

# DS-1 地盤工学会における基準の国際化対応

浅田素之  
清水建設(株)

今村聡  
大成建設(株)

## 1. はじめに

ISO 国内委員会では、例年、地盤工学会が担当する TC (Technical Committee ; 技術委員会) の活動状況を DS (ディスカッションセッション) で報告している。地盤工学会が国内審議団体を務めている TC は現在、TC182 Geotechnics (地盤工学)、TC190 Soil quality (地盤環境)、TC221 Geosynthetics (ジオシンセティックス) の 3 つである。TC の中には、SC(Sub Committee)が、SC の中には WG(Working Group)がある。

一方で、日本企業が活躍しているアジアをはじめとする海外に、赤本、青本に代表される世界に誇るべき JGS 基準を宣伝、活用する機運が高まっている。しかし、資金不足の折、基準の英訳作業が課題となっている。そこで、DS では英訳作業を担当する基準部からも参加いただいて、「地盤工学会における基準の国際化対応」に関し、討論を行った。

## 2. ISO の審議状況

### 2.1 地盤関連 ISO の審議状況と地盤工学会における ISO 活動

表-1 に、3 つの TC における平成 25 年度の検討規格案件数を示した。70 件以上の案件に対応している。

表-1 2013 年の検討規格案件数

TC	TC182	TC190	TC221
案件数	13	48	12

### 2.2 TC182 室内土質試験方法の国際規格審議状況 (豊田浩史 長岡技術科学大学)

WG1 室内土質試験を中心に活動している。CEN 欧州標準化機構が議論をリードしている WG であり、CEN/TC341/WG6 の会議に、日本はオブザーバーとして参加している。8 割程度日本は賛成できるが、細粒分の粒径の定義など、強く変更を望む点が数か所あるため、積極的に審議に加わっている。

### 2.3 ISO/TC190 地盤環境の審議状況 (浅田素之)

現在 6 つの SC があり、日本では 2000 年から精力的に活動してきた。審議案件数も多く、(一社)土壤環境センターと共同して、対応している。2013 年 9 月には、2005 年の東京大会に続く、日本がホストする第二回目の年次総会を九州大学で実施し、13 か国から 70 名の専門家が集まった。

### 2.4 ISO/TC221 ジオシンセティックス関連規格に関する現状と今後の展開 (椋木俊文 熊本大学)

国際ジオシンセティックス学会のコアメンバーから構成されており、現在 WG が 5 つあり、安定化と耐候性などの話題が積極的に議論されている。

## 3. パネルディスカッション

パネラーとして、佐藤毅 基準部長 (東洋建設)、坂井宏行 (JR 総研)、中島誠 (国際環境ソリューションズ)、肴倉宏史 (国立環境研究所) の各氏に、話題提供をいただいた。

佐藤氏には、JGS 基準の英訳化について、熱く語っていただいた。日本の建設会社やコンサルが海外基準の理解と使用を強いられる非効率な現状を何とか打破するため、室内試験及び調査に関する日本語で作成されている JGS 基準の海外での普及を図りたいと考えている。一部であっても、日本基準が定着し、東南アジア諸国の土質試験・地盤調査技術が、日本基準を礎として熟練されることが目標である。

坂井氏からは、TC 190/SC3 /WG10 運営 WG の活動を紹介いただいた。精密分析による地盤汚染調査計画の前に行う「スクリーニング」という新たな概念に基づく試験法を標準化している。ISO のコンビーナ (WG 議長) に学会員としてはじめて就任し、我が国主導で ISO を 2 件、TR(Technical Report)を 1 件、発効させた。

中島氏には、TC190/SC2 サンプルングを、肴倉氏には、TC190/SC 7 土および現地評価を紹介いただいた。SC2 では、地盤の汚染調査に関するサンプルング計画、技術、安全管理について審議している。SC7 では WG (WG 12) が新設されることとなったサステイナブルレメディエーションなどのような新たなコンサルティング的なテーマへの動きも活発化する可能性がある。

## 4. おわりに

N 値、土粒子の分類方法など、国内と海外で違いがある基準への対応をどうするか。情報収集だけでも手間がかかるうえに、日本の立場を主張するのは骨が折れる。しかし、手を抜くと、後々ボディーブローのように効くため、時間はかかるが、決して侮れない作業である。建設業の国際化が叫ばれる中、ISO の国内導入、JGS 基準の海外発信など、国内と海外の整合性を取りながら、基準を国際化する工夫が、ますます重要である。

## DS-2 地盤材料試験結果の精度・ばらつきを考える

日 置 和 昭

大阪工業大学 工学部

### 1. はじめに

本セッションは、地盤材料試験に関する技能試験の継続的实施に向けて設置された「技能試験実施委員会」が主催したもので、委員会活動報告とこれに関連する発表5編で構成された第1部と、話題提供と一般発表5編で構成された第2部との2部構成で行われた。

### 2. 技能試験の現状と研究の動向

地盤工学会では、これまでに3回の技能試験を実施し、地盤材料試験の精度確認を行っている。平成23年度は、「地盤材料試験結果の精度分析と表記方法についての研究委員会」(委員長:澤孝平氏)が日本適合性認定協会と共催で粘性土の物理的性質試験を実施し、平成24年度には「技能試験準備委員会」(委員長:澤孝平氏)が改良土の湿潤密度試験と一軸圧縮試験を実施している。また、平成25年度には「技能試験実施委員会」が砂質土の物理的性質試験を実施している。

第1部では、委員会活動報告(報告者:大阪工業大学 日置和昭)として、委員会設立の経緯、試験機関が技能試験に参加する意義、地盤工学会が技能試験を継続実施する意義、地盤材料試験の変動係数などが報告された後、これに関連する5編の発表(発表者:関西地盤環境研究センター 中山義久氏, 地域地盤環境研究所 藤原照幸氏, 基礎地盤コンサルタンツ 浜田英治氏, 川崎地質 沼倉桂一氏, 大阪工業大学 日置和昭)があった。技能試験は、社内教育・学生指導や自機関の精度確認に利用されていること、地盤材料試験の変動係数は、粘性土を対象とした粒度試験(沈降分析を含む)や液性限界・塑性限界試験、また改良土を対象とした一軸圧縮試験で大きいことなどが報告されるとともに、技能試験の評価方法やアン

