

（株）中工務店技術研究所 正員○山下 清
東京大学生産技術研究所 正員 竹内 則雄
同 正員 川井 忠彦

1. まえがき

斜面近傍における帯基礎の支持力についての解析的研究は数多く行なわれているが、それぞれに問題点が指摘されており¹⁾、未解決な点も残されている。中瀬・日下部²⁾は上界定理を用いてこの種の問題の極限解析解を得ており、模型実験結果とも良い対応を得ている。一方、川井によって提案された新しい離散化モデル(RBSM)³⁾は一般化された極限解析用のモデルとして位置付けられ、与えられた要素分割に対する最良の上界が求められる保証がある。また、すべり線の発生状況を逐次追跡できる特徴を有する。本文では低い斜面近傍における帯基礎の支持力問題をRBSMで解析した数値計算結果について報告する。なお、斜面高比が大きい場合の解析例については既に報告している⁴⁾。

2. 解析方法

本方法は対象物を有限個の要素に分割し、要素自体は剛体と仮定する。各要素間はその境界面上に連続的に分布する垂直ばねとせん断ばねによって連結され、このばねの変形で対象物の変形や内力の伝達が行なわれるものとする。本解析では平面ひずみ状態とし、モール・クーロンの破壊規準を用い、直交条件を仮定して塑性化した後のばねマトリクスを求めている。計算方法は増分法(山田の方法³⁾)を用いた。

3. 数値解析例

均一地盤とし、図-1に示すように斜面形状パラメータを設定した。土質定数については、 $c/\gamma B=1$, $\phi=30^\circ$, $C=5\text{ t/m}^2$, $E=1000\text{ t/m}^2$, $\nu=0.45$ とし、基礎直下の主動くさびの底角 ω は $\frac{\pi}{4}+\frac{\phi}{2}$ を仮定し、斜面高比 $h=0.5, 1.0$ 斜面勾配 $\beta=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ 斜面肩幅比 $a=0.5, 1.5$ の組合せ計12通りについて計算を行なった。図-2に要素分割の例を示す。過渡領域の分割に際しては、図-1に示すような P_1, P_2, P_3 を極とする3つの対数らせんを基調にした。このうち P_1 を極とするものは、中瀬・日下部のすべり場に対応するものである。

表-1に各ケースに対する極限支持力のRBSM解および中瀬・日下部の解の計算結果を示す。全体的に見て両者は良く

表-1 解析結果

h	$\beta(\text{deg})$	a	$Q_{\text{lim}}(\text{t.f./m}^2)$		ratio	failure Pattern
			present	中瀬・日下部		
0.5	30	0.5	169.6	172.7	0.982	② 底部
		1.5	182.6	182.4	1.001	② "
	45	0.5	167.3	170.9	0.979	② "
		1.5	182.3	180.6	1.009	② "
	60	0.5	165.9	169.8	0.977	② "
		1.5	179.7	179.6	1.001	② "
1.0	30	0.5	125.3	132.5	0.952	③ 斜面先
		1.5	151.8	148.8	1.020	① "
	45	0.5	115.4	126.2	0.914	② 底部
		1.5	138.1	142.8	0.967	③ 斜面先
	60	0.5	104.8	123.6	0.848	③ "
		1.5	129.7	139.3	0.931	② "

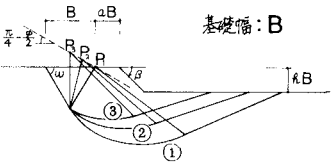


図-1 斜面形状パラメータなど

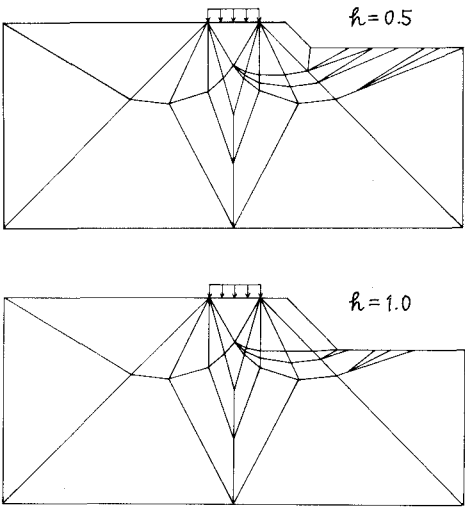


図-2 要素分割の例 ($\beta=45^\circ, a=0.5$)

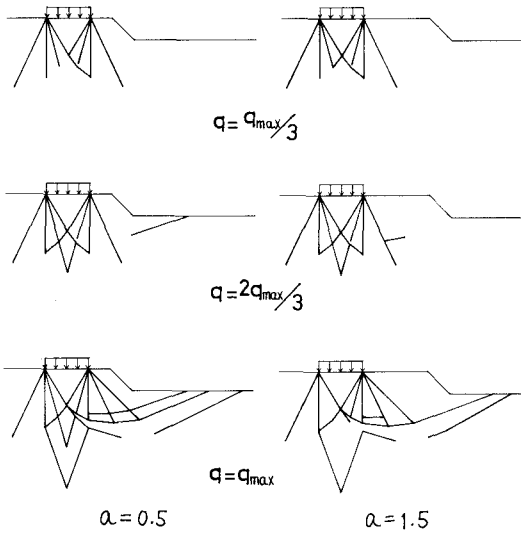


図-3 すべり線の発生状況 ($n=0.5, \beta=45^\circ$)

