

する。断面 B はコスト削減を考慮し、既設消波工と新設消波工を同じ天端高としたものであり、**図-1(c)**に相当する。また、本土工突出部の大きさと水平波力の関係を明らかにすることを目的に断面 B の消波工天端高をさらに下げたものである断面 C 及び D についても検討を行った。断面 E は消波ブロックを全て新規格に置き換えたものであり、**図-1(a)**に相当する。断面 F-H は本土工を嵩上げせずに消波工のみを改良した場合のものである。それぞれ、消波工の天端高を一定として、消波工天端幅を変えており、断面 F の消波工天端幅は断面 B と同じ、断面 G 及び H は断面 F から 1 個並びつつ消波工天端幅を拡幅したものである。本報告では、値は全て現地換算値で示すものとする。

実験水深は $h=9.2\text{m}$ で一定とした。実験波は Bretschneider・光易型のスペクトルを有する不規則波を用いた。有義波高は $H_{1/3}=5.1\text{m}$ 、有義波周期は $T_{1/3}=10.3\text{s}$ で一定とした。波圧実験及び伝達率実験では作用波数を 150 波とした。波圧データはサンプリング周期 0.005s で測定した。消波ブロックの安定実験では作用波数を 1000 波とした。

伝達率及び波圧の計測は全ての断面において実施し、消波ブロックの安定性の確認は断面 B においてのみ行った。

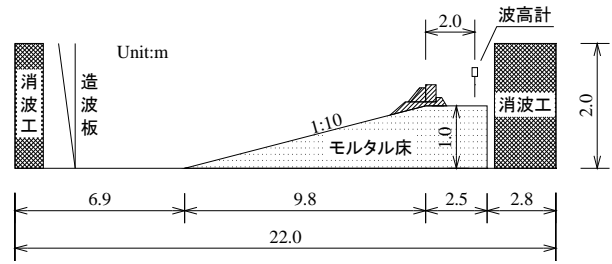


図-2 2次元造波水路の概要

表-1 2次元造波水路の概要

	現地(m)	実験(cm)
有義波高 $H_{1/3}$	5.1	12.8
有義波周期 $T_{1/3}$	10.3(s)	1.68(s)
水深 h	-9.2	-23.0
マウンド上水深 d	-7.0,-8.5	-17.5,-21.3
本土工天端高 h_C	+3.0,+4.5	+7.5,+11.3
消波工天端高 h_{CB}	0.0,+1.5,+3.0,+4.5,+7.0	0.0,+3.8,+7.5,+11.3,+17.5
消波ブロック	6.4,16.8(t)	100.3,263.0(g)
海底勾配 i	1/10	1/10
実験縮尺 S	-	1/40

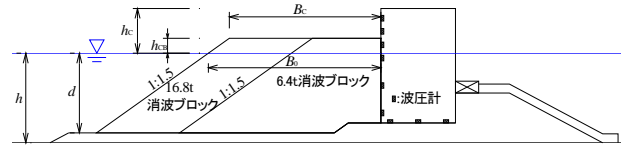
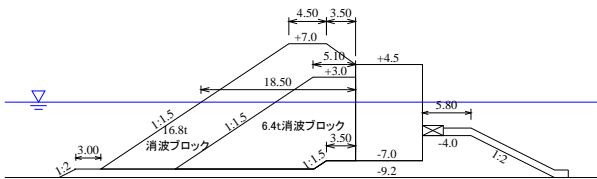
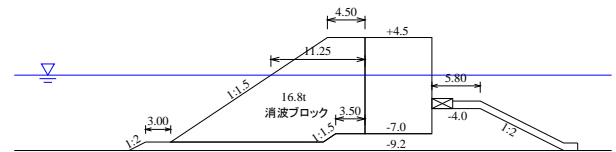


