

京都大学防災研 正員 柴田 徹
 京都大学防災研 正員 八嶋 厚
 京都大学大学院 学生員 ○深田 久

1. まえがき

杭の水平抵抗に関する研究は、これまで非常に多く行われているが、群杭の水平抵抗に関してはまだまだ不明確な点が多く、適当な設計式は皆無であるといえる。現在までに行われている研究としては、模型群杭・実大群杭による実験的研究、Mindlinの第2解を用いた理論的解析、有限要素法(以下、FEMと略す)を用いた解析などがある。その中で、FEMに関しては、2次元及び3次元モデルを用いて群杭効率を求めているが、2次元モデルでは列杭の解析しかできず、群杭中の地盤のすり抜け作用を考慮できない。また、3次元モデル²⁾では、計算費用がかかるという問題がある。

そこで、本研究では、新たに擬似3次元FEMモデルを開発し、杭の水平抵抗について解析を行なった。ここでは、単杭の水平抵抗について解析した結果を、模型実験の結果及びChangの理論式の値と比較することにより、その適用範囲及び可能性について検討を行なった。

2. 解析手法

本研究で用いた擬似3次元FEMモデルの概要を以下に示した。

図-1のように、地盤あるいは構造物を水平方向に平行に切ったものを考える。こうすると、各パネルは水平の2次元モデルと考えられる。各パネル間は、せん断ばねで連結することにより、荷重の伝達を行う。また、杭に相当する部分には、曲げ剛性を考慮した杭要素をパネル間に挿入している。

次に、各パネル間のせん断ばね値を決定する。図-2のように、土のブロックのせん断変形を想定すると、ブロックのせん断ばね値は次式で表わされる。

$$K_s = G \cdot A / D$$

(1)

K_s : せん断ばね値

G : 土のせん断弾性係数

A : ブロックの断面積

D : ブロックの厚さ

各パネルの変位をパネル厚さの中心で代表し、それぞれのばねが直列に連結されていると考え、パネル間のせん断ばね値は、各パネルのせん断ばね値を用いて、次式のように与えられる。

$$K_{s_{m-n}} = \frac{1}{1/K_{s_m} + 1/K_{s_n}}$$

(2)

ここで、 $K_{s_{m-n}}$: パネル m , n 間のせん断ばね値

K_{s_m}, K_{s_n} : パネル m , n のせん断ばね値

そして、実際には、図-3のようなモデルで解析を行なった。解析対象とした模型実験³⁾の概略は、図-4の通りである。模型杭の諸元は、表-1の通りで、この値を解析でも用いた。また、各パネルの要素分割は、1パネ

Quasi-three dimensional FEM model

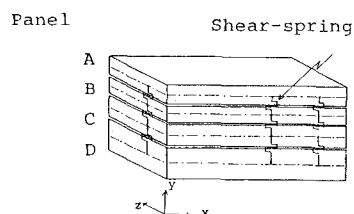


図-1 擬似3次元モデルの概略

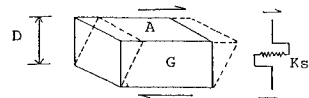


図-2 せん断変形とせん断ばね



図-3 パネルと杭要素

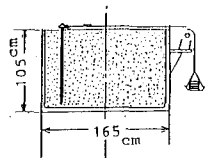


図-4 模型実験の土槽

外 径 (mm)	管 厚 (mm)	断 面 積 (cm ²)
20	1.6	0.92
断面 2 次 モーメント I (cm ⁴)	断面 係 数 (cm ³)	
0.3944	0.3944	

E (kg/cm ²)	720000
ν	0.34
γ (t/m ³)	2.7

表-1 模型杭の諸元

ルにつき、約150個の三角形要素に分割した。パネル数は8であるから、全部で1200個程度の要素を使用していることになる。そして、このモデルでは杭の大きさを考えずに、単なる杭要素をパネル間に挿入している。

3. 解析結果と考察

この解析では、平面ひずみの条件で、地盤を線形弾性体と仮定した。このとき、地盤の力学特性を表すものは弾性係数 E_s とポアソン比 ν である。そして、弾性係数 E_s の決定は以下のようにした。つまり、模型実験から求められる一定荷重下の変位、曲げモーメントに見合う E_s をChangの式から逆算推定し、その値をFEMに適用することにした。また、ポアソン比は、 $\nu=0.33$ と仮定した。

