてきたが、この度の工事で大阪駅は近代的な５代目ターミナルとなった。

改良工事は、駅の橋上化とバリアフリー設備の充実、自由通路新設と広場空間の創出、そしてこれら駅施設全体を覆うドーム、さらに北側の新駅ビルの建設などが主な内容である。特に新駅ビルの建設は、深さ20m、横断幅30～60m、延長280mの大規模掘削を必要とし、１日1,500本を超える列車の発着、そして既設高架橋に近接という厳しい施工条件の中での工事であった。

大阪の沖積層は、「中部には、厚い海成粘土層が挟まれ、Ma13層と呼ばれている。この地層は、１万年前以降の完新世海進によって東大阪地域にまで海域（内湾域）が及んだ時期に堆積した内湾性の粘土層である。その後、現海岸線まで海域の後退が起こり、低平な大阪平野が出現したとされている。平野表層部には、Ma13層の上位に緩い砂質堆積物が広く分布」している[6)]。

大阪駅付近のMa13層は、10～15mの層厚であり、N値は最上部で２～７、その下位からは１～５程度の非常に軟弱な状態である。既設高架橋の基礎は、武智杭（図３）で、軟弱地盤上の不完全支持構造である。掘削工事による高架橋への影響を最小とするため、影響解析はもちろん、的確な管理基準値を定め、施工中の軌道、高架橋、土留支保工の計測監視に万全を期して、2011（平成23）年、無事工事を完成（図４）させた[7)]。

現在、大阪駅の北側では東海道支線（貨物、はるか、くろしおの通過ルート）の地下化工事を行っており、将来的には大阪駅と接続する「うめきた地下駅（仮称）」を建設中である。大阪地盤における大規模掘削工事となるため、慎重に施工を進めているところである。

また、この地下化に引き続きJR東海道線・環状線の直下を通過し、中之島、西本町、そしてJR難波へとつながる「なにわ筋線」の計画を関係各所と進めている。



図３　武智杭


図４　大阪駅（5代目）

キタとミナミを結ぶ新たなルートであり、関西国際空港へのアクセスも短縮できる。南海電鉄との乗り入れも計画されており、大阪圏の鉄道ネットワークのさらなる充実に貢献できるプロジェクトに育てていきたい。

なにわ筋線は、なにわの次の夢である。

おわりに

三都における鉄道整備プロジェクトは、なにわ筋線をはじめ、北陸新幹線やリニア中央新幹線の大阪延伸など、目白押しである。ただしいずれも大規模に地盤を改変しなければならない、高難度の工事が予想される。三都の地盤の特徴をよく理解し、様々な課題を克服しながら、鉄路を次代にどこまでも延ばしていきたい。

参考文献

1）星野鐘雄：矢板・鋼製支保工時代の山岳トンネル施工～山陽新幹線六甲トンネル～、地盤工学会関西支部50周年記念誌、pp.120-123, 2008.
2）関西地盤情報活用協議会：新関西地盤－神戸および阪神間－、p.13, 1998.
3）神戸市HP：神戸の都心の未来の姿［将来ビジョン］、http://www.city.kobe.lg.jp/information/project/urban/kobetoshin/shouraivision.html, 2018.
4）鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）、1999.
5）関西地盤情報活用協議会：新関西地盤－京都盆地－、p.19, 2002.
6）関西地盤情報活用協議会：関西地層分布図－大阪平野－解説書、p.8, 1998.
7）佐藤ほか：既設高架橋に近接した掘削工事における計測と情報化施工、日本鉄道施設協会誌、Vol.47, No.8, pp.670-672, 2009.

神戸空港島の建設

神戸市みなと総局工務部
藤元　功

神戸市みなと総局工務部
長谷川　憲孝

1．はじめに

神戸空港島は、昭和40年代から埋立を行ったポートアイランドの沖約１kmに位置し、面積約272ha、護岸延長約7.7km、2500mの滑走路を１本有する国内専用の海上空港として、平成18年２月16日に開港した。

空港島の建設は、平成11年10月に緩傾斜石積護岸の設計に必要となる土質調査に着手し、11月には本格的に護岸工事を始めた。護岸工事は着工から約２年という超急速施工で平成13年10月に概成、その後埋立造成を始めた。

滑走路・エプロン・ターミナルビル等の空港施設については、埋立造成と平行して整備を進め、平成17年６月末に完成した。

緩傾斜石積護岸や埋立造成は、水深16mの軟弱海底地盤上における超急速施工であり、地盤挙動が工程管理や工事費に大きく影響するため、設計および施工管理面で極めて慎重な対応が必要であった。

そのため、**写真**に示すように、先行して工事を実施する南護岸で軟弱海底地盤の変位・間隙水圧などの挙動を詳細に計測し、ここで得た地盤の安定に関する情報をすべての区域に展開する管理手法を採用した。

本報文では、空港島建設における地盤情報の活用と造成技術について述べる。

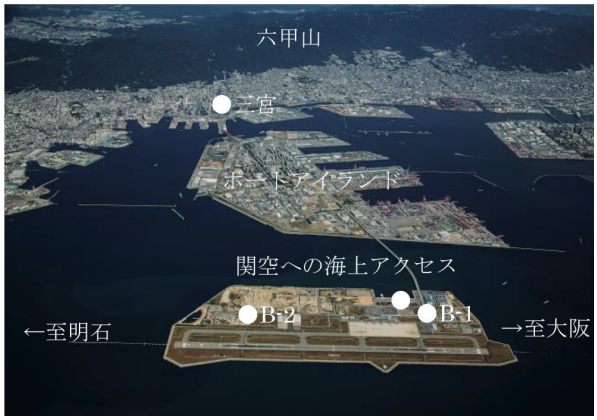


写真　神戸空港島の現況

2．地層構成および土質特性

（1）地層構成

空港島では約80箇所に及ぶ土質調査とともに、各種機関が実施した反射法探査解析から、空港島全域の沖積粘土層や洪積粘土層の地層構成（20mメッシュ）や土質の評価を行った。

地層の特徴は、空港島の東に向かって粘土層の層厚が厚くなり、傾斜の程度は年代の古い下部層が大きくなっている。これは断層の影響に伴う褶曲構造と呼ばれるものである[1)]。

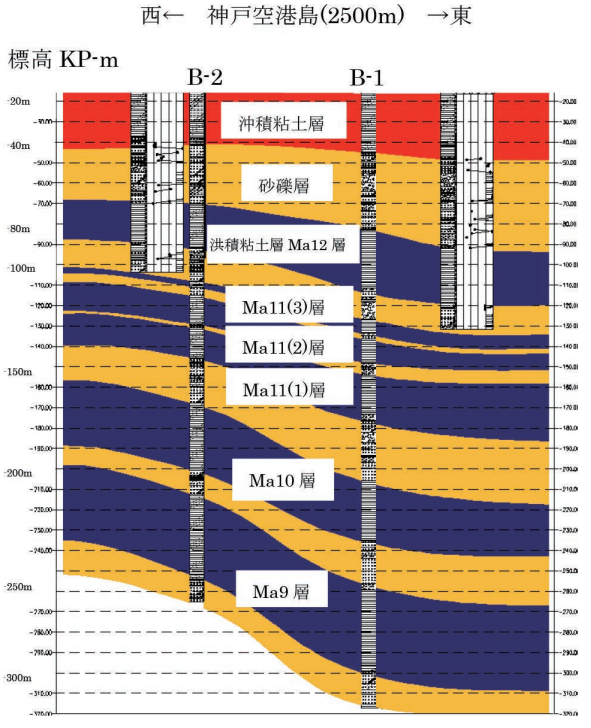


図１　評価した地層構成

（2）土質特性

空港島を代表する圧密降伏応力の深度分布を**図２**に示す。この試験は、定ひずみ速度圧密試験（ひずみ速度（ε）0.01%/minと0.001%/min）、小幅載荷圧密試験、載荷幅をより細かくした詳細小幅載荷圧密試験を実施して

おり、評価精度は極めて高いものと考えている。同図には埋立前の有効土被り荷重（P_0）と埋立荷重（400kN/m²）を加えた荷重線を示している。

洪積層は過圧密状態にあり、圧密降伏応力（Pc）値から現在の有効土被り荷重（P_0）値を差し引いた過圧密量は深度が深くなるほど大きくなっている。また、上部のMal2層やMal1層は埋立荷重を加えると、ほぼ正規圧密状態となることがわかる。

Mal0層は、上層部は正規圧密となるが下層部では過圧密傾向でMa9層も過圧密にあることがわかる[1)]。

これらの結果やポートアイランドの軟弱海底地盤の挙動動評価から詳細計測の計画を立案した。

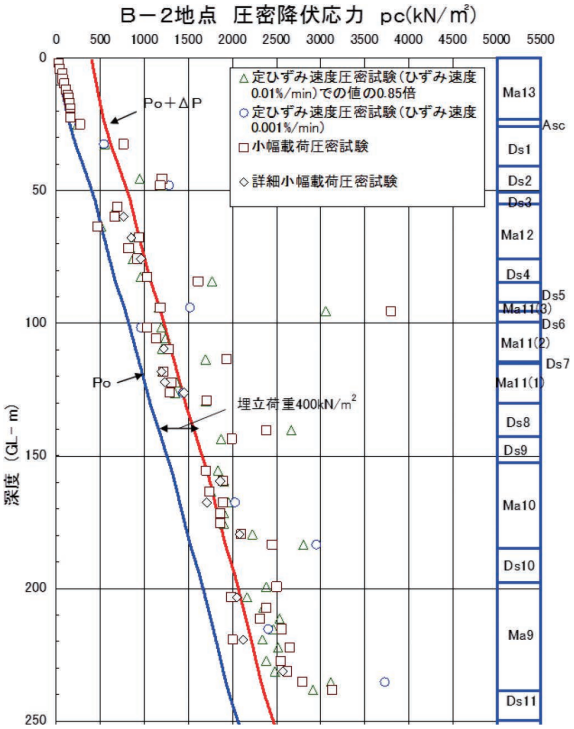


図２　代表的な力学特性（圧密降伏応力）

３．粘土層の変形挙動と評価

軟弱海底地盤の変形挙動は、当時としては国内で初めて衛星回線を利用した自動計測システムを構築し、海底地盤の状況を詳細かつ瞬時に把握することにより施工管理の高度化と経費削減を実現した。

（１）護岸築造に伴う変形挙動[2)]

図３に示すように、護岸築造においては、アンカーロッド式沈下計・間隙水圧計を設置するとともに、予め護岸の安定計算を実施し、必要と考えられる法尻付近に下方吸収型固定式傾斜計（沈下に追随できる）を設置した。

土圧計は護岸全体の載荷荷重を把握するため護岸下に３箇所配置した。

護岸概成から約２か年の沖積粘土層の代表的変形挙動

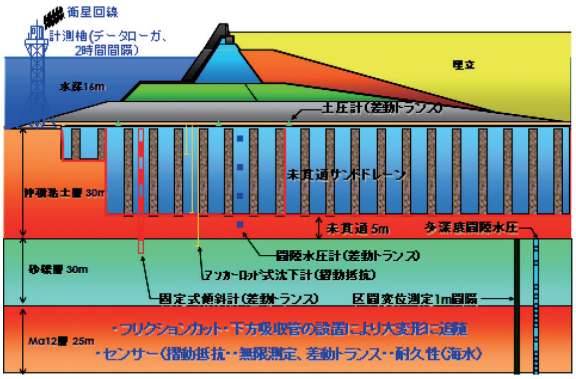


図３　施工管理システム

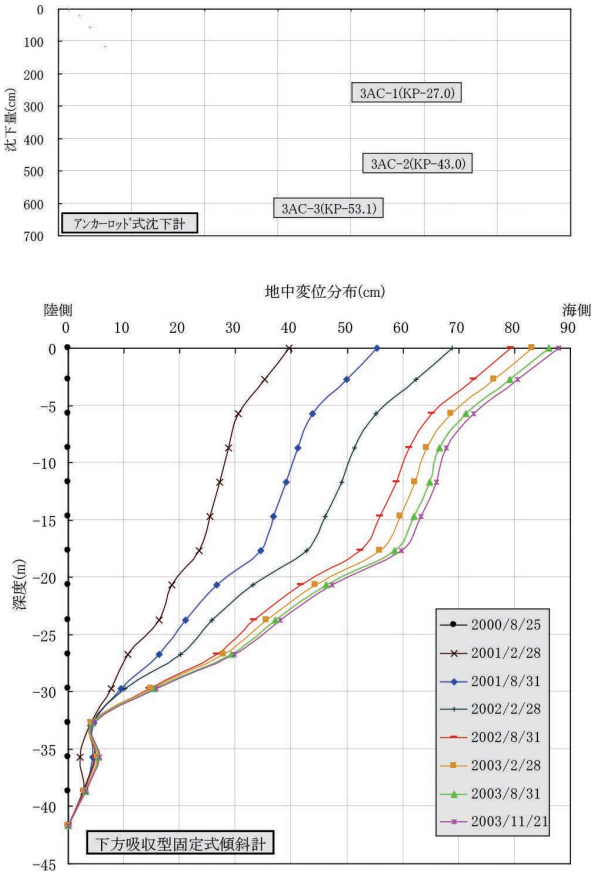


図４　沖積粘土層の変形挙動

を図４に示す。アンカーロッド式沈下計では、全体で約６mの沈下量で、詳細には上層から10mの層で約３m、次の15mの層で約２m、下部層で約１mという層別の挙動を把握することができた。沖積粘土層の力学的特性から下部層は沈下量も少なく、地盤改良（サンドドレーン）を未貫通で設計したが、この事前の評価が的確であったことがわかる。また下方吸収固定式傾斜計は、荷重の増加に伴い海底面は沈下しているが、計器は破損することなく３年以上にわたり施工管理に貢献し、護岸から海側に約88cmの水平変位を計測した。特に計測開始から約６か月は護岸の盛砂投入により大きく水平方向に変形したが、変計量と沈下の挙動から瞬時に安定評価を

行う高度な施工管理によって護岸を完成することができた。

（2）変形挙動と評価[2)]

軟弱海底地盤の複雑な挙動を予測評価するにあたっては、関口・太田による弾・粘塑性構成モデルを適用し、多次元・土/水連成有限要素法を用いた。検討過程は、護岸工事着工前に実施した土質調査結果から地盤や埋立材料のパラメーターを設定し、**写真**に示す先行工事箇所において事前予測を行った。

その後、工事に伴って計測した挙動から、施工手順やパラメーターの精査、排水境界条件等の見直しを行い改めて解析を行った。

護岸断面方向の沈下量は、沈下板による計測を含め４か所あり、当初解析では変計量をやや過小評価していたため、サンドドレーンによる排水境界条件等を精査することで挙動を概ね表現することができた。解析水平変位は、当初は沖積粘土層の中央部で大きく変形し海底面に向かって変形が小さくなる傾向にあった。実際の挙動では海底面に向かって変形するため、解析を精査することで変形モードは類似した傾向を示すものの、変位量は実測値と比較して約２倍程度の値となった。

解析がより安全側であったため、施工管理には有利な条件となった。

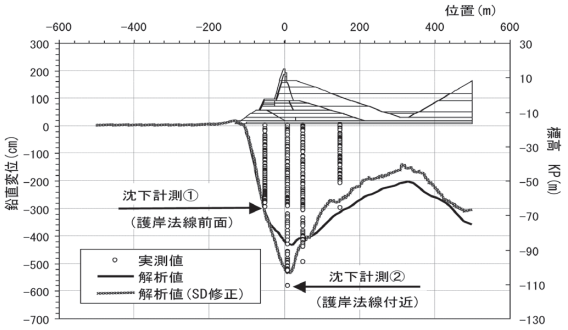


図５　変形挙動と解析（断面沈下）

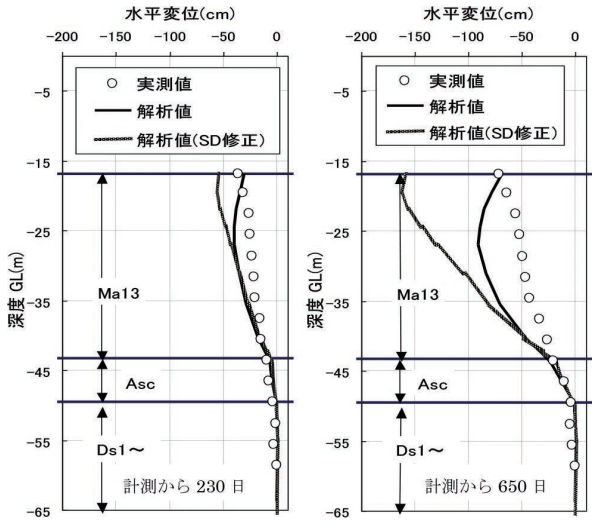


図６　変形挙動と解析（水平変位）

４．滑走路の造成技術

（1）高度な品質管理

空港の造成は、滑走路等の勾配規定から緻密な造成管理が要求され、本来は圧密沈下の影響を排除するため、できる限り均一に埋立を行うことが望ましい。

しかし、神戸空港の場合は、資機材の関係からエプロンや滑走との東部分から埋立造成を行うこととなったため、現場では高度な品質管理を必要とした。

そこで、ポートアイランドの埋立事業で培った技術と経験をさらに発展させ、空港島全域において20mメッシュで埋立載荷履歴を３次元データとして蓄積する擬似３次元沈下解析システムを構築し、高速かつ高精度に繰り返し計算を行うことで空港という緻密な地盤造成を行うことができた。

埋立造成の載荷のばらつきを面的に評価し、任意箇所の高精度な荷重条件から残留沈下量を繰返し解析するとともに現状の造成地盤高さと最終高さを密に現場にフィードバックするハイレベルな管理体制で造成を行った。

図９には、具体的な空港島滑走路中心部の時間沈下曲線と予測を示している。解析に用いる構成式は、関口・太田モデルを一次元化したもので、洪積粘土層は長期圧密試験を実施し二次圧密も考慮した。また、砂礫や砂層は線形弾性体として、海成粘土層の上下部に近接して存在している細かい砂と粘土の互層部は圧密層としてモデル化した。現在の総沈下量は約8.5mで、約75%が沖積粘土層の沈下で、約25%が洪積粘土層の沈下と評価している。現在は年間７cm程度の沈下が滑走路全域で発生しているが均一に沈下するため、これまでに大きな不陸は発生していない。

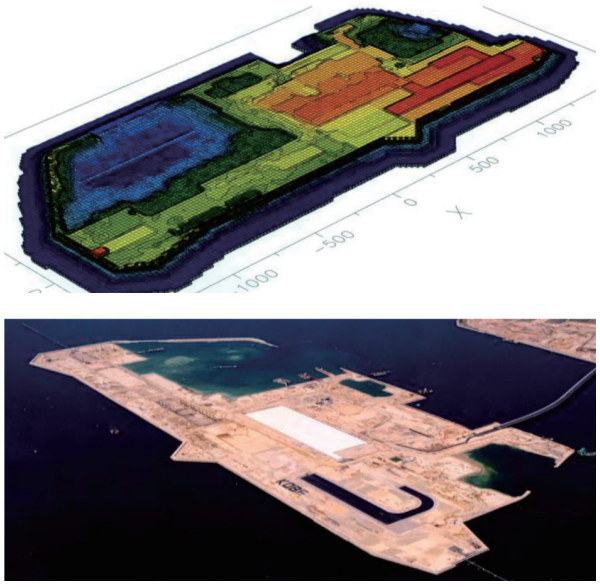
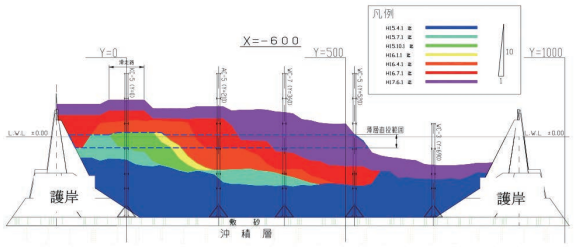


図７　３次元埋立載荷履歴



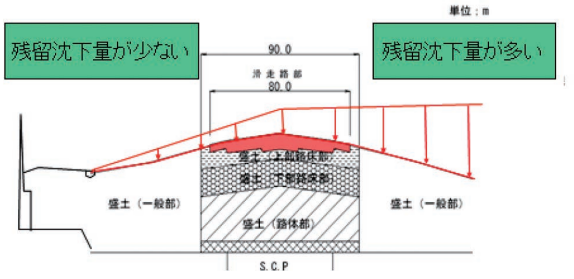


図８　造成断面

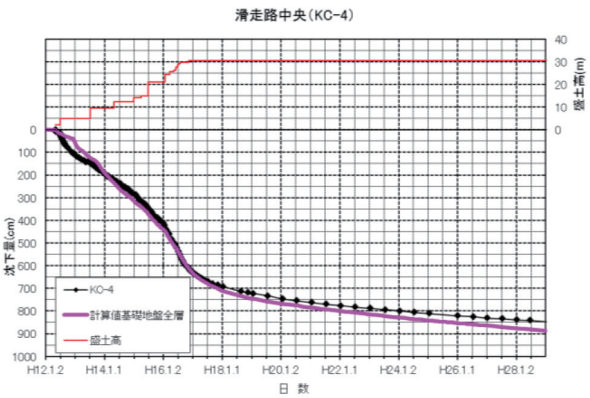


図９　空港島の代表的な沈下曲線

（2）耐震技術[3)]

阪神・淡路大震災による被災の経験から、神戸空港を防災拠点と位置づけ、地盤造成や施設整備ではレベル２地震動による耐震対策を講じた。ここでは、ポートアイランド観測波に加え、周辺断層から当時の最新の知見を用いて模擬地震波を作成し動的有効応力解析（LIQCA）により耐震対策の検討を行った。また、海洋型の南海トラフ巨大地震についても検討を行ったが重大な被害は発生しないと判断できた。

緩傾斜石積護岸は、地震時の変形に追随しやすい構造

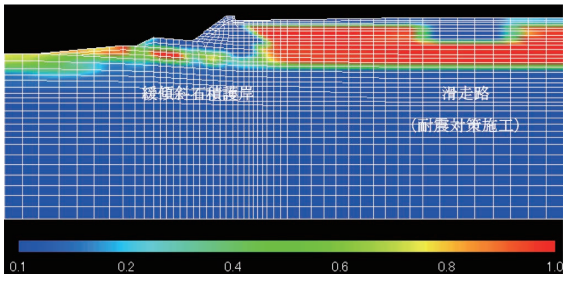


図10　動的有効応力解析結果の一例

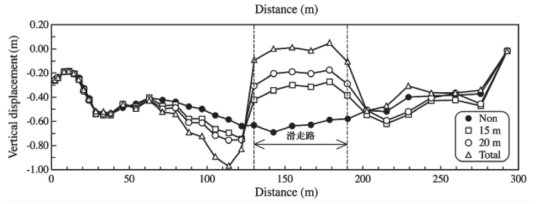


図11　鉛直変位の解析結果（地盤改良の深度を変化）

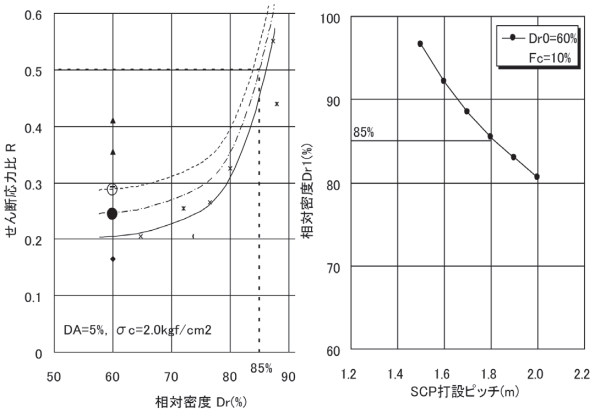


図12　相対密度管理による地盤改良の設計

であり、変形はするものの波浪等の影響を受けない必要高さを充分に満足し、護岸には重大な被害はないと判断できた。滑走路等の地盤造成では、地震に伴う変形を抑制するため、阪神・淡路大震災で優れた効果を発揮し、より経済的で排水機能も併せ持つ再生砕石を用いたグラベルコンパクションパイル工法を採用した。

具体的な改良深度は、解析に基づき鉛直・水平変位量を評価することで最も経済的となる地表面から15mとした。また、杭の打設間隔は、神戸空港で用いた土砂の液状化強度と相対密度の関係から、液状化が発生しない高いせん断強度をせん断応力比0.5、相対密度85%と評価し決定した。

５．まとめ

この報文では、様々な最新知見を導入することで、軟弱海底地盤の詳細な特性評価と空港という緻密な造成を行った事例について述べた。最後に神戸空港建設にあたり、ご指導・ご尽力いただきました関係各位にこの場をおかりして深謝いたします。

参考文献

1）長谷川憲孝、松井保、田中泰雄、高橋嘉樹、南部光広：神戸空港海底地盤における洪積粘土層の原位置圧密挙動、土木学会論文集C Vol.62 No.4, 780-792, 2006.11

2）山本卓生、坂上敏彦、高橋嘉樹、柳浦良行、南部光弘、飯塚敦:神戸空港における地盤変形解析手法の構築、土木学会論文集C Vol.66 No.3, 457-471, 2010.7

3）佐藤忠信、竹村恵二、吉井真、香川敬生、高橋嘉樹、南部光広:神戸空港建設プロジェクトにおける護岸と滑走路の耐震安全性の検討、土木学会論文集F Vol.62 No.3, 502-517, 2006.7

京阪中之島線の建設工事

Keihan Nakanoshima Line construction project

京阪電気鉄道㈱ 経営企画部 課長
定 藤　誠 一 郎

1．はじめに

京阪中之島線は、大阪市中心部の中之島を東西に横切る延長約2.9kmの全線地下式の鉄道路線で、2008年10月19日に開業しました。鉄道施設の建設・保有は、京阪電気鉄道㈱と大阪市、大阪府などが出資する第三セクターの中之島高速鉄道㈱が行い、京阪電気鉄道㈱は線路使用料を支払って列車を運行している。

本報では、京阪中之島線の路線の概要とともに、建設時の課題と対応策を中心に紹介する。

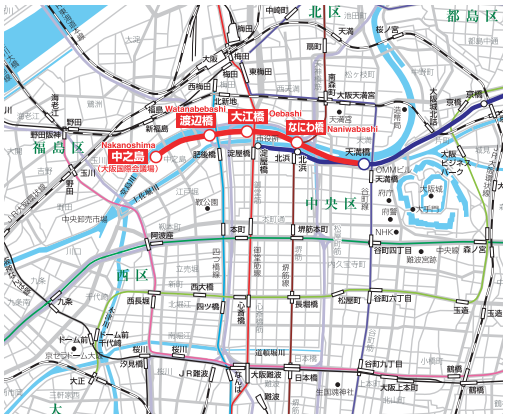


図１　京阪中之島線位置図

2．路線概要

中之島は川に囲まれた地形から、江戸時代は各藩の蔵屋敷が立ち並び、「天下の台所」大阪の中心地として栄えていた。その後、蔵屋敷が姿を消す中で、大阪市役所や日本銀行、中央公会堂など近代的な建物が次々と建てられた。現在も中之島は、オフィスビルをはじめ、国立国際美術館、大阪国際会議場などが建ち並び、大阪の政治・経済・文化の中心地として、代表する地区となっている。

中之島線は、現在も再開発計画が進行中の中之島地域の東西交通ネットワークの充実と、中之島西部地区の再開発進展に伴い発生する交通需要に対応するため必要な路線として位置付けられた。

中之島線は、北側を河川、南側をビルに近接しているとともに、３つの路線の地下鉄の下を横断通過している。工事は、駅部は開削工法で駅間部はシールド工法で行った。中之島線が位置する区間の地盤の特徴として、西側は軟弱な沖積粘土層が厚く堆積し、その下に非常に透水性の高い洪積層（Tg1層）があり、水平で連続性を持った地層が続いている。一方東側では、中之島線と直交する形で上町断層が南北に通っており、地盤構成が大きく撓曲し複雑な地層を構成している。

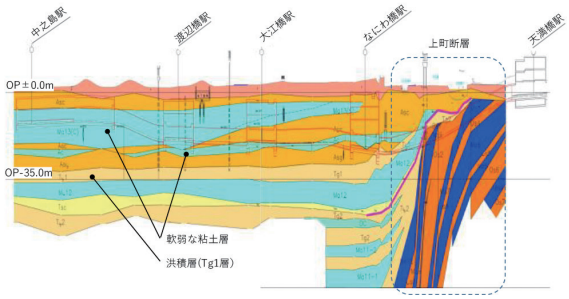


図２　京阪中之島線区間の地質縦断図

3．設計時の課題と対応策

3.1　シールド設計時の上町断層への対応[2)]

中之島線のなにわ橋駅から天満橋駅間のシールドトンネルは、大阪平野を南北方向に分布する活断層帯である上町断層中を東西方向に通過している。シールドトンネルの設計において、この上町断層の変位に対する影響を検討した。

検討にあたって、まず次の地震時に生じる断層変位量を推定する必要があったが、上町断層付近における地層の連続性や断層変位に対する十分な情報が得られていなかった。そこで、300mの大深度オールコアボーリング調査やS波反射法弾性波探査によって、断層部の地層の連続性を把握した。その上で、過去の研究結果から前回の断層活動時期を推定して断層変位量を算出した。その結果、将来の断層活動時においては、シールド部の水平距離約600m区間において、約４m程度の撓みが生じると推定した。上町断層が横切る箇所におけるシールドのセグメント仕様については、土被りの条件などから概略検討段階ではRC平板セグメントとしていた。しかし、

検討により、将来の断層活動時においては、耐力が不足する結果となった。条件を変えての検討の中で、セグメント仕様をダクタイルセグメントとした場合は終局耐力以内となったため、最終的にセグメント仕様をダクタイルセグメントとして施工に反映した。

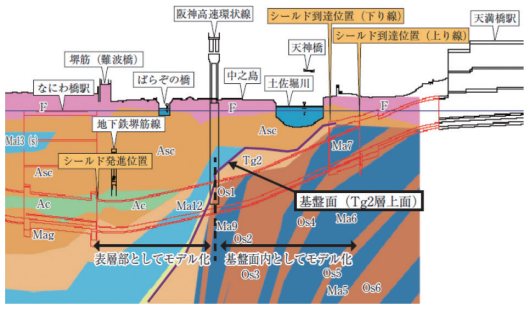


図３　断層部の地盤状況

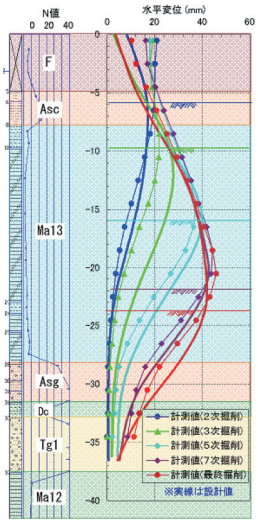


図４　土留め変形の計測値と設計値の比較（渡辺橋駅工区）

3.2　軟弱な粘土層への対応

駅部の開削工事は、厚く堆積した軟弱な沖積粘土地盤を掘削する地盤条件にあった。土留め壁の背面は一方に河川の護岸が、反対側に高層ビルが建ち並んでおり、掘削にあたっては周辺地盤の変形および既設構造物への影響を及ぼさない設計とすることが、重要な課題であった。

しかし大阪における軟弱粘土地盤を掘削した開削現場事例においては、設計値よりも土留め変位が大きくなる事例があった。そのため、現行の土留め設計法に対して、沖積粘土層の強度低下を考慮したした上で設計を行った。

具体的には、土留め壁の許容変位として弾塑性法による最大土留め変位を５㎝程度とした上で、沖積粘土層における地盤反力係数を25％の強度低減もしくは地盤反力係数の設定に用いるE_0を$E=210Cu$として設定（20～50％の低減）した。

結果として、一部工区では、沖積粘土のクリープ変形による土留め変位が大きく発生した分、計測値の方が大きな変位となったが、概ね実際の最終掘削段階における土留め変形は計測値と良く一致した結果となり、安全性にも経済性にも配慮した仮設設計が行えたと認識している。

3.3　駅部躯体のひび割れ防止対策

駅部の躯体は地下15m～30mに設けられるため、躯体の側壁が１m以上とマスコンクリートとなるため、温度ひび割れに対する対策を行う必要があった。そのため、躯体の設計に際して、温度応力解析によってひび割れ幅を算出して、ひび割れ防止対策の照査を行った。照査の結果、ひび割れ防止対策としては、低熱ポルトランドセメントと誘発目地を合わせて使用することで所定のひび割れ幅以下に収まることが判明した。基本的な誘発目地の割付は、コンクリートの打設高さの1.5倍程度とし5.0mピッチとしたが、立坑部に見られるような構造変化点および柱部と干渉する箇所においては、１断面追加して設置した。

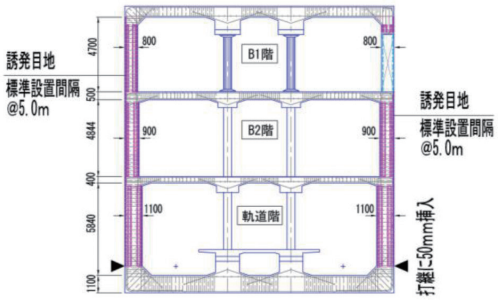


図５　誘発目地施工位置断面

設計を実施工へ反映した結果、誘発目地が寄与して誘発目地に発生するひび割れ以外のひび割れは防止することができ、地下水位が高い場所ではあるが、躯体からの漏水を防ぐことが出来ている。

4.　施工時の課題と対応策

4.1　全工区での情報の共有化

開削工事では、前項で取り上げたように、過去の事例に、土留めの変形が事前の設計想定を超過したことがある軟弱な粘土層での掘削を、複数の工区で同時に行う状況であった。また、シールド工事においても、ほぼ同時期に３ヶ所で大阪市交通局の地下鉄（現在のOsaka Metro）の横断工事を行う予定であった。そのため、工事期間中の計測情報は、安全管理のために工区内のみで使用するだけでなく、全体の工事の安全確保と周辺への影響を総合的に把握するために活用すべきと考えた。そこで、各工区の計測情報を統合し、工区ごとの特徴や工区間の差異を分析することにより、中之島線全線に渡る工事の安全と周辺への影響を総合的に把握した。また、統合する情報については、インターネットを介して工区間で共有化できるシステムを構築した。

4.2　工事期間中の広域的な地下水推移の把握

地下構造物を構築する駅部の工事においては、遮水性能を有する土留め壁によって掘削範囲を遮水し、工事中は土留め壁で遮水した帯水層（Tg1層）からリリーフウェルにより地盤の安定を確保して工事を行った。また、躯体完成後は、土留め壁が恒久的に地下水の流動を阻害する恐れがあった。そのため、工事期間中と躯体完成後の周辺の地下水に与える影響を把握するため、各工区から半径500m地点と１㎞地点に地下水観測井を設け、Tg1層とその下部の帯水層であるTg2層の２つの帯水層の観測を行い、工事による影響についての確認を行った。

工事期間中は、周辺の観測井で１～３m程度の水位低下が確認されたが、工事完了とともにほぼ工事着工前の水位までに回復し、工事による周辺地下水への影響は小さかったと考えられる。

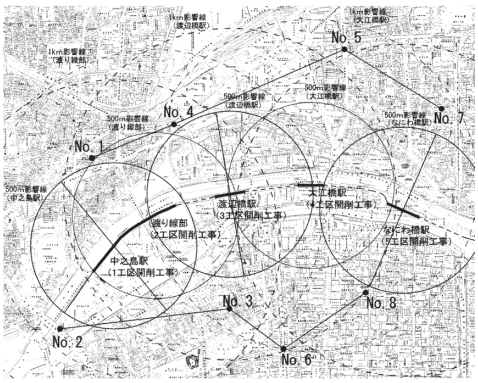


図６　広域的地下水の観測井位置図

4.3　都市部での工事に対する周辺環境への配慮

オフィスビルやホテル、歴史的な建物が立ち並ぶ中之島で工事を進めるにあたって、従来のような仮囲いを設置することで、工事場所から人々を遠ざける工事現場ではなく、周辺環境と調和し、工事期間中も人々を引き寄せるような空間の演出を行った。

具体的には、工事中に設置する仮遊歩道や仮囲いのデザインや色を街の景観に溶け込むように計画し、仮囲いは、中の工事をのぞけるように設計し、一般の方に現場を見てもらえるようにした。また、仮遊歩道沿いには花壇を設置してハーブなどの植栽を植え、夜間にはイルミネーションによるライトアップを行うなど、工事中も普段の街に近づける努力をした。



写真１　工事中の仮遊歩道とイルミネーション

5.　駅舎のデザイン

中之島線各駅のデザインについては、「水都大阪のゲートステーションの構築－水辺の導入空間－」をテーマとし、奇抜な現代的（未来的）なデザインではなく、時代を超えて生き続ける確かなデザインを確立する手法として、素材「木（無垢）」にこだわったデザインとした。また、水のきらめきを表現する「ガラス」を各駅のコンコースに共通で使用し、川に囲まれた水都のシンボルゾーン中之島にふさわしい駅デザインを目指した。

中之島通りに位置する駅（中之島駅、渡辺橋駅、大江橋駅）の出入口については、駅内部で象徴的に使用している「木」と「ガラス」をメインにデザインした。

一方、周辺に大阪市中央公会堂や中之島図書館などの歴史的建築物が点在する「なにわ橋駅」には、より一層の芸術性を求めて、世界的な建築家・安藤忠雄氏による設計とした。同駅の出入口は、円弧状に湾曲したガラスブロック壁の内側にLED照明を設置し、夜間には照明が濃淡のグラデーションを描いている。

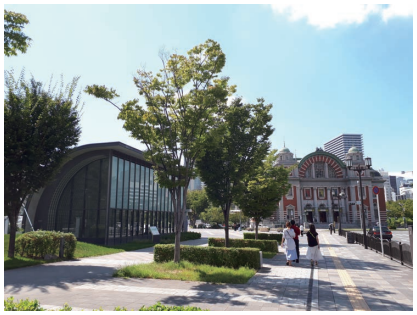


写真２　なにわ橋駅出入口（右後方は中央公会堂）

6.　おわりに

中之島線建設工事では、水都大阪再生の取り組みのひとつとして、復旧工事にあわせて川の駅はちけんや（天満橋駅）や中之島バンクス（中之島駅）など、河川敷に水辺を活用した賑わい空間が大阪府によって整備された。また中之島線開業後も、中之島地区では中之島公園が再整備されたり再開発計画が進められるなど、日々街としての魅力は高まってきている。

皆さまも機会があれば、ぜひ中之島へお越しただき、京阪中之島線とともに中之島の水辺空間のある街並みを楽しんで下さい。

参考文献

１）中之島線整備事業誌、2008
２）定藤誠一郎：上町断層を横切るトンネル工事における地盤情報の活用、基礎工、Vol.45, No.5, pp42～45, 2017.

阪神なんば線（西大阪延伸線）建設事業

Construction projects of Hanshin Namba Line

阪神電気鉄道㈱都市交通事業本部 工務部長
原 田　　大

1．プロジェクトの概要

阪神なんば線（西大阪延伸線）建設事業は、近畿圏における新たな都市鉄道ネットワークを形成することを目的に、図１、２に示すとおり、阪神西九条駅と大阪難波駅（近鉄難波駅より改称）を結ぶ建設延長約3.4km（高架・掘割区間：約0.9km、地下区間：約2.5km）の鉄道新線で、平成15年10月に着工し、平成21年３月20日に開通を迎えた。

本事業は、「地下高速鉄道整備事業費補助制度」適用の下、償還型上下分離方式により、西大阪高速鉄道が第三種鉄道事業者として施設を建設・保有し、阪神電気鉄道が第二種鉄道事業者として施設を借り受けて、列車を運行するとともに、施設の保守管理を行うものである。

なお、本路線の運送事業者が阪神電気鉄道であることから、施設の設計及び建設時の施工管理においては、西大阪高速鉄道からの委託を受けて、阪神電気鉄道が担当した。

2．阪神なんば線（西大阪延伸線）建設事業の特長

本路線の開通により、阪神神戸三宮駅・近鉄奈良駅間約65.2kmにおいて、阪神電気鉄道と近畿日本鉄道の相互直通運転が実施された。これにより、神戸奈良間が、従来は乗換え２回、約90分であったものが、乗換えなしで約80分（最速76分）で結ばれ、広域的な移動の利便性が飛躍的に向上し、神戸・大阪・奈良の新たな都市鉄道



図１　計画平面図

ネットワークが形成され、大阪都心部を中心とした東西都市軸の機能が強化された。

また、新設した九条駅、ドーム前駅、桜川駅は、全て地下駅となっており、各駅において、既存の地下鉄線や私鉄線にそれぞれ連絡し、これにより、大阪南西部における既存鉄道との優れたネットワークが強化された。

3．都市部における地下トンネル施工

阪神西九条駅～大阪難波駅間約3.4kmの内、約2.5kmの地下区間の構造形式は、次のとおり、開削トンネル又はシールドトンネルである。

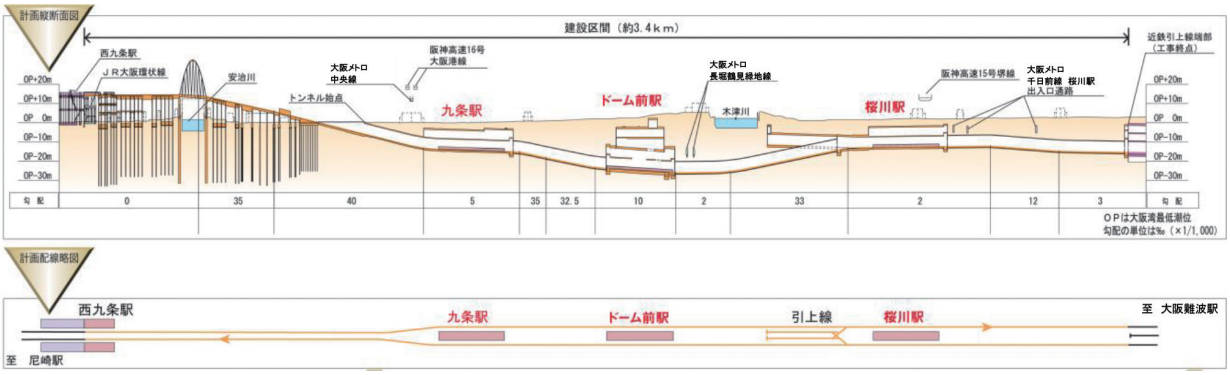


図２　計画縦断図・配線略図

・開削トンネル：九条トンネル坑口～九条駅間、ドーム前駅、桜川駅西方引上線、桜川駅、難波立坑
・シールドトンネル：九条駅～ドーム前駅間、ドーム前駅～桜川駅間、桜川駅～難波立坑間

以下に、都市部の困難な施工条件に創意工夫を凝らして取組んだ事例を紹介する。

3.1　開削トンネル（大深度掘削）

新設した駅の中でもドーム前駅は、駅近傍において大阪メトロ長堀鶴見緑地線と交差することから、地下５層という非常に深い駅となっている。

これまでの西大阪地域での開削工事はGL-20m程度であり、盤ぶくれ対策といえば、洪積砂質・礫質土層（天満層、Dsg1）の被圧水による沖積粘性土層の対策であった。しかし本工事では、掘削床付面がGL-30m程度で洪積砂質・礫質土層（Dsg1）となり、その下の洪積砂質・礫質土層（Dsg2）の被圧水による洪積粘性土層（Dc1）の盤ぶくれ対策も必要となったが、環境影響評価により地下水位低下工法が採用できず、また、その下層には遮水壁を根入れするべき明確な粘性土層が存在しなかったため、図３に示すとおり、広範囲による浸透注入による地下水対策を実施した。施工については、期待通りの成果が得られ、今後の都市部を中心とした大深度掘削の参考事例になったと考えている。

3.2　シールドトンネル

⑴工事概要

本工事におけるシールド掘進地盤は、沖積粘性土層が大部分を占めるが、ドーム前駅付近では、洪積砂質・礫質土層（天満層）、沖積砂質粘性土層となる。また、桜川駅東端部100m区間で洪積砂質・礫質土層が下半に徐々に現れてくる。シールドマシンは、土質条件から、泥土圧式、泥水式いずれの工法も適用可能であったが、泥水式の場合、泥土圧式に比べ泥水処理設備等の基地面積が大きくなることから、作業ヤードや経済比較などにより、泥土圧式シールドとした。

また、沖積粘性土層は大阪臨海部のＮ値２～３の高鋭敏粘土であり、自立性はあるが乱されると急激に強度が低下し、粘性が上昇するため、泥土圧式シールド工法における適切な加泥材選定と、慎重な切羽土圧管理、排土量管理、裏込注入管理が要求された。さらに、掘進対象地盤に対する事前調査で可燃性ガスの存在が確認されたことから、シールド機と坑内設備を防爆仕様とした。施工については、切羽の土圧や掘削・排出土量の管理、シールド蛇行、周辺地盤への影響ともに良好であった。

⑵桜川駅～難波立坑間の超近接施工

当該区間におけるシールドトンネルUターン後の復路掘進については、掘進延長約120mにわたってシールドトンネルの離隔が最小60cmとなることから、切羽土圧、裏込注入圧・量をはじめとする慎重な掘進管理を要した。（図４参照）

鉄道断面（直径約７m）のシールドにおいて、併設トンネル間離隔60cm、トンネル間補助工法（コラムジェット工法等による地盤改良）のない施工は、前例がほとんどない。そのため、過剰な切羽土圧は、相互のトンネルを押し合い、変形を招く恐れがあることから、切羽土圧管理は、静止土圧を下限に、予備圧20kPaを加えた値を上限とし、狭い許容管理値幅で、セグメント組立中や、掘進待機も含めた切羽土圧保持をかけた。また、裏込注入も同様に、過剰な注入圧をかけないよう注入中も切羽土圧を監視し、排土量を確認しながら、設計量相当の注入を確保した。

当該区間におけるシールドトンネルUターン後の復路掘進については、特殊充填材の注入、先行シールドトンネルのインバートコンクリート早期打設、先行・後行両シールドトンネルの計測管理等の対策を講じることで、掘進に伴うセグメントの漏水、クラックも生じることも

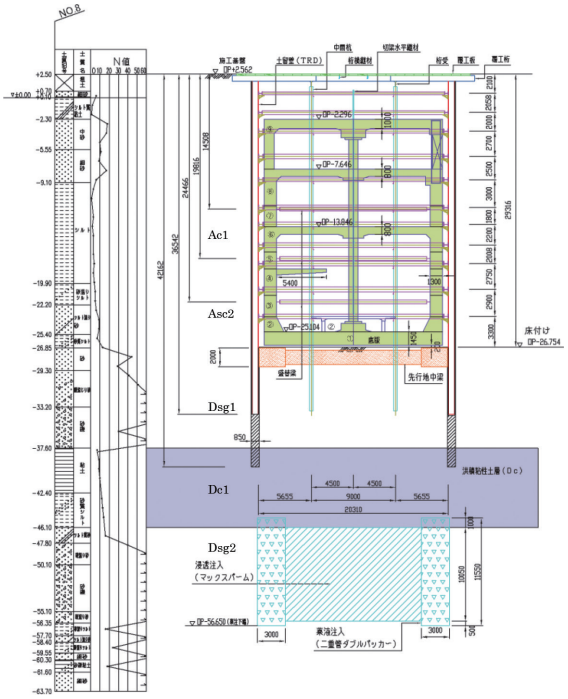


図３　ドーム前駅仮設工横断面図

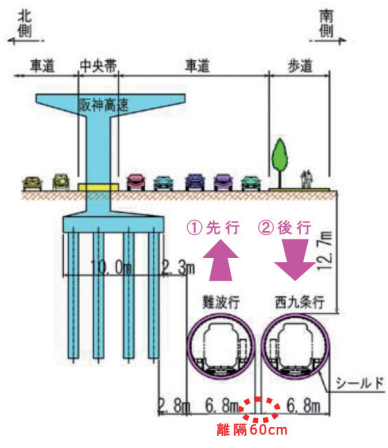


図４　桜川駅～難波立坑間シールド工横断面図

なく、良好に施工された。

3.3　シールドトンネル（特殊工法）

⑴大断面分割シールド；ハーモニカ工法

桜川駅西方の引上線構造物は開削トンネルとして計画していたが、引上線構造物東端付近においては、図５に示すとおり、交差点周辺で躯体上部を種々の埋設物が横断しており、特に下水道と躯体との鉛直離隔は約1.9mと開削工法の施工が困難な状況であった。また、下水道函が躯体と近接して平行に埋設され、かつ、本線シールドトンネルとも近接することから、このような条件の下で施工方法を検討し、大断面分割シールド（ハーモニカ工法）を採用することとした。

ハーモニカ工法とは、矩形の大断面トンネルを複数の小断面に分割し、小型のシールドマシンにより繰り返し掘削した後、小断面トンネルを一体化し、その内部に構造物を作り上げる工法である。掘削を完了した坑口の形状が、ハーモニカの吹き口に似ていることから、「ハーモニカ工法」と名づけられており、東京での地下道の事例に続き、本施工が２例目であった。

当該区間の土質条件は、大半が沖積粘性土層であることから、シールドマシンは、密閉型の泥土圧式シールドを採用し、揺動式のカッター及び矩形の四隅にコーナーカッターを装備した他、方向制御のジャッキを装備し、中折れ構造とした。施工については、切羽の土圧や掘削・排出土量の管理、シールド蛇行、周辺地盤への影響ともに良好であった。

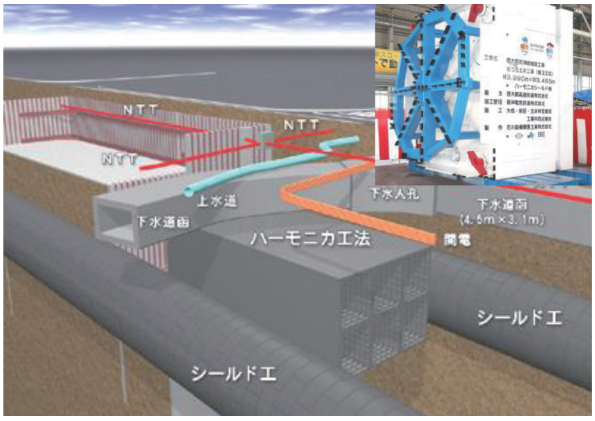


図５　交差点下埋設物状況図

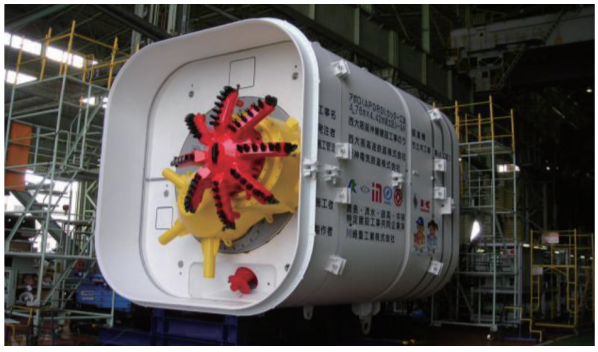


写真　アポロカッターシールドマシン

⑵矩形シールド；アポロカッター工法

桜川駅は、主要幹線道路である千日前通りの極めて交通量が多い交差点内にあり、交差点四隅に設置する出入口を繋ぐ連絡通路構築において、開削工事に必要な道路占用スペースが確保できないこと、ガス管、水道幹線等の移設や吊り防護ができない地下埋設物が存在することから、非開削による施工が必要となった。

また、駅コンコースと出入口を繋ぐ連絡通路としての通路内空確保の制約条件から、通路上空にある水道幹線を最小離隔で回避する必要があった。そこで、円形に比べ掘削断面が小さく、最適断面設計の可能な自由度の高い矩形シールド工法を採用した。

シールドマシンが通過する当該区間の土質条件は、土被り５～８mの沖積地盤で、掘削断面の上半が沖積砂質土層、下半がN値２～３の高鋭敏な沖積粘性土層であることから、密閉型の泥土圧式シールドとし、任意断面や地盤改良体を含む硬質地盤の掘削が可能な新開発のアポロカッターを有するマシンを我が国で初めて採用した（写真）。施工については、切羽の土圧や掘削・排出土量、シールド蛇行、周辺地盤への影響ともに良好であった。

また、今回の施工により、アポロカッターの有効性が確認できたことから、現在は他の都市鉄道トンネル工事でも採用されている。

４．おわりに

阪神なんば線（西大阪延伸線）の開通により、利便性の高い新たな都市鉄道ネットワークが形成されたことで、阪神なんば線（建設区間）の利用者数は、開通時の予測（84千人／日）を上回り、現在は約100千人／日近くまで増加しており、公共交通の利用促進に大きく貢献した。今後の都市鉄道のあり方の一例を示したものと考えている。

また、建設中の様々な技術的課題を新技術や新工法の採用により克服することで、今後の都市土木技術の更なる発展に寄与したと考えている。

参考文献

１）阪神電気鉄道、西大阪高速鉄道：阪神なんば線（西大阪延伸線）整備事業誌、平成24年１月、pp175-229
２）丸山忠明、原田大、吉田潔、今村宏、真鍋智；シールド新工法による地下鉄工事の実績，第65回（都市）施工体験発表会、2009.10
３）丸山忠明、久保田晃司、吉田潔、西川明宏、永森邦博、五十嵐寛昌；阪神なんば線併設シールドの近接施工その１（対策計画）、土木学会年次学術講演会、2009.9
４）松山大輔、仲田義弘、今村宏、真鍋智、石川勝久、吉迫和生；阪神なんば線併設シールドの近接施工その２（施工実績）、土木学会年次学術講演会、2009.9
５）奥平守幸、原田大、吉田潔、真鍋智、永森邦博、小田誠；地下連絡通路における矩形シールド工法（アポロカッター工法）について、土木学会年次学術講演会、2009.9

大阪港における咲洲・舞洲・夢洲の土地造成とその技術

Reclamation technologies implemented in Osaka port artificial islands

大阪市港湾局 計画整備部 保全監理課 設計担当課長代理
長谷　徹

1　はじめに

大阪湾沿岸の地盤は、海進、海退による粘土層・砂礫層の互層構造を成しており、大阪港においては洪積粘土層が間に砂礫層を挟みながら約600mの厚さで堆積している。さらに、天満層と呼ばれる洪積砂礫層の上に、軟弱な沖積粘土層が厚く堆積（層厚10～25m）しており（図１）、大阪港発展の歴史はまた、軟弱な海底地盤との闘いの歴史でもあった。

本稿では、大阪港開発の象徴ともいえる咲洲、舞洲、夢洲の土地造成と、その技術の概要を紹介する。

2　咲洲の土地造成（1,014ha）

高度経済成長に伴い逼迫する工業用地の確保、浚渫土や廃棄物の処分地確保などを目的として、咲洲の土地造成を1958年から1980年にかけて行った。咲洲北地区については、大規模な都市開発用地を確保するため1988年に地盤改良に着手、1996年に埋立を完了した。

咲洲の土地造成にあたり、その一部において、地耐力向上と早期の土地利用のため海底面下の沖積粘土層にサンドドレーン（一部地下水位低下工法併用）を1963年から1983年にかけて施工した。また、浚渫粘土層について、1965年から1968年にかけてペーパードレーン（PD）を打設、国内初の大規模施工事例となった。1973年から1979年にかけては、パックドサンドドレーン（PSD）、プラスチックボードドレーン（PBD）を施工するなど、技術開発の進展に併せて地盤改良を行ってきた。（図２）

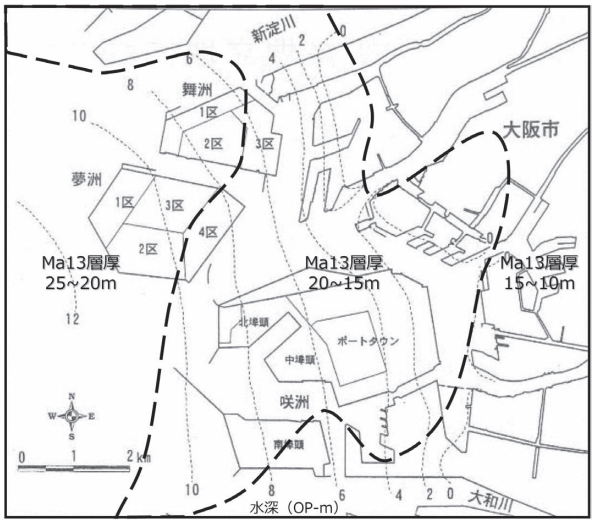
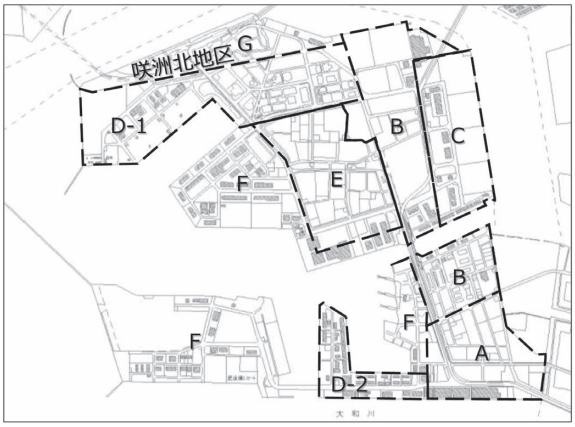


図１　大阪港の水深と沖積粘土層（Ma13）の層厚

3　舞洲の土地造成（220ha）

大阪市域の人口増加、生活の近代化などによる廃棄物の増大といった都市問題を解決するため、１区を廃棄物処分場、２・３区を浚渫土、陸上発生残土の処分場として計画した。1972年に土地造成に着手し、1973年末には１区で廃棄物の受入れを開始、1975年から２・３区で浚渫土の受入れを開始した。その後、処分場としての役割を終えて1992年に埋立を完了し、開発を進めてきた。

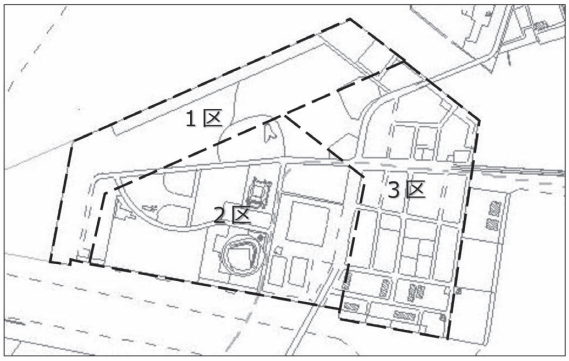
浚渫土と陸上発生残土の処分場である２・３区では、容量確保のため、海底面下の沖積粘土層をSDと地下水位低下工法により1973年から1976年にかけて改良した。また、埋立粘土層を1989年から1991年にかけてPBDと地下水位低下工法により改良した。（図３）



区域	沖積粘土層	埋立層	
		埋立土	地盤改良
A	なし	浚渫粘土	なし
B			PD △1.0m, 1.5m L=10.0m
C	PD*		PD* △1.5m L=23.0m
D-1	SD Φ400 □2.5m L=12.0m 地下水位低下工法併用		PSD □1.2m
D-2			PD △1.5m
E	SD Φ400 □3.5m L=14.0m 地下水位低下工法併用		PSD Φ120 または PBD □1.2m, 1.5m 2.0m
F	SD Φ400 □2.5m L=14.0m	海砂 山砂	―――
G	SD Φ400 □2.0m L:DL-26.0m まで打設	山砂	―――

*埋土層を貫通し沖積層まで打設

図２　咲洲地区の地盤改良



区域	沖積粘土層	埋立層	
		埋立土	地盤改良
1区	なし	廃棄物	――
2区 3区	SD Φ400 □3.5m L:DL-20.0m まで打設 地下水位低下工法併用	浚渫粘土	PBD △1.3m

図３　舞洲地区の地盤改良

４　夢洲の土地造成（390ha）

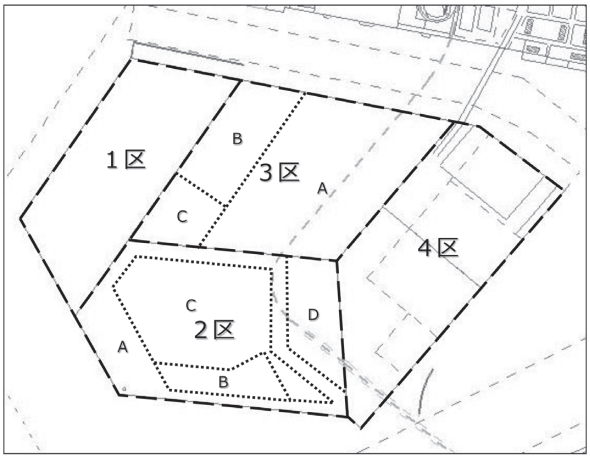
舞洲と同様、１区を廃棄物処分場、２・３区を浚渫土、陸上発生残土の処分場として計画した。1977年に土地造成に着手、1985年には１区で焼却残滓の先行受入れを開始し、1987年から１区の廃棄物本格受入れと、２・３区の浚渫土受入れを開始した。なお、４区については、港湾関連用地として早期に利用するため、陸上発生残土と山砂等による埋立を行っている。

夢洲では、処分場容量確保のため、1982年から1987年にかけて、沖積粘土層をSDと地下水位低下工法により地盤改良した（４区除く）。

３区では、浚渫土の受入れを終えた後、陸上発生残土の受入れを早期に行うため2000年から2010年にかけて格子状表層固化処理（一部全面）を行い、埋立粘土層にPBDを打設した。

２区東端部では、夢咲トンネル施工のため2001、2002年に全面表層固化処理後、PBDを打設し、山砂等による埋立を行った。

一方、浚渫土の受入れを継続している２区では、護岸嵩上げによる容量増加を行ってきたが、泥面上で施工可能なプラスチックボードドレーン（PDF）を1999年から2004年にかけて打設して、処分場のさらなる延命化を図っている。（図４）



区域		沖積粘土層	埋立層	
			埋立土	地盤改良
1区		SD Φ400 □3.5m L: DL-28.0m まで 水位低下工法併用	廃棄物	――
2区	A		浚渫粘土	なし
	B			PDF △1.6m
	C			PDF △1.8m
	D			全面固化 D=1.5-2.5m PBD △1.3m
3区	A			格子状固化 D=1.5m PBD △1.8m
	B			格子状固化 D=1.5m PBD △2.0m
	C			全面固化 D=1.5m PBD △2.0m
4区		SD Φ400 □2.5m など L:DL-27~28m まで打設	山砂など	――

図４　夢洲地区の地盤改良

５　おわりに

大阪港咲洲、舞洲、夢洲の土地造成と、用いられてきた技術を概括した。

2018年11月、夢洲を会場予定地として、2025年大阪・関西万博の開催が決定した。また、夢洲３区はIR（統合型リゾート）開発の候補地となっている。このような状況で、夢洲２区の軟弱埋立粘土層上で土地造成を大規模かつ急速に施工することが求められている。技術的な課題も想定されるが、地盤工学の知見をご教授いただきながら克服していきたい。



市街地における浅層大断面４連メガネトンネル（小路トンネル）の施工記録

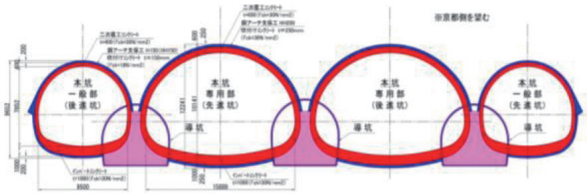
西日本高速道路㈱ 関西支社 建設事業部
水野　希典

１　トンネルの概要

第二京阪道路は、併設する大阪北道路とともに一般国道１号のバイパスとして京都・大阪間を連結し、現道の交通混雑を緩和すると同時に近畿地方の広域幹線道路網の一端を担う道路（図１参照）である。この第二京阪道路の寝屋川北IC～寝屋川南IC間の人家が密集する丘陵部に小路トンネル（現在：寝屋川第二トンネル）は位置し、土被りが最大で10.5mと非常に小さい浅層部をNATMで施工する大断面４連めがねトンネルである。図２に示すように、４本の本坑トンネル（自動車専用道路部：２本、A＝170m2、一般国道部：２本、A＝85m2）がそれぞれつながった形状をしている。本坑トンネル間に設置されている３本のセンターピラーは、本坑トンネルの掘削に先立って掘削される導坑（３本、A＝40m2）内部に、SRC構造として構築される。このセンターピラーは、本坑の一次支保のみを支える構造とするために、二次覆工とは分離された構造を採用している。



図１　工事位置図


図２　トンネル断面図

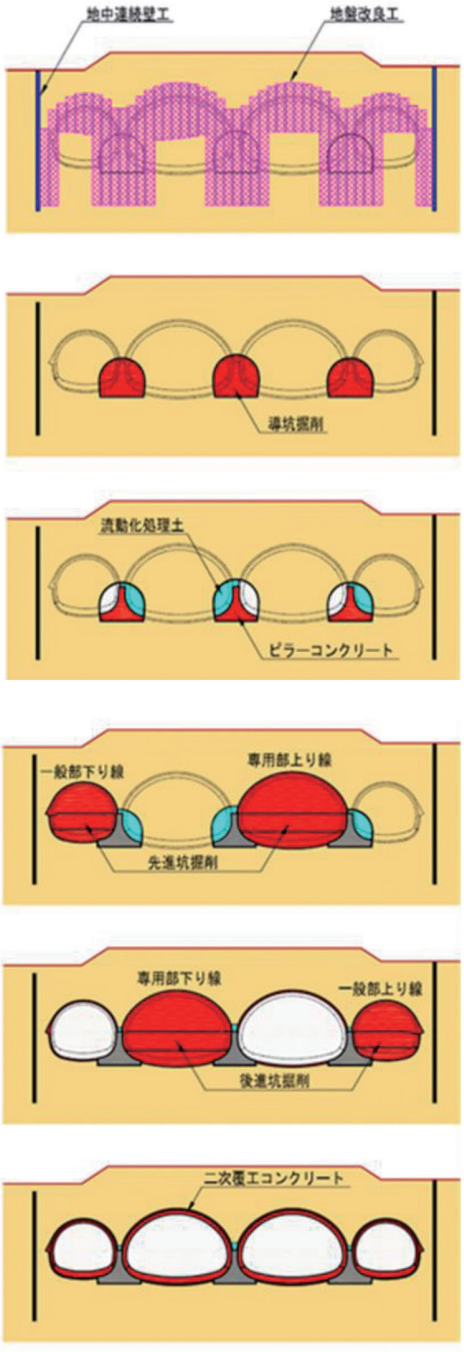


図３　施工手順図

トンネル掘削部は、枚方丘陵の南西部に位置し、枚方丘陵は大阪層群とそれを覆う尾根部段丘層および谷底低地の沖積層により構成されている。大阪層群は、粘性土層（0c）・砂質土層（0s）・礫質土層（0g）の互層となっており、トンネル掘削箇所の大部分は地下水（第２帯水層）を有する未固結砂質土層が占めている。

２．施工手順

本トンネルの施工手順については、**図３**のとおりであり、以下にそれぞれの手順について詳述する。

⑴地中連続壁及び地盤改良

トンネル掘削に先立ち、**図４**に示すとおり、トンネル両側に地中連続壁を造成した後、地盤改良を施工する。

地盤改良については、トンネル天端防護として地盤改良工とAGF工法を採用している。

また、トンネル全線に渡りトンネル底版付近には粘土層が分布しておりピラーに全土被り荷重が作用した場合には支持力不足が生じるため、導坑幅＋片側１列は地盤改良（改良強度1.0MPa）により支持地盤まで改良し、支持力を確保している。

⑵導坑掘削

３本の導坑を同時に、全断面機械掘削により掘削する。

掘削断面は、約40m^2、掘削延長が265mある。

⑶ピラーコンクリート及び導坑中詰工

導坑掘削完了後、導坑内にピラーコンクリートを構築する。また、後進坑側の導坑内は本坑掘削時のピラー変位抑制を目的として流動化処理土で充填する。

ピラーの構築は、工程短縮の観点からピラーの鉄骨を利用して型枠材を固定し、残置式型枠を採用している。

さらに、**写真１**にあるように縦断方向の配力鉄骨を利用して坑外でユニット化したものを坑内に運搬し、**写真２**のように所定の位置に据付ける方式を採用している。

⑷本坑掘削

先進坑（専用部上り線、一般部下り線）を同時に掘削し、先進坑上半が150m程度進んだ段階で後進坑（専用部下り線、一般部上り線）の掘削を開始する。この後進坑の掘削開始時期やトンネル掘削時の管理基準値は、切羽離れの影響が考慮可能な三次元解析により設定している。

切羽安定対策としては、前述したとおり、導坑部は事前に地盤改良されているが、**写真３**のようにトンネル中央部については、未固結砂質土層が残るため、**図５**にあるとおりトンネルを３つの区間に区分し、以下の対策を採用している。

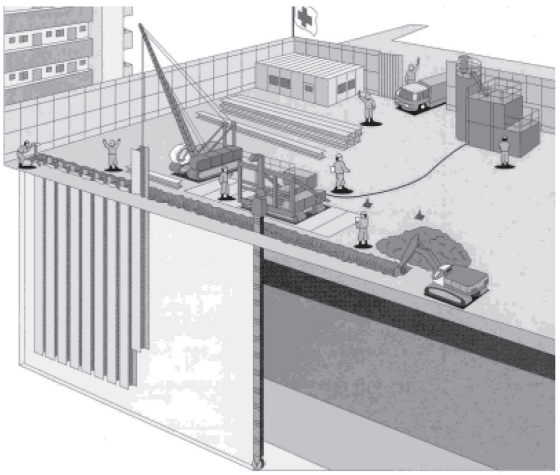


図４　地中連続壁概要図



写真１　ピラー鋼材のユニット化

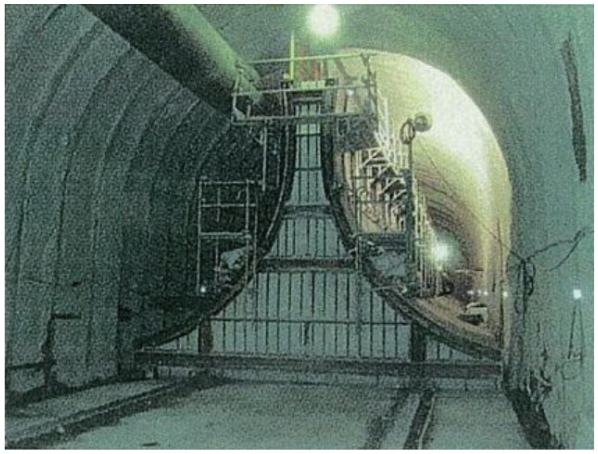
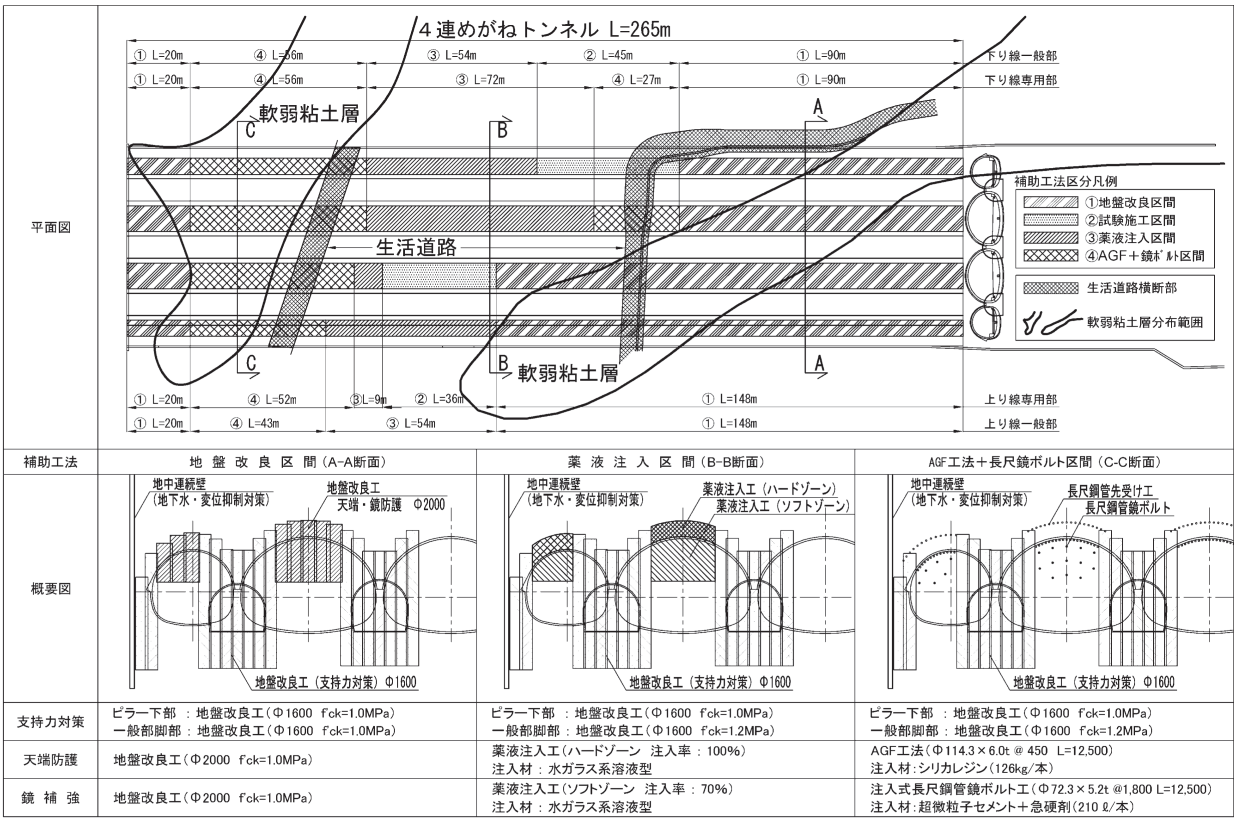


写真２　導坑内ピラー配置状況



写真３　切羽状況



補助工法	地盤改良区間（A-A断面）	薬液注入区間（B-B断面）	AGF工法＋長尺鏡ボルト区間（C-C断面）
支持力対策	ピラー下部 ：地盤改良工（Φ1600 fck=1.0MPa） 一般部脚部：地盤改良工（Φ1600 fck=1.0MPa）	ピラー下部 ：地盤改良工（Φ1600 fck=1.0MPa） 一般部脚部：地盤改良工（Φ1600 fck=1.2MPa）	ピラー下部 ：地盤改良工（Φ1600 fck=1.0MPa） 一般部脚部：地盤改良工（Φ1600 fck=1.2MPa）
天端防護	地盤改良工（Φ2000 fck=1.0MPa）	薬液注入工（ハードゾーン 注入率：100%） 注入材：水ガラス系溶液型	AGF工法（Φ114.3×6.0t @450 L=12,500） 注入材：シリカレジン（126kg/本）
鏡補強	地盤改良工（Φ2000 fck=1.0MPa）	薬液注入工（ソフトゾーン 注入率：70%） 注入材：水ガラス系溶液型	注入式長尺鋼管鏡ボルト工（Φ72.3×5.2t @1,800 L=12,500） 注入材：超微粒子セメント＋急硬剤（210ℓ/本）

図５　トンネル補助工法区分図

①地盤改良区間

土かぶりが0.5D以下および軟弱粘土層がトンネル断面内に分布する範囲においては、経済性に優れ、軟弱粘土層を確実に改良可能な地盤改良工（支持力対策と同様の深層混合改良）を採用している。改良深度は天端防護と鏡補強兼用とするためSL＋2mまでとし、改良強度はFEM解析結果にもとづき1.0MPaに設定している。

②薬液注入区間

比較的土かぶりが大きい（0.5D以上）区間には地盤改良工より経済性に優れる薬液注入工法を採用している。注入材としては、砂質土地盤への浸透性に優れ、地下水汚染等環境への影響がない水ガラス系溶液型の注入材を選定した。薬液注入に期待する効果としては、アーチ部ではトンネル外周にグラウンドアーチを形成して鉛直荷重を直接支持する目的であるのに対し、掘削を行う鏡面に関しては緩みおよび肌落ちの防止が主目的となるため、ある程度の粘着力向上が期待できればよい。そこで注入範囲をトンネル外周２m範囲のアーチ部（ハードゾーン）と鏡面（ソフトゾーン）に区分し、ハードゾーンは地盤の空隙率に注入充填率を乗じた注入率とし、ソフトゾーンはハードゾーンの70%の注入率とした。

③AGF工法＋鏡ボルト区間

薬液注入工法はトンネル掘削に先立ち天端・鏡補強が可能で、上半掘削を連続して行えるため工程的には有利であるが、トンネル補助工法としては実績が少なく、粘性土層に対する注入効果に懸念が残る。そこでトンネル直上に軟弱粘土層が分布する範囲および生活道路が横断する範囲に関してはトンネル補助工法として実績が多く、安定した効果が期待できるAGF工法＋鏡ボルトを採用している。

⑸覆工コンクリート

覆工コンクリートは、後進坑掘削の影響が収束した段階で先進坑から開始する。本トンネルは全線ウォータータイト構造となっているため防水シートで全周を囲うこととしている。

通常、トンネル覆工に耐震検討は実施しないが、本トンネルの特殊性や土被りの浅い未固結地山中に施工されることを考慮し、二次元FEM動的解析による耐震検討を実施した。解析の結果、**図６**のとおりせん断補強鉄筋が過密配筋されたRC構造となった。過密配筋となったことによる覆工コンクリートの充填性、せん断補強鉄筋の施工性等の課題に対して、以下の対策を行っている。

①中流動覆工コンクリートの採用

せん断補強鉄筋が大幅に増加したことにより、コンクリートの充填不足による品質低下が懸念されたため、トンネル天端部の模擬型枠による打設試験を実施した。その結果、スランプ15cmの普通コンクリートでは内部的な欠陥（ジャンカ）が発生したため、高流動コンクリートより比較的安価で、かつ十分な流動性を有した充填性の良い中流動覆工コンクリートを採用している。配合表を**表１**に示す。高性能AE剤を用いて高い流動性を付与する一方で、石灰石微粉末を用いて（100kg/m^3）粘性を

増加させ材料分離抵抗性を付与した。配合は30-50-20Nであり、ワーカビリティーはスランプフロー50±7.5cmで管理した。また、中流動覆工コンクリートの持つ高い流動性を活かした効率的な締固めを行うために、型枠バイブレータをセントルの周状に配置（専用部：約80台）し、試験施工データにより定めたバイブレータの周波数、運転周期、ON/OFF等をバイブレータ毎に自動的に制御するシステムを開発した。また、SL以下では内部振動機も併用することにした。

表１　配合表

W/C（%）	S/A（%）	単位数量（kg/m^3）					
		W	C	混和材	S1 山砂	S2 砕砂	G 砕石
53.0	50.6	175	330	100	468	325	895

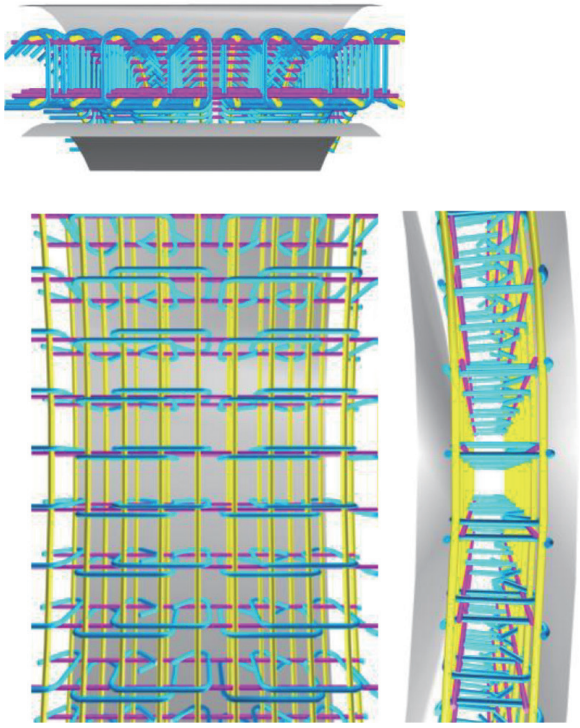


図６　通常のせん断補強鉄筋配置イメージ図

② プレート定着型せん断補強鉄筋の使用

図６にある通常のせん断補強筋では、主筋組立後の後挿入が不可能なため組立効率が悪く、フック等の影響によるコンクリートの充填不良も懸念されることから、プレート定着型せん断補強鉄筋を採用している。

③ 鉄筋架台

ウォータータイト構造のため、防水シート（t＝２mm）を傷つけずに鉄筋の自重を支え、かつコンクリートの流動の妨げにならない鉄筋架台（専用部：H100、一般部：H75のH型鋼）を**写真４**のとおり採用している。

３．周辺環境への配慮

小路トンネルは、人家が密集する丘陵部に位置し、土被りが最大で10.5mと非常に小さい浅層部施工であるため、周辺家屋への影響については、特に配慮する必要があり、以下にその取り組みについて述べる。

⑴防音ハウスの設置

騒音対策として、大阪側坑口部には**写真５**のとおり防音ハウス（L80m×W62m×H14m）を設置し、その中に騒音の出るトンネル仮設備（送風機、集塵機、バッチャープラント、夜間ずり仮置場）等を収め、トンネル掘削時の騒音抑制に努めた。

⑵作業時間

小路トンネルは、トンネル両側に民家が近接しているため、試験施工という位置付けでトンネル掘削時の振

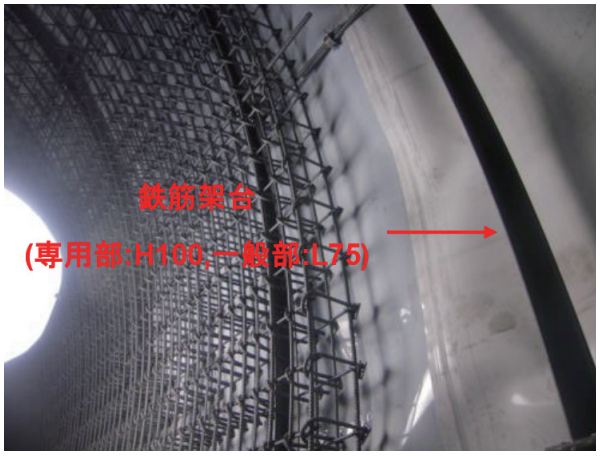


写真4　鉄筋組立状況





写真５　防音ハウス設置状況

動・騒音を測定して極力振動・騒音の原因を排除するとともに、地元の方々へのヒアリングを行いながら順次施工時間を延長していった。

施工中は、用地境界際の７箇所に24時間自動観測が可能な振動計を設置し、ＪＶ事務所や現場詰所でもリアルタイムで測定値が確認できるようにし、振動値が管理基準値（50dB）を超えると導坑内のパトライトが回転するとともにＪＶ職員の携帯電話にメールが自動送信されるシステムを構築した。そして振動オーバーが発生するたびに作業を一時中止して原因の究明及び対策を行った。

４．まとめ

民家が近接する閑静な住宅街の中で、作業による騒音振動を計測し、地元住民の方々とコミュニケーションをとりながら徐々に信頼を得て、最終的には24時間施工での導坑掘削を行うことができた。また、平成19年６月より本坑掘削を開始し、民家が近接し、最大土かぶり10.5mという厳しい条件の中で、地盤改良により支持力を確保し、適切な補助工法を選定することで、大きな変位が生じることもなく平成20年５月に本坑掘削を無事完了することができた。

小路トンネルを含む第二京阪道路、大阪北道路は、平成22年３月20日の供用から８年が経過し、一般国道１号の交通混雑の緩和と近畿地方の広域幹線道路網の一端を担う役割を果たしてきている。これから建設される広域幹線道路とともに更なるネットワーク強化に向けてその役割に期待する。

参考文献

1．人家密集地における大断面浅層４連めがねトンネルの支持力対策：土木学会第61回年次学術講演会講演概要集　第６部門、pp.349-350, 2006.森正明、中野将宏、白川賢志、大島基義
2．４連めがねトンネルにおけるピラーコンクリート構造の検討：土木学会第62回年次学術講演会講演概要集　第６部門、pp.281-282, 2007.森正明、中野将宏、大島基義、小池真史、松村謙治
3．市街地における浅層大断面４連めがねトンネル：施工体験発表会　2007、森正明、水野希典、白川賢志、大島基義
4．住宅密集地における大断面浅層４連めがねトンネルの設計・施工：トンネル工学研究論文・報告集、Vol.17,pp.187-194, 2007. 森正明、中野将宏、白川賢志、大島基義、小池真史
5．市街地における浅層大断面４連めがねトンネル―第二京阪道路 小路トンネル工事―施工技術報告会　2007田口敬介、水野希典、白川賢志、足達康軌、大島基義
6．市街地における浅層大断面４連めがねトンネル：トンネル技術研究発表会　2008,田口敬介、水野希典、白川賢志、足達康軌、大島基義
7．都市NATMにおける遮断壁の効果について：土木学会全国大会　2008,田口敬介、水野希典、白川賢志、大島基義、小池真史
8．未固結砂質土層における大断面浅層４連めがねトンネルの切羽安定対策：土木学会全国大会　2008,田口敬介、水野希典、白川賢志、大島基義、小池真史
9．住宅密集地における大断面浅層４連めがねトンネルの計測管理：トンネル工学研究発表会　2008,田口敬介、水野希典、足達康軌、大島基義、小池真史
10．４連めがねトンネルRC二次覆工の施工における取組み：第28回日本道路会議2009. 岸山雄多佳、田口敬介

神戸港港島トンネルの延伸工事

神戸市みなと総局海岸防災部
青 位　　宙

1．はじめに

神戸港港島トンネルは、ポートアイランドと神戸市街地を結ぶ神戸大橋に続く第２のアクセス道路として、増大する交通需要を円滑に処理するとともに、複数のアクセスを確保することで災害時における冗長性確保等を目的に、1999年７月に開通した沈埋トンネルである。

しかし、ポートアイランド（第２期）における高規格コンテナターミナルの取扱貨物量の増大や、企業誘致の進展、さらに2006年にはポートアイランド沖合に神戸空港が開港するなど、交通需要は増加の一途を辿り、ランプ構造のポートアイランド側出入口がボトルネックとなる交通渋滞が大きな課題となった。なお、港島トンネルは、将来的に南北方向へそれぞれ延伸可能な構造となっており、既存施設を活用することで、経済的で早期供用が可能な構造形式・施工方法の検討をおこなった。

その結果、トンネルを南側（ポートアイランド側）へ延伸し、トンネル本線と同じ片側２車線の新たなトンネル出入口を約250m南側の交差点へ設置することとした。（**図１**参照）

この報告では、トンネルという地下構造物を埋立地に築造する際の特徴や、地盤条件に起因して発生した課題と対策を中心に紹介する。

2．地盤特性

本工事の対象地であるポートアイランドは、1966年から造成工事が開始され、1981年に埋立が完了した。埋立層厚は約17～19mであり、埋立材料は六甲風化花崗岩を主体としている。

埋立土層以下には、沖積層の粘性土（Ac：Ma13）と沖積層の砂質土（As-c）、礫まじり砂～粘性土の互層（Ds-c1：洪積第１層）、洪積粘性土（Dc）、礫まじり砂～粘性土の互層（Ds-c2：洪積第２層）の順で堆積している。ボーリング調査の結果から、洪積第２層を基盤面として設定した。（**表１**参照）

また、施工場所は海に近く、透水性の高い土質（砂質土）であるため、地下水位は神戸港の水位と連動しており、地盤面から2.5～1.8m程度の位置に存在している。

そのため、開削工法による躯体築造を行う場合の土留め工法の検討に際しては、ボイリング及び盤ぶくれ対策を考慮し、過剰間隙水圧と土の有効重量からボイリング

土層記号	土質	今回設計N値	層厚（m）	単位体積重量 γt (kN/m3)	内部摩擦角 φ (°)	粘着力C (kN/m2)	変形係数E (kN/m2)	S波速度 (m/s)	摘要
Bp	砂質土	11	17.70～19.35	18.7	32	-	5,100	213	E=472N
Ac	粘性土	5	7.00～8.65	16.2	-	84	5,000	191	E=1000N
As-c	砂粘土互層	24	3.25～5.55	18.0	33	-	12,500	240	E=520N
Ds-c1	砂質土	33	9.70	19.5	33	-	17,200	338	E=520N
Dc	粘性土	15	19.5	16.5	25	110	8,000	267	E=520N
Ds-c2	砂粘土互層	60	-	20.0	45	-	32,000	371	E=520N

Dc,Ds-c2層は、H7既往報告書の数値を引用した。

表１　施工場所の地盤定数

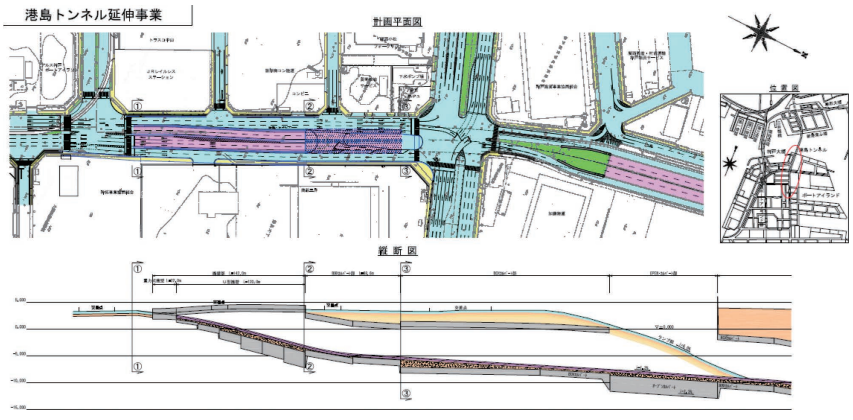


図１　神戸港 港島トンネルの平面図及び縦断図

に対する安定性を確保するとともに、掘削底面の一部を薬液注入により地盤改良することとした。

3．施工上の課題と対応

3.1　土留施工に伴う地下埋設物の沈下対策

土留め壁の施工に際しては、近接する地下埋設物への影響や経済性から、鋼矢板圧入工法で計画したが、埋立土の中に不規則に混在する転石の影響等により、圧入による鋼矢板打設が施工不能となった。複数の場所で試験施工を実施し、圧入機の圧入力の推移、掘削土砂や矢板の損傷状況等から、埋立土砂の転石が堆積する薄い層が部分的に存在し、圧入の支障となったものと推察した。

その後、先行する東側土留の代替工法としてオーガ掘削と圧入を連動した「硬質地盤クリア工法」による施工を行った。しかし、重要な地下移設物がさらに近接する西側は、土留施工による沈下が懸念され、関係機関と協議のうえ、周辺地盤への影響が少ない連続地中壁（柱列式）に変更した。

掘削深が最大約11m、掘削幅が最大約24mになる大規模掘削において、非対称の土留め壁となることから、事前に剛性や変位量をFEM解析によって入念に検証し、土留支保工への密着性の確保、非対称土留めによる不規則挙動へのリスク回避のため、油圧ジャッキによる「なじみ軸力」の導入を行った。

また、傾斜計や軸力計による土留壁の水平変位や切梁軸力などの計測管理をリアルタイムで行い、慎重に施工を進めることで、地下埋設物への影響を管理値内に抑える事ができた。なお、土留変位量の計測値は、事前解析結果と同様の傾向を示しており、変位量は解析値を下回るものとなった。（図２参照）

