

1. 中部土質試験協同組合職員が参加・関係した各種会議・見学会

平成26年8月以降に開催されて、当組合の職員が関係する各種の諸会議・見学会を一覧表で紹介いたします。少し新鮮みが薄い報告ともなりましたが、No.136発行後に開催された各種の会議報告をまとめて記載しました。

表-1.1 最近開催された諸会議への参加者

種別	No.	開催日 ~ 終了日	主催	会議・研修名称	当組合の主な参加者
講演会 発表会 など	1	8月28日 ~ 8月29日	ジオ・ラボネットワーク (主幹)協同組合島根県土質技術研究C. (後援)全国地質調査業協会連合会	試験組合技術者交流会	坪田邦治 久保裕一 伊藤康弘
	2	9月18日 ~ 9月19日	全国地質調査業協会連合会	「技術フォーラム2014」秋田	坪田邦治 松村竜樹
	3	10月2日 ~ 10月3日	ジオ・ラボネットワーク (後援)協同組合関西地盤環境研究C.	第2回技術研修会	坪田邦治 久保裕一 石原聖子
	4	10月24日	中部地質調査業協会	「中部ミニ・フォーラム2014」	坪田邦治 加藤雅也 江上尊憲 岩田 暁 松村竜樹
地盤材料 試験 見学会 など	1	10月20日	中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所	地盤材料試験研修会 地盤定数の評価など	職員一同
	2	10月23日	ジオ・ラボネットワーク (後援)全国地質調査業協会連合会	臨時経営懇談会	坪田邦治 成瀬文宏(副理事長)
	3	10月25日	地盤工学会中部支部見学会	市民見学会(液状化試験, 液状化モデル実験)	坪田邦治 加藤雅也 池田謙信 伊藤康弘
	4	11月19日	主催: 中部土質試験協同組合 協賛: 中部地質調査業協会	第16回技術講習会・見学会	理事各位 職員一同
	5	12月15日	農水省東海農政局 " 矢作川総合第二期農地防災事業所	動的試験・物理試験見学会	久保裕一 加藤雅也 伊藤康弘

2. 試験組合技術者交流会実施報告

(1) 開催要項

- テーマ: 「日常的技術向上とネットワークの親睦を深める」
- 開催日時: 平成26年8月28日(木)~29日(金)
- 主担当・会場: (協) 島根県土質技術研究センター

(2) 8月28日(木) プログラム

*14:00~14:05: 開会挨拶: 島根県土質技術研究センター 藤井三千勇 理事長

*14:05~16:00: 各組合発表 (表-2.1 参照)

(意見交換会最近のトピックスについて(各組合10分程度))

- ・ 試験設備・試験手順や方法の改善
- ・ 導入した試験機器の紹介
- ・ 各組合の特徴の紹介などの話題を発表

*16:45~17:20 特別講義: 『島根の地質』 島根大学名誉教授 山内靖喜先生

*17:50~ 会場から移動後懇親会 (ホテル穴道湖)

(3) 8月29日(金) プログラム

*8:30~12:30 現地見学会 『島根の地質と出雲大社』

(日御碕から桁掛半島を経て鷺浦に至る地域: 日本海に面した海食崖に沿う、およそ1,600万年前に噴火した流紋岩の柱状節理や様々な産状を見学)
-前日の島根県の地質を10の地域に区分された説明を現地で見学できた-



開会挨拶: 藤井理事長



ご講演中の山内先生

表-2.1 各組合からの発表内容

No.	発表者	組合名	題 目
1	松浦 貴之	島 根	大型簡易一面せん断試験
2	平 伸明	北海道	凍結温度変化による劣化進行の違いについて
3	伊藤 康弘	中 部	含水比変化に基づく試料保管方法・保管環境の違いの考察
4	江守 達弥	北 陸	最近の活動と取り組み
5	松崎 公一	関 東	最近のトピックス
6	梅本 学	関 西	(協)関西地盤環境研究センターの近況報告
7	田井 克彦	岡 山	本年度の試験機導入と研修活動
8	中原 一貴	広 島	最近のトピックス
総括	松浦貴之・坪田邦治		発表に対するコメント，技術情報



図-2.1 (協)島根県土質技術研究センターの位置図と現地見学会案内図 (Google Mapに追記)

(4) 意見交換会の内容

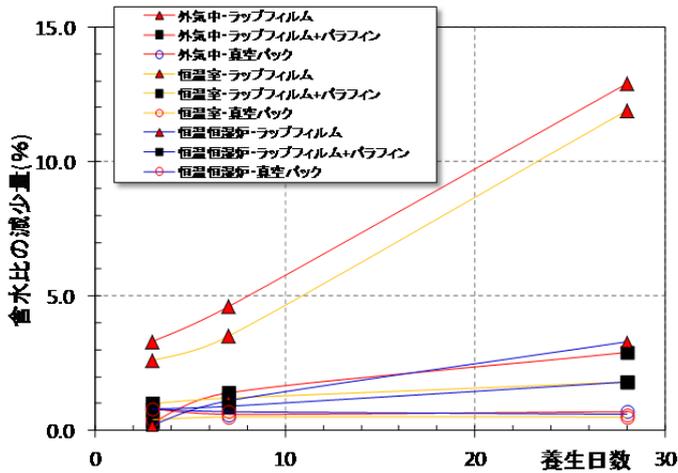
各組合から8編の発表を行ない、発表直後に意見交換を行った。意見交換が非常に活発に行われたことから、予定時間を大幅に超えることとなり、試験設備見学を割愛することとなったことが反省点といえる。

(中部の伊藤康弘君の発表要旨：図-2.2および写真-2.1参照)

- ① 概要：搬入試料の保管・含水比管理には最善の留意が必要であることから、ラップフィルム、ラップフィルム+パラフィン、市販の簡易な真空パックの3種類で、4週までの保管状況を比較した結果について報告した。なお、用いた試料は、試料の差異をなくすために、カオリン粘土とした。
- ② 結果：1週間以内程度であれば、ラップフィルム+パラフィンで対応可能だが、4週程度となると、真空パックを用いて保管することが適切であることを報告した。ただ、留意点として、軟弱な粘性土に関しては、真空圧による強度変化をきたすことがあるので、留意する必要がある。
- ③ なお、中部では、名城大・小高先生から、ラップフィルムの有効性の助言もあり、以後、パラフィン巻き付け時に採用している(供試体への熱伝導防止)ことを報告。

