

津波防潮水門の遮蔽効果と波圧特性に対する 横越流の影響について

富樫 宏由*・平山 康志**・上田 幸彦***・山口 進吾***

1. はじめに

現在のところ、三陸大津波襲来時の津波の規模、現象の局地性とそれに対する防潮水門、防潮壁または防浪堤の設置場所、構造形式等の相違からして、津波遮蔽構造物の水理を一般的に論じることにはできないが、一方現実の津波災害対策の緊要度からすれば、それに対する早急な技術的判断が要求されるので、具体的な防災施設の機能と安全性に関わる遮蔽効果と波圧特性等の水理特性について確度の高い情報を得るためには、水理模型実験による事例解析が最も手取り早い解決方法である。

著者らは、北部三陸海岸の小本川河口堰を事例として、過去第1次から第3次に至る一連の水理模型実験^{1)~4)}によって、主として津波防潮水門の遮蔽効果と波圧特性について検討してきたが、本研究は前回までの実験結果を踏まえて最後の第4次実験として、水門より下流側河川堤防からの横越流の影響について検討したものである。

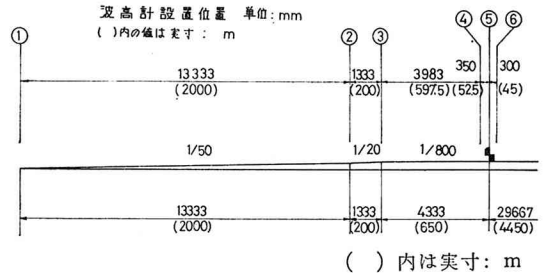
なお、模型実験の前提となる小本の地形と津波及び防潮水門計画の概要については、第2次実験の報告²⁾で既に述べてあるのでここでは省略する。

2. 実験装置・模型・器具及び方法

造波装置は気圧式で、断面が幅 2.0 m、深さ 4.5 m、長さ 4.0 m なる気密室の後方に機械室が隣接し、前方には断面が幅 1.0 m、深さ 1.0 m、長さ 60.0 m なる実験水槽が連結されている。造波能力は周期が 2~60 sec のタイマー 4 個の組合わせに応じて任意にでき、最大波高が 40 cm である。操作は波高調節は弁開度の手動、周期調節は周期設定自動タイマーによる半手動・半自動型である。

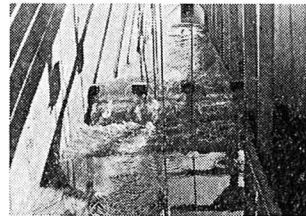
模型縮尺は、実験装置の規模と横越流、波圧、返し波の測定等の研究内容を勘案して、フルードの相似則により、第1次実験¹⁾と同じく長さを縦横歪無しで実物の 1/150 とした。ただし、蛇行、河川流、底面粗度及び水門の重量・板厚等に対する相似則は適用していない。

実験水槽の中には、海底縦断模型 ($S=1/50$, $S=1/20$)



図—1 海底及び河床縦断模型

と小本川の横断面中心から右岸側半分を取り出した河床縦断模型 ($S=1/800$) を組合わせた鋼板製傾斜板を設置し(図—1),その傾斜板に沿って右側に木製の河川堤防模



写真—1 右側河川堤防模型と越流状況(手前は水門)

型を取り付け(写真—1),横越流の影響を調べられるようにした。ただし、河川堤防模型については天端高にのみ相似則を適用した。即ち、 $S=1/20$ なる海底勾配と $S=1/800$ なる河床勾配の屈折点である河口から約 650 m

上流の水門設置点までは幕壁天端高と同じ T.P. 13.3 m とし、堰柱上流面付近で T.P. 7.5 m に下ろした後、それより上流側の天端勾配は河床勾配に合わせてある。

