

Ⅲ－14 締固めカオリンの異方性

日本大学工学部 正会員 石井和樹

1. まえがき

転圧路床や傾斜堆積路床等を対象土とする場合、土の異方特性を十分に確認する必要がある。特に人工転圧土では、各層の転圧面の脆弱性を想定できることから、転圧供試体の鉛直、水平および斜め方向から切り取り、その転圧層の強度の異方特性を一軸圧縮応力で検討する。さらに土の構造組成における透水係数の変化について、同様に異方性を考慮して、調べた結果を報告する。

2. 試料および試験方法

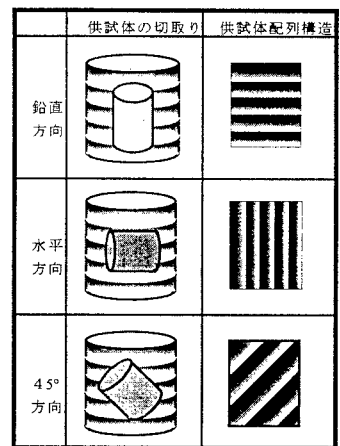
試料は、0.075mm フルイ通過率 100%、土粒子の密度 2.77g/cm^3 の市販カオリンを使用した。一軸圧縮試験の供試体は、5層55回の CBR 締固め方式で求めた。図－1 に示す様に、鉛直、水平および45度斜方向の三種類で切り出し、含水比 22~38%の範囲で供試体を作製した。

締固め曲線は、図－2 に示す様に、CBR 締固め試験から最適含水比 $\omega_{\text{opt}}=23.7\%$ 、最大乾燥密度 $\rho_{d\text{max}}=1.54\text{g/cm}^3$ を得た。既存の透水試験方法では、水平方向の供試体作製が困難なためモールドを試作した。標準 10cm モールドの締固めエネルギーに対応させるため $10\times 10\text{cm}$ の四角立法体で、ランマー（ $5\times 5\text{cm}$ ）重量は JIS 規格と同様として、四角型を採用した。透水試験は、水平および鉛直方向の異方透水性比較のため、3層25回の締固め供試体を変水位法、自然流下方式で計測した。

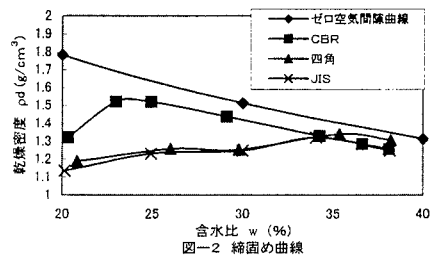
3. 試験結果および考察

一軸圧縮試験の供試体は、図－1 の様に転圧面と次の転圧面の境界部分で均一性の得られない密度で構成される事が想定される。従って鉛直方向が均等な載荷応力を支持するものと考えられる。さらに水平方向、45度斜方向供試体の亀裂発生が転圧面の影響を受けるかを調べた結果を図－3 に示す。これらの測定値から鉛直方向が、水平および斜方向より強度が高く得られた。しかし水平方向と斜方向の顕著な強度差は、認められなかった。特に含水比 38% 近傍で一軸圧縮応力の強度差が収斂する傾向を示している。この状況は、図－2 の締固め曲線から 10cm モールドを使用した場合と CBR 締固め曲線が類似の密度を示す結果である。なおそれらの収斂する点はほぼ塑性限界に相当する興味ある結果を得た。

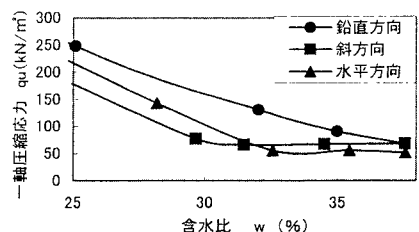
一軸圧縮試験の鉛直、水平および斜方向の破壊形態を調べるため、含水比 35% に調整した供試体で、典型的な破壊方式を比較した状態を、写真－1 に示す。一般的に認められる鉛直方向の供試体は亀裂が中心部に派生しているのに対して斜方向の破壊は、転圧面の影響を受けた、破壊形態を示している。水平方向の場合は、供試体中心部分に転圧層が存在するため、中央部で鉛直亀裂が発生する状況を確認した。



