

労働省産業安全研究所 正会員 豊澤 康男
同 上 正会員 玉手 聡
同 上 正会員 堀井 宣幸

1 はじめに

溝掘削工事における土砂崩壊災害の危険性は、通常掘削の進行とともに増加する。しかしながら、掘削に伴い発生する掘削部周囲の変位、応力、間隙水圧等と崩壊現象との関連については、十分には解明されていない。そこで、遠心力載荷試験装置に設置した掘削シュミレーションシステムによって溝掘削部の崩壊実験を行い、地盤の変位、間隙水圧の変化等を観測した。溝模型は、カオリンを用いて作成した。

2 掘削シュミレーションシステム

遠心模型実験で掘削問題を検討するには、遠心力場でどのように掘削過程を再現するかが問題となる。本実験では、あらかじめ重力場において模型地盤に溝部を掘削し、土と同じ単位体積重量 γ の液体を満たして掘削面を保持しておき、所定の遠心加速度のもとで溝部の液体を排出し、連続的な掘削を再現する方法^{1,2,3)}を採用した。溝部分には、ゴムスリーブを装着し、その中に周囲のカオリンと同じに比重を調整した塩化亜鉛溶液を入れた。掘削の模擬すなわち塩化亜鉛溶液の排出は、溝の底部から配管した排出管に付けた電磁バルブを開放することで行った。

表-1 カオリンの物理定数

液性限界	LL = 86.9%
塑性限界	PL = 34.7%
塑性指数	PI = 52.2
比 重	Gs = 2.69
粒度分布	シルト分 12% 粘土分 88%

3 模型地盤の作成と崩壊実験

地盤の作成に用いたカオリンの物理定数は、表-1に示したとおりである。

このカオリンに蒸留水を加え、含水比 150%のスラリー状とした後、15%ずつ攪拌し、真空状態で脱気を繰り返し、合計で60%を試料容器に入れ、更に24時間脱気した。その後上載圧を段階的に上昇させて圧密した。圧密は、両面排水条件で最終圧密圧を1.5kgf/cm²とし4日間行った。圧密終了後のカオリンから図-1の模型概要のように溝を切出し、塩化亜鉛溶液で溝部を置換した。図-2に、実験後に測定した模型地盤の含水比 ω 、湿潤単位体積重量 γ_t を示した。溝の掘削深さは、鉛直斜面の崩壊実験結果⁴⁾を参考に15cmとした。溝の幅は5cm、長さは20cmである。実物に換算すると深さ7.5m、幅2.5m、長さ10mの溝となる。この模型地盤を遠心力載荷装置に搭載し、50Gの遠心力場で塩化亜鉛溶液を排出した。この間、連続写真(0.4秒間隔)とビデオにより崩壊形状と地盤内標点の変位を撮影し、また、間隙水圧計、地表面の変位計により、それぞれの経時変化を測定した。

4 実験結果

写真-1に実験TRE1の崩壊直前（掘削開始後約16秒）の模型地盤を示した。図-3に実験TRE1の掘削開始後約12秒間における変位ベクトルと主ひずみを示した。図-4に実験TRE1とTRE2の間隙

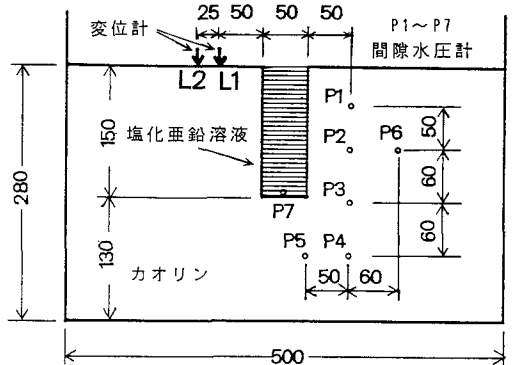


図-1 模型地盤の概要（単位：mm）

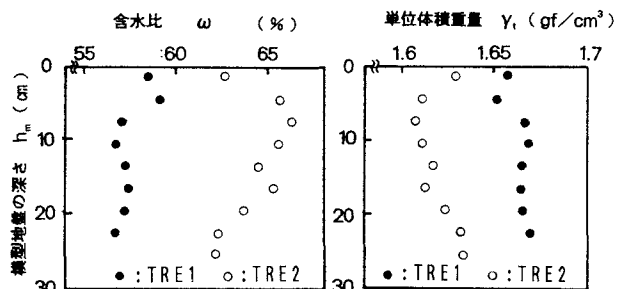


図-2 模型地盤の含水比等の分布

水圧の変化量、地表沈下量を示した。

①崩壊状況： 含水比の低い模型地盤による実験TRE1では、塩化亜鉛溶液の液位の下降とともに図-3に示すように溝内部下方向に変位し始め、掘削開始後約16秒に写真-1のすべり線が発達して崩壊に至った。含水比の高い実験TRE2では、明確なすべり線が観察されなかったが、掘削開始後約6秒で法肩部分が崩れ、連続的に変位が進行し、その後P2付近を通るすべりが発生した。

