

ディスカッションセッション 2

礫質土の力学的特性と相対密度

総 括

基礎地盤コンサルタンツ(株) 酒井 運雄

本セッションの主催は、「礫質土の力学特性についての研究委員会」(委員長 國生剛治 中央大学教授)で、後藤副座長から本セッションの進め方についての説明があり、國生委員長の開会の挨拶に引き続き次のようなジェネラルレポートがなされた。

「礫質土の工学的特性と相対密度」 國生委員長

主要な内容を箇条書きにすると以下のようになる。

1. 礫地盤の工学的位置づけ：
 - ・自然の礫質土の性質については十分な解明が進んでいない。
 - ・沖積の礫質地盤の液状化現象は決してまれな現象ではない。
 - ・密な礫質土では設計合理化の余地が大きく残されている。
2. 礫質土の物理的特性：
 - ・礫質土は一般に礫から細粒まで含み、均等係数 u_c が大きい。
 - ・礫質土の最大・最小間隙比の差は0.2~0.3程度で小さい。
 - ・礫質土の力学特性を表す指標として相対密度 D_r が適していると思われるが試験法が標準化されていない。
3. 礫質土の工学的特性の原位置調査法：
 - ・ N 値が普及しているが、礫分が多いと適用性に問題がある。そのため、大型貫入試験などが使われる場合がある。
 - ・ N 値と間隙比は両対数軸上ではほぼ直線関係にある。
 - ・最小密度に対応した最小 N 値は礫分含有率に関係なくほとんど変わらないが、最大密度に対応した最大 N 値は礫分が多くなると大幅に増加する。
 - ・ N 値は $D_r > 50\%$ で、加速度的に、礫分が多いほど急増する。
 - ・ S 波速度 V_s は間隙比 e とほぼ直線関係にある。
 - ・最小密度に対応した最小 V_s は礫分に関係なくほとんど変わらないが、最大密度に対応した最大 V_s は礫分が多くなると大幅に増加する。
 - ・ V_s は D_r とともに増加し、礫分が多いほど急激であるが、 N 値ほどではない (N 値より鈍感)。
 - ・砂質土と礫質土で同じ V_s なら礫質土の方が N 値が小さい。
- 4.1 礫質土のサンプリング
 - ・小さなひずみ (10^{-3} 以下) に対応した力学特性ほど攪乱の影響を受けやすく、強度定数に対しては影響は少ない。
 - ・細粒分の少ない礫質土では凍結サンプリングが理想的であるが、コストの面で適用範囲が限定される。
- 4.2 礫質土の室内力学試験法
 - ・礫質土は三軸試験が行われることが多く、強度試験では最大礫径を供試体直径の1/5~1/6以下とすることが望ましい。
 - ・ u_c の大きな礫質土で、小~中ひずみ対応の力学試験では、上記より大径の礫を含んでいても問題はないようである。
- 4.3 礫質土の力学特性：
 - ・礫質土の破壊包絡曲線は直線ではないので、設計作用応力レベルに応じた適切な c, ϕ を求める必要がある。
 - ・排水強度と液状化強度は、 D_r が一定なら、砂質土、礫質土、礫含有率による大きな違いは見られない。
 - ・非排水強度は (大ひずみ)、 D_r が一定でも、礫含有率が大きい場合ほど非常に大きくなる (破壊しない) 傾向がある。
 - ・礫質土のせん断剛性率のひずみによる低下率は、砂に比べて顕著で、より小さいひずみでより大きく低下する傾向がある。

表—1 研究内容の分類 (10編)

項 目	発表 件数	内 容
現場調査	1	礫地盤の調査 (20)
室内試験	9	最小・最大密度 (21), S 波速度特性 (22), K_0 値, 沈下量 (23), 体積変化特性 (24), 強度特性 (25), 含水比依存性 (26), 損失エネルギー (27), 粒子形状 (28), せん断剛性・減衰定数 (29)

5. 設計への反映

- ◇内部摩擦角： N 値から設計定数を求める時の留意点は、
 - ・礫をたたいた N 値ではなく、基質の貫入量を使うこと。
 - ・このため、打撃ごとの貫入量を記録すること。
 - ・ N 値と ϕ の一般化している推定式は砂質土に対するもので、礫質土では N 値の増分に対して ϕ の増分は鈍感である。
- ◇非排水繰返しせん断強度 (液状化強度)：
 - ・液状化強度と N 値の関係は、 N 値が小さい範囲 ($N < 20$) では礫質土は砂質土と同程度かやや大きく、 N 値が大きくなると砂質土より小さくなる傾向がある。
 - ・ V_s 等が液状化強度と一意的に関係づけられる可能性は低い。また、 V_s は N 値に比べて液状化強度に対して鈍感である。
- ◇変形係数：
 - ・礫質土の変形係数は N 値などから換算しているが、応力状態やひずみレベルなどが考慮されていない。
 - ・ V_s, G_0 から拘束圧の影響、ひずみレベルによる低下率を乗じて推定する方法が合理的である。
- ◇細粒分が多く含まれる場合の留意点：
 - ・通常、細粒分が20%程度から粘性土の性質が現れ、40~60%を越えると粘土の性質が支配的になる。

6. 将来的方向性：

- ・礫質土の強度、変形定数は通例 N 値から決めているが、その根拠は砂質土に対するもので礫質土では十分研究されていないので、設計の合理化の余地が大きい。
- ・ N 値に代わる大エネルギーの連続的貫入試験法の開発・普及が必要である。

以上の報告について質疑応答が行われた後、

「相対密度の一斉試験に関する中間報告」が後藤副座長から行われた。現在、申込みのあった20機関の試験結果をレビューした結果、試験機関による最小・最大密度のばらつきが非常に大きいことが分かった。これは試験方法の違いによる差異と思われるが、今後委員会で検討する旨の発表があった。

「個別発表とディスカッション」

表—1 に示す10編の論文について口頭発表が行われた。各々礫地盤の工学的特性を知る上で貴重な論文で、礫質土のサンプリング、各種の原位置試験、室内試験 (D_r, K_0, V_s, m_v, ϕ , 動的強度・変形特性…) など多岐にわたる内容であった。

口頭発表後のディスカッションは、大変活発に行われ時間切れで終了する状態であった。3時間にわたる長丁場であるにもかかわらず、多くの方々が最後まで参加され、活発な討論を行うことができた。誌面をお借りし感謝の意を表したい。委員会では、皆様の御協力を得て、礫質土の相対密度試験法の確立、礫質土の力学特性をあますところなく実務に役立てられるようにすべく研究活動を継続していきたい。