

大水深防波堤の耐波特性に関する実験的研究 (その1)

一消波ブロック法面上での共振現象について一

運輸省 第五港湾建設局 正 員 飯塚雅則  
 運輸省 第五港湾建設局〇正 員 小日山定  
 名古屋大学 工学部 正 員 岩田好一郎  
 名古屋大学 工学部 正 員 高木不折  
 名古屋大学 工学部 学生員 水谷法美

1. はじめに

大水深域、かつ高波浪域で建設される防波堤は、従来の直立ケーソン式混成堤構造から、波力及び反射波を低減させ、より経済的な消波式混成堤構造が考えられるようになり、曲面スリット堤、多孔式ケーソン堤など各種のタイプが提案されている。その中で消波ブロック式混成堤も有用なタイプであり、その設計にあたっては衝撃砕波圧への考慮のほか、シネス港災害事例から最近指摘されるようになった共振現象への配慮も必要である。

しかし、共振現象の発生機構が複雑なため、これまでの実験例は一様勾配で越波を許さない条件のもとに行われたものが多く、設計への適用上課題が残されている。

本報告は、このような観点から下田港湾口防波堤をケーススタディとして、水理模型実験を実施し、混成堤の法面上での共振現象の発生の有無について検討したものである。

2. 実験概要

実験は、図-1に示す消波式混成堤断面で、模型はフルードの相似則を用い1/80縮尺とした。実験ケースは、表-1に示す現地条件を勘案し、入射波高、周期、斜面勾配、小段長を変化させ規則波を用いて行った。実験装置は、片面ガラス張りの二次元鋼製造波水槽(25m×0.95m×0.75m)を使用し、ガラス面のある水路に消波式混成堤模型を設置した。入射波の水位変動は電気容量式水位計で、消波ブロック法面上の流速は超小型プロベラ流速計で計測した。更に砕波状況を16mm高速シネカメラ(50コマ/秒)で撮影した。

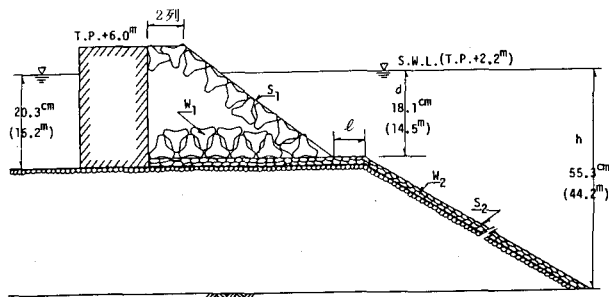


図-1 混成堤断面図

|                     | 実物                                                                                                                                                                                                       | 模型                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 消波ブロック法<br>勾配 $S_1$ | 1:4/3<br>1:2                                                                                                                                                                                             | 1:4/3<br>1:2                                                                                                                                                                                                         |
| 基礎捨石法 勾配<br>$S_2$   | 1:2<br>1:2.5                                                                                                                                                                                             | 1:2<br>1:2.5                                                                                                                                                                                                         |
| 消波ブロック重量<br>$W_1$   | 70 <sup>t</sup>                                                                                                                                                                                          | 125 <sup>gr</sup>                                                                                                                                                                                                    |
| 基礎捨石重量<br>$W_2$     | 25.6 <sup>t</sup>                                                                                                                                                                                        | 50 <sup>gr</sup>                                                                                                                                                                                                     |
| 防波堤法先水深<br>$h$      | 44.2 <sup>m</sup>                                                                                                                                                                                        | 55.3 <sup>cm</sup>                                                                                                                                                                                                   |
| 周期 $T$              | 17.4 <sup>s</sup><br>12.5 <sup>s</sup>                                                                                                                                                                   | 1.95 <sup>s</sup><br>1.40 <sup>s</sup>                                                                                                                                                                               |
| 波高 $H$              | 4.0 <sup>m</sup><br>5.1 <sup>m</sup><br>9.1 <sup>m</sup><br>11.6 <sup>m</sup><br>13.2 <sup>m</sup><br>3.5 <sup>m</sup><br>5.2 <sup>m</sup><br>8.3 <sup>m</sup><br>10.5 <sup>m</sup><br>15.0 <sup>m</sup> | 5.0 <sup>cm</sup><br>7.1 <sup>cm</sup><br>11.4 <sup>cm</sup><br>14.5 <sup>cm</sup><br>16.5 <sup>cm</sup><br>4.4 <sup>cm</sup><br>6.5 <sup>cm</sup><br>10.0 <sup>cm</sup><br>13.1 <sup>cm</sup><br>18.8 <sup>cm</sup> |
| 小段長 $l$             | 5.0 <sup>m</sup><br>10.0 <sup>m</sup>                                                                                                                                                                    | 6.3 <sup>cm</sup><br>12.5 <sup>cm</sup>                                                                                                                                                                              |