3.2　湧水対策

本工事では、将来のトンネル延伸を見越して10年以上前に施工されたトンネル函体や仮設構造物を一部使用した事から、施工段階で新たな課題が発生した。

そのひとつが、既設函体の周辺から発生した湧水の問題である。地下水流入防止や盤ぶくれ防止のために、既設函体の側部や底部、土留接続部などに二重管ストレーナ工法による薬液注入を実施したが、掘削を進めていく段階で多量の湧水が発生した。

原因は、残置された仮設物（切梁、腹起し）下部が十分に埋め戻しされていない事で大きな空隙が生じ、十分な改良が出来なかったことや、既設函体側部に砕石による埋戻しが実施されており、事前注入した薬液が逸走したものと推察された。

このため、広範囲に逸走しない高粘度で固結後の強度が期待できる懸濁溶液（瞬結）を使用することとし、注入による近傍の地下埋設物への影響をモニタリングしながら早期に止水対策を実施した。

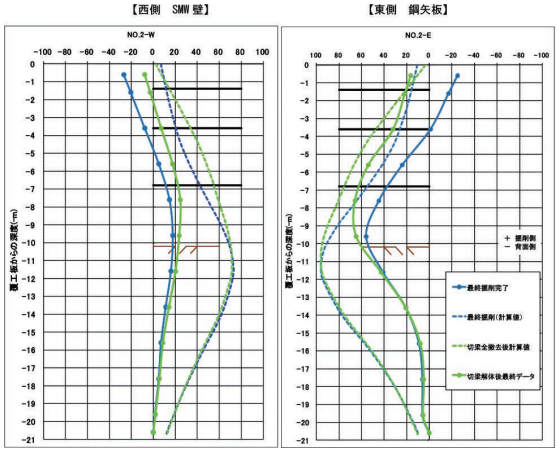


図２　土留変位量の比較（一例：U型擁壁部）

4．おわりに

2009年から本格的な延伸工事に着手し、2011年７月に無事に延伸部の供用を開始した。延伸後の交通量は、延伸前と比較して約4,200台（約20％）増加し、神戸大橋との利用比率の比較では、港島トンネルの利用率が24％から31％に増加している。朝夕ラッシュ時の交通渋滞も大幅に減少しており、車両の流れが円滑になることで利便性及び安全性が向上している。（表２、３参照）

また、開港150年を迎えた神戸港の2017年（１月～12月）コンテナ取扱個数は、過去最高の292万TEUとなり、神戸空港の旅客数も過去最高の307万人（2017年度）を達成するなど、港島トンネル延伸による基盤交通網の強化が寄与したものと考えている。最後に、本事業にご尽力いただいた関係者の皆様に深く謝意を申し上げる。

参考文献

1）神戸市港湾整備局、運輸省第三港湾建設局：神戸港港島トンネル工事誌　平成11年

	調査日	日交通量(台/日)
延伸前	2008.11	20,769
延伸後	2017.11	25,009

表２　港島トンネルの交通量

	調査日	神戸大橋	港島トンネル
延伸前	2008.11	76%	24%
延伸後	2017.11	69%	31%

表３　ルート別の利用比率



写真　残置した仮設構造物周辺からの湧水

一般国道162号　京北トンネル

京都市建設局 道路建設部長
西　　靖彦

1．はじめに

一般国道162号は、京都府京都市を起点として南丹市見山町を経て福井県敦賀市に至る、総延長約150kmの道路である。本工事区間の栗尾峠は、京都市右京区京北細野町～同周山町を結ぶ道路であり、冬期には積雪も多く、異常気象時通行規制区間でもある。また、国道162号の中でも、縦断勾配が厳しく（最大８%）、R＝20m程度のカーブが連続し、走行性が極めて劣る区間であるため、早期の整備が求められていた。（図１）

ここでは、京北トンネルの施工における地質条件、技術的課題と対策について、代表的なものを紹介する。



図１　工事箇所平面図

2．地形・地質条件

京都府の地質は、①丹波－但馬帯、②舞鶴帯、③丹波帯があり、京北トンネルは丹波帯に位置する。

京北トンネルは、頁岩が主体であり、当初からリニアメントも多数確認されていた。特徴的なのは、頁岩層も連続性には乏しく、チャートや砂岩塊がオリストリスとなっている点である。また、亀裂が発達しているため、掘削中は地盤の剥離、剥落が頻発した。（図２）

3．施工概要

3.1　工事概要

工事名：栗尾バイパス新設工事（１号トンネル）
発注者：京都市
工　期：2009. 12. 10～2012. 7. 31
工　種：トンネル掘削工：2,313m
（非常駐車帯４箇所［L＝26m×４］含む
掘削断面積（標準部：71.8～88.1㎡）
（非常駐車帯部：102.2㎡））
その他（坑門工、仮設備工等：一式）

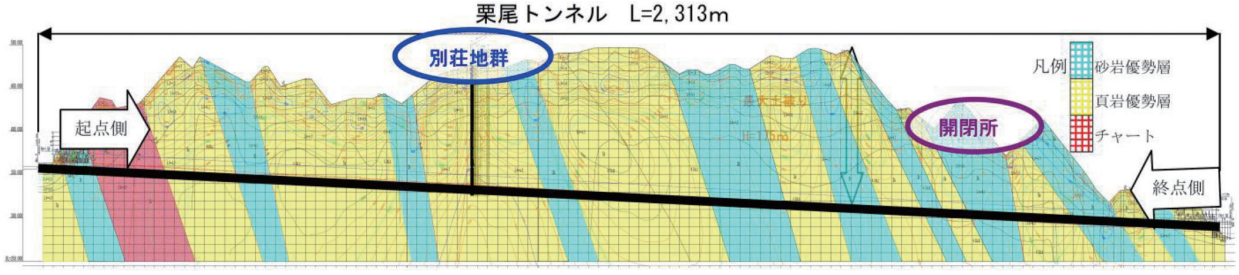


図２　地質縦断図

3.2　施工課題とその対策

3.2.1　終点側国道沈下対策

①パイプルーフ工

終点側（トンネル北側）では、国道直下5.5mを掘削することから、当初の坑口部の補助工法としてパイプルーフ工を計画していた。

しかし、2010年７月に記録的な集中豪雨が襲い、坑口部周辺の道路路肩の崩壊が多く発生し、交通に支障をきたした。

パイプルーフは交換離隔が460mmで計画しており、土砂層掘削時に鋼管間の地山の抜け落ちが道路沈下に影響することが懸念されたため、鋼管間に注入式フォアポーリングを施工することとした。施工範囲は、国道を通過するまでの14断面に鏡補強ボルトを含め、179本の打設を行い、シリカレジンを注入した。

これにより、鋼管間の地山や鋼管周囲を十分改良できたため、抜け落ちを抑えることができた。

②沈下計測管理

パイプルーフの打設開始から、国道の沈下計測を実施した。当初は１回/日の手動計測を計画していたが、約5,000台／日の交通量がある国道であるため、沈下による通行支障が地域への社会的影響が大きいこと、また測定時の安全性を考慮し、管理基準値の設定を実施した上で、24時間自動監視システムを採用することとした。

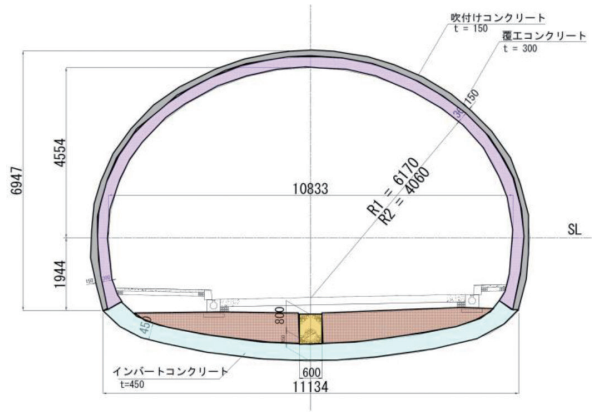


図３　標準断面図（ＤⅠ-b）

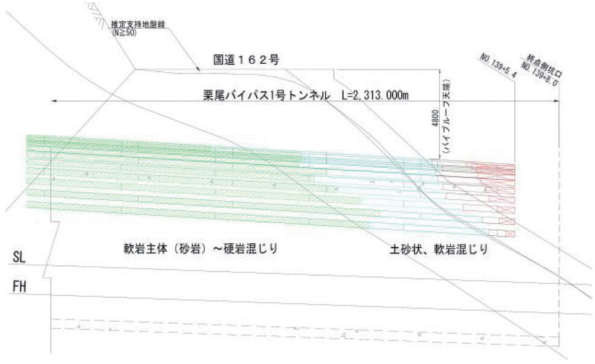


図４　パイプルーフ出来形縦断図

⑴管理基準値の設定

地表面沈下量の管理基準値は、道路面に対する舗装の変状による維持管理修繕の要否判定の目標値に準じて、30mm（**表１**）を設定した。

この値を基にトンネル掘削時の管理値について実施した二次元FEM解析結果を**図５**に示す。

この結果に基づいて、先行変位を40%考慮した場合の天端沈下量から、管理レベルごとの基準値を設定した。（**表２**）

⑵沈下管理システム

パイプルーフ打設時から、推定影響範囲（L＝45m）のトンネル掘削完了まで、国道の挙動を監視するために、24時間体制で計測実施した。計測は30分ごとに行い、その結果をリアルタイムで現場事務所に送信されるシステムを整えた。計測箇所は、トンネルと道路交差部を中心に26箇所とした。（**図６**）

対象区間のトンネル掘削後は、直ちにインバートを施工し、断面の早期閉合を実施した。

施工結果としては、トンネルの天端沈下、内空変位とも管理レベルを超えることはなく、地表面沈下もトンネル中心線直上で最大８mmであった。

3.2.2　終点側支保変状対策

①概要

No.102+12（TD736m）付近の切羽を掘削中、後方約

表１　管理基準値（地表面沈下）

管理レベル	管理基準値（mm）	管理基準値設定根拠
Ⅰ	15	管理レベルⅢの 50%
Ⅱ	22	管理レベルⅢの 75%
Ⅲ	30※	道路舗装の保守･管理の沈下量の目標値

※道路路面に対する舗装の変状による維持修繕の要否判定の目標値に準じて設定

表２　管理基準値（天端沈下）

	天端沈下	
管理レベル	管理基準値(mm)	管理基準設定根拠
Ⅰ	13	管理レベルⅢ×50%
Ⅱ	20	管理レベルⅢ×75%
Ⅲ	26	44.7mm×60% （先行変位40%を考慮）

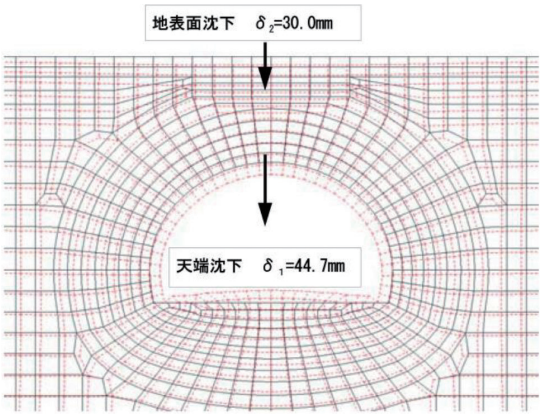


図５　二次元FEM解析結果

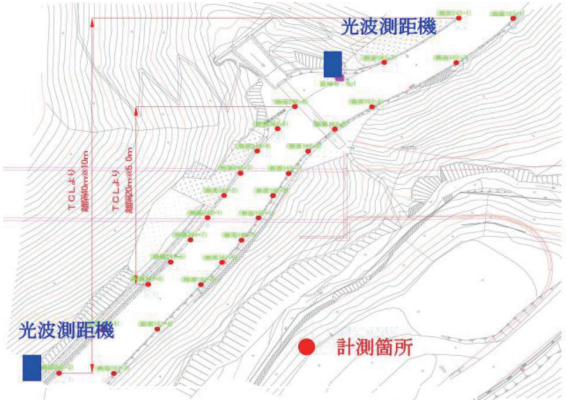


図６　計測箇所平面図



写真１　光波測距機と計測プリズム

40mの範囲で、支保の変状が発生した。直ちに内空を計測したところ、内空変位が20mm台であった箇所が50mm台まで急変していた。計測値は、通常のトンネル掘削と比較すれば平凡であるが、当該箇所は、工事前の電気探査で比抵抗値が低く、突発湧水が懸念された箇所であること、本トンネルにおけるこれまでの変位履歴が大きくても20mm台で収束していたこと、また吹付面の剥離、剥落や支保工と吹付コンクリートの剥離を確認したこと等から、対応を検討することとした。

②対策工

対象区間は、亀裂の発達した頁岩優勢層で湧水が多く、一部で天端の抜け落ちもあり、先受工で対応した範囲である。全支保工の高さ、全幅を測定したところ、一部に内空を侵す箇所もあったため、縫い返し再施工、補強工、インバートの早期施工による断面閉合を実施した。

区間全体に天端部分の吹付コンクリートのクラックや剥離があり、天端及び脚部の支保工が下がる傾向であった。このため、地山断面全体が緩んでいると想定し、補強ロックボルトを、パターンボルト（４m）より長い６mとした。なお、ロックボルトは、緩んだ地山にも確実に定着できる自穿孔タイプとし、充填材は流動性がよく浸透性に優れた微粒子セメントを使用した。

また、SL付近には、縦断方向に支保工を連結するための補強プレート（W＝200mm、t＝22mm）を２段設置した。補強ロックボルトの使用量は、合計330本、補強プレートの使用量は計130mである。（図７）

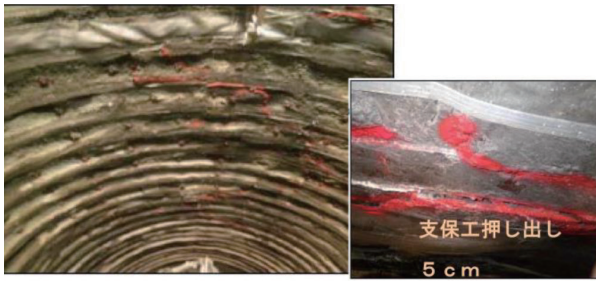


写真２　吹付面剥離状況

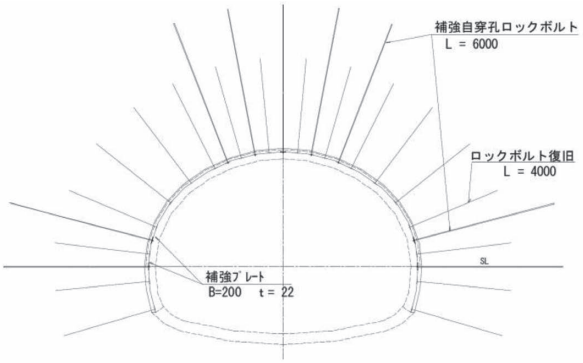


図７　補強工パターン図

3.2.3　準三次元浸透流解析による水収支予測

トンネルルート上には、別荘地群と関西電力京北開閉所が立地している。別荘地群では、井戸水を生活水の一部として、また京北開閉所では近傍の地表面水を管理棟の生活水として利用しているため、トンネル掘削による水源喪失が懸念されたことから、将来的な水源対策の立案と、トンネル湧水量の予測をするために、浸透流解析を実施した。

①概要

本解析手法は、トンネル掘削時の坑内湧水量及び周辺の渇水影響を予測できるものである。地山を多数の直方体セル（要素）の積み重ねとして、三次元地盤モデルを作成し、各要素間の水収支を計算して、全体の水収支を差分法により解析する。（図８）

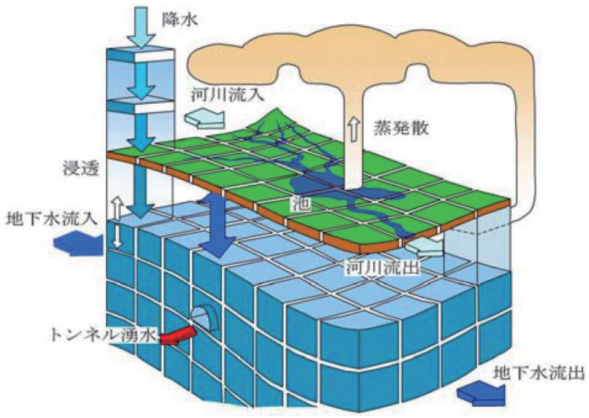


図８　準三次元解析モデル概念図

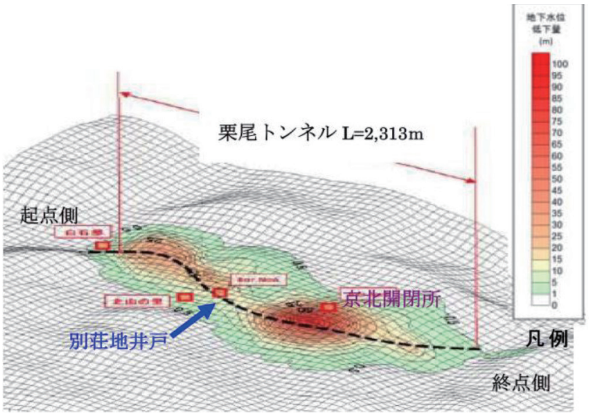


図９　10年後の地下水位状況

②解析結果

⑴予測解析概要

トンネル掘削完了10年後の地下水位低下状況の概況を図９に示す。別荘地群の井戸に水位低下の影響が及んでいることがわかる。また、赤くなっている京北開閉所付近では水位が50m以上低下している。

⑵別荘地井戸及び京北開閉所水源への対応

本解析結果を基に、トンネルの設置に伴う影響が出る前に、別荘地群及び京北開閉所付近に代替井戸を設置した。トンネル掘削後の現在においても、降雨量による水位変化の影響を受けることなく、十分な水量を確保できている。

⑶トンネル湧水量の予測と実績

図10に、トンネル湧水量の予測値と実績値を示す。概ね予想値と実績値は合致しており、トンネル掘削時の突発湧水対策として水抜き計画や濁水処理設備増設計画に役立てることができた。

４．むすび

本トンネルは、平成25年12月に供用した。鉄路のない本地域の住民が50年以上にわたり切望されていたトンネルを供用できたことは、道路管理者冥利に尽きるところである。トンネルの完成により、冬季の路面凍結や積雪、また近年多発する短期集中豪雨による土砂崩落等にも影響されず、安全な通行が確保されており、本トンネルは地域生活を支える大動脈としてその役割を年々高めている。

近年では、限られた財源の多くを、インフラの維持管理に投じなければならず、新規路線に事業化する路線については選択と集中が求められている。

都心部では、将来交通環境を見据えた人にやさしい街路空間の再構築も進んでいる一方、インフラ未整備な山間部においても、地域生活を支え、異常気象時の災害に耐えうる強靭な道路を効率的に整備していかなければならない。

そのためにも、本トンネルの計画から完成までの事業過程で得られた多くの地質や施工等に関する知見を活かし、更にブラッシュアップされた技術を蓄積してまいりたい。

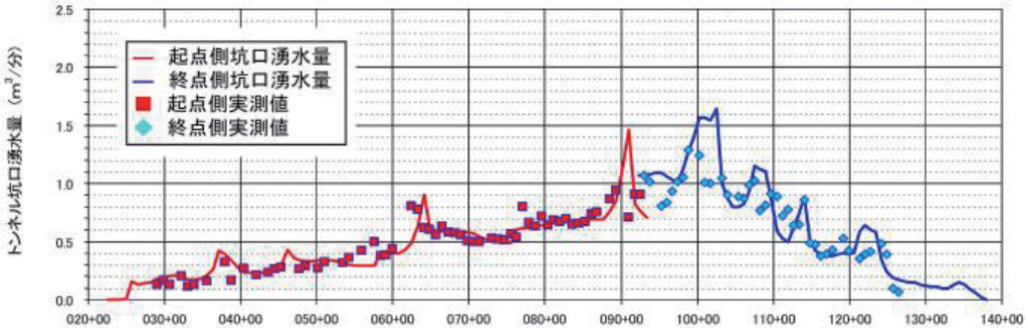


図10　トンネル湧水量の予測と実績

阪神高速２号淀川左岸線

The Hanshin Expressway Route 2 Yodogawa-sagan Route

阪神高速道路株式会社 技術部技術企画課 課長代理
渡 辺　真 介

１．はじめに

大阪都市再生環状道路の一部として位置付けられている阪神高速２号淀川左岸線のうち、島屋～海老江JCTの4.3kmの１期区間が平成25年５月25日に供用を開始し、３号神戸線と５号湾岸線が接続した。

道路構造の大部分が原地盤から掘削深度10～20m程度の開削トンネル構造であり、その他、既存路線との接続部において高架構造を有する。トンネル構造区間のうち、2.4kmの区間は正蓮寺川を陸地化したあと開削工法により高速道路函体を構築している。

２．地質の概要

淀川左岸線（１期）の位置する地域は新淀川、正蓮寺川および安治川河口の発達したデルタ地域に造成された埋立地にある。この地域は大阪平野の西側に位置し、広く沖積地となっている。沖積地を覆う沖積層は海退に伴う淀川等の大小の河川による運搬・堆積作用により形成された軟弱層であり、支持力不足、地震時の液状化など多くの問題を含んでいる。沖積層の下限はOP-30.0m前後で軟弱層としての厚さは概ね35mに及んでいる。沖積層の層相は上位より、砂質土層、粘性土層、砂質土層と、柔らかい粘性土を緩い砂層が挟む構成となっている。

一方、沖積層の基底をなす地層は密に締まった砂および砂礫、硬質な粘性土からなる洪積層である。（図１）

３．正蓮寺川総合整備事業

一級河川正蓮寺川は、戦後の工業化の中で悪臭や地域分断といった課題が顕在化し、度重なる埋立ての要望が地域住民から出ていた。しかし、実現に向けては河川底質のヘドロ処理、陸地化後の正蓮寺川の持つ河川機能・下水機能の確保など種々の問題を解決する必要があった。

正蓮寺川総合整備事業は、大阪府、大阪市および当社の三者により進められてきた計画であり、陸地化にあわせて河川内に高速道路を構築するとともに、治水・利水など従来河川が持っていた機能を地下ボックスカルバートに機能代替させている。さらに、陸地化後の上面には新たに公園を整備することで、正蓮寺川を複数の都市機能を持つ空間として甦らせることを目的としている。

４．正蓮寺川の埋立て

正蓮寺川区間では、上述の陸上部と同様の地質的特徴を有するうえ、河川底質には層厚約５mのヘドロ層が堆積していた。正蓮寺川のヘドロは含水比が高く、高有機質でほぼ液状であり、各構造物に悪影響を及ぼすだけでなく、施工機械にとってのトラフィカビリティが確保できないことから、ヘドロ対策が必要とされた。

埋立て・陸地化に際して、河川機能、下水機能は維持させておく必要があったため正蓮寺川を右岸、左岸に分割しての段階的な施工となった。（図２）ヘドロ臭気や汚染物質処理など施工段階で次々に生じる新たな問題に対し、検討を行いながら対策を施し、約15年の歳月を費

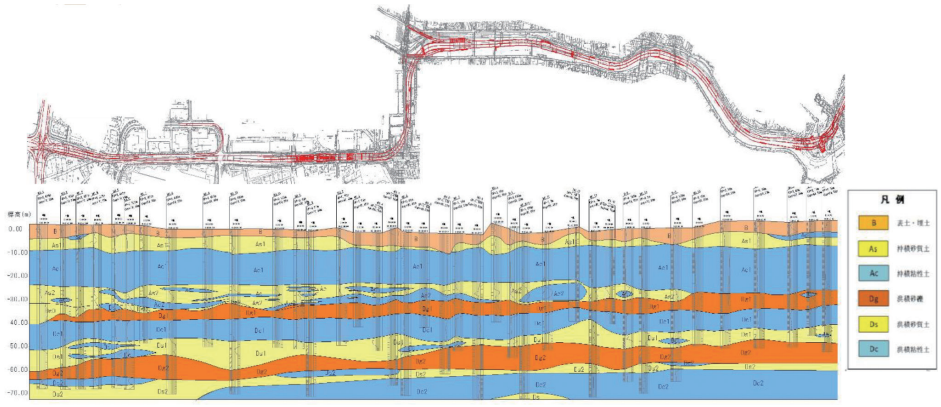


図１　淀川左岸線（１期）地質縦断図

やして平成21年に埋立て・陸地化が完成した。

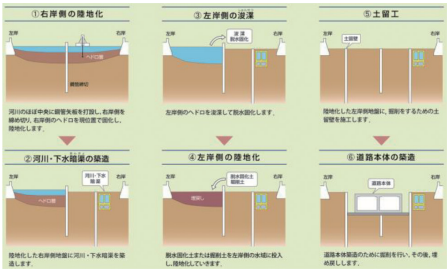


図２　埋立て・陸地化手順

５．地下水変動

当該地域を含む大阪都市圏の地下水は、1960年代前半以降の地下水採取規制の結果、地盤沈下は沈静化に向かったが、地下水採取量が抑制されたことにより逆に地下水が回復・上昇し、1990年代以降地下構造物への漏水、構造物の浮き上がりといった問題が発生している。

このため、地下水位変動の状況把握および50年後までの地下水位将来予測を行い、地中構造物の安定性の検討を行っている。

一部工区では設計当時（平成２年）に設定していた設計水位（OP-1.4m）が上昇していることから、設計水位を見直した（OP+0.04m）ところ、躯体が浮き上がる可能性が判明したため、浮き上がり対策を実施した。

６．側壁盛替え工法

開削部の躯体構築における土留め支保工撤去方法の一つである側壁盛替え工法は、切梁反力を施工途中の片持ち張り状態の躯体側壁で盛替え、土留め支保工を撤去して残る躯体を構築する方法である。内梁盛替え工法や切梁残置切断工法といった従来工法と比べ、コスト縮減、工期短縮、安全性、作業性面で有利である。一方で躯体応力度の評価手法が確立されていなかったが、側壁盛替えによる施工時応力がコンクリート特有のクリープ特性により緩和されることに着目し、躯体完成後の長期間経過時における応力を合理的に評価する手法を確立した。長期間経過時を考慮すると補強鉄筋の追加が必要となったが、経済的には従来工法よりも優位となった。

７．側壁合成トンネル

都市内の開削工事では、近接する構造物への影響を抑制するため剛性の高い連続地中壁を用いることが多いが、連続地中壁に用いるH鋼芯材をトンネル側壁と孔あきジベル（**写真１**）で一体化させて本体利用する側壁合成構造（**図４**）を開発し、開削トンネル区間の一部で採用した。これにより側壁部材厚の低減や掘削土量の削減などコスト縮減に繋がった他、用地幅の制約にも対応可能な合理的なトンネル構築技術を確立した。

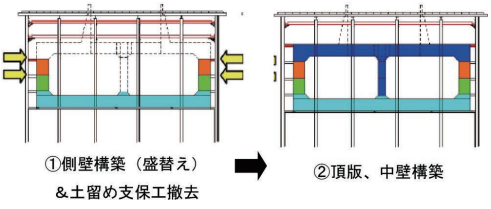


図３　側壁盛替え工法概要

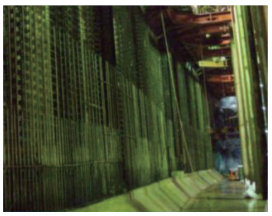


写真１
孔あき鋼板ジベル（側壁打設前）

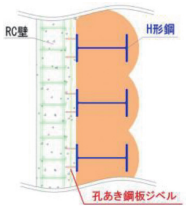


図４
側壁合成構造平面図

８．鋼管集成橋脚

高架構造区間において、４本の鋼管を４段の横つなぎ材で一体化した世界初の鋼管集成橋脚（**写真２**）を１橋脚採用している。鋼管は鋼材製造会社による既製品の鋼管を使用し、横つなぎ材のウエブには低降伏点鋼材を使用したせん断パネルを設けている。地震時にこのせん断パネル部を意図的に損傷させることで地震エネルギーを吸収し、柱部材である鋼管は地震後も使用できる状態となる。損傷させた横つなぎ材を取り替えるだけで早期の復旧も可能としている。

また、基礎構造と鋼管集成橋脚は、従来の鋼製橋脚で用いるアンカーフレームを省略したうえで杭と基礎を一体化している。

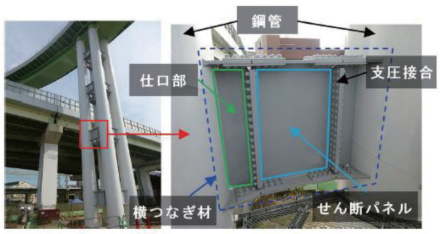


写真２　鋼管集成橋脚（海老江JCT）

９．さいごに

現在事業中の淀川左岸線（２期）（海老江JCT～豊崎）では河川堤防と一体となる道路函体の構築、また、淀川左岸線延伸部（豊崎～門真JCT）では大深度地下を使用した非開削工法が予定されるなど、淀川左岸線（１期）同様、新たな課題に対処しながら施工が進められていく。

大阪都心部の慢性的な渋滞の緩和や沿道環境の改善とともに、新たな拠点エリアを誘引する都市活性に繋がる大阪都市再生環状道路に向けて、淀川左岸線の早期全線開通が望まれるところである。

日本最高高さ300m あべのハルカスの基礎構造設計

Foundation design of the tallest building in Japan, Abeno HARUKASU

㈱竹中工務店 技術研究所 地盤・基礎部 基礎構造グループ長
濱田 純次

㈱竹中工務店 設計本部 アドバンストデザイン部門 マネージャー
平川 恭章

1．はじめに

あべのハルカスは、大阪市阿倍野区に2014年３月オープン（建物竣工は2013年11月）した日本一の高さ300mの建物であり、基礎形式は、直接基礎と杭基礎が複合して支持するパイルド・ラフト基礎である。パイルド・ラフト基礎は、1980年初より実建物への適用と挙動観測が始まり、近年、高層建物を含む多くの建物に適用されている[1),2)]。本文は、日本最高高さの建物の基礎の構造設計概要[3)]およびパイルド・ラフト基礎の性能確認のための挙動観測結果について紹介する。

2．建物および地盤の概要

本建物は、図１のように地上60階、地下５階の建物で、低層部には百貨店、中層部には美術館、各ロビーやオフィス、高層部にホテルや展望台が設けられ、また地下階には機械室、鉄道との連結部や駐車場を有し、各機能が最適なボリュームを有して組み合わされている。平面形状は地下・低層部が約71m×80m、中層部が約71m×59m、高層部が約71m×29mと各部ともほぼ整形であるが、断面形状は北面がセットバックしている。

建物の建設地は、上町台地（大阪城を北端とする幅２km、長さ10km、標高10～23m程度の台地）の中位段丘面上で、上町断層の東側に位置している。建設地の土層層序は、GL-1.3～6.8m以深から更新統・更新世地盤が分布し、杭の支持地盤とみなせる土層は、Ds4層とDs5層である（図１）。また、支持層は緩く東側に傾斜しているものと想定され、このことを考慮して杭先端深度をGL-70.5m～73.1mに設定した。地下水位は、現場透水試験結果よりDs2層でGL-16.2m、無水堀りよりGL-6.7m付近であった。

3．基礎の設計概要[3)]

本建物の基礎は、GL-30.5m（Ds2）を基礎底面としたべた基礎と、GL-45m以深のN値50以上（換算N値100以上）の砂礫層に定着する場所打ち鋼管コンクリート拡底杭および外周部のソイルセメントH形鋼杭を用いた連続壁杭（TSW杭）で構成されるパイルド・ラフト基礎である。建物の総重量は3166MN、基礎面積は5362m^{2}で、接地圧は全体平均で590kPa、高層部直下で716kPaで、

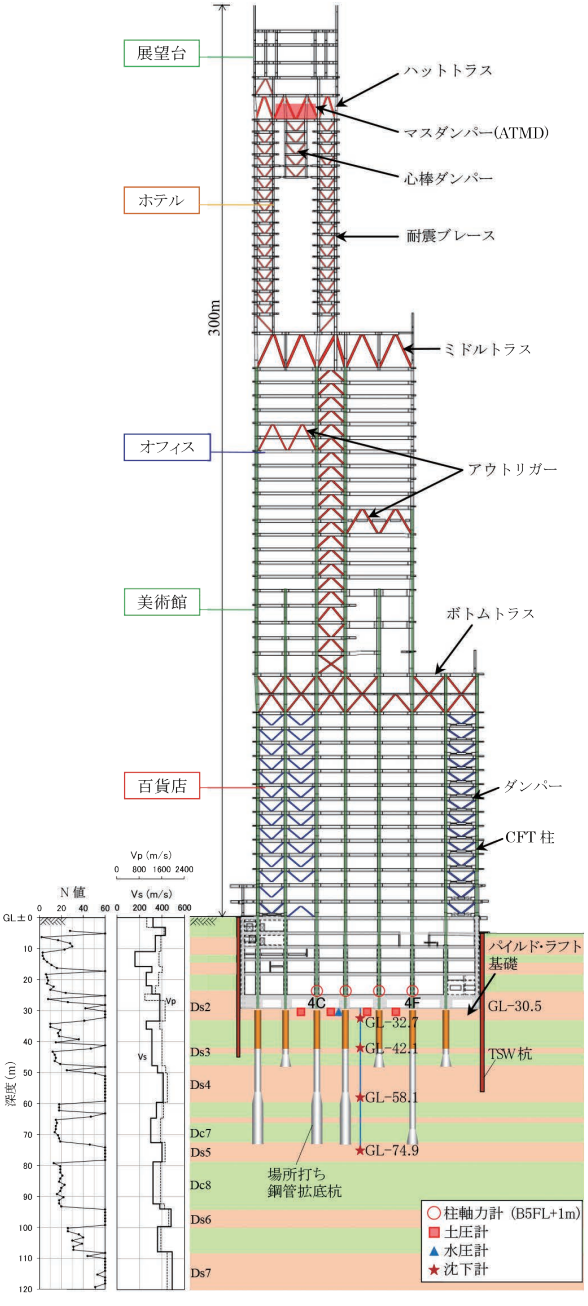


図１　地盤概要と基礎計測器の配置

柱の最大軸力は79.6MNである。杭は、柱荷重に応じて二つの杭先端深度（杭長）を採用している。高軸力の柱を支える杭は、Dc7層の周面摩擦抵抗を十分に確保するために先端拡底部の立上がり部を12m程度に伸ばしている。

パイルド・ラフト基礎の設計は、地下・基礎の架構に、杭と地盤の鉛直ばねを付加したモデルを用いて、基礎の沈下量および杭とラフトの鉛直荷重分担率を算定した。本建物では、逆打ち工法を採用しているため、基礎スラブ打設までの荷重（先行荷重）は杭が負担し、基礎スラブ施工後に発生する荷重（後行荷重）については杭と直接基礎の両者で分担する。先行荷重における地上部の荷重条件は、上部躯体は55階まで構築済みとし、全体重量の60%と設定し、後行荷重は40%とした。後行荷重における杭とラフトの荷重分担は、杭と地盤の鉛直ばねを付加したモデルにより算定した値に基づいて設定した。杭の荷重分担率は算定値に余裕をもたせ0.75とし、杭に作用する長期の鉛直荷重は、支点反力の90%程度（先行荷重60%＋0.75×後行荷重40%）として設計した。

杭の許容鉛直支持力の算定にあたり、先端支持層Ds5の層厚が４m程度と比較的小さく、下部に粘土層Dc8が存在することから、層状地盤としての支持力の検討を行い、先端支持力として粘性土の支持力を採用した。また、杭先端以深の粘性土地盤の鉛直地中応力が圧密降伏応力を超えないことを確認した。

地震時の水平荷重に対しては、地下階が深く水位が高いため、基礎底面と地盤の摩擦抵抗は考慮せず、硬質なDs2層（Vs＝380m/s）への根入れ部の側面および前面の受働抵抗を考慮して杭の検討を行った。

４．基礎の長期挙動計測

基礎構造の設計の妥当性を確認するため、基礎の沈下量および杭とラフトの鉛直荷重分担率を調べた。

図２に計測器の平面配置を示す。最下階構真柱の軸力、基礎スラブに作用する土圧・水圧および地盤の沈下を計測した。地盤の層別沈下計は、不動点をGL-74.9mとして、基礎スラブ直下のGL-32.7mを含め３断面で計測した。構真柱の軸力は、B5階床+ １mで計測した。

図３に、層別沈下計で計測された地盤の浮き上り・沈下の経時変化を示す。掘削に伴い地盤の浮き上りが生じ、基礎スラブ直下のGL-32.7mで最大47mmのリバウンドであった。根切完了、基礎スラブ施工後に、地盤は沈下に転じ、荷重増分が小さくなった竣工後、地盤の沈下量はほぼ一定値に収束し安定した状態にある。

図４に、４F柱周囲の荷重分担の経時変化を示す。ラフトの抵抗は、計測された土圧、水圧に対象領域の面積を乗じて求めている。破線は計測された柱軸力に計測点以深の基礎の重量８MNを足したものであり、75MN程度である。４Fの設計支点反力は67.1MNであり、計測値と概ね整合している。また、杭の荷重分担率は、全荷重に対して65%程度、浮力を差し引いた有効荷重に対しては85%程度であった。安全側に浮力を考慮していない設計時の値90%と概ね整合している。

５．おわりに

あべのハルカスの基礎構造の設計概要および基礎工事開始から竣工後約４年半後までの基礎の挙動観測結果を紹介し、採用したパイルド・ラフト基礎の設計の妥当性を確認した。基礎の設計、挙動観測の実施を通じてご協力頂きました関係各位に深く謝意を表します。

参考文献

1）Yamashita, K., Yamada, T. and Hamada, J. : “Investigation of settlement and load sharing on piled rafts by monitoring full-scale structures”, Soils & Foundations, Vol. 51, No. 3, pp. 513-532, 2011.
2）向野聡彦、杉浦盛基、山下清、平井芳雄、曽我裕：高さ247mの超高層建物のパイルド・ラフト基礎、基礎工、Vol. 36, No.1, pp. 92-95, 2008.
3）平川恭章、濱田純次、山下清：あべのハルカスの基礎構造設計と施工、基礎工、Vol.42, No.11, pp.29-36, 2014.11.

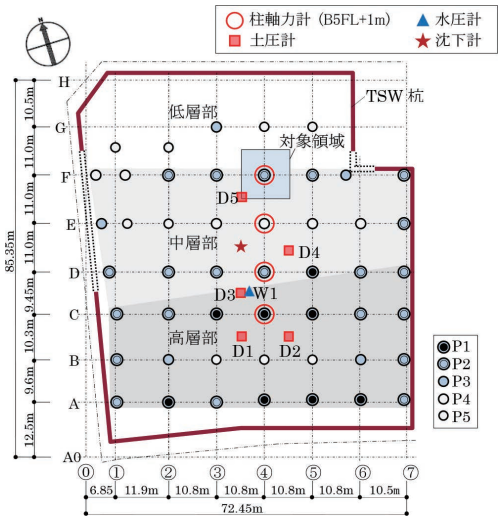


図２　杭と基礎計測器の平面配置

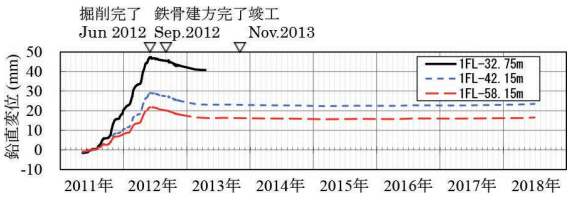


図３　地盤の浮上り沈下

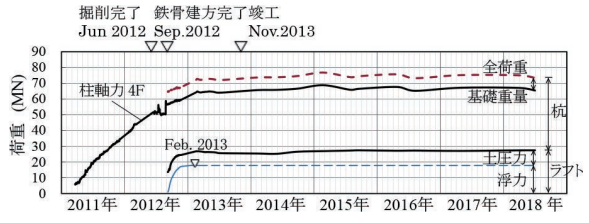


図４　杭とラフトの荷重分担

金出地（かなじ）ダム建設事業における地質対策と試験湛水状況について

兵庫県西播磨県民局光都土木事務所 ダム管理課 課長
松 下　彰 夫

兵庫県県土整備部土木局 河川整備課
足 立　和 士

1．はじめに

金出地ダムは、兵庫県南西部に位置する二級河川千種川水系鞍居川の赤穂郡上郡町金出地地内で建設される堤頂長184.0m、堤高62.3m、堤体積約155,500m^{3}の重力式コンクリートダムである。（表１）

工事は、平成24年８月より基礎掘削を開始、平成25年３月に基礎掘削を完了、平成25年３月27日に初打設を実施し、平成27年３月にコンクリート打設を完了した。平成28年１月30日より試験湛水を開始し、平成30年４月４日にサーチャージ水位に到達し、同年５月27日迄に常時満水位まで水位を低下させた。その後、同年10月24日から更に水位を下げ始め、同年11月19日には最低水位まで水位を下げ、ダムの安全性を確認し、試験湛水を完了した。

本論文は、この工事を進めるにあたり実施した基礎処理等の地質対策と、試験湛水中における漏水・揚圧力や貯水池地すべりの挙動状況を報告するものである。

2．ダムサイトの地質状況

ダムサイトの地質は、古生代の付加体堆積物である夜久野複合岩類の変斑レイ岩を主体とし、石英斑岩、ヒン岩、安山岩の岩脈が貫入している。このうち石英斑岩の岩脈は、ダムサイト河床部をほぼ上下流方向に分布している（実幅10m程度）。また、ダムサイト右岸には岩盤地すべり斜面が分布している。（図６、７）

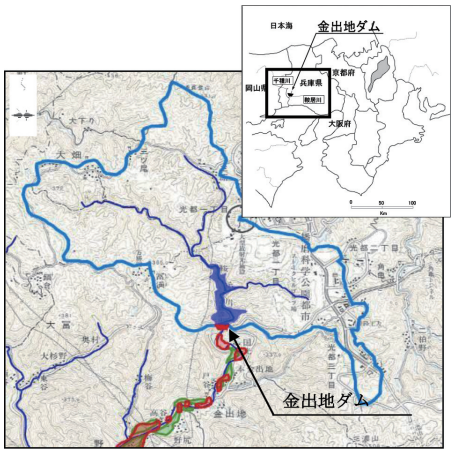


図１　位置図

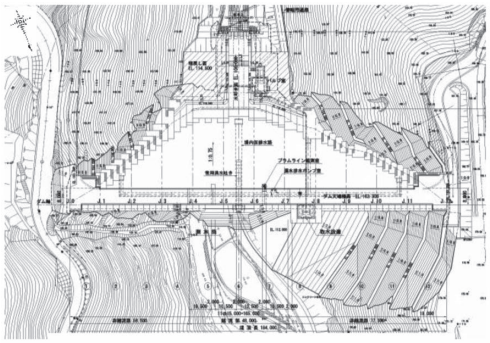


図２　平面図

表１　ダム及び貯水池諸元

ダム	位置	兵庫県赤穂郡上郡町金出地地先
	型式	重力式コンクリートダム
	堤高	62.3 m
	堤頂長	184.0 m
	堤体積	155,500 m^3
	基礎標高	EL. 101.0 m
	ダム天端標高	EL. 163.3 m
貯水地	集水面積	11.5 km^2
	湛水面積	0.22 km^2
	総貯水容量	4,700,000 m^3
	有効貯水容量	4,400,000 m^3
	常時満水位	EL. 143.7 m
	サーチャージ水位	EL. 159.2 m
	設計洪水位	EL. 161.7 m
放流設備	洪水吐き	オリフィスによる自然調節方式 高さ2.05m×幅2.10m×1門
	非常用洪水吐き	クレスト自由越流方式 高さ2.5m×幅10.5m×4門
	利水放流設備	導水管　φ700mm×1条 JFC　φ500, φ200
	計画高水流量	250 m^3/s
	最大放流量	45 m^3/s
	ダム設計洪水流量	325 m^3/s

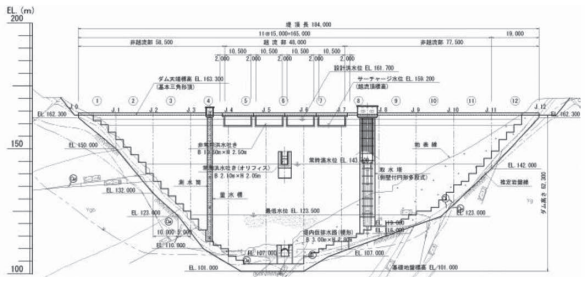


図３　上流面図

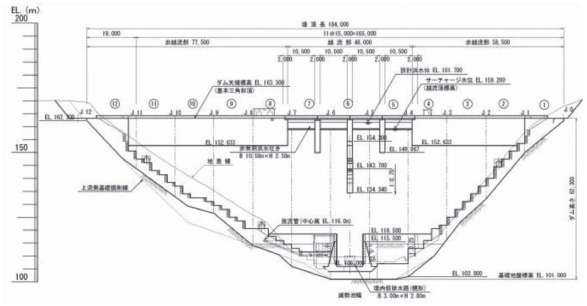


図４　下流面図

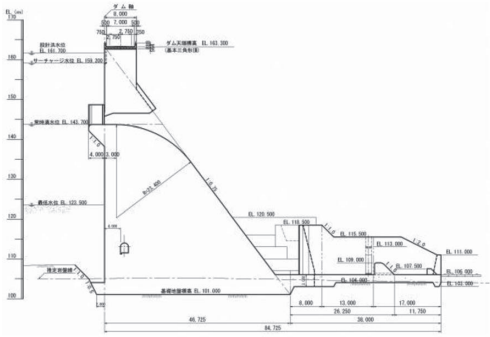


図５　標準断面図

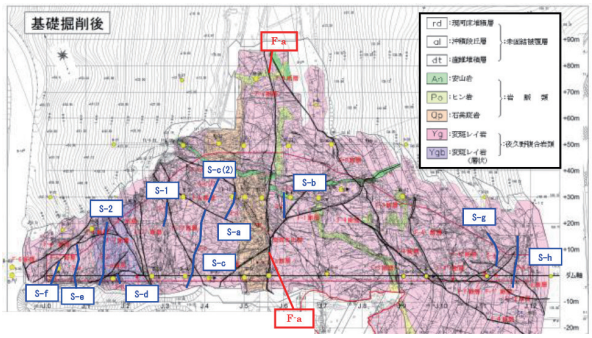


図６　ダム基礎掘削面地質平面図

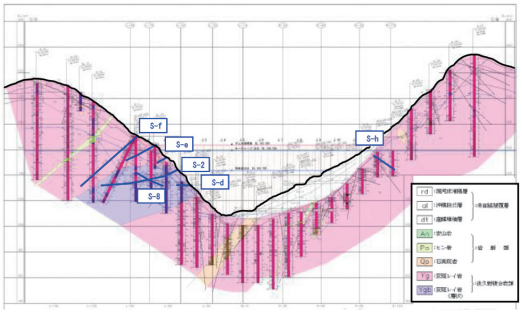


図７　ダム軸地質断面図（基礎掘削後）

また、ダム基礎には６条の断層が出現するが、いずれも小規模でダムの安定性に影響するものはない。

３．ダム基礎岩盤

3.1　ダム基礎岩盤

ダム基礎岩盤は、概ねCH、CM級の堅岩からなり、大規模な断層や破砕帯等の弱層は分布していない。

河床部に分布している石英斑岩の岩脈は、周辺の変斑レイ岩に比べてやや風化の影響を強く受け、CM'級岩盤となっている。

3.2　岩盤強度

CM、CH級岩盤の設計せん断強度は、変斑レイ岩における原位置せん断試験結果より、またCL級及びCM'級岩盤の設計せん断強度は、全国の類似地質（深成岩類）のせん断試験値との比較により以下の値を設定した（表２）。

表２　岩級別設計せん断強度

岩級区分	せん断強度	内部摩擦角	備　考
CH 級	2.65 MPa (270 t_f/m^2)	55°	現位置せん断試験より
CM 級	1.76 MPa (180 t_f/m^2)	50°	現位置せん断試験より
CM' 級	1.18 MPa (120 t_f/m^2)	45°	石英斑岩部のみ分布 細区分基準及び他ダム事例より
CL 級	0.69 MPa (70 t_f/m^2)	40°	細区分基準及び他ダム事例より

４．設計施工

4.1　基礎岩盤

金出地ダムの基礎掘削線は、ダム高（基礎標高）に応じた必要強度以上を有する岩盤に着岩させることとしたが、高標高部についてはCL級岩盤の分布が薄く、かつCM級以上の堅岩に比べ透水性がやや高いことから、掘削除去してCM級岩盤に着岩させることとした。

右岸側の岩盤地すべりが分布する範囲については、全てのすべり土塊を掘削除去し、その下位の堅岩に着岩させることとした。

また、河床部については、一部で周囲の変斑レイ岩に比べて風化の影響が強い石英斑岩（CM'級）が分布し、CM級岩盤が深いため、CM'及びCM級岩盤に着岩させている。

4.2　基礎処理

4.2.1　コンソリデーショングラウチング

金出地ダムの基礎岩盤は、概ねCM、CH級の堅岩が分布し、大規模な断層や破砕帯などの脆弱部も分布しないことから堤踵（堤体上流端）付近を対象に遮水性改良目的のコンソリデーショングラウチング（深さ５m：改良目標値５Lu以下）を計画した（図８）。

金出地ダムの基礎岩盤は、概ねCM、CH級の堅岩が分布し、断層沿いや石英斑岩部の一部にCL級以下の岩盤が分布するのみであることから、コンソリデーショングラウチングは、遮水性改良を目的として、堤体上流端から基礎排水孔下流側の範囲を対象に、改良目標値５Lu以下とするグラウチングを実施した。（図８）

ただし、石英斑岩部の一部に見られるCL級以下の岩盤や石英斑岩と変斑レイ岩の境界に分布するF-a断層沿いの劣化部には弱部補強工を実施した。また、小規模な

がら上下流方向に連続する断層沿いの劣化部については、通常のコンソリデーショングラウチングに先立ち、断層と交差するように改良目標値を10Lu以下とする断層処理孔を３ヶ所実施した。

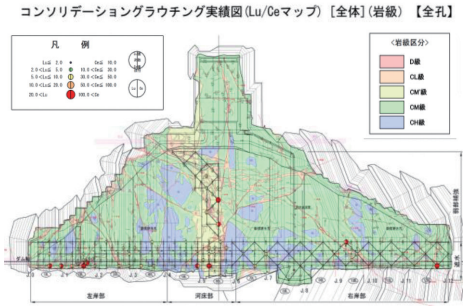


図８　コンソリデーショングラウチング実績図

4.2.2　カーテングラウチング

金出地ダムの基礎岩盤は、左岸傾斜部の表層部や小断層沿い、石英斑岩部及び深部などの一部を除き概ね堅硬かつ２Lu以下の難透水性岩盤であることから、カーテングラウチングは上流側フーチング部からの単列配置とした。(図10)

改良目標値は、グラウチング技術指針を参考に設定し、改良範囲は改良目標値を超える範囲をカバーすることとした。

なお、着岩部から難透水の場合は、掘削除荷等による影響を考慮し、少なくとも２ステージは施工するものとした。

金出地ダムの基礎岩盤の透水性は、基本的に２Lu以下の難透水性を示すが、左岸傾斜部の表層部、石英斑岩部表層、および深部にスポット的に確認されたやや透水性の高い箇所が見られた。

この深部のスポット的に確認されたやや透水性の高い箇所については、ボアホールスキャナにより割れ目の走向・傾斜を確認するとともに、想定される分布範囲に追加孔を施工することにより、確実な遮水性改良に努めた。

改良目標値は、グラウチング技術指針に準拠して深度区分毎に設定したが、グラウチングによる改良の結果、ほぼ全域で２Lu以下の透水性まで改良できた。

4.3　貯水池地すべりの概要

4.3.1　貯水池地すべりの抽出

貯水池周辺の概査結果より抽出した精査の必要性がある16箇所について、地質精査（ボーリング調査及び補足地表地質概査）を実施し、安定解析の結果、４斜面（L4、L5、L9、R6）について対策工が必要と判断した。(図11)

4.3.2　地すべり対策工

L4、L5、L9及びR6斜面の湛水時安全率はいずれも1.0未満であり、湛水により不安定化すると考えられるため

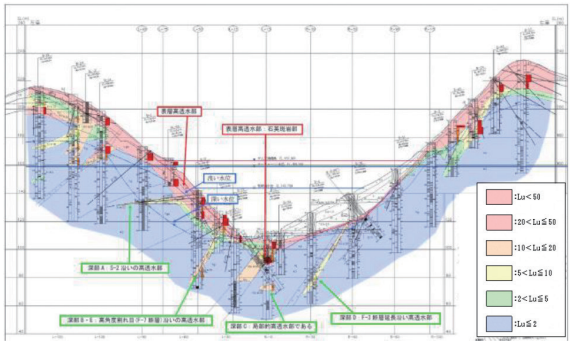


図９　ダム軸ルジオンマップ（調査設計時）

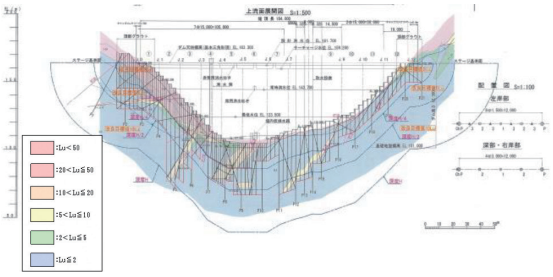


図10　カーテングラウチング計画図

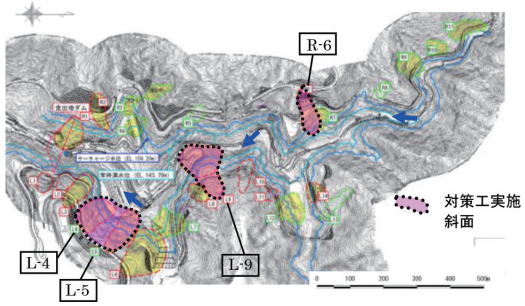


図11　貯水池地すべり平面図（対策工実施斜面位置記載）

対策を行うこととした。L4、及びL5斜面はそれぞれ単独の地すべりブロックであるが、近接するため対策工は同形式のものを採用することとした。当該地は上部に供用中の道路があるため、抑制工のうち排土工は適用せず、広い河床部の地形を活かした、「押さえ盛土工」（抑制工）と、「アンカー工」及び「抑止杭工」と比較し、経済性、確実性及び施工性の観点から「押さえ盛土工」が優位であることからその工法を採用した。その他２斜面についても、比較検討の結果、L9斜面は「排土工」と「アンカー工」の併用、R6斜面は「排土工」による対策とした。L4及びL5斜面の対策工の図を図12、13に示す。

５．試験湛水における挙動

金出地ダムの試験湛水においては、特に「押さえ盛土工」をはじめとする貯水池内の地すべり斜面の安定状況を確認する事が重要であるため、最終的に貯水位を最低水位EL.123.5mまで低下させ、地すべり斜面の安定状況等を確認する計画とした。

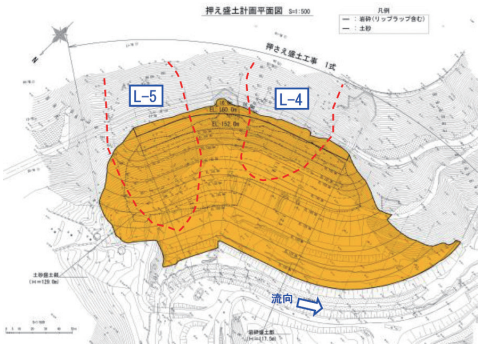


図12　L4とL5斜面の押さえ盛土工（平面図）

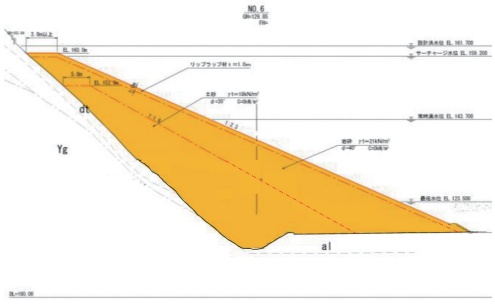


図13　L4とL5斜面の押さえ盛土工（断面図）

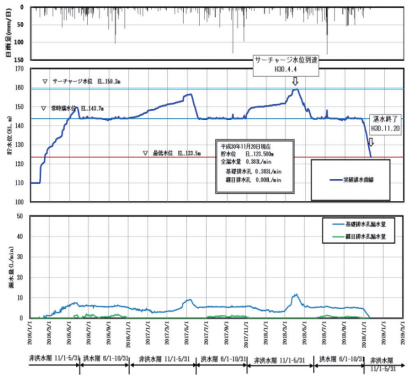


図14　試験湛水貯留状況図（平成30年11月）

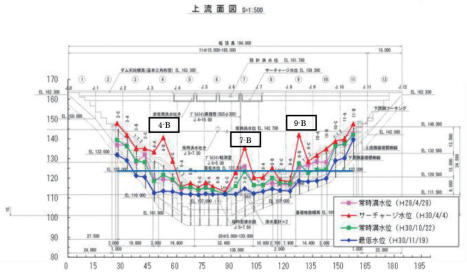


図15　基礎排水孔の揚圧力水位分布図（ダム軸方向）

試験湛水計画の最高水位であるサーチャージ水位EL.159.2mを経験したが、大きな問題は確認されず、その後、常時満水位EL.143.7mを維持した後、最低水位EL.123.5mまで低下させたが、大きな問題は確認されなかった。

5.1　漏水量

基礎排水孔からの漏水量は最大でも2.88L/min/孔（6-A孔）と少なく、かつ貯水位に追随した挙動を示している。また、継目排水孔からの漏水量も最大で1.97L/min/孔（J5孔）と少なく、いずれも貯水位に追随した挙動を示している。また、基礎排水孔及び継目排水孔からの顕著な濁り等も確認されていない。全体の漏水量は最大13.09L/min程度（H30.3.31）と少なく問題はない。

相対的に見ると、他の箇所に比べてJ5周辺の漏水量がやや多い傾向が見られたが、サーチャージ水位経過後は特に問題は確認されていない（図14）。

5.2　揚圧力

基礎排水孔の揚圧力は、いずれの孔においても貯水位に追随した挙動を示しており、特に問題は確認されていない。

なお、他孔に比べて相対的に4-B孔、7-B孔、9-B孔の揚圧力がやや高い傾向が見られるので、今後も留意して観測を行っていく予定である（図15）。

5.3　変位等

対策工を実施した４斜面（L4、L5、L9、R6）については、巡視の結果、異常（路面・道路構造物・斜面等の変位や亀裂）は認められず、また、孔内傾斜計計測でも地すべり変動と判断される変位は認められないことから、特に問題はないと判断される。

6．おわりに

金出地ダムは、洪水被害の防止と河川環境等の維持、播磨科学公園都市の水道水源確保を目的に、平成２年度から建設事業に着手した。平成４年に地権者との基本協定を締結したが、平成15年の水道事業者の撤退に伴い計画を見直し、更に平成22年度のダム検証を経て、平成24年３月に本体工事に着工した。平成27年３月に堤体コンクリートの打設が完了し、平成28年１月から試験湛水を開始し、平成30年４月にサーチャージ水位に到達した。その後貯水池内の地すべり斜面の安定状況等を確認するため、同年11月に最低水位まで低下させ、安全性を確認し、試験湛水を完了した。

金出地ダムは既に治水効果を発現しており、今後も引き続き、ダムサイト及び貯水池周辺の観測等を行い、適切なダム管理を実施していく。



新名神　宝塚北ＳＡにおける高盛土の設計施工

西日本高速道路株式会社 本社 建設事業本部 建設事業部 技術管理課
山口　卓位

１．はじめに

新名神高速道路は新東名高速道路と共に名神・東名と相互に機能を補完し、国土軸をダブルネットワーク化することで、災害などで道路が寸断されても国民生活へ与える影響を緩和し、人・モノの流れを支え、名神・東名との交通機能の分担と高い信頼性を確保することを目的に整備を進めている。中でも平成30年度に開通した高槻JCT～神戸JCT間（延長43.1km）の休憩施設である宝塚北サービスエリア（以下：宝塚北SA）は、兵庫県宝塚市の北部の渓谷部に位置し、深い沢地形に盛土する構造であり、当初より盛土の沈下・安定問題が懸念されていた。（図１）

更に、既往文献より宝塚北SA付近には十万辻断層（活動度Ｃ級）が確認されており、現地盤の評価及び地下水の評価が必要な現場条件であった。（図２）

また、施工の条件として宝塚北SAは新名神の兵庫県内（20km）から発生する建設発生土を受け入れる必要もあったことから、施工面積11ha、盛土量約400万㎥、最大盛土高さ約70mの大規模盛土で計画された。盛土法尻には県道、民家、河川が隣接し施工中の土砂流出、環境対策等の第三者への影響も考慮し、完成後も安定性の高い盛土構造を採用する必要があった。本文では、これらの問題を解決するための設計及び施工について報告する。



図１　新名神宝塚北SA　位置図

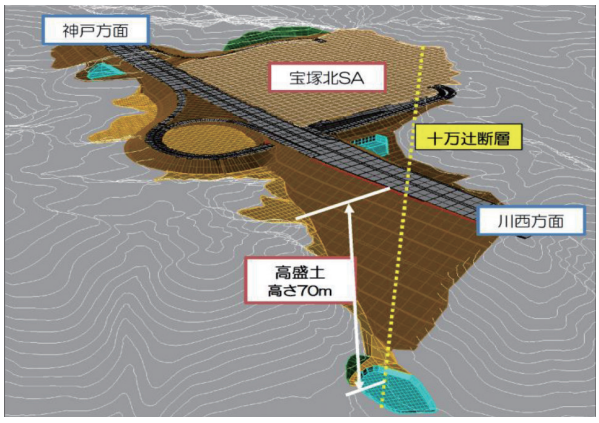


図２　新名神宝塚北SA 盛土概要図

２．調査結果

現地踏査の結果、渓谷部の谷沿いには十万辻断層の断層破砕帯と思われる断層岩や破砕されたものが再固結した硬化な箇所と粘土薄層を多数含む軟質な箇所が露頭、分布しており、盛土の支持力不足やすべりが懸念された。そのためボーリング調査、電気・弾性波探査、現場透水試験、地下水測定を行い断層の構造、水みちの実態把握を行った。

結果として谷沿いは表流水だけでなく湧水が自噴している箇所が確認され、断層部周辺での透水係数の違いから地下水がダムアップされていることが判明したことから盛土内の排水対策が必要となった。（図３）

対象地盤は概ね表層から岩盤が出現しており軟岩程度のCLからD級岩盤が確認できたとともに、変形係数も500MN/㎡程度と盛土支持地盤として必要な強度を有している事が確認できた。ただし沢部では崖錐堆積層が最

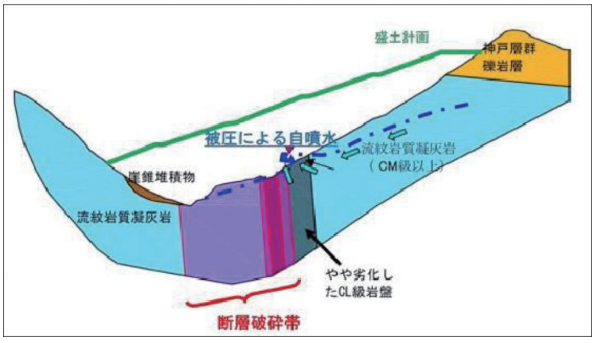


図３　十万辻断層部の状況

大層厚５ｍ程度存在していることも確認された。

３．安定検討及び構造決定

現地では断層、地下水状況を含めた問題点を整理し安全で耐久性の高い高盛土構造の設計施工を念頭に学識経験者及びNEXCO総合技術研究所を含めた「高盛土委員会」を平成21年に設置し検討を開始した。高盛土委員会では盛土内の排水計画と安定検討を重点的に実施し、排水モデルの構築においては十万辻断層沿いの地下水を反映させるべく、三次元水収支解析を用いて地下水挙動の把握を行った。結果として高盛土内の水位上昇の原因となる浸透水、地下水を早急に排出することを目的に地下排水管と雨水排水管を分離配置するとともに機能維持を目的とした複数系統化を図った。

また更なる排水強化として基盤排水層、垂直排水層、法尻排水等を採用した。高盛土の安定検討においては次の照査を行った。（検討はNEXCOで高盛土の設計が平成21年基準化される前に行った。）

①豪雨時（100年確率）の安定性評価（Fs≧1.25）
②地震時（レベル２地震動）の安定性照査（Fs≧1.00）
③ニューマーク法による変形量照査（変位量≦50cm）

結果として通常路体とは別に、内部摩擦角40°以上に限定した特別路体をゾーニングで設定し、安定性の高い構造とした。（図４）

４．施工計画時の留意事項

施工計画の策定検討においては次の項目について検討し計画を立案した。

①動態観測として施工中の挙動測定を目的に、沈下計（４箇所）、地中傾斜計（４箇所）、水位計（３箇所）を配置するとともに、盛土流末部での地下水等の排水を確認・測定することで盛土・地山内に滞水せず排出できているかの確認を計画。
②地下水自噴箇所、堆積土撤去等、盛土施工前の事前確認の徹底及び適宜対策工を追加できる体制の構築。
③第三者リスク対策として、施工中の沈砂池を兼ねた調整池を先行施工するとともに粉じん対策の充実、緊急時の対応を検討。
④盛土の品質向上を目的に施工には起振力320KNローラーの大型重機、GNSS締固システムを導入した圧縮沈下対策を計画。

５．現場での対応

上記計画で宝塚北SA（400万㎡）の盛土施工は平成23年11月から現場着手し、平成29年４月末までの５年５ケ月をかけて完了した。施工中には諸問題が発生し、都度対策を講じながら施工を進めてきたがその一例を報告する。

①十万辻断層の確認：沢部で幅20m、長さ50m程度にわたり黒褐色で硬質な断層中央部と両端に軟質で変質した箇所が確認された。（図５）軟質部は良質材による置換を行い、自噴箇所を含めた地山からの浸水対策は地下排水工、基盤排水層について湧水状況を確認しながら逐次追加した。
②材料選定：ゾーニング設計の特別路体、垂直排水層は路体部と同時に盛土を立上げて行くが材料や搬入も違ってくるためジャストオンタイムでの施工に限界があった。対策として宝塚北SAの広さを利用して材料別の仮置場所を設けることで持込材料の改良、新規材料の購入もなく施工することができた。（図６　赤丸部分：高盛土垂直排水層）
③施工管理：高盛土の品質管理は、持ち込まれる材料毎に空気間隙率、密度比をRIで測定・管理した。特に路体は材料数が多い上に最盛期には月当り盛土出来形15万㎥の施工を行っており、GNSS締固めシステム以

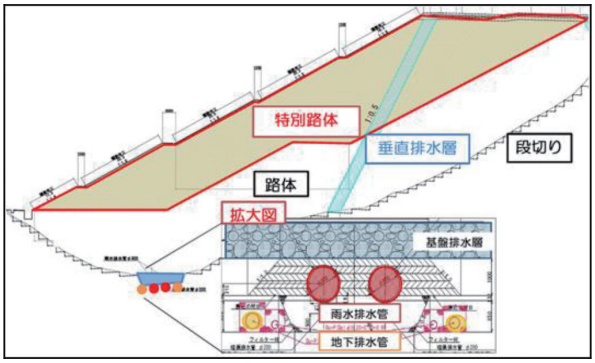


図４　宝塚北SA　高盛土構造図


図５　十万辻断層の状況


図６　施工中の状況

外にも振動ローラーの加速度応答値から地盤剛性を評価するICT機器も使用して品質確保を図った。

６．動態観測の結果

沈下計（４箇所）は日１回、地中傾斜計（４箇所）は週１回の手動計測、水位計（３箇所）は１時間毎の自動計測で計測結果を確認しながら施工を実施し、盛土施工の完了半年後（平成29年７月）の結果を以下に示す。

1)沈下計：盛土内10m毎にクロスアームを設置し層別沈下量を計測した。結果、盛土厚53mに対し総沈下量30cm、圧縮率0.56％とその他既往沈下記録と比較しても小さい。ただし沈下量は微小であるが増加傾向で収束していない状況であった。

2)地中傾斜計：X（南北）、Y（東西）方向の変位量を計測した。結果、変位は地山と盛土、ゾーニングの材料境界部で発生しているが、変位量は両方向ともに最大でも２cm程度で降雨後の変動も見られなかった。

3)水位計：盛土の安定検討の結果から、ソーニング設計を行っていても水位が上昇し、かつ地震が発生した場合に安全率が1.0を満たさない場合があることから第三者リスクも考慮し水位計は自動計測で計測した。結果、常時水位は無く、降雨時に伴い上昇し止んだ後は下降し水位が無い状態に戻る傾向となった。

尚、これら計測設備は工事が竣功し開通した後も継続して測定が行える様に現地に残し、沈下計、地中傾斜計は手動計測で、水位計と新たに追加した雨量計は自動計測として、高速道路の維持管理の判断指標として使用されている。開通後の平成30年７月豪雨の実績として７月５日未明から７日24時までに累計雨量440㎜、時間最大雨量28㎜の豪雨であったが、盛土内の水位上昇は降雨後35時間後に始まり、43時間後に盛土内の水位が1.4m上昇したところでピークを迎え、その後下降し50時間後には常時状態に戻っている。（**図７**）この程度の水位上昇は地震時の安定上も問なく、豪雨後の点検においても盛土の変状・崩落等もなかった。

4)地下水等の排水確認：盛土着手前の沢部の流量記録から年間最低値を基底値として盛土流末部で三角堰を用いて流量を計測した。結果として基底値を下回ることはなかったことから、盛土内に滞水していない事が確認された。

７．おわりに

平成30年３月の開通後、平成30年６月18日の大阪北部地震においては震度４の被災、その後台風20号等の豪雨（時間最大65mm）を受けたが大きな変状、崩壊は発生していない。だが高盛土は施工後１年を経過しただけで沈下は収束していない状況である。また開通前には盛土の挙動把握のためにGPS変位計を新たに追加し、動態観測を管理部門でも開始したところである。今後も引き続き観測、記録の蓄積及び定期的な評価を行って行くことが重要である。

最後に、本計画・設計・施工を行うにあたりご尽力いただいた「高盛土（玉瀬地区）安定検討会」の委員の皆様をはじめ関係各位に感謝の意を表する。

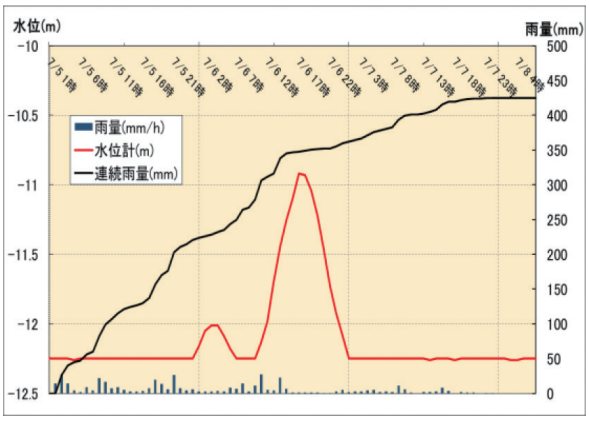


図７　STA：128＋60　高盛土内水位と雨量の関係



写真１　宝塚北SA状況写真

阪神高速６号大和川線

The Hanshin Expressway Route 6 Yamatogawa Route

阪神高速道路株式会社 技術部技術企画課 課長代理
渡 辺　真 介

１．はじめに

阪神高速６号大和川線は大和川左岸側において４号湾岸線と14号松原線を東西に結ぶ全長9.7kmの自動車専用道路であり、大阪都市再生環状道路の一部を形成する。

三宅西～三宅中の東側0.6kmの区間が平成25年３月に、三宝JCT～鉄砲の西側1.4kmの区間が平成29年１月に供用開始し、平成31年度末の全線完成を予定している。

道路構造の大部分は開削トンネル及びシールドトンネルの地下構造と掘割構造からなり、既設路線との接続部となる一部区間において高架構造を有する。

都市部での施工であるため、宅地等への近接はもちろん、鉄道路線との横断箇所が６箇所ある他、上下水道施設、幹線道路や河川など多くの重要構造物と交差する。

２．地質の概要

大和川線における地質状況は、その特徴から大きく三つに分けられる。（**図１**）

1）４号湾岸線から南海高野線に至る西側区間は沖積低地で、地盤高さTP＋１～２m程度となっており、土質は表層から緩い砂質土あるいは軟弱な粘性土が分布している。

2）南海高野線から地下鉄御堂筋線にかけての中央区間は、地盤高さTP＋10m程度で、表層付近から洪積層が分布している段丘地帯で西側の沖積低地との境界（上町断層付近）に著しい褶曲がある。土質は表層から洪積層が分布しており、比較的よく締まった地盤となっている。

3）14号松原線側の東側区間は、扇状地性低地であり、地盤高さTP＋10m前後で表層には大和川の氾濫原堆積物の砂礫層や砂層、粘性土層が複雑に分布している。

３．高規格堤防およびまちづくりとの一体整備

国の直轄河川事業で整備する高規格堤防（スーパー堤防）は、堤防から市街地側に土を盛り、堤防の高さの30倍程度まで幅を拡げた全体にゆるやかな台地のような形状の堤防である。平成13年８月には都市再生プロジェクト（第２次決定）において、大和川線事業と一体的に整備するスーパー堤防整備等の関連事業の推進が掲げられた。さらに、大和川線沿線地域の活性化に資するまちづくり事業を導入するため、高規格堤防事業と土地区画整理事業を連携させ、さらには立体道路制度を適用することで、大和川線事業区域も土地区画整理事業範囲に組み入れている。これにより、都市機能の再構築と防災機能の向上を実現すべく、高速道路上面に新たな宅地等を創出する「一体整備」が行われることとなった。

４．関西最大級大断面シールド

シールド区間（**図２**）約4.4kmの本線部はマシン外径12.5m級の泥土圧シールド２機（**写真１**）により、東西二つの工区に分けて施工した。当初は全線のトンネル構築を開削工法で予定していたが、交差する複数の鉄道路線や浄水場などの公共施設への影響を考慮し、一部区間をシールド工法に変更した。その結果、開削トンネルの用地幅にシールドトンネルを収めることとなったため、シールドの上下線の離隔は約１m程度となり、これがシールド区間全延長にわたって連続することから、国内

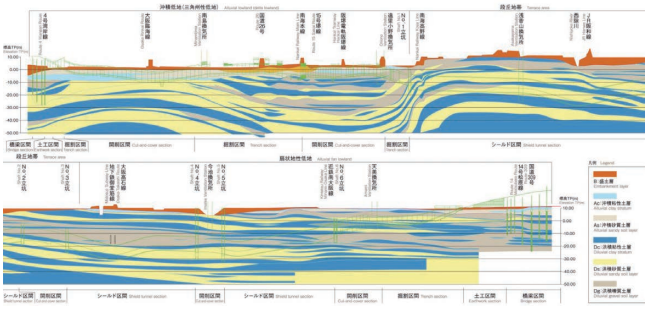


図１　大和川線地質縦断図

初の長距離・超近接、大断面併設シールド施工となった。



図２　シールドトンネル区間





写真１（左：シールド外径12.47m、右：12.53m）

５．ランプシールド、矩形シールド

本線部とは別に、ランプ部でも２機の泥土圧シールドにより施工しており、１機は外径8.90mのシールド（**写真２**）で、出口と入口のランプ２箇所を構築した。もう１機は道路トンネルでは初となる矩形シールド（縦8.09m×横8.48m）（**写真３**）により出口ランプ１箇所を構築した。当初の開削工法から工法が変更となった結果、規定の用地幅に収めるため、矩形形状を採用している。



写真２

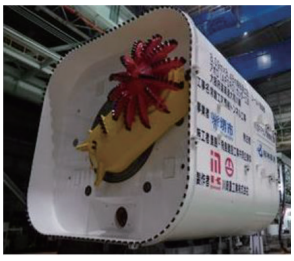


写真３

６．最大級シナリオ地震動

大和川線は南北に延びる上町断層を横断している。そのため、大和川線の耐震設計では、従来のレベル１地震動およびレベル２地震動に加えて、上町断層の破壊シナリオを反映した「最大級シナリオ地震動」を考慮している。最大級シナリオ地震動は、設計対象区間に最も大きな影響を及ぼす想定地震動であり、強度が極めて大きいが、供用期間中に発生する確率は極めて低い等の特徴を考慮し、耐震性能は安全性に限定している。

７．損傷制御型鋼製セグメント

最大級シナリオ地震動発生時にトンネル軸方向への圧縮力によるセグメント損傷を緩和するため、シールドトンネルの一部セグメントとして損傷制御型鋼製セグメント（**写真４**）を新たに開発した。開発にあたり、各レベルの地震動に対する安全性の確保は大前提としたうえで、使用性、耐久性、経済性等を考慮している。

断面性能としては、レベル２地震動による発生軸力以上の耐力を有する一方、最大級シナリオ地震動に対しては座屈を制御（**図３**）することで軸方向のひずみを許容値内に収めるものである。

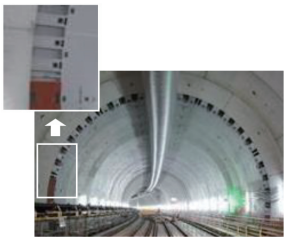


写真４　損傷制御型鋼製セグメント

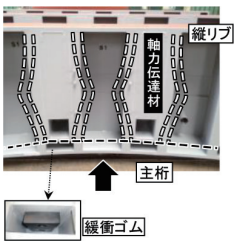


図３　制御のイメージ

８．発生土再生事業

建設汚泥は再資源率が低く、適正かつ有効な活用が大きな課題となっている。大和川線のシールドから発生する約100万㎥の発生土も建設汚泥として産業廃棄物となる。この道路事業からの大量の発生土は埋立材として大阪市の土地造成事業（港湾事業）に再生利用し、埋立て・造成（**写真５**）を行い、異事業間での連携・共同化を進めた全国初の取組となった。事業コストの削減、環境影響負荷の低減、さらには最終処分場の延命化など社会的に大きな貢献を果たした。また、ETCとGPSを活用したリアルタイムの車両監視システムにより大量の建設汚泥の運搬情報管理を可能とし、今後の大規模工事での建設発生土の再生利用の可能性を示す事例として、平成29年度地盤工学会地盤環境賞を受賞している。



写真５　埋立て・造成概成状況

９．さいごに

大和川線の全線供用により、大阪都市再生環状道路の一部が形成され、広域道路ネットワークが広がることで効率的な道路利用が期待される。

また、大和川線と並行する一般道路において慢性的に発生している交通混雑が解消されることで、地域道路ネットワークの円滑化にも寄与することが望まれる。

安威川ダムにおける基礎岩盤の性状とその確認結果について

On the properties of the bedrock and its confirmation results at Aigawa Dam

大阪府 安威川ダム建設事務所
岡野　嵩史

大阪府 安威川ダム建設事務所
関本　武史

1．はじめに

安威川ダムは、昭和42年の豪雨災害を契機に、大阪府北部地域最大の河川である安威川における治水対策として、茨木市北部に建設する「中央コア型ロックフィルダム」である。ダムの目的は洪水調節、流水の正常な機能の維持、下流河川の環境改善である。また、茨木市中心市街地からの距離が約６kmと近く、周辺には、新名神高速道路の茨木千提寺ＩＣがあることから、アクセスに優れ、観光資源としても期待される都市型ダムである。（図１）

安威川ダムは平成26年３月より本体工事に着手し、平成34年（2022年）の堤体完成を目指して施工を進めているところである。本年６月に、基礎掘削が概ね完了したことから、本論文では、これまで確認してきた安威川ダムの基礎岩盤の性状とその確認結果について報告を行う。

2．安威川ダム基礎岩盤の概要について

安威川ダムでは、工事着手前から調査横坑10坑（約1,650m）、調査ボーリング108本を実施し基礎岩盤面ついて妥当性を評価してきた。また、実際の現場でも掘削により出現した基礎岩盤面を観察し、その岩盤性状について解析を行った。

2-1　地質の概要

ダムサイトの地質は、超丹波帯の砂岩、粘板岩の細互層が著しく熱変成作用を受けたホルンフェルスが左岸に広く分布し、接触変成作用の熱源となった茨木複合花崗岩体に属する石英閃緑岩、花崗閃緑岩が河床から右岸に分布している。それぞれの特徴としては、石英閃緑岩や花崗閃緑岩は、日光や雨などによる乾湿に弱く表面から風化作用を著しく受ける性質を持ち、ホルンフェルスについては、塊状かつ硬質で緻密な岩石ではあるが、流入する地下水等により割れ目沿いに風化作用を受けるとともに、掘削に伴う応力開放によって亀裂が卓越しやすい性質を持つ。（図２）

2-2　岩級の概要

ダムサイト基礎岩盤の岩級は、ダムサイトに出現する

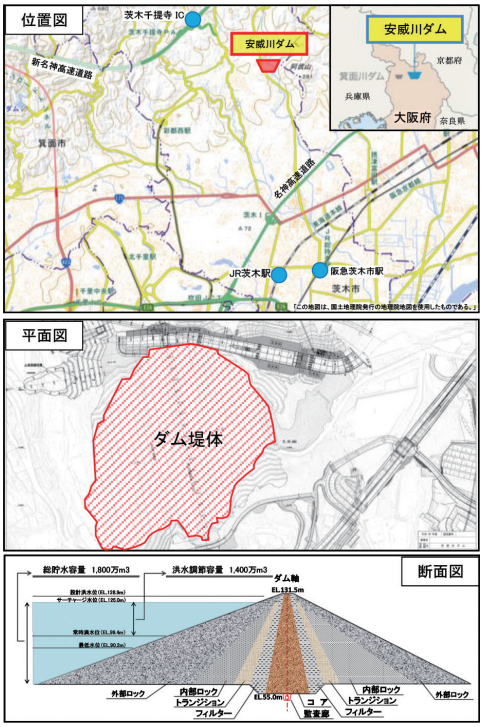


図１　安威川ダム概要図等

花崗岩類とホルンフェルスの状況に応じて岩片の硬軟、割れ目間隔及び割れ目の状態の組合せにより評価を行うこととしており、岩盤状況の良好なものから順にCH級、CM級、CLh級、CLl級、D級の５等級で分類している。（図３）日本のダム地質分野では、ダムの基礎岩盤として必要な力学的性質を客観的に表すため、電研式や土研式といった岩盤分類を行うことが多い。

安威川ダムでは、土研式の岩盤の要素区分を参考に電研方式の岩級区分の記号を用いて、等級を定めている。（表１）

2-3　岩盤透水性の概要

ダムの基礎岩盤は硬質であることが多く、またダム完成後の基礎岩盤には高い水圧が作用することから、岩盤透水性については岩盤を対象とした原位置現場透水試験の１つである「ルジオン試験」によって評価することが基本となっている。

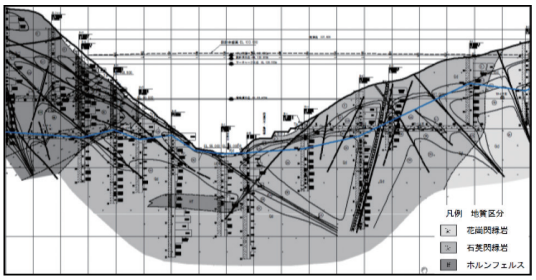


図２　ダム軸地質断面図（調査時）

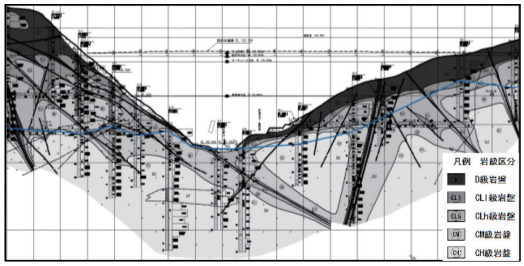


図３　ダム軸岩級区分断面図（調査時）

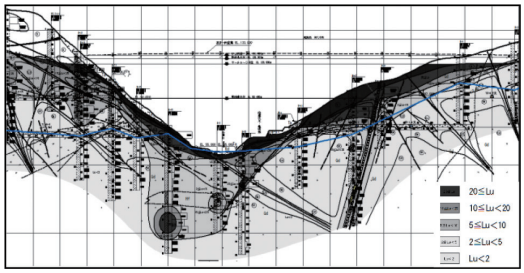


図４　ダム軸ルジオンマップ（調査時）

表１　岩級区分要素組み合わせ表　例：石英閃緑岩

岩塊の硬さ	A	極硬。ハンマーの打撃で反発して澄んだ金属音を発し、容易に割れない。
	B	硬。ハンマーの打撃で反発して金属音を発し、ハンマーの強打で割れる。
	C	中硬。ハンマーの打撃で鈍い金属音を発し、中程度の打撃で容易に割れる。
	D	軟。ハンマーの打撃でボロボロもしくはバラバラに砕ける。
	E	極軟。ハンマーのピックが刺さる。ねじり鎌で切れ容易に整形ができる。マサ状～粘土状。
割れ目の間隔	Ⅰ	割れ目間隔が50cm以上。
	Ⅱ	割れ目間隔が15cm～50cm以上。
	Ⅲ	割れ目間隔が5cm～15cm以上。
	Ⅳ	割れ目間隔が5cm以下。
	Ⅴ	角礫状。
	Ⅵ	マサ状、砂状。
	Ⅶ	粘土状。
割れ目の状態	a	新鮮。密着。
	b	割れ目沿いの風化、変質は認められるが、岩塊はほとんど風化・変質は認められない。
	c1	割れ目沿いの岩塊に風化・変質が認められる。挟在物を薄く（フィルム状）挟む場合もある。
	c2	割れ目沿いの岩塊に風化・変質が認められる。挟在物を厚く（数mm以上）挟む。
	d	割れ目として認識ができない、角礫状、マサ状、砂状、粘土状。

割れ目間隔＼岩塊の硬さ	A（極硬）					B（硬）					C（中硬）					D（軟）					E（極軟）				
	割れ目の状態																								
	a	b	c1	c2	d	a	b	c1	c2	d	a	b	c1	c2	d	a	b	c1	c2	d	a	b	c1	c2	d
Ⅰ							CH																		
Ⅱ							CH	CM																	
Ⅲ								CLh					CLh	CLl				CLl	CLl						
Ⅳ							CM	CLh					CLl					CLl							
Ⅴ																									D
Ⅵ																									D
Ⅶ																									D

表２　割れ目の風化・状態区分表

割れ目の風化	δ	強風化。割れ目面および岩芯部がいずれも褐色化し軟質となっている。
	γ2	中風化。割れ目面および割れ目面周辺が全面的に褐色化し軟質となっている。
	γ1	弱風化。割れ目面および割れ目面周辺が褐色化する。割れ目面周辺は軟質化していない。
	β2	微風化。割れ目面のみが黄褐色化する。割れ目面周辺は新鮮。
	β1	概ね新鮮。割れ目面のみが一部黄褐色化する。割れ目面周辺は新鮮。
	α	非常に新鮮。割れ目面および割れ目面周辺はいずれも新鮮である。
割れ目の状態	d	割れ目として認識できない角礫状・砂状・粘土状。
	cw	挟在物（風化）を厚く（数mm）はさむ。開口している部分もある。
	ca	挟在物（変質）を厚く（数mm）はさむ。
	bw	挟在物（風化）を薄く（フィルム状）はさむ。
	ba	挟在物（変質）を薄く（フィルム状）はさむ。
	a	挟在物なし。または密着している。

※ 石英閃緑岩の例

割れ目の風化区分＼割れ目の状態	d	cw	ca	bw	ba	a
σ	Ⅲ	×	×	×	×	×
γ2	×	Ⅲ	×	Ⅱb	×	×
γ1	×	Ⅱb	Ⅱb	Ⅱb	×	×
β2	×	Ⅱb	Ⅱb	Ⅱa	Ⅱa	×
β1	×	×	Ⅱa	Ⅱa	Ⅱa	Ⅰ
α	×	×	Ⅰ	×	Ⅰ	Ⅰ

各ゾーンの説明

Ⅲゾーン	地表から連続する風化・ゆるみなどの後天的な影響を強く受けた高透水性を示す。
Ⅱbゾーン	5≦Lu<20の透水性を有する岩盤
Ⅱaゾーン	5<Lu程度の透水性を有する岩盤（ホルンフェルスでは、Lu<2程度のものも含む）
Ⅰゾーン	地表から連続する風化・ゆるみなどの後天的な影響をほとんど受けておらず、かつLu<2を示す。

「ルジオン試験」は、止水機能を担うコア・フィルター敷きで実施した、調査時等のボーリング孔内に一定の圧力で水を注入し、圧力と注入量から岩盤における透水性を計るものであり0.98MPaの圧力で注水したときのボーリング孔１mあたり１分間の注水量を「ルジオン値」として表す。

安威川ダムの止水ラインにおける透水性の状況を示したルジオンマップ（**図４**）によると、地表から30m付近までに10ルジオン以上の岩盤が広く分布し、50m以深は５ルジオン未満となる。なお、試験地点における透水性のみを測定するルジオン試験の結果だけでは、潜在的に存在する水みちを見逃してしまう場合がある。

そのため、調査時のボーリングコアや岩盤面等で確認された割れ目の性状についても評価を行い、岩盤内に潜在する水みちの把握に努めている。

安威川ダムでは調査時のグラウチング試験から、「割れ目の風化具合」と「割れ目の狭在物の状態」が岩盤の透水性に大きく影響することが確認できており、上記２つの指標の組合せで割れ目を評価することとしている。また、各組合せを割れ目の健全度で４つにグループ化し良好な順にⅠゾーン、Ⅱaゾーン、Ⅱbゾーン、Ⅲゾーンとしている。（**表２**）

３．安威川ダム基礎岩盤の要求性能について

3-1　コア・フィルター敷きに求める要求性能

フィルダムはコア・フィルターゾーンで止水を行うため、その基礎についても岩盤内の割れ目を水みちとした有害な漏水を及ぼさないよう十分な遮水性を有することが求められる。また、堤体を盛り立てる上での安定性として、強度（せん断抵抗性）や不等沈下に対する抵抗性（耐変形性）も同時に必要となる。

①遮水性の観点から求めるコア・フィルター敷き

ダムの基礎岩盤については、水みちとなるような岩盤内の割れ目に対し、前述したとおりセメントミルクを注入し改良する基礎処理を実施することで遮水性の向上を図る必要がある。したがって遮水性の観点からは、改良の要否あるいは、効率性をもって岩盤を評価する必要がある。安威川ダムでは、割れ目の状態等の指標からCLh級岩盤以上を求めている。（**表１**）

また、地表から連続する風化や応力開放、重力による緩み（クリープ）など後天的な作用を強く受け、水みちが連続する可能性が高いものをⅢゾーンに位置づけ、これに該当する割れ目が岩盤面に分布しないことを基礎岩盤の要求性能としている。（**写真１**）



写真１　Ⅲゾーンに該当する割れ目



写真２　岩盤判定会議の風景

②強度等の観点から求めるコア・フィルター敷き

せん断抵抗性については、コア材およびフィルター材の強度以上のものが必要であり、耐変形性については、調査横坑内で実施した原位置岩盤変形試験により求めた変形係数から、コア・フィルター敷きではCLh級岩盤以上を要求性能としている。

3-2　ロック敷きに求める要求性能

フィルダムのロックゾーンは、ダム堤体の安定性を担うもので、ダムの設計形状についてもロック材がもつせん断強度から決定されたものである。したがって、ロック敷き基礎においても、上に盛り立てるロック材と同程度以上の強度（内部摩擦角 $\phi = 41°$ 程度）を有し、液状化及び堤体の沈下に対して安全な岩盤が必要である。

