

GEO FORUM

2012 in SHIZUOKA ジオフォーラム 2012 in 静岡

参加無料

開催日 / 2012年 **9月28日** (金) 開催時間 / **9:00~17:00**

会場 / **静岡県建設技術監理センター** | 静岡市駿河区用宗1丁目10-1
※ご来場には公共交通機関をご利用ください

主催 / 静岡県地質調査業協会、(社)斜面防災対策技術協会中部・静岡県支部 共催
協賛、静岡県道路協会、(社)全国治水砂防協会静岡支部、(社)静岡県建設産業団体連合会

●建設系 CPD プログラム、地質・土質技術者生涯学習協議会

問合せ / 静岡県地質調査業協会 TEL.054-247-3316 FAX.054-246-8011 E-mail:info@s-geo.com

巻頭挨拶

静岡県地質調査業協会及び(社)斜面防災対策技術協会中部・静岡県支部共催によるジオフォーラムも今年で12回目を迎えることになりました。多くの方々の支えにより毎年このジオフォーラムを開催することができる事を感謝いたします。

このジオフォーラムは、地質調査業に対する理解の向上と当協会員技術者の技術交流を目的としております。私ども両協会では、技術士を中心とした各社の専門技術者による技術委員会を設け、このジオフォーラムの開催計画とともに、技術の向上を図るための交流も行い、協会員全体の技術力向上に対しても努力をしております。

今回は、「土質試験」をテーマとしております。地質調査の本質は、調査結果を基に考察、判定、解析を行い、その成果を設計、施工に効果的に反映させるコンサルティング業務です。その手段として実施される現場調査、計測業務および室内試験業務が含まれます。ところが、ボーリング調査によるN値から土質定数が推定できるため、本来行われるべき現場の計測業務や土質試験が省かれているケースが多くあるように見受けられます。私たち地質調査技術者としては、現場計測や土質試験を行うことで、よりいっそう品質の高いデータを提供でき、結果的に公共事業のコスト削減に繋がると確信しております。

今回、今一度土質試験の重要性を見直して頂くため、午前中の部で参加者の方々に土質試験を実際に経験して頂き、午後の部で私ども技術者の土質試験に関する発表を行うことを企画しました。

このフォーラムを通じて発注者の皆様方と私ども地質技術者が相互の理解を深め、また、技術的な向上を図ることができると願っております。

尚、日頃私ども両協会に御理解をいただいております本年度発表の場を提供して頂いた静岡県建設技術監理センター様に深く感謝申し上げます。また、本年度も全国治水砂防協会静岡支部並びに静岡県道路協会の御協賛を頂きましたことを深く感謝いたします。

静岡県地質調査業協会会長

松浦好樹

(社)斜面防災対策技術協会中部・静岡県支部長

土屋靖司

[会場の地図と交通機関]

JR東海道線 用宗駅より徒歩約15分

※当日、駐車場はありませんので公共交通機関をご利用ください。



[プログラム]

時 間	静岡県建設技術監理センター／駐車場	静岡県建設技術監理センター／2F研修室
9:00-9:10	開催挨拶	
午前の部	9:10-10:30	基礎講座① 土質ボーリング調査の サンプリング実演 …P4 日本エルダルト(株) (株)富士和
	10:30-12:00	基礎講座② 室内土質試験の実演と体験 …P4 (株)ジーベック 日本エルダルト(株) (株)グランドリサーチ
	12:00-13:20	昼食休憩
午後の部	13:20-14:10	技術発表 ① 地盤定数の設定 …P5 (理論式と経験式の取り扱い、土質試験はなぜ必要か) 日本エルダルト(株) 山西正朗 ② 土の強さを求める試験の 試験結果の一例 …P6 (株)ジーベック 谷村和浩
	14:10-14:20	休 憩
	14:20-15:10	技術発表 ③ 土質試験と原位置試験の補完関係 …P7 (株)マスタ技建 益田和夫 ④ 土の物理試験とCBR試験との相関性及び オーバーコンパクションにおける強度低下 …P8 (株)グランドリサーチ 小林義明
	15:10-15:20	休 憩
	15:20-16:30	特別講演 構造物の安全性と維持管理を対象とした 地盤調査の意義とその重要性 …P9 中央大学研究開発機構 教授 全米技術アカデミー 会員 石原研而氏
16:30-	講評、閉会挨拶	

