

Ⅲ - A242

斜面安定に関する異方圧密砂の非排水せん断挙動

(株)大林組(元東理大大学院) (正) 野坂 芳夫
 東京理科大学 (正) 石原 研而・塚本 良道
 東京理科大学 (学) 中山 修作

1.背景と目的

現在までに砂が流動をおこす可能性の検討については数多く研究がなされている。しかしそのほとんどが等方圧密状態のものであった。斜面での流動を考える上では、実際の斜面上の砂の応力状態である異方圧密状態における流動の解明が重要になってくると思われる。

そこで本研究ではバングラディッシュ・ジャムナ川で斜面崩壊の発生したバングラディッシュ砂、千葉県小見川町で降雨時に斜面崩壊が発生した小見川砂について異方圧密非排水三軸圧縮試験を行った。

2.実験方法

供試体は直径6cm、高さ12cmのモールド内に、含水比5%になるように水で湿らせた試料を6回に分けて投入し、それぞれ高さが2cmになるように直径3.5cmのタンピングロッドで締め固める湿潤締め固め法で作製した。この方法は、一層ごとの重量を定めることにより、容易にねらった間隙比に近い供試体を作製することができるという利点がある。圧密は拘束圧50kPa～300kPaで等方圧密または異方圧密を行ったあと、毎分1%になるようにひずみを制御した非排水三軸圧縮試験を行い、間隙水圧、軸ひずみ、軸力を測定した。異方圧密時の応力比は、

$$Kc = \frac{\sigma'_{3c}}{\sigma'_{1c}}$$

で表される。本研究では、Kcを1～0.35に変化させて実験を行った。

3.実験結果および考察(1)圧密鉛直応力 σ'_{1c} の非排水せん断挙動に与える影響

図1は、小見川砂の圧密過程の圧密鉛直応力 σ'_{1c} と間隙比の関係で示した圧密曲線である。同じ初期間隙比を持つ供試体は等方圧密。異方圧密に関係なく同じ圧密曲線にのっている。つまり圧密過程における供試体の間隙比の変化は圧密鉛直応力 σ'_{1c} に依存するというを示している。

図2は、代表的な例として初期間隙比1.060の圧密曲線上の供試体に注目し、圧密曲線と変相状態時と定常状態における σ'_3 と間隙比の関係を示したものである。ここで、D…膨張的挙動、T…膨張的挙動と収縮的挙動の中間的挙動、C…収縮的挙動を示している。 $\sigma'_{1c}=120\text{kPa}$ を境界とし、収縮的挙動と膨張的挙動に分けられた。また、変相状態時の最小主応力 σ'_3 は定常状態線から枝分かれする形で示された。

図3は、小見川砂のすべての圧密曲線と変相状態時と定常状態時の最小有効主応力を示したものである。ここでCritical Consolidation Stress lineとは圧密終了時の供試体について収縮的挙動と膨張的挙動の境界を連ねた曲線である。

つまりこの曲線より上から非排水せん断のはじまる供試体は収縮的挙動を示し、下からはじまる供試体は膨張的挙動を示す。

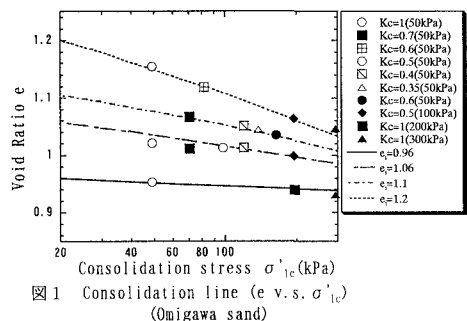


図1 Consolidation line (e v.s. σ'_{1c}) (Omigawa sand)

体は膨張的挙動を示す。この図により等方圧密、異方圧密に関わらず圧密鉛直応力 σ'_{1c} により、圧密－せん断－変相状態一定状態に至るまでの過程を一義的に示すことができた。

図4は、バングラディッシュ砂について同じようにまとめたものである。この砂についても同じように Critical Consolidation Stress lineを描くことができたが小見川砂とは異なり定常状態線から枝分かれする変相線が明確に現れていない。

