消波工の津波力低減効果に関する検討

株式会社不動テトラ	正会員	〇丸山	草平
株式会社不動テトラ	正会員	三井	順
株式会社不動テトラ	正会員	松本	朗
株式会社不動テトラ	正会員	半沢	稔

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震 津波を契機に津波災害軽減に向けた研究が精力的に 進められている.防波堤に作用する津波力に関して は谷本ら¹¹等の研究において取り上げられている. しかしながら,消波工による津波力低減効果に関し てはほとんど検討されていない.そこで本研究では 混成堤における消波工の津波力低減効果を確認する ことを目的として,水理模型実験および数値計算を 行なった.

2. 水理模型実験

(1) 実験方法

実験には長さ 55m,幅 1.2m,高さ 1.5mの断面二 次元水槽を用いた.図-1 に実験断面と波圧計の位置 を示す.アクリル製ケーソン前面に直径 1.0cmの波 圧計を全 8 箇所(空中 3 箇所,静水面 1 箇所,水中 4 箇所)設置し,孤立波および半周期分の正弦波を入 射させ波圧を測定した.まず全波力が最大になる時 刻における各波圧計の値の分布を検討した.次に消 波工の有無が津波力に及ぼす影響について検討した.

ケーソン法線位置の水深 h は 36cm とし,実験波は 孤立波および周期 10s, 15s(模型量)の半周期分の 正弦波(押波初動,引波初動)を用い,造波板の押 し出し量を段階的に増加させて実験を行なった.



(2) 実験結果

谷本ら¹⁾の式による津波高水深比 a_H/h の適用範囲 はおよそ $0.071 \leq a_H/h \leq 0.414$ であり、この範囲での 実験値は、谷本らの式によく一致していた.ここで、 a_H は防波堤設置前のケーソン法線位置における津波 高である.

図-2 に消波工有無での波圧分布の比較の一例として、孤立波 $(a_H/h=0.61)$ の結果を示す. 波圧 p は pga_H で、z は a_H で除して無次元化してある. 図中の値は 2 回測定した値の平均値である.全ての測点で波圧が低減されていることがわかる.



図-2 波圧分布の比較(孤立波, $a_H/h=0.61$) 図-3 に消波工による津波力低減率 λ を示す. ここ で λ は(消波工ありの場合の全波力)/(消波工なしの場 合の全波力)である. λ は a_H/h によって異なる値を取 る.引波初動の正弦波の場合,水深 h は引波最大時 での値とし、津波高 a_H はその水位から津波の峰まで の高さとした.津波の形態にかかわらず、実験値は ほぼ一本の直線でまとまり、 $a_H/h \ge 0.3$ の範囲で消波 工の効果が現れ、 $a_H/h \le 1.0$ で λ は最大約 0.8 まで低 減した.後述する数値計算による結果も2点(孤立波、 押波初動正弦波)プロットしており、それらは実験 データのばらつきの範囲内に収まり、計算結果は実 験結果をよく再現できていることがわかる.

キーワード 津波,波力,消波工,数値計算,防波堤
連絡先 〒300-0006 茨城県土浦市東中貫町2-7 ㈱不動テトラ総合技術研究所 TEL029-831-7411



図-3 消波工による津波力低減率

3. 数值計算

(1)計算方法

水理模型実験と同じ条件を設定し、孤立波および 押波初動の正弦波で計算を行なった.計算にはオー プンソースの流体解析プログラム OpenFOAM を用 いた. 捨石の材料係数は α_0 =1500, β_0 =3.6, 空隙率は 0.4, 代表径は0.01m である. 消波ブロックの材料係 数は α_0 =2100, β_0 =2.2, 空隙率は0.5, 代表径は0.06m である.数値計算の詳細は三井ら²⁾を参照されたい.

(2)計算結果

図-4 に孤立波 (a_H / h=0.99, 消波工なし)の条件で の空中の PG1 と静水面の PG4 (図-1 参照) における 計算と実験による波圧の時系列を示す.ここでは PG1 の波圧の立ち上がり時刻が計算と実験で一致す るように時刻を合わせている. PG4 の計算値は実験 値を非常によく再現している.PG1 は計算値のピー ク値が実験値より大きいが,立ち上がりの波形を含 め全体的には実験値をよく再現している.





(孤立波, a_H / h=0.99, 消波工なし)

図-5 は計算と実験による波圧分布を比較したもの である.消波工なし,ありともに静水面上での計算 値は実験値よりもやや小さめであるが,全体的な形 状はほぼ一致しており数値計算の適用性は高いもの と考えられる.



4. おわりに

本研究では,防波堤に作用する津波力に関して水 理模型実験と数値計算を行なった.主要な結論を以 下に示す.

①消波工の津波力低減率 λ は a_H/h により異なる値を とり $a_H/h \ge 0.3$ で消波工の効果が現れた. $a_H/h \le 1.0$ の範囲で λ は最大 0.8 程度まで低減した.

②OpenFOAM を用いた数値計算で水理模型実験の再 現が可能であることが確認された.今後,周期の長 い正弦波など水理模型実験で行なうには難しい条件 での検討を行なうこととしている.

参考文献

1)谷本勝利, 鶴谷広一, 中野晋: 1983 年日本海中部 地震津波における津波力と埋立護岸の被災原因の検 討,第31回海岸工学講演会論文集(1984), pp.257-261. 2)三井順, 丸山草平, 松本朗, 半沢稔: 防波堤を越 流する津波に対する港内側マウンド被覆材の安定性 に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学) Vol.68,No.2,2012,I_881-I_885.