水門模型はアクリル樹脂製で河の中心より右岸側 3 門を取り出して設置した。河床敷高は T.P. -0.55 m である。

波形は前回までと同じ $\eta = H \sin^2(\pi/T)t$, $0 \leq t \leq T$ なる単一波である。静水面は満潮位 T.P. 1.05 m にとり、従って水門位置の静水深は $1.05 - (-0.55) = 1.60$ m となる。表—1 に示すように、波高は水門位置で水門がない場合の入射波高が 3 m から 2 m おきに 15 m までの 7 種類と入射波水位が幕壁天端高に一致する波高 12.25 m のものを加えた計 8 種類であり、周期は 20 分を主とし、10 分は 1 ケースのみとした。幕壁とゲートの配置構造関係は図—2 に示すように幕壁を下流の海側に、ゲ-

* 正会員 工博 長崎大学助教授 工学部土木工学科

** 文部技官 長崎大学工学部土木工学科

*** 正会員

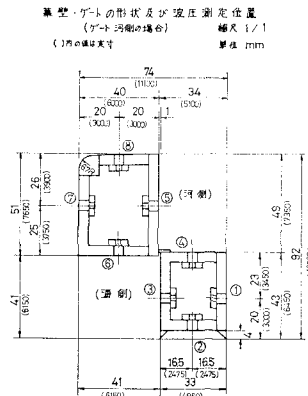
表-1 実験種類

周 期		波 高		ゲート配置	ゲート開度	堤 防 高	実 験 数
T_p (min)	T_m (sec)	H_p (m)	H_m (mm)				
20	98	3.00	20.0	水門なし	全 閉 半 開	T.P. 13.3 $\geq$ ^{*2)}	40
		5.00	33.3				
		7.00	46.7				
		9.00	60.0	ゲート河側			
		11.00	73.3				
		12.25	81.7				
		13.00	86.7				
		15.00	100.0				
10	49	12.50	81.7	ゲート河側	全 閉	T.P. 13.3 $\geq$	1
20	98	12.25	81.7	ゲート河側 ゲート海側	全 閉 半 開	T.P. 13.3 $<$ ^{*3)}	4

*1) ゲート敷面からゲートリップまでの垂直高さは 3.1m (模型で 20.6mm)。

*2) 河川堤防高が実物と相似している (水門前海側: T.P. 13.3, 水門背後河側: T.P. 7.5)。

*3) 両岸堤防から横越流しない (第 1, 2 次実験と同じ条件)。



() 内は実寸: mm

図-2 水門模型

トを上流の河側に配置した場合とその逆の場合の 2 種類の構造形式, またゲート開度は全閉・半開時の 2 ケースについて, 各組合せで合計 45 ケースについて検討した (表-1)。

測定方法では, 浸水痕跡高は水槽側壁に書き込んだ鉛直 5 mm 単位を目盛りにより目測した。波高

測定は容量式波高計により, 図-1 の ○ で囲んだ数字は測点番号を示す。また波圧測定は $2.8\phi \times 8$ mm という超小型圧力センサーを用い, 測点は 3 門のうち真中の水門の径間中央部 8 点である (図-2)。

3. 実験結果と考察

(1) 浸水痕跡高と波高

図-3 は横越流しない場合の浸水痕跡高について第 2 次実験結果と比較したものであるが, 反射重複波高は殆ど同じであるが, その海側への影響範囲は少し小さくなっていて, 減衰の仕方が 2 次実験の場合より少し早かったようである。これに対して 図-4 は横越流のために波高が 20~25% 減少し, T.P. 21 m 以下になることを示している。また, 波高変化の仕方は痕跡高の変化とは若干異なるが, 定量的にも定性的にも類似している。以下には, この横越流による波高減少が遮蔽効果と波圧特性に如何なる影響を与えるかを述べることにする。

(2) 遮蔽効果

図-5~10 の横軸は水門がない場合の水門位置での満潮位 (T.P. 1.05 m) 上の入射波高である。

図-5, 6 はそれぞれ測点 5 即ち幕壁天端上の越流波高, 越流時間であり, 図-7 は測点 6 即ち水門背後の上流 45 m 地点での通過潮上波高である。また, 図-8 は堤防単位長当たりの横越流量から, 水門より下流側河口までの右岸堤防長を 325 m として算出した横越流量 (Q_t) であり, これより津波越流時は遊水池