土質ボーリング調査のサンプリング実演

日本エルダルト(株) / (株)富士和

◇ 試料採取

ボーリング調査における土質試験に供する試料採取の種類を表-1、代表的な固定ピストン式サンプラーの構造図を図-1,2に示す。

物理試験を目的とした場合には、掘削ならびに掘削過程で実施する標準貫入試験で採取した「乱れた試料」で試験は可能であるが、力学試験を目的とした場合には、乱れた試料では適切な力学特性の評価ができないため、静的貫入により「乱れの少ない試料」を採取する。

表-1 ボーリング調査における試料採取

サンプラーの種類別	サンプラーの名称	貫入機構	適用	
乱れの少ない試料	固定ピストン式	エクステンションロッド式サンプラー	機械給圧	粘性土N値 0~4 砂質土N値 0~8
		水圧式サンプラー	ポンプ送水圧	
	二重管式	ロータリー二重管サンプラー(デノンサンプラー)	給圧+回転 (リーミング)	粘性土N値 4~15
	三重管式	ロータリー二重管サンプラー(トリプルサンプラー)		粘性土N値 4以上 砂質土N値 15以上
乱れた試料	コアチューブ	シングルコアチューブ	給圧+回転	先端ピットの調整により 土砂~岩盤への 対応可能
		ロータリー式スリーブ内蔵二重管サンプラー		
	標準貫入試験器	スプリットパーレル	ハンマー打撃	-

*適用に示すN値は、目安である。

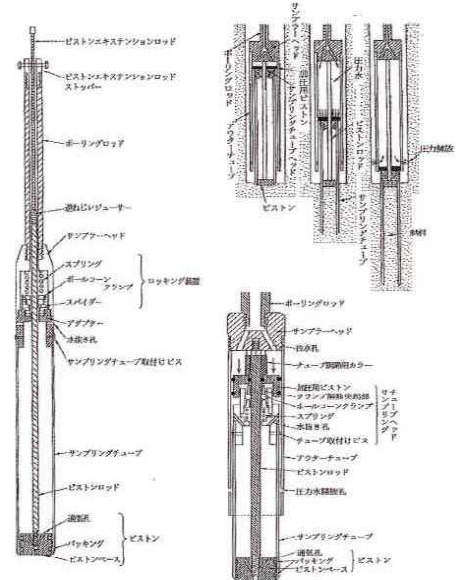


図-1 エクステンションロッド式サンプラー構造例 図-2 水圧式サンプラー採取概念・構造例

室内土質試験の実演と体験

(株)ジーベック / 日本エルダルト(株) / (株)グランドリサーチ

◇ 土質試験講座

地盤や地山にある土は、生成の過程や堆積した環境条件によりいろいろな種類の土が存在し、その状態や性質も様々である。そこで明らかな目的を持って、土質試験を実施することで土の種類や状態を把握することができ、対象土がどのような性質や特性を持つ土であるかが明確となり、適切な設計・施工が可能となります。

本講座では、実際のボーリング調査で地中から採取した土を用いて、基本的な物理的性質を求める「物理試験」と、土の強さを求める「一軸圧縮試験」及び、土の圧密特性をを求める「圧密試験」の試験手順を解説し実演します。さらに事前に準備した地盤材料を用いて、路床土の強度指標となるCBR値を求めるためのCBR試験も実演します。なお、希望者には土質試験を体験して頂けます。実演したり体験して頂く土質試験は下記の試験となります。

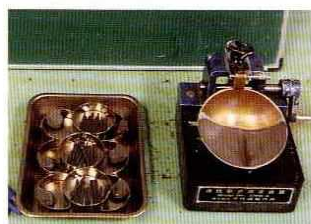
土粒子の密度試験(JIS A 1202)
土の粒度試験(JIS A 1204)
土の液性限界試験(JIS A 1205)
土の塑性限界試験(JIS A 1205)
CBR試験(JIS A 1211)
土の一軸圧縮強さ試験(JIS A 1216)
土の段階載荷による圧密試験(JIS A 1217)



