

## 1. 第53回地盤工学研究発表会参加報告 (※少し報告が遅くなりましたが、詳細参加報告します)

### (1) 開催概要

平成30年7月24日(火)~26日(木)に、第53回地盤工学研究発表会が開催されました。参加報告致します。

- ・開催場所：サンポートホール高松、レグザムホール、JR ホテルクレメント (交流会)
- ・西日本豪雨災害の発生により、特別講演会は中止され、「平成30年7月豪雨」災害報告会に移行 (次頁)
- ・参加者：昨年の名古屋大会を上回る2,069名を超えた参加者 (10数年ぶりの2,000名超えとのこと)
- ・展示会場への訪問者：名刺数103名+名刺無 $\approx$ 17名 $\approx$ 120名 (H29年度=名刺数108名)
- ・ジオ・ラボネットワーク関係では、口頭発表：4件、連名発表を含むと11件の発表 (下表) がなされた。

(一般発表：口頭発表7件 (注：関連発表含むと11件(関西組合=4件、中部組合=5件、北海道組合=2件))				
発表番号	組合	発表者	発表論文名	共同発表
0383	協同組合関西地盤環境研究センター	李 俊憲	宅地盛土で生じた沈下の原因と予測に関する事例研究	関連1件
0045	協同組合関西地盤環境研究センター	中山 義久	均質性確認試験結果と技能試験結果(中央値)の関係	
0044	協同組合関西地盤環境研究センター	澤 孝平	技能試験配付試料の均質性に関する検討	
0177	中部土質試験協同組合	久保 裕一	北上川流域の自然堆積粘土の力学特性	関連4件
	北海道土質試験協同組合			関連2件
	全体発表数			11件



会場のサンポート高松 (全地連フォーラムも同一ヶ所)



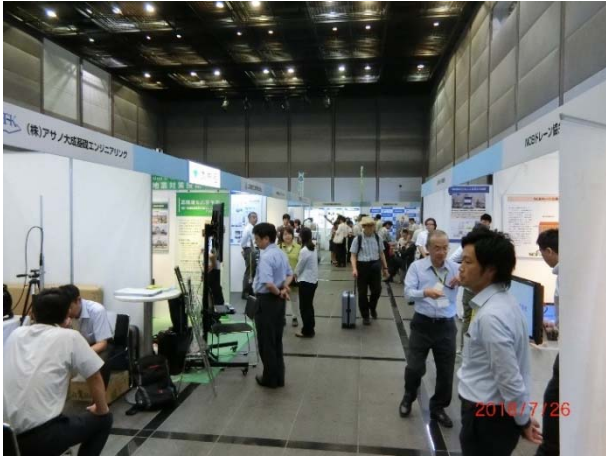
エントランスに学会の案内看板



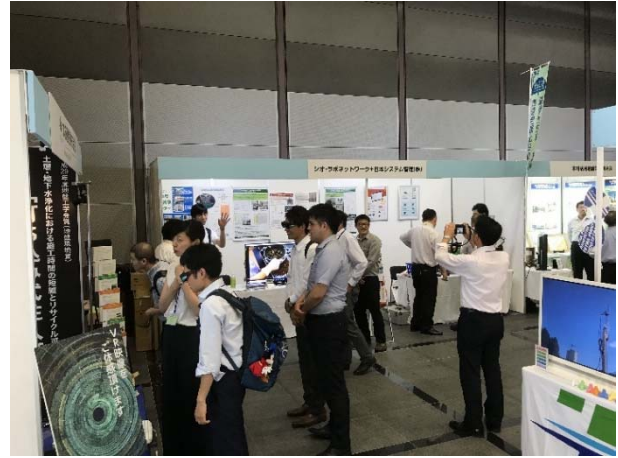
久保部長の発表風景 (地盤材料-粘性土 (変形・強度②))



参加者450名の交流会参加者 (予定350名)



展示会場の状況



ジオ・ラボネットワーク+㈱日本システム管理)のJV展示

**(2)「平成30年7月豪雨」災害報告会(サンポートホール高松大ホール:2018年7月25日(水)15:10~18:10)**

当初計画されていた特別講演会(「サマカイト演奏」、「讃岐うどんの名人講演」、「地盤の成り立ちから讃岐うどん文化を考える」)の3本立て講演の予定は、長谷川修一大会実行委員長のご希望で、中野正樹調査研究部長、大谷順会長、地盤工学会災害連絡会議小高猛司幹事長の調整で、直前に発生した「平成30年度7月豪雨」の「地盤災害緊急調査報告」が、「緊急災害調査報告セッション2」として、下記内容で急遽開催されました。

今回の災害は非常に広範囲であり、各地域の調査活動は、関連する土木学会・地質調査業協会などの団体と協働して調査に当たり、その報告がなされました。

各地域の被災の調査報告を拝見して、今回の災害規模の甚大さを知ることができました。

座長: 木村 亮(地盤工学会副会長・災害連絡会議座長)		
15:10-15:20	<ul style="list-style-type: none"> <li>■挨拶: 長谷川 修一(第53回地盤工学研究発表会実行委員会委員長)、塚田 幸広(土木学会専務理事)</li> <li>■主旨説明 木村 亮 座長</li> </ul>	
15:20-15:40	<ul style="list-style-type: none"> <li>■平成30年7月豪雨の概要: 野崎 智文(国土交通省四国地方整備局企画部長)</li> <li>■地区調査報告(各発表10~15分) ■</li> </ul>	
15:40-18:00 (途中休憩)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中部地区: 地盤工学会中部支部 平成30年岐阜県内豪雨災害調査団 沢田 和秀(岐阜大学)</li> <li>・関西地区: 地盤工学会関西支部調査団 鏡原 聖史(ダイヤコンサルタント)、藤澤 和謙(京都大学)</li> <li>・岡山地区: 土木学会中国支部災害調査団岡土砂グループ 西村 伸一(岡山大学)</li> <li>・広島地区: 土木学会・地盤工学会・砂防学会合同調査団(土田 孝・橋本 涼太(広島大学)、森脇 武夫(広島工業大学))</li> <li>・四国地区: 土木学会四国地域緊急調査団 原 忠(高知大学)、森 伸一郎(愛媛大学)</li> <li>・九州地区: 地盤工学会九州支部 村上 哲(福岡大学)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■テーマ報告 ■</li> <li>・豪雨災害と地盤品質判定士: 地盤品質判定士会 尾上 篤生(興亜開発)</li> <li>・本斜面災害の特徴と過去の災害との相違点: 土木学会地盤工学委員会斜面工学研究小委員会 委員長 鈴木 素之(山口大学)</li> <li>・最近の堤防の被災事例と特徴: 石原 雅規(土木研究所)</li> <li>・ため池の被災事例から見た減災機能と維持管理: 毛利 栄征(茨城大学)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>総括: 大谷 順(地盤工学会会長)</li> <li>~平成30年7月豪雨に対する地盤工学会の今後の方針~</li> </ul>	
	18:00-18:10	

**(参考:平成30年度7月豪雨災害)**

平成30年6月28日~7月8日、西日本を中心に北海道や中部地方など全国的に広い範囲で記録された台風7号および梅雨前線等の影響による集中豪雨によって発生した災害(右表)で7月9日に気象庁が命名。



岡山県真備町の浸水被害(小高教授の第18回技術講習会資料)

**豪雨による被害と復旧状況 (H30/8/5現在, 引用元:読売新聞)**

種別	被害状況	復旧状況
死者	220人(14府県)	
行方不明者	11人(3県)	
最大避難者	42,219人	3,657人
避難指示・勧告	約3,604,000世帯	約26,000世帯
住宅被害	48,250棟(36都道府県)	
土砂災害	1518件(31道府県)	
河川による浸水	557ヶ所(22道府県)	
農林水産被害	2,469億円(36道府県)	
通行止め(高速道含む)	約870区間	354区間
鉄道の運休	32事業者(115路線)	9事業者(16路線)
断水	約263,400戸	ほぼ解消
停電(中国, 四国電力)	約254,000戸	ほぼ解消



毛利 栄征先生（茨城大学（前農村工学研））の講演状況



●土質材料の強度と変形の特性は、締固めで決まる。  
(密度、締固め度、飽和度、粒度分布)

満濃池の堤体盛土の締固め状況（引用元：満濃池誌）

(満濃池の施工状況(杵搗き(きねつき), 突固め))

当組合を含むジオ・ラボネットワーク参加組合に関係の深い「ため池」に関しては、毛利栄征（モウリ ヨシユキ）先生（茨城大学農学部）から、主たる内容として下記の4項目が報告された。

- |             |                    |
|-------------|--------------------|
| 1. ため池の現状   | 3. 被災事例            |
| 2. 被災形態との概要 | 4. ため池の豪雨対策と減災機能発揮 |

(報告のポイント：引用元の毛利先生の報告会資料に一部追記しました)

- ① 全国にため池は約 20 万ヶ所あり、降水量が少なく、大きな河川に恵まれない西日本を中心に分布  
都道府県営事業の対象となる受益面積が 2ha 以上のため池は、全国に約 60,000 ヶ所、総数は 197,000 ヶ所
- ② 貯水容量が 1,000m<sup>3</sup> 以上のため池：100,000 ヶ所（総数は 200,000 ヶ所）
- ③ 江戸時代以前に築造されたため池が全体の 70%
- ④ 古いため池は人力施工（事例：上記の満濃池の締固め状況）、堤体土質選定、品質・性能が不明
- ⑤ 経年的な老朽化が進行（堤体断面、強度、漏水）
- ⑥ 整備が必要なため池は 20,000 ヶ所（防災重点ため池：11,362 ヶ所）
- ⑦ 堤高が 5～10m の中規模ため池：全体の 50%
- ⑧ 耐震設計がなされているため池は全体の 4%（→まだまだ課題が残されている）
- ⑨ ため池の形態分類（立地により「谷池」、「皿池」に区分される（下記の写真を参照）