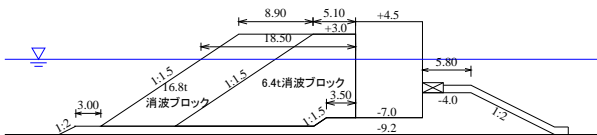
図-3 波圧計設置位置



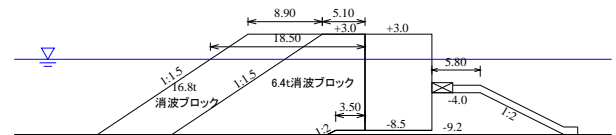
(a) 断面 A



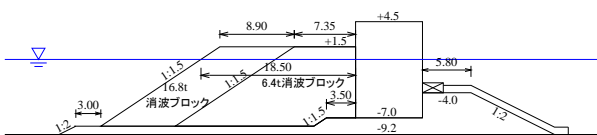
(e) 断面 E



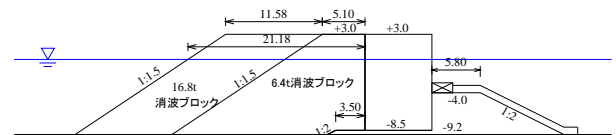
(b) 断面 B



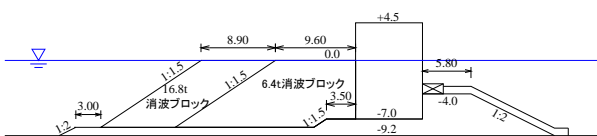
(f) 断面 F



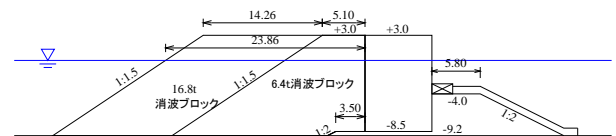
(c) 断面 C



(g) 断面 G



(d) 断面 D



(h) 断面 H

図-4 実験断面一覧

3. 実験結果

(1) 伝達波特性

図-5は、横軸に図-1(a)に示した置き換え型の静水面上の消波工面積 S_0 とその他の断面の静水面上の消波工面積 S の比である S/S_0 をとり、縦軸に波高伝達率 K_T をとったものである。図中の凡例の消波工置き換え型とは断面E、消波工・本体工改良とは断面A~D、消波工のみ改良とは断面F~Hを示す。また、防波堤天端高 $h_c=0.88H_{1/3}$ であることから、消波ブロック被覆堤の天端高 $h_c=0.8H_{1/3}$ であるときにおける波高伝達率の規定値 $K_T=0.1$ を図中に示している。

図-5より、全ての断面において K_T は0.1を下回っていることが分かる。なお、消波工のみ改良の場合(断面F~H)では $h_c=0.59H_{1/3}$ であるにも関わらず、 K_T は0.1を下回っている。これは、消波工天端幅 B_C が広くなることで静水面上の消波工面積 S が大きくなるためと考えられる。

(2) 波力特性

図-6は各断面の波圧分布を示したものである。図中の●印は計測値である。また、写真-1は断面A及びD

の波の作用状況を比較したものである。断面Aでは波高が消波工天端高より低く、消波工内に波が全て入射していることが分かる。一方で、断面Dでは消波工前面における波高が消波工天端高よりも高くなり、水塊が天端上を越流し、勢いよく衝突していることが分かる。このため、断面B~Dでは突出部における波圧が増大したものと考えられる。

図-7は、断面Aにおいて計測された水平波圧の合力である水平波力 P_{HA} と各断面の水平波力 P_H の比である P_H/P_{HA} の関係を示したものである。断面B~Dを比較す

