

急速平板載荷試験による地盤支持力推定

—FEM 解析結果の推定—

正会員 ○田中 実*1
正会員 田中 伸治*2
正会員 二木 幹夫*3

山崎 友義*1
正会員 鴨居 正雄*2
正会員 富永 晃司*4

急速載荷 平板載荷 支持力
施工管理 品質管理

1. はじめに

急速平板載荷試験は、地盤の静的力学的性状を推定するため導入された試験法である。この試験法は従来の静的な平板載荷試験と比較し、簡単な装置で載荷試験を行うため、反力が不必要で短時間で載荷試験が行える特徴を持っている。このため、従来平板載荷試験が困難であった狭小な空間でも載荷試験が可能であり、また、短時間で多くの載荷試験ができる。

急速平板載荷試験から静的載荷試験の地盤反力係数を推定する試みについては、田中・富永¹⁾²⁾らによって行われており、これらの研究では急速載荷試験から推定した地盤反力係数は、静的な平板載荷試験と良い相関が得られていると報告している。そこで本報では、急速平板載荷試験結果からの静的地盤支持力の推定の第1段階として、FEM 解析で行った急速平板載荷試験結果から、バネマスモデルを使用して支持力を推定できるかについて検討を行った。

2. 急速平板載荷試験

図1に急速平板載荷試験機の概要を示す。標準的な試験は質量10kgの重錘を72cm自由落下させ、皿バネを介して地盤に載荷する仕組みとなっており、直径30cmの載荷板の加速度と、載荷板に作用する力を計測し、地盤の性状を評価する。

3. FEM 解析

バネマスモデルで支持力を評価するに当たり、今回は実地盤での実験結果を使用せず、計測誤差等が少ないFEM 解析結果から支持力を推定した。

図2にFEM 解析モデルを示す。計算は軸対称で行い、降伏規準をMohr-Coulomb 則、塑性ポテンシャル関数をDrucker-Prager 則³⁾として計算を行った。皿バネのバネ定数は実験より求め、皿バネ要素のヤング率を図3に示すように鉛直ひずみの関数として与えた。なお、解析において皿バネ要素の鉛直ひずみは図に示した横軸の範囲に収まっている。

FEM 解析は表1、表2に示すように重錘の質量と落下高さを変えて行った。なお、載荷時間は0.03秒程度であり、この時間内に載荷板まで反射波が戻ってこないため、無反射境界等は設けていない。

