

有孔壁における水撃圧の低減効果に関する実験的研究

奥 蘭 英 明*・牛 房 幸 光**

1. はしがき

最近、種々の透過性構造物が研究開発されるようになり消波性能については数多くの成果が得られている。しかし、実際にこの種の防波堤を施工する場合、碎波力に対する検討は不可欠であり、その波圧は従来の不透過防波堤とはかなり異なったものになることが予想される。

そこで著者らは先の研究¹⁾において、遊水部をもつ有孔壁防波堤に碎波が作用する場合について検討を行い、有孔壁の壁厚と空隙率、および全堤体幅を適当に選ぶことによって全波力は有孔壁に対するものと不透過壁に対するものとに二分することが出来ること、また、不透過防波堤に比較して波力を著しく低減出来ることを示した。

ここではさらに進んで、有孔壁そのものに碎波が作用する場合について詳しく基礎的研究を行なおうとするものであるが、実際に碎波を作用させたのでは再現性に乏しいため、有孔壁に水塊を衝撃的に作用させる方法により有孔壁による水撃圧の低減効果を明らかにしようとしたものである。

その結果、碎波が作用した場合と同様な衝撃的な圧力時間波形が安定して得られ、本実験方法は有孔壁防波堤に碎波が作用する場合の基礎的研究に有効であることが分った。

また、有孔壁は水撃圧低減に有効であり、実際施工される程度の空隙率において、その圧力低下の割合はその空隙率の値よりも大きくなることが分った。

2. 実験装置および方法

図-1 のような長さ 8.0 m の一部が傾斜したレール上を走る台車の上に、水塊をいれる枠(A),(B)と前面を厚さ 0.24 mm のゴム膜と金網により垂直にした直方体の水塊を載せ、台車後部とレール端をクレモナロープで結び、台車を適当な高さに静止させる。

次に、斧でクレモナロープを瞬時に切断し台車を発進させる。台車がある速度でレール他端の受圧板に接近す

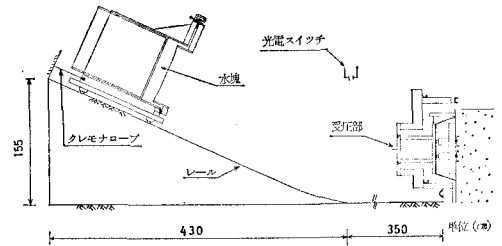


図-1 水塊衝突実験装置概略

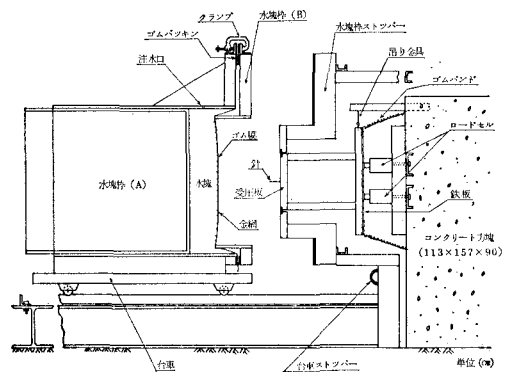


図-2 水塊枠および受圧板

ると、ゴム膜が受圧板中央に取り付けた針に接触し破裂する。その後、台車と水塊はそのままの状態が進み、台車上の水塊枠が水塊枠ストッパーで停止し、水塊のみが受圧板に衝突する。台車はさらに少し進み、台車ストッパーで停止する。

図-2 は水塊枠および受圧板の詳細である。ゴム膜は 60×65 cm の天然ゴムであり、その中央部分 29.5×29.5 cm を 91×75 cm に引き伸ばし、水塊枠(A)に取り付ける。次に、その上に水塊枠(B)を載せ、両水塊枠のゴムパッキンでゴム膜の周囲を挟みクランプ 12 個で漏水がないように締めつけ、注水口より注水する。

