

杭の水平載荷試験について

運輸省四港湾建設局博多港工事々務所 正員

○ 福田伸男

〃

〃

馬渡敦次

〃

〃

川鍋清謙

1. はじめに

運輸省四港湾建設局では、博多港須崎地光に(図-1)外貿専用岸壁3バースと鋼管杭橋式10.0米岸壁(昭和39年度～昭和41年度)として設計、施工した。この設計に当り杭の挙動について不明の点が多く種々の仮定を逐て断面を決定している現状である。そこで杭の挙動を適確に把握し、岸壁の使用上万全を期し、ひいては杭設計法の開発に供する為、打込試験、垂直試験、水平試験等の一連の載荷試験を実施した。本報告は、そのうち水平力による杭と地盤の抵抗力と解析しにものである。

2. 主な設計条件

- (1) 水深-10.0米
- (2) 地震強度 水平0.05 垂直0.0
- (3) 対象船舶 15,000 DWT
20,000 DWT
- (4) 接岸速度 10 cm/sec
- (5) 上載荷重 ニューマー950
トレーラー46.5t
T-20

- (6) 水平力 1ブロック4ラーメンである。1列に最大19t
- (7) 土質 試験と行つた附近の土質の1例と示せば図-2に示す通りで-18m～-20m附近で、基盤である頁岩層に達している。他の箇所は柱状図も良く似ている。

- (8) 杭の諸元 杭は図-3に示す通りで海側からNo.1 No.2 No.3 No.4と名づけ詳細は表-1の通りである。

杭	上杭長	下杭長	全長	径	地上	地下
	(m)	(m)				
1.	17.0	7.0	24	70	11.8	12.2
2.	11.0	9.5	20.5	70	10.6	12.4
3.	17.0	6.0	23	70	10.6	12.4
4.	11.0	9.5	20.5	70	10.6	12.4
5.	15.4	7.0	22.4	65	9.3	13.1
6.	11.0	9.5	20.5	70	10.6	12.4
7.	16.6	6.0	22.6	60	7.2	15.4
8.	11.0	9.5	20.5	70	10.6	12.4

表-1. 杭の諸元

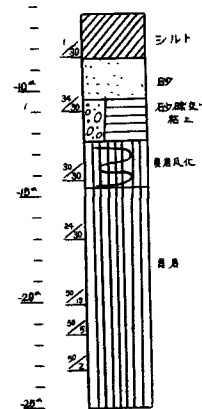


図-2 土質柱状図

3. 測定方法

水平載荷試験は、鉛直単杭及び鉛直群杭の場合について、各々杭頭変位、ひずみと測定した。載荷方法は図-3の様にH型控え杭を設置し、スタンドと取付、ジャッキ方式により荷重を昇降させた。

荷重伝達は、 $\phi 42mm$ の高張力タイロッドで行い、杭直前に荷重計と取付杭頭水平力とした。杭頭変位は、試験杭の影響を受けないように考慮して基準杭と設置ダイヤルゲージ(軸長50mm 精度1/100mm)にて測定、杭の各点応力は、ワイヤゲージと鋼管に貼付、歪と電気抵抗として静歪指示計で測定した。

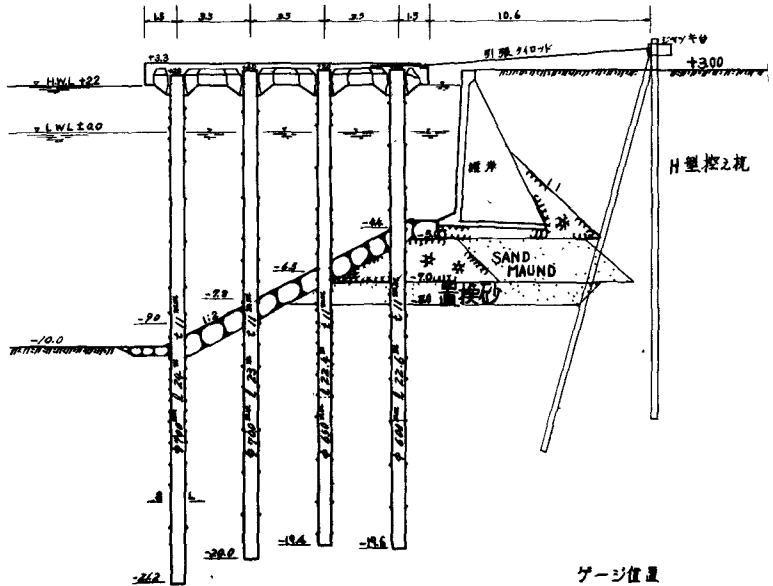


図-3. 博多港須崎小瀬-10m岸壁水平載荷試験断面図及びゲージ貼付位置

4. 杭の横抵抗の計算

棧橋の設計計算には、地盤における杭の支承状況ならびに杭の横

方向抵抗力はChangの方法を用い、地盤反力係数K値は、N値30として 6.0 kg/cm^2 と採用していた。杭の横抵抗に関しては、種々の研究結果が発表されているが、今回の解析にあたっては数学的に取扱いが容易なChangの方法で行った。

