

浮体構造物を内部に配したケーソン式海水交換型防波堤の波力に関する実験的研究

中部電力（株）電力技術研究所
中部電力（株）電力技術研究所 正会員
（株）シーテック

○牛場 靖彦
村上 晃生
正会員 早瀬 松一

1. 目的

防波堤の主な役割は高波浪の進入を防ぎ港内の静穏を保つことである。そのために港内外の海水交換が抑止され水質悪化が問題となっている。近年、水質悪化対策として海水交換機能を持たせた各種構造物の提案が盛んに行われているが、低波浪条件下の地点や潮位差が大きい地点では、海水交換が期待できない可能性がある。そこで、筆者らはゴム材を用いた浮体構造物をケーソン式防波堤の内部に配し、外海の水を港内に導水させることで、高い海水交換機能を有する方式を開発した。本研究は、この海水交換型防波堤に作用する波力特性を水理模型実験により検証したものである。

2. 実験方法

実験水路は全長 74m、幅 1.0m、高さ 1.8m の二次元造波水路を使用し、ケーソン模型は目視観察ができるガラス面

（片側）に設置した。模型縮尺は *Froude* 相似則により 1/20 で実施した。実験波は表 1 に示すように波高 10～35cm、周期 2～2.5sec の規則波で行い、天端の開口部の有無によるケースを実施した。計測は容量式波高計 6 台、港内への導水量を計測する電磁流速計 1 台、ケーソンに作用する波圧を計測する波圧計 11 台で実施した。実験は造波開始から造波波形が安定した後、波圧に関する計測はサンプリング間隔 1msec、その他は 50msec で実施した。模型断面の概要ならびに計測機器の設置位置を図 1, 2 に示す。

3. 実験結果

(1) ケーソンに作用する波圧強度

ケーソンに作用する波圧強度の代表的な結果を図 3～図 6 に示す。ケーソンに作用した波圧を天端開口部有無による比較を実験水位ごとに示し、実験条件は $T=2.5s$ 、 $H_{in}=20.0cm$ である。水平方向に作用する波圧強度は、堤体前面に開口部があるため浮体部背面の位置で大きくなる傾向となった。天端開口部があるケース（図 3, 4）は堤体前面から流入した波は天端開口部から飛散するため、天端内部に作用する波圧は小さいことが分かる。一方、天端開口部がないケース（図 5, 6）は、遊水室に流入した波が天端内部および浮体部背面壁に作用するため、ほぼ一定に作用した。また、鉛直方向の波圧強度には顕著な差は見られなかったが、H.W.L のケースは、

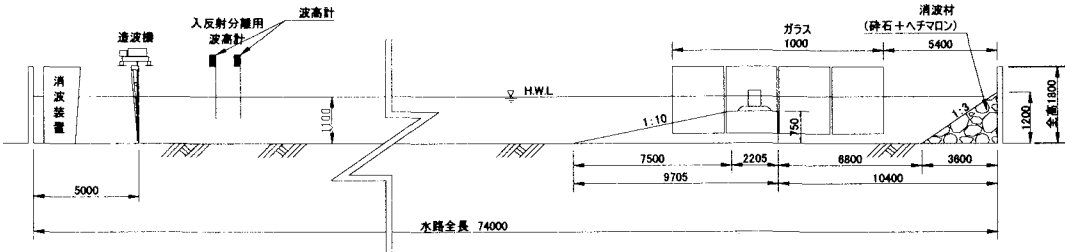


図 1 実験断面図

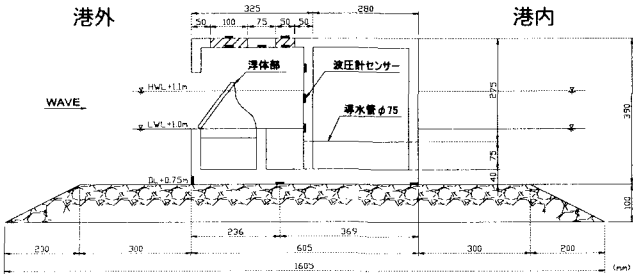


図 2 実験模型断面図

表 1 ケース表

実験水位	周期 (sec)	波高 H_{in} (cm) : 造波板前面の一定水深部での波高							
		10.0	15.0	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5
H.W.L	2.00	●	●	●	●	●	●	●	●
	2.50	●	●	●	●	●	●	●	●
L.W.L	2.00	●	●	●	●	●	●	●	●
	2.25	●	●	●	●	●	●	●	●
	2.50	●	●	●	●	●	●	●	●

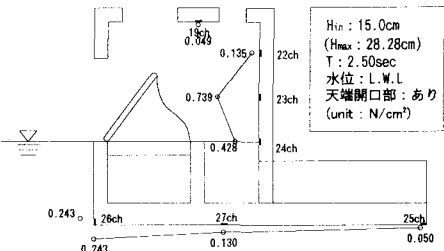


図 3 ケーソンに作用する波圧強度

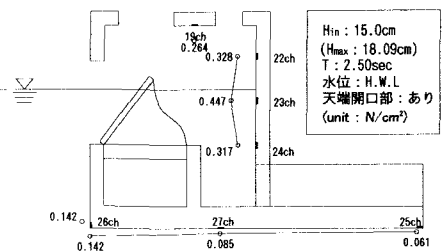


図 4 ケーソンに作用する波圧強度

堤体を越波する波が生じるため、下向きの波圧が大きくなった。

(2) 滑動合成波力

一般的にケーソンの安定計算を実施する場合滑動と転倒に関して検討するが、滑動に対する安定性が問題となるため、今回は滑動に対して検討した。滑動に関する検討は式(1)に示す滑動合成波力 F_C を用いて行い、表1