（●谷池：山間や丘陵地で谷をせき止めて造られたため池）



（●皿池：平地の窪地の周囲に堤防を築いて造られたため池）

(写真引用元：[http://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai\\_saigai/b\\_tameike/attach/pdf/index-24.pdf#search=ため池+谷池](http://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/attach/pdf/index-24.pdf#search=ため池+谷池))

- ⑩ 兵庫県南部地震で 1,222 ヶ所、平成 23 年東日本太平洋沖地震で 3,700 ヶ所のため池が被災  
近年の自然災害によるため池の被害は、10 回にわたる台風の上陸があった平成 16 年と、東日本大震災があった平成 23 年で顕著。被災原因の 71%が豪雨、29%が地震による。
- ⑪ 平成 25～28 年度の一斉点検（96,000 ヶ所）：5 割強で耐震不足、4 割弱で豪雨対策が必要とされている。  
\*地震対応：地震発生時にため池が保持すべき耐震性能調査（現地調査、地質調査、土質試験、耐震計算）  
\*豪雨対応：豪雨時の所定の流量流下能力、堤体の所定の余裕高の保持、堤体等の漏水・変状の有無など
- ⑫ 地震や豪雨によるため池の被害パターンの解説と今回の西日本豪雨の「被災状況」、「豪雨被災の発生状況」から特徴的な被災として、①低水位管理時の急上昇、②パイピングの進行、③堤体のすべり破壊をあげられた。

北上川流域の自然堆積粘土の力学特性

中空ねじりせん断試験 圧密試験 粘土

中部土質試験協同組合 国際会員 ○久保裕一  
名城大学 国際会員 小高猛司  
名城大学 学生会員 田中貴之  
中部土質試験協同組合 正会員 池田謙信

1. はじめに

南海トラフ巨大地震の発生が危惧され、国民の災害への関心が高くなっている。地震では液状化が注目されるが粘性土でも繰返し応力を受けると過剰間隙水圧が発生し、圧密沈下が発生することが報告されている<sup>1)</sup>。そこで今回筆者らは、東北地方で採取された沖積粘土を対象に、圧密試験と土の変形特性を求めめるための中空円筒供試体による繰返しねじりせん断試験（以下、中空ねじり試験）を繰り返す実験を試みた。また、圧密試験では、通常の縦・横方向の異方性を考慮した圧密試験に加え、繰返し試料も追加して詳細に検討した。

2. 実験条件

調査の対象とした試料は、東北地方宮城県石巻市不動町で採取された深度 29m の不攪乱沖積粘性土である。物理試験を実施した諸元を表 1 に示す。含水比が 69.1%、液性限界が 85.2%、粘土分が 64.9%である均質な粘土であった。今回使用した試験装置は空圧制御式中空ねじり試験機を用いた。供試体サイズは直径 7cm、内径 3cm、高さ 7cm である。圧密圧力は土被りを考慮し垂直応力 200kPa、側方向応力 100kPa の  $K_0=0.5$  の異方圧密とし、背圧 200kPa を加え二重負圧法にて飽和させた。異方圧密は、等方状態で約 12 時間圧密を行った後、3 段階に分けさらに約 48 時間かけ慎重に行った。載荷方法は試験法 JGS0543-2009 に準拠し、せん断ひずみ約 1.3%（回転角度約 2 度）まで段階的に行った。繰返し方法は、初回の試験後に最終段階で排水したまま約 12 時間放置、その後、繰返し載荷をもう一度実施する。その後また 12 時間排水放置の後、最終の繰返し載荷を実施した。異方圧密条件下で合計 3 回の繰返し載荷を行う実験とした。

圧密試験は、直径 3cm、高さ 1.2cm の小口径のチタン製リングを使用した。小型のため検体数に限りがある場合や堆積方向の異方性を検討する場合に利用価値が高い。また、このリングを使用することにより、均質な供試体の作製が容易となり、比較的バラツキの少ない試験も可能となった。周辺摩擦についてはリングにワセリンを薄く丁寧に塗布するなど十分考慮し試験を実施した。

圧密試験は、直径 3cm、高さ 1.2cm の小口径のチタン製リングを使用した。小型のため検体数に限りがある場合や堆積方向の異方性を検討する場合に利用価値が高い。また、このリングを使用することにより、均質な供試体の作製が容易となり、比較的バラツキの少ない試験も可能となった。周辺摩擦についてはリングにワセリンを薄く丁寧に塗布するなど十分考慮し試験を実施した。

3. 実験結果

(1)中空ねじり試験

図 1 にせん断剛性率と履歴減衰率の関係を示す。せん断剛性率では、微小ひずみ領域では差異がみられるが、比較的ひずみの大きい 1%付近ではそれぞれの曲線が次第に漸近し重なる結果となった。履歴減衰率も初期の微小ひずみ領域で僅かな差異があるものの、ほぼ同じ曲線となっており大きな差異は無い。これら微小ひずみ領域の差異はセンサーの計測精度とも関係しており、計測誤差の影響も考えられる。何れにせよ僅かな差異であることから、繰返しによる影響は少ないと考えられる。次に図 2 に初期せん断剛性率  $G_0$  で正規化した  $G/G_0$  曲線を示す。せん断剛性率では微小ひずみ領域に差異があったものの、正規化すると解消されている。ひずみ領域約 0.01%~0.1%付近に着目すると 3 回目の曲線に若干の変化があり、やや非線形性が大きくなる傾向が見られるようであるが、これも微小ひずみ領域での計測精度に影響される事項であることに注意する。

図 1 にせん断剛性率と履歴減衰率の関係を示す。せん断剛性率では、微小ひずみ領域では差異がみられるが、比較的ひずみの大きい 1%付近ではそれぞれの曲線が次第に漸近し重なる結果となった。履歴減衰率も初期の微小ひずみ領域で僅かな差異があるものの、ほぼ同じ曲線となっており大きな差異は無い。これら微小ひずみ領域の差異はセンサーの計測精度とも関係しており、計測誤差の影響も考えられる。何れにせよ僅かな差異であることから、繰返しによる影響は少ないと考えられる。次に図 2 に初期せん断剛性率  $G_0$  で正規化した  $G/G_0$  曲線を示す。せん断剛性率では微小ひずみ領域に差異があったものの、正規化すると解消されている。ひずみ領域約 0.01%~0.1%付近に着目すると 3 回目の曲線に若干の変化があり、やや非線形性が大きくなる傾向が見られるようであるが、これも微小ひずみ領域での計測精度に影響される事項であることに注意する。

表 1 物理試験結果

土粒子密度 g/cm <sup>3</sup>	2.687	礫分%	0
自然含水比%	69.1	砂分%	0.8
間隙比	1.773	シルト分%	34.3
飽和度%	100.3	粘土分%	64.9

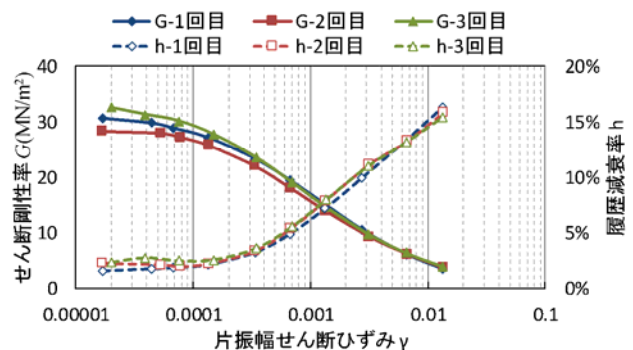


図 1 せん断剛性率と履歴減衰率関係

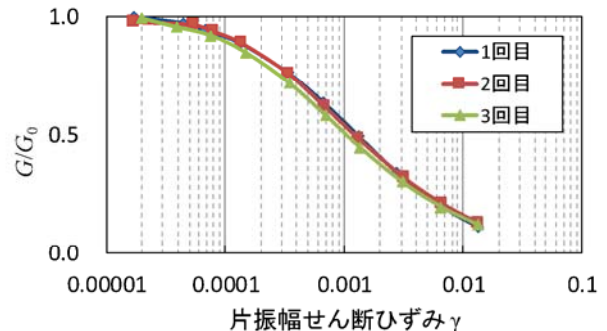


図 2 正規化した  $G/G_0$  関係

図3にそれぞれの各回数で発生した載荷終了時の体積ひずみと軸ひずみを示す。体積ひずみ、軸ひずみ共に初回ではやや大きく発生するが、それ以降はやや小さくなるものの、ひずみが継続的に生じていることがわかる。今回の実験では載荷終了から次の段階開始までの放置時間を12時間としたが、初回以降のグラフを見る限り粘性土のひずみは緩やかに長時間続くことがこれらから推測できる。また、異方圧密条件下であるにも拘わらず、体積圧縮が等方的に発生していることから、一次元的に沈下が発生することが予想される原地盤に近い条件を検討する必要がある。

図4にそれぞれの回数で発生した過剰間隙水圧比（10サイクル目）を示す。図から過剰間隙水圧の発生は、いずれの回数も0.1%付近からであることがわかる。そして、繰り返し回数が増えるごとに発生する過剰間隙水圧比は減少していく様子がわかる。これらは繰り返しによって発生した過剰間隙水圧が排水されることによる密実化の影響と考えられる。今回の実験では、せん断ひずみを最大約1%程度とそれ程大きくないひずみで繰り返しを行ったが、確実に密実化していくことが確認された。久保らが過去に行った縦方向の繰返し三軸試験の10サイクル目の過剰間隙水圧比の発生状況<sup>2)</sup>と比較するとねじり試験では過剰間隙水圧の発生は少ないようである。