ケート調査結果などが紹介された。また、技能試験のPDCAサイクルとCHECK事例についても紹介がなされ、現状ではPDCAサイクルが十分に機能していない、地盤材料試験の精度には試験に対する試験機関や試験者の“心構え”が影響しているとの見解が示された。

第2部では、地盤材料試験結果の不確かさ評価に関する話題提供(提供者:関西地盤環境研究センター 澤孝平氏)の後、5編の一般発表(発表者:関西地盤環境研究センター 澤孝平氏, 不動テトラ 出野智之氏, 茨木大学 伊藤紗由未氏, 群馬大学 佐竹亮一郎氏, 大阪大学 横田健一氏)があった。技能試験で配付される試料の均質性、深層混合処理工法による改良体の品質(変動係数)、砂・ベントナイト混合土の透水試験(透水係数)、地盤情報の空間的不均質性・空間補間に関する発表であったが、地盤材料試験結果の変動係数などを評価する際の必要サンプル数、地盤材料試験に求められる精度などが議論された。今後、地盤材料試験の精度・ばらつきを実務(設計、施工、品質管理など)にも反映させる必要があり、これらをテーマとした研究の活性化を期待する。

### 3. まとめ

平成26年度の技能試験では、粘性土の物理的性質試験を実施する。技能試験への参加機関数は、平成23年度:45機関、平成24年度:51機関、平成25年度:55機関、平成26年度:66機関と右肩上がりである。今後、技能試験実施委員会は、技能試験のPDCAサイクルを十分に機能させ、地盤材料試験の精度・信頼性向上に努める所存である。また、聴講者から要望があった三軸圧縮試験や透水試験についても、技能試験の実施に向けて検討を進めたい。

## DS-3 地盤系自然および文化遺産とその特性

岩崎好規

ATC19 委員長 ((一財) 地域地盤環境研究所)

三村 衛

ATC19 委員会幹事長 (京都大学大学院)

### 1. はじめに

本稿は、平成 26 年北九州市において開催された第 49 回地盤工学研究発表会の DS 3 「地盤系自然および文化遺産とその特性」のディスカッションセッションの総括である。

DS3 は、アジア地域の地盤遺産委員会 ATC19 国内委員会の提唱で開催されたものである。本セッションでは文化遺産に関する以下の 13 論文が発表された。

#### A 石積構造

マチュピチュ遺跡「太陽の神殿」の修復保存 -II-

#### B 石積および版築構造—アンコール遺跡系

バイヨン寺院周辺の自然地盤の力学特性とモデル化

NMM-DDA によるバイヨン寺院と地盤の安定解析

バイヨン中央祠堂砂岩の強度評価と劣化砂岩の抽出

基壇盛土の真正性、タタキ技法による修復と技術移転

#### C 石窟構造 —敦煌莫高窟

第 108 窟における電気探査による水分環境

石窟周辺地盤における水蒸気移動

#### D 古墳構造

中国黄河流域の地下埋葬墓に見る古代人の浸透水対策

針貫入試験結果への墳丘断面の新鮮度の影響

降雨時の墳丘斜面の安定性の評価方法に関する検討

#### E 近代遺産系構造

海上人工島である東京湾第二海堡の地盤構造建設技術

横須賀造船所石造ドライドック裏込め土の鉱物組成

写真測量による横須賀製鉄所石材表面侵食量の測定

### 2. 発表された地盤遺産の研究と動向

本セッションで発表された研究は、対象とする構造からは、A 石積、B 石積および版築、C 石窟、D 古墳、E 近代遺産の 4 つに分類できる。

#### 2.1 石積構造

石積構造の安定性は、石積の沈下、傾斜、目地開きなどの変状を評価し、その原因を調査して、確定する必要がある。マチュピチュにおける事例では、基盤の変状ではなく樹木の根によるもので、写真測量を中心として目地幅および分布などの評価を行っている。

#### 2.2 石積および版築構造

石積および版築構造の安定性は、変状の原因が、自然地盤、人工地盤としての版築土などの基盤にある場合と、石積構造にある場合、および相互作用としての影響が認められる場合がある。アンコール遺跡における変状問題は、積石自体の風化による強度劣化をシュミットハンマーによる打撃試験による積石の強度評価、相互作用としての評価を解析的に実施するためには、遺跡構成要素の

自然地盤、人工地盤としての版築土、さらに積石を弾性体ブロック体としてモデル化を行い、力学シミュレーションを実施しようとする試みも報告された。

#### 2.3 石窟構造

中国敦煌は、第四紀の地質年代に堆積した崖面を掘った窟内の壁面に壁画が描かれ、塑像が窟内に設置されている。石窟内部においては、壁画の劣化が多く見られている。この劣化の重要な要因の一つは、塩類析出(Salting out)である。塩類析出とは、水に溶解している塩類が、溶液から固体に変化する現象である。相対湿度が小さければ溶液の水分が蒸発し、析出に至るが、析出すると、析出する場所が地表から数 mm 程度の位置で、結晶に伴う膨張圧によって、剥離が生じる。

敦煌においては、電気探査によって窟周辺の電気比抵抗値の分布から地山の水分変化を推定し、土粒子表面の水に塩分が潮解しており、この溶解塩分が石窟表面において、石窟表面が乾燥していると、塩類析出が発生するというモデルが提案された。

#### 2.4 古墳構造

古墳構造が、地下か、あるいは、地上に盛土を構築したかは、地下水の深度によっているのではないかということをも中国黄河領域の地下埋葬を事例に議論された。

また、豪雨によって斜面崩壊した古墳の斜面構造の評価も議論された。

#### 2.5 近代遺産系構造

明治時代に構築された横須賀造船所や東京湾に構築された軍事要塞として人工島が紹介された。横須賀造船所は明治 4 年—17 年に建設されたが、コンクリートの化学分析を通じて、当時の技術を現代と比較議論された。また、写真測量による石材風化も議論された。人工島は明治 40 年に完成した第 2 海堡であるが、関東地震にも耐えて現存する歴史遺跡であるが、損傷風化も進んでいることを訴える論文である。

