

津波による構造物への外力に関する実験的研究

(株)大林組 フェロー ○野村 敏雄 (株)大林組 正会員 武田 篤史
防衛大学校 正会員 嶋原 良典 テクニカルリンク (株) 正会員 佐藤 成

1. はじめに

構造物の設計に用いられる津波外力は、津波波圧が浸水深の3倍（以下、水深係数 a ）に相当する高さの静水圧に相当するという朝倉式¹⁾が多く用いられてきた。それに対し、中埜らは、東北地方太平洋沖地震津波の被害調査結果をもとに、遮蔽物の有無や海岸線からの距離によっては水深係数 a を2.0または1.5に低減できることを示し²⁾、国土交通省から示されている³⁾。ただし、遮蔽物の条件については明確に示されておらず、また、実験的な検証もされていない。そこで、構造物への津波外力をより明らかにするために、構造物の剛性や遮蔽物と構造物の位置関係、遮蔽物の剛性をパラメーターとして実験を行った。

2. 実験方法

港湾を模擬した幅7m、長さ11mの2次元平面水槽に構造物模型を配置して、ピストン型造波装置により津波を入射することにより、構造物への影響を調べた。図-1に実験装置の全体を示す。

実験パラメーターは、構造物の剛性、遮蔽物の配置、遮蔽物の剛性とした。実験ケースを表-1に、構造物の配置パターンを図-2に示す。なお、測定回数は、波高計や流速計の配置を変えながら、ある程度の傾向が得られる回数を実施した。

構造物および遮蔽物は、アクリル製とした。それぞれの高さ H は150mm、幅 B は45mmで、板厚 t_s 、 t_g は1,2,3mmの3種類を用いた。基部背面にひずみゲージを添付し、あらかじめ曲げモーメント M との関係を試験することで、構造物の基部曲げモーメントを計測した。なお、今回の実験においては、構造物は弾性範囲内である。

入射する波は、波高30mm、周期20秒の波を1波とした。構造物および遮蔽物がない時の構造物位置における浸水深 h は、31.9mm(5回平均)であった。なお、構造物および遮蔽物の剛性は、 $a=3$ の時に ah 位置における部材回転角が、それぞれ1/10, 1/100, 3/1000程度となる。

3. 実験結果

3.1 構造物剛性の影響

図-3に最大曲げモーメント M と構造物板厚の関係を示す。図中には、水深係数 a ($M=B\rho gh^3a^3/6=2.38a^3$, ρ :水の比重, g :重力加速度)も示す。

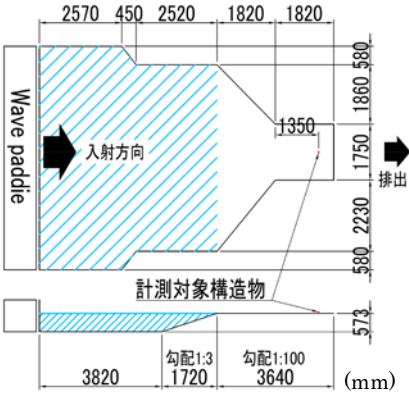


図-1 実験装置

表-1 実験ケース

実験 目的	配 置	前後 間隔 l_a (mm)	左右 間隔 l_b (mm)	構造物 板厚 t_s (mm)	遮蔽物 板厚 t_g (mm)	測定 回数 (回)
構造物の剛性	単独	-	-	1	-	22
				2		20
				3		26
遮蔽物の配置	格子	15	22.5	3	3	31
		45	11.25		3	24
			22.5		3	16
			45		3	30
	90	22.5	3		35	
	千鳥	15	22.5		3	35
		45	11.25		3	11
			22.5		3	26
			45		3	21
		90	22.5		3	24
遮蔽物の剛性		格子	45	22.5	3	1
	2					26
	3					16
	千鳥	1				26
		2				24
		3				26

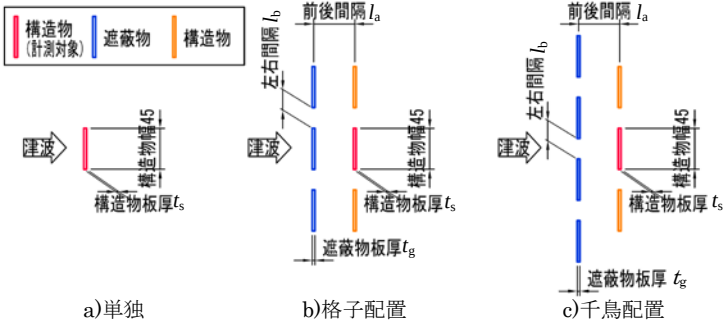


図-2 構造物の配置

キーワード 津波波力、浸水係数、水槽実験、遮蔽物

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL 042-495-1111

若干のばらつき（変動係数 0.15～0.44）を有しているものの、構造物の剛性による影響はなかった。構造物の剛性は、板厚の3乗に比例するため、板厚が1mmの時と3mmの時では剛性が27倍異なっており、波が衝突した時の挙動に影響が出ると考えたが、図-4に示す通り、いずれのケースにおいても波の衝突後に直ちに曲げモーメントが低下するというのではなく、最大荷重がある程度の時間保持されたため、剛性の影響がなかったものと考えられる。