(総括)

- ① 各組合発表では、試験関連が3点・トピックス関連が5点の発表であった。
- ② 試験関連の発表では、試験の実施報告から日常的業務の注意点などの技術的な発表が行われた。一方、トピックス関連の発表では、前年度の実績が全体的に良かった事から、各組合ともに新しい試験機の導入・新入職員の紹介など比較的明るい話題が多かった。
- ③ 意見交換では、ジオ・ラボネットワーク運営委員組合の支援もあり、非常に活発な意見交換が出来た。
- ④ この技術交流会の特徴は、地盤材料試験に関する他の組合との情報交換ができることと考える。この点は、ジオ・ラボネットワークの技術者交流会以外には見あたらないといえる。この点でも、ジオ・ラボネットワーク会員組合の多くの技術者が参加でき、各種の議論を交換して、より有意義な技術者交流会の継続が望まれる。



保管方法と保管箇所の含水比変化 (28日養生, 全体)

図-2.2 保管手法による含水比の変化量比較



写真-2.1 中部：伊藤康弘の発表



写真-2.2 日御碕灯台付近の流紋岩の柱状節理



写真-2.3 山内先生からオイルシェール(赤丸)との説明で思わず...

(まとめ)

1日目の意見交換会が終了し、場所を移動しての懇親会は、島根県土質技術研究センター理事も参加されて、和やかな雰囲気で開催されました。

久々にお会いする各組合の方々との情報交換では、業務や試験の話で大変盛り上がりました。日本夕日百選にも選定される宍道湖の夕日を横目に、懇親会は盛会の内に閉会しました。また2次会では、藤井理事長が会長を務めておられる、BJプロ・バスケットチーム「島根スサノオマジック」の本拠地にて、和やかに情報交換することができました。



写真-2.4 日御碕灯台付近で見学会参加者全員集合



写真-2.5 BJ島根スサノオマジックの本拠地にての懇親会

(1) 開催概要

2014年9月18日(木)～9月29日(金)の2日間 全地連「技術フォーラム2014」秋田が、秋田市の秋田キャッスルホテルにて開催されました。

今年のテーマは「ジオ・アドバイザー役割-技術と技能の融合-」でした。1990年以降のメインテーマを表-3.1に示した。また参加者の変遷を図-3.1に示す。因みに、2015年は名古屋で開催となりました。

7月の北九州市で開催された地盤工学会研究発表会と同様に、ジオ・ラボネットワークブースを開設し、各協同組合のPR、災害時の試験対応などを説明し、参加者との交流を図りました。今回の展示には、ジオ・ラボネットワーク全組合が参加し、実際の展示会には、北海道・北陸・関東・中部・関西の5組合が参加しました。

表-3.1 全地連技術フォーラムメインテーマと参加者数

開催回数	開催年	開催地	メインテーマ	参加者数
1	90	東京		295
2	91	大阪	「現場に戻ろう」Back to the field	394
3	92	福岡	〃	396
4	93	横浜	〃	480
5	94	札幌	「現場の声を聞こう」	489
6	95	広島	〃	467
7	96	仙台	〃	566
8	97	名古屋	〃	647
9	98	東京	「現場に戻ろう」Back to the field	423
10	99	松山	〃	398
11	00	神戸	「開かれたフォーラムを目指して」	345
12	01	新潟		352
13	02	米子		348
14	03	さいたま	地盤防災と環境の創造	366
15	04	福岡	「現場に戻ろう」Back to the field	344
16	05	仙台	災害に備える!! 地質調査業の役割	371
17	06	名古屋	減災への取り組み -地質調査の意義-	300
18	07	札幌	環境との共生	631
19	08	高知	地域再生	650
20	09	松江	地域再生への取組	620
21	10	那覇	”現場”へ戻ろう-地質調査の役割-	398
22	11	京都	”現場”へ戻ろう-地質調査の役割と今後の展開-	480
23	12	新潟	”現場”へ戻ろう-ジオ・アドバイザーとしての役割	500
24	13	長野	地質技術者の新たな挑戦 -防災立国を目指して-	510
25	14	秋田	“ジオ・アドバイザーの役割”-技術と技能の融合-	450
26	15	名古屋	多くの皆さまのご参加をお待ちしています。	

(2) ジオ・ラボネットワークからの参加

今回の発表総数は104編で、ジオ・ラボネットワークからも3編の発表がなされた。この内、D-2室内試験編では、当組合の松村竜樹が、「一般廃棄物を利用した改良土の一軸圧縮試験についての一考察」を口頭発表しました。

松村等は、コストや環境面への影響を少なくするために、セメント等の地盤改良の代替え添加材として、身近に発生する一般廃棄物を利用した実験を実施した。発表では一つの事例として、マサ土に3種類の添加材を異なる混合の仕方により供試体を作成し、一軸圧縮試験を用いて、強度・変形特性がどのような傾向であったかを報告した。結果的に、普通紙を混合した場合、非常に大きな改良効果(一軸強度)を期待できることが判った。

今後、長期的な強度確認などが必要となると考えている。(参考:松村による報告:次頁)

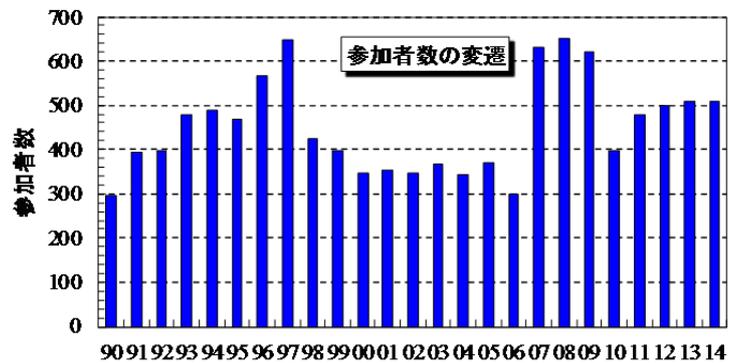


図-3.1 技術フォーラムへの参加者数の変遷

(3) 特別セッション-基調講演

(秋田大学国際資源学部: 佐藤時幸教授)

