

遡上津波の流体力に対する構造物幅の影響に関する水理実験

大成建設（株）技術センター 正会員 ○織田 幸伸, 正会員 本田 隆英, 正会員 小俣 哲平

1. 目的

陸上構造物に働く津波波力は、構造物のない条件での通過波の最大水位を基準に評価されるのが一般的である。この時、有限な幅を持つ 3 次元構造物と無限幅と見なされる延長の長い鉛直 2 次元構造物では異なった評価式が提案されている。しかし、部分的に設置された防潮堤などの場合、どちらの評価式で評価すべきかについての明確な区別については、十分に検討されていない。そこで本研究では、鉛直構造物を対象に、構造物の主に幅を変えた平面水理実験を実施し、幅と波力の関係について検討した。なおここでは、防潮堤等の護岸に近接する沿岸部に設置された構造物を対象とするため、通過波のフルード数が比較的大きな条件となっている。

2. 水理実験

実験は、幅 12m の平面水槽で実施した。想定縮尺を 1/40 とし、水深 0.25m の水平海底地形に、鉛直護岸と、初期水面と同じレベルの水平陸上地形を設置した。図-1 に示した 6 種類の構造物に同じ津波を作用させ、構造物前面に設置した圧力計の計測結果を積分することにより波力を時系列で算出した。波力は構造物前面の中心で計測し、Case A と B については、端部から 0.5m の位置でも計測した。構造物の設置位置はすべて護岸から 1.25m で共通とした。作用させた津波は、図-2 に示す 6 種類であり、波形の立ち上がり形状を 3 種類に対し、それぞれで後続の水位が低下する波形と高水位を継続する、合計 6 種類の波形を作用させた。通過波の水位と流速は、構造物を設置しない状態の構造物前面位置で、容量式水位計及びプロペラ流速計によりそれぞれ計測した。

3. 津波波力の時系列特性

図-3 に、波力の計測結果の例として W01, W07 の結果を示す。図中には、Case C と Case O の波力の結果をそれぞれ F_C , F_O として示した。2 次元構造物とみなされる Case O の結果によると、波力の時系列には 3 つのピーク（例えば W01 の $t=8.7, 9.3, 9.8s$ ）が

現れることが分かる。これらはそれぞれ、遡上津波の先端部分の衝突による衝撃波力（第 1）、構造物前面で打ち上がった水塊の落下による波力（第 2）、水位上昇による静水圧を持つ準定常的波力（第 3）であり、高島ら¹⁾などの既往研究でも 3 つのピークの存在が報告されている。Case C と Case O を比較すると、第 1, 第 2 ピークともに、ほぼ同程度の値となっていることが分かる。一方、第 3 ピーク（準定常波力）は Case C の方が明確に小さくなっている。

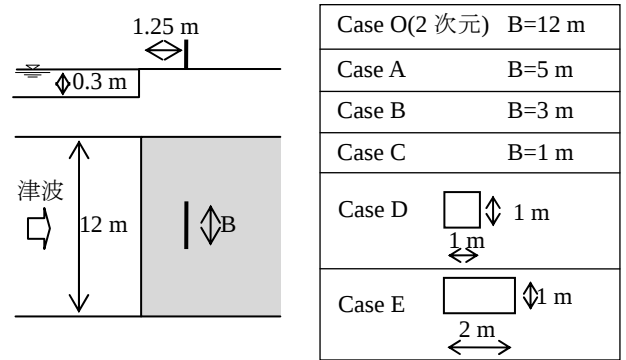


図-1 実験模型

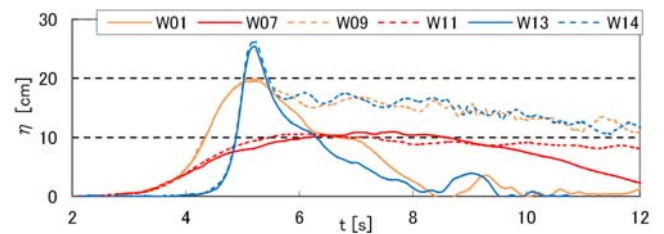


図-2 入射波の沖波波形（護岸より 9m 沖）

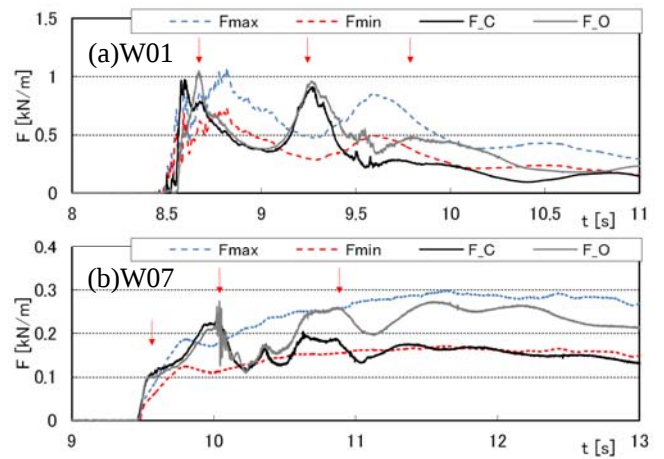


図-3 波力の時系列 (W01, W07)

