

北海道開発局土木試験所

石川 博 文

森 康 夫

1. ま え が き

最近のくい基礎は大径化する傾向にあり、施工法も多様化してきている。これにともない、くい基礎の水平抵抗の評価が非常に重要となってきた。大径ぐいに関しては水平載荷試験の実施例も少なく、水平地盤反力係数 k 値、あるいはこれを用いた水平挙動の適確な推定方法については検討すべき点も多い。このため、本報告ではくい径1m以上の大径ぐいについて行われた6現場の単ぐいの水平載荷試験結果の概要について述べるとともに、水平抵抗の評価法について若干の検討を加えた。

2. 試 験 概 要

本報告で用いたA～Fの6現場のくい諸元は表-1に示す通りである。水平抵抗に影響のある範囲の土質は、Aが岩盤、Bが $N \leq 10$ の細砂、砂レキ層が不規則に堆積した比較的良好な地盤、C、Dが $N \leq 2 \sim 3$ のきわめて軟弱な地盤、E、Fがシルト、粘土、細砂層などが不規則に堆積した軟弱地盤となっている。

試験は2～3サイクルの単ぐいの水平載荷方式であり、くいの水平変位、および深さ方向の曲げ応力を測定して行った。最大荷重および変位は、Aが300tで4.9mm、Bが240tで14.3mm、Cが80tで39mm、Dが50tで40mm、Eが85tで7.2mm、Fが132tで24.5mmとなっている。深さ方向のくいの曲げ応力については図-2(1)～(4)に示す通りである。Dについては鋼管ぐいであり、圧縮、引張応力が近い値であるため、曲げモーメントで表わした。

3. 逆算 k 値および曲げ応力の考察

道路橋示方書で用いられているY.L. Changの式を用い、くい変位より逆算した k 値と、地表面変位との関係を示したものが図-1である。なお、BLは $BL > 2.6$ となっており、無限長ぐいに近い状態にある。図-1において $\log k \sim \log f$ の傾きはいずれも約-0.4～-0.5の範囲にあり、示方書の式 $k = k_0 \gamma^{-1/2}$ とほぼ近い関係にある。また、 k 値の大きさを比較すると、Aは岩盤に打設されたぐいであるため、最

表-1 くい諸元

現場	工 法	E (kgf/cm^2)	くい径 (mm)	I (cm^4)
A	深礎	$E_c = 2.55 \times 10^5$	3000	4.00×10^8
B	PC管	$E_s = 4.0 \times 10^5$	2980	2.30×10^8
C	鋼管	$E_s = 2.1 \times 10^6$	12192	1.16×10^6
D	"	"	1016	6.27×10^5
E	リバー	$E_c = 2.9 \times 10^5$	1500	3.43×10^7
F	"	"	2000	1.02×10^8

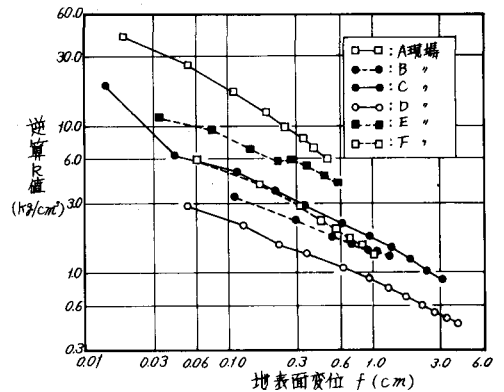
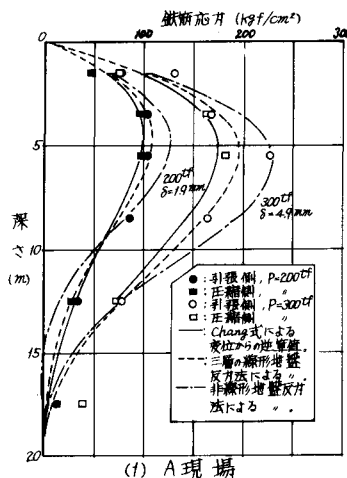
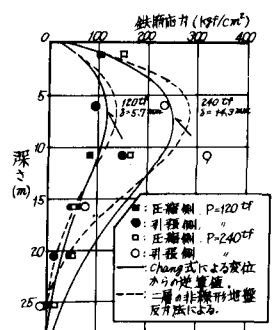


図-1. k 値～地表面変位



(1) A 現場



(2) B 現場

も大きく、DはN値0の軟弱地盤上のくいであるため、最も小さい。BはN≧10の地盤上のくいであるにもかかわらず小さなR値を示しているが、これは施工法に起因するものと思われる。

