

東大生研 正 竹内 則雄・川井 忠彦

1. はじめに

本来、地盤を考慮して解析すべき基礎構造物や海洋構造物を単純にバネ支束や固定条件により解析すると実際の挙動と大きく異なる場合がある。これは、構造物自体が線型弾性体の挙動を示したとしても、地表面に近い地盤の部分では強非線型的な性質が顕著に表われるためであろう。しかし、有限要素法等を用いて地盤の要素分割を行ない、解析に取り入れることはほぼ特殊な問題であるとか、地盤破壊の広がりを知る場合以外あまり実用的にならず、簡便的な解析法が必要となる。従来、このような問題に対して変位形の有限要素法が広く用いられてきているが、最も単純な線型弾性体を仮定しても、たわみの4階微分方程式に変位の一次関数を含むため、剛性行列の作成は関数を含む複雑なものとなり単純にはやかない。そこで、著者らは川井によって提案された新しい離散化モデルをこの種の問題に適用する方法を発表した。^{1)~3)}ここでは、その方法をさらに発展させ、地盤と構造物の間の摩擦破壊を取り入れた。二つの数値計算例により、本法がこの種の問題に有効に利用できることがわかったのでここに報告する。

2. 地盤を考慮した新しい梁要素とその弾性解

梁要素の定式化ならびに地盤の考慮の方法については文献1)2)に示されているので概略のみ記す。変位パラメータとして要素重心に剛体変位(u, v, θ)を設定し、要素間に設定されるスプリングによりエネルギーを評価する。地盤の影響は地盤反力係数(k_h)と摩擦係数(k_s)をあらかじめ積分することによって図に示されるような支束バネに変換する。この場合、積分から自動的に回転バネ(K_θ)が加わる。図2-3は杭先端に水平荷重が加わったときの計算結果を正解と比較したもので、良好な一致を示していることがわかる。一方、表2-1は杭頭変位を正解と比較したものであるが、本梁モデルではせん断変形の影響も含まれているため、水平荷重のようなせん断変形に影響する荷重の場合には正解より大きな解が得られ、モーメント荷重のような場合には正解より小さな解を与える傾向にあることがわかる。

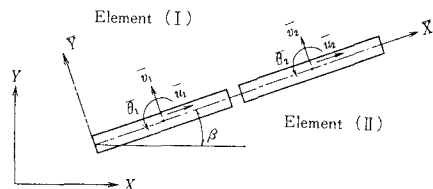


図2-1 新しい梁要素

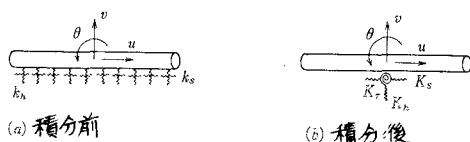


図2-2 地盤バネの設定

	TIP-FREE		TIP-HINGED		TIP-CLAMPED	
	EX. ACT	NU. MERICAL	EX. ACT	NU. MERICAL	EX. ACT	NU. MERICAL
$P=2 \cdot t$	0.6868	0.6709	0.6856	0.6756	0.6812	0.6725
		0.6871		0.6858		0.6818
		0.6877		0.6864		0.6821
$M=3 \cdot t \cdot m$	0.3532	0.3087	0.3538	0.3093	0.3503	0.3065
		0.3423		0.3429		0.3396
		0.3505		0.3511		0.3476

表2-1 モデルによる変位解と正解との比較

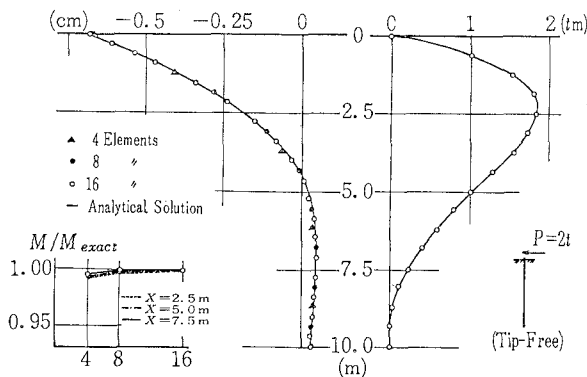


図2-3 本法による計算結果(変位分布・モーメント分布)

