

# 袋詰め被覆材の現地適用性に関する実海域試験について

## A Field Test on Armor Material in Bag in Terms of Underwater Execution Ability and Structural Stability

五十嵐秀樹\*

IKARASHI Hideki

\* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

As a new type of armor units to stabilize rubble of breakwaters, armor materials in bag are developed. This paper describes the field investigations to test the underwater execution ability, the structural stability, and durability of the covering wire netting of armor materials in bag.

Key Words: armor material in bag, stability, durability, mound

### 1. はじめに

袋詰め被覆材は、合成繊維を使用した網材に中詰め石を充填したものである。これまで河川堤防の侵食防護の目的などで広く利用されてきているが、波浪が主要外力となる海域では仮設的な利用に限られているのが現状である。また、袋詰め被覆材を実海域で用いる場合の設計手法は確立されていない。しかしながら袋詰め被覆材は大型の石材を必要とせず、フレキシブルな構造のため海底の不陸にも十分対応でき水中作業が簡便になり、急速に大量の施工が可能である。このため、実海域においても非常に有効である可能性があると思われる。本研究は、前崎港における袋詰め被覆材を用いた混成堤マウンドの実海域試験により得られた被覆材の耐波安定性、網材の耐久性、現地適用性に関する特性を検討したものである。

### 2. 実海域試験の概要

#### 2.1 調査位置



図-1 調査位置

調査は御前崎港の防波堤(東)先端部のA区、B区の2工区で実施された。A区には新しく20t型の袋詰め被覆

材を設置し、B区には平成14年度に1tと2t型の袋詰め被覆材が設置されている。

#### 2.2 A区配置

20t型袋詰め被覆材の施工性及び出来形確認試験のための現地配置図を図-2に示し、平成15年度に被覆状況の把握及び出来形の計測を行った。

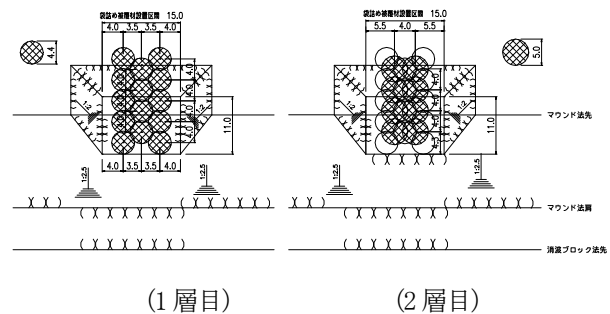


図-2 A区設置状況

#### 2.3 B区配置

1tと2t型袋詰め被覆材の現地配置を図-3に示す。

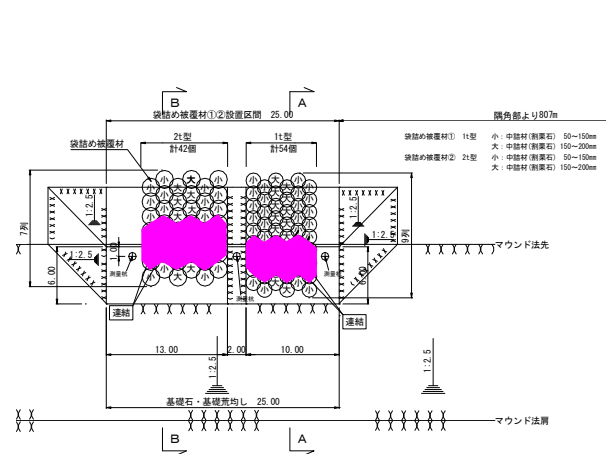


図-3 B区設置状況

なお、図中の着色部は平成14年度に詳細な計測・観察

を行った箇所を示しており、この範囲について継続的な追跡調査を実施した。

## 2.4 袋詰め被覆材の製作から据え付け作業

20 t 袋詰め被覆材の製作、運搬・積み込み、誘導、投入までの一連の作業を写真-1～写真-3 に示す。



写真-1 型枠製作完了後の中詰め石投入



写真-2 運搬船への積み込み



写真-3 誘導・据え付け

## 3. 現地調査方法

### 3.1 A区(20t型)現地調査

A区においては大水深(-30m程度)での施工を想定し20t型の網材を使用することで出来形管理、施工面での問題点を検討した。

#### <計測方法>

マウンド施工後、1層目被覆材設置後、2層目被覆材設置後の3回、据付形状の計測を実施した。施工時における出来形管理は1素子音響測深機による被覆材据付箇所の横断および縦断測量を行った。その後に微細な地形測量が可能なナローマルチビーム測深機を用いて、水中地形全体の計測を行った(図-4参照)。

