

ジオ・ラボネットワークにおける物理試験の技術交流

Technology Exchange of Tests for Physical Properties of Soils in Geo-lab Network

西 垣 誠 (にしがき まこと)
 岡山大学 名誉教授,
 協同組合岡山県土質試験センター 副理事長

坪 田 邦 治 (つばた くにはる)
 中部土質試験協同組合 理事長

加 藤 雅 也 (かとう まさや)
 中部土質試験協同組合 技術部次長

中 山 義 久 (なかやま よしひさ)
 協同組合関西地盤環境研究センター 専務理事

1. はじめに

ジオ・ラボネットワークは、一般社団法人全国地質調査業協会連合会傘下の賛助会員として登録され、相互技術協力を行うと共に、業務の円滑な稼働や技術向上を目指すネットワークである。現在では、北海道から九州まで全国9組合でネットワークが構築され、活発な技術交流を継続している。このネットワーク化(図-1)により、大災害時には相互救援し、被災地域の円滑な復旧対策に貢献することが可能となった(2007年6月)。

平成26年度から、従来の技術者交流会に加え、技術研修会を開始し、新たな活動を始めた。具体的には、一堂に会して、同一の試験技術・地盤材料を用いて、試験結果を比較し、試験技術の向上などの研修を行っている。

本稿では、第3回技術研修会として、中部の組合に集合して、物理試験(ホットプレートを用いた土粒子の密度試験、電磁式ふるい試験機を用いた粒度(ふるい)試験)を実施し、有用な結果が得られたので報告する。

2. 物理試験技術交流の概要

平成25~26年度のジオ・ラボネットワークの事務局である協同組合関西地盤環境研究センターが幹事組合となって、以下のような目的で、全国中小企業団体中央会の補助金を活用しながら、平成26年度に2回の「地盤材料試験の技術研修会(液性・塑性限界試験、粒度試験など)」を行った。平成27年度は、補助金の申請は行っていないが、6月開催の経営懇談会において、この技術研修会は、ジオ・ラボネットワーク職員にとって、非常に有益な研修であるとの認識から、3回目の研修を開催することとなった。

2.1 主たる開催目的

この地盤材料試験に関する技術研修会は、以下の2点を主たる目的としている。

- ①ジオ・ラボネットワーク会員のデータはどの組合に依頼しても同一品質の試験結果を提供可能とする
- ②活動成果の積極的な公表により、ジオ・ラボネットワークの地位向上に寄与し、社会に貢献する

前者を達成するためにジオ・ラボネットワーク会員の試験室では、「同一試料ならば、どこでも同じ成果品が

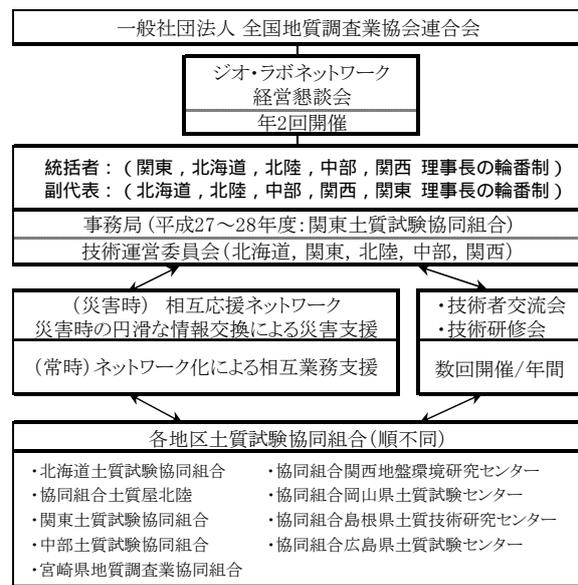


図-1 ジオ・ラボネットワーク組織図

得られる」ことが重要で、このためには「技術・情報の共有化が必要」であり、「同じ試験を、同じ試験装置で実施し、各種の意見交換を行う」ことで、試験技術の統一化を行い、同一品質データを提供可能と考えている。

後者に対しては、「各種の学・協会発表の場を通して、地盤材料試験の専門機関としての研究成果を発信すること」を積み重ねていくことで、ジオ・ラボネットワークの地位向上に寄与し、ひいては、社会に貢献していくことを目指している。