3. 杭の横抵抗

地盤バネについては、その地盤反力が極限抵抗土圧強度に達するまでは線型弾性体とし極限抵抗土圧強度に達した後、地盤反力は一定であるとする完全弾塑性法を用いる。また、梁要素についてはモーメント一次、軸力二次の破壊基準 $[I(M/M_Y) + (P/P_Y)^2] = 1$ を用いる。図4-1は粘性土に対する計算結果をBromsによる解と比較したもので、良好な一致を示していることがわかる。

4. 杭の摩擦抵抗

杭の摩擦に対する理論的解析は佐藤の方法⁴⁾があるが、この方法は地盤を線型弾性体としているため、危険側の変位を与える可能性がある。そこで、本モデルにおいて設定されている摩擦バネに非線型性を挿入させる。ここでは簡単のため摩擦力がある一定の値に達したら、摩擦バネを切断するといった完全弾塑性法を用いた。このようにすれば、(3)の地盤破壊と同時に摩擦破壊を取り入れることができる。図4-1は計算に用いたモデル図が示してある。図4-2は本法と、佐藤の方法による解を比較したもので、最終的な沈下量は46%も異なる。図4-3は垂直荷重と水平荷重がある一定の比で載荷された場合の極限荷重をグラフ化したものである。支持杭は別として摩擦杭においては、このような摩擦破壊と地盤破壊を同時に考慮する必要があると考える。

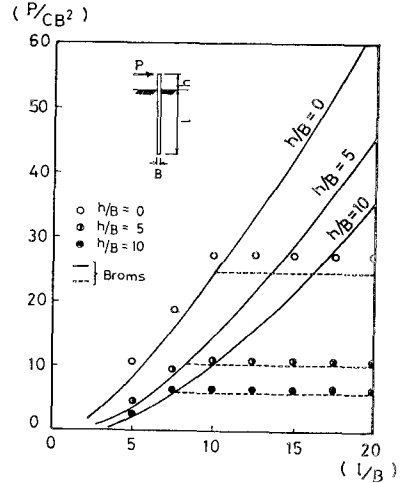


図4-1 杭の横抵抗に対する計算結果

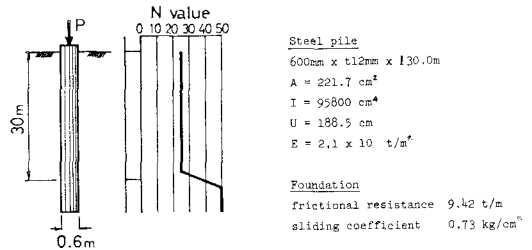


図4-1 計算に用いたモデル

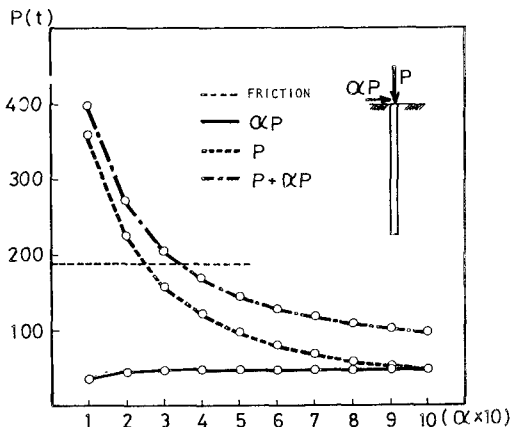


図4-3 摩擦破壊と地盤破壊を同時に考慮した解析結果

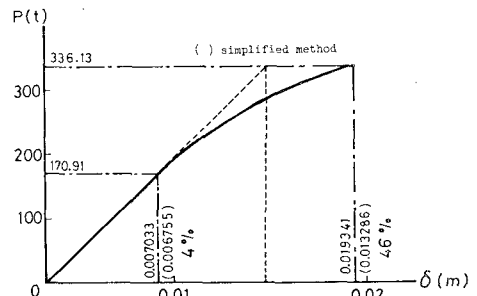


図4-2 杭の摩擦抵抗と沈下量

5. おわりに

地盤の破壊と摩擦破壊を同時に考慮した極限解析法を提案した。本法は十分実用的に使用できるものと思われるが応用例については当日会場において発表の予定である。

(参考文献)

- (1) 竹内・神尾・川井：生産研究，33，1（1981）
- (2) 竹内・神尾・川井：構造工学シンポジウム論文集（1981）
- (3) 竹内・川井：土木学会関東支部研究発表会概要集（1981）
- (4) 佐藤：土木技術，20，1（1965）