

土木構造物の設計に用いる地盤反力係数について（その 3） Coefficient of Subgrade Reaction for Designing Civil-engineering Structures (Part 3)

○澤田純男・吉田望(1)・青山翔吾(2)・寺本俊太郎(3)・榊原颯(3)

○Sumio SAWADA, Nozomu YOSHIDA(1), Shogo AOYAMA (2),

Shuntaro TERAMOTO(3), So SAKAKIHARA(3)

(1) 関東学院大学 Kanto Gakuinn University

(2) 基礎地盤コンサルタンツ(株) Kiso-Jiban Consultants Co.,Ltd.

(3) 摂南大学 Setsunan University

We discuss the problems in horizontal coefficient of subgrade reaction for designing civil-engineering structures.

1. はじめに

建築物や橋脚のような地上構造物の地震応答解析等を実施する際には、地盤と基礎のモデル化が必要となる。この際に地盤の剛性を与える必要があるが、詳細な有限要素解析のような場合を除くと、地盤反力係数と呼ばれるパラメータを用いることが多い。

土木構造物に関しては、道路橋示方書¹⁾に示されている地盤反力係数が、ほとんどの場合に用いられる。ところが、これは 1 か所の平板載荷試験の結果をもとに定義されたものであり²⁾、2000 年代に見直しが行われたものの³⁾⁴⁾、実観測データには数々のばらつきの要因が含まれているため、平均的には大きな間違いが無いと結論され、個別の地盤特性等を考慮するための物理が全く入る余地のないままとなっている。特に水平方向地盤反力係数は、構造物の地震応答解析のためのモデル化に大きく影響することから、地震応答解析結果自体が信用できないことになる。本発表では、これら問題点について明らかにすると共に、解決するための方法論について述べる。

2. 道路橋示方書¹⁾による地盤反力係数

地盤反力係数は以下のように定義されている。

$$k = p / \delta \quad (1)$$

ここに、

k : 地盤反力係数 (kN/m³)

p : 地盤反力度 (kN/m²)

δ : 変位 (m)

である。地盤反力係数を載荷試験による荷重と変位関係から求める場合には、以下の式を使うことが示されている。

$$k = \lambda k_0 \left(\frac{B'}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}} \quad (2)$$

ここに、

B' : 地盤反力係数の推定に用いる基礎の換算載荷幅

λ : 基礎の施工方法の影響を考慮する係数

k_0 は、直径 30cm の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する地盤反力係数 (kN/m³) で²⁾、孔内水平載荷試験によるヤング率 E の 4/0.3 倍とされ、 E と N 値の間には、図 1 に示すように、 $E \approx 700N$ の関係が知られている。

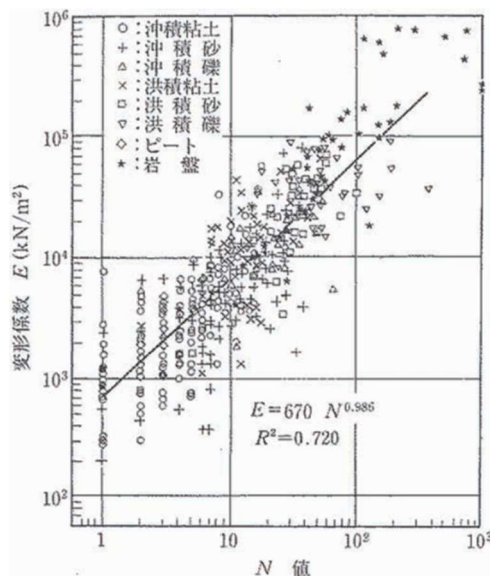


図 1 E と N 値の関係(地盤調査の方法と解説, 2013)

3. 実杭水平載荷試験の 3 次元有限要素解析

水平方向の地盤反力係数の高度化を検討するに当たって、その近似対象を 3 次元有限要素解析による杭基礎の挙動とする。そこで実際の杭基礎

に対して実施された水平載荷試験として、阪神高速道路の旧梅田入路高架橋基礎⁵⁾と岸和田大橋上部工架設ベント基礎⁶⁾を選び、まず単杭に対する水平載荷試験の3次元有限要素解析を実施した。

図2に旧梅田入路高架橋基礎の有限要素メッシュを示す。解析プログラムは「midas GTS NX」で、まずは弾性領域の挙動のみ解析した。図3に杭頭の水平変位と復元力の関係を示す。地盤剛性を $E=2800N$, $E=2800N$, $4 \times$ 孔内水平載荷試験に設定した3種類の数値解析結果と実測値を比較している。