安威川ダムでは、CLl級岩盤以上であればロック材と同程度以上の強度が確保できることから、CLl級岩盤以上をロック敷きの基礎岩盤として求めている。

４．基礎岩盤に対する施工時の対応

4-1　基礎岩盤の確認方法

ダムの基礎岩盤については、「ダム検査規程」により、知事から任命の受けた検査官による「地盤検査」において、その岩盤がダムの基礎として十分な強度を有し適切な形状であることを確認する必要がある。

安威川ダムにおいては、この「地盤検査」を、大阪府独自で設置した「岩盤判定会議」の中で行っている。

「岩盤判定会議」は、「検査官」、「事業者」、「施工者」、「設計者」に加え、ダムの専門家として「(一財）ダム技術センター」、や「(独）水資源機構」により行う会議であり、各方面から基礎岩盤としての妥当性を評価、議論する。（写真２）また、コア・フィルター敷きについては、基礎処理工を施工するため一旦基礎岩盤面よりも１m浅く掘り止め、基礎処理工完了後に基礎岩盤面まで掘削することとしている。安威川ダムでは、この１m浅く掘り止めた粗掘削面での岩盤の性状についても、検査官同席のもと岩盤判定会議を開催し、基礎処理工における改良傾向の良否や、１m下の基礎岩盤を想定した判定を行っている。粗掘削面の段階で検査官同席のもと入念に確認を行うことは全国的にも例が少ない。

4-2　調査時と基礎岩盤面での評価の比較について

本章では、調査時点の基礎岩盤の想定と掘削面で確認した岩盤性状の確認結果との比較について報告する。

①基礎岩盤面における地質の確認結果との比較

地質については、岩盤面での確認によりやや右岸の花崗閃緑岩が広く分布することが判明したものの、概ね調査時点から想定していた地質が確認できた。（図５）

②基礎岩盤面における岩級区分の確認結果との比較

岩級区分については、前章で述べたとおり、岩片の硬軟、割れ目間隔及び割れ目の状態で評価を行うこととしているが、現場ではシュミットロックハンマーの反発係数に目安値を定め、定量的に岩盤の評価ができるよう補完的に活用することも行っている。

コア・フィルター敷き右岸側の一部で、地表面からの風化によって劣化したCLl級岩盤が存在したため、設計上必要なCLh級岩盤が出現するまで、掘削線を追い込んだ。結果、局所的な断層等弱部を除き全面的にCLh級以上の岩盤を基礎として確認できた。

ロック敷きでは、せん断強度を期待できない堆積物を掘削除去したところ、局所的な断層等弱部を除き当初想定岩盤よりも比較的良好なものが確認できた。（図６）

③透水性割れ目の確認結果との比較

透水性割れ目については、岩盤面での確認結果が調査時と比較して良好なものが広く分布している。

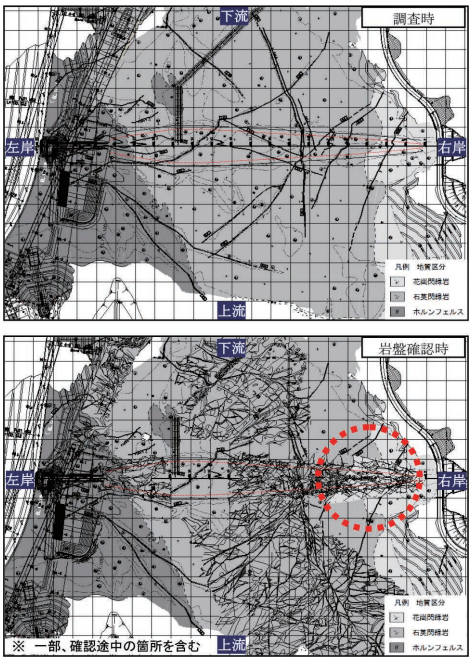


図５　地質平面図比較図

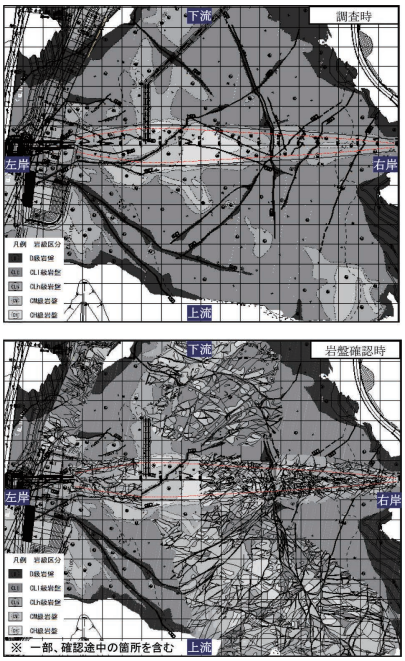


図６　岩級区分平面図比較図

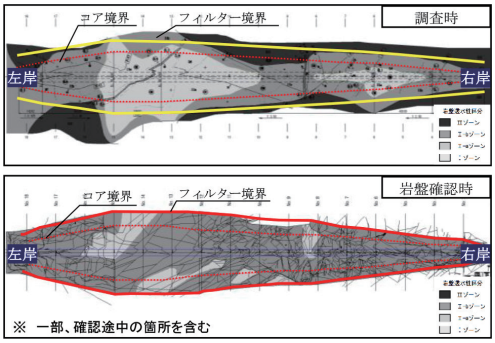


図７　透水性割れ目区分比較図

これは、前章で述べたとおり水みちとなる危険性の高いⅢゾーンに該当する割れ目を予め掘削除去し基礎岩盤面に出現させない対応を行ったためである。（図７）

4-3　基礎岩盤弱部等施工時の対応

コア・フィルター敷きでは「CLh級岩盤」以上を、ロック敷きでは「CLl級岩盤」以上を安威川ダムでは必要な基礎岩盤としている。

ただし、地質性質上広範囲で一様に強固な岩盤が出現することは珍しく、一般的には地殻変動や熱変成、風化作用により局所的な弱部（断層等）が存在することが多い。

安威川ダムのダムサイトにおいても調査時点から28本の断層が確認されており、これらは深部にわたるため掘削により除去できることが少ない。

そのため、以下のような追加対策を行うことでダムの安定性を図っている。

①コア・フィルター敷きにおける断層等への対応

コア・フィルター敷きでは、一定規模以上の断層等弱部に対し置換コンクリート等を施工することで、局所的な変形に対する対策を行っている。

対策内容の統一化と対策の迅速化を図るため、一定の対策方針にしたがい対応しており、規定外の規模の弱部が出現したときは新たにFEM解析を行い、別途置換コンクリートの仕様を定めることとしている。（表３）

②ロック敷きにおける断層等への対応

ロック敷きでは、粒径の大きなロック材の空隙から断層等の細かな土粒子が流出し、堤体内に有害な空洞が生じないようにすることを目的として対策方針を規定している。（表４）

表３　コア・フィルター敷きの弱部対応

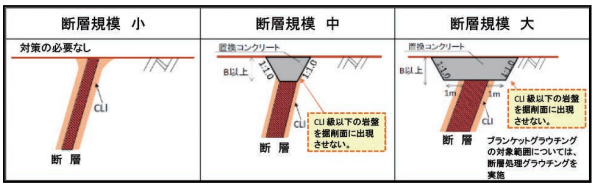
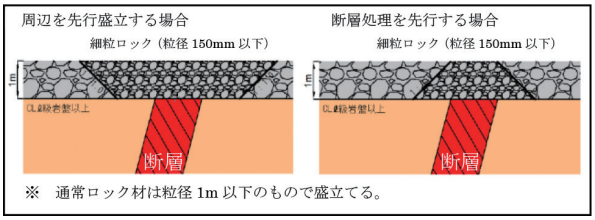


表４　ロック敷きの弱部対応



5．まとめ

基礎岩盤は、まさにダムの礎として半永久的にダム堤体を支え続けるものであり、ダムにとって重要な「構造物」の１つである。

そのため安威川ダムでは、風化作用や応力開放の影響を少しでも受けないよう、小まめに基礎岩盤の確認、検査を行い次工程の施工を迅速に行うことを進めてきた。

また、一定の遮水機能が求められる箇所においては、水みちの原因となる割れ目に対して評価を行い、必要に応じて掘削除去するなど、適切な対応を取ることでダムの要求性能を満足する基礎岩盤面の確保ができた。

平成26年11月より開始した基礎掘削も本年６月に概成し、今後は基礎処理工や盛立工へと移行する大きな節目を迎えた。これまで確認してきた基礎岩盤面の情報をもとに基礎処理工や盛立工を確実に行い、大阪北部を水害から守る「安全で確かなダム」の建設を推進する。

参考文献

１）財団法人ダム技術センター：多目的ダムの建設（平成17年版）
２）国土交通省　水管理・国土保全局：河川砂防技術基準調査編
３）ダム基礎岩盤透水性研究会：ダム基礎における立体的岩盤透水性分布の把握手法

魚崎ポンプ場更新事業の設計と施工

神戸市建設局下水道部
浮田　悦男

神戸市建設局下水道部
有吉　隆宏

神戸市建設局東水環境センター
吉田　芳徳

神戸市建設局東水環境センター
石飛　賢治

1．魚崎ポンプ場改築更新事業概要

魚崎ポンプ場は、神戸市で唯一の合流区域にある浸水対策・合流改善対策上、重要な下水ポンプ場である。現存するポンプ場の中では最も古く、昭和37年１月に供用開始し、すでに土木構造物の耐用年数とされる50年を超えている上、阪神・淡路大震災の影響を受け、躯体の劣化が著しく、抜本的な改築・更新が必要な状況であった。また、ポンプ場は東灘処理場の中に位置し、処理場内はこれまでに改築・増築を重ねており、改築・更新に活用できる用地は限られている。東灘処理場と連携をとりながら運転を行っているため、ほぼ現ポンプ場位置で既設ポンプ場の機能を保持しながら新設ポンプ場（鉄筋コンクリート造：地上３F、地下２F、延床11,000m^2）を造る必要があり、１期・２期と段階的な施工が求められる（**図１**、**写真１**、**表１**）。

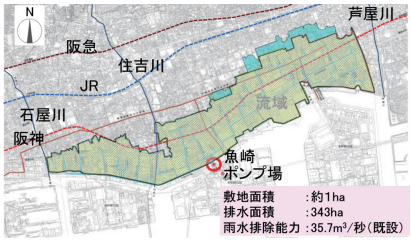


図１　魚崎ポンプ場位置図・流域図



写真１　魚崎ポンプ場全景写真（H29.8）　北を望む

表１　段階改築に伴う排水能力

	既設ポンプ場	新ポンプ場	合計
現況	35.7m³/秒	0　m³/秒	35.7m³/秒
2023年度（1期稼働時）	21.5m³/秒	21.0m³/秒	42.5m³/秒
2029年度（2期稼働時）	0　m³/秒	41.0m³/秒	41.0m³/秒

そこで、事業の難易度の高さに加え、民間事業者のノウハウ、アイデア、技術力、マネジメント力を効率よく導入し、円滑に事業を進めるため、土木・建築・機械設備・電気設備すべてを異工種JV（乙型）として設計・施工一括発注方式（DB方式）により、発注を行った。第１期事業として平成35年10月末の工期を目指し、現在土木工事を進めているところである。

2．地形・地質概要

魚崎ポンプ場は、住吉川と天上川とに挟まれた大阪湾の旧海岸線にあたる地域で、昭和30年代に埋立てられた場所に位置し、周辺には国税庁から地理的表示（ＧＩ）に指定された灘五郷の酒造地帯が広がる。

おおよそGL-6m程度が砂礫優勢の埋土層であり、その下に７～８m程度の細砂主体（礫、シルトが不均一に混入）の沖積砂層（As層）が存在し、自由水の透水層となっている。この層の地下水は「宮水」と呼ばれ、灘の酒の酒造りには欠かすことのできない酒造用水のため水質保全が重要となる。さらに、この層はレベル１地震動におけるFL値が0.7～1.1であり、液状化地盤である。阪神大震災時には、この層と上部の埋土層において液状化による側方流動が発生したため、魚崎運河の護岸が被災し、耐震護岸工事を施している。

沖積砂層下部には、GL-20m程度まで約４～６mの厚さで沖積粘性土層（Ac層）が堆積しており、この下部はGL-55m程度まで洪積の砂礫、シルト、砂の互層（Dsg層）となっており、高い透水性を有している。この層の地下水は被圧されており、被圧水位は自由水よりも高く、ほぼGL付近である。GL-40m以深はN値50以上がほぼ連続しており、ポンプ場の支持地盤としている。

GL-55m以深には、大阪湾海底に見られる海成粘土層（Ma12層）が出現する（**図２**）。

3．支持杭のMa12層への影響について

ポンプ場本体の支持杭先端がMa12層付近となることが基本設計時に想定されていたため、杭先端応力によるMa12層への影響が懸念された。そこで、杭基礎設計便覧「薄層に支持された杭の先端支持力の評価」（**図３**）を参考に、支持杭先端から下位粘土層までの深さ（有効層厚）を杭径の３倍以上確保するように杭径、杭長およ

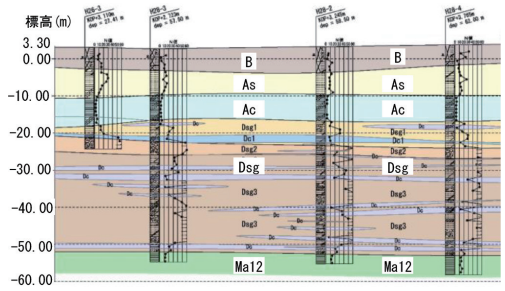


図２　地質縦断面図

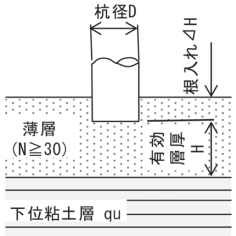


図３　薄層に支持された杭

び杭本数を決定した。

本体ポンプ場は梁柱構造であるため、杭は柱直下に設けることが望ましく、杭間隔より最大杭径の制限がある。設計時に杭長を伸ばす必要があり、上記有効層厚が杭径の３倍を確保できない箇所については、杭本数を増やすことで、杭すべてにおいて有効層厚の３倍を確保した。

４．被圧地下水対策について

4-1　底盤改良（薬注）の設計

現場位置では自由地下水がGL-2.0mであるのに対し、被圧地下水は非常に高く、ほぼGL面と等しい。さらに、現場周辺では被圧地下水がGLより高く、自噴する場所もある。一方、当該地盤は、遮水層（Ma12層）がGL-55m程度と非常に深いため、ポンプ場掘削に伴う粘性土層の盤ぶくれ対策工が必要となり、底盤改良（薬液注入工）を計画した。

盤ぶくれ検討の結果、遮水壁（ソイルセメント柱列壁）の長さは38mとなり、その下端部に底版改良を厚さ４mで施す計画とした（図４）。

削孔長38mの注入は通常ダブルパッカ工法を用いて削孔間隔１mで行うが、改良平面が約30m×63mと大きく、削孔本数が非常に多くなることによる工程影響や、床付時に土留め壁へ大きな受働抵抗を期待するAc層が削孔により強度低下し、土留め壁への影響が懸念された。

そこで、特殊注入外管を使用し、大きな注入速度で浸透注入ができ、削孔間隔を２mで施工可能な改良ダブルパッカ工法である「NEO-ソレタンシュ工法」を採用し、上記の影響を低減させる計画とした。

4-2　基礎杭施工の対応

ポンプ場本体基礎杭は、場所打ち杭を選定した。杭頭曲げが大きくなるため、杭頭部に内面リブ付き鋼管を併用した「JFETB杭」を採用した。

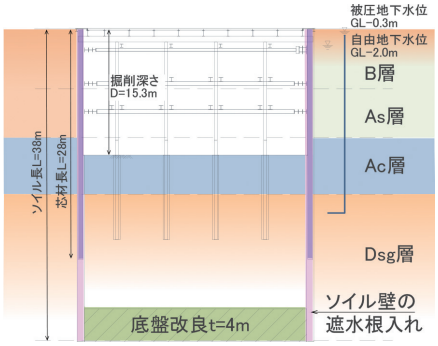


図４　ポンプ場仮設断面図

基礎杭打設は、既設地下構造物（GL-7m）を撤去した後に施工するため、被圧地下水対策が必要となる。ここでは、安定液水位を被圧地下水より２m高く保つために、ケーシングをGL盤より立ち上げることとした。

また、高く水位を保った安定液がケーシングの外側の隙間から杭施工基盤へ漏出し、パイピング現象やボイリング現象により杭施工基盤の地盤が破壊し、安定液水位が一気に下がることで孔壁崩壊が懸念される。対策として、ケーシングをAc層まで貫入させ、さらに撤去した地下躯体部分を一度埋戻し、杭施工基盤をGL-3.5mとすることとした。埋戻盤のGL-3.5mは、ボイリング安定計算により決定した（図５）。

５．おわりに

全国的にも例が少ないポンプ場の大規模更新事業の異工種JVによる設計施工一括発注方式で、民間技術を最大限に活用した結果、現在設計が完了し施工途中ではあるが、以下のメリットが見いだせた。

・設計と施工の同時進行が可能となり、分離発注方式と比較し事業工期を短縮できる。
・本設構造物の位置や線形を、施工業者の得意分野である詳細な仮設計画（設計）も考慮に入れて決定することで仮設の最適化が図れる。
・仮設設備を異工種間で共有する等の計画時の連携がスムーズであり、意思決定スピードが速い。

一例ではあるが、今後増えていくと思われる施設の大規模更新事業計画の一助となれば幸いである。

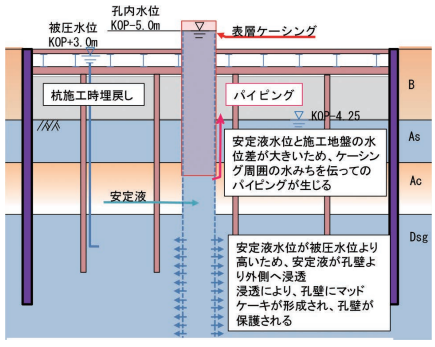


図５　場所打ち杭施工断面図

地質リスクの試行的な取組事例 ー紀勢自動車道での経験を活かしてー

A case of introducing geological risk on a trial basis

国土交通省 近畿地方整備局 道路部 道路工事課 改良係長
大森　功一

国土交通省 近畿地方整備局 企画部 企画課 課長補佐
立田　安礼

1．はじめに

道路の改築事業において、とりわけ多いのが地質に関するトラブルであるが、その対策工の実施には事業費の増加や工事進捗の遅延がつきまとう。一旦地質のトラブルが発現すると、その規模によっては事業全体の見直しや大幅な変更が必要なケースも少なくない。

例えば、平成27年度に供用を開始した紀勢自動車道（南紀田辺～すさみ南）（以下、紀勢道）では、施工中に多数の切土法面において変状が確認され、その対策には相応の費用と工期が必要となった。

そこで、現在事業中である紀勢道の延伸部、一般国道42号すさみ串本道路では、「事業のコスト増大や工期の延長等に結びつく地質や地下水に起因するリスク」を「地質リスク」と捉まえ、各種基準類、既往の文献調査に加え、紀勢道での事例を抽出・分析し、対策を行うことを目的として地質リスク検討を試行的に導入し、今後の調査・設計に反映することを試みた。

また、近畿地方整備局全体においても、地質リスクによる事業への影響が大きいことを鑑み、「地質リスク低減のための調査・設計マニュアル（案）」を作成し、地質リスクを低減する事業マネジメントに動きだしたところである。本稿では、紀勢道で施工中に発生した切土法面の変状事例と延伸部であるすさみ串本道路において試行的に実施した地質リスク検討の概要について紹介する。

2．紀勢道における施工中の切土法面変状事例

⑴変状箇所と地質構造

約38kmに及ぶ紀勢道は、トンネル５割、橋梁２割、改良（切土・盛土）３割で構成されている。このうち切土法面は147箇所あり、小段数は１段から最大13段と様々である。また、切土勾配については、事前の地質調査結果に基づき、土砂･軟岩Ⅰは1：1.2、軟岩Ⅱは1：1.0、中硬岩は1：0.7で設計されている。

図１は紀勢道において施工中に切土法面が変状した箇所を示しており、全体で15箇所にも及ぶ。なお、これらの変状が発生した箇所の地質は、新生代古第三紀始新世から漸新世に形成された「牟婁層群」と新生代新第三紀中新世に形成された「田辺層群」である。

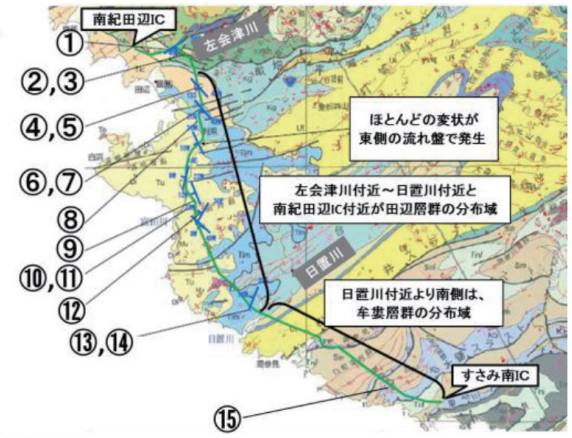


図１　切土法面変状箇所

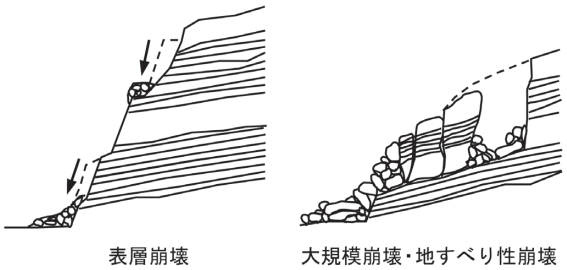


図２　崩壊のイメージ

⑵変状の形態

今回発生した変状の形態を道路土工－切土工・斜面安定工指針「切土のり面の崩壊及び斜面崩壊の発生形態」を参考に分類すると、主に以下の２分類となる（**図２**）。

・「表層崩壊に繋がる変状」
　…岩の表層が風化等に伴って滑落する
・「大規模崩壊・地すべり性崩壊に繋がる変状」
　…流れ盤や断層・破砕帯等の地質構造を有する岩体が大規模に滑落する。岩盤崩壊タイプの一つ

以下に、今回発生した変状の具体的事例を挙げ、各々の発生原因を示す。

a)表層崩壊

写真１は表層崩壊の兆候を示した法面で、変動により小段下に隙間が空いているのが分かる。

前述のとおり、当該地区の地質は、砂岩泥岩の混合層

である「牟婁層群」、もしくは砂岩・泥岩の互層である「田辺層群」で泥岩が主体となっている。この泥岩はスレーキングによる強度低下が激しく、特に切土によって乾燥・湿潤の繰り返しを受ける状況になると、短期間で細粒化してボロボロとなるのが特徴である。

写真２は、切土法面の法尻に、スレーキングした泥岩が堆積した状況である。掘削から間もない状況で、すでに風化している状況が分かる。

今回発生した変状は、表面の薄層が前下面にすべり出すような崩壊モードを呈しており、表層土塊のスレーキングに伴う強度低下が原因である。

b)大規模崩壊・地すべり性崩壊

写真３は大規模崩壊の兆候を示した切土法面で、破線囲みがその範囲である。この切土法面は、設計において流れ盤であることは確認していたが、傾斜角が16°と緩いため、道路土工－切土工・斜面安定工指針に基づき崩壊する流れ盤には該当しないと判断をしていた。事後に再調査を行っても20°前後とほぼ変わりのない傾斜角であったが、法尻付近に破砕帯や湧水があり、この面をすべり面として兆候を示したと考えられる。

写真４は、この法面の法尻付近を撮影した写真であるが、破線囲み箇所が破砕帯で、そこには粘土を含んでいることも確認できた。また、黒い箇所は湧水で、すべり面となる箇所に染みだしていることが分かる。また、**写真５**は当該法面の一部分であるが、崩壊の分離面となりやすい、70°～90°の高角度節理が発達しており、これも変状の誘因となっている。

今回、紀勢道の施工途中に発生した大規模崩壊に繋がる変状は、１箇所を除きすべてが流れ盤側の切土法面で発生している。また、いずれの法面もすべり面となる層理面に軟弱化した粘土層もしくは破砕帯があり、湧水も確認されている。そして、滑動の分離面となる高角度の節理がいずれの法面も発達しているのが特徴である。

今回の大規模崩壊の兆候は、これら複数の誘因が原因となり発生している。

３．すさみ串本道路における地質リスク検討の試行的導入

⑴地質リスク検討の経緯

前述のとおり、先に開通した紀勢道では、切土工事施工中に地質調査・設計段階では予想していない法面崩壊が発生し、対策の実施等により工事費の増加や工事進捗



写真１　表層すべりの兆候（小段下の隙間）



写真２　スレーキングにより法尻に堆積した土砂

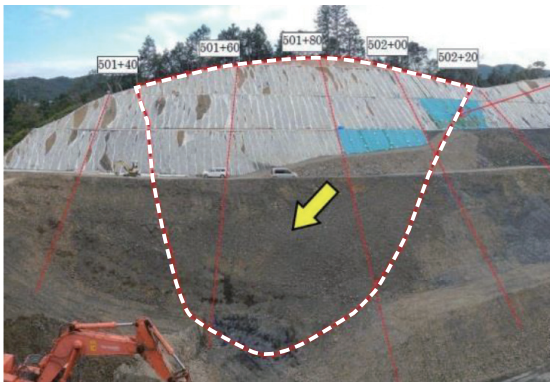


写真３　変状を示した切土法面

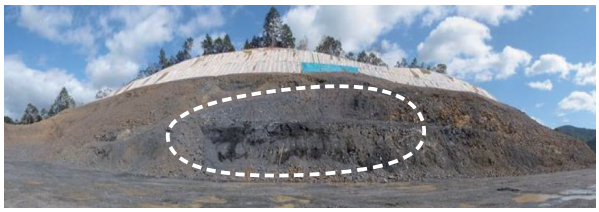


写真４　すべり面の破砕帯と湧水



写真５　高角度節理

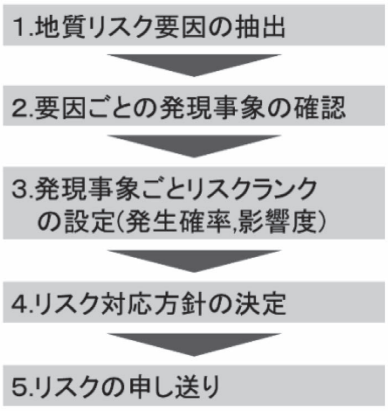


図３　地質リスク検討のながれ

の遅延が見られた。そこで、延伸部のすさみ串本道路では、このような地質や地下水を素因として施工段階以降に生じる事象を「地質リスク」と捉え、その発現リスクの低減を図るために、予備調査・予備設計と並行して地質リスク検討を実施した。その検討内容を踏まえ、予備設計に反映するとともに、後続調査計画を立案し、以後の調査設計・工事の各段階で地質リスクの軽減を目指した。

⑵地質リスク検討のながれ

地質リスク検討では、当該地域で想定される地質リスク要因を漏れなく抽出した。次にリスク要因ごとに発現事象を分析（リスクアセスメント：リスクの特定・リスク分析・リスク評価）した後に、リスク対応方針（回避、低減、保有）を検討した。また、維持管理段階まで想定される地質リスクについては申し送り事項としてとりまとめ、以後も有効活用できるようにした（図３）。

⑶地質リスク要因の抽出

当該地域の地質リスクの要因は、既往資料文献査・地形判読・現地踏査結果等を用いて、リスクが発現する可能性の大小に関わらず網羅的に抽出した（表１）。抽出したリスク要因は、主要道路構造物（切土・盛土・橋梁・トンネル）毎に地質リスクがどのように発現するかを分析し、７項目の要因に分類した（表２）。

⑷地質リスクの評価

1)リスクランクの設定

抽出された地質リスクは、その規模や影響によって対策を講じる必要がある。このため、個別の地質リスク発現事象ごとにリスクのランク付けを行い、その結果に基づいて地質リスクの回避、低減、保有のいずれかの対応を取ることとした（表３）。リスクランクの評価は、既往文献を参考にして、表２に示す地質リスク要因ごとに「影響度」×「発生確率」でランク分けを行うこととしてマトリックス表を作成した（表４）。

表１　地質リスク検討の内容

項　目	実　施　内　容
既往資料文献調査	周辺地域の被災履歴・ハザードマップ・県史・町史等から災害履歴を調査。同一路線での施工時記録の整理、地形・地質や地すべり地形・活断層等に関する既往文献資料の収集・整理・分析
地形判読	地形図やLP図と撮影年度が異なる2種類の空中写真を用いた地形判読。リニアメント・地すべり地形・崩壊地・沖積低地・谷筋・尾根・遷急線・遷緩線等の幅広い地形要素を抽出、現地踏査の方針の決定
現地踏査	現地踏査は広域踏査と現ルート案沿いの地表踏査を実施。現ルート案沿いの地表踏査は、計画構造物（切土・盛土・橋梁・トンネル）に着目し、地質リスクの評価に必要な地質情報を収集

表２　地質リスクの要因

No.	地質リスクの要因
①	主に法面・自然斜面の不安定化に関わる事象
②	主に土石流、土砂水流入に関わる事象
③	落石に関わる事象
④	主に支持地盤の不確実性に関わる事象
⑤	主に沈下、液状化に関わる事象
⑥	主に地下水、土壌汚染に関わる事象
⑦	トンネル施工に関する特有の事象

表３　地質リスクランクの定義

リスクランク	手法	想定事象と対応方針	発現事象の例
AA	回避	通常計画可能な構造物や対策工による対応が困難である。⇒路線を変更する等により回避する。	大規模地すべりが発生し、対策が困難。
A	低減	構造形式の変更が必要となる場合や、安全性が著しく低下する可能性がある。⇒詳細な調査を行い、完全なリスク低減を講じる。	支持層が深く基礎形式を変更。切土により斜面が崩壊。
B	低減	軽微な追加対策や、対策範囲の変更により対応する。⇒通常の地質調査を行い、調査結果に応じて対策工を検討する。	地盤改良範囲の変更。崖錐の安定対策。
C	保有	低減対策等の必要性が低いため、施工段階や維持管理段階にリスクを保有する。(構造物の規模が小さいものを含む)	基礎地盤の不陸への対策。湧水の水抜き。

表４　リスクランク設定例

		発生確率		
		小	中	大
影響度	特大	B	A	AA
	大	B	B	A
	中	B	B	A
	小	C	B	B

2) 影響度の設定

影響度は、「費用」・「期間」・「安全」・「環境」の４項目について基本方針を設定した。本検討では、想定される地質リスクの事象（落石、斜面崩壊、土石流、支持地盤の不確実性等）毎にその対策費用や対応に必要な期間等を勘案して評価段階を設定した。例えば、法面と自然斜面の不安定化に関わる事象では、法面が５段以上の大規模法面や、対策費用の規模を勘案して影響度を設定した。また、「安全」・「環境」については、落石のように規模が小さくても通行車両に被害が発生する事象や、掘削ズリからの自然由来の重金属溶出による周辺環境への影響事象について考慮した。

3) 発生確率の設定

発生確率は、土木学会の事例では「%」で、地質リスク学会の事例では「%」と「確率年」で評価されている。一方、%や確率年の設定は多くの事例が必要であり、現段階で本事業に合わせた解析は困難であった。このため、本検討では、紀勢道の事例や、各事象における技術指針等を参考に、個別に発生確率を整理した。例えば、切土法面等で問題となる流れ盤構造については、その地質構造の種類（節理面、層理面、断層破砕帯）の他、周辺での変状履歴の有無も考慮して、発生確率を設定した。

⑸地質リスクの評価結果のとりまとめ

地質リスク評価結果は、並行して実施した地質調査結果も踏まえて評価し、地質リスク管理表として整理した。同表には、地質図、地質リスク要因、発現事象、リスクランク、リスク処置計画等を取りまとめた。その結果は、同時に実施していた予備設計に反映した。一例としては、トンネル坑口等で落石リスクが高い箇所は、予備設計の過程で落石対策工を計画し、必要な用地幅を設定した。また、切り土法面の不安定化リスクが懸念さえる箇所では、法面勾配を1：1.2と緩く計画するなど、地質リスク要因を盛り込んだ用地幅を設定した。

⑹後続調査計画の立案

地質リスクランクは、対策を行うことによりランクダウンを図ることとし、地質リスクの評価結果を踏まえ、構造物毎に発現が予想されるリスクの対策に必要な地質地盤情報の取得を目的とする地質調査計画を立案し、後続業務に引き継いだ。計画の立案に際しては、地質情報の不足がなく、接近する構造物同士で情報の共有が可能になるように配慮した。

４．おわりに

地質リスクは本稿で紹介した紀南地域特有の事象ではなく、ほとんどの公共事業において、リスクの低減を図り事業を推進していくことが求められている。しかし、地質リスクの具体的な評価手法や成果のイメージ、検討結果等を後続の地質調査や設計に効果的かつ適切に活かす仕組みが構築できておらず、事業管理者、地質技術者、設計技術者が共有できるマニュアル等の構築が必須であった。

このため、今後の近畿地方整備局の公共事業を対象に、近畿地方整備局、（一社）建設コンサルタンツ協会近畿支部、（一社）関西地質調査業協会の三者が協働して、地質リスクを中心にして計画・調査・設計・施工・維持管理の各段階において、従前よりさらに事業リスクを低減するための「地質リスク低減のための調査・設計マニュアル（案）平成30年２月」が作成された。

現状、このマニュアルを活用した成果をご紹介できる段階ではないが、今後、地質リスク検討の重要性が広く認識され、公共事業の最適化に繋がることを期待する。なお、本マニュアルは近畿地方整備局のHPで公開しているため参考にしていただきたい。

https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/jigyousya/technical_information/consultant/index.html

参考文献

1）出崎太朗・大森功一：近畿自動車道紀勢線における切土法面の特徴と考察、平成28年近畿地方整備局研究発表会、2016

2）芝山功：すさみ串本道路事業における地質リスクの試行的導入と調査・設計への適用について、平成29年近畿地方整備局研究発表会、2017

3）立田安礼・芝山功・東原純・小松慎二・村松法行：地質リスク検討の概要－すさみ串本道路の事例、第32回日本道路会議、2017

4）松村法行・小松慎二・田邊裕明・立田安礼・芝山功：道路事業における地質リスク検討業務の事例、第８回地質リスクマネジメント事例研究発表会講演論文集、pp29～34, 2017

5）田邊裕明・立田安礼・芝山功・東原純：地質リスク評価を目的とした文献調査による災害発生確率の検討事例、第８回地質リスクマネジメント事例研究発表会講演論文集、pp35～40, 2017

6）国土交通省近畿地方整備局：地質リスク低減のための調査・設計マニュアル（案）、2018

自然災害

Natural Disaster

平成21年台風9号による地盤災害

Sediment disaster by Typhoon in 2009

㈱ダイヤコンサルタント関西支社
鏡原　聖史

神戸大学大学院
澁谷　啓

平成21年８月、熱帯低気圧が台風９号となり、九州地方から東北地方の広い範囲で大雨となった。とりわけ兵庫県佐用郡佐用町佐用では、時間降雨量89mmという猛烈な降雨を観測した。佐用町を含む兵庫県北西部においては、洪水災害および斜面崩壊・土石流・がけ崩れなどの土砂災害が広範囲に亘り多数箇所で発生し、尊い人命が奪われるとともに一般住宅、公共諸施設、等に甚大な被害をもたらした。

社団法人地盤工学会関西支部では、災害の社会的重要性に鑑み、関西地方を中心とした産・学のメンバーからなる調査団（団長：澁谷啓神戸大学大学院教授）を８月22日に編成し、以降、佐用町、宍粟市および朝来市周辺において、斜面災害、地盤構造物の変状・崩壊ならびに河川構造物の被害に焦点を絞った現地調査を実施してきた。

洪水災害については、別途、土木学会の調査団（団長：藤田一郎神戸大学大学院教授）による学術調査が進められた。

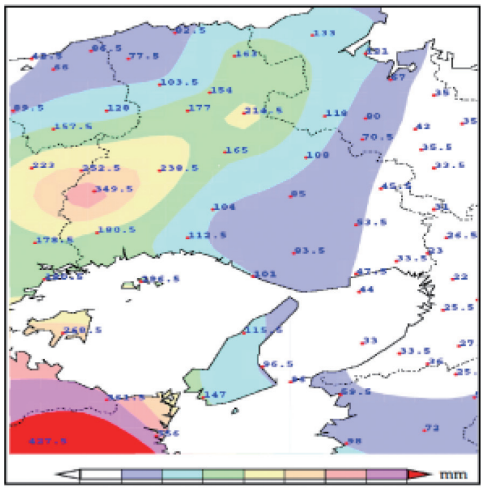
地盤工学会が実施した災害調査の結果を災害調査報告書として取りまとめ、支部のwebページ[1]で公開されている。この報告書は、４つの編から構成されている。第Ⅰ編では、台風９号による地盤災害の概要について述べられている。第Ⅱ編では、河川構造物の被災の状況について述べ、その原因について議論されている。第Ⅲ編では、地盤構造物の被害ならびに斜面災害の実態をまとめ、今回の斜面災害において特徴的な表層崩壊の発生メカニズムを特定している。加えて、豪雨に対して効果を発揮した既往の対策工の事例が紹介されている。最後に、第Ⅳ編では、いくつかの提言とこれらを実現するための今後の課題について述べられている。この中で、住民の安全のための公共事業への投資は今後とも必要であるが、現実的な対応として、豪雨時の越流を見越した河川護岸構造物の設計、低コストな斜面防水工、等の新た対策案などが提案されている。

ここでは、この災害報告書から台風９号による災害の特徴について簡単に紹介をする。

アメダス降水量積算図を図１に示す。この図に示すように兵庫県西部から東北部にかけて、帯状に積算雨量の多い地域が確認できる。もっとも多い箇所が兵庫県佐用町であった。

この豪雨によって、佐用町では蛇行する河川流域での想定を越える豪雨による災害となった。堤防の被災も過大な洪水外力によって堤体を越流し、越流水による堤体侵食、洗掘などの被害が発生していた事例が多かった（図２参照）。

斜面災害は、道路沿い、民家裏の斜面が崩壊することによって、主に道路不通や民家損壊等の被害であった。幸いにも斜面崩壊による人的被害はなかった。



8月8日22時～8月11日05時の
アメダス降水量積算図

図１　積算雨量図[2]



図２　堤防被災状況（兵庫県提供）

この台風による斜面崩壊で特徴的な事象としては、平成16年の台風によって風倒木被害地が多数発生していた当該地域に、台風９号による猛烈な降雨によって、風倒木被害地内での斜面崩壊が、調査団が調べた崩壊箇所全195箇所のうち75％程度の146箇所で発生していたことである。このような過去の風倒木被害地は、潜在的に危険なままで、今後の強い降雨によって同様な崩壊が発生することが危惧された。

仁位地区の崩壊は、**図３**に示すように渓流沿いの上部尾根部が崩壊幅20～80m、崩壊深さ２～20m程度で崩壊、土石流化し、河川まで流下した。この崩壊の原因は山地を構成する地質に割れ目が発達しており、それが周辺に降った雨水を集め源頭部に浸透したことが考えられた。また、渓流には３基の谷止工が施工されており、下流への土砂流出を軽減していた。上石井地区の崩壊は、（**図４**に示すように尾根付近から、ほぼ一直線に崩壊幅15～20m、崩壊深さ0.5～1.0m程度で崩壊した。この崩壊の原因は、風倒木被害地で降雨が直接地山に流入しやすい条件となっていたところに、今回の強い降雨を受け、降雨が地山に浸透し、土の強度が低下することによって発生したことが考えられた。白口地区の崩壊は、**図５**に示すように崩壊幅60m、崩壊深さ１～４m程度の崩壊である。この崩壊の原因は、増水した河川の流水によって、河川の攻撃側に位置していた当該斜面の下端が激しく浸食され不安定化し、さらに降雨浸透も相まって崩落したものと考えられた。また、この崩壊に隣接して施工されていた法枠工は、端部で土砂流出があったものの健全であった。

設計の想定を超える集中豪雨にもかかわらず、適切な対策を施した土構造物及び斜面の崩壊は、予想外に少なかった。一方、白口地区で発生した法枠工の近傍の地盤が流水により侵食されて崩壊した事例が示唆するように、既存対策工の周辺地盤の崩壊が特徴的でもあった。

また、報告書では流域地盤災害の減災に向けての課題と提言として、近年の降雨パターンを対象とした防災、減災技術の構築、流域や河川特性に対応する河川構造物整備、社会的重要度を勘案した河川構造物整備、流域管理による減災、古い橋梁上下流の護岸強化がなされている。また、地盤構造物・斜面災害の減災に向けての課題と提言として、過去の風倒木被害地における表層崩壊を防止する対策工の提案、盛土内の地下水上昇を防ぐ、盛土防水工の提案、表層崩壊危険箇所をリアルタイムで予測するソフト対策について述べられている。

これらの課題と提言は、近年の災害においても同様に指摘できるものが多いにもかかわらず、９年経過した今日でも実現されたものは僅かである。

一方、実用化が進められている事例として、兵庫県において箇所別土砂災害危険度予測システムが導入され、現在，８市町で活用されるようになっている。この箇所別土砂災害危険度予測システム[4]は、従来の経験に基づくモデルではなく、物理モデルを用いて、降雨量（解析雨量や予測雨量）を入力し、10m×10mの大きさの斜面で安定解析を行い、土砂災害の危険度を予測するものである。この危険度情報を参考にして、避難勧告などの行政判断の一助となっている事例が挙げられる。



図３　仁位地区の崩壊[3]



図４　上石井地区の崩壊[3]



図５　白口地区の崩壊

参考文献

1）　公益社団法人地盤工学会関西支部：平成21年台風９号による地盤災害調査報告書，2009
2）　神戸海洋気象台：平成21年８月８日から11日にかけての台風第９号による兵庫県播磨北西部を中心とした大雨について，気象速報，2009
3）　国際航業株式会社HPより
4）　沖村孝ら：豪雨による土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの構築，砂防学会誌，Vol.63, No.6, pp.4-12, 2011

紀伊半島豪雨災害の総括

立命館大学理工学部 教授
深川　良一

1．はじめに

早いもので、紀伊半島において大規模土砂災害が発生してから７年が経過した。平成23年（2011年）８月30日から９月４日にかけて、台風12号の停滞に伴って激しい雨が続き、奈良、和歌山、三重を中心とする紀伊半島全体に大きな被害がもたらされた。紀伊半島では明治22年（1889年）８月に十津川大水害と呼ばれる大規模河川・土砂災害が発生している。人的物的損害はこの十津川大水害が大幅に上回るものの、降雨量、発生した河川氾濫や斜面崩壊等の規模に関してはほぼ匹敵する歴史的災害となった。

2．平成23年台風12号と降雨特性[1)]

平成23年８月24日にマリアナ諸島の西海上で発生した熱帯低気圧は北西に進み、25日９時に大型の台風となった（図１）。台風は発達しながらゆっくりとした速さで北上した。９月３日10時頃に高知県東部に上陸したが、全体に動きが遅かったため、８月30日～９月５日という非常に長い期間西日本全体に影響を及ぼすことになった。紀伊半島は特に大きな影響を受け、図２に示すように累積雨量1000㎜を超える地域が大半を占め、まさに記録的な豪雨となった。

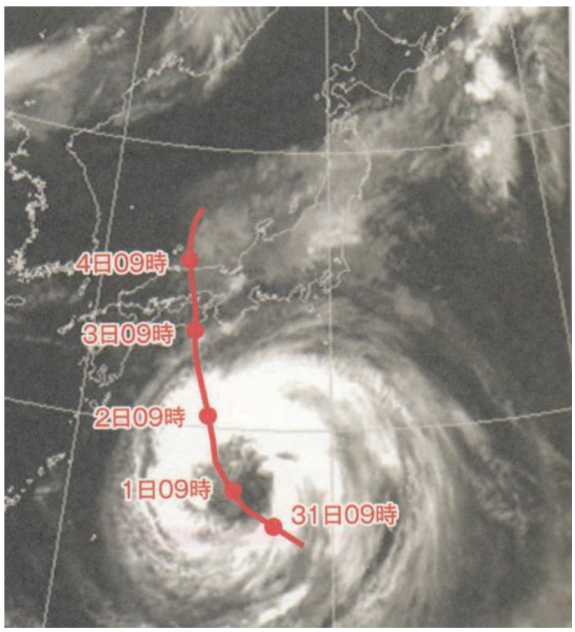


図１　台風12号の進路[1)]

3．紀伊半島の地形・地質特性[3)]

紀伊山地を構成する地層は、付加体を主体としており、主な地帯構造は東西性の伸びを示す。各地帯を構成する付加体の形成年代や構成地質要素等をもとに北から三波川帯、秩父帯、四万十帯の順に地層区分されている（図３）。中新世には、紀伊半島南部の沿海域に形成された盆地に堆積した田辺層群・熊野層群の堆積岩が付加体堆積岩を覆い、その後の火山活動に伴って噴出した熊野酸性火成岩類が熊野層群を貫いて分布している。以上のような地形・地質的な要因が山地部の斜面崩壊に大きな影響を与えた。

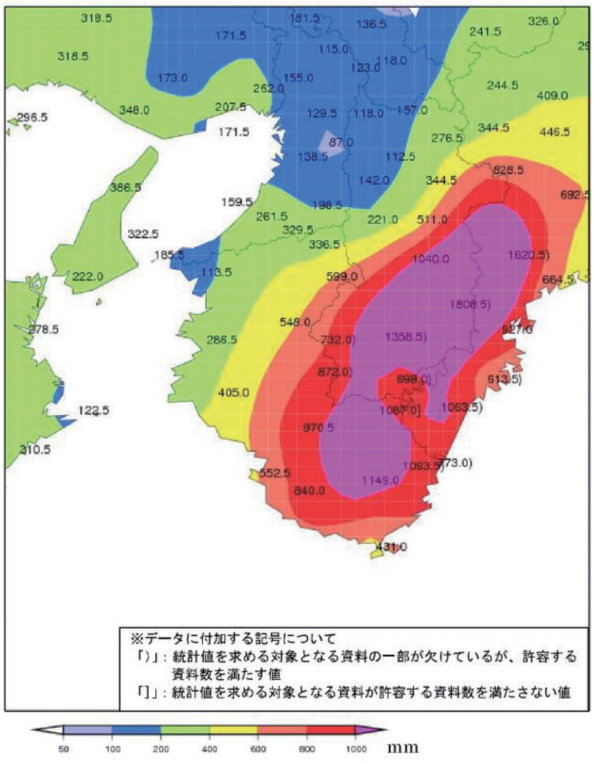


図２　紀伊半島における累積雨量[2)]

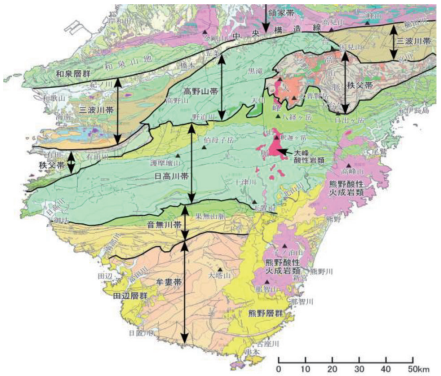


図３　紀伊半島の地質特性：産総研地質図をもとに作成[3)]

表１　紀伊半島災害における各県別の主な被害状況[1)]
（消防庁調べ；平成24年９月28日）

	人的被害（人）			住家被害（戸）				
	死者	行方不明者	負傷者	全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水
奈良	14	10	6	48	71	17	14	39
和歌山	56	5	8	240	1753	83	2698	3146
三重	2	1	17	81	1077	71	702	832
合計	72	16	31	369	2901	171	3414	4017

４．主な被害

(1) 人的被害および住家被害[1)]

表１に紀伊半島災害における各県別の主な被害状況をまとめる。死者・行方不明者は奈良県と和歌山県で多く、特に那智勝浦町では29名の犠牲者だった。住家被害は和歌山県と三重県で多く、浸水被害は３県の中では和歌山県で最も多かった。

(2) 土砂災害および交通網被害

図４に紀伊半島災害における主な被害箇所を示す。

奈良・和歌山県内の道路は斜面崩壊や土石流により至るところで寸断し、両県の国道及び県道の通行止めは204か所を数え、それに伴い18箇所の集落が孤立した[1)]。また、JR紀勢本線では、那智川の増水で那智駅－紀伊天満駅間に架かる橋梁が流出するなどし、新宮駅～湯浅駅間が長期間運休するなど、鉄道に関しても深刻な影響が見られた。

記録的な豪雨により、土砂災害が106件（土石流等：59件、地滑り：16件。がけ崩れ：31件）発生した[1)]。新宮市や那智勝浦町では、９月３日の夜半から４日未明にかけて雨が強まるという降雨パターンであったが、大規模土石流が多発し被害の拡大につながった。一方、奈良県の十津川村等では、９月２日頃より４日まで連続して強い雨が降り、その結果累積雨量が1000㎜を超えるというような降雨パターンであった。その結果深層崩壊が多発し、降雨パターンの違いによる山地崩壊パターンの違いが顕著であった[3)]。

以上の斜面崩壊による推定土砂量は約１億m^3と推定され、中でも深層崩壊による崩壊土砂量は巨大なものとなり、大規模河道閉塞が17箇所で発生した。このように形成された天然ダムの崩壊は下流側地域に深刻な影響を及ぼすことが懸念されたため、国交省の緊急対策が実施された。

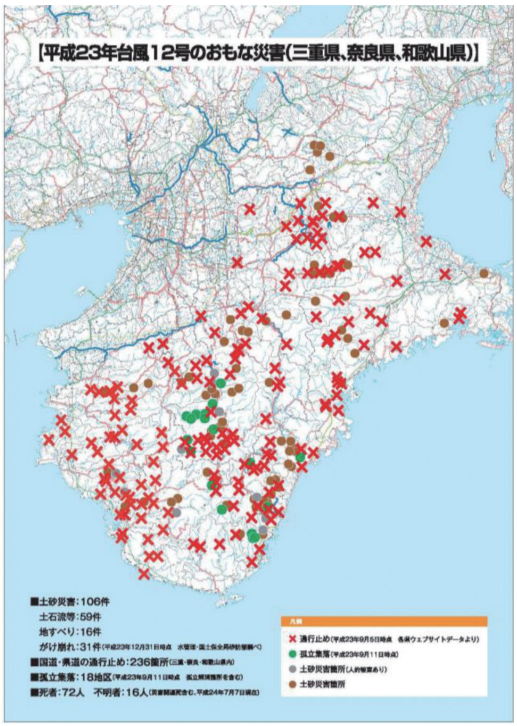


図４　主な被害箇所[1)]

(3) 河川災害[1)]

紀伊半島の主要河川では、19水系が氾濫危険度水位評価で警報レベル（避難判断水位）以上となった。中でも和歌山県、三重県の熊野川本川および支川相野谷川の氾濫は流域の地域に甚大な被害をもたらした。浸水面積は新宮市・紀宝町合わせて430haに達し、そのほかに輪中堤の倒壊、排水機場や水位観測所等の施設の水没等の被害が発生した。

５．おわりに

2011年９月に発生した紀伊半島災害は、1889年９月に発生した明治十津川豪雨災害のまさに再来で、歴史的な災害となった。しかし、本年（2018年）７月に発生した西日本豪雨災害では231名もの犠牲者を出し、台風や集中豪雨などの外力条件がさらに厳しくなっていることを実感させた。

参考文献

１）　国土交通省近畿地方整備局：2011年紀伊半島大水害・国土交通省近畿地方整備局災害対応の記録，2013年２月
２）　和歌山地方気象台：平成23年台風12号による大雨と暴風について（和歌山県の気象速報），HP，2015年２月６日にアクセス
３）　地盤工学会関西支部他４学協会編：「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会，2015年３月

2011年紀伊半島大水害での奈良県における調査研究

Disaster research in Nara Prefecture on Kii Peninsula heavy rain in 2011

大阪市立大学大学院理学研究科 教授
三田村　宗樹

2011年の台風12号に伴う記録的な豪雨により、紀伊半島では大小の斜面崩壊や河川氾濫が発生し、広域にわたる被害が生じた。奈良県南部の紀伊山地において、1800箇所を上回り、大規模斜面崩壊は54箇所に及んだ。

災害連絡会議関西地区連絡員委員（奈良県担当）を務めていて、できるだけ多角的に災害調査にあたれればと考えていたところ、幸い地盤工学会・日本地質学会・日本応用地質学会・関西地質調査業協会・中部地質調査業協会合同で「平成23年台風12号による紀伊半島における地盤災害調査団」を組織する運びとなり、奈良県版の班長を任され、29名で奈良県南部地域の地表踏査による斜面崩壊14か所を９月17日、23～25日の４日間で被害状況調査を行った。調査団奈良班では29名の調査員と14箇所の大規模崩壊地の状況を把握した。地質学・応用地質学・地盤工学の多様な視点で現地での意見交換を行い、共通した現地確認を行えたことは大変貴重であった。

この合同調査団の調査報告会は、11月24日に行われ、奈良県では四万十付加体の古い岩体での崩壊、和歌山県では四万十付加体の新しい砂岩泥岩互層での変形の著しい箇所での崩壊と熊野酸性岩での土石流と河川氾濫、三重県では秩父帯と四万十付加体での崩壊と、特徴的な崩壊の概要が示された。この報告会後の意見交換会で、参加者から調査をさらに進め、研究調査をより深めたいということになり、2012年度から３か年計画での深川良一委員長のもと「『想定外』豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会」（以下、想定外委員会）が結成された。想定外委員会に登録者は70名以上に及んだ。想定外委員会でも３県の班構成とし、現地調査と解析を行うことになった。奈良班では25名の班員で、大規模崩壊や表層崩壊の実態調査と降雨・水文調査やリモートセンシング解析などの分担を決め、調査を進めた。

これらの調査の中で、四万十付加体の脆弱さの条件、構造方位の条件、水を集積させやすい水文条件が関わり、大規模崩壊の素因としてそれらの要因の複合があることが提示できた。前駆的な斜面変動を生じていた箇所で多くの斜面が大規模崩壊に至っており、その斜面についてリモートセンシング解析により植生活性度指標の低い状況であったことから、地形指標とともに植生指標を加えることの有用性が指摘されたほか、大規模崩壊に関わる水文学的指標の提示も行われた。

これらの研究成果は、地盤工学研究会でのセッション発表やKansai Geo-Symposium、応用地質学会関西支部研究発表会などで口頭発表と議論を行い、400ページに及ぶ報告書としてまとめ、報告会が行われ、地盤工学会誌の講座にその概要報告と提言がまとめられた。その詳細は想定外員会報告書や「講座」をご覧いただきたい。

さらに、学会としての調査委員会の成果を、被災地域への還元を行うため、奈良市内や十津川村の会場を使った公開報告会も行い社会還元につなげることもできた。

最後に、深川良一委員長の的確な采配と多くの委員の方々の活発な調査参加・議論を得て有意義な活動が行われた。また、活発な想定外委員会のフィールドワークを中心にした活動を支えるため、地盤工学会関西支部や日本応用地質学会、地質調査業協会、西日本旅客鉄道株式会社、レントオール奨学財団などの財政的な研究支援も受け、活発な委員会活動を行えたことに感謝する。

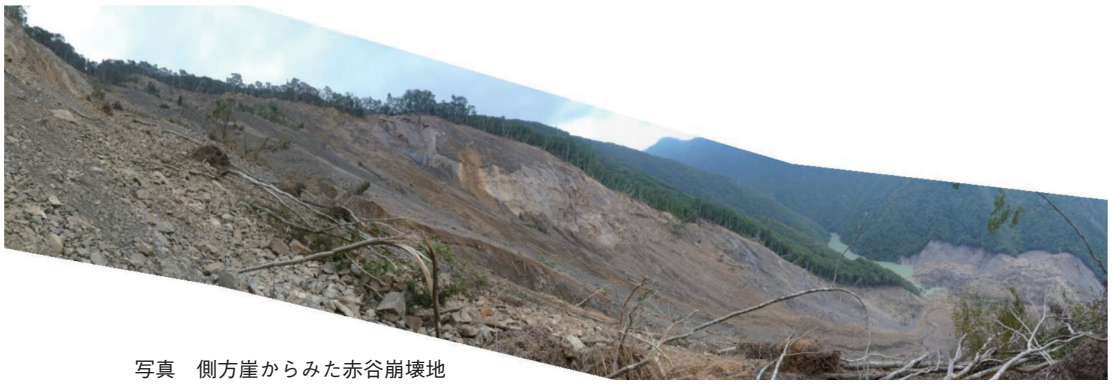


写真　側方崖からみた赤谷崩壊地

和歌山県における紀伊半島豪雨災害の報告

Outline of historical disaster due to heavy rainfall at Kii-Peninsula

和歌山大学 教授
江 種　伸 之

1. はじめに

紀伊半島豪雨による和歌山県内の地盤災害は、付加体地域で発生した大規模斜面崩壊、火成岩体・前弧海盆堆積体地域で発生した大規模土石流などの土砂災害、および破堤、護岸損壊などの河川災害である。ここでは、災害直後に編成した平成23年台風12号による紀伊半島における地盤災害調査団や平成24年度から３年間活動した「想定外」豪雨への地盤災害への対応を考える調査研究委員会の成果[1, 2]の概要を土砂災害に焦点を当てて述べる。

２．付加体地域の大規模斜面崩壊

2.1　四万十帯（日高川層群・音無川層群）

調査地の中で日高川層群分布域に唯一ある三ツ又（田辺市龍神村）では、近接する複数のスラストの影響を受けた強い剥離性を示す頁岩層が、層理面の流れ盤に沿って崩壊したと推察される。音無川層群の分布域にある伏菟野（田辺市）と三越（奥番）（田辺市本宮町）ではスラストとこれに伴う破砕帯の存在が確認されている。これら破砕帯や破砕帯付近の泥質岩が水分を含んで軟弱化し、破砕帯がすべり面となって大規模な斜面崩壊が発生したと推察される。清川（みなべ町）は高角度の傾斜を持つ層理面が潜在的に存在してすべり面を形成し、地下水位の上昇により崩壊したものと推察される。皆地（上平治）（田辺市本宮町）はスラストの破砕帯に加えて、低角に貫入した石英斑岩岩脈の下底面がすべり面となって大規模な斜面崩壊が発生した数少ない例と言える。

このように日高川層群と音無川層群の分布域では、スラストやスラストに伴う破砕帯、あるいはスラスト近傍のせん断構造が発達した場所で崩壊が発生していた。日高川層群は7,000～6,000万年前、音無川層群は6,000～5,000万年前に形成された古い付加体であり、著しい変形を受けた泥質混在岩などが分布すること、大規模なスラストと派生する断層に伴う破砕帯が存在すること、およびこれらが地下深部にまで達していることが特徴である。これらは脆弱部としてだけでなく、地下深くまで雨水を浸透させる水みちにもなる。結果として、地下深部の間隙水圧が上昇することになり、大規模な崩壊が引き起こされたと推察される。

2.2　四万十帯（牟婁層群）

四万十帯分布域の調査地の中で真砂（田辺市）、深谷（田辺市）、熊野（田辺市）は牟婁層群の分布域に位置する。これら３箇所は、地層の傾きと山腹斜面の傾きが同じ方向の流れ盤となっており、平成23年台風12号の豪雨により風化帯や古い崩積土が水分を多量に含み、流れ盤に沿ってすべり崩壊が発生したと推察される。このうち、和歌山県内の崩壊地で最も規模の大きかった熊野では、流れ盤構造の上部に砂岩泥岩の風化物と崩積土が厚く堆積していたことに加えて、崩壊斜面周辺で断層破砕帯の存在が確認されており、その走向・傾斜から崩壊地を通過する断層が想定される。これら、流れ盤、旧崩壊

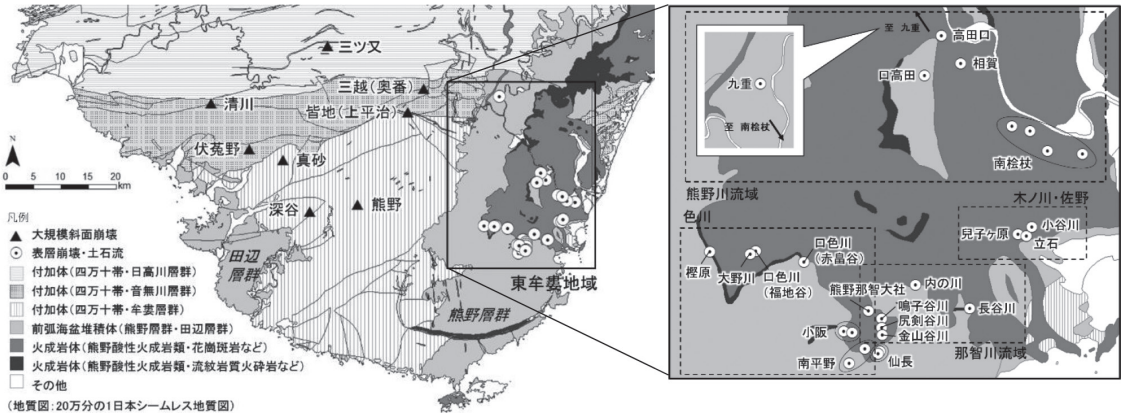


図１　和歌山県南部（紀南地方）の地質と崩壊地（調査地点のみ）

地の分布、および断層破砕帯の分布が大規模な崩壊の素因になったと推察される。

牟婁層群は5,000～2,000万年前に形成された四万十帯の中では最も新しい付加体であり、大規模な褶曲構造を特徴とする北部とブロック構造が主体となる南部に区分される。また、南北ともにスラストは発達しておらず、地層の初生層序がよく保存されていて、泥質混在岩は認められない。このような牟婁層群は、古い付加体である日高川層群や音無川層群ほど変形していない。しかし、大規模な褶曲は節理やせん断構造を発達させるので、風化が進み地質に脆弱部ができる。また、大規模な褶曲構造は山腹斜面と地質の傾きが同じ流れ盤の形成にもつながる。このことから、平成23年台風12号による牟婁層群分布域の崩壊地は大規模な褶曲構造のある北部地域に集中したと推察される。

3．火成岩体地域の大規模土石流

3.1　熊野酸性火成岩類（花崗斑岩）

熊野酸性火成岩類の主岩体である花崗斑岩は柱状節理が発達し、この節理の割れ目に沿って風化が進みやすい。また、花崗斑岩分布域は前弧海盆堆積体の熊野層群に比して急峻な地形であるのに対し、熊野層群分布域はやや緩斜面をなして安定している。このような地形・地質条件を反映し、この地域の表層崩壊の多くは花崗斑岩分布域で発生した。これらの崩壊地の多くでは谷筋の緩傾斜部分に崩積土（旧土石流堆積物）が堆積しており、これが表層崩壊による土砂とともに土石流化していた。また、谷筋に残る崩積土が再び流動化して土石流になった例（渓床不安定土砂の流動化）もみられる。

なお、調査地の中で那智勝浦町色川の口色川・福地谷で発生した土石流では、土石流の流路となった花崗斑岩分布域に複数の断層破砕帯があり、谷地形の変換点になっていた。源頭崩壊地には南北性および東北東―西南西の断層破砕帯が存在する。これらの破砕帯は風化が進行し、脆弱化したゾーンを形成していた。このため、これらの破砕帯が素因となり、崩壊に至った可能性が推察される。口色川・福地谷の西に隣接する大野川（那智勝浦町）においても、源頭部に断層破砕帯が存在する可能性が高い。このほか、新宮市高田口では、断層破砕帯が素因となった花崗斑岩の崩壊地が見つかっている。また、熊野那智大社裏の土石流現場では、崩壊源頭部において断層に伴う粘土質変質帯が確認され、これが遮水帯となった可能性が推察される。このように花崗斑岩分布域の崩壊においても、岩体内部の地質構造が崩壊の大きな要因になっている可能性が示唆される。

3.2　熊野酸性火成岩類（流紋岩質火砕岩）

熊野酸性火成岩類の主岩体は花崗斑岩であるが、一部には流紋岩質火砕岩の噴出岩体および流紋岩・流紋岩質火砕岩の岩脈が存在する。調査地の中では、那智川流域の長谷川、色川地区の口色川・赤畠谷と樫原で、流紋岩質火砕岩を源頭部とする表層崩壊・土石流が発生した。

長谷川の中流付近では、左岸の支川で比較的規模の大きな崩壊が発生したが、ここは流紋岩質火砕岩の分布域であり、山腹斜面の崩積土が崩れたものである。崩壊土砂の一部は斜面内にとどまっているが、崩壊斜面下方では平滑硬質な岩盤が露出している。流紋岩質火砕岩は主に塊状岩質であり、平滑な岩盤を形成しやすい特性を持つ。すなわち、崩積土が流出して岩盤部分が露出した長谷川流域の崩壊跡は、流紋岩質火砕岩の地質特性を良く表したものといえる。

これに対して、同じ流紋岩質火砕岩の分布域で源頭崩壊した色川の樫原においては、流紋岩質火砕岩分布域の脆弱化した変質帯と新鮮岩盤の境界付近で崩壊が発生した。また、口色川・赤畠谷においては、流紋岩質火砕岩と熊野層群（泥岩）の境界部で崩壊が発生しており、熊野層群の泥岩には断層破砕帯が存在し、粘土化した熱水変質帯が形成されていた。このような地質境界付近の断層破砕帯や粘土化した熱水変質帯の存在は、花崗斑岩と流紋岩質火砕岩から供給された地下水を遮断することもあり、この影響で山側の間隙水圧の上昇を招き、崩壊に至った可能性が推察される。

4．熊野層群（前弧海盆堆積体）

熊野層群分布域で発生した土砂災害は、熊野酸性火成岩類より数が少なく、崩壊規模も全体的に小さい。調査地の中で自然斜面に限れば熊野川流域の九重（新宮市熊野川町）と口高田（新宮市）の２箇所だけである。ただし、数少ない事例ではあるが、崩壊斜面の背後に火成岩体や火成岩脈が分布すること、および崩壊斜面が層理面の流れ盤を呈することが両者に共通している。九重では大峯花崗岩質岩類の貫入が見られ、口高田では周囲を熊野酸性火成岩類に囲まれた熊野層群分布域に位置している。

この地域の火成岩体は,1,500～1,400万年前のマグマ活動により、マグマが付加体や堆積岩体を突き抜けて形成されたものである。このような地質形成過程の影響を受けて、熊野酸性火成岩類や大峯花崗岩質岩類に近い位置にある熊野層群の泥岩優勢層では節理が発達していることが多い。また、流れ盤を呈する場所では、層理・節理が発達し、緩み域が形成され、表層が不安定化していることも多い。すなわち、⑴背後に火成岩体や火成岩脈の貫入があること、および⑵流れ盤を呈していることが、熊野層群分布域の崩壊しやすい斜面の特徴といえる。

参考文献

1）　地盤工学会，応用地質学会，日本地質学会，関西地質調査業協会，中部地質調査業協会，平成23年台風12号による紀伊半島における地盤災害調査報告書，2011

2）　地盤工学会関西支部，応用地質学会関西支部，関西地質調査業協会，中部地質調査業協会：「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究員会報告書，2015

三重県における紀伊半島豪雨災害の報告[1)、2)]

The heavy rain disaster of Mie prefecture in Kii peninsula caused by 2011 typhoon 12

三重大学大学院生物資源学研究科 教授

酒 井　俊 典

平成23年８月末から９月はじめにかけて来襲した台風12号により、三重県内では死者２名、行方不明者１名、住宅の全壊55棟、床上浸水1683棟、公共土木施設被害972箇所などの大きな被害が見られた。県内の台風12号による降り始めからの累積降水量は、大台町周辺から東紀州地域にかけての地域で1000mmを超え、特に大台町周辺では日本の年間降水量に匹敵する1600mmを超える降雨が見られた。この豪雨により松阪市、多気郡大台町、北牟婁郡紀北町においては大規模崩壊の発生が、尾鷲市から紀宝町にかけての東紀州地域においては、多数の表層崩壊ならびにそれに伴う土石流被害が見られた。ここでは、この台風12号による三重県内の災害のうち、多気郡大台町東又谷で発生した大規模崩壊、および尾鷲市から紀宝町にかけての東紀州地域で発生した表層崩壊の特徴について報告する。

１．大規模崩壊

多気郡大台町東又谷の大規模崩壊の状況を**写真１**に示す。また、**図１**、**図２**にその断面図および周辺を含めた平面図を示す。崩壊地の頭部標高は750～760mで、崩壊規模は崩壊長（水平距離）が約700m、高さ約350m、幅約300m、厚さ約50mと大規模なものとなっている。現地の地質は、秩父帯付加複合体のチャート、混在岩を含む破断した砂岩泥岩互層で、崩壊地底面には斜面に対し見かけ上勾配20～30°の流れ盤を呈する層理面断層（スラスト）が存在する。斜面上方を構成する砂岩優勢の砂岩泥岩互層においては勾配35～50°の流れ盤を呈する層理面、節理面が発達していた。また、北西側の斜面末端部においては、今回の大規模崩壊が発生する以前からの旧崩壊地形を確認できるとともに、崩壊地下方沢沿の標高415m付近の右岸および標高440m付近の左岸において水成堆積物と推定される未固結の泥、砂、玉石混じり砂礫の互層が存在し、これらは過去の河道閉塞に伴う湛水域内の土石流堆積物ならびに静的環境下で堆積した湛水域内の堆積物であると考えられた。また、この互層内の炭化木に対して年代測定を行った結果、^{14}C年代は下位がBC16880～BC16608、上位がAD1700～1800と、本地点では湛水域内の堆積層と思われる層が何層か存在し、過去から土砂移動が繰り返し生じている地点であることが考えられた。この地域では**図２**に示す周辺の平面図において、下流の沢筋両岸に「地すべり地形」が確認できるとともに、図中の黒丸で示した標高付近では地形とは不自然な同一標高の平坦面が見られ、過去にこの地すべり箇所付近において天然ダムが形成され、河道閉塞によってその上流域に大規模な湖沼が存在していた可能性が考えられた。



写真１　東又谷の大規模崩壊の状況

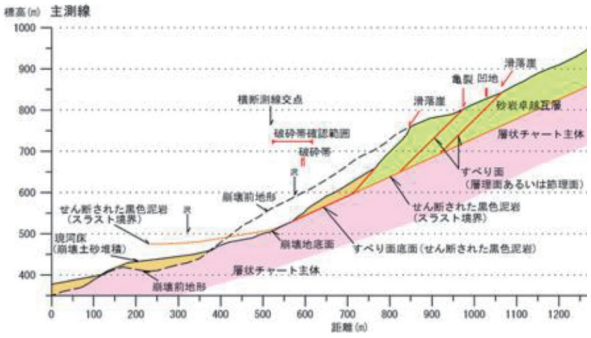


図１　崩壊地の断面図

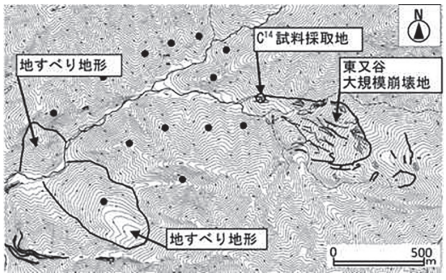


図２　崩壊地周辺の平面図

２．表層崩壊

尾鷲市から紀宝町にかけの東紀州地域においては、**写真２**に示すような表層崩壊が多数発生した。この崩壊状況に関して三重県デジタル地図を基に災害発生前と（平成18年）、発生後の（平成23年）空中写真を比較することで崩壊地の判読を行い、これらの地点を地質図上に示したものが**図３**である。崩壊箇所は290箇所にのぼっている。東紀州地域の尾鷲市から紀宝町にかけての地質は、新第三紀の火山・深成複合岩体である熊野酸性火成岩類の花崗斑岩、流紋岩、および第三紀の堆積物である熊野層群から構成され、このうち熊野酸性火成岩類花崗斑岩は、尾鷲-熊野市周辺の北岩体と紀宝町周辺の南岩体に区分される。**表１**は地質毎の崩壊箇所数および１km^{2}あたりの崩壊発生数を示したものである。崩壊箇所は、熊野酸性火成岩類において全体の90％が集中し、そのうち花崗斑岩において80％以上の発生となっている。また、１km^{2}あたりの崩壊発生密度は、花崗斑岩南岩体で1.06箇所/km^{2}と高い発生頻度となっている。**図４**は崩壊が発生した斜面の向きを地質毎に示したものである。崩壊はいずれも南東から南西にかけての南向きの斜面に集中しており、熊野層群で61％、熊野酸性火成岩類の流紋岩類で74％、花崗斑岩南岩体で87％、北岩体で80％となっている。崩壊の発生数が多かった熊野酸性火成岩類花崗斑岩を対象に現地調査を実施した結果、崩壊規模は南岩体において最大幅60m、最大深度15m程度のやや規模の大きなものも見受けられたものの、総じて**写真２**に示すように比較的小規模で、平均的には幅20m以下、深度５m以浅であった。また、崩壊すべり面の位置は、崖



写真２　表層崩壊の状況（紀宝町浅里地区）

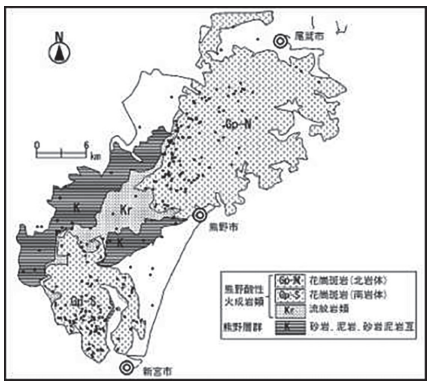


図３　東紀州地域における崩壊発生地点

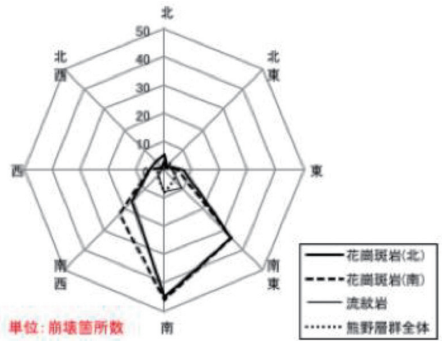


図４　地質毎の崩壊斜面の向き

表１　地質毎の崩壊数

地質			箇所数		割合（%）		箇所/km^2
熊野酸性火成岩類	花崗斑岩	北岩体	118	262	40.7	90.3	0.41
		南岩体	117		40.3		1.06
	流紋岩類		27		9.3		0.44
熊野層群、四万十累層群			28		9.7		0.10

錐堆積物と岩盤、または強風化岩盤と中風化岩盤の境界付近にあると考えられた。現地では崩壊地頭部の滑落崖において、**写真３**に示すような径が数cmから最大１m程度のパイピング跡と思われる空洞が各所で確認されており、崩壊の発生した斜面では以前よりこのような水みちが形成されていたものと考えられる。周辺の湧水および渓流水の電気伝導度を測定した結果、北岩体、南岩体ともに３～４μS/m程度と低い値を示しており、地盤内を通った雨水が時間をかけず直接湧水として流出している可能性が考えられた。

本調査研究を進めるにあたり、「『想定外』豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会」三重地域の15名の委員の皆様に大変お世話になりました。記して感謝申し上げます。

（引用文献）

1）「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会報告書，三重地域，pp.182-267，地盤工学会関西支部，日本応用地質学会関西支部，関西地質調査業協会，中部地質調査業協会，2015
2）酒井俊典・岡島賢治・古根川竜夫・石川昌幹・片岡泰・阪口和之：平成23年紀伊半島大水害の実態と教訓―「想定外」豪雨による地盤災害の軽減に向けた提言-5．三重地域の災害の実態，地盤工学会誌，64（７），pp.50-57，2016



写真３　確認されたパイピング跡と思われる穴

2013年淡路島付近で発生した地震

Earthquake occurring inside the Awaji Island in 2013

神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻
鍬田　泰子

1．地震の概要

本地震は、2013年（平成25年）４月13日（土）５時33分に兵庫県淡路島付近（北緯34.4度、東経134.8度）を震源として発生したマグニチュードMj6.3、Mw5.8の地震である[1)]。震源深さは15kmである。本地震の発震機構は東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内の地震である。本地震の余震分布と本震の発震機構から推定される震源断層は南北方向に延びる西傾斜の逆断層であり、1995年兵庫県南部地震の余震域の南西端に近接する領域で発生した[2)]。この震源域南部に近接して六甲・淡路島断層帯の一部である先山（せんざん）断層帯が存在している。地震調査委員会は、この先山断層帯について、全体が活動するとM6.6程度の地震が発生する可能性があると評価していたが、本地震とこの断層帯との関係については不明である、との見解を示している[2)]。

気象庁によると、図１に示す通り、淡路市の２箇所の観測点で本地震最大となる震度６弱を観測した[3)]。いずれも自治体の観測点で淡路市一宮総合事務所と津名総合事務所である。２観測点で観測された加速度波形とその加速度応答スペクトルを図２、図３に示す。加速度波形は、NS、EWの２成分の内、最大加速度の大きいものを示している。一時的に大きな加速度を示しているが、200～400cm/s^{2}程度の振幅である。加速度応答スペクトルにおいても、津名総合事務所で0.8s付近が卓越しているが、それ以外の観測波はいずれも0.2～0.4sが卓越した地震動であった。卓越周期が短周期側にあるため、建物倒壊にはつながらず屋根瓦の被害が目立つような地震動の特徴を持っていた。津名総合事務所は埋立地に建設されており、後述するように液状化が周辺で確認されている。表層地盤の影響でこの周期帯が卓越したと考えられる。

図４に気象庁による推定震度分布を示す。震度５強が淡路島北部から中部にかけて所々で分布しているが多く

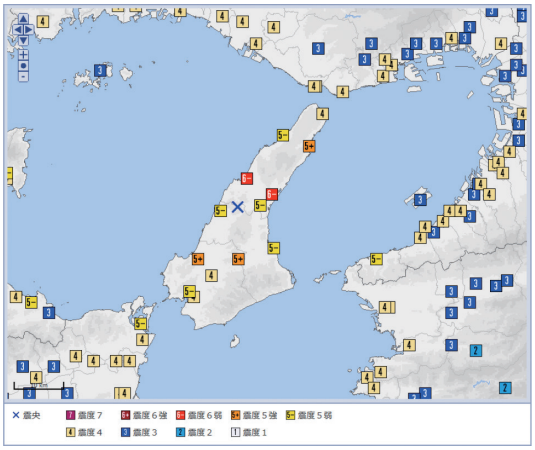
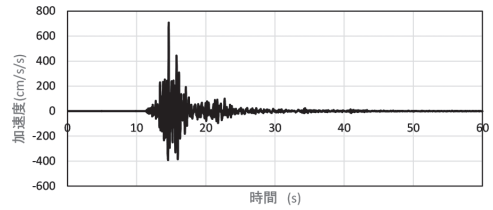
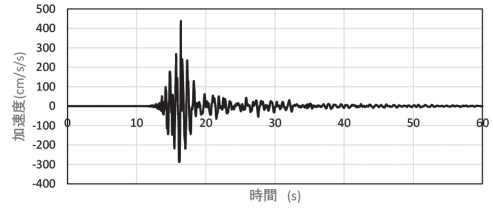


図１　推定震度分布図（引用：気象庁）



(a)　自治体地震計　郡家（一宮）　NS方向



(b)　自治体地震計　志筑（津名）　EW方向

図２　震度６弱の観測点の加速度波形

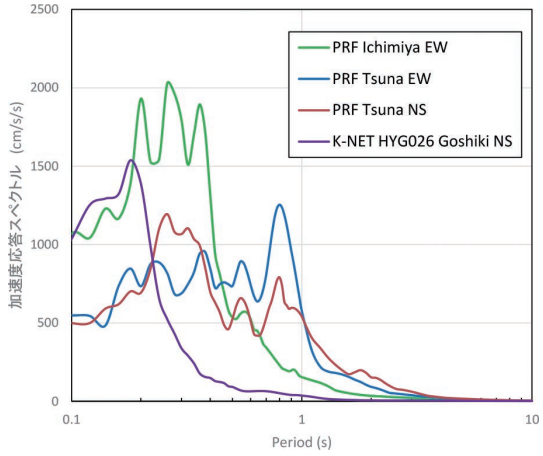


図３　加速度応答スペクトル

は震度５弱の地域がほとんどであった。本州、四国側では震度４であった。また、三神ら[3]が設置している淡路島と鳴門を結ぶ大鳴門橋の地震計でも地震動を観測している。

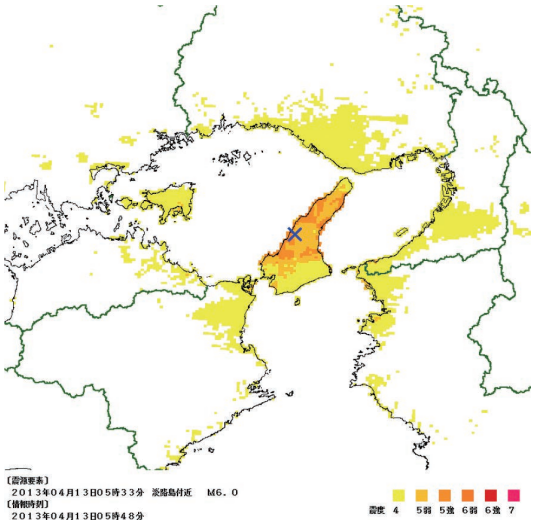


図４　推定震度分布図（引用：気象庁）

２．被害の概要

本地震による負傷者は34人（重傷９人、軽傷25人）であった。住家被害は8,072棟（全壊６棟、半壊66棟、一部損壊8,000棟）に及び、淡路市と洲本市、南あわじ市で住家の一部損壊の大部分を占めている[4]。また、液状化による施設被害、水道管破損による断水などの被害が発生した。以下は、地域ごとに地震当日の現地調査の様子と他の調査報告に基づいて整理したものである。

2.1　淡路市群家

群家地域において震度６弱が観測された。地震計は一宮総合事務所の裏手の屋外に設置されている。震度６弱と観測された地震動は計測震度5.5、最大加速度（三成分合成）729.1gal、最大SI値34.6kineであった。総合事務所およびその周辺で目立った構造物の被害はなかった。いくつかの瓦屋根の住宅では、棟瓦がずれ落ちているのを確認した。図５は東桃川地区のふれあい公民館の屋根瓦の損傷状況である。一宮総合事務所周辺のその他の構造物被害として、伊弉諾神社では複数の灯籠の石が転倒、崩落していた。



図５　東桃川ふれあい公民館の屋根瓦の被害



図６　灯籠の最上部の石の崩落

2.2　淡路市志筑

志筑地域には県道28号線の東沿岸に、北より佐野新島、生穂新島、志筑新島、塩田新島の人工島が並ぶ。小山[5]は、地震後にこれらの人工島で詳細な噴砂の調査を行っている。それによると、淡路市役所、防災あんしんセンターがある生穂新島では僅かに、志筑新島では南側に集中して噴砂が確認できる。さらに、テーマパークのある生穂新島でも噴砂が集中していることがわかる。図８に示すように塩田新島にあるテーマパーク前の歩道では多数の液状化による噴砂を確認した。また、テーマパークの駐車場では、至る所で噴砂していた。 しかし、これらの液状化は埋立地のみで、自然地盤において液状化は確認されていない。小山[5]によると、液状化が集中した塩田新島の南部の施工は1990年から1991年であり、軽微な液状化が見られた市役所周辺は1997年であ

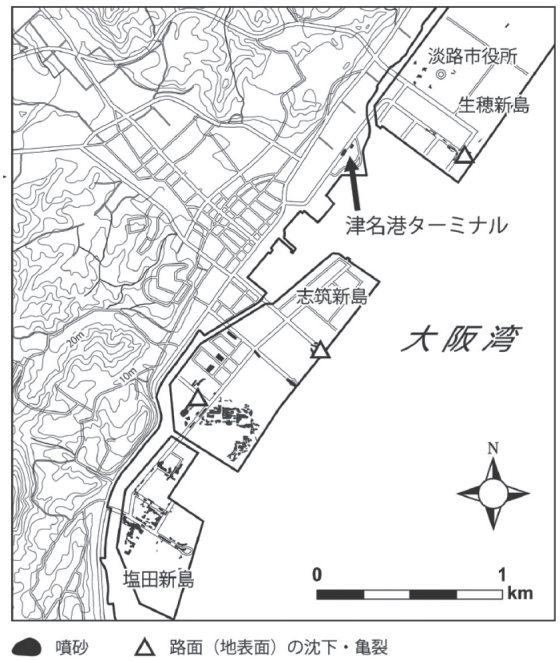


図７　液状化の噴砂範囲（文献５を引用）



図８　塩田新島にある遊園地前の噴砂



図９　洲本第一小学校の校庭の沈下

る。淡路島の埋立地は若齢地盤であったことも、液状化の発生要因の一つになったと指摘している。

2.3　洲本市

洲本市市街地にある（独）防災科学技術研究所の地震計（HYG025 洲本）は、洲本城跡のある山の中腹にある。周辺の住宅には目立った損傷は見られなかった。洲本市役所周辺においても、屋根瓦の損壊はほとんど確認出来なかった。他に、調査中に市内で水道管の復旧している所が１箇所あった。

市街地中央を流れる洲本川の河口近くにある洲本第一小学校の校庭では、校庭中央が10cm近く沈下をした。校庭脇の階段等にも亀裂が入った。学校周辺では屋根瓦の被害があるものの、同様な地盤沈下の被害は確認されていない。液状化のような噴砂のような痕は見られなかった。

森[6)]は、洲本市の市街地を流れる洲本川の河口にかかる洲浜橋（PC箱桁斜張橋、橋長149.0m、1993年完成）において、移動制限装置と橋台に被害があったことを報告している。北側と南側の両方の橋台で斜め亀裂が確認された。被害メカニズムとして、箱桁の水平振動に伴って、後付けされた移動制限装置を通して、橋台に水平力が作用し、橋台隅部がせん断破壊したと考察している。

謝辞

本報告をまとめるにあたり、自治体の観測記録は兵庫県より提供していただいた。また、防災科学技術研究所の強震観測網K-NETの記録も利用させて頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

１）気象庁：平成25年４月13日05時33分頃の淡路島付近の地震について，気象庁報道発表資料，2013（http://www.jma.go.jp/jma/press/1304/13d/201304131130.html）
２）地震調査研究推進本部地震調査委員会：2013年４月13日淡路島付近の地震の評価，2013年４月14日（https://www.jishin.go.jp/main/chousa/13apr_awaji/index.htm）
３）三神厚，小長井一男，片桐俊彦：2013年４月13日淡路島付近の地震において大鳴門橋両端の岩盤サイトで観測された地震動と位相速度の推定，土木学会論文集A１（構造・地震工学），Vol.70，No.4，pp.I-1096-I_1106，2014
４）内閣府：淡路島付近を震源とする地震について（第10報），2013年５月14日（http://www.bousai.go.jp/updates/h2504awaji/pdf/h2504awaji10.pdf）
５）小山択志：2013年淡路島付近で発生した地震による液状化現象の被害分布図，季刊地理学，Vol.66，pp.193-201，2016
６）森伸一郎：2013年４月13日淡路島地震被害調査速報（橋梁編），2013

平成30年（2018年）大阪府北部の地震に対する災害調査

Disaster reconnaissance for the 2018 Northern Osaka Prefecture Earthquake

大阪府北部の地震に対する災害調査団

平成30年（2018年）６月18日、大阪府北部を震源とするマグニチュード（MJ）6.1の地震が発生した。最大震度６弱を観測したこの地震では、ブロック塀の崩落に巻き込まれて犠牲となった方を含め４名の方が犠牲となり、大阪府下を中心に２万棟を超える住家被害（一部損壊以上）が生じた。都市直下で発生した地震であったことから、京阪神地区を中心に一時的に交通機能が失われ、震源域周辺では水道・都市ガスの供給が停止される等、ライフラインへの影響も見られた。

地盤工学会関西支部では、本地震に対する災害調査団を結成（**表１**）し、土木学会関西支部との連携の下、地盤災害の全貌解明に向けた被害状況の把握を進めた。７月19日には「大阪府北部の地震に対する災害調査団 速報会」（共催：土木学会関西支部）を開催し、支部会員および関西地域の関係者に向けて調査結果を報告した。７月25日には第53回地盤工学研究発表会の緊急災害調査報告セッション１として「大阪府北部の地震に対する災害調査報告」を開催した。また、報告書の作成について検討を進めているところである。

表１　大阪府北部の地震に対する災害調査団

団長	河井克之（近畿大学）
団員	乾徹（大阪大学） 渦岡良介（京都大学） 岡二三生（京都大学名誉教授） 小田和広（大阪産業大学） 片岡沙都紀（神戸大学） 岸田潔（京都大学） 後藤浩之（京都大学） 小林泰三（立命館大学） 飛田哲男（関西大学） 鍋島康之（明石工高専） 福塚健次郎（アーステック東洋） 山田卓（大阪市立大学）

１．地震の概要

大阪府北部の地震は、高槻市付近を震源とする内陸地殻内地震である。震源付近には有馬―高槻断層帯等の複数の活断層が存在するが、これら活断層との積極的な関係については結論づけられていない。この地震では、南北走向の逆断層と北東―南西走向の右横ずれ断層の少なくとも２枚の断層が続けて動いたと考えられている。

最大となる震度６弱が高槻市、茨木市、枚方市、箕面市、大阪北区で観測される等、北摂地域を中心に強い地震動が観測されている（**図１**）。震源域周辺では継続時間の短いパルス状の波形が記録されており、最大水平速度は40cm/s程度である。高槻市内の記録は周期0.5秒までの応答が卓越しており、周期0.5秒以上の成分は目立たない。一方、茨木市内の記録は周期0.5秒以上の応答も見られ、地震動の周期成分が両者で異なっていたことを表している。ただし、いずれも兵庫県南部地震時の神戸海洋気象台記録（JMA神戸波）の応答を下回るものであるため、顕著な地震動被害を引き起こすような地震動ではなかったと考えられる。

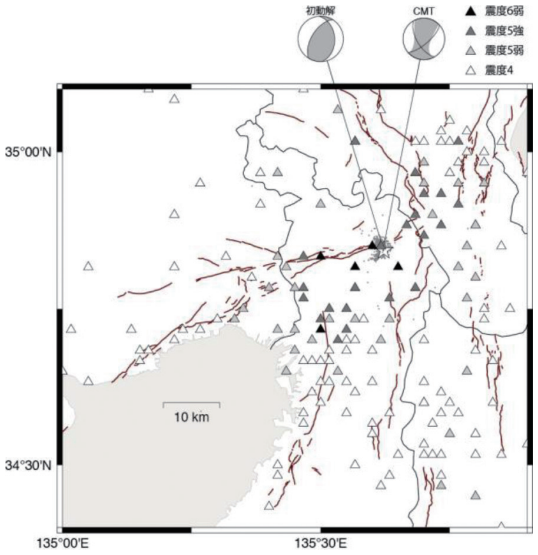


図１　大阪府北部の地震の震央と震度分布

２．ライフライン被害

本地震では、各種ライフラインへの影響も発生した。電力は、一時的に17万戸が停電したがそのほとんどは直後に復旧し、最大でも３時間以内に復旧している。水道は高槻市を中心に断水が発生し、６月20日の朝までに復旧した。　影響の大きかったものは都市ガスである。高槻市と茨木市の計111,951戸で供給が停止し、復旧に最