## (2)圧密試験

図6に圧密試験結果を示す。繰り返し試料の供試体では、不攪乱試料を垂直および水平方向に載荷できるように成型した供試体より間隙比が小さく、繰り返しによる構造の低位化が確認できる。また、垂直および水平方向の不攪乱試料と比較し、曲線の折れ点が不明瞭である。今回の実験では繰り返し試料の最終圧密応力が小さいために推測しかできないが、3本の曲線は最終的に交わっていくものと考えている。

垂直と水平方向を比較すると初期の圧密応力が小さい付近では間隙比はほぼ等しいが、圧密降伏応力を超えた正規圧密領域に入ってから垂直方向の供試体の圧縮性が高く現れる結果となった。この差が垂直と水平方向の堆積や異方性の影響であるかは、実験を重ねる必要がある。圧密降伏応力を算出すると、垂直方向が134kPa、水平方向が159kPaと水平がやや大きな値となった。これは水平方向の降伏後の圧縮性が垂直方向より小さく、圧縮曲線の曲率が小さくなったことによる影響である。いずれにせよ今回の採取深度29mから考えると不攪乱試料の圧密降伏応力は非常に小さく、未圧密地盤である可能性も考えられる。

次に図7に間隙比と透水係数の関係を示す。初期の間隙比の小さい段階では加圧板と試料の密着の不安定化などからバラツキがでているが、それ以降は垂直・水平方向ともに大きな差はない。

## 4. まとめ

東北北上川地方で採取された不攪乱試料について中空ねじり試験を繰り返すことによる動的変形特性の影響について検討した結果、せん断ひずみが1%程度までの繰返し載荷では、変形特性にはそれ程大きな影響はないことが確認された。しかしながら、繰返しせん断後の圧密時に生じる体積ひずみや軸ひずみは緩やかながら長時間続くと考えられる。また、圧密試験から求めた異方性の影響については、僅かながら垂直方向の圧縮性が大きい結果となったが、その差が有意なものかどうかは今後の更なる検討が必要である。

## 参考文献

- 1) 例えば、松田博，安原一哉：土の繰返し圧密 7. 非排水繰返しせん断を受けた飽和粘土の圧密，土と基礎 39-12(407)，pp.71-77, 1991.
- 2) 久保裕一，坪田邦治：土の繰返し三軸試験における過剰間隙水圧の挙動に関する一検討，第47回地盤工学研究発表会，2014

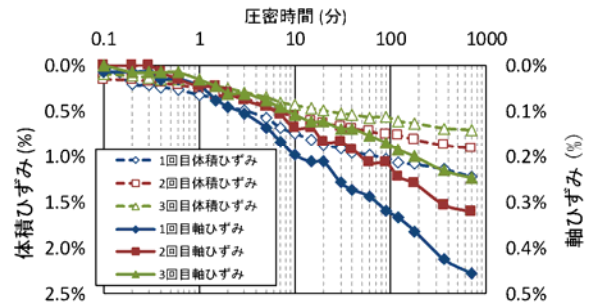


図3 最終段階の体積ひずみと軸ひずみ関係

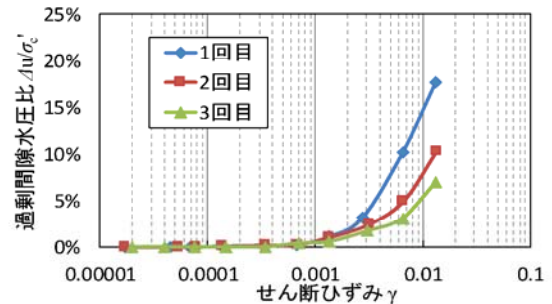


図4 せん断ひずみと過剰間隙水圧比関係

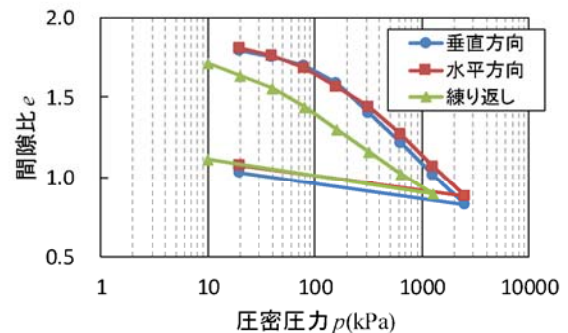


図6 間隙比と圧密圧力関係

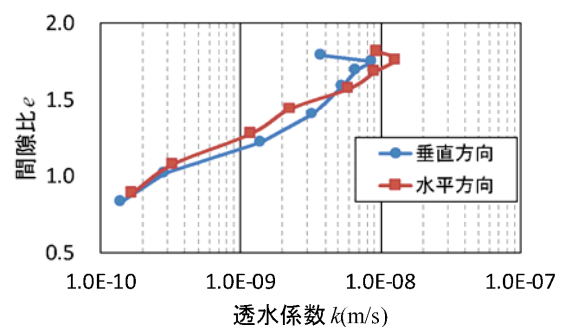


図7 間隙比と透水係数関係

地盤材料試験に関連深いと考えられる論文（順不同）を紹介しますので、ご参照下さい。なお、詳細は学会発表会 CDROM から原文を参照下さい。ジオ・ラボネットワークから多くの発表を期待したい。

207：粘性土のせん断波速度に与える繰返しせん断の影響

日本大学 菅沼丈夫

日本周辺海域には豊富なメタンハイドレートが賦存しており、メタンハイドレート開発対象域には断層等の不連続面が存在する。メタンハイドレートの分解に対しては、主に減圧法による商業的開発が検討されており、この不連続面の特性によっては減圧法適用時に減圧がうまく伝わらず、ガス生産性の低下に与える影響が懸念されている。

このことから、不連続面の力学特性を把握するため、海底地盤を模擬した人工粘土においてベンダーエレメント（BE）を装着した繰返し一面せん断試験を実施し、粘性土のせん断波速度に与える繰返しせん断の影響について検討している。具体的には、一面せん断試験装置の載荷盤に発振用 BE、底盤に受振用 BE を取り付け、供試体を鉛直方向に伝播するせん断波速度を計測している。

(実験条件)

試料は、NSF 粘土 ( $\rho_s=2.78\text{g/cm}^3$ ,  $w_L=55.1\%$ ,  $I_p=25.1$ ) に液性限界の約 2 倍になるように、蒸留水を加え攪拌し、圧密応力 100kPa で予圧密している。供試体は、直径 60mm×高さ 20mm の円柱状供試体に所定の圧密圧力まで段階的に垂直応力を載荷し、その後、垂直応力を除荷している。

測定は、載荷と除荷の過程において、各圧密圧力でせん断波速度  $V_s$  を測定。使用したベンダーエレメントの寸法は、幅 10mm×長さ 12mm×厚さ 0.5 mm としている。このベンダーエレメントの表面にはエポキシ樹脂が被覆され、電気的絶縁および防水機能を確保させている。

(実験結果)

図-1 は、圧密および除荷試験時における間隙比と垂直応力の値を示したもので、●は正規圧密状態、○は過圧密状態で得られた値である。

図-2 は、 $e$  で正規化した  $V_s$  と  $\sigma$  の関係を示したものである。これらで得られた試験データは、提案式で近似が可能であると報告されている。

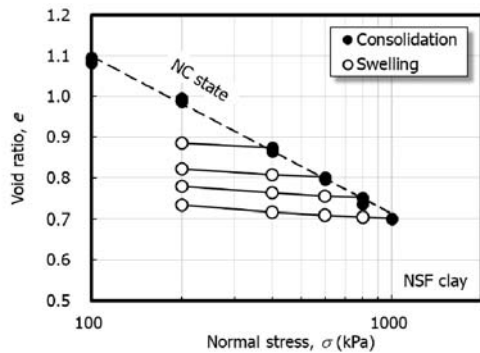


図-1 圧密および除荷試験結果

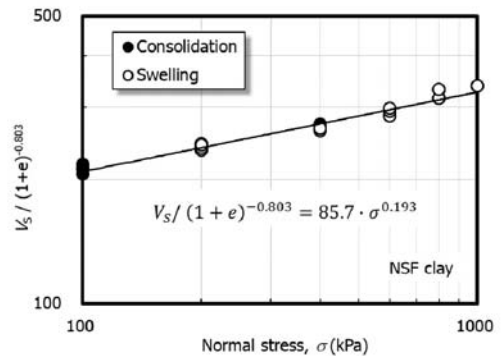


図-2 e で正規化した  $V_s$  と  $\sigma$  の関係

(せん断帯の評価)

せん断中のせん断帯の厚さを一定と仮定し(図-5)、供試体の厚さを  $H$ 、せん断帯の厚さを  $H_{SB}$  すると、せん断帯のせん断波速度  $V_{SB}$  は、せん断帯を含む土のせん断波速度  $V_s$ 、式(2) (図-2 に記載) から求まるせん断帯を含まない土のせん断波速度  $V_{sc}$  を用いて次式から求まると報告された。

$$V_{SB} = \frac{1}{\left(\frac{H}{H_{SB}}\right) \left(\frac{1}{V_s} - \frac{1}{V_{sc}}\right) + \frac{1}{V_{sc}}}$$

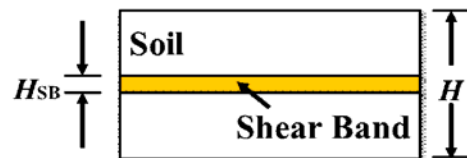


図-5 不連続せん断帯モデル

繰返しせん断に伴う  $V_{SB}$  の変化はせん断帯形成と密接な関係があり、せん断帯の厚さが確認できれば、不連続面の特性に把握に繋がると考えられるとしている。

せん断波速度の応力依存性、間隙比依存性を定式化し、不連続せん断帯モデルを適用することにより、せん断帯のせん断波速度を評価する手法を検討し、せん断帯の厚さ～せん断波速度の関係を求めている。

