

土木構造物の設計に用いる地盤反力係数について (その 1)
Coefficient of Subgrade Reaction for Designing Civil-engineering Structures (Part 1)

○澤田純男・吉田望(1)

○Sumio SAWADA, Nozomu YOSHIDA(1)

(1) 関東学院大学 Kanto Gakuinn University

We explain the problems in coefficient of subgrade reaction for designing civil-engineering structures, as a first step.

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、この値がどのような実験・現場計測、理論によって求められたものか、判然としない。従って、この値がどの程度実際の状況を表現出来ているのか出来ていないのかも不明である。つまり、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、この問題点について明らかにすると共に、現状で判明していることについて述べる。

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。つまり荷重(直応力)と変位の関係を表す係数であることが分る。ここでの問題は、地盤反力度なる荷重がどのようなものであるかが定義されていないことである。

さらに、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、各種試験により求めた変形係数から推定する場合は、次式によるとしている。

$$k_0 = \alpha E_0 / 0.3 \quad (3)$$

ここに、 E_0 (kN/m²) と α は以下の表による。

表 1 変形係数 E_0 と換算係数 α

変形係数 E_0 の 推定法	地盤反力係数の換算係数 α	
	作用の組み合わせに地震の影響を含まない場合	作用の組み合わせに地震の影響を含む場合
直径 30cm の剛体円板による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の 1/2	1	2
孔内水平載荷試験から求める	4	8
供試体の一軸・三軸圧縮試験から求める	4	8
標準貫入試験のより $E_0=2800N$ で推定	1	2

さらに解説において、式(2)は地盤抵抗を線形として扱う場合の算定式であり、基準変位に対して算出され、基準変位は基礎幅の 1% であることが述べられている。

B' と λ については基礎形式で異なり、直接基礎で前面の水平抵抗を考慮しない場合には、鉛直方向地盤反力係数 k_v は鉛直方向の荷面積を A_v (m^2) として、 $B' = \sqrt{A_v}$ と $\lambda = 1$ を用いて求め、基礎底面の水平方向せん断地盤反力係数 $k_s = 0.3k_v$ としている。杭基礎における杭前面の水平方向地盤反力係数 k_H は、杭の直径 D (m) に対して $B' = \sqrt{D/\beta}$ と $\lambda = 1$ を用いるとしている。 β は杭の特性値 (m^{-1}) で、

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}} \quad (4)$$

で求め、杭の水平変位 y_{eq} が基準変位 $y_1 (=0.01D)$ を超え且つ 15mm より大きくなる場合には、係数 $(y_{eq}/y_1)^{-1/2}$ を乗じる補正を行うとしている。ケーソン基礎についても定義されているが、ここでは省略する。

3. 標準貫入試験から求める式の根拠

表 1 では、標準貫入試験の N 値から変形係数を $E_0 = 2800N$ (kN/m^2) で求めても良いことが示されている。これは、吉中²⁾ が根拠となっていると考えられる。つまり、 $E_p = 0.7N$ (MN/m^2) で近似できることが示されている。

表 1 では、孔内载荷試験と標準貫入試験の結果の差が 4 倍なので $E_0 = 2.8N$ (MN/m^2) となり、辻褄は合う。しかし砂礫地盤では精度が良いが、粘性土では必ずしも適合しない。道路橋示方書¹⁾ では N 値が 5 未満の地盤に適用する場合の注意が書かれているが、5 以上の領域でも必ずしも精度は良くない。本質的に粘性土では粘着力の影響が大き

いはずであり、また Schultze and Menzenbach では、様々な関係が示されている(図 2)。

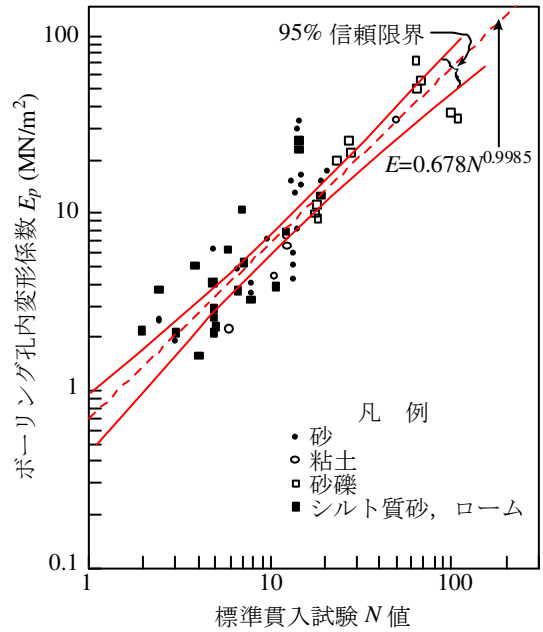


図 1 N 値とボーリング孔内変形係数との相関

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, 平成 29 年 11 月.
- 2) 吉中龍之進: 横方向地盤応力係数, 土木技術資料, Vol.10, No.1, 1968.
- 3) Schultze, E. and E. Menzenbach: Standard Penetration Test and Compressibility of Soils, Proc. of the 5th I. C. S. M. F. E., Vol. I, pp. 527~532, 1961.
- 4) 土質工学会: 土質調査法 (第 2 回改訂版), 1982.

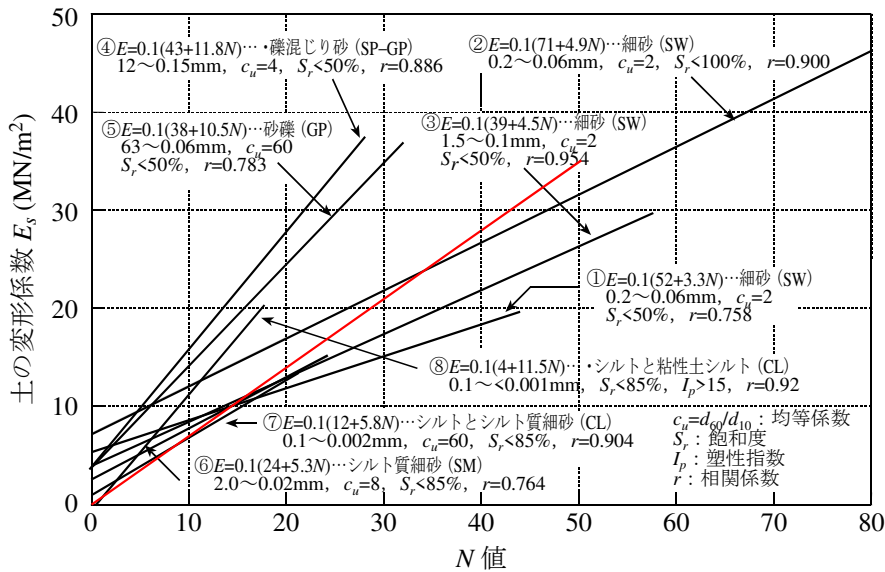


図 2 土の変形係数 E_s と N 値の関係^{3),4)} ($E_s = 0.7N$ を赤で加筆)