

III-170

一次元圧密粘土の異方性と斜面安定の関連

大阪市立大学工学部 大島昭彦 高田直俊
飛鳥建設(株) 橋爪芳文

はじめに 一次元圧密粘土は強度異方性を有し、せん断面の角度と方向(主働、受働せん断)によって強度が異なる。筆者らは一面せん断、一軸、三軸試験によって、このような強度異方性を調べ^{1)~3)}、また斜面安定実験を行って強度異方性と安定問題の対応を検討してきた⁴⁾。この報告では遠心装置を用いた模型斜面の破壊を一面せん断試験で求めた異方強度によって解析するとともに、変形計測によって斜面の変形状に異方性がどう現われるかを詳細に調べた。

実験方法 用いた粘土は大阪南港埋立粘土(N94粘土: $w_L=94.2\%$ 、 $w_P=38.8\%$)と、これに市販のカオリンを乾燥重量比1:1で混合した粘土(K64粘土: $w_L=63.5\%$ 、 $w_P=30.2\%$)の2種類を用いた。両粘土をそれぞれ初期含水比 $w_0=150$ 、100%でスラリー状に練り返し、ステンレス製のモールド(52X20Xh35cm)に入れ、段階的に荷重を載荷し、圧密荷重 8tf/m^2 (3 t_E 法で打ち切る)の粘土ブロックを作製した。

模型斜面は図-1のように、すべり面全域が主働せん断のみ、または受働せん断のみとなるように勾配を選び、図-2に示す2通りの形状の模型を2種の粘土ブロックから計6ヶ切り出した。Case 1はK64粘土、Case 2はN94粘土で勾配が1:0.5、Case 3はN94粘土で勾配が1:0.8である。模型斜面は遠心加速度を約20 g/minで上げて破壊させた。斜面の観測面には、予想される破壊円と同心円の円弧上に(中心から放射状に)直径2 mmの標点を置き、実験中に写真撮影し、変位量、ひずみを求めた。

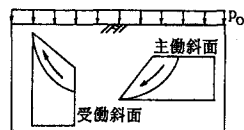


図-1 模型斜面の構成

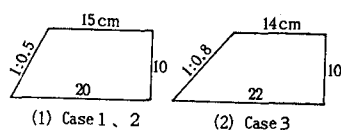


図-2 模型斜面の寸法

実験結果 いずれの模型斜面も、遠心加速度増加とともに法先から変形し始め、法肩が下がり、上面に引張り亀裂が入り、最終的に円弧滑りで破壊した。主働斜面は受働斜面よりも強く、かつ破壊は急激に生じた。

図-3に法肩の標点の垂直変位量と遠心加速度の関係(変形のごく小さい30 g場を初期値とした)、および破壊円の位置を示した。破壊円の位置は主働斜面よりも受働斜面の方がやや深い。破壊加速度は法肩垂直変位-遠心加速度曲線の初期部と最終部の接線の交点の加速度で定義した。これは目視によって感覚的にとらえた破壊加速度とほぼ一致する。破壊を生じる時の法肩変位は主働斜面の方が小さい。主働斜面と受働斜面の破壊加速度の比はCase 1 (K64粘土)で1.29、Case 2、3 (N94粘土)で1.23となり、低塑性のK64粘土斜面の方が異方性は大きい。

図-4にCase 3の主働、受働斜面の破壊までの変位ベクトル、最大せん断ひずみ分布を示した。図-5には同じCaseのすべり面に位置する要素の最大せん断ひずみを、図-6にはすべり面と直交方向になら要素の最大せん断ひずみをそれぞれ遠心加速度別に示した。主働斜面の変形域はすべり面近傍に限られているのに対し、受働斜面では広範囲に及んでいる。これは前者が急激な剛体滑りを生じ、後者が徐々に変形が進む

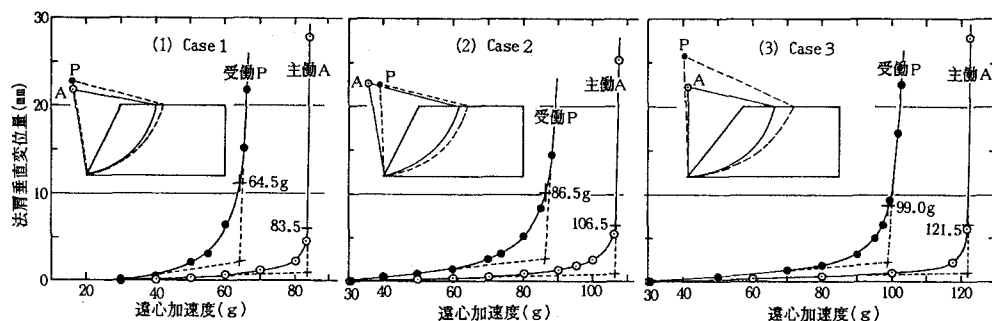


図-3 法肩垂直変位と遠心加速度の関係と破壊円

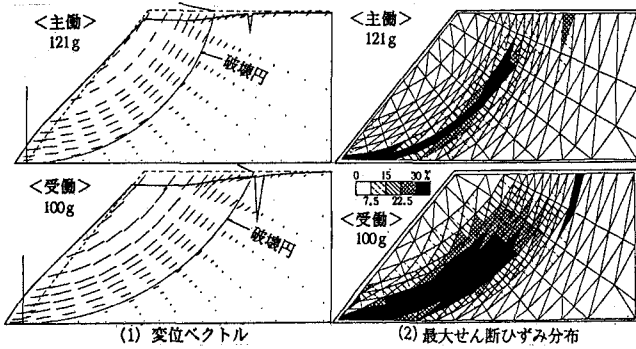


図-4 変位ベクトルと最大せん断ひずみ分布 (Case 3)