## 171：降雨地すべり現象を模擬した間隙水圧制御試験

基礎地盤コンサルタンツ(株) 若杉 護

地すべり現象の要因として、雨水や融雪水が斜面に浸透することにより、斜面構成する地盤の間隙水圧が増加（有効応力が低下）し、地盤のせん断抵抗力が低下し、結果的に地すべりが発生するとされている。この現象を室内で再現するため、間隙水圧制御機能を有した中空ねじり単純せん断試験装置（右写真）を用いて実験を行ない報告している。

（実験結果）

図-1 にせん断ひずみ～せん断応力の時刻歴曲線を示す。間隙水圧の増加に伴い、せん断ひずみ（移動量に相当）が増加し、間隙水圧が減少に転じると、その増加は急激に停止しており、実地盤の観測結果と良く整合したと報告された。

上記から、間隙水圧制御可能な中空ねじり試験は実地盤を忠実に再現が可能なことを報告された。

図-2 に  $\theta = \text{atan}(\tau/\sigma_v')$  ～ $\gamma$  関係を示す。せん断力が一定のため、 $\theta$  の増加は間隙水圧の減少（有効応力の回復）を意味する。図から判るように、 $\theta=37^\circ$  付近で変形が継続（ひずみが増大）しており、有効応力が回復すると（ $\theta$  の増加）変形が停止している。したがって、間隙水圧をこの値以下に制御すれば変形を停止させることが可能であるとしている。



間隙水圧制御可能な中空ねじり試験装置

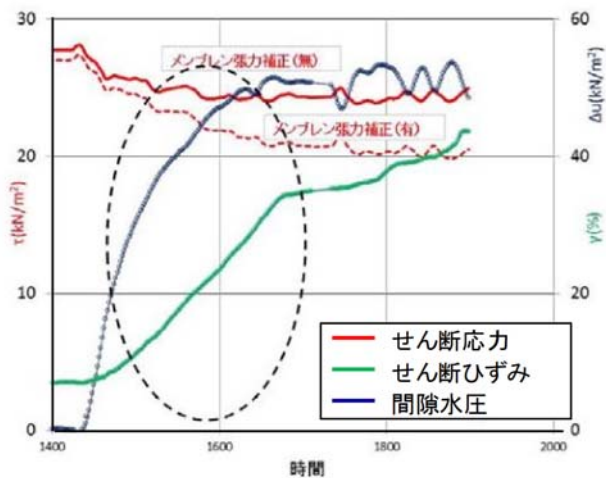


図-1 せん断応力、せん断ひずみ、間隙水圧の時刻歴例  
（一部、編集で追記）

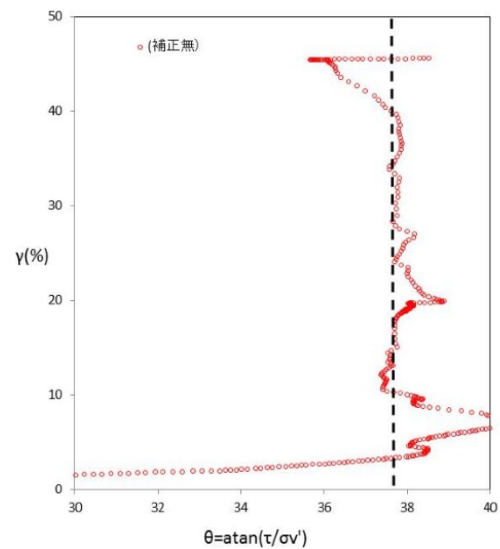


図-2  $\theta \sim \gamma$  関係

## 180：長期保存した洪積粘土の CRS 圧密試験における初期応力状態が圧縮曲線に与える影響

北海道大学 渡部要一

関西国際空港 2 期事業の地盤調査において、1994 年に採取された試料を使い、定ひずみ速度載荷圧密試験（CRS 圧密試験）を実施した。20 年以上長期保存した試料では、飽和度が低下しているために、沈下予測に用いるべき圧縮曲線が得られない。

本研究では通常の CRS 圧密試験に加えて、有効土被り圧で十分に予圧密してから、定ひずみ速度載荷を開始する CRS 圧密試験を行い、両者の比較から初期応力状態が圧縮曲線に与える影響について検討した結果を報告している。

（実験条件）

試験は A-1～A-3 の計 3 ケース（表 1）実施した。いずれのケースでも、背圧は 200kPa、メインとなる載荷過程での一定のひずみ速度は 0.02%/min とした。A-1 が JIS A 1227 による基本試験である。

原位置の試料の状態を考慮した圧縮曲線が得られるように、有効土被り圧 (967kPa) において予圧密したものが A-2, 一方の A-3 では、試料の吸水・膨張を避けるために圧密圧力が有効土被り圧に達したところで背圧を作用させて試料を飽和させた。

(実験結果)

CRS 圧密試験から得られる圧縮曲線は、定ひずみ速度載荷を開始する際の応力状態の影響を強く受け、有効土被り圧で十分に予圧密をしてから定ひずみ速度載荷を開始することにより、長期間保存した試料の場合でも、実務で沈下計算に使うべき代表的な圧縮曲線が得られることがわかった。

これらから、沈下予測に用いる圧縮曲線を提示している。実務において、原位置の沈下予測に使うべき代表的な圧縮曲線を得るために、通常の CRS 圧密試験に加えて、有効土被り圧において予圧密を組み入れた CRS 圧密試験を実施した。

その結果、CRS 圧密試験から得られる圧縮曲線は、定ひずみ速度載荷を開始する際の応力状態の影響を強く受け、有効土被り圧で十分に予圧密をしてから、定ひずみ速度載荷を開始することにより、長期間保存した試料の場合でも、実務で沈下計算に使うべき代表的な圧縮曲線が得られることがわかったとしている。

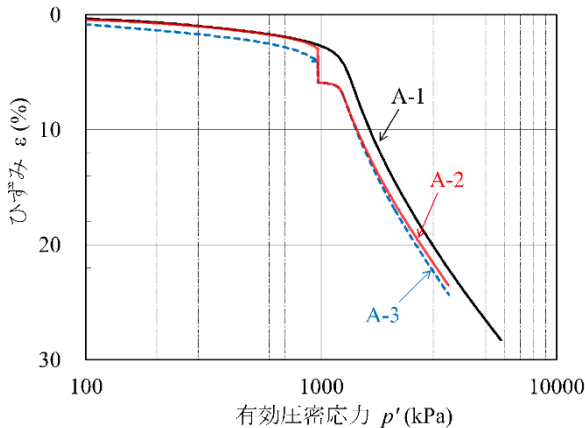


図2 各種CRS圧密試験で得られた圧縮曲線

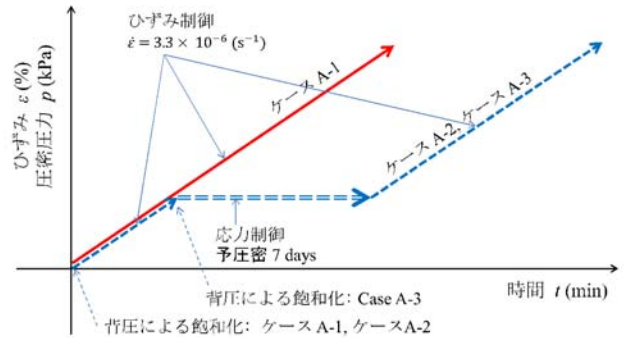


図1 試験手順の説明図

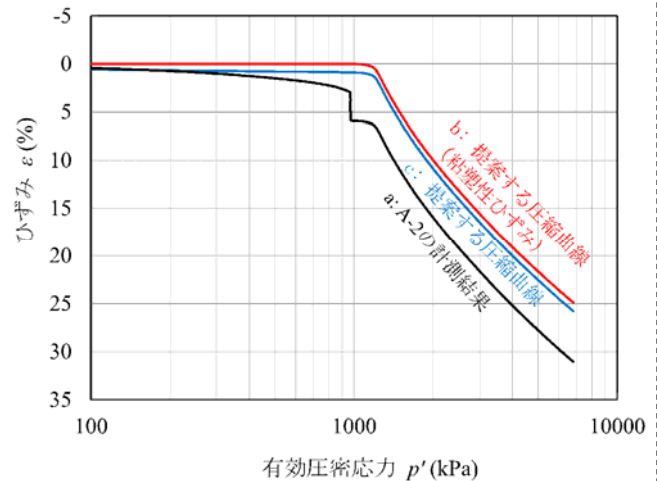


図3 予圧密を組み入れたCRS圧密試験で得られた圧縮曲線から原位置の沈下予測に用いるべき圧縮曲線を描く方法

524 : ため池堤体盛土の強度評価への三軸等方圧密試験の適用

基礎地盤コンサルタンツ(株) 小南 将冨

締固めエネルギーが強度特性評価に及ぼす影響を把握するため、和歌山県に現存するため池の堤体土(図-1)を用い、三軸試験の適切な強度評価方法について考察している。

具体的には、三軸等方圧密試験を実施し、堤体の応力状態に合わせた拘束圧条件で、三軸圧縮(CU)試験を実施した結果を報告している。

(実験条件)

試験方法は、圧密試験と三軸圧縮(CU)試験を実施している。圧密試験の条件は、築造時の締固めエネルギーの影響を圧密降伏応力によって評価するために、等方応力状態で三軸圧縮試験機を用いて実施した。各圧密段階における圧密終了の目安は3t法で判断し、三軸圧縮(CU)試験の拘束圧条件は、圧密試験結果を考慮して設定している。

