

締固め土の強度異方性に関する実験

愛知工業大学大学院 ○(学)中谷清司

愛知工業大学土木工学科 (正)大根義男 (正)成田国朝 (正)奥村哲夫

1. はじめに

フィルダムのように、築堤材料のまき出しと転圧作業の繰り返しによって人工的に盛り立てられる土構造物は透水性および強度特性に異方性が現れる。これは、堤体が水平に層を成した不均質なものであること、転圧時の土中の応力が異方的であること、さらに土粒子形状の偏平性によって土粒子の配向が水平方向に卓越することなどに起因するものと考えられる。現在、砂や粘土の異方性に関する研究はある程度進められているが、締固め土に関しては極めて少なく、定量的把握が必要であると考えられている。

本研究は、締固め土の強度異方性を把握するための基礎的実験として、同一密度で含水比を変化させて締固めたブロックサンプルから切り出し角度を変化させて作製した供試体について一軸および三軸圧縮試験を行い、締固め土の強度・変形特性の異方性について調べた。

2. 供試体および試験方法

試料は学内で採取したもので、砂分 62 %、シルト分 16 %、粘土分 22 %、 $G_s=2.635$ 、の砂質土である。供試体は次のようにして作製した。あらかじめ所定の含水比となるように調整した試料を分解可能な角柱モールド (20x15x7 cm) 内に7層 (1層当たり2 cm) に分け、各層が所定の密度 ($\gamma_d=1.72$ gf/cm³、締固めD値95%に相当) となるように規定できるストッパー付きの締固め用剛製板を用いて圧縮装置により静的に締固めた。そして、図-1に示すように、締固め方向の異なる

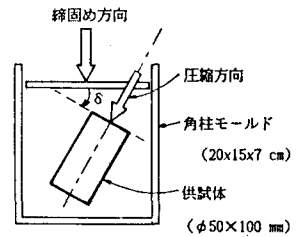


図-1

4種類 ($\delta=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$) の円柱供試体 (直径50mm、高さ100mm) を切り出した。供試体の含水比は最適含水比 $w_{opt}=15.3\%$ ($S_r=75.9\%$, JISA1210, 1.1法による)、これより乾燥側 $w_{dry}=12.5\%$ ($S_r=62.0\%$) および湿潤側 $w_{wet}=18.5\%$ ($S_r=91.8\%$) の3種類である。これらの供試体について一軸および三軸圧縮試験を行った。三軸圧縮試験では供試体に対し等方的に拘束圧 (0.5, 1.0, 2.0, 4.0 kgf/cm² の4ケース) を与えて圧密し、非排水(気)条件で行った。なお、供試体端面の摩擦を軽減するために、キャップおよびベDESTALと供試体の間にシリコングリースを塗布したゴムメンブレンを介している (ボラスストーン直径10mm)。

3. 結果と考察

図-2は w_{dry} および w_{wet} 試料について切り出し角 δ を変化させた供試体の一軸試験結果である。 w_{dry} 試料では δ の違いによって応力~ひずみ関係に明瞭な差がみられ、 δ が大きくなるに従って圧縮強度 q_u は低下している。また、鉛直供試体 ($\delta=0^\circ$) の破壊ひずみは小さく応力のピークも明瞭であるが、 δ の増加とともに破壊ひずみは大きくなり、ピークも不明瞭となる。一方、 w_{wet} 試料では δ の影響はほとんどみられず延性的な変形挙動を示している。

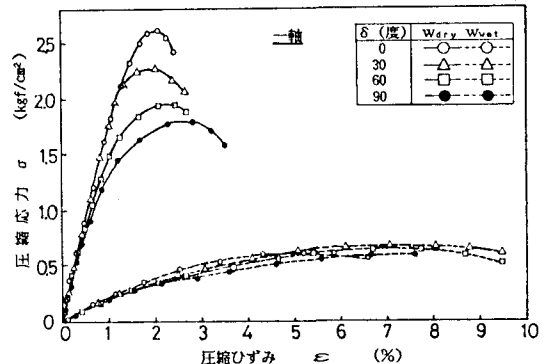


図-2 $\sigma \sim \epsilon$ 関係 (一軸試験)

また、図-3は三軸試験の結果であり代表的に拘束圧 $\sigma_o = 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ のものについて示している。図より、 δ の影響はひずみの小さい範囲に現れており、 w_{dry} 試料では δ による差が大きく現れている。応力のピークは両試料ともに現れていない。

