

長崎大学工学部 正員 伊勢田哲也 落合英俊
同 学生員 塩足弘喜 鴨川敏彦

はじめに

著者らは、静的応力のもとで成形締固めた不飽和土の圧縮およびせん断強度特性について、実験的研究を行なっており、これまで、次のような結論を得ている^{(1)~(4)}。(1)側方拘束状態における圧縮変形特性には、圧縮ひずみが急激に増大する圧縮降伏応力が存在し、この圧縮降伏応力は締固め成形応力 σ_c にはほぼ一致する。(2)このような特性は、粘性土から砂質土になるにつれて次第に顕れていくが、粘土分が約70%程度までは、ほぼ粘土単体に近い変形挙動を示す。(3)三軸圧縮試験による排水せん断強度特性は、すべり面上の垂直応力が締固め成形応力 σ_c にはほぼ等しい付近を境にして変化する。(4)締固め成形応力 σ_c を大きくすると、排水せん断強度は増加し、その増加強度成分の内容は、主として、粘着成分の増加であり、摩擦成分の増加にはさほど寄与しない。すなわち、締固め成形応力 σ_c がその圧縮およびせん断強度特性の重要な特性値となることを実験的に確かめている。本文は、以上のような締固め土の力学的特性に関する一連の研究において、締固め成形応力 σ_c を大きくすることによる排水せん断強度の増加割合を評価する方法と、排水三軸圧縮試験結果をもとに検討したものである。

試料および試験方法

試料は、長崎市内で採取した砂質ローム(比重 $G_s=2.694$)で、統一分類法ではMLに属する。なお、試験には20mmフルイ通過分を用いた。図-1は、この試料の圧固め曲線であり、供試体作成時の含水比は、最適含水比にはほぼ等しい20~21%に調整した。供試体の作成方法は、まず、内径50mmのカラー付2分割り鋼製モールドを用い、各層ごとにモールドとほぼ同一径を有する重量2.5kgの鋼製棒を載荷し、木づちでモールド側壁を軽く30回打撃(約10層で高さ約125mmになるような方法により、供試体が自立でき、しかもできるだけ均一な状態の供試体を作成した。この状態における供試体の乾燥密度は約117~121kN/m³(最大乾燥密度の約73~76%)、飽和度は約42~46%である。ついで、この供試体を三軸室にセットし、所定の圧力で約24時間等方圧密した後、三軸室から取り出し、供試体寸法を再度測定した後、三軸試験機に再セットし、側圧一定の排水三軸圧縮試験を行なった。等方圧密圧力 σ_0 は、150, 200, 300 kPaの3種で、この圧力を供試体作成時の

締固め成形応力とみなした。なお、各締固め成形応力 σ_c に対して、各々、乾燥密度は約2.3, 11.7, 13.4%程度増加し、それぞれの供試体は締固め成形応力 σ_c に対応した十分安定な構造の状態になっているものと考えられる。

図-1 圧固め曲線

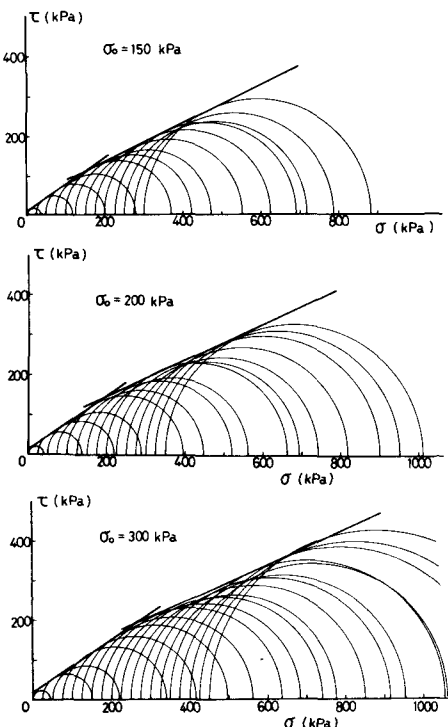


図-2 破壊時のモール応力円

試験結果とその考察

応力-ひずみ曲線の形は、締固め成形応力 σ_0 、あるいはせん断時の側圧 σ_3 の値によっては、必ずしも応力のピークが現われないものもあり、どの状態を破壊時とみなすかが問題となるが、ここでは、軸ひずみ ϵ が $0 \leq \epsilon \leq 15\%$ の範囲内において、主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ の最大値を示す点を破壊時とみなすことにした。

図-2は、各締固め成形応力 σ_0 について、破壊時のモール応力円を示したものである。破壊包絡線は、いずれの σ_0 の場合とも、近似的に2本の折れ曲がった直線で表わすことができ、その折れ曲がり点は、締固め成形応力 σ_0 にはほぼ等しいが、あるいは若干小さい程度であり、はじめにの(3)の結論と一致するとともに、 σ_0 が締固め工のせん断強度の特性値となり得ることを示している。