話題は、「恐竜絶滅は隕石の衝突が原因か、白亜紀と現在の海流システムの大きな違いと気候、タイタニック号は北に向かったのか」

(深層流とは、大西洋の海流システムと水温分布、深層流が石油資源分布に及ぼす影響)という非常に興味深い内容であった。

ここでは、ODP(国際深海掘削プロジェクト)で、ユカタン半島沖のチャールストン沖で、K/T境界(地質年代では中生代の白亜紀(Kreide)と新生代の第三紀(Tertiary)との境界:約6,500万年前)で、イリジウム、オスミウム層が発見されたことで、白亜紀の生物大量絶滅は隕石衝突が引き金となったことを裏付けたとの解説であり、大変興味深かった。



写真-3.1 佐藤先生の基調講演

(4) 全地連「技術フォーラム2014」秋田 参加報告

中部土質試験協同組合 松村竜樹

(概要)

2014年9月18日(木)～19日(金)の二日間、秋田県の秋田キャッスルホテルにて全地連「技術フォーラム2014」秋田が開催され、今年のメインテーマは「”ジオ・アドバイザーの役割”ー技術と技能の融合ー」というものでした。内容としては19セッション104編の技術発表と15団体による展示会で、当組合も関東・関西・北陸組合とともにジオ・ラボネットワークとしてブースを開き、組合のPRや土質試験の説明をするなど参加者との交流を図りました。開会式後には、(財)国土技術研究センターの谷口博昭理事長による建設業界の持続的発展についての特別講演を聞くことができ経済的なことも含め、大変勉強になりました。

(口頭発表)

私自身も「一般廃棄物を利用した改良土の一軸圧縮試験についての一考察」という題目で発表をしました。

これは一般廃棄物を地盤改良の際の添加材として利用できないかということで、いくつかの材料で供試体を作成し一軸圧縮試験により評価することによりその可能性を示しました。

初日の終盤には懇親会が開かれ、秋田の食べ物やお酒が振る舞われました。そこで初めてなまはげをみることができ、その顔はとても恐ろしい表情をしていました。この地方では、親が子供に対して幼いころからなまはげによる強い恐怖を記憶させ、それによって学業に専念させる、非行に走らないようにする等、教育に利用しているようです。

(八郎潟の見学)

二日間が無事に終わり、折角、秋田に来たので帰り際に八郎潟へ立ち寄った。小学校のころ社会の授業で名前を聞いたくらいでありなじみがなかったのですが、それを知る良い機会となりましたので少し紹介します。

八郎潟はかつて琵琶湖に次ぐ日本で二番目の面積を誇る湖でした。しかし、戦後の食糧不足や湖岸地域の水害防止のため、国の事業として八郎潟の干拓が計画されました。当時、日本では干拓に関する技術が乏しく、オランダより技術援助を受けて昭和32年に着工しました。

湖底の軟弱地盤の上に堤防を築くことが困難であり、採用された工法は、表層を良質な砂に置き換えその上に築堤するというものでした。それに用いられた砂の量は2,500万m³以上と東京ドーム20個分ほどの容積に相当します。そしてあらゆる技術を集結し20年の歳月と約852億円の国費を費やし、湖は約17,200haの大地となりました。八郎潟の集落は干拓途中の昭和39年に6世帯14人からスタートし、現在、大潟村には3,282人(H26年12月1日、大潟村HP掲載)が生活をし、近代的な農村社会の実現を目標とされています。



写真-4.1 会場の秋田キャッスルホテル



写真-4.2 松村竜樹の発表



写真-4.3 懇親会では、なまはげも登場



写真-4.4 ジオ・ラボネットワーク展示チーム



写真-4.5 八郎潟のボーリング調査の様子



写真-4.6 干拓前後の八郎潟

(引用元：写真-4.5 大潟村HP <http://www.ogata.or.jp/encyclopedia/history/2-3.html>)
(引用元：写真-4.6 大潟村百科事典HP <http://www.ogata.or.jp/outline/polder.html>)

一般廃棄物を利用した改良土の一軸圧縮試験についての一考察

中部土質試験協同組合 ○松村 竜樹 坪田 邦治 久保 裕一
石原 聖子 伊藤 康弘

1. はじめに

今日、わが国で排出される廃棄物の量は増大する一方で、その処分については重大な社会問題となっている。このために多くの分野で廃棄物の有効利用について研究がされており、その実現により循環型社会を創ることが課題となっているといえる。

本報文では、コストや環境面への影響を少なくするために、セメント等の地盤改良の代替添加材として、身近に発生する一般廃棄物を利用した実験を実施した。ここでは一つの試みとして、マサ土に3種類の添加材を異なる混合の仕方により供試体を作成し、一軸圧縮試験を用いて、強度・変形特性がどのような傾向であったかを報告する。一般廃棄物の有効利用の一資料になれば幸いである。

2. 試験試料および試験内容

(1) 試験に用いた試料

本試験ではマサ土と、それに任意の量の細粒分を加えた2種類を試料土とし、それぞれ「試料A」、「試料B」とした。それらの物理試験結果を図-1および表-1に示す。

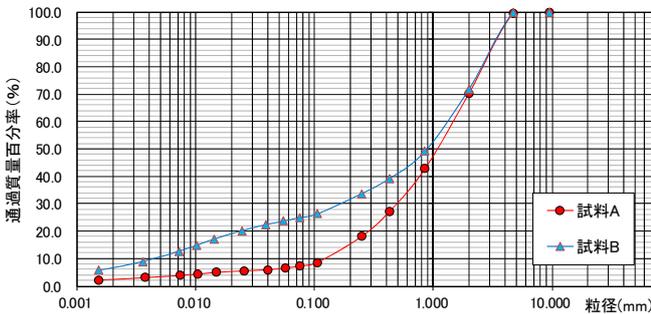


図-1 試料土の粒径加積曲線

表-1 試料土の各物理試験結果

試料名	土粒子の密度 (g/cm ³)	自然含水比 (%)	細粒分含有率 (%)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)
試料A	2.636	5.6	7.3	-	-
試料B	2.634	19.0	24.9	30.7	27.4