図２　芥川左岸堤防の縦断亀裂と薬液注入跡



図３　枚方市香里園 斜面の小崩落



図４　高槻市天神町のブロック積み擁壁被害

大７日間を要した。この復旧には、全国の事業者による応援を含めて5,100人が作業にあたった。

道路・鉄道は京阪神地域の広い範囲で通行規制や運転規制が行われた。京阪神地区の高速道路は概ね当日午後に通行止めが解除されている。鉄道は広域で運転停止措置がなされたが、震源域を通過する路線においても（大阪モノレールを除いて）当日夜には順次運転を再開している。

３．地盤被害

淀川水系では、堤防の天端縦断亀裂など近畿地整管内の14箇所で被災が報告されている。そのほとんどは軽微な亀裂であって、薬剤注入とブルーシート養生により迅速に対応がなされた。芥川左岸の堤防天端部では、300m程にわたり連続した縦断亀裂が生じていた（図２）。被災箇所の下流側は同じ形式の堤防であるにも関わらず亀裂の発生が認められない。法面勾配が被害箇所に比べて緩い（約１：2.5）ことが要因に挙げられる。右岸側、および上流側も被災を免れたが、いずれも川表側に法面保護がなされている点が共通する。すなわち、最も弱い堤防部が被災したと考えられる。

本地震で発生したがけ崩れはごくわずかである。そのうちの１つである枚方市香里園桜木町のがけ崩れは、土砂災害警戒区域内で発生した小崩壊であった（図３）。このがけ崩れに伴い避難指示が発表された。

高槻市を中心に宅地の被害も報告されている。高槻市南平台では地震後にがけ崩れの恐れがあるとして避難勧告が発表されている。高槻市天神町では1960年代に谷筋を造成したと考えられる地域に、被害を受けている塀や屋根瓦の被害等が集中して見られた。現地では目地の緩みのあるブロック積み擁壁も確認され、擁壁の凹みや孕み出し、水の沁み出しも認められた（図４）。この被災擁壁上部には幅２cm程の亀裂が生じており、盛土の変形があったことを伺わせるものである。



図５　枚方市東部スタジアムグラウンド内亀裂

この地震では公園等の住宅でない箇所で盛土被害が比較的生じている。枚方市香里園の末広公園では地面に幅３cm程度の亀裂が発生した。また枚方市東部スタジアムでは、グラウンド内に50m程の長さの亀裂が生じた（図５）。周囲の擁壁、盛土法面には大きな変状は見られないが、３年前の竣工当初より地盤が沈下するといった変状が報告されていた。

この他、水道管の損傷に伴う路面陥没等、ライフライン被害に伴う地盤被害も報告されている。また、震源域付近の鉄道盛土において軽微な損傷があったことも報告されている。今後も各種機関、および他学会等と連携しながら、被害の全貌解明とその社会的影響、今後に向けた取り組みについて調査研究を進め、最終的な報告に取りまとめる予定である。

大阪における伏在活断層

Hidden Active Faults in Osaka

（一財）地域地盤環境研究所 業務執行理事
岩崎　好規

１．はじめに

1970年、柴田徹教授と地盤の動的性質について話題提供した講習会に、大阪市の防災計画担当者が参加していたことから、著者は、大阪の地震防災対策に深く関わることになった。大阪域の特徴である軟弱地盤などの土の動的性質を取り入れると共に、対象とする地震は上町断層地震だと具申したが、「どの程度の被害か？」「震度６+から７」と返答すると、「もう少し小さい被害でいきたい」ということから、生駒断層地震でスタートした。これが著者が大阪の活断層に深く関わる端緒となった。

２．大阪湾断層[1)]

大阪湾を含めた盆地が地震動に与えることを考えると、大阪湾の深部形状が重要な要素になる。当時、湾岸線に着手していた阪神高速道路公団の大志万和也氏の理解を得ることができ、大阪湾海上地震探査を実施した。

その結果を図１に示すが、淡路島から７km東に大逆断層が現れ、藤田和夫先生に報告したところ、大阪湾断層と命名された。淡路島の東縁に沿う仮屋断層に並行しつつNE-SWに延びるもので、累積断層変位は１kmにも達する。大阪湾の形成機構が見て取れるが、南海道の沈み込みによる南北圧縮により逆断層が形成され、大阪湾は北西方向に傾斜しつつ地震のたびに沈下を継続してきたものである。この大阪湾断層の北への延長は阪神高速道路の大阪湾岸道路西伸部と交差することから、その特性が現在調査されつつあるところである。

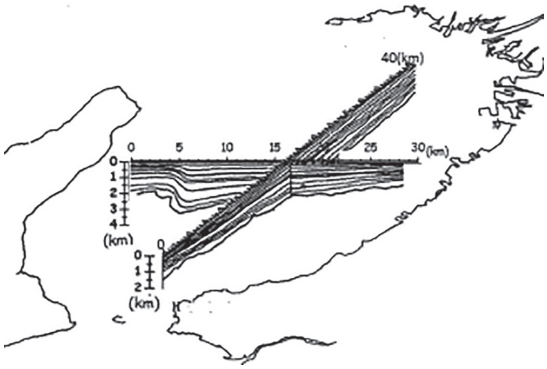


図１　大阪湾断層（1994）

大阪湾断層は伏在活断層であり、この断層が動くことによる影響は、現在の防災対策に組み込まれていないが、阪神間における最大級の防災問題を提起する。

３．上町断層

上町台地は、周囲の低地から20-30mほどの高低差である。最初に上町断層が議論されたのは1930年で、大阪市の地下鉄工事のための地質調査結果から、地質学者の山根新治（1930）[2)]によって、断層説が唱えられ、上町断層と命名された。1970年に完成した近鉄難波延伸線工事によるボーリング情報によって竹中準之介が示した上町断層は、断層と考えられていた地表面の崖から約700m程度西側に存在していることを指摘した。断層地形学においては、線状に連続する崖状地形は、河川に関係するなど以外は、断層地形と認定する習性があり、現在までも、続いている（近藤ら（2015））。

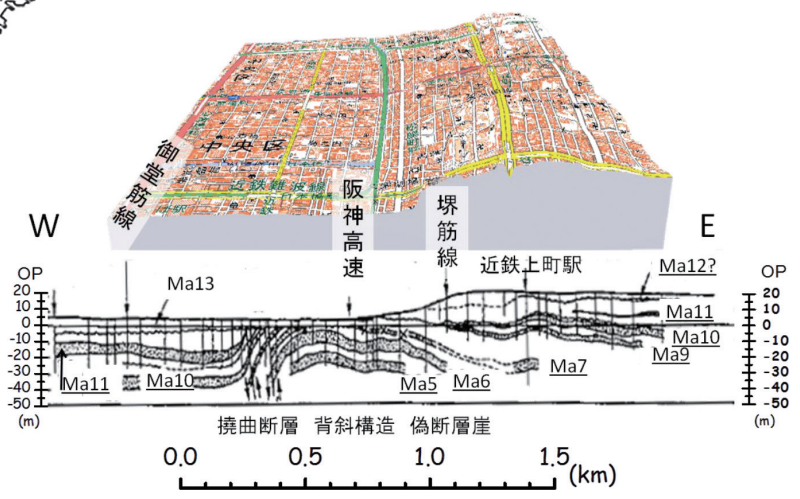


図２　上町断層（竹中準之介（1967）に加筆）

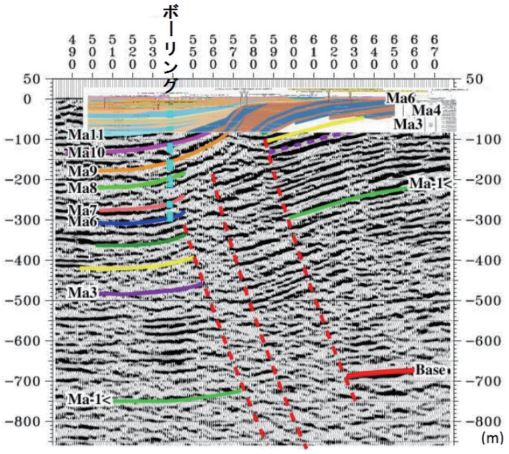


図３　中ノ島測線の反射断面と深層ボーリング対比

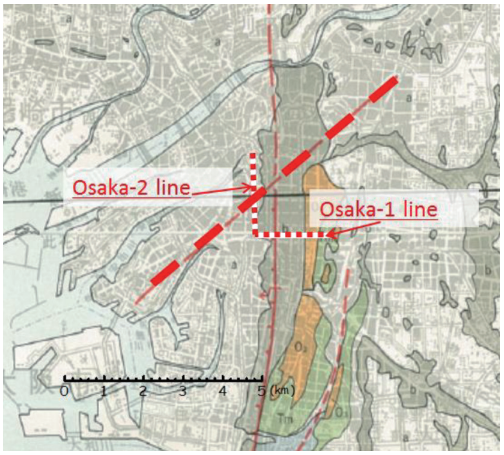


図４　新編大阪地盤図の活断層と地震探査測線

1980年当時、地表面の地震探査に震源は、ダイナマイトによるものであったが、過激派の活動阻止のために、その使用は非常に制限があり、困難であった。中央構造線の反射探査を計画した際に、三菱重工業の知人を頼って、油圧振源装置を開発した。中央構造線での反射探査では、約900mの深度の基盤岩からの反射を把握できていた。中ノ島を東西に測線を張り、阪神コンサルタンツの横田裕氏が地球科学総合研究所の支援を受けて、この油圧振源装置で実施した。

この結果では、断層西側の基盤深度は不明瞭であったが、東側の基盤は明瞭に現れ、図３に示した。2008年開業した京阪電鉄中ノ島新線は上町断層と交差することになるので、断層調査が実施され、その際の300mのボーリング結果から判明した層序に基づいて、断層のずれに対応した断層変位対策がとられ、断層●間ではでダクタイルセグメントが使用された。これが大阪域における最初の地震変位対応事例となった。

４．神戸地震対応の活断層調査

1995年阪神淡路大地震を受けて、国を挙げての活断層調査が実施された。大阪市から調査委託を受け、著者は、上町断層を直交する天王寺（Osaka-1 Line）と西側で並行するなにわ筋（Osaka-2 Line））とを計画した。当時、大阪市内のボーリング情報の組織的な収集作業が開始され、その結果から、新編大阪地盤図（1987）の付図の地質図に淀川に並行する断層構造が示された[3)]。この上町断層に並行する地震探査は、この浅部構造に対応する深部構造を調査しようとする試みであった。

図５にOsaka 1Lineの探査結果と産総研地質調査所による活断層図を示した。地質調査所の断層線が３ヶ所①、②、および③で交差するが、反射断面では地層の上下の落差を伴う断層構造は得られていない。横ずれ断層ならば、在り得る結果だが、逆断層の上町断層では、解釈が困難である。

５．ボーリングによる地下構造の把握

図５にMa12粘土層の下面標高分布を示した。西から

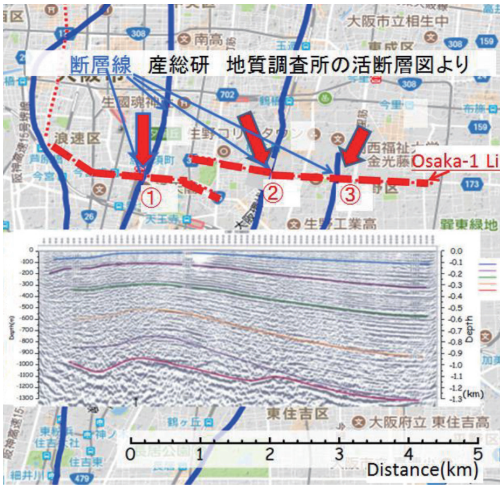


図５　Osaka 1 Lineの反射結果と産総研活断層図との比較

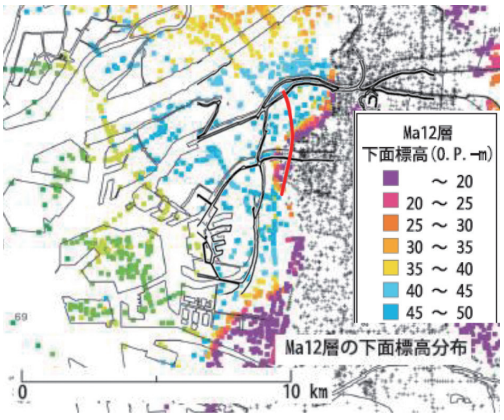


図６　地震探査測線Osaka Line ２とMa12層の下面標高分布

東に向って標高が上昇している。これは、堆積時に堆積面が水平でなかったのか？もし、水平であったとすれば、断層構造の可能性がある。図７にボーリング柱列図を示した。

沖積層のMa13粘土層は、水平堆積層として連続しているが、その下層にあるMa12, Ma11, Ma10の洪積粘土層は、測線中央部から南に亘って、上昇している。

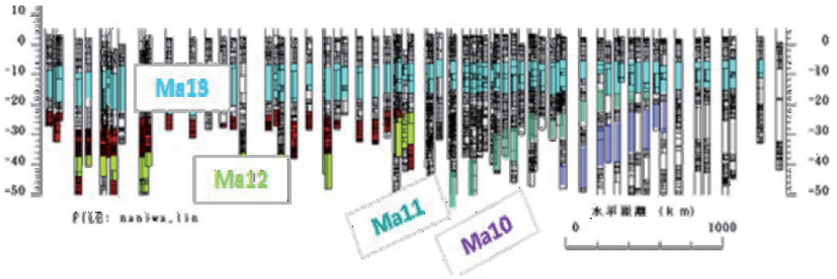


図７　Osaka－２Lineに沿うボーリング柱状図

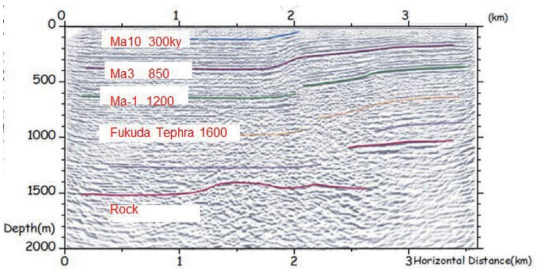


図８　Osaka－２Line反射断面図

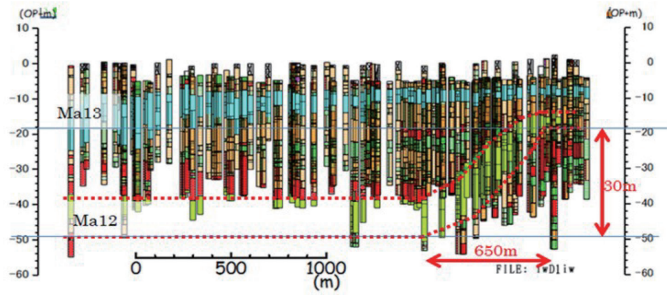


図９　西横堀沿南北稠密ボーリング

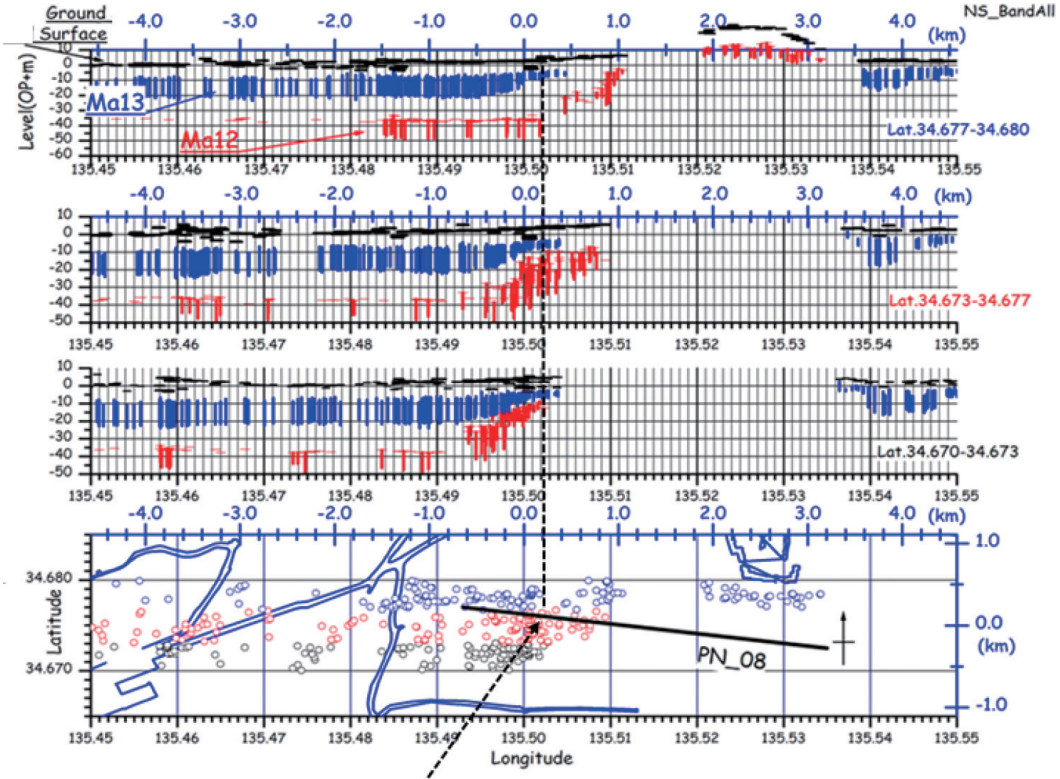


図10　東西断面の稠密ボーリング柱状図と数値標高モデル断面位置

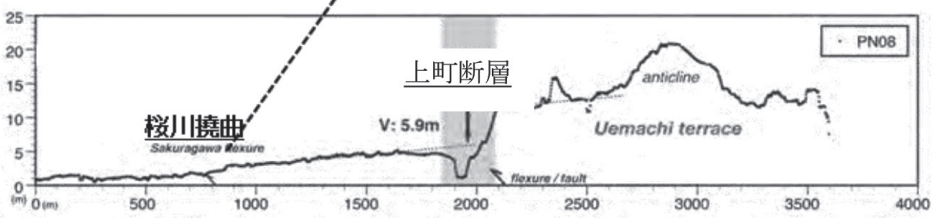


図11　数値標高モデルによって同定された桜川撓曲位置の同定（近藤ら（2015））

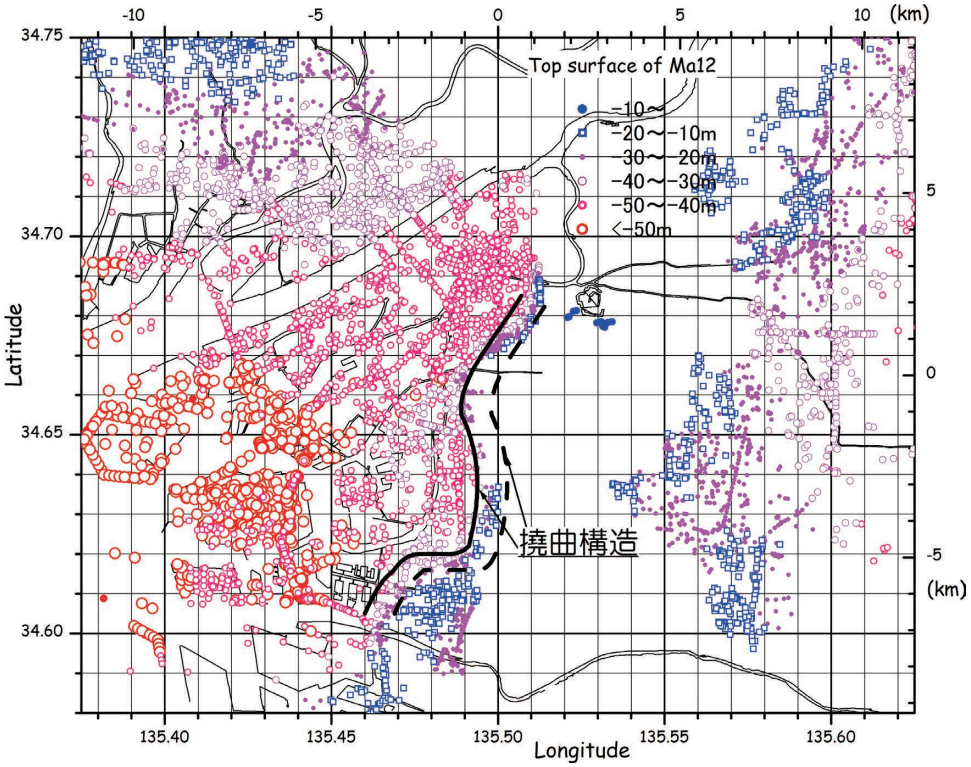


図12　Ma12粘土層上面標高および桜川-住江撓曲

図８の反射断面では、解像度が低いために、地表面付近の詳細構造は現れていないが、ボーリングで現れている地層の深度変化は、断面南側底部の深度1,000m-1,500mに現れている断層による断層運動がみられる。

この基盤岩の断層変位によって、上部地盤に断層変位が波及していることがわかる。

西横堀沿いには、阪神高速があり、多数のボーリングがあるので、図９にボーリング結果を示した。この断面では、表層部にMa13層が水平に堆積しているが、その下位にあるMa12層は、北から水平層が連続して見られ、南端部分で、急激に上昇していることが分る。撓曲構造である。下面の標高差は約30m, 撓曲幅は約650mである。すなわち、Ma12層の堆積年代である12-13万年から現在までの断層変位量が30mに達しているということになる。

６．表層地形との関連

表層地形学から、最近、亡霊のような研究が発表されている。ここでは、近藤（2015）[4]によるPN08断面との比較を図10および11に示した。近藤による桜川撓曲の地表面表現を点線→点線で示したが、撓曲変形は、連続的であり、近藤の指摘するような階段状の変形は撓曲変形ではありえない。

図10に示してあるように、緯度あるいは経度の0.01度を３等分（ほぼ700 m）した幅でのボーリング柱状図を解析し、撓曲幅とその位置をもとめて、図12に示した。

７．断層変位対応設計

撓曲の幅やその位置が必ずしも求められない位置もあるが、求められた幅を基礎として、Ma12粘土層の撓曲幅の推定である。

このような幅の推定が可能となると、断層が引き起こす撓曲変位の予想により、断層変位対策が可能となる。図12に示されている大和川の右岸近くの撓曲で東西方向に伸びる部分がある。

ここでは、逆断層と共に、せん断変位も発生している可能性があることに注意しよう。

８．結論

大阪は厚い堆積層に覆われているために、岩盤で発生した断層変位は直接的に地表面に出てくることはない。深部構造は地震探査で調査されてきたが、浅部の変位は稠密ボーリング情報で求めることが可能であることを示した。

参考文献

1）岩崎好規ら，エアガン反射法地震探査 による大阪湾の基盤構造，地震第２輯第46巻（1994）pp.395-403
2）山根新次（1930）：大阪市地質概観　小川博士還暦祝賀地学論叢，p.187-203
3）藤田和夫（1987）：大阪地盤研究史概説，新編大阪地盤図，コロナ社，pp.1-5，附図大阪地質図
4）近藤久雄，杉戸信彦，吉岡敏和，堤浩之，木村治夫（2015），数値標高モデルを用いた上町断層帯の詳細位置および分布形状の再検討，断層研究，42号，pp.1-34

歴史遺産と地盤工学

Historical Heritage &
Geotechnical Engineering

歴史的地盤構造物の保全に対する地盤工学の役割

Contribution of Geotechnical Engineering to Conservation of Historic Remains

京都大学大学院 教授
三村　衛

1．はじめに

土木を語ることは人類の歴史を語ることである。人は生活するために住居を構え、必要なものを得るために他者と交易し、農耕に際しては灌漑設備を整えなければならない。こうしたいわゆるインフラ整備にあたっては、地盤の掘削、締固め盛土による道の建設、灌漑用水を溜めるための堤防の構築といった、現在我々が日常的に実施している生活基盤整備を、古代の先輩技術者も「人力で」行っていたということである。最も古い工学である土木工学の中でも、地盤は人類にとって最初に相手にしなければならない対象であった。地盤工学会関西支部が創立されて60周年、来年は地盤工学会本体が創立70周年を迎えることになり、現在では、毎年開催される研究発表会で1000編に及ぶ最新の研究成果が報告されている。新しい理論、新しい工法が次々と提案され、たいていのことは実現化できるという万能感にひたることに異を唱えるつもりはないが、一方で幾多の自然災害や戦乱、人間活動による毀損を免れて生き残った地盤構造物に目を向け、土木に携わった先人の営為と、時空を超えて現存する地盤構造物への畏敬の念を持ってなにがしかを学ぶという姿勢（温故知新）も必要なのではなかろうか。

筆者は、平成14年５月に当時の文化庁担当者から相談を受け、東京文化財研究所の担当者とともにカビの発生が問題視されていた、奈良県高市郡明日香村・高松塚古墳の石室内に入って壁面漆喰の風化とカビの状態を調査したのが歴史的地盤遺跡保全との出会いであった。本稿では、筆者が高松塚古墳壁画の保全対策検討に地盤工学の専門家として関わった平成14年から現在に至るまでの間に、考古学、歴史学、保存科学といった異なる専門家集団と協働する中で果たした役割の一端をご紹介し、古代土木技術の地盤工学的な評価、歴史的地盤構造物の保全に対する地盤工学の貢献のあり方について私見を述べてみたい。

2．古墳の保全に必要な地盤工学的検討事項

内部に埋葬施設としての石室空間を有し、その周囲を土で覆うという構造を持つ古墳は、地盤工学でいうところの盛土構造物である。その意味で古墳の保全とは盛土構造物の安定問題と考えて差し支えない。斜面を有する人工盛土の安定性ということで、検討にあたっては盛土を構成している土の力学定数が必要である。最も簡易的には粘着力ｃとせん断抵抗角φであり、通常であれば、乱れの少ない試料を採取し、室内で適切なせん断試験を実施することよって求めることができる。豪雨や地震にも耐えるものにするためには、きちんと締め固め、排水設備を設置し、補強土擁壁や構造物の耐震補強を施せば良い。しかしながら、対象物が歴史的遺跡となると、そのままの構造と価値を保持して保全せよ（真正性の保持）という厳しい制約条件が課せられることとなり、全く別の話となる。現地の改変が認められなければ、貫入試験や試料採取などは実施できない。土が破壊する時の応力がせん断強さであることを考えれば、この条件下で強度や変形係数を求めるのは不可能である。このため、実際に現場では実質非破壊という前提で針貫入試験[1)]を適用し、換算一軸圧縮強さを推定することで強度定数を求めている[2, 3)]。外力としての降雨は、墳丘表層の劣化した土に浸透し、単位体積重量を増大させるとともに、含水比上昇による強度低下を引き起こすため、墳丘を不安定化に向かわせる。澤田ら[4)]は2016年６月に降雨によってすべり破壊を起こした奈良県高市郡明日香村の牽牛子塚古墳の事例を、室内・原位置試験と浸透・安定解析を組み合わせることによって検討し、降雨による墳丘の崩壊メカニズムを明らかにした。また、地震による墳丘の動的挙動と不安定化については、高松塚古墳についての三次元動的解析[5)]、遠心力載荷実験による模型実験と数値解析によって検討された研究事例[6)]がある。いずれも地盤工学の知見を活かした研究であり、古墳墳丘の安定性評価に力学的な裏付けが為されたという点で一歩前進したと言えよう。

次に、埋葬施設となる石室に装飾や壁画がある場合、雨水や地下水の浸透や、それに起因する植物や菌類の発生と増殖によって汚損されるというトラブルが考えられる。また、特に磨崖仏など岩石表面に遺跡がある場合には水が蒸発する際に結晶化した塩類が析出し、岩石を傷めてしまうため、結果として遺跡にも深刻な被害が生じるという問題も多く発生している。磨崖仏を対象とした塩類析出のメカニズムと対策についてはKiriyama et al.[7)]によって報告されている。この種の問題に対しては古墳墳丘内部への雨水浸透を抑制する、すなわち水も

れを防止する対策が必要となる。比較的簡便で効果的な方法として、ブルーシートで覆う、防水シートを内部に仕込むなどの対応がある。これらは緊急避難措置としては必要であり、一見良さそうであるが、自然降雨による水分供給と蒸発散によって適切な含水状態を保っていた墳丘土をシートで覆ってしまうことにより、この水分のやりとりを阻害してしまうという副作用が生じる。水分が供給されないことによって墳丘は乾燥に向かう。土は適度な含水比を持つことでそれなりの強度を発揮するが、砂分が卓越するような土質材料は、乾燥すると土塊としての一体性を喪失して崩れてしまうため、シートによって墳丘を覆うタイプの対策は長期にわたる保全方法としては適さない。つまり、豪雨は避けたいが水分供給は必要であり、地盤表面からの水分蒸発散も妨げてはいけない。我々はこの両方を満足する解を与える手法を提示しなければならない。これについては、細粗積層構造を墳丘に採用することにより、その境界で両方の土質材料の水分保持特性の違いを利用した遮水構造（キャピラリーバリア）を発現させるという手法が有効である。澤田ら[8]は模型土槽実験と不飽和浸透流解析に基づいてこのメカニズムを説明し、実際に大分県日田市のガランドヤ古墳の石室保全に適用されている。

第三の課題として、埋葬施設空間の温湿度管理があげられる。埋葬施設である石室に装飾他壁画がある場合、雨水浸透を制御する必要があるのと同様、内部の温湿度についても望ましい状態にコントロールしなければならない。この問題については土の熱的性質が重要な役割を担うことになる。土質材料は比較的断熱性にすぐれた材料であり、石室を土で構築された墳丘で覆うことによって外気温の変動の影響を緩和することができる。高松塚古墳で計測されたデータによれば、外気温の最低、最高を記録するのが２月と８月であるのに対し、石室内温度は約３ヶ月遅れて５月に最低を、11月に最高を記録することがわかっている[9]。こうした時間軸に対する温度の位相のずれは墳丘土厚さに依存する。澤田・三村[10]は土の熱伝導率を実験によって求め、内部に石室を有する地盤モデルを用いた数値解析により、石室内部の温度と外気温の関係が、主として墳丘層厚に依存することを示し、解析結果は高松塚古墳の実測データを妥当に評価できることを明らかにしている。これにより、石室内に温度変化に起因する結露の発生機構が説明され、望ましい石室内環境を保持するためには適切な層厚の墳丘で覆うことが有効であることがわかった。結露はカビ発生の要因となる石室にとっては好ましくない現象であるため、できる限り発生させない工夫が求められる。前出の日田市・ガランドヤ古墳では、石室を守る覆屋を土で覆う形で墳丘を復元しているが、結露防止に必要な層厚が覆屋構造の許容値を超えるため、内部に断熱シートを挟み込んで層厚を減じつつ同様の断熱効果が得られるように設計施工されている。

以上述べたように、歴史的地盤遺跡である古墳を保全するにあたり、現地で保存すべきであるという哲学を可能にするためには、地盤工学に基づく力学的な裏付けが必要であり、それらを大別すると、①墳丘の力学的安定性、②雨水や地下水の墳丘内部への浸透制御、③墳丘内部の埋葬施設である石室内の温湿度制御の３つの課題があり、それぞれについてどのように対応すべきであるのかについて説明したように、必ずしも十分とは言えないものの、学術的にも技術的にも、実用に適用することができるレベルには到達しつつあるのが現状である。

３．高松塚古墳の調査に関連して得られた知見

歴史的地盤構造物の保全が社会的に大きく注目されたのは、奈良県高市郡明日香村の高松塚古墳の壁画がカビの発生によって退色や汚れによる被害を受け、結局原位置保存を断念し、解体した石室を墳丘から取り出し、外部の保存施設に移してクリーニングを中心とした補修を行うに至った事象であろう。本章では、高松塚古墳を事例として、歴史的地盤遺跡の保全が抱える問題を具体的に論じる。

1972年３月21日に奈良県高市郡明日香村において、内部の石室壁面に極彩色の壁画を有する高松塚古墳が発見された。古墳は1973年に特別史跡に、壁画は1974年に国宝に、出土品は重要文化財に指定された。その後、間接空調施設を南側墓道部に設置し、従来の方針に基づいて原位置で保存されてきた。発掘調査報告書[11]には、発見当初から石室内にはカビの発生が認められ、適宜対策が採られてきたが、1980年に大量のカビが発生し、対応に追われた事実が記載されている。

高松塚古墳は７世紀末に構築された終末期古墳に属し、二上山起源の凝灰角礫岩を切り出した16枚の石材を、４枚の床石、東西３枚ずつの側壁、北側の奥壁、４枚の天井石、南側閉塞石に組み合わせた石槨のまわりを、花崗閃緑岩起源のマサ土を締め固めて構築した墳丘で覆った構造を有している。石槨は内法で奥行き2.65m、幅1.03m、高さ1.13mの大きさで、石材壁面内側に塗られた漆喰上に極彩色の壁画（四神、日像、月像、男子群像、女子群像、星辰）が描かれている。その後の発掘調査によって墳丘は一層あたり数センチの厚さで丁寧に仕上げられた版築と呼ばれる積層構造を有しており、同時に地震痕跡と思われる無数の亀裂が縦横に広がる傷んだ状態であることが確認された[12]。現地保存の継続の是非が「国宝高松塚古墳壁画緊急保存対策検討会」において検討され、漆喰の粉状化が限界まで進行していることとカビを原位置環境では完全に除去できないという結論に至り、平成19年４月から５月にかけて石室を解体して外部の保存施設に移され、カビの除去、石材の保護などの保全措置がとられることとなった。石室解体時の石材の吊り上げに際し、クレーンの設置、クレーンの基礎となる墳丘の支持力検討が必須となるため、極めて例外的に墳丘本体の地盤調査が行われた[2, 12]。墳丘上からの地盤調査は墳丘の西側、北側、東側の３カ所で実施され、一連の物理試験、強度を求めるための力学試験、原位置における孔内含水比・密度検層、PS検層試験が実施され

た。詳細は、文献（2）、(12) を参照されたい。高松塚古墳の墳丘土の粒度分布を、各地の古墳墳丘土と比較して**図1**[13] に示す。高松塚古墳の墳丘土は細粒分含有率がおよそ40％で締固めに適したマサ土である。また、いずれの古墳も細粒分を多く含み、粒度の良い土で構築されていることがわかる。当時の技術者も締固めによって墳丘を構築するのに適した土質を経験的に認識していたものと考えられる。

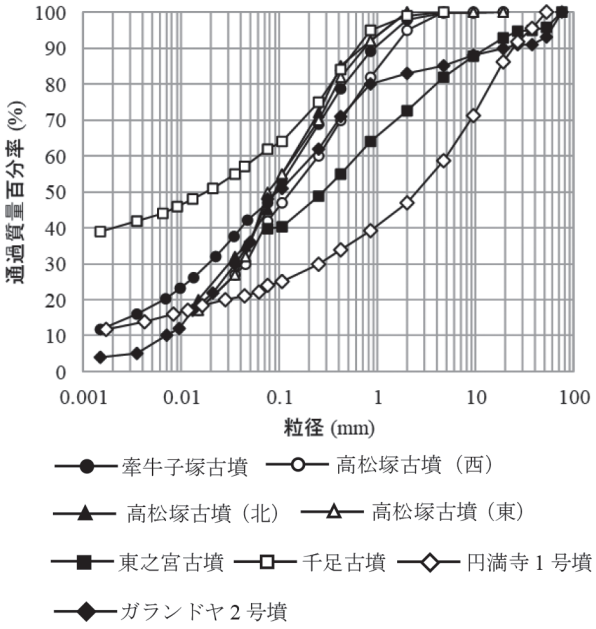


図1　各地の古墳墳丘構成土の粒径加積曲線[13]

次に、墳丘から採取した試料の一例[2, 12] をコア密度測定結果と併せて**図2**に示す。同図より、墳丘試料に明確な水平の層構造が認められ、版築と呼ばれるものである。高松塚古墳のような終末期古墳は規模が小型化する一方で締固め構造はより精密になる傾向があり、RIコア密度測定結果からほぼ５センチピッチで密度の山と谷が交互に現れている。これは搗き棒で締め固めた時に搗き棒があたる面では高密度化し、たとえ５センチであっても撒き出し層下部では締固めエネルギーが分散することによって密度が低下する[2]。この結果により、古代の土木技術者による締固め盛土の構築の手法の一端を垣間見ることができる。発掘調査を進める中で、十字に畦を残して鉛直壁面を観察できる形で四方を掘り下げたところ、**写真1**に示すような、幅が最大で20～30cmの地割れや無数の亀裂が墳丘内部で確認された。乾燥収縮や地震外力による変状と思われる。こうした地割れを木根が選択的に墳丘内部深くに侵入している様子も認められる。雨水や虫類は、こうした大規模な地割れに沿って十分移動可能で、石室内にその痕跡が認められるのも頷ける。ボーリング孔内のPS検層では100m/s前後の低速のＳ波速度が得られており[2, 12]、こうした亀裂に富んだ内部構造を反映したものであると考えられる。このように、石室内部の壁画の劣化に大きな注目が集まっていた

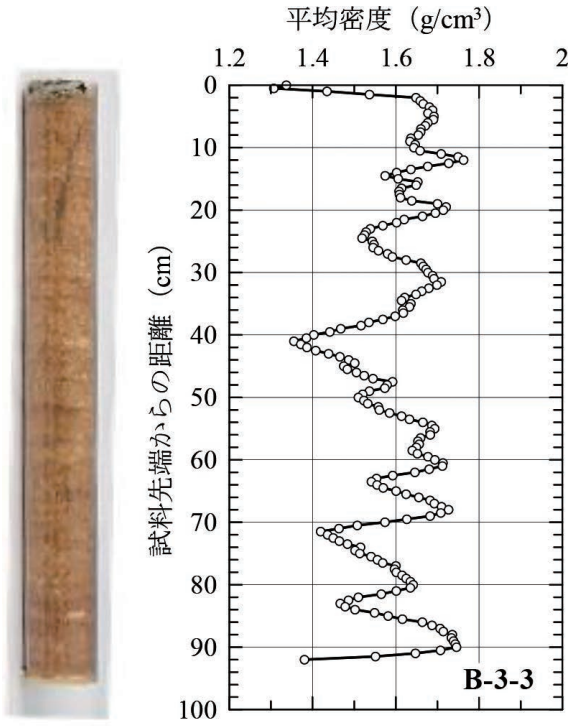


図2　高松塚墳丘土の版築構造と密度分布[2, 12]



写真1　高松塚古墳墳丘調査時に見つかった内部の地割れと亀裂（平成18 年10月26日撮影）

が、実は表面からはわからない墳丘自体の構造劣化も同じように深刻な状態であることが調査によって確認された。

石室の解体と石材の取り出しにあたっては、一連の原位置試験と**図2**に示すような乱れの少ない試料を用いた室内土質試験結果によって求めた土質定数を確定した。石材を吊り上げる際に用いるクレーンの足場が墳丘掘削部内に設けた小段に設置されることになり、上界法に基づく墳丘地盤の支持力検討を行った[14]。同時に亀裂の入った天井石については、吊り上げ時のすべりと回転に対する安定性評価も別途実施した。これらの詳細は文献14）を参照されたい。こうした地盤工学的検討に基づいて石材吊り上げ・取り出し時の安全性を確認した後、16枚の石材は無事墳丘外に取り出され、保存施設で修復と

クリーニングを行って、現在に至っている。

以上、簡単にカビの大量発生から石室解体・石材取り出しまでの経緯を説明した。この壁画レスキュープロジェクトには地盤工学の知見が不可欠であったことがおわかりいただけると思う。大変不幸な事象であったことは論を俟たないが、その危機が異分野協働の必要性と効果を証明したこともまた事実である。

4．おわりに

歴史的地盤遺跡の保全対策を話し合う検討会等は、考古学や歴史学という文化系の専門家、保存科学という文理融合分野の専門家との協働ということになる。それぞれ背負っている学問体系や思考過程、価値観などが大きく異なる分野の専門家の合意をとって事を進める必要があり、地盤工学会の委員会とはかなり異なる空気の中で議論を戦わせなければならない。対象としている歴史的地盤遺跡に対して保持すべき価値（真正性）は何かを確認し、価値のあるものであってもより価値のあるものを守るために犠牲にせざるを得ない要素はどう取り扱うのかといった議論を経て、実際の保全対策立案となるわけである。地盤工学の専門家としては、地盤工学的見地に則って保持すべき価値についてしっかりとした見解を持っておく必要がある。古墳で頻繁に議論になる問題は、元々はしっかりとした締固め構造を有していた表層部分が風化や草木との相互作用によって土壌化し、安定性を喪失している場合の取扱いである。検討対象が構造物の場合、改修時に、柱や梁、瓦などの部材が劣化して使えない場合は、良質な同種の材料で置き換えることが行われる。土も同様に考えれば、墳丘の部材として劣化した部分は同種の土で置き換え、地盤工学的に健全部と調和のとれた密度・構造に仕上げることによって、力学的安定性を確保しつつ、古墳のもつ本質的価値を喪失することなく保全できると考えるべきではなかろうか。

原位置に屋外露出している歴史的地盤遺跡は、豪雨や地震という自然による外力を受けて破損することも想定しなければならない。2016年熊本地震では、九州に点在する装飾古墳の多くが被災した。筆者の知る限り、最も深刻なのは上益城郡嘉島町の井寺古墳である。埋葬施設の石材が倒れ、石室に入るための扉にもたれかかるように変状しているため、内部に立ち入ることができない状態である。わずかな空隙を通すことができる寸法の棒の先に搭載した小型カメラで内部を観察したところ、石材積層構造で構築されている石室が内部に孕み出し、多くの石材が崩落していることがわかっている。どのように修復するのかについては現在進行形の課題であるが、石室を覆っている墳丘の一部を除去して石室を修復する案も排除しないという前提で検討しなければならない。また2018年７月の豪雨災害で、岡山市・造山古墳で数カ所のすべり崩壊が起こった。露出した地山部分は予想以上に風化が進んで傷んでおり、そのまま盛土で成形しても構造的に安定を保てないばかりか、崩壊が墳丘の内部に進行する可能性も懸念されている。その場合、ふとんかごのような簡易擁壁構造を採用して崩壊部の深部への進行を抑え、墳丘自体の安定性を確保するといった真正性に抵触するような抜本的な構造変更が課題となる。墳丘裾に張り付くように取り囲んでいる住宅への安全性を確保することが喫緊かつ最重要であり、理想と現実の狭間での決断が求められている。このような場合、我々は地盤工学の見地から技術的な裏付けのある対応策を提示しなければならない。短期的には、修復前の状態に戻すことができる可逆的で積極的な土木工学的対応で破壊と災害を抑え、長期的には保持すべき価値を保持する形での整備を別途考案することになる。その場合であっても、やはり技術的裏付けは必須であり、地盤工学の果たす役割は大きい。

参考文献

1） 土木学会：軟岩の調査・試験の指針（案）−1991年版−, 124p, 1991
2） 三村 衛・吉村 貢・金田 遙：高松塚古墳墳丘の構造と原位置試験および室内試験による地盤特性評価に関する研究，土木学会論文集C，Vol.65, No.1, pp. 241−253, 2009
3） 三村 衛・吉村 貢・寺尾庸孝・豊田富士人・中井正幸：史跡昼飯大塚古墳の復元と整備に関する地盤工学的検討，地盤工学ジャーナル，Vol.6, No.2, pp. 141−155, 2011
4） 澤田茉伊・三村 衛・吉村 貢：地盤工学に基づく降雨時の古墳墳丘斜面の安定性評価に関する検討，自然災害科学，Vol.33，特別号，pp.87−99, 2014
5） 三村 衛・長屋淳一・石崎武志：動的解析による高松塚古墳の損傷要因の検討，保存科学，第50号，pp.13−22, 2011
6） 澤田茉伊・Enkhtuvshin，T.・三村 衛：古墳墳丘の動的挙動特性と地震による破壊メカニズムに関する研究，土木学会論文集C，Vol.74, No.3, pp.374−387, 2018.
7） Kiriyama, K., Wakiya, S., Takatori, N., Ogura, D., Abuku, M. and Kohdzuma, Y.: Environmental control for mitigating salt deterioration by sodium sulfate on Motomachi Stone Buddha in Oita Prefecture, Japan, Proc. 4th Int. Symp. On Solt Weathering for Buildings and Stone Sculptures, pp.118−124, 2017.
8） 澤田茉伊・三村 衛・吉村 貢：キャピラリーバリアを用いた古墳の雨水の浸透抑制に関する研究―キャピラリーバリアのメカニズムに関する実験および解析的検討―，土木学会論文集C，Vol.72, No.2, pp.101−116, 2016
9） 文化庁監修：国宝 高松塚古墳壁画，中央公論美術出版，30p.カラー口絵100p., 2004.
10） 澤田茉伊・三村 衛：覆土を用いた古墳石室内の環境保全―墳丘が石室の室温変化と結露に与える影響―，土木学会論文集，C，Vol.73, No.4, pp.368−381, 2017
11） 文化庁・奈良文化財研究所・奈良県立橿原考古学研究所・明日香村教育委員会：特別史跡高松塚古墳発掘調査報告，221p.（図版87p.), 2017
12） 奈良文化財研究所：高松塚古墳の調査―国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討のための平成16年度発掘調査報告―，62p., 2006
13） 澤田茉伊：地盤工学に基づく歴史的地盤構造物の修復と保存に関する研究，京都大学博士論文，136p., 2016
14） 三村 衛・吉村 貢：高松塚古墳石室解体に伴う石室石材および墳丘版築地盤の安定性評価について，土木学会論文報告集C，Vol.65, No.3, pp.597−608, 2009

城郭石垣の保存と地盤工学

Preservation of castle stone walls and
application of geotechnical technology for their stability improvement

(協)関西地盤環境研究センター 顧問
西 形　達 明

1．はじめに

2016年４月に発生した熊本地震によって、我が国の代表的な名城である熊本城が未曽有の被害を受けたことは記憶に新しい。しかし、貴重な城郭石垣が、地震や降雨などの自然災害によって崩壊した事例は過去に数多くあり、取り立てて珍しいことではない。「我が国の城郭石垣は、古来の伝統技能により構築され、優美な形状をもつと共に非常に高い安定性を有している…」という通説は本当であろうかと疑いたくなるほどである。石垣が大きな変状をきたしたり、ときには崩壊したりする度に、地味な修復作業が綿々と続けられてきたことが、あまり知られていないだけなのである。

石垣の修復にあたっては、対象とする城郭石垣がもつ文化財としての本質的価値を明らかにし、これを保存することが第一の目標とされる。その本質的価値とは[1)]、

①歴史の証拠（時代性、精神性）としての価値
②伝統技能による安定した構造体としての価値

の２つにあるとされる。我々工学を専門とする輩には何とも理解しにくい内容ではあるが、何はともあれ、この２つの価値を保存するための調査がなされ、その後に修復方法の検討を行うことになっている。そして、その方法には、以下の２つの条件が課せられる。

①原状を尊重し、必ず元あった状態に復すること（authenticity）。
②新たに手を加える場合（例えば、石垣に補強を施す場合）には、必ず元の状態に戻すことができる方法を用いること（reversibility）。

ただし、①における元あった状態とは、石垣が構築された当初の状態なのか、それとも崩壊直前の状態なのか、などの問題があり、これについては文化財保存を専門とする研究者の中でも意見が分かれている。②の元の状態に戻すことができる方法には、伝統的な技法がいくつか認められているようであるが、地盤工学側から提案できるような近代工法については全く触れられておらず、余程の理由がない限り、その適用は難しいといわざるを得ない。

このような状況の中で、熊本城の石垣が極めて大きな被害を受け、大きなニュースとして取り上げられることになった。今後、熊本城では石垣の文化財としての価値の保存と、より安全性の高い石垣の再構築という２つの課題を克服しうる手段を模索しながら、復旧作業が続けられるものと思われる。石垣構造は本来、地盤構造物であることを考えれば、その復旧には地盤工学がより積極的に寄与していかなければならない。本稿では、貴重な文化財でもある石垣の保存と活用という立場から、地盤工学がどのような姿勢で技術提案をしていけば良いかについて考えてみたい。

2．城郭石垣の構築技能

我が国の城郭石垣は**図１**[2)]に示すような構造を有しているが、その特徴を列記すると以下のようである。

①築石、栗石、背面土（盛土、地山）からなる複合構造物である。とくに地震時にはこれらの材料の相互作用が石垣全体の挙動に影響を与えるものと考えられる。
②築石に使用される石の奥行きは60～100㎝のものが多く、先細り形状を有している。築石と築石のすき間には「間詰石」や「かい石」と呼ばれる石が配置されており、これらの石の調整によって、石垣の安定性を高めると同時に、優美なそり形状を生みだしている。何らかの原因でこれらの石が緩むか欠落すると、築石部の剛性が低下し、変形の進行につながりやすくなる。
③角石部はほぼ直方体の巨石を用いた算木積み技法により構成されており、築石部に比べてはるかに剛性が高い。このような剛性の異なる部分が混在することが石垣の構造体としての挙動をより複雑にしてい

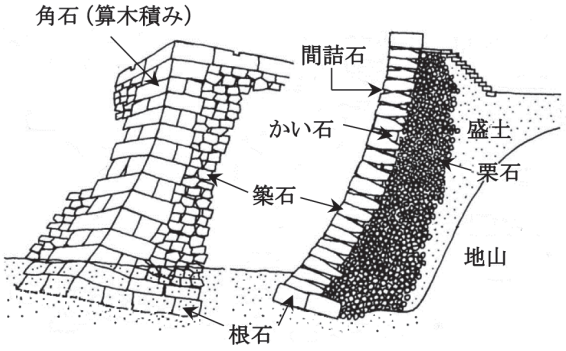


図１　城郭石垣の構造と各部の名称[2)]



(a)野面積み　　(b)打ち込みはぎ

写真１　城郭石垣における石積み技法

る。

これらがすべてではないが、いずれの特徴も石垣を工学的に取り扱ううえで、厄介なものばかりである。とくに、細かい伝統的な石積み技能にかかわる部分の工学的な表現には非常に難しいものがある。

写真１は築石を積み上げる技法を示したものであるが、２つの技法ともに、築石と築石の接触は面接触ではなく点接触であることがよくわかる。また、最近では「野面積み」という用語がマスコミでもよく使われるようになっているが、本来の野面積み技法は多岐にわたり、その内容については文章化するどころか言葉で説明することすら困難なものらしい。しかし、実際の城郭石垣の積み直し作業を見ていると、不安定化の原因となった箇所を修復しながらも、積み直し前の石垣と寸分違わない状態に戻されていることは驚嘆に値する。このような技能が何百年にもわたって連綿と伝承され続けていることには心打たれるものがある。

図２は個別要素法による石垣モデルの作成例である[3)]。積み石の形は野球のベース状の形としているが、これ以上、実物に近い複雑な形にすると、石垣モデルそのものを自立させることが困難になる。ここにも石積み技能の奥深さを痛感させられるところがある。図の石垣の真ん中あたりに、少し小さめのほぼ正方形の石が配置されているが、これは実際の積み石の大きさを忠実に表現したためである。このモデルに周波数0.5Hz、加速度200galの地震波を作用させてみると、下図に示すように、中央の小さい積み石のところで石垣が折れるように崩壊した。そこで、地盤の強度定数を変えていくつかの計算を試みたが、その結果は変形量にこそ違いが見られるものの、崩壊場所と崩壊形状には全く変化が見られなかった。このことは、石垣の安定性には個々の築石の大きさや形状が大きく影響を及ぼすことを示唆している。もし石垣の中に何らかの弱部が存在すると、それが変状を起こす大きな原因になりうるということである。石垣の変形や崩壊の原因が背面土や根石下の基礎地盤の強度不足と判断されることがよくある。この判断のすべてが間違いであるとは言えないが、実は局所的な築石の形状や積み方そのものが原因になっている可能性があるということである。このことこそが我が国の城郭石垣の本質的な特徴であるように思える。石積みの局所的な状態まで詳細に調査することが難しいことも事実であるが、石垣の安定性に及ぼす石積みの技能の影響なるものを改めて考

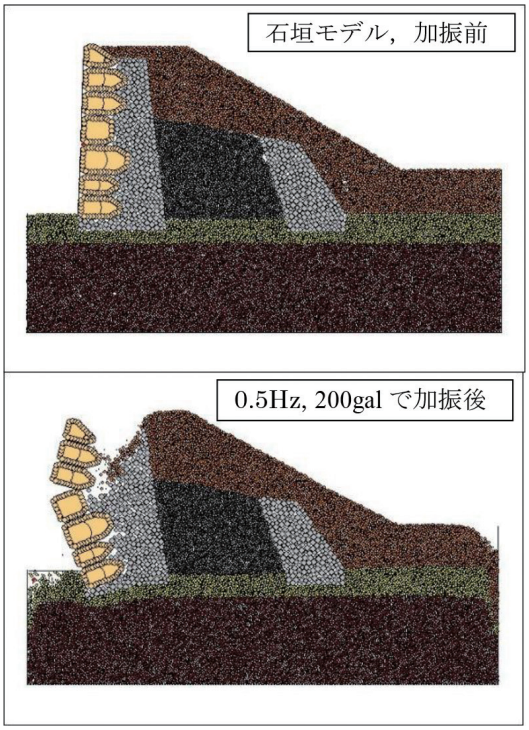


図２　個別要素法による築石の表現

えてみる必要がある。

一方で、前述したように、伝統技法としての石積み技能が工学側の人間にもわかるような形で説明されていない状況下では、石垣の安定性評価に際して、我々が工学的な議論をすることが難しいという側面もある。現在、石積み技能者らの集まりである文化財石垣保存技術協議会において、石積み技能の認定制度を確立しようとする動きがある。このためには、伝統的な石積み技能を文章化する作業も実施されるものと思われる。また、上記の協議会が主催し、文化庁が後援する全国城跡等石垣整備調査研究会が年に一度開催されており、この中で城郭石垣の修復事例や技能上の問題点が報告され、文化財としての石垣保存の考え方や、石積み技能者の生の声を聴くことができる。残念なことに、現在のところ地盤工学会からの参加者が非常に少ないのが実情であるが、このような場で地盤工学側からの多くの意見が示されることで、経験を基にした石積み技能を、理論に基づく石積み技術に近づけることができるのではないかと思われる。

３．文化財石垣の保存と地盤工学

熊本城が被災して２年半が経過し、現在は天守周辺の復旧が進められており、2019年10月の天守の修復完了を目標としている。その復旧基本方針の中の主なものは以下のようである。

①文化財的価値を損なわない丁寧な復旧を進める。
②耐震化など安全対策に向けて最新技術も取り入れた復旧手法の検討を行う。
③「100年先の礎づくり」として、未来の復元整備に繋がる復旧を目指す。

主たる方針は、文化財としての修復、すなわち忠実に崩壊前の状態に戻すことにあり、現在進められている天守部の修復は、基本的にはこの方針で進められている。今後、残された大量の崩壊石垣に対する修復事業が始まるが、その中では、②で謳われている石垣の耐震化（安定性）の向上と安全対策として、近代技術の適用をも眼中に入れた修復方法が検討されるものと思われる。

では、石垣の修復に対して使用実績のある地盤工学的な工法には何があるのかを考えると、意外にその種類は限られている。崩壊した石垣に対しては、図３に示すように、

①背後の盛土部の固化安定処理。

②ジオグリッド敷設による盛土補強工法。

がある程度である。しかも、文化財である石垣に対してこれらの手法を用いることが常に容認されているわけではない。まずは石垣の本質的価値を調査検討したうえで、適用の可否が議論される。また、盛土部の固化材には石灰系の使用は認められるが、セメント系の固化材はほぼ認められない。ジオグリッド補強については、敷設は栗石層と盛土内とし、端部は定着せず自由端としている。したがって、設計におけるジオグリッドの役目は、通常の引張り補強材力による引き留め効果ではなく、地震時の土圧軽減効果という概念で導入されることが多い。また、ジオグリッドと築石はアンカーされていないことから、石垣そのものを補強するものではないことは確かである。さらに、崩壊には至らず、はらみ出し等の変形が生じた石垣を解体することなく補強する工法はほとんど見当たらない。一部に石垣への鉄筋挿入工法の適用も試みられているが[4]、施工条件の制約や、文化財である石垣に鉄筋を打ち込むことへの抵抗もあり、その適用事例はまだ数少ない。

熊本城の被災状況を見たとき、石垣が地盤構造物である以上、安定性に優れた石垣を再構築すべきであると考えるのは、地盤工学に従事する者にとって当然の成り行きであろう。石垣の安定性の確保のために工学的な判断を強く主張しなければならない場面があることも事実である。しかし、一方で対象が貴重な文化財であることを尊重し、その価値を後世まで守り伝えることを優先的に考え、文化財担当者にも納得しうるような対策手法を提案するという姿勢も必要である。非常に難しい作業ではあるが、これを成し遂げることができるのは地盤工学だけであることは間違いない。

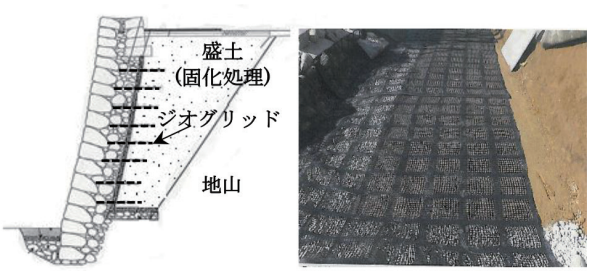


図３　石垣の安定化手法

４．文化財石垣の活用と地盤工学

近年になって城郭遺構を保存すると同時に、都市の再活性化のための要素として有効に活用しようという動きがより活発になっている。活用のためには、城郭構造物や石垣の安定性と安全性を確実に担保しなければならない。貴重な天守閣をもついくつかの城郭では、その耐震診断を実施し始めているが、このとき問題になるのが、天守を支えている石垣の安定性である。石垣にはできるだけ手を付けないという文化財側の主張もあって、石垣については取りあえず今後の課題とするという計画で耐震診断が開始されている。しかし、熊本城の状況を見たとき、石垣の耐震診断こそが重要であって、これ無しには天守の耐震性はあり得ないという意見が出るのはごく自然なことである。

そこで、文化庁でも石垣の診断を実施すべきであるとの方針を立て、現在のところ暫定的ではあるが、次のような２つの手法が提案されている。

①石垣をもたれ擁壁とみなした安定計算。

②数値計算（FEM, DEMなど）による地震応答解析。

①の方法は手軽に実施でき、石垣の安定性の良否をわかりやすく示すことができるという利点がある半面、複雑な構造をもつ石垣を一様な擁壁とみなすことの問題点や、高さ10m以上にも及ぶ石垣への適用の可否などが問題となる。②は、地盤工学としては、その適用に大きな興味を感じるものの、内部構造が未知であることの多い石垣を対象とした場合には、結果がどうしても定性的なものに留まることが問題点であろう。いずれにしても、帯に短し襷に長しの感があり、現在の工学の知識では石垣の地震時の安定性を精度良く評価することが難しい状況にあるといわざるを得ない。

石垣の安定性に対する定量的な評価が難しいとなれば、城郭の活用のためには、石垣の安全性の確保を重視せざるを得ないことになる。すなわち、図４のような対策手法が検討されている。(a)は見学通路をある一定の距離に離す方法で、立地条件に余裕のある城郭では対応策としてすでに実施されているところが多い。通路の離隔距離については、過去の地震によって崩壊した石垣石の転石距離が石垣高さにほぼ等しいという実績に基づいて、石垣高さを基準にして決めているケースが多い。(b)

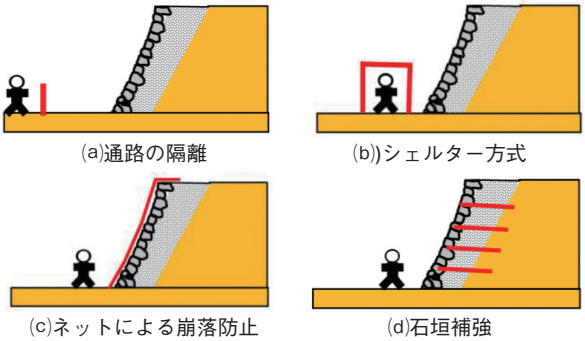


図４　石垣の安全対策

のシェルターには鋼製の骨組み構造が用いられるため景観上の問題が大きく、現在のところ使用実績はない。しかし、(a)と同じく石垣に全く手を触れることなく対応が取れることもあって、通路が狭く見学者の逃げ場のない箇所では有効な対策方法であると考えられている。

(c)と(d)の対策法は、いずれも石垣に何らかの変更を施さなければならないという点では、同じグループに属するものである。(c)では、ネット固定のためのアンカーが文化財を傷つけることになるということで、仮設的に使用されることはあるが、長期的な安全対策として使用されることは少ない。しかし、より良いネットの材質や色彩を考えることができれば、比較的安価にできることもあって、使用の可能性の高い安全対策法であると考えられる。最後に(d)の補強工法は、前述したように、その耐震性の定量的評価が難しいこともあって、見学者の安全を十分に担保しうる手段であるとはみなされていない。しかし、石垣の安定性を向上させることで、石垣の崩壊の危険性を小さくし、文化財を守るという意味では重要かつ有効な方法であると考えたい。今後の石垣補強に関する研究の向上と同時に、文化財側への理解を求めていく努力が必要である。

次に、城郭石垣の維持管理については、石垣カルテ[1)]と名付けて、石垣の文化財としての調査と併せて劣化の状況を記載する作業がなされている。しかし、文化財としての調査が中心で、継続的な変状調査を実施しているところは少なく、単発的な調査で終わっているところが多いようである。盛土部や根石周辺の土質調査や、栗石層の粒度と締固め密度など、可能なかぎり地盤調査の結果もカルテに含めるべきであると思われるが、そこまで至っていないのが実情である。

石垣カルテは、あくまでも石垣の現状の記録であり、将来の長期的な石垣の管理計画について検討している城郭はほとんど見当たらない。石垣が斜面構造物であると考えれば、道路のり面の点検要領[5)]などを参考にして、定期的な石垣の安全性の管理を実施すべきであると思われる。**表１**は、不完全なものではあるが、道路のり面の点検要領を参考にして、石垣点検のための評価と対策方法を示した例である。このような形で、石垣の解体積み直しや補強対策に至るまでの石垣の状況評価基準と各々の対策手法を準備しておくことも重要であろう。

５．おわりに

筆者がいくつかの城郭の修復に従事している中で、日ごろ感じていることや、文化財である城郭石垣の保存と活用に対して地盤工学が果たすべき役割について思うところを記述させていただいた。熊本城の修復事業が注目を集める一方で、**写真２**(a)に示すように、今にも崩壊しそうな状態で、手つかずのまま放置されている石垣が日本中に数えきれないほど多く存在する。また、(b)のように、まちの主要道路に面して立っている石垣も少なくない。都市の中央部に位置している城郭では、周りに官公庁の機関が隣接していることが多く、このような石垣が崩壊すると、公共の機能そのものが停止してしまうことも問題視されている。

現在のところ、城郭石垣の保存と活用は文化庁や地方自治体の教育委員会、すなわち文化財を管理する側が主体となって進められている。石垣は紛れもない地盤構造物であり、まちづくりのための貴重なインフラである。今後は地盤工学側が主になって、地盤工学と文化財保存側が意見を交換し、互いに協力し合える場を企画していく必要があるものと考える次第である。

表１　石垣の安定性の評価と対応（例）

判定区分		判定の内容	対応
○異常なし		異常なし	－
A		石垣に局所的な劣化が見られる場合	
	A-1	積み石に割れや抜けが局所的に発生	カルテ点検による経過観察
	A-2	積み石間に開きが発生	間詰石の補填等の処置
B		石垣の構造的な不安定化が見られ，今後「危険性あり」に進展する恐れのある場合	
	B-1	石垣にはらみ出しが発生	定点観測，ゲージ等による石垣の変形計測
	B-2	積み石に顕著な劣化が発生．顕著なはらみ出しが発生	はらみ出し量の計測，高度な計測の実施，安全対策の検討
C 危険性あり		第三者被害につながる恐れのある場合	詳細な調査と解析による変状の原因解明，立ち入り禁止等の安全対策の検討



(a)崩壊間近の石垣



(b)生活道路の横に立つ石垣

写真２　救いの手を待つ石垣

参考文献

1）　文化庁文化財部記念物課：石垣整備の手引き，2014
2）　渡辺 武：図解再見大阪城，大阪都市協会，1983
3）　西形達明，笠 博義，西田一彦，森本浩行ら：門跡盛土石垣の版築部の構造と地震時安定性，土木史研究論文集，土木学会，Vol.27, pp.45～51, 2008
4）　笠 博義，西形達明，西田一彦，和田行雄：鉄筋挿入による城郭石垣の補強，土木学会年次学術講演会，Ⅲ部門，2018
5）　国土交通省道路局：総点検要領（案），【道路のり面工・土工構造物編】，2013

世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」の地盤災害と保全に向けた取り組み

Efforts for conservation from sediment disasters at the world heritage
“Sacred Site and Pilgrimage Routes in the Kii Mountain Range”

立命館大学 総合科学技術研究機構
石田　優子

中央開発 関西支社
矢野　晴彦

1．はじめに

近年、激化・頻繁化する豪雨に起因する斜面崩壊の増加が全国的な問題となっているが、文化財においても被害増加が懸念されている。文化財は代替性がなく、地盤災害により致命的な損失を受ける場合もあり、文化財保護において地盤工学の知見が果たす役割は大きい。

本稿では斜面災害により被災した２つの文化財の被害事例を紹介する。１つは複数の斜面災害によって文化遺産そのものの消失や被害を受けた事例であり、もう１つは斜面崩壊によって重要文化財建造物が被災した事例である。これらの被害と復旧を通して得られた課題から文化財の保全に向けて今後取り組むべき事項を考察する。

2．「紀伊山地の霊場と参詣道」の保全の歴史

「紀伊山地の霊場と参詣道」は、紀伊半島に位置する３つの霊場「熊野三山」「吉野・大峯」「高野山」と参詣道で構成される世界遺産である。紀伊半島の温暖な気候と年間約3,000㎜の降水は、霊場の楚となる自然信仰や山岳修行の舞台である豊かな森林を育んできた一方で、多くの土砂災害をもたらしてきた。霊場間と各地をつなぐ「熊野古道」と呼ばれる細い山道は、土砂災害のために度々寸断され、経路の変更を余儀なくされながらも約1200年もの間、人々の祈りの道として存続してきた。参詣道は江戸時代（1635年）に和歌山（中辺路）―新宮（伊勢路）―伊勢間が整備されている[1)]。近年では、昭和52年度（1977年）から「歴史の道調査事業」により参詣道の調査が始まり、史跡に指定することで文化財保護法による保全が図られた。その後世界遺産登録にあたり、古道の両側50mの範囲がバッファゾーンに設定され、歴史的景観保護条例等によって、自然と人の営みが織りなす「文化的景観」の保全が図られた[2)]。三県協議会（三重県、奈良県、和歌山県）による『世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」に関する包括的な保存管理計画』（2005年）では、歴史的な道の復旧（修理）について、保存と活用の両視点からの適切な技術的手法の検討が必要とされている[3)]。災害が発生した場合は、文化財所有者や管理者が所管の自治体、文化庁、国交省、林野庁等必要な機関と協議を行い、可能な限り真正性を保ち、景観に配慮した復旧方法を選定するのが通例となっている。日常の維持管理は、各地域の保存会や道普請等のボランティアを主体として実施されている。

3．熊野古道「横垣峠」の地盤災害と復旧

3.1　2007年の地すべり災害と復旧

熊野古道「横垣峠」は、伊勢方面から熊野本宮大社を目指す参詣道の一部であり、三重県南部に位置する。細い山道（以下、横垣峠道）は、並走する車両通行可能な林道とともに、西ノ峯山を挟んだ２つの集落を結ぶ（図１）。山の下部は泥岩優勢の熊野層群が分布し、上部は神ノ木流紋岩に覆われていて、横垣峠道は地質境界より少し下方の熊野層群分布域を通っている（図２）。神ノ木流紋岩は鉛直方向の節理が発達し、過去の崩壊による巨礫や細礫が横垣峠道沿いの各所に堆積している。熊野層群泥岩は風化が著しく、山側の崩落による崖錐の堆積と谷側の路肩崩落により道幅が狭くなった箇所が認められる。

地すべりは、2007年７月に梅雨の長雨と台風４号を誘

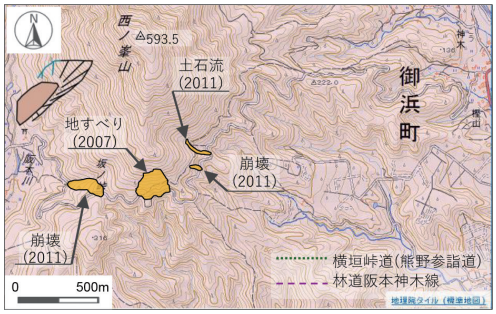


図１　横垣峠崩壊位置図 防災科研「地すべり地形分布図DB（2017）」に加筆

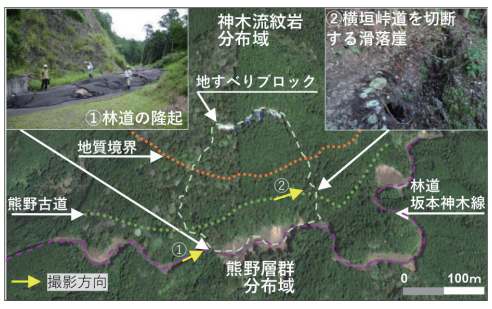


図２　横垣峠地すべり Google earth（2009.4.10撮影）に加筆

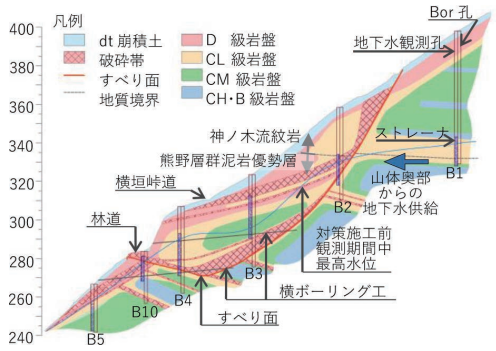


図３　横垣峠地すべりブロック断面図[4] を元に作成

因として発生したとみられ、透水性の高い流紋岩分布域からすべり面沿いの破砕帯を介して浸透した雨水が、受け盤の層理面を座面とした椅子型の地すべりブロック底部に貯留し、跳ね上げ構造状に滑動したと考えられている（図３）[4]。横垣峠道では一部でずれや崩落が生じ、林道では最大約２mの隆起が生じた[5]。三重県は2009年に林道下方斜面に20本、2009から2011年に林道上方斜面に40本の横ボーリングを施工し、地すべり滑動は鎮静化した。2018年８月現在、地すべり発生後から続く横垣峠道の地すべりブロック内通行止め解除に向けて、排土工および地すべり端部が交差する峠道の路肩崩壊に対する復旧作業が進められている。滑落崖頂部の排土工法面は法枠工により安定が図られた。その結果、コンクリート構造物がバッファゾーンに設置されることになったが、コアゾーンである峠道からは見えないため文化財にとって重要な景観は保持されていると言えるだろう。通行止めの長期化は観光客の減少や日常の管理に対する意欲低下を招き、結果として山道が荒廃した。山道は使わなくなると自然回帰していくため、早期に復旧し、活用し続けることが保全にとって重要と考えられる。

横垣峠を管理する地元自治体職員を含む筆者らの研究グループは2015年から地すべりブロック内の地下水位を観測し、対策工施工前の2008年に実施された地下水位観測と併せて降雨―地下水位の応答特性を分析した[6]。現在のところ、横ボーリングの効果は高いことが確認されているが、将来的には集水パイプの目詰まり、破損等の経年劣化による機能損失、近年頻発している想定外の豪雨時の地下水位上昇が懸念される。今後も地下水位のモニタリングを継続し、対策工の効果判定を含めた現対策の妥当性の検証ならびに必要に応じて追加対策工の提案を行うことで、当該地区における文化財被害の再発防止に努めたい。

3.2　2011年の斜面崩壊、土石流災害と復旧

2011年９月の台風12号では、図１に示す３箇所で斜面崩壊と土石流が発生し、横垣峠道と林道が被災した。被災箇所の横垣峠道の幅員は約1.5mで、60cm程度以下の方形に加工された神ノ木流紋岩を用いた石畳が敷設されており、石畳には峠道を斜めに横切る幅20cm程度の排水溝が計画的に配置されていた[7]。これは先人による表面排水工の機能を持つ斜面崩壊への対策工とも考えられる。斜面崩壊はいずれも熊野層群泥岩分布域で発生しており、集水地形の斜面で雨水が泥岩の節理から浸透し、間隙水圧の上昇により崩壊に至ったものと推察される。

東側の崩壊は、流紋岩礫主体の崩積土が表層に堆積する斜面の０次谷付近で発生し、峠道約25mも崩落した。滑落崖の上部はロックボルトと法枠工が、下部は植生基材吹付が施されたが、その後の豪雨により吹付部分の崩壊が進行している（写真１）。横垣峠道の崩落箇所数m手前には通行止めの柵が設置され、迂回路に誘導するようにルートが確保された。このため峠道からは対策後の滑落崖はほとんど見えない。

西側の崩壊では横垣峠道約150mだけでなく林道も完全に流出したため、地域住民の生活道路である林道が優先的に復旧された。景観への配慮等を十分に検討する時間がない中で、バッファゾーンにあたる林道脇の滑落崖には切土後に色粉を混ぜた着色モルタルが、東側の滑落崖には下部に着色モルタル、上部に植生基材が吹付けられ、法尻には石積模様の谷止工が設置された。石畳の石材は崩壊土砂とともに廃棄され、復旧時の再利用は不可能となった。滑落した土塊の一部は残置され、峠道があった位置には記録のために丸太が設置された。残りの崩積土は階段状に盛土して小段に植樹が施された（写真２）。数年後には、樹木の成長により景観向上が期待される一方で、谷止工やモルタル吹付が景観を阻害しており、安全確保と景観保全のバランスが課題となっている。緊急時により良い復旧を行うには、災害発生前により多くの有効な手段を持っておく必要がある。文化財保護の担当者だけでは地盤災害や復旧シナリオを想定することは困難で、地盤技術者の専門知識が必要とされている。

土石流は、谷の遷急線付近で発生した表層崩壊土砂が流動化し谷を横断する峠道約25mを流失させた。跡地には階段状の峠道が新しく整備された（写真３）。新設道は十分に締固められているが、周辺斜面には土石流堆積物が不安定な状態で残存しており、滑落崖には保護工が施されていないため豪雨時の通行には注意喚起し、今後も継続的に監視していく必要がある。

山間部の崩壊は地形の変化だけでなく、鋭く固いトゲのある植物の繁殖や、倒木による見晴らしの良いスポットの出現等、良くも悪くも環境を変化させた（写真４、５）。活用は保全につながるため、フォトジェニックな場所の観光利用や斜面災害の社会学習利用等、被災を活



写真１　東側崩壊地

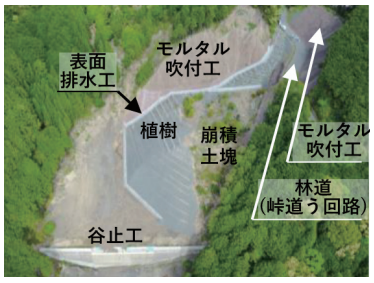


写真２　西側崩壊地

用して来訪者を増やす取り組みが望まれる。また単に観光客を増やすだけでなく遺産の価値を広めることで、参詣道を大切に歩き、道普請等の保全活動への参加を促す等、日常の維持管理を継続することが全長347.7kmもの参詣道を後世に遺すために必要と考えられる。

4．熊野那智大社の保全に向けた取り組み

4.1　2011年台風12号による熊野那智大社の被害状況

世界遺産である熊野那智大社（以下、大社という）周辺では、2011年台風12号の豪雨で、崩壊や土石流、倒木により、社殿の埋没（**写真６左**）、瑞垣の倒壊、門の傾斜、箱棟の破損等が発生した。復旧作業は、社殿等の神域もあるため、神職者およびそれに準ずる神主養成校の学生等を主体として実施された。社殿の後背斜面及び渓流は、石積み及びふとん籠による渓流保護工が行われた（**写真６右**）。渓流の約200m上流側には砂防堰堤が築造された。また、被災した重要構造物等も元の状態に修復された。

大社の被害状況は、2012年～2015年の「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会（以下、想定外委員会という）報告書に整理されている[8)]。大社周辺は地すべり地形を有し、急傾斜地崩壊危険箇所や土石流危険渓流も複数指定されている。豪雨災害に備え、大社では自記式雨量計が設置されており、その記録および当直職員へのヒアリングによると2011年９月４日２時半～３時頃に、時間雨量90mm/h、累積雨量600mm程度の豪雨により、土石流および社殿裏の崩壊が発生したと考えられている[8)]。その後、筆者を含む那智川流域の研究グループは、大社関係者の協力を得て立ち入り制限区域の調査を行うことで、大社裏山の土石流発生のメカニズムを想定し、再度災害の危険性と防災に向けた提言を行った[9)]。



写真３　土石流跡地



写真４　トゲのある植物



写真５　横垣峠道から見える熊野灘



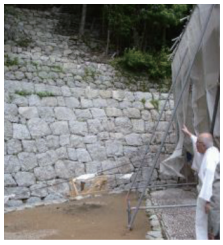


写真６　社殿(第五殿)の被害および復旧
（提供：熊野那智大社）

4.2　大社裏山の現地踏査結果

大社裏山のルートマップと地質断面図を**図４、５**に示す。大社裏山の土石流が発生した渓流は、流末はふとん籠工による対策が講じられている。その直上には、両岸に泥岩露頭が確認できる。泥岩は、概ね新鮮から弱風化した状態で分布しており、泥岩ダイアピルが貫入した箇所が見られる。層理面の走向は、概ね北-南であるが、傾斜は西落ち、東落ちの両者が見られる。その直上流に2011年台風12号時の崩壊と考えられる高さ２mの滑落崖（崖ａ）が確認された（**写真７、８**）。滑落崖はやや締まった崩積土で構成されている。滑落崖の上流側は、渓床に花崗斑岩の巨礫が散在する。これらは苔が付着しているものが多く、近年の動きはないものと推察される。また、渓床の２箇所で花崗斑岩が露出する過去の斜面崩壊跡と考えられる崖を確認した。下流側は低い崖（崖ｂ）、上流側は９mの高い崖（崖ｃ）が形成されている。高い崖の上流側は、緩傾斜地が上流側の砂防堰堤まで連続している。

現在の主流路は、土堤により流路(b)へ導かれ、大社南側斜面の地すべり地の水路工に向かう。大社に向かう流路はないが、緩傾斜地にガリ浸食跡が認められる。ガリ浸食跡はLP図においても数本確認できる。豪雨時には、

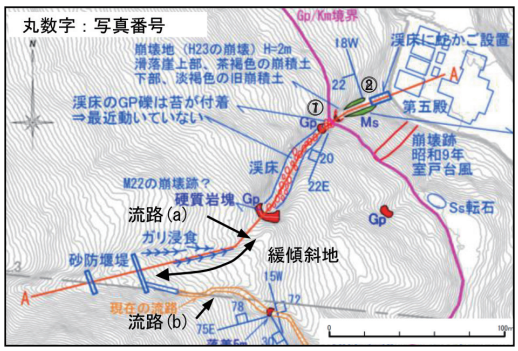


図４　大社裏山のルートマップ

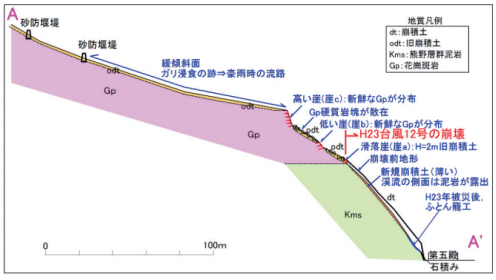


図５　大社裏山-渓流の地質断面図

主流路のみでなく緩傾斜地を多量の雨水が流れ、流路(a)に至っていることが考えられる。

4.3　渓床の現況と大社の防災に向けた課題

渓床の堆積物の状況から、滑落崖（崖ａ）より上流側は2011年台風12号時の土砂の移動は小さく、滑落崖（崖ａ）より下流側の土石が大社に流出したものと考える。また、渓床の地質分布状況から、滑落崖付近に花崗斑岩と熊野層群の境界があると考える。渓床の状況と大社の防災に向けた今後の課題は以下のように整理される（図６）。

①　不安定な旧崩積土（odt）が渓流に残存。

豪雨時の再移動の可能性がある、もしくは可能性が高い土砂である。特に、2011年豪雨の滑落崖（崖ａ）の背面は、旧崩積土（odt）が末端を浸食された形状で分布しているため再活動しやすい。また、渓流には花崗斑岩の巨礫が散在している。

②　割れ目の多い花崗斑岩（Gp）露頭の分布（崖ｂ、崖ｃ）

豪雨時に割れ目に沿う岩盤崩壊発生の可能性がある。

③　大社裏の渓流対策がふとん籠工のみである。

土石流が再発した場合に、大社への流出を止めることができない。土石流の勢い次第では、建物を直撃する恐れもある。今後、2011年台風第12号と同等の豪雨に見舞われた場合、2011年と同等かそれ以上の被害を受ける可能性があるため、土石流対策を講じる必要があると考える。対策としては、谷止工の建設、発生源対策としての崖のロープネット工や巨礫の除去工が有効と考える。ただし、世界遺産の修復という観点から景観に十分に配慮する必要がある。また、山頂付近からの渓流の常時の流路は地すべり地の水路工に向かうものであるが、豪雨時は、大社裏の渓流に多量の雨水が流れている可能性が高い。現在の流路は簡易的な土堤で構築されたものであり、この改築も対策のひとつと考える。



写真７
滑落崖（H23 年災害の源頭）



写真８
滑落崖付近から大社方向

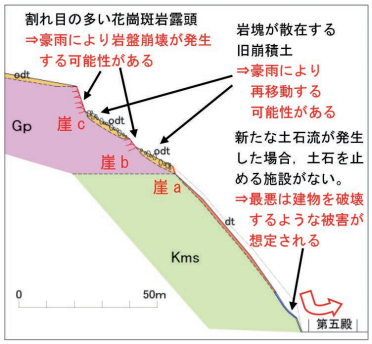


図６　熊野那智大社の防災に向けた課題

５．おわりに

本稿では世界遺産の被害と復旧事例について述べた。災害発生により、１）文化遺産そのものの消失、２）社会資本と同時被災した場合の速やかな復旧による文化遺産の価値保全等の検討時間不足、３）復旧の長期化による観光客の減少や保全意識の低下、４）斜面崩壊による環境の変化、５）神域への立入制限等、宗教施設における特別な配慮の必要性など多様なリスクや課題が存在することが明らかになった。

災害時により良い復旧方法を選択するには、災害シナリオを予め想定し、その文化遺産の価値や真正性を最大限損なわない対処方法を災害発生前から検討しておくことが重要と考える。建築では大規模災害時に被災した文化財建造物に対して技術的支援を行う「文化財ドクター」制度があり、建築家協会が修復塾を、建築士会がヘリテージマネージャー講習を開催し、技術スキルの向上を支援している。安全確保と景観や価値の保全との両立は重要な課題であり、文化遺産サイトにおける地盤災害に対しても、建築と同様に文化遺産の保全に関する知識を持った地盤技術者が支援する仕組みができることが望まれる。先人から受け継いだ文化遺産をできるだけよい保存状態で後世に残すためには、文化財、地盤の専門技術者と関係者の協同が不可欠と考える。

参考文献

１）　川端守・山本卓蔵：熊野古道巡礼のみち伊勢路を歩く，風媒社，p.18, 2015.

２）　小田誠太郎：世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」―その足跡と課題―，調査研究情報誌ECPR，No.1, pp.24-30, 2010.

３）　世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」三県協議会：世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」保存管理計画，プレック研究所，p.8, 2006.

４）　三重県：平成19年度小規模治山事業工事委託「地形測量・地質調査編」，pp.1-1-4.50, 2008.

５）　三重県御浜町：世界遺産熊野古道横垣峠道と林道で大規模な地すべり発生，広報みはま，Vol.461, pp.2-3, 2009.

６）　石田優子・木林幹・古根川竜夫・深川良一：地下水排除工前後の地下水変動特性の分析―世界遺産熊野参詣道「横垣峠」地すべりの地下水位観測例―，日本地すべり学会誌，Vol.55, No.4, pp.18-23, 2018.

７）　三重県・三重県教育委員会：熊野古道と石段・石畳，pp.52-53, 2007.

８）　地盤工学会関西支部・日本応用地質学会関西支部・関西地質調査業協会・中部地質調査業協会：「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会報告書(4)熊野那智大社周辺の被害，pp.272-274, 2015.

９）　矢野晴彦・辻野裕之・谷垣勝久・石田優子・後誠介・田内裕人・本塚智貴・江種伸之：平成23年台風12号に伴う熊野那智大社裏山の斜面崩壊・土石流の実態，kansai Geo-Symposium 2017論文集，pp.250-253, 2017.

関西支部の活動

JGS Kansai Branch
Activity Focus

流域地盤災害研究委員会と国際会議

Research Committee on Geohazard and International conferences

京都大学名誉教授
岡　二三生

2004年に、福井豪雨や兵庫県に被害の多かった台風23号による災害が発生しました。地盤工学会の災害連絡員も兼任していましたので、これらの災害の調査委員会を本部にお願いし立ち上げました。福井の委員会が荒井克彦先生、台風23号の委員会は常田賢一先生にお願いしました。調査はかなり詳細に行われ、2005年５月に報告会を開催することができました。この災害の調査委員会の成果をうけて、平成18年、関西支部の研究委員会として、流域地盤災害の減災技術の構築に関する委員会が立ち上げられ、委員長を務めさせていただきました。この委員会は、地震も含みますが、特に豪雨災害に重点をおいた流域水害に関する地盤工学視点からの研究委員会でした。豪雨時の堤防などの安定問題は地盤工学より水工学の範疇とみられることが多かったのですが、水工学の研究者や技術者の参加をえて、堤防、護岸、斜面崩壊や調査法、モリタリング技術など多方面から研究を進めました。豪雨災害に重点をおきましたが、地震で発生した河道閉塞による天然ダムの問題も新しい問題でした。河川堤防関係の専門家による話題提供や福井豪雨、台風23号による被害の詳細な検討や新しい解析法、浸食などの新しい分野も含めました。2009年の報告書は３編から構成され、第１編護岸と土砂災害では、被害メカニズム、設計法、風倒木被害、第Ⅱ編流域土構造物の解析と対策法・設計で新しい浸透ー変形連成解析法、第Ⅲ流域地盤に関する調査法と維持管理・減災技術ではモニタリングを含んでいます。全410ページの大作です。

今見直しても、過去の被害に関する文献調査、被害調査では、足羽川の越流による破堤、越流を考慮した堤防の解析法など丁寧に書き込まれており、ぜひ再読してもらえればと思います。

さらに、この調査委員会の活動と私が担当していたISSMGEのTC34（現TC103）の活動を考え、地盤工学会、国際地盤工学会の共催で2009年５月に関する国際シンポジウム、IS-KYOTOを開きました。会議名はPrediction and simulation methods for geohazard mitigation（地盤災害の減災に関する予測およびシミュレーション法）で京都国際会議場で、2009年５月25－27日に開きました。その後、能登半島沖地震、新潟県中越沖地震、岩手宮城内陸地震、中国での四川大地震、ミャンマーのサイクロン災害、東日本大震災、2011年の紀伊半島水害、熊本地震、今年の平成30年７月豪雨災害など地震や洪水災害が国内や国外でも発生しており減災技術に関する関心はより高まっています。

次に、2014年９月22－25日、26日の技術見学会まで計算法と地盤力学の進歩に関する国際協会（IACMAG）主催の国際会議を開きました。この会議の目的は、計算地盤力学に関する幅広い分野（計算力学に限らず、モデル化、実験、計測、設計、建設、エネルギー）を含めた広いトピックス）の最近の進歩とその将来について討議することです。この会議は1985年に第４回が名古屋で開かれてから29年目に日本で開かれた会議です。11件の特別講演、16件のMini-Symposium、303件の口頭発表などを行いました。参加者数は457名であり、大学院生などは125名でした。京都大学の村上章先生、渦岡良介先生、木元小百合先生、復権調査設計の中西典明さん、大林組の古屋弘さん、立命館大学の石田さん等には大変お世話になりました。特に、参加者の確保では地盤工学会会員の皆様の格別の配慮をいただきました。特別講演者の選定では、特に若手、中堅の研究者を強く推薦しました。京都市産業観光局の糟谷範子様はじめ暖かい支援を受けることができました。レセプションは京大時計台で開きましたが、京都市の方には美しい着物姿で参加してもらいましたし、祇園ソウドウ東山で開催されたバンケットでは舞妓さんらの踊りもあり、外国人参加はじめ京都らしい時を過ごすことができました。特に、将来を支える若手・学生のサポートをできましたことは大きな喜びです。学会での論文集は2009年のものも含めTaylor&Francis GroupのCRC出版から出版されました。会議で会計は重要な事項ですが、学生参加費を50%としたことなどで薄氷を踏む思いもしましたが、何とか黒字となり、些少ですが残金は学会に寄付させていただきました。新ためて皆様のご支援に厚く御礼申し上げます。

参考文献

1）流域地盤災害の減災技術の構築に関する研究委員会報告書、地盤工学会関西支部、平成21年９月.
2）Prediction and simulation methods for geohazard mitigation, CRC press, 2009,
3）Computer methods and recent advances in geomechanics, CRC press, 2014.