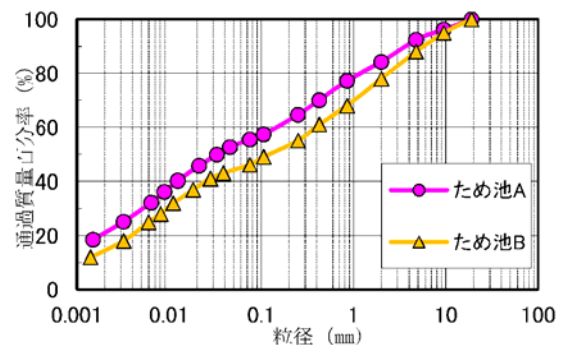


図-1 比較試験に用いた地盤の粒径加積曲線

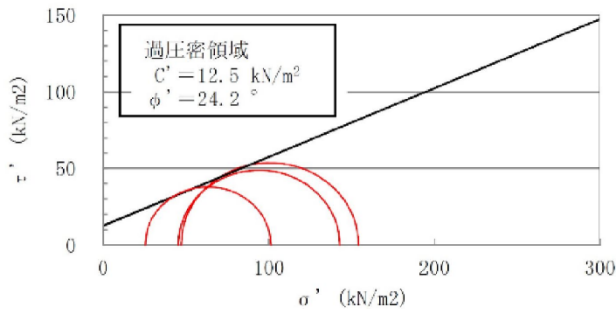


(実験結果：表-1, 図-2)

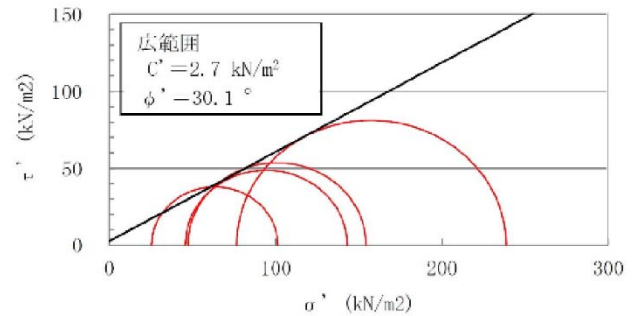
- ① 一般的に三軸圧縮(CU)試験では、想定される有効土被り圧を目安に広範囲な拘束圧で試験を実施するが、ため池堤体のように過去に締固めなどのエネルギーを受けている場合には、広範囲な拘束圧で結果を整理すると、過圧密領域における有効応力に基づく粘着力を過小評価する可能性があるとしている。
- ② 乱れの少ない試料を採取可能な場合には、三軸等方圧密試験を実施した上で、三軸圧縮試験の拘束圧を設定することは、人力で築造された応力状態を確認することができ、ため池耐震診断を進める上で有効な手段となると思われるとしている。

表-1 ため池 A の三軸圧縮(CU)試験結果

拘束圧 (kPa)	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)
広範囲な拘束圧 (20, 40, 80, 160)	2.7	30.1
過圧密領域 (20, 40, 80)	12.5	24.5



(過圧密領域によるモール円)



(広範囲な拘束圧によるモール円)

図-2 拘束圧の異なる条件下でのため池Aのモール円(有効応力)

### (5) ブース展示報告

展示会場は2つに分かれ、今回もそれほど広くはないものの、毎年と同様に多くの来場者があり、展示会場は各種の情報交換の場として活用されている。

今回のジオ・ラボネットワークとしてのブース展示は、初めての試みで、日本システム管理㈱さんとのジョイントブースで充実した2コマ展示であった。ジオ・ラボネットワークの展示内容は、各組合のポスター表示と土質試験ビデオ(毎年バージョンアップした内容)による試験手法の紹介、日本システム管理㈱さんは、一軸圧縮試験の計測を無線LANによりタブレットに表示する手法と、供試体破壊写真をデジタル画像処理するソフトを映像展示(p-10参照)されていた。

コラボした結果として、ジオ・ラボネットワークを訪問された来客を、日本システム管理㈱さんへ紹介したり、その逆もあったりで、非常に有効的な展示ができたと考えている。

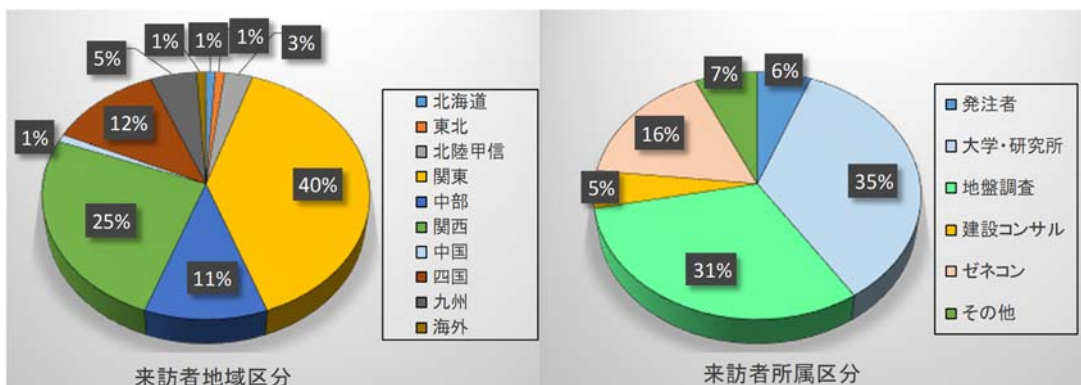
なお、来客数は前年度を少し超える状況で、比較的好評に終えることができたと考えている。

(来客の特徴)

- ・展示会場への訪問者：名刺数 103 名 + 名刺無 $\div$ 17 名 $\div$ 120 名 (前年度=名刺 108 名)
- ・地域区分は「関東地域」、「関西地域」が多く、次いで「中部地域」となっている
- ・来訪者は「大学・研究所関係者」、「地盤調査関係者」、「ゼネコン」関係が多かった
- ・高松開催であったが、前回の名古屋大会と変わらず、大変盛況な来訪者となったと考えている。
- ・早稲田大学院生(5人程度)、熊本大学学生(数人)と50分程度、試験法の解説+Q&Aを実施した。

(★特筆事項) 東大-渡邊健治先生と京大-勝見 武先生から試験編ビデオを依頼され、後日送付完了。

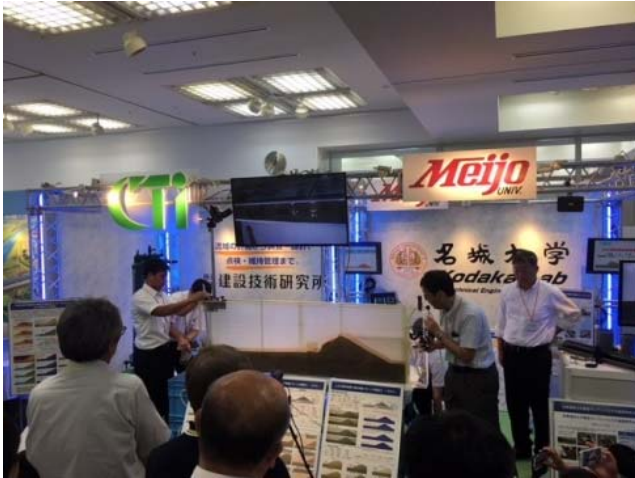
→ 下期からの授業に活用するとのことで、大変感謝されました。



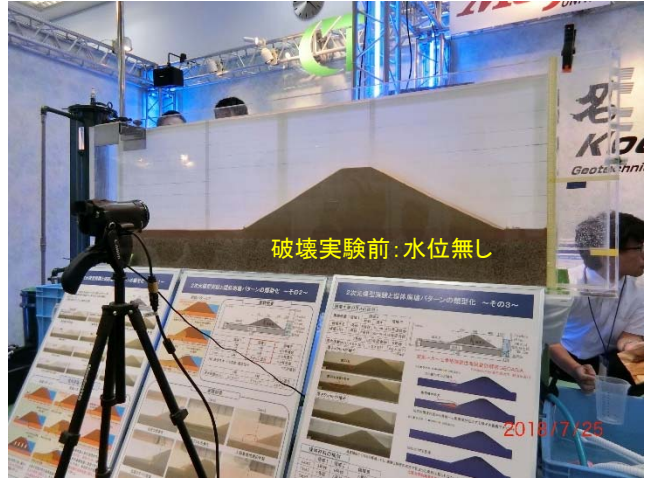
★特筆すべき展示ブース★

一方、展示ブースの中で、一際目立っていたのが、(株)建設技術研究所+名城大学の展示ブースでした。ここでは、3日間の展示の中日に、堤体モデルの破壊実験を実施するという展示でした。

展示会場であったが、工夫された生の破壊実験を目の前で見ることができ、大変参考になった。



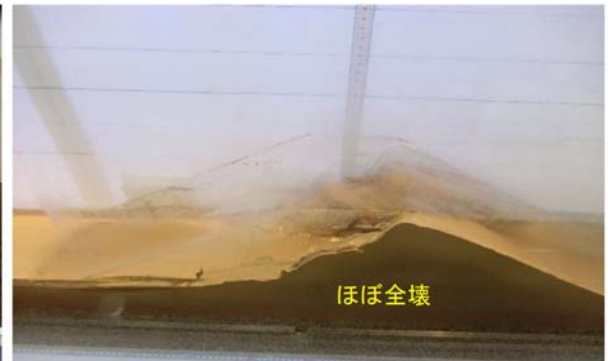
(株)建設技術研究所+名城大学の展示ブース (小高先生)



展示会場で公開された堤防の破壊実験モデル



堤外地の水位を上昇させてゆくと、法尻が崩壊を開始

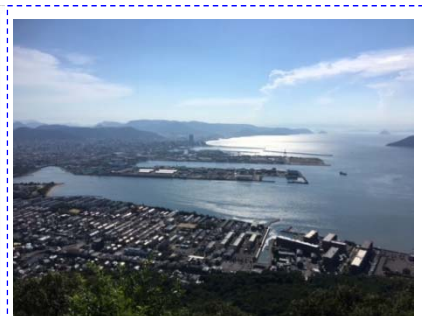


破壊が進行し、最終的にはほぼ全壊状態となった

(あとがき)

