# 消波自然石塊で構成される消波工の耐波安定性に関する研究

環境工学株式会社 正会員 〇行本 哲,後藤 隆志,西川 嘉明 愛媛大学大学院 正会員 中村 孝幸

### 1. まえがき

本研究は、比較的質量の小さな自然石を最小限のコンクリートと緊張材で結合し て全体的にはある程度の質量が確保できる、消波自然石塊(写真-1)で構成される消 波工の耐波安定性を水理模型実験に基づき明らかにした。一方、自然石塊の利点は、 環境的な側面から考えると、海洋生物に馴染みやすい自然石の素材で主に構成され ていることや景観的にも擬似自然的な形状・素材であるため自然景観に溶け込みや すいことなどが挙げられる。また、自然石塊の主要な構成材である石は、コンクリ



写真-1 消波自然石塊 4t 型

平面図

循環田パイ

入射波測定用波高計

横刑操体

1.2

反分離用波高計

ート(比重約 2.3)に比較して比重 が大きい(約 2.65)ことや耐摩耗 性に優れることおよび自然石の表 面粗度が大きいことによる摩擦抵 抗力の増大効果が期待できる。本 報では、以上のような特長をもつ 消波自然石塊の開発に関して報告 する。

#### 2. 実験装置および実験方法

実験は、図-1 に示す長さ 30m, 幅 1m,高さ 1.25m の 2 次元造波水 槽を用いた。水路内には 1/30 勾配

の不透過な斜面を設け、この背後には斜面に接続するように水平床を設けた。この水路の水平床部分には、水 路幅をほぼ等分するように隔壁を設け、一方の分割水路に後述する模型の消波工を構築した。もう一方の分割 水路は、入射波の測定のために使用した。この際、模型の縮尺は、1/27を想定した。

消波工の被覆層などを構成する現地ユニットは、6個の自然石塊とこれらを放射状に凸型幾何形状に結合す

るための中央部コンクリートおよび緊張材からなる。消波自然石 塊の模型では、写真-2に示すように、中央部のコンクリート製の 正方立方体とその6面に接着剤で貼り付けた砕石で構成した。用 いた石の形状や寸法が各種に異なるため、確定した左右・上下寸 法を提示することができないが、概略的には6cmから7cmの範囲 の左右・上下寸法である。ユニットの重量は、耐波安定性の検討 において重要になることから、製作時に空中重量を測定し、 200gf(1.96N)~205gf(2.01N)の範囲内となるようにした。



写真-2 消波自然石塊の模型

実験に用いた消波工の典型的な断面を図-2 に示す。この図は、上記した自然石塊ユニットを捨石コアー部の上に2層に被覆した場合に相当する。消波工の断面は、表-1 に示すように計6種類のものを用いた。実験では、比較のため、自然石塊ユニットの1割増し重量の自然石のみで構成される堤体模型も用いた。

作用波には、表中に示すように規則波と不規則波の両者を用い、作用時間はそれぞれ5分と10分とした。

キーワード 自然石塊, 耐波安定性, 消波工, 被覆堤, 景観, 環境 連絡先 〒190-0012 東京都立川市曙町 2-10-1 ふどうやビル 6F 環境工学株式会社 TEL042-525-7151

4.告 ビストン型造波装置 AN 2.6 AN 20-1 実験に用いた2次元造波水槽と模型堤体,波高計などの配置 後には斜面に接続するように水平床を設けた。この水路の水平床部分には、水 を設け、一方の分割水路に後述する模型の消波工を構築した。もう一方の分割

1/30勾配

## 3. 耐波安定性

実験では、構成材の移動状況を目視で観測すると 同時にビデオカメラで撮影して確認できるように した。構成材の移動状況は、事前実験に基づき、以 下の5つのレベルに分類した。 ①レベル 0:振動 する構成材なし、②レベル 1:一部で微小振動する 構成材あり、移動なし、③レベル 2:比較的大きな 振動あり、ただし移動はなし、④レベル 3:大振動、 飛散あり(被災率 1%以下)、⑤飛散あり、進行性で 被災率 1%より大。

図-3 は、比較実験として実施した捨石堤の被災 状況の分類結果を示す。図では、周期に関する無次 元量として水深・波長比 h/L,作用波高に関するそ

れとして波高・水深比 H/h が用いてある。なお、構成材の捨石重量は、平均的に石塊ユニットのほぼ1割増し と重くしてある。図-4 は、捨石堤と同様の条件下での石塊ユニットの被災状況の結果を示す。これらの図の 比較から、石塊ユニット消波工は、同じ石で構成されているにも関わらず、レベル3以上の被災が見られない など耐波安定性に優れることが分かる。これは石塊ユニット間のかみ合わせ効果によるものと考えられる。

図-5 は、同様の石塊ユニット消波工で、不規則波に対す る安定性を検討した結果を示す。このとき各軸の無次元量 には、有義波の諸元を用いた。この図から、不規則波にお いても石塊ユニット消波工は安定性に優れることが確認で きる。図-6 は、図-2 に示す 2 層被覆構造の消波工の結果を 示す。被災レベル 2 以上の被災が見られず、やはり安定性 に優れることなどが分かる。

ここでは、紙面の都合上、他の実験ケースの結果につい ては講演時に紹介したい。

#### 4. 終わりに

美しい景観と豊かな生態系創出保全機能を有する消波自 然石塊を開発し、優れた耐波安定性、反射率、越波特性を 把握することができた。また、実物大の試作を行い、その 製作に問題のないことや破壊試験を実施し、その強度を確 認した。今後はさらに強度の検証や生態系への効果の確認 を行う必要がある。





図-2 2層被覆消波工の模型断面

<u>表-1 実験で用いた各種の堤体条件</u>							
	法面傾斜	構造形式	設置水深h	堤体高さ	ユニット	規則波	不規則波
	1:1.3	2層被覆	35cm	50cm	自然石塊	0	0
	1:1.5	2層被覆	35cm	50cm	自然石塊	0	0
	1:1.5	2層被覆	25cm	39cm	自然石塊	0	0
	1:1.5	乱積	35cm	50cm	自然石塊	0	0
	1:1.5	乱積	25cm	50cm	自然石塊	0	0
	1:1.5	乱積	25cm	39cm	自然石	0	



図-4 規則波に対する石塊ユニット乱積堤の安定性 (設置水深h=25cm,斜面勾配1:1.5)

