

海成粘性土と地すべり地粘性土の強度定数

愛媛大学工学部 正 八木則男・矢田部龍一
同 上 学 向谷光彦・○青山 健

1. まえがき

地質構造の複雑な日本では、多くの地すべりが発生している。また、海岸域で見られる海底地盤の粘性土は、地すべり地に比べて均質であり、その力学特性について、非常に多くの研究がなされている。地すべり地粘性土や海成粘性土は、各場所ごとに求められなければならないが、全般的な力学特性を把握しておくことは重要であり、実際の設計に際しても、利用できるものと思われる。地すべり地粘性土と海成粘性土のいずれの場合においても、せん断試験を行うことが望まれる。本論文では、繰り返し再圧密試料を用いて、せん断試験を行った。そして、その結果を、有効応力規準に従い、ピーク強度から残留強度定数について考察したものを報告する。

2. 海成粘性土および地すべり地粘性土の強度定数

2.1 試料、実験装置、実験方法

せん断試験に用いた試料は、第三紀層地すべり地粘性土と四国の破碎帯地すべり地粘性土と日本全国の海成粘性土である。試料は、ボーリングコアから採取したものである。せん断試験に用いた供試体は、純水で練り返した後、 $420\mu\text{m}$ のふるいを通し、飽和度を高めるため脱気槽で放置した後、再圧密して作製した。行った試験は、側圧一定の圧密非排水三軸圧縮試験と一面せん断型リングせん断試験である。三軸圧縮試験はピーク強度、また、一面せん断型リングせん断試験は、残留強度に対応する強度定数を求めるための試験である。三軸圧縮試験の供試体の大きさは、直径

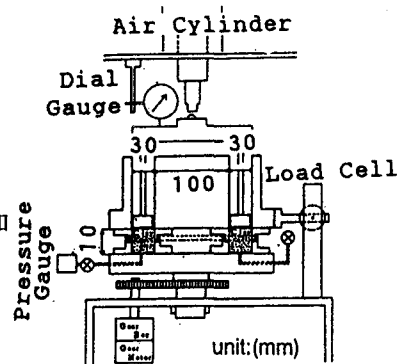


図-1 一面せん断型リングせん断試験機の概略図

35 mm、高さ 80 mm である。圧密時間は2~3日であり、バックプレッシャーは 2 kgf/cm^2 を12時間程度作用させ、非排水状態で圧縮せん断試験を行った。これらの操作により、Skempton の間隙圧係数 B 値は、すべて 0.9 以上を得ている。せん断試験時は変位制御法で行い、変位速度は 0.044 mm/min である。一面せん断型リングせん断試験機は、リングの外径が 16 cm、内径 10 cm で、供試体高さが 1 cm、変位速度が $0.3552^\circ/\text{min}$ であり、高さ 0.5 cm のところでせん断される。また、残留強度は、1回転程度変位を与えた時の強度としている。試験機の概略を図-1に示す。通常行われているリングせん断試験の速度よりかなり早い。残留強度にほとんど影響を与えないことを、既に確認している⁴⁾。また、各試料について物性試験を行っている。その結果についても検討を加えた。ただし、地すべり地については、第三紀層と四国の地すべり地の秩父帯、三波川帯および御荷鉾帯について分類したものを表記している。

2.2 実験結果と考察

① 強度定数等は、各地域ごとに異なるので、個別に試験して求めなければならないが、全体的な傾向を把握しておくことは工学的な意味がある。図-2

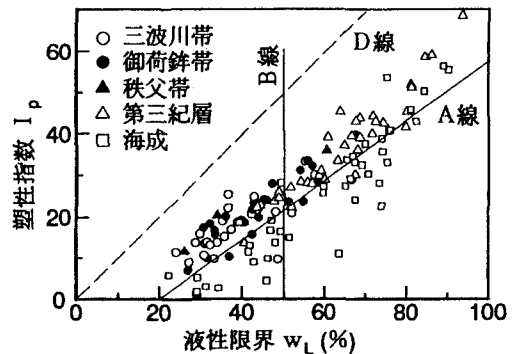


図-2 塑性図

は、各粘性土の結果を塑性図上にプロットしたものである。液性限界が 80 % 程度までは海成粘性土が、A 線 ($I_p=0.73(LL-20)$) の下にあることが分かる。また、破碎帯と第三紀層地すべり地粘性土は、A 線より上側に集中していることが分かる。

