

## III-10

## 岩盤上の直接基礎の鉛直支持力推定に関する一提案

建 十 研

岡原 美知夫

建 十 研

正会員 小幡 宏

建 十 研

森 浩樹

飛島建設(株)

○ 津川 優司\*

## 1. まえがき

近年、山岳地道路等において基礎地盤を岩盤とする事例が多くなってきているが、道路橋関係では岩盤を支持層とする直接基礎の鉛直支持力算定を行うための確立された方法が無い。直接的に支持力を確認する方法として平板載荷試験による方法があるが、基礎地盤が浅い場合に適用できる方法であり事前調査段階での実施は困難な場合が多い。このため設計段階で鉛直支持力を決定するには支持力推定表に頼らざるをえなく、設計した直接基礎にどの程度の安全性が確保されているのか不明であり、また不経済な設計を強いられているのが現状である。建設省土木研究所では岩盤上の直接基礎の鉛直支持力を推定する一手法として岩石の一軸圧縮強度あるいは孔内水平載荷試験結果から平板載荷試験の極限荷重を推定する方法の検討を種々のアンケート調査および実験を通じて行っているのでここに報告する。

## 2. 統計処理内容

アンケート調査は岩盤を支持層とする道路橋の直接基礎に対して行われた。その中から原位置試験が実施された箇所を選んで岩盤物性値、岩盤区分、支持力等について検討を行った結果、岩盤のコアの一軸圧縮強度、孔内水平載荷試験、平板載荷試験について関連性が確認できた。図-1は岩石コアの一軸圧縮強度 $Q_u$ 、孔内水平載荷試験の降伏応力 $P_f$ 、変形係数 $E_b$ 、平板載荷試験の降伏支持力 $P_y$ 、極限支持力 $P_u$ 、変形係数 $E_d$ の関連性を示すものであり、数式は最小2乗法による回帰式(平均値)である。図-2~図-6は相関図であり図中の線は回帰直線(平均値)および回帰式との誤差を確率変数としたときの正規分布より求めた信頼区間である。これらの相関図から岩盤の支持力として平板載荷試験の極限荷重を推定する経路は次の2通りが考えられる。

- $$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad & Q_u \rightarrow E_b \rightarrow E_d \rightarrow P_y \rightarrow P_u \\ \textcircled{2} \quad & Q_u \rightarrow E_b \rightarrow P_f \rightarrow P_y \rightarrow P_u \end{aligned}$$

①方法では $Q_u$ か $E_b$ が求まれば、また、②方法では $Q_u$ あるいは $E_b$ 、 $P_f$ が求まれば平板載荷試験を実施せずに $P_u$ の推定が可能となる。

### 3. 實驗概要

実験はアンケート調査から求めた各種相関関係の確認および補足を行うために実施した。実験地盤は実験土層内(幅5.0m、長さ10.0m、深さ3.0m)に、より岩盤の物性に近づけるためにクレイサンドを混入したソイルセメントにて厚さ1.5mに造成した。実験は均質な軟岩を想定し、実験地盤の一軸圧縮強度が $6\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 57\text{kg}/\text{cm}^2$ の範囲で8ケースに分け、各ケースとも2ヶ所で平板載荷試験を行った。また、各ケースごとに孔内水平載荷試験、標準貫入試験、各種土質試験を行った。平板は $\phi 300\text{mm}$ とし、載荷は荷重制御で最大荷重の1/8ずつ載荷する2サイクル方式とした。実験から得られた結果を相関図にプロットした結果、Eb関係を除いてほぼバラツキの範囲内にあることより、

\* 元土木研究所受け入れ研究員

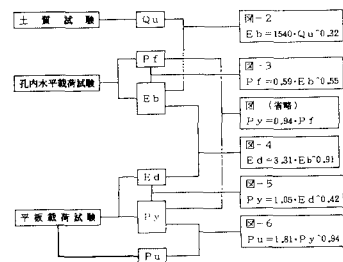


図-1 各種試験値の関連図

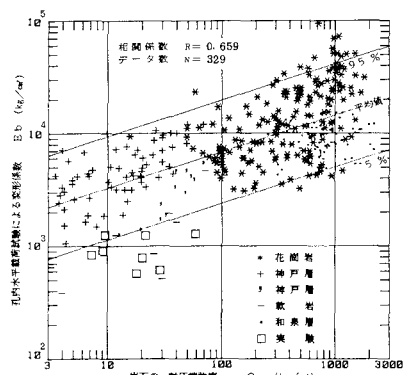


図-2 岩石の一軸圧縮強度と孔内水平載荷試験による変形係数の関係

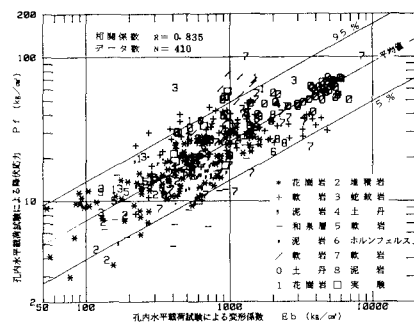


図-3 孔内水平載荷試験の変形係数と降伏応力の関係

実験は実際の岩盤に近い状態で実施できたと考えられる。

#### 4. 考 察

先に、 $P_u$ の推定方法として2通り示したが、 $P_f$ - $P_y$ 図がデータ不足のため①方法にて推定を行う。信頼性の高い推定を行うためには、より右側の要因により検討することが必要であるが、ここでは一般に岩盤の物性を代表すると考えられる $Q_u$ が求まった場合の推定結果を示す。左側変数より右側変数を推定するには回帰式を用いるが、この場合信頼区間の設定値により推定 $P_u$ の値は大幅に変動する。図-7は①方法を各々の相関関係から同じ信頼区間にて順次推定した結果の $Q_u$ - $P_y$ 図である。なお、 $P_y$ - $P_u$ 関係はバラツキが小さいため平均値にて推定した。同図では、同一な岩石コア強度の岩盤でも推定 $P_u$ は上限値と下限値とでは2ケタもの差が生じることを示している。これは

