

Ⅲ-6 複合応力状態における土の挙動

京都大学防災研究所 正員

柴田 徹

京都大学大学院 正員

○ 軽部大蔵

われわれは土供試体に任意の三主応力を与えることゝでき、しかも破壊にいたる応力経路も求め得ることを目的とした簡単な装置を試作し、これを用いて各種試験を行なっているが、ここでは粘土に関する結果を報告する。

試験装置 試験機は三軸圧縮試験機一式と、セル内に設置した中間主応力載荷装置(図-1:三軸セルを取除いたところ)から成っており、供試体は高さ6cm、巾3.5cm、厚さ2cmの直方体である。この中間主応力載荷装置は内側にゴム膜をとりつけた2枚の平板が供試体を中方向にはさんでおり、ゴム膜と板の間に水圧を加えると供試体に所定の応力 σ_2 が作用するようになっている。また試験中に装置が供試体の鉛直中心軸からずれたり、装置の重量が供試体にかかるとのを防ぐためにガイドと平衡重錘が付属している。供試体には高さ方向に σ_1 (ピストン載荷)、中方向に σ_2 、厚さ方向に σ_3 (側圧)が作用することになる(図-1)がこの装置を用いた際には、主として圧密中に供試体巾が縮小するためにギャップの巾との差が生じ、 σ_1 が σ_2 の影響を受けること、およびこの装置と供試体やギャップ側面との摩擦が生じること(実際にはその間にシリコングリースを塗ったシートをはさんで摩擦の軽減をはかっている)に対する補正を行なっている。

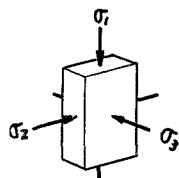
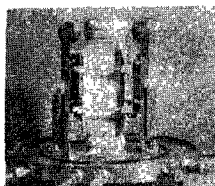


図-1

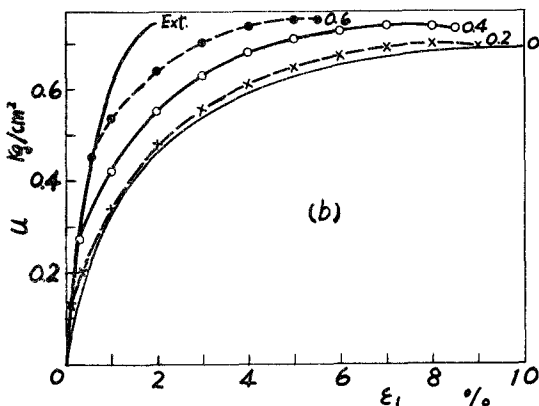
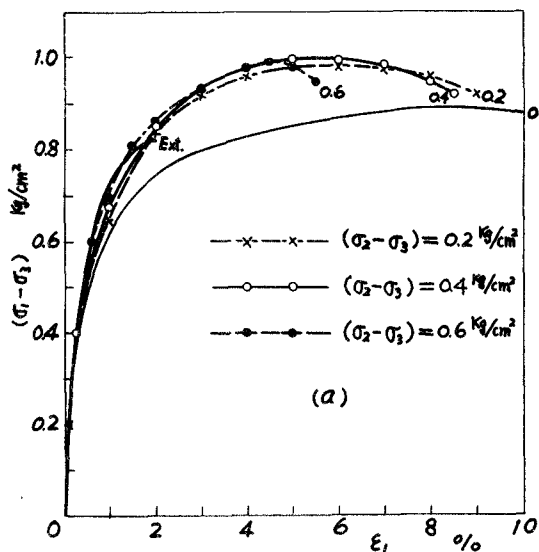


図-2

繰り返し再圧密試験による試験:

試験料作成用大型圧密機の圧力 0.45 kg/cm^2 により作成した供試体を用いた。その物性は粘土含有量39%, LL. 59%, PL. 20%の粘土である。試験法はヒズミ制御式(ヒズミ速度は約 $0.01\%/min$)の圧密非排水試験で、供試体底面においてセンサ中の間ギキ水圧を測定している。試験時の応力状態は i) $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ で圧密完了した後、ii) σ_3 一定のまま($\sigma_1 - \sigma_3$) = ($\sigma_2 - \sigma_3$) = 所定値まで $\sigma_1 = \sigma_2$ を増加し、

iii) $(\sigma_2 - \sigma_3) = \text{一定}$ のまま, $(\sigma_1 - \sigma_3)$ を増加させて破壊にいたらしめるものである。すなわちこの試験の応力経路は, 先ず $\sigma_1' = \sigma_2' = \sigma_3'$ の点から伸張状態で出発し, $(\sigma_1 - \sigma_3) = (\sigma_2 - \sigma_3) = \text{所定値}$ に達すると Rendulic の応力面に平行な面内で動くことになる。ここでは $\sigma_3 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma_2 - \sigma_3 = 0, 0.2, 0.4, 0.6 \text{ kg/cm}^2$ および伸張に近い条件 ($\sigma_1/\sigma_2 = 0.9$) の試験結果をのべる

主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ および同ゲキ水圧 σ_1 と σ_3 方向のヒズミの関係をまとめて図示すると図-2(a) のようである。ただし図-2(a) において $(\sigma_1/\sigma_2) = 0.9$ 試験 (伸張に近い条件) では $(\sigma_2 - \sigma_3)$ とヒズミの関係が描いてある。図-2の $\sigma_1' > \sigma_2' > \sigma_3'$ 試験における変形, 同ゲキ水圧挙動特性については講演時に説明する