ジョイント展示された日本システム管理(株)では、破壊モデルの手書きを、写真撮影+画像解析による手法で、下図のような破壊後の供試体モデルを作成できるソフトを試作されていた。今後、完成品となると、正確性、スケッチをする手間の縮減、個人差の解消などを期待できるソフトといえる。

<p>元の画像</p>	<p>クロマキーのみ 背景は透過されているが、手前の供試体が残留している。供試体上部の影が暗い部分が透過されているが、撮影時にライトを付けることで改善されることが考えられる。</p>	<p>クロマキー+エッジ検出 検出パラメータ調整または手直しが必要と考えられるが、クラックなどを概ね把握できている。</p>



屋島展望台からの高松市街

展示準備が完了した前日、屋島展望台(北嶺)まで足を伸ばして、高松市街地を一望した。その昔、都を追われた平家は、源義経らに敗れ屋島へと撤退。当時の屋島は完全な島であり、天然の要塞とされていたとのこと。

屋島を構成する山上部には約1,400万年前の瀬戸内海火山活動に噴出した溶岩起因の古銅輝石安山岩(サヌカイト)が存在するといわれる。

(高松大会エピローグ: 編集者による讃岐うどん)

皆さまも機会がありましたら、高松への訪問をお勧めします。特に、好んで食したのは「スダチぶっかけうどん」でした。なお、「大」は3人前、「中」は2人前、「小」が1人前ですので、一般的なお方では、せいぜい「中」迄のご注文がおすすめです。

## 2. 第 18 回技術講習会開催報告

平成 30 年 7 月 6 日に、太平洋高気圧の縁に沿って暖かく湿った空気が日本列島に流れ込み、西日本から東日本・北海道に停滞する梅雨前線が活発な活動を続けました。この影響により、西日本から東日本・北海道の広範囲にわたって、猛烈な雨を伴った記録的な大雨となりました。この結果、全国の広範囲に渡って河川が増水・氾濫するとともに、記録的な土砂災害や河川堤防の破堤などによる低い土地の浸水によって、多くの犠牲者がでました（参照：p-2）。

これらのことから、第 18 回を迎える本技術講習会（H30.12.5）では、地盤工学分野から豪雨災害に取り組んでおられる名城大学工学部社会基盤デザイン工学科 小高 猛司 教授に「豪雨災害と河川堤防の浸透破壊」として、今回の災害被害調査で判明した事象・課題を解説していただくとともに、主として河川堤防を対象として今後の豪雨に対する備えに関して参考となる話題をご提供いただきました。

なお、講演会終了後は、大型バス 2 台で組合試験所まで、移動して試験設備の見学会を開催した。

### 2.1 参加者

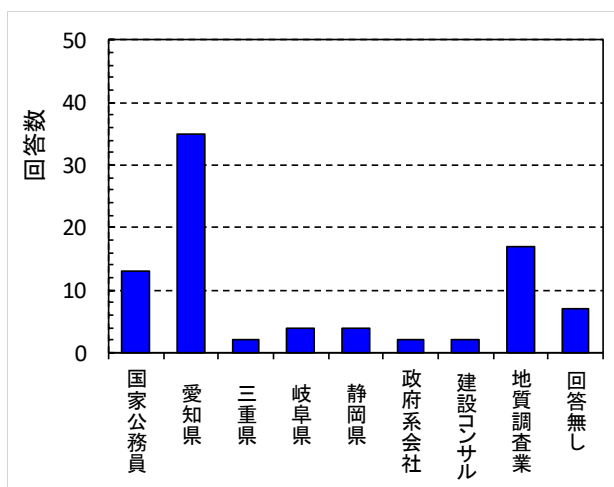
- ・当初参加者 : 121 名（講演会）、78 名（見学会）
- ・キャンセル考慮 : 109 名（講演会）、69 名（見学会）
- ・最終参加者 : 103 名（講演会）、65 名（見学会）（技術者が 81%の参加者であった）

（参加申込者）

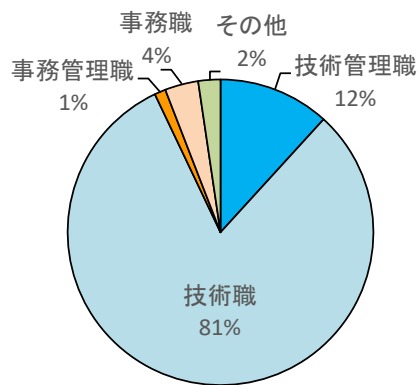
種別	中央官庁	地方自治体							政府系 会社	協会会員	大学	理事会・委員 協会理事	合計
		愛知県	市町村	三重県	市町村	岐阜県	市町村	静岡県					
講演会	17	37	10	2	0	2	2	4	2	24	0	9	109
見学会	13	28	9	2	0	2	0	3	2	6	0	4	69

（実際の参加者）

種別	中央官庁	地方自治体							政府系 会社	協会会員	大学	理事会・委員 協会理事	合計
		愛知県	市町村	三重県	市町村	岐阜県	市町村	静岡県					
講演会	17	35	9	2	0	2	2	4	2	21	0	9	103
見学会	12	26	8	2	0	2		3	2	6	0	4	65



（アンケート回収者 86 名参加者区分）



（参加者の職域区分）

### 2.2 講演概要

現在、小高先生は地盤工学会本部総務担当理事に就任されており、学会の災害連絡会議幹事長も兼務されている関係から、大変お忙しい時間を縫ってのご講演でしたが、大変充実した内容の講習会でした。

- ・講師：小高 猛司先生（名城大学工学部 社会基盤デザイン工学科 教授）
- ・演題：河川堤防を浸透破壊から守るための地盤工学
- ・主要な話題
  - ①平成 30 年 7 月豪雨の小田川破堤と豪雨による堤防決壊による浸水被害
  - ②堤防の浸透破壊は、どのような時に発生するのか（小高先生の研究成果）
    - ・地震・洪水および複合災害に対する統合型河川堤防評価技術の開発
    - ・パイピングに伴う堤防劣化を考慮した河川堤防評価技術の開発（模型実験の紹介）
  - ③堤防の地盤調査，土質試験，安定解析法の現状と提案
    - ・全国各地の堤防を構成する地盤材料の物理探査・サンプリング・地盤材料試験
    - ・「粘性土」堤体（→細粒土堤体）は本当に安全か。
    - ・吸水軟化試験の実施，実物大模型実験の実施から「堤体土の「粘り強さ」の評価」

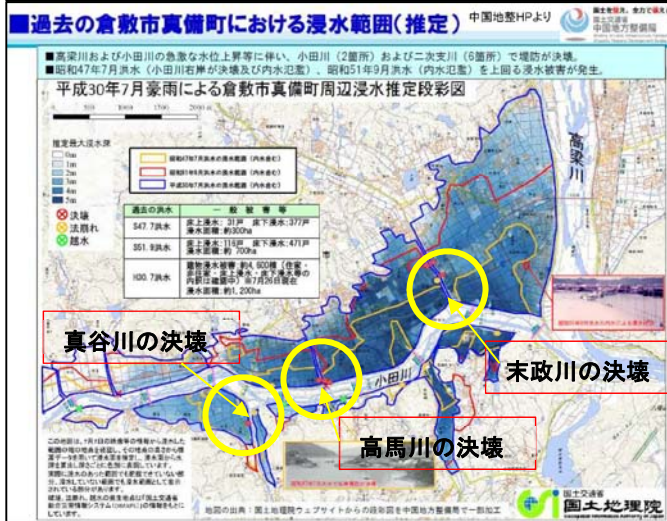
(1) 平成 30 年 7 月豪雨の小田川破堤について  
 (●近年の豪雨災害紹介と小田川の付替事業効果紹介)

破堤を伴った豪雨災害

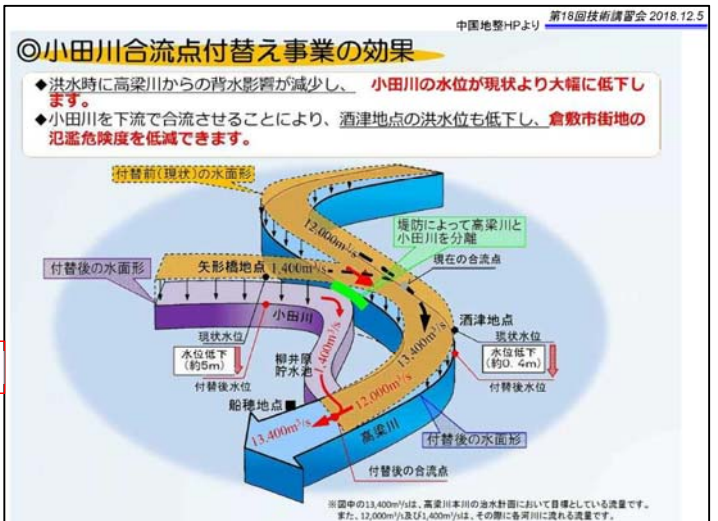
- 昭和49年 狛江水害(多摩川)(台風16号)
- 昭和51年 9. 12豪雨災害(長良川)(台風17号)
- 昭和56年 小貝川(台風による豪雨、利根川の逆流)
- 昭和61年 小貝川(台風10号)(石下町で漏水から堤防が決壊)
- 平成10年 阿武隈川、那珂川
- 平成12年 東海豪雨(新川)(秋雨前線)
- 平成16年 新潟・福島豪雨災害(能代川、五十嵐川、刈谷田川、稚児清水川、猿橋川、中之島川)
- 平成16年 福井豪雨災害(足羽川)(梅雨前線)
- 平成16年 台風23号災害(円山川、出石川)
- 平成24年 九州北部豪雨(矢部川)
- 平成27年 関東・東北豪雨(鬼怒川・渋井川・・・)(台風17, 18号)
- 平成28年 台風10号災害(二ツ森川、空知川、札内川)
- 平成30年7月豪雨(小田川、高馬川、末政川、・・・)



