

斜め入射時の陸上構造物に働く津波波力に関する水理実験

大成建設(株) 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 ○織田 幸伸, 本田 隆英, 小俣 哲平

1. 目的

陸上構造物に働く津波波力に対し、その構造物がない場合の通過波の浸水深と流速による評価式がいくつか提案されているが、これらの多くは、水理実験結果に基づいて提案されており、構造物に対し直角の入射方向を対象としている。一方、構造物に対し斜めに津波が入射してくる場合、その波力は直角の場合に比較して小さくなると想定されるが、その特性については明らかとなっていない。そこで、斜め入射時の波力に関する水理実験を実施し、その特性について検討した。

2. 水理実験

実験は、平面水槽(幅 12m, 水深 0.55m)で実施した。海底地形として、1/10 斜面と水深 0.15m, 長さ 8m の水平海底地形を設置し、塩ビ板により作成した水面と同じ高さの水平陸上模型上に、高さ 0.8m, 幅 5m の鉛直板構造物模型を設置した(図-1)。構造物模型の前面中心には、波力を計測するための圧力計を高さ方向 0.05m ピッチで取り付け、その設置位置を中心に、 $\theta = 0, 15, 30, 45$ 度に構造物模型を傾けた。通過波の水位は容量式水位計を、流速は底面設置型電磁流速計を用いて計測した。入射波は、周期特性を 2 種類、沖波波高を 0.125, 0.15, 0.175, 0.225m の 4 種類として設定した。実験に適用した入射波の波形を、図-2 に示す。図-2 は、汀線から 9m 沖で計測された沖波波形である。

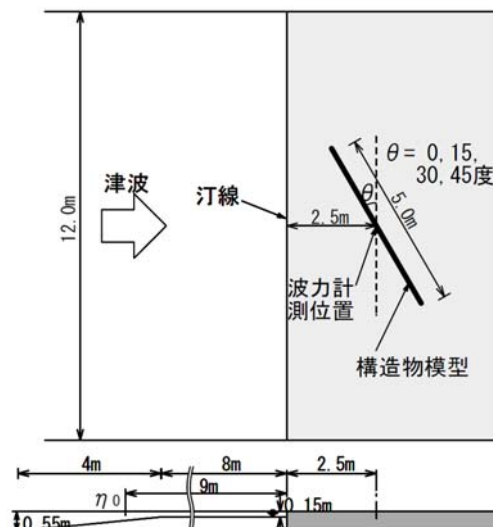


図-1 実験模型

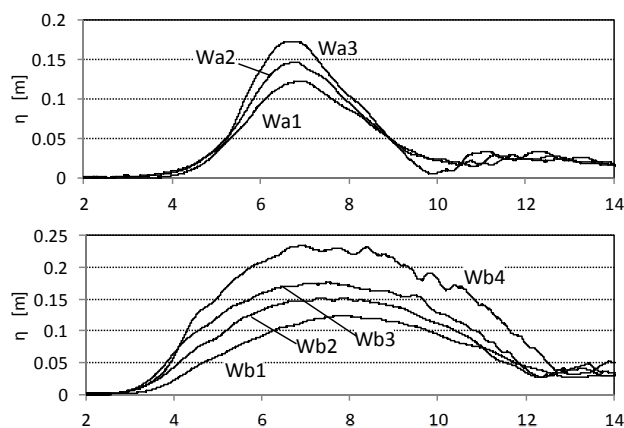


図-2 入射波形

3. 通過波と波力の計測結果

波力計測点における通過波(構造物なしの状態)の水位 η と流速 V の計測結果を、Wa3 と Wb3 のケースについて図-3 に示す。Wa3 と Wb3 は沖波波高は同程度であるが、周期の影響により通過波浸水深は大きく異なる。一方、流速については先端部分の立ち上がりから、徐々に同程度の値で低減していることが分かる。なお、津波到達時の波形先端部分での流速は、流速計の性能により最大値を計測できておらず、これよりも大きな流速になっていると考えられる。

同じケースの構造物に働く波力の計測結果を図-4 に示す。図-3 と比較すると、最大波力は波形の先頭部分で生じ、最大波力は通過波の最大浸水深とは直接関連しておらず、流速または運動量が支配的であることが推察される。設置角度 0, 15 度の場合、10.7s 付近に波力のピークが現れているが、これは堤体前面で打ちあがった水塊が落下する際に働く波力であり、この水塊落下による波

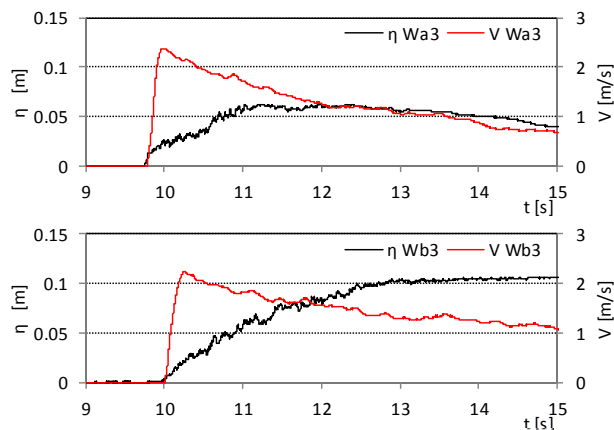


図-3 通過波時系列

キーワード 津波波力, 斜め入射, 陸上構造物, 津波造波装置, フルード数

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

力は、Wb2, Wa3, Wb3 で卓越していた。なおこの力は、設置角度が大きくなる（30, 45 度）と、堤体前面での水隕の打ち上がりが小さくなるため、低減しており、Wb2 でも同様であった。また、0 度と 15 度の違いは小さいものの、入射角度が大きくなることにより、波力は低減する傾向にある。一方、津波到達時に働く衝撃的な波力については、45 度で若干低減しているもののほとんど低減しておらず、入射角による低減効果は小さいことが分かる。

