

平板載荷試験の利用法とその問題点

一杭の先端支持力と基礎の支持力の確認一

鳥取大学工学部 (正) 榎 明潔

明生建設株式会社 (正) ○ 竹村法道

井森工業株式会社 (正) 有木高明

1. はじめに

平板載荷試験は、本来、道路の路盤や舗装についての試験であり、載荷板の直径もタイヤの接地面積に対応している。しかし、最近、場所打ち杭の先端支持力¹⁾やカルバート基礎の極限支持力の確認²⁾にも用いられている。ここでは、実例を参考にして、平板載荷試験をそれらに用いる場合の留意事項などを弾性論や塑性論の立場から検討する。

2. 場所打ち杭の杭先端支持力の確認としての利用

場所打ち杭の施工においては、杭の載荷試験を行うことが推奨されている。しかし、一本毎に杭の載荷試験をすることは実際的ではない。そこで、代用として掘削終了時に杭底の位置で平板載荷を行い、所定の地盤支持力(500 tf/m²)の有無を直接確認することが行われている。図-1 に風化花崗岩地帯のペント杭施工現場で行った試験方法を示す。まず、杭径 120 cm の掘削を行う。掘削長は 9m である。その後載荷板 30 cm のついた貫入ロッドを用意し 500 tf/m² の荷重まで段階載荷して荷重～沈下関係を調べ、地盤支持力を求めたところ 500 tf/m² を下回る結果が何例か得られた。図-2 に荷重～沈下関係の一例を示す。なお、付近でサンプリングし

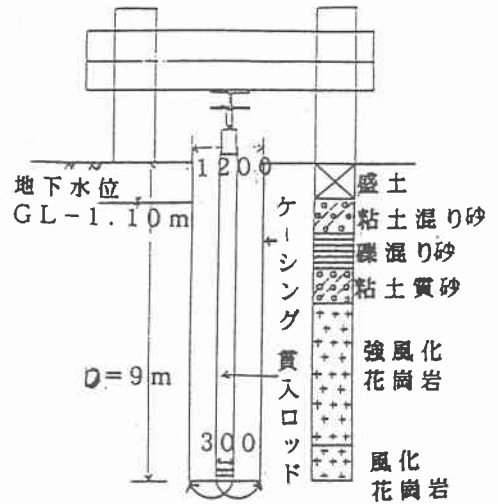


図-1 試験方法

た試料についての三軸試験結果から、 $\phi_u = 0^\circ$ 、 $c_u = 20 \sim 24 \text{ tf/m}^2$ 、 $\phi' = 37.6^\circ$ 、 $c' = 0$ を得た。以上の実験結果から、平板載荷試験で杭の支持力を評価するには次の点に留意する必要があると考えられる。

<浅い基礎と深い基礎³⁾>浅い基礎も深い基礎も、単位面積当たりの極限支持力は、 $q_u = \alpha c N_c + \beta \gamma B N_\gamma / 2 + \gamma D N_q$ と表される。(α、βは形状係数)ただし、すべり面形の相により支持力係数 N_c, N_γ, N_q の値は全く異なり、例えば $\phi_d = \phi' = 35^\circ$ では、浅い基礎では約 46, 47, 33、深い基礎では約 600, 800, 500 である。

この例では、平板載荷試験で求めた極限支持力 250 tf/m² 対し同じ直径の載荷板に対する深い基礎の支持力を求めると約 5000 tf/m² 以上を得る。この理由は

深い基礎では根入れ深度に、相当する大きな土かぶり圧がサーチャージとして作用し、これが支持力の支配的成分であるが平板載荷試験は、全くサーチャージの無い状態で行われているためである。

<載荷板の大きさ>場所打ち杭の径は 120 cm であるが、平板載荷試験の載荷板は 30 cm しかない。前述した支持方式によると浅い基礎の単位面積当たりの極限支持力は、粘着力とサーチャージの無い場合には、基礎幅に比例する。このため、同じ浅い基礎として扱っても、30cm の平板載荷試験結果から杭の直径に等しい基礎の単位面積当たりの極限支持力を求めるには 4 倍する必要がある。全支持力は 16 倍になる。

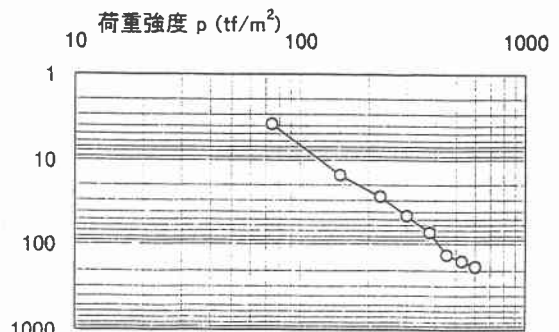


図-2 荷重～沈下関係

< 載荷板の大きさ と排水条件 > 圧密理論によれば、間隙水圧の消散に要する時間は排水距離の二乗に比例する。これは、同じ試験時間で載荷試験をする場合、載荷板の直径が小さくなるとともに排水試験に近づくことを意味する。一方、杭の極限支持力は支持杭の場合には(支持層は通常砂質土であるから)排水条件で考えるべきである。したがって、排水条件という意味では、杭の先端支持力の確認に小直径の載荷板による平板載荷試験を用いるのは妥当とも考えられる。

