

Q&A コーナー

三軸圧縮試験の結果の解釈と適用について

Q 三軸圧縮試験(UU)の結果の解釈と適用についておうかがいたします。

1. UU試験に適用できる試料、できない試料。
2. 飽和した試料でシルト質の試料では、 $\phi_u > 0$ となることがありますが、その理由は何でしょうか。
3. 設計では、 $\phi_u = 0$ を前提として c_u のみを用いるのが普通ですが、 $\phi_u > 0$ の場合にもそれでよいのでしょうか。

また、UU試験を適用する上での注意点があれば教えて下さい。

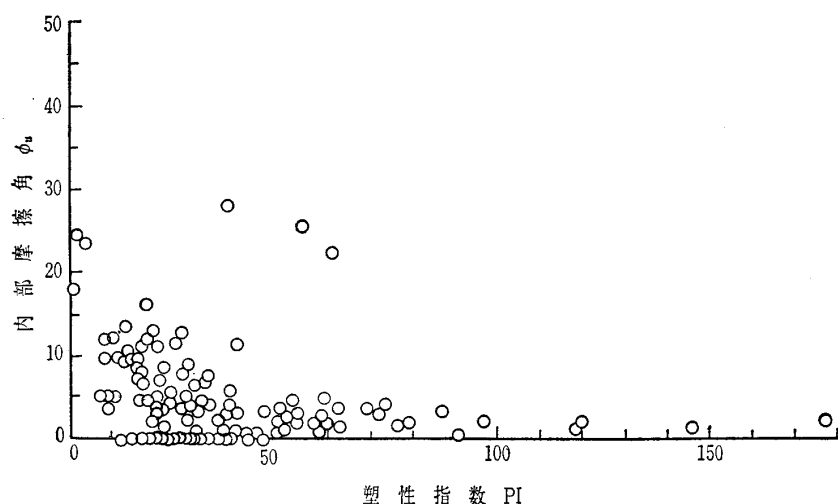
A 三軸(UU)試験は、粘性土試験に種々の側方向応力をかけた状態で、試料内では非圧密非排水の状態を保持しながら圧縮せん断されたときの圧縮強さと側方向応力の関係を求める試験です。したがって、このような条件が完全に満足されれば、側方向応力を加圧することにより供試体内で圧密による強度増加は発生しないわけですから、種々の側方向応力条件のもとに得られる圧縮強さは一定ということになります。すなわち、このような状態で行われたいくつかの試験の破壊時のモールの応力円を描くと、それらの包絡線は、ほぼ横軸(垂直応力軸)に平行となり、 $\phi_u = 0$ が得られます。この場合、この破壊時の包絡線の縦軸(せん断応力軸)の切片として得られる粘着力 c_u は、その試料がサンプリングから試験に至る過程で受けた応力解放と種々の機械的乱れによる強度低下を含んだ試料の非排水強度を表していると考えられます。粘土の場合はこの強度は一軸圧縮強度にほぼ等しくなり、設計強度として安定計算などに用いることがで

きます。試料が水で十分飽和していて間隙圧係数の B 値が1に近い場合は側方向応力の増加は試料内部の間隙水圧の増加にほぼ等しくなりますからこのような条件が満足され、側方向応力の変化による供試体内の有効応力の増加はほとんど発生しないと考えられます。他方、試料がはじめてから不飽和の場合や、サンプリングから試験までの過程で不飽和となった場合、側方向応力を加えることにより、試料内での間隙空気が圧縮して試料の間隙比が減少し、有効応力が増加します。このような場合は、側方向応力を加えることにより供試体の強度は増加しますから、このとき破壊時のモールの応力円の包絡線は $\phi_u = 0$ の直線とならず、 $\phi_u > 0$ の直線または曲線となります¹⁾。