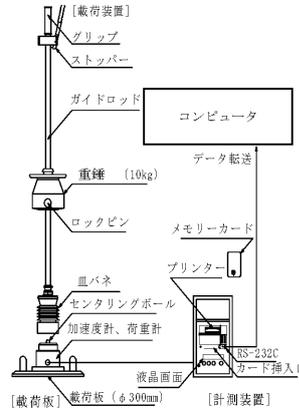


図1 急速平板載荷試験機

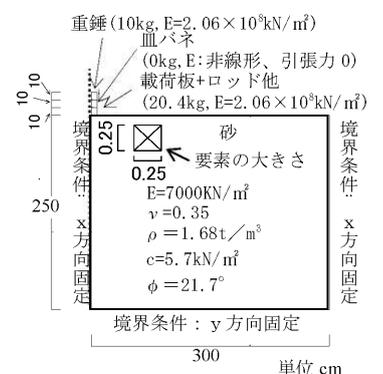


図2 FEM 解析モデル

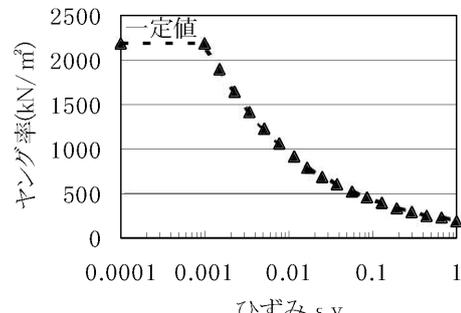


図3 皿バネ要素のヤング率

表1 重錘の質量

落下高さ	0.72m	0.72m	0.72m	0.72m	0.72m	0.72m
質量	5kg	10kg	20kg	30kg	40kg	50kg

表2 重錘の落下高さ

落下高さ	0.18m	0.36m	0.72m	1.44m	2.88m	5.76m
質量	10kg	10kg	10kg	10kg	10kg	10kg

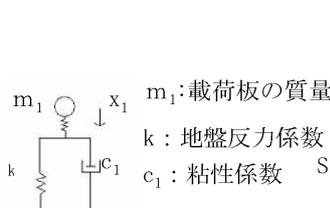


図4 バネマスモデル 1

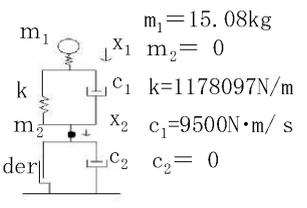


図5 バネマスモデル 2

4. バネマスモデルによる支持力推定

バネマスモデルによる支持力の推定は、以下の手順で行った。ただし、地盤の変形係数(バネマスモデルのバネ定数)は、田中・富永¹⁾²⁾によって推定方法が提案されて

いるので、バネ定数はあらかじめ分かっているものとして、今回は図6に示すようにFEM解析の荷重-沈下量曲線の割線勾配をバネ定数とした。

- 1) 図4のバネマスモデル1を使用し、質量5kg, 落下高さ0.72mと落下高さ0.18m, 質量10kgのFEM解析の荷重-沈下量曲線に合うように試行錯誤により c_1 を求める。
- 2) 求めた c_1 を使用し、表1に示す質量(表2の落下高さ)を大きくしてバネマスモデル1で計算する。これをFEM解析結果の荷重-沈下量曲線と一致しなくなる質量(落下高さ)まで繰り返す。
- 3) バネマスモデル1で表現できなくなった質量(落下高さ)から図5のバネマスモデル2で計算し、FEM解析結果の荷重-沈下量曲線に合うように支持力(スライダの抵抗)を試行錯誤により求める。

初めからバネマスモデル2で計算しない理由は、弾性域の場合、地盤に与えた荷重以上のスライダ抵抗(支持力)であれば、実際にはスライダは動かないためバネマスモデル1の状態になり、スライダ抵抗の値がいくつも存在することになるためである。このような間違っただ評価を避けるためモデルを2つに分けた。

図7と図8は、それぞれ重錘の質量をパラメータとしたFEM解析結果とバネマスモデルの荷重と沈下量の関係である。2つの図を比較すると、重錘の質量5kgと10kgは一致しているが、これを超える重錘の質量では曲線形状が異なっている。このため、重錘の質量20kgからは図5に示したバネマスモデル2で計算を行い、試行錯誤して支持力(スライダ力)を求めた。

このようにして求めた支持力を表3に示す。支持力は重錘の質量、落下高さにより異なっているが、これは、図9に示すように、静的な荷重-沈下量曲線が降伏点を過ぎても沈下量とともに荷重が増加するためと考えられる。

本報では重錘の質量と落下高さをパラメータとしたが、落下高さを大きく変えるのは現実的ではない。実際に急速荷重試験により支持力を求める場合は、重錘の質量を数種類変えて解析を行い、重錘の質量が小さい試験でバネマスモデル1により粘性係数を求め、重錘の質量を大きくして行き試験を再現できなくなったときの支持力をバネマスモデル2により求める方法が、図9に示した降伏点付近の値となり安全側であると考えられる。

5. まとめ

今回、FEM解析結果をバネマスモデルで表現し、支持力を推定することができたが、実際の地盤においてもこの手法が可能かどうか検討するつもりである。

表3 バネマスモデルで求めた支持力

	質量 20kg	質量 30kg	質量 40kg	質量 50kg	落下高さ 1.44m	落下高さ 2.88m	落下高さ 5.76m
支持力 (kN/m ²)	117	136	152	165	118	157	212

*1 日本工業大学 工学部 建築学科

*2 株式会社 東京ソイルリサーチ

*3 財団法人 ベターリビング・工博

*4 広島大学大学院国際協力研究科教授・工博

*1 Nippon Institute of Technology

*2 Tokyo Soil Research Co. Ltd.

*3 Better Living, Dr. Eng.

