

背後に基礎杭を有する矢板壁に関する研究

志村正吾

1. はしがき

近年、船舶の大型化に伴い、けい船岸の所要水深も増加の傾向にあるが、大型矢板岸壁の場合、背後の土圧に対し、壁体の断面が不足することがある一方、壁背後にクレーンの基礎杭などが打込まれることがしばしばある。このような構造型式の時、矢板背後の基礎杭が矢板に働く土圧の一部を分担し、壁体の負担を軽減する筈であるが、その分担割合については、影響を及ぼす要素が種々あり、未だ明確にされていない。そこで、この問題について、条件を極めて単純化し、2, 3 の実験^{(1), (2)}を行って来たが、本論文においては、前面しゅんせつ型の、タイロッド式矢板壁において、背後の杭の配列を種々変化させた場合、矢板と基礎杭との土圧分担がどのように変るかを、模型によって実験的に考察した結果について報告する。

2. 実験装置及び実験方法 (図-1 参照)

i) 砂箱; 内法寸法長さ 1500mm, 巾900mm, 高さ900mmの木製箱を用い, 箱の内側には, 砂との摩擦を少なくするために鉄板を張った。

ii) 実験に用いた砂; 土粒子比重2.65, 有効径 0.4mm, 均等係数 1.6 の砂を用い, その単位体積重量はゆるづめ状態で, $1.4\text{g}/\text{cm}^3$, 密に詰めた場合 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$, また, その内部摩擦角はゆるづめ状態で約 30° , 密の状態では約 35° であった。

iii) 矢板; 模型矢板としては, 厚さ約3.2mmの鉄板を用い, 側面の摩擦の影響をなるべく少なくするために, 巾400mm, 100mm, 400mm の3枚に分け, 中央の巾100mmの鉄板に図-1(C)の如く, 25mm~50mm間隔に電気抵抗線ひずみゲージを表裏両面に貼布した。また, この模型矢板

の曲げ剛性は, 実測の結果, $EI=6.11 \times 10(\text{kg}\cdot\text{cm}^2/\text{cm})$ であった。

iv) 杭とその配列; 杭としては直径 $a=6\text{mm}$ の鉄筋を用い, 杭の列数 n , 矢板と第一列の杭との間隔 X , 杭間隔 Y を種々に変化させた。

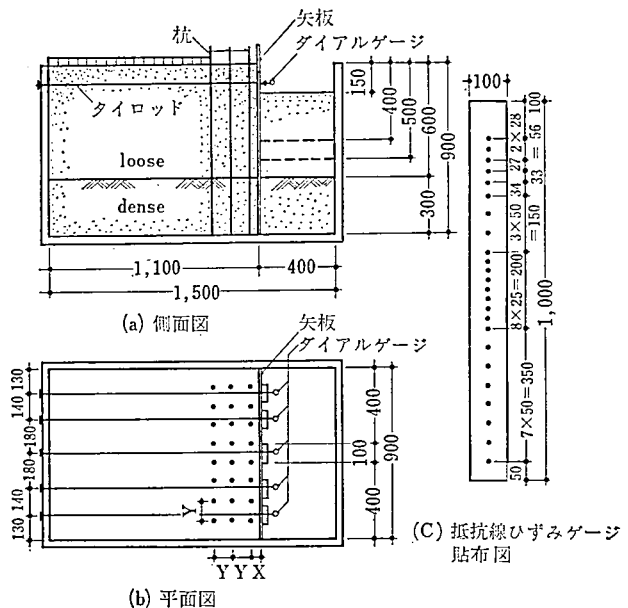


図 1

v) タイロッドその他；タイロッドとしては、直径 6mm の鉄筋を 5 本用い、アルミニウムアングルを腹起しとし、タイロッド緊張によるタイロッド取付点での変位は、ダイヤルゲージにより測定した。

vi) 実験方法；a) 矢板及び杭を所定の位置にセットする。この場合矢板上端は仮止め、杭は上下端共固定する。b) 底から 30cm の高さまで砂を入れ、バイブレーターで締め固める。c) 高さ 80cm まで砂を填充する。d) タイロッド、ダイヤルゲージを取りつける。e) 抵抗線ひずみ計の零点調整を行う。f) タイロッドを 20/100mm 緊張し、ダイヤルゲージの読み、矢板の曲げひずみを測定する。g) 背面に高さ 10cm 更に裏込めを行う（全長 $H=90\text{cm}$ ）。その際各メーターの読みをとる。h) 受働側を裏込め表面より $z=40\text{cm}$, 50cm , 60cm と掘削し、各掘削段階で各メーターの読みをとる。i) $z=60\text{cm}$ 掘削での曲げひずみ測定後、裏込め表面にコンクリートブロックを載せ、（換算上載荷重 $w=56.1\text{g/cm}^2$ ）矢板の曲げひずみを測定する。以上で一回の実験を終了するが、同一条件での実験を 3 回行って、得られた結果を単純平均した。