水深係数は、2.5～2.6程度であり、朝倉式と概ね整合している。

3.2 遮蔽物配置の影響

基部曲げモーメントと前後間隔 l_a および左右間隔 l_b の関係をそれぞれ図-5、図-6に示す。

格子配置の時は、前後間隔 l_a が小さいほど、また左右間隔 l_b が大きいほど遮蔽効果が大きいことがわかる。その時の基部曲げモーメント M の差は5倍以上あり、一律に遮蔽物の有無だけでは条件が大きく異なることがわかる。ただし、水深係数 a は最大で1.6程度であり、中埜らが示す「遮蔽物がある場合に $a=2$ とできる」とした場合には、安全側に設計できることがわかる。

千鳥配置の時は、前後間隔 l_a にはあまり影響を受けないが、左右間隔 l_b には大きく影響を受けることがわかる。特に、 $l_b=45\text{mm}$ の時は、図-3に示す単独配置のケースよりも大きくなっており、流れが遮蔽物の間に集中したために波力が増幅していることが推測できる。従って、千鳥配置の場合は、遮蔽物として考えてよいか、増幅する地形として考えるべきか慎重に検討する必要がある。また、基部曲げモーメント M は、左右間隔によって3倍以上の違いがあるが、水深係数 a で評価すると1.5倍の差にすぎない。これは、 M が a の3乗に比例するためであるが、構造物の設計においては基部曲げモーメント M が大きな影響を持つため、水深係数 a をより詳細に評価することで、合理的な設計が可能になると考えられる。

3.3 遮蔽物剛性の影響

図-7に基部最大曲げモーメント M と遮蔽物板厚の関係を示す。格子配置の場合は、遮蔽物の剛性はほとんど影響しないことがわかる。一方で、千鳥配置の場合は、遮蔽物の剛性が大きければ、遮蔽効果が上がる傾向にあることがわかる。

4. おわりに

実験により、津波による構造物への外力に関して、検討を行った。限られた条件の範囲ではあるが、構造物の剛性や遮蔽物と構造物の位置関係、遮蔽物の剛性が与える影響について示すことができた。

参考文献 1)朝倉ほか：護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究，海岸工学論文集第47巻，pp.911-915，2000。 2)東京大学生産技術研究所：平成23年度 建築基準整備促進事業「40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する資料」中間報告 その2，2011。 3)国土交通省住宅局長：津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について，国住指第2570号，2011。

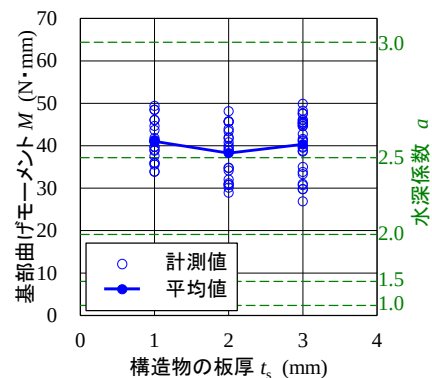


図-3 構造物の剛性の影響

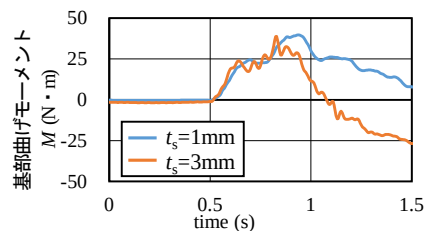


図-4 曲げモーメントの時刻歴

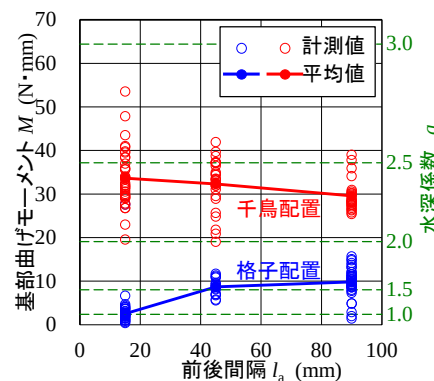


図-5 前後間隔 l_a の影響

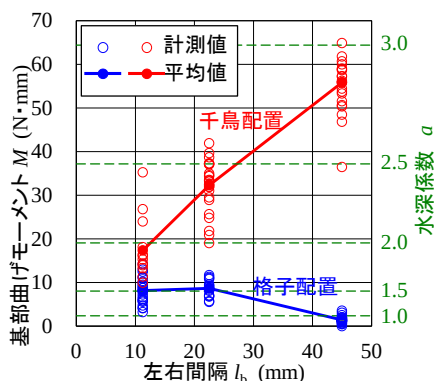


図-6 左右間隔 l_b の影響

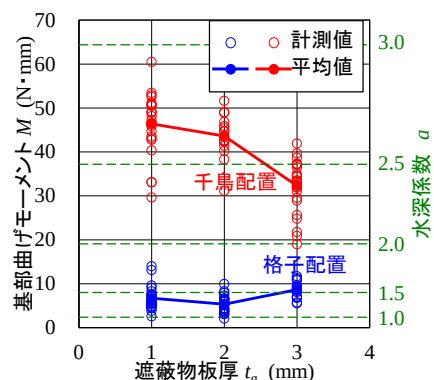


図-7 遮蔽物剛性の影響