に示す実験ケースから代表例を紹介する。 $F_C = F_H + \mu F_V \cdots (1)$ ここに、 F_H ：水平波力、 F_V ：鉛直波力、 μ ：ケーソン堤底面と捨石マウンドの間の摩擦係数(0.503)である。ただし、摩擦係数はレーザー変位計による変位量とロードセルによる張力から求めた。また、波力は計測した波圧値にフィルタリングを施した積分値である(模型量)。図7は $T=2.5s$ 、 $H_{in}=20cm$ (L.W.L)における滑動合成波力の1周期分を示した時系列図である。水平波力 F_H と鉛直波力 F_V のピークは同時に発生していることが分かる。図8は図7と同条件における天端開口部有無における滑動合成波力の比較図である。両ケースとも位相差は生じているが滑動合成波力は2つのピークが見られ、第1のピークは波の峰が堤体沖側到達時に発生し、第2のピークは波面の先端が遊水部背面壁上部付近に到達し、遊水部内の水と一緒に衝突したときに発生していたと思われる。この結果は高橋ら(1991)のスリットケーソンに作用した波力と同様であり、ケーソン前面に浮体部を有した開口部がスリットケーソンと同じ働きをしたと考えられる。また、天端開口部の有無による比較検討した場合、開口部がないケースは、浮体部によって水塊がリフトアップされ天端に作用した鉛直波力の影響が大きく、開口部が有るケースの約4倍の波力が作用する結果となった。他のケースも波圧合力の波形形状および位相時間に差は生じていたが、2つのピークが生じていた。

4. 結論

ケーソン式海水交換型防波堤の水利実験を実施し、防波堤に作用する波圧を明らかにし、直立ケーソンに作用する波力を求めた結果、滑動合成波力は2つのピークが見られ、ケーソン内の遊水部による影響があることが分かった。今後は実用化を目指し、浮体部のゴムの耐久性検討および数値計算(CADMAS-SURF)による合理的な設計手法を構築していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 山本正昭、中泉昌光、間辺本文：潜堤付防波堤による海水交流工法の開発、海岸工学論文集、第34巻、pp675-679、1987
- 2) 橘川正男、依田眞、中村昭男、早瀬松一：ゴム材を用いた浮体式海水交換型防波堤の実験的研究、海洋開発論文集、Vol.17、pp.217-221、2001
- 3) 高橋重雄、下迫健一郎、佐々木均：直立ケーソンの部材波力特性と耐波設計法、港湾技術研究所報告、第30巻、第4号、pp.3-34、1991
- 4) 藤原隆一、山崎智弘、橘川正男、早瀬松一：海水交換型防波堤の耐波設計における数値波動水路の適用性、土木学会第58回年次学術講演会、pp.509-510、2003
- 5) 藤原隆一、山崎智弘、橘川正男、早瀬松一：直立ケーソン式海水交換型防波堤の耐波設計に対する数値波動水路の適用性、海岸工学論文集、第50巻、pp681-685、2003

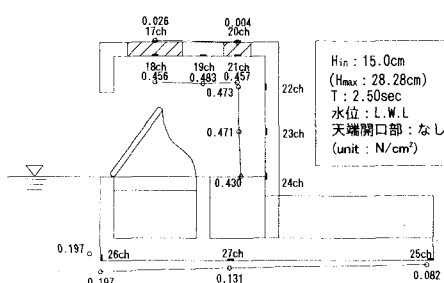


図5 ケーソンに作用する波圧強度

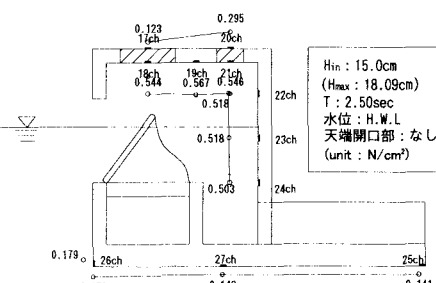


図6 ケーソンに作用する波圧強度

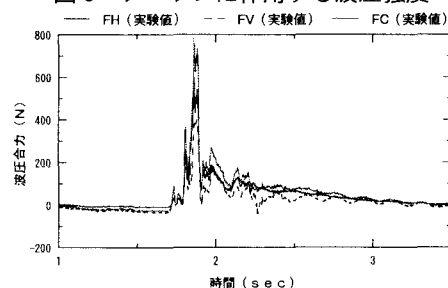


図7 滑動合成波力の時系列図

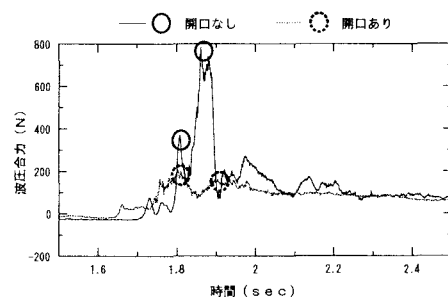


図8 天端開口部有無による滑動合成波力