②間隙水圧の変化： 図-4の(a)、(b)によると図-1に示した位置での間隙水圧は、全体的な傾向として、掘削を開始すると下降し、崩壊発生後は上昇し、その後はほぼ一定値に収束している。ビデオ映像等と併せてみると崩壊部分の土塊のすべりがほぼ止まった時点で過剰間隙水圧は、下降から上昇に転じている。両実験とも負の過剰間隙水圧は、溝掘削壁の上部付近のP1、P2で大きい傾向があり、特に実験TRE1のすべり線近辺のP2では、 -0.9 kgf/cm^2 となった。また、掘削開始直後に、実験TRE1ではP1で、実験TRE2ではP3とP6で正の過剰間隙水圧が生じる現象が見られた。その後、せん断ひずみが増加するにつれ下降に転じている。この現象は、今後せん断ひずみの発達状況と併せて検討する必要があると考える。

5 あとがき

遠心力場（50G）で、溝部の掘削過程を再現した模型実験を行い、崩壊現象と地盤変位、間隙水圧等の経時変化を観測した。含水比分布の異なるカオリンによる溝模型においてそれらの発現の差異について確認することが出来た。〈参考文献〉1) KUSAKABE O: Stability of excavations in soft clays. ph.D. thesis, Cambridge University, 1982 2) 木村 孟ほか：講座「遠心模型実験」、土と基礎、1987.11～1988.8 3) 豊澤・堀井：遠心模型実験における掘削シュミレーションシステムの開発、第25回土質工学研究発表会、1990 4) 玉手・堀井・豊澤：圧密方法の異なるカオリン粘土の鉛直斜面崩壊実験、第27回土質工学研究発表会、1992

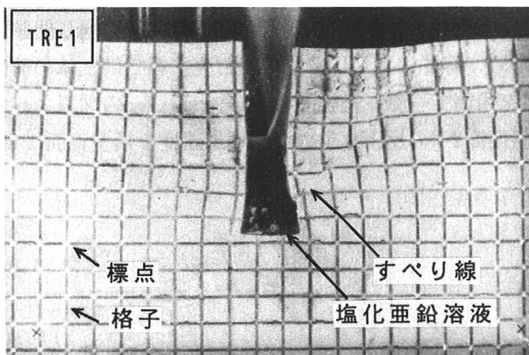


写真-1 すべり線発生直後の模型地盤 (実験TRE1)

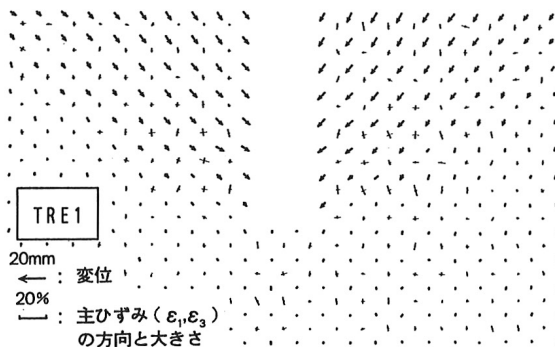


図-3 変位ベクトルと主ひずみの分布 (実験TRE1)

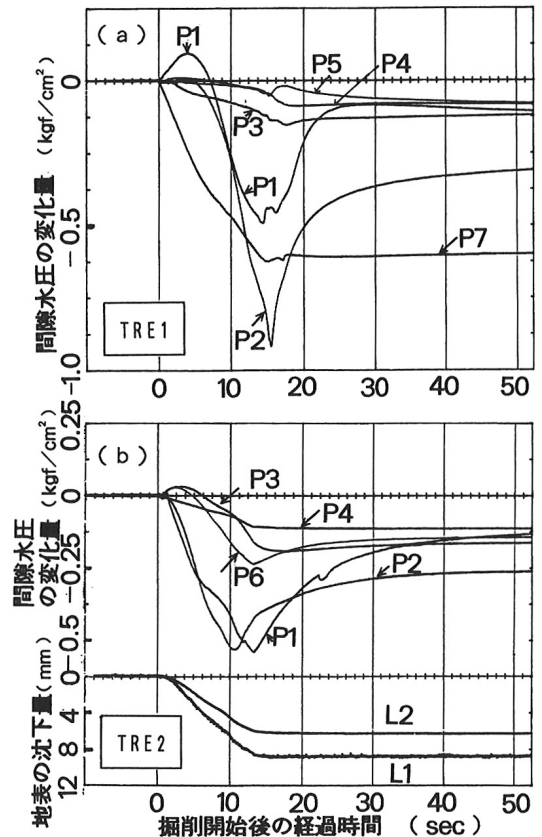


図-4 掘削後の間隙水圧等の経時変化