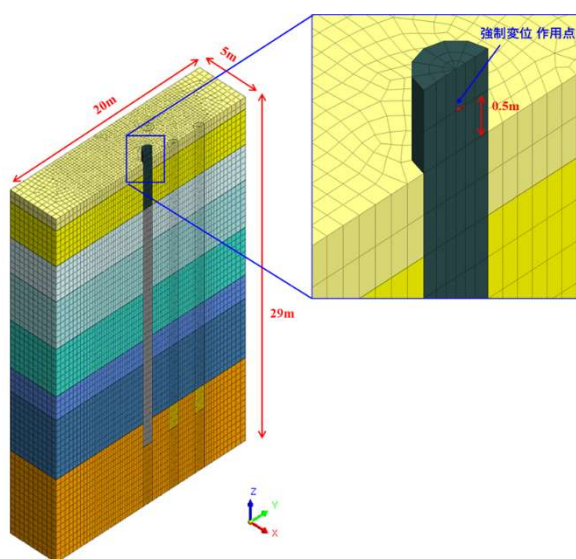


図2 旧梅田入路高架橋の有限要素メッシュ

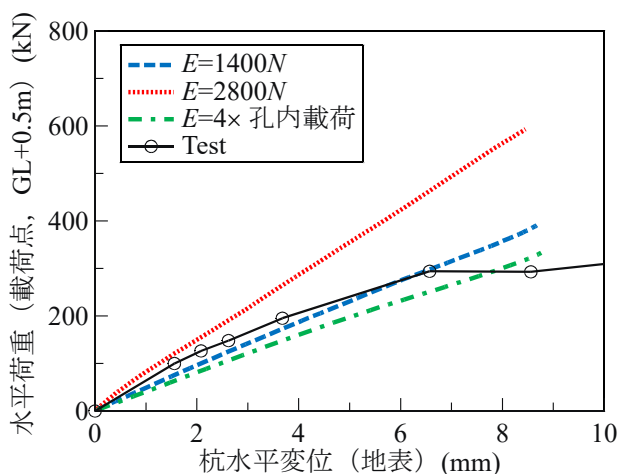


図3 旧梅田入路高架橋の解析結果

次に、岸和田大橋上部工架設ベント基礎の有限要素メッシュを図4に示す。解析プログラムは「DBLEAVES」で、非線形領域も含めて解析を実施した。なお、杭のモデル化の方法は図2とは異なる。

図4にその結果を示す。紫線と緑線は非線形パラメータを変更した結果である。

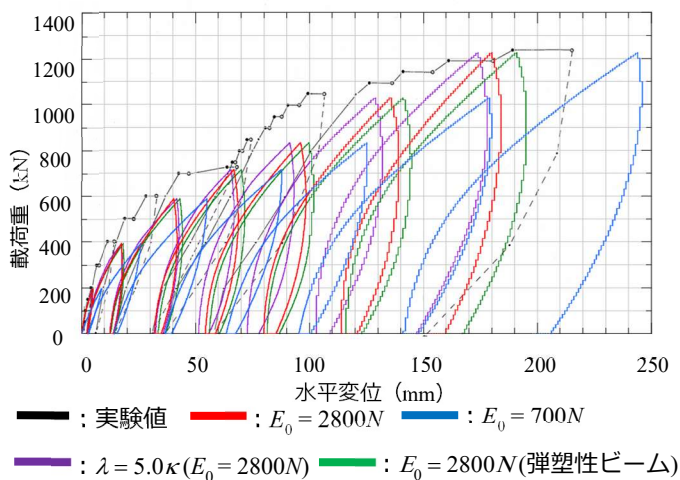


図4 岸和田大橋ベント基礎の解析結果

図3図4とも、地盤材料のヤング係数 E の影響が大きく、 $E=700N$ や孔内水平載荷試験による E を用いた場合には、杭変位を過大に評価することがわかった。

なお、動的非線形有限要素解析を行う場合には、 E は弾性波速度を用いて設定されることが多く、例えば道路橋示方書(2017)では、

$$V_s = \mu N^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

が示されている。なお、 μ は粘性土に対して100、砂質土には80としている。弾性波速度に基づく E は歪が極めて小さい領域 (10^{-6} 程度) に対応するものと考えられており、 $E=700N$ と比べると N が小さい領域では30倍程度、 $N>20$ で15倍程度となる。今後、実杭水平載荷試験における地盤歪に対応する地盤剛性の設定法を詳細に検討する予定である。

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, IV下部構造編, 2017.
- 2) 吉中龍之進: 横方向地盤応力係数, 土木技術資料, Vol.10, 1968.
- 3) 西岡英俊他: 地盤調査法に応じた地盤変形係数および地盤反力係数の算定法, RTRI REPORT, Vol.24, No.7, 2010.
- 4) 中谷昌一他: ひずみレベルに着目した地盤水平抵抗の評価に関する研究, 土木研究所成果報告書, 2011
- 5) 阪神高速道路: 旧梅田入路構造物に関する調査研究報告書, 1992
- 6) 阪神高速道路: 岸和田旧港実杭水平載荷試験, 1994.