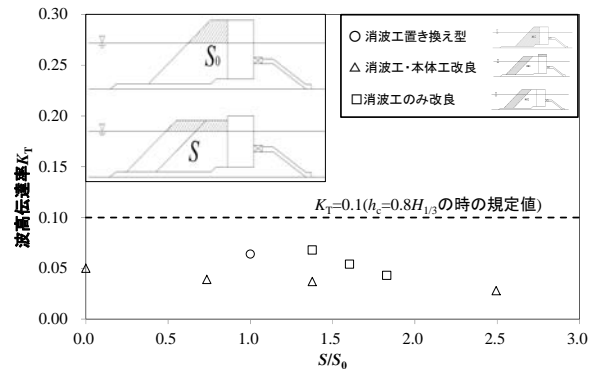


図-5 波高伝達率 K_T と静水面上の消波工面積の関係

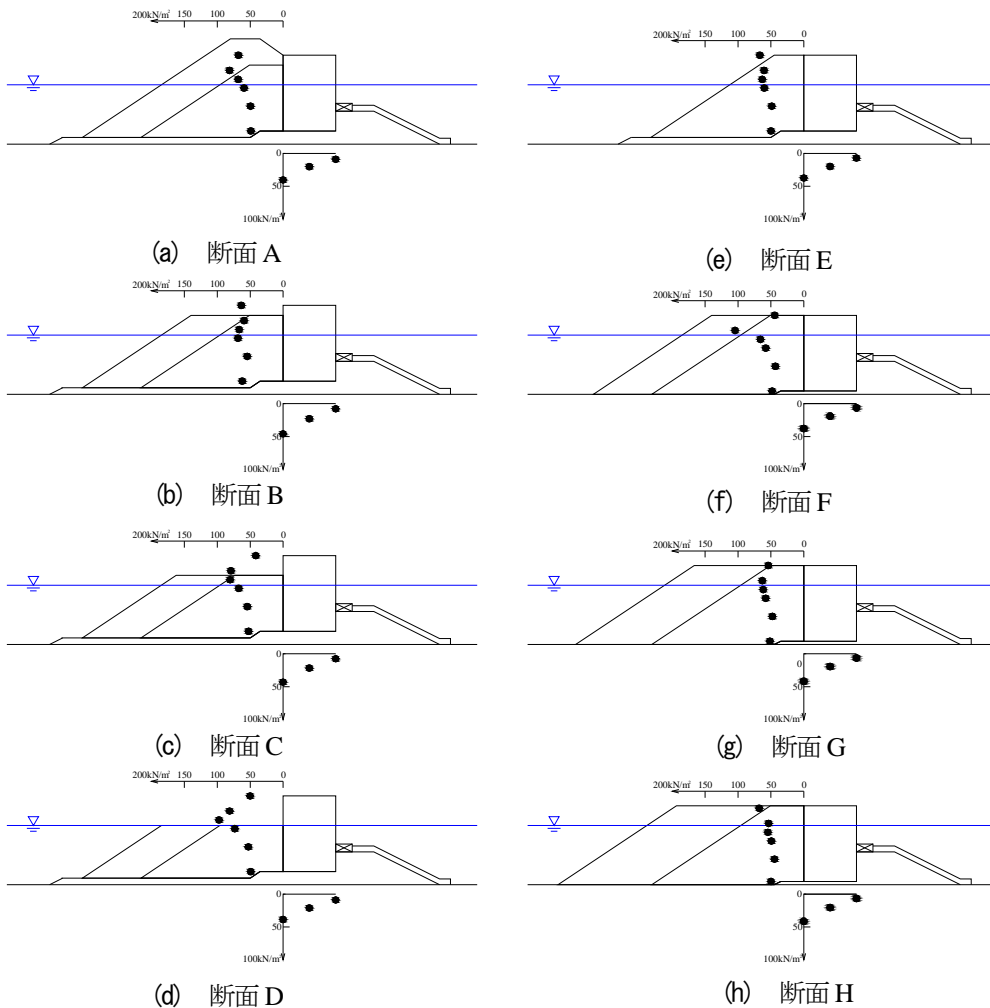


図-6 波圧分布一覧

ると、消波工天端高が低くなり突出部が大きくなると水平波力が大きくなる。これは、消波工天端高が低くなると、消波工天端上を越流する水塊が大きくなり、突出部に衝突するときの運動エネルギーが大きくなるのが要因と考えられる。断面F-Hを比較すると、消波工天端幅が広がるにつれて水平波力は小さくなるのが分かる。また、消波ブロック被覆型の改良断面である断面Aと消波ブロック置き換え型の断面である断面Eを比較すると、ともに消波ブロックにより完全被覆されているが、断面Eよりも断面Aの水平波圧の方がやや大きいことが分かる。これは、断面Aでは消波工法肩に衝突した水塊が消波工天端まで上がり、直立部に衝突すること及び消波工内の水位が消波工天端まで上昇する複合した現象により波圧が大きくなったものと考えられる。

図-8は、断面Aにおいて計測された揚圧力 P_{UA} と各断面の揚圧力 P_U の比である P_U/P_{UA} の関係を示したものである。断面B-Dを比較すると、消波工天端高が低くなり突出部が大きくなると揚圧力は小さくなる。