### 3. 終わりに

地盤遺産工学は、地盤工学における新しい分野である。調査が必要な古墳においても、文化庁は、「ボーリングなどの破壊を伴う調査は許可しない」としている。これでは、救われる遺産も、朽ち果てる運命を辿らざるを得ない。ATC19 委員会は、地盤工学を通じて、遺跡保存に貢献するべく地に足を付けた活動を展開する予定です。皆様のご参加、ご支援をよろしくお願いいたします。

## DS-4 地盤情報データベースの整備とその利活用

三 村 衛

京都大学 大学院工学研究科

### 1. はじめに

本報告では、DS-4:地盤情報データベースの整備とその利活用のセッションについて総括する。本セッションは、地下の地盤情報をデータベース化し、それを建設プロジェクトや地震被害想定に利活用するためのスキームと事例について話題提供をしていただき、現行の問題点と将来に向けた研究動向について議論することを目的として開催された。主催委員会は ATC10 (Urban-Geoinformatics; 都市地盤情報国内委員会) である。

### 2. 研究及び技術動向

地盤情報データベースはコンピュータの技術進歩とともに歩んできたと言える。ATC10 が設立された 2002 年当時は地盤情報データベース? という状況であり、京阪神の地盤についてのデータベース化と地域地盤研究を行っていた関西圏の研究者としては説明するのに苦慮した記憶があるが、その後、国、地方自治体などもデータの公開、地震防災検討への利活用と、その価値と意味についての理解が進み、現在では平成 18 年度から 5 年間にわたって活動した科学技術振興調整費「統合化地下構造データベースの構築」の中で地盤工学会が担当した「表層地盤のデータベース連携に関する研究」で提起された「全国電子地盤図」が主要都市を中心として全国 34 都市について構築され、ウェブ公開されるに至っている。当初から ATC10 のメンバーとして関わってきた者としては隔世の感がある。地盤情報データベースの構築、公開に向けた地盤モデル作成、できたモデルを利活用するスキームの提案というそれぞれの時期に求められる技術を確立しながら活動を続けてきた。現在では地盤情報とともに簡単な一次元の動的解析を行うことができる簡易ソフトを組み込んだものも作製されている<sup>1)</sup>。

こうした状況を受け、本 DS では、海外の事例として、イスタンブールの地震被害予測、台湾と英国における最近の動向、また日本における保険事業からみた地盤情報の意味、中山間地における災害と地盤情報、宅地造成、特に切り盛りによる丘陵地の開発と災害の関係、新関東の地盤における地盤情報の活用事例、全国電子地盤図の各都市への展開、大容量三次元地震動解析への地盤情報データベースの貢献のあり方といった多彩な話題提供をいただいた。

議論の中で地盤工学としての社会貢献について、特に

山口亮氏(損害料率算出機構)の日本における保険事業からみた地盤情報に対しては、専門家の説明や評価が宅地価格に反映できるかという質問が出されたのに対し、山口氏は代理店ベースで判断できないレベルのものは反映できないと述べた。局地的な地下構造の変動は点情報であるボーリングデータだけでは捉えきれない。地盤情報データベースの使い方として広域の地盤性状の把握、堆積環境や地形による特徴を反映させた地域地盤特性の評価などが得意分野となり、個々の宅地レベルでの地盤条件の相違という問題は個別に地盤調査を行って評価すべきものである。その意味で保険料への反映という問題はかなりハードルの高い話であるということがわかる。また、中山間地の斜面崩壊に関する問題に対する地盤情報の貢献という観点からの質疑も行われた。都市部のようにプロジェクトが多くない山間部ではボーリングデータ数が極端に少なく、また基本的に岩盤であるので平地部のようなデータベースのイメージは捨てないといけない。また崩壊に寄与するパラメータとしてはN値よりは、岩質、岩盤等級、風化土層の層厚、水分保持特性、層境界の傾斜方向(流れ盤か受け盤か)、飽和度の変化に伴う土の強度変動といった諸量を知ることが重要であり、現在の都市中心のデータベースとは異なるアプローチとデータ収集が求められることに参加者の賛同が得られた。自然斜面のみならず、切り盛り造成地の問題も突っ込んで議論された。このテーマについて講演いただいた佐藤真吾氏(復建技術コンサルタント)は切盛境界図は複合的に見れば十分ハザードマップとなりうるという見解を述べられた。東北地方の震害を幅広く調査された実績に裏打ちされた大変説得力のあるコメントであった。

### 3. まとめ

地盤を知るための打ち出の小槌はなく、地盤情報データベースも得手不得手がある。ボーリングデータ以外にも幅広く地盤情報を集積し、複合的に地盤を診ていくというスタンスが必要であり、地盤工学の専門家の存在意義は情報評価、判断のところにこそあるということではなかろうか。今回他分野、異業種からの参加をお願いし、非常に意義深い議論を戦わせることができたと確信している。

参考文献：1) 公益社団法人地盤工学会：新関東の地盤、237p, 2014.

## DS-5 岩盤の長期計測技術の現状と今後の展望

青木 智幸  
大成建設(株) 技術センター

安原 英明  
愛媛大学大学院 理工学研究科

### 1. はじめに

本報告では、「DS-5 岩盤の長期計測技術の現状と今後の展望」のセッションについて総括する。本セッションは、岩盤工学企画委員会にて主催された。岩盤工学企画委員会は、岩の力学連合会<sup>注1</sup>の運営等に連携および協力するための窓口としての活動とともに、地盤工学会の研究発表会において DS を企画し、岩盤工学に関連するトピックスの情報発信・意見交換の場を提供する活動を行っている。

本セッションでは、岩盤の長期変動が工学的構造物に及ぼす影響を知る目的で実施されている長期計測をテーマとし、様々な分野における技術と実践に関して事例を提供し、知見の共有を図った。