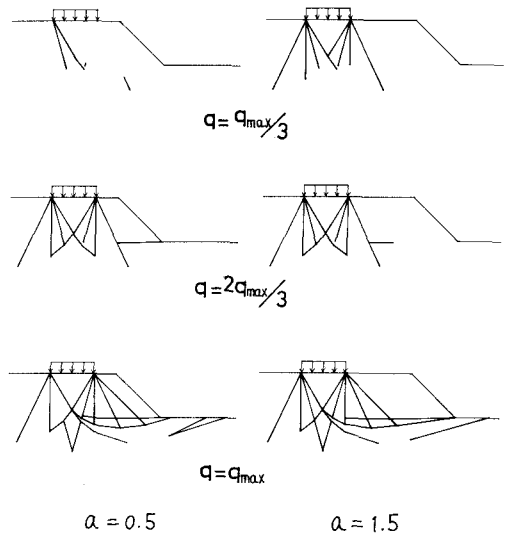


図-4 すべり線の発生状況 ($n=1.0, \beta=45^\circ$)

一致しているようであり、特に $n=0.5$ の時の一致はかなり良い。表中の破壊形式欄の番号は図-1に示したすべり線に対応しており、斜面高比 $n=0.5$ の時は全て②のすべり線で破壊が生じ、かつ底部破壊の形式をとる。 $n=1.0$ の時は β, α の値により①, ③のすべり線で破壊する場合もあり、また破壊形式は一例を除いて斜面先破壊となっている。

図-3, 4は $\beta=45^\circ, n=0.5, 1.0$ のケースについて極限荷重 q_{max} の $1/3, 2/3, 1$ におけるすべり線の発生状況を示したものである。この例では、作用荷重が $q_{max}/3$ 時において基礎端部から放射状にすべりが発生し、 $2q_{max}/3$ 時で基礎下のすべりが進行し、 q_{max} 時において側方へ地表面に達するすべりが発生する傾向が概ね捉えられているようである。また、斜面高比 $n=0.5$ の場合は基礎下のすべり域が、より深くまで発生する傾向が見られる。図-5に荷重～沈下量基礎幅比の例を示す。破壊に至るまでの曲線の形状は、遠心荷重装置による斉藤⁵⁾の実験結果と類似しているようである。図-6は中瀬¹⁾にならって全解析結果を平地盤に対する低減係数の形でまとめたものである。図中の値は、表-1において小さい値を示す方の解をプロットした。支持力値は斜面高比 $n=1.0$ の時は斜面勾配 β にやや影響されるが、 $n=0.5$ の場合は殆ど影響がない。今回の解析の範囲では斜面高比 n により影響されることが判明し、これは従前からの指摘と一致するものである。

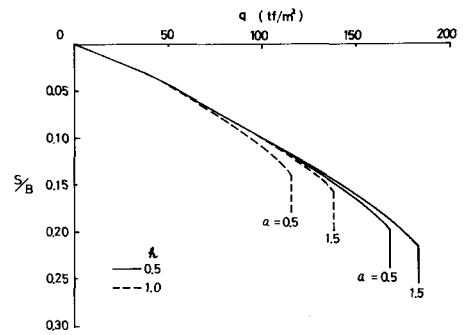


図-5 荷重～沈下量基礎幅比 ($\beta=45^\circ$)

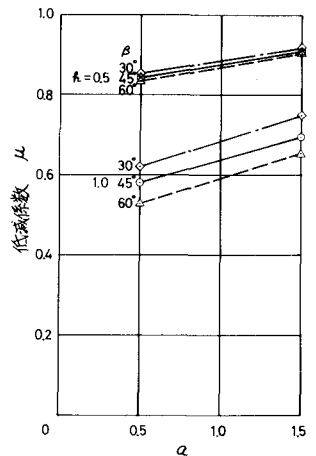


図-6 平地盤に対する低減係数 ($s_B=1, \phi=30^\circ$)

参考文献

- 1) 中瀬, 木村, 田下部 (1975) 斜面の支持力に関する実験と解析, オ10回土質工学会講演集
- 2) 田下部, 山口 (1977) タンクパッドの支持力に関する二つの計算, オ11回土質工学会講演集
- 3) 川井 (1980) 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
- 4) 山下, 加倉井, 川井, 竹内 (1981) 新離散化モデルによる斜面の支持力の解析, オ16回土質工学会講演集
- 5) 斉藤, 新庄, 山口, 木村 (1981) 砂斜面土の支持力に関する基礎的研究, オ16回土質工学会講演集