図－1 供試体の作製



図－2 締固め曲線



図－3 一軸圧縮強さと含水比の関係

鉛直、水平および斜方向から切り出した供試体の一軸圧縮破壊ひずみと含水比の関係を図-4に示す。CBR 締固め曲線の最適含水比近傍では、破壊ひずみ4～6%で推移している。含水比30%以上で破壊ひずみの増加傾向が認められ、特に鉛直方向が顕著である。図-3の斜方向の一軸圧縮応力は含水比30～38%の範囲にもかかわらず、約80 kN/m²で強度の変化が認められない。しかし斜方向の破壊ひずみに関しては、鉛直と水平方向の中間領域で推移している。このように供試体内の層配列状況により、破壊強度や破壊ひずみの差異が生じる事が判明した。

変水位透水試験から透水係数と間隙比の関係を得た結果を図-5に示す。これらのデータは、図-2の四角型モールドで作製した供試体で、鉛直方向と水平方向の透水係数を比較した。測定個数がやや少ないけれども鉛直方向は、透水係数 $k = 2 \sim 4 \times 10^{-3}$ (cm/sec) で変化している。水平方向の透水係数 $k = 3 \sim 8 \times 10^{-3}$ (cm/sec) で鉛直方向は、水平方向に比べて透水係数が低い傾向を表している。この要因として、3層の転圧面からの透水の容易さおよびカオリンの板状配列構造に起因するものと想定できる。同一の締固め条件での鉛直方向と水平方向の透水係数を比較した結果を図-6に示す。両者のデータは、含水比27%で作製した。この点は、過去に報告したカオリン粘土特有の締固め曲線形態上のダブルピークを描く谷の部分に相当する。透水係数と時間曲線は、自然流下方式で実施した。通水後20時間は不安定な透水係数を示し、その後20時間で、ほぼ定常流が得られた。この結果からも鉛直方向の透水係数 $k = 4 \times 10^{-3}$ (cm/sec) と水平方向の透水係数 $k = 6 \times 10^{-3}$ (cm/sec) のように水平方向が幾分か透水効果が得られる傾向を示した。

変水位透水試験後の一軸圧縮試験を試みた結果を図-7に示す。試験前の乾燥密度1.350g/cm³、試験後の含水比は約40%で水平方向の圧縮応力=172kN/m²、鉛直方向の圧縮応力=189kN/m²で強度差は大差ないけれども、破壊ひずみでは3%程度の差が生じた。

4. むすび

路床土の締固めの観点から、土の異方強度特性として鉛直方向が水平方向および斜方向より圧縮強度が高く得られる結果を得た。さらに透水の異方性に関しても同様、明らかに、水平方向の透水係数の高くなる傾向を示した。

3種類の供試体で一軸圧縮試験を試みた結果、転圧面の存在が破壊様式を左右することが判明した。斜角供試体で認められた様に傾斜地層状態の不安定性を示唆している。

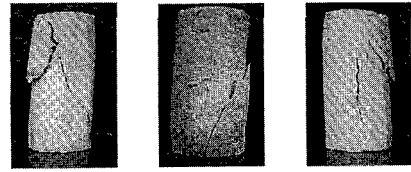


写真-1 一軸圧縮試験後の供試体

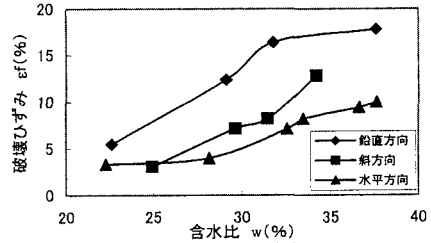


図-4 破壊ひずみと含水比の関係

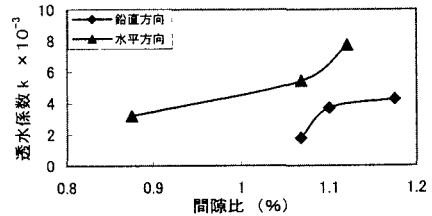


図-5 間隙比と透水係数の変化

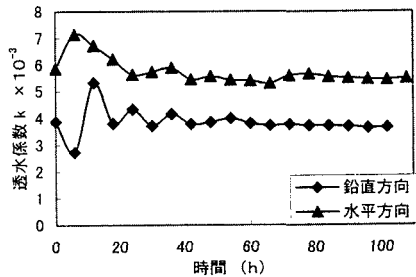


図-6 透水係数と時間の関係

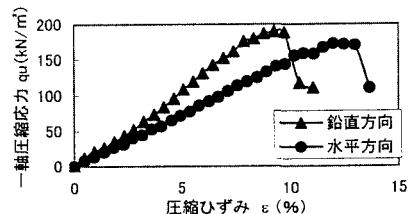


図-7 透水試験終了後の一軸圧縮試験