### 2. 研究及び技術動向

本セッションでは、下記に示す4件について貴重な事例を紹介して頂いた。

「深層ボーリング孔を用いた地下水の長期観測—東北地方太平洋沖地震前後の水圧変化について—」(別府伸治: 日本原子力研究開発機構)では、瑞浪超深地層研究所における研究坑道の掘削が地下水に与える影響を把握するために長期モニタリングを実施している。その中で東北地方太平洋沖地震およびその後の地震時に観測された計18箇所の観測孔の地下水圧の変化について紹介した。地震に伴う地下水圧変化を7つのタイプに分類し、その変化挙動の傾向は断層やリニアメントを境界に異なることが示された。

「黒部ダム建設時の岩盤試験と長期計測に基づく岩盤挙動」(出野尚: 関西電力)では、51年前に竣工した黒部ダムの建設時に開発された種々の大型原位置岩盤試験について紹介した。これらは現在まで使用されている原位置岩盤試験の基礎となっており、室内試験結果との対比など現在においても有効な貴重な知見が示された。さらに、当時開発された長期計測用の岩盤変位計と現在までの長期にわたる堤体や基礎岩盤の変位等の計測結果を

提示し、ダムが第3期と言われる安定状態にあることを示した。岩の力学連合会も黒部ダムとほぼ同じく本年に50周年を迎えたが、岩盤工学の黎明期にこのような綿密な検討と技術開発が行われたことに驚嘆する。

「長期供用ダムにおける安全管理のための計測に関する検討」(小堀俊秀: 土木研究所)では、長期供用されているダムにおいて実施されている長期計測に関する現状を調査した結果について率直に紹介し、問題点が分析された。さらに、国交省として現在取り組んでいるダム総合点検と維持管理方針の策定について述べ、長寿命化の観点から、挙動の安定したダムにおける安全管理のための継続的な計測項目と計測箇所の抽出の考え方を示した。今後の運用が期待される。

「地殻や岩盤を対象とした長期ひずみ観測の事例」(横山幸也: 応用地質)では、理学分野で実施されている100年以上の期間を対象とした長期計測を紹介した。一例として、国立天文台が実施している地下岩盤の高精度ひずみ計測の事例について言及する。これは、地下トンネル内に長さ30mの石英管ひずみ計を異なる3方向に設置するものであり、 $10^{-6}$ 未満のオーダーのひずみを連続計測するものである。東北地方太平洋沖地震前後の期間の地殻ひずみの連続的な経時変化が示されたが、GPSを用いたGEONETによる計測結果と調和する結果となっており興味深い。

討議の時間では、フロアからの情報提供として、「高精度傾斜計による観測データ」(廣岡知: JX日鉱日石探開)が紹介された。これは、串木野国家石油備蓄基地における地下岩盤空洞の力学挙動監視に関して、1ナノラジアン分解能を持つ高精度傾斜計を用いて長期計測を行っている事例であり、荷役実技訓練の際の岩盤タンクへの原油の受入れ・払出しに伴う岩盤内の傾斜挙動の観測例などが示された。

### 3. まとめ

岩盤の長期変動が工学的構造物に及ぼす影響を知ることは、重要構造物の長期性能を評価する上で重要であり、そのための計測技術の開発と醸成が不可欠である。

岩盤の長期計測には継続性という問題が伴うが、本セッションで紹介された岩盤の長期計測の事例では、目的はそれぞれ異なるものの、計測方法や機器の長期耐久性や交換などのメンテナンスに関しても貴重な工夫の実践が示された。時代の要請は構造物の長寿命化であり、本セッションでは貴重な情報を提供できたと思う。

注1: 一般社団法人岩の力学連合会は、日本を代表して国際岩の力学学会(International Society for Rock Mechanics: ISRM)に加盟している組織で、土木学会、地盤工学会、資源・素材学会、日本材料学会の4学会が組織母体となって、個人会員および賛助会員から構成されている。

# DS-6 低コスト・高精度な地盤調査法に基づく宅地の液状化判定と被害予測

大 島 昭 彦

大阪市立大学大学院工学研究科

## 1. はじめに

「低コスト・高精度な地盤調査法に基づく宅地の液状化被害予測研究委員会」は、宅地調査に用いられるスウェーデン式サウンディング試験 (SWS) と動的コーン貫入試験 (DCPT) を対象に、低コストのまま高精度に地盤強度と土質判定が得られるように試験方法を改良し、それに基づく液状化判定と被害予測手法を開発することを目的に活動している。

本 DS-6 では、過去 2 年間に日本各地の 9 地点・12 箇所で開催された地盤調査法の比較試験を踏まえて、その結果のとりまとめが報告された。まず、第 1 部「地盤調査法の高精度化」として 5 編 (No.37~41)、第 2 部「土質判定手法の開発と液状化判定」として 8 編 (No.42~49) の個人発表と討論がなされた。次に、第 3 部「2 年間の研究委員会活動成果の報告と総合討論」がなされた。

## 2. 研究及び技術動向

第 1 部「地盤調査法の高精度化」では、まず、大型動的コーン貫入試験 (SRS) の打撃装置自重の影響、中型動的コーン貫入試験 (MRS) の  $N_a$  値の補正方法の検討が報告された。特に SRS 従来機の自重は過大であり、改良された自重低減機がこれからの標準機となるとされたが、従来機をどのように改造するかが今後の課題となった。次に、昨年の守山市で測定された 13 種類の動的貫入試験 (標準貫入試験 (SPT) と各種 DCPT) の打撃効率 (打撃エネルギーがアンビル・ロッドに伝達されるエネルギー比) の測定結果の続報が報告された。統計的処理が可能となる 21 ケースの解析を行い、一部を除き、概ね 60%以上となることが明らかにされ、新たな知見として注目を集めた。さらに、SWS 試験を対象とし回転トルク測定を試み、CPT による解釈も新たな知見として注目を集めた。

第 2 部「土質判定手法の開発と液状化判定」では、まず、DCPT と SWS 試験に併用する既存及び新規開発された簡易サンプラーが紹介され、それによる試料の細粒分含有率  $F_c$  が SPT 試料による値と比較され、その精度が議論された。討論ではそもそも SPT 試料にも問題があることが提示されたが、所定の深度の試料を確実に採取できるサンプラーの開発が今後も必要と感じられた。次に、調査法としての総まとめとして、5 地点での各種地盤調査法による液状化判定の比較が報告された。SRS、