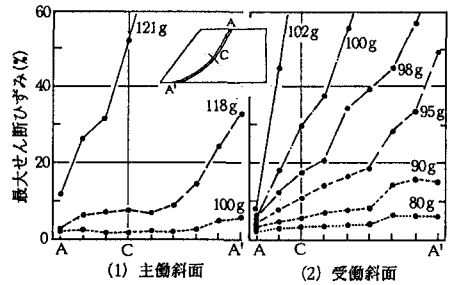


図-5 すべり面の最大せん断ひずみの分布 (Case 3)

破壊形態とよく対応している。この変形の違いは、主働せん断は受働せん断よりもピーク強度に達する変位が小さく、ピーク後のせん断抵抗の減少が大きいせん断試験結果²⁾と整合する。

試料粘土の強度異方性 表-1に2種類の粘土の一面UU試験による角度別の c/p 値と〔主働/受働〕強度比を、図-7に $\theta=0^\circ$ （水平面）の強度で正規化したせん断強度分布を示した。既報の結果と同様に、低塑性のK64粘土の異方性が大きく、いずれも $\theta=45^\circ$ 軸に対して対称な強度分布を示す。

安定計算 図-3に示した模型斜面の破壊加速度における安全率を、通常の $\theta=0^\circ$ の強度 c_0 を用いる方法(F_{s1})と、異方性を考慮して図-7の強度分布を用いる方法(F_{s2})によって計算し、表-2に結果をまとめた。 $\theta=0^\circ$ の強度は斜面模型を切り出した粘土ブロックから供試体採取して求めた値である。

$\theta=0^\circ$ の強度を用いた安全率 F_{s1} は主働斜面で1よりも小さく、受働斜面で1よりも大きくなり、計算に用いた強度は主働斜面に対しては弱すぎ、受働斜面に対しては強すぎている。異方性を考慮した安全率 F_{s2} は主働、受働ともに1に近くなり、一面UU強度との整合性は良い。ただしCase 2、3 (N94粘土)の主働斜面の安全率が0.93であることは、模型斜面の主働強度が図-7に示す一面UU強度よりも大きいことを示すが、今後の課題としたい。

まとめ 主働、受働斜面の安定性と一面UU試験によって求めた異方強度の関連については文献⁴⁾と同様の傾向が得られた。また変形計測によって主働斜面は受働斜面よりもせん断ひずみがすべり面に集中し、かつ破壊直前に急増することが明らかになった。

<参考文献>

- 1) 高田、他：一面せん断UU試験による再圧密粘土の強度異方性、第33回土木学会、1978
- 2) 三笠、他：一次元圧密粘土と自然堆積粘土の非排水強度の異方性、土と基礎、32-11、1984
- 3) Mikasa et al.: In Situ Strength Anisotropy of Clay by Direct Shear Test, 8th IARC, 1987
- 4) 高田、他：一次元圧密粘土の強度異方性と斜面安定、第18回土質工学会、1983

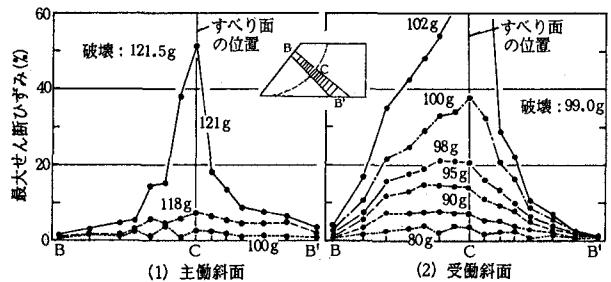


図-6 すべり面と直交方向の最大せん断ひずみの分布 (Case 3)

表-1 一面UU試験による角度別 c/p と強度比

粘土	$\theta=0^\circ$	30°	45°	60°	90°
	主	主	主	主	主
K64	0.281	0.320 0.260	0.325 0.258	0.320 0.260	0.281
		比 1.23	1.26	1.23	
N94	0.320	0.350 0.305	0.355 0.302	0.350 0.305	0.320
		比 1.15	1.18	1.15	

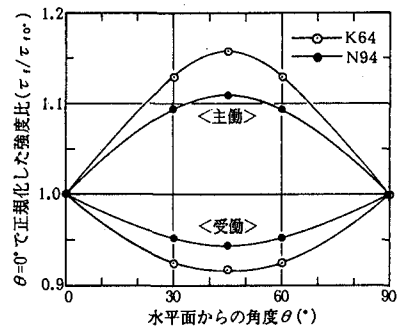


図-7 強度分布

表-2 安定計算結果

実験No.	Case 1 [K64, 1:0.5]	Case 2 [N94, 1:0.5]	Case 3 [N94, 1:0.8]
	主	主	主
	受	受	受
強度 c_0 tf/m ²	2.34	2.76	2.76
破壊加速度g	83.5 64.5	106.5 86.5	121.5 99.0
主/受 比	1.29	1.23	1.23
F_{s1} ¹⁾	0.93 1.09	0.85 1.05	0.86 1.03
F_{s2} ²⁾	1.03 1.02	0.93 1.01	0.93 0.99

1) 通常法による安全率、2) 異方性考慮の安全率