

(株)竹中工務店技術研究所 正会員 ○加倉井正昭

東京大学生産技術研究所 正会員 竹内 則雄

東京大学生産技術研究所 正会員 川井 忠彦

1. まえがき

上載圧を受けている砂層の下部に有限な粘土層が介在する時、粘土層の厚さの変化とともに上部の砂層および粘土層に発生するすべり破壊のメカニズムが変ってくることは実験的に認められている¹⁾。本報告はすべり破壊の表現が容易にできる新しい離散化モデルである剛体ばねモデル²⁾を使って弾塑性解析をおこない、実験結果との比較をしたものである。この解析方法は一般化された極限解析法として位置付けられており、得られた結果は上界値を与えるものである。また弾塑性解析なのですべり線の発生状況を逐次追跡できる特徴を持っており、実験のシミュレーションには有効な方法である。

2. 解析方法

本方法は解析対象をFEMと同様に有限個の要素に分割し、要素自体は剛体と考え、各要素間はその境界上に連続的に分布するばねによって連結し、このばねの変形で固体の変形や内力の伝達がおこなわれるものである。本解析においてはモール・クーロンの破壊規準と流れ則に基づいた塑性条件を用い、計算方法は山田の方法²⁾を用いた。

3. 解析結果

本解析でシミュレーションの対象としたものは3層地盤(上層が砂層、中間層が粘土層、下層が砂層)の上載圧(1 kgf/cm^2)下での模型実験結果¹⁾であり、平面ひずみ条件におけるものである。解析は実験条件を考慮して表-1に示すような定数を設定した。解析対象として

表-1 設定定数

	$E(\text{kgf/cm}^2)$	ν	$C(\text{kgf/cm}^2)$	$\phi(\text{DEG})$
SAND	389	0.45	0	40
CLAY	80	0.40	1.0	0

上層の砂層厚さ H_s

を基礎巾 B の2倍に

固定し、中間層であ

る粘土層の厚さ H_c

を基礎巾の2倍、1

倍、0.5倍に変える

ことにより、その破

壊荷重およびすべ

り線の発生状況の变化

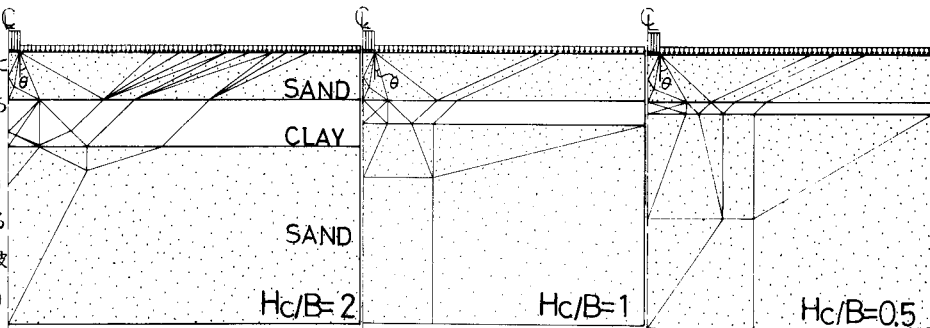
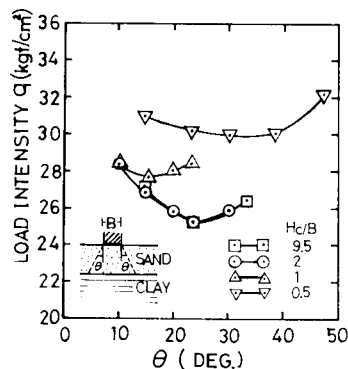


図-1 要素分割図

を求めた。要素分割は粘土層が厚い2層地盤の結果を考慮して図-1に示すような分割をおこなった。各粘土層厚さにおける要素分割において、図中の θ をパラメータにして要素分割を変えることなく、節点座標だけを変化させ破壊荷重度を最小化させたのが図-2である。図中には2層地盤($H_c/B = 9.5$)の場合も合せて示してあるが、 $H_c/B = 2$ 以上では破壊荷重度に変化はないのわかる。 $H_c/B = 1$ になると、粘土層厚の影響で破壊荷重度が大きくなるとともに θ の値は小さくなるようである。 $H_c/B = 0.5$ になると破壊荷重度は更に増加するが、 θ の角度は逆に広がり、かつ θ の変化に対する破壊荷重度の変化は少ないようである。図-3は各粘土層厚における最小値での破壊時のすべり線の発生状況を示したものである。 $H_c/B = 2$ の場合にはすべり線の一部に下部砂層と粘土層との境界へのすべり線の