種々の側方向応力の三軸(UU)試験より得られた非排水強度がほぼ同じであること、すなわち、 $\phi_u = 0$ が三軸(UU)試験の結果として妥当なものであるとの考え方に基づいた場合、三軸(UU)試験に適用できる試料は、試料の飽和状態を十分に保持し得る塑性指数 PI が35程度より大きく、また、砂分含有率も60%程度よりも小さい粘土といえます。逆に、このような状態を保持しにくい中間土、砂質土は三軸(UU)試験には適用しにくい土と考えられます。また、最初から不飽和な状態にある土や間隙水の抜けやすい泥炭などの特殊土も三軸(UU)試験の適用しにくい土と考えられます。

前にも述べましたように、 $\phi_u > 0$ であることは、側方向応力の増加に伴って土の非排水強度が増加することであり、これは供試体に側方向応力を加えることにより、供試体内部で圧密が生じ、これにより強度増加が生じているためと考えられます。すなわち、サンプリング時に飽和していた試料でもシルト質の試料ではサンプリングから試験に至る過程で試料の応力解放と機械的乱れにより、試料中に発生して試料の拘束を生じさせている負の間隙水圧が失われて、試料の飽和度が減少し、有効応力が失われたと考えることができます。このようにもともと飽和状態にあった試料でも、試料の砂分含有量が多いほど、また塑性指数が低いほど、サンプリングから試験に至る過程で有効応力が減少する度合は大きくなり、みかけの ϕ_u の値が大きくなる傾向があります(図-1参照²⁾)。

Q&Aコーナー

図-1 三軸 (UU) 試験より得られた ϕ_u と塑性指数の関係²⁾

一般に、三軸 (UU) 試験結果を設計に用いる場合、 $\phi_u=0$ として破壊包絡線の縦軸切片の値 c_u を土の非排水強度として用いるのが普通です。これは一軸圧縮強度を設計強度として用いている場合の考え方と同じであり、サンプリング後の試料の乱れによる強度の過小評価と三軸圧縮というせん断条件や現場よりかなり急速にせん断することなどによる強度の過大評価とのバランスの上に立って、この強度が短期安定問題の設計強度として妥当なものであるという経験に基づいています。 $\phi_u>0$ の場合に対しても破壊包絡線の縦軸切片として粘着力 c_u を非排水せん断強度として用いますと、この c_u 値は $\phi_u=0$ の場合に比べ一般に小さくなり、設計として安全側となりますが、不経済になります。したがって、 $\phi_u>0$ の場合は粘着力 c_u を設計強度として用いることは適当でないと考えられます。この場合、仮定されるすべり面上の最大有効土かぶり圧に対応する破壊包絡線上の点と破壊包絡線の縦軸切片を直線で結んでこれを破壊線として設計強度に用いるのも一

つの方法と考えられます³⁾。

三軸 (UU) 試験を適用する上での注意点として、次の点が挙げられます。

① 一般に三軸 (UU) 試験は一軸圧縮試験と同じ方法で結果が利用されるため、一軸圧縮試験では正確に強度の得にくい、亀裂性の粘性土に適用すると有効と考えられます³⁾。

② 強く過圧密された粘土または大きな正のダイレイタンスを示す中間土または砂質土では、試料の飽和度が高い場合でも、圧縮せん断に

より大きな負の間隙水圧を生じるため、現地で長期（地盤内の過剰間隙水圧がゼロになったとき）に発揮できる強度より大きな強度を示すことになり危険側となります。このような試料に対しては、長期にわたる供試体の吸水膨潤による強度低下を考慮するか、有効応力状態の変化が把握できる試験結果の利用が必要であり、有効応力状態の不明な三軸 (UU) 試験結果の利用は好ましくないと思われます。

参 考 文 献

- 1) 矢部正宏：c と ϕ を考える，3. 粘性土，N 値および c と ϕ の考え方，土質工学会，pp. 65～70，1987.
- 2) 大槇正紀：漁港区域の海底地盤の非排水強度特性，土と基礎，Vol. 37，No. 11，pp. 61～66，1989.
- 3) 土田 孝・小林正樹・山川 匠・平良 聡：一軸圧縮強度のばらつきとその要因について，港湾技術研究所報告，第27巻，第1号，pp. 93～124，1988.

(回答者：大槇正紀 水産庁水産工学研究所)

(原稿受理，1990.11.14)