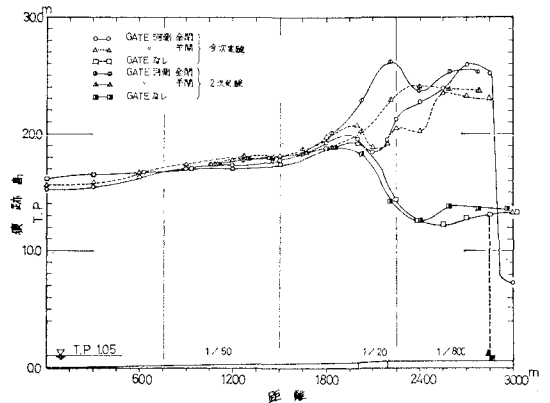


図-3 横越流しない場合の浸水痕跡高線 (ゲート河側)

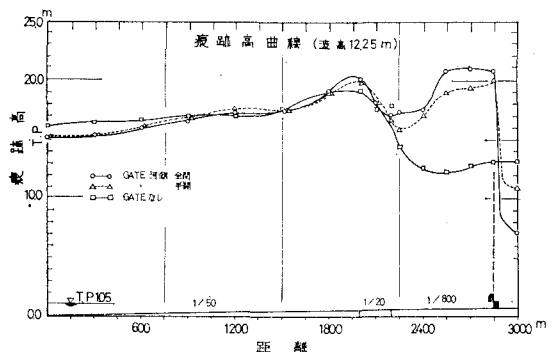


図-4 横越流する場合の浸水痕跡高線 (ゲート河側)

的な作用を果たすとみなされる右岸堤内扇形地形の面積 ($A=5.5 \times 10^4 \text{ m}^2$) で割った堤内水深 ($h_0=Q_t/A$) を推算したのが 図-9 である。

ところで, 水門前の横越流がない場合は前報³⁾で述べ

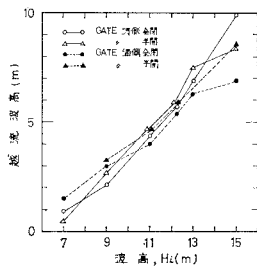


図-5 越流波高の入射波高による変化

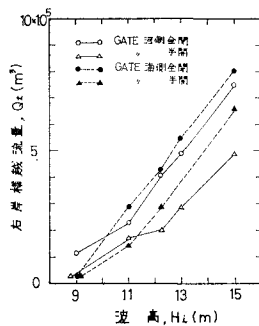


図-8 右岸横越流量の入射波高による変化

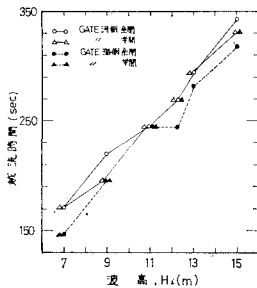


図-6 越流時間の入射波高による変化

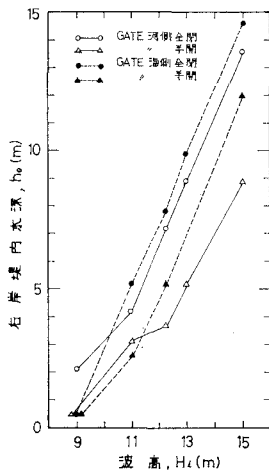
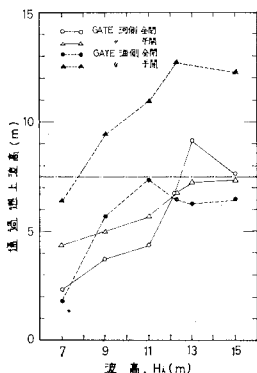