模型実験とChangの式から得られる結果を、曲げモーメントについて比較したのが、図-5である。これらの結果から、FEMでは、弾性係数 E_s を $E_s=4.0, 8.0$ (kg/cm^2)として行なった。

図-6に、模型実験、Changの式、及びFEM ($E_s=8 \text{ kg/cm}^2$)から得られた結果を曲げモーメントについて比較したものを示す。図-6を見ると、FEMの結果が他と大きく違うことがわかる。これは、載荷条件の違いによるものである。つまり、模型実験では地表面上に突出した杭頭に載荷しているが、FEMでは地中部にある杭頭に載荷する形となっている。従って、次に、FEMとほぼ等しい載荷条件の下で計算したChangの式の結果とFEMの結果とを比べてみた。これを曲げモーメント、せん断力について示したのが図-7である。図-7によれば、載荷条件を等しくすれば、定性的にChangの式の解と、FEMの結果が良く一致することがわかる。

4. あとがき

以上のように、擬似3次元FEMモデルを用いて、杭頭上部に載荷した時の、単杭の水平抵抗について解析を行なったが、その結果は、条件を等しくすれば、Changの式との良い相似性を得るということがわかった。従って、今後はこのモデルを用いて、群杭の水平抵抗についても解析を行なっていきたいと考える。終わりに、本研究に当り、多大な御協力を得た基礎地盤コンサルタンツ(株) 菅野安男氏並びに大河内保彦氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 足立義雄：くい基礎の静的水平抵抗に関する実験研究，土木研究所報告 No.146，1974.3，PP 56-63
- 2) 斉藤ら：群杭の水平方向支持力の低減について，第22回土質工学シンポジウム，1977，PP 329-334
- 3) 柴田ら：群杭の杭間隔と水平抵抗に関する実験的研究(その1)，第17回土質工学研究発表会，PP 2269-2272, 1982

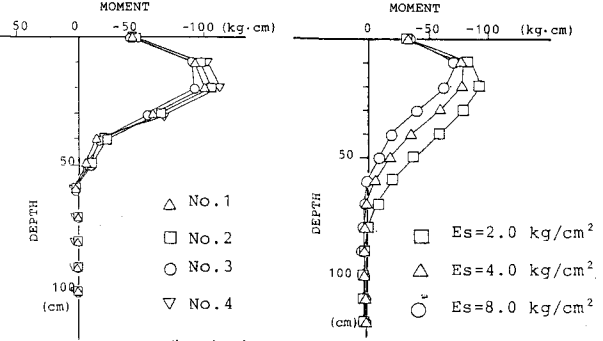


図-5 模型実験の結果と、Changの式による逆算推定値

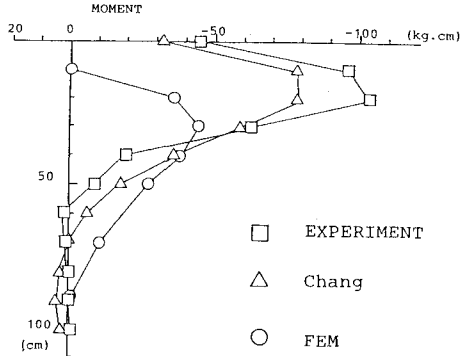


図-6 実験とChangの式とFEMの比較

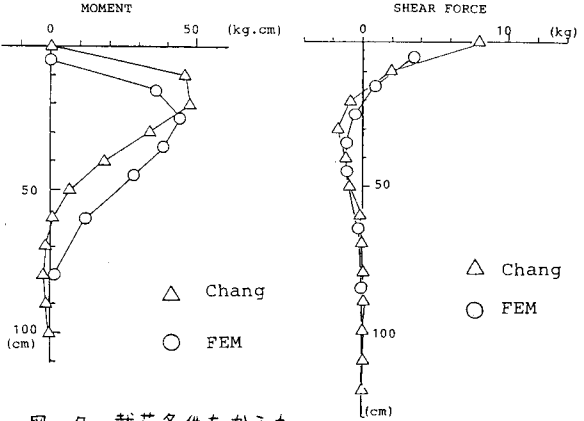


図-7 載荷条件をかえた時のChangの式とFEMとの比較