(2) 添加材

試料の添加材として以下の3種類(写真-1~3)を用いた。

- ・普通紙：家庭やオフィス等で印刷に使用する普通紙をシュレッダーで裁断したもの。
- ・ゴム：一般のゴムを2~5mm四方に細かくしたもの。
- ・瓦礫：瓦、レンガを細かく砕き、9.5mmのフルイを通過し、2mmのフルイに残留したもの。



写真-1 普通紙

写真-2 ゴム

写真-3 瓦礫

(3) 供試体の作成方法と試験方法

供試体寸法はφ50mm×h100mmとし、9.5mmフルイ通過分を使用した。添加材は土の湿潤重量の3%を配合し、添加材を全体に混ぜた場合(パターン①)と土3層の間に添加材を2層層状に混ぜた場合(パターン②)の供試体をそれぞれ作成した(図-2)。

供試体作成方法は、セメント協会標準試験方法 JCAS L-01¹⁾に準拠した(1.5kg ランマーを用いて、落下高20cmで各層毎に12回突固め)。養生期間は設けず、試験は JIS A 1216 土の一軸圧縮試験²⁾に準拠した。

また、参考程度に普通紙とゴムの場合においては、1枚のそれを円形に切ったものを2層各1枚ずつ(配合量3%に拘らない)供試体に挟んだもの(パターン③)も作成した。

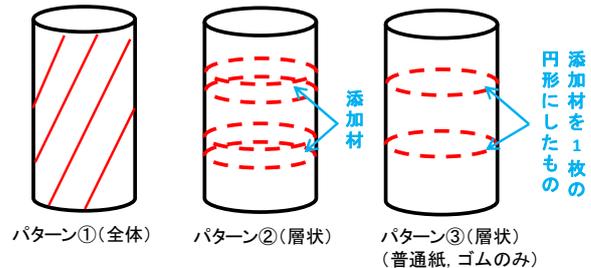


図-2 添加材の混合パターン

3. 試験結果

各試料および各添加材における供試体の応力-混合方法の関係を図-3、応力-ひずみ曲線の関係を図-4に示し、試験結果の特性について以下に記載した。

(1) 試料A

試料Aは含水比、細粒分含有率が低く粘着力が小さいため全体に強度が低い結果となった。特にゴムとの相性が悪く、砂分とゴムが反発し供試体作成も困難であった。

a. 普通紙は混合パターンにより強度に大きなバラツキがあったが、すべての場合で添加材なしの供試体より大きな一軸圧縮強度を示し、添加材として強度増加の期待ができる。特に①では $q_u①/q_u \approx 21$ と影響が顕著であった。

また、粘り強さ(残留強度)も大きくなっている。

b. ゴムはどのパターンにおいても大きな強度変化はみられなかった。①、②では配合することにより強度が低くなったが、これはゴムの弾性的な特徴が影響していると考えられる。

c. 瓦礫は①、②ともに強度増加がみられたが小さいものであった。これは添加材に吸水されたことが影響していると考えられる。今回は粒径の比較的大きいものを用いたが、より細かいものであれば吸水率が高くなりさらに強度が増すと考えられる。

(2) 試料 B

試料 B は試料 A に細粒分を加えたもので、粒度配合が良くなったことにより全体に強度は増加した。添加材によっては含水量の増加により強度増加につながった可能性も考えられる。

- 普通紙は試料 A と同様にすべての場合で添加材なしの供試体より大きな一軸圧縮強度を示し、粘り強さも大きくなった。やはり①が一番大きな強度を示し、②に関しても①と同等な値が得られた。こちらも添加材として強度増加の期待ができる。
- ゴムも普通紙と同様、応力-ひずみの傾向は試料 A と似通ったものとなった。①、②は強度がやや小さくなり、③はやや大きくなった。
- 瓦礫もやはり試料 A と傾向は同様であった。試料 A から B への強度の伸び率は①、②とも同等であった。

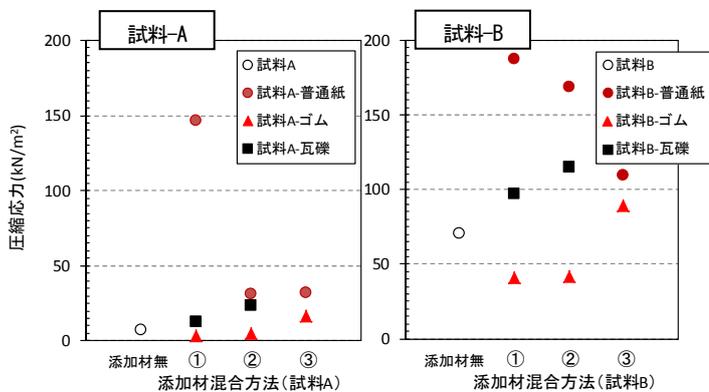


図-3 各供試体の応力-混合方法の関係

4. まとめ

本実験では、2種類の地盤材料と3種類の添加材を用い、3パターンの混合方法にて供試体を作成し一軸圧縮試験を行ない、以下の結果を得た。

- 今回の試験結果によると、圧縮強度は添加材の種類と混合方法により大きな差が出る事が判った。
- 添加材の種類に注目すると、普通紙を混ぜたものが試料 A, B ともに強度や粘り強さの増加が大きくみられ地盤材料の添加材として有効であると考えられる。
- ゴムや瓦礫については大きな強度増加はみられず、普通紙ほど期待できない。
- 添加材の混合方法に注目すると、パターン①については添加材の種類によって強度変化に差が大きくみられた。パターン②、③については圧縮の過程で添加材部分そのものは破壊されないものの、添加されていない弱い部分が先に破壊されてしまうため、ほとんどの供試体において強度増加がそれほど大きなものにならなかったと考えられる。