MRS、SWS による換算  $N$  値と簡易サンプラー試料による  $F_c$  を併用すれば、SPT に近い液状化判定が可能との報告は注目を集めた。さらに、一次元有効応力解析による液状化による地盤沈下量の予測、宅地地盤情報データベースの開発も注目を集めた。

第 3 部「2 年間の研究委員会活動成果の報告と総合討論」では、まず「SRS、MRS の高精度化」として、SRS の打撃装置自重の影響は粘性土で大きいこと、SRS と SPT の対応関係が土質によって異なることとその理由、MRS の  $N_a$  値の補正方法は理論に基づく新補正が妥当であること、などが報告され、新規学会基準「動的コーン貫入試験」の内容に関わる討論がなされた。次に、「SWS の高精度化」として、ロッドの周面摩擦の影響は粘性土で大きいこと、 $W_{sw} \cdot N_{sw}$  と  $N$  値の関係は大きくばらつくが、稲田式は砂質土では平均的な値を、粘性土では上限値を与えること、粘性土の  $W_{sw} \cdot N_{sw}$  と  $q_u$  値の関係の稲田式は上限値を与えること、などが報告され、排水試験である静的な SWS と非排水試験である動的な SPT の解釈について討論がなされた。さらに、「地下水位測定と簡易サンプラーによる土質判定」として、地下水位は SRS、MRS、SWS の試験孔で通電式や比抵抗の水位計で精度よく測定できること、SRS 用新型開閉式サンプラーや SWS 用開閉貫入式サンプラー及びバイプロサンプラー (手動式、自動式) は比較的精度よく試料採取が可能であること、などが報告され、さらなるサンプラーの改良について討論がなされた。次に、国土交通省都市局の「宅地の液状化被害可能性判定の技術指針 (案)」をベースとした「宅地の液状化被害予測手法」が提案され、 $P_L$  値や  $D_{ey}$  値から地盤沈下量及び建物傾斜角を推定する方法が示された。最後に、今後の課題についてまとめられ、セッションが終了した。

## 3. まとめ

学会最終日午後ではあったが、多数の参加者があり、質疑も盛り上がった。東日本大震災以降、特に宅地の液状化判定に関わる地盤調査としてのサウンディングが注目され、発表件数も多くなっており (過去 5 年が 44, 47, 34, 22, 9 件)、この分野の重要性が再認識されていると考えられる。

なお、本委員会の研究成果は総合研究報告書として本研究発表会 DVD-ROM (DS 資料) に全編掲載しているので、参照いただければ幸いです。

# DS-7 多発する地盤災害に挑む時間・空間のマルチスケール解析・実験技術

中 田 幸 男  
山口大学

## 1. はじめに

近年相次いで発生している激甚災害や複合災害に対抗するには、損傷後にもねばり強さを発揮する土構造の活用が求められている。この構造物の評価には、時間と空間のマルチスケールに対応する実験・解析技術の高度化が必要である。本セッションは、TC105 国内委員会によって前回の富山大会から継続して運営されるもので、最新技術が、地盤災害の被害低減に対してどこまで寄与できるのか、という観点で深く議論を掘り下げようとするものである。

## 2. 研究の動向

この動向は、森口幹事長（東北大学）によってディスカッションに先立って紹介された。

本セッションで取り上げる技術に対する要求は、1996年の阪神大震災、2011年の東日本大震災で大きく変化した。阪神大震災以前では、破壊現象毎にモデル化が行われ、手法の高度化がすすめられていた。阪神大震災発生により、変形レベルが拡大し、破壊後の大変形に対する取扱いの重要性が明確にされるようになった。さらに、東日本大震災では、災害の重複性や複雑化が問題視されるようになり、広域・地球規模レベル（空間）、長期間問題への対応（時間）が認識されてきた。あわせて、予測精

度に対しても高い要求が社会的に高まってきている。現状での予測・実験技術には、地盤災害の時空間スケールにてらしあわせ、予測精度が低く、ばらつきの高いスケール域があることを説明された。

## 3. セッションでの発表と議論

セッションには、MPM（粒子法）を用いた盛土の大変形に対する検討、斜面表層の崩壊監視に対する実験的検討、個別要素法による落石の再現性の検討、降雨特性を踏まえた土構造物の降雨浸透崩壊に対する検討、地盤の変形解析にかかわる粒子法の適用性、地盤災害軽減に向けた時間軸マルチスケールに対する検討が報告された。

粒子法に対する検討では、予測できる変形レベルに対する議論があった。崩壊の監視では、ある測定項目における危険状態の評価について崩壊規模の検討が指摘された。落石の検討では、モデル化の正確さと落石挙動の精度が議論された。降雨浸透崩壊では、粒子レベル、要素レベル、構造レベルという、不安定化を引き起こす3つのレベルの連鎖の評価の必要性が紹介された。地盤災害軽減に対する検討では、短期防災と長期防災の考え方の提案があり、長期防災には生態系の評価や、地形のような地盤形成が含まれるという話題が取り上げられた。

取り上げている研究テーマには、まだまだ多くの時間と多くの研究者の不断の取り組みが欠かせないといえる。

## DS-8 21世紀の地盤環境問題の解決方策とその展望

佐藤 研 一  
福岡大学

### 1. はじめに

今年のDS-8は、「21世紀の新しい地盤環境問題の解決方策に関する研究委員会」が主催とするディスカッションセッションであり、セッションでは一般発表と5月で終了した委員会の最終活動報告も同時に行われた。

第1, 2部において14編の一般発表が行われ、第3部では3年間4つのWGで活動した研究成果について委員会より報告がなされた。長時間に及ぶセッションにも関わらず、21世紀の地盤環境問題に対する問題提起やその解決策に向けて活発な議論が展開された。各セッションの内容と報告は以下に示すとおりである。

### 2. 研究および技術動向

第1部では、7編の一般発表が行われた。ここでは、主に研究委員会のWGで検討されている「廃棄物利用WG」、「試験法WG」に関連する研究テーマのものであった。

廃棄物の有効利用に関しては、東北で発生した復興資材を流動化処理土への適用を検討すると同時に材料の強度評価に小型FWDを用いることを提案するもの、堆積廃棄物地盤の現場強度を簡易に推定する方法を大型の一面せん断試験装置を用いて行った事例が報告された。