土粒子の密度試験



土の粒度試験



土の液性限界・塑性限界試験



土の一軸圧縮強さ試験



土の段階載荷による圧密試験



CBR試験

地盤定数の設定 (理論式と経験式の取り扱い、土質試験はなぜ必要か)

日本エルダルト(株) 山西正朗

1. はじめに

土の力学・物理特性を示す地盤定数は、構造物の設計における重要な設計条件であり、地質調査の結果に基づいた確かな地盤定数の設定は、我々地質調査に携わる技術者の使命である。地盤定数の設定においては、土質試験結果に基づき設定と土質試験を実施せず推定図表・経験式に基づき設定している場合があるが、大半は後者の推定図表・経験式に基づき設定しているのが現状である。

ここでは、土質試験結果と推定図表・経験式から求まる地盤定数を対比し、推定図表・経験式から求まる地盤定数の妥当性を検証する。

2. 理論式に基づく土の物理量

含水比 ω 、間隙比 e 、湿潤密度 ρ_t 、乾燥密度 ρ_d 、飽和度 S_r との関係は次式で示される。

$$e = \frac{\rho_s \times (1 + \omega / 100)}{\rho_t} - 1 \quad S_r = \frac{\rho_s \times \omega}{e \times \rho_w}$$

$$\rho_t = \frac{1 + \omega / 100}{\rho_w / \rho_s + \omega / S_r} \times \rho_w$$

- e: 土の間隙比
- ρ_s : 土粒子の密度 (g/cm³)
- ω : 土の含水比 (%)
- ρ_d : 土の乾燥密度 (g/cm³)
- S_r : 飽和度 (%)
- ρ_t : 土の湿潤密度 (g/cm³)
- ρ_w : 水の密度 (g/cm³)

$S_r=100(\%)$ 、 $\rho_s=2.65(\text{g/cm}^3)$ と仮定した、 ρ_t - ω の理論曲線と試験結果との相関図を図-1に示す。

不飽和の土、 ρ_s が小さい一部の土は、理論曲線から若干外れるが、ほとんどがマッチングしている。

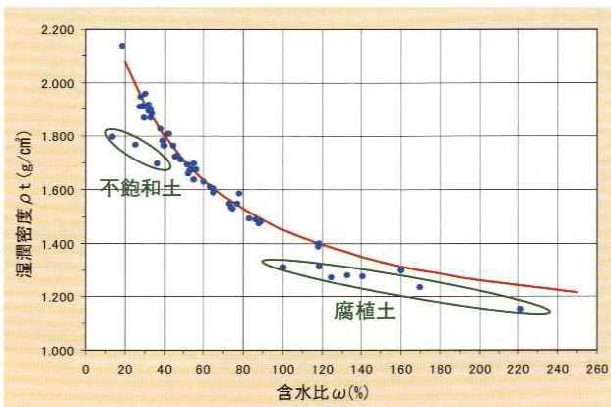


図-1 湿潤密度 ρ_t と含水比 ω の相関図

これより、飽和した粘性土に関しては、土質試験の中で最も簡単に行える含水比試験を実施することにより、土の物理量の把握が可能となる。

含水比より求まる物理量を表-1に示す。

表-1 含水比と土の物理量の理論値

含水比 ω (%)	30~50	50~60	60~70	70~80	80~100
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.70~1.96	1.63~1.74	1.57~1.66	1.52~1.60	1.44~1.55
単位体積重量 γ_t (g/cm ³)	16.6~19.2	15.9~17.0	15.4~16.3	14.9~15.7	14.2~15.2
間隙比 e	0.78~1.38	1.30~1.65	1.56~1.93	1.93~2.08	2.08~2.75