地盤構造物の再生技術に関する研究委員会の報告

Report from the technical committee for renewal technology of geotechnical structures

立命館大学 理工学部 教授
建 山　和 由

１．委員会設立の経緯と目的

20世紀後半の日本は、人々の活動を支える社会基盤や建物などの生活空間の整備に邁進してきた。この結果、日本の経済は著しい発展を遂げ、人々の生活も大きく変わるに至った。この間、地盤工学会は、社会基盤や生活空間の整備を技術的側面から支援すべく、インフラ建設のための技術の整備に努めてきた。それにより、技術的な方法論は示方書やマニュアルとして整備され、インフラを効率的に構築するための方法論はあるレベルまでは確立された。これは、学会活動の大きな成果といえる。

このようにして整備されてきた社会基盤も建設後50年を超える構造物も見られるようになり、それに伴い建設分野に要求される技術は、建設から維持・管理へと移ってきた。長年の供用で所定の機能を発揮することができなくなった構造物や劣化が進行して安全性が低下しつつある構造物に補修・補強を加えて「再生」を図ることは、我が国にとって選択の余地のない施策といえる。

構造物、とりわけ地盤構造物の再生は、技術的には建設よりも高度な技術を必要とする。経年使用による劣化や機能低下の状態は使用方法とともに地域性や環境条件にも依存し、対象毎に様相が異なるため、再生工事では対象とする構造物の劣化や機能低下の状態を診断し、それに対して柔軟で適切な対策を取らなければならないからである。このため、地盤構造物の再生は、構造物を統一的に扱う示方書やマニュアルからはなれ、対象とする構造物毎に診断による状況把握と再生のための適切な方法を選定していかなければならない。この方法論を確立することは、学会の新たな役割といえる。

以上の社会的要請を背景に、地盤工学会関西支部では平成19年６月に「地盤構造物の再生技術に関する委員会」を設置し、構造物の劣化や機能低下の経年変化現象とその計測方法、構造物の劣化状況に応じた最適な再生技術とその選定方法、実用的な施工法と施工管理技術等について約３年間の調査研究活動を行った。

２．委員会の進め方

委員会では、老朽化した地盤構造物の再生技術とともに、社会情勢や設計コードの変更等で機能向上が要求される構造物の再生技術について調査を行うことにした。また、対象とする構造物は純粋に地盤に限定した構造物とともに、埋設管のように本体は地盤ではないが、地盤と関わりの強い構造物にまで広げることにした。具体的には、盛土、切土斜面、埋め立て地盤、下水管渠、トンネル等を想定し、道路、空港、港湾、鉄道等にかかわる構造物について調査することにした。

委員会は産官学の27名の委員で構成され、計20回の委員会とその活動の成果を公表する報告会を開催した。委員会の議論では、地盤構造物を管理する立場として、発注者側の委員から、地盤構造物の再生に関して必要となる技術（ニーズ）の説明を行い、続いて、企業側から、再生技術に関するシーズの紹介を行った。当初は委員による相互の情報交換の場としていたが、より広く情報を得るために委員会外からも話題提供をお願いした。計20回の委員会の内容は**表１**の通りである。

３．委員会の成果

委員会では、「地盤構造物に関わる再生技術は年々進歩しており、技術者は最新の技術を使い、構造物の劣化状況の把握や診断を行うとともに、現場に適した工法で効率的に工事を行うことのできる仕組みを作る必要がある」ことを確認した。このため、再生にかかわる様々な技術を網羅的に整理し、技術者が利用し易いデータベースとして整備すると共に、工事を通じて明らかになった個々の技術の適用性や課題などの情報をデータベースにフィードバックして、技術者がより的確な技術の選択を行うことができるシステムの構築が必要と考えた。

当委員会では、このデータベースとして国土交通省のNETIS（新技術情報提供システム・New Technology Information System）をベースとすることとし、委員が手分けをしてNETISに登録されている技術のうち、地盤構造物の再生にかかわる技術を抽出して、サブデータベースを作ることを試み、その結果は、委員会を閉会するにあたり平成22年７月23日に開催した報告会で紹介した。

残念ながら３年という委員会の活動期間が終わり、これまでの成果のブラシュアップを行っていくことはできなかったが、再生は今後ますます重要な技術として位置づけられていくことは明らかな予見であり、当委員会の成果が何らかの形で活かされることを期待している。

表１　地盤構造物の再生技術に関する研究委員会活動の一覧（※情報提供者の所属は委員会当時の所属を記載）

No.	日　付	内　容	情報提供者	
			所　属	氏　名
1	H19.5.9	・委員会趣意説明、委員会の進め方	立命館大学	建山 和由 委員長
2	H19.6.15	・近畿地方整備局における地盤構造物の現状と対策	国土交通省近畿技術事務所	山本 剛 委員
		・高速道路における再生を要する地盤構造物	西日本高速道路㈱	殿垣内 正人 委員
3	H19.7.11	・関西国際空港における地盤構造物の現状と課題	関西国際空港㈱	鈴木 慎也 委員
		・下水道施設における地盤構造物の現状と対策	大阪市建設局	山本 善久 委員
4	H19.8.6	・鉄道と地盤構造物	ジェイアール西日本コンサルタンツ㈱	山下 茂樹 委員
		・大阪港の埋立地盤	大阪市港湾局	北村 雅敏 委員
5	H19.9.20	・関西国際空港現場見学会	関西国際空港㈱	鈴木 慎也 委員
6	H19.10.17	・自沈・空洞等地盤軟弱部の詳細調査法（NSWS）	㈲K&O corporation	近藤 巧 委員
			㈱大北耕商事	大北 耕三 委員
		・コンクリート構造物の調査技術、構造物劣化・変位のモニタリング技術	中央復建コンサルタンツ㈱	中廣 俊幸 委員
7	H19.12.12	・パソコンでのトンネル情報の可視化について、精密デジタル写真計測	㈱アーステック東洋	丸木 義文 委員
		・地盤調査とその施工事例（トンネル改築工事、シールドトンネル他）	㈱熊谷組	高尾 秀之 委員
8	H20.1.16	・地盤凍結冷却技術の概要と地盤構造物再生への適用事例	㈱精研	上田 保司 委員
		・地盤構造物の再生技術（CPR工法（既存杭基礎構造物の耐震補強）他）	㈱間組	牛窪 健一 委員
9	H20.2.20	・JOG工法（恒久グラウトによるジャッキング工法）について	平成テクノス㈱	有馬 重治 氏
		・LEDS（光る変位計）について	神戸大学	芥川 真一 氏
		・Eagle Eye-Mofix（航空画像を活用した広域法面一括老朽度診断調査）	ライト工業㈱	歳藤 修一 氏
10	H20.6.5	・国道168号線沿いの切土のり面崩壊対策事例 ・主として細粒土で構成された盛土のり面の大規模崩壊対策事例	㈱アスカソイルコーナー	奥野 日出 委員
		・補強盛土工法による能登半島地震復旧工事	前田工繊㈱	竜田 尚希 委員
11	H20.8.6	・盛土地盤のリーチング現象、歴史的土構造物の土性と強度変形特性	㈶関西地盤環境研究センター	中山 義久 委員
		・NSWSによる傾斜測定とその利用方法	㈱大北耕商事	大北 耕三 委員
		・ジオテキスタイルによるボックスカルバートにおける段差解消	前田工繊㈱	竜田 尚希 委員
12	H20.10.9	・粉体充填工法	㈱淺沼組	溝口 義弘 委員
		・水位をNSWSを使用して計測警報する方法	㈱大北耕商事	大北 耕三 委員
13	H20.12.8	・クラックスケール内蔵光波測量器によるひび割れ計測システム	関西工事測量㈱	中庭 和秀 氏 中村 雅宣 氏 交久瀬 麿衣子 氏
		・模擬堤防を利用したケーススタディーについて ・施設見学（交通バリアフリー体験コースおよび土木構造物検査技術研修施設）	国土交通省近畿技術事務所	山本 剛 委員

14	H21.2.2	・河川堤防（試験盛土）のケーススタディ	㈱熊谷組	高尾 秀之 委員
			㈲K&O corporation	近藤 巧 委員
		・高感度磁気センサーによるケーススタディ	㈱間組	牛窪 健一 委員
		・凍結工法によるケーススタディ	㈱精研	上田 保司 委員
		・TRD工法（地下連続壁構築工法）による河川堤防の補強	TRD工法協会	木下 文男 氏
			コベルコクレーン㈱	荒井 良祐 氏 辻本 圭介 氏
15	H21.6.9	・HGC工法（ガスクッションを用いたハイブリッド振動遮断壁工法）	㈱不動テトラ	小松 陽 委員 櫛原 信二 氏
		・NEWS工法の近況報告	㈱大北耕商事	大北 耕三 委員
		・NETIS（新技術情報提供システム）	国土交通省近畿技術事務所	山本 剛 委員
16	H21.10.20	・地盤構造物の補強に関するNETIS技術	各委員所属先	各委員
		・連続波レーダ探査他特殊地下探査技術の紹介	川崎地質㈱	吉田 潔 氏
		・エコバンブーサ緑化工法	㈱インターグリーンテク	水留 稔文 氏
17	H21.12.17	・小断面トンネル・リニューアルシステム工法	三井住友建設㈱	山地 宏志 氏 坂上 清明 氏
		・RC構造物用含浸系表面保護材	BASFポゾリス㈱	佐藤 一也 氏 中嶋 健一郎 氏 池田 耕平 氏
		・NSWSによる道路・盛土・切土調査法提案	㈲K&O corporation	近藤 巧 委員
		・地盤構造物の補強に関するNETIS技術	各委員所属先	各委員
18	H22.2.26	・斜面安定評価における劣化概念の導入	㈱アーステック東洋	丸木 義文 委員
		・NETISの改正	国土交通省近畿地方整備局	山本 剛 委員
		・NSWS中空軸およびBSP	㈱大北耕商事	大北 耕三 委員
19	H22.4.22	・淀川大堰の補修と耐震補強	㈱熊谷組	岡市 光司 氏
		・NSWSによる護岸の空洞調査	㈱大北耕商事	大北 耕三 委員
20	H22.6.24	・管渠更生工法	パルテム技術協会	小沢 和夫 氏
			芦森エンジニアリング㈱	槇本 太司 氏 古田 泰久 氏
		・超多点同時注入工法	日本基礎技術㈱	山下 晃司 氏 赤川 直 氏 松本 直樹 氏 北川 清三 氏
		・NSWSによる岩盤層の深さの確認調査	㈱熊谷組	高尾 秀之 委員
		・NSWSによる試験結果とN値との相関関係等	㈱アスカソイルコーナー	奥野 日出 委員

兵庫県南部地震を後世に伝承するための研究委員会

神戸大学大学院 教授
澁谷　啓

平成21年４月から平成24年３月までの３年間に亘り調査研究活動を行った。本研究委員会は、「地震に対する備えを意識した社会基盤づくりへの地盤工学技術の貢献」を基本テーマに据えた公募により委員を募った。「後世に伝承する」という仏教的生命論に通じるタイトルが技術者魂に響いたのか、15年前（当時）の大震災で、行政マンや民間技術者として神戸の街の復旧・復興のために第一線で心労を尽くされた多くの方々が応募下さった。震災当時に所属していた組織あるいは個人が得た経験、教訓、反省、等を後世の人々に伝承したいとの強い思いがあった。一方、伝承する側の人が応募者の圧倒的なマジョリティーであったため、伝承される側の中堅・若手の行政・民間技術者・研究者にお声がけし、幅広い年齢層の産官学の委員約40名での船出となった。

委員会発足当初、委員会活動の根幹に関わる「何を」、「誰に」、「どのように」伝承するかについて、半年余り喧々諤々の議論を重ねた。委員会が開催され、委員の有志に各人の経験や伝承したい内容を披露して頂く度に混迷の度が増した。一方、私を含めて数多くの委員が、年齢や職務の異なる自分以外の委員の震災経験とその後の取り組みにある種の知的な新鮮さを覚えるようになった。大勢の委員の多種多様な知見の一つ一つを掘り下げ、これらを集積して情報発信する。ようやく最終成果物の漠然としたイメージが見えてきた。

そして年も変わる頃に、つぎのような大方針に従って調査・研究を進めることで合意した。

・地盤工学の範疇にある構造物、災害、現象から乖離しない内容とする。
・耐震技術等のハード面、防災教育等のソフト面の両方を調査・研究の対象とする。
・伝承する対象は、震災を経験していない中堅・若手技術者および一般市民とする。
・一般性のある内容の記述に努め、個人や特定機関の意見に偏向しない。

具体的には、つぎの４つのワーキンググループ（WG）別に活動を開始した。

・地上線状構造物（WG1）：道路、鉄道、河川堤防、港湾構造物。
・地中線状構造物（WG2）：水道、下水道、ガス、通信
宅地・都市地盤（WG3）：宅盤・宅地擁壁の被災事例、建築耐震基準と地盤、等。
・自然斜面（WG4）：地震・地震後の降雨による斜面変動の事例、行政の対応、等。

言うまでもなく減災研究の唯一無二の目的は、人が死なないこととできる限り社会人々の財産を守ることにある。地上および地中線状構造物は、公的機関あるいは公共性の高い民間会社が一括管理するため、ハードウェアの耐震化は比較的進んでいた。一方、宅地および自然斜面は、民間の所有物であり対象が広範囲に及ぶ。資金的な制約も重なり、ハード面での耐震化が遅れているのが現状であった。必然的に、法整備、災害情報の発信、防災教育、等のソフト面を中心にした対応を余儀なくされる。その意味で、他分野の技術者との協同、法整備を含めたソフト面における地盤工学者の主体的な関与が益々重要となってくる。常々、沖村孝顧問（神戸大学名誉教授）が言われるように、減災の達成のためには、ハードウェア・ソフトウェア・ヒューマンウェアが三位一体となった対応が欠かせないことが改めて浮き彫りになり、この点を強く意識して報告書をまとめた。

本研究委員会の最終報告書は、平成24年５月11日に兵庫県民会館で「地震による被害とその教訓に関する講習会」で公表した。特別講演として、風間基樹教授（東北大学大学院）をお迎えし、「東日本大震災における地盤災害と復興への地盤工学的課題」と題してご講演頂き、136名の参加者を得て盛大な発表会となった。

最後に、本委員会の委員の方々の３年間に亘る献身的な活動に改めて敬意を表し、心より感謝申し上げたい。とりわけ、鏡原聖史博士（㈱ダイヤコンサルタント）には、委員会幹事として多くの時間を割いて頂いた。また、委員会活動の終盤で故人となられた南部光広副委員長（当時）、比留井 学 委員そして渾身の情熱を注いでくれた吉田信之委員（故人、元神戸大学大学院）のご冥福を改めてお祈り申し上げる。

神戸の人々にとって、兵庫県南部地震は大試練であった。減災研究が宿命を使命に変える戦いの連続であるとするならば、本委員会活動もその一環であったと強く感じている。全国の地盤工学技術者・研究者さらに一般市民の方々が、本研究会の報告書を読んで参考になった、役に立った、もっと詳しい話を聞きたい、と今でも思って頂ければこんなに嬉しいことはない。

地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性とその対応技術に関する研究委員会

Technical Committee on "The troublesome ground and correspondence technology in underground construction"

㈱地域地盤環境研究所 代表取締役会長
橋本　正

京都大学大学院工学研究科 教授
木村　亮

㈱地域地盤環境研究所 部長
譽田　孝宏

大阪などの大都市では地下利用が進んでおり、輻輳化した地下構造物を避けながらの近接工事や大深度地下での工事が増えるなど、工事の難易度が高くなってきている。一方、大阪近郊の阪神間、京都、滋賀などでは、上下水道、電力、ガス、通信など縦断延長の長いインフラ構造物の築造時において、大礫が卓越する地盤で陥没事故が発生するなど、施工時のトラブルがみられる。

地下建設工事において近年見られるトラブル事例は、均等係数の小さい細砂や大礫などの限定された地盤で発生することが多い。このような傾向は、関西だけではなく、名古屋や東京などの低平地の大都市や、中国上海や台湾などのアジア沿岸部の都市、オランダやイギリスなど類似した地盤特性を有する都市においても同様に見られる。

日本では、インフラ投資の減少により、大規模工事や難工事の計画、設計、施工を行う機会が少なくなっているため、技術力の維持および伝承が課題となっている。また、日本におけるトラブルサム地盤での貴重かつ豊富な経験に基づいて、建設工事が盛んなアジアをはじめ世界に情報を発信し、技術的な助言や海外プロジェクトへの参画が重要と考えられる。

そこで、平成22年度に（公社）地盤工学会関西支部は、「地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性とその対応技術に関する研究委員会」を立ち上げ、多くのトラブルサム地盤の中でも特に均等係数の小さい細砂と大礫に着目して国内外における地下建設工事のトラブル事例を収集し、問題となる地盤の堆積環境や物性等の地質的、土質的アプローチから調査、分析し、因果関係や工事中の減災に有効な対策について３年間に亘り、調査・研究を進めた。

本委員会は、総勢延べ69名の委員（海外特別委員３名含む）により構成され（**表１**参照）、４分科会（トラブル事例分科会、地盤特性分科会、リスクマネージメント分科会、海外事例分科会）と各分科会の中に合計８つのワーキンググループに分かれて活動を行った。

トラブル事例分科会では、開削工事、シールド工事、推進工事、山岳トンネル工事に関してトラブル事例を収集、分析した。開削工事については、都市部では埋設物

表１　委員会メンバー（所属は委員会発足時）

会務	氏名	所属
委員長	橋本　正	㈱地域地盤環境研究所
幹事長兼主査[1]	木村　亮	京都大学
主査[2]	三村　衛	京都大学
主査[3]	北岡　隆司	㈱大林組
	杉山　和久	㈱大林組
主査[4]	譽田　孝宏	㈱地域地盤環境研究所
委　員	赤木　寛一	早稲田大学
委　員	芥川　真一	神戸大学
委　員	石田　智朗	パシフィックコンサルタンツ㈱
委　員	市場　一好	（独）鉄道建設･運輸施設整備支援機構
委　員	井上　雅人	NTTインフラネット㈱
委　員	上田　保司	㈱精研
委　員	臼田　利之	大阪市建設局
委　員	梅田　祐一	㈱デルタコンサルタント
委　員	大北　耕三	㈱大北耕商事
委　員	大志万　和也	阪神高速技研㈱
委　員	大野　政雄	㈱建設技術研究所
委　員	奥野　正富	NTTインフラネット㈱
委　員	奥野　日出	㈱アスカソイルコーナー
委　員	小倉　和巳	関西電力㈱
委　員	上新原　公治	大阪市交通局
委　員	川口　英司	㈱大林組
委　員	河村　和信	（独）鉄道建設･運輸施設整備支援機構
委　員	勘定　茂	西日本高速道路㈱
委　員	北田　奈緒子	（一財）地域地盤環境研究所
委　員	木下　聖司	大阪ガス㈱
委　員	木村　博規	西松建設㈱
委　員	黒山　泰弘	大阪市建設局
委　員	栗山　裕司	鹿島建設㈱
委　員	小山　幸則	京都大学
委　員	近藤　悦吉	関西電力㈱
委　員	塩谷　智弘	大阪市交通局
委　員	白川　賢志	大成建設㈱
委　員	鈴木　昭夫	㈳近畿建設協会
委　員	鈴木　宏尚	大阪ガス㈱
委　員	髙橋　祐史	阪神高速道路㈱
委　員	竹村　恵二	京都大学
委　員	田中　勉	神戸大学
委　員	田山　聡	西日本高速道路㈱
委　員	中井　照夫	名古屋工業大学

委　員	中野　尊之	中央復建コンサルタンツ㈱
委　員	長屋　淳一	㈱地域地盤環境研究所
委　員	長山　喜則	西日本旅客鉄道㈱
委　員	西川　　匡	大阪市建設局
委　員	西山　秀樹	大成建設㈱
委　員	新田　耕司	中央復建コンサルタンツ㈱
委　員	橋本　欣也	㈱ニュージェック
委　員	服部　　晃	㈱日本触媒
委　員	林　　訓裕	阪神高速道路㈱
委　員	原田　聖司	大阪府
委　員	肥後　陽介	京都大学
委　員	深沢　成年	(独)鉄道建設･運輸施設整備支援機構
委　員	福井　芳樹	関西電力㈱
委　員	藤井　康嗣	大阪府
委　員	堀田　　孝	前田建設工業㈱
委　員	前田　健一	名古屋工業大学
委　員	松尾　秀夫	阪急設計コンサルタント㈱
委　員	水嶋　浩治	(独)鉄道建設･運輸施設整備支援機構
委　員	三田村　宗樹	大阪市立大学
委　員	宮田　　和	清水建設㈱
委　員	村上　嘉兼	関西電力㈱
委　員	安竹　　馨	㈱奥村組
委　員	二宮　　功	㈱奥村組
委　員	山本　多成	㈱大林組
委　員	山本　　剛	(一財) 日本建設情報総合センター
委　員	崔　　瑛	名城大学
海外特別委員	朱　　華合	同済大学（中国）
海外特別委員	曽我　健一	ケンブリッジ大学（イギリス）
海外特別委員	Hans Brinkman	オランダ Deltares（オランダ）

1）トラブル事例分科会、　2）地盤特性分科会
3）リスクマネージメント分科会、4）海外事例分科会

が多く、かつ地下水位が高いため、地中連続壁や高圧噴射攪拌改良体の不良箇所や改良体と土留め壁の接合部からの出水トラブルが多かった。また、シールド工事では、発進・到達時の立坑への出水、掘進時のシールド機の異常摩耗や排土管の閉塞、切羽圧の不均衡やスクリューコンベアからの噴発による地盤崩壊や砂・砂礫地盤での胴締め現象が挙げられ、その具体的事例と対処方法を豊富な経験を基に紹介した。推進工事では、軟弱粘土と砂礫層の互層地盤でのノーズダウンや巨石への掘進機の乗り上げによる推進精度不良、粘土や泥岩中の掘進機の面盤閉塞、滑材の効果低下に伴う推進抵抗増加、巨石地盤での掘進機のローリング等の事例を示した。山岳トンネル工事では、主として切羽崩壊トラブルに関する事例を整理し、事前に的確な地質情報を得ることの重要さと難しさを考えると、常に前方の地質や地下水を確認しながら掘削することが重要であることを強調した。

地盤特性分科会では、大礫、細砂、クラッキー粘土、鋭敏粘土、異物混入地盤、Mixed face地盤および破砕帯などのトラブルサム地盤の特徴が、その生成過程や環境などに深く関わることを示した。トラブルサム地盤の分布と特性は、海水準の変動等の地球規模の環境変化に伴う堆積環境と地殻変動を含む履歴に依存しており、特に、均等係数の小さい細砂は、流れの緩い湖沼や河川の周辺、海水準の変動に伴って海成粘土層の上下に堆積することから、地盤図や地質調査によりその分布域が想定されるため、地下建設工事を実施する際のリスク管理に貴重な情報となることを示した。

リスクマネージメント分科会では、トラブル事例の中から29件を抽出し、建設工法、土質、地下水、トラブル現象とその発生箇所の関係を整理した。その結果、十分な地盤情報の下での的確な事前対策や、トラブルを想定した事後対策が重要としている。また、トラブルサム地盤に対応した地盤調査・現場計測方法や、トラブルを起こしにくい地下建設工法の新技術を紹介した。

海外事例分科会では、中国や台湾沿岸部またはオランダなどでも大阪や東京と同様に地下水が高く、均等係数の小さい細砂層が存在し、類似した出水トラブルが発生することを紹介した。

自然地盤の不均一性や複雑さ、地盤調査情報の少なさ等に起因して、地盤状態を高精度に把握することの難しさと、それに伴うトラブルの発生、いわゆる地盤リスクの問題がある。従って、トラブル事例やトラブルサム地盤の特性と生成環境を把握することは、効率的な地盤調査や地下建設工事のリスクの低減、回避に有効である。

一方、近年、建設会社や建設コンサルタントおよび地質調査会社が過度の価格競争にさらされており、工事の安全性や品質が低下しているように思われる。 また、日本では大型工事が減少しており、若手技術者が大規模地下工事や難工事に従事する機会が減少している。同時に、経験豊富なベテラン技術者が一線を退く時代と重なっており、過去数十年間に培ってきた日本が得意とする都市土木技術の若手への技術伝承が十分ではない。

トラブルサム地盤研究委員会において、貴重な共通の財産であるトラブル事例が数多く収集できたので、今後は、これらの整理、分析をさらに深化させ、地盤リスク対応技術の標準化を目指す必要がある。また、将来、不幸にしてトラブルが発生した場合は、それを記録に残す意義を明確にし、ルール化することを建設業界全体に定着させることが大切である。本研究委員会のような研究活動が一過性のものであっては本当の技術伝承には繋がらないので、今後も発展、継続的な研究活動や啓蒙活動を行う事が重要である。

当委員会の主な成果発表を以下に示す。

⑴橋本正、譽田孝宏：技術の伝承―現場の教訓から学ぶ―地下建設工事のトラブル、地盤工学会誌、Vol.60, No.2（649), pp.63～70, 2012。
⑵（公社）地盤工学会関西支部：地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性とその対応技術に関する研究委員会報告書、2013年３月。
⑶地盤工学会誌講座：地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性とその対応技術（第１章～第９章)、2014年４月～９月。

『「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会』の活動報告

Activity report of research committee for action to geo-hazards due to unexpected level heavy rainfall

立命館大学理工学部 教授
深 川　良 一

1．はじめに

「『想定外』豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会」（以下、想定外委員会と呼ぶ）は、2011年９月に発生した紀伊半島豪雨災害に際して現地被災状況調査を行った合同調査団をベースにして結成された委員会である（公社）地盤工学会関西支部、（一社）日本応用地質学会、関西地質調査業協会、中部地質調査業協会の４学協会合同で運営された。設立以来、被害実態の把握、災害メカニズムの解明、避難・防災対策の提案等を目指して活発な調査研究活動を展開した。

2．委員会活動

委員会は、70名ほどの委員の参加を得て2012～2014年度の３ヵ年実施した。想定外委員会は、幸いなことにいくつかの団体より財政的な支援を受けることができた。財団法人レントオール奨学財団、和歌山大学平成24－26年度独創的研究支援プロジェクト、西日本旅客鉄道株式会社である。これらの財政支援により活発な調査研究活動が可能となり、多くの活動成果を上げることができた。

紀伊半島大水害は広い範囲で発生したため、実際の委員会活動は奈良県、和歌山県、三重県に分かれて実施された。奈良地域代表は三田村宗樹・大阪市立大学教授、和歌山地域代表は江種伸之・和歌山大学准教授（当時、現教授）、三重地域代表は酒井俊典・三重大学教授がそれぞれ務め、委員長を深川が務めた。

3．委員会の活動成果

積極的な委員会活動によって多くの新たな知見が得られたが、代表的な成果について委員会最終報告書１）に基づき順に説明する。

(1) 降雨特性と土砂災害との関係

図１は、積算雨量最大値の分布域と最大時間雨量の最大値の分布域に、深層崩壊・土石流・洪水等の災害集中域を重ね、アメダス位置と合わせて示したものである。紀伊半島中央部に位置する深層崩壊集中域は、積算雨量が1000㎜程度以上の分布域には入っているものの、1500㎜以上の分布域とは必ずしも重なっていない。深層崩壊の発生には、降雨量だけでなく、地形地質的要因が大きく関わっているものと推察される。一方、熊野川下流域と那智川流域で発生した土石流・洪水被害集中域は、最大時間雨量100㎜以上の分布域と概ね重なることが判明した。

このことは図２に示す降雨パターンと斜面崩壊形態の

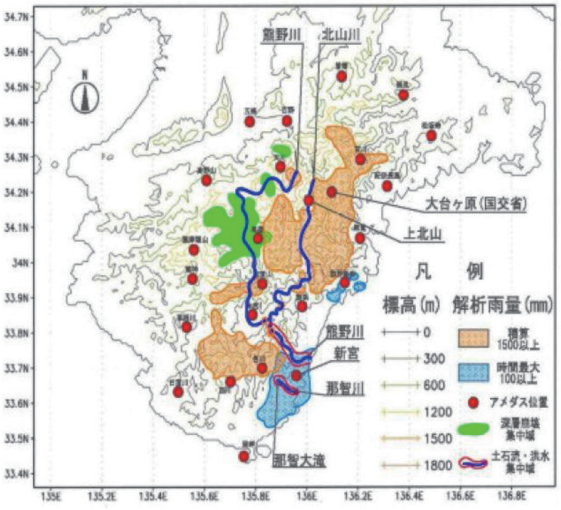


図１　雨量の最大値の分布域と災害集中域の比較[2)]

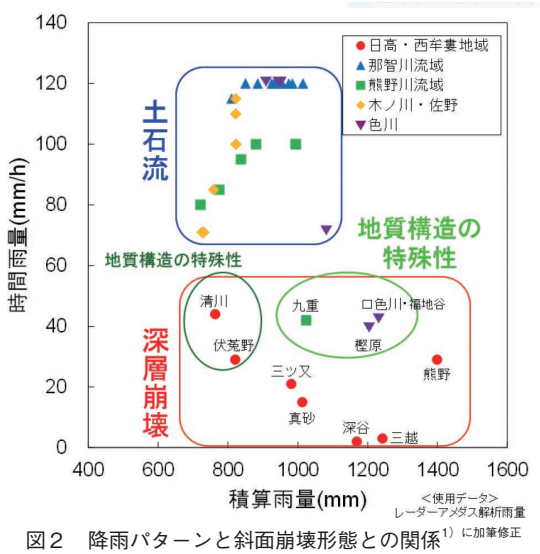


図２　降雨パターンと斜面崩壊形態との関係[1)] に加筆修正

関係からも明らかである。即ち、大規模土石流は積算雨量がある程度の量に達した後に時間雨量100㎜に達するような強い雨が降った場合に発生する。一方、深層崩壊には時間雨量よりは積算雨量が支配的である。一部、地質構造の特殊性に起因するものが含まれているが、今後のこの地域での警戒態勢や避難誘導態勢の構築にとって重要な知見である。なお、このデータは和歌山地域での事例に基づいて得られたものである。

(2) 大規模斜面崩壊に関わる地形・地質要因[1)]

紀伊半島の地質の基本構造は付加体によって決定されている。大陸縁のプレート収束域で海洋プレートからはぎ取られ、大陸プレート縁に付加していくことで付加体は形成される。付加作用に伴って、付加体はスラストを伴う構造的な累重が顕著に発達する。このようなスラストの発達は脆弱で崩壊しやすい性質を生み出している。付加体において深層崩壊が多発した要因としては、脆弱で崩壊しやすい岩質が厚く発達するという条件（脆弱さ）、流れ盤を成す構造面が発達するという条件（大規模化を促す構造方位）、集水・通り道や滞留層・不透水層などの地下水が集水・滞留しやすい水文条件がそろうということ（水文）を上げることができる。１つの地質的要因だけではなくて、それらが複合するとより大規模な崩壊が発生しやすくなることが３県における多くの深層崩壊現場の分析より明らかになった。

(3) 表層崩壊に及ぼす基盤岩の影響[1)]

図３は、和歌山県東牟婁地域における斜面表層崩壊箇所をプロットしたものである。図中黄色部は堆積岩である熊野層群を、紫色部は火成岩である熊野酸性火成岩を表している。表層崩壊のおよそ90％は熊野酸性火成岩域で発生していることが分かる。この傾向は隣接する三重地域でもほぼ同じであった。

一方、奈良地域では付加体分布域で表層崩壊が多発したが、その特徴は以下のようにまとめることができる。台風12号の断続的降雨（積算雨量300㎜以上）によって、通常なら斜面崩壊が発生しにくいような斜面形状（尾根型や並行型）の斜面表層が高飽和化することで安全率が低下した。この状況下でさらに継続的な降雨により積算雨量が450～600㎜を超えた際に、時間雨量30㎜以上の強い降雨を受けた斜面では、自重の増加と見かけの粘着力の消失によって崩壊発生に至った。

(4) 河川災害[1)]

紀伊半島南部の河川は、その地形条件から急峻な斜面に挟まれた谷や谷底平野を蛇行して流下しており、流域面積に対し河川幅が狭いため降水時には河川流量の増加によって急激な水位上昇、流速の増大が生じるという特性を有している。

台風12号による河川災害は参考値ながら72時間雨量で再現期間が200年から5000年という「想定外」豪雨による設計外力をはるかに超える外力が構造物に作用したことで、堤防からの越流といった現象によってもたらされたものである。また、台風12号による継続時間の長い降雨特性と紀伊半島に特有な地質構造に起因する深層崩壊

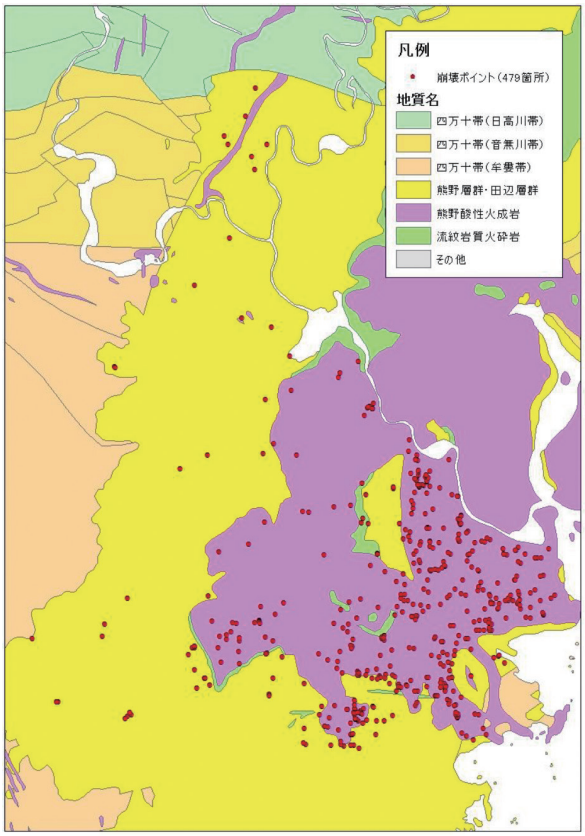


図３　基盤岩の種類と表層崩壊の関係[1)] に加筆修正

による河川閉塞が被害を拡大し、復旧に多大の労力と資金を必要とした。

これまで営々と続けられてきた治水事業は台風12号のような「想定外」の降雨に対し、被害低減に大きな効果を発揮したと考えられるが、近年の降雨パターンの変化を見ると、近い将来に同様の降雨が発生する可能性は高く、今後このような設計外力を超える降雨に対する備えをしておくことが重要であろう。

４．おわりに

本委員会の名称には「想定外」という言葉が含まれている。2011年３月に発生した福島原発事故のこともあり、この言葉を安易に使用することは許されないが、それでも実際の設計等で外力条件をどう判断していくべきなのか深刻な問題を突き付けていることも間違いない事実である。2011年９月の紀伊半島豪雨災害は、それを委員会メンバーに深く認識させた自然災害であった。

参考文献

１）（公社）地盤工学会関西支部他３学協会編：「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会報告書、平成27年３月。
２）平井他：平成23年台風第12号に紀伊半島豪雨の特徴、第48回地盤工学研究発表会平成25年度発表講演集、pp.2063-2064, 2013.

南海トラフ巨大地震に関する被害予測と防災対策研究委員会

Research Committee for Disaster Mitigation Strategies against the Nankai Trough Mega Earthquake

京都大学 教授
三村　衛

関西大学 准教授
飛田　哲男

１．はじめに

南海トラフ地震はユーラシアプレートとフィリピン海プレートの沈み込み帯である南海トラフを震源とする海溝型巨大地震である。南海トラフ地震は、遠州灘－駿河湾を震源とする東海地震、紀伊半島沖－遠州灘を震源とする東南海地震、紀伊半島沖－四国南方沖を震源とする南海地震を包含するものであり、単独、もしくはいくつかが連動的に破壊して巨大地震となる。南海トラフ地震は繰り返し我が国を襲っており、歴史を紐解くと、684年の白鳳南海地震、887年の仁和東海・南海地震、1096年の永長東海、1096年の康和南海地震、1361年の正平東海・南海地震、1498年の明応東海地震、1605年の慶長東海・南海地震、1707年の宝永東海・南海地震、1854年の安政東海・南海地震、1944年の昭和東南海地震、1946年の昭和南海地震の記録が残されている。この中には、震源域が不明確であったり、大きな揺れを伴わず津波災害の記録のみが記録されているものもある。永長・康和の地震、昭和の地震のように２～３年の間隔をもってプレート境界の東側と西側が連動的に破壊する例や、安政の地震のように数日のずれで起こる例（地震のタイプは異なるが2016年４月に起こった熊本地震と同じ）、宝永地震のように同時に発生する例など、いくつかのパターンを有しているが、概ね、100年～150年ごとに発生している。

想定される南海トラフ地震は、平成23年の東北地方太平洋沖地震と同様、マグニチュード８以上の規模となり、広い地域で大きな地震動を受け、大きな津波を伴う可能性が高い。同時に、関西地域についていえば、大阪、神戸、京都といった大都市と、奈良県南部、和歌山県の中山間地が同時に被災することから、前述した都市直下型地震と海溝型地震の両タイプの被害が同時多発的に発生することを想定しておかなければならない。また、東海・東南海・南海の三連動地震や、日向灘沖を合わせた四連動地震となれば、東海関東地域から九州に至る太平洋沿岸の都府県で大きな被害が発生し、近隣からの援助が到底期待できないという状況となる。このような状況下では、関西地方で想定される地盤災害は、広域かつ複合的なものとなると予測され、様々な被災要因と被災形態が想定されるため、南海トラフ巨大地震への備えが喫緊の課題となっている。

２．委員会活動について

地盤工学会関西支部に設置された「南海トラフ巨大地震に関する被害予測と防災対策研究委員会」は、近い将来近畿地方にも甚大な影響を及ぼすことが確実視されている南海トラフ巨大地震に関して、地盤工学会関西支部に所属する官民学の地盤工学や防災に携わる総勢50名以上の専門家（**表１**）が集まり、2013年（平成25年）から３年間にわたり研究を主体とする活動を行った。本研究委員会は、南海トラフ巨大地震による被害予測とそれに対してとるべき方策に的を絞った調査研究を行い、その成果を具体的に社会へ発信することを目的とした。多様化する地震災害のリスクを捉えるため⑴地盤情報データベースと防災マップを融合させた防災ハザードマップの開発（WG １）、⑵地震・津波による地盤・構造物の挙動予測（WG ２）、さらに⑶被災後のロジスティクス（WG ３）の３点に焦点を絞った研究部会に分かれ３年間にわたって活動した。

WG １では液状化、地盤の揺れやすさ、盛土・斜面災害という課題を中心に検討を行った。液状化や地盤の揺れやすさについては、個別の地点ごとというよりは面的評価が求められるため、地盤情報データベースを有効に活用することを前提としたアプローチを行った。関西地区では関西圏地盤情報データベースが地域の地盤研究に適用できる品質で整備されており、既往の研究成果を援用することにより、簡易判定法から有効応力解析に至る広範なレベルでの検討を行った。地盤の揺れやすさの検討に際しては、工学的基盤と思われる上部更新統層までの地盤モデルを構築するとともに、揺れやすさマップという形で提示し、作成手順から作成にあたっての留意点を示すなど、実務に資するアウトプットを目指した。盛土・斜面災害については、地盤構造、盛土種別、特に近年注目が高まっている宅地盛土についても検討を加えている。

WG ２では構造物の耐震性に主眼を置いて研究を進め、地盤・構造物系の耐震性評価に欠かせない入力地震動について、いくつかの地域を選んで個々に強震波形の検討を行った。次に、各種構造物ごとの動的挙動評価を行い、それぞれの耐震性について検討を行った。具体的

には、鉄道、道路、河川堤防、埋設構造物、防波堤、コンビナート、ダムについて詳細な検討を行い、取りまとめた。また、東北地方太平洋沖地震において問題として認識された液状化と津波の複合作用についても、遠心模型実験と数値解析により、そのメカニズムと対策について検討を加えた。

WG３では他のWGが主として力学を基礎としてメカニズムを議論したのとは対照的に、被災後のロジスティクスに関する検討を行った。南海トラフ地震被害の最前線となる和歌山県内の自治体へのヒアリングを始め、ロジスティクスを担う側の団体や企業サイドの評価と被災する側の評価を合わせて実施し、現状評価と課題を取りまとめている。このように、本研究委員会では、地盤、構造物というハード面と、ロジスティクスというソフト面の両方から南海トラフ地震に対する脆弱性を調べるとともに、来るべき地震にどう備えるべきかという視点を持って活動を行った。

委員会活動の一環として、平成26年５月には、兵庫県南あわじ市福良漁港周辺の津波防波堤視察を行った。また、平成26、27年度のKansai Geo-Symposiumにて、本委員会の特別セッションを設け成果報告を行った。本委員会の最終成果報告会は、平成28年９月29日に大阪市内で開催され、成果報告書はその場で配布された。

３．おわりに

次なる巨大地震による災害は、本委員会で検討された地域や想定の範囲内に収まらない可能性もある。近年、我が国のみならず世界中で地震や豪雨、台風などの自然災害が頻発し、災害は忘れなくてもやってくるようになった。この４年間だけでも、ネパール（2015年）、熊本（2016年）、エクアドル（2016年）、イタリア（2016年）、大阪府北部（2018年）で直下型の大地震が発生し多くの命が失われた。また、我が国では、集中豪雨による河川の氾濫、洪水被害が毎年のように発生している。まさに地震と降雨による複合災害の危険性も高まっており、一層の注意が必要である。

本委員会は平成28年３月をもって３年間の活動期間を終えたが、我々は、将来遭遇する危機に備えるため、図らずも犠牲になった方々の無念を忘れず、謙虚に安全・安心な社会の構築を目指さねばならない。研究委員会メンバーは、調査研究を進める上で明らかになった知見を社会にわかりやすく情報発信することが公益法人としての地盤工学会の重要なミッションと位置づけて、研究活動を遂行し報告書を取りまとめた。３年間の研究活動を通じて得られた成果が、国民の防災意識の向上及び防災行政に少しでも寄与できるものとなれば幸いである。

最後に、西日本旅客鉄道株式会社より３年間にわたって研究委託を、また一般財団法人レントオール奨学財団より研究助成を頂いた。記して謝意に代えさせて頂きたい。

表１　南海トラフ巨大地震に関する被害予測と防災対策委員会メンバー（所属は当時）

氏名	所属	役割
秋山 真吾	鹿島建設関西支店	
安居 靖友	国土交通省近畿地方整備局	
石井 美継	和歌山県LPガス協会	
遠藤 信之	株式会社ニュージェック	
大島 昭彦	大阪市立大学大学院工学研究科	WG１主査
大西 俊輔	大阪ガス株式会社	
岡嶋 義行	㈱建設技術研究所	
岡 二三生	防災研究協会	
奥村 与志弘	京都大学大学院工学研究科	幹事
甲斐 誠士	㈱ダイヤコンサルタント関西支社	幹事
春日井 麻里	（一財）地域地盤環境研究所	
勝見 武	京都大学	
加藤 亮輔	株式会社日建設計シビル	
河井 克之	近畿大学理工学部社会環境工学科	
河崎 和文	国土交通省近畿地方整備局	
川下 光仁	JR西日本コンサルタンツ㈱	
北田 奈緒子	地域地盤環境研究所	
清野 純史	京都大学大学院工学研究科	WG２主査
鍬田 泰子	神戸大学大学院工学研究科	
桒原 直範	㈱ニュージェック	
小泉 圭吾	大阪大学大学院工学研究科	
小寺 秀治	国土交通省近畿地方整備局	
後藤 浩之	京都大学防災研究所	
佐川 厚志	中央復建㈱	
清水 将之	国土交通省近畿地方整備局	
住 武人	川崎地質㈱	
高岡 佳輝	国土交通省近畿地方整備局	
田中 克実	株式会社　不動テトラ	
常田 賢一	大阪大学大学院工学研究科	
飛田 哲男	京都大学防災研究所	幹事
豊福 恒平	国際航業㈱	
永井 久徳	株式会社鴻池組	
中岡 時春	財務省　近畿財務局	
中嶋 勲雄	応用地質株式会社	
鍋島 康之	明石工業高専都市システム工学科	
南部 啓太	協和設計株式会社	幹事
秦 吉弥	大阪大学大学院工学研究科	
濱地 弘貴	串本町役場	
日置 和昭	大阪工業大学	
肥後 陽介	京都大学大学院工学研究科	幹事
平井 孝治	株式会社アテック吉村	
平井 俊之	株式会社ニュージェック	
深井 晴夫	基礎地盤コンサルタンツ㈱	
深川 良一	立命館大学理工学部	
深田 隆弘	西日本旅客鉄道株式会社	
福島 正則	陸上自衛隊　第三師団司令部	
福塚 健次郎	株式会社アーステック東洋	
藤原 正明	計測技研株式会社	
古川 愛子	京都大学大学院工学研究科	
牧 紀男	京都大学防災研究所	WG３主査
水谷 淳	NTTインフラネット㈱関西支店	
三村 衛	京都大学大学院工学研究科	委員長
宮島 英樹	西日本旅客鉄道株式会社	
宮田 和	清水建設㈱	
森内 悟	NTTインフラネット㈱関西支店	幹事
山下 典彦	大阪産業大学工学部	
山田 孝弘	西日本旅客鉄道株式会社	
渡邊 泰伴	国土交通省近畿地方整備局	
渡辺 佳彦	西日本旅客鉄道株式会社	

「斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会」の活動報告

Activity report of research committee for slope stability evaluation based on slope deformation monitoring

立命館大学理工学部 教授
深川　良一

１．はじめに

この10年ほど毎年連続して大規模土砂災害が発生しており、多数の住民が犠牲になっている。こういう状況の中、土砂災害による犠牲者の発生を抑えるためのモニタリング技術の向上に取り組むべきだという声が関西地区のみならず全国的にも高まり、2015年度より本研究委員会、即ち「斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会」が発足することになった。

２．設立趣旨

委員会の設立趣旨のうち重要な点を以下に示す；

現在、各地の自治体は斜面崩壊に対する警戒避難のために、土壌雨量指数や降雨強度など、主として降雨データに依存する情報に基づいて土砂災害発生危険度を判断する土砂災害警戒情報を住民へ提供している。このような主に降雨データに基づく情報は、市町村などの「ある地域」を対象とした大まかな判断には有用であるが、「自分の家の裏山は崩れないか」という個別斜面の危険性の判断のためには、斜面に関する情報をほとんど考慮しない点において十分ではない。一方、土砂災害防止法に基づき指定される土砂災害警戒区域においては、土砂災害に対する警戒避難体制の整備が義務付けられるが、対象区域は一般に「斜面単位」に近い広さである。したがって、上記と同様に、降雨情報のみならず斜面の情報をも加味した斜面崩壊発生予測手法に立脚した警戒避難体制を整備することが期待される。「斜面単位」の斜面安定性評価・土砂災害発生予測のためには、実際に斜面内の降雨浸透過程やそれに伴う斜面変形等の動態をモニタリングし、それと解析を組み合わせて斜面安定性評価を行うことが望ましい。

３．委員会の構成

委員の公募を行った結果、関東～九州からのメンバーから成る全国的な広がりをもつ研究委員会となった。委員数は43名であり、委員長は深川・立命館大教授が務めた。研究部会としては、若干の議論を経て、最終的にレビュー部会、計測部会、利活用部会の３部会が設定された。部会長は、レビュー部会：深川、計測部会：笹原克夫・高知大教授、利活用部会：小山倫行・関西大准教授が務めた。委員会活動は2015～2017年度の３年間実施された。

４．活動成果

本委員会は通常は３．で述べた３部会に分かれて活動したが、全体の情報共有化を図るために、年３回開催した全体委員会や、委員会の共通研究フィールドと定義した京都府綾部市の安国寺境内斜面および福井市高須町での現地委員会、現地調査等の機会を利用した。

本委員会での研究成果は最終報告書[1)]という形で公表されたが、以下、この報告書に沿う形で紹介する。

(1) 既往の計測技術や評価方法

まず、既往のモニタリング技術の総括的な評価を試みることとしたが、1995年～2004年の文献情報については既に2006年３月に地盤工学会がまとめていたため、2005年以降の計測技術および評価方法についてまとめることとした。具体的には「地盤工学ジャーナル」等の本委員会との研究分野の関連性が高い５つの論文集を対象に、計測センサを用いた計測・観測をメインに実施しているもの（165編）について、レビューを実施した。

次に、降雨時の崩壊メカニズムに沿ったプロセス、即ち降雨、地形、浸透、地下水位・水文観測、変形、流動・崩壊等毎に、各計測技術や計測手法についてレビューを行った。さらに、本委員会の委員が実施する新たな計測技術や計測手法について６件を紹介した。最後に、計測結果に基づく評価方法の現状についてまとめた。

(2) 斜面動態モニタリング計測・評価事例

本委員会メンバーが個別に実施しつつある現地モニタリングの現状と課題について紹介している。取り上げたモニタリング技術は以下の11事例である；

①広島まさ土斜面における土壌水分・降雨流出とせん断変形の観測事例
②土壌水分モニタリングと数値解析を融合した常時モニタリング結果の高速道路通行規制判断への活用
③重要な文化遺産後背斜面における水文情報の現地モニタリング観測事例
④表層に挿した棒の傾斜による斜面動態モニタリング事例
⑤道路斜面防災システムの開発に向けた斜面表層地盤内

の水分状況モニタリング事例
⑥アンカー荷重と温度との相関を用いたのり面安定性評価事例
⑦計測データの見える化（On Site Visualization）の事例
⑧GPSを用いた切土のり面の変位計速事例
⑨ネイリングセンサによる斜面動態モニタリング事例
⑩航空レーザ測量の原理と特徴ならびに計測事例
⑪遠隔モニタリング技術を用いた大規模崩壊地監視事例

(3) 計測技術の利活用

ここでは、計測技術の利活用の実態について、アンケート結果に基づく把握を試みた。

まず近畿内の自治体を対象に、雨量通行規制の発令・解除に関するアンケートを実施し、通行規制・解除基準の設定方法の現状把握ならびに斜面計測・モニタリングの現状について調査した。アンケート結果をまとめると、ほとんどの自治体が、現行の雨量通行規制の発令方法や解除方法に対して問題があるとしている。また、現行の雨量通行規制の解除方法では、規制を発令している時間が長時間に及ぶなどの課題を挙げ、道路管理者としては、規制発令時間が適正かつ必要最小限であることを求めている。一方、降雨中・降雨後の斜面・のり面の状態を計測・モニタリングを用いて把握することを重要・必要であると考えている道路管理者は、少数に留まっており、その根底には、現状では、管理の困難さや計測・モニタリングの適切な場所・方法が判断しにくいこと等がある。

次に、土砂災害に対する和歌山県内の県・自治体職員の意識調査を行った。アンケート結果から、全体に防災意識が高くないということが分かった。防災に関心のある住民は多いが、災害への備えは必ずしも十分にできていないというのが現状である。

(4) 計測・評価・伝達の取り組み

本委員会では、計測方法、評価方法について委員会としての総合的な調査研究を進めるため、２個所の研究フィールドを選定した。１つは、過去に崩壊が発生した京都府綾部市安国寺境内斜面である。これらの斜面を対象に、現地調査、室内試験、数値解析、計測器設置、観測ならびに計測結果の評価ならびに情報伝達方法の検討を行った。もう１つは地区全体が土砂災害警戒地区に指定されている福井市高須町である。この地区では、住民参加型のモニタリングシステムの展開を目指し、OSV（On Site Visualization）を適用することとした。

図１に安国寺周辺の斜面を示す。①～⑪は崩壊した痕跡のある箇所である。②、⑥の近くに研究対象としたＬ１、Ｌ２側線が設定された。**図２**に高須町の主要部における土砂災害に対するハザードマップを示す。地区全体が急傾斜地崩壊、土石流、地すべりの警戒区域に指定されていることが分かる。

両地域では既に計測が始まり、集積されたデータから多くの知見が得られたが、同時にセンサシステムの現地設置や運営に伴ういくつかの課題が明らかになってきており、今後さらに改善される予定である。

５．おわりに

委員会活動の活動成果は、2016～2018年度の地盤工学会研究発表会の斜面モニタリング関連の連続する２セッションにおいて公表され、これは社会に対する重要な貢献であったと判断している。ただし、技術目標達成に関しては、委員会発足当初に掲げたいくつかの克服すべき技術課題、例えば、モニタリングシステムを設置すべき場所の選定法の確立、モニタリング結果を利用した斜面崩壊予測手法の開発等については、まだまだ克服すべき課題が残されている。今後も引き続き、この分野における活発な研究活動が展開されていくことを期待したい。

参考文献

１）（公社）地盤工学会関西支部編：斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会報告書、2018年９月。

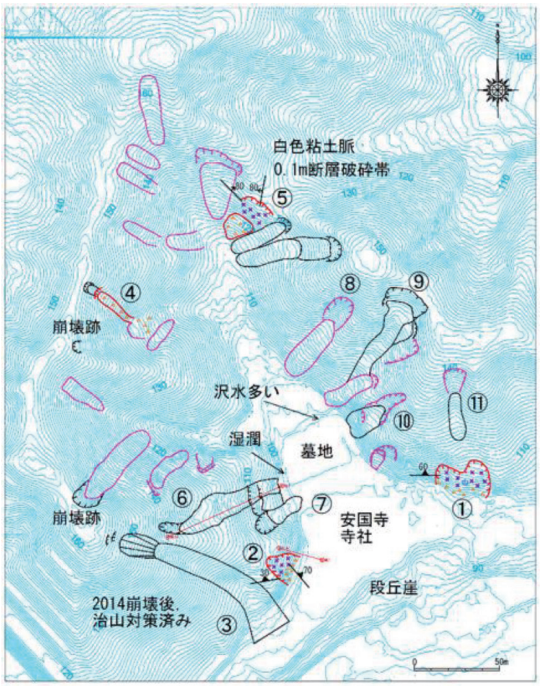


図１　安国寺周辺の斜面[1)]

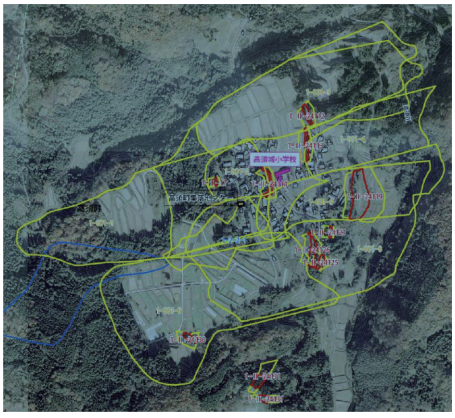


図２　高須町の土砂災害に対するハザードマップ[1)]

関西の地盤情報に基づく防災ハザードマップ開発研究委員会の活動報告

大阪市立大学大学院 教授
大 島　昭 彦

１．委員会設立の経緯

2011年３月の東北地方太平洋沖地震災害や2015年９月の関東・東北豪雨災害など、地震や豪雨などの自然災害が多発し、甚大な被害を引き起こしています。

このような近年の自然災害の規模・頻度を鑑みて、引き続き国土強靭化が進められており、その中でも、より正確な災害リスクを捉えるためには地盤情報を取り入れた防災ハザードマップの整備が重要と考えられます。特に関西では各機関の地盤情報を集約した「関西圏地盤情報データベース」及びそれを基に構築した250mメッシュ地盤モデル「関西圏地盤情報ライブラリ」が整備されており、地盤情報を有効に活用することができる状態にあります。

そこで、「関西の地盤情報に基づく防災ハザードマップ開発研究委員会」を設立し、平成28年４月～平成31年３月までの３年間において、地震や豪雨による地盤災害の被害予測や防災対策、防災ハザードマップの開発に関する研究活動を行っています。

２．委員会の目的

本研究委員会は、関西支部会員の技術者・研究者（**表１**）が結集し、関西圏地盤情報データベースを有効活用して自然災害に対する自然地盤，土構造物の被害予測と防災対策について調査研究し、その成果を用いて防災ハザードマップを開発し、具体的に社会に発信することを目的としています。防災ハザードマップを開発していく上で、被害予測や防災対策について社会にわかりやすく情報発信できるようマップの表現や情報の発信方法等の研究を行い、市民の防災意識の向上や防災行政の一助となることを目指しています。

３．委員会の活動状況

3.1　研究テーマに区分したWG活動

本研究委員会では以下のような研究テーマを基に３つのWGを立ち上げ、具体的な研究活動を行っています。

WG １：地震による揺れやすさと液状化検討
WG ２：地震・豪雨による土砂災害検討
WG ３：防災ハザードマップ検討

(1)　WG １「地震による揺れやすさと液状化検討」

関西地方では兵庫県南部地震による災害を契機に強い地震動への対策が進められてきましたが、南海トラフでの発生が予想される海溝型地震や、上町断層・中央構造線等の内陸直下型地震に関する知見が深まる中で、継続時間の長い地震動による液状化や地表断層等、多角的な地震対策が求められつつあります。このような背景の下、地域毎のハザードレベルを反映した効果的な対策を進めるためにも、地域の地盤特性を把握することは必要不可欠です。本WGでは、各施設管理者に対して地盤特性を反映した対策を今後進めていくうえで有用な成果を得ることを目指し、関西地方における地盤の揺れやすさ、及び液状化評価手法を検討しています。

具体的には、大阪府による動的変形試験、及び液状化試験データに基づき、土質区分に応じた地盤特性のモデル化を進めています。揺れやすさや液状化評価の高度化にあたっては、詳細な地盤情報が得られているうめきた・住之江・尼崎・弁天町サイトを対象に、等価線形解析・逐次非線形解析による動的応答解析を試みるとともに、各種設計式による液状化評価法の比較を行っています。

(2)　WG ２「地震・豪雨による土砂災害検討」

土砂災害は、地質、地形、水理学的条件などの素因と、降雨や地震といった誘因が重なったときに発生すると言われています。前者は本研究委員会が対象としている地盤情報として得られるものであり、誘因としての降雨や地震の作用を明らかにすることが防災ハザードマップ開発への有効な手段であると考えられます。これまで降雨に対する斜面崩壊ハザードマップは、ある程度整備され、一般的に普及しているものの、地震と降雨が複合的に作用する条件下での斜面崩壊に関する知見はまだ十分とは言えず、何らかの補正係数を乗じて既存のハザードマップを援用する以外になかったようです。

本WGでは、特に地震と降雨の複合的作用として、①降雨による土構造物の品質（耐震性）変化、②地震履歴を受けた土構造物の降雨時安定性に着目し、過去の災害事例の整理や現地計測を通して、地盤情報の有益な活用法を検討しています。

(3)　WG ３「防災ハザードマップ検討」

防災ハザードマップとは、市民の生存のための情報集

積図と考えると、研究成果を社会的に還元することが必要です。本WGではその手法について研究を行っています。具体的には、ハザードマップツール作成、線状構造物のリスク評価、盛土地の被害相関分析を行っています。

一方で、市民向けだけでなく、社会資本整備に関わる専門家があらゆる局面で地盤防災の観点から検討し、これらの情報を活かして各施設管理者や技術者の研究・業務・活動に取り込むことの出来る情報プラットホームの構築に取り組んでいます。さらに、地盤情報DBを活かした、ライフライン・構造物に関する耐震評価を行い、事前の耐震対策についての提言を取りまとめる予定です。

3.2　現場調査

各種構造物に対する地盤の揺れやすさを測定するため、これまでに鉄道盛土部や大規模盛土造成地、上町台地周辺、JR沿線地区において、常時微動観測や土壌水分計の設置・計測を実施しています。また，うめきた，尼崎，弁天町などのボーリング調査で採取した試料を用いて、液状化試験を行い、強度特性の評価を実施しています。さらに，平成30年６月に発生した大阪北部地震の被害調査を実施しています。

3.3　現場調査見学会

これまで、年１回現場調査見学会を実施し、研究活動の成果に取り入れています。平成28年７月に長野県諏訪市、平成29年10月には熊本地震被災現場（益城町、阿蘇）、九州北部豪雨被災現場（日田市、朝倉市）で現場調査見学会を実施しました（写真１，２）。

４．委員会の研究成果

大阪府による動的変形特性試験、及び液状化試験データに基づき、土質区分に応じた地盤特性のモデル化により、地盤の揺れやすさや液状化評価の高度化を図りました。斜面災害における豪雨と地震の複合的影響特性を明らかにするとともに、常時微動観測結果を用いた盛土地盤の揺れやすさ特性を評価しています。

西宮市と共同で兵庫県南部地震における宅地地盤の被害状況と地盤特性に関する研究を進め、その関連性を評価しています。鉄道構造物などの線状構造物のリスク評価として、マクロ評価法とケーススタディ解析を組み合わせた評価法を提案しています。

これらの研究成果は、地盤工学研究発表会やKansai Geo-Symposiumにて、論文投稿ならびに口頭発表しています。



写真１　長野県諏訪市現場調査見学会



写真２　熊本地震現場調査見学会

５．今後の予定

引き続き、大規模造成盛土部での常時微動観測やボーリング調査を用いた液状化試験などの現場調査・試験を実施するとともに、各WGでの検討を進め、最終的に防災ハザードマップの製作を行う予定です。

また、今年度は平成30年７月の西日本豪雨被災地（岡山県、広島県、愛媛県を予定）の被害状況調査し、委員会成果に反映させるため現場調査見学会を行う予定です。

最後に、本研究委員会の研究を進めるに当たって、西日本旅客鉄道株式会社より２年間に渡って研究委託を、また一般財団法人レントオール奨学財団より研究助成を頂いています。記して謝意を表します。

表１　委員構成

会務	氏名	所属
委員長	大島　昭彦	大阪市立大学
委　員	石田　優子	立命館大学
委　員	内田　晶夫	㈱オリエンタルコンサルタンツ
委　員	遠藤　信之	㈱ニュージェック
委　員	小田　和広	大阪産業大学
幹　事	甲斐　誠士	㈱ダイヤコンサルタント
委　員	景山　　健	基礎地盤コンサルタンツ㈱
委　員	春日井麻里	（一財）地域地盤環境研究所
WG２主査	河井　克之	近畿大学
委　員	川下　光仁	ジェイアール西日本コンサルタンツ㈱
WG１主査	後藤　浩之	京都大学
委　員	佐川　厚志	中央復建コンサルタンツ㈱
委　員	志賀　直樹	国際航業㈱
委　員	鈴木　達也	㈱ニュージェック
委　員	立石　　亮	㈱アサノ大成基礎エンジニアリング
委　員	田渕　　圭	応用地質㈱
委　員	堤　　杏紗	㈱ニュージェック
WG２連絡員	豊福　恒平	国際航業㈱
委　員	鳥居　宣之	神戸市立工業高等専門学校
WG２連絡員	永井　久徳	㈱鴻池組
委　員	中西　典明	復建調査設計㈱
WG３主査	鍋島　康之	明石工業高等専門学校
幹　事	南部　啓太	協和設計㈱
委　員	西浦　清貴	㈱オリエンタルコンサルタンツ
委　員	濱田　晃之	（一財）地域地盤環境研究所
委　員	林　　健二	㈱フォレストエンジニアリング
委　員	阪東　聖人	西日本旅客鉄道㈱
委　員	深井　晴夫	基礎地盤コンサルタンツ㈱
委　員	深川　良一	立命館大学
WG３連絡員	福塚健次郎	㈱アーステック東洋
委　員	三田村宗樹	大阪市立大学
委　員	宮田　　和	清水建設㈱
委　員	山岡　　豊	大阪府
オブザーバー	平井　俊之	㈱ニュージェック
オブザーバー	中嶋　勲雄	応用地質㈱

滋賀地域地盤研究会の活動報告

Activity report of Shiga geo-research committee

立命館大学理工学部 教授
深川　良一

⑴研究会設立の経緯および発足当初の状況

滋賀地域地盤研究会が発足して23年が経過した。発足した契機は、筆者が立命館大学に着任した頃に、地盤工学会関西支部が京阪神地区以外での学会活動の活性化を促していたことにある。滋賀県は京都には近いが、地域として地盤工学関連の対応活性化を図る必要があり、本研究会を立ち上げることにした。

研究会を立ち上げるにあたり、やはり行政機関との連携が不可欠であるため、近畿地整滋賀国道工事事務所と滋賀県を訪問し協力を依頼した。その結果、滋賀県からは全建（全日本建設技術協会）の全面的な協力が得られることになり、また滋賀国からは所長さんが研究会の幹事団の一員として加わって頂くことになり、大変有難かった。その他、建設コンサルタント協会や地質調査業協会の滋賀県内在住者の皆さんにも加わって頂いて陣容が整った。

研究会の発足当初は、活動が手探りであることもあって、10名程度で構成された幹事会を結構頻繁に開催し、行事内容について協議した。幹事会メンバーには積極的な方が多く、大いに助けられた。

発足後10年ぐらいは毎年の主催行事が一定しており、年１回の大規模講演会（現在は滋賀地盤講演会と称する）、年２、３回の定例勉強会、年１回の見学会という内容だった。滋賀地盤講演会は既に29回実施している。定例勉強会は、一般向けの啓蒙的な内容というより専門的なある程度絞ったテーマに関する講演会という風に定義していた。

⑵研究会の現状と課題

滋賀地域地盤研究会の活動は、残念ながら10年ほど前より停滞している現状にある。理由は以下のように種々あるが、今後これらの課題を克服していく必要がある。

①筆者も含め、研究会の運営を担っているメンバーが固定化、高齢化し、かつ多忙等の理由でなかなか行事の企画・提案がしにくくなった。

②滋賀県内における地盤工学会会員数が減少し、講演会、定例勉強会への参加者数が減ってきた。特に滋賀県をはじめとする自治体の学会員の減少は、技術系公務員の参加をさらに困難にした。

③参加者の主力であるコンサルタント業界の若手技術者数が劇的に減少したため、講演会等への参加者数は益々減少することになった。

⑶今後の展望

⑵で述べたように、本研究会は種々の課題を抱えているが、その課題克服については、特に定年後技術者の有効活用、他学会・機関との連携という視点が重要である。その上で、今後重点的に取り組むべき課題としては以下のようなものがある。

1)若手技術者の育成

県内の若手技術者（官も民も）の地盤関連の問題に対する対応力については、かなり厳しい現状にある。自治体の技術系公務員は定員を減らされており、増大するデスクワークに対応するのがやっとである。現場を経験する機会が相当減っている。民についても、公共事業を支えるコンサル業界の若手が減ってきており、その若手技術者は当座の仕事をこなすのが精一杯で新たな技術や知識習得に思うように時間を使えないのが実情である。こうした現状を考えると、本研究会としても若手技術者に効果的な新技術紹介、研修等の機会を提供することが重要である。

2)AI、IoT等への対応

1)で述べた新技術に関しては、AI、IoTに象徴されるICT技術の習得が重要である。社会の広範な分野において急速にAI、IoT等が浸透しつつあり、建設分野においても対応していかなければならない。とりわけ若手技術者はこれらの分野における対応を急ぐ必要がある。本研究会としてもこれらの新技術の啓蒙活動にさらに注力していくべきである。

3)地域の防災力強化への貢献

2013年以降、集中豪雨や台風に起因する土砂災害が頻発するようになっており、これらへの対応は自治体の大変重要な仕事である。本研究会としても、斜面災害への対応、地震の際の地盤振動、液状化への対応に関して、効果的に貢献するべく産官学連携を積極的に進めるべきであろう。

和歌山地域地盤研究会の10年

和歌山大学 教授
江 種　伸 之

2008年度に委員長を佐々木精一先生(和歌山高専名誉教授)から引き継いでちょうど10年が経過した。この間の活動内容は、年１、２回の講演会を中心に、見学会を１回、一般向け講演会を１回である。

その内容は2011年９月に和歌山県南部で起きた紀伊半島大水害を題材にしたものが多く、表に示したイベントの他に、平成23年台風第12号直後に編成された“平成23年台風12号による紀伊半島における地盤災害調査団”や平成24年度から３年間活動した「想定外」豪雨への地盤災害への対応を考える調査研究委員会へのメンバーの参加など、和歌山地域地盤研究会のこの10年の中心は紀伊半島大水害であった。和歌山地域地盤研究会では、この研究委員会後も有志で活動(災害現場調査)を続けており、これが和歌山地域地盤研究会のもう一つの活動になっている。

和歌山地域地盤研究会のイベントでは、ここ数年は毎回30名ほどの参加がある。これは、イベントにG-CPDポイントを付けていることが原因と思われる。ただし、参加者の中に地盤工学会員は少なく、多くは他団体所属である。和歌山地域における地盤・土木技術者の継続教育という面では一定の役割を果たせているが、それが会員増につながっていないのが、目下の悩みの種である。

表１　和歌山地域地盤研究会でのこの10年の活動記録（2008～2017年度）

年度	年月日	形式	タイトル	講師	場所
2008	2008年11月28日	講演会	有機ヒ素化合物による地下水汚染の実態解明調査	江種伸之氏	和歌山市
	2009年１月15日	講演会	新しい画像計測手法を使った斜面災害前兆検知システムの開発	藤垣元治氏	和歌山市
2009	2009年９月８日	講演会	湿潤アジア沖積低地における都市農村地形改変	原祐二氏	和歌山市
			Nippon Screw Weight System コストパフォーマンスの高い地盤調査法	大北耕三氏	
	2010年２月18日	講演会	中国・四川汶川大地震現地調査報告と復興支援	原忠氏	白浜町
2010	2010年７月28日	講演会	地盤工学と生化学の融合による新しい地盤固化技術の提案	林和幸氏	和歌山市
	2010年12月３日	見学会	熊野川堤防開削工事現場見学会	―	新宮市
2011	2011年12月14日	講演会	平成23年台風12号による和歌山地域の地盤災害調査報告	林和幸氏	和歌山市
2012	2012年９月21日	講演会（一般向け講演会として実施）	平成23年台風12号で何が起きたのか―豪雨による地盤災害への対応を考えよう―	―	新宮市
			平成23年台風12号による地盤災害	江種伸之氏	
			災害を引き起こす降雨の特徴	後藤祐輔氏	
			紀伊半島の地質と斜面崩壊	後誠介氏	
			斜面が崩壊するメカニズム	鍋島康之氏	
			日本の洪水災害　―その特徴と対策―	里深好文氏	
	2013年２月１日	講演会	東北地方太平洋沖地震による宅地被害とその復旧状況	鍋島康之氏	和歌山市
2013	2013年12月５日	講演会	2011年台風12号による熊野那智大社における斜面崩壊，土石流災害の特徴	藤本将光氏	和歌山市
			和歌山県南部の流域における2011年台風12号による崩壊地の地形的，地質的特徴	石田優子氏	
2014	2014年６月６日	講演会	「想定外」豪雨による河川災害と氾濫履歴	中西典明氏	和歌山市
			「想定外」豪雨による河川構造物被害と実験的検討	林和幸氏	
2015	2015年７月14日	講演会	紀伊半島大水害に関する研究成果報告　土砂災害	江種伸之氏	和歌山市
			紀伊半島大水害に関する研究成果報告　河川災害	中西典明氏	
			紀伊半島大水害に関する研究成果報告　文化財と災害	石田優子氏	
2016	2016年７月15日	講演会	紀伊半島の成立と崩壊　～３タイプの地質体の成立と特性～	後誠介氏	和歌山市
			南紀熊野ジオパークを活用した土砂災害に関する防災教育プログラムと地域防災の担い手育成	本塚智貴氏	
	2016年12月５日	講演会	土壌雨量指数から見た平成23年台風12号による土砂災害現場の水文地質特性	江種伸之氏	和歌山市
			和歌山市北部の大規模造成地における常時微動特性	鍋島康之氏	
2017	2017年６月28日	講演会	モニタリング委員会活動報告／清水寺境内斜面における長期モニタリング結果および関連する研究成果報告	深川良一氏	和歌山市
			斜面動態モニタリングに基づく表層崩壊発生メカニズムの解明と予測手法の開発－現地計測と模型実験に基づく検討事例－	笹原克夫氏	

福井地域地盤研究会

NPO福井地域地盤防災研究所
荒 井　克 彦

表に示すように、この数年は年に2〜3回の講演会を開催してきました。実務に有益な話が聞ける講演会という評価が定着したようで，地域の官公庁・コンサルタント・建設会社・資材メーカーなどの多数の技術者に参加していただいています。①地方では技術的な講演会や講習会が都市部ほど多くはないこと，②多くの方に興味のあるテーマ選択，③CPD受講登録，④福井県は山地や軟弱地盤があり地盤災害も少なくないのですが，災害調査などで知り合いとなった官公庁の方々が積極的に参加してくださり，それを受けて企業の方々も参加してくださるなどの要因がうまく重なっていることが地方としては参加者が多くなっている理由と思われます。福井地域地盤研究会も発足から約30年が経過しました。入門的な講習会で地盤工学の普及を図り，要望の多いテーマに関する講演会で専門家の蓄積や新しい研究成果に接することにより，専門家・研究者と実務担当技術者の密接な交流を図り，実際問題に対する地盤工学の可能性を高めることを地域地盤研究会の目標としてきました。近年は，地域でも多数の優秀な実務担当技術者が育ってきていることを実感します。今後は，これらの技術者の方々の力を結集するとともに，広範囲の専門家・研究者・実務担当技術者の交流を図り，地域における地盤工学のレベルをさらに向上させることを目指したいと考えています。末尾ですが，約30年にわたり福井地域地盤研究会で御講演いただいた多数の方々，参加者の方々，主催していただいた（公社）地盤工学会関西支部，御支援をいただいた（公財）福井県建設技術公社・（一社）福井県測量設計業協会・福井地質調査業協会に感謝の意を表します。

	講演会テーマ	講演タイトル：講演者（敬称略）	参加者
第67回 H27, 10, 28	福井県内の Big Projects	中部縦貫自動車道の概要と大野油坂道路の地質調査結果による対応策について：斎藤哲也，足羽川ダム建設事業の概要および地質調査の状況について：人見剛，開業を迎えた北陸新幹線と敦賀延伸工事の概要：小林寛明	187
第68回 H27, 12, 11	東日本大震災の 被害と復興	東日本大震災における造成宅地被害から学ぶ教訓と課題：佐藤真吾，東日本大震災から学んだこと－復旧・復興の現状と課題：飛田善雄	130
第69回 H28, 6, 28	熊本地震 速報会	熊本県の地質・断層：山本博文，地震動の特徴：小嶋啓介，斜面の被害：小林泰三，土木構造物の被害：鈴木啓悟，建築物の被害：磯雅人，液状化被害：吉田雅穂，補強土構造物の被害：辻慎一朗，石垣・擁壁の被害：荒井克彦	310
第70回 H28, 9, 6	斜面の維持管理	吹付け法面の老朽化と維持管理：栃本泰浩，これからのグラウンドアンカーの維持管理：藤田有二，防災・安全管理・維持管理問題とOn-Site Visualization（センサー技術を用いた可視化）：芥川真一	245
第71回 H29, 1, 12	擁壁・土留め工 の調査・設計	擁壁の調査・設計：藤田貴準，掘削土留め工の調査・設計：古田一郎，カルバートの調査・設計：山崎裕生	207
第72回 H29, 2, 17	平成28年熊本地 震から学ぶこと	平成28年熊本地震インフラ地盤災害の特徴と創造的復旧・復興に向けて：安福規之，平成28年熊本地震宅地地盤災害の特徴と創造的復旧・復興に向けて：村上哲	155
第73回 H29, 6, 29	建設工事の施工 技術	土質分野を中心とした最近の施工技術－生産性向上から1F対応まで：北本幸義，建設技術の新たなステージ〜i-Construction〜：建山和由	237
第74回 H29, 9, 13	福井県内の Big Projects	建設時に11m圧密沈下した盛土の残留沈下と補修状況からみた対策工の事後評価〜舞鶴若狭自動車道若狭地区軟弱地盤〜：稲垣太浩，(仮称)永平寺大野道路工事 永平寺IC〜上志比ICの開通まで：石原寛也，足羽川ダム建設事業の進捗状況：横山英樹	258
第75回 H29, 12, 1	計測技術	斜面防災モニタリングシステムの現状と課題：深川良一，ドローンの測量・防災・災害時の活用事例と今後：冨井隆春	165
第76回 H30, 6, 19	福井県内の Big Projects	敦賀市民間最終処分場抜本対策事業の実施状況について：岸田秀行・竹内宏徳， 北陸新幹線 敦賀延伸工事の実施状況について：玉本学也・高原英彰	172

地盤工学広報企画委員会の活動

Activity report of JGSKB public relations planning committee

地盤工学会関西支部 地盤工学広報企画委員会 委員長（大阪大学）
乾　　徹

地盤工学広報企画委員会は関西支部内の常設委員会である。「関西支部管内の地域に在住する一般市民や小・中・高等学校の学生を対象に、土や地盤に関連する様々な事柄について興味と関心を持っていただき、地盤工学に関する理解を深めていただく」を活動目的として掲げ、地域密着型、市民向けの活動を展開してきた。学生対象現場見学会、出前授業、ふるさと地盤診断ウォーク、市民特別講演会の４つの行事を核としており、最近10年の各行事の開催状況を**表１**にまとめる。

学生対象現場見学会は、工業高等専門学校や工業高等学校を中心とした学生を対象とする見学会であり、建設会社所属の委員の尽力の元、関西支部管内で見学可能な現場を広く斡旋いただき実現している。以前は、工業高等専門学校、工業高等学校に対象を限定していたが、今後の地盤工学を支える若い人材を育成する観点から、教育を目的した学校、クラス単位の見学を広く受け入れている。現場の方々には日々の業務でお忙しい中、創意工夫に溢れた見学プログラムをご提供いただいており、感謝を申し上げる次第である。

出前授業では、学校での総合学習や理科の授業、あるいは市民講座や講習会などに学会員の地盤や地質の専門家を派遣し、出張授業を行うものである。地盤の成り立ち、地盤と自然災害、液状化、途上国での道路整備など多様なテーマの授業を出前しているが、近年は海溝型・直下型地震への備えという観点から、自主防災組織の講習会や市民講座といった一般市民の方を対象とする地盤と地震災害に関する授業への依頼が増加している。

ふるさと地盤診断ウォークは毎年秋に２回開催している。地質学や地盤工学の専門家を案内役に，現地で見られる地層や断層の説明（**写真１**），簡易顕微鏡による岩石の観察や化石の採取などを交え，ふるさとの地盤を見ながらウォーキングをしている。地盤の成り立ちと起こりうる地盤災害のパターンなど，参加者の関心が高い防災情報を現地を見ながら説明し、好評を得ている。

市民特別講演会は、地域の地質や地盤に関係する身近なテーマについて専門家に分かりやすく話していただく機会として、様々な自治体と共同で開催しており、数百人規模の参加者となっている。近年は特に関心の高い地震と減災に関係するテーマを集中的に取り上げている。

2010年11月の地盤工学会の公益法人化を受け、学会活動成果を社会に向けて発信する活動を担う本委員会の重要性は益々増しているといえよう。Social Networking Serviceなど時代の変遷に柔軟に対応したツールの導入を見据えつつも、直接市民の皆様と対話する機会を大切にしながら様々な活動を充実させたいと考える。

最後に、本委員会の活動の重要性をご理解いただき長年に渡って委員会にご尽力いただいている委員の皆様に御礼を申し上げるとともに、この分野で貢献したいという意欲をお持ちの支部会員の皆様の委員会活動への積極的なご参画をお願いして本報告を終えたい。



写真１　ふるさと地盤診断ウォークの開催状況

表１　地盤工学広報企画委員会の10年間の活動状況

年度	委員長	委員数	学生対象現場見学会	出前授業	ふるさと地盤診断ウォーク	市民特別講演会の開催地、講演者（敬称略）
2008	大島昭彦	14名	6回	14回	2回	和歌山市、寒川旭（産業技術総合研究所）・沖村孝（建設工学研究所）
2009	大島昭彦	13名	3回	16回	2回	池田市、寒川旭（産業技術総合研究所）・河田惠昭（関西大）
2010	大島昭彦	14名	4回	9回	2回	奈良市、土岐憲三（立命館大）・河田惠昭（関西大）
2011	小田和広	14名	4回	11回	2回	東大阪市、菅野耕三（大阪教育大）・大島昭彦（大阪市立大）
2012	小田和広	14名	5回	6回	2回	西宮市、河田惠昭（関西大）
2013	小田和広	14名	2回	2回	2回	京都市、土岐憲三（立命館大）・坂茂（京都造形芸術大学）
2014	小田和広	13名	4回	8回	2回	河内長野市、河田惠昭（関西大）
2015	乾　徹	13名	2回	5回	2回	大阪市大正区、三村衛（京都大）・片瀬範雄（神戸防災技術者の会）
2016	乾　徹	12名	2回	6回	2回	滋賀県、竹村惠二（京都大）・片瀬範雄（神戸防災技術者の会）
2017	乾　徹	12名	6回	9回	2回	和泉市、菅野耕三（大阪教育大）・片瀬範雄（神戸防災技術者の会）

日中地盤工学技術交流会

Japan-China Technology Exchange in Geotechnics

株式会社 地域地盤環境研究所代表取締役会長
橋本　正

京都大学 大学院農学研究科 准教授
藤澤　和謙

清水建設株式会社執行役員関西圏土木担当
辻　俊一

日中地盤工学技術交流会は、平成28年10月20～22日にかけて中国にて開催され、20日には寧波市の地下鉄事業視察、21日には上海市建国賓館において技術交流会、22日には上海市の地下高速道路および地下鉄事業視察を行った。この企画は、執筆者の一人である橋本が平成27年度関西支部支部長を務めた際にもちあがり、上記日程で上海市土木工程学会及び中国土木工程学会市政工程分会との共催で開催された。地盤工学会関西支部は、50周年記念事業の一環として、平成20年６月19～21日に「上海建設現場視察と技術交流会」を上海市土木工程学会および同済大学と共に開催しており、今回の技術交流会は第２回目となる。この技術交流会は、現在もなお急激な経済成長を続ける上海市との技術交流を通して、少しでも我が国の地盤工学の発展に寄与することを目指したものである。

同交流会の実行委員会の構成は次の通りであった（所属は交流会当時のもの）。委員長：橋本 正（㈱地域地盤環境研究所）、副委員長：辻 俊一（清水建設㈱）、副委員長・幹事：藤澤 和謙（京都大学）、幹事長：林 訓裕（阪神高速道路株式会社）、幹事（５名）：大島 昭彦（大阪市立大学）、勝見 武（京都大学）、劉 遹剣（㈱地域地盤環境研究所）、渡辺 真介（阪神高速道路㈱）、杉江 功（阪神高速技研㈱ 兼 阪申土木技術諮詢（上海）有限公司）

上海での技術交流会に先立ち10月19、20日にJGS関西支部訪中団（団長　橋本正）20名による杭州湾跨海大橋の見学と寧波市地下鉄３号線車庫出入り口工区の矩形シールドトンネル現場の視察を行った。寧波市軌道交通集団有限公司　朱瑶宏総工程師による杭州湾跨海大橋建設と寧波地下鉄建設概要の説明を受けた。

10月21日の技術交流会では、「地盤特性、地下空間建設技術（道路・鉄道・地下河川など）、地盤改良、地盤環境技術および地盤に関する新技術」をテーマとして講演会およびパネルディスカッションを行った（**写真１**に開会式の様子を示す）。同技術交流会の参加者数は約180名（日本側50名程度、中国側130名程度）となり、盛況を博した。なお、日本側からの参加者には大阪日中協会第21回訪中団（団長　阪神高速道路技術センター理事長中林正司）19名も加わった。講演に先立ち、橋本委員長及び上海市土木工程学会の応名洪理事長による開会挨拶があり、その後の講演は日本、中国から５件ずつ行われた。日本側の発表タイトル及び発表者を以下に示す。

１．大阪地域の250mメッシュモデルに基づく地盤特性
　　大阪市立大学　大島昭彦
２．関西の地下道路建設および維持管理技術
　　阪神高速道路　林　訓裕
３．京阪神圏鉄道網における地下鉄整備・建設技術
　　地域地盤環境研究所　橋本　正
４．神戸空港の先駆的施工技術
　　神戸市みなと総局　藤井研一
５．発生土の利用と地盤環境課題
　　京都大学　勝見　武

中国側の発表タイトルと発表者は次の通りであった。

１．近十年来中国超大直径盾构施工经验（最近十年間の中国における超大口径シールドトンネル施工経験）
　　上海隧道工程有限公司　王　吉云
２．上海地下道路工程规划与建设（上海における'井'型道路網の計画と工事の実践）
　　上海市政工程设计研究总院有限公司　孫　巍
３．上海轨道交通地下车站的综合开发（上海軌道交通における地下空間の総合開発）
　　上海申通地鉄集団有限公司　宋　博
４．上海软土地层深大基坑工程技术综述（軟弱地盤における大規模掘削技術と応用）
　　华東建築设计研院　王　卫东
５．盾构管片接缝试验与模型研究（シールドセグメントジョイントの力学と防水性試験技術及び模型研究の進展と応用）　同济大学地下工程系　丁　文其

講演会に引き続き、上述のテーマでパネルディスカッションが行われた。日本側パネラーは大井健一郎（㈱近畿地域づくりセンター）、辻俊一、杉江功の３名、中国側パネラーは朱雁飞（上海隧道工程有限公司）、沈水龙（上海交通大学）、王秀志（上海申通地铁集团）の３名であり、林家祥（上海隧道工程有限公司）の司会のもとに進行された。

パネルディスカッション（**写真２**）では、司会の林家祥氏から主旨説明が行われた後、各パネラーから専門および経験に基づき、地下空間開発とその高度利用に関する展望や課題等が紹介された。中国側からは、大深度大



写真１　開会式（10月21日）の様子



写真２　パネルディスカッション（10月21日）の様子

規模掘削における施工方法の課題やリスク、環境保護等、また軌道交通ネットワーク等の整備計画について現状説明や提言が行われた。日本側からは、地下道路ネットワークの整備状況とこれに伴う環境や予算上の課題、大規模掘削施工方法に関連して大断面の非開削拡幅工法や各種補助工法など、特にまだ中国で広まっていない工法の紹介等も行われた。その中で、地下空間では防災が非常に重要であり、各施設の利用状況等に応じた合理的で適切な防災計画や設備が必要であるとの共通認識が得られたことは印象的であった。続いて討論が行われ、特に大深度大規模施工における技術的課題等について、活発な討論が行われた。



写真３　上海市北横通道工事現場視察

最終日の10月22日午前中には、北横通道工事の大断面シールドトンネル現場視察（**写真３**）を行った。上海市内では交通緩和のため、縦横３×３線の格子状高速道路を整備中である。この工区は、外形が約15m、延長6.4kmの６車線のトンネル工事であり、丁度、直径15.56mの土圧シールドマシンが発進準備中であった。

また、午後には上海地下鉄14号線乗換駅舎新設工事を視察した。この工事では浦東大道と民生路の交差部直下に地下３階の駅舎を建設している。地下１階は４号線との連絡通路、地下３階は地下鉄ホーム階となり、大深度大規模開削工事が行われていた。

以上のように、企画から実施まで、１年程度の時間を要した日中地盤工学技術交流会であったが、学会支部において海外での行事は珍しく、また参加者にとっても日常の業務では経験できない貴重な機会となったと考える。

上海市土木工程学会等との交流会の中で、関西と上海の古くからの良き交流の歴史についての話題となり、数年内に今後も是非このような地盤技術交流会を今度は大阪で開きたいとの意向を示された。

60周年を迎える地盤工学会関西支部において、今後も活発な国際交流の機会が設けられることを期待したい。

なお、日中地盤工学技術交流会の報告会は平成29年１月31日午後に関西大學うめきたラボラトリにおいて55名の参加者の中で開催された。

座談会

A discussion meeting

座談会記録
（午前の部）

2018年9月25日

座長
岸田　潔
（京都大学）

参加者
辻　俊一
（清水建設株式会社）
中西典明
（復建調査設計株式会社）
橋本篤
（協同組合関西地盤環境研究センター）
川島壮仁
（株式会社竹中土木）



集合写真（左から川島氏、辻氏、岸田座長、中西氏、橋本氏）

岸田　皆さん、おはようございます。気楽に話をしていただければ幸いです。

最初に皆さんにお聞きしたいのですが地盤工学会についてどう思われますか。地盤工学会は、会員数が１万を切って8000人ほどとなっており、伸び悩んでいます。特に若い人の入会が減少しています。シニアの先輩方は、これまでずっと学会を経験されてきたと思いますが、学会活動の根底は、入っていて“いいな”と思えないといけないと思います。

この点に関して、企業にお勤めの方々は率直にどのように感じておりますでしょうか。学会との関わりについて少しお話しいただければと思います。辻さんはいかがでしょうか。

辻　私はゼネコンで現場を担当してきましたので施工に一番近いところにおりました。地盤工学会は非常に現場に近い位置にあり、経験工学的なところが大きいと思っています。

例えばこの１年を見ても、北海道の地震や西日本豪雨など、一旦自然災害が起こるとたちまち密接に関わってきます。また地盤は均質でなく多くの不確実な要素を有しており、言わば「得体のしれないもの」を苦労して何とかモデル化し評価しています。そして現場は当初の評価がOKだからと言って全てがOKではなく、実際の施工で生じる現象をフィードバックさせながら修正を加えていかなければなりません。そういった意味で地盤工学は経験工学的な色合いが強い分野であり、われわれゼネコンにとって非常に近い存在だと感じています。



辻氏

岸田　辻さんのおっしゃるように、やはり地盤は得体の知れないもの、分からないことが多い。そのときに自分たちだけではなく、知恵をもち合う交流の場があるのは大きいと思います。中西さんはいかがでしょう。

中西　私も辻さんのおっしゃるとおり、地盤工学は現場に近く、われわれ設計サイドからしても、地盤工学会は非常に有益な学会だと思っています。

ただ、いまの若い人たちがなぜ参加しないかということについて一つ思うことは、若い人たちのほうに未知のものを知ろうという意欲などがあまり感じられません。自分の小さな枠だけで処理して、知らないことはインターネットで全部検索して終わってしまうというところがあり、人と人とを繋げていくような仕組みを作ってあげないと、どんどん縮小していくのではないかと思います。具体的にそれをどうするかということは、私には見識がないのですが、なぜそれが必要かということをきちんと説明できる人や、そのようなことを知る機会があればいいと思います。

岸田　人との交流の場、つながりを提供するのが学会だということですね。

中西　それが大きいと思います。

岸田　やはり私の場合も若い頃に学会に入り、企業の先輩などと出会ってきました。どちらかと言えば、昼よりは夜の部の方が深い人間関係ができていく（笑）。困ったときにお互いに情報交換ができるという、サロンのよ

うな場が学会だと感じていました。

中西　大きな場だと思います。幸い、私はずっと学会に関わらせていただき、いろいろな方と知り合いになれたことで、これはどなたに聞くのが良いかわかるようになりました。「そんな事ができる学会に積極的に関わって欲しい」と若い人に言っています。学会を通じて付き合いを広げて欲しいと思っています。

岸田　橋本さんはいかがですか。

橋本　私どもは土質試験を専門に行っている会社です。室内作業がメインになりますので、外の方とは比較的接点が少ない会社だと思っています。そのような状況で学会活動を通して、中西さんがおっしゃられたことと重複しますが、やはり人とのつながりや、会社をほかのゼネコンやコンサルさんなど業界の方に知っていただく機会にもなっていると思います。当然ながら、試験をやっていますので試験の結果等について、学会の発表したものや研究成果を見せていただくことによって、これが妥当か、妥当ではないのかということも検討できます。

一番は、学会活動を通しての人とのつながりが大きいと思います。私の上司もそうですが、学会活動をずっとされていた方はやはり業界にも知り合いが多い。分からない案件があると、どなたかご存じありませんかと上司をどうしても頼ってしまいます。いま私がこのように学会活動をさせていただいていますが、そのようなことを下の世代へと順に引き継いでいくことによって、会社が業界と繋っていくための、一つのツールになっていると思います。

岸田　川島さんは、学会とのつながりについてはいかがですか。

川島　私はゼネコンに勤務していますが、大学、大学院では地盤工学会に入っていました。現在、入社して10年目ですが、通常業務のほかに学会に参加するということは、私も最初、その意欲がなかったと思います。今の若い世代は、普通の仕事とは別に活動する時間よりもほかの遊びをしたい。当時の私もそうかもしれませんがそういう意識で、仕事にもう少し意欲をもっていれば参加できたかもしれませんが、通常業務が忙しいこともあり、当時はそのようなことは思っていませんでした。今ようやく10年目になり、仕事のことも多少分かるようになって、自分の時間も作れるようになりました。地盤工学会に会社の先輩が幹事をしていることもあり、少し参加してみようという気持ちでいます。

岸田　若い頃は、時間がなかなかないのでしょうか。

川島　そうですね。

岸田　先ほどの中西さんの話にもありましたが、若い人がなかなか参加しないというのはどうお考えですか。

中西　おそらく学会というのは堅いイメージがあるのです。実際になかに入ってみると、酒を飲んでワイワイやっていますね。

岸田　そういうことも、いまの若い人は嫌なのでは。

中西　そうした面白そうな、楽しそうということがないと、学会活動にはなかなか来てもらえないような気がします。遊ぶよりも、こちらに来たほうが面白いとか、学会で人とくだらない話をしていることも含めて。