今後、国内で発生し得る災害により発生する廃棄物の有効利用を図っていくためにも、発生する廃棄物ごとの利用先や環境負荷低減を把握し、これらを体系化させていくことが重要であることが示された。

一方、試験法WGに関するテーマに関しては、WGの中でも特に力を注いだ「カラム通水試験」の適用性と雨水暴露試験に関する5編の研究報告がなされた。このうち4編は、上向流カラム試験に着目し、このカラム試験から得られるデータの評価について検討している。特に、試験に用いる試料の準備方法(含水比)、粒径、通水速度、土壌充填量、溶媒、飽和方法などの要因がカラム試験の溶出試験結果に及ぼす影響について検討した結果を報告している。また、同一試料を用いたバッチ試験の結果から溶出特性の評価を行っている。セッションの討議では、カラム試験の結果の評価方法について多くの意見が出された。結果の持つ意味、結果の再現性、今年のDSでも議論された低液固比における最大溶出濃度の解釈などについて意見と指摘を受けた。研究委員会は、5月に終了したが、WGメンバー継続的に実験とデータ蓄積を行い、最終的に「カラム通水試験」標準化に向けて検討を進め

ている。

第2部では、研究委員会のWGで検討されている「見える化WG」に関連する研究テーマのものが2編、地盤環境関連の5編の計7編の報告がなされた。研究委員会では、地盤環境は五感で感じ取れないことが多く、環境に配慮することを求められる社会情勢において無用な不安感から対策コストが増大する事例が増えている。そこで、環境リスクの正しい理解のために地盤環境の見える化が必要と考え、地盤環境問題の「見える化」に関して検討を行ってきた。DSでは、委員会内で行った「どろだんご」の実習体験について報告がなされ、体験学習の必要性が示された。また、その他の報告では、油汚染の土壌地盤内の油の挙動解析、石炭灰による二酸化炭素の固定化、東日本大震災後の地盤沈下挙動、酸性岩からの排水が粘土ライナーに及ぼす影響、竹廃材からの発電に関する研究と非常に多岐に渡る地盤環境に関するテーマの研究成果の報告がなされた。

第3部では、本委員会の3年間の活動報告が各WGの主査から行われた。

廃棄物有効利用WGから、①地震、②水害(台風、集中豪雨による)、③火山噴火等で発生する災害廃棄物の有効利用に関して整理を行った研究成果について報告がなされた。

試験法WGからは、災害廃棄物を取り扱う場合の土質試験法の提案と溶出試験に関して①溶出試験課題整理、②カラム溶出試験の検討した結果について報告が行われた。特に課題抽出サブWG成果として、①実務から見る試験法の課題の整理、②室内と現場を結ぶ試験とその評価の整理、③環境影響試験のグランドデザインについて取りまとめを行った。また、カラム溶出試験サブWGではカラム試験の①一斉試験からカラム試験の有用性の確認、②カラム試験の課題の整理を行った結果について報告がなされた。

地盤環境の見える化WGから、①見える化の重要性の整理、②自然現象の見える化、③環境広報も意識した模擬授業の実施の3点の成果として、①リスクコミュニケーションの重要性の整理、②「どろだんご」の実習を通し、共通の価値観の共有の重要性の取りまとめ結果について報告がなされた。

最後にグランドデザインWGから、地盤に関わる環境問題の解決に向けた「未来設計図」の整理を行った。その成果として、現代の地盤環境問題から将来発生するであろう地盤環境問題を検討した結果について報告がなさ

れた。

### 3. まとめ

本委員会の成果については、来年1月号の地盤工学会誌にて報告する予定である。委員会の各WGの活動の内

容と研究調査結果が詳細にまとめられている。現在の日本における環境地盤工学の最先端の情報と次の課題もまとめられている。ぜひ一読頂きたい。

最後に、平成27年7月6,7日に第11回環境地盤シンポジウムが福島県郡山市の日本大学工学部にて開催される。ぜひ研究成果を報告、参加頂きたい。

## DS-9 東日本大震災における地盤環境課題

勝 見 武

京都大学大学院地球環境学堂

### 1. はじめに

東日本大震災では、様々な地盤環境課題が顕在化し、関係機関が様々な取り組みをなされてきた。例えば、約3000万トンにもものぼる災害廃棄物は関係機関の尽力により平成25年度末をもって福島県の一部地域をのぞいてその処理が終了したが、その実績を将来の大災害対応につなげるべく総括することが求められている。また、放射性汚染土壌や廃棄物への対応については、各地で除染事業が進められ仮置場における汚染土壌・廃棄物の保管が行われている状況であり、中間貯蔵施設の建設など今後の方向性に関連して技術的知見の集約が求められている現状であろう。

このような現状を受け、地盤環境研究委員会（東日本大震災対応調査研究委員会）が主催した本セッションでは、第1部「放射性物質汚染土壌・廃棄物」および第2部「災害廃棄物再生資材の利用」での一般論文の発表・討議に加えて、一定の目途が立った災害廃棄物処理に関して将来の大災害への対応にも資するべく「何がうまくいかなかったのか」の情報交換をするためのパネルディスカッションを「災害復興時の地盤環境課題対応における課題とジレンマ」と題して開催した。

### 2. 第1部「放射性物質汚染土壌・廃棄物」

第1部では、放射性汚染土壌・廃棄物への対応に関する論文7編の発表と討議が行われた。そのうち4編は、現場実務に直接関わる成果の報告である。中でもNo.1008～1010は、福島県の道路整備事業に伴い発生する土砂等に放射性セシウムが含まれており、この処理が道路整備事業そのものの進行を妨げていることから、減容化手法の適用性を評価したもので、本委員会メンバーも福島県への技術支援に貢献している。実証試験の結果を踏まえた実事業への展開が期待される場所である。