$S_r=100(\%)$ 、 $\rho_s=2.60\sim 2.75(\text{g/cm}^3)$

3. 経験式に基づく土の粘着力C

粘性土の粘着力の設定は、土質試験を実施しない場合には、次式によって推定することが多く、この中でも最低値を用いた報告が多く見られる。

$$\text{粘着力 } C \text{ (kN/m}^2\text{)} = (6\sim 10) \times N \text{ 値}$$

土質試験により求まるC-N値相関図を図-2に示す。

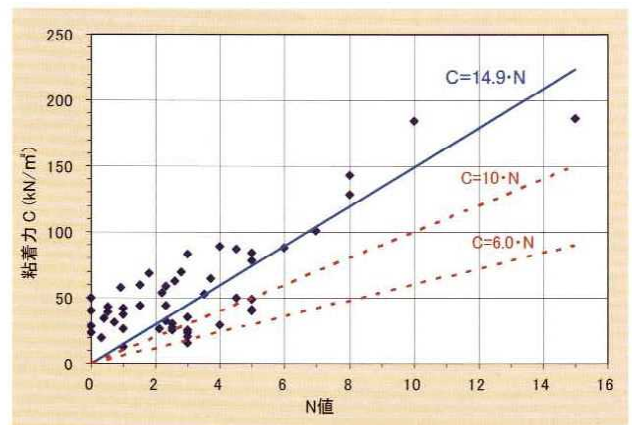


図-2 粘着力CとN値の相関図

この相関図からは、土質試験結果値にばらつきはあるものの、ほとんどが推定値より高い値を示し、推定値は安全側ではある。ただし推定値は、必ずしも適切な値とは評価できず、粘着力の設定には、土質試験により直接求める必要性を示唆するものである。

4. まとめ

地盤定数の推定を行う場合、理論式から求められる値は、条件が合えば比較的精度の高い設定を行うことができるが、経験式からの推定は、地形・地質条件、堆積環境によって必ずしも的確な設定とならない場合がある。特に、日本では、N値より多くの地盤定数を推定する経験式が考案されているが、必ずしもすべての土質に適用できるとは限らないため、可能な限り土質試験を実施し、適切な地盤定数を設定する必要がある。

土の強さを求める試験の試験結果の一例

(株)ジーベック 谷村和浩

1. はじめに

土の強さを求めるための室内せん断試験には、土の一軸圧縮試験、土の三軸圧縮試験などがある。なかでも土の三軸圧縮試験においては、土質および目的に応じて、土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験、土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験、土の圧密後、非排水状態で間隙水圧を測定する(Cub)三軸圧縮試験、土の圧密排水(CD)三軸圧縮試験に使い分けられる。

今回は、同一試料を用いて、土の一軸圧縮試験、土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験と土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験および土の圧密非排水(Cub)三軸圧縮試験を実施し、圧縮強さ q_u 、粘着力 C 、内部摩擦角 ϕ 等の試験結果に着目した。

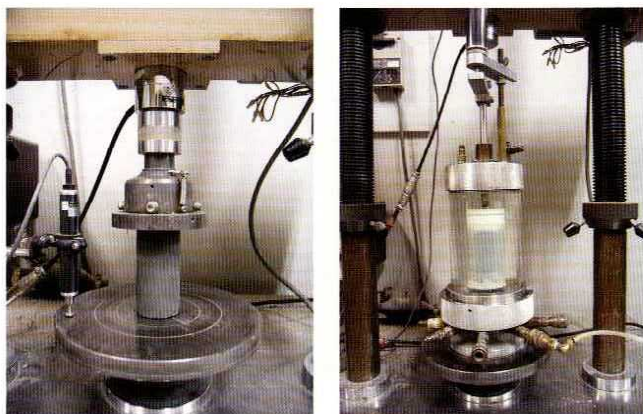


写真-1 一軸圧縮試験・三軸圧縮試験

2. 試験方法

表-1 試験方法

試験の種類	試験方法
土の一軸圧縮試験	側圧をかけずに圧縮する
土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験	側圧をかけ、圧密、排水させずに圧縮する
土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験	側圧をかけ、圧密させるが圧縮時、排水させない
土の圧密非排水(Cub)三軸圧縮試験	側圧をかけ、圧密させ、圧縮時、排水させずに間隙水圧を測定