今後の課題として添加材の種類を増やすことや配合率や長期の強度確認など各種の評価を行い、一般廃棄物の添加剤としての可能性の拡大、精度の向上に努めたい。さらに、含水比や細粒分含有率の多少がどれほど強度に影響あるのかなどの検証も実施したいと考えている。

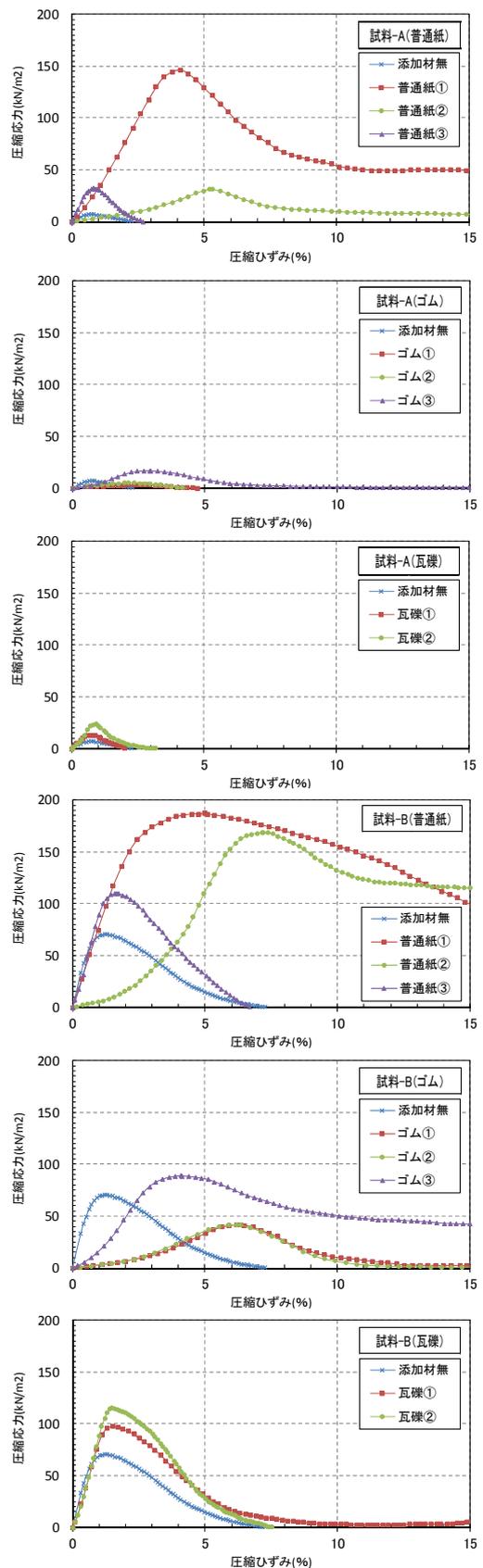


図-4 各供試体の応力-ひずみ曲線

《引用・参考文献》

- セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル(第4版), p.94, 2012.10
- 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説-二冊分の2-, pp.541~551, 2009.11

4. 新入職員の紹介 - はじめまして、清水 亮太 です-

2014年11月1日より入社しました清水亮太です。

(*プロフィール)

- 年齢：28歳（血液型：AB型）
- 出身地：愛知県海部郡大治町
- 趣味：ボルダリング
- 特技：プログラミング
- 好きな食べ物：カレーライス
- 好きな動物：ラッコ、カワウソ、ネコ
- 好きな土：珪砂6号
- 最終学歴：名古屋大学大学院
工学研究科社会基盤工学専攻 後期課程(中退)



(H26年12月18日の駐車場除雪時の清水です。)

高校時代は弓道に勤しみ、大学入学後はサークル活動として古着屋を経営していました。浅岡顕先生の土質力学の講義に衝撃を受けて、大学院では土質力学・地盤工学を専攻しようと決めました。卒業研究では、 $v - \ln p'$ および $\ln v - \ln p'$ 関係をそれぞれ基礎にした2つの土の弾塑性構成式の比較研究を行いました。修士課程では、共振によって生じる土の解きほぐしを伴う地盤の膨張現象について数値解析を用いて再現しました。修士課程を修了した後は博士課程に進学し、二相混合体理論に基づく飽和土の固有振動解析手法の開発と土構造物・地盤の動的相互作用について研究しました。その後、大学院を退学し、2014年11月より当組合に入社しました。

(編集局追記：自己紹介を兼ねて、pp.9~10に2011年度の地盤工学会全国大会での発表論文を掲載します。)

(*抱負)

土質力学や地盤工学を専門分野として学んできましたが、実験ではなく解析を中心に研究を進めてきたため、恥ずかしながら土質試験については初心者も同然でした。加えて、社会人経験もなかったため、入社当初は非常に不安でした。しかし、先輩方の丁寧な指導の下、業務をこなしていく中で、日々成長を実感しています。

現在は、サンプリング試料の抽出し・観察を担当しています。私が行ってきた研究では出会うことがなかった「生きた土」というものを目の当たりにして、改めて地盤材料を扱うことの難しさを認識するとともに、やりがいや使命感が湧いてきます。多様な力学特性を有する地盤材料に対し、材料定数を高い精度で求めることは地盤調査において大変重要だと考えています。

今後も専攻した地盤工学の知識を活かすとともに自身の技術研鑽に努めていき、将来、土質試験を通じて地盤調査の新たな発展を支えられる人材になれるよう精進していきます。



(野田先生、山田先生+岩田夫妻+清水君+編集局)

(編集局追記)

清水君の歓迎会と、ペルーから来日した岩田夫人歓迎会を平成26年11月12日に開催しました。

当日は、大変お忙しい中、名古屋大学野田先生、山田先生も駆けつけていただきました。深くお礼を申し上げます。

岩田夫人は、永らく待ちこがれた来日でした。これで、岩田君も益々頑張ってくれることと思います。

二人の今後に大いに期待しましょう。



(ペルー料理)
岩田夫人の手作りのペルー料理を紹介します。

(上の写真)
「カウサ」
ジャガイモにより作成。



(下の写真)
「テケーニヨ」
中身はハンム・チーズの揚げ物です。
(アンデスの味でした)

