

III-612

溝掘削遠心模型実験における粘性土地盤の崩壊挙動

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

1 はじめに

溝掘削等開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、遠心力载荷試験装置に設置した掘削シミュ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、地盤内の変位に伴うせん断ひずみの発達状況、崩壊挙動等について検討するとともに円弧すべり面法による解析結果と比較した。

2 実験方法

遠心力場で掘削過程を再現する方法として、あらかじめ重力場において模型地盤に溝部を掘削し、その掘削部に土と同じ単位体積重量の液体をゴムバックに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その液体を排出する方法を採用した。液体の排出は、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。

地盤の作成に用いたカオリンの物理定数を表-1に示す。全ての実験の試料は、十分に脱気した後に一次元圧密している。圧密荷重は $1.5 \sim 2.2 \text{ kgf/cm}^2$ とし、地盤強度を変えた。また、掘削終了時点ではほぼ崩壊が発生するように地盤強度に合わせ溝深さ及び遠心加速度を設定した。非排水条件を満足させるため実験TRE3を除き掘削速度を高くした。実験条件をまとめて表-2に示す。遠心場の模型地盤を連続写真(0.3~0.4秒間隔)とビデオによりを撮影し、写真上の標点の変位に基づきせん断ひずみ等を算出した。

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%	
強度増加率	等方圧密 $\dot{\epsilon}=0.02\%/min$	0.219
	K0圧密 $\dot{\epsilon}=0.02\%/min$	0.234
	K0圧密 $\dot{\epsilon}=2.0\%/min$	0.276

3 実験結果

3.1 遠心模型実験結果 遠心模型実験結果は、表-2に示すとおり、実験TRE4で溝壁の片側がすべり線の発生を見なかったほかは(写真1参照)、ほぼ掘削終了時に崩壊又はすべり線の発生が見られた。いずれの実験においても、掘削の進行に伴い、溝壁面が内側にはらみ出す変位が見られ、続いてのり先部又はのり面内下部にすべり

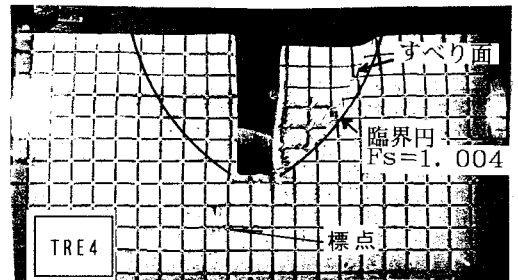


写真-1 崩壊状況 (TRE4) と臨界円

表-2 実験条件・結果及び円弧すべり面法(分割法)による安全率

実験コード	圧密荷重 P_c' (kgf/cm^2)	平均含水比 ω (%)	実験時の遠心加速度 (G)	平均掘削速度		溝深さ		崩壊形状等	分割法による安全率 (掘削終了時) $F_s \text{ min}$	分割法に用いた非排水強度 C_u (kgf/cm^2)
				model (mm/sec)	proto. (cm/hr)	model (cm)	proto. (m)			
TRE1	1.5	57.7	50	5.6	40	15	7.5	片側すべり崩壊発生、片側のり先部にすべり線	1.033	0.332
TRE3	2.0	54.6	70	1.1	6	14	9.8	両側にすべり崩壊発生	1.058	0.442
TRE4	2.0	55.1	80	11.1	50	13	10.4	片側のみすべり崩壊発生	1.004	0.442
TRE5	2.2	53.2	80	8.0	36	12	9.6	両側のり先部にすべり線発生し徐々にすべり進行	1.157	0.486

線が発生し、それが地表面に延びて崩壊に至った。

図-1に実験TRE1における等最大せん断ひずみ線を示す。図-1の(3)は初期から崩壊直前までのひずみを示し、(1)と(2)はその間を2つに分けたものである。(1)では、溝壁面のはらみ出しにより、壁面内部のせん断ひずみが増大している。溝の両側とも10%近いひずみが発生している。(2)は、(1)以降の変位により算出した最大せん断ひずみである。溝右側で、のり面下部から斜め上方に向かってひずみが集中しているのが明瞭にわかる。この後、すべり線が地表面につながって崩壊した。進行性破壊の状況がせん断ひずみの発達推移から確認できた。

3. 2 三軸圧縮試験及び円弧すべり法による解析

同じカオリンを用いて三軸圧縮試験(CU)を行い、強度増加率 Cu/p' を求めた。異方性、ひずみ速度の影響を考慮するため、K0圧密し、軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ を0.02と2.0%/minとした。結果を図-2と表-1に示す。K0圧密 ($\dot{\epsilon}$ を2.0%/min) から求めた Cu/p' を用いて円弧すべり面法で計算した安全率を表-2に示す。また、写真1上に臨界円を示す。遠心模型実験でのすべり面はいずれも解析より求めた臨界円より内側にあった。