② 図-3, 4は、三軸圧縮試験より得た有効応力規 準によるせん断抵抗角 ϕ' ならびに一面せん断型リングせん断試験による残留状態でのせん断抵抗角 ϕ_r と I_p の関係を示す。図中には Skempton¹⁾ が $PI/CF=0.5 \sim 0.9$ の試料に対して示した ϕ_r と粘土分含有量の関係、ならびに Lupini²⁾ らが従来の研究をまとめて示した ϕ_r と粘土分含有量および I_p の関係の上限と下限を併記してある。これらより、海成粘性土の ϕ' は $30 \sim 50^\circ$ 程度であり、破碎帯の $20 \sim 35^\circ$ 、第三紀層の $20 \sim 40^\circ$ と比較して相対的に大きいことが分かる。また、破碎帯の ϕ_r は $10 \sim 31^\circ$ 、第三紀層は $14 \sim 27^\circ$ であるが、塑性指数が大きくなると第三紀層の方は、ある程度の相関性がみられる。第三紀層における主要な粘土鉱物である泥岩の風化した粘性土あるいはすべり層である。それらに含まれるスメクタイトが、他の粘土鉱物と比較して大きな塑性指数を示す。よって、せん断抵抗角が小さいという性質を持っているので、塑性指数をパラメーターにした時、比較的良好な相関がみられるものと思われる。従来の第三紀層(泥岩)を主として行われている研究は、それらの理由により良好な相関があるものと思われる^{3), 4), 5)}。③ 図-5に $\phi' - \phi_r$ と I_p の関係を示す。地すべり地は、 $12 \sim 14^\circ$ の強度低下が見られる。Skempton¹⁾ によれば I_p の低下は見られないということであるが、本実験結果はそれに当てはまらない。④ 図-6に A_f と粗粒分含有量の関係を示す。これらの結果より、第三紀層の A_f の値は $0.5 \sim 1.9$ 、破碎帯が $0.6 \sim 1.5$ 、海成粘性土が $0.6 \sim 1.1$ 程度であることが分かる。地すべり地では、Skemptonが定めた範囲より大きな値を取っており、すべり面付近の粘性土の風化や変形履歴の違いにより生じたものと考えられる。