3. 試験試料

カオリン粘土を用いてφ50mm、高さ100mmの供試体を作製し各試験を実施した。

4. 試験結果利用例

表-2 試験結果利用例

試験の種類	試験結果利用例
土の一軸圧縮試験	圧縮強さ q_u
土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験	短期安定問題、支持力・土圧の算定
土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験	圧密させてからの短期安定問題、強度増加率の推定
土の圧密非排水(Cub)三軸圧縮試験	上記内容および推定有効応力解析

5. まとめ

一般に粘性土の三軸圧縮試験から得られた粘着力 C は、一軸圧縮試験から得られた圧縮強さ q_u の1/2とされている。しかし、土の三軸圧縮試験はそれぞれの試験条件により得られる土質定数は異なる。以上の事を評価するために各試験条件による三軸圧縮試験結果から得られた粘着力 C と一軸圧縮試験から推定した粘着力 C について評価した。

また、土の三軸圧縮試験の各試験条件による土質定数がどのような値を示すのか報告する。

土質試験と原位置試験の補完関係

(株)マスダ技建 益田和夫

1. はじめに

土質試験・原位置試験の役割は、社会基盤である地盤・土構造物・上部構造物の設計および解析を合理的に行う上で、不可欠な地盤定数を求めることであろう。換言すれば、目的とする構造物および自然地盤の安定性検討などを、出来るだけ安い費用で、出来るだけ高い機能を有する設計・解析に役立てることが求められる。

しかし、土質試験および原位置試験にはそれぞれ限界があり、それぞれ長所・短所を持ち合わせているので、これらのデータを補完して適切な設計用地盤定数を求めることが必要となる。

2. 土質試験及び原位置試験の長所・短所

土質試験の内、特に粘着力・内部摩擦角・非線形特性・液状化強度などの力学特性を求める試験と、検層系、サウンディング系、孔内載荷試験系などの原位置試験の長所・短所を挙げる。

◎土質試験・原位置試験の長所・短所

試験名	長 所	短 所
土質試験 (力学試験)	<ul style="list-style-type: none"> ● 自然地盤の力学的物性を計測できる。 ● この結果、安全かつ経済的な設計・解析に役立つ地盤定数の検討が可能となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 乱れの少ない高品質な試験試料を必要とする。 ● 試料採取が困難な土層では、土質試験はできない。 ● 試験結果は試料の応力解放・採取時の乱れの度合いに依存する。 ● 試験は平面的にも、立体的にも不連続であり、適切な位置で試験することが大切である。
原位置試験	<ul style="list-style-type: none"> ● 深度方向に連続的に計測でき、迅速・詳細な土層及び物性変化が確認できる。 ● 孔内載荷試験系は、自然地盤の大半の土層での力学的物性が計測可能である。 ● 標準貫入試験のN値(N<4を除く)より近似的地盤定数を検討できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 一般のサウンディング系では地盤の力学的物性を直接求めることはできない。 ● 一般のサウンディング系では深度方向に砂礫層などがあるとそれ以深の試験はできない。 ● 孔内載荷試験系はボーリングによる応力解放・孔壁の乱れに依存する。

3. 設計用地盤定数の設定フロー

各種設計・解析において地盤物性値を設定する場合には次に示すフロー図が提案されている。今回は土質試験値と原位置計測値を基本に、地盤の平面的立体的空間の設計用地盤物性値(設計用地盤定数)を検討する場合について考える。

◎地盤物性値の設計用値を設定するフロー図



4. おわりに

自然地盤から得られる計測データは多様で、しかもばらつくのが普通であり、限られた土質試験データのみで地盤定数の決定には限界がある。技術フォーラムでは「急傾斜地の斜面安定解析に際しての土質試験と原位置試験の補完関係」、「地震時の河川堤防の安定解析に必要な、地盤の非線形特性・液状化特性試験の補完関係」の実例を挙げて、簡素にかつ分かり易く発表する。