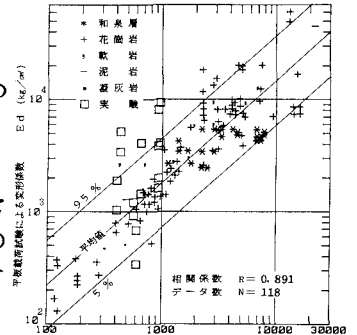


図-4 孔内水平載荷試験による変形係数と平板載荷試験による変形係数の関係

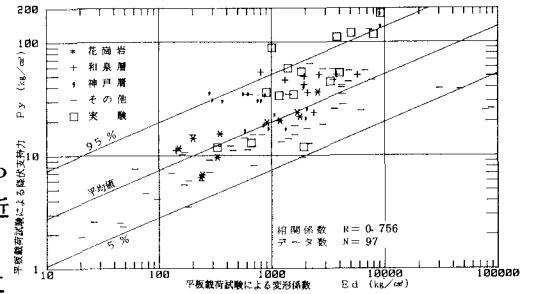


図-5 平板載荷試験の変形係数と降伏支持力の関係

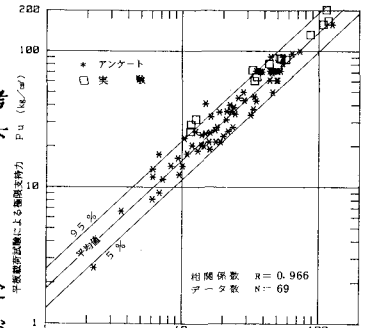


図-6 平板載荷試験の降伏支持力と極限支持力の関係

岩盤としての物性と岩石の物性が異なるためと考えられ、新鮮な岩盤ほど上限値に、風化が著しいものあるいは層理、片理、節理等の不連続面が多いものほど下限値に近づく傾向を示しているものと考えられる。また、均質地盤で行われた実験結果は $Q_u$ と $P_u$ が1次の関係となり、道式は下限値となっている。実験では $Q_u$ が中硬岩と軟岩の区分強度 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ に近くなると実験の $P_u$ が推定 $P_u$ の上限値にほぼ達しているが、この傾向は $Q_u$ の大きな岩盤ほど不連続面等に影響され易いことを示しているものと思われ、支持力推定には軟岩であって

も岩盤の不連続面の影響を考慮すべきことを示唆している。今回の統計処理では岩盤の不連続面の影響を評価すべき有効なデータが得られなかったが、図-2~図-6のデータには様々な岩盤の物性が評価されているものと考え、岩盤上の直接基礎の鉛直支持力値を表-1に提案する。提案根拠は以下の通りである。

a)  $Q_u$ が $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上の中硬岩、硬岩は岩盤の物性に著しく影響されるため亀裂の多少で分類した。亀裂の多いものは降伏支持力の保証値として $P_y$ の5%信頼値、亀裂の少ないものは $P_u$ の平均値の1/3を常時支持力とした。

b)  $Q_u$ が $10\text{kg}/\text{cm}^2$ ~ $100\text{kg}/\text{cm}^2$ の軟岩は実験結果より、亀裂が少ない場合においても $P_u$ の平均値付近にバラツいていることより、 $P_y$ の5%信頼値とした。

#### 5. おわりに

今回は統計処理と実験から岩盤の鉛直支持力推定表を提案したが、同表には亀裂等の岩盤物性を定量的に判断できる要素が不足している。したがって今後は、より実用的な鉛直支持力推定方法を確立することを目的として研究を重ねる。末筆ながら、アンケート調査にご協力して頂いた関係各位に御礼を申し上げます。

#### 参考文献

##### 1) 道路橋示方書Ⅳ下部構造編

##### 6.3.3 表-解 6.3.2

##### 2) 同 6.3.1 より

$$C = \frac{1}{2} \cdot Q_u, \alpha = 1.3$$

$$\phi = 0^\circ \text{ として計算}$$

表-1 常時支持力推定表(提案値)

|     | 亀裂が多い                         | 亀裂が少ない                        | 目安となる一軸圧縮強度 |
|-----|-------------------------------|-------------------------------|-------------|
| 硬 岩 | 100 ( $\text{t}/\text{m}^2$ ) | 285 ( $\text{t}/\text{m}^2$ ) | 300 以上      |
| 中硬岩 | 90                            | 250                           | 100 以上      |
| 軟 岩 | 65                            |                               | 10 以上       |

注) 一軸圧縮強度の単位 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

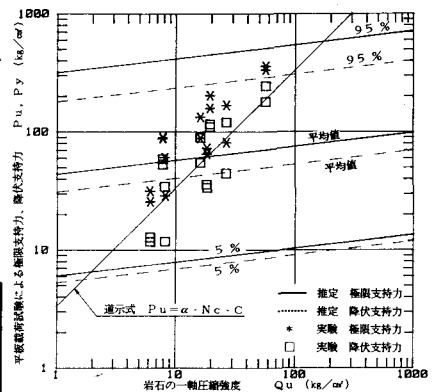


図-7 ①方法による $Q_u$ から $P_u$ の推定結果