水塊の作用する部分は 40×40 cm であるが、受圧板は端の影響をなくするため、中央部 20×20 cm とし、その境界には隙間をなくするためゴムパッキンを取り付けた。

受圧板は吊り金具で吊り、ゴムバンドで全圧力測定用

* 正会員 九州大学助手 工学部水工土木学教室

** 九州大学文部技官 工学部水工土木学教室

ロードセル（共和電業（K.K.）製 LU-2TE）3 個に押し付け、ロードセルはその背後の幅 90 cm、高さ 113 cm、長さ 157 cm のコンクリート方塊に強固に取り付けた。

台車速度測定には光电スイッチを用い、水塊停止前の 20 cm から 10 cm を測定区間とした。また、水塊棒と台車の停止の際の衝撃がロードセルに伝わらないように、それぞれのストッパーはコンクリート方塊とは分離して固定した。

測定値である全圧力と光电スイッチの信号はデータレコーダにいったん記録し、テープスピードを 1/8 にして、ペン書きレコーダに再生し、それを読み取った。水塊の厚さは $D=10$ cm、注入水量は $Q=22.5$ l、有孔壁の厚さは 2.4 cm、孔径は 2.5 cm であり、衝突速度は 2.0 ~ 3.5 m/sec の範囲とした。

3. 高速度カメラによるゴム膜破裂状態の確認

コンクリート方塊を打設する前に受圧板部分を透明アクリル板で作製し、16 mm 高速度カメラにより、ゴム膜の破裂状態を 1/500（コマ/秒）で受圧板裏面より撮影した。その結果、ゴム膜は縦方向にほぼ真二つに裂け、ゴム膜は針に接触後 5 コマ目に受圧板の大きさ以上に破れるのを確認した。すなわち、ゴム膜は 1/100 秒で開き、衝突速度を $v=3.5$ m/sec とすると針の長さ l は 35 mm 以上必要ということになる。

4. 実験結果および考察

(1) 針の長さの影響について

図-3 は不透過壁の場合の全圧力時間波形例である。(a), (b) いずれも水塊の厚さ $D=10$ cm、衝突速度 $v=3.47$ m/sec で針の長さ l がそれぞれ 40 mm、70 mm の場合である。いずれも防波堤に碎波が作用した場合の波形と類似しており、平手打圧力部分と腰掛圧力部分が認められる。しかし、衝突速度は同一であるにもかかわらず針の長さによって 0 から最大全圧力 P までの立ち上がり時間 Δt と P は異なり、(a) は $\Delta t=1.4$ msec, $P=776$ kg, (b) はそれぞれ 2.7 msec, 686 kg である。

図-4 は横軸を針の長さ l (mm) として最大全圧力 P

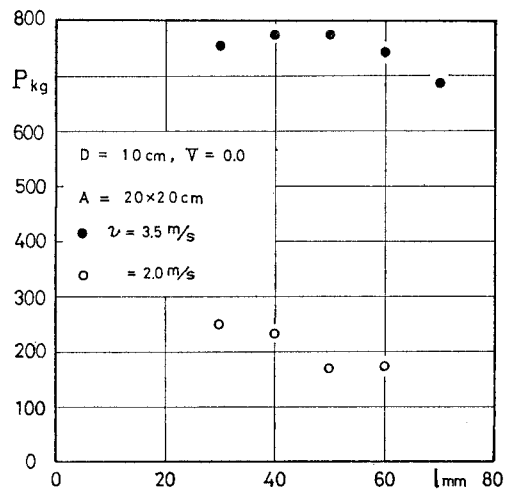


図-4 針の長さによる最大全圧力の変化

(kg) を示したもので、 $v=2.0$ m/sec および 3.5 m/sec の場合である。ともに l が長くなるに従って最大全圧力は小さくなる傾向にある。また、図中には示していないが l が長くなるに従って立ち上がり時間も長くなる。これは針の長さが長いほど水塊の形がゴム膜の破裂後、受圧板に衝突するまでに崩れ、水塊の衝突面が乱れるためと考えられる。