図-4は一軸および三軸試験について、変形係数に及ぼす切り出し角の影響を $\delta = 0$ 度と $\delta = 90$ 度と比較し含水比 w との関係で整理したものである。なお、三軸試験の E_{so} は一軸試験と同じ整理方法に従い、また、応力～ひずみ関係にピークが現れないものについては $\epsilon = 20\%$ を破壊としている。一軸試験の結果をみると、 E_{so} の比は w_{dry} で0.70、 w_{opt} で0.55、 w_{wet} で0.88となっており、 w_{wet} で大きく w_{opt} で最小値をとるようである。一方、三軸試験の結果も、それぞれの拘束圧で幾分バラツキがあるものの一軸試験と同様な傾向が認められる。さらに、拘束圧が高くなるほど E_{so} の比は小さくなり異方性の影響が強く現れることが知られる。

切り出し角 δ の異なる一軸強度 $qu(\delta)$ を鉛直供試体の強度 $qu(\delta = 0^\circ)$ で除して正規化し図-5に極座標形式で示した。図より、 δ の増加とともに強度は低下し異方性が現れていることがわかる。特に、 w_{opt} 試料でこの傾向が強く現れている。これは最適含水比付近で締固めるとき土粒子の動きは他の含水比に比べより活発であると考えられることから、粒子の配向が水平方向に卓越したことによるものと推察されよう。

図-6は三軸試験結果($\sigma = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$)を図-5と同様な関係で示したものである。ただし、軸差応力は $\epsilon = 3\%$ に対する値で整理している。本図において強度異方性は w_{opt} 試料で最も強く現れ一軸試験の結果と全く同様の傾向を示している。

以上の結果より、締固め土の強度および変形係数の異方性は最適含水比付近のものが最も強く現れることが知られた。

【参考文献】 1) 鬼塚・林重・吉武・大石：「締固め土の圧縮および強度異方性について」土質工学会論文報告集 Vol.19, No3, 1979 2) 小田・小石川：「砂地盤の強度異方性とその土質工学的意義」土木学会論文報告集 第273号 1978年

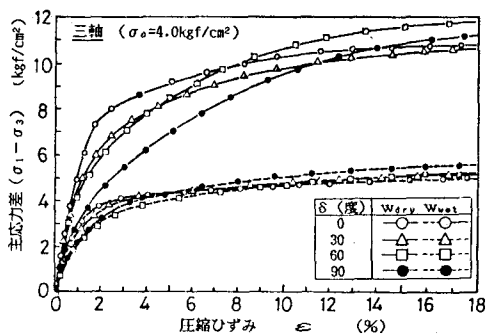


図-3 $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \epsilon$ 関係 (三軸、 $\sigma_o = 4.0 \text{ kgf/cm}^2$)

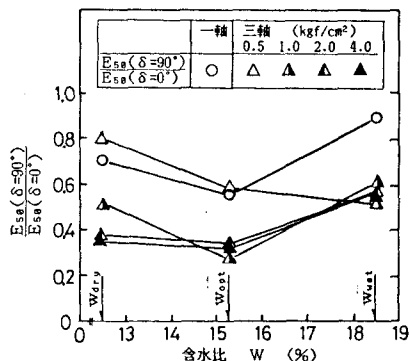


図-4 $E_{so}(\delta = 90^\circ) / E_{so}(\delta = 0^\circ) \sim w$ 関係

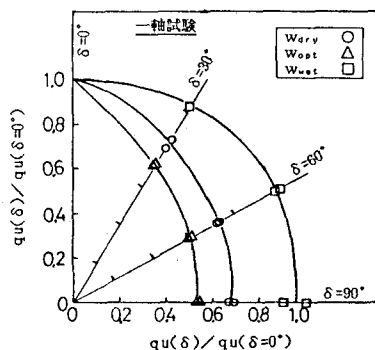


図-5 $qu(\delta) / qu(\delta = 0^\circ) \sim \delta$ 関係

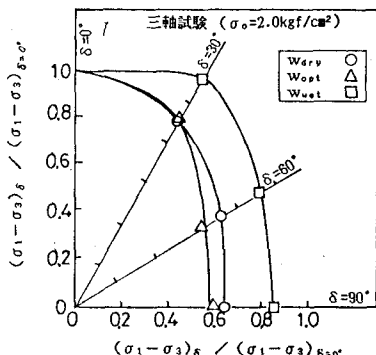


図-6 $(\sigma_1 - \sigma_3)_\delta / (\sigma_1 - \sigma_3)_{\delta=0^\circ} \sim \delta$ 関係