次に、示方書のchangの式により変位から逆算R値を求め、深さ方向の曲げ応力または曲げモーメントを計算(示方書、PP304~305)したものが図-2である。しかし、A以外では実測値とよい対応を示さない。このため、多層の線形地盤反力法、非線形地盤反力法、複合地盤反力法によって、くい変位から曲げを計算してみた。非線形地盤反力法では、 $P = k_e y^{0.5}$ とし、 k_e を各層ごとに変えた。複合地盤反力法では、塑性領域で $P = a(2C + \gamma x)$ とした。このとき、 $a = 0.8 \sim 1.9$ で、塑性領域の深さは2.0~6.5m程度となった。

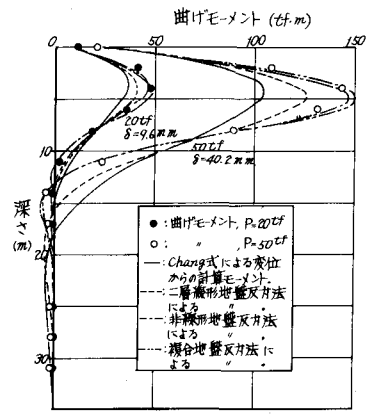
図-2より、岩盤上にあるAは示方書の方法が、さわめて軟弱な地盤上のC、Dは非線形または複合地盤反力法が、不規則に堆積した軟弱地盤上のE、Fは多層の線形地盤反力法が、実測値とよく対応することがわかる。また、Aは変位が小さいため示方書の方法が、C、Dは変位が大きいため非線形または複合地盤反力法が、実測値とよく対応するものと思われる(C、Fは、それぞれD、Eと近い傾向を示すため省略した。)

4. 地盤条件とR値の関係についての考察

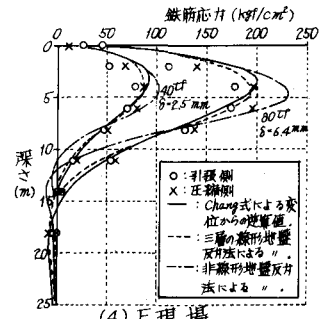
今回の試験結果をもとに、R値とくい径、地盤条件との関係について検討してみた。表-2は示方書のR値推定式 $k_0 = \alpha E_0 D^{-2}$ (P 273、地盤の変形係数とくい径より設計地盤面変位が1cmのときのR値を求める式)を用い、地盤調査から求めた E_0 (または28N)と逆算R値とくい径とから α を計算したものである。また、この α とくい径との関係を示したものが図-3である。表-2より、計算した α は示方書の α より大きくなっていることがわかる。また、図-3より、 α にはかなりのバラツキがあることがわかる。特に、リバースぐいのE、Fは大きな α を、深礎ぐいおよび中掘り式のPCウェルであるA、Bは小さな α を示している。データが少なく、定性的な結果は得られなかったが、R値の大きさは、従来いわれてきた土層構成やくい諸元に影響を受けるばかりでなく、施工法にも深くかかわりあっているものと考えられる。

5. あ と が き

くい変位とくいの曲げとの関係はある程度説明できたが、地盤条件とR値との関係については、施工法などもかわりあっており、定性的な結果は得られなかった。いずれにしても、少ない大径ぐいのデータより結論を出すことには問題があり、今後のデータの拡充を待つ、解析を続けてゆく考えである。



(3) D現場



(4) E現場

図-2 (1)~(4). 各試験の実測および計算曲げ応力

表-2 E_0, k_0 より計算した α

現場	逆算R値 (kgf/cm ³)	E_0 (kgf/cm ²) [N値]	くい径計算 (cm)	α	示方 α
A	3.45	16.8	2700	1.49	0.8
B	1.35	[14]	2980	0.25	0.2
C	1.71	37.7	1219.2	1.66	0.8
D	0.88	7.5	1016	3.75	0.8
E	2.80	12.1	1500	10.27	0.8
F	1.34	6.2	2000	11.49	0.8

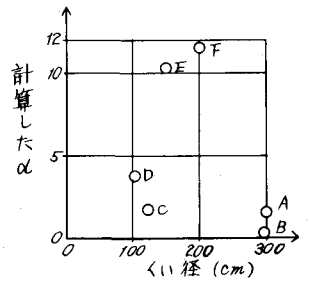


図-3 各現場の α ~くい径