

構造物基礎の等価線形解析における汎用的な地盤反力係数の設定

新潟大学 学生会員 中村 鴻介
 新潟大学 正会員 大竹 雄
 岐阜大学 正会員 本城 勇介
 土木研究所 七澤利明
 土木研究所 正会員 河野哲也

1. はじめに

構造物の基礎の設計では、地盤をバネ(地盤反力係数)でモデル化し、弾性床土上の梁理論に基づく等価線形解析により基礎変位が計算されている。この計算を汎用的かつ精度良く行うためには、地盤の非線形特性をそれと等価な線形モデルに適切に置き換える必要がある。既往の研究^{1),2)}より、着目する対象基礎の変位レベルと地盤のひずみレベルを関係づけた地盤反力係数の推定式が提案されている(下式)。

$$k_{eq} = \alpha_{eq} E_1 D^{-1}$$

$$E_{eq} = \omega E_1 = \left(\frac{\varepsilon_{eq}}{\varepsilon_1} \right)^{\frac{-1}{2}} E_1, \quad y_{eq} = \left(\frac{1}{\omega} \right)^2 \varepsilon_{eq}$$

D : 杭径(m)

ω : 等価近似係数で、地盤のひずみレベルと杭の変位率との関係を表す量(杭の水平載荷試験の場合 $\omega=3.1$)

k_{eq} : 着目する基礎の変位レベルに対応する地盤反力係数(kN/m³)

E_1 : 基準地盤変形係数で地盤の軸ひずみ 1%相当の地盤変形係数(kN/m²)

α_{eq} : 影響係数 $= (1/(1-\nu^2)/I_p)$

y_{eq} : 着目する基礎の構造物変位率 (δ/D)

y_1 : 基準とする基礎の構造物変位率 1%

この推定式は、日本全国の橋梁架設地点で実施された36の水平載荷試験から統計解析に基づいて導出されたものである。

本研究の着目点は、等価近似係数 ω の特徴を知ることである。上記の提案式は、基礎の水平載荷試験から計算したものであり、他基礎への適用性について

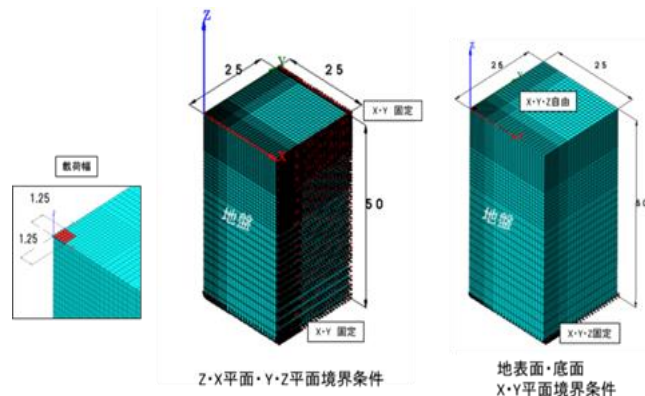


図-1 解析モデル概要図(寸法:m)

では不明である。逆に、基礎の形状と ω の関係を一般化することができれば、本提案式の汎用化につながると考えられる。従って、本研究では、有限要素法解析に基づいて、基礎の形状と ω の関係を分析して、より汎用的な推定式を検討することを目的としている。

2. 検討方法

2.1 解析モデル

図1に解析モデルの概要図を示す。基礎の平板載荷試験を想定した簡便な問題を仮定している。基礎は剛体シェル要素、地盤は材料非線形性を考慮したソリッド要素でモデル化した。材料非線形性は、既往の研究成果^{1),2)}を踏まえて、ひずみの-1/2乗則に基づいてマルチリニアモデルで材料特性を表現している。さらに、境界条件については、側面を鉛直ローラー、底面は固定境界を与えている。解析領域については、鉛直方向については半無限が仮定できる程度、水平方向については、応力球根の大きさを考慮して、基礎の変形を抑制しない範囲としている。

キーワード：基礎 設計 地盤反力係数 形状係数

連絡先 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の8050番地 新潟大学 五十嵐キャンパス

2.2 解析ケース

解析は、表-1 に示すとおり、基礎の形状（縦横比）をパラメトリックに変化させることにより、基礎の形状係数 I_p と基礎の変形（沈下）との関係を分析することとした。また、地盤の変形特性（剛性）の影響を確認するために、地盤変形係数について、 N 値が 10 相当の場合、 N 値が 30 相当の場合について解析も行っている。さらには、半無限を仮定した解析領域（基本ケース）と途中で剛性の高い層を設定し、形状係数 I_p を小さくするケースも実施している。このような考え方に基づいて、全 20 Case のパラメトリックスタディを行った。