2.2 第3回技術研修会の内容

今回は、ジオ・ラボネットワーク会員の自主的参加として、特別講義と共通の物理試験を実施した。

- ①開催日: 平成27年7月2日(木)~3日(金)
- ②開催場所: 中部土質試験協同組合
- ③特別講義: 西垣 誠, 一室内透水試験への思い入れ
- ④実施した統一試験
 - ・ホットプレートを用いた土粒子の密度試験
 - ・電磁法を用いた粒度(ふるい)試験
- ⑤物理試験参加者: 各組合から18名(宮崎を除く)

3. 今回実施した土粒子の密度試験

3.1 用いた地盤材料（2種類）

- ①各組合が存在する地域の代表的な地盤材料を用いて、各組合で事前に土粒子の密度試験を実施する。
- ②各組合の試料を用いて、中部土質試験協同組合が保有するホットプレート法（以後、HP法と記載）で、统一的に試験を行い、①の事前実施の土粒子の密度試験結果と比較する。
- ③これらとは別途に、藤森粘土を共通試料として、各組合の職員が実施して、その結果を比較する。

3.2 試験方法

- ①用いた比重瓶：三角フラスコタイプ（50 cc、図-2）
- ②湯せん用具の代わりに、ホットプレートを用いて、気

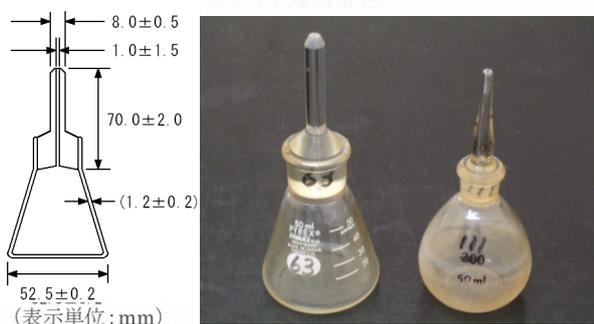


図-2 用いた比重瓶（右側が従来のピクノメーター）



写真-1 ホットプレート法による気泡の除去状況

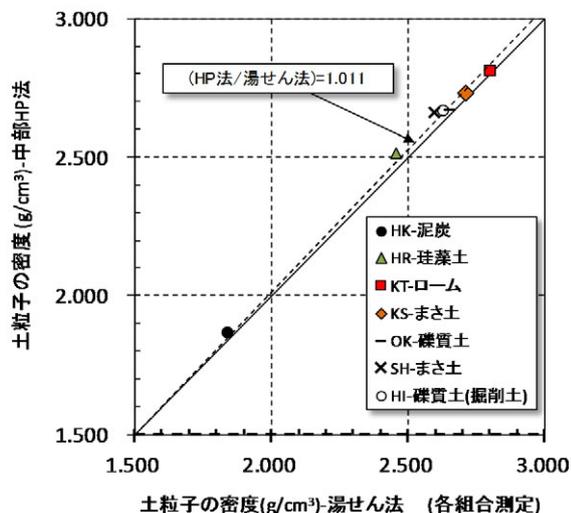


図-3 湯せん法とホットプレート法の比較

泡の除去を行う（写真-1）。

3.3 試験結果

(1) 各地域の地盤材料を用いた結果

- ①表-1にその結果を示す。今回の試験では、各組合で事前測定（湯せん法）と、HP法による土粒子の密度には、大きな差を示すことはなく、地盤材料が異なっても、湯せん法・HP法ともに、比較的精度の良い土粒子の密度試験結果が得られることが分かった。
- ②HP法と湯せん法の比較を図-3に整理した。この図から、HP法/湯せん法=1.011となることが分かった。この結果、1%程度の差が生じているといえる。いずれも、HP法の値が大きく、従来の湯せん法に比較して、比重瓶内の気泡を除去できることで、少し大きめの土粒子の密度が得られていると考えられる。
- ③前項を裏付けるように、HP法では、比重瓶内の温度を確認測定したところ、98℃を確保できていた。これに対して、当組合の測定では、湯せん法を用いた場合には、80~85℃程度¹⁾であり、比重瓶内の温度差は顕著であることが分かる。

(2) 共通試料（藤森粘土）を用いた結果

- ①本研修会に参加した技術者は、通常、今回のような物理試験を担当していない技術者が多かったものの、試験結果に極端な差は生じていないと判断できる（図-4、表-2）。因みに、最大値と最小値の差は、 $\rho_{max} - \rho_{min} = 0.038$ であり、全データの平均値は、 $\rho = 2.703$ を示す結果が得られた。
- ②これらの各試験で得られた土粒子の密度の度数分布を作成すると、図-5となる。ここには、正規分布曲線も併記した。
- ③表-2には、Zスコアの算定結果も併記した。この結果を見ると、ほぼ $|Z| \leq 2$ （広島が若干オーバー）となっており、ほぼ満足できる結果となっている。このように、熟練していない技術者でも「そこそこ」の結果が得られており、土粒子の密度試験を実施する場合に、HPを用いて気泡の除去を行う方法が適切であると判断できる結果が得られたといえる。