図-2 θ と破壊荷重度

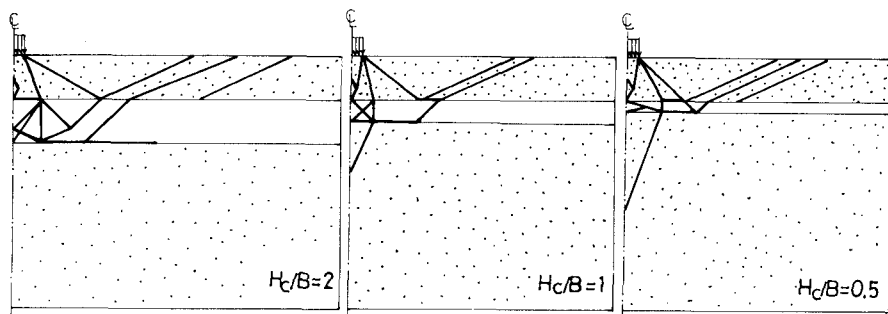


図-3 破壊時すべり線発生状況

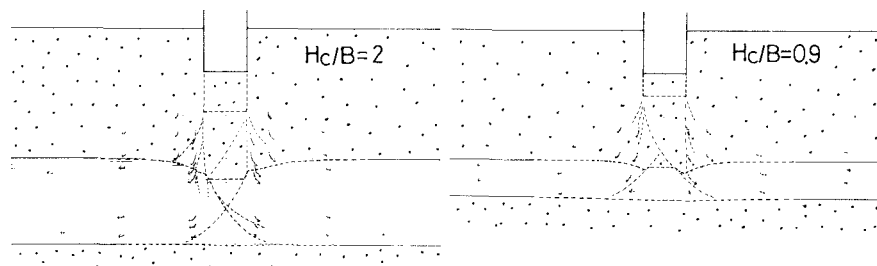


図-4 実験で観察されたすべり線の発生状況

表-2 粘土層の粘着力

H_c/B	9.5	2	1	0.5
$C(\text{kgf/cm}^2)$	0.62	0.57	0.89	0.73

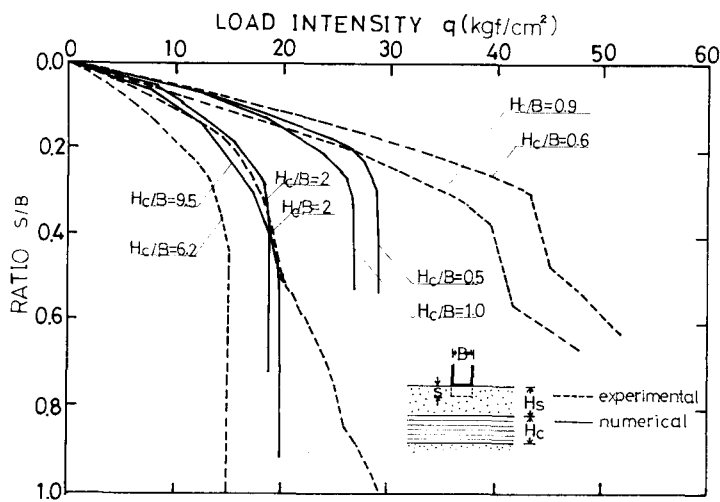


図-5 荷重度と沈下比の関係

じていることが認められる。図-4は模型実験で観察されたすべり線の発生状況を示したものである。実験と解析での $H_c/B=2$ の場合のすべり線の発生状況、実験での $H_c/B=0.9$ と解析での $H_c/B=0.5$ のすべり線の発生状況は良い一致を示していることがわかる。実験の荷重～沈下性状をシュミレーションするために表-2に示すような粘土層の粘着力を使って計算した結果が図-5である。粘土層が厚い場合 ($H_c/B \geq 2$) は実験結果と解析結果は良い一

致を示している。粘土層が薄い場合 ($H_c/B \leq 1$)、解析結果の破壊時の値は傾向的には実験結果を類似しているが、その値は相当に異なっている。これは解析上の問題として粘土層と砂層の境界ばねの強度定数に粘土層の値を使っているが、実験結果に比べて解析結果を低目にするものであろう。また実験上の問題として粘土層の材料として使っているカオリン粘土の載荷時の圧密効果と粘土層の変形後の層厚変化の及ぼす影響も考えられ、実験結果を大きめな値にしていると推定される。このように考えると破壊メカニズムが類似していることと合せ、解析結果は実験結果を相当程度シュミレーションしているといえよう。

- 参考文献 1) 加倉井, 伴野, 槐原; 3層地盤の支持力に関する実験的研究, 第14回土質工学研究発表会, 昭和54年
 2) 川井; 物理モデルによる連続体力学諸問題の解析, 生研セミナーテキスト, 昭和55年
 3) 加倉井, 伴野, 川井, 竹内; 新離散化モデルによる2層地盤の支持力の解析, 第16回土質工学研究発表会, 昭和56年
 4) 山口, 寺師, 毛受, 山崎; 多層地盤の支持力について(第2報), 第5回土質工学研究発表会, 昭和45年