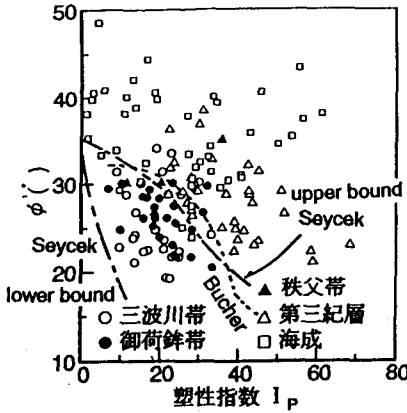


図-3 ϕ' と I_p の関係

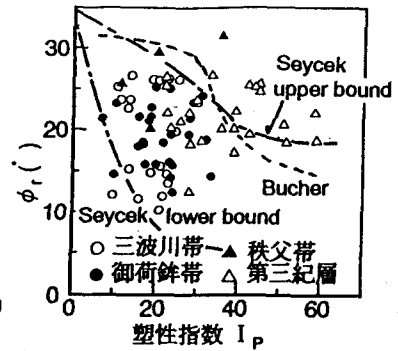


図-4 ϕ_r と I_p の関係

せん断抵抗角 ϕ' ならびに一面せん断型リングせん断試験による残留状態でのせん断抵抗角 ϕ_r と I_p の関係を示す。図中には Skempton¹⁾ が $PI/CF=0.5 \sim 0.9$ の試料に対して示した ϕ_r と粘土分含有量の関係、ならびに Lupini²⁾ らが従来の研究をまとめて示した ϕ_r と粘土分含有量および I_p の関係の上限と下限を併記してある。これらより、海成粘性土の ϕ' は $30 \sim 50^\circ$ 程度であり、破碎帯の $20 \sim 35^\circ$ 、第三紀層の $20 \sim 40^\circ$ と比較して相対的に大きいことが分かる。また、破碎帯の ϕ_r は $10 \sim 31^\circ$ 、第三紀層は $14 \sim 27^\circ$ であるが、塑性指数が大きくなると第三紀層の方は、ある程度の相関性がみられる。第三紀層における主要な粘土鉱物である泥岩の風化した粘性土あるいはすべり層である。それらに含まれるスメクタイトが、他の粘土鉱物と比較して大きな塑性指数を示す。よって、せん断抵抗角が小さいという性質を持っているので、塑性指数をパラメーターにした時、比較的良好な相関がみられるものと思われる。従来の第三紀層(泥岩)を主として行われている研究は、それらの理由により良好な相関があるものと思われる^{3), 4), 5)}。③ 図-5に $\phi' - \phi_r$ と I_p の関係を示す。地すべり地は、 $12 \sim 14^\circ$ の強度低下が見られる。Skempton¹⁾ によれば I_p の低下は見られないということであるが、本実験結果はそれに当てはまらない。④ 図-6に A_f と粗粒分含有量の関係を示す。これらの

結果より、第三紀層の A_f の値は $0.5 \sim 1.9$ 、破碎帯が $0.6 \sim 1.5$ 、海成粘性土が $0.6 \sim 1.1$ 程度であることが分かる。地すべり地では、Skemptonが定めた範囲より大きな値を取っており、すべり面付近の粘性土の風化や変形履歴の違いにより生じたものと考えられる。

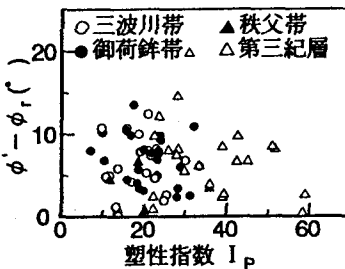


図-5 $\phi' - \phi_r$ と I_p の関係

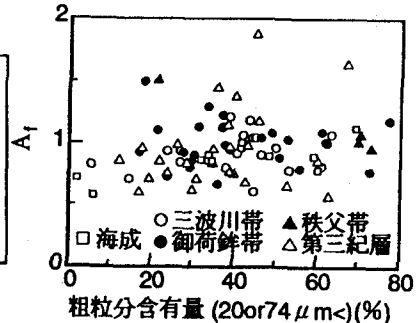


図-6 A_f と粗粒分含有量の関係

3. あとがき

地すべり地粘性土および海成粘性土の強度特性を、せん断試験により調べた。今後、イオンや粒度についても調べ、土質力学的な検討を加える予定である。

参考文献 1) Skempton, A.W. : Residual strength of clays in landslides, folded strata and the laboratory, Geotechnique, Vol. 35, No. 1, pp. 3~18, 1985. 2) J.F. Lupini, A.E. Skinner and P.R. Vaughan : The drained residual strength of cohesive soils, Geotechnique, Vol. 31, No. 2, pp. 181~213, 1981. 3) 玉田文吾 : 地すべり面のせん断強度常態と粘土鉱物の関係、地すべり、Vol. 20, No. 4, pp. 7~13, 1984. 4) 濱崎英作、守屋治雄、白石一夫 : 地すべり粘土の残留強度とX線分析結果の比較、第26回地すべり学会研究発表講演集、pp. 54~57, 1987. 5) 宜保増一 : すべり面付近泥岩の残留強度、第24回土工学会研究発表講演集、pp. 595~596, 1989.