3. 実験結果とその考察

図-2 に背後に杭のない場合の各掘削段階における矢板壁の曲げモーメント図を示す。また、この曲げモーメントを図式微分して、せん断力図、土圧図を求めたものの一例を図に示した。本図は掘削深さ 50cm ($\alpha=z/H=0.56$) についてのものであるが、この場合、最

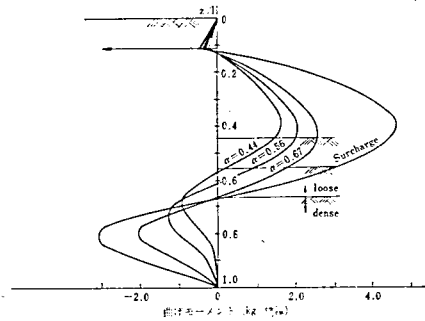


図 2

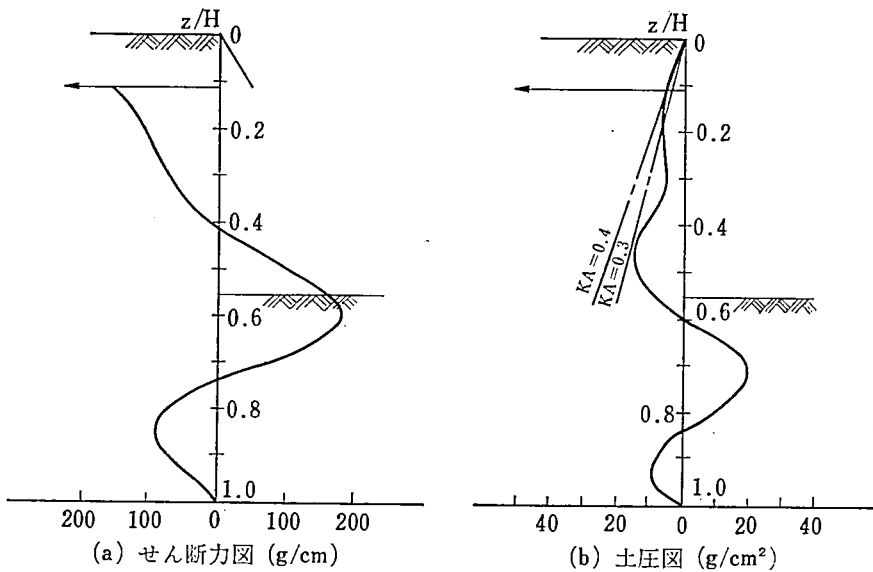


図 3

大曲げモーメントは裏込め表面から $z=37\text{cm}$ の深さに生じ、その値は $M_0=2.10\text{kg-cm/cm}$ であった。また、tie-rod 張力は、図-3 (a)より $T=206\text{g/cm}$ である。これらの値を現在提唱されている各種設計法によるそれらと比較してみると、free earth support 法によれば、 $M_0=3.55\text{kg-cm/cm}$ 、 $z=36\text{cm}$ 、 $T=254\text{g/cm}$ 、fixed earth support 法では、 $M_0=2.98\text{kg-cm/cm}$ 、 $z=34.4\text{cm}$ 、 $T=231\text{g/cm}$ 、P.W. Rowe の方法によると、 $M_0=2.28\text{kg-cm/cm}$ 、 $z=37\text{cm}$ 、 $T=268\text{g/cm}$ 、Tschebotarioff の方法によれば $M_0=1.87\text{kg-cm/cm}$ 、 $z=30.4\text{cm}$ 、 $T=183\text{g/cm}$ となり、free earth support 法による値は、従来いわれている通り、矢板壁のようなたわみ性の壁に対しては、安全過ぎる値を与えるということがこの実験結果からも確認できる。