倉敷市真備町の破堤・浸水状況 (引用元: 中国地整 HP)



真備町の浸水予測と被害比較 (引用元: 中国地整 HP) 追記



小田川の合流点付替え事業の効果 (引用元: 中国地整 HP)

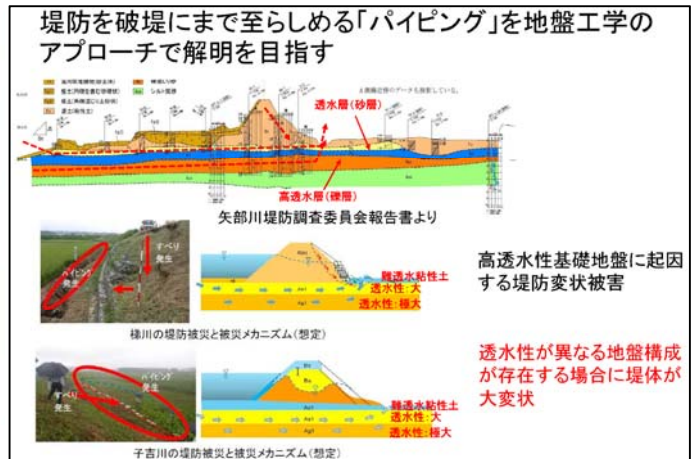
(2) 堤防の浸透破壊を地盤工学によるアプローチでメカニズムの検討

近年の河川堤防における「越流のない堤防決壊」の代表的な事例として、S51年台風17号による長良川堤防(岐阜県)、S61年台風10号小貝川堤防(茨城県)、H24年九州北部豪雨矢部川堤防(福岡県)、H27年関東・東北豪雨渋井川堤防(宮城県)等を紹介された。また、浸透破壊による堤防の変状被害として、H24年九州北部豪雨矢部川: 下の写真参照)、H25年梯川堤防の法すべり(石川県)、H25年子吉川堤防の法すべり(秋田県)に代表される事例を報告された。

これらの事例から、堤防を破堤に至らしめる「パイピングに伴う堤防劣化を考慮した河川堤防評価技術の開発」として、地盤工学的アプローチで「透水性基礎地盤に起因する河川堤防の変形」を解明するための実験・解析結果を基本として解説された。

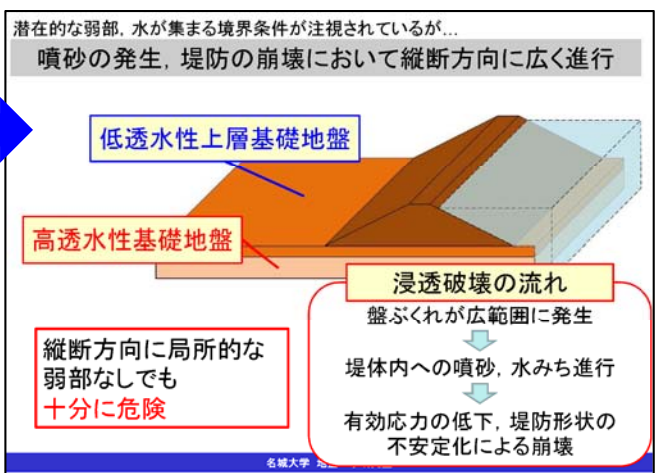
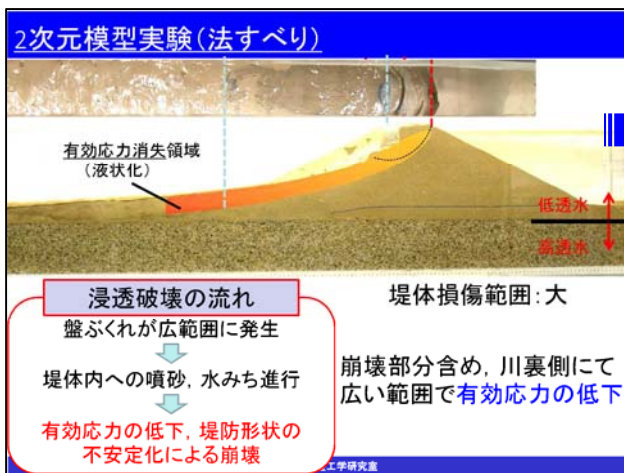
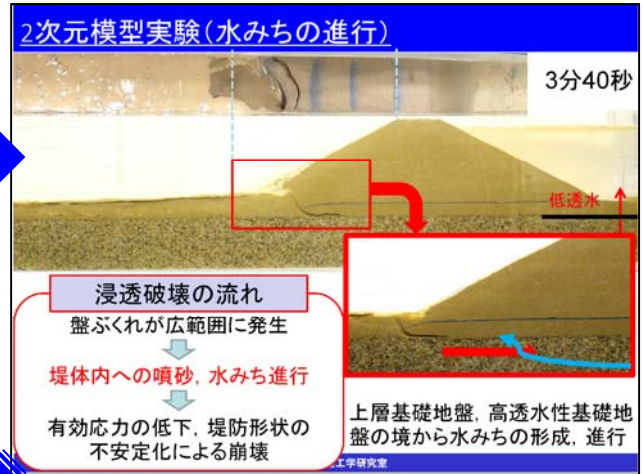


平成 24 年九州北部豪雨矢部川堤防の破堤 (九州地整 HP)

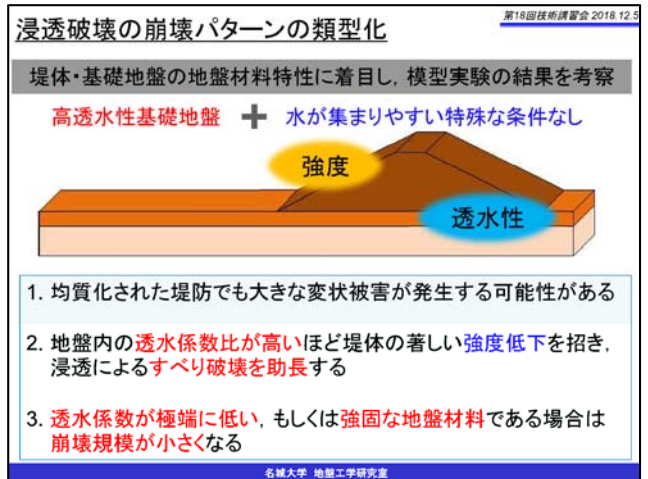
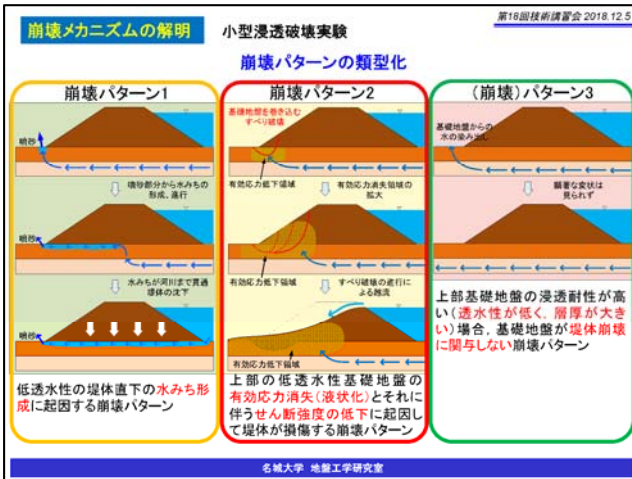


地盤工学によるアプローチで堤防破堤のメカニズム解明検討

(●2次元模型実験による浸透破壊を再現)



(●崩壊メカニズムの解明:3パターン化)



(3) 堤防の地盤調査、土質試験、安定解析法の現状と提案

小高先生グループが提案されている吸水軟化試験は、越流後の侵食崩壊や基礎地盤のパイピングに起因する堤体崩壊などの堤体の浸水条件下でのせん断強度の評価に有効であるとしている。

吸水軟化試験とは、三軸セル内で土供試体に、一旦異方応力条件下の初期せん断を与えた状態とし、その後、軸差応力を所定の値で一定に保持したまま、間隙水圧のみを徐々に上昇させることにより、有効応力を低下させて、土供試体を破壊に至らしめる試験である。細粒分が多い堤体土ほど、間隙水圧の上昇はゆっくりと行う必要がある。初期せん断の与え方は、有効拘束圧 50, 100kPa で等方圧密後、軸差応力が 50, 100kPa に到達するまで、軸載荷速度一定で排水せん断を行う方法を採用している。

所定の軸差応力に到達後、速やかに軸差応力一定条件下での間隙水圧上昇に移行する。なお、異方圧密試験と同様な手法で初期せん断を与えても良いが、その後の吸水軟化試験の結果に差異はない。

第18回技術講習会 2018.12.5

従来安全性が高いと思われてきた  
**「粘性土」堤体(→細粒土堤体)は本当に安全か?**

浸透流解析  
 「粘性土」→ $k=10^{-6}$ cm/s(粘土),  $10^{-5}$ cm/s(シルト)  
 実際の堤防の透水性を過小評価していないか?  
 →浸潤面が上がらない→危険側の評価

円弧すべり解析  
 「粘性土」→UU試験, CU試験 c材として扱う  
 c材として扱って良い粘性土といけない細粒土がある  
 過圧密粘土的な挙動vs正規圧密粘土的な挙動  
 →c材では2割勾配程度では自重ではすべらない  
 →危険側の評価

本当の「粘土」とFcが大きいだけの「細粒土」との違いに注意  
 →「粘土」とさえ思いこまなければ適正な評価は可能

名城大学 地盤工学研究室

第18回技術講習会 2018.12.5

浸透時のすべり破壊の安定性評価の現状

・現行評価法: 浸透解析と円弧すべり解析を組み合わせた一般全応力法解析  
 ・強度定数: 適切な試験条件を選択

河川堤防の構造検討の手引き  
 三軸圧縮試験時の試験条件  
 砂や砂礫 → CU, CUB, CD (平成24年2月改訂)  
 非排水せん断 排水せん断  
 粘性土 → UU, CU (平成24年2月改訂)  
 非圧密 圧密

三軸試験の特殊性  
 ・比較的簡単で普及している  
 ・完全非排水条件, 完全排水条件の「理想(非現実)」  
 ・条件が実現可能  
 ・せん断状態が対象とする土構造物の破壊状態と必ずしも一致しない

三軸試験で何を求めたいのか?  
 何が求められるのか?