粘性境界を有する地盤の固有振動解析による地震中における
地盤の固有振動数の経時的变化の把握

固有振動数、粘性境界、拘束圧

名古屋大学 学生会員 ○清水亮太

国際会員 山田正太郎 野田利弘

(財)地震予知総合研究振興会 国際会員 浅岡顕

(株)浅沼組 技術研究所 国際会員 高稲敏浩

1. はじめに

本稿では、粘性境界を有する地盤の初期値・境界値問題に対し、Fossの方法¹⁾に基づいて固有振動解析する方法について示すとともに、粘性境界が地盤の固有振動数に与える影響を調べる。また、同手法により地震中の固有振動数の経時的变化の傾向を調べることで、地震中に地盤の剛性が上がる場合も下がる場合もあることを示す。

2. 有限要素離散化された速度型運動方程式の固有値問題としての定式化

弾塑性体のような速度型構成式で表される物体の動的境界値問題では、速度型運動方程式を解く必要がある。その速度型運動方程式を弱形式化し、さらに有限要素離散化を施すことによって、形式上、以下のように表される連立常微分方程式が得られる²⁾。なお、ここでは簡単のため水との連成を考えず、すなわち、土骨格一相系を考える。

$$[M]\{\dot{v}\} + [K]\{v\} = \{f\} \quad (2.1)$$

ここに、 $[M]$ は質量マトリックス、 $[K]$ は接線剛性マトリックス、 $\{v\}$ は変位の速度ベクトルである。

地盤と基盤(地盤の下端)の境界に粘性境界を設けた場合、解くべき連立常微分方程式は、減衰項を有する運動方程式として次式のように表される³⁾。

$$[M]\{\dot{v}\} + [C^*]\{\dot{v}\} + [K]\{v\} = \{f^*\} \quad (2.2)$$

ここに、 $[C^*]$ は粘性境界を導入したことによって生じる減衰マトリックスであり、非比例減衰である。

ここで、Fossの方法に倣って、

$$\{\dot{v}\} = \{w\} \quad (2.3)$$

とおくと、式(2.2)の斉次方程式は、

$$[M]\{\dot{w}\} + [C^*]\{\dot{v}\} + [K]\{v\} = \{0\} \quad (2.4)$$

と書き換えることができる。

さらに、有限要素法の速度場に線形制約条件が課せられる場合を考慮すると、解くべき連立常微分方程式の斉次方程式は次式のように表される²⁾。

$$\begin{cases} [M]\{\dot{w}\} + [C^*]\{\dot{v}\} + [K]\{v\} - [C]^T\{\dot{\mu}\} = \{0\} \\ [M]\{\dot{v}\} - [M]\{w\} = \{0\} \\ -[C]\{v\} = \{0\} \end{cases} \quad (2.5)$$

ここに、 $\{\dot{\mu}\}$ はLagrangeの未定乗数であり、 $[C]$ は線形制約条件を表すマトリックスである。式(2.5)の連立常微分方程式をまとめてマトリックスで表現すれば、

$$[A]\{\dot{x}\} = [B]\{x\} \quad (2.6)$$

となる。ここに、

$$[A] = \begin{bmatrix} [C^*] & [M] & [0] \\ [M] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] \end{bmatrix}, \quad \{x\} = \begin{Bmatrix} \{v\} \\ \{w\} \\ \{\dot{\mu}\} \end{Bmatrix} \quad (2.7)$$

$$[B] = - \begin{bmatrix} [K] & [0] & -[C]^T \\ [0] & -[M] & [0] \\ -[C] & [0] & [0] \end{bmatrix}$$

である。

ここで、 $\{v\} = \{v_0\}e^{\lambda t}$ および $\{\dot{\mu}\} = \{\dot{\mu}_0\}e^{\lambda t}$ と表されると仮定すると、

$$\{x\} = \{x_0\}e^{\lambda t}, \quad \text{ここに、} \{x_0\} = \begin{Bmatrix} \{v_0\} \\ \{w_0\} \\ \{\dot{\mu}_0\} \end{Bmatrix} e^{\lambda t} \quad (2.8)$$

が得られる。このように表される $\{x\}$ が存在するのであれば、次式で表される一般固有値問題に帰結する。

$$\lambda[A]\{x_0\} = [B]\{x_0\} \quad (2.9)$$

なお、この一般固有値問題を解いて得られる固有値と固有ベクトルは、一般に複素数と複素ベクトルである。本稿では固有モードが共役な複素固有値に対応する複素固有ベクトルの実部と虚部の線形結合で表されることから固有モードを複素固有ベクトルの成分の実部で表されるモードと虚部で表されるモードを用いて間接的に表現する。

3. 粘性境界が地盤の固有振動数に与える影響

境界条件の異なる超過圧密地盤に対し、1.で示した方法によって初期地盤の固有値問題を解くことで、粘性境界が地盤の固有振動数に与える影響について考察を行う。

3.1. 解析条件

平面ひずみ条件下で無限に続く水平地盤の底面に一様に加速度が加わる場合を想定して、一次元メッシュ(縦1m×30要素、横1m×1要素)を用いるとともにメッシュ側面に周期境界を与えた。また、水との連成を行わない一相系地盤を対象とした。

解析に用いた材料定数および初期値は文献⁴⁾と同じく密な砂を想定した値となっている。粘性境界として与える基盤の密度、圧縮波速度、せん断波速度の値を表3.1に示す。これらの値は地盤の初期状態において、表中に示した深さの要素の体積弾性係数およびせん断弾性係数を算出し、微小変形線形弾性体の一次元運動方程式から得られる圧縮波速度およびせん断波速度で近似することで決定したものである。以上より、メッシュ下端の境界条件を速度

境界, 応力境界, 粘性境界とした場合の初期地盤の固有振動数および固有モードを調べる。

3.2. 解析結果

表 3.1 粘性境界の材料定数

	最上部 (Case.1)	中央部 (Case.2)	最下部 (Case.3)
剛性を算出する際に 基準とした深さ H(m)	1	15	30
基盤の密度 ρ (g/cm ³)	2.65	2.65	2.65
基盤の圧縮波速度 V_p (m/s)	86.5	227	315
基盤のせん断波速度 V_s (m/s)	21.2	55.7	77.1