図 2 は、ある 1 ケースの解析結果を示しており、赤丸印プロットは、解析により得られた荷重度-変位関係を示している。また、灰色点線は、 $\omega=1$ の場合を想定して地盤反力係数を求めて描いた荷重度-変位関係である。黒色点線は、解析結果に合うように ω を調整した結果を示している。同様の方法に基づいて、全ての解析 Case に対応する ω を同定した。

3. 解析結果

図 3 は、全ての解析 Case から得られた等価近似係数 ω とそれぞれの基礎形状から弾性論に基づいて算定した I_p の関係である。本検討では、様々な条件を変更して解析を行ったが、等価近似係数 ω は形状係数 I_p と明瞭な関係があることが分かった。

これまで得られた成果に基づいて、等価近似係数 ω と形状係数 I_p の関係を考察する。

$$y_{eq} = \frac{q}{E_{eq}} I_p = \omega^2 \varepsilon_{eq}$$

地盤のひずみ ε_{eq} は、基礎の影響範囲に生じる平均的な荷重度 $\bar{q}$ を地盤変形係数 E_{eq} で除したものであるとすると、下式のように展開される。

$$\omega^2 = \frac{E_{eq}}{\bar{q}} \frac{q}{E_{eq}} I_p = \frac{q}{\bar{q}} I_p$$

ここで、 $q/\bar{q}$ が一定値であるとする下式を得る。

$$\omega = \left(\frac{q}{\bar{q}} \right)^{1/2} \frac{1}{I_p^{1/2}} = \zeta I_p^{1/2}$$

この考察を踏まえて、図中に $\omega=2.2 I_p^{1/2}$ の曲線を示した。2.2 の値の意味は未だ不明確であるが、等価近似係数 ω は形状係数 I_p から設定できる可能性を確認している。

4. 今後の展望

今後は、 ω と I_p の関係について、理論的かつ統計的な分析を行い、汎用的な地盤反力係数の設定方法を導きたいと考えている。

参考文献

- 1) 大竹雄, 七澤利明, 本城勇介, 河野哲也, 田辺晶規 : 基礎の変位レベルと地盤のひずみレベルを考慮した設計用地盤反力係数の推定法, 土木学会論文集, Vol.73, No.4, pp.396-411, 2017.
- 2) 大竹雄, 七澤利明, 本城勇介, 河野哲也, 田辺晶規 : 地盤調査法とひずみレベルを考慮した設計用地盤変形係数の推定法, 土木学会論文集, Vol.73, No.4, pp.412-428, 2017.

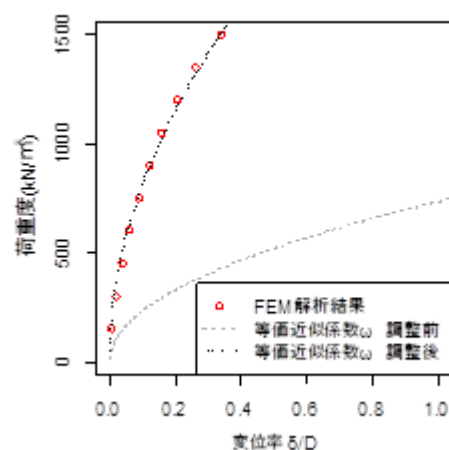


図-2 等価近似係数補正

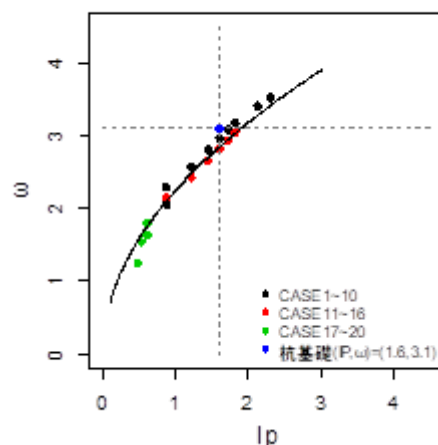


図-3 形状係数 I_p - 等価近似係数 ω