(2) 斜面の流動の可能性に関する評価法

定常状態時の残留強度 S_{us} は間隙比のみに依存しており等方圧密、異方圧密に関係なく同じ曲線で表される。バングラディッシュ・ジャムナ川で発生した斜面崩壊は斜面の長さに比べすべり層厚が非常に小さいためすべり斜面を無限斜面と仮定することができると判断し、そのような仮定をしたときにすべり面に働くせん断応力と残留強度の関係を図5に示す。斜面の傾斜角は 11.3° 、 γ_{sat} は 1.917g/cm^3 とした。例えばすべり層厚さを 7m とし原位置での間隙比を 0.860 と仮定すると（Stress state A）、その土が発揮する残留強度は左の矢印で示しており、すべり面上に働くせん断応力は右の矢印で示している。この場合、発揮する残留強度に比べすべり面上に働くせん断応力が大きいため、A の状態にある土は斜面崩壊のきっかけが発生すると大きく流動する。また、ハッチングしている部分は原位置で計測したすべり層厚さと間隙比の関係を示したものであるが、大部分が $F_s < 1$ の領域に含まれている。このように斜面の傾斜角、非排水せん断による残留強度などのパラメーターを代入することにより各深さごとに必要な地盤の密度を算定できると考える。この関係図から、斜面崩壊のきっかけが発生したとき流動しないために必要な地盤の密度を算定できた。

4. 結論

- ・圧密応力 σ'_{1c} によって等方圧密、異方圧密の非排水せん断挙動を一義的に示すことができた。
- ・無限斜面を仮定し、また実験より得られる残留強度を用いることにより、斜面の流動の可能性に関する評価法を提案することができた。

【参考文献】

- 1) JIN-CHING CHERN: Undrained Response of Saturated Sands Emphasis on Liquefaction and Cyclic Mobility, THE UNIVERSITY OF COLUMBIA, 博士論文 (1985)
- 2) 加藤進: 異方圧密飽和砂の非排水せん断に関する研究, 東京大学学位論文 (1995)

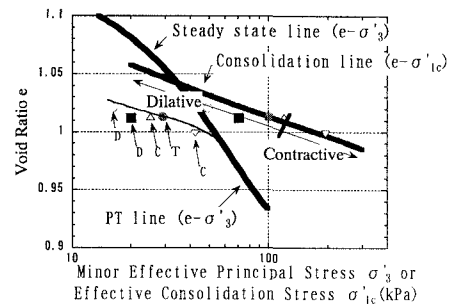


図2 圧密曲線と変相状態時の σ'_3 の関係 ($e_i=1.06$, Omigawa sand)

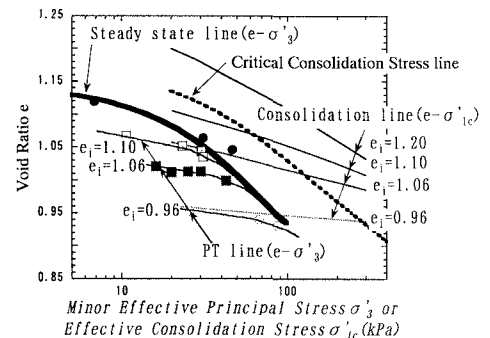


図3 圧密曲線と変相状態時の σ'_3 の関係 (Omigawa sand)

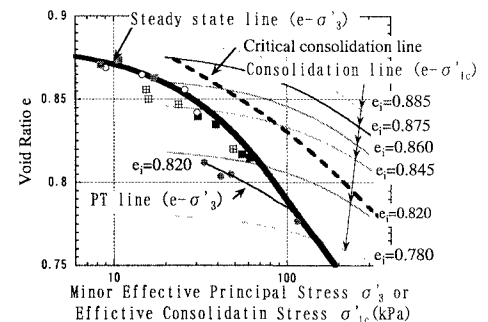


図4 圧密曲線と変相状態時の σ'_3 の関係 (Bangladesh sand)

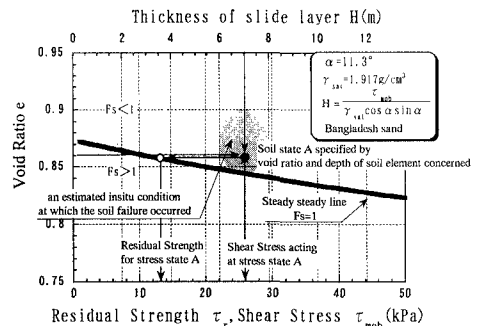


図5 流動状態時の残留強度と間隙比の関係