第1固有振動数および第1固有モードを境界条件別で整理したものを図 3.1 に示す。左から応力境界, 粘性境界(Case.1), 粘性境界(Case.2), 粘性境界(Case.3), 速度境界の順に並んでいる。固有振動数の値に着目すると, 基盤の剛性が小さいほど粘性境界による減衰の効果が大きく, 応力境界の場合に近い値を取るのに対し, 基盤の剛性が大きいほど減衰の効果が小さく, 速度境界の場合に近い値を取ることが分かる。したがって, 基盤(粘性境界)の圧縮波速度やせん断波速度を変化させることによって, 減衰を考慮した固有振動数は下端速度境界と下端応力境界の間を連続的に変化する。

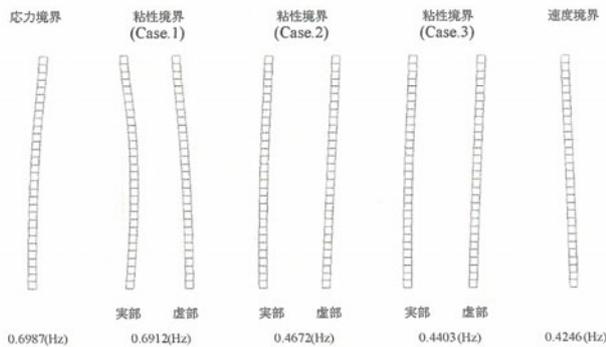


図 3.1 境界条件別第1固有振動数・固有モード比較

4. 地震中における地盤の固有振動数の経時的変化

初期 K_0 値の異なる 2 つの地盤に対して地震応答解析を行い, 地盤の固有振動数の経時の変化を調べる。

4.1. 解析条件

有限要素メッシュおよび材料定数は 3.1 で示したものと同一のものを用い, メッシュ下端には粘性境界を与えた。入力加速度は正弦波とし, 入力波の振動数は初期地盤の第1固有振動数の値を用いた。各ケースにおける初期地盤の K_0 値, 入力加速度および入力波の振動数をまとめたものを表 4.1 に示す。

4.2. 解析結果

各ケースにおける固有振動数および深さ 15(m)の地点における平均有効応力の経時の変化を図 4.1 に示す。

固有振動数の経時の変化に着目すると, Case.1 では固有振動数の値が減少し, 地盤の固有周期が長周期化しているのに対し, Case.2 では増加を示し, 地盤の固有周期が短周

期化していることが分かる。これは地震動によって地盤が固くなっていく場合もあれば, 柔らかくなっていく場合もあることを示している, ここで, 平均有効応力の経時の変化に着目すると, Case.1 では, 平均有効応力が振動中に減少しているのに対し, Case.2 では平均有効応力が振動中に増加を示していることが分かる。つまり, これらの例で示されている地盤の固有振動数の経時の変化の主因が, 平均有効応力の経時の変化にある。

SYS Cam-clay model²⁾は土骨格の弾性変形に対し, 非線形等方 Hooke 則を仮定しており, 体積弾性係数 \bar{K} およびせん断弾性係数 \bar{G} は平均有効応力に比例する。本稿で対象とした超過圧密地盤では, 比較的に弾性的な性質が表れやすいため, 平均有効応力の変化が剛性の変化として現れてきたと考えられる。

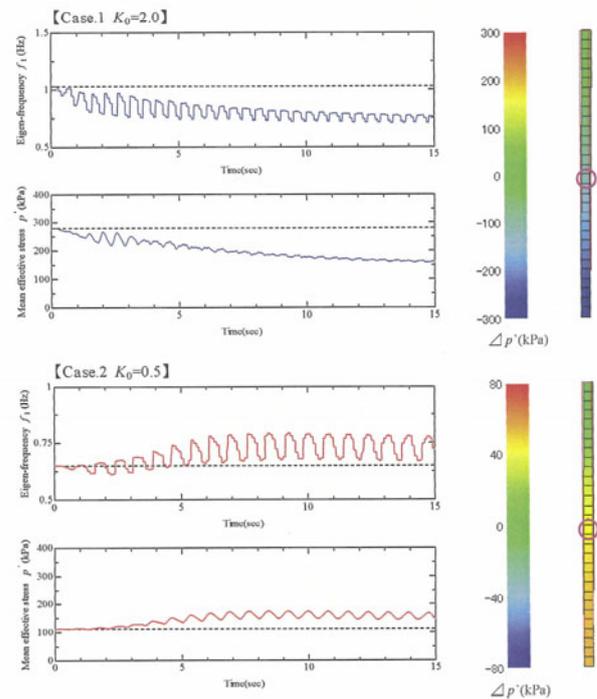


図 4.1 第1固有振動数および拘束圧の経時の変化

おわりに 本稿では有限変形の弾塑性問題において固有振動数および固有モードを求める方法について示した。あくまでも区分線形近似の下で求まる固有振動数および固有モードであるが, このようにして求まる固有振動数を把握しておくことが共振の観点から重要であることを, 別報⁴⁾から読み取って頂きたい。今後は各種土構造物の耐震性評価においても本稿で示した方法の利用を試みてゆきたい。

参考文献 1) Foss, K, A. (1958): Coordinates which Uncouple the Equations of Motion of Damped Linear Dynamic Systems, *Journal of Applied Mechanics, ASME*, Vol.32, pp. 361-364. 2) Noda, T., Asaoka, A. and Nakano, M. (2008): Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-slay model, *Soils and Foundations*, Vol. 48, No. 6, pp. 771-790. 3) 柴田明徳(1981) :最新 耐震構造解析, pp83-91, 森北出版. 4) 浅岡顕, 野田利弘, 山田正太郎, 高稲敏浩, 清水亮太 (2011) : 岩手・宮城内陸地震で観測された非対称加速度波形の計算地盤力学による再現の試み, 第46回地盤工学研究発表会概要集(本誌)。

5. 第7回組員・準組員による海外研修実施報告

組員・準組員による中部士質試験協同組合創立35周年記念の第7回海外研修を実施しました。理事会にて諸般の状況を鑑みて、ハワイ島のキラウエア火山を見学することと決定し、下記の日程で実施いたしました。折しも、御岳火山災害の発生直後でしたので少し緊張して実施しましたが、本当に有意義で実のある研修旅行となりました。