(1) 単杭の設計々算式 (Changの方法) 図-4

a. 頭部水平変位
$$y = \frac{H}{6EI\beta^3} \{ \beta^2 x^2 + 3\beta h x^2 - 3\beta(1+2\beta h)x + 3(1+\beta h) \} \quad \beta = \sqrt[4]{\frac{E_s}{4EI}}$$

b. 歪
$$M = -\frac{HE_s x}{\beta} \{ \beta h \cos \beta x + (1+\beta h) \sin \beta x \} \quad \varepsilon = \frac{M}{EI} \cdot \frac{D}{2}$$

(2) 群杭の設計々算式 (Changの方法) 図-5

a. 頭部水平変位
$$y = \frac{H}{12EI\beta^3} \{ 2\beta^2 x^2 - 3(1-\beta h)\beta^2 x^2 - 6\beta^2 h x + 3(1+\beta h) \}$$

b. 歪
$$M = -\frac{H}{2\beta} \{ 2\beta x - (1-\beta h) \} \quad \varepsilon = \frac{M}{EI} \cdot \frac{D}{2}$$

5. 測定結果

(1) 単杭測定結果 (図-4)

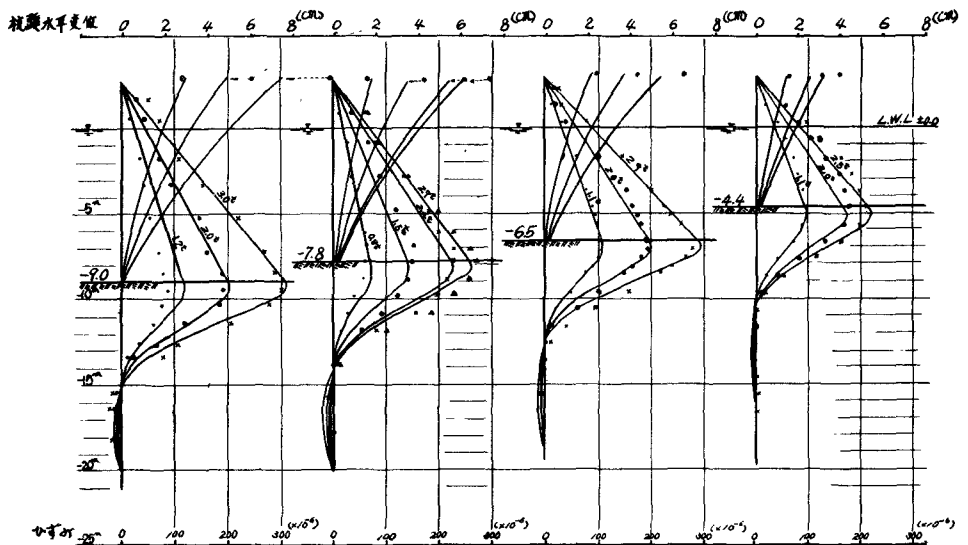


図-4 単杭測定結果と地盤反力係数 6.0 kg/cm^2 の計算値

(2) 群杭測定結果 (図-5)