これは、消波工面積が小さくなることで消波工内の水塊が消波工外に抜けやすくなるためと考えられる。断面E-Hを比較すると、消波工天端幅が狭くなるにつれて揚圧力は小さくなるのが分かる。これは断面B-Dと同様に消波工面積が小さくなることで消波工内の水塊が消波工外に抜けやすくなるためと考えられる。

図-9は、断面Aにおいて計測された水平波力と揚圧力の合力である合成波力 P_A と各断面の合成波力 P の比である P/P_A の関係を示したものである。一般的な改良手法である消波ブロック被覆型の断面Aの合成波力と比較して、消波ブロック置き換え型の断面Eを比較すると断面Aの方がやや大きくなることが示唆された。また、コスト削減を考慮した断面B、C及びFの合成波力は断面Aとほぼ同じとなった。なお、消波工天端幅のみの拡張の場合、消波工天端幅が広いほど合成波力は低下することが分かったが、施工条件等により、他の断面と比較して割高になることが考えられる。

(3) 消波ブロックの安定性

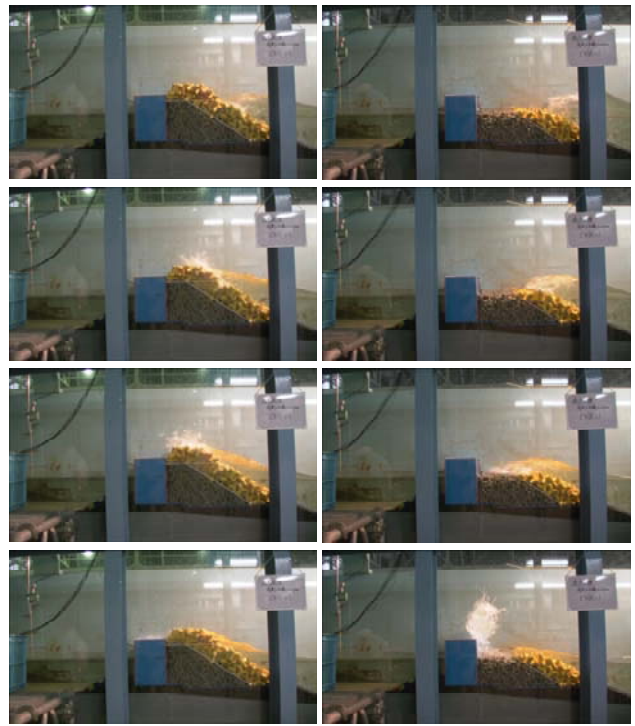
実験の結果、被災したブロック個数は1個で有り、被災度 N_0 に換算すると0.05であった。被災度の規定値である $N_0=0.3$ を下回っているため、消波ブロックの安定性は問題ないことが分かった。なお、被災度 N_0 は下式より求めた¹⁾。