キーワード 津波波力, 水深係数, フルード数, 防潮堤, 水理実験

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL 045-814-7234

織田ら²⁾は、第2ピークを除いて、波力は以下の式で上限・下限値を評価できるとしている。

$$F_{\min} = 1/2 \rho g (\alpha_{\min} \eta)^2, \quad F_{\max} = 1/2 \rho g (\alpha_{\max} \eta)^2$$

$$\alpha_{\min} = \sqrt{1 + 2Fr^2}, \quad \alpha_{\max} = \left(2Fr^2 + \sqrt{1 + 8(1 + Fr)^2} - 2 \right)^{1/2}$$

α は水深係数で、 η, Fr は通過波の浸水深とフルード数である。ここで、 $\alpha_{\max}$ の式は複雑な形式となっているが、1%以下の誤差で次式により近似できる。

$$\alpha_{\max} = 1 + \sqrt{2}Fr$$

図-3には、この評価式による波力を合わせて示した。Case Oでは、第2ピークの前後を除き両評価式の間にほぼ入っているが、3次元構造物(Case C)では時系列の後半で、下限値と同等かこれを下回っている。なお、第1ピークにおいて評価式が過小となっているが、これはプロペラ流速計による計測値が、浸水深の小さい場合に流速を過小評価するためである。

4. 構造物の幅の影響

図-4に、各波力ピークの値をケースごとに比較したものを示す。第1, 2ピークについては、最大波力にばらつきはあるものの、ここには示していないが時系列で確認すると、構造物の幅によらず同程度の値となっている。一方、第3ピークについては、幅が狭くなると(Case A, B, C)、波形によらず波力がCase Oよりも低減していることが分かる。この時、端から0.5mの端部の波力は、Case AとBで同程度に低減していることから、Case Bでは両端部から構造物中心まで波力が低減しているのに対し、Case Aではこの3次元効果による波力低減が構造物中心では表れていないことが分かる。なおW01ではCase Aにおいても波力が低減している。W01は第3ピークの出現時間が他のケースに比較して早く、この時の通過波のフルード数が大きいことが要因と考えられる。3次元効果の評価についてはフルード数との関連からさらに検討を加える必要がある。

高水位の継続時間の影響を比較すると、第3ピークでは高水位の継続する波形(W09, W11)の方が波力が大きくなっており、通過波の最大浸水深ではなく水位の持続性が最大波力に大きく影響していることが分かる。一方、第1, 2ピークでは、最大水位のすぐ後に大きな波形の違いが生じているW13とW14(図-2参照)を除くと、水位が継続する波形の方が若干大きいものの水位継続の影響は小さい。

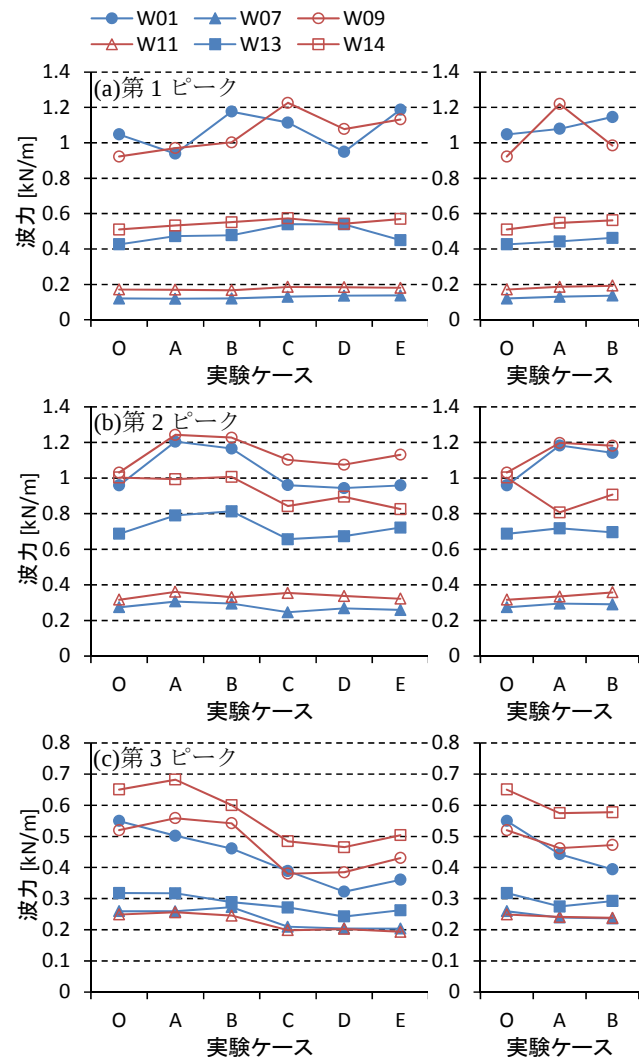


図-4 ピーク波力の計測結果(左:中心, 右:端部)

Case C, D, Eを比較すると、波力の違いは明確には表れていない。ただし、ここでは前面波力について比較しているため、抗力の観点から見ると、背面に働く波力には構造物のアスペクト比の影響が現れている可能性がある。

5. 結論

構造物の有限幅による波力の低減効果は、第3ピークに主に表れ、第1, 2ピークではその影響は小さい。またこの波力低減は、本実験の範囲では、実機換算で200m程度よりも狭い幅で生じるが、波形とフルード数の観点からさらに検討を加える必要がある。

参考文献

- 1) 高島大輔・木原直人・田中伸和 (2013): 陸上構造物前面に作用する津波波圧に関する数値実験, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, pp.I_851-I_855.
- 2) 織田幸伸・本田隆英・高島知行 (2014): 陸上構造物に働く津波波力の時系列評価に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.70, No.2, pp.I_796-I_800.