表-1 実験諸元

3. 実験結果

2)

一様勾配についての榎木、岩田らの実験によると、式(1)で定義される砕波相似数  $\xi$  が  $2 < \xi < 3$  の

範囲にある時は、Per Brunn の指摘する共振現象が発生することが明らかになっている。

$$\xi = \tan \theta / \sqrt{H/L_0} \quad (1) \quad \tan \theta: \text{法面勾配}, H: \text{法先水深 } h \text{ における入射波高}$$

$$L_0: \text{沖波入射波長 } (gT^2/2\pi), T: \text{入射波周期}, g: \text{重力加速度}$$

今回の実験は式(1)の  $\tan \theta$  を消波ブロック法面勾配  $S_1$  に置き替えて、式(2)で定義した。

$$\xi = 1 - S_1 / \sqrt{H/L_0} \quad (2)$$

本実験は、図-1に示すように通常の防波堤断面のもとで実施しており、実験ケースの大部分が越波現象が顕著であり、このため式(2)で定義される  $\xi$  が  $2 < \xi < 3$  の範囲であっても共振現象が写真解析から確実に読みとれなかった。これは、越波しない場合に比べて斜面上における run-down が小さくなり、ほとんどのケースが越波するので共振現象が明確に認められなかったものと推定される。

しかし、 $S_1 = 1:2$  (図-2)の実験結果によれば向岸方向の無次元最大流速  $V_{\max}/\sqrt{gH}$  は、共振現象が認められた一様勾配での実験値と等しいか、もしくは大きいことが認められる。このことは、共振現象の発生の有無に関係なく、 $\xi$  が  $2 < \xi < 3$  の範囲については最大流速が大きくなり、そのため消波ブロックに大きな流体力が作用することを示している。

従って消波ブロックの安定性に対しては、碎波相似数  $\xi$  が  $2 < \xi < 3$  にならないような設計方法が好ましいことが指摘できる。この範囲を下田港湾口防波堤の波浪条件に適用すれば、消波ブロックの法面勾配  $S_1$  は  $1:2$  より  $1:4/3$  の方が好ましいと言える。また離岸方向の  $V_{\max}/\sqrt{gH}$  は越波によって run-down が小さくなり共振現象が認められた一様勾配での実験値より小さくなっている。更に小段長の影響を図-2、図-3から見ると  $V_{\max}/\sqrt{gH}$  と  $V_{\max}/\sqrt{gH}$  は小段長  $l = 5\text{m}$  より、 $l = 10\text{m}$  にすると小さくなりやすいことが認められた。

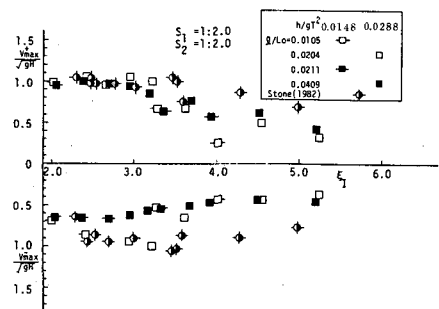


図-2  $V_{\max}/\sqrt{gH}$ ,  $V_{\max}/\sqrt{gH}$  と  $S_1$  の関係

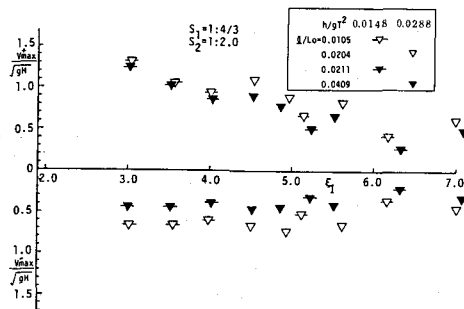


図-3  $V_{\max}/\sqrt{gH}$ ,  $V_{\max}/\sqrt{gH}$  と  $S_1$  の関係

#### 4. おわりに

共振現象の発生については、従来一様勾配を対象として種々検討され、 $\xi$  が  $2 < \xi < 3$  の範囲で発生することが実験的に明らかにされている。今回対象とした複合断面の消波ブロック法面上では共振現象は見られなかったものの、最大流速が共振現象時と同程度の値が発生し  $\xi$  が  $2 < \xi < 3$  にならないような設計方法にすれば、消波ブロックの安定に対して好ましいことがわかった。今後更に不規則波による実験を重ね、港湾構造物の設計に反映させたい。

#### 参考文献

- 1) 谷本勝利他：各種ケーソン式防波堤の反射・越波及び波力特性に関する模型実験、港研資料 No. 246
- 2) 榎木、岩田他：防波堤斜面における共振現象の発生限界と発生確率、第28回海岸工学講演会