*4 Prof. Graduate School for IDEC, Hiroshima University., Dr. Eng

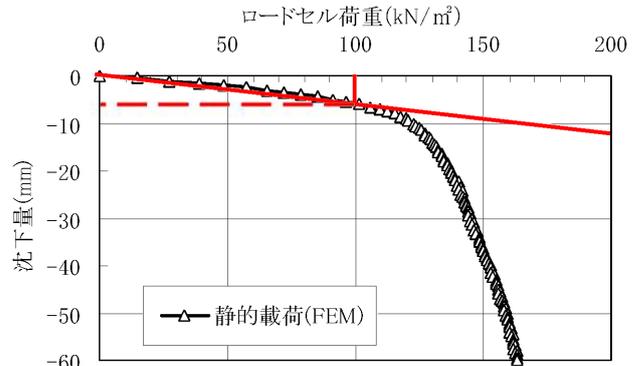


図6 バネ定数(地盤反力係数)

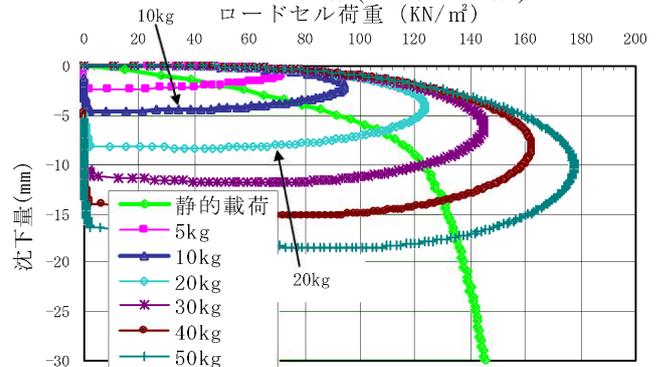


図7 荷重と沈下量の関係(FEM解析)

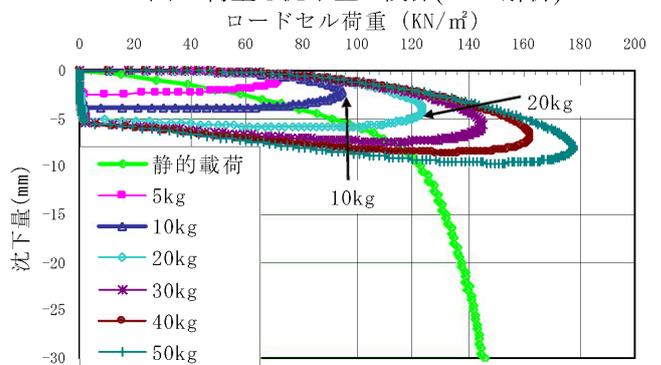


図8 荷重と沈下量の関係(バネマスモデル1)

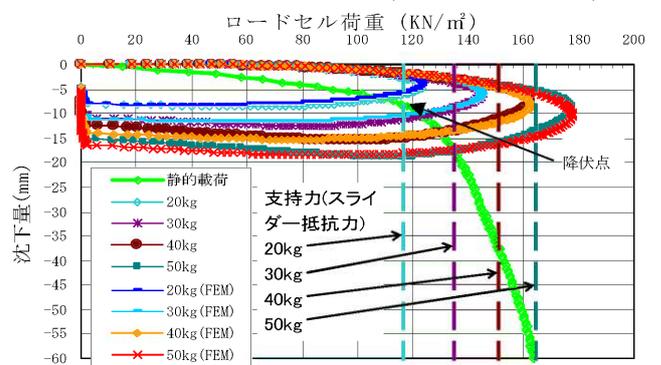


図9 静的載荷と推定支持力

参考文献: 1) 田中伸治・富永晃司・二木幹夫, 急速平板荷重試験による地盤の変形係数の評価—粘性土地盤—, 第39回地盤工学研究発表会, pp. 1397~1398, 2004, 2) 鴨居正雄・田中伸治・二木幹夫・富永晃司, 急速平板荷重試験による地盤の変形係数の評価—砂質土および改良土—, 日本建築学会大会(北海道), pp.667~668, 2004, 3) わかりやすい土質力学原論[第1回改訂版], 地盤工学会, 1992