川島　最初のきっかけも大事ですね。

中西　飛びこみでは学会に入りにくいですよね。

岸田　若手の交流会のようなものは地盤工学会ではなかったかもしれませんが、先生方同士で集まるということは、以前からされていますね。

中西　毎年やっています。

岸田　いま各学会でそのようなものをされていますが、若い人にどのようにその情報が伝わっているのでしょうか。大学の先生はいいのですが、特に企業のなかでどう周知されているのか。若手交流会は、われわれの時代は大学の先生だけでやってきましたが、やはりこれからは企業の人も含めて続けていかなければいけないと思います。ただ、強制して出てきてもらうようでは、なかなかつながりません。まずは情報がどのように伝達していくのかということ。また、上司に言われて行かされたとしても行ってよかった、もう一度来たいと思えるような工夫がいるのではないかと思います。

どのようなきっかけがあれば若手が学会活動に参加しやすく、継続していこうと思うのでしょうか。おそらく業務が忙しいなかでそれに行くということは、当然、上の人の許しも必要でしょう。

川島　地盤工学会は、大学のときは当然自分の研究があり、その論文を提出して発表をしに行く場だと思っていたので、軽い感じで行けるとは全く思っていませんでした。敷居が高いと思っていました。ですから、先輩に誘われて行こうというような軽い感じと分かっていれば、入社当時から行っていたと思います。どうもお堅いイメージがあります。


中西氏

中西　やはり上の人が若い人を連れて一緒に行ってあげないと、最初はとっつきにくいと思います。会社の仕事をしながら、それを止めて出ていくようなかたちになるので、やはりほかの人の目が気になって出にくいと思いますので、そこは各職場で我々の世代やもう少し下の世代が、若い人たちを連れ出してあげるということをしなければいけないのではないかと思います。学会が「皆さんに積極的に、できるだけ若い人を出してください」とお願いしないといけない。

辻　皆さん言われるように、若い人には堅いイメージがあると思います。講習や見学会などを企画する中で、例えば若い人だけが集まって交流できるような場を持てるようにする。何とか気持ちの上でのハードルを下げて若い人が集まりやすいよう考えてゆくことも必要ではないでしょうか。

最近若い人たちと接していて、なかなか考える時間を持てないことを悩んでいる人が結構います。知りたい、

考えたい、でもその時間がない。働き方改革が進められる中、自分の納得のゆくまでじっくりと考える時間を持てないということです。そのあたりがわれわれの若い時と変わってきているところではないかと思います。例えば地盤に関する疑問や考えを共有する、あるいはそれ以外にも仕事の悩みなどを共有できるような場を提供してゆくということが、若手を引き入れるヒントになるのではないかと思います。

岸田　けれども働き方改革で、休みなどをきっちり取るようになっているのではないですか。そうでもないのですか。

橋本　なっていっているとは思いますが、実質、仕事は減らないけれども、動く時間が減っているので余裕がなくなって、一人当たりの業務量は増えています。

辻　生産性向上を進めてはいるものの、仕事量が大きく変わらない状況下で、残業を減らし、休みを増やすということですから、仕事の効率と内容を見直さざるをえません。特に稼働中の現場などではすぐに答えを出すことが求められるため、昔のように試行錯誤しながら、時間をかけて十分に検討することができなくなっています。

岸田　昔、学校は土曜日の午前中までありました。今は、完全週休二日。けれどもカリキュラムは一緒なので、平日に夕方６時ごろまで講義となる。あるいは土曜日の内容をどこかに詰め込むので、普段の休み時間がなくなるとか。そのようなイメージですね。

辻　検討の選択肢が減り、結果的に中身が薄くなっていると思います。「ここ一番ではとことん残業してでも、目いっぱいやりたい」という気持ちはみんな持っているわけですが、その目いっぱいやりたい時間さえも制限されてしまう。少ない準備の中ですぐに答えに辿りつかなければならないという状況下で、試行錯誤しながらじっくり経験を積ませてやることが難しくなったなあと感じています。

岸田　いままで地盤工学会でやってきた特に若手交流会を、いま話を聞くと関西支部でもここ数年実施しているそうですが、私は続けるべきだと思います。続けるべきということは、今日お集まりの皆さんはイエスだと思います。いいことは続けるべきで、時に若い人がかかわることはそうであるべき。その基本的なコンセプトはいいのですが、ふたを開けてみると濃密に仕事が詰まっていて、かつ働き方改革で休まないといけない。そのなかで余分な集まりに行く時間ができるのかどうかですね。

辻　今没頭している業務以外にも別のチャンネルを持つことが重要だと思います。地盤工学を通じて若手が交流をしていく中で、仕事の話や悩みなど色々な話ができ、少しでも意識が拡がることに繋がれば良いのではないでしょうか。まずは学会活動としてそのような機会を作り、参加者の所属先も主旨を理解した上で、上司が積極的に若手の参加を促すようにすれば、少しは変わっていく可能性があるのではないかと思います。

橋本　行けと言われるときも、「この人なら行くだろう」というタイプと、言ってもこの人は行かないだろうということが、どこの会社もあると思います。最初の話に戻りますが、私はどちらかというと、そのような若手セミナーなどに行くと楽しいこともあると思えますし、そのあとの懇親会、飲み会のほうが重要だという考えをもっているのですが、そのような考えをもたない人が増えてきていることも事実だと思います。なぜ行く必要があるのですかとおっしゃる人もいますし、行きたいという人がいても、有意義であると思う人のほうが少ないとどうしても行きづらくなってしまいます。若手は周りの目があって出づらくなり、参加に拍車がかからない状態がいまの状態なのかと個人的には思っています。


橋本氏

先ほど中西さんの話を聞いて思ったことは、「行ってこいよ」というだけでは無理で、やはり連れて出ないといけないのです。行くぞというようにしないといけない。いま、どうしても出す空気がないのなら、出ることが当たり前になるような空気にするところから一歩、一歩やっていかないと活性化はしないと感じました。

岸田　昔から、それに行って何か意味があるのですかと言う人もいたと思います。しかし、われわれの世代は、上の人がそのような学会の行事に行くのは当たり前みたいな雰囲気を作り出してくれていました。それがいまの時代はある意味よくなって、いろいろな声を聞くということになったので、そのような声もあるのだろうと思います。

橋本　聞こえなかったものが聞こえるようになってきたのかもしれないです。

岸田　そのあたりはどうでしょうか。確かに橋本さんが言われるように人それぞれですから、最近は頼むほうも、無理に言わなければならなのであれば頼みたくないと思うわけです。いろいろな人たちがいると理解して進めていくのか、少し強引に誘うのか。これは別に若手研修だけの問題だけではありませんが、若い人が初めて会社に入ってきて、そんなところに行って意味があるのですかと言われたら、どうでしょう。

川島　私はそういうところに参加できる機会があればやりたかったタイプなので、今日の座談会も上司から誘われて行きますと言ったのですが、会社のなかでも学会に入っている人は、ゼネコンだと少ないと思います。先輩たちも入っていませんし、もっと上の人たちも学会に全然関係ない人がいます。それでいて急に学会に行けと言われると、周りは入っていないのになぜ自分だけという空気もあると思います。ですから、もっとゼネコンとして、会社として学会に顔を出すような動きになると、自分も何か入らないといけないというように周りが変わっていくと思います。

岸田　きっかけというのは難しいですね。いろいろなこ

とを学会も試していく必要があります。先ほど敷居が高い、研究発表会なら２枚ものを書いて出さないといけないと言われましたが、別のシンポジウムで、今まで４枚、６枚とか書いて発表と言っていたものを、若い人にはタイトルと200字程度のものだけでいいというように変わってきています。当然、発表してもらうので、ポスターは作ってもらうということはしてもらいます。

これはひとつの事例なのですが、原稿を４枚、６枚と書くのではなく、少し敷居を落として軽いものにする。ただ、議論は沢山出来るようにする。困っていることを聞くことができるようにする。そうすると若い人が参加しやすいのではないかと思います。濃密なディスカッションをすれば質は落ちないはずです。このやり方だと、いままで６枚ものを書いていたものに比べると質が落ちると言う人がいますが、本当に書くなら、ジャーナルに書けばいいのであって、私はこのやり方でも質は落ちるとは思いません。このやりかたなら議論ができます。いま地盤工学会で２枚書いたとしても、10分ほどの発表です。発表を５分して、５分のディスカッションでは短いわけです。みんなが興味のあるところは20分でも30分でもディスカッションをしたらいいのですが、誰もが５分です。ポスターではそれができるし、交われます。ですから２枚書くこともういいかなと、思います。

少し長くなりましたが、先日これを企業の人に言うと、書いていないのに人は出せないという言い方をされました。何かを書かせないと業績も残らないというわけです。

中西　うちの会社は何でもありです。何枚書けというような話は全くないです。ポスターで出して議論するというのは非常にいい考え方だと思います。

辻　当社もそのように残さないといけないという考えとか、特にこだわりはないと思いますが。

中西　ポスター発表で出したということだけでも、一つのものになるのではないですか。

岸田　どうでしょうか。私がこの種のことを言うと、かなりラディカルだと言われました。特に企業のひとから、挑戦的だと結構言われました。

辻　関西ではあまり聞いたことがありませんが、そのような感覚があるのでしょうか。

岸田　若手社員を出すのに、何も出さずに学会に参加することが遊びに行っているのではないかと思う。そういう考えの人がいました。

橋本　ポスターでも十分成果になり得ると思います。当社もわりとそのようなことは自由なので、少しでもやればドンドン行ってきなさいという風潮があります。逆に、敷居を下げていただいたほうが出しやすいと単純に思いました。また集まる論文数、投稿数が増えることのほうが、業界の活性化につながると私は思いますし、それが普通の成果として認められるようになると、例えば、いま２、３枚書くことがスタンダードなのでそう思っているのであって、そのポスターが当たり前になっていけば、それほど変わらないのではないかと感じています。

岸田　今の地盤工学会の全国大会では、おそらくあの形式で参加者をまかなっていると思います。ポスターにすると面積を取って長い時間占有することになり、発表者が減ると考えています。

もう一つの問題は、ポスターをすると日本人の場合は遠慮がちといいますか、ポスターなら貼っておくだけでいいという人もいるし、マインドとして合わないのではないですかということも言われました。引っ込み思案というか、機会を与えないと自分から前に出ていかない人にとっては、ポスターの前に立って待っていて、通り掛かりの人に、どうですかと声をかけることには、なかなか難しいのかと思います。

川島　一長一短ですね。

岸田　ですから川島さんが、敷居が高いと言われたことに対して、敷居を下げるという、いろいろな形式の集まりを考えるべきかと思います。

中西　やってみたらいいのではないですか。もし失敗したらと考えるよりも、どんどん新しいことをやってみて、駄目ならやめたらいいと思います。

岸田　関西の若手の集まりもそのようにして、少ない人数ならプレゼンでもいいのですが、とにかくディスカッションをして、そこをきっかけにビール片手にどのようにしたら人が集まるのか、話し合ってもらえばいいと思っています。敷居を下げるという表現はなんですが、誰もが参加しやすい、かつディスカッションが盛り上がるかたちで、どれが正解かは分かりませんが学会としては試行していかないとよくないのではないか。これまでの、若い人に機会を作っていますよというだけではニーズに応えていないと思います。

学会の場で、他業種や他文化の人と交流して理解してもらうことが大事であって、ただぼんやりと聞いているだけでは駄目です。そのようなことを考えていくことで、学校教育や企業の研修だけでは得られないものを学会が提供できるのだと思います。ぼんやりしているのではなく、ディスカッションする場を追求するということが重要ではないかと。

辻　日本ではそのような場ができても、そこからディスカッションまでいくところがなかなか難しいかもしれません。例えば会社の上職者が、課題としていくつか数を指定してディスカッションをしなさいという取り組みも一つとして挙げられるかもしれません。一旦殻を破ることができれば、次からは能動的に動けるようになり、学会活動の理解につながってゆくのではないでしょうか。場を提供することと同様に、そこから先をどのように進めていくことが重要であるように思います。

岸田　やはり学会なので、一方的な発表ではなく、自由な議論を活発にできるということがないといけない。今の２枚ものの全国大会は、川島さんが言われるように若い人にとっては敷居が高い。その上、発表・質疑はほぼワンウェイということでは、なかなか若い人は居つかないという気がします。

中西　積極的にやってみたらどうでしょうか。

岸田　もちろん時代も変わっていくし、人も変わっていくので正解はないのです。100％皆さんの要求を満足させることはなかなかできない。今後もやるべきこととして、若手の交流は学会として必要ではないかと思います。特に関西エリアに限った実施でもいいと思います。やり方もいろいろ試す意味で、スタイルは多種多様でいいと思います。そして、しばらく進めてどこかチェックして、またブラッシュアップしていくということになればいいと思います。100点満点はなかなか難しい。

辻　おっしゃるように全国一律にやるのではなく、地域的な特徴があってもいいと思います。まずは試行する中で、良いことや悪いことが出てきますので、その次の展開につなげていくことができると思います。

岸田　地域の建設会社も含めて若手が議論できるようになって、例えば福井若手交流分会などができていけばいいと思います。そのあたりはいかがですか。若手だけではなく、地域のなかでの広がりを作っていくために、そのようなことをやる必要があるのではないでしょうか？

事務局　関西支部では、福井、和歌山、滋賀の三つの地域研究会をもっていて、各地域とも積極的に活動されています。

中西　福井は１回やると100人以上集まります。

岸田　それは会員ですか。

中西　会員ではない方もいらっしゃいます。

岸田　そこから会員にもっていくには、どうすれば。

中西　そこが難しいですね。

岸田　会員の種別もまた考えてもいいのではないかと思います。支部だけの会員、地域だけの会員など。関西支部では、地域の集まりを先駆的に進めてきました。支部として先見の明があることをやってきたわけですね。

中西　アフターフォローがあまりないのです。ポン、ポンとやっているだけで、そのあとの続きを学会がフォローしていって、そのあとの集まりができればいいのですが。

岸田　ネットワークがあるわけでしょう。そのネットワークは支部が管理しているのですか。

中西　ネットワークは、各地域地盤でやっています。

橋本　その部会単位ですね。

岸田　川島さんはそういうことはご存じでしたか。

川島　全く知らなかったです。



中西　和歌山の新宮の人が大阪まで来るのは大変です。ですから、こちらから出ていってあげるということをしていけば、それに付随して地盤工学会に興味をもつ方が出てくるのではないかと思います。以前、新宮か勝浦のあたりで講演会をしたのですが、300人近い人数が集まりました。ですからニーズはあると思います。そのニーズをいかに発掘して、学会につなげていくかということを進めていけばいいと思います。

岸田　60周年で、学会が発展していくうえで、一つは若い人に入ってきてもらわないと続いていかないと思っています。もう一つは地方のエネルギーを、会員資源があるので、それらがこちらのほうにもう少しふり向いてくれないかと思います。

辻　分科会のような形でやると、例えば地方の企業さんなどは、気持ちの面でハードルが低くなるし、知り合いも行くから行こうという感じがあると思います。そのようなものがないと、学会と名が付くとなかなか入りにくいと思う人や会社もあるのではないでしょうか。馴染みがあまりないというか、難しいことをしているところには入りにくいと感じる方もいらっしゃるかもしれないのですが、分科会のような形で地域の中でやれば、自分たちの知り合いも行くというので、学会の親しみ易さは全然違ってくるのではないかと思います。

岸田　私がそこで思っているのは、これまでの会員という定義の仕方では、若い人も含めてそのような人を取り込んでいけないと思います。いまも１万円ほど払って、雑誌が毎回くる。その会員という定義ではなかなか難しいという気がします。地盤工学会は地域に根ざしたものであるべきだと思いますが、いかがですか。そのようなところの工事をすると、試験をしてくださいということがくると思うのですが。

橋本　ただ、試験結果に対して守秘義務が有るので、私どものところはオープンにしづらいところがあります。このようなこともあり、当社で試験をやっていることを、一般的にはほとんど知られていないことが多いのです。

　少し戻りますが私は、地域地盤研究会の存在を、正直に言うと幹事をやるまで分かっていませんでした。

中西　地盤工学会自体があまり知られていないですね。知名度を上げる努力が一つ重要だと思います。

橋本　土木学会というと知っておられますが、地盤工学会というと「土木学会の一部ですか？」とおっしゃる方も多いですよね。

中西　下部組織のような見方をしている方もいらっしゃいますね。

橋本　そのようなイメージがありますね。

辻　一案としてサポーターというようなものも考えてはどうでしょうか。先ほどの地域の活動などに出るのに、例えば会員価格の４分の１程度の負担をしてもらう。まずはサポーターになってもらうことによって、学会活動に対するなじみができてということもあると思います。会員になるかならないのオール・オア・ナッシングでは

なく、サポーターを増やしていく中で、結構良いこともあるなあと初めて気づいてもらえるのではないでしょうか。

岸田　サポーター会員のようなものも入れるというのは、いいですね。それぐらい許容して進めていかないと新しい人は増えない。その意味で、いままでの会員の定義というのは、もう平成も終わりますが昭和の時代のやり方だという気もします。本もこれからの時代は冊子体ではなく、ネットで見られるようにして変えていく。講習も大阪に来ないと受けられないのではなく、Webで行う講習とすれば地域格差はなくなってサービスが受けられます。それなら皆さんが入りやすいと思います。

辻　例えばグッと値段を下げて、若い人でもアプローチし易くする。それによって、これまでタダで行っていたのが多少費用はかかりますが、これまで馴染みのなかったところにどんどん入っていくことができ、学会が何をしているのかがよく分かるようになります。

岸田　３年間サポーター会員で、よければ次に本会員になるとか。そういう何かルールを作って、そのようにすると若い人も、地方の人も入ってこられるのではないか。大阪や東京にいれば講習会にも参加しやすいし、会員になる意味はあると必ず言われると思います。和歌山の新宮だと東京まで行く交通費で、複数回は講習が受けられます。若い人も地方の人もきっかけがないと入れないということかと思います。

関西支部は地域の集まりを実施してきた。それは、地方にはニーズがあると分かっていて既に実施してきたのだと思います。時代に合わせて殻を破ることをしていかないと駄目です。

中西　これまで積み上げてきたことをうまく使っていけば、もっといいものができるということですね。

岸田　そのときに時代も変わるし、100点満点はないわけです。いまの議論を10年後にすると、違う環境のなかで議論するかもしれない。変わってくるかもしれません。100点を目指さなくても、多少失敗があっても変えていって、一つの目標は、みんなが集まれる学会になるべきだと思います。

それでは、もう一つのテーマである「i-construction」について議論していきましょう。i-constructionは現在、国をあげて進めているところがあると思います。私自身は言葉だけ知っている程度です。AIやIoTなどを今後土木業界において導入すべきという旗振りは始まっているようですが、自分自身は何となく肌で感じるところまで至っていないような気もします。そのあたりは現業に近い皆さんのほうが感じるところがあるかもしれません。

i-constructionなどこれからの時代ということで、いまの関わりや感想でもいいのですが、川島さん、いかがですか。

川島　現業で言うと、測量の成果などはすでにドローンを使ったりしていますので、そのような部分でIoTを活用するようになったという話は耳にするようになりましたが、自分の仕事としてそのようなものを取り入れることはまだほとんどなく、先ほど言われたように言葉だけは知っていて、まだまだこれから先の話なのかなという感覚です。しかし、やはりi-constructionの取り組みのなかで、省人化、省力化という話があり、そういうところには非常に注目しています。若手が建設業から離れていっていますので、そういうことをもっと積極的にアピールできて、建設業でも入りやすい魅力ある仕事になれば、人も増えて、今後継続していくような、人が減らずに、どんどん魅力あふれる仕事として活性化していくと考えています。


川島氏

岸田　橋本さんはいかがですか。

橋本　私も個人的な考えとしては、今回、国土交通省がi-constructionの導入を表明しましたが、主に建設現場の生産性の向上を一番の目的としてやっているのだと思います。そのような面でいくと、それらが建設業界に対してどのように寄与するかというと、生産性が向上し少子高齢化による労働力が減少していることに対して補充する効果が一番の期待になっています。人が足りない、人手不足と言われるのですが、逆にいま生産性向上をすることによって、現在の少子化の流れが追い風になって充実していくタイミングでもあると思います。労働人口が飽和状態にあるときに、そこに生産性向上をしていくと雇用の問題も発生して、別の摩擦が出てくると思いますが、いまはそのような摩擦が発生しにくいので、導入するタイミングとしてはいい機会だと思います。

また自分の業務のなかで、IoTをすることによって効率化を上げる部分は何か。どの業界もそうかもしれませんが、一番大事なことは人がごくごく当たり前のように行っていることを機械化できないかということになると思いますので、そのような部分をプロデュース、する、コーディネートする人が一番重要になってくると思います。ちょっとした新しい発想をすることによって、これが機械化できる、これが自動化できるという部分をやっていくことが、いまの段階で最も難しい部分だと感じています。

岸田　難しいテーマです。けれどもお二方が共通しているのは少子化していく、人がいないときに生産性を向上していくには適しているだろうということで、そのような現状の社会背景があるなかで、その要求に応える一つのアイデア、方法だろうということですね。中西さんはいかがですか。

中西　おっしゃるとおり、生産性向上のためには、i-constructionはやらなければ仕方がない、必要なものだと思っていますが、それを現実化するにはかなり高いハードルがあります。例えばデータ量が３次元のデータで膨大になります。それをどのように管理していくのか。国交省が言っているのは、調査から設計、施工、維

持管理まで一連でやろうとしていますが、それをいったい誰がどう管理するのか。その基本的なところが見えません。私の勉強不足なところもあるかもしれませんが、それをきちんと考えていかないとデータだけがたくさん積み上がって、どう管理して、どう検索していいのか分からないという状況が起きる可能性があると思っています。

それからこれは極端な話かもしれませんが、AI等を使って建設する機械を動かして事故があったときに、誰が責任を取るのか。これは車でもよくある話ですが、そのような議論も必要ですし、課題がたくさんあって、いろいろな失敗を繰り返しながら前に進めていかないといけないところがあると思います。いまの日本の現状として、失敗するとそこで止まってしまうことがあるので、i-constructionを進めていくうえでも、失敗があったときにそれを修正して前に進んでいくことを許すような寛容な社会、業界のなかでもそのような寛容なところをもっておかないと前に進まないと思っています。そのようなところをクリアして、このi-constructionが前に進んでいくのではないかと思います。

岸田　辻さんは、いかがですか。

辻　よく言われているのは、あと30年もすると生産年齢人口が30％減るということで、そうなるとどこかで生産性を上げていかなければならない。その流れの中でi-constructionに取り組まざるを得ない、不可避であると思います。他業種では大変な勢いで生産性向上が進んでいる一方、建設業界はどちらかというと遅い方であると感じています。何とか挽回しようという流れの中で、現場を担うという立場から見て、「生産性向上」の側面が独り歩きしている感じもあると思っています。

やはり、今われわれが現場で危機感を持っていることは、先ほどもお話したようにじっくり考える時間がなくなっているということもありますが、これは昔に比べて失敗が許されない、厳しい試行錯誤する自由度が減り、外注化もどんどん進むことによって、いま支えているベテラン技術者の経験値やノウハウを維持してゆくことが難しくなってきているということを意味します。つまり新たに若い人にそれを身に着けさせることが簡単ではない状態になってきているということです。そのような事情もあり、生産性向上について省力化も重要ですが、もっと質的なものを求めていかないといけないと感じています。

一つの試みとしては、VRのようなシミュレーションシステムを使いながら、最先端の施工環境や事故の発生した状況を経験させるといったことも考えていってはどうかと思います。実際にスウェーデンでは、トンネルのオペレーターはトンネルシミュレーションシステムでの講習を義務付けられる取り組みが進められています。またAIについては、現場のベテランオペレーターの腕を機械に覚え込ませていくような試みも実際に行われていますが、現場でベテラン技術者が感じる「何か危ない」とか、「何かおかしい」といった、分析困難な「ベテランの感覚」をAIによって形にしてもらえればと期待しています。

我々ゼネコンの立場としては、たとえi-constructionが進んだとしても、現場の肝になる部分のほとんどは現場最先端の経験値によるところが大きく、なかなか補いきれない部分もあると思います。それを見失うことなく、i-constructionと並行して手当てを進めていく必要があるのではないでしょうか。

岸田　いまの日本の状況を考えれば、i-constructionは不可避だろうと思います。ただ、質をどのように担保していくのかということですね。


岸田座長

最初に辻さんが言われたように、地盤という得体の知れないもの、画一的ではないものを扱いながら、地盤の“質”は言い換えると一つは安全性ですね。安全性と品質を担保してどのようにしていくのか。また、中西さんが言われましたが、何かあったときにどのように責任を取るのかという問題を考えると、分業ではないのですが人との関わりをどこまで、どのようにして、i-construction、人工知能を扱っていくのかということになると思います。

そのときに思うことは、現場の経験の仕方が変わっていくのかどうかということです。例えばトンネルなら、毎日若い人に切羽を見てこいということなのか、毎日１回、切羽画像を見ろということになるのか、変わってくるのか。そこは変えるべきではないのか。いまは例えば切羽だけについて言いましたが、その得体の知れない地盤という画一的ではないものに対して、人との関わりはどのようにしていくのかということがあると思います。そのあたりはいかがですか。

辻　私が思っているのは、画像だけを見てというのでなく、やはり実際に切羽まで行って、目で見て、手で触ってみる。さらに施工の最先端を一番良く知っている職長や作業員と会話し、いろいろな意見を交換していくことが非常に大事だと思っています。時間と機会が少なくなっても、このプロセスは続けていくべきことだと思っています。AIなどはあくまでサポートという立場であるべきで、特に地盤状況に応じて都度修正しながら進めてゆくような現場においては、そのプロセスは重要であると思います。

岸田　最初の発言でも、感性、感覚が大事だと言われたと思いますが、そこは譲るべきではないということですね。

中西　AIは、最終的な答えしか出てこないのです。

岸田　しかし、いろいろなことを学ばせればそれ以外もできるということが、AIや人工知能を進めている人の考えだったと思います。

中西　そうですね。けれどもプロセスは全然見えない。その答えがポンと出て、いまでもそうですがソフトを

使って計算して、結果を見るだけなのです。そのプロセスは全然分かっていなくて結果しか見ていないという状態です。AIができたときに同じようなことが起こると思います。するとそこを誰が判断するのかということは、おっしゃるとおり、非常に重要だと思います。

岸田　辻さんは導入が他業界に比べると遅れていると言われましたが、それでも譲れない部分があるとお考えですか。

辻　そうです。例えばAIの画像認識技術を生かして、分析困難な「何か怖い」「何か変だ」「何か起こりそうだ」というような現場の感覚も形にできるのではないかということで、期待しているところもあります。しかし現場では刻一刻と状況が変化し、関係者間のやりとりによって判断基準も変化していきます。その複雑さやスピード感を考えると、実際に現場の最前線で携わっている人間の感覚と判断に頼らざるを得ないところが大きいと思います。従って、最先端のノウハウをもつ多くの作業員と話をしていくことや、実際に手で触って、肌で感じることがなくなれば、ゼネコンの価値がなくなってしまうのではないかとさえ思います。

岸田　人との関わりについてはどうでしょうか。

橋本　正直なところ、人の直感や感覚はとても大事だと思います。人のそういう感覚的なものを数値化すると簡単に言ってしまいますが、それができるとAIに結びつくのかなとは思います。それができるという話も聞きますし、できないという話も聞くのでどちらなのかが分からないのです。データベースはたくさんあって、その判断は人間がしないといけないのですが、その判断のところをチェックすることに特化した機械になればいいのではないかと、単純には思ってしまいます。プロセスをきちんと見張る役目を機械にさせるだけであって、最終判断は人間だと思います。それが機械と人間との関わりだと思います。

非常に出しにくい話かもしれませんが、事故は絶対にあると思います。その程度が大変なものになると、国土交通省の事故調査委員会に出すような案件もあると思います。例えばパイロットのフライトシミュレータのように、ボーリングシミュレータのようなものができたとして、シールドトンネルの中での事故を体験するということができると、そのほうが後世につながるIoT技術になっていくと思います。ただ、それを出すことは、法律の問題とか難しいとは思いますが。

辻　なかなか難しいことですね。それぞれの企業の事情もありますが、やはり航空業界のオープンシステムのように、垣根を越えて共有してゆくことも必要になってくるのではないかという気がします。

橋本　いろいろな面での法整備、業界としての法へのふれ方も変わってくると思います。

岸田　川島さんは、いかがですか。

川島　やはり先ほどから言われているように最終判断は人で、機械主体ではなく、あくまでも人が決定することの根拠づけというか、サポートする役目がAIでなければならないと思います。現場に行って目で見て、手で触るということが、やはり一番何が危険なのか、どのような状態なのかが分かりやすいですし、そこで判断できるものだと思います。人間が見えない部分をAIが計算して、結果を出すのかもしれませんが、そこは人間の判断で、経験されている方の意見も聞いて、経験値と言われていましたが、そのような判断をあくまでもAIで答え合わせをするようなことをやっていくべきではないかと思います。

中西　AIの判断のほうが正しい場合もありますね。

川島　そうですね。

岸田　人との関わりがどうなのかということが課題としてあるので、そのようなところの失敗例も含めて議論できる場が学会だと思います。いまは残念ながら学会の発表を聞いていると、例えばドローンができましたとか、あるいはレーザーでの計測を行いました、ということに終始している段階です。では、それを誰が使うのか、どの部分をどのように使って、どのように関与していくのかという議論は残念ながらまだないように思います。それほど実用化されていないのでそうなのかもしれませんが、学会が関わるとしてはそこだと思います。

学会が、AIやi-constructionに関わっていくためには何ができるのか。これまでは役所のほうで旗を振って行われているので、学会はただ単にそのような技術の発表の場しか提供できていないような気がしますが、どうでしょうか。

橋本　まさに、AIが出した答えと人間が出した答えに相違があった場合、これはどちらが正しいのかという部分を、学会がいろいろな事例を見たうえで、この場合はこちらですというところを関わってもらえると、お墨付きがあるような感じでしょうか。

中西　その判断自体のシステムを、AIの判断と人の判断との関係性をシステムとしてどのように作っていくのか、法律的な整備のバックボーンになるようなことを学会がサポートしていくかといったことかと思います。個別に関しては、AIの答えが正しくて人が間違っていても、AIが間違っていても、やはり最終的には人が判断し、責任をもたざるを得ないと思います。選んだのは人ですから、最終的には人の判断だと思います。ただ、それを評価しないといけない。

岸田　橋本さんは、いろいろな事例を持ち合って討論する場と言いますか、それは機械が正しかった、人間が正しかったとか、いろいろな事例を持ち合う場ということで、そこで人との関わりの場を見出していこうという意見でした。中西さんは、地盤工学会のなかで大きな枠組みを作り、人との関わりの枠組みを作って売り出していくという関わり方ということでした。中西さんは、昔の地盤工学会が基準を作って売っていたということに軸足を置いたやり方です。これは、どちらがどっちということはないと思います。ただ、私は、学会は橋本さんが言われたようなことをまずやるほうがいいような気がします。中西さんの基準を作る、その受け皿ということも、

学会の戦略として考えないといけないのかもしれませんが、まだ模索の、雲がかかったような感じなので、橋本さんが言われたようなところから、事例を集めていくことからすればいいと思いますがいかがですか。

今、奇しくも２種類の学会の関わり方が出てきていますが、辻さんはいかがでしょうか。

辻　こういうことができます、ああいうことができますといった技術やシステムは、今後放っておいても出てくると思います。逆に、チェック機能というか、警鐘を鳴らしていくということも学会の仕事ではないでしょうか。例えばAIの出した結果が、人間の判断とこのような差異が出る場合があるとか、思いもしないようなことが起こるとか、そのような警鐘を鳴らすことも重要な仕事の一つだと思います。また今後、個別に進められてきた成果が、ある時点で集約化されていくと思いますが、この成果の集約化の過程で学会がどのように絡んでいくのか、今後の課題ではないでしょうか。

岸田　チェックをしていこうと思うと、中西さんが言われたような枠組み、ガイドラインのようなものを作っておかなければいけないということになりますね。

中西　ただ、ガイドラインを作るまでに当然議論が必要なので、まずはそちらの議論からだと思います。

岸田　いままでの試験法のような技術と人の関わりとを議論したものでないといけないと思いますので、私は、一度使ってみて、トライアルがあって、議論という気がします。

中西　確かにそうだと思います。やはりいろいろな失敗を修正して、検討、検証して改善していくということになります。

岸田　いまの学会の発表を聞いていると、このようなことができますだけで終わりますので、先ほど言われたチェックということはないですね。

辻　また実際に実用段階でどうなのかという検証も一つの方向性ではないかと思います。つまり企業や学会で進めていることが、実際に現場で使えるものかどうか、正しく機能するものかどうかなど、施工の最先端で検証してゆくということです。そこまで展開できれば、結構面白いものになるという気がします。

岸田　日本のもともとの入札は、誰もができる方法で価格競争をしながら進めてきました。しかし、最近では技術提案を行いながらということになり、技術力も得点化して価格等で検討していくということで、企業としての新技術をアプライできる環境は整っていると思います。今日はゼネコンのお二方がおられますが、i-constructionやAIをまずトライアル的に導入できる環境になっているのではないかと思います。今日は役所の人がおられませんが、正直に言うとどうですか。

川島　やはり最先端技術投入となると、価格的な面で厳しいというところがあります。それを支援してくれる企業、そこまで見込んでくれる会社があるといいとは思いますが、やはり支援してもらわないと、いまの時代では実際使うのは厳しい。もう少し、支援してもらえるような時代でないと、もっと導入されてAIが広がっていくまでは厳しいかなと思います。

辻　いま川島さんが言われたように、やはりインセンティブ的には弱い。開発するために当然お金もかかりますし、実際使ってもまだまだペイする段階ではありません。しかし流れとしてはやらざるを得ないし、おそらく何年後かにはそうなるだろうということも含めて、結構無理をしてみんな開発や導入しているところはあるわけです。国側も補助や単価見直し、組み込んだ総合評価方法など考えてくれていますが、もっと後押しをしてほしいと思うところが確かにあります。いろいろな新しい技術が出てくる中で、今後、施工管理や安全管理などについても現場で十分使えるものということになれば、爆発的に広がる可能性もあります。i-constructionにはそういう質的な部分の向上に期待したいところはあります。

岸田　企業努力で行っても、公共工事を主とするなら、誰もができる技術でという前提がいまだにありますね。ですからインセンティブが明確になれば、そこは先頭を切って開発をという音頭を取る会社が、なかには出てくるかもしれません。そこを促すような社会環境など、学会ができるとすればそのような取り組みを表彰していくということになると思いますが、そのような素地をどのように導入していくのかということを、学会として支援、サポートする。あるいは人との関わりをどうしていくのかをやっていくことなのかと思います。

やらざるを得ないということは、皆さんも生産性の向上という点で一致していると思いますが、そのところを考えていかないといけないこと、あるいは学会がやらないといけないことがあると思います。学会のなかで、そのような議論の場をもってもいいと思います。

i-constructionの導入における人との関わり方については今後十分に議論していく必要があり今後は学会あるいは各支部において議論していく場ができればと思います。

中西　法的なことが関わってくるので、法律自体もアメリカのように事故調査委員会で責任を問わないとか、そういう枠組みから変えてもらわないといけませんよね。

橋本　いわゆる時効とかで、調査委員会に出したものはもうこれ以上は問わないというレベルでないと出せないですね。そこにいくまでに、みんな何とか抑えようとされます。

中西　責任を追及されて、並んで頭を下げないといけない。

橋本　そこにいく前にやはり止めようとされるので、それで終わっていることを出すのは、法律の問題が大きいと思います。本来、そのようなものを共有したほうがいいのはいいと思います。それが出せる場所が、中立な場として学会しかないと思います。

岸田　１時間半ほどたちましたので、そろそろ締めたいと思います。

今後10年先を考えたときに時代は大きく動いていくと

思います。いまはオリンピックもありますので国内需要があります。それがオリンピックのあとにどうなるかは分かりません。トーンダウンするかもしれませんし、それなら海外に出向く、という流れになるかもしれません。一方では、高度経済成長が終わったあとのものが50年ほどたって、保全ということも避けて通れませんし、そのうえ災害がこれだけあると国内のやり方も少し変わってくるかもしれません。作るよりも守るほうのウエイトが大きくなっていくという流れです。そのようななかで、ずっとやっていかないといけませんので、学会は人材を育てていくことをやるべきで、それが省力化されていく。i-construction等が導入されたとしても、使うのは人間です。これはいままでも変わらないことですが、それらに学会が絡んでいくのが、今後10年の一つの立ち位置になると思います。

中西　おっしゃるとおりだと思います。結局、なんだかんだと言いながら人と交流して、最終的には人が育っていく場として、地盤工学会の関西支部があればいいと思います。

岸田　若い人、大阪から距離が離れた人で学会にニーズのある人を、やわらかいかたちで取り込んでいく。いままでもやってきましたが、さらに強化するということが、これからの10年の課題だと思います。

以上で、この座談会を締めさせていただきます。どうもありがとうございました。

（午前の部 終了）

座談会記録
（午後の部）

2018年9月25日

座長
岸田　潔
（京都大学）

参加者
薮内　弘
（大阪市）
濵田信彦
（株式会社情報技術）
村上豊和
（西日本高速道路株式会社）
澤田茉伊
（京都大学）
瀧本果奈
（神戸市）



集合写真（左から岸田座長，瀧本氏，澤田氏，村上氏，濵田氏）

岸田　皆さん、こんにちは。お忙しい中、ありがとうございます。座長を担当します。気楽に話をしていただければいいと思います。

この座談会は、午前中にもゼネコンやコンサルにお勤めの方々を中心に、地盤工学会との関わりや、「温故知新」というキーワードのもと、学会が今後どうあるべきといった点について、参加いただいたシニア、若手の方々からお話をお伺いしました。そこで、午後の部にご参加いただいた皆様からも、ご自身の今までのキャリアの中で、学会がどのような点で役に立ってきたなども含め、学会との関わりについて忌憚のないお話を聞かせていただけたらと思います。薮内さんからお願いしてよろしいでしょうか。

薮内　私は、現在大阪市の港湾局で仕事をしているのですが、特に大阪港なり港湾地帯を考えると海面を埋め立てて新しい地盤をつくってきました。いま話題になっている夢洲もそうです。これは、今に始まったわけではなく、大阪湾の埋め立ては江戸期より継続して行われており、今の新しい埋立地、咲洲や夢洲、舞洲と言われている所以外は、ほぼ戦前までの埋立てがなされました。弁天町から少し西の方までは江戸期にも埋立てをしていますので、もう延々と埋立てをしてきたわけです。

関西支部ができた1958年から、南港の埋め立てが開始され、それがちょうど今年で60年目です。ですから、大阪港の戦後の埋め立ては、関西支部の歩みとほぼ同時期になされてきました。私は学生のころから軟弱地盤の埋立てや圧密という技術面で非常に学会との関わりがありまして、大学の土質研究室でも、三笠先生をはじめ様々な先生や先輩方にいろいろ教えてもらったことを覚えています。

今の埋立地で言いますと、例えば咲洲は1000ヘクタールぐらいありますし、舞洲が225ヘクタール、夢洲は390ヘクタールありますが、どれも沈下予測の範囲内で造成ができており、強固な地盤が出来ていると思います。施工時は地盤工学会でいろいろな議論がなされましたので、軟弱地盤の埋め立てについては相当技術的に進歩したと思っています。

昨年、大阪港は開港150年を迎えました。これを記念し、この30年間ぐらいの歴史を書物に残すという活動を今年から行っています。その中で、海面埋立ては、新しい廃棄物処分場としてのニーズや、浚渫土砂や残土を処分するニーズもあって、それに応えて新しい人工島を造っています。その技術的な下支えというのは学会の先生方なり、会員によるところが大きいと私は思っています。

最近では、埋立地で構造物を作ろうとする場合に技術的なトラブルが起こることがあります。これは、今の技術者があまり埋立地の地盤を知らなかったりするなど、どのように埋め立てられているかということが分からないからです。私は、実際に埋め立てをした技術者をもっと活用してもらって、地盤をよく知っている人たちにアドバイスをしてもらうと、そういうトラブルも少なくなっていいのではないかなと思っています。

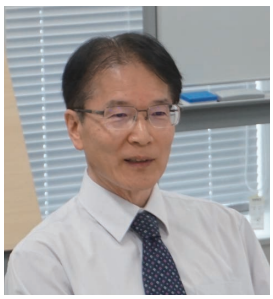


薮内氏

一方で、大阪港では、新しく埋立てができる場所が

なくなってきていて、工事も減りましたから、だんだん埋立てに習熟した技術者が少なくなって来ています。埋立ては、技術的には一定のレベルに発達していると思いますが、しかし、私は、安くて早くて強固な地盤を作るということになっているかというと、まだまだ研究の余地があるのではないかと思っています。造成するのに平米当たり何万円もお金がかかります。もっと安くて早くていい地盤を作れるという技術開発は非常に重要で、そういったことが例えば、将来海外への技術輸出につながりますから、夢洲では、新しいことにチャレンジする実験フィールドとして活用してほしいと思います。

岸田　これまで、大阪市の港湾関係では、仙波さんが支部長をなさっておられ、若いころ私も研究が軟弱地盤なのでお世話になって、支部の活動をけん引していっていただきました。これは大阪市、特に港湾もそうですし、それから神戸市にも同じように同時期に神戸港ということで引っ張っていただいたという記憶があります。濵田さんはどうですか。


濵田氏

濵田　私はいま、情報技術という阪神高速グループのシステム会社にいますが、２年前までは阪神高速道路株式会社（前身は阪神高速道路公団）で30年余り勤めてきました。その中で私自身が、主に湾岸線などの高速道路の建設や基礎構造物の設計といったことに関わることが多かったこともあって、地盤工学会との付き合いはかなり多かったと思っています。そのような中で学会がいかに役に立っていたかというのは、いくら言っても言い過ぎではないと思います。

具体的な例で申しますと、橋梁の基礎構造物と地盤の相互作用に関する検討です。阪神高速道路の湾岸線の基礎というのは非常に軟弱な地盤や埋め立て地に造っていくことが多く、特に湾岸線の阪神間（甲子園浜や西宮浜など）では、埋め立てをしてからの時期が短いために特有の課題がありました。いわゆる「若齢埋立地」と呼ばれるもので、阪神高速道路の構造物が完成してから、基礎に沈下や側方流動など地盤変形の影響を受けるという現象が特殊な点でした。従来の構造物だと完成後には地盤の変形はなく安定しているため、影響を考慮する必要がありませんでした。しかし、これらの湾岸線については造ってからも変形が続いているといった特殊な事情があって、そのあたりの技術的な課題について解決を図ってきたということがありました。そのような新しい課題解決にあたって、地盤工学会の先生方にお世話になったというのが大きな点の一つです。

もう一つは、やはり人との付き合いという観点です。学会の活動で、十数年前に大阪で地盤工学の研究発表会がありました。そのときに実行委員会の委員をしましたが、その交流を端緒に、地盤分野に関する技術的な課題の相談はもちろん、新たな人を紹介してもらうことで人とのつながりが増えて、非常に有意義な経験をしました。

このように、私にとっては技術的な貢献と人との付き合いという面が、学会が非常に大きく役立ったところです。

岸田　お二人に共通しているのが、各々のプロジェクトがあって、それを共に勉強しながらうまくやっていったということですね。そういう意味では、学会がそこで機能していたという時代だったかなと思います。村上さんはどうですか。

村上　私は今、NEXCO西日本の技術環境部におりますので、高速道路の建設と管理をやりながら設計や施工の基準、要領を作る立場にいます。我が社が最初に高速道路を建設したのは名神ですが、そのときのワトキンス調査団の話をまず新入社員にもしますし、常に研修などでは伝えています。その中で「日本の道路は信じ難い程悪い」という話から始まって、そのときに何も基準がない中でモデル施工や、あらゆる調査案件をチャレンジしながら作ってきました。

それがいま基準として出来上がっているのですが、今我々が読むと結果でしかないのですけれども、やはり学会で常にわれわれは発注者の立場ですし、ゼネコンさん、コンサルさんがチャレンジしてきたこと、取り組んできたことを発表していただいているという中で、この当時どういうことをやっていったのだろうというのを紐解こうと思うと、学会誌などで、発表されていたことを追っていくと非常にその歴史が分かりますので、そういう学会の、常にその事業のタイミングでみんなが世の中に出していくことが非常に重要かと思っております。

岸田　「基準」という点でいうと、例えば地盤工学会は土質試験の方法に関する基準を作り、わが国の技術をリードしてきました。しかし現在、様々な試験法があり、それらを維持していくのが学会として負担になってきている。例えば、学会で出している「テストシート」も最初は紙ベースでしたが、今では電子ファイル化されている。そうなると、なかなか地盤工学会の意義というのが見えてこなくなってくるのではないかと思います。

これまでのお話を聞いておりますと、やはりプロジェクトがあったからここまで来ることができたという共通点があります。では、瀧本さんや澤田さんのように若いお二人から見て、少し立場は違いますけれども、その中で地盤工学会が果たせることがあるのか、残していくべきことがあるのか。今までの関わりでも結構ですので、何かあればお話しください。

瀧本　神戸市では昭和の前半から埋立て事業を始め、当初は工業用の土地の埋め立てでしたが、そこからもう少し沖に出て、ポートアイランドや六甲アイランド、最近では神戸空港の埋立てを行ってきたところです。先ほど薮内さんもおっしゃっていたように、今からまた新しい人工の島を造るということはなかなかないと思いますが、今までに埋立てて造成してきた土地の管理は今後も残っていくものです。

神戸空港でも沈下はやはりあり、現在も、建設から関

わってこられた民間企業の方や学校の先生方に沈下の予測をしていただくなど、神戸市の中だけでは解決しきれない部分について産官学で情報共有のための報告会を続けてきています。今後もこういった管理は続きますので、そのためにも学会は産官学の連携や交流の場として残っていてもいいのではないかなと思います。

岸田　これは私が間違っているのかもしれませんが、管理だけでは弱い感じがします。もう少し言うと、造ったことのない人に管理ができるのかなと思うのです。

土木での新設事業は、東京オリンピック直後ぐらいまではあるのかなという感じがしますが、新設のものを「爆発的に造る」ということはないと思いますし、そうなりますとウエイトは施工から管理に移行していくと思うのです。造ったことのない人が管理というのはどう考えていったらいいのかなと思うのですけれども、その点に関してはどうですか。

薮内　私はずっと港湾をやっているわけではないのですが、前回の万博誘致に負けた後くらいから担当していますので、夢洲の最初の地盤改良は記憶にあります。

埋め立てについては、廃棄物処分場の必要性を考えると内陸部に求めるのか、海面処分でやるかという問題はありますが、そういうニーズはあります。でも昔のように、方々で埋め立てをしないといけないというようなことはないでしょうね。どちらかというと、埋立地というのは、建設中または落ち着くまでは、本当に内陸部では考えられないことですが、測量してみると位置がずれていたり、変形したりします。例えば、夢洲も中心に向かって少しずつですが、沈み込んでいるのです。ですから、そういったことをやはりちゃんと分かっている技術者がいないといけないのではないかと私は思うのです。そんなことで、先ほども申し上げましたが、埋立て地盤に対して知識がないと、トラブルが起こることがあるのです。

地盤工学については、現在、地盤工学会を主体に地盤品質判定士の育成やフェロー制度をやっていますよね。このような中で、特に埋立地や土地造成に知識や技術のある人達をスペシャリストとしてちゃんと認定することができないかなと思います。うちのOBでも埋立てに関わった人がいたら、そういう人に相談したら良いと私はいつも部下に言っています。そうでないと、工法を間違う場合もあると思います。やはり過去に造った人、そして、造った人たちの技術を伝承して、かつ今の状態をちゃんと見守っている技術者いうのは必ず要るのではないかなという感じがします。

岸田　そういうスペシャリストみたいな方々を涵養（かんよう）する場が学会であってもいいわけですよね。

薮内　そうだと思います。海外に目を向けると、例えば東南アジアやシンガポールでは、現在も埋め立て事業が進行中です。工事にはかなり日本の技術を活用しているとは思いますが、このような点に地盤工学の海外展開のチャンスがあるのではないかと思っています。

昔、中国から使節団が大阪港を見学に来られたときに、廃棄物処理や港湾施設整備で埋立地を活用していることにだいぶ感心されていました。その当時、中国ではごみ問題がひどく、その解決策の一つとして海洋を活用できないかという話がありました。環境保全を含めた地盤工学の知見が世界の都市問題や港湾整備にも役立つのではないかと思います。

岸田　澤田さんはいかがですか。

澤田　私が初めて地盤工学会と関わったのが2006年になります。私が修士の１回生のときに初めて地盤工学研究発表会で発表したところから学会との関わりがあります。

私は専門が地盤工学ですが、年に１回開かれる研究発表会が私にとっては大事な機会です。それを目標に何か発表できることを１年の間にきちんと研究して、発表をして、そこでほかの研究者の方や実務技術者の方と直接意見を交わせるというので、非常に大事な場所になっています。土木学会やほかの学会も所属しているのですけれども、やはり地盤工学会となると、かなり専門性の高い人が集まっていますので、セッションも豊富ですし、より近い話題をやっている人と直接議論できるという非常に貴重な場だと思っています。

先ほど座長から、造ったことのない人が管理をするのは難しいのではないかというご意見がありましたが、私自身、博士課程からやっている研究が、遺跡の修復や保存方法、地盤工学の知識を使ってやっています。特に対象にしているのが古墳なので、1300年以上前に造られた土の構造物を、造ったことがない我々が管理をしていくという立場なのですけれども、どう造ったか分からないものをどういうメカニズムでそれが損傷しているのか、どう直せばいいのかというところは、やはりとても難しいです。

岸田　会員という点で、先ほど澤田さんがおっしゃっていましたが、学生のときに発表会に参加するとそこで会員になるわけです。しかし、大学を卒業すると、そのあとは辞められているのが現状です。土木学会には残っているかもしれないけれども地盤工学会は退会する、という人がいると思います。今の地盤工学会が若い方が続けて行ける環境になっていないのではないでしょうか。

瀧本　実際、神戸空港で埋め立て事業をしているときには、事業に携わっている人が、博士課程に行って勉強を



座談会の様子

して学会で発表をするということもあったかと思いますが、今は、積極的に自分が研究して、発表するというようなところで関わっている人はなかなかいないだろうと思います。

岸田　村上さんはどうですか。

村上　我々は結構学会発表しようという取り組みをしています。ただ、やはり社会人になるときに学会を辞めてしまうという事実は確実にあると思うのです。ですから、今建設事業に加えて高速道路の盛土補強などの大規模更新プロジェクトに携わっている若手には、できるだけ成果をまとめて社内の発表会を経て、学会に出しましょうという流れがありまして、最近は比較的発表数が増えているのではないかなとは思っています。

私も社会人になってから、高速道路に影響を与える渓流の危険度評価ということで大学に入って博士課程に行っているのですが、やはり先ほど澤田さんの意見もあったのですけれども、そこで社内だけではなく、先生方や同じような研究をされている方の意見をいただけるというのが非常に重要な場だと思っています。

濵田　私は阪神高速道路にいた2005年に、会社の民営化を経験しました。それまでは学会などでかなり積極的に発表していたのですが、2005年を境に大幅に減少したという印象がありました。最近ではまた発表件数も増えてきているようと思います。一時期、大きな建設プロジェクトが減少したのですが、今後は、淀川左岸線延伸部の大深度地下や湾岸線西伸部の海上基礎といった、今後10年ぐらいをかけて建設するプロジェクトがあります。一方、社員がそれらに向かって積極的に技術力をアピールしようという姿勢を発信するとともに、経営陣が会社の将来ビジョンとして「経営基盤となる世界水準の技術力を発展・蓄積する」といったことを明確にしたことが大きかったと思います。その結果として、近年の発表件数の増加につながっているのだと思います。

ただ、全体的には建設プロジェクトが減少傾向に推移していますから、今後その状況にどのように対応するのかというのが大きな課題です。先ほど座長がおっしゃったように、管理だけでは少しパイが小さい。少し先になるかもしれませんが、構造物の更新（造り替え）に向けていろいろな新技術に挑戦する、あるいは、最近は気候変動によって各地で自然災害が多発していますので、それに対する予防や対策の手立てをする、さらには、IoTやICTなど新しい技術との融合に取組むなどです。そのような切り口で考えていけば、かなり課題も広がるし、新しい研究テーマも見つかるのではないかと思います。

岸田　現在の地盤工学会を見ておりますと、高い年齢層の方々が多く、日本の状況を象徴するかたちになっています。その原因の一つに、学会に若い人が自主的に入らない魅力のなさが問題だと思います。また午前中の座談会でも議論に出ていましたが、全国大会のような原稿２枚をきっちりまとめるということに敷居が高いと感じる若い人が多いのかもしれません。そう考えますと、もう少し小さな集まりでも若い人が自由に発表できるような場や、上司が若い人達に「行って来いよ」と言えるような場を学会が提供するということが必要なのではないかなと思います。

瀧本　皆さんおっしゃるように、人のつながりみたいな部分はやはり普段働いているだけでは、民間企業の方と実務以外の話をすることもなかなかないですし、学校の先生もこういう大きな事業が減ってきている中で関わりが少なくなってきていると思います。学会という場でつながりができていると何かのときに、今回の災害もそうですけれども、この分野だったらこの人に聞いてみようと思える先生がいたりするなど、そういうつながりは残していくべきところなのかなと思います。

薮内　大阪市でも昔は局ごとに技術発表を行う場を設けておりましたが、今は、そういう発表する場所がありません。ただ、昨年ぐらいから大阪市と大阪府が合同で技術発表会を行うようになりました。自分の今やっている仕事をペーパーにまとめるなど、職員にレポートを書いてもらって発表して質疑応答しています。ちょっと今年は地震があってできなかったのですが、今後は仲間内だけで行うのではなく、例えば企業の人や大学の先生が集まった中で、そんなに学会発表ほども大そうにしないやり方でやれれば、参加者それぞれの資質アップにもつながるし、各先生方や企業の方々も「役所の人はこんなことで困っているのか」とわかり、そこで接点が見つけられ、新しい研究テーマなり、企業の方はビジネスチャンスやニーズをつかむという、そのようなことにも繋がっていかないかなと思います。

岸田　そういう場を学会がちょっと手助けするというかたちができればいいですね。

村上　我々も業務研究発表会をやっています。その際、地盤工学会や土木学会の全国大会で指定しているＡ４、２枚に合わせて原稿を作るようにしていて、そのまま少し体裁を整えれば学会発表できるというかたちで実施しています。

発表する時間も地盤工学研究発表会に合わせて７分、そのあと質疑応答を設けて、２、３個質問をぶつけてという形式、ほとんど学会に近いかたちでやっています。

濵田　阪神高速も一緒ですよ。

岸田　神戸市さんはどうでしょう。

瀧本　若手の技術発表会は１年に１回あり、同じように自分が担当している業務についての発表です。何人か発表して質問を受ける。それも市役所の中だけですけれども、やっています。


村上氏

村上　NEXCO西日本でも建設プロジェクトは少なくなっていて、保全事業にシフトしています。若手という意味では、近年これだけ災害が起きて、それを元に戻さないといけない、より一層強くしなければいけないという中で、今我々が

やっている取り組みが一つありまして、基準だけでは見えない技術の生い立ちや経験、知識というところを補えないかと考えての取り組みです。災害などがあると学会の先生方に委員会や検討会に出ていただくのですけれども、その委員会に関わる社員以外にも若手技術者を５名ほど一緒に入れて、現場で先生方がどんなお話をするか、どんな議論が検討されているかというのをそこで聞いて感じるというのを昨年ぐらいから実際にやっています。その場で接点ができることで、こういう話がこういう場で聞けるのだなとか、そういう社内だけでは感じないことがそこで取り掛かりになって、われわれがそういうのは学会でやっていたよという話をすると少し道筋になっていくということはやっています。

岸田　意見交換会という意味では、大阪市さんはちょっと広げて府と一緒に実施されている。NEXCO西日本さんも阪神高速さんも神戸市さんも個々で実施されている。そこに学会がどう共存していくのかを考えていかないといけない気がしますね。

岸田　では少し話題を変えて「i-construction」について議論していただきましょう。IoTやAIというものが出てきていますけれども、学会での発表を聞いていると、人工知能を使ってトンネルの切羽を観察してこうなりました、ドローンで測量してこうなりましたという、今のところそういうものがたくさん出てきていますが、私は少し懐疑的です。一方で、社会の構造が変わっていく中で、省力化としてのi-constructionの導入は喫緊の課題であることは分かるのです。

そこで皆さんには、このi-constructionについてどう感じておられるのかご意見をいただければと思います。澤田さんどうでしょうか。

澤田　i-constructionが推奨される背景の一つは、技術者の高齢化と労働人口の減少だと思います。

ではこのいま高齢になっているベテランの人たちの技術は、i-constructionが成功すれば、全く誰も受け継がなくてもいいものなのかということに関しては疑問に思います。

確かにi-constructionをすれば、これまで３Kといわれ、あまり若い人が魅力を感じなかった建設分野に目が向いて、より若い人たちが入って来やすい分野になるかもわかりません。しかし、i-constructionの新しい技術をどんどん活用して進めていく一方で、やはり昔の従来からの技術というものも伝承していかないといけないのかなと思います。

そう思う理由の一つですが、いま学生も１人１台パソコンを持ってきているような状況です。若い人たちにパソコンやITは浸透していて、実験をするとデータ整理はエクセルでグラフを書いていいですかと聞いてきますが、私たち教員は最初の１回は自分の手でグラフを描いてほしいと思っています。手書きをするとそれだけ時間もかかりますので、例えば「X軸、Y軸はよかったかな」など、ちゃんと確認します。一方、エクセルだと間違ってもすぐ直せるし、なかなかやはり手で覚える、体で覚えるということがありません。従来の手作業を一度習得してもらって、それができるようになったらITなどもっと便利なやり方で、効率化を図るのが良いと思っています。

岸田　ベテラン技術者をどこまで引き継げるのかというのが一つと、やはり技術を学ぶのは手を動かさないと、ということですね。i-constructionはそれを踏まえた上での技術だと。

澤田　そうですね。i-constructionも良いですが、自動化されてできたものがきちんとできているかどうかという確認が重要だと思います。計算結果を見るときに手計算で妥当性を判断できるかということにも通じると思います。

岸田　瀧本さんはどうですか。


瀧本氏

瀧本　今まで実際に大きな事業が動いているときにたくさん現場を見てこられたベテランの方々は、結構経験則というか、そういう部分が多いと思うのです。それを教えていただいて継承していくということが大事なのだと思いますが、経験則だけでなく、そういう新しい技術によって、数値や情報として「見える化」され、誰でも判断できるようになる部分があれば、それはそれでいいことなのかなとも思います。

その一方で、情報化される過程がブラックボックスというか、どういう計算のもとに、どういう考えのもとにその結果が出てきているというのが分からないままに誰でも使えるようになってしまうと、それが感覚的に正しいものなのかという判断もできないレベルでは、少し危ないのかなという気はします。

村上　NEXCO西日本でもまさに生産性向上というかたちで、平成29年ぐらいから積極的にやってはいるのですけれども、発注者としては、出てきたデータが正しいかどうかをどうやってチェックするのだというのがやはり議論にいつもなって、それが正解だとどう判断するか、それを現場にどう伝えるか、現場でどうやって判断しなくてはいけないのかというのがやはり課題かなと思います。

岸田　濵田さんはどう思われますか。

濵田　国土交通省を中心に積極的に取り組んでいるようですが、もともとの趣旨は「生産性を革命する」ということをおっしゃっているように、やはり担い手不足、特に熟練労働者の不足を補うことが一つと、あとは「働き方改革」です。生産性を上げて休みをたくさん取ろうと。豊かな時間を過ごして、さらに仕事の質を上げていくという「働き方改革」というのが、最終の目的だと思います。実際、具体的にどのようなことが課題かと考え

ると、やはりわれわれが思っている以上に、この世界は進んでいると思います。

特にＡＩの中でもディープラーニングといわれる分野では、画像認識処理が非常に進んできている。他の分野ではすでに実際の工場や店舗でカメラを設置して導入していますし、あともう少しで建設現場なり、われわれの地盤のフィールドに深く入っていけるのかなという気はしています。そのときに問題になるのは、現場作業者の認識というか、「そんな難しいものは使えない」というような心理的な障壁があると思うので、そのあたりの認識のかい離をどうするか、あとは、ベンチャー企業がこの建設分野にどんどん入ってくるかどうか、そんなところがあるかと思います。

実際、どういうところでi-constructionを展開できるかということで、私たちの仕事を考えると、老朽化対策でインフラの点検を実施するという技術には既に入っている部分もあると思います。遠隔操作も順次入ってきていますし、さらに発展させてロボットで作業を自動化するといったようなこともあると思います。その中でも特に導入してほしい分野は、やはり安全管理です。いかに事故を少なくするかという観点で、人が危険な場所に入らなくてすむように、IoTやi-constructionといった技術を使ってもらう。人が安全で安心して本来の仕事ができるように、危ない所はロボットに任せるというような使い分けをして、建設分野や地盤のフィールドを全体として安全に、安心して取り組める分野にできればと思います。

岸田　使い分けをするということですか。

濵田　そうです。

薮内　私も濵田さんと同じ意見です。例えば、職場では、やはり人が減ってきていて、その中で現場労働をたくさんやっていて、先ほどおっしゃったように危険な作業もある。

たまたま昨年フランスのルアーブル港を視察する機会があったのですが、そこではITやロボットを使って、港湾施設を調査したりする民間会社の人が来て、私にそういうものをもっと導入したらどうかと言ってきました。私が、それを導入すると労働者の仕事がなくなって解雇しないといけなくなるので、駄目なのではないかと言ったら、何も解雇せずとも、その人がちゃんとその機械を操作できたら一番いいではないですかと言ってきました。今までどおり危険な作業に行かせるのがいいですかと言うのです。

例えば潜水夫であれば、岸壁からドローンをピューッと操作して、海中を先に見ておく。どうしても人の目で確認しなければならない所だけ潜る。そこの海中の状態をまず先に把握する。その方がよほど安全ではないですかと言うわけです。言われてみると確かにそうだなと思いまして、実は今年から取り組んでいます。

ただ、誰でもが操作できるようなかたちでないと、特殊な人しかできないということではいけないと思います。何年かに一度、維持管理の点検をしますが、そのような現場でパーッとドローンが飛んでいって、ある部分を常に写真でどんどん撮っていって、経年劣化しているかどうかを前の写真と比較することができます。画像認識でどれだけコンクリートのひび割れが進捗したかというのを洗いだして、ここととここがかなり進んでいるからまずここを先に修理しようといった計画作りにも役立てることが可能だと私は思います。

しかし、得られたデータに対して最終判断するのはやはり技術者ではないでしょうか。ディープラーニングはかなり進んでいるけれども、どういう思考回路になっているかというのは研究者が分からなくなってきていると言っているような世界ですので、やはりＡＩに判断をすべて任せるのはどうなのかと思います。レベルの高い技術者の技術力をやはり伸ばしておくことが非常に重要です。その代わり、時間をもう少し短縮できるところにＡＩやIoTの活用を広げることができるのではないかなと思います。

岸田　薮内さんと濵田さんのご意見は、危険なところを機械化して無人化していって、それで人手が足りないところを補って生産性を向上しようということだと思います。しかし、IoTやAIなどの人工知能を入れていく場合は、その先の判断までコンピューターで、機械にやらせようということだと思うので、そこのところは、薮内さんは人間がやらなければいけないということですよね。

薮内　地盤は非常にゆらぎというか、均質性がないものだから、最初に言ったようにコンピューターでは扱いにくい分野でもあると思います。それを無理やり利用しようとすると、比較的均質な鉄でも難しいのに地盤でどうなのかと思うのです。地盤では総合的な判断が必要で、その総合的判断をするための材料をＡＩが与えてくれるとなるわけです。やはり最終判断まで全部任せるのは、非常に不安があるなと思います。

岸田　しかし、いまやられているのはi-constructionなどの議論のベースはそういうところまでだと思うのですが。

薮内　それは、行き過ぎていると思います。無理があるのです。逆説的に言えば、土木、地盤工学はなかなかＡＩでは置き換われない重要な技術かもしれないなと思います。ほかは置き換えられる分野があるかもしれませんが。

岸田　村上さんはどうですか。

村上　私も使い分けかなと思っていて、特に高速道路は外で作業することが多いので、やはり建設機械の自動化は本当に必要ではないかと考えます。実際に災害現場の近づけないのり面にマシンコントロールを導入するなど、そういう取り組みは既に行っております。やはり危険、暑い、寒いなど、そういったものがどんどんクリアされて環境が変わっていけば年齢も幅広くいけますし、非常に経験が少なくてもコントロールができるというところで、そういった意味では魅力あふれる現場になるのではないかというのは一つあります。

片や、IoTに関しては、現在斜面のモニタリングに使用しているのですが、どこに機器を設置するか、どうい

う間隔で測るか、その基準がどれくらい超えたら通行止め、現場を見ないといけないという判断は、やはり機械ではなくてベテラン技術者が決めているという現実はあります。ですから、そこまで置き換えられていなくて、そういう通信や測ったりすることは置き換わったらいいのですけれども、最初の判断と最後の判断は結局まだ人がやっているというのがわれわれの会社での現状になっております。

薮内　例えば、中国、上海の港湾は全自動化ターミナルをやっています。ですから、ターミナルに人を入れないのです。全自動です。車が来たら、そこからもう全部コンテナが動いて、かつコンテナの配置計画も全てコンピューターがある程度考えて、どこに置いておいて、自動的に船が来たら積み荷を乗せるという、そんな分野もあるのです。ああいうところではかなり使えるのではないか。今はだいたいプランナーの人がいて積み付け計画を作っているのだけれども、コンピューターが、複雑な計算をして最適解を出してやっていける分野はあります。

ただ、土などはかなり均質性がない材料なので、大規模に計算しても、大まかな傾向はつかめるにしても、細かな議論は難しいと思います。

岸田　正解がないことが多いですよね。ベテラン技術者が言っている答えが本当に正解かどうか。

薮内　そうなのです。そういう分野の部分にそれが本当に適用できるかなと。経験者が未熟だと、技術力が未熟だとそれに合うぐらいのAIはできると思うのです。ですから、技術者のレベルが低いとそれに合ったAIはできると思います。これではいけないと思うのです。もっと技術者としてのレベルを上げて直観を磨いていかないといけない。技術力が低いと、確かにＡＩと入れ替えても大丈夫だと。例えば、細かいことを言わなくても安全率を５ぐらいかけて作れば、AIが全部決めたら、そんなに技術者は要らないではないかという議論はあるかもしれないです。

岸田　正直なところ、土木業界ではAIは魅力がないでしょうか。

澤田　これまで人が判断してきた部分をAIで簡単に置き換えられるものではないと思います。ベテランの技術者の人は、五感を使って判断しているところが大きいと思うので、それを定量化することは難しいと思います。

一方で、われわれはもしかしたらAIにまだちょっと偏見があるというか、あまり信用していない部分があるのかなと思います。AIを研究しているような人と、われわれ土木を研究している人の交流があまりないという点が課題と思います。


澤田氏

まず研究者同士で交流をもつのが有効と思います。例えば、AIを研究している人はこういう技術があるのだけれどもどこか使えないかなというのを探しているかもしれないし、われわれも、もしこんなものが測れたら、こういう判断が自動でできたらいいなというニーズもあるし、そういう人たちがお互い話をするような機会があればもっと新しいAIを使った土木技術が生まれると思います。

岸田　瀧本さんはどうですか。

瀧本　難しいですね。やはり皆さん、おっしゃるように、最終の判断は人がすることになるので、その技術はどうしても受け継いでいかないと、それがなくなって途絶えてということは考えられないと思います。先ほどの一つ目の温故知新のほうにも重なるのですけれども、やはりそのあたりの経験則をどう若手に引き継いでいくのかというところは大きな課題なのかなと思います。

岸田　全てをAIに置き換えると、今度は判断する人が育たなくなります。AIがずっと正しいことをやっていくのかというチェックが本当に未来永劫要らなくなるような時代になるのか、そうはならないのかというのはまだこの時点では予測は難しいと思います。しかし、そちらのほうに少し向いていかないといけないのではないかとも思います。この点に関してはどうですか。若い方たちがこれから付き合っていかなければいけないところです。

瀧本　想像ができないです。AIで出てきたものに従って人が動いていくということですか。

岸田　そうです。ですから、例えば、家に帰ったら勝手にテレビがつく、自分の心を読んで何チャンネルをつけるなど。そうなると、「あれ？」と考えることはもう許されない時代になりますよね。トンネルの切羽を見て、この手法パターンでいくというのも、もうAIが全部決めてくれるわけです。それは確かに楽で省力化です。

ただ、地盤工学の分野がそのようなことになるのかという点に関してはどうでしょうか。そこの研究はしていかなければいけないだろうし、話をしていかなければいけないのではないかと思います。一足飛びにそれはなかなか土木分野では難しいのではないかなと思います。

薮内　確かにセンサー技術やロボット技術はかなり進んでいます。特に関西はセンサー技術のレベルが高いから、そういうものを活用すると膨大な情報量が取れます。人間の脳では無理なので、それをAIがある程度仕分けしてくれる。そういうことで全体像を人間が把握しやすいようなものを提供してもらえるということはあると思います。

特に先ほど言ったように地盤は均質性が少ないので、統計的にも非常に乱れが多いところをたくさんのセンサーをいろいろ配置することで、ビッグデータのようなかたちで情報をたくさん取り上げて、それをAIがある程度私らの目的とするような分析を自分で考えて日々やってもらえるというのはあるのではないかなと思います。逆に言ったら、地盤はそれだけデータがたくさんいる対象物なのです。

そういう意味で言うと、先ほどおっしゃったように思想的なところまで上がってくるかもしれないです。そこ

がどうあるべきかということはやはり人間が考えておかないと、AIに思想を教え込むことができるかどうか分からないです。何がいいか悪いかの判断材料ですけれども、何がいいかどうか人間だって分からないのに、正義は何かという世界になってくる。そこまでいったら技術倫理のようなものがまた起こってくるかもしれません。

濵田　道徳や倫理まで任せていいのか、という議論になるのではないでしょうか。

薮内　それはAIに任せたらできるかな。AIが判断した正義があって。

岸田　そのころには人間が判断できなくなっているから、AIが決めたものが正しいになってしまいますね。家に帰ったときにテレビがついていたら、それをみんなで見ざるを得ないという、そういう気がするのです。

　ネガティブな意見ではないのですが、結局現時点では、今このことをどのように判断するべきかを考えるとき、最終ジャッジはAIには任せられないから、そこは人間が、土木技術者同士で話し合っていくことなのかと思います。この先どのように変わっていくか分からないですが、AIはあくまで技術者のアシスタント、フォローであって、技術者同士の対話がやはり必要なのかなと思うのです。


岸田座長

村上　現場で得られるデータ、そういうふうに出てきた値と技術を知っている人たちが持っている経験値のようなものがデータ化を今できていないと思うので、やはりそれがデータ化できて、それがコラボできると答えが出るのではないかなというふうに私は思ったりします。先ほど澤田さんが言われましたが、我々もこの間初めてAI、IoT展という展示会に行ってきました。そういう場所での情報を受けて、我々の土木や地盤とのコラボが必要かなと思っています。あとは、我々は、産学連携でその分野に長けている先生方にご相談させていただきながらやっています。

岸田　１時間半ほどたちましたので、そろそろ締めたいと思います。最後に、ぜひこの際だから言っておきたいことがありますか。

薮内　一つだけ。先ほども議論していて思ったのですけれども、よく今、市立大学と港湾局は連携協約をやって、今回の災害のときでも大学の先生にドローンを飛ばしてもらったりして、すぐに災害地点を調べられるようなことをやりました。

　これは思い付きですが、地盤工学とかなり関わりのある仕事をやっている部署は大阪市でもそんなにたくさんないわけです。土をしょっちゅう調べて、土質試験をどれだけするのかというぐらいをやっているわけです。そんなところが例えば、学会と協定を結んで相互協力しましょうかとか、先ほどのような内部での研究活動に学会の人に来てもらって少し助言してもらったり、逆に担当者が学会のほうに行って発表させてもらったり、そういうことをやる。そういう協定はべつに結んではいけないと言われているわけでもないので、そういうことも一つのやり方として、最初のおおもとのところですけれども、あるのではないかなと今、思いました。

岸田　災害の調査に関する協定は、整備局と土木学会関西支部も地盤工学会も結んでいます。この理由の一つに、だいぶ前にはなりますが、A先生も調査に行く、B先生も調査行くというと受け側が大変なので、そこは学会側がまとめてほしいということです。

　もう一つは、そのときに費用が要るから、発注をしなくてもその協定に基づいて、調査に必要な費用は出せる、という事だったと思います。間違っているかも知れませんが。学会でドローンを飛ばしてくださいということができると思いますよ。ですが、今となっては何となく協定は残っているだけで忘れられている感じなのです。

薮内　学会のあり方的に言うと、例えば、企業と公共団体の接触の仕方というのは非常に今、ナーバスです。そこに例えば学会が介入して、受注どうこうという話ではなく純粋に技術的な議論を民間の方を交えてできるとありがたいですよね。現場の問題点を受注者と発注者側の立場を超えて、何か議論できるような場があればいいのではないかと思うのです。発注側、受注側ということで両方とも気を使うし、今はうまく意見交換できるやり方がないのではないかなと思うのです。結局、また昔に戻さなければいけないというようにはなりませんし、その中にオープンな学会活動というのがあるのではないかと思いました。

岸田　関西支部では、産学官共同の場を提供しています。確かに、学会というのはサロン的な部分があるので、交流するということがないとだめですよね。業種の違う発注の人と民間の人、あるいは学校の先生というのもあるし、それからシニアの人と若い人が接する場であるべきだと思うので。

村上　私も学会の幹事をやらせてもらっていますが、たぶん今回の座談会のような場が大事なのですよね。私はこの１時間すごく魅力的というか勉強になったなと思うのですけれども、こういうディスカッションする場があるといいなと。準備するのはすごく大変だなと思いますが、非常に有意義な場だったと思うので、こういうところにどんどん自分の後輩、同僚を連れてきたいなという気持ちに今日はなりました。

岸田　４～５人ぐらいで各業種の人が集まって、同じ年代ぐらいの若手討論会のようなものをシリーズ化するのも一つですね。

村上　ちょうどしゃべりやすいですね。

岸田　今回は年齢層や男女の比を考慮して組まれましたけれど、これが若い人ばかりだと進めづらい気もしま

す。シニアばかりでもしゃべりっぱなしになりますしね。（笑）

濵田　止まらないでしょうね。（笑）

澤田　きちっと論文を書いて発表となると結構敷居が高くなるし、なかなか実務の人はそんな時間がないと思うのですけれども、何かサークル活動的な感じで興味の近い人たちが集まるような場があればいいかなと思います。

濵田　私も若いころはそういうことを非公式にやりました。委員会は公式にやって、ワーキング的なものを別の場で何人かが集まって、具体的に検討したり相談したりということはありました。

岸田　瀧本さんはどうですか。

瀧本　私はいま他の学会誌の編集委員をさせてもらっていて、記事の中で座談会を開催することもあるのですが、この間は学生に集まってもらうことになりました。編集委員会の中では学生に急にテーマだけ与えても何も出てこないのではないかと心配されていましたが、実際にはテーマについて質問形式で事前に用意して挑んでもらうと、想定よりもいろいろ意見が出てきて盛り上がったようでしたので、実際に集まって顔を合わせると普段聞けないような、「そんなことを思っているのだ」というようなことが出てくるのかなと思いました。

岸田　今回は私が要望してシニアと若手を合同でやりました。午前中の座談会もそうです。ただ、同じ年齢層でやると逆に本音が出たかもしれないですね。

瀧本　どうなのでしょう。そこは分からないです。（笑）

村上　私は今ちょうど40歳前ぐらいなのですが、バランスといったら失礼かもしれないけれども、いろいろなご意見が聞けたので、私はこの構成はすごくよかったのではないかなと思います。

澤田　きょうのテーマだとベテランの人がいないとなかなか議論が進まない。

岸田　「i-construction」だけだったらいいのですけれども、「温故知新」があるから若手だけですと議論が難しいですよね。こういう支部で討論する場、特に賛助会員の若手の企業の人が関西支部に集まるようなものを討論していければ、テーマはその都度考えていったらいいかなと思います。

それではこの辺で座談会を締めさせていただきます。どうもありがとうございました。

（午後の部 終了）

座談会記録

2018年11月20日

座長
小山倫史
（関西大学）

参加者
澁谷啓（神戸大学）
芥川真一（神戸大学）
三村衛（京都大学）
南荘淳（阪神高速道路技術センター）
深川良一（立命館大学）
李圭太（建設技術研究所）
大島昭彦（大阪市立大学）

小山　それでは、地盤工学会関西支部60周年記念の座談会を始めたいと思います。私は関西大学の小山でございます。本日、座長を仰せ付かっております。よろしくお願いいたします。また皆様におかれましては、朝早くからお越しいただきまして誠にありがとうございます。地盤工学会関西支部60周年記念の座談会は二つ用意しておりまして、一つは60周年の全体のテーマである「温故知新」に沿った座談会ということで既に行われていますが、これは第２弾ということです。地盤工学会関西支部では50周年以降、10年の間で数々の自然災害に関わる委員会を設立して活動していただいたという経緯がございます。どの委員会も時節にかなったテーマで活動をしていただきました。したがいまして、この10年の間の委員会活動を振り返っていただき、今後、地盤災害とどのように向き合い、委員会で得られた知見を今後の防災・減災にどのように活用していくかについて議論いただきたいと思っております。どうぞ忌憚なきご意見をいただければと思います。

本日、ご出席いただいている方でございますが、10年の間に活動していただいた地盤工学会関西支部の研究委員会の中で、特に自然災害に関わる委員会の委員長をお勤めいただいた先生方と、民間からは、道路管理者のお立場から南荘さま、河川堤防と流域災害といったところで実務に長い経験をお持ちの李さまにお越しいただいております。少し出席者のご紹介を始めてしまったのですが、まず、本日の出席者のほうから簡単に自己紹介いただきたいと思います。

澁谷　神戸大学大学院の澁谷でございます。私は平成21年から３年間、「兵庫県南部地震を後世に伝承するための研究委員会」の委員長を務めさせていただきました。今日はこの場で、当該委員会の研究成果を中心に、地盤防災・減災の現状と今後の展望に関する話題を提供させていただければと思います。このような機会をいただいたことを大変有り難く思っています。どうぞよろしくお願い致します。

三村　京都大学大学院の三村でございます。よろしくお願いいたします。私は平成25、26、27年度の３カ年にわたりまして、南海トラフ巨大地震に関する被害予測と防災対策の研究委員会の委員長を仰せ付かっておりました。本部では、いま現在ATC10、国際地盤工学会のアジアのテクニカルコミッティ・都市地盤情報学のチェアパーソンとして、地盤情報と災害を中心に研究をしております。

地盤災害ということで言うと、私はもともと京都大学の防災研究所の地盤災害研究部門におりまして、本業として若い頃から地盤災害研究、地震の災害地の調査などに長い間携わって参りました。知識不足な所も多々あるかと思いますが、本日はこういう機会に皆さんといろいろ議論ができればと考えております。よろしくお願いいたします。

大島　大阪市立大学大学院の大島と申します。私は平成28年４月からの３年間、現在が３年目で活動中なのですが、「関西の地盤情報に基づく防災ハザードマップ開発研究委員会」の委員長を務めさせていただいております。先ほどあったように、最近になって非常に自然災害が多いということで、この委員会では地盤情報に基づいてより正確なハザードマップを作って、市民および行政にかけて自然災害対策等の一助になればということで活動をしております。私自身も昔は結構基礎的な研究を主にしていたのですが、最近になって自前で地盤調査をするようになって、自分で地盤情報を集めるといった活動もしております。実は現在も、大阪の舞洲で地盤調査中なのですが、そういう地盤情報をまとめ上げて、何とかいろいろな今後の自然災害の対策につながればと思って研究しております。本日はよろしくお願いします。

深川　立命館大学理工学部、環境都市工学科の深川です。私は2012年から始まりました、想定外豪雨による地盤災害の対応を考える調査研究委員会の委員長を務めさせていただきました。紀伊半島豪雨災害というのは大変な災害だったわけですが、ちょうどその時に副支部長を務めていたということもありまして、支部長に命じられまして、調査団長を務めさせていただいて、その関係で委員長も続いて務めることになりました。

その後ですが、私の研究室が2003年とか2004年ごろか

ら清水寺で斜面安定性評価のためのモニタリングシステムを構築してきているという関係で、続いて斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会の委員長を務めさせていただくことになりました。ということで、2012年から６年間続けて委員長を務めさせていただいたのですが、私自身にとりましても大変勉強になる６年間でした。今日、この懇談会にとって少しでも有益な発言ができれば良いなと思っております。どうぞよろしくお願いいたします。

芥川　私は神戸大学の芥川と申します。先ほど深川先生がおっしゃっていたゲリラ豪雨のほうの委員会にも参加していたのですが、そういう中で斜面災害が毎年のようにどこかで起こって誰かがけがをし、命を落とすということを、報道を通して見るたびに、なぜ人が死ぬということが終わらないのかということを、技術者としても、あるいは一般市民としても非常に疑問に思いました。何とかしなければというのは皆さんと同じだと思うのです。自身の研究としても、実はバックグラウンドはトンネル関係の研究が多かったのですが、途中からいろいろなタイプのモニタリングをするようになりました。

さらに、やはり斜面が崩れるということに対して、きちんとモニタリングしなければという思いを強くしていた段階なのですが、深川先生の委員会が終わるということで、その中のメンバーの多くにも協力していただいて、斜面災害のリスク低減に関する研究委員会というのを本年度から立ち上げたばかりでした。ですが、そのあとすぐ西日本豪雨災害が起こって、また人が亡くなっていくのを目の当たりにしたということで、どうすればそれを止められるかということについて、きょう有益な議論ができればと思っています。よろしくお願いします。

南荘　私は財団法人の阪神高速道路技術センターのほうに務めております南荘と申します。今年度の関西支部長も担当させていただいています。私は元阪神高速道路で35年ほど高速道路の建設管理という立場でやってまいりまして、その後維持管理専門の子会社の経営もしてまいりました。この間、兵庫県南部地震にも遭遇し、湾岸線の液状化地盤での杭基礎の調査と復旧工事を経験してきました。

きょうはいわゆる施設管理者の立場から、こういった自然災害にどう対応しているのか、どう対応していくのかも含めて何かお話ができればと思っています。どうぞよろしくお願いします。

李　私は建設技術研究所に勤務しております李と申します。私は総合建設コンサルタントで、平成に入って社会人になって、コンサルタントに従事して約30年間なのですが、平成の始めの頃から、この地盤工学会の関西支部で、諸先生方にいろいろ委員会の中に参画させてもらって、地盤を通じていろいろな勉強をさせていただいたという経緯がございます。この10年間はあまり活発に委員会のほうに参加していなかったのですが、本部のほうで出版であったり、技術検討委員会であったりというものに参画させていただきました。

私の今までの経験なのですが、社会人になった当初は構造物の設計ということで、基礎工を含む構造物の設計をして、そこから地盤との出会いがありまして、災害といえば大きく兵庫県南部地震ということでありました。外力としての地震というものを目の当たりにして、この外力に対応したインフラ設計をしなければいけないと思った次第です。

その後、平成16年７月福井豪雨、平成16年台風第23号災害における河川堤防の破堤による災害で洪水に対する検討・設計を経験しました。この洪水に対する河川堤防に関する検討を先ほど座長に言っていただいたように、ライフワークとして、河川堤防の調査設計から維持管理まで日々行っています。今日もいろいろな先生方の意見を聞きながら、今後の業務に参考にさせていただきたいと思います。よろしくお願いします。

小山　ありがとうございました。このように順番に回すケースもありますが、ご意見が飛び交うのもありかと思っておりますので、よろしくお願いしたいと思います。先ほど近年、災害が多いということで、記念誌でもこの10年、どういう災害があったのかということを少し振り返って原稿を執筆していただいているのですが、一番大きいのはやはり先ほど深川先生や芥川先生からお話がありましたように想定外の豪雨ということで、紀伊半島豪雨というのが非常に大きなインパクトのある災害だったかと思います。あと、地盤工学会関西支部が60周年を迎える平成30年に災害が多かったということです。大阪北部地震がありましたが、地震の震源は、実は、本日の会場である関西大学高槻ミューズキャンパスのすぐ近くでした。７月には、西日本豪雨があり、中国・四国地方を中心に関西でも多くの被害が発生しました。また、９月には、台風21号が直撃して関西で大きな被害を受けたといったことがございました。

このほかにも毎年のように災害が起こっているわけですが、皆様におかれまして、この10年を振り返っていただいて、印象に残っていると言いますか、これは衝撃的な災害だったというのがありましたら是非、コメントいただければと思います。まず、澁谷先生いかがでしょうか。

澁谷　ご質問の趣旨とは少し違う話になることをご容赦ください。神戸の街は平成７年の阪神淡路大震災で手痛い目に遭ったという印象が強いのですが、それまではおおよそ30年周期で大水害に見舞われています。昭和13年、その次は昭和42年です。去年が42年水害から50年、今年が昭和13年豪雨から丁度80年の節目の年です。谷崎潤一郎は東灘区の住吉付近に居を構えていたようですが、谷崎の小説「細雪」の中で、昭和13年の大水害の様子を六甲山からの山津波と表現しており、いわゆ



澁谷氏

る土石流が物凄い勢いで住宅街を襲った様子が克明に描かれています。ところが、今年の７月の豪雨では、総雨量で当時に匹敵するような降雨があったにもかかわらず、神戸を含む六甲山系における死者はゼロでした。マスコミはその点にはスポットをなかなか当てないのですけれども、なぜ被害が少なかったのか、また昭和42 年から50年以上も大きな水害に見舞われていないのか、その最大の理由は、神戸の街が過去の大水害で手痛い目に遭ったという教訓を活かして、国と県と市が一体となって砂防事業ならびに治山事業に取り組んできた成果が確実に実った結果と思います。

一方、「兵庫県南部地震を後世に伝承するための研究委員会」の報告書には、自然斜面のほとんどが民有地であるから、ハード面での斜面防災対策は難しいと書いています。今回、私の中ではその認識が改めて変わったというのが正直なところです。ご存じの方も多いと思いますが六甲山の場合は、六甲山グリーンベルト構想というのがあって、国が中心となって六甲山の中腹の民有地を買い取り、長年に亘り豪雨に強い植生に変えてきた歴史があります。要するに里山づくりです。併せて、要所要所で数多くの砂防ダムも建設してきました。そのような対策を地道に展開してきたことで斜面崩壊自体も少なくなったし、もし崩壊しても土砂を砂防ダムにより瀬戸際で食い止めることができます。さらに、古い砂防ダムのキャパシティーを増やしたり耐震化事業も進展中です。これらの成果が表れたということだと思います。

小山　確かに神戸では、これまでの対策が一定の機能を果たし、災害は抑えられ、成果があったかと思います。一方で、広島では、2014年の土砂災害以降も西日本豪雨災害で同様の災害が起こっています。何が課題なのかということについては後ほど議論したいと思います。ありがとうございました。では、三村先生いかがでしょうか。


三村氏

三村　地震ということでお話をさせていただきます。小山先生がおっしゃった10年というくくりからは少し外れるかもしれませんが、個人的にはやはり兵庫県南部地震のインパクトが非常に大きいです。これは、ここにおられる先生方はおそらくよくお分かりだと思うのですが、1995年以前の地盤、耐震工学では「関東大震災の」という言葉が枕詞として付いていたと記憶しています。それが、95年の兵庫県南部地震を契機にパラダイムシフトが起こったと思います。その前とそのあとで全く違っていて、地盤工学も耐震工学も考え方のベースが変わってしまったと思います。兵庫県南部地震発災の３日後に報道の方と一緒に神戸に調査に行ったのですが、阪神高速道路が横倒しになっているのを見て、10秒か15秒か、実際は非常に短い時間だったかもしれませんが、記者の方に、コメントするのはちょっと待ってください、気持ちの整理がついてからしか言葉が出ないです、ということを申し上げた記憶があります。地震によってこういうことが実際に起こるのだということが非常に大きな衝撃でありました。

また外国の地震ですが、台湾の集集地震とトルコのコジャエリ地震がともに1999年に起こって、両方とも調査に行ったのですが、そこで目にしたのは強烈な地盤変位でした。地盤に変位が出たときに構造物をどうもたせるのかという観点から、地震による地盤変位が構造物にどのようなインパクトを与えるのかということを強く思い知らされた地震だったと思います。例えば、上町断層が動いたときに地盤変位が出るのではないかということが非常に問題になっているのですが、それに対して的確にこうしたらいいという解が今のところ出ていないのも現状かと思いますので、地震による地盤変位というのも非常に大きな課題かと思います。

近年では2018年の北海道胆振東部地震、それから2016年には熊本地震、その前には宮城・岩手地震がありました。これらの地震で問題になったのが火山灰質土で、日本が火山国であって、火山噴出物で構成された地盤を持っている地方が非常に多いということです。関西は火山灰質地盤がさほど存在している地域ではありませんので実感がないかもしれませんが、北海道、九州、東北、北陸の辺りは火山灰質地盤のリスクが非常に高くなっています。火山灰質地盤が地震に対して脆弱であることは、地盤工学の専門家は共通認識としてお持ちだろうと思いますが、一般住民の方への周知という点では必ずしも徹底されているわけではないと思います。

今回の北海道の地震でも、亡くなられた方は山裾の集落に住んでおられて、いわゆるカーテンが滑り落ちてくるように表層の火山灰質土が壊れて、それに埋まってしまわれたというパターンが大半だと思います。強震動による家屋倒壊で亡くなられたというよりは、地震によって起こった火山灰質地盤の土砂崩れが原因です。こうした地盤の持つ潜在的な脆弱性について、地盤工学会としても大いに情報を発信していくべきではないかと思います。

それから、2011年の東日本太平洋沖地震は、我々が今直面しております南海トラフ地震の参考になると思います。あの時東北から関東において見られたような災害が起こるのだということが分かったという前提で対策を考えるべきであると思っております。

小山　ありがとうございます。大島先生、いかがでしょうか。

大島　関西にいる限りは、やはり兵庫県南部地震のインパクトが非常に大きかったと思うのですが、先ほどその話は出ておりますので、私の方は海溝型地震としての2011年の東日本大震災を挙げさせてもらいます。あの地震後に私も調査にも行きました。我々が今行っている研究委員会のテーマの一つも地震時の液状化と地盤の揺れやすさを柱にしております。兵庫県南部地震の時も神戸

