

クロスロック岸壁に作用する揚圧力（模型実験）

山 本 忠 幸*・小 川 元**

1. 研究目的

近年、消波型護岸あるいは岸壁がしだいに実用に供されるようになり、その水理特性に関する研究も多く報告されているが、岸壁上部床面に対する波力による押し上げ力（以下揚圧力という）についてはまだあまり研究が進められていない。本研究はその点についての実験的研究であって、写真に示すような長方形中空式のコンクリートブロック（クロスロックと称する）を積重ねて鉛直式岸壁を造った場合、その上面被覆が波力によってどの程度の揚圧力を受けるかを解明することを目的としている。

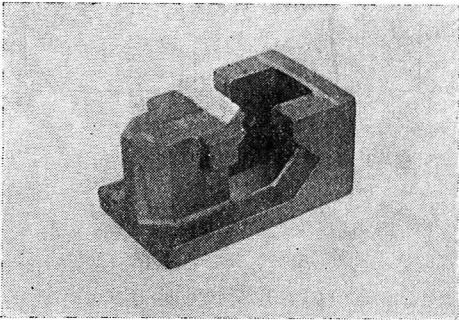


写真-1 クロスロック

2. 研究概要

(1) 実験

図-1 のような装置で、岸壁上面に被覆をおいた場合の揚圧力を測定し、同時に被覆を除いた場合の越波量をも測定して、両者の関連を併せて考察する。

模型ブロックは幅 6 cm×高 5 cm×長 10 cm で、空隙率 53%、実物の 1/50 とし、たて継手を千鳥として図-1 のように組立てる。水槽は長 7.0 m×幅 4.0 m×深 0.5 m の平面水槽で、模型岸壁の長さは 60 cm（ブロック模型 10 個並列）とし、水槽中央部 60 cm を導波板で仕切って造波水路とした。造波機はフラップ型で、実験ケースはフルード則によって 表-1 のようにとる。

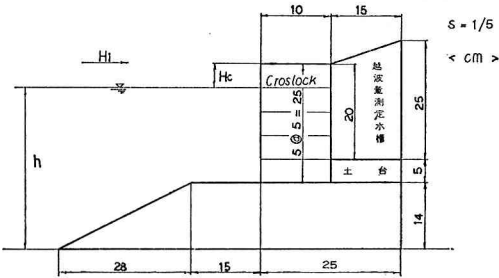


図-1 模型岸壁と越波量測定装置

表-1 実験条件

実験種別	揚圧力, 越波量
入射波高 H_t (cm)	2, 4, 6
周期 T (sec)	0.71, 0.85, 1.13, 1.41
水深 h (cm)	32, 34
天端高 H_c (cm)	2, 5, 7
波形勾配 H_t/L	0.0180~0.0558
相対天端高 H_c/H_t	0.33~3.5
相対水深 h/L	0.145~0.436

揚圧力の測定は模型岸壁上面に、模型と同平面積の金属板の蓋をおき、これが揚圧力によって後方に移動転落する時の金属板重量を岸壁平面積で割って求める。

越波量は、岸壁背面に密着して、図-1 に示すようなトタン製ますを天端高を一致させて沈め、これにはいる水量を測定した。

(2) 解析

a) 越波量

1 波長当り、岸壁単位長当りの越波量を Q とすれば、 Q の無次元表示は一般に次のように表わされる。すなわち、1 波長当り、波峰線の単位長さ（単位幅）当りの岸側に輸送される水量と越波量との比として

$$\frac{Q}{H_t L / 2\pi} = \frac{2\pi Q}{H_t L} \dots\dots\dots (1)$$

ただし

Q : 1 波長当り、岸壁単位長さ当りの越波量
 $H_t L / 2\pi$: 1 波長当り、単位幅当りの岸側に輸送される水量

* 正会員 工修 日本大学助手 理工学部交通工学科
** 正会員 工博 日本大学教授 理工学部交通工学科

H_i : 模型岸壁前面の進行波の波高, 実地に適用する場合には相当沖波波高 H_0' となる。

なお模型は長さの縮尺 1/50 であるので, 単位幅は実物の 1 m に対して 2 cm となる。

つぎに越波量に影響を与える無次元量をとると次のようになる。

$$\frac{2\pi Q}{H_i L} = f\left(\frac{H_0}{H_i}, \frac{H_i}{L}, \frac{h}{L}\right) \quad \dots\dots\dots(2)$$

式(2)中の3個の無次元量のうち, 波形勾配 H_i/L と相対水深 h/L の影響を見るために, 相対天端高 H_0/H_i および H_i/L のほぼ一定値をとって, その場合の式(2)左辺の実測値と h/L との関係をグラフで検討してみると, 顕著な影響が認められない。同様に h/L の一定値に対して, H_i/L と左辺との関係をしらべると, これも大きな影響がない。よって式(2)左辺は H_0/H_i のみに一義的に関連すると考えて, すべての実測値を H_0/H_i の関数として整理することにする。元来, 測定カ所の波高に対する越波量を実測しているのであるから, h/L はこの場合, 理論的にも関連がない。

