

直立護岸上の構造物の前・背面に作用する津波の流体力について

岩手大学 学生会員 ○戸来真士, 笹本誠, 正会員 小笠原敏記, 堺茂樹

1. はじめに

津波による流体力を受けることによって, 内陸地の建造物は大きな被害を受けることになる. その被害は構造物前面だけでなく背面にも及ぶであろう. これまで護岸背後の陸上構造物に作用する津波の波力を評価するために, 実験データに基づいた津波波力の推定式(朝倉ら, 2000)が提案されているが, 構造物を越流する津波氾濫流が構造物背後に, どれ程の流体力を及ぼすのかは未だ不明な点が多い.

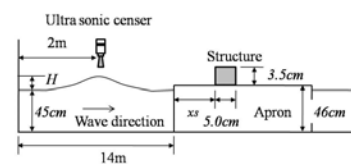
そこで本研究では, 直立護岸上に設置した高さ一定の構造物に孤立波を入射させ, 構造物前・背面の波圧を計測し, 既存の津波波力推定式との比較検証する. さらに, 構造物背面に作用する流体力を構造物前面の波力推定式との関係を踏まえて明確にする.

2. 実験方法

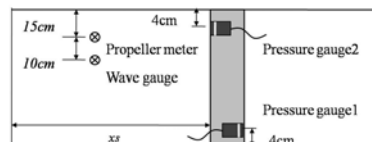
図-1(a)に示すような実験装置において, 津波第1波の近似波として孤立波を発生させ, 直立護岸上に設置された矩形構造物を越流する実験を行った. 矩形構造物の幅を図-1(b)に示すように水路幅と同じにしたので, 氾濫流が構造物の上を完全に越流する状態になる. 構造物の前・背面に作用する圧力は, 水槽側面から4cmで底面から高さ1cmの位置に埋め込んだ圧力計(KYOWA, PGM-02KG)を用いてサンプリング周波数1,000Hzで計測した. 同時に, 小型プロペラ流速計および容量式波高計を用いて, 氾濫流速および浸水深を計測した. また, 造波板から2mの位置で超音波センサーを用いて計測された変位を入射波高とした. なお, 実験条件を表-1に示す.

3. 矩形構造物の前・背面に作用する圧力

図-2は矩形構造物の前・背面に作用する最大圧力 P_m と直立護岸先端から構造物までの距離 x_s の関係を示す. 図中の破線は, 構造物の高さ($z_s=3.5$ cm)に相当する静水圧 P_s の値を示す. P_m の値は, x_s の値が5倍に変化しても, 護岸上面の粗度が一様であるため, ほぼ一定の傾向を示す. また, 構造物前面の最大圧



(a)造波水槽の概要図



(b)直立護岸上の概要

図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件

入射波高: H	3.0, 3.9, 4.8 (cm)
矩形構造物の規模(長さ×幅×高さ)	78×5×3.5 (cm)
構造物の位置: x_s	10, 20, 30, 40, 50 (cm)
浸水深, 氾濫流速の測定位置	構造物前面からの距離
	5, 15, 25 (cm)
	構造物背面からの距離
	5, 15, 25, 40 (cm)

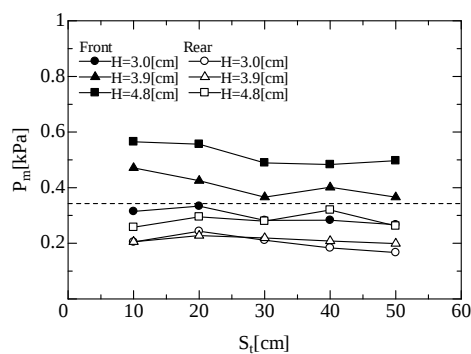


図-2 各位置での構造物の前・背面に作用する最大圧力 P_m の比較

力は, 入射波高に依存して大きくなるが, 構造物の高さを入射波高が越える条件の場合, P_s の値より大きくなる. 一方, 背面の最大圧力は, 入射波高に依らず P_s の値より小さくなるのがわかる. 次に, 構造物の前面の最大圧力 P_{mf} と背面の最大圧力 P_{mr} の関係を図-3に示す. P_{mf} と P_{mr} の関係が線形の傾向を示すことから, 最小自乗による線形近似を用いると,