4. 電磁式ふるい振とう機を用いた粒度試験

粒度（ふるい）試験において、参加者に共通のふるい試験機（電磁式ふるい振とう機）を用いて、同一試料を用いて試験を実施した。この電磁式ふるい振とう機は、電磁式駆動方式を採用しており、三次元の振とう運動を発生させることで試料をメッシュの全面を移行させながら均等に振とうするものとされている²⁾。

4.1 用いた地盤材料

三重県津市の海砂を分級して、ある程度粒度を統一し、細粒分をほぼ除去して、各組合が使用できる程度の量の試料を準備した。

4.2 試験方法

電磁式自動ふるい装置（Retsch社製-AS200）を用いて、以下の方法でふるい試験を実施した。

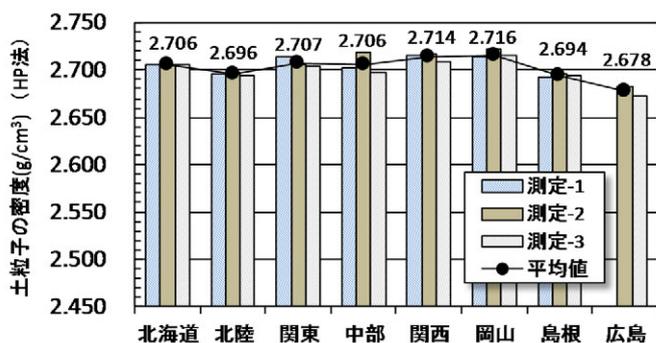
1回目は、各組合共に共通の試験とし、ふるい振とう

表一 各地域の地盤材料の土粒子の密度試験結果一覧表 (単位: g/cm³)

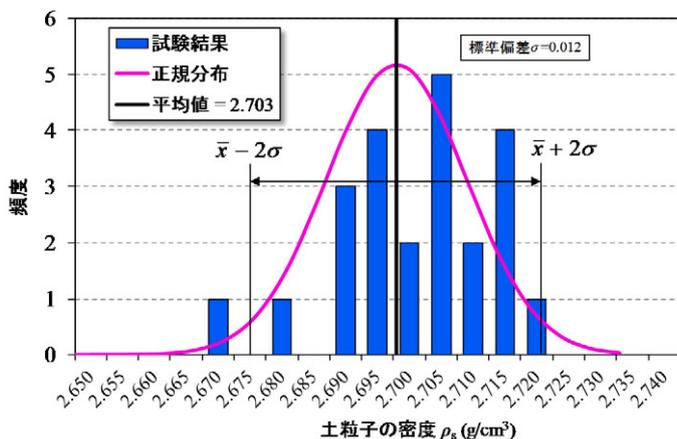
組合種別	北海道	北陸	関東	関西	岡山	島根	広島
土質区分	泥炭	珪藻土	ローム	まさ土	礫質土	礫質土(掘削土)	まさ土
湯せん法①	1.846	2.457	2.807	2.714	2.659	2.597	2.634
HP法②	1.862	2.516	2.809	2.728	2.670	2.661	2.664
差違(①-②)	0.016	0.059	0.002	0.014	0.011	0.064	0.03
比較(②/①)	1.009	1.024	1.001	1.005	1.004	1.025	1.011

表二 共通試料(藤森粘土)の土粒子の密度試験結果(HP法, 単位: g/cm³)

組合種別	北海道	北陸	関東	中部	関西	岡山	島根	広島
土質区分	藤森粘土							
HP法	2.706	2.696	2.713	2.702	2.715	2.713	2.693	
	2.706	2.697	2.706	2.719	2.717	2.721	2.695	2.683
	2.705	2.694	2.703	2.697	2.709	2.715	2.694	2.673
平均値	2.706	2.696	2.707	2.706	2.714	2.716	2.694	2.678



図一四 共通試料(藤森粘土)の土粒子の密度試験結果の比較(HP法)



