

首都高速道路公団 正員 和田克哉
 (株)建設技術研究所 正員 五十嵐功
 同上 正員 ○松井謙二

1. まえびき

単杭の横抵抗は既往の理論的、実験的研究によりほぼ明らかにされているが、群杭基礎の横抵抗については数多くの研究にもかかわらず、これらの成果より一般的に結果を導くに至っていない。特に突物試験はその実施に莫大の費用を要するところから試験例は少なく、現在のところ実際の群杭効果の程度についてはわかっていないといつてよい。本文は高架橋新設工事(首都高速2号線、オ214工区;昭和41年)における突物載荷試験結果から単杭および群杭の横抵抗に関する若干の考察を試みたものである。

2. 試験概要

構造条件; 上部工は橋長85^mの箱桁3径同連続PC橋であり片桁式架設法により施工、下部工橋脚は断面3.0×3.0^mの鉄筋コンクリート構造、基礎は4.0×25.0^mの場所打ち杭(アースドリル工法)である(図-1)。

地盤条件; 当該地域は東京山の手台地に位置し、杭頭付近は肉束ローム層(洪積粘結性土)に分布している。その変形強度特性は地盤調査よりE=50~100^{kg/cm²}, $\mu=25\%$, C=2~4^{kg/cm²}程度と推定される。

試験結果; 試験はP3橋脚基礎杭における単杭載荷試験(図-1(a), A)およびP2, P4橋脚の中央箱桁部における群杭試験(フラットジャッキ試験, 同(B))に分けられる。前者は基礎杭を全て打設した後、試験杭⑩と⑪の間にジャッキセット(地表面より45^m高)し加圧した。水平荷重は3 cycle, 最大荷重29.5(5^{kg}毎荷重増加)とし、ダイヤルゲージにより各杭の加圧面における水平変位を測定すると共にひずみ計により杭内鉄筋に生ずる応力を測定した(図-2(a), 表-1)。後者は上部工を施工後、中央箱桁部に予め設置されたフラットジャッキを

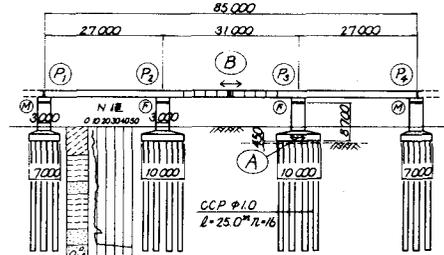


図-1(a) 全体一般図

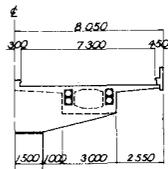


図-1(b) 上部工断面図

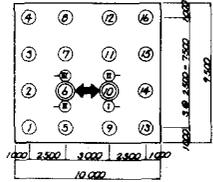


図-1(c) P3橋脚杭配置

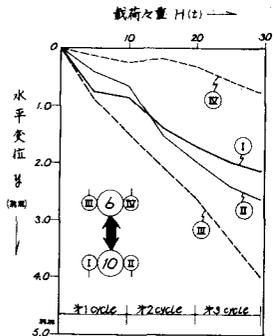


図-2(a) 荷重~変位曲線

表-1 荷重~鉄筋応力

荷重	鉄筋応力σs (kg/cm ²)		備 考
	圧縮側	引張側	
5 ^{kg}	12.3	-11.6	
10	36.9	-34.8	
15	49.2	-34.8	
20	73.8	-46.4	
25	61.5	-81.2	
29.5	61.5	-81.2	

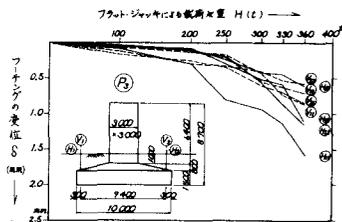


図-2(b) P3橋脚の荷重~変位曲線

次に2Pシテール緊張によつて生ずる計算上の桁の収縮量 10^{mm} に押し拡げられるものである。この場合の所要圧力は桁、橋脚および杭の変形特性より360 ψ を必要とする。このときマイナルゲージにより各橋脚の天端およびP3橋脚フーチング天端の変位(図-2(b))などを測定した。