また、 $v=3.5$ m/sec, $l=30$ mm のとき P がわずかに低下しているのは針の長さが短いためにゴム膜が完全に開いてしまう前に水塊が作用したためと考えられる。そこで針の長さはゴム膜が完全に開き、かつ、最も衝撃的な波形が得られる $l=40$ mm として以後の実験を行った。

(2) 有孔壁に作用する水撃圧

図-5 は不透過壁および有孔壁に水塊が作用したときの全圧力の測定波形例で、衝突速度は $v=2.25$ m/sec および 3.0 m/sec、有孔壁の空隙率は $V=0.110$, 0.196 の場合である。有孔壁の作用圧力波形は不透過壁のそれとさして差異はなく、最大全圧力 P は空隙率 V が大きくなるに従って小さくなる。

図-6 は不透過壁と有孔壁に作用する最大全圧力 P を水塊の厚さ D で無次元化した $p/w_0 D$ を衝突速度 v m/sec を横軸に示したものである。ここに、 $p=1000P/A$ (g/cm²)、 A は受圧板面積 ($A=20 \times 20$ cm)、 w_0 は水の単位体積重量 ($w_0=1.0$ g/cm³) である。 $p/w_0 D$ の値は不透過壁で $v=3.5$ m/sec のとき、最大値 $p/w_0 D=200$ 程度に達し、非常に衝撃的な圧力が作用したことが分る。