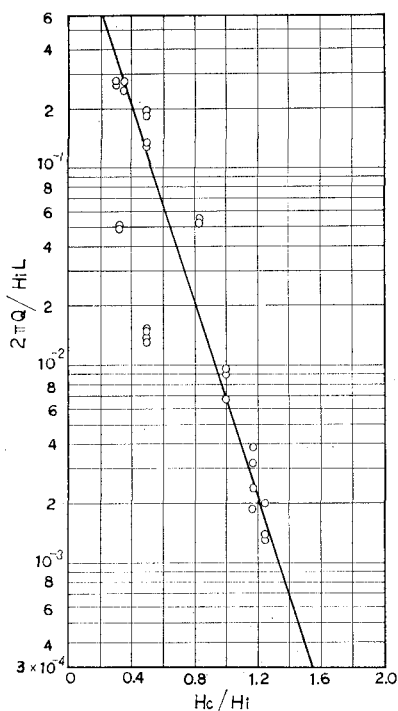


図-2 無次元越波量

以上によって, 全実測値を片対数グラフに描点すると, 図-2 となる。次に 図-2 を, 有次元のグラフに描きなおしてみると, 図-3 となる。図-3 では 図-2 の H_0/H_i の代わりに, 横軸に相対波高 H_i/H_0 をとっている。これは実地の便を考え, 天端高を基準にして, 襲来する波高をとったものである。また縦軸は 1 波長当り,

岸壁長さ 1 m 当りの越波量 (Q) を表わす。この図より, $H_i/H_0 < 1.0$ すなわち, 波峰高が天端高の 1/2 以下になると越波量は急激に少なくなる。逆にいえば, 波峰高が天端高の半分をこえと, 急に越波量は増加し, その関係は片対数グラフとなる。また波形勾配が緩な方が越波量は多くなる。

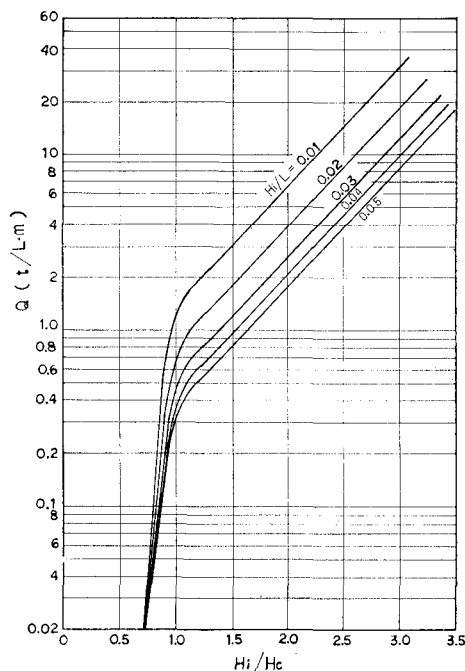


図-3 1 波長当り, 岸壁 1 m 当り越波量

b) 揚 圧 力

波が壁体に当たった時に起こる揚圧力は, 波によって起こる水面付近の水粒子の移動速度, すなわち波峰付近での水粒子の水平速度によって起こると考えられる。すなわち, 揚圧力は波頂が壁体に衝突した時, 波頂の水平流速が垂直上向き流速に変ることによって起こるものである。

水粒子の移動速度は, 微小振幅波理論によると深水波, 浅水波にかかわらず次のように表わされる¹⁾。

$$u \propto \frac{\pi H}{T} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ただし

u : 水平方向移動速度

水平移動速度 u の水が壁体に衝突して上向きに方向を転じ, それが壁体上面まできた時の残存運動エネルギーが揚圧力に変ずると考えられるので, 運動エネルギーを水頭で表わし $u^2/2g$ とする。これに式(3)を代入すると,

$$\frac{u^2}{2g} \propto \frac{\pi^2 H^2}{2g T^2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式(4) は水粒子の持つ速度水頭であり、右辺はこれを波高、周期で表わしたものである。

次に壁体上面における揚圧力は天端高によって影響を受けることは明らかであるから、式(4) と天端高との比をとると、これは天端高の位置における揚圧力の無次元表示と考えることができよう。すなわち

$$\frac{u^2/2g}{H_c} \propto \frac{\pi^2 H_i^2}{2gT^2 H_c} \dots\dots\dots (5)$$

ただし、式(4) の H を H_i におきかえる。

一方測定した揚圧力を p (g/cm²) とし、これを圧力水頭で表わせば、 p/w_0 (w_0 は海水の単位容積重量) これを無次元化するため波高との比をとると

$$\frac{p}{w_0 H_i} \dots\dots\dots (6)$$

式(6)は揚圧力の実測値を無次元表示したものである。

よって式(5) と式(6) は密接に関連すると思われるので、両者のグラフを描くと 図-4 となる。図-4 は本クロスロックの持つ特性であると考えられる。図-4 から定性的に次のようなことがいえる。揚圧力は波高の増大、周期および天端高の減少に応じて大になる。