図-3は、 $\sigma_0 = 150 \text{ kPa}$ の場合を基準とした破壊時の主応力差の比とせん断時の側圧 σ_3 の関係であり、締固め成形応力 σ_0 が大きくなると、せん断強度が増加することがわかる。また、強度増加の割合は、側圧 σ_3 が大きくなるにつれて小さくなる傾向にある。なお、 $\sigma_3 \geq 200 \text{ kPa}$ ($\sigma_0 = 200 \text{ kPa}$ の場合)、 300 kPa ($\sigma_0 = 300 \text{ kPa}$ の場合)になると、強度の比は、本来、1になるべきであるが、いずれの場合とも、若干強度の増加がみられる。これは、 σ_3 の載荷時間が約24時間であったのに対し、せん断開始前の側圧 σ_3 の載荷時間が約1時間程度であったため、 σ_3 に対応した十分な安定状態になっておらず、 σ_0 の影響が残っていたためと考えられる。

図-4は、破壊時の主応力差と過圧密比 σ_3/σ_0 の関係であり、同じ過圧密比であれば、 σ_0 が大きいほど、せん断強度は大きくなる。なお、図中の折れ曲がり点は、図-2の破壊包絡線の折れ曲がり点にはほぼ対応する。

以上のように、締固め成形応力 σ_0 が大きくなると、せん断強度は増加するが、その増加割合をできるだけ簡単に評価する整理法を確立することが実用的立場から重要である。図-5は、過圧密状態($\sigma_3 \leq \sigma_0$)の場合について、破壊時の主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ 、および締固め成形応力 σ_0 とせん断時の側圧 σ_3 の差 $(\sigma_0 - \sigma_3)$ をもとに σ_0 で除して正規化した整理法によるものである。このような正規化を行えば、実用的な誤差の範囲内で、 σ_0 の値に関係なく、せん断強度を1本の曲線によって表わすことができ、締固め成形応力の増加にともなう強度増加を容易に推定することが可能となる。正規圧密状態($\sigma_3 \geq \sigma_0$)の場合については、上に述べた側圧 σ_3 の載荷時間の影響もあり、 $\sigma_3 \leq \sigma_0$ の場合に比べて、多少ばらつきが大きくなるが、同じような正規化した整理法で強度増加を評価できそうである。

参考文献

- (1)伊勢田、嶋津、田中(1971)：建設省土木研究所資料、第653号
- (2)伊勢田、落合、棚橋、宮崎、黒岩(1973)：土木学会西部支部講演集
- (3)伊勢田、落合、毛利、王井(1979)：土木学会西部支部講演集
- (4)落合、伊勢田(1979)：第34回土木学会年次講演会講演集

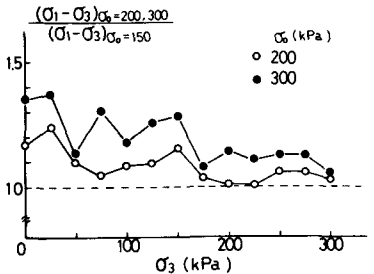


図-3 $\sigma_0 = 150 \text{ kPa}$ を基準とした強度増加割合と σ_3 の関係

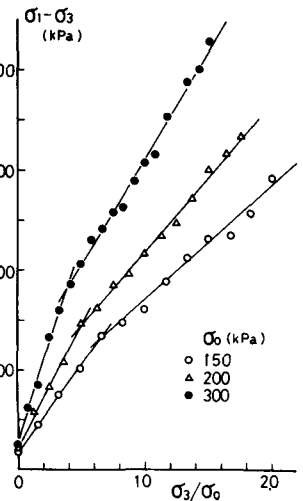


図-4 $(\sigma_1 - \sigma_3)/\sigma_0 \sim (\sigma_3/\sigma_0)$ 関係

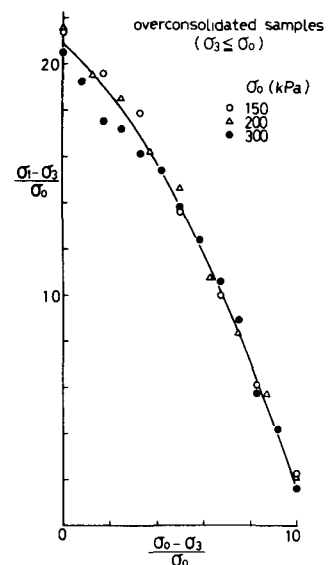


図-5 正規化した強度曲線