つぎに、矢板壁背後に杭がある場合の、各掘削段階及び載荷時における矢板壁の曲げモ

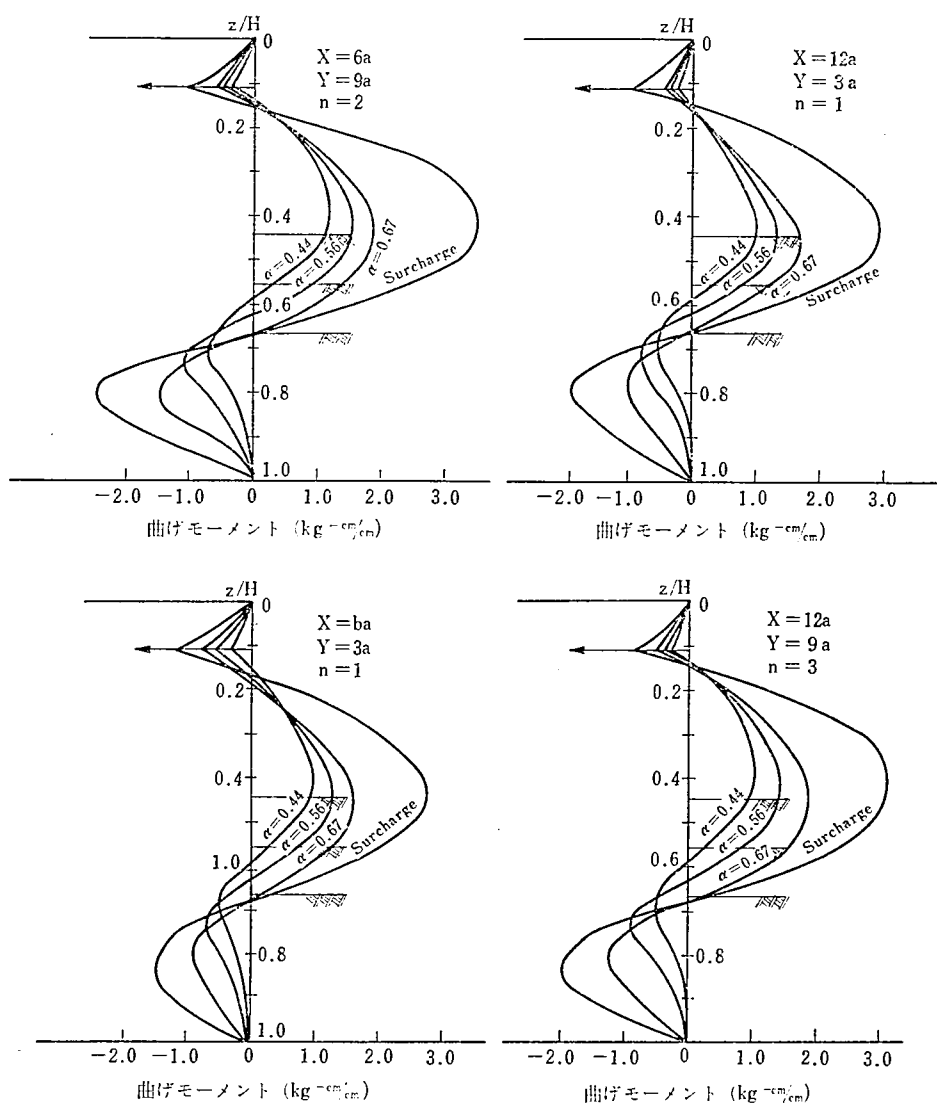


図 4

ーメント図を図-4 に代表的な例のみ示した。

これによると、矢板壁背後に杭が密であればある程、また同じ配列でも杭が壁に接近していればいる程、矢板壁の最大曲げモーメントは減少していることがわかる。このことは、換言すれば、矢板壁に作用する土圧の一部を、壁背後の杭が分担し、壁体の負担を軽減する結果、矢板の最大曲げモーメントが減少したと考えられる。そこで、矢板壁と杭とが背後の土圧をどのような割合で分担しているかを調べたのが図-5 である。この図は、Tschebotarioff の提案⁽⁹⁾に従って矢板壁と背後の杭との曲げ剛性 (EI) の比と、両者の土圧分担の比とを全測定値について示したものである。ここで M_0 は杭のない場合の矢板壁の最大曲げモーメント、 M_s は同一条件での杭のある場合の矢板壁の最大曲げモーメント、 $E_s I_s$ は矢板壁の単位巾当りの曲げ剛性、 $E_p I_p$ は杭の単位巾当りの曲げ剛性即ち杭一本当りの曲げ剛性を杭の列数倍し、杭間隔で割ったものである。

この図によると、かなりのばらつきはあるが、傾向としては、矢板壁と背後の杭との曲げ剛性の比で土圧を分担させると、やや危険側の値を示すといえることができる。これは、矢板壁に極めて接近している杭も、壁からやや離れて打ち込まれた杭も、土圧の分担に関しては同程度の分担能力を期待している為と考えられる。しかし、実際には充分な根入長を有する杭においては、矢板壁に近接している杭の方が、壁から離れている杭よりも、より土圧分担に寄与し得ると考えられる。このような考えに基づいて、矢板壁のしゅんせつ面より発生する主働崩壊面を考え、この崩壊面より上にある部分の杭のみが矢板に作用する