3. 解析結果

単杭に関する考察; 試験杭に2計測した4組の水平荷重の結果を単体平均(図-3, OPF)し、その荷重-変位曲線により変位量とk値の関係を考察する。この曲線より荷重 $P(\psi)$ と変位 $y(\text{cm})$ の関係を $H=k \cdot y^n$ (k ; パネ定数, ψ/cm^n)とおいて変位 y の指数 n を求めると概略 $n=1.14$ と得る(同、破線)。 $n=1$ であるとこのからこの曲線は $h \sim \text{Chang}$ の式と表わし得るといわれる。次にこの曲線上にChangの地盤反力分布式 $P=k \cdot B \cdot y$ (P ; 地盤反力度, ψ/cm , B ; 杭中, cm)とプロットする(同、破線)と、横方向地盤反力係数 $k=14 \psi/\text{cm}^2$ の場合に実測値と良く一致するといわれる。この結果は載荷試験による変位量が数mmと小さいため地盤の塑性化を無視し得る程度であり、全体として地盤は弾性的挙動をすると思われ得ることを示している。また逆算k値($k=14 \psi/\text{cm}^2$)は一般の築地と粘性土におけるk値や変形係数 E を用いた種々のk値算定式による結果と比べてもかなり大きい(表-2)。これは従来より認められている逆算k値と死荷載試験などによるk値との相違を表わしているといふより、この逆算k値を用いて杭体の鉄筋応力を算定すると実測値の1.4倍以上の応力が得られる。この原因は測定精度にも問題があるがコンクリートの引張抵抗を無視する計算法による誤差と考えられる。実際杭断面を全断面コンクリートに換算した引張応力は実測値にほぼ一致(この場合 $n=6$)する。このことから場所桁や杭において杭の鉄筋応力よりk値を逆算することは無理があると思われる。

群杭に関する考察; フラットジャッキによる最大荷重360 ψ におけるP3橋脚フーチングの変位を慣用法および変位法により計算し、実測平均値と対比するににより群杭効果の程度について考察する。各計算法による結果を表-3に示す。二に鉛直パネ定数 k_v 値($=1050 \psi/\text{cm}$)は実測値より逆算して求めた。この表より①慣用法による水平変位 S_x は、逆算k値によれば測定値の約6割程度であるが、現行の指針式による群杭効果を考慮すれば実測値に近い値が得られる。また②変位法による S_x はフーチング根入部における抵抗を考慮しても無視してもその結果はほとんど変わらず、いずれも実測値にほぼ近似するといわれる。この結果より群杭効果によるk値の低減(低減率 $e_R = k_g/k = 8/14 \approx 0.6$)が示される。この低減率は少くない。ただし表-2に示される設計k値を用いて通常の慣用法により計算する限りにおいては、桁への効果と設計上考慮する必要はないと考えられる。

4. あとがき 実物載荷試験結果より以上の考察が得られたが、①実測値が全般的に小さく測定誤差の影響があると思われる、②今回は水平変位が小さいため地盤の弾性係数と仮定し得た変位量が基準値(1 ψ)程度以上になった場合杭は非線形的挙動をする、③フーチング根入部の抵抗は荷重の大きさと群杭との剛性比によって変わるなどの留意すべき問題も少くない。いずれにしても群杭基礎の横抵抗に関する設計手法の確立のためにも、実物載荷試験のデータは貴重であり今後多くの試験データの収集と解析の蓄積が望まれる。

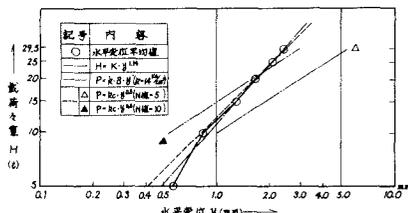


図-3 荷重-変位図

表-2 設計R値

算定式	R値 (%)	備 考	補正係数(25%)	算定式
慣用法	4~8	沈積土の性状との場合		
くい指針	1.5	播磨等郡式 N=5	2	2
Menard	1.0~2.0	測定: $B=100 \text{ cm}$ $E=10 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$	1~3	1~3
吉 中	1.3~2.6	$k=1.2 \cdot B \cdot y$	2~4	2~3

注: 算定式 $R_{as} = R/\sqrt{A}$
 測定式 $R_{as} = \frac{0.16 \cdot R \cdot L}{0.65} = \frac{2.1}{L} \cdot R$

表-3 各計算法による結果

計算法	杭反力(%)		水平変位(mm)	鉛直変位(mm)	回転角(1/100)	備 考
	R_{max}/R_{min}	R_H				
慣用法	16.5	-7	22.9	27.9	0.65	0.75 2.0x10 ⁻⁴ $R=14 \psi/\text{cm}^2$
群杭効果を考慮	"	"	"	32.1	0.98	" " くい指針 P3; $\text{Land } 1/2 \text{ P2}$ $e=0.43$; $R_g=8 \psi/\text{cm}^2$
変位法	17.2	-14	22.5	16.1	0.92	1.12 0.75 2.2x10 ⁻⁴ $R=14 \psi/\text{cm}^2$
換入細根を考慮	17.1	-14	21.8	17.4	0.90	0.75 2.2x10 ⁻⁴ くい指針(改訂版)による換入細根杭; $360 \cdot 21.8 \cdot 16 \cdot 11.2$