

防波堤開口部の補強における海中鋼製フレームの基礎的研究

J F Eエンジニアリング株式会社

○荒川 貴信

国土交通省東北地方整備局

法人会員 東山 和博

港湾空港技術研究所

正会員 下迫 健一郎

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震以降、津波の威力を低減する効果がある防波堤・潜堤には粘り強い構造が求められている。釜石湾口防波堤の被災メカニズムの検討¹⁾においては、開口部では潜堤の滑落が本堤堤頭部の被災の要因の一つと分析されており、開口部にも粘り強い構造が必要である。しかしながら巨大津波に対しては、ケーソンのようなマッシブな構造物では揚圧力の影響が大きく、実用的な設計断面が得られないことが判明した。また、ブロック工法では単体重量が小さく、津波流で流されてしまう等の課題がある。そこで、揚圧力を受け流す空隙を有しかつ一定の重量を確保するため、蛇籠を超大型化したような、捨石を内包する鋼製フレーム構造物(図1)を考案し、水理実験により安定性の確認を行った。

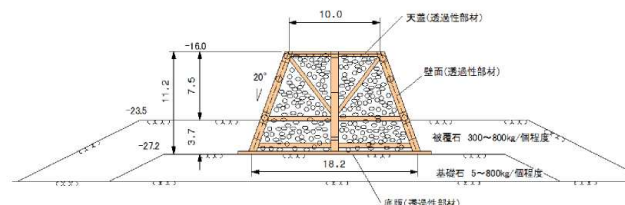


図1 鋼製フレームの一例

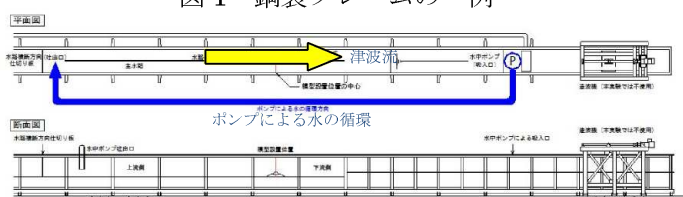


図2 実験施設の概要

2. 実験方法

実験は水路形状として長さ 50m、幅 0.5m、高さ 1.5mの大型断面水槽で実施した。津波流は通常の波浪に比べて周期が長いので、備え付けの造波装置では津波流を再現することはできない。今回の実験では、実験水路内に水中ポンプを設置し、水路内に循環流を発生させることで津波流を、模型縮尺 1/100 で再現した(図2)。

表1 津波外力条件

		最大流速 (m/s)		水位 D.L. (m)		継続時間 (s)	位相
		潜堤天端	下流側	潜堤天端	下流側		
大船渡	L1	12	17	-3.2	-14	87	引き波
	L2	17	20	+3.8	-30	471	押し波
釜石	L1	12	13	-1.0		58	押し波
	L2	13	23	-2.0	-25	464	引き波

津波外力条件としては、大船渡港、釜石港の湾口防波堤開口部潜堤に、鋼製フレームを適用した場合を想定した。2 港における L1, L2 津波外力条件は、津波シミュレーションの結果、表1の通り最大流速、継続時間、潜堤天端水位をシミュレーションに合わせて実験している。実験断面形状は、図3に示すモデルのように重力式構造物として以下の条件で安定計算を行い決定した。

- ・津波流による抗力 F_D は以下の式で求め、根入部には作用させない。

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \cdot \rho_o \cdot A_H \cdot v^2 \quad (1)$$

ここで、見かけ抗力係数²⁾ $C_D=1.4$ (釜石既設潜堤と同じ) ,
 ρ_o : 海水比重, v : 津波流速, A_H : 水平投影面積 を表す。

- ・揚力は無視する。
- ・根入部捨石は底版部上に仮想背面にて区切り自重として見込み、底版部に摩擦抵抗力が働くとする。
- ・根入部において水平の受働土圧を抵抗力として見込む。仮想背面(鉛直面)に作用するとして $\phi=0^\circ$ とした。

上記の考え方で、大船渡 L2 津波天端流速 $v=17\text{m/s}$ に対し、滑動安全率=1.0 となる断面を複数設定した。

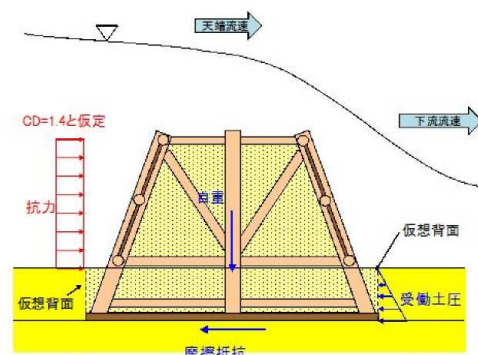


図3 安定計算モデル

キーワード 防波堤, 津波, 鋼製フレーム, 透過性, 根入, 揚力

連絡先 〒230-8611 横浜市鶴見区末広町2-1 JFEエンジニアリング株式会社 沿岸鉄構事業部 TEL045-505-7559

3. 実験結果

代表的な実験ケースと結果をまとめたものを以下の表 2 に示す。

表 2 代表的な実験ケースと結果の一覧

No	港	パラメータ					検証事項	対象波	L1流速(m/s)		L2流速(m/s)		結果	
		形状	傾斜	底版	根入	天蓋			天端	下流	天端	下流	L1	L2
2	大船渡	台形	20°	なし	3.7m	あり	中詰効果	L1、L2	12	17	17	20	安定	滑動・転倒
4	大船渡	台形	20°	あり	3.7m	あり	底版効果	L1、L2	12	17	17	20	安定	安定
5	大船渡	台形	30°	あり	3.7m	あり	角度効果	L1、L2	12	17	17	20	安定	安定
8	釜石	台形	30°	あり	2m	あり	他港適用性	L1、L2	12	13	13	23	安定	滑動・転倒
9	釜石	台形	30°	あり	4m	あり	根入効果	L1、L2	12	13	13	23	安定	安定
10	大船渡	最適		荷重計測実験				L1、L2、段階的	12	17	17	20		