### 3. 第2部「災害廃棄物再生資材の利用」

第2部では、処理が必要とされた災害廃棄物・津波堆積物の重量で約3分の1を占める土砂の復興資材への活用に関する7編の発表が行われた。4つの大学からの5編の研究発表（No.999～1003）はいずれも分別土砂の物性に関する内容で、分別土砂に残存する木くずの影響を考慮するための実験的研究が当該材料の現地利用の普及を進める上でも重要であることが示唆されるとともに、

分別土砂固有の特性を考慮した試験実施の重要性を議論している。また、No.997～998は、短い工期、膨大な廃棄物量、道路交通キャパシティの限界など、処理区の中でも非常に厳しい諸条件下での処理事業の遂行が求められた地区での災害廃棄物処理の実態と、そこで得られた分別土砂の利用可能性について論じており、貴重な資料となっている。

### 4. パネルディスカッション「災害復興時の地盤環境課題対応における課題とジレンマ」

前述のように、ほとんどの地域で平成25年度末にて災害廃棄物処理は終了したが、その過程で様々な教訓も得られていることから、それらを風化させず将来の災害対応に活かすことが重要との委員会での認識に基づき、本パネルディスカッションでは3名の話題提供と議論を行った。佐々木秀幸氏（岩手県）には、「岩手県における災害廃棄物再生資材の活用について」と題し、被災自治体として災害廃棄物処理事業の遂行におけるいくつかの支障とその克服事例について紹介いただいた。守屋政彦氏（太平洋セメント）からは「土砂の再生と有効活用について」と題し、被災地におけるセメント製造工場の災害廃棄物処理への貢献と、分別土砂の利用における取り組みを、そのスタンスも含めてご紹介いただいた。勝見（京都大学）からは、地盤環境研究委員会の活動に基づき、国立環境研究所の委託、泥土リサイクル協会の協力により平成25年度に設置・活動した「災害からの復興における災害廃棄物、建設副産物及び産業副産物の有効利用のあり方に関する提言検討委員会（略称：復興資材提言委員会）」の活動の紹介が行われた。なお、同委員会は2014年9月末に「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」を公表している。

### 5. まとめ

本ディスカッションセッションに関連し、地盤環境研究委員会では具体的現地支援に関する様々な活動を行ってきた。その活動はホームページや学会誌<sup>1)</sup>等で公表しているので参照頂ければ幸いである。

#### 参 考 文 献

- 1) 勝見 武・遠藤和人・乾 徹・大河原正文・肴倉宏史・保高徹生（2014）：東日本大震災における地盤環境課題への取り組み，地盤工学会誌，Vol.62，No.10，pp.20-23.

# DS-10 水圧破碎による初期地圧測定法の問題点と課題

伊藤 高敏  
東北大学

横山 幸也  
応用地質(株)

## 1. はじめに

本報告では、「DS-10 水圧破碎による初期地圧測定法の問題点と課題」のセッションについて総括する。本セッションは、「地盤調査規格・基準委員会 WG13 水圧破碎法による初期地圧測定方法の基準化 WG」（以下、「WG13」と略す）によって主催された。本セッションでは、水圧破碎法の測定結果を中心に、各種の測定法による原位置での応力測定事例が紹介された。また、基準化の方向性についても発表され、活発な議論が行われた。

## 2. 研究及び技術動向

全7編の発表のうち、地震発生メカニズム解明に関する研究での測定事例が5編を占めた。地震発生によって断層周辺の応力場が変化したことを示す多くの測定結果が紹介され、地震発生過程研究の進展のためにも原位置応力測定データの一層の充実と定点での応力変化の測定が望まれる。また、断層を挟む両側で応力状態が大きく異なることを示す測定結果も示されたが、測定データの充実とともに理論的背景の解明が期待される。

一方、地下空洞の設計や安定性評価を目的とした測定事例も紹介された。既に基準化された円錐孔底ひずみ法を坑道内で実施し、地表から水圧破碎法で測定した結果と比較した発表では、水圧破碎法の結果を地下空洞の設計に用いることができることが示された。今後、従来よりも深部での空洞掘削も計画されており、1000m以上の大深度での原位置測定が可能な水圧破碎法の基準化が必要であることが改めて認識された。同時に、破碎帯や割れ目が多い場所など従来の原位置応力測定が苦手としている対象地盤での測定手法への期待が高いことも質疑の中で示された。

現在、WG13では、ASTM等で基準化された従来の水圧破碎法（ここでは「従来法」と呼ぶ）ではなく、現在我が国で適用されつつある新しい測定理論と測定システム（ここでは「修正法」と呼ぶ）を基本として基準化することを検討している。修正法では、再開口圧に関する観測方程式が従来法とは異なり、また、再開口圧を精度よく求めるために加圧系のコンプライアンスを小さくしている。これに対し、従来法の測定結果や測定装置の活用方法についても検討していくことも求められており、発表では、従来の測定装置に孔内の流量計と圧力計を追加した装置による測定事例も紹介された。ロッド送水方式の場合でも、このような工夫により加圧系の容積を小

さくすれば、再開口圧を精度よく読み取れることが示唆された。

## 3. 新しい水圧破碎法

水圧破碎法は、水圧により造成した岩盤の新たなき裂が開口あるいは閉口するとき、観測される水圧変化から岩盤に作用する応力を算定する方法である。岩盤にボアホールを削孔したとき、孔軸に直交する二次元面内でのボアホール周りの応力状態は以下ようになる。二次元面内での岩盤の初期地圧が最大主応力  $SH$ 、最小主応力  $Sh$  とすると、 $SH$  軸と交差する孔壁での応力 ( $\sigma_{\theta 1}$ ) および  $Sh$  軸と交差する孔壁での応力 ( $\sigma_{\theta 2}$ ) はそれぞれ式(1)、式(2)で表される。

$$\sigma_{\theta 1} = 3Sh - SH \quad (1)$$

$$\sigma_{\theta 2} = 3SH - Sh \quad (2)$$

このとき、圧縮応力を正とすると  $\sigma_{\theta 1} < \sigma_{\theta 2}$  となり、円孔内の水圧  $P$  を増加させていくと A 点で引張応力が最大となり、ある時点で引張き裂が生じる。このときの水圧  $Pb$  (破碎圧, Breakdown pressure) は、岩盤の引張強度を  $T$ 、岩盤の間隙水圧を  $Pp$  としたとき式(3)で表される。