現実の砂質・砂礫系堤防  
 CU条件 → 完全非排水せん断条件は非現実的(多少の排水は許容される)  
 CD条件 → 有効応力, ひずみレベルが増大し続ける三軸試験の排水せん断条件は, 有効応力が減少しつつ破壊に至る浸透すべり破壊とは大きく異なる(過大評価する可能性)

一般全応力法の円弧すべり解析  
 ・河川堤防の浸透すべり破壊の実現象(圧力レベル, ひずみレベル)に即した試験条件を選択すべき

名城大学 地盤工学研究室

吸水軟化試験概要

圧密過程まで三軸試験と同じ手法

異方応力状態にするために所定の軸差応力まで上げる

軸差応力を一定に保ちながら間隙水圧を1kPaずつ上昇させる

有効応力経路を精密に制御

骨格構造が急激に変化しはじめる有効応力条件を探索

浸透時の応力を評価することができる

平均有効応力  
 有効応力経路

破砕応力比  $q/p \sim$  軸ひずみ関係

(★吸水軟化試験の解説★)

吸水軟化試験による砂質土の浸透耐性の評価  
 中部土質試験協同組合 久保裕一

吸水軟化試験とは、三軸セル内で土供試体を一旦異方応力条件下の初期せん断を与えた状態とし、その後、軸差応力を所定の値で一定に保持したまま、間隙水圧のみを徐々に上昇させることにより、有効応力を低下させて、土供試体を破壊に至らしめる試験である。

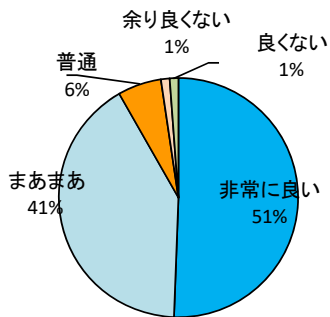
細粒分が多い堤体土ほど、間隙水圧の上昇はゆっくりと行う必要がある。初期せん断の与え方は、有効拘束圧 50 および 100kPa で等方圧密後、軸差応力が 50 および 100kPa に到達するまで軸荷速度一定で排水せん断を行う。

所定の軸差応力に到達後、速やかに軸差応力一定条件下での間隙水圧上昇に移行する試験である。

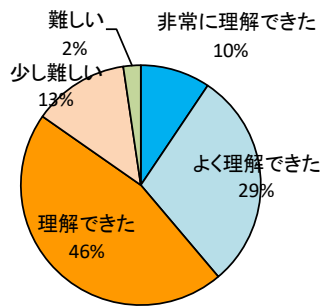
(土木学会全国大会 第72回年次学術講演会, 2017年9月)  
 ★参考: 当組合 HP に掲載されていますのでご参照下さい★

(4) 参加者のアンケート結果

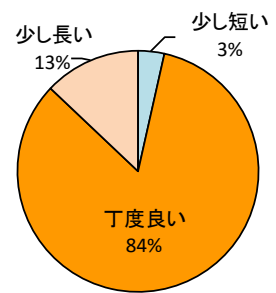
●講演会



講演会内容

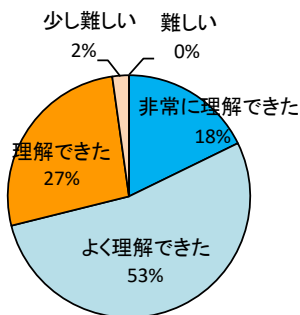


理解度

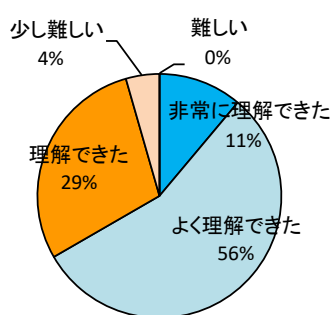


講演時間

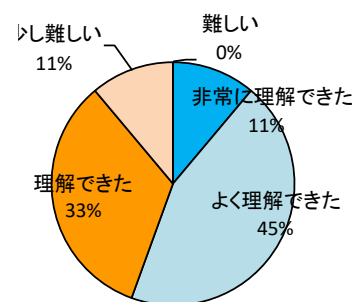
●見学会



試料取扱



物理試験



力学試験

(5) 開催状況



講師の小高先生



講演会の参加状況



講演会参加状況



講演会終了後の質疑応答状況



見学会実施状況（凍結試料の成形）



見学会実施状況（粒度試験-ふるい試験）





見学会実施状況（材料試験）



見学会実施状況（動的試験）

(6) 講演会・見学会に対するコメント・要望

講演会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ため池農調査について知りたい。</li> <li>・砂防に関することについて知りたい。</li> <li>・河川の堤防の中に占用物があるときの強度低下について知りたい。</li> <li>・途中で休憩を設けて頂いた方が、より集中して聞くことができると思う。</li> <li>・小高先生の発案の吸水軟化試験が広まると、安全性が高まって素晴らしいと思います！！</li> <li>・要点がわからなかった。内容が少し難しかった。</li> <li>・道路・舗装、路盤改良、インフラ点検、地下水対策などの講演を希望します。</li> <li>・地質に関してはまだ素人のため用語等の理解が追いつきませんでした。実験映像等を見せていただき理解がしやすかったです。</li> <li>・今後コンサルタントとして必要になるので、理解を深めるためにも基本的なことも学べる機会がほしいと思います。</li> </ul>	
見学会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土質試験の現場を見ることができてとても参考になり役立ちます。ありがとうございました。</li> <li>・良い経験をさせてもらい、とても勉強になりました。ありがとうございました。</li> <li>・説明時間が短かった、もう少し詳しく話がしてもらえるとよかったです。</li> <li>・力学試験を自分でやってみたい。</li> <li>・試験結果の利用方法(何の検討に必要か)をもっとよく知りたい。</li> <li>・試験機、試験方法について、理解が深まり、大変有意義な見学会でした。ありがとうございます。試験データの見方やそのデータの利用方法をもう少し詳しく教えて欲しい(一宮市建設部治水課→資料をメール転送しておきました)。</li> <li>・なかなか見る機会はないのでとても参考になりました。</li> <li>・力学試験の資料(非圧密,非排水など) (NEXCO中日本 名古屋支社 津・保全SC* →資料をメール転送しておきました)</li> <li>・バスの中でのDVD(最新)があれば欲しい。 (NEXCO中日本 名古屋支社 津・保全SC →全地連提供のYouTubeのURLを提供)</li> <li>・職員研修用に、見学資料の各ページのA4版がほしい(国交省 高山国道事務所)。 (ジオ・ラボネットワークサーバーを介して資料送付済)</li> </ul>	

注\*) SC: サービスセンター

(まとめ)

- H30年7月豪雨の被災を鑑み、今回のテーマを選択し講師として小高先生にお願いしたが、タイムリーな時期の開催で、なおかつ大変適切な内容であったと判断している。
- 受講者からのアンケートにも回答されているように、講演会の内容は92%が適切であったとの評価であり、理解度は、少し難解との意見もあったが、75%が理解できたとの評価であり、動画がふんだんに取り入れられ全体的に判りやすかったと考えている。講演会の時間も87%が好意的な評価であった。
- 見学会も、開催する毎に、各職員が解説方法・内容のバージョンアップに各種工夫を凝らしており、「非常に理解できた」、「よく理解できた」、「理解できた」の合計が、試料取扱(98%)、物理試験(96%)、力学試験(89%)と非常に高い評価をいただいた。今後も継続して改善していきたい。
- 講演会、見学会共に、参加者からの要望を取入れ、今後もよりよい技術講習会にしていきたいと考えている。また次回には、タブレットを用いて、手元で操作しながら、試験方法の解説・試験機の説明などを行うなど、さらに判りやすい解説手法なども取り入れる予定です。ご期待下さい。

中部地域に貢献するジオ・ラボ中部を構成する組合員・準組合員

組合員18社	愛知県15社, 三重県2社, 静岡県1社(五十音別)		
(株)アオイテック	青葉工業(株)	(株)アクアテルス	川崎地質(株)
基礎地盤コンサルタンツ(株)	(株)キンキ地質センター	サンコーコンサルタント(株)	(株)ダイヤコンサルタント
玉野総合コンサルタント(株)	中央開発(株)	(株)東建ジオテック	東邦地水(株)
(株)中日本コンサルタント	(株)日さく	日特建設(株)	富士開発(株)
松阪鑿泉(株)	明治コンサルタント(株)		
準組合員19社	愛知県11社, 三重県2社, 岐阜県1社, 静岡県5社(五十音別)		
(株)朝日土質設計コンサルタント	(株)アサノ大成基礎エンジニアリング	応用地質(株)	協和地研(株)
興亜開発(株)	(株)大和地質	(株)地圏総合コンサルタント	(株)中部ウエルボーリング社
土屋産業(株)	(株)東海環境エンジニア	東海ジオテック(株)	(株)東京ソイルリサーチ
(株)中野地質	日本物理探査(株)	(株)フジヤマ	(株)増田地質工業
(株)松原工事事務所	(株)ヨコタテック	(株)ランドテクト	