組合創立35周年記念第7回海外研修の概略行程表

(平成26年10月7日～12日)

NO	月日	都市名	交通	時間	スケジュール	食事
1	10月7日(火)	集 合	名古屋		セントレア3F, 国際線出発ロビー～出国手続き	
		名古屋発	DL612	21:00発	中部国際空港よりデルタ航空にてホノルルへ (約8時間のフライト, 日付変更線通過)	夕: 機内食
		ホノルル着		10:02着	1. 到着後, ハワイアン航空の国内線乗り継ぎハワイ島コナへ (乗り継ぎ時間に, 空港内にてビールを一杯)	朝: 機内食
		ホノルル発 コナ着	HA258	12:05発 12:49着	2. 到着後, 島内レストランにて昼食とコナ観光 (所要時間: 44分)	昼: パパガンブ
		コナ	専用車		3. UCCコナコーヒー店, カイルアコナ散策 4. 夕食: ミールクーポン(ホテルレストランにて) 【ハワイ島・コナ(泊)】	夕: キリン(中華)
2	10月8日(水)	コナ～ ハワイ島 一周	専用車	朝	朝食: ホテルレストランにて (モーニングコール: 6:30, 朝食: 7:00, 出発: 8:00)	朝: (ホテルレストラン) (ブレイクファースト・アット・ウォーターズエッジ)
				終日	5. ハワイ島一周観光へご案内 (午前観光) パーカー牧場, ハマクア海岸(車窓), レインボー滝 ビックアイランドキャンディーズ 6. 昼食: ナニ・マウガーデン (午後観光) ポルケーノ国立公園(洞窟, 火口), 黒砂海岸 7. 夕食: ミールクーポン(ホテルレストランにて) 【ハワイ島・コナ(泊)】	昼: ナニ・マウガーデン 夕: カムエラ プロビジョン カンパニー (アメリカ料理)
3	10月9日(木)	コナ	専用車	朝	朝食: ホテルレストランにて (モーニングコール: 6:30, 朝食: 7:00, 出発: 9:30)	朝: (ホテルレストラン) (ブレイクファースト・アット・ウォーターズエッジ)
				午前	コナ空港へ	
		コナ発 ホノルル着	HA267	12:02発 12:46着	6. コナ空港よりハワイアン航空の国内線にてオアフ島・ホノルルへ (所要時間: 44分) 到着後, ホテルへ	
		専用車～ クルーズ		昼	7. チェックイン後, 自由行動 (部屋での飲み会もあり...)	
			タ	8. 夕食: サンセットディナークルーズ 9. 2次会: Mai Tai Bar(ハワイアンロイヤルホテル内) 10. 散会後～市内散策・買物等 【オアフ島・ホノルル(泊)】	夕: (ディナークルーズ): (スターオブホノルル号にてクルーズ)	
4	10月10日(金)	ホノルル～ オアフ島 一周	専用車	朝	朝食: ホテルレストランにて (モーニングコール: 6:30, 朝食: 7:00, 出発: 8:00)	朝: (ホテルレストラン) (レインボーラナイ)
				15:00迄 観光	11. オアフ島周遊観光へご案内 (午前観光) ダイヤモンドヘッド(眺望), ハナウマ湾(眺望), ハロナ潮吹き岩, マカプウ岬・ラビットアイランド, サンディビーチ(車窓) 12. 昼食: クアロア牧場 (午後観光) ハレイワタウン, ドールプランテーション	昼食: クアロア牧場
				午後～夕	13. 専用車～アラモアナセンター下車～自由時間 14. 夕食: (ホテルレストラン, ミールクーポン) 【オアフ島・ホノルル(泊)】	夕: トロピックス・バー&グリル
5	10月11日(土)	ホノルル	専用車	朝	朝食: ホテルレストランにて～ホテル内散策 (モーニングコール: 6:30, 朝食: 7:00, 出発: 10:00)	朝: (ホテルレストラン) (レインボーラナイ)
				午前	ホノルル空港へ	
				13:35発	ホノルル空港よりデルタ航空にて中部国際空港へ (約9時間のフライト, 日付変更線通過)	昼: 機内食
6	10月12日(日)	名古屋着		17:30着	到着後, 入国審査, 通関後, 解団を経て解散	



(広大なホテルの内, 宿泊した棟)



(宿泊したタパタワー)

(10月7日(火)～8日(水): ヒルトン・ワイコロア・ビレッジ)

(10月9日(木)～10日(金): ヒルトン・ハワイアン・ビレッジ・ワイキキ・ビーチ・リゾート)

(キラウエア火山の見学)

以下の4ポイントを主として見学してきました。

- ①サーストーン・ラバ・チューブ (溶岩トンネル) の通過見学
- ②キラウエア・イキ展望台 (現地で、追加して見学)
- ③キラウエア展望台 + ジャガー博物館見学
- ④近隣の噴気孔の見学



(キラウエア火山の位置)



(キラウエア火山見学ポイント)



(当日の見学エビデンス)



イキ・クレーターが最初に噴火したのは1868年、その後1959年にも大噴火を起こしているとのこと。この火口をトレッキングするコースもあります。流出した溶岩が火口に溜まって溶岩湖が出来たため、冷え固まった地面は非常にフラットでした。



(ハレマウマウ・クレーターを含むキラウエアカルデラの全景)

ハレマウマウ火口からの噴火は長年なかったが、2008年3月19日水蒸気爆発とみられる爆発により周囲に噴石や火山灰を降らせ、同火口の展望台をはじめ、展望台近隣のジャガー博物館などが立入禁止とされたこともある(標高: 1,247m, カルデラ直径: 4~5km)。



(イキクレーターを背景に参加者全員集合)



(玉野総合C. 長谷川さん撮影の機上からのダイヤモンドヘッド)

中部土質試験協同組合

ジオ・ラボ中部は、常に最新の技術や機器をそろえ、さらなる発展を目指して、たゆまぬ努力を続けていきます。