

北海道開発局土木試験所 正員 逢坂 秀俊
正員 真田 英夫
佐藤 憲一

1. まえがき

多柱式あるいはパイルベント基礎は、地上部に自由長を持ったため、従来のくい基礎に比較してたわみ性の大きな基礎構造であり、水平ねじり抵抗が小さい。軟弱地盤ではこの傾向がさらに助長されるが、今回軟弱地盤（地表面近く、深さ0～6 m、N値0～3、KH値0.1～0.5 kg/cm²、シルトおよび泥炭、深さ6～23 m、N値5～8、粘土、シルト、砂の互層）において、多柱式基礎に関する一連の載荷試験を行なったので、その静的水平抵抗に若干の検討を加えた。

2. 載荷試験結果

図-1のようなくい諸元、配置を持つ群ぐい2基を施工したが、単ぐい、2本組ぐいおよび群ぐいの各々に対して、水平載荷試験を行なった。図-1に示したように、水平荷重を頂版中央（以下、中心水平載荷）と偏心（以下、偏心水平載荷、単ぐいではねじり試験）載荷させており、群ぐいと偏心水平載荷以外は、載荷高さ（ h ）を地表面近くと、4.5 m前後とした場合について、各々試験を実施している。

図-2は、中心水平載荷状態での如女荷重～変位曲線である。図-3は、偏心水平載荷状態でのねじりモーメントと頂版ねじり回転角の関係を示したものである。いずれも荷重として水平力（ H ）および、ねじりモーメント（ He ）をくい本数（ n ）で除した値で比較して示した。この結果、次のようなことがわかる。

(i) くい径の大小による水平抵抗の相違は明確にあらわれており、載荷点の高い位置ほどその傾向は顕著である。（載荷点の低い2本組ぐいの違いがはっきりしないのは、底版が地盤反力の影響を受けているものと考えられる。）(ii) くい頭を剛化した組ぐい、群ぐいは、くい頭自由な単ぐいに比較して水平変位がかなり小さく、その度合はくい径の小さいほど大きい。また、組ぐいと群ぐいを比較した場合、くい配置の影響もあって群ぐいの方が水平抵抗が小さい結果となった。(iii) 各々の試験について塑性変位量を比較すると大きな差は見られなかった。

3. 考察（横方向地盤反力係数（ K_H ）、くい軸方向バネ定数（ K_V ）、せん断地盤反力係数（ K_E ））

一連の載荷試験から単、組ぐいの結果にもとづき K_H 、 K_V および K_E について検討し、その地盤常数を用い群ぐい

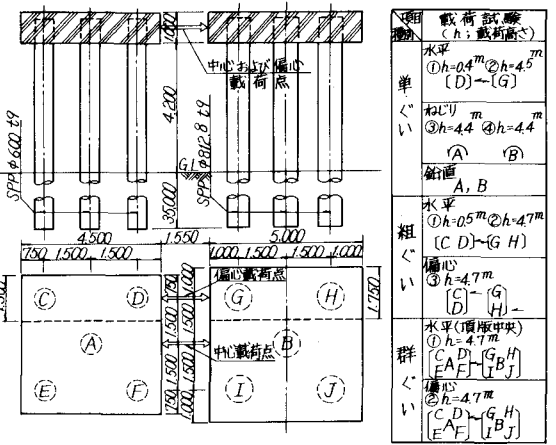


図-1 くい配置と試験項目

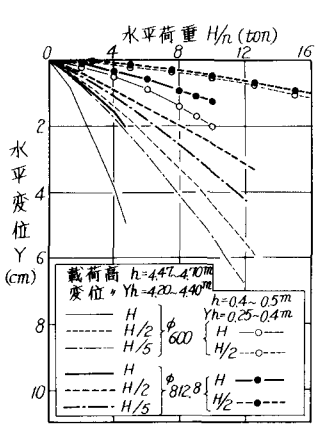


図-2 中心載荷

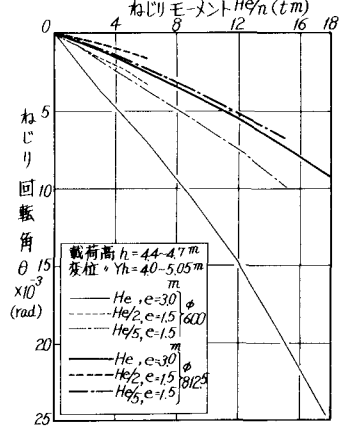


図-3 偏心水平載荷

の挙動を推定し、実測値と対比する方法で検討することとした。

単, 組ぐいの水平荷重と変位の関係から Y. L. chang 式を用い K_H を逆算し、地表面変位 1 cm の値で表わしたのが表-1 である。同表によるとほぼ同一高さによる K_H の比は、組ぐいが単ぐいの 8 割程度で、道路橋下部構造設計指針で示された補正係数より小さい。また載荷が高い K_H は低い載荷点に比べほぼ 6~9 割程度である。