4 まとめ

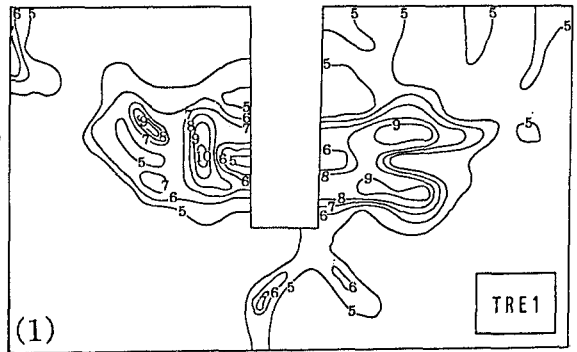
(1) 強度一様粘性土地盤の崩壊に至るまでのせん断ひずみの発達状況を確認した。崩壊の契機として、のり先周辺部から斜め上方部にひずみが集中し、せん断層が現われ、それが地表面につながる進行性破壊現象を確認した。

(2) 同じ粘性土について三軸圧縮試験(CU)を実施し、非排水せん断強度を求めた。円弧すべり面法で求めた安全率が、異方性、ひずみ速度の影響を考慮すると遠心実験結果とほぼ一致する結果となった。

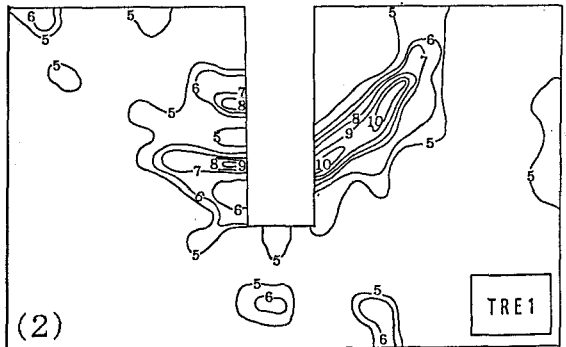
〈参考文献〉1) 木村孟ほか：講座

「遠心模型実験」、土と基礎、

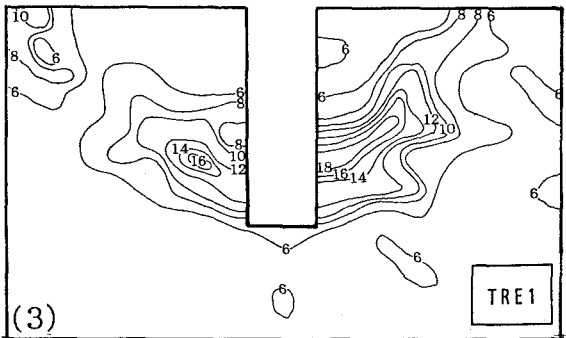
1987.11～1988.8 2) 豊澤、堀井、玉手：遠心力場で溝掘削過程を再現した崩壊実験、土木学会第47回年次学術講演会講演集第3部-389, pp818-819, 1992 3) 玉手、堀井、豊澤：カオリン粘土による溝模型の崩壊実験、第28回土質工学研究発表会、1993



(1) 初期～掘削途上までの等最大せん断ひずみ線



(2) (1)以降～崩壊直前までの等最大せん断ひずみ線



(3) 初期～崩壊直前までの等最大せん断ひずみ線

図-1 最大せん断ひずみの発達状況 (TRE1)
(等最大せん断ひずみ線) (%)

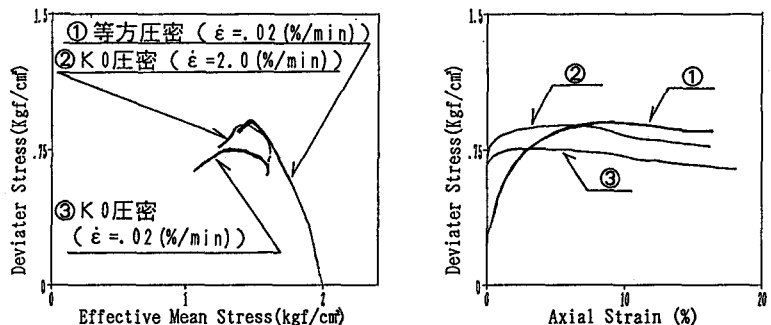


図-2 非排水せん断時の有効応力経路と応力ひずみ曲線