周辺での液状化の被害が大きかったのですが、東日本の時にはそれをはるかに超える広範囲で起きました。

東北でも実は液状化被害が起きていたはずなのですが、津波で流されていて痕跡が分かりません。その分、関東での被害が非常に顕著だったということで、皆さんご存じの浦安市、それから千葉県、茨城県の中で特に目立ったのは神栖市や潮来市や香取市などの被害です。浦安市は人口密度が高いので非常に被害が大きく見えましたが、実は茨城県の被害も結構大きく、浦安市とほぼ同程度の液状化が起きて、50cmも噴砂があったのです。50cm沈下するなんていうことは今まであまり聞いたことがなかったということで、そういう意味でのインパクトが非常に大きかったと思います。

それから、ご存じのように、海溝型地震というのは震度、加速度が小さくても継続時間が長いという効果で、あれほどの地盤が傷んで液状化に至るということが非常によく分かりました。先ほど三村先生も言われたように、これが次に来る南海トラフ地震の教訓になったのではないかと考えております。

それから、この東日本大震災ではもう一つ、液状化の被害が宅地で起きたというのが結構大きなインパクトになりました。以前は、宅地ではあまり液状化の対策をしていなかったのですが、あれほどの被害が起きたことによって宅地でもやはり液状化を考えないといけないということになって、現在は宅地に対する液状化の判定や対策を取るというように変わりつつあるかと思っています。東日本大震災だけではなくて、今年起きた北海道胆振東部地震でも、札幌市でも液状化かどうかは定かではないところもありますが、一応そのような報道も出ていますし、2016年熊本地震でも結構大きな液状化被害があったということです。私自身の宅地の地盤調査や液状化研究のきっかけになったという意味で、東日本大震災の液状化のインパクトが大きかったと考えています。

小山　芥川先生、いかがでしょうか。

芥川　さまざまな災害を関西周辺、あるいは東北や九州でも見て一番思うのは、やはりそれぞれの災害で人命が失われているということです。例えば、早めに天気予報で相当天気が荒れ、雨も降るから逃げてくださいという情報がこれだけ出ているのに、逃げなかった方がやはり被災します。逃げるために必要な情報と、逃げるまでの猶予時間というのがそれぞれの災害で違って、例えば、あるものは３、４日前から報道しようと思えばできます。あるものは、地震だったら急に来て何秒ということになるのですが、災害ごとに危ないから逃げてという情報が伝わったときに、どれくらい本気でそれを受け取った人が思って行動するのかというところにいろいろなストーリーがあるということがやはり気になっています。本当に危ないですよという情報がその人の心に響かないような状況で人が亡くなっていくことをどうやって回避するかということがすごく気になっています。だから、技術者が頑張るところと、情報が伝わって、受け取った人を本当に動かすというところがもっと進展していくことをすごく期待しているという感じです。

小山　ありがとうございます。情報に関しては「いつ」と「どこ」という情報があると思うのですが、これは後ほど議論する機会を設けておりますので、先ほどの先生のご発言も踏まえて議論したいと思います。深川先生、お願いいたします。

深川　私は、自分が委員長を務めた委員会との関係で、やはり2011年９月の紀伊半島豪雨災害というのが大変印象に残っております。何よりも記録的な豪雨です。例えば、上北山村という所では３日間雨量が1652.5mm、という数字まで覚えているくらいですが、３日間雨量としては観測史上最多雨量となりました。とにかくとんでもない量の雨が降っておりますし、累積雨量で1000mmを超えた所の面積がすごく広いわけです。それに加えて、大規模な土石流、あるいは深層崩壊が多発したということ、それから和歌山、奈良、三重の３県では88名もの方が亡くなられたり、行方不明になったりしたということで、やはりこの10年くらいでは最も印象に残る災害でした。

もう一つ、私はいま滋賀県に住んでおりますが、実は滋賀県は長らく土砂災害による犠牲者がいなかったのです。今回60周年記念ということなのですが、2013年９月に栗東市の安養寺山という所で斜面崩壊が起きまして、73歳の女性の方が犠牲になられました。それが実は滋賀県では60年ぶりだったのです。土砂災害による犠牲者が60年ぶりに出たというふうに大変な話題になりました。その年は大雨特別警報という制度が始まりまして、京都、滋賀、三重だったと思うのですが、初めて３県でこの大雨特別警報が発令されまして、滋賀県は陸の孤島になりました。JR在来線や新幹線は通らない、道路は大渋滞、名神でも行けない、京阪も動いていないということで陸の孤島になったのですが、私はその時出張に行っていて、帰る途中京都駅で半日くらい足止めを食いまして、その間に栗東市で大変なことになりました。栗東市に限りませんが、大変な事態でした。

それで、60年前は何が起こっていたのかと言うと、実は多羅尾豪雨災害というのがありました。滋賀県の南端に多羅尾村というのがあったのですが、そこで豪雨災害がありまして、実は44名も亡くなっておられました。そこはやはり基盤が花崗岩で、真砂土地帯なのです。ですから、先ほど三村先生がおっしゃいましたが、火成岩系の所、真砂土系の所はやはり危ないということを痛感致しました。

そういうことがございまして、それまで県内の防災関連の会議などでは、滋賀県はとにかく災害が少なく、台風が来ても滋賀県は避けてくれるといったようなことを防災関係の方々も平気でおっしゃるくらいの感じだったのですが、最近は去年、それから今年も、数はそんなに多くありませんが県内でかなり大規模な斜面崩壊が続発しておりまして、自然災害が少ないラッキーな県であるという認識は相当改まっていくのではないかと思います。他にもいろいろございますが、その二つを申し上げ

たいと思います。

小山　ありがとうございます。南荘さまはいかがでしょうか。

南荘　先ほど自己紹介しましたが、私は阪神高速に勤めていたということもありますので、先ほどの三村先生のお話のように、やはり私の技術者人生としては、兵庫県南部地震との遭遇というのは一番のインパクトになります。一般的にはピルツ橋の倒壊に代表されるように、神戸線の被害が中心に報道もされたし、世間の関心も強かったわけですが、私はたまたまその時ちょうど湾岸線の調査をやっていまして、湾岸線の復旧に関わりました。こちらはまさに地盤災害そのものでして、実は供用して１年も経っていないのです。周辺地盤が液状化したということで、当然地盤としては変状しているのですが、基礎はたしか第二天満層だと思いますが数十メートル下の洪積層に固定していました。構造物そのものは沈下していないのですが、やはり杭基礎で作っていましたので杭頭付近がかなり動いたということが一つです。

それからもう一つは、護岸が崩壊することによりまして、護岸沿いの橋脚が水平方向に、だいたい大きい所で１ｍくらい海側に移動するというような被害が起きていました。主として基礎、地盤の被害で、そういうことを少し担当させていただきました。私自身は実は橋梁上部工が専門ですので、それまではそちらの世界で仕事をしていたのですが、たまたまそういうふうに地震との遭遇で地盤のことも勉強するようになったというのがきっかけであります。この10年の話ではないのですが、それが一つ、私の技術者としての自然災害、あるいは地盤災害に関する認識を変えた出来事だったかと思います。

もう一つ、近年に目を向けますと、それを踏まえていわゆる地震対策、地震防災対策というのはかなり進んできました。そういう意味では、その後の東日本にしろ、熊本にしろ、きちっと耐震設計、耐震補強された建造物や高速道路網、あるいは鉄道網については、それなりに機能を保てるようになってきたというのが事実だと思います。ことし、たまたま神戸の地震以来最大の地震が阪神高速を襲いました。実際には地表加速度でだいたい300gal超くらいの震動が起きているのです。幸いと言いますか、われわれとすれば当然でなければいけないのですが、被害を受けずに済んだということです。これも先ほどの澁谷先生のお話にあったように、実際にいろいろ対策したことに関しては、当たり前になってしまうとなかなか報道もしていただけないのですが、なぜ被害が起きなくて済んだのかという所もやはりわれわれは注目していかないといけないのかなという気がします。あと、最近は集中豪雨、あるいは巨大化した台風というような災害も起きていますので、このへんについてもまた後ほどお話しできたらと思います。

小山　ありがとうございます。では、李さまいかがでしょうか。

李　私は最近ずっとライフワークでやっているような河川堤防という切り口から見たときに、この10年という目で見ると、関西ではなくて、平成24年７月北部豪雨による矢部川の破堤です。なぜこれに注目するかと言うと、やはり越水なき破堤というのが一つのキーワードになります。これまで、昭和49年９月の狛江水害くらいから常に災害があったのですが、概ね越水というのが一つのキーワードになっていたと思います。近年、皆さんご存じの兵庫や福井で起きた、円山川、足羽川での破堤はでは越水しています。矢部川の破堤までは、外力側の視点からのみ判断して、この破堤要因は河川堤防へ想定外の越水した洪水によるものが主要因と考えていたことから、この平成24年７月北部豪雨による矢部川の破堤は、越水せずに破堤したということで非常にインパクトが大きかったのです。地盤工学会・土木学会を通じていろいろな委員会が立ち上がって、越水なき破堤で地盤工学者として河川堤防を評価するために必要な事項を見つけて解決することに、この10年の中で一番私が注力したところです。

ここで設計という視点から各インフラにおける設計対象外力に目を向けますと、地震は平成７年１月17日の兵庫県南部地震で直下型地震が加わり、平成23年３月11日の東北地方太平洋沖地震で海溝型地震が見直されているといった経緯があります。

しかしながら、豪雨災害が起きたときには、その川の流域全体を考えるという意味で、整備対象外力は変わってはいるのですが、地盤に係る一番近い所の河川堤防では、計画高水位いわゆる設計対象洪水位はほぼ変わってないわけです。河川堤防はどのように設計しているかと言えば、この設計対象水位、計画高水位というものがあって、堤防設計において越水は対象としていないということです。ですから、災害が起きて破堤が起きたときに越水するのは、もう壊れるのが前提なのですかと。住民の方にいろいろ聞かれるときにそういう話をよくしなければならず、これで堤防の評価は十分で流域住民の方へ安全と安心を与えられているのかといろいろ議論していました。

そういう視点から、きょうの議論の中で、当然ながら減災やタイムラインなどの話にもなると思うのですが、地盤、土というものが靱性、ダクティリティを持ったものではないかと私は思っていまして、河川堤防の洪水による崩壊を剛塑性的な崩壊モードではなく、弾塑性的挙動としてとらえ、河川堤防の変状が破堤に至るまでの靭性を明確にすることで、防災や減災しいてはタイムラインに役立つにではないかと思っています。今日の先生方の議論の中で私も勉強できたらと思っています。

小山　ありがとうございました。もういろいろなテーマにまたがってご紹介いただいています。印象に残っている地盤災害ということでご紹介いただいたのですが、先生方にはこれらを踏まえて委員会を立ち上げていただいて、ご活動いただいたということでございます。既に先生方にご紹介いただいている部分もあるのですが、それぞれの委員会をこういうモチベーションで立ち上げたのだということ、そこからこういう活動をして、こういう

ことが分かってきたということを少しご紹介いただければと思います。澁谷先生からお願いします。

澁谷　私がやらせていただいた研究委員会ですが、タイミング的には私がやろうと言ったわけではなく、担当幹事の方がこういうのはどうですかということでお引き受けしました。委員会が発足したのが95年の震災から15年経った時点でしたので、10年ひと昔と申しますから、20年経って当時の関係者の方々の記憶が風化していくのではないかという危機感が背景にありました。ですから地盤工学会としても何とか後世の若手技術者にこの未曾有の震災の教訓を15年経過後のアーカイブとして伝承したい、そういう強い思いで調査研究委員会を立ち上げたということでございます。

何が分かったかということですが、先ほど三村先生らがおっしゃったように、とにかく兵庫県南部地震がその後の各種構造物の耐震設計にものすごく大きなインパクトを与えたんですね。最大のポイントは、防災から減災の考え方に大きく変わったということです。それまでは土構造物は壊れないということを大前提に設計していました。ところが、兵庫県南部地震を契機に、そのような考え方では社会資本の整備や維持管理ができないことを思い知らされた訳です。

減災の考え方から、レベル１とレベル２地震の概念がで生まれました。レベル２に関しては、性能規定型の耐震設計法が各種土構造物に導入されました。簡単に言いますと、壊れない、人が死なない程度の変位は許容しましょうということです。これは画期的なことであって、土構造物をガチガチに固めて対策にどんどんお金をかけてことはやめて、まれな巨大地震に対しては変形で考えましょうということです。例えば、JRの基準では、鉄道盛土に対して軌道に最大20cmの段差を許容するようになっています。このことによって、より現実的な耐震化の道筋ができた訳です。最近、道路盛土も同様な考え方を導入しようとしていますが、許容変位の具体的な数字は未だ示されていないのが現状です。一方で、土構造物の耐震性を低素で迅速に診断し補強する方法論の確立が急務となっています。

小山　ありがとうございます。三村先生、いかがでしょうか。

三村　私は南海トラフ地震が対象となっている研究委員会の委員長をしておりましたが、当然この委員会が設置された理由は、南海トラフ地震が比較的高い確率で近未来に発生が予想されるということです。この前の大阪北部を震源とする地震のような断層直下型のタイプの地震とは違って、100年から140年の間隔で、過去、歴史的に東海、東南海、南海地震が繰り返し起こっています。直近のものは1944年と1946年に起こりました東南海地震と南海地震です。過去の発生間隔を考えると、100年後の2040年くらいからが発生の危険性の高い時期に入ってくるということになります。

その意味では、遠い先の話というよりは、今の若い人たちが社会の第一線で活躍されているときにそろそろ大きな地震が起こるということになりますので、先ほど澁谷先生がおっしゃったように、若い研究者の方々、それから実務者の方々も委員会に入っていただいて、情報を共有し、一緒になって検討しながら、来るべき大地震にどう備えるべきであるかということを考えようというのが研究委員会の趣旨でありました。

南海トラフ地震は非常に規模の大きな地震なので、例えばこの前の大阪北部を震源とする地震では、高槻、枚方、茨木くらいを中心に被害が集中的に発生しましたが、そういうレベルの被害状況ではなくて、おそらく九州から東海地方、ひょっとすると関東地方にかけての太平洋側の府県というのは軒並み大きな被害を受けて、近隣を助けに行く余力はないだろうと考えられます。そして、最も救援に頼りになる自衛隊もどこを優先的に救援するかについてはおそらくトリアージをして選択することになり、緊急には来ていただけない所も出てくるかもしれません。そういう前提で、それぞれの地域でどういうことが起こるのか、特に、関西ですと和歌山とか大阪のように被害の最前線となると考えられる地域で一体どういうことが起こるのかを想定しておかなければなりません。

それから、多種多様な構造物が被災するということになります。そういう意味で、一つの分科会では、構造物ごとにそれぞれの耐震性や想定される被害について検討していただきました。

それから、被害が非常に広い範囲に及ぶということで、被災後にどのようにして人々の生活を復旧していけばいいのかという部会も立ち上げました。京都大学の牧先生、関西大学の奥村先生といった社会科学系の先生方を中心とした、被災後のロジスティックスを取り扱う部会です。物流、支援物資や生活再建物資の輸送をできる限り円滑に実施するためにはどういう準備をしておかないといけないのかについて議論していただき、従来土木系で行ってきた震災のメカニズムはむろんのこと、防災、災害対応にいたるまで、現在で想定されるような発生事象に対して、我々がどのように対応できるのか、対応すべきであるのかということについて、幅広く意見交換を致しました。

何が起こるのかについては、おおよそは想像ができるのですが、想像を超えたことが起こることも当然考えておかないといけません。そのあたりは非常に難しい問題ですが、社会としても十分に検証、検討しておかないといけないテーマではないかと思います。そのあたりは今後の課題として残っていると考えております。

小山　ありがとうございます。そのあたりの残した課題をどうするかという話も最後にしたいと思います。大島先生、いかがでしょうか。

大島　我々の委員会では、先程来出てきている近年の自然災害が非常に多いということも含め、もともと行政でもハザードマップというものが各自治体で作られているのですが、どちらかと言うと地形だとか微地形というようなものを使ってモデル化してやっているケースが多い

ので、我々の方はもう少し正確なものを目指そうということで、基本の地盤情報を有効に利用しています。関西にはお陰様で関西圏地盤情報データベースがありますし、それをベースにして作った250mメッシュ地盤モデルもあり、それは関西圏地盤情報ライブラリーとしてウェブ上で公開していますので、これを有効に利用して防災ハザードマップを作っていく活動をしようということで、この委員会が設立されました。

対象は地震だけではなくて、豪雨や斜面崩壊も対象にしようということで、地盤災害の被害予測や防災対策、防災ハザードマップの開発を行うということでやっております。自然地盤、それから人工で作った土構造物、こういうものもまずは被害予測と防災対策というのを調査研究して、そのハザードマップを作ろうということです。具体的に社会に発信しようということを考えていまして、より分かりやすい内容で一般向け、市民向けの情報だとか、行政・技術者向けの情報だとかいうのを発展して、いろいろ使っていただこうということを目指して、一応予定では来年にはハザードマップを公開する予定としています。

具体的には三つのワーキンググループがありまして、WG 1は地盤の揺れやすさと液状化を検討するグループです。そこからハザードマップを作成します。WG 2は地震と豪雨による土砂災害を検討するグループです。どちらかと言うと斜面崩壊に近い内容ですが、地震と豪雨、さらに両者が複合する場合の検討を行って、ハザードマップを作成します。これら二つWGの成果をハザードマップとしていかに分かりやすく発信するかということをもう一つWG 3のグループで検討しており、今まさにまとめていこうという段階に来ております。繰り返しになりますが、市民および行政の一助になればということでいま活動しているということです。

小山　ありがとうございます。深川先生、お願いします。

深川　私が関係した委員会は二つございますので、順番に簡単に説明させていただきます。まず、簡単に想定外委員会と呼ばせていただきますが、こちらの委員会のほうは、実は「想定外」が括弧付けになっておりまして、その理由としては先ほど李さんがおっしゃいましたように、それこそ設計を考えるという立場からすれば、どうしても何らかの数的な基準を設けざるを得ません。そういうときに想定外というのをどうやって基準化するのかということですが、実は数値化した瞬間に想定内になってしまいます。やはりそういう意味では、何が起こるか分からないというのはある種の数的基準を超えるという意味で、そういうことも念頭に置いていかなければならないのではないかという意味で括弧付けにさせていただいたわけです。

ちょうど福島の原発の災害があって、想定外という言葉はあまり使わないほうがいいのではないかという雰囲気でした。学会や支部の委員会などでも議論したのですが、しかしやはりそれはそれなりに意味があるだろうということで、想定外というものを残したわけです。

先ほど申し上げましたように、この委員会は2011年９月の紀伊半島豪雨災害の時に調査団をつくりまして、かなり対象領域が広いということで、70～80名くらいの方に集まっていただいて、３県に分かれて調査団を結成いたしました。その報告会が終わって打ち上げの時に、やはり全然調べ切れていないですよね、というようなことになりました。設立趣旨としてはまだ被害実態の把握も十分ではないし、災害メカニズムの解明も重要です。それから、避難防災対策を提案していく必要があるだろうということで、この想定外委員会が立ち上がりました。

委員会の活動は総勢で70名くらいだと思います。若干変動はありますが、何せ対象領域が非常に広くて、結局、奈良・和歌山・三重の３県に分かれて調査活動をしていきました。奈良班というような言い方をしていましたが、奈良班は大阪市立大学の三田村先生、和歌山班は和歌山大学の江種先生、三重班は三重大学の酒井先生にリーダーになっていただきまして、非常に活発な委員会活動が展開されました。

委員会では、活動の成果を地域に返すことをかなり積極的にやりました。それぞれ毎年１回くらいは地域に出まして、例えば新宮市などでは２回くらいだったと思いますが、委員会の活動成果の報告会をやりました。多くの住民の方に集まっていただきました。これらの地域報告会以外に、最終報告書でも防災担当者、それから現地住民の方をイメージして、委員会の活動として得られた学ぶべき教訓というものをまとめさせていただいたということもありました。

以上のような意味で、活動成果というのはかなりたくさんあると思いますが、私自身が特に印象に残った成果としては、ともかくとんでもない量の雨が降ったわけですが、このくらいの雨が降るとこういうことが起こるということがかなりはっきりしたような気がしています。その図をある先生がおまとめになりまして、大規模土石流は、ある程度雨が降って、最後のひと山と言うのでしょうか、時間雨量が100mmとか120mmとなった時点で発生しているという傾向です。深層崩壊は、そんなに強い雨でなくても、とにかく長時間相当な累積雨量があって初めて起こる現象であることが分かりました。

実際にそれらがデータに現れておりまして、深層崩壊が起こったような場所では時間雨量が100mmとか120mmというのは起こっていないのです。そういう状態であるともっと激しい崩壊になったのかもしれませんが、結局、累積雨量800mm～1400mmに対して最大時間雨量は高々40mm/hというような条件下で深層崩壊の発生している事例がほとんどで、とても驚いた記憶がございます。そういうことから、今から同じような雨が降ったときに、こういう雨のパターンであればこういうことが起こりますよということを、それは地域特性だと思いますが、その地域の住民の方が認識していただけると、避難などの場合に非常に有益な情報になるのではないかと思います。

それから、もう一つ驚いたこととして、三村先生が火山の噴出物によるという話をされましたが、和歌山県と三重県の県境の地域に、熊野酸性火成岩という火成岩系、マグマの噴出跡がそこそこ残っているのです。その周りは熊野層群という堆積岩系なのです。それを含むようなかなり広い領域に、累積雨量1000mmというような雨が降ったわけですが、これらの地域で発生した表層崩壊というのは、９割が熊野酸性火成岩起源なのです。そして、熊野層群の所で滑ったのは残り１割くらいしかありません。ということで、やはり火成岩系というのは災害に対しては相当脆弱だということが分かりまして、このことはこの地域の警戒とか避難体制の構築にとっては大変重要な情報になったのではないかと思っております。

モニタリング委員会のほうは想定外委員会が終わったあとすぐに立ち上がりました。先ほど芥川先生もおっしゃいましたように、とにかく土砂災害での犠牲者が多いということで、いかに犠牲者の数を減らすかが重要です。避難誘導は、通常は雨量データに基づいて行われますが、土壌雨量指数というものもあります。これらはある程度効果的だと思うのですが、特に具体的な斜面については現地で直接測るということも重要ではないか、そういうものをもっと実際の警戒避難体制のシステムの中に組み込めないかという問題意識でした。そこでモニタリング委員会、これも略称としてモニタリング委員会と言わせていただきますが、そのようなものが立ち上がったということでございます。この委員会の設立文書を小山先生に書いていただいておりましたので、小山先生から何かメッセージがあればよろしくお願いします。

小山　振られましたので、私のほうから少しお話しさせていただきます。モニタリング委員会に関わっていたのですが、先ほどご紹介いただいたように、土砂災害警戒情報は、土壌雨量指数を拠り所としているのですが、それも結局、雨量データからタンクモデル、しかも全国一律のパラメータを使って計算して、地域ごとに決められた閾値に達すれば警報を出すというような仕組みです。このような発表の方法でもある程度一定の効果があると先ほどお話にもありましたが、やはり崩壊する地盤を測っていないと情報は正確にならないだろうということがあって、深川先生にご相談をさせていただいて斜面を測るということに着目した委員会を立ち上げたというのもあります。


小山氏

その中で、私は利活用部会というところで、斜面計測・モニタリングの結果をどのように利活用するのかということをいろいろ検討しました。計測そのものが難しいというご意見もあったのですが、斜面を測らなければデータの蓄積もないですし、それをどう使うかという議論にもならないので、とにかくまず測ってみようということで、タイプの全く違う計測・モニタリングを実施しました。まず、専門家が最先端の計測機器を持ち込んで、一つの斜面をずっと計測・監視しようというタイプのものと、もう一つは、もっと低コストで住民が日常的に「うちの裏山」を監視できるような簡易な計測はできないだろうかということを考えました。この委員会の活動期間で計測・モニタリングを終了するというのではなく、現在、芥川先生の委員会のほうに引き継ぎ、現在でも継続的に計測・モニタリングを実施しているという状況なのですが、そんな感じでよろしいですか。

深川　ありがとうございます。もともと現地のモニタリングは重要だということで、ちょうどわれわれの委員会を立ち上げるのとほとんど同じ時期に、地盤工学会の本部でもそういう話があったそうです。関西支部のほうが少し早めに動いていたということもあり、それだったら関西チームの委員会のほうに合流します、というようなご連絡がありまして、結果的に関西支部の委員会なのですが、関東から九州まで広く集まっていただきまして、43名の委員会で活動させていただきました。

委員会活動は、先ほど利活用部会というような話がありましたが、その部会長は小山先生に務めていただきました。あと、それまでのモニタリングの技術の現状を明らかにするということで、レビュー部会というものも作りまして私が部会長を務めさせていただきました。あとは実際に計測をする計測部会というのをつくらせていただきまして、それは高知大学の笹原先生に部会長を務めていただきました。

特筆すべき活動としては、先ほど小山先生もおっしゃいましたように、これは計測部会あるいは利活用部会が中心だったのですが、京都府の綾部市に安国寺というお寺がありまして、そこの境内の斜面が何回も滑っているということで、そこと、あと福井市の高須町という所にフィールドを設定しました。高須町は全体が地滑り地になっているような所でございまして、そこを代表的なフィールドとして活動を進めていきました。安国寺のほうは、先ほど小山先生がおっしゃいました最新のモニタリングシステムを設置して、現在でもその観測を継続中でございます。高須町のほうは芥川先生のOSVを中心にセットしました。防災モニタリングを地域の皆さんと一緒になってやるのはなかなか難しいですから、それをどういうふうにやったら効果的であるかといったことに関する情報を集めさせていただいたということです。

こちらの委員会の成果を最初にいろいろ議論しまして、例えばモニタリングシステムを設置する場所の選定法や、モニタリング結果を利用した斜面崩壊予測手法の開発などを代表的な目標に設定させていただいたのですが、３年ですからまだ道半ばということですので、芥川先生の委員会のほうにずっと継続していっているというようなことでございます。

ただ、モニタリング結果を利用して斜面崩壊予測手法を開発するということについては、どうしても崩壊した

斜面での事例がないとそのシステムの有効性が検証しにくいということがあります。以前、同じようなテーマでプロジェクトを運営したことがあるのですが、最終評価などではやはり開発した斜面崩壊予測システムが実際の斜面で機能するのかということをかなり厳しく問われました。そういう意味では、傾斜計を中心にしたシステムを展開しているグループがあるのですが、そこが世界各地で崩壊予測が実現できた事例を集めつつあるのは前進だと思います。芥川先生のOSVもそうですが、近い将来、より現実的な予測手法が具体化してくるのではないかと思います。以上です。

小山　ありがとうございます。では、芥川先生、お願いします。

芥川　先ほど深川先生からご説明がありましたモニタリング委員会を引き継ぐかたちで、今年度から３年間、斜面災害のリスク低減に関する研究委員会がスタートしました。その中ではやはりモニタリングが重要ということで、最先端で詳しい情報が得られるモニタリング技術から始まって、情報量は少ないけれども、それがあることによって人の命が救われるかもといわれるような、最低限、しかしあってよかったというモニタリングも含めて、さまざまな技術について情報を集めたり、研究開発をしたりという部会がまず一つあります。

もう一つは、深川先生の委員会の時にはなかったのですが、斜面災害に備えて斜面を補強するという、斜面のハード的対策というカテゴリーがあるのですが、そのグループにも声を掛けさせていただきまして、日本を代表する斜面の補強工事を担当されている民間の会社から多く参画いただいていまして、その知見をまたまとめたいというのがあります。

もう一つの部会は先ほどの利活用というところで、これは小山先生に見てもらっているのですが、過去のいろいろな災害、それからそのあとにまとめられた報告書や提言というのをもし振り返って見たとすると、それぞれの災害のあとに、いい提言がたくさんされているのだろうと僕は思っています。そして、そういう過去から学んだ提言があるにもかかわらず、また災害で人が死ぬのはなぜかということを振り返ると、どうしてもそれを実行しようとするとお金がかかります。そのお金が用意できないということです。あるいはそれを段取りする作業が行政的に進まないということで、こうすればいいということが分かっているのに、さまざまな技術的な理由以外で物事が進まないというようなことがあるということを非常に感じております。それから、使える成果、既に持っている知見などをどういうふうにして広く住民や行政の方に知っていただいて、教育、技術情報の普及と言いますか、そういうものも含めて進めていただくという部会の三つで動いています。

まだ始まったばかりでいきなり西日本豪雨災害が来たわけなのですが、広島とか愛媛とか、報道で見る度に多くの箇所が崩れていて人が亡くなったという事例を見ました。兵庫県でも調査活動の中で何カ所か私も見たのですが、こんなふうにして斜面が崩れて人が亡くなったという状況を見ていますと、山が動いているということを少しでもいいからその人に伝えたら、その人は本気で逃げたのではないかということを非常に強く感じています。今回、全国で滑った斜面はおそらく数千カ所ですか。

小山　10月末の時点で土砂災害の発生件数は3000件を超えたといわれています。

芥川　3000カ所ですか。

小山　例年だと1000件程度といわれています。

芥川　正確な情報を僕は持っていないので何とも言えませんが、3000カ所滑って、たまたまそこに居合わせてしまった方がたくさん亡くなられて、その方たちのために何らかのモニタリングがされていた現場があったかと言われると、調べてはないですが、限りなくゼロに近いと思います。それが現状だということで、とにかく研究成果で目指したいところは、本当に使える技術、あまり高級なものでなくてもいいので、そういうふうなものは何なのかということを明確にして、人が住んでいる所は最低限のモニタリングがされているということが実現できる、そういう道筋が見えるようなところまで行ければいいなと思って始まったばかりなので、またよろしくお願いします。以上です。

小山　ありがとうございました。では、残りの二方からは、実務に関わられている立場からこれまで取り組みなどを紹介いただければと思うのですが、いかがでしょうか。


南荘氏

南荘　先ほどの先生方のお話とは少し流れが変わってしまうのですが、やはり高速道路を実際に設置管理しているということで言いますと、阪神高速の場合は８割が市街地の高架橋ということもあって、どうしても防災・減災の議論をすると、こういう自然災害は地震防災を中心に今まで議論されています。一方で、近年、特に阪神高速ではなかなか少ないですが、北神戸線などでもいろいろな区間もございますし、全国的に見ますと、NEXCO管理の道路ですが、かなりの部分が土工を中心とした道路になっていますので、やはり豪雨による地盤災害は毎年のように繰り返されているわけです。なかなかこれは現実に解消していかないという事実もあります。そういった豪雨災害や、これもわれわれの経験としては初めてなのですが、ことしは特に台風による風の災害というものをあらためて認識しました。そういった意味で、やはり自然災害そのものの対象がどんどん広がるし、新たな事象が加わってくるというのが現実かと思います。

そんな中で、どうしても管理者の立場からの経験則で、何か災害が起きると、それに対する対策をいろいろ

考えて次に備えます。それが一つ解消できるとまた次のものが起きるという、いたちごっこに近い状況がどうしても繰り返されていきます。これは常にコストとのバランスを取っていかないといけないという宿命もあってそうならざるを得ないところもあるのですが、最近の新しい動きとして言うと、例えば風だったり雨だったりもそうですが、事前にある程度予報が出た段階で、管理の体制を今までの事後対応でなく、事前対応に変えていこうということです。鉄道事業なんかは既にやっていますが、道路のほうも少しそういう方向に動き出しました。これはやはりご利用いただくお客さまの安全を守るために非常に重要なことなのですが、一方ではもともと持っている機能というものをその間阻害するということで、一般市民の生活にはご迷惑を掛けることになります。そのへんのところもまたバランスになるのですが、その議論がいま少し始まっています。

そういう中におきますと、きょうは地盤災害ということですので、先ほどのようなモニタリングの話ですとか、リスクをどう評価するかという話も出ていますが、例えば雨による通行止めの措置をする。これは先ほどからいわれるように、指標としてはもう雨量しか実際に値を取っていません。累積雨量と時間最大雨量の組み合わせで、それも地域ごとに経験則で止める判断をするわけですが、これを実際の地盤災害のメカニズムとどう対比するのかというようなところまでなかなかできておらず、逆に今度は通行の再開、交通解放するタイミングも非常に難しくて、こういったものをもう少し工学的な判断を含めて、きちっとした最適化を図れないかという議論もまた、最近少し始まり出しています。こういったようなところでは、これから学会と十分に連携をとって、新たな対応を考えていかないといけないのかというふうに感じています。

小山　ありがとうございます。では、李さまお願いします。

李　コメントっぽくなりますが、私は今地盤工学会で会長特別委員会「平成30年７月豪雨を踏まえた豪雨地盤災害に対する地盤工学の課題」のメンバーです。その中でもお話が出たのですが、2007年に地盤工学会の会長特別委員会で提言を出しており、この提言における各インフラに対して地盤工学としてレビューしようということで最近話が出ました。いま芥川先生が言われたことと一致していまして、いろいろな災害が起きて、いろいろなコメントなり提言が出る中に、私たちがそれに対してどこまでやってこられたか、まだどういう課題が残っているかということを明確にするということが、今後求められていくのではないかということです。

その中で一つ私が思ったのが、いわゆる管理者サイド、技術者サイド、研究者サイド、この三つの方々がどういうことを今後やるべきか、どういう提言を出すかというような役割分担であります。その３者が一般市民の視点に立ったことをそれぞれ思うとは思いますが、そこを明確にするのは非常に難しいというふうに思っています。それがここにつながる情報伝達、先ほど言った減災に向かっていち早く人命保護のために備えるということは非常に大切で、そのへんを今後の10年間ですか、今回ですと会長特別委員会の提言のレビューを踏まえたものの中で、私も関わっていこうかというのが学会を通じた活動です。

会社でいきますと、私共の会社は特に気象予測に携わっています。当然いま京都大学防災研究所で研究されている先生をはじめ、精緻な気象予測が得られており、雨に関しましてはCバンドやXバンドという、今までの時間雨量だけではなく、細かく頼りになる情報をわりと密に出しているということです。民間の建設コンサルタントでは、これらデータを活用して水災害予測というのを出して、防災活動をやっているというところでございます。

個人のことに関しましては、いま言ったように河川堤防に携わることが多くて、被災した堤防の被災メカニズムに解明を目的とした調査、検討を行っています。その際、洪水によって破堤した堤防の場合、破堤したした堤防の盛土地盤は流されていることから残った上下流の堤防から想定するしかなく、その調査においても破堤後２週間で緊急復旧が行われることから、ポータビリティを重視した地盤採取法や物理探査を用いた調査法の研究をしています。また、本復旧においても渇水期の施工となることからタイトな施工工程のなかでスピーディに調査をしなければならないことが多いことからもこの調査法は重要と考え研究を進めています。

小山　ありがとうございました。

それでは、委員会の活動内容等をご紹介いただいておりましたが、委員会の中で検討できたことと、積み残したこともあるというようなお話も多少ございました。ここからは、地盤災害とどのように向き合い、防災・減災を考えるかということを議論したと思います。先ほど防災から減災にシフトしたという話もございましたが、最近はこれにさらにレジリエンスという考え方も入ってくるような話もあります。したがいまして研究委員会で得られた知見というものを、今後どのように生かしていくかという観点で少し議論したいというわけでございます。

まず、幾つか上がっている話ですが、われわれ地盤工学の人間からすると、地盤災害の予知・予測ということはわれわれがやらなければいけないということです。予測には「いつ」と「どこ」がありまして、ハザードマップは「どこ」だと思うのですが、あと「いつ」そのような事象が発生するのか、予測をどうするのかということが災害情報につながっていくということです。予知・予測、あるいは災害情報の高精度化に向けてどのようなことが課題かということについて少し議論したいと思います。

ここからはどなたからでもいいのですが、「どこ」という話ですと、大島先生はハザードマップということで、どこで地盤災害のリスクが高いのかということを示

すことに取り組まれております。なかなか難しいかもしれないですが、「どこ」というのが本当にどこまで正確に住民に伝えられているでしょうか。それから、どのように住民に危険な場所を伝えるかということも重要かと思います。まず、「どこ」に対する解像度と言いますか、ピンポイントでここが危ないというのは難しいかと思いますが、「どこ」の情報の精度を上げるためにはどうしたらいいでしょうか。あるいは、情報の精度は現状ではまだ十分ではないというようにお考えなのでしょうか。そのあたりをお伺いしたいと思います。

大島　先ほどもお話ししたように我々の委員会では、まず液状化の予測を行っています。先ほども言いましたけれども、関西には今までの公共事業でやられたボーリングデータを集約したデータベースというのがありますので、それを有効に活用しようということで、これまでの地盤情報を踏まえて、より正確な液状化予測をしようということです。

今回、この委員会ではさらにそこに地震動も入れています。具体的に言いますと、地盤モデルに工学的基盤を決めまして、そこに想定される地震動を入れたときに地盤上部でどのような揺れ（加速度、周波数など）が起きるかを予測しています。それが揺れやすさというものになるのです。その揺れやすさをさらに踏まえて、それを使った液状化予測をしようということで、現在南海トラフ地震と上町断層地震の二つの関西で起こり得る地震を対象として揺れやすさに基づく液状化予測を行っています。これまでに蓄積された地盤情報を踏まえていますので、それなりにより正確な液状化予測ができるのではないかと考えております。まもなくその結果が出せるような状況にはあります。

小山　ホームページか何かで公開されるかたちですか。

大島　この委員会は一応今年度で終了ですが、最終的にはウェブ上でその情報を分かりやすく、ハザードマップというかたちで発信する予定にしています。その話の延長で少し申し上げたいのが特に液状化の話で、先ほどの話で挙がった南海トラフなどの対策という話になると、今までやられている液状化の対策はほとんど事後対策なのです。例えば、関東で起きた液状化に対しても、今後これを同じようなことが起きないように事後で対策をします。先ほども少し事前の対策という話をしましたが、関西では事前対策がやはり必要ではないかと思います。

液状化予測をすると、おそらく西大阪が結構危険度が高いということに結果的になります。そういう情報がかつてから出ているのですが、それに対する対策が公共の構造物ではやられても、圧倒的に面積が広いのは民地なのです。民地の対策が全くできていないというところが今後考えるべきではないかと思います。民地に対しても、事前の対策として何らかの処置が必要ではないかと考えています。我々がやっている知見をどう利用するかということを考えると、せっかくならそういう対策に繋げないといけないのではないかと考えています。今回の３年間の委員会でも、幾つかの地点で詳細な地盤調査も行っています。その調査結果を使って、いま予測している手法の確からしさを確認するというような研究も行いながら、さらにそれを踏まえて予測を行うということをしています。

小山　「どこ」と言うとハザードマップの役割が非常に大事なのですが、斜面崩壊の観点から言うと、「どこ」というのは十分に把握されているのでしょうか。あるいは、まだ何かが足りないということはありますか。どこが壊れるというのは地形の判読をするとある程度分かるといいますが、それで十分把握できているといえるのでしょうか。土砂災害に関わるハザードマップが市町村から広報されていたりして、これを見てどこが危ないかというのはだいたい分かるのですが、それで十分でしょうか。芥川先生は今回の西日本豪雨災害に関連して学会としてさまざまな調査をされていて、こう壊れるだろうと想定したけれども実は違う壊れ方をしたといった場所があるというような話を少し伺ったのですが、そのあたりいかがでしょうか。

芥川　深川先生の委員会で、モニタリングの途中で安国寺という場所にモニタリング機器が付いたという事例が先ほど説明があったのですが、その装置を取り付けた場所の数十メートル離れた所で過去に土砂崩れがありました。そこは一応の簡単な対策がされているということで、そうではない所にモニタリング装置を付けていたところ、今回の７月の豪雨でその地域にも相当な雨が降って、過去に滑った所が一部、もう１回滑っていました。ただ、そこにはセンサーが付いていません。センサーを付けていた所からは、地下水位の変動、地盤のわずかな傾斜というデータは拾えたのですが、そこは滑らなかったということです。だから、もしそれが滑った所に付いていて、きっちりデータがあれば当然滑っていく過程が取れたと思うのですが、外れてしまったということです。

でも、実際にたくさんの箇所で山が滑って、そのうち何割かで人家があってということでいくと、一番の住民側からの希望とすれば、人が住んでいる所は100パーセント全部何かモニタリングしてほしいというのが正直な希望だと思います。では、それを今の市場価格で装置の価格、取り付ける価格、コンサルティングその他を普通に発注すると、普通の民間人では払えないようなすごい請求額が来ます。だから、技術はあるのだけれども、モニタリングしてほしい人の所までそれが回っていかないということがすごく現実の問題としてあるなというのは常に思います。

だから、どこが動くか予測したいということなのですが、それだったら測ろうということに結局行き着いて、でも装置が高いということになると、モニタリングにかかる費用を圧倒的に下げるという技術開発がたぶん必要で、今の時代的に言うと、それができる時代がやっと来たというふうな期待感を持っています。電子デバイスをはじめ、それ以外のいろいろな物も、過去に比べて精度のいい物がすごく低価格で入手できる時代になったの

と、カメラの画像分析であるとか、少し話を広げると衛星の活用も含めて、広範囲のデータ計測が可能になったので、それを有効に展開していくということを、われわれが今まさにするべき時が来たという気がしています。

小山　「どこ」を知るために計測をやりだすとわからないことが多すぎてきりがないという意見もあるように思うのですが。

大島　基本的にはやはり測ろうということです。それを、許された予算の中でできる技術を作るということです。

小山　深川先生、いかがでしょうか。

深川　先ほど栗東の安養寺山という所が崩壊した事例を紹介させていただきました。あそこも一部レッドゾーンとかイエローゾーンに指定されております。実際に滑った時はそれが的中した所もあるのですが、半分くらいの確率だと思います。また、紀伊半島の豪雨災害の時に、例えば新宮とか那智勝浦で山を見ると至る所が滑っていましたが、ああいう事例はかなり特殊です。どちらかと言うと、ある斜面が滑った場合、その周りにも同じように危ないような所があるけれども、滑っているのはそこだけということのほうが多いと思います。


深川氏

ここでは滑って、ほかでは滑らないという問題は、例えば道路管理者の立場に立つととても厄介です。実際は、「どこで」というのを決めるは相当難しいことでしょう。やはり地形的な条件だけでなく、地質的な条件であるとか内部構造がかなり分かっていないと、ここが滑るということは簡単にはいえないと思います。

あと一つ、ハザードマップで気になっていることですが、ハザードマップというのは、基本的にある設定された外力に対する結果であることが多いのです。ですから、ハザードマップを見ると自分の家辺りは何となく安全だと思って、何か起こったときに私の家は安全なはずだというふうに思い込む方が相当いらっしゃるような気がするのです。東北の地震の時にも、津波災害での津波の到達地点というのがラインで示してあるのですが、結局亡くなった方のお宅と言うか、亡くなった方をプロットしていくと、ちょうど境界線の前後がすごく多かったという話がありました。うちには来ないはずだという思い込みが強い可能性がありますので、ハザードマップは設定外力に対して結果が変わるものだということを相当周知していかないと、使い方によってはかなり危ないというふうには思います。

小山　そのあたり、大島先生いかがでしょうか。

大島　とりあえずは想定される地震動に対応したハザードを考えるということをメインにしていますが、よく言う想定外というような話もありますので、そういう場合に対しての注意喚起というのは、ハザードマップを作った段階では付け加える予定にはしています。

小山　想定しないと設計などができないという話なのですが、何をもって想定外とするかということかもしれません。例えば、南海トラフなんかは、もう想定されているもの、想定内という位置付けでよろしいですか。

大島　一応大阪府が想定されている上町地震動が公開されていますし、南海トラフも内閣府によるものがありますが、そのとおりに本当に起きるかどうかと言われるとちょっと何とも言えないところであります。

小山　そういう南海トラフなんかはある意味想定されている位置付けに近いですが、想定されたもののほうばかりに目がいくと、大きな地震が熊本で起こったり、北海道で起こったり、ましてやこのキャンパスの真下で起こったりということがあるので、なかなかそれは想定内なのか、想定外なのかというのは難しいところです。そのあたりは三村先生、いかがでしょうか。

三村　どれくらいの精度が求められるかということですね。地震が何時、何分、何秒に起こりますよということが予測、もしくは想定だと言われると、逆説的ですが現実的には全てが想定外と言わざるを得ないです。特に、地震のように地下で起こるもので、震源の状態が全く見えないものについては限界があります。雨の場合ですと、先ほどから話題にあがっているXバンドのように予測に対して非常に強力なツールがあります。要するに、目に見えるか見えないかの違いが決定的だと思います。我々の扱っている対象は地盤という大部分が見えないもので、地表面しか見えていません。

現在、地表面の情報は過剰なくらいに詳細に、一般の方がアクセスすることができます。例えば、地図、カーナビゲーション、グーグルアースなど、とにかく見えているものを情報化するということについては、もはや完全の手の内に入っているといってもいいと思います。そのイメージで地下のことを考えていただくと非常にまずいということです。そこに情報の質の明らかなギャップがあって、地震は見えない所を震源として起こるので、当然事前に予測するのが大変難しいということになります。

地震学でも全てが分かっているわけではありません。強震動の計算でも、応力降下値、アスペリティの設定、断層がどのように破壊するのかといったことについてはシナリオを仮定して設定されるので、出てくる答えもそれに応じたものということになります。自然がそのとおり動いてくれるわけではないので、解の精度としては、地表面の応答加速度値がだいたい想定の範囲内であった、卓越周期が予想通りであったということであれば、予測できたと評価できるということではないでしょうか。

先ほども申しましたように、南海トラフの地震は、断層の直下型地震に比べると発生時期の想定という点では精度が高いといえるのではないかと思います。また、震源が遠方で、広範囲の地盤を一様に震動させるという点

では、断層のように震源距離によって揺れ方に地域差が出るものとは異なり、地盤震動に対する地盤起源の要因が結構大きくなると考えられます。そして、地盤と地震外力との相対的な関係によって、どういう所でよく揺れて、どういう所で揺れにくいのかというのは、わりと捉えやすいのではないかと考えています。

それから、もう一つ見えないついでに申し上げると、先ほどの斜面の話もそうなのですが、深川先生もご指摘されたとおり、地盤の内部構造が見えない斜面のどこが滑るかを示せというのは大変酷な話です。事前に与えられる情報としては、岩質がどうであるか、風化がどの程度なのか、それから尾根・谷といった地形情報です。一般的には、尾根に比べると谷筋は、特に雨が降った時は集水地形となるので滑りやすいということはできます。他には、斜面が受け盤か流れ盤かといった情報は何とか調べられないかなと思います。災害が起こったあとで調査すると、例えば紀伊半島の水害の時もそうでしたが、やはり流れ盤方向で、ある方向性を持った斜面で選択的に大きく滑っています。さらに、川と斜面の関係において、攻撃斜面なのか滑走斜面なのかも重要な要因となります。斜面にまともに水流が当たるような地形構造の所で、当該斜面が流れ盤であるといった要因の組み合わせに基づいて、この地域は斜面崩壊の危険性が高いというレベルの情報を一般の方に開示できるようにしたいです。

ただ、開示したときに難しいのは、危ないと言うのはいいのですが、管理者の方は当然そのときに解がないと困るということです。つまり、危険なのはわかったが、では一体どう対策するのかというのがセットでないと、危険ですと言うだけでは情報発信としては不十分であるということです。例えば、集落ごと移動してくださいというような案を簡単に出せるのでしょうか。この斜面は力学的には危険ですというところまでは言えますが、住んでおられる方が「うちは先祖代々ここにずっと住んできたのです」とおっしゃることに対して、どういう説得の仕方があるのか。それはわれわれの力学の領域ではないのかもしれませんが、災害という観点からいえば、集落移転を含めてどういう計画を立案して合意形成をしていくのかというところまで考えないといけないという意味でなかなか難しいと思います。

小山　澁谷先生、何かございますか。

澁谷　予知・予測ということについて、斜面に関しては三村先生と全く同じ意見です。情報のバラエティーがあまりにもなさすぎるということです。一例として　土砂災害警戒区域というのは、私が知る限りではイエローゾーン、レッドゾーンがありますが、地形情報だけで決まっているんですね。

小山　高さと勾配で決まっていますね。

澁谷　乱暴に言えばその通りだと思います。やはり発生源となる風化土層がどのくらいの厚さかという基本的な情報が最低限必要だと思うんです。岩山だったら壊れるわけがありません。もう一つは植生です。2009年に台風12号によって作用町で大雨が降った時に、人工林が倒れて穴ぼこができていた尾根の斜面で土砂崩壊が沢山発生しました。風倒木（ふうとうぼく）と呼んでいます。風で倒れた木です。人工林は根が浅くて風で倒れやすいし、下草も繁茂しにくいんですね。そういう情報は、空中写真とかいろいろありますので集めようと思ったら集められると思います。そういう各種の情報をいろいろ重ね合わせていって予測の精度を上げていく必要があると思います。今ある技術でもできます。そういうことが非常に重要になってくると思います。

小山　「どこ」という話ですが、あと「いつ」という話もあります。地震だと「いつ」というのはとても難しい話になるかと思いますが、雨については昔に比べると気象レーダーの精度がどんどん上がってきて、外れることもありますが、いつ、どのくらいの雨が降るというのはだいたい分かるということです。では、その雨が降ったときにいつ斜面が壊れるかと言うのは、依然として難しいところです。

さらに、いつ斜面が壊れるかという情報をより精度よく出すことが必要だという話にもなっています。先の西日本豪雨にしても、さんざん気象情報が出て、土砂災害警戒情報も出ているのに人は逃げないというような話がありました。もう少し「いつ」というのがタイムリーにできないでしょうか。ピンポイントは無理だと思うのですが、もう少し「いつ」の予測精度を上げていくにはどうしたらいいのかというところをお話しいただければと思います。地震と雨とはだいぶ次元が違う話かもしれませんが、いかがでしょうか。

南荘　ちょっといいですか。先生方のお話をいま一般市民的な感覚で聞かせていただいていたのですが、いつという問題にしろ、どの程度のという問題にしろ、やはり一つは段階があると思うのです。命というのは自分の生命という観点で言うならば、これはきちっと早く情報をつかんで、自分が認識しておかないとどうしようもないわけですが、先ほど三村先生がおっしゃったように、生活まで考えると今度は場所を変えてほかへ行かないといけないのかという問題になります。これはなかなかそんな簡単な話ではなくなります。

だから、これは芥川先生が非常に強調されたと思うのですが、やはり最低限まず命を守るために、われわれ会社、あるいは行政の立場、学会として、どういうかたちでそういう情報を提供できるかということになると、そんなに精緻なものではなくて、要は実態と言うか、そういうものをどれだけ普通の感覚で一般の市民の方に受け入れていただくかということだろうと思うのです。

そういう意味では、いろいろな委員会活動の成果をどういうふうに一般の市民の方に還元できているのかというところにつながるのかもしれませんが、どうしても専門用語で説得しようと思ってもたぶん全然無理な世界で、ここをどういうふうに一般の生活感覚に近づけたかたちで理解していただくように説明して、ある程度こうではないかと言えるかということだという気がします。

それと、「いつ」という話でいくと、われわれ管理者というのは「いつ」というのが常にあります。宅地とはまた違いますが、道路を使っていただいているお客様が現実にあるという中で、その安全を守るという意味でいくと、まさにいつのタイミングで実際に被災が予想されるか、皆さんに逃げていただくか。逃げるというよりもわれわれが交通を遮断するしかないのですが、要は交通を遮断するタイミングが常に問われるわけです。先ほど少しお話しましたように、やはりたぶんこの10年でしょうけれども、実際の外的な要因が明らかに大きくなってきている状況下では、今までの経験則は必ずしも使えなくなってきているというのは事実です。これはもう少し工学的な観点も要るでしょうし、あるいは経済的な予算も当然出てくるので、そういったものの調和でタイミングを決めていかないといけないのですが、たぶん一般の方が逃げるタイミングも結局そこではないかと思うのです。

最近、特にことしなんかはこれだけ被害があったので、おそらくいろいろな意味で「私だけは大丈夫」という感覚は少しずつ少なくなっているとは思いますが、それでもやはり人間というのはどうしても自分だけは助かりそうな気がしてしまうところもあるわけで、そのへんをどういうふうに伝えていくかというのがやはり大事なのかなという気がしました。

あと、地震に関しては「いつ」あるいは「どこ」というよりは、関西エリアにおければ南海トラフであり、あるいは大阪に限るかもしれませんが上町断層の問題など、結局もう対象は絞られてきていると思います。そのときに最低どんな被害が出るかというのは、行政も含めてもうされているわけですから、結局ここは、それが起きたときに自分がどう逃げられるかというのは先ほどから出ている減災の話だと思うのですが、もうそこ１点に絞ったようなかたちでやっていかざるを得ないのではないかという気がしています。

一つの例なのですが、先ほど液状化の話がありました。いま大和川線も建設していますが、それがちょうど湾岸線と接続する辺りが液状化するということになって、その対応を求められたわけです。従来ですとそれに一定のコストをかけて完全な対応をするというのがセオリーなのですが、そうするとかなり大規模な工事が必要になります。そうすると、例えばランプなんかの土構造だったら一定の管理限界値を設けることができるのではないかと。つまり、管理上許される沈下まではいいよとなると、かなり対策が軽量化されるといったこともやっていかざるを得ないともいえます。逆に言うと、多くのものに対して事前に対応していくということになりますと、やはりそういう工夫が出てきて、現実にそのような対策もとっています。防災と減災との組み合わせなのですが、100パーセント防災というのはないという前提でいろいろなものを作っていく時代になってきたのかなという気がしています。

小山　ありがとうございます。

三村　私も地盤災害や地震災害に長く関わってきましたが、我々は、災害には素因があって、誘因があって、災害が起こってどういう被害が起きて人が亡くなるのか助かるのかという解を導くわけですが、想定した事象が本当に起こるのかというところからそもそも不確かなわけです。一般の方にとって自分事として認識していただくために何が大事かと言うと、起こりうる災害で自分が生き残るのか死んでしまうのか、自分の家が被害に遭うのか遭わないのかということです。

命の問題でいえば、地震が発生した時に何もない広い所に立っておられたとしましょう。その場合、たとえ地震による揺れが激しかったとしても命を落とす可能性は非常に低いでしょう。地面が揺れてころんでしまうことはあるかもしれません。地表の変位が出てしまえば足をとられるかもしれません。それでも、おそらく命を失うことはありません。

命に関わるのはいかなる場合かというと、物質が自分を越えて移動していくようなことが起こった時です。安全だと思っている家の中に居る時に地震に遭遇すると、屋根や天井が落ちてくることや、柱や家具が倒れることがあります。その場合、倒壊した構造物が人を直撃すると命をおとす可能性が出てくるわけです。ではどうしたらこうしたことを防ぐことができるのかを、手元からさかのぼって説明してあげるほうが自分ごととして対策も非常に具体的に立てられるのではないかと思います。

水害の場合でも、どういうことが起これば命にかかわるかと言うと、水という物質が自分に向かって来て流されてしまった時です。では、それは何故起こるか、それを防止するためにはどうしたらいいのかというように思考すればどうでしょうか。濁流のような凄いパワーをもった物質が襲ってくる場合、何とか力業でそれを抑えこもうとしても抵抗できないので、まず逃げてくださいと説明してあげるべきで、水位が高くなったら堤防の状態が不安定になってと理詰めで説明しても、なかなか自分ごとにつながりません。やはり災害で人の命を救うための情報の出し方というのは、自分ごととして住民の心に響くようにしないといけないと思うのですが、いかがでしょうか。

李　まさにそうですね。平成30年７月豪雨で小田川の真備町の話でショッキングなのが、水が上がっているのは



分かっているけれども、スピードが速いからお母さんを１階に置いて自分だけ逃げて水死されたという例がありました。たまたま私は小田川合流点付替えのプロジェクトに係わっていまして、付替え事業がもしできていれば小田川の水位は約５m下がっており、破堤の有無を考慮しなくても浸水域は変わっていました。その周りの住民の方のうち、何人かの方はこの付替事業に反対運動をされていました。平成30年７月豪雨災害の小田川関連業務で現地に行った際、被災された住民の方から「俺は付替事業の反対運動をやっていたけど、あれはやっていたほうがよかったんだよね」と言ったのです。だから、先ほど三村先生がおっしゃったように、いかにそういう自然災害が命に関わるのかということをちゃんと住民の方に伝えられるか。たぶんあの家の方は今回分かったのだろうなと思ったので、そういう情報伝達も非常に大切だというふうには思いました。

芥川　私もそれに関連して、一般市民的なリクエストかもしれないのですが、土砂崩れにしても、例えばそういう洪水のあとの水とか津波にしても、危険な状況が今まさに自分の身の回りでうごめいているというときに、その情報がある意味ダイナミック・ハザードマップみたいな感じで、リアルタイムにその人に伝わっていくという仕組みのような物が、今のITハードウェアの発展を考えるともうできそうな感じもします。もしかしたら作っておられるのかもしれないですが、そういうふうな物を本当にぜひ期待したいと思います。

あともう一つ、民家の裏山が滑ってお年寄りが亡くなるというようなケースですが、どんな過疎地であっても人が住むとなると電気が引かれ、水道が引かれるということで、生活を成立させます。そのことをライフラインとわれわれは呼びますが、裏山がどうなっているかという情報をその方に伝える、例えばワイヤー式変位計のようなものがもしあれば、それもある意味ライフラインの社会的ステータスをもらうべきだというふうな気がしています。人が住んでいる。ライフラインでつながっていて、その人がそこで生活できる。その一部に最低限のモニタリングというのを常識的に付ける。そういうふうなことを学会が強く言えるようになればいいかなと。むしろ言うべきかというふうなことを思っています。

小山　ハザードマップに、時間の軸を入れるというような感じですね。

芥川　そうですね。

小山　国総研でいま取り組まれている話ですと、例えば、皆さん携帯電話などの端末を持っておられるので、SNSの情報を収集して、どこでどういうことが起こっているのかということを位置情報から探り当てて、時々刻々状況がどのように変わっていくのかを把握するという研究も始まっています。とは言っても一般の方々が危険度を判断できるのかということは難しいように思います。例えば、うちの裏山が何かおかしい、変な音がするという発信があり、そういう情報が大量に発信されているエリアがあるとすると、端末の位置情報で場所は特定できるのですが、情報の質といいますか、精度といいますか、そういうところに課題があるようです。あわせて、今後、住民が災害についてもっと身近に考え、災害情報の発信に関わっていくようなことも必要になってくると思います。

天気予報はすでに住民からの情報を集めて分析するということをやっていますね。ローカルな天気をもう少し精度よくしようとすると、天気の情報を写真で撮ってもらったものを回収したり、メッセージを入力したりして、うちのエリアは今こんな天気ですという情報を集めて、500メートルメッシュのもっと細かい所の情報の精度を上げるという話もあります。天気予報だとこのようなことも始まっているという話も聞きますが、斜面災害でも同様にできないかと思うわけです。そうすると、住民の方々にやはり斜面災害の知識と言いますか、そういうものを少し高めていくような普及活動も含めてやっていかないといけないと思います。

深川　ただ、先生がおっしゃった裏山が崖とかの家は、昔でしたら基本的にセンサーなどというイメージはあまりないと思うのですが、今はもし安価でそういうシステムができると、かなり心強い味方になるのではないかと思います。ただ、それを住んでいるお宅の方が必ず自分で見ないといけないわけです。テレビとかの情報だと大ざっぱすぎて、例えば市民全体に避難勧告が出ましたと言われても、自助管理です。要するに、それを発信しているほうも具体的にはどこに逃げなさいというのは言いようがないので、もう自分で身を守ってくださいねと言っているのと同じだと思うのです。そういう意味ではセンサーを付けることで、自分で確認するとかいうことができるようになる。実際に物を見て、というような感覚が出てくると一歩前進かなという気がします。

昔はたぶん全員そうしていたと思います。裏山から石ころが落ち始めたら危ないとか絶対言われたと思いますので、それをときどき見に行くのが普通でした。でも、それを最近はしなくなって、危ないか危なくないかという判断をテレビなどの情報に求め始めると、何か自分の都合のいい情報だけを集めるようになります。そうすると、この辺は大丈夫かもと思って油断してしまいます。早く逃げなくてはいけないお年寄りがそういうふうに思う傾向があって、いつまでも逃げません。うちは大丈夫です、みたいな感じになっているのです。ですから、災害弱者のことを考えると、タイムライン的な考え方を徹底するというのと、やはり感覚的な防災意識を研ぎ澄ましていくということが大事かなというふうな気がしたりします。

小山　災害情報をどう伝えるかというところまで話が進んでいるのですが、今回の西日本豪雨における河川の氾濫の話で行きますと、河川の水位を多くの場所で、リアルタイムに計測していくという動きになっていると聞いているのですが。

李　なっていますね。直轄河川ではこれまで樋門設置箇所などに水位計が設置されていますが、受け持つ区間が

長くなっており氾濫の危険度が集落や氾濫ブロック単位で直接的に把握することができなかった、そこで、危機管理型水位計という名称で、氾濫しやすい箇所、重要施設の浸水しやすい箇所、支川合流部など既設水位計で捉えにくい箇所に洪水時の水位観測に特化した低コストの水位計を設置しているようです。この水位情報と洪水浸水想定区域図の利活用が減災、防災につながると感じています。

一方、土砂災害では自治体が実施する基礎調査によりイエローゾーン（土砂災害警戒区域）、レッドゾーン（土砂災害特別警戒区域）を指定し、情報伝達、警戒避難体制の整備、住民への周知、開発行為の許可・規制など行われています。その際、リアルタイムの計測を積極的に行い防災に役立てているようには感じられません。というのは、地盤工学会に関連されている学識者の研究グループの方々が計測している報告を聞いてまして、計測の重要性を思ったからです。しかしながら、多くの土砂災害対象箇所があるため計測のすべてを行政が行うことはできないのではとも思います。そこで、そのような箇所の周辺に住まれている方々が自助の精神で取り組めばと考えます。その際、一般市民の方々が地盤災害のメカニズムを理解していれば取り組み易いのではないかと思います。というのも、液状化のメカニズムは一般の方々に幅広く知られていると感じるからです。そこで、地盤工学会が一般市民にむけてこのような土砂災害などのメカニズムをインフォメーションすることは重要な使命と思います。その中で、豪雨時、地震時の災害のみならず豪雨後、地震後の災害という地盤内の経時変化によるものも理解すれば計測することの必要性が認識され、さらなる減災につながるのではと最近考えています。

小山　堤防で測られているのは、基本的に水位だけですか。

李　そうです。最近は浸透対策工のモニタリングを目的として堤防内の水位を測っていることもあります。河川で水位計測が主流となっているのは、指定水位、警戒水位と水防活動の水位を設定しているからだと思います。ちょっと話は異なりますが、河川で設定されている水位で計画高水位があります。この水位以下で河川堤防は安全であるという水位です。洪水ハザードマップの基礎データとなっている浸水想定区域図は、このH.W.L.（計画高水位）を超える水位となる場合に堤防が破堤し堤防高が０となる条件で作成されています。この浸水想定区域図の作成における破堤条件が水位だけとなっており、私としては地盤工学的知見が全く入っていないことに若干の憤りを感じています。


李氏

三村　浸水のマップですが、私も淀川の三川合流の近くに住んでいるので、うちは水害危険地帯です。桂川の堤防にプレートが立っていまして、平面図に浸水深ごとの色を付けたハザードマップが示されています。これは浸水深最大値マップになっていて、例えばある地域が５ｍになっている時に、同時に河川の反対側も、上流部のある地域も５ｍになっているわけです。破堤したり越流したりして洪水が起こる場合、最大値水深マップの通りのことは起こらないでしょう。ハザードマップは最大値、最大危険値が記載されていることが多いのですが、一般の方に説明する場合にはよく考えて話をしないと誤解を生むことになります。最悪のシナリオを同じ画面にプロットするとこうなるという図だということを、どのくらいの方に認識いただいているのかということが非常に気になるところです。

それから、先ほどの河川と山地の違いで申しますと、河川だと発災の源が分かっています。河道のルートが決まっているので、対象となる河川の水位変動を見ておけばよいということになります。ところが、山地の場合はどこが崩壊するのかが分からないので、同じ計測と言っても、河川水位の計測と山地の変状の計測では、精度も労力も大きく異なります。したがって、どこで災害が起こるかが分かっているだけでかなり対応は絞り込めます。河川氾濫による水害の場合は、河川流域各地点の水位の情報がテレビのデータ放送で見ることができます。こうした誰でも容易にアクセスできる情報を確認するという習慣を皆さんに持っていただいて、水位が上昇しつづけているのか、停滞しているのか、下がってきているのかというのを確認することによって危険性の程度を自覚できるのではないでしょうか。一方で、国交省の河川水位のページをインターネット経由で見ようとすると、アクセス過多と思われる重い状態になっていて全然つながらないということも現実にありました。普段の何でもないときは全く問題なくアクセスできるのですが、肝心なときになると結果として皆さんに情報を伝えられないということでは意味がありませんので、改善が望まれます。

また、インターネットでパソコンを使いこなせる人たちが増えている一方で、テレビで見ることしかできない人たちが今の時代はまだ一定量いらっしゃるので、そういう方たちにどういう形で情報をお伝えするのかという課題もあります。テレビは非常に大きく有力なツールだと思いますが、京都市に避難指示が出ましたと言われても、おそらく京都市民はみんな自分事とは考えないですね。「誰に対して？、自分は違う」と思っておられるのです。また区ごとに、例えば右京区と言われても、山地のエリアもあれば平地のエリアもあります。このように、情報の出し方などによって受け手の受け取り方も全然違いますし、危機感を共有できないような情報の出し方になっていたのではないかという気がします。情報の発信方法についてはまだまだ工夫の余地があるかと思います。

南荘　避難情報はスマホにも来ますよね。私は箕面に住

んでいるので、箕面の場合は山間部にいろいろな危険性があるのですが、最近聞いていると、箕面の何々地区、何所帯に避難指示が出ますと、かなり具体的になっています。私は町のほうだったのであまり縁がないのですが、わりと細かく指示を出されているような気がします。

小山　例えば、箕面の土砂災害警戒区域、特別警戒区域に住まれている方何世帯といった出し方をしているので、ある程度絞り込めているように見えるのですが。

南荘　だから、強いて言えば、タイミングがそれでいいのかどうかみたいな話はもう少しあるかもしれません。

小山　先ほどハザードマップの件ですが、想定される最大級のものがみんなプロットされてしまっている、そういうハザードマップだという話がございました。それで、個別にシナリオを考えていくと、きりなくハザードマップができるという話がありましたが、大島先生はどうでしょうか。


大島氏

大島　今のところは、先ほど言いましたように想定される地震の液状化だとか、斜面崩壊も扱っています。ただ、ちょっと考えるのは、最近複合的な災害も増えていまして、熊本地震の時もそうですし、この前の北海道地震もそうですよね。大雨の２日後に地震がありました。先ほど想定外という言葉もありましたが、今まであまり考えていなかったような災害が起きてきているので、そういうことまで考えたハザードマップというのはなかなか難しいです。どんどん風呂敷を広げるような話になってしまうかもしれないので、そのへんはかなり難しいのではないかと思います。

よく言うのは、「災害は進化する」という言葉もあるくらいで、人間が想定しているものはやはり大したことがなくて、最近の災害を見ていると大概自然の方がその上を行くというようなケースが多いですよね。熊本地震で、実は本震だと思ったら前震であって、その後にもっと大きな地震が来るなんていうのは、あれが起きるまではそんなことを考えていなかったですよね。だから、そういうことを考えて、やはり自然現象に対して人間はもっと謙虚になるべきかと思います。ハザードマップをどう考えるかというのは、やはり今のところは想定しているパターンで、最大限こんなことが起きるよというので注意喚起をしてもらうということです。ただし、そのとおり起きるかどうかはまだ分からないというところも、よく住民の人には説明すべきかとは思います。

小山　あと、見せ方というところも。

大島　そうですね。見せ方という意味では、やはりわれわれのような技術者だとか専門家が分かるような情報というのはなかなか難しいと言うか、分かりづらいところがあるので、一般の市民にも分かりやすいような情報発信というのを心掛けていきたいと思います。

小山　例えば、住民に集まるところを説明するのですが、単に出来上がったハザードマップはこういう物です、というのではなかなか伝わらないですね。そういう意味で、災害を身近に考えるということも踏まえると、何か身をもって体験できるような工夫が要りますよね。

大島　一応そういうこともやっています。ハザードマップと言いながらも、少しツール的なものを入れて、こういうところをこう変えたらどんなことになるかとか、そういうことも一応考えるようなハザードマップツールというのをいま作ろうとはしています。ですが、果たしてそういうもので対応できるかどうかというのはまた今後の話です。

小山　わたくしが所属する学部は文理融合の学部なので、教育学の先生と土木工学の津波の先生が共同で、装着して見るとハザードマップが３次元の画像として見えるというような装置を開発して、体験型の防災教育をやっていくという話もありますが。

南荘　体感というのはすごく大事だと思うのですが、ハザードマップができて、そういう一定の情報があると、それをベースに防災訓練と言うか、実際に体を動かして体で覚えていくということがやはり必要ではないかと思います。防災訓練でも、行政機関はやりますが、どうしてもそれに関わっている人たちが中心になりますし、自治会でも役員さんがちょっと参加しました、みたいなかたちになりがちです。もう少しきめ細かい、地域ごとのそういったものというのは、例えば深川先生がご紹介いただいた問題になっているような地区なんかは、地域としての防災訓練みたいなものはやられているのですか。

深川　そういう事例はあります。

小山　先ほど深川先生から紹介いただいた福井の高須町で住民参加型の計測をやっているという話ですが、市の方が来られて防災訓練は定期的にやります。そのときに「こういうハザードマップが市に公開されていますから、よく見ておいてください」的な話があって、そのあとに消火器訓練などの一連の決められたイベントをやって帰っていかれるわけです。それでいいのかと言うとそうではなくて、防災訓練は毎年やっているので、もう毎年だからいいと言って来られない方もおられたりします。その地区は自治会長さんが非常に防災意識の高い方で、それでもいろいろ工夫をしてやっているのですが、そこにわれわれが入り込んで、住民の方に斜面を観測・監視していただくという行為をあえてしてもらっています。

斜面の観測・監視を通して、土砂災害を身近なものとして感じてもらおうとしているのですが、それでもかなり難しくて、やはりわれわれがやっている計測というものが住民の方にはよく分からないという話もあります。そこを突破するために芥川先生のおっしゃったOSVを活用してやっているのですが、大事なのは危険度の可視化だと思います。ハザードマップもそうだと思うのですが、計測結果を住民が一目見るだけで斜面の変状がわかるというものが大事なのと、あとは斜面の観測という行

為を日常の生活にどう紛れ込ませるかがポイントです。防災訓練のように決まった行事でやってしまうと、もう途端にやらなくなります。

南荘　特別なものになってしまうのですね。

小山　計測機器を無理のない範囲で定期的に見回ってくださいと言うだけでも、途端にやらなくなってしまうということが最近分かりました。日常的にやっていただくにはどうすればよいのかというのと、あともう一つは主体的関与と言って、主体的にどう計測に関わってもらうかというのを考えながらやっているのですが、この二つがなかなか難しくて試行錯誤しています。例えば、OSVの計測機器を斜面のあちこちに仕掛けていて、変状は一目見て分かるようになっているのですが、それでも現地に行って、見て、台帳に書くという作業が全然できていません。まず、私たちはこういう機器を仕掛けましたので、あとは住民の皆さんで観測体制を作ってみてくださいと１回投げてみたのです。そうすると、自治会の中で「それは月１回俺が見るよ」とおっしゃる方がいて、防災組織の班長さんなのですが、そういう方々が、管理台帳をそれぞれ持ち帰ってやっていただくことになったですが、全然実行されていませんでした。これは、特定の人だけが何かをしなければならないというルールにすると、特定の人だけに負荷がかかって、やっていくうちにマンネリ化、ルーティン化してきて、だんだん退屈になって、ついに、やらなくなるということになってしまいます。こうならないようにどうやって住民に関わってもらうのかというのはとても難しいと感じています。一方で、社会科学系の先生からアドバイスをいただいて「小さい集落なので一度、住民の生活行動パターンを把握してみよう」ということになりました。誰が何時にどこに犬の散歩に行っているだとか、どこに生協の移動販売が来て、住民の誰が生協から荷物を取りに行くとか、いろいろな行動パターンを全部調べて、誰が計測機器のそばを通りそうだということをリストアップすることで、観測に関わるキーになる人にお願いしてみようということになり、今そういう試みをやっています。

日常的に観測をやって異常時にその異変に気付くということと誰かがやるというのではなくできるだけ多くの住民に観測に関わってもらうこと、この２点が重要で、これをやっていかないと土砂災害を身近に我が事のように感じてもらえないのではないかと思っています。このような調査は、とても時間と手間がかかるので、今回取り組んでいるような小さな町や村ではできるのですが、全国あちこちでできるかと言うと、それはなかなか難しいと思います。また、地域地域で特徴がちがうので、個別に１つ１つ同様のやり方をやっていくということはできません。ただ、いくつかやっていくといくつかの特徴ごとにパターンのようなものが見えてくるかもしれません。

深川　２点ほど紹介させていただいてもよろしいでしょうか。この前、広島の坂町の現場に行った時に、途中でかなり大きいサイレンの音が２回鳴りました。ウーというのがたしか２回続きまして、それは消防署の定期訓練に近いものだったと思います。この間、いろいろな所でそういう役所からの通知が聞こえなかったなどという話が結構ありますよね。ですから、逆に言うとかなりストレスを与えるような気もしますが、ああいうサイレンとか大音量の放送とかを少し真剣に考える必要があるのではないかという気がしました。

もう一つは、特に避難警報が出たときに、それが当たると「ああ、よかった」ということになるのですが、外れることも多いわけです。そうすると空振りと言っています。これもまた聞きなのであれですが、片田敏孝という先生がいらっしゃいますよね。片田先生が、それを空振りと言うのではなくて、素振りと言いましょうと。やはり空振りと言うからうまくいかなかったという感覚が強まるので、素振りという言い方は結構正解かな、というふうな気がしました。ですから、それはまさかの事態に向けてのトレーニングだというふうに意識を持っていただくということが、大変大事ではないかという気がしました。

小山　ありがとうございます。災害情報の発信の仕方というところで議論しているのですが、澁谷先生、何かございますか。

澁谷　我々の委員会を立ち上げる時も、地盤工学会として何を伝承するべきかについて喧々諤々の議論をしました。よく言われることですが、防災・減災というのはハードウェアとソフトウェアとヒューマンウェアが三位一体となって機能すると思うんですね。学会事務局にお問い合わせをされてきた方々の中では、ヒューマンウェアを伝承したいと考えて応募された人が圧倒的に多かったわけです。震災の時に行政マンとして苦労されていた方がたくさんいらっしゃいました。語り部的な方もいらっしゃるし、NPOでいろいろ伝承されてきた方もいらっしゃいました。最終的には私の判断で、それはそれで非常に大事なアスペクトだけれども、地盤工学会の専門性に照らして何をコミットすべきかということに焦点を絞ると、やはりハードを主軸においた上でソフトもやりましょうとなりました。ヒューマンウェアはまた別の学会や団体なりでやって頂ければいうことで、委員を募った経緯がありました。

その時、ハードなきソフトウェアに本当に意味があるのかどうかについても議論しました。そして、地盤工学会の本来の使命は、ハードそのもの、またソフトに対するハードの裏付けを与えることにある、この考え方は今でも変わっていません。今後の地盤工学会の活動方針として、この点を改めて肝に命じるべきではないでしょうか。もちろん、情報伝達をないがしろにしていいというわけではありません。守備範囲のお話です。

三村　先ほどから、地盤の変位や河川の水位を計測することが必要であると申し上げています。計測データというのは非常に意味があるのですが、本当に意味を持たせるためには、ある変位量、水位になったときには何が起

こっていて、どういう現象が次に起こるのかというメカニズムがセットになっていなければなりません。例えば、３cmという計測値が出たときに、これはどういうことが地盤中で起こっているのか、それは破壊につながるのか、つながらないのか。もし破壊につながるのであれば直ちに指示を出さないといけないということになります。この評価と判断の基準を提示することが地盤工学会の役割であると思います。ある斜面があって、ここでこういう条件で変位計測をしていて、雨が降って３cm動いたということは、土中の水分量がどれくらいになって飽和領域がどれだけ広がって、せん断強さがどれくらい低下しているのか、そして、これは直ちに破壊につながることなので、避難指示を出しましょうというシナリオができていないと計測の意味がありません。こうした計測値と現象の因果関係を説明するのが、専門家集団としての学会のミッションなのだろうと思います。２cm、３cm、４cmの変位にどういった意味があるのか分からないと自信を持って住民に指示が出せないのです。学会の研究、それから社会へのコミットというところの橋渡しというのは、やはりメカニズムの裏打ちがあってこその説得力かと思います。日常の専門家の研究成果が防災にきちっと生かされるようなつなぎをするというのが、学会としての非常に大きな役割かと思います。

小山　計測は数値だけ出されても、という話がありましたが、道路の管理、特に異常気象時の通行規制について例に挙げると、通行規制の発令や解除を行うために斜面を計測するということがなかなか浸透しません。これは、確かに、三村先生のおっしゃったようなところがあると思うのです。斜面の状態がどのようになっているかは計測をやらないと分からないのだけれども、では計測をやったら何が分かるのかというところ、それと併せて、道理や構造物を管理する上での管理基準値を作ってほしいと言われます。費用をかけて計測をするのだから、やはり管理基準値がなければ規制を発令するあるいは解除するという判断はなかなかできないと。あるいは、そもそも計測にお金をかけられないという場合もありますね。道路の管理をするお立場では、そのあたりはいかがでしょうか。

南荘　国が言われていることは、われわれも管理者なので分かるところもあります。実際に例えば、高速道路の場合の管理は若干一般の道路よりは少し手厚くやっているということがあるので違うのかもしれないのですが、われわれであれば北神戸線というのがまさに神戸層群の真っただ中を通過していて、建設時に当然いろいろな地盤災害を受けていた道路なので、やはり問題箇所については動態観測と言いますか、それをやっている斜面もあります。実は、今回の台風21号で１カ所だけですが藍那地区で崩れた所がありました。そこなんかもまさに建設中に全体が１回崩壊していて、抑止力をもってかなり対策を取って、排水の水路も完璧に整備されていたのですが、それがやはり端部で崩れたのです。そういう所はもう対策したということで、逆に言うと何の観測もしていませんでした。先ほどどなたかが言われたように、たぶん本当に準備をしているとなかなかそこはそういう状態にはならないのですが、もう大丈夫だと思った所が来るというケースは現実にあります。だから、コストとの関係もあると思うのですが、全てをくまなく観測をすることによって管理ができるのかどうかというところがやはり課題です。

やはり目に見える状況というのは雨であり、あるいは実際の変状や、何らかの表面に出てくる兆候ですが、現実に地盤内部におきている現象を表すデータとして、使いやすい情報、扱いやすい情報にうまく換算する、置き換えていく。そのへんをもう少し学会のテーマとしてできないかということが、いま我々が望んでいることです。いろいろな方法で精緻なデータを取るということはもちろんできると思うのですが、その精緻なデータと、もう少し扱いやすいデータとの相関をしっかりと付けられれば、かなり実用化すると言うか、実際の世界で使える技術になるのではないかという感じはしています。管理者としてはそういうものをやはり期待するし、地盤工学会の立場では、先ほどの市民との関係もそうだし、行政や管理者との関係も含めて、もう少し分かりやすく技術を生かせる方法を模索していく必要があるのではないかという感じがしています。

小山　ここまでいろいろ討論してまいりましたが、まとまった所とまとまらない所といろいろあるのですが、そろそろ時間も来ています。今回地盤工学会関西支部60周年ということで座談会をしたのですが、次の10年で地盤工学会関西支部として取り組むべき課題を最後に挙げていただければと思います。あるいは、実務のほうから学会に対して、こういうことをやるべきではないかというものでも結構です。澁谷先生からお願いできればと思います。

澁谷　若い方に魅力を持っていただける学会、さらに高度な技術者集団を目指すべきだと思います。一言で言いますとそういうことです。そのためには何をしたらいいかという具体的なイメージはないのですが、それは若い方を含めた皆さんで考えていけばいいと思います。もう一つ大事なのは、給料を上げないといけません。技術者としての社会的なステータスを今よりも格段に向上する努力を我々が主体となってしなければいけないと考えます。他分野の方がやってくれる筈がありませんから。具体的な目標として、医者と弁護士、せめてアカウンタントと同等程度にまで上げなければいけません。それでないとなかなか若い人に魅力を感じてもらえません。私は、英国、タイなど合わせて10年近く外国で住んだ経験がありますが、諸外国でもエンジニアの収入は、個人の生命や財産を預かる医師や弁護士と比べて相当低いのが実情だと思います。

ただ日本は、地盤（土木）技術者の社会的地位がもっと高くなってしかるべき土壌があると考えています。なぜなら個人の生命と財産を脅かす自然災害が圧倒的に多いからです。先ほどから皆さん防災意識と言っています

が、それは自分たちが行政から与えられるものでもなくて、放っておいて誰かに助けてもらえるものでもなくて、ちゃんと対価を支払って獲得するものだという国民意識を社会が共有することが大事だと思うんです。それにはコストがかかります。そのような社会的な風土文化の中で、プロフェッショナルとしての地盤技術者、土木技術者のプライドが涵養されると思います。そのためにわれわれは啓蒙しないといけないし、マスコミの方もそうだし、行政もそうです。そういう潮流のなかで、若い人がどんどんプライドを持ってこういうことをやりたい、みんなの役に立つし、給料も良い、となればより魅力的な職業になるのは間違いありません。簡単に言うと、10年先の地盤工学技術者は、ノーブレス・オブリージュを当たり前のことのように実践できる人になって欲しいということです。そのために我々がいま直ちにできることは、苦労して身につけた高度な専門知識や多額の投資を得て開発した新技術を決して不当に安売りしてはいけないことだと思います。これは、土木に求められる中立性や公共性とは全く別次元の問題だと考えます。

小山　先人の知恵をどう伝承いくか、若い人とベテランの技術者がどのようにかかわっていくのかという仕組み、「技術伝承」というのはどの学会でも大きなテーマになっていると思います。実は、記念誌ではもう一つの座談会を開催していて、そこでは近未来を見据えた新技術に関連して、人工知能（AI）の話なんかも出てきています。また、全体テーマが「温故知新」ということで、記念式典の基調講演では大阪大学の浅田先生にAIの話もしていただきました。地盤工学分野にAIの技術をにどう組み込んでいくか、あるいはどのように活用するかという観点もあわせて、コメントいただいてもよいかなと思っています。

今、AIというのは今ものすごくブームなのですが、私の直感と言うか、実際に研究としてやってみると、AIを地盤工学分野に適用するのはまだまだ先の話のように思います。まだまだデータが足りていません。このようなことも併せて、今後どういうテーマに取り組むとよいでしょうか。

澁谷　釈迦に説法で、技術なんかはよくご存じだと思いますが、今いわゆる三次元のデジタル納品などが始まっていますよね。設計施工から維持管理まで一括管理ということです。特に土構造物なんかは三次元的に見ないと、ポイントだけでボーリングデータは分かるものでもありません。やはり三次元的に管理をしていく、それを一元的にやりましょうということです。それは非常にいい動きで、省力化にもつながって、迅速に的確に評価できます。若い方も、盛り土が壊れたらAIで直せばいいのだとはっきり言うのですが、そうすることによって、今までのそういう知的魅力を感じない世界から少しシフトできて、知的にも刺激を受けられます。これからAIなのかどうかは別にして、デジタル化とともにそのあたりをどんどん進めていくことが、若手人材にとっては過去につながるし、優秀な、魅力的になっていくのではないかと思います。

小山　三村先生、いかがでしょうか。

三村　私は一貫して地盤の内部が見えないことが一番問題だと思っているので、重要な課題は地盤の可視化だと思います。いかにして見えない物を見える形にして提示をするかということが非常に大きなテーマだと思います。一旦見えれば、見せるための周辺ツールは非常に整備されてきているので、情報として見える形で提示をすれば大きく前進すると思います。

今、ボーリングがデータベース化されています。ボーリングは澁谷先生がおっしゃったように点情報なので、それを面情報に展開していくときにどうするのかを考えた時、現実には物理探査を使っているわけですが、もっと画期的なものがひょっとしたら出てくるかもしれません。それには継続的な研究ということが重要で、どういう手法が適切なのかということも含めてセンスを磨いて、技術開発を進めることによって地盤内部の見えない所が見えるものができ上がれば、おそらく飛躍的に物事が進むと思います。斜面の問題も含めて、飛躍的に進むのではないでしょうか。

先ほど小山先生がおっしゃったAIが難しいというのは、AIはラーニングをしないといけません。ラーニングをするためには、こちらが最初に何かを教えてあげないといけないのです。教えるためには非常に幅広い知識、情報を機械にインプットしないといけません。その情報が簡単に入れられるような易しい情報ではないのが地盤の難しい所かと思います。水の中できれいに堆積して成層構造を持っている地盤であれば、例えばボーリングが１本あれば、ほぼ全体を俯瞰することができるでしょう。しかし、そこに断層活動があったり、土石流堆積物が流入したりして、それが地盤の中に埋没していると、局所的に非常に不均質で説明しにくい構造を有していることがあって、その上それが見えないわけです。

地表面に土石流が堆積していれば「あ、ここは土石流堆積物だ」と分かるのですが、それが地下に埋没してしまっていると、土石流堆積物のある部分とない部分があるのに、それを我々は目にすることができません。そうすると、１本だけボーリングを掘ったからといっても、それがどこに当たっているかによって解釈が変わってしまいます。土石流堆積物の所がボーリングポイントに当たってなくて少し脇に離れたら、全然違う堆積構造をアウトプットするということになってしまい、その付近の地盤構造を正しく把握したことにはなりません。こうした地盤の揺らぎまでもがきちんと見えるような技術開発というのが地盤工学には非常に強く求められていると思います。

小山　大島先生、いかがですか。

大島　では、少し違う観点から。地盤には地下水が付きものですので、同じ地盤構造でも地下水に対して、次の10年の研究で提案したいことがあります。皆さんもご存じのように、かつて大阪は地下水の過剰な揚水によって地盤沈下を起こしました。これは大阪に限らないのです

が、地盤沈下を止めるために地下水の揚水規制の法律が制定され、今も有効な状態にあります。それによって地下水位が高くなりすぎるという新たな問題が起きています。そこで、その地下水を有効に利用していこうということが今後必要ではないかと思っています。例えば、その一環として先ほど私が言いましたが、液状化対策の地下水位を下げるという地下水位低下工法ということで実現可能ではないかということです。我々が行っているハザードマップも、よくそういうマップを出しても結局出しただけで終わっているというケースが多くて、それであれば危ないところはやはり対策すべきだといわれたときに、一つの方策として地下水位を制御していくというのもいいことではないかと考えます。それは比較的浅い地下水位なのですが、かつては深い側の地下水位からバンバン揚水して沈下が起きました。今は十分地下水位が回復しているので、地下水位を２mくらい下げてもほとんど沈下は起きないというふうに予想されるのですが、そういう地下水を有効に利用していくということが必要ではないかと。

もう一つ、私が今研究として手掛けているのは地下水の熱利用というものです。省エネも図れるし、ヒートアイランド対策にもなります。地下水をある帯水層から揚水して、同じ帯水層へ注水するので、地下水量のバランスはとっており、熱だけ利用するというやり方です。このような利用方法の実証、実験的なことをやっています。そういうことが今後10年くらいでどんどん発展していけばよいと思っています。水循環法という法律ができて、地下水が公共のものになるとうたってありますので、個人ではなくて、自治体が管理して、地下水をみんなの共通の財産として使っていくということも地盤工学の一つではないかと考えています。

小山　ありがとうございます。芥川先生、いかがでしょうか。

芥川　既に言ったことですが、やはり人々の生活の安全を確保するためにモニタリングをしてあげましょうということで、通常われわれがモニタリング装置で思い浮かべるような物以外に、最近では衛星画像も含め、それから例えば普通に道路を走っている車の中に積んでいる普通の加速度センサーなんかも、でこぼこなどいろいろなことを感知しながら道路の上を走っています。そういう情報を地盤工学者にまだ流してくれていないのですが、そのような新たなデータのやり取りというのが開けていくとビックデータが入手できて、それをまた分析すれば今よりさらにコストダウンが可能になるという観点があるかと思います。


芥川氏

先ほど三村先生がおっしゃっていた見えない所を見る技術ということで、私が少し見聞した話の中で、ミューオンという粒子で地盤を透視するということがいろいろな所でいま動き出していて、一部は土木工学の分野でも使われている例があります。ほかの装置では全くできないことで、発生して約50km飛ぶ素粒子が通ってきた地盤の中の情報がこちらで分かるという話なのですが、その話が出た当初、ミューオン圏は宇宙空間、空気の一番上の所から、天から降ってくる、それを頼りにやっていました。その後大阪大学のチームが、ミューオン自動発生装置という物をもう作っているというのを１回ニュースで見たのです。

ということは、例えばトンネルが１本あって、また別のトンネルかなんかがあって、ミューオン発生装置とレシーバーでガーっと行ったら、その地盤の中を全てレントゲンがとれるというようなことにどうもなっているみたいです。ということなので、われわれが越えたくてなかなか越えられなかった壁を押してくれるのは、そういう全く別分野のとんでもない技術ということです。これは過去にも何回も起こっているので、そういう技術が将来的に土木分野へ転用されることもぜひとも期待したいというのがあります。

最後の１点は、西日本豪雨災害の時の報道でもありましたし、それ以外でもそうなのですが、「なんでそんな危ない所にそもそも住んでいた」という話がありますよね。だから、地盤工学の専門家が見て、そこは危ないですよねという所に宅地造成が許可され続けてきたということだと思います。これから地盤工学会とか学会が、そういう宅地の造成とか都市計画のときに、もっと強くいろいろなことを進言して、危ない所には基本的に住まないということをプッシュしていくということの必要も感じています。以上です。

小山　先に李さんよろしいでしょうか。最後は南荘さまに実行委員長、支部長として座談会を締めていただこうと思います。

李　アカデミックと言うか、そういう最先端のものというのは先生方が言われたとおりです。見えることにしてもそうですし。私はこの間、ちょうど芥川先生が言われたようにJAXAの話を聞いていまして、もう一つ衛星を飛ばしたら、もう少し時間間隔を短く計れると。計測精度の基礎データとなるフットプリントターの話などを聞いたのですが、その方が「いや、この研究費員もそろそろ終わりで」と言われたのです。JAXAは文科省の管轄下なので、国土交通省がこの必要性をもっと分かってくれたら私たちも研究費が上がるということです。

僕はそれを聞いて結構ショッキングで、冒頭、私がきょうの座談会で言ったように、やはり地盤工学に携わるエンジニアにとってこの分野の必要性というものを、いま管理者という言葉が正しいかどうか分かりませんが、そういう方が本当に分かっていただいて、そこに進言できるいわゆる社会がものすごく必要ではないでしょうか。

関西支部に戻りまして、私は平成から社会人になったのですが、そのころは安定成長期の後半だったので、い

ま名誉教授になっていらっしゃる先生方は今以上にお元気で、いろいろ活発な活動をされていました。私はその頃時、産官学が非常にうまくいっている学会と思い、私も若いながらに非常に勉強にもなったと思いました。

それは何かと言うと、まだ関西空港とかいろいろなプロジェクトがあったということで、要は開発されるプロジェクトとがあるときというのは物事をポジティブに考えることができたからだと思います。いま起きていることは災害に対してとなった時に、あの時ほどの産官学連携の情報発信のパワーというのがこの地盤工学会にあるのかなと。それは私もやらなければいけないというふうに思っています。ぜひ、次の10年へ向けては、やはり澁谷先生も言われたように、ちゃんとしたメカニズムをちゃんと市民に伝え、技術というものを高められるような産官学、また一般の方も集えるエキスパート集団の仕組みづくりというのに注力すれば、次の光が見えてくるのではないかと非常に思います。