写真 1 No.2 L2

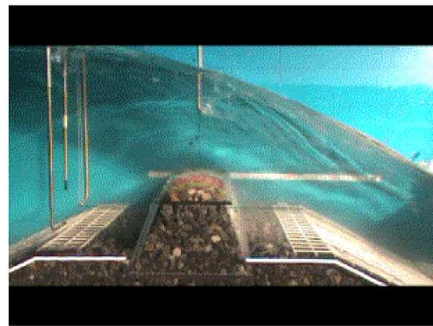


写真 2 No.4 L2

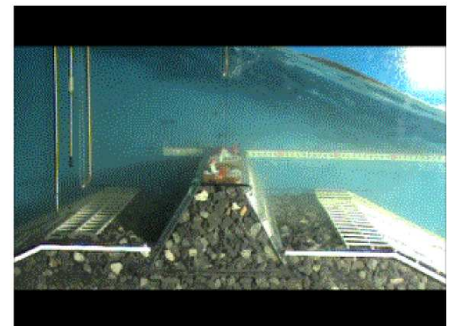


写真 3 No.5 L2

安定性実験において、実験 No. 2 台形 20° 底版なしの場合は L2 津波で滑動・転倒するが（写真 1）、底版ありでは安定している（写真 2）ことから、底版の効果があることが分かる。また、同じ底版ありでも、実験 No. 5 台形 30°

（写真 3）の方が安定性の向上が認められた。これは、傾斜により下向きの力が働くことによる底面摩擦力の増大、

津波の流れを受け流すことによる作用水平外力の低下などが考えられる。

次に、実験 No. 8 根入 2m では L2 津波で滑動・転倒するが（写真 4）、実験 No. 9 根入 4m では安定している

（写真 5）ことから、根入の効果もあることが確認された。これは、根入部の受動土圧抵抗が増加したため

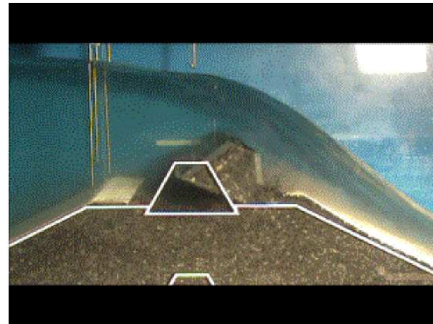


写真 4 No.8 L2

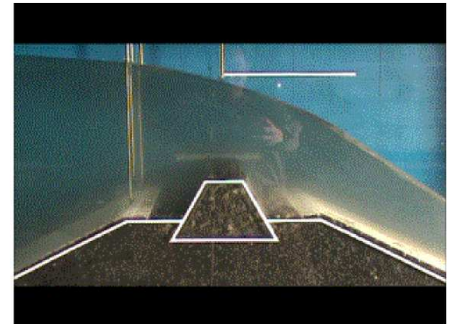


写真 5 No.9 L2

と考えられる。また、実験 No. 10 では、模型の底版下面に三分力計を設置し、上下左右に波圧計を設置して荷重計測実験を行った。図 4 のように水平荷重については波圧計合力と分力計の値が非常によく一致したのに対し、鉛直荷重は波圧計合力が分力計の値の 1.53 倍大きいことから、透過性により揚力が 3 割程度低下していると考えられる。

4. まとめ

水理実験により防波堤開口部における海中鋼製フレームの安定性を確認することができた。また、揚力の低減効果があることが確認できた。今後、潜堤の粘り強い構造形式の 1 つとして期待できると考える。

参考文献

- 1) 有川太郎・佐藤昌治・下迫健一郎・富田孝史・辰巳大介・廉慶善・高橋研也：釜石湾口防波堤の津波による被災メカニズムの検討-水理特性を中心とした第一報-，港湾空港技術研究所資料，No. 1251，pp. 4-52，March 2012
- 2) 谷本勝利・木村克俊・宮崎啓司：津波防波堤潜堤の安定性に関する実験的研究，港湾技術研究所報告，Vol. 27 No. 4，pp. 93-121，Dec. 1988

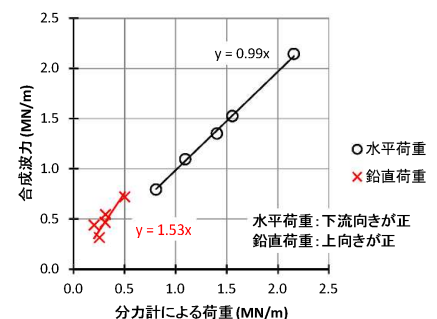


図 4 合成波力と分力計
計測値との比