$$Pb = 3Sh - SH + T - Pp \quad (3)$$

次に送水を止め、送水管のバルブも解放して水圧が低下しき裂が閉じた後、再度送水し水圧を増加させたとき、このき裂が再開口する瞬間の水圧  $Pr$  (再開口圧, Re-opening pressure) は式(4)で表される。

$$Pr = (3Sh - SH) / 2 \quad (4)$$

次に、き裂が十分伸びた後、水の圧入を急停止したときのき裂先端が閉じ始める瞬間の圧力が最小主応力  $Sh$  と平衡状態になるものと仮定すると、このときの水圧  $Ps$  (閉口圧, Shut-in pressure) は式(5)で表される。

$$Ps = Sh \quad (5)$$

以上が新しい考え方に基づいた水圧破碎法の観測方程式で、二つの観測パラメータ  $Pr$  と  $Ps$  から岩盤の初期地圧 (最大主応力  $SH$ 、最小主応力  $Sh$ ) を求める。

## 4. まとめ

本セッションでの議論を通じ、今後の大深度での空洞掘削や地震発生メカニズム研究のためにも、水圧破碎法の基準化が必要であることが改めて認識された。海外で基準化や提案されている手法はいずれも従来法であり、より信頼性が高い修正法を国内で早期に基準化し、日本から世界に発信していくことが期待される。

# DS-11 地域性を考慮した地盤防災・減災技術～災害対策の高度化に向けて～

安 福 規 之  
九州大学

末 次 大 輔  
佐賀大学

## 1. はじめに

本ディスカッションセッションは、九州支部の研究委員会「地域性を考慮した大規模災害時地盤防災・減災技術に関する研究委員会（委員長：安福規之）」によって企画され、2部構成で行われた。第1部では研究委員会の活動報告と6件の一般発表が行われた。第2部では2011年に紀伊半島で発生した台風12による大規模土砂災害に関する特別講演と4編の研究発表が行われた。

## 2. 研究委員会の活動報告

平成24年7月の九州北部豪雨災害の調査団提言に対応するために、本研究委員会を立ち上げ、地域性をキーワードに以下の5つのワーキンググループが設けられた。本DSでは以下の内容の報告が行われた。

- ・南海トラフ地震を想定した地盤防災・減災リスクマネジメント（WG1：ハザリカヘマンタ（九州大学））の報告では、大分・宮崎両県の沿岸部における災害脆弱性指標のデータ収集と整理、地震・津波による防波堤、防潮堤のリスク評価、液状化による河川堤防のリスク評価を行うことが報告された。

- ・災害履歴情報の整理と中山間地地盤情報データベースの構築（WG2：瀬崎満弘（宮崎大学））の報告では、宮崎県の山間部で過去に発生した大規模土砂災害の情報を収集・整理し、データベース化への取り組みについて報告された。

- ・降雨時の土砂災害に関する警戒基準の地域特性（WG3：酒匂一成（鹿児島大学））の報告では、鹿児島県の警戒情報の発信の方法について、雨量特性、地質特性に基づいて29エリアに区分され、それぞれの地域で警戒基準を設けている事例が紹介された。

- ・既往の豪雨災害における降雨特性と地盤特性の関連性調査（WG4：杉本知史（長崎大学））では、過去に発生した大規模災害の調査資料をベースに、降雨特性と地盤特性の関連を分析した事例について報告された。

- ・危険斜面のスクリーニングとハザード情報の検証（WG5：末次大輔（佐賀大学））では、平成24年7月の九州北部豪雨で崩壊した福岡県八女市や大分県中津市の他、斜面を対象に、微地形やボーリングデータ等の地盤情報を用いて危険斜面の抽出を行うための、データ収集と分析が行われていることが報告された。

## 3. 最新の研究動向

一般発表では、H24年7月の九州北部豪雨に関連する発表、南海トラフ地震を想定した粘り強い防潮堤の補強技術、および崩壊予測および危険度評価に関連する発表が行われた。中でも、崩壊しらす斜面の植生調査と簡易な原位置試験を併用して崩壊予測を行う試みや、放射性炭素の年代測定や古文書により長期的な土石流発生頻度を把握する研究は、その地域の植生や災害履歴を崩壊予測に活用しようとする試みであり、大変興味深かった。いずれも繰り返し崩壊が発生している地域であり、崩壊を特徴づける新たな因子を活用することは効果的であると考えられる。

立命館大学の深川良一教授による「2011年台風12号に伴う紀伊半島大規模土砂崩壊のメカニズムについて」と題した特別講演では、和歌山県、三重県、奈良県の土砂災害の状況と崩壊メカニズムについて説明があった。和歌山県東部の東牟婁地域の火成岩地帯（熊野酸性火成岩類）では表層崩壊と土石流斜面崩壊が多発し、西部の日高・西牟婁地域の付加体（四万十帯）地帯では大規模斜面崩壊が多発した。土石流が多発した東部地域では、650mm以上の先行雨量があった後で、時間雨量70mm以上の激しい雨が降ると土石流が発生する可能性が高くなること、大規模崩壊が多発した付加体地帯では、時間雨量40mm以下であっても、積算雨量が700mmを越えると崩壊が発生したことが示された。また、奈良県、三重県では地質に加えて、崩壊斜面の角度や崩壊方向にも特徴があったことが説明された。

降雨の形態が、大きく変動しているように思われる状況の中で、繰り返される地盤災害に対して、どのような対処のありかたがあるのか、今後、各地域での情報交換や連携を深めていく必要があると思われる。

## 4. おわりに

土砂崩壊の形態は地形、地質の影響を受け、その発生は降雨パターンに依存する。それらの関係は地域によって異なることが、特別講演にあった紀伊半島での土砂崩壊、先の九州北部豪雨による土砂崩壊でも示されている。今後、地域性を土砂災害警戒情報や崩壊予測などの災害対策にどのように反映させるかという議論を深め、社会に対して適切な情報発信を積極的に行っていく必要があると考えられる。8月の末、広島で土砂災害によってまた多くの尊い人命が失われた。「少なくとも人命は守る」との視点からの適応策の整理が強く求められる。