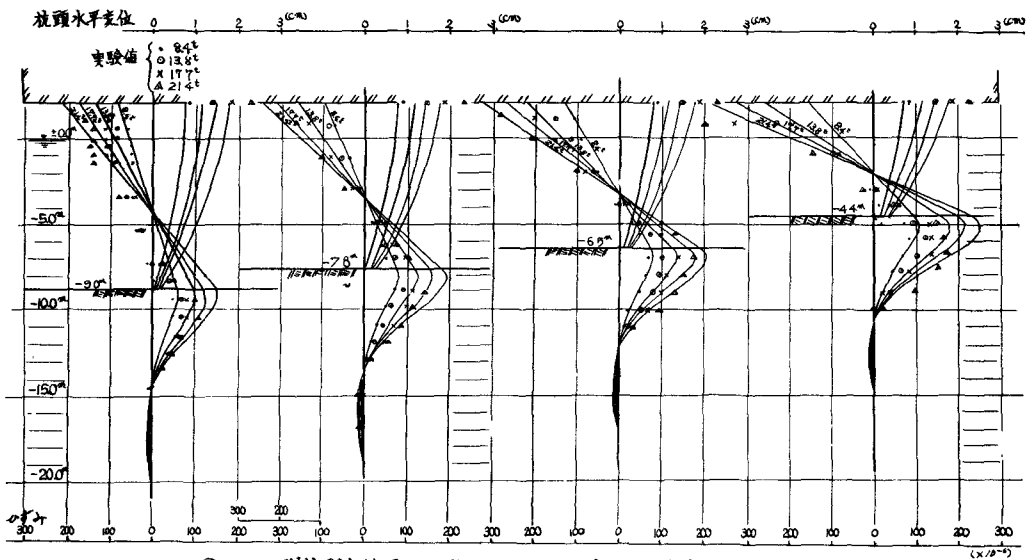


図-5 群杭測定結果と地盤反力係数 6.0 kg/cm^2 の計算値

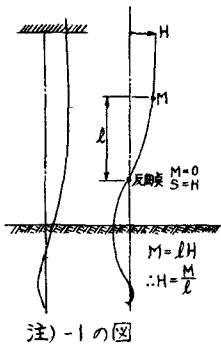
6. 単杭測定結果からK値の推定

図-4によれば、曲げ応力度については、 $K = 6.0 \text{ kg/cm}^2$ を採用した場合の計算値と測定結果とは

略ね類似の傾向がみられるが、杭頭変位については大きく両者は異っている。Kの曲げ応力度に及ぼす影響はK値に比例し、杭頭変位にはK値できくので、ここでは単杭測定水平力及び頭部水平変位のデータから Chang の方法によりK値と逆算すると図-6の通りである。

7. 群杭測定結果からのK値の推定

曲げ応力の測定結果から群杭の各々の杭頭水平力と計算し、これと杭頭変位から Chang のす法によりK値と逆算すると図-7の通りである。



注)-1の図

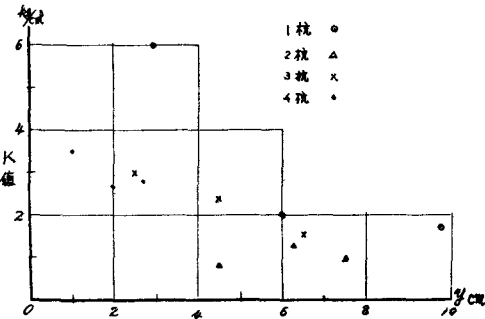


図-6. 単杭測定結果からのK値

注) 曲げ応力観測結果から杭頭水平力の計算方法は、注-1/図の通りである。

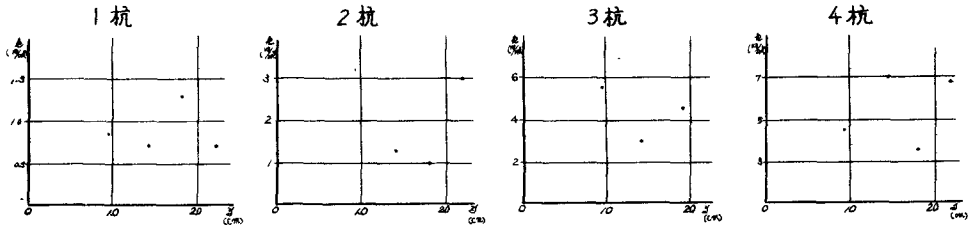


図-7 群杭測定結果からの各杭K値

8. 群杭で地盤反力係数Kが一定と仮定した場合のK値の推定

単杭としての杭頭変位より水平力と逆算し、地盤反力係数を一定と仮定して、群杭の杭頭変位とK値との関係と Chang の方法で理論的に求め(図-8)、この曲線を用いて杭頭変位の観測結果からK値と逆算すると図-8の如くである。

9. 考察

当初栈橋の設計では、K = 6と仮定して計算を行ったが、今回の荷重試験によると試験荷重の範囲においては(1)、単杭の場合にはKは杭頭変位の増大につれて減少の傾向にあり、大体1.0〜2.5 範囲にあると推定される。(2)、群杭の場合には、7の方法によってK値と推定すると非常なばらつきがあったが、これは反曲点の位置の推定の誤差、ひずみの観測値の誤差等が累積しにためと考えられる。したがって、8の場合の如く、K値を一定と考えて群杭の観測結果から Chang の方法によりKと推定すると、K = 1.6〜2.0の範囲に分布しており、単杭の場合と近似している。

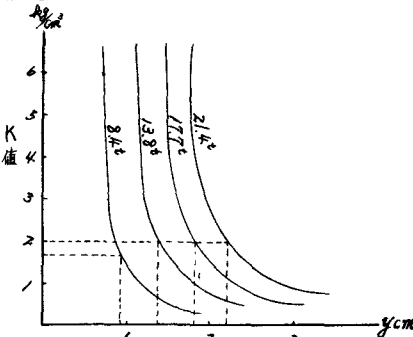


図-8 群杭地盤反力係数K値が一定の時

この報告を发表するにあたり、九州大学小坪先生の御助言に対して、深く感謝する。