土の物理試験とCBR試験との 相関性及びオーバーコンパクションにおける強度低下

(株)グランドリサーチ 小林義明

1. はじめに

近年、舗装補修を目的に室内土質試験の変状土CBR試験が実施されることが多い。この変状土CBR試験は舗装厚さを設計するために路床土のCBR値を求めるものである。

本発表では各種物理試験とCBR値との相関性と、CBR試験において粘性土でしばしば生じるオーバーコンパクションの事例について紹介する。

2. CBR値と各種物理試験

通常、CBR試験と併せて各種土質試験(含水比試験、粒度試験、液性・塑性限界試験)が行われる。CBR値は土粒子、水、空気との集合体の強度であり、この強度は土粒子等の状態や締め固め方法などが影響する。

このため、土の含水比や粒度組成等にCBR値は大きく影響を受けることから、本発表ではCBR値と含水比、粒度組成等の関係について考察を行う。

表-1 CBR値の概略値

路床土の種類	現場CBR(%)
粘土、シルト分が多くしかも含水比の高い土 含水比の高い火山灰質粘性土	3未満
粘土、シルト分が多くても含水比が比較的低い土 含水比のあまり高くない火山灰質粘性土	3~5
砂混じりの粘性土	3~7
粘土混じりの砂質土 含水比が低い砂混じりの粘性土	7~10
砂質土	7~15
粒径幅の広い砂	10~30

(出典:土質試験の方法と解説P.285 (社)地盤工学会)



写真-1 CBR試験状況

3. オーバーコンパクション

土を締め固めると密度が高くなるため、強度や遮水性などの工学特性が改善される。しかし、含水比が高く、細粒土を多く含んだ土を過度に締め固めると、土を練り返すことになって強度が低下する場合がある。この状態をオーバーコンパクションと呼ぶ。この状態に至るまでに締め固めをやめなければならないが、その判断の明確な基準はない。

本発表では、沖積粘性土と火山灰質粘性土の2種類の粘性土をサンプルとし、突き固め回数によって、どの程度の強度低下が生じるかを試験した結果も報告する。



写真-2 オーバーコンパクション

4. おわりに

舗装補修を目的とした業務では、試料観察からCBR値を推定する場合もあり、本報告が今後その判断の目安に利用されることを期待する。

また、CBR試験のオーバーコンパクションの影響は非常に大きいものであるが、オーバーコンパクションであるか否かの判断は試験者に委ねられている。このことについても今後のCBR試験における指標となればと実施した。

「構造物の安全性と維持管理を対象とした 地盤調査の意義とその重要性」

静的な荷重条件下での土質試験や原位置試験の重要性及び、地震時の動的な土質の挙動による現象を東日本大震災、シンガポールや台湾などの諸外国での事例を用いて、解説いたします。

また、講演の後半は、和やかな雰囲気です座談会的な会話形式で質疑応答を計画しています。気軽に質問を投げかけてください。



中央大学研究開発機構 教授
全米技術アカデミー 会員

石原研而氏

石原先生は、これまで様々な学会において会長を務めるなど土木工学の発展に寄与し、土木学会の功績賞や日本学士院賞など国内外で多くの受賞しております。長年、地震発生時の地盤変化の解明に対して貢献されております。

主な経歴

生年月日：昭和9年4月16日
昭和32年：東京大学工学部土木工学科卒業
昭和38年：工学博士(東京大学)
昭和41年：東京大学工学部 助教授
昭和52年：東京大学工学部 教授
平成 7年：東京大学定年退官・東京大学名誉教授
東京理科大学理工学部 教授
平成13年：中央大学理工学部 特任教授
平成17年：中央大学研究開発機構 教授

主な著書

「土質動力学」……鹿島出版 1976
「土木工学体系 土構造物」……彰国社 1983
「土質力学」……丸善 2001

GEO FORUM

2012 in SHIZUOKA

ジオフォーラム 2012 in 静岡

静岡県地質調査業協会会員／(社)斜面防災対策技術協会会員

静岡県地質調査業協会

TEL.054-247-3316 E-mail info@s-geo.com URL <http://www.s-geo.com/>

(社)斜面防災対策技術協会中部・静岡県支部

TEL.054-282-7323