図一五 土粒子の密度のヒストグラム, 正規分布曲線・信頼性範囲

時間を2分間(断続運転有り)とした。2回目は、各組合別(ふるい振とう時間と、断続運転の有無を選択して、自由にふるい試験を行って、各組合の1回目(2分間、断続運転有り)と試験結果を比較した。

4.3 試験結果

(1) 粒径加積曲線(全試験データのプロット)

前項でも記載したように、日頃、物理試験を主として担当していなくても、非常に再現性の高い粒径加積曲線が得られた。また、ふるい試験時間は、各組合が自由に

選択して、 $t=2, 3, 4, 5, 7, 10$ min としているが、時間に関係なく同様な粒径加積曲線を得ることができていることが分かった(図一六)。さらに、一般的には断続運転を採用しているが、一部では、継続運転でも比較したが、ほとんど相違がない結果となった。この電磁式ふるい振とう機を用いたふるい試験では、熟練した技術者でなくとも、再現性が非常に高い結果が得られた。

(2) D_{20} に基づく透水係数による振とう時間の評価

得られた試験結果から、 D_{20} 、 D_{50} 、均等係数 U_c を算定した。これらの結果を表一三に示した。振とう時間、断続運転、継続運転に関わらず、いずれも数%程度以内の範囲に収まっていることが分かる。なお、図一七に各組合の試験結果の比較を行った。Y軸を拡大していることから、それなりに違いがあるように見えるが、この差違は数%程度である。

因みに、 D_{20} を用いて、クレーガー式による透水係数を推定し比較した(図一八)。準備した地盤材料が、全く同一ということは考えにくいために、組合ごとに多少の差違は生じているが、振とう時間 $t=2$ min のふるい試験の D_{20} より推定した透水係数と、振とう時間を変化させたふるい試験による D_{20} を用いた透水係数の比は、 $0.975 \div 1.0$ とほぼ同程度となることが分かった。このときの決定係数は $R^2=0.695$ 、相関係数 $R=0.83$ となっていて、相関性は「強い(相関係数 $|R| > 0.7$)」と考えられる。

この結果、電磁法によるふるい試験では、振とう時間に関わらない結果が得られるといえる。

このように、この電磁式ふるい振とう機を用いた粒度(ふるい)試験は、必ずしも熟練者が試験を行ったとはいえないが、その試験結果は、再現性が非常に高いことが分かった。ふるい試験の個人差をなくす意味でも、今後、当該試験に用いることを薦めることができると考える。

5. まとめ

ジオ・ラボネットワークでの第3回となる今回の物理試験における技術研修会では、土粒子の密度試験と粒度(ふるい)試験を、中部土質試験協同組合が実施している方法で、参加者が同一試験器を用い、また同一試料で比較試験を実施した。この結果、常時この試験に従事している技術者でなくとも、個人差が生じにくく、比較的良好な試験結果が得られることが分かった。