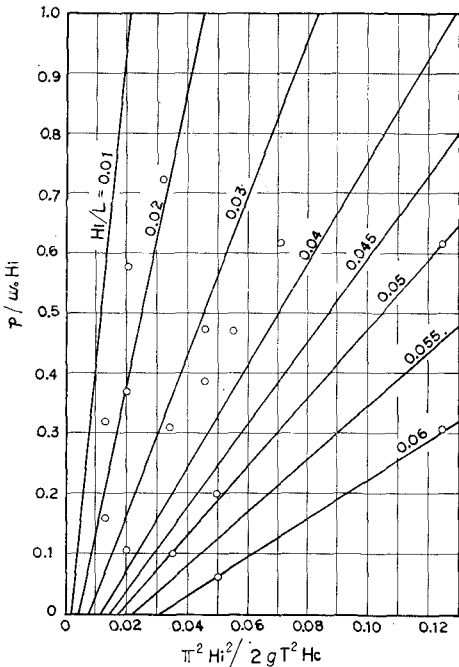


図-4 揚圧力指標

次に 図-4 を実地の揚圧力を与えるように描きなおすと 図-5 になる。この図でも越波量の場合と同じく、天端高に対する相対波高を横軸にとってある。縦軸にはクロスロック平面積全面に均一に揚圧力が作用するとした場合の圧力度 p (t/m²) をとってある。図-5 から次のようにいえる。揚圧力は相対波高に比例して増大する。

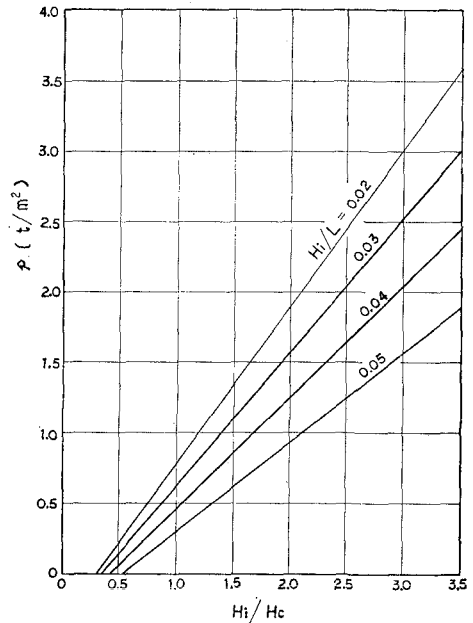


図-5 揚圧力実用計算図表

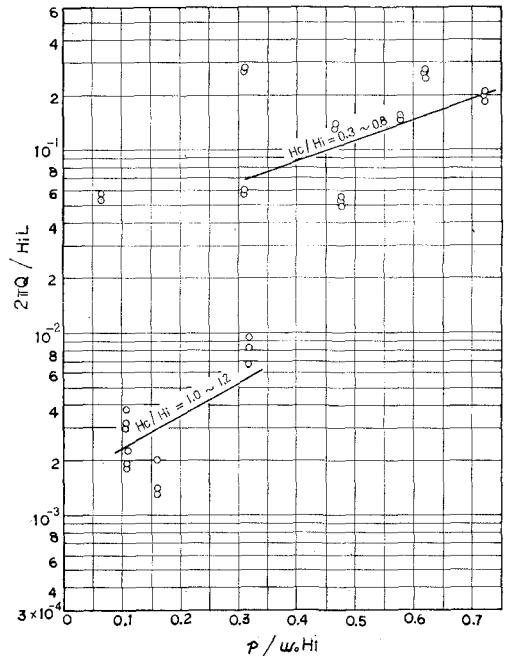


図-6 揚圧力と越波量との関係

相対波高が 0.5 (波峰高が天端高の 1/4) 以下になると、揚圧力は作用しない。また波高が同じならば、揚圧力は波形勾配が緩であるほど大きい。

c) 揚圧力と越波量との関連

越波量も揚圧力も一義的には波高に対する相対天端高によって支配されるのであるが、結果から見れば越波量と揚圧力とはかなりの相関があると考えられる。よって

両者の関係をグラフに描いて見ると 図—6 のようになる。両者とも天端高が低ければ値は大に、天端高が高ければ値は小になるので、 H_c/H_i の範囲によって関係直線の存在領域が異なって、グラフは 図—6 のようになる。

3. 結 論

以上によりクロスロック岸壁に作用する揚圧力と越波量について次のような結論を得た。

(1) 揚圧力も越波量も H_i/H_o に一義的に関連して、 H_i/H_o の増大とともに増加する。

(2) 揚圧力は H_i/H_o に対して正比例の関係となるが、越波量は片対数の関係で急激に増加する。

(3) 揚圧力も越波量も、波形勾配が緩な方が大にな

る。

(4) 揚圧力も越波量も $H_i/H_o < 1.0$ になると急激に小さくなる。

(5) 越波量と揚圧力との間に一義的な関連は見出されないが、 H_c/H_i のある範囲ごとに 図—6 のような関係が求められた。

謝辞：本研究の実験について、昭和54年度本学部卒業生、浅野泰彦、金田明也、谷川有司の諸君に協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 土木学会編：『水理公式集』，pp. 75~78.