図-9 右岸堤内水深の入射波高による変化

図-7 通過遡上波高の入射波高による変化

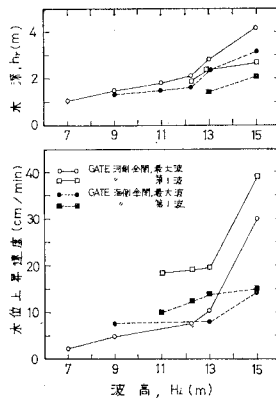


図-10 返し波による水深及び水位上昇速度の入射波高による変化

た返し波による波高は小さく問題ないし、また返し波の水位上昇速度もゲート巻上げ速度 (50 cm/min) よりも小さく安全な結果が得られている。なお、ゲート半開時の返し波は水門前の流下現象に引きずられて、先端部の遡上が進行中に後端部からゆっくりと河口に向かって流下し、ゲートに対する直接的な影響は殆ど認められなかった。

(3) 波圧特性

第3次定常流実験での構造形式は図-11に示したもので、幕壁上面の形によって分類してあり、上面が水平なものをⅢ型、1/5、1/10 勾配に傾斜したものをそれぞれⅣ型、Ⅴ型と称し、ゲートは同じ形のものとした。

図-12~15は今次実験での波高変化による幕壁の波圧特性を調べたものである。

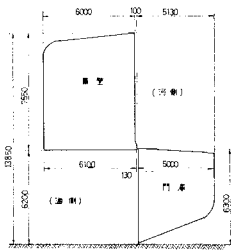


図-11 第3次実験の水門形状

ように、防災の見地から見た遮蔽効果の相対的良否は、「幕壁天端上の越流波高、越流時間ができるだけ小さくかつ水門背後の通過遡上波高が既設堤防高を越えない範囲内でできるだけ大きい方がよい」ということから判定されたのであった。しかし、水門前の横越流がある場合には、更にそれによる冠水地帯の堤内水深が安全な範囲内に抑えられなければならない。この安全の尺度は地域特有のものであり、対象とする津波の規模による津波対策によって大いに異なってくるので、一概に定めることはできない。図-9によれば、小本川の場合は $H_i=12.25$ m で $h_0=7\sim 8$ m となって安全とは云えないので、適切な対策が必要であろう。

しかし、横越流量が大きいために水門を通過した遡上流量は相対的に非常に小さくなり、従って図-10に示すように、ゲート全閉時には河床上の水深 h_r で表わし

のである。上下両図のうち、比較的まとまりのよい上図の幕壁海側・ゲート河側の場合(図-2)を中心に論述し、バラツキの大きい下図のゲート海側・幕壁河側の場合については時に参照する程度にとどめることにする。図中の実線と破線は第3次の定常流実験による圧力特性であり、上図はⅣ型幕壁、下図はⅢ型幕壁の圧力特性である。なお、ゲート河側の場合はⅤ型幕壁についても一通り検討したが、幕壁上面の圧力以外は一般にⅣ型幕壁の圧力にほぼ等しいかそれ以下の僅差なので省略した。また、ゲート海側の場合はⅣ、Ⅴ型幕壁については実験が成されていない。横軸は3次実験での水門の下流 143 m における海側水深 h_s に対して、今次実験では水門の下流 52.5 m (図-1の測点4)における河床面上の重複波水深 h_s とした。