また、土粒子の密度試験においては、従来の湯せん法に比較して、HP法では、1%程度品質向上が期待できることも判明した。

今後も、ジオ・ラボネットワーク会員による技術者が、

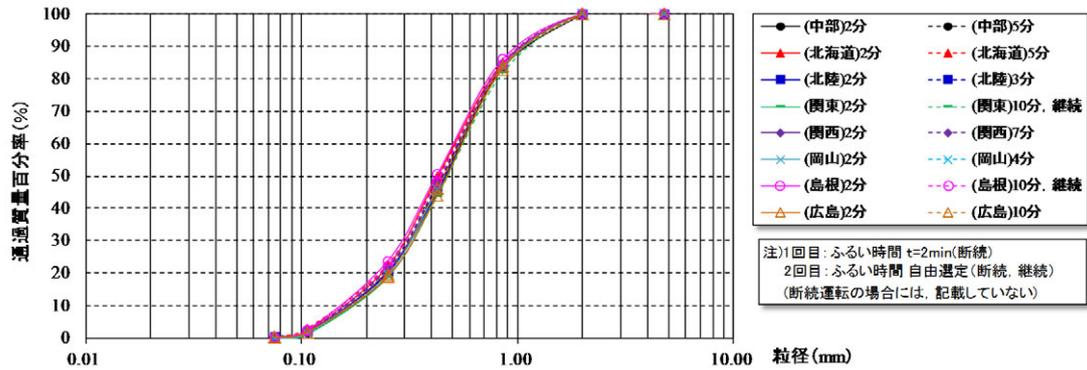


図-6 各組合による粒度（ふるい）試験結果

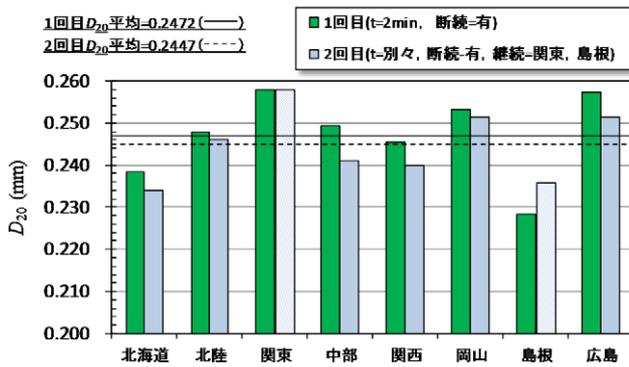


図-7 粒度（ふるい）試験における D_{20} の比較

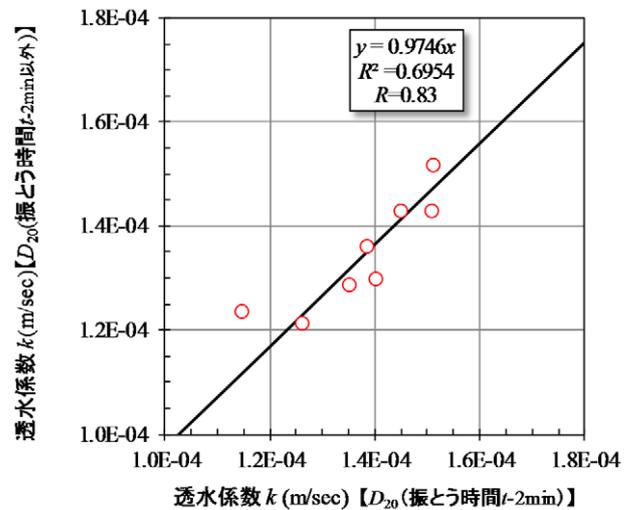


図-8 クレーガー式による透水係数の比較

表-3 各組合の粒度（ふるい）試験結果から得られた諸数値

1回目-ふるい	北海道	北陸	関東	中部	関西	岡山	島根	広島
$t=2\text{min}$, 断続運転	○	○	○	○	○	○	○	○
D_{20} (mm)	0.238	0.248	0.258	0.249	0.246	0.253	0.228	0.257
D_{50} (mm)	0.427	0.462	0.468	0.462	0.453	0.456	0.420	0.471
U_c 均等係数	2.90	3.02	2.90	3.01	2.98	2.88	2.98	2.96
透水係数(m/sec)	1.26E-04	1.39E-04	1.51E-04	1.40E-04	1.35E-04	1.45E-04	1.15E-04	1.51E-04
2回目-ふるい	北海道	北陸	関東	中部	関西	岡山	島根	広島
振とう時間 t (min)	5	3	10	5	7	4	10	10
断続運転(○)	○	○	継続	○	○	○	継続	○
D_{20} (mm)	0.234	0.246	0.258	0.241	0.240	0.251	0.236	0.251
D_{50} (mm)	0.430	0.456	0.474	0.447	0.443	0.457	0.436	0.454
U_c 均等係数	2.98	3.00	2.97	3.02	3.00	2.93	3.01	2.90
透水係数(m/sec)	1.21E-04	1.36E-04	1.52E-04	1.30E-04	1.28E-04	1.43E-04	1.24E-04	1.43E-04
$D_{20t}/D_{20t=2\text{min}}$	0.982	0.992	1.001	0.967	0.978	0.993	1.033	0.976
$D_{50t}/D_{50t=2\text{min}}$	1.009	0.989	1.011	0.966	0.977	1.002	1.038	0.964
$U_{c50t}/U_{c50t=2\text{min}}$	1.028	0.993	1.024	1.003	1.007	1.017	1.010	0.980

一堂に会して各種試験を行い、試験技術を深耕していく計画である。この研修を通じて、どの組合に依頼されても、同一試料であれば、ほぼ均一な試験結果を提供できるように研鑽していきたいと考えている。

参考文献

- 植下 協・坪田邦治・久保裕一・加藤雅也・石原聖子：大型ホットプレートを用いた土粒子の密度試験，地盤工学会誌，Vol. 61, No. 10, pp. 14~17, 2013.
- Retsch 社カタログ：ふるい振とう機，p. 4, 2014.

(原稿受理 2015.9.7)