その一つとしては、私はいま会社の中で非常に働き方改革に注力しています。この改革はいいことで、世の中でこのいいことをさらに深化させて、時間を有効に使えばと思います。その際つくられた時間を自己啓発と言うか自己学習に活用すればと思います。会社が行けという労務ではなく、自己研鑽できる所としてこの地盤工学会が利活用できると考えます。この様なソースを社会に提供することは働き方改革の一助となり、安全と安心の持続可能な社会づくりへの貢献になると思います。

小山　では、南荘支部長、お願いします。

南荘　それでは、先ほど管理者の立場ではいろいろと申し上げたので、最後にことしたまたま地盤工学会の支部長をやっているという立場で、あらためてこの60周年の座談会を通じて何を残していくかということを少し考えていました。先ほどから各先生方がいろいろな角度で言われているので、まさにそれを総括するだけのことになるかと思います。私はやはり一つは、先ほど芥川先生が言われたことにも関わるし、AIの話もしかりですが、これからわれわれ地盤工学という領域の研究あるいは技術開発をしていこうと思うと、ターゲットははっきりしているのだけれども、いろいろな新しい分野とのコラボと言うか、融合していく研究分野がかなりあるのではないかということです。既にいろいろな所で始まっているわけですが、これから10年で考えると、そういうものがたぶん非常に活発化していくのかなというのが一つ感じることです。

それから、今回60周年をやるについて、少し実行委員会の中で私も委員の方にお願いした事があります。今までも、きょうの話でも、やはり学会活動で非常に重要な成果が出ています。最後の方で一般市民の方にどう伝えていくかということがかなり議論になりましたが、学会全体の活動がどれだけ一般の市民の方に認知していただけるかと言うか、これは防災に限りませんが、そういう何か一つのきっかけがこの60周年から起こらないかなと期待しています。

そういう意味で言うと、今日、たまたま産経新聞さんにも来ていただいていますし、この間NHKの取材がありましたし、今度業界紙ですが少し地盤工学会の話を聞きたい、インタビューしたいというような申し出もありました。60周年というのは一つの突破口になるかどうか分かりませんが、一般の社会とつながる部分が徐々に増えつつあるのかなと思います。それをいま意識的に、例えばSNSへの発信といった手法なども含めて、一般との関わりを増やすことによって、学会活動を正しく認識していただいて、あるいは逆に言うと、それがきっかけで成果をいい意味で十分還元できる方法が見つかっていくのかなということを思います。

もう一つは、先ほど澁谷先生が若い方に元気になっていただこうとおっしゃっていました。興味を持っていただく、これは非常に大事なのだと思います。ただ、一方で人口の実態を見ていくと、実際は間違いなく学会の構成員の平均年齢が上がっていっているわけです。それを見ますと、やはりこのシニア層が十分この学会の中で活動していただく。特にきょうの防災のようなことは、ある部分が経験に基づいて次を見ていこうということになりますので、そういう意味ではそういうシニア層の方にもう少しこういう分野に引き続き関わっていただけるような仕組みが要るのかなというようなことを感じました。以上です。

小山　ありがとうございました。それでは時間がまいりましたのでこれで座談会を終了したいと思います。きょうはご多忙の中、朝早くからお集まりいただきまして誠にありがとうございました。

（座談会終了）

資料

Reference Data

1　支部創立年月日

本部・各支部創立年月日

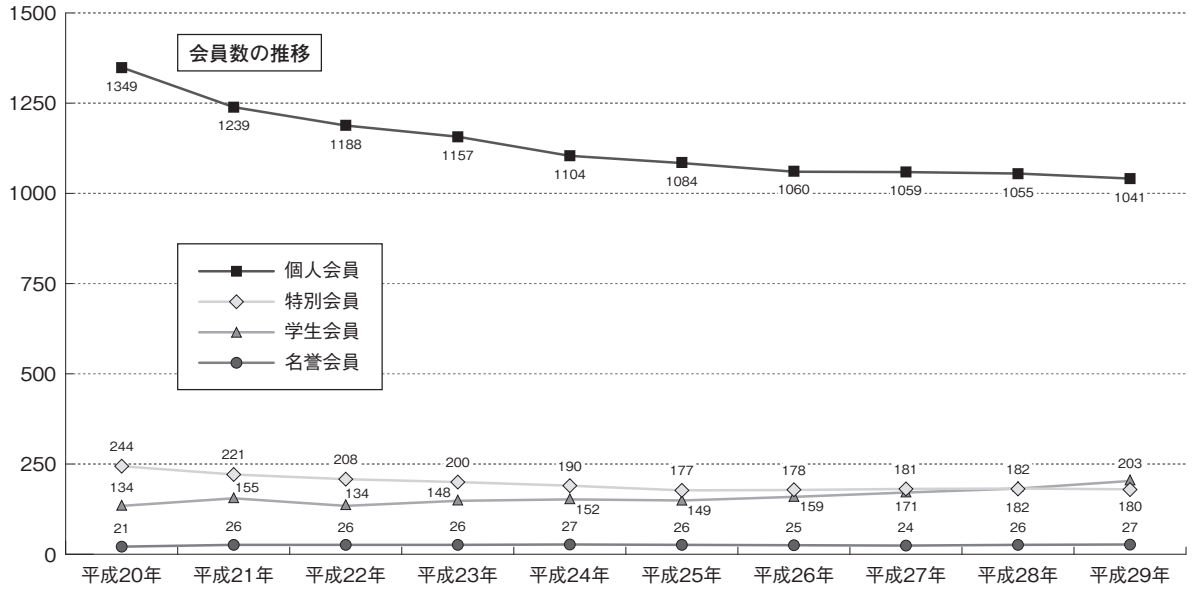
支　部　名	創立年月日
関　　西	昭和 33 年 11 年 06 日
本　　部	昭和 24 年 10 年 01 日
北　海　道	昭和 31 年 01 年 23 日
東　　北	昭和 30 年 03 年 05 日
関　　東	平成 16 年 05 年 28 日
中　　部	昭和 32 年 10 年 18 日
中　　国	昭和 34 年 02 年 20 日
四　　国	昭和 34 年 09 年 29 日
九　　州	昭和 31 年 07 年 14 日

2　会員数

会員数

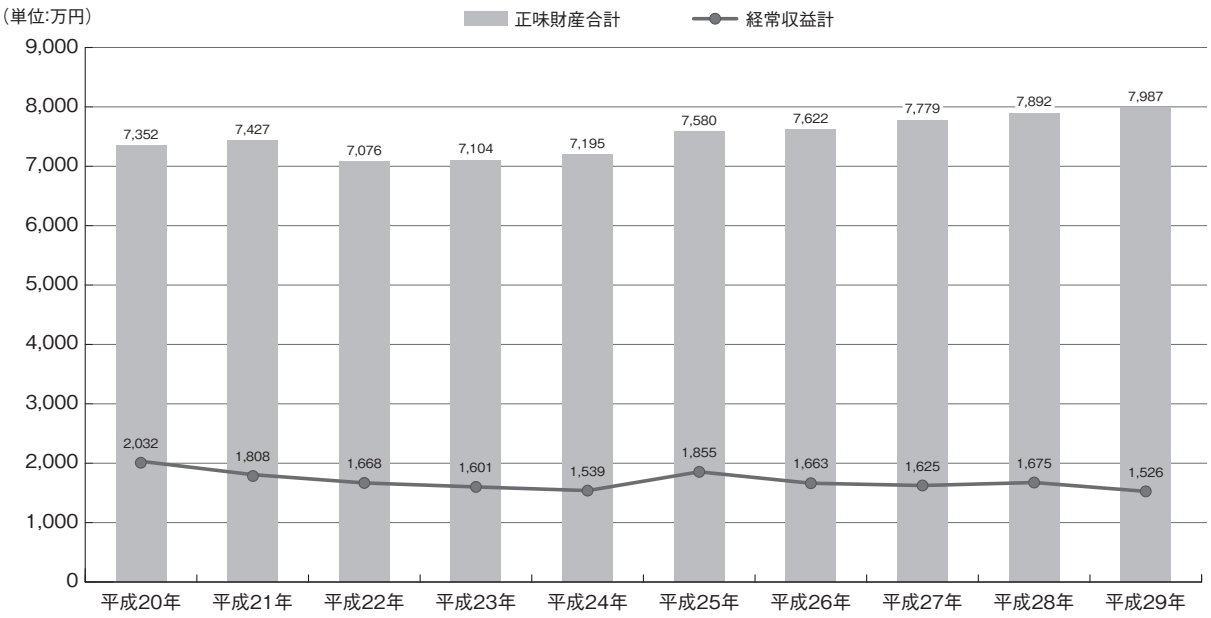
年　度	個人会員	特別会員	学生会員	名誉会員
平成20年	1349	244	134	21
平成21年	1239	221	155	26
平成22年	1188	208	134	26
平成23年	1157	200	148	26
平成24年	1104	190	152	27
平成25年	1084	177	149	26
平成26年	1060	178	159	25
平成27年	1059	181	171	24
平成28年	1055	182	182	26
平成29年	1041	180	203	27

関西支部会員数の推移



3 年度別決算

関西支部年度別決算額の推移（単位：万円）



平成22年11月に公益社団法人へ移行

4 年度別支部長、副支部長、幹事長

地盤工学会関西支部年度別支部長、副支部長、幹事長一覧表

年　度	支部長	副支部長			幹事長
平成 21 年	田中　泰雄	井上　　章	霜上　民生	常田　賢一	大津　宏康
平成 22 年	霜上　民生	常田　賢一	松田　好史	本井敏雄／玉田尋三	澁谷　　啓
平成 23 年	岡　二三生	松田　好史	榊原敏夫／安倍　茂	深川　良一	澁谷　　啓
平成 24 年	松田　好史	深川　良一	河本克正／末廣正人	豊田　　巖	勝見　　武
平成 25 年	谷本光司／池内幸司	末廣　正人	豊田　　巖	三田村宗樹	勝見　　武
平成 26 年	内田　一徳	三田村宗樹	木戸　洋二	徳平　隆之	大島　昭彦
平成 27 年	橋本　　正	木戸　洋二	徳平　隆之	伊藤　淳志	大島　昭彦
平成 28 年	竹内　廣行	伊藤　淳志	辻　　俊一	吉井　　真	芥川　真一
平成 29 年	楠見　晴重	辻　　俊一	吉井　　真	伊藤　　譲	芥川　真一
平成 30 年	南荘　　淳	伊藤　　譲	木村　博規	薮内　　弘	小林　　晃

5 年度別行事

年度別行事開催回数および参加人数

種別＼年度		平成20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
一般行事	講演会	1 (200)	2 (305)	2 (262)	2 (234)	1 (140)	1 (172)	1 (172)	2 (420)	2 (266)	1 (183)
	報告会	2 (308)	2 (341)	2 (200)	3 (354)	2 (185)	1 (135)	1 (119)	2 (220)	2 (217)	1 (132)
	講習会	2 (48)	2 (84)	1 (24)	3 (229)	3 (225)	4 (202)	2 (113)	3 (72)	2 (87)	2 (42)
	若手交流会 若手セミナー※1	2 (66)	2 (50)	2 (45)	2 (43)	1 (44)	1 (12)	1 (15)	2 (107)	2 (65)	2 (68)
	見学会	2 (71)	2 (59)	2 (48)	2 (80)	2 (39)	2 (40)	2 (36)	2 (34)	1 (29)	1 (11)
	実技セミナー	1 (40)	1 (22)	1 (31)	1 (32)	1 (17)	1 (30)	1 (20)	1 (24)	1 (14)	1 (27)
	シンポジウム	1 (92)	2 (155)	1 (89)	1 (79)	2 (181)	2 (183)	2 (190)	1 (160)	1 (132)	1 (134)
	特別フォーラム							1 (350)			
	国際交流									1 (255)	
	総会	1 (200)	1 (155)	2※2 (214)	1 (147)	1 (140)	1 (172)	1 (172)	1 (190)	1 (200)	1 (183)
	懇親会	1 (180)	1 (219)	1 (209)	1 (183)	1 (173)	1 (184)	1 (198)	1 (197)	1 (216)	1 (216)
	小計 （参加者数計）	13 (1,205)	15 (1,390)	14 (1,122)	16 (1,381)	14 (1,144)	14 (1,130)	13 (1,385)	15 (1,424)	14 (1,481)	11 (996)
地域地盤研究会	福井	2	2	2	2	4	3	2	2	4	3
	和歌山	2	2	2	1	2	1	1	2	2	1
	滋賀	5	3	3	2	2	2	3	1	2	1
年度別合計		22	22	21	21	22	20	19	20	22	16

※１：平成26年度までは「若手交流会」、平成27年度からは「若手セミナー」
※２：社団法人から公益社団法人への移行に伴い、総会を２回実施

行事一覧

※広報企画委員会の行事を含む

年度	開催年月日	タイトル	参加人数	備 考
平成20年度	平成20年04月15日	総会時特別講演会「阪神高速の課題－距離別料金制、新規建設そして維持管理－」	200	講師：中島　裕之
	06月04日	高専・工業高校生対象見学会「近鉄奈良線八戸ノ里・瓢箪山間連続立体交差化工事に伴う土木関係第４工区」	59	主催：広報
	06月04日	高専・工業高校生対象見学会「阪神高速道路　島屋北工区」	56	主催：広報
	06月14日	出前授業「地層と岩石」	56	講師：菅野　耕三
	06月17日	出前授業「地盤の液状化－そのメカニズムを考える－」	36	講師：木全　卓
	06月26日	若手交流会「インタージェネレーションワークショップ」	34	
	07月02日	講習会「土質・基礎に関する技術－技術士試験のポイント－」	38	
	07月05日	第１回定例勉強会		主催：滋賀
	07月15日	高専・工業高校生対象見学会「阪神高速道路　島屋北工区」	37	主催：広報
	07月18日	第２回定例勉強会		主催：滋賀
	07月30日	見学会「大阪湾フェニックス船上見学・夢咲トンネルウォーク」	39	
	09月09日	高専・工業高校生対象見学会「第二京阪讃良地区下部その他工事」	36	主催：広報
	10月07日	出前授業「流れる水のはたらき」	77	講師：菅野　耕三
	10月17日	報告会「国内外における地下構造物建設時のトラブル事例と上海地下建設現場視察および技術交流会」	179	
	10月18日	ふるさと地盤診断ウォーク①「生駒山地コース」	41	主催：広報
	10月31日	実技セミナー 「地盤調査・土質試験からその活用法までー関西の地盤を例にしてー」	40	
	11月05日	出前授業「大地のつくりと変化」	78	講師：菅野　耕三
	11月06日	第３回定例勉強会		主催：滋賀
	11月10日	講演会「福井県内のビッグ・プロジェクト」		主催：福井
	11月11日	高専・工業高校生対象見学会「阪神三宮駅改良工事（内土木）」	39	主催：広報
	11月14日	見学会「石槫峠トンネル」		主催：滋賀
	11月15日	ふるさと地盤診断ウォーク②「千里北・万博公園コース」	28	講師：菅野　耕三
	11月18日	インターネット講習会「設計用地盤定数の決め方－岩盤編－」	10	主催：本部
	11月28日	講演会「有機ヒ素化合物による土壌・地下水汚染の実態解明調査に関する講演会」		主催：和歌山
	11月28日	見学会「阪神三宮駅改良工事・神戸京橋ポンプ場築造工事」	32	主催：広報
	12月01日	出前授業「大地のつくりと変化」	131	講師：菅野　耕三
	12月02日	シンポジウム「地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2008」	92	
	12月11日	出前授業「大地のようす」	140	講師：菅野　耕三
	12月12日	高専・工業高校生対象見学会「阪神三宮駅改良工事（内土木）」	40	主催：広報
	12月15日	出前授業「化石の話」	114	講師：菅野　耕三
	12月16日	第６回若手交流会「斜面防災の現状と課題」	32	講師：沖村　孝
	12月16日	出前授業「流れる水のはたらき」	121	講師：菅野　耕三
	平成21年01月14日	出前授業「大地のつくりと変化」	34	講師：菅野　耕三
	01月15日	講演会「新しい画像計測手法を使った斜面災害前兆検知システムの開発に関する講演会」		主催：和歌山
	01月28日	施工技術報告会「最近の建設技術と施工事例」	129	
	02月01日	市民特別講演会「和歌山県紀北地域の過去・未来の地震と地盤災害～活断層地震と南海・東南海地震が襲ったら～」	223	主催：広報
	02月05日	講演会「落石対策」		主催：福井
	02月25日	講演会「地盤災害を考えるー海外の事例を中心にしてー」		主催：滋賀
平成21年度	平成21年04月21日	総会時特別講演会「大阪ベイエリアを考える」	200	講師：奥田　剛章
	06月20日	出前授業「王寺町の地盤と活断層」	30	講師：菅野　耕三
	06月30日	講習会「土質・基礎に関する技術－技術士試験のポイント－」	27	
	07月10日	第１回定例勉強会		主催：滋賀
	07月29日	第２回定例勉強会		主催：滋賀
	09月08日	講演会「地盤環境・地盤調査技術に関する講演会」		主催：和歌山
	09月16日	実技セミナー「地盤工学入門－土質試験の方法と結果の活用－」	22	
	09月17日	見学会「大阪市道高速道路淀川左岸線（１期）開削トンネル工事現場」	34	
	09月18日	シンポジウム「流域地盤の減災技術に関するシンポジウム」	65	
	10月02日	第３回定例勉強会		主催：滋賀
	10月06日	第７回若手交流会	25	
	10月24日	ふるさと地盤診断ウォーク①「上町台地コース」	32	主催：広報

年度	開催年月日	タイトル	参加人数	備　考
平成21年度	10月26日	高専・工業高校生対象見学会「阪神高速道路　島屋北工区開削トンネル工事」	25	主催：広報
	10月27日	高専・工業高校生対象見学会「大阪市　深江～中浜幹線下水管渠築造工事」	55	主催：広報
	10月27日	高専・工業高校生対象見学会「大阪市　住之江下水処理場雨水滞水池・住吉川耐震護岸築造工事」	66	主催：広報
	11月04日	出前授業「流水の働き」	130	講師：菅野　耕三
	11月15日	ふるさと地盤診断ウォーク②「甲賀・水口・寺庄コース」	35	講師：菅野　耕三
	11月19日	出前授業「土地のつくり」	141	講師：菅野　耕三
	11月27日	市民講演会「盛土の耐震問題：歴史、現状、展望」「宅地地盤の災害と住宅」	105	講師：龍岡　文夫、二木　幹夫
	11月30日	出前授業「大地のつくりと変化」	126	講師：菅野　耕三
	12月01日	シンポジウム「地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2009」	90	
	12月03日	出前授業「地震のメカニズムとその被害」	48	講師：菅野　耕三
	12月04日	見学会「阪神三宮駅改良工事」	25	
	12月07日	合同報告会「平成21年度台風９号による災害調査団」	212	
	12月11日	出前授業「大地のつくり」	142	講師：菅野　耕三
	平成22年01月15日	講習会「地盤材料試験の方法と解説」	57	
	01月15日	出前授業「大地のつくり」	142	講師：菅野　耕三
	01月27日	施工技術報告会「最近の建設技術と施工事例」	129	
	01月30日	市民特別講演会「北摂地域の活断層地震と地盤災害を考える～有馬－高槻断層帯や上町断層帯から地震が襲ったら～」	395	主催：広報
	02月02日	第８回若手交流会「地盤工学分野におけるリスク工学の適用性」	25	講師：大津　宏康
	02月04日	出前授業「大地のつくり」	36	講師：菅野　耕三
	02月04日	出前授業「村人と共に世界の道を直す」	24	講師：福林　良典
	02月08日	講演会「地盤調査技術」		主催：福井
	02月08日	出前授業「大地をさぐる」	120	講師：菅野　耕三
	02月18日	講演会「地盤災害に関する講演会」		主催：和歌山
	02月24日	出前授業「地震発生のメカニズムと防災対策」	63	講師：菅野　耕三
	03月29日	講演会「最近の地震地盤災害」		主催：福井
平成22年度	平成22年04月19日	総会時特別講演会「都市防災と地盤工学」	162	講師：田中　泰雄
	06月16日	講習会「土質・基礎に関する技術－技術士試験のポイントー」	24	
	07月07日	出前授業「羽曳野の大地」	7	講師：菅野　耕三
	07月22日	第１回定例勉強会		主催：滋賀
	07月23日	報告会「地盤構造物の再生技術に関する研究委員会」	77	
	07月28日	講演会「新しい地盤改良に関する講演会」		主催：和歌山
	09月08日	出前授業「地盤の液状化」	20	講師：木全　卓
	09月10日	出前授業「東南海地震の話」	35	講師：菅野　耕三
	09月29日	実技セミナー「地盤改良入門－室内配合から六価クロム溶出試験ー」	31	
	10月07日	高専・工業高校生対象見学会「栗尾バイパストンネル新設工事」	25	主催：広報
	10月14日	見学会「神戸港港島トンネル延伸　開削トンネル工事現場」	27	
	10月15日	第９回若手交流会	22	
	10月24日	ふるさと地盤診断ウォーク①「光明池（堺市－和泉市）コース」	33	講師：菅野　耕三
	10月25日	出前授業「大地のつくり」	15	講師：菅野　耕三
	10月29日	出前授業「大阪の地盤」	20	講師：大島　昭彦
	11月11日	講演会「土構造物の設計の現状と課題」		主催：滋賀
	11月12日	シンポジウム「地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2010」	89	
	11月12日	高専・工業高校生対象見学会「阪神三宮駅築造工事」	41	主催：広報
	11月13日	ふるさと地盤診断ウォーク②「大阪市内湾岸コース」	33	主催：広報
	11月15日	出前授業「大地のつくり」	37	講師：菅野　耕三
	11月18日	出前授業「流れる水のはたらき」	82	講師：菅野　耕三
	11月20日	市民特別講演会「平城遷都1300年古都奈良の文化遺産防災と地震災害を考える～奈良盆地東縁断層帯から地震が襲ったら～」	245	主催：広報
	11月24日	講演会「斜面の予防管理」		主催：福井
	11月26日	高専・工業高校生対象見学会「阪神高速道路正蓮寺川西工区」	82	主催：広報
	11月26日	出前授業「大地のつくり」	35	講師：菅野　耕三
	12月03日	特別講演会「地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性とその対応技術に関する研究委員会」	100	
	12月03日	見学会「熊野川堤防開削工事現場」		主催：和歌山

年度	開催年月日	タイトル	参加人数	備 考
平成22年度	12月03日	出前授業「大地のつくり」	132	講師：菅野　耕三
	12月06日	高専・工業高校生対象見学会「阪神三宮駅築造工事」	14	主催：広報
	12月07日	見学会「大阪府道高速大和川線　トンネル工事現場」	21	
	12月17日	第２回定例勉強会		主催：滋賀
	平成23年01月15日	出前授業「上町断層の知識」	200	主催：広報
	01月26日	施工技術報告会「最近の建設技術と施工事例」	123	
	01月30日	出前授業「平城ニュータウンの地盤」	50	講師：菅野　耕三
	02月16日	第10回若手交流会「基準類は万能か／現在の基準類のルーツを知ろうー液状化についてー」	23	講師：常田　賢一
	03月14日	出前授業「土木構造物と生活・環境」	25	講師：小林　晃
	03月15日	講演会「土壌・地下水汚染」		主催：福井
平成23年度	平成23年04月11日	報告会「東北地方太平洋沖地震　災害調査Web報告会」	110	
	04月13日	出前授業「地震発生のメカニズムと防災対策」	35	講師：早川　清
	04月19日	総会時特別講演会「22世紀を視野に入れた地盤工学の役割」	147	講師：霜上　民生
	05月20日	第１回定例勉強会		主催：滋賀
	05月23日	講演会「東日本大震災ー速報会」		主催：福井
	06月11日	出前授業「宇陀の大地のつくり」		講師：菅野　耕三
	06月14日	講習会「土質・基礎に関する技術ー技術士試験のポイントー」	20	
	07月04日	講習会「高品質盛土を保証する施工管理技術に関する講習会」	96	
	07月12日	高専・工業高校生対象見学会「北共同溝門真工区工事」	39	主催：広報
	08月02日	出前授業「地震発生のメカニズムと防災対策」	30	講師：菅野　耕三
	09月17日	出前授業「津波を体験しよう」	200	講師：竹村　恵二
	09月29日	実技セミナー「地盤・地震工学入門ー振動から地盤を探るー」	32	
	10月07日	講演会「東日本大震災における地盤災害」		主催：滋賀
	10月11日	出前授業「大地のつくり」	146	講師：菅野　耕三
	10月22日	ふるさと地盤診断ウォーク「亀の瀬地すべり地（柏原市）コース」	45	講師：菅野　耕三
	10月28日	見学会「大阪府道高速大和川線　橋梁およびトンネル工事現場」	36	
	11月01日	講習会「地震による宅地被害と宅地の耐震化」	113	
	11月03日	出前授業「岩石と地層の勉強会」	15	講師：菅野　耕三
	11月04日	特別講演会「地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性とその対応技術に関する研究委員会」	87	
	11月11日	シンポジウム「地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2011」	79	
	11月12日	出前授業「大地のつくり」	50	講師：菅野　耕三
	11月24日	報告会「平成23年台風12号による地盤災害合同調査団」	121	
	12月05日	高専・工業高校生対象見学会「大和御所道路巨勢山トンネル工事」	20	主催：広報
	12月05日	講演会「東日本大震災と補強土工法」		主催：福井
	12月06日	出前授業「大地のつくりと変化」	128	講師：菅野　耕三
	12月09日	第11回若手交流会	33	
	12月12日	出前授業「大地のつくりと変化」	120	講師：菅野　耕三
	12月14日	講演会「平成23年台風12号による和歌山地域の地盤災害調査報告」		主催：和歌山
	平成24年01月12日・19日	高専・工業高校生対象見学会「阪神高速大和川線シールド工事」	81	主催：広報
	01月18日	見学会「京都第二外環状道路　工事現場」	44	
	01月21日	市民特別講演会「平成23年度　東大阪市防災講演会～東大阪地域の地震と地盤災害を考える～」	259	主催：広報
	02月03日	施工技術報告会「最近の建設技術、保全技術、環境と施工事例」	123	
	03月04日	出前授業「防災啓発」	39	講師：菅野　耕三
	03月09日	第12回若手交流会	10	
	03月11日	出前授業「防災啓発」	44	講師：菅野　耕三
平成24年度	平成24年04月12日	講演会「津波防災」		主催：福井
	04月19日	総会時特別講演会「地盤工学の教育と最近の諸問題ーカリキュラム、液状化、計算地盤工学」	140	講師：岡　二三生
	04月22日	出前講座「防災啓発」	200	講師：三村　衛
	05月11日	報告会「兵庫県南部地震を後世に伝承するための研究委員会」	67	
	05月11日	講習会「地震による被害とその教訓に関する講習会」	136	
	05月15日	高専・工業高校生対象見学会「新名神高速道路川下川橋工事」	34	主催：広報
	05月26日	出前講座「親子勉強会」	15	講師：菅野　耕三

年度	開催年月日	タイトル	参加人数	備　考
平成24年度	06月05日	高専・工業高校生対象見学会「三宝第４工区（その１）開削トンネル及び換気所新築工事・高石市内連続立体化に伴う平成24年度土木関係工事」	70	主催：広報
	06月05日	高専・工業高校生対象見学会「大和川シールドトンネル工事・三宝第１工区下部工その他工事」	56	主催：広報
	06月14日	講習会「土質・基礎に関する技術ー技術士試験のポイントー」	17	
	06月25日	第１回定例勉強会		主催：滋賀
	06月30日	出前講座「大地の作り＆地震」	30	主催：広報
	08月02日	出前講座「防災教育のための模型実験（夏休み自由研究）」	20	講師：菅野　耕三
	08月23日	講習会「高品質盛土を保証する施工管理技術に関する講習会」	72	
	09月05日	出前講座「地震発生のメカニズムと防災対策」	120	講師：早川　清
	09月21日	講演会「平成23年台風12号で何が起きたのか！」		主催：和歌山
	09月27日	見学会「大阪府道高速大和川線　橋梁およびトンネル工事現場」	20	
	10月04日	実技セミナー「地盤・地震工学入門ー遠心載荷模型実験で体験する液状化現象ー」	17	
	10月04日	見学会「舞鶴若狭自動車道三方インターチェンジ工事」		主催：福井
	10月10日	講演会「海岸」		主催：福井
	10月11日	高専・工業高校生対象見学会「巨勢山トンネル」	36	主催：広報
	10月17日	シンポジウム「近年の『想定外』豪雨による災害について考えるシンポジウム」	96	
	10月27日	ふるさと地盤診断ウォーク①「岸和田コース」	21	主催：広報
	11月07日	見学会「新名神高速道路　切盛土工工事および橋梁工事現場」	19	
	11月09日	シンポジウム「地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2012」	85	
	11月10日	ふるさと地盤診断ウォーク②「狭山池コース」	19	主催：広報
	11月17日	第13回若手交流会	44	
	11月20日	見学会「原位置試験見学会（滋賀県守山市）」		主催：滋賀
	12月04日	高専・工業高校生対象見学会「北大河原トンネル」	49	主催：広報
	12月06日	出前講座「大地の作り」	96	講師：菅野　耕三
	平成25年02月01日	講演会「東北地方太平洋沖地震による宅地被害とその復旧状況」		主催：和歌山
	02月13日	施工技術報告会「最近の建設・保全・環境技術と施工事例」	118	
	02月16日	市民特別講演会「平成24年度　第２回西宮市防災講演会ー南海トラフ巨大地震と西宮の地震防災を考えるー」	550	主催：広報
	03月18日	講演会「豪雨災害」		主催：福井
平成25年度	平成25年04月16日	総会時特別講演会「斜面および土構造物に関わる鉄道防災の取り組み」	172	講師：松田　好史
	05月31日	第１回定例勉強会		主催：滋賀
	06月18日	高専・工業高校生対象見学会「常磐工区開削トンネル工事・大和川線シールドトンネル工事」	70	主催：広報
	06月20日	実技セミナー「Soil Test Contest 2013ー関西の地盤系研究室対抗戦ー」	30	
	06月21日	講習会「地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性とその対応技術に関する講習会」	91	
	08月01日	講習会「古くて新しい“土の締固め”の原理と実際に関する講習会」	28	
	09月13日	講習会「地盤調査の方法と解説」	42	
	09月20日	見学会「近畿自動車道　紀勢線　江住地区他改良工事・周参見第二トンネル工事・田野井第一トンネル他工事・十九渕高架橋上部工事」	30	
	10月18日	第２回定例勉強会		主催：滋賀
	10月19日	第14回若手交流会	12	
	10月23日	講演会「斜面の調査・設計」		主催：福井
	10月25日	出前授業「大地のつくりと変化」	58	講師：菅野　耕三
	10月26日	ふるさと地盤診断ウォーク①「仁川コース」	18	講師：菅野　耕三
	10月28日	シンポジウム「近年の『想定外』豪雨による災害について考えるシンポジウム2013」	56	
	11月08日	シンポジウム「*Kansai Geo-Symposium* 2013ー地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウムー」	127	
	11月08日	高専・工業高校生対象見学会「三宝第４工区（その１）開削トンネル及び換気所新築工事・高石市内連続立体化に伴う平成25年度土木関係工事（第４工区）」	63	主催：広報
	11月09日	ふるさと地盤診断ウォーク②「茨木コース」	19	主催：広報
	11月27日	見学会「新名神高速道路　箕面IC工事・箕面トンネル西工事・安威川橋（下部工）工事」	10	
	12月05日	講演会「地盤災害」		主催：和歌山
	12月06日	講習会「地盤の地震応答解析入門」	41	講師：吉田　望
	12月09日	講演会「地下構造物の調査・設計」		主催：福井

年度	開催年月日	タイトル	参加人数	備 考
平成25年度	平成26年01月18日	市民特別講演会「耐震シンポジウム『地震とともに生きる』～世界に学び、京都のまちを次の世代へ～」	350	主催：広報
	02月14日	施工技術報告会「最近の建設・保全・環境技術と施工事例」	135	
	02月14日	講演会「構造物基礎の調査・設計」		主催：福井
	02月20日	出前授業「大阪の地盤」	164	講師：菅野　耕三
平成26年度	平成26年04月15日	総会時特別講演会「近畿地方における社会資本の整備・管理と防災減災対策の現状と課題」	172	講師：池内　幸司
	05月13日	講習会「土質・基礎に関する技術」	23	
	05月13日	高専・工業高校生対象見学会「新名神高速道路神戸ジャンクション東工事」	35	主催：広報
	05月17日	出前授業「京都、地下に眠る千年の水脈」	30	講師：楠見　晴重
	05月25日	出前授業「住民の防災講習」	50	講師：菅野　耕三
	06月06日	講演会「『想定外』豪雨による河川災害と氾濫履歴」		主催：和歌山
	06月11日	高専・工業高校生対象見学会「新名神高速道路高槻インターチェンジ工事・高槻ジャンクション工事」	65	主催：広報
	06月25日	実技セミナー「地盤情報データベースの利活用」	20	
	07月20日	見学会「垂水妙法寺線法面補強工事」	23	
	07月27日	出前授業「サタプロ」	15	
	08月24日	出前授業「大地のつくり」	77	講師：菅野　耕三
	08月27日	講習会「補強土に関する講習会」	90	
	09月02日	シンポジウム「近年の『想定外』豪雨による災害について考えるシンポジウム2014」	55	
	10月06日	講演会「豪雨に起因する土砂災害に備える」		主催：滋賀
	10月15日	第15回若手交流会	15	
	10月25日	ふるさと地盤診断ウォーク①「泉佐野コース」	20	講師：菅野　耕三
	10月27日	高専・工業高校生対象見学会「おおさか東線放出西地区路盤新設他工事」	41	主催：広報
	10月29日～30日	特別フォーラム「阪神・淡路大震災20年地震防災フォーラムー来るべき巨大地震にいかに備えるかー（建設技術展2014近畿）」	延350	
	11月06日	出前授業「防災学習（地震・豪雨）」	77	講師：小田　和広
	11月07日	高専・工業高校生対象見学会「常磐工区開削トンネル工事・大和川線シールドトンネル工事」	63	主催：広報
	11月08日	出前授業「大地のつくり」	124	講師：菅野　耕三
	11月15日	ふるさと地盤診断ウォーク②「淡路島コース」	14	主催：広報
	11月20日	見学会「大阪府道高速大和川線建設工事」	13	
	11月21日	シンポジウム「*Kansai Geo-Symposium* 2014ー地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウムー」	135	
	12月05日	第１回定例勉強会		主催：滋賀
	12月09日	講演会「補強土工法の調査・設計」		主催：福井
	平成27年01月25日	市民特別講演会「市制施行60周年記念事業　平成26年度河内長野市防災講演会」	450	主催：広報
	01月29日	出前授業「大地のつくり」	102	講師：菅野　耕三
	02月10日	講習会「近江盆地の地盤と活断層」		主催：滋賀
	02月12日	施工技術報告会「最近の建設・保全・環境技術と施工事例」	119	
	02月13日	出前授業「大阪の地震と災害」	150	講師：菅野　耕三
	03月24日	講演会「軟弱地盤の調査・設計」		主催：福井
平成27年度	平成27年04月22日	総会時特別講演会「地域環境管理技術としての農業土木」	190	講師：内田　一徳
	04月23日	出前授業「大阪の地盤の災害」	40	講師：菅野　耕三
	05月12日	高専・工業高校生対象見学会「新名神高速道路箕面トンネル西工事」	41	主催：広報
	05月15日	講習会「土質・基礎に関する技術」	25	
	05月29日	報告会「紀伊半島大水害の実態を伝える～『想定外』豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会　最終報告会～」	84	
	07月14日	報告会「紀伊半島大水害に関する研究成果」		主催：和歌山
	07月16日	講習会「宅地地盤の品質評価に関する技術」	31	
	08月05日	実技セミナー「小規模建築物の地盤調査と基礎設計」	24	
	09月11日	第11回若手セミナー「地盤工学の基礎講座」	71	
	09月24日	講演会「2011年紀伊半島土砂災害に学ぶ」		主催：滋賀
	10月07日	見学会「仁川百合野地区地すべり資料館・阪神高速道路　震災資料保管庫」	13	
	10月21日	見学会「Ｅーディフェンス公開実験：地盤・杭基礎の地震被害モニタリング技術検証のための振動台実験」	21	
	10月24日	ふるさと地盤診断ウォーク①「羽曳野市古市コース」	18	講師：菅野　耕三

年度	開催年月日	タイトル	参加人数	備　考
平成27年度	10月26日	高専・工業高校生対象見学会「新名神高速道路箕面トンネル西工事」	44	主催：広報
	10月28日	講演会「福井県内のビッグプロジェクト」		主催：福井
	11月02日	出前授業「大地のつくりと変化」	69	講師：菅野　耕三
	11月08日	ふるさと地盤診断ウォーク②「茨木コース」	20	主催：広報
	11月13日	出前授業「水のはたらき」「地層・大地のつくり」	73	講師：菅野　耕三
	11月17日	出前授業「大阪の地盤、地震発生のメカニズムと防災対策」	100	講師：菅野　耕三
	11月20日	シンポジウム「*Kansai Geo-Symposium* 2015－地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム－」	160	
	12月03日	講習会「杭基礎のトラブルとその対策」	16	
	12月09日	第２回若手セミナー「地盤工学の基礎講座」	36	
	12月11日	講演会「東日本大震災の被害と復興」		主催：福井
	12月13日	防災講演会「平成23年台風12号で何が起きたのか！ 2015～紀伊半島大水害の記録を伝えていく～」	230	
	12月19日	市民特別講演会「大正区民防災講演会『南海トラフ巨大地震と大正区の防震防災』」	220	主催：広報
	平成28年02月16日	施工技術報告会「最近の建設・保全・環境技術と施工事例」	136	
	03月26日	出前授業「関西の地震と災害－防災の視点から」	10	講師：菅野　耕三
平成28年度	平成28年04月20日	総会時特別講演会「軟弱地盤における地下空間建設の技術的課題とその対応事例」	200	講師：橋本　正
	06月06日	出前授業「加西市の地盤と自然災害－災害に備えよう－」	90	講師：菅野　耕三
	06月06日	出前授業「奈良地域の地震による地盤災害と備え」	65	講師：大島　昭彦
	06月17日	第３回若手セミナー「地盤工学の基礎講座」	42	
	06月24日	第１回定例勉強会		主催：滋賀
	06月28日	講演会「熊本地震 速報会」		主催：福井
	07月12日	講習会「宅地地盤の品質評価に関する技術」	47	
	07月13日	高専・工業高校生対象見学会「日高豊岡南道路水上トンネル工事」	41	主催：広報
	07月15日	講演会「紀伊半島南部の地質と土砂災害、熊野ジオパークを活用した土砂災害に関する防災教育」		主催：和歌山
	08月02日	実技セミナー「遠心模型を用いた実験業務の計画から報告まで」	14	
	09月06日	講演会「斜面の維持管理」		主催：福井
	09月22日	出前授業「真美ヶ丘の地盤と自然災害－備えましょう－」	80	講師：菅野　耕三
	09月25日	市民特別講演会「平成28年度滋賀県防災講演会」	170	主催：広報
	09月29日	報告会「南海トラフ巨大地震に備えて～南海トラフ巨大地震に関する被害予測と防災対策研究委員会　成果報告会～」	67	
	09月30日	第４回若手セミナー「地盤工学の基礎講座」	23	
	10月02日	出前授業「九条ヶ丘の地盤と自然災害－災害に備えよう－」	35	講師：菅野　耕三
	10月20日	出前授業「地震発生のメカニズムと防災対策」	50	講師：早川　清
	10月21日～22日	国際交流「日中地盤工学技術交流会」	延200	
	10月22日	ふるさと地盤診断ウォーク①「奈良公園コース」	19	講師：菅野　耕三
	10月29日	出前授業「泉佐野の地盤と自然災害－災害に備えよう－」	50	講師：菅野　耕三
	11月10日	講演会「20世紀の土木プロジェクトが残したものと夢」	66	講師：足立　紀尚
	11月12日	ふるさと地盤診断ウォーク②「淀川コース」	24	主催：広報
	11月18日	シンポジウム「*Kansai Geo-Symposium* 2016－地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム－」	132	
	11月30日	講演会「歴史遺産保全の現状と課題」		主催：滋賀
	12月05日	講演会「和歌山市内の大規模造成地の地盤特性、豪雨による土砂災害に関する水文学的特性に関する研究成果」		主催：和歌山
	12月14日	講習会「落石対策工の設計法と計算例」	40	
	平成29年01月12日	講演会「擁壁・土留め工の調査・設計」		主催：福井
	01月31日	報告会「日中地盤工学技術交流会」	55	
	02月15日	施工技術報告会「最近の建設・保全・環境技術と施工事例」	150	
	02月17日	講演会「平成28年熊本地震から学ぶこと」		主催：福井
	02月28日	見学会「大和川線シールドトンネル工事・常磐工区開削トンネル工事」	29	
	03月13日	高専・工業高校生対象見学会「天ケ瀬ダム再開発トンネル放流設備減勢池部建設工事」	45	主催：広報
平成29年度	平成29年04月01日	出前授業「九条地域の地盤と自然災害－災害に備えよう－」	113	講師：菅野　耕三
	04月17日	総会時特別講演会「安全安心の確保と大阪・関西の成長に向けて」	183	講師：竹内　廣行
	05月18日	実技セミナー「常時微動計測－大阪市内の地盤の揺れを測る」	27	
	05月25日	出前授業「大阪狭山市の地盤と自然災害－災害に備えよう－」	35	講師：菅野　耕三

年度	開催年月日	タイトル	参加人数	備 考
平成29年度	06月18日	出前授業「地盤の液状化ーそのメカニズムを考えるー」	21	講師：木全　卓
	06月21日	第５回若手セミナー「地盤工学の基礎講座」	47	
	06月22日	高専・工業高校生対象見学会「日高豊岡南道路水上トンネル工事」	70	主催：広報
	06月28日	講演会「斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価に関する研究成果」		主催：和歌山
	06月29日	講演会「建設工事の施工技術」		主催：福井
	07月06日	講習会「宅地地盤の品質評価に関する技術」	23	
	07月12日	高専・工業高校生対象見学会「阪神高速道路大和川線シールドトンネル工事・常磐工区開削トンネル工事」	88	主催：広報
	07月12日	高専・工業高校生対象見学会「新名神高速道路神戸ジャンクション東工事」	43	主催：広報
	08月28日	高専・工業高校生対象見学会「阪神高速道路大和川線常磐工区開削トンネル工事」	43	主催：広報
	09月02日	出前授業「郡山の地盤と自然災害ー備えましょうー」	55	講師：菅野　耕三
	09月11日	出前授業「奈良の自然災害ー備えましょうー」	80	講師：菅野　耕三
	09月13日	講演会「福井県内のビッグプロジェクト」		主催：福井
	09月29日	第６回若手セミナー「地盤工学の基礎講座」	21	
	10月30日	高専・工業高校生対象見学会「阪神高速道路大和川線シールドトンネル工事」	52	主催：広報
	11月01日	高専・工業高校生対象見学会「阪神高速道路大和川線シールドトンネル工事・阪急京都線　千里線淡路駅周辺連続立体交差工事」	59	主催：広報
	11月02日	シンポジウム「*Kansai Geo-Symposium* 2017ー地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウムー」	134	
	11月11日	ふるさと地盤診断ウォーク①「保津峡コース」	24	主催：広報
	11月14日	出前授業「流れる水のはたらき」	84	講師：菅野　耕三
	11月25日	出前授業「アフリカで村人と一緒にぬかるんだ道を直す」	55	講師：木村　亮
	11月26日	講演会「今後の土工構造物設計・斜面モニタリングを考える」		主催：滋賀
	11月30日	講習会「地震・耐震工学に関する講習会」	19	
	12月01日	講演会「計測技術」		主催：福井
	平成30年01月20日	市民特別講演会「第22回和泉市防災とボランティア市民の集い　防災講演会」	217	主催：広報
	01月20日	出前授業「土のうを利用した道直し（実習）」	55	講師：木村　亮
	02月14日	施工技術報告会「最近の建設・保全・環境技術と施工事例」	132	
	02月21日	見学会「安威川ダム」	11	

6　委員会、研究活動

研究委員会

年　度	委員会名	委員長
平成18年～平成20年	流域地盤災害の減災技術の構築に関する研究委員会	岡　二三生
平成19年～平成21年	地盤構造物の再生技術に関する研究委員会	建山　和由
平成21年～平成23年	兵庫県南部地震を後世に伝承するための研究委員会	澁谷　　啓
平成22年～平成24年	地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性とその対応技術に関する研究委員会	橋本　　正
平成24年～平成26年	「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会	深川　良一
平成25年～平成27年	南海トラフ巨大地震に関する被害予測と防災対策研究委員会	三村　　衛
平成27年～平成29年	斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会	深川　良一
平成28年～平成30年	関西の地盤情報に基づく防災ハザードマップ開発研究委員会	大島　昭彦
平成30年～	斜面災害のリスク低減に関する研究委員会	芥川　真一

国際交流

年　度	活動内容
平成28年	日中地盤工学技術交流会

地盤工学広報企画委員会

年　度	委員会名	委員長
平成20年	委員会８回、市民特別講演会１回、学生対象見学会６回、ふるさと地盤診断ウォーク２回、出前授業14回	大島　昭彦
平成21年	委員会８回、市民特別講演会１回、学生対象見学会３回、ふるさと地盤診断ウォーク２回、出前授業16回	大島　昭彦
平成22年	委員会８回、市民特別講演会１回、学生対象見学会５回、ふるさと地盤診断ウォーク２回、出前授業14回	大島　昭彦
平成23年	委員会８回、市民特別講演会１回、学生対象見学会４回、ふるさと地盤診断ウォーク１回、出前授業11回	小田　和広
平成24年	委員会７回、市民特別講演会１回、学生対象見学会５回、ふるさと地盤診断ウォーク２回、出前授業６回	小田　和広
平成25年	委員会７回、市民特別講演会１回、学生対象見学会２回、ふるさと地盤診断ウォーク２回、出前授業２回	小田　和広
平成26年	委員会３回、市民特別講演会１回、学生対象見学会４回、ふるさと地盤診断ウォーク２回、出前授業８回	小田　和広
平成27年	委員会４回、市民特別講演会１回、学生対象見学会２回、ふるさと地盤診断ウォーク２回、出前授業５回	乾　　徹
平成28年	委員会４回、市民特別講演会１回、学生対象見学会２回、ふるさと地盤診断ウォーク２回、出前授業５回	乾　　徹
平成29年	委員会５回、市民特別講演会１回、学生対象見学会６回、ふるさと地盤診断ウォーク１回、出前授業８回	乾　　徹

実行委員会等

年　度	委員会名	委員長
平成19、20年	50周年記念事業実行委員会	奥田　剛章
平成21年	第46回地盤工学研究発表会準備委員会	岡　二三生
平成22、23年	第46回地盤工学研究発表会実行委員会	岡　二三生
平成29年～	60周年記念事業実行委員会	南荘　　淳

地域地盤研究会

和歌山地域地盤研究会			
年　度	行　事	委員長	委員数
平成20年	講演会２回	江種　伸之	43
平成21年	講演会２回	江種　伸之	43
平成22年	講演会１回、見学会１回	江種　伸之	26
平成23年	講演会１回	江種　伸之	37
平成24年	講演会２回	江種　伸之	37
平成25年	講演会１回	江種　伸之	37
平成26年	講演会１回	江種　伸之	37
平成27年	講演会１回、報告会１回	江種　伸之	37
平成28年	講演会２回	江種　伸之	37
平成29年	講演会１回	江種　伸之	37

福井地域地盤研究会			
年　度	行　事	委員長	委員数
平成20年	講演会２回	荒井　克彦	100
平成21年	講演会２回	荒井　克彦	100
平成22年	講演会２回	荒井　克彦	100
平成23年	講演会２回	荒井　克彦	100
平成24年	講演会３回、見学会１回	荒井　克彦	100
平成25年	講演会３回	荒井　克彦	100
平成26年	講演会２回	荒井　克彦	100
平成27年	講演会２回	荒井　克彦	100
平成28年	講演会４回	荒井　克彦	100
平成29年	講演会３回	荒井　克彦	100
滋賀地域地盤研究会			
年　度	行　事	委員長	委員数
平成20年	講演会１回、見学会１回、定例勉強会３回	深川　良一	93
平成21年	定例勉強会３回	深川　良一	50
平成22年	定例勉強会２回、講演会１回	深川　良一	50
平成23年	講演会１回、定例勉強会１回	深川　良一	50
平成24年	見学会１回、定例勉強会１回	深川　良一	50
平成25年	定例勉強会２回	深川　良一	50
平成26年	講演会１回、講習会１回、定例勉強会１回	深川　良一	50
平成27年	講演会１回	深川　良一	50
平成28年	講演会１回、定例勉強会１回	深川　良一	50
平成29年	講演会１回	深川　良一	50

7　年度別評議員・支部監事・幹事

年度別評議員一覧表（平成20年以降）

氏　名	在任期間	氏　名	在任期間	氏　名	在任期間
岩元　　仁	H20	福永　　勧	H20	勝見　　武	H20～H21
江村　　剛	H20	古川　和弘	H20	河嶋　敏郎	H20～H21
岸田　　潔	H20	松尾　雅夫	H20	川濱　隆司	H20～H21
黒田真一郎	H20	松倉　昌明	H20	小林　定之	H20～H21
斉藤　安立	H20	向川　　裕	H20	新開　千弘	H20～H21
榊原　敏夫	H20	與田　敏昭	H20	舘川　逸朗	H20～H21
椎本　隆美	H20	和田　　潔	H20	田山　　聡	H20～H21
柴田　卓詞	H20	奥田　洋一	H20	中田　英伸	H20～H21
末廣　正人	H20	香川　尚史	H20	中野　尊之	H20～H21
鈴木　盛夫	H20	庄司　恭介	H20	永濱　直行	H20～H21
竹知　芳男	H20	村田　一郎	H20	福水　一郎	H20～H21
田村　秀夫	H20	生田　裕彦	H20～H21	藤井　康男	H20～H21
丹　　博美	H20	上原　秀幹	H20～H21	藤目　正敏	H20～H21
平川　良浩	H20	大野　司郎	H20～H21	安倍　　茂	H21
平田　茂良	H20	籠瀬　正信	H20～H21	大庭　鎮顕	H21

氏　名	在任期間
國重　康弘	H21
白川　達哉	H21
岡　正治郎	H21、H22～H23
才村　幸生	H21、H22～H23
深田　隆弘	H21、H22～H23
泉　雄士	H21～H22
江嵜　徹	H21～H22
江種　伸之	H21～H22
江村　剛	H21～H22
上出　厚	H21～H22
楠葉　誠司	H21～H22
國富　和眞	H21～H22
坂上　敏彦	H21～H22
椎本　隆美	H21～H22
柴田　卓詞	H21～H22
寺本　泰久	H21～H22
平川　良浩	H21～H22
平川　恭章	H21～H22
福永　勧	H21～H22
峯　啓一郎	H21～H22
荒　和弘	H22
田邊　朝雄	H22
中藤　智徳	H22
古川　衛	H22
宮本　眞介	H22
中瀬　和彦	H22
上原　秀幹	H22～H23
岡田　浩樹	H22～H23
金村　和生	H22～H23
木山　正一	H22～H23
小嶋　勉	H22～H23
庄司　恭介	H22～H23
瀬川　典康	H22～H23
曽根　浩	H22～H23
辻内　元博	H22～H23
仲　義史	H22～H23
中田　英伸	H22～H23
藤目　正敏	H22～H23
桝井　健	H22～H23
松永　佳弘	H22～H23
森野　善広	H22～H23
喜多村　匡	H23
岩崎日出夫	H23
江嵜　徹	H23
小倉　和巳	H23
椎本　隆美	H23

氏　名	在任期間
中谷　行男	H23
伊藤　圭一	H23～H24
今村　宏	H23～H24
木藤　政則	H23～H24
木全　卓	H23～H24
佐々木高雄	H23～H24
田邊　朝雄	H23～H24
福永　勧	H23～H24
古川　衛	H23～H24
本田　周二	H23～H24
松田　浩之	H23～H24
三田村克己	H23～H24
飯田　大輔	H24
奥田　豊	H24
杉浦　正彦	H24
花本　希樹	H24
堀川　淳	H24
山元　理裕	H24
藤目　正敏	H24
古田　幸也	H24
伊藤　哲男	H24～H25
岡　正治郎	H24～H25
岡田　浩樹	H24～H25
金治　英貞	H24～H25
河井　克之	H24～H25
木村　尚志	H24～H25
櫛原　信二	H24～H25
國眼　定	H24～H25
近藤　政弘	H24～H25
塩谷　智基	H24～H25
曽根　浩	H24～H25
羽田　武司	H24～H25
松岡　利一	H24～H25
真鍋　毅	H24～H25
山下　隆之	H24、H25
岸　研司	H25
木戸　一善	H25
中谷　行男	H25
八木下　徹	H25
岩井　英人	H25～H26
加藤　卓彦	H25～H26
河崎　和文	H25～H26
澄川　文男	H25～H26
曽根　照人	H25～H26
谷　和夫	H25～H26
中西　典明	H25～H26

氏　名	在任期間
長屋　淳一	H25～H26
福永　勧	H25～H26
松久　裕之	H25～H26
若林　孝佳	H25～H26
大野　秀基	H26
末久　広朗	H26
宮永　和幸	H26
山崎　弘	H26
安居　靖友	H26～H27
泉並　良二	H26～H27
岡　正治郎	H26～H27
折橋　恒春	H26～H27
鏡原　聖史	H26～H27
川崎　哲人	H26～H27
久保田耕司	H26～H27
小泉　圭吾	H26～H27
鈴木　威	H26～H27
鶴ヶ崎和博	H26～H27
鳥居　宣之	H26～H27
殿垣内正人	H26～H27
福居　雅也	H26～H27
堀　元治	H26～H27
岸本　昭二	H27
河崎　和文	H27
天野　健次	H27～H28
伊藤　明彦	H27～H28
大塚祐一郎	H27～H28
大野　秀基	H27～H28
木元小百合	H27～H28
小島　央彦	H27～H28
高野　政志	H27～H28
東原　純	H27～H28
中井　智巳	H27～H28
中瀬　和彦	H27～H28
宮永　和幸	H27～H28
吉川　雅史	H27～H28
吉田　勝	H27～H28
津田　行男	H28
宮田　和	H28
赤穂　博之	H28～H29
伊藤　正純	H28～H29
加藤　満	H28～H29
川上　卓	H28～H29
木村　博規	H28～H29
谷口　文庫	H28～H29
田山　聡	H28～H29

氏　名	在任期間
飛田　哲男	H28～H29
中井　卓巳	H28～H29
鍋島　康之	H28～H29
西岡　　勉	H28～H29
藤井　昌隆	H28～H29
水田　潤一	H28～H29
宮川　公一	H28～H29
山見　晴三	H29
陣内龍太郎	H29
高松　幸男	H29
津田　行男	H29
稲葉　　徹	H29～H30
片山　政和	H29～H30
金村　和生	H29～H30

氏　名	在任期間
久保田耕司	H29～H30
久保　哲也	H29～H30
庄　　健介	H29～H30
富田　隆志	H29～H30
肥後　陽介	H29～H30
福居　雅也	H29～H30
藤原　照幸	H29～H30
山田　　卓	H29～H30
相馬　　昇	H30
西　　靖彦	H30
山口　和範	H30
牛田　智樹	H30
大城　泰久	H30
小林　泰三	H30

氏　名	在任期間
澁谷　　啓	H30
田中　克実	H30
田山　　聡	H30
西岡　　勉	H30
福塚健次郎	H30
藤井　昌隆	H30
藤吉　秀彰	H30
丸毛　篤也	H30
宮本　順司	H30
村上　岳彦	H30
山口　　充	H30
山見　晴三	H30

年度別支部監事一覧表（平成20年以降）

氏　名	在任期間
石倉　洋一	H20
柳浦　良行	H20～H21
中山　義昭	H21～H22
荒木　繁幸	H22～H23

氏　名	在任期間
木村　博規	H23～H24
林　　健二	H24～H25
栗山　裕司	H25～H26
八谷　　誠	H26～H27

氏　名	在任期間
森脇　孝文	H27～H28
中西　典明	H28～H29
桶川　宏司	H29～H30
中山　義久	H30

年度別幹事一覧表（平成20年以降）

氏　名	在任期間
岡市　明大	H20
音泉　勝昭	H20
河井　克之	H20
木元小百合	H20
倉橋　亜紀	H20
小林　俊一	H20
小林　猛嗣	H20
下村　亜紀	H20
高橋　里佳	H20
新名　　勉	H20
西岡　大造	H20
日野　浩之	H20
三坂　浩昭	H20
山見　晴三	H20
吉津　宏夫	H20
秋山　真吾	H20～H21
伊藤　正純	H20～H21
牛山　育子	H20～H21
大堀　太志	H20～H21
木山　正一	H20～H21

氏　名	在任期間
黒崎　剛史	H20～H21
譽田　孝宏	H20～H21
齋藤　仁美	H20～H21
鈴木　　隆	H20～H21
宮武　一都	H20～H21
山本　雄司	H20～H21
松井　康司	H20～H21
山路　　徹	H20～H21
桶川　宏司	H20～H22
塩谷　智基	H20～H22
田村　修次	H20～H22
中田　隆史	H20～H22
野並　　賢	H20～H22
松川　尚史	H20～H22
村田　憲泰	H20～H22
奥西　史伸	H21
高橋あおい	H21
藤井　　崇	H21～H22
和田　健次	H21～H22
乾　　徹	H21～H23

氏　名	在任期間
小泉　圭吾	H21～H23
鏡原　聖史	H21～H23
野田　　洋	H21～H23
吉川　雅史	H21～H23
吉津　宏夫	H21～H23
柴田　勝弘	H22
井上　祐司	H22
梅澤　孝行	H22
並河　　努	H22
新納　　格	H22
増田　政俊	H22
肥田　達久	H22～H23
矢納　康成	H22～H23
安部　哲生	H22～H23
原　　健二	H22～H23
泉並　良二	H22～H24
小笠原伸哉	H22～H24
折橋　恒春	H22～H24
倉橋　亜紀	H22～H24
栗山　裕司	H22～H24

氏　名	在任期間
古賀　豊	H22～H24
小坂　崇	H22～H24
佐分利和宏	H22～H24
清水　梓	H22～H24
住　武人	H22～H24
曽根　照人	H22～H24
寺田　幸紀	H22～H24
飛田　哲男	H22～H24
中西　典明	H22～H24
平岡　呂晃	H22～H24
藤原　照幸	H22～H24
伊藤　良二	H23
桒原　直範	H23
山本　恒平	H23
酒匂　一成	H23
中村　出	H23
田中　良英	H23～H24
鈴木　由美	H23～H24
谷渕　敦	H23～H24
鳥居　宣之	H23～H24
川崎　哲人	H23～H25
佐藤　研史	H23～H25
澤田　豊	H23～H25
高橋　卓也	H23～H25
肥後　陽介	H23～H25
松川　尚史	H23～H25
峯　啓一郎	H23～H25
北口　雅也	H24
紀藤　千佳	H24
浜崎　智洋	H24
東口　真也	H24
廣田　宗朗	H24
今井　千鶴	H24、H26、H27
片山　政和	H24～H25
狭間　智一	H24～H25
玉井　俊行	H24～H25
西野　直均	H24～H25
岡嶋　義行	H24～H26
岸田　浩	H24～H26
小林　泰三	H24～H26
白神新一郎	H24～H26
日置　和昭	H24～H26

氏　名	在任期間
村上　恵洋	H24～H26
永岡　純一	H25
吉田　雄二	H25
藤崎　忍	H25
藤原　優	H25
岡本　有司	H25～H26
長　千佳	H25～H26
水野　立	H25～H26
伊藤　浩子	H25～H27
黒田　美里	H25～H27
坂本　寛章	H25～H27
白波瀬浩司	H25～H27
新村　知也	H25～H27
林　訓裕	H25～H27
藤澤　和謙	H25～H27
村田　淳	H25～H27
酒谷　祐輔	H26
澤田　豊	H26
重松　秀和	H26
久保田晃司	H26
寺田　幸紀	H26
福本　雅宏	H26
竹本　将	H26～H27
中嶋　勲雄	H26～H27
稲積　真哉	H26～H28
皿海　章雄	H26～H28
永井　久徳	H26～H28
南部　啓太	H26～H28
野ツ俣克彦	H26～H28
廣瀬　竜也	H26～H28
山田　卓	H26～H28
綱　潔之	H27
薄木　琢嗣	H27
宮井　達也	H27
河野　克司	H27～H28
松平　正夫	H27～H28
菅　直子	H27～H28
市村　仁志	H27～H29
片岡沙都紀	H27～H29
小山　倫史	H27～H29
塚田　豊	H27～H29
中瀬　有祐	H27～H29

氏　名	在任期間
橋本　篤	H27～H29
水野　立	H27～H29
宮本　順司	H27～H29
蔵所　泰剛	H28
千野　克浩	H28
太田　衛司	H28～H29
八島　正章	H28～H29
佐々木　良	H28～H29
秦　吉弥	H28～H29
加藤　裕将	H28～H30
川口　泰弘	H28～H30
後藤　浩之	H28～H30
藤元　功	H28～H30
村上　豊和	H28～H30
吉川　智勝	H28～H30
劉　通剣	H28～H30
渡辺　真介	H28～H30
金澤　佑樹	H29
井上　一哉	H29～H30
大髙　正裕	H29～H30
木原　大樹	H29～H30
清水　昭洋	H29～H30
鈴木　達也	H29～H30
野ツ俣克彦	H29～H30
藤本　将光	H29～H30
森　守正	H29～H30
山田　了平	H29～H30
湯川　文哉	H29～H30
辻　正邦	H30
阪東　聖人	H30
石田　勇介	H30
今井　祐三	H30
上田　恭平	H30
太田　里佳	H30
垣本　浩司	H30
河田　利樹	H30
日下　拓也	H30
楠村　幸正	H30
小瀬川奉久	H30
竹山　智英	H30
橋本　篤	H30

8 名誉会員、表彰者等

名誉会員

年　度	氏名	
平成20年	中野　政詩	（東京大学名誉教授）
	福井　　實	（大手前大学教授）
平成21年	石川　浩次	（石川技術士事務所代表）
	宇野　尚雄	（岐阜大学名誉教授）
	河野伊一郎	（岡山大学名誉教授）
	平田　武弘	
平成22年	福田　　護	（大阪工業大学教授）
平成23年	松井　　保	（大阪大学名誉教授）
	森　　芳信	（日本大学名誉教授）
平成24年	岩崎　好規	（㈶地域地盤環境研究所執行理事）
平成25年	澤　　孝平	（明石工業高等専門学校名誉教授）
平成27年	沖村　　孝	（神戸大学名誉教授）
	望月　秋利	（徳島大学名誉教授）
平成28年	大西　有三	（京都大学名誉教授）
	嘉門　雅史	（京都大学名誉教授）
平成29年	関口　秀雄	（大阪市立大学理学研究科客員教授）
平成30年	田中　泰雄	（神戸大学名誉教授）
	橋本　　正	（㈱地域地盤環境研究所代表取締役会長）

功労章

年　度	受章者	
平成21年	澁谷　　啓	
平成23年	木村　　亮	建山　和由
平成25年	大島　昭彦	深川　良一
	橋本　　正	吉田　信之
平成27年	内田　一徳	常田　賢一
	勝見　　武	安川　郁夫
	諏訪　靖二	
平成29年	井合　　進	

地盤工学会賞

年　度	賞の名称	受賞業績	受賞者
平成20年	技術開発賞	鋼管矢板式構造物に対する連結鋼管矢板工法の開発	木村　　亮 稲積　真哉 ㈱データトゥ
	論 文 賞	IMPROVEMENTS IN NUCLEAR-DENSITY CONE PENETROMETER FOR NON-HOMOGENEOUS SOILS	Muthusamy Karthikeyan Thiam Soon Tan 三村　　衛 吉村　　貢 Choon Pen Tee
	研究奨励賞	A PRACTICAL NUMERICAL MODEL FOR SEEPAGE BEHAVIOR OF UNSATURATED SOIL	酒匂　一成
平成21年	技術開発賞	世界最長150mのパイプルーフを用いた大断面箱型トンネルの全断面掘削工法の開発	田中　啓之 五十嵐寛昌 田中　耕一

年　度	賞の名称	受賞業績	受賞者
平成22年	論文賞	NUMERICAL ANALYSIS OF THE EROSION AND THE TRANSPORT OF FINE PARTICLES WITHIN SOILS LEADING TO THE PIPING PHENOMENON	藤澤　和謙 村上　　章 西村　伸一
	論文賞	LIQSEDFLOW：ROLE OF TWO-PHASE PHYSICS IN SUBAQUEOUS SEDIMENT GRAVITY FLOWS	佐々　真志 関口　秀雄
平成23年	論文賞	炭酸カルシウム結晶析出による砂の液状化特性の改善効果	林　　和幸 岡村　未対 安原　英明
	研究奨励賞	An MPM-FDM Coupled Analysis Method for Multi-phase Elasto-plastic Soils	肥後　陽介
平成24年	技術開発賞	プラスチックボードドレーン打設機の油圧抵抗を利用した地質推定手法の開発	平田　昌史 白神新一郎 清水　英樹 久保　大輔 川井田　実
	論文賞	津波被害からの知見とハード対策の方向性の考察	常田　賢一 小泉　圭吾 谷本　隆介
	論文賞	Parameter identification for Cam-clay model in partial loading model tests using the particle filter	珠玖　隆行 村上　　章 西村　伸一 藤澤　和謙 中村　和幸
	論文賞	A simplified image analysis method to study LNAPL migration in porous media	Giancarlo Flores 勝見　　武 乾　　徹 嘉門　雅史
平成25年	技術業績賞	和歌山下津港本港地区耐震強化岸壁（－12m）における液状化対策について「防災復興対策の要を担う耐震強化岸壁の強靱化」	国土交通省近畿地方整備局 和歌山港湾事務所
	論文賞	拘束圧・温度に依存する花崗岩不連続面の不可逆透水特性に関する実験的評価	安原　英明 長谷川大貴 中島伸一郎 矢野　隆夫 岸田　　潔
平成26年	論文賞	固体系廃棄物の地盤工学的有効利用における遮水性コーティングの可能性	稲積　真哉 川端　秀雄 重松　祐司 宍戸　賢一
	研究奨励賞	地盤と構造物の耐震性評価の信頼性向上を目的とした既往の大規模地震において被災地点に作用した地震動の評価	秦　　吉弥
	研究奨励賞	2011年東北地方太平洋沖地震における地震動特性	後藤　浩之
平成27年	論文賞	Study of dynamic stability of unsaturated embankments with different water contents by centrifugal model tests	肥後　陽介 李　　忠元 土井　達也 衣川　哲平 木村　　亮 木元小百合 岡　二三生
平成28年	技術業績賞	「命の道　つながる紀勢線」の完成に貢献した巨大法面建設時の岩盤評価手法および施工・管理技術	国土交通省近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 大成建設㈱
	論文賞	The effects of block shape on the seismic behavior of dry-stone masonry retaining walls:A numerical investigation by discrete element modeling	福元　　豊 吉田　　順 阪口　　秀 村上　　章
	研究奨励賞	地盤汚染の封じ込めに用いられるソイルベントナイト遮水壁の空間的に連続な原位置性能評価手法の開発	髙井　敦史

年　度	賞の名称	受賞業績	受賞者
平成29年	地盤環境賞	100万m^3クラスの大規模・再生活用事業を対象とし、新たに強化・構築したETC車両認証による電子マニフェストを活用した、建設汚泥統合管理システムを開発・運営した「資源循環型共同プロジェクト」モデル事例	阪神高速道路㈱ 阪神高速技術㈱ （一財）関西環境管理技術センター 東洋建設㈱ 大阪ベントナイト事業協同組合 （一財）地域地盤環境研究所 勝見　武 嘉門　雅史
	技術業績賞	関西圏最大級断面のシールド施工および地下鉄トンネルとの超近接施工	大阪府都市整備部富田林土木事務所 大阪市交通局 大鉄工業吉田組森組紙谷工務店 共同企業体 ㈱大林組
	技術開発賞	円筒金網とチェーンを用いた災害復旧工法の開発	北村　明洋 奥西　一裕 久保田篤之 澤村　康生 寺本俊太郎 木村　亮

支部賞受賞者

年　度	賞の名称	受賞業績	受賞者
平成20年	地盤技術賞	チェーンを補強材とする補強土壁の開発（チェーンウォール工法の開発）	北村　明洋 木村　亮
		地盤構造物に生じる任意変状を光の色に変える技術の基礎研究	芥川　真一
		NSWS	大北　耕三 近藤　巧
		光ファイバと弾性体（天然ゴム）を用いた地山変位計測システムの開発	㈶地域地盤環境研究所 エヌ・ティ・ティ・インフラネット㈱関西支店 ㈱高速道路総合技術研究所 フリヂストン・ケー・ビー・ジー㈱
	学術賞	超音波レベル計を用いたリアルタイム雨量計の開発およびその適用	小山　倫史 大西　有三
平成21年	地盤技術賞	電磁誘導法と地中レーダー法を併用した新たな地下埋設物探査技術	エヌ・ティ・ティ・インフラネット㈱関西支店
		耐震性能を考慮した経済的な道路盛土の天端一体化工法	常田　賢一 竜田　尚希
		熱帯性豪雨（スコール）に起因する斜面降雨浸透に関する原位置モニタリングシステムの開発	大津　宏康 新村　知也
	学術賞	ソイルベントナイト地中連続遮水壁の長期信頼性の評価	乾　徹 勝見　武 嘉門　雅史 荒木　進
平成22年	地盤技術賞	超音波による土中水分・水位モニタリング技術	田中　克彦 深川　良一 酒匂　一成 平岡　伸隆 島村　誠 外狩　麻子
	社会貢献賞	土質試験結果の精度・不確かさ評価の意義とその地盤工学的応用	澤　孝平 中山　義久 中田　有美
平成23年	地盤技術賞	超高含水比状態における浚渫粘性土地盤の減容化に関する技術開発	神戸市みなと総局 大島　昭彦 五洋建設、不動テトラ、日下部特定建設工事共同企業体
	社会貢献賞	既設アンカー緊張力モニタリングシステム（Aki-Mos）の開発	日特建設㈱ 西日本高速道路㈱

年　度	賞の名称	受賞業績	受賞者
平成24年	地盤技術賞	岩盤斜面モニタリング用センサネットワークシステムの開発	西山　　哲 矢野　隆夫 南方　菜緒
		グラウンドアンカー緊張力の超音波による非破壊評価に関する研究	塩谷　智基 岩本　勲哉 大津　宏康 前田　良刀 藤原　　優
	社会貢献奨励賞	効果的な道路盛土耐震対策立案のための実務的地震危険度評価の先進的実施	常田　賢一 阪神高速道路㈱
平成25年	地盤技術賞	振動を利用した転石型落石に対する定量的な健全度判定法の技術開発	深田　隆弘 澁谷　　啓 森　　泰樹 高馬　太一
	学術賞	地盤構造物の耐震性能評価の信頼性向上を目的とした大規模地震による被災地点での強振動の推定	秦　　吉弥
	社会貢献賞	国内最大級の河道閉塞緊急対策工事の設計・施工	国土交通省近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所 鹿島建設㈱ 関西支店赤谷工事事務所
		東日本大震災による災害廃棄物の処理について	勝見　　武 ㈱大林組 ㈱鴻池組 伊藤　浩子 地下水地盤環境に関する研究協議会
平成26年	地盤技術賞	大規模な実群杭基礎の耐力・変形評価および予測解析手法の開発	新村　知也 寺本俊太郎 木村　　亮 井上　昭生 阿久津富弘 久保田修一
	地盤技術 奨励賞	ユビキタスネットワークによる土砂災害監視システムの開発	小泉　圭吾 小田　和広 西日本高速道路㈱ 西日本高速道路エンジニアリング関西㈱
	学術賞	津波による湾口防波堤の被災メカニズムの解明	京都大学防災研究所 井合・飛田研究室 国土交通省東北地方整備局 釜石港湾事務所
平成27年	学術賞	大阪地域の表層地盤モデルを用いた揺れやすさマップの作成	平井　俊之 堤　　杏紗 大島　昭彦 濱田　晃之 新井　　瞬
	社会貢献賞	神戸市道垂水妙法寺玉坂トンネル上部盛土における 既設道路盛土の地山・盛土補強土工法による耐震補強	神戸市建設局 復建調査設計㈱大阪支社 神戸大学大学院工学研究科 市民工学専攻地盤安全工学分野 ㈱複合技術研究所 ライト工業㈱西日本支社
	学術奨励賞	生物接触ろ過法を利用した自然由来の重金属汚染地下水の浄化	小河　篤史
平成28年	学術賞	道路盛土における「宙水」の発生メカニズムと発生条件の解明	肥後　陽介 南野　佑貴 片岡沙都紀 加藤　亮輔 大竹　　雄 吉村　　貢 甲斐　誠士

年　度	賞の名称	受賞業績	受賞者
平成28年	地盤技術賞	既存杭の引抜き撤去工における杭先端チャッキング・グラウチングシステムの技術開発	桑原　秀一 浜口　伸一 島田　義勝
	社会貢献賞	関西圏最大級断面のシールド施工および地下鉄トンネルとの超接近施工	大阪府都市整備部 富田林土木事務所 大阪市交通局 大鉄工業・吉田組・森組・紙谷工務店 共同企業体 ㈱大林組
	学術奨励賞	交通荷重を受ける鉄鋼スラグ混合盛土の水理・力学特性に関する研究	片岡沙都紀
平成29年	学術賞	降雨時の盛土内浸透流と空気圧分布について	河井　克之 片岡沙都紀 澁谷　　啓
	社会貢献賞	土砂災害により発生した災害廃棄物の適正処理と高リサイクル率の達成	㈱鴻池組
	社会貢献賞	平成23年台風12号に伴う熊野那智大社裏山の斜面崩壊・土石流に関する調査研究	矢野　晴彦 辻野　裕之 谷垣　勝久 石田　優子 田内　裕人 本塚　智貴 江種　伸之

事業企画賞・「地盤工学会誌」年間優秀賞

年　度	賞の名称	受賞業績	受賞者
平成25年	「地盤工学会誌」年間優秀賞	「海外で活躍する地盤工学」／平成24年9月号掲載	木村　　亮
	「地盤工学会誌」年間優秀賞	「自然斜面崩壊予測技術の従来の課題と背景―防災・減災を目指して―」／平成24年3月号掲載	沖村　　孝
平成26年	事業企画賞	地盤防災に関する市民向け講演会の企画事業	広報企画委員会 兵庫県南部地震を後世に伝承するための研究委員会 「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会
	「地盤工学会誌」年間優秀賞	「東日本大震災で発生した災害廃棄物とその課題」／平成25年2月号掲載	乾　　徹 小峯　秀雄 大野　博之 風間　基樹 大河原正文 門間　聖子
平成27年	「地盤工学会誌」年間優秀賞	「東日本大震災における地盤環境課題への取り組み」／平成26年10月号掲載	勝見　　武 遠藤　和人 乾　　徹 大河原正文 肴倉　宏史 保高　徹生

9 関西支部発行図書

★	平成19年12月	GISによる地盤情報の共有と活用　研究委員会報告書
★	平成20年12月	地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2008　論文集
★	平成21年05月	Prediction and Simulation Methods for Geohazard Mitigation
★	平成21年12月	地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2009　論文集
★	平成21年09月	流域地盤災害の減災技術の構築に関する研究委員会　報告書
★	平成22年11月	地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2010　論文集
★	平成22年03月	平成21年台風9号による河川災害調査　報告書
	平成22年06月	平成22年度　土質・基礎に関する技術講習会　―技術士受験のポイント―
★	平成22年07月	「地盤構造物の再生技術に関する研究委員会」報告会
★	平成23年11月	地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2011　論文集
★	平成23年07月	第46回地盤工学研究発表会　神戸大会CD-ROM
★	平成24年11月	地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2012　論文集
★	平成24年03月	兵庫県南部地震を後世に伝承するための研究委員会　報告書
★	平成25年10月	近年の「想定外」豪雨による災害について考えるシンポジウム2013
	平成25年11月	*Kansai Geo-Symposium* 2013 ―地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム―　論文集
	平成25年03月	地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性と その対応技術に関する研究委員会　報告書
★	平成26年11月	*Kansai Geo-Symposium* 2014 ―地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム―　論文集CD-ROM
★	平成27年11月	*Kansai Geo-Symposium* 2015 ―地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム―　論文集CD-ROM
	平成27年03月	「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会　報告書CD-ROM
	平成28年11月	*Kansai Geo-Symposium* 2016 ―地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム―　論文集CD-ROM
	平成29年11月	*Kansai Geo-Symposium* 2017 ―地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム―　論文集CD-ROM
★	平成28年09月	南海トラフ巨大地震に備えて ～南海トラフ巨大地震に関する被害予測と防災対策研究委員会　成果報告書～CD-ROM
★	平成30年03月	斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会　報告書
★	平成30年11月	*Kansai Geo-Symposium* 2018 ―地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム―　論文集CD-ROM

なお、上記の発行図書はいずれも限定販売です。
（★印は残部あり）

10 関西支部特別会員名簿

【特級】

㈱大林組
鹿島建設㈱関西支店
㈱鴻池組
国土交通省近畿地方整備局
大成建設㈱関西支店

【1級】

㈱淺沼組
大阪ガス㈱
㈱奥村組
五洋建設㈱大阪支店
中央復建コンサルタンツ㈱
西松建設㈱西日本支社　関西支店
㈱日建設計シビル

㈱不動テトラ大阪支店
前田建設工業㈱関西支店

【２級】
㈱大阪防水建設社
関西エアポート㈱
㈱建設技術研究所大阪本社
清水建設㈱関西支店
新関西国際空港㈱
大鉄工業㈱
㈱竹中土木大阪本店
東急建設㈱大阪支店
戸田建設㈱大阪支店
西日本旅客鉄道㈱
㈱ニュージェック
兵庫県
㈱マルイ
村本建設㈱

【３級】
大阪市高速電気軌道㈱
奥村組土木興業㈱
川崎地質㈱西日本支社
㈱環境総合テクノス
協同組合関西地盤環境研究センター
京都大学工学研究科都市社会工学専攻
　都市基盤システム工学・土木施工システム工学
京都大学大学院農学研究科
　地域環境科学専攻施設機能工学研究室
㈱近畿地域づくりセンター
国土交通省近畿地方整備局港湾空港部
ジェイアール西日本コンサルタンツ㈱
大成機工㈱
大和ハウス工業㈱総合技術研究所
㈱竹中工務店大阪本店
（一財）地域地盤環境研究所
中央開発㈱関西支社
西日本高速道路㈱関西支社
日本海工㈱
阪神高速技術㈱
丸五基礎工業㈱
㈱マルシン
三井住友建設㈱大阪支店
㈱吉田組土木本部

【４級】
㈱アーステック東洋
あおみ建設㈱
㈱淺川組
㈱アサノ大成基礎エンジニアリング　関西支社
㈱エステック
NTTインフラネット㈱関西事業部
応用地質㈱関西支社
㈱OSW
㈱OMこうべ
大阪市立大学大学院工学研究科　地盤工学研究室
大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻
　社会基盤工学部門地盤工学領域
大阪湾広域臨海環境整備センター
㈱オキココーポレーション
カネカケンテック㈱
金子基礎工事㈱
㈱キンキ地質センター
㈱山崎砂利商店
㈱三央
㈱修成建設コンサルタント
㈱ミライト・テクノロジーズ
㈱かんこう
㈱関西シビルコンサルタント
関西大学地盤環境工学研究室（楠見研究室）
基礎地盤コンサルタンツ㈱ 関西支社
キタイ設計㈱
京都市
京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻
　地盤力学研究室
京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻
　ジオマネジメント工学講座ジオフロントシステム工学分野
京都大学大学院地球環境学堂
京都大学防災研究所地震災害研究部門　耐震基礎研究分野
京都大学防災研究所地盤災害研究部門　地盤防災解析研究分野
協和設計㈱
㈱共和電業大阪営業所
（一社）近畿建設協会
錦城護謨㈱
㈱近代技研
㈱熊谷組関西支店
（一社）GRIDWALL工法協会
ケイコン㈱
計測技研㈱
計測テクノ㈱
㈱KGS
ケミカルグラウト㈱西日本支社　関西支店
神戸市建設局
神戸市道路公社
神戸市みなと総局技術部西神整備事務所
神戸市みなと総局技術部臨海整備事務所
神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻
　地盤安全工学教育研究分野
神戸大学大学院農学研究科土地環境学研究室
国土交通省近畿地方整備局　紀南河川国道工事事務所
国土交通省近畿地方整備局　京都国道事務所
国土交通省近畿地方整備局　神戸港湾空港技術調査事務所
国土交通省近畿地方整備局　滋賀国道事務所
国土交通省近畿地方整備局　豊岡河川国道事務所
国土交通省近畿地方整備局　福知山河川国道事務所
国土交通省近畿地方整備局　兵庫国道事務所
国土交通省近畿地方整備局　淀川河川事務所
国土防災技術㈱大阪支店
サンコーコンサルタント㈱大阪支店
サンスイコンサルタント㈱
㈱ジオシステム
㈱ジオブレーン

芝田土質㈱
㈱地盤調査事務所大阪事務所
㈱昭和設計
㈱白浜試錐
新生重機建設㈱
新日鐵住金㈱大阪支社
正和設計㈱
全日本コンサルタント㈱
㈱ソイルシステム
㈱ソイルテクニカ大阪営業所
綜合計測㈱
㈱ダイカ
大幸工業㈱
㈱ダイヤコンサルタント関西支社
太洋エンジニアリング
㈱田中
㈱地域地盤環境研究所
地球観測㈱
㈱中研コンサルタント
鉄建建設㈱大阪支店
㈱テノックス大阪営業所
東亜建設工業㈱大阪支店
㈱東京ソイルリサーチ関西支店
㈱東京測器研究所大阪営業所
㈱東畑建築事務所
東洋技研コンサルタント㈱
東洋建設㈱鳴尾研究所
内外エンジニアリング㈱
中林建設㈱
㈱中堀ソイルコーナー
西日本高速道路㈱
西日本高速道路エンジニアリング関西㈱
㈱西山工務店
㈱日建技術コンサルタント
㈱日水コン大阪支所
日特建設㈱大阪支店
日本交通技術㈱大阪支店
日本基礎技術㈱関西支店
日本コンクリート工業㈱大阪支店
ハウス技研通商㈱
パシフィックコンサルタンツ㈱大阪本社
播磨地質開発㈱
阪急設計コンサルタント㈱
阪急電鉄㈱
阪神高速技研㈱
阪神高速道路㈱
（一財）阪神高速道路技術センター
阪神国際港湾㈱
㈱阪神コンサルタンツ
阪神水道企業団
（公財）兵庫県まちづくり技術センター
ヒロセ㈱
㈱フジタ大阪支店
復建調査設計㈱大阪支社
平成テクノス㈱
報国エンジニアリング㈱
本州四国連絡高速道路㈱
前田工繊㈱
㈱松村組
丸泰土木㈱大阪営業所
みらい建設工業㈱大阪支店
㈱森組
㈱森本組
㈱安井建築設計事務所
㈱ヨコタテック
ライト工業㈱西日本支社
若築建設㈱大阪支店

11 60周年記念事業実行委員会名簿

	氏　名	所　属
委員長	南荘　淳	阪神高速技術㈱
副委員長	芥川　真一	神戸大学　大学院工学研究科
副委員長	小林　晃	関西大学　環境都市工学部
委　員	楠見　晴重	関西大学　環境都市工学部
委　員***	岸田　潔	京都大学　大学院工学研究科
委　員	石田　勇介	パシフィックコンサルタンツ㈱
委　員	乾　徹	大阪大学　大学院工学研究科
委　員	井上　一哉	神戸大学　大学院農学研究科
委　員	今井　祐三	国土交通省　近畿地方整備局
委　員	上田　恭平	京都大学　防災研究所
委　員	上枝　豊	㈱竹中工務店
委　員	太田　衛司	国土交通省　近畿地方整備局
委　員	大髙　正裕	清水建設㈱

	氏　名	所　属
委　員	太田　里佳	復建調査設計㈱
委　員	垣本　浩司	大成建設㈱
委　員**	片岡沙都紀	神戸大学　大学院工学研究科
委　員**	加藤　裕将	㈱環境総合テクノス
委　員	川口　泰弘	戸田建設㈱
委　員	河田　利樹	㈱大林組
委　員**	日下　拓也	日本工営㈱
委　員	小泉　圭吾	大阪大学　大学院工学研究科
委　員**	小瀬川奉久	㈱アサノ大成基礎エンジニアリング
委　員	後藤　浩之	京都大学　防災研究所
委　員*	小山　倫史	関西大学　社会安全学部
委　員	島田　幸奈	大東市
委　員	清水　昭洋	兵庫県
委　員**	鈴木　達也	㈱ニュージェック
委　員**	竹山　智英	神戸大学　大学院工学研究科
委　員	辻　正邦	清水建設㈱
委　員	中瀬　有祐	復建調査設計㈱
委　員	野ツ俣克彦	西松建設㈱
委　員	橋本　篤	協同組合関西地盤環境研究センター
委　員	阪東　聖人	西日本旅客鉄道㈱
委　員**	藤本　将光	立命館大学　理工学部
委　員	藤元　功	神戸市
委　員**	村上　豊和	西日本高速道路㈱
委　員	森　守正	㈱竹中土木
委　員	八島　正章	㈱大林組
委　員	山田　了平	関西エアポート㈱
委　員	湯川　文哉	ケミカルグラウト㈱
委　員	吉川　智勝	㈱建設技術研究所
委　員	渡辺　真介	阪神高速道路㈱

*　記念誌ワーキング主査
**　記念誌ワーキングメンバー
***　記念誌ワーキングアドバイザー

あとがき

昭和33年11月６日に地盤工学会関西支部が設立されてから、平成30年度で60年を迎えました。平成29年度に南荘淳支部長のもとで60周年記念事業実行委員会が発足し、50周年以降の10年間の活動・取り組みを振り返るとともに、支部の今後の発展を想起しつつ「温故知新―歴史と文化が育む関西の地盤工学と未来技術―」を全体テーマに掲げ、活動を行って参りました。今年度の支部主催の行事においては印刷物に60周年のシンボルマークを使用するなどし、60周年をアピールして参りました。あわせて、60周年記念事業として本記念誌の出版、ワークショップや見学会、記念式典・記念講演会などを企画・開催いたしました。個々の行事の様子については本記念誌でも報告を掲載しておりますのでご覧ください。

支部創立記念日である11月６日には、記念式典・記念講演会を開催いたしました。記念式典では、地盤工学会大谷順会長をはじめ、土木学会関西支部、日本建築学会近畿支部、農業農村工学会の来賓の方々より祝辞を賜りました。市民特別講演会では、浅田稔先生（大阪大学工学研究科教授）と尾池和夫先生（京都造形芸術大学学長）にご講演をいただきました。両先生にはご多忙の中、講演概要を事前にご準備いただき、この60周年記念誌に掲載することができました。

本記念誌では、上記の記念事業や記念講演について報告・収録しております。さらに、顧問（歴代支部長）、50周年以降の副支部長の方々による「エッセイ」、この10年間の地盤工学に関わる主なプロジェクトや自然災害を紹介する「建設プロジェクト」、「自然災害」、「歴史遺産と地盤工学」、全体テーマである「温故知新」および「自然災害」をテーマとした「座談会」、支部活動を紹介する「関西支部の活動」のページをそれぞれ設けました。

「建設プロジェクト」、「自然災害」、「歴史遺産と地盤工学」では、関西における道路、トンネル、ダム、埋立などの地盤に関連する特筆すべき建設プロジェクトや自然災害（平成30年は大阪北部地震や平成30年７月豪雨、台風第21号による防風・高潮など災害が多発した年でもありました）、さらには、歴史遺産の保存・修復に関する取り組みについて記事のご執筆をいただきました。執筆内容や執筆者の選定は、実行委員会記念誌ワーキングで行いました。十分に議論を尽くしてまいりましたが、ご執筆頂きました記事・内容以外にも重要なプロジェクトや出来事が抜けているかもしれません。御関係の方々には何卒ご容赦を頂けましたら幸いに存じます。

「座談会」は、全体テーマ「温故知新」に沿ったものと近年多発する「自然災害」を扱った２つの座談会の記録を掲載しております。「温故知新」をテーマとした座談会（立命館大学茨木キャンパスにて開催）では、年齢・性別・業種を問わず、多くの方々にお集まりいただき、これまで先人が残してきた地盤工学技術をどのように伝承し、若手の人材育成をどの

ようにするのか、新技術をどのように活用し融合するのかといったことを活発にご議論いただきました。また、「自然災害」をテーマとした座談会（関西大学高槻ミューズキャンパスにて開催）では、地盤工学会関西支部がこの10年で設立した自然災害に関わる研究委員会において委員長をお勤めいただいた先生方および民間でそれぞれのお立場でご活躍の方々をお招きして、近年多発する自然災害、地盤災害のリスクにどのように向き合うのかについて活発な議論をいただきました。

最後になりましたが、本記念誌の出版にあたりご祝辞を賜りました各学会の先生方、エッセイのご執筆をお願いいたしました歴代の支部長・副支部長の方々、「建設プロジェクト」、「自然災害」、「歴史遺産と地盤工学」の原稿をご執筆いただいた皆様、座談会にご出席・ご参画いただいた皆様方、その他ご協力いただきました方々に厚くお礼申し上げます。

また、60周年記念事業実行委員会の副委員長としてご尽力いただいた小林晃先生（関西大学環境都市工学部教授）が2018年８月に、地盤工学会関西支部の顧問として学会にご尽力され、エッセイをご執筆いただきました足立紀尚先生（一般財団法人地域地盤環境研究所 代表理事、京都大学名誉教授）が2019年２月にそれぞれご逝去されました。両先生のこれまでの地盤工学会関西支部への多大なご貢献に感謝いたしますとともに、心よりご冥福をお祈り申し上げます。

平成31年３月20日

地盤工学会関西支部60周年記念事業実行委員会、記念誌WG
主査　関西大学社会安全学部 准教授
小　山　倫　史

公益社団法人 地盤工学会関西支部創立60周年記念誌

平成31年3月20日発行

編集兼発行者　公益社団法人 地盤工学会関西支部
THE JAPANESE GEOTECHNICAL SOCIETY
KANSAI BRANCH
〒540-0012　大阪市中央区谷町1丁目5番7号
（ストークビル天満橋8階801号室）
TEL.06-6946-0393　FAX.06-6946-0383
E-mail:office@jgskb.jp
http://www.jgskb.jp

印刷・製本　あさひ高速印刷株式会社
〒550-0002　大阪市西区江戸堀2丁目1番13号
TEL.06-6448-7521　FAX.06-6447-1896
E-mail:thanks@ag-media.co.jp
http://www.ag-media.jp



地盤工学会関西支部