図-3は $\sigma_1' > \sigma_2' = \sigma_3'$ (○印) と $\sigma_1' > \sigma_2' > \sigma_3'$ (●印) の応力条件に対する強度定数を比較するため σ_1'/σ_3' の最大値を $(\sigma_1' - \sigma_3')/2 \sim (\sigma_1' + \sigma_3')/2$ 関係にプロットしたもので●印はいずれも○印より上にあり, 粘土の破壊に対する中周主応力の影響があらわれている。図-4は $(\sigma_2 - \sigma_3) = \text{一定}$ 面内の応力経路を Rendulic の応力面に垂直に投影したもので, 図中の平行な斜線群は普通の $\sigma_1' > \sigma_2' = \sigma_3'$ 試験から求めた Mohr-Coulomb の破壊面と, $(\sigma_2 - \sigma_3) = \text{一定}$ 平面との交線であり, $\sigma_1' > \sigma_2' > \sigma_3'$ 試験の結果はいずれも Mohr-Coulomb の破壊線より外側までのびている。なお図-4中には応力経路を $\sigma_1' + \sigma_2' + \sigma_3' = 1$ の八面体面に, $\sigma_1', \sigma_2', \sigma_3'$ 座標の原点から投影したものが併記されており, 六角形は Mohr-Coulomb の破壊面 ($\phi_{cu} = 35.8^\circ$) の直切面をあらわしている。これによると, 粘土の実際の破壊包絡面は Mohr-Coulomb の破壊面を示す六角形に外接する曲面であらわれ, Mohr-Coulomb の破壊面はせん断強度の下限値を代表していることがわかる。

図-3は $\sigma_1' > \sigma_2' = \sigma_3'$ (○印) と $\sigma_1' > \sigma_2' > \sigma_3'$ (●印) の応力条件に対する強度定数を比較するため σ_1'/σ_3' の最大値を $(\sigma_1' - \sigma_3')/2 \sim (\sigma_1' + \sigma_3')/2$ 関係にプロットしたもので●印はいずれも○印より上にあり, 粘土の破壊に対する中周主応力の影響があらわれている。図-4は $(\sigma_2 - \sigma_3) = \text{一定}$ 面内の応力経路を Rendulic の応力面に垂直に投影したもので, 図中の平行な斜線群は普通の $\sigma_1' > \sigma_2' = \sigma_3'$ 試験から求めた Mohr-Coulomb の破壊面と, $(\sigma_2 - \sigma_3) = \text{一定}$ 平面との交線であり, $\sigma_1' > \sigma_2' > \sigma_3'$ 試験の結果はいずれも Mohr-Coulomb の破壊線より外側までのびている。なお図-4中には応力経路を $\sigma_1' + \sigma_2' + \sigma_3' = 1$ の八面体面に, $\sigma_1', \sigma_2', \sigma_3'$ 座標の原点から投影したものが併記されており, 六角形は Mohr-Coulomb の破壊面 ($\phi_{cu} = 35.8^\circ$) の直切面をあらわしている。これによると, 粘土の実際の破壊包絡面は Mohr-Coulomb の破壊面を示す六角形に外接する曲面であらわれ, Mohr-Coulomb の破壊面はせん断強度の下限値を代表していることがわかる。

乱さない試料による試験: 中周主応力強度に及ぼす影響を確認するために, 大阪沖積層の乱さない粘土試料を用いて応力制御式の圧密非排水試験を行なった。結果を図-5に示す。詳細は講演でのべる。

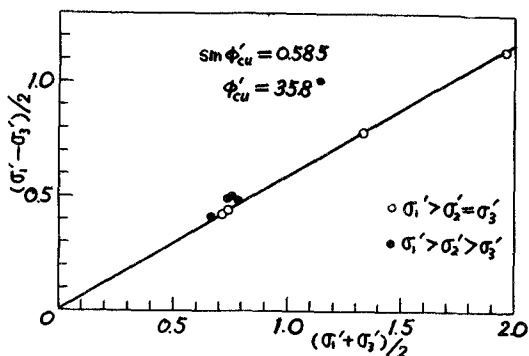


図-3

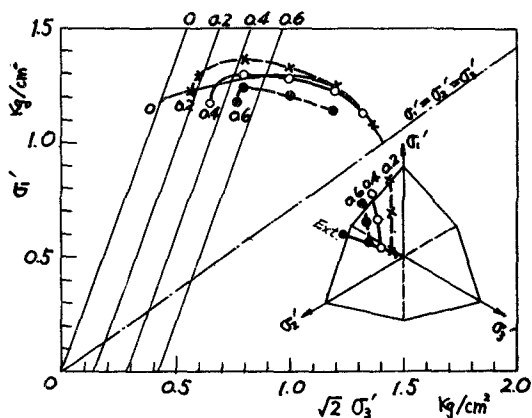


図-4

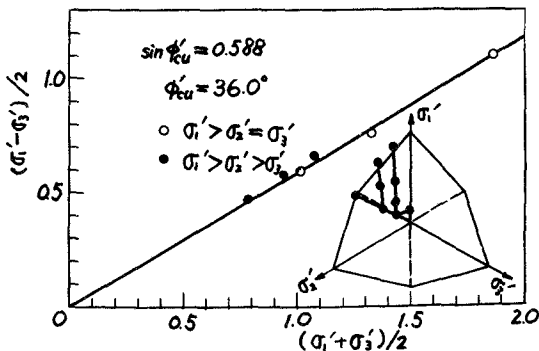


図-5