図-4 は、一連の載荷試験の中から単ぐいのおじり試験および群ぐいの偏心水平載荷から逆算した K_t と、地表面における回転によるずれ変位、および鉛直載荷の軸力分布を利用して求めた K_t と、区間の平均沈下量の関係を表わしている。同図から、鉛直載荷と単ぐいのおじり、さらには群ぐいの偏心載荷との各試験から求めた K_t に、ばらつきはあるが程度相関性があることがうかがわれ、その値は変位との関係において逆比例する傾向を有していることがわかる。

また、 K_v をくいの沈下量との関係で表わしたのが図-5 である。通常は図中の地盤の影響係数 (a) は、くい径に対する掘入れ比 (H/D) の関係で評価されるが、載荷試験から求めた K_v は、各々 $a \approx 1$ 附近にある。

以上の各係数を用い群ぐいの挙動を推定するが、 K_H , K_v は、構造的に近似している組ぐいからの逆算値を、また K_t については、一応ばらつきを考慮して群ぐいからの K_t を、各々利用することとした。

群ぐいの中心水平載荷については、組ぐいの逆算 K_H , K_v を利用すると実際の挙動を良く説明できた。偏心水平載荷については、図-6 に結果の一部として頂版の回転角およびくい頭ねじりモーメントを、水平荷重別に実測値と対比して示した。 $\phi 812.8$ に多少実測値との差異が認められるが、変位、傾斜角、および回転角については計算値と実測値がよい対応を示すことがわかった。

このように多柱式基礎の挙動も、既応の資料を活用すればある程度推定可能であるが、各係数の取り扱いに十分注意が必要であり、今後は、各係数の適確な推定精度について検討を加えていく予定である。

4. まとめ

(1) ほぼ同一載荷高さによる K_H は、組ぐいが単ぐいの 8 割程度であることと、載荷点が高い K_H は低い載荷に比べほぼ 6~8 割低減するため、取り扱いに注意が必要と考えられる。

(2) 橋台や長さの異なるくい基礎など、偏心挙動解析が必要なくい基礎もあり、抵抗の小さい多柱式基礎も含めて検討を要するが、適切な K_t を与えるとその挙動は推定できる。また計算に必要な K_t は、鉛直載荷の結果から推定可能と考えられる。

表-1 地表面変位 1 cm の逆算 K_H

くい径	載荷位置	載荷高さ (h)	K_H 値	単ぐい (K_s)	組ぐい (K_g)	K_g/K_s
$\phi 600$	低い (K_{H0})	0.4, 0.5	0.61	0.61	0.67	1.10
	高い (K_{H2})	4.5, 4.7	0.54	0.54	0.43	0.80
	K_{H2}/K_{H0}		0.89	0.89	0.64	
$\phi 812.8$	低い (K_{H0})	0.4, 0.5	0.49	0.49	0.43	0.88
	高い (K_{H2})	4.5, 4.7	0.49	0.49	0.36	0.73
	K_{H2}/K_{H0}		1.00	1.00	0.84	
$\phi 1016$	低い (K_{H0})	0.4	0.67	0.67	—	—
	高い (K_{H2})	4.5	0.40	0.40	—	—
	K_{H2}/K_{H0}		0.60	0.60	—	—

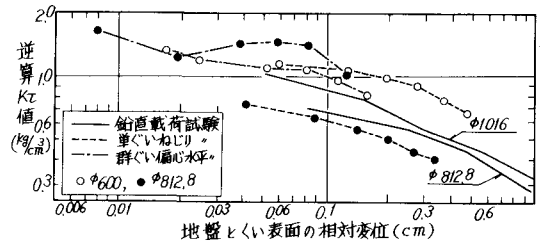


図-4 逆算 K_t と相対変位

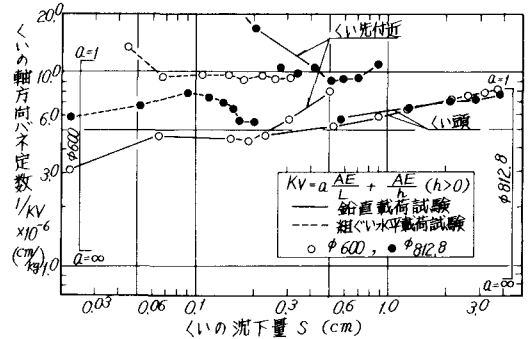


図-5 K_v とくいの沈下量の関係

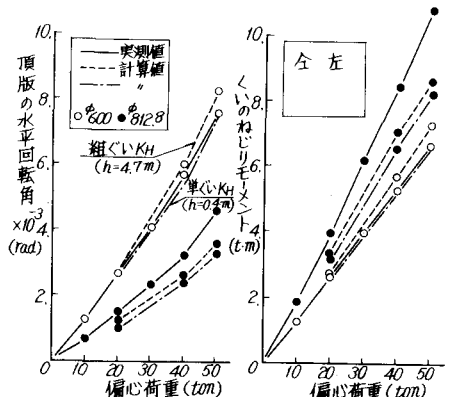


図-6 偏心荷重と回転角およびねじりモーメント