$$N_0 = \frac{n}{(B - 2D_n)/D_n}$$

ここで、 n ：ブロック被災個数、 B ：水槽幅、 $D_n=V^{1/3}$ ：ブロック代表径、 V ：ブロック体積である。

4. まとめ

Kazuhiko Sakai, Katsumi Kamikubo, Teruki Aoi



(a) 断面 A (b) 断面 D

写真-1 波の作用状況

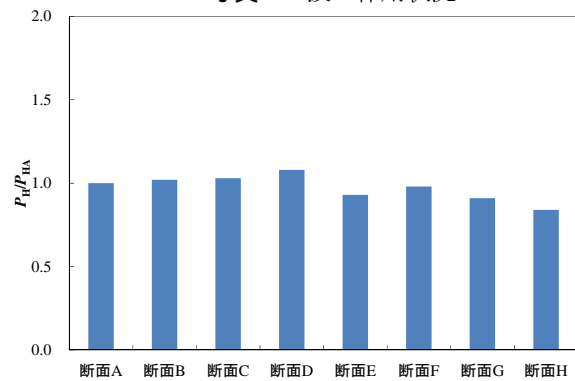


図-7 水平波力の大きさ(断面 A を 1.0 とする)

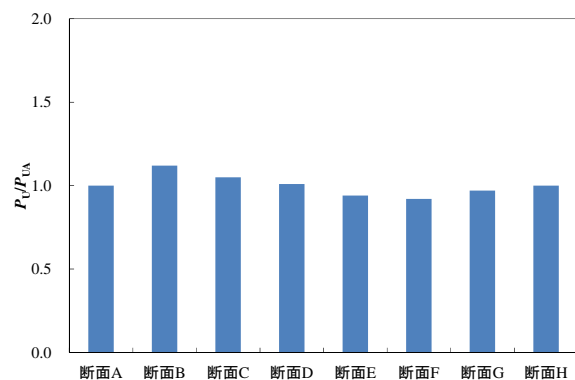


図-8 揚圧力の大きさ(断面 A を 1.0 とする)

本報告では、コスト削減を考慮した消波ブロック被覆堤改良断面の波高伝達特性、波力特性及び消波ブロックの安定性について、水理模型実験により検討を行った。得られた結果は以下の通りである。

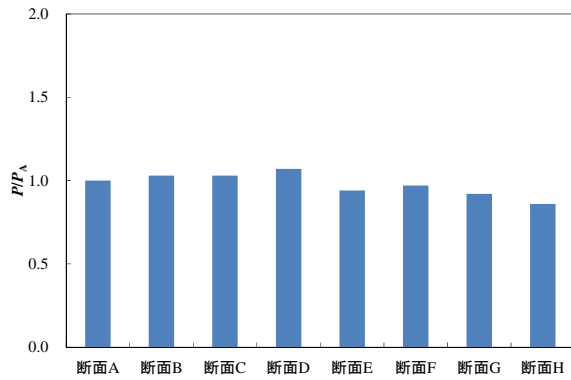


図-9 合成波力の大きさ(断面 A を 1.0 とする)

- 1) コスト縮減を考慮した改良断面の波高伝達率 K_T は一般的な改良断面と同様に規定値の0.1を下回った.
- 2) 消波ブロック置き換え型と一般的な改良断面である消波ブロック被覆型の合成波力を比較すると、後者の方がやや大きくなることが示唆された.
- 3) コスト縮減を考慮した改良断面の合成波力は一般的な改良断面とほぼ同じとなった.
- 4) 異なるブロックサイズに拘束された状態にある消波工天端面の消波ブロックは安定していた.

本報告では、実験条件が限られているため、今後は系統的に実験を行い、コスト縮減を考慮した消波ブロック被覆堤改良断面の水理特性を、より詳細に明らかにしたい。

5. 参考文献

- 1) 丸山草平, 松本 朗, 半沢 稔: 防波堤港内側マウンド被覆材の津波に対する安定性に関する実験, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.68, No.2, 2012, I_7-I_12