津波波力, 矩形構造物, 構造物背後の波圧

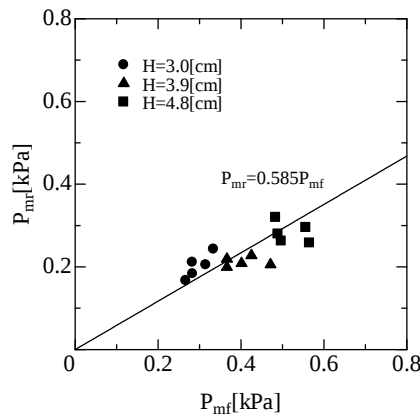


図-3 構造物前面および背面に作用する最大圧力の関係

$$P_{mr} = 0.585 P_{mf} \quad (1)$$

と表わすことができる。これより、矩形構造物上を完全に越流するような限られた条件ではあるが、構造物背後の最大圧力は、前面の最大圧力の約 6 割になると推定することができる。なお、構造物の規模を変化させても、式(1)を用いて評価することが可能なのかについては、今後の課題である。

4. 既存の波圧評価式との比較検証

図-4 は、構造物前面の最大圧力 P_{mf} と最大浸水深 h_m の関係を示す。図中の破線は、朝倉ら（2000）によって提案された直立護岸上の平坦な陸上に氾濫する津波サージフロント波圧 P_H であり、

$$P_H = \gamma_w (\alpha h_c - z) \quad (2)$$

と表わされる。ここで、 γ_w ($=10.09 \text{ kN/m}^3$) は海水の単位体積重量、 α は波圧分布を規定する水平波圧指標、 h_c は遡上津波の最大浸水深、 z は陸上地面を基準とした上向き正の座標である（本研究では、圧力計の中心位置 $z=1 \text{ cm}$ とした）。式(2)の水平波圧指標 $\alpha=3$ とした場合の圧力値と比較して、 P_{mf} の値はかなり小さくなり、 α の値は 0.77 となった。この原因として、朝倉ら(2000)の実験条件において、入射波（正弦波）の周期が 42～336 秒と長い点、および構造物の高さに対する入射波高の割合が 2/3 と低い点にあると考えられる。特に、後者の条件において、氾濫流が構造物を越流することなく、その前面に完全衝突した現象と考えられるため、本実験のような氾濫流が完全越流するような場合、構造物前面に作用する波圧は小さくなるものと推察される。さらに、水谷・今村（2002）の算定式と最大波圧 P_m を比較したものを

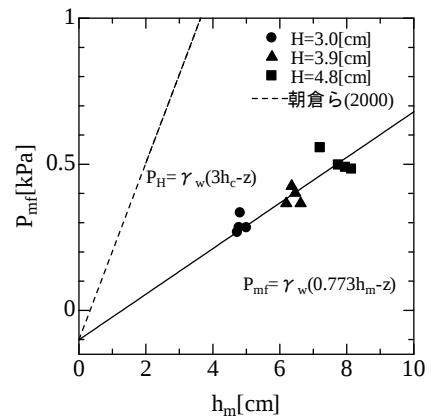


図-4 構造物前面に作用する最大圧力 P_{mf} と最大浸水深の関係

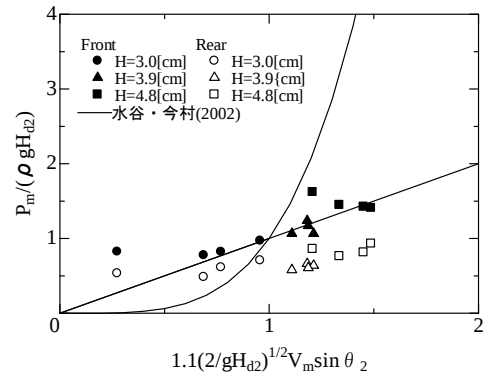


図-5 最大波圧と既存の経験式との比較

図-5 に示す。図中の実線は最大波圧の算定式であり、

$$P_m = A \rho V_m \sqrt{2 g H_{d2}} \sin \theta_2 \quad (3)$$

と表わされる。ここで、 A は実験係数、 ρ は密度、 V_m は構造物天端の最大流速、 H_{d2} は構造物裏面の高さ、 θ_2 は構造物裏面勾配角度である。本実験では、 V_m を氾濫流の最大流速、 H_{d2} を構造物の高さ、 $\sin \theta_2=1$ として回帰式を求めた。その結果、家屋構造物のような矩形構造物に対しても、適切な実験係数 A ($=1.1$) を与えることによって、構造物前面・背面に作用する圧力を評価することができる。

今後の課題として、構造物の規模、個数、および物性値を変化させた場合においても、その算定式が適用可能かについての検討が必要と考えられる。

参考文献

- 朝倉良介，ほか（2000）：護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究，海岸工学論文集，47，pp911 - 915。
水谷将・今村文彦（2002）：津波段波の衝撃性および越流を考慮した設計外力算定フローの提案，海岸工学論文集，49，pp731-735。