測点は図-2に示した幕壁、ゲートの上・下面及び

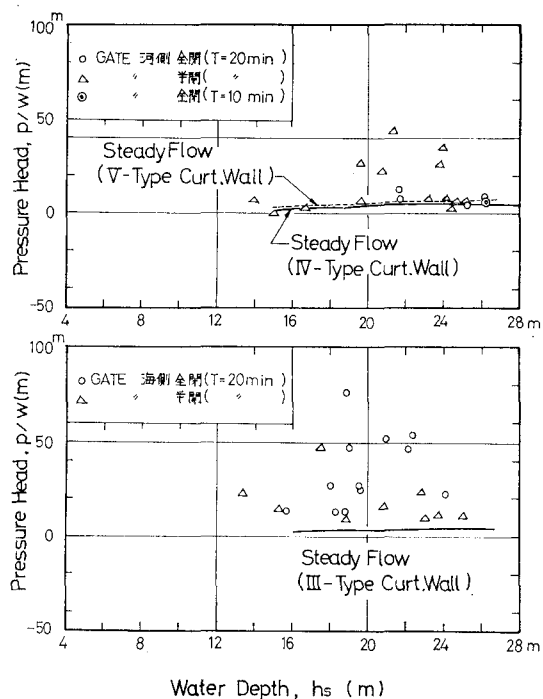


図-12 重複波水深による幕壁上面の波圧特性

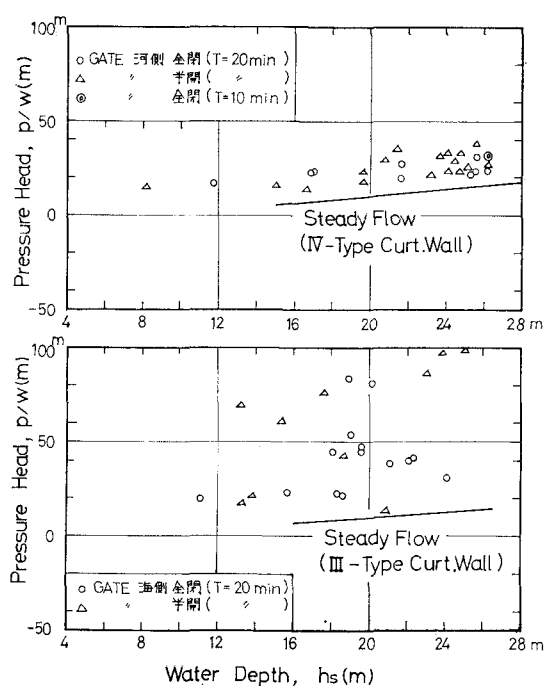


図-13 重複波水深による幕壁下流面の波圧特性

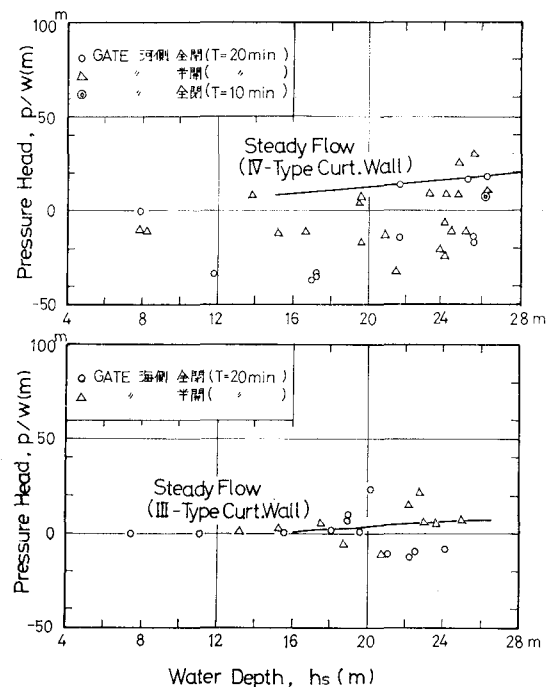


図-14 重複波水深による幕壁下面の波圧特性

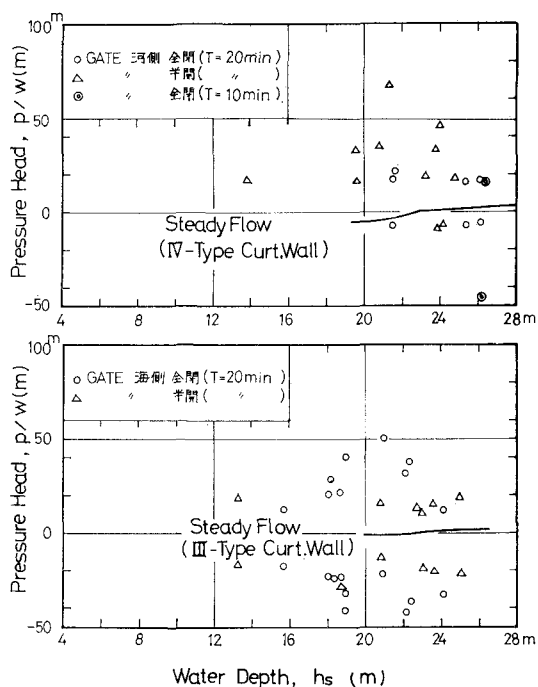


図-15 重複波水深による幕壁上流面の波圧特性

上・下流面の中央1点ずつで代表させた計8点であり、これによって各面(点)の波高(水深)変化による波圧特性を定常流による場合と比較検討する。

測点8(図-12)の幕壁上面の波圧は大き過ぎる感じのものも若干あるが、概して定常流による結果と一致している。

測点7(図-13)の幕壁下流面の波圧は全体として定常流による実験直線の2倍位になっているが、入射波が直撃する面であつたゲート全閉時は幕壁上面から越流し、半開時には幕壁上・下面から越・潜流する上に、更に河川堤防からの横越流の影響を最も強く受ける面なので、動波圧が最も顕著に現われたものと思われる。

測点6(図-14)の幕壁下面の波圧は負圧になる場合が多く、定常流による結果(正圧)はほぼその上限を与えている。バラツキが比較的大きいことが問題であるが、全体の定性的な傾向は認められる。それは下図のゲート海側の場合でも確認される。いずれにしても、この負圧の発生については前回までの実験では見られなかった新しい現象であり、目下のところその発生機構は明らかでなく、単純に横越流の影響によるものとは考えられない。