4. 入射角による津波波力の変化

各ケースにおける最大波力と入射角の関係を、図-5 に示す。ただしここでは、上述の水隕落下による波力ピークを除外した最大波力を対象としている。Wb のケースでは、入射角 0 と 15 度が同程度の値で、30, 45 度と大きくなるにつれて波力は低減する。Wa のケースでは、45 度では波力が顕著に低減しているものの、0～30 度では明確な傾向が確認できない。ただし図-4 に示す通り、時系列で比較すると入射角が大きくなるに従い波力は低減しており、入射角 45 度において顕著である。短周期の水位変動が生じるために、最大波力で比較すると明確な傾向が確認できないものと考えられる。この短周期成分が生じる要因については、さらに検討を加える必要があるが、Wb1 で入射角 0 度よりも 15 度の方が波力が大きいのも、この短周期変動の影響であると考えられる。

図-6 は、入射角 0 度の波力を基準に、波力の低減率を示したものである。水深係数 α を用いた陸上構造物に働く波力の評価式では、水深係数 α をフルード数 Fr の関数とする提案がされており、その多くは $\alpha=1+kFr$ (k は定数) の形式を取る。ここで、このフルード数に適用する流速として、構造物直角方向の流速成分を適用した見掛けのフルード数 $Fr\cos\theta$ を考え、これを水深係数のフルード数に適用する。直角入射時の波力を F とすると、波力は通過波が同じであれば水深係数の 2 乗に比例するため、斜め入射時の波力は $(1+kFr\cos\theta)^2/(1+kFr)^2 F$ となる。図-6 には、この式による算定結果を破線で示した。ここでは、織田ら¹⁾の提案する $k=\sqrt{2}$ を採用している。上述の短周期の水位変動の影響があるケースを除けば、本式により斜め入射時の波力が評価できることが分かる。ただし、これに適用する通過波の代表値（浸水深とフルード数）については、適切な設定手法を別途検討する必要がある。

5. まとめ

水理実験により、斜め入射時の陸上構造物に働く津波波力特性を明らかにし、その評価手法について検討した。通過波に基づく波力評価式に対し、フルード数を見掛けのフルード数とすることにより、斜め入射時の波力を適切に評価可能であることが示された。

参考文献

- 1) 織田幸伸・本田隆英・小俣哲平（2016）：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，土木学会第 71 回年次学術講演会梗概集，II-172.

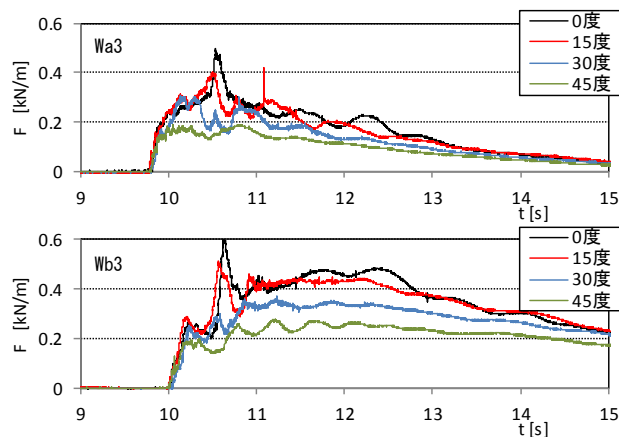


図-4 波力時系列

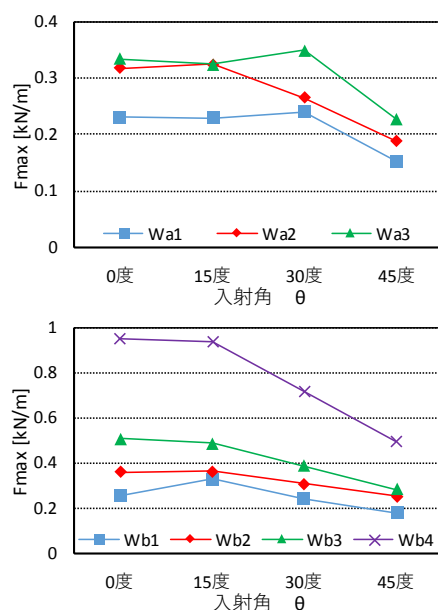


図-5 入射角と津波波力

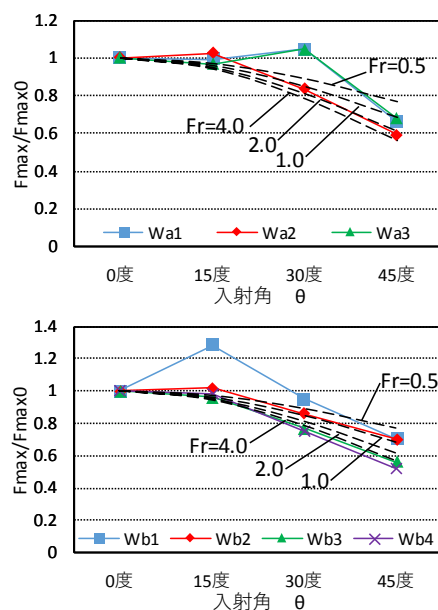


図-6 斜め入射による波力低減率