不透過壁、有孔壁の $V=0.110$, およ

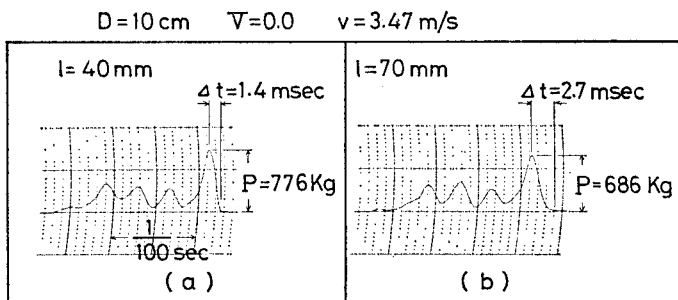


図-3 針の長さによる全圧力の変化測定波形例

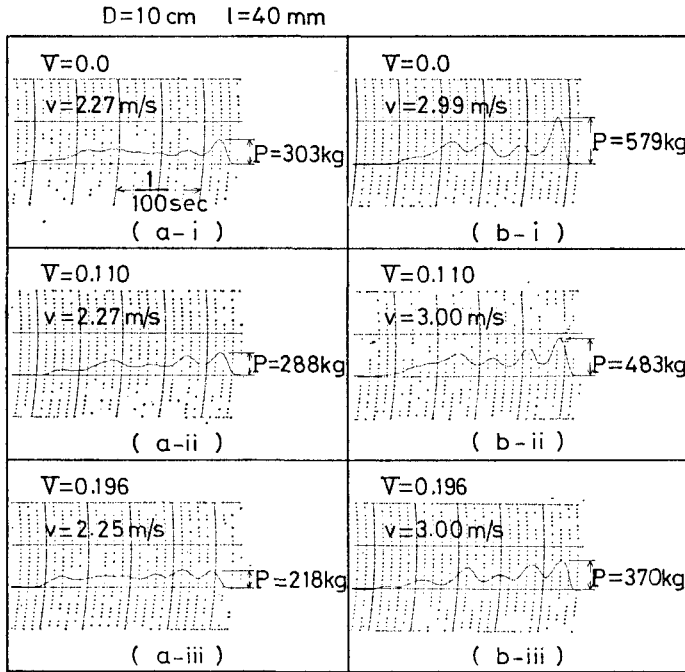


図-5 全圧力測定波形例

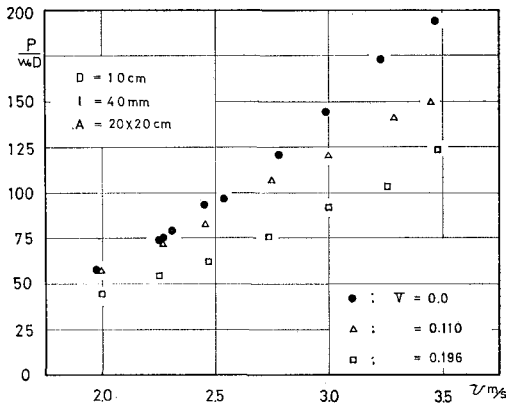


図-6 衝突速度による最大全圧力の変化

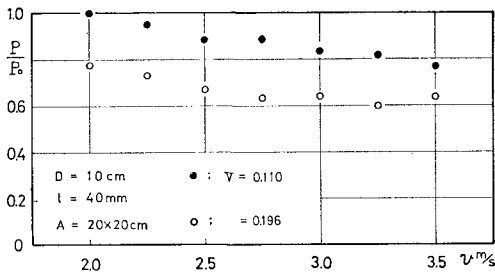


図-7 有孔壁と不透過壁の最大全圧力の比

び 0.196 の $p/w_0 D$ はいずれも v にほぼ比例して増加する。また、有孔壁の値は不透過壁と比較すると空隙率

が大きくなるに従って小さくなる。さらに、このことを明らかにするため両者の比をとると次の図-7 になる。

図-7 において、有孔壁と不透過壁の全圧力の比 P/P_0 は $V=0.110, 0.196$ ともに v が大きくなるに従ってやや低下する傾向にある。また、 $V=0.110$ のとき、 $v=2.0\text{ m/sec}$ および 2.25 m/sec では P/P_0 は 0.89 より大きな値を示しているものの、 $v \geq 2.5\text{ m/sec}$ の範囲では P/P_0 は 0.88~0.77 となり圧力の低下の割合は有孔壁の空隙率 0.11 より大きくなっている。特に $V=0.196$ の場合はその傾向は著しく、 $v=2.0\text{ m/sec}$ から 3.5 m/sec の範囲で $P/P_0=0.77\sim0.60$ を示し、実際に施工される有孔壁防波堤の空隙率が 0.2~0.3 程度であることを考えると、有孔壁は水撃圧低減に非常に有効であることが分る。

5. む す び

以上のように、① 本実験方法は有孔壁防波堤に砕波が作用する場合の基礎的研究に有効であることが分った。② 砕波をある水量である形を持った水塊がある速度で作用するものと考え、衝突する水塊の衝突面の状態が発生圧力に大きく影響することが予想された。③ 有孔壁は水撃圧低減に有効であり、その圧力の低下の割合はその空隙率よりも大きくなることが分った。

ここでは、水塊の厚さ、有孔壁の壁厚および孔径は一定として実験を行なったが、有孔壁による水撃圧の低減にはこれらの値が影響することが十分考えられ、今後、分布圧力測定を含め、さらに詳細に実験を行う予定であり、理論的検討も加えたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、終始ご指導を賜わった九州大学工学部井島武士教授に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 井島武士・奥蘭英明・牛房幸光・米村幸久：遊水部をもつ有孔壁防波堤に作用する砕波力に関する実験的研究，第 25 回海講論文集，pp. 333~336, 1978.
- 2) 渡辺恵弘・熊井豊二・小野雄二：波浪衝撃を受ける甲板の圧力及び過渡応力に関する基礎的実験，西部造船会会報，第 16 号，pp. 45~50, 1958.
- 3) 渡辺恵弘・熊井豊二・森 正浩・井土 敏：波浪衝撃を受ける甲板の圧力および過渡応力に関する基礎的実験（続報），西部造船会会報，第 18 号，pp. 7~12, 1959.
- 4) 栖原寿郎・肥山 央・古賀洋治：水塊の衝突圧力と弾性板の応答，西部造船会会報，第 46 号，pp. 151~161, 1973.