測点6(図-15)の幕壁上流面の圧力は定常流においても負圧になる場合があり、実際にまた今次実験の結果でもそうになっているようではあるが、しかしこの場合はバラツキが相当大きい上に、正・負圧の境が途切れて間が空き過ぎていることから察せられるように、この測点の圧力センサーは精度が悪く信頼性がよくないので、結果は参考程度に見ておくべきものである。

また図は省略するが、ゲート各面の波圧は定常流による結果と比較して、定性的な特性は非常によく一致する

が、定量的には若干大きく、従つてやはり横越流に伴う動波圧が付加されたものと思われるが、これが幕壁に対する影響より小さいことは首肯されるところである。

なお、ゲート海側の場合については、幕壁各面の波圧についてはバラツキが大き過ぎて殆ど論及の余地がない。

4. 結 論

小本川津波防潮水門の水理模型実験による事例解析によれば、水門の遮蔽効果の相対的良否に対する横越流の影響はかなり大きいので、適切な津波対策を施す必要があり、また幕壁とゲートに作用する波圧特性に対する横越流の影響については、全体として動波圧を増大させる効果があることが認められた。しかし、この動波圧の発生機構については今後の基礎的解明を要する問題である。

謝辞 本研究は文部省科研費自然災害特別研究(1)による研究の一部であることを記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 富樫宏由・藤田紀夫・山口進吾: 津波防潮水門の遮蔽効果に関する実験, 第28回年講概要集, 第2部, pp. 77-78, 1973.
- 2) 富樫宏由・山口進吾・平山康志: 津波防潮水門の効果と設計波圧について, 第20回海講論文集, pp. 151-155, 1973.
- 3) 富樫宏由・山口進吾・上田幸彦: 津波防潮水門の効果と波圧に対する構造形式の影響, 昭和49年度西部支部講演集, pp. 121-124, 1975.
- 4) 富樫宏由・林 栄港・上田幸彦・山口進吾: 津波防潮水門の定常流実験による圧力特性, 第22回海講論文集, pp. 433-438, 1975.