3. 盛土基礎地盤の極限支持力の確認のための利用

高速道路を横断する幅 12m のボックスカルバート基礎(設計支持力約 25tf/m²) の地盤支持力確認のために、軟岩地盤で平板載荷試験を行った。得られた荷重～沈下関係を図-3 に示す。ここでは、試験で得られた極限支持力約 45 tf/m² が設計支持力の 3 倍を下回ることから、表層 0.2m をバラスで置換した。

< 載荷板の大きさ > 地盤が粘性土で $\phi_u=0$ であるならこの評価は妥当であるが、 $\phi_u \neq 0$ の場合には、2. で述べた理由によりこの評価は安全側である。例えば、

$c_u=0$ の砂質土地盤の場合には、直径 30cm の載荷板における極限支持力 45 tf/m² は、幅 12m の基礎に対しては約 1500tf/m² になり、設計支持力を大幅に上回ることになる。

< 深さ方向の影響範囲 ³⁾ > 弾性論によれば例えば図-4 に示す応力球根として周知のように、載荷幅の 1.5~2.0 倍の深さまで載荷圧力の 10% 程度の鉛直応力が発生する。また、Prandtl 解に代表される塑性理論によれば、図-5 に示すように載荷幅の 1.5~2 倍の深さまでの土の強度のみが極限支持力に影響する。いずれにしても、地表付近には良質土があっても、載荷幅の 1.5~2.0 倍より深いところに高圧縮性またはせん断強度の小さい土層が存在した場合、試験結果にはそれが反映されない。したがって、本来の幅 12m のボックスカルバート基礎に対応した 20 m 程度の深さまでの地盤の強度や剛性深さまでの地盤の強度や剛性を調べるつもりで、直径 30cm の平板載荷試験結果でただか 1m 程度の深さまでの地盤の強度や剛性を調べていることになり場合によっては非常に危険とも考えられる。

4. おわりに

力学的に厳密性を求めるなら、施工時の支持力の確認は実物試験か、またはサンプリングした土を用いた三軸試験結果で得られる c 、 ϕ を用いた計算で行うべきである。しかし、これらは実際的でないので、平板載荷試験などの小規模載荷試験を用いることはやむを得ない。

平板載荷試験は、平板の寸法が極端に小さいので、求められた極限支持力や地盤係数は地盤表層部の特性しか表現できない。また、浅い基礎の支持力試験である。このため、結果の利用に際しては、得られた極限支持力や地盤係数を直接用いるだけでなく、他の情報(柱状図、土質分類、一軸試験結果、三軸試験結果、圧密試験結果)も用いて総合的に判断することが必要である。平板載荷試験結果を直接に用いると、深い基礎や砂質土地盤での浅い基礎では、極限支持力を過小評価して、極端に安全側に判断する可能性がある。また、地盤深部に軟弱層が存在しても把握できないので、逆に危険側に判断する可能性もある。さらに、載荷試験規模が小さくなるほど、排水条件に近づくことにも注意が必要である。

参考文献 1) 建設省: 道路橋示方書・同解説IV 下部構造編, p. 335. 2) 日本道路公団: 構造物施工管理要領, p. 3. 3) 河野ほか: 土の力学(技報堂出版), p. 85. p. 163.

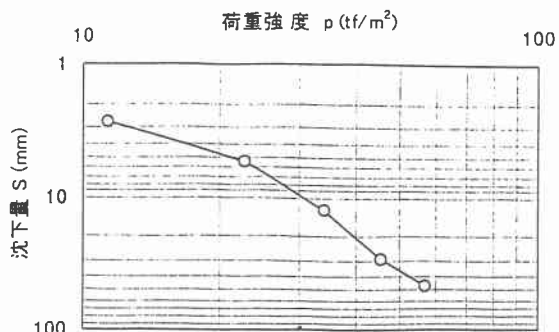


図-3 荷重～沈下関係

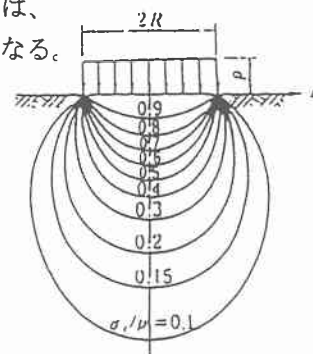


図-4 応力球根(円形等分布荷重)

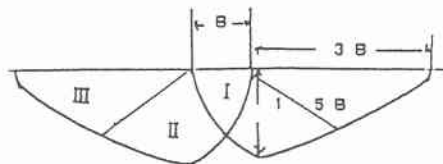


図-5 浅い基礎のせん断破壊線