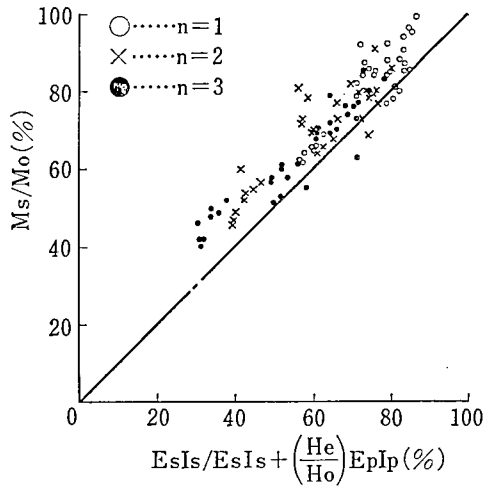


図 5

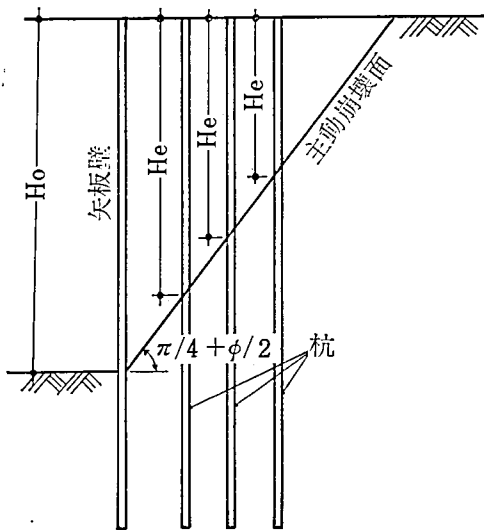


図 6

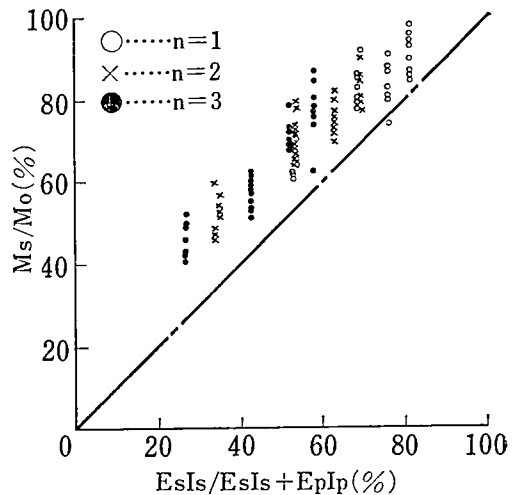


図 7

土圧を分担するとする。すなわち、図-6において、 H_0 を裏込め表面からしゅんせつ面までの深さとし、簡単のために上り線を直線として、 H_0 の深さから画いた主働崩壊面より上の杭の部分 H_e のみが土圧分担に関与すると考える。そして、曲げ剛性 $E_p I_p$ を $(H_e/H_0) E_p I_p$ で置き換えて図-5と同様なグラフを画くと図-7の如くなる。この図を見ると、図-5と同様なばらつきはあるが、かなり $M_s/M_0 = E_s I_s / E_p I_p + (H_e/H_0) E_p I_p$ の直線上に乗っていると考えられる。但し、直線よりやや上側に実験結果が位置しているのは、矢板壁と第一列の杭列との間隔 X が広く、従ってこの部分にある土圧（恐らくサイロ土圧の如き分布を示すであろう）が無視し得ない程度に大きい為であると考えられる。しかし、実際の矢板壁においては、クレーンの基礎杭、棚の基礎杭などは極めて矢板壁に接近して打ち込まれる場合が多く、その為、工学的な精度を考えれば、矢板と杭との土圧分担の割合は、杭の有効長を考慮した両者の曲げ剛性の比で配分されると考えても良いと思われる。

4. む す び

以上、前面しゅんせつ型のタイロッド式矢板壁において、壁背後に打ち込まれた杭と矢板壁との土圧分担の割合が、さまざまな杭の配列によって、どのように変るかを模型実験によって調べた。その結果、杭の有効長を考慮した両者の曲げ剛性の比で、土圧は分配され得るという結論を得た。但し、本実験における杭は、すべて格子状に配列したものであり、これを千鳥状に配列した場合などには、また異なった結果が得られる可能性があり、今後の研究課題である。

参 考 文 献

- (1) “矢板壁とその背後の杭との土圧分担について” 第1～3報 土木学会年次学術講演会
- (2) “Model Tests on the Relieving Effect of Piles behind a Flexible Bulkhead.”
都立大学工学部研究報告 No. 14. 1964
- (3) G. A. Leonards “Foundation Engineering” McGraw-Hill, 1962.