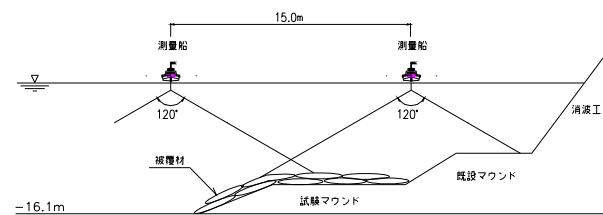


図-4 計測断面

### 3.2 B区(1t,2t型)現地調査

#### <基準杭とマーカースの設置>

B区(1t型及び2t型)の袋詰め被覆材の移動状況を測定するための基準杭を、図-5に示すようにマウンド上に再設置した。なお、メジャーロープは測定時に設置した。また、継続調査である1t型と2t型について、中詰め石と網材に目印用のマーカースを取り付けた(写真-4参照)。ロープを袋詰め材と別色とすることによって、網材の位置と中詰め石の挙動と袋材の耐波安定性について調査した。また、網材から複数のサンプルを切り取り引張試験を

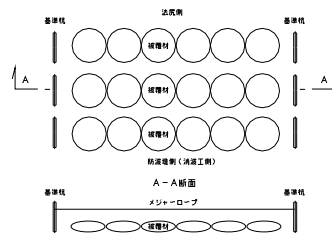


図-5 基準杭の設置



写真-4 マーカース挿入状況

## 4. 被覆材の耐波安定性

### 4.1 所用質量算定式

平成12年度、平成13年度の水力模型実験により得られた $N_s$ 値の算定図を図-6に示す。被覆材の必要算定質量は

この $N_s$ 値を用いて一般化されたハドソン式によって求める手法が提案されている。

$$M = \frac{\rho_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (1)$$

(1)式において

$M$  : 所用質量(t),  $\rho_r$  : 被覆材の密度 ( $t/m^3$ ),  $S_r$  : 海水に対する被覆材の比重,  $N_s$  : 被覆材固有の定数,  $H$  : 安定計算に用いる波高 (m)

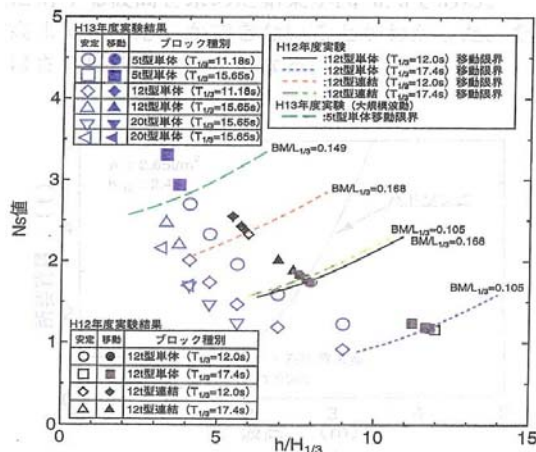


図-6 平成 13 年度実験で得られた  $N_s$  の算定図

図-6の一番上の包絡線 ( $BM/L_{1/3}=0.149$ ) は平成 13 年度の成果を基にして作図されたものであり、この実験において袋詰め被覆材には大きな耐波安定性があると判断された。

#### 4.2 実海域試験による所用質量算定式の検証

図-7 に御前崎の実海域試験の断面を示す。

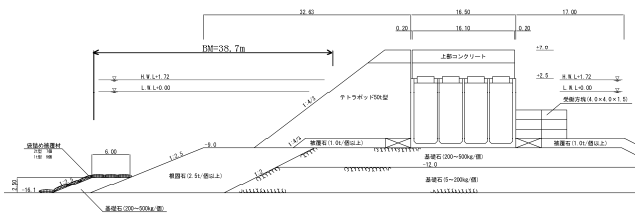


図-7 御前崎港実海域試験断面図

御前崎港で観測された 2003 年 1 月～2003 年 12 月までの 1 年間の観測波高のうち、 $H_{1/3}=2.5m$  以上のものを抽出して  $N_s$  値を算出し、これを用いて必要質量を算定した。この場合、BMは消波工法面から 38.7m、水深は M.W.L.-16.1m として考えるものとした。直立タイプとした場合と消波タイプとした場合のそれぞれについて算出し、その結果を図-8 に示す。図-8 の縦軸を  $N_s$  値または必要質量  $M$ 、横軸を波形勾配  $H/L$  としたものである。直立タイプとした場合には所要質量が 1t を超えるものが比較的多くあるが、消波

タイプとした場合には 1t 以下を中心に分布している。現状の 1t タイプでも移動がほとんど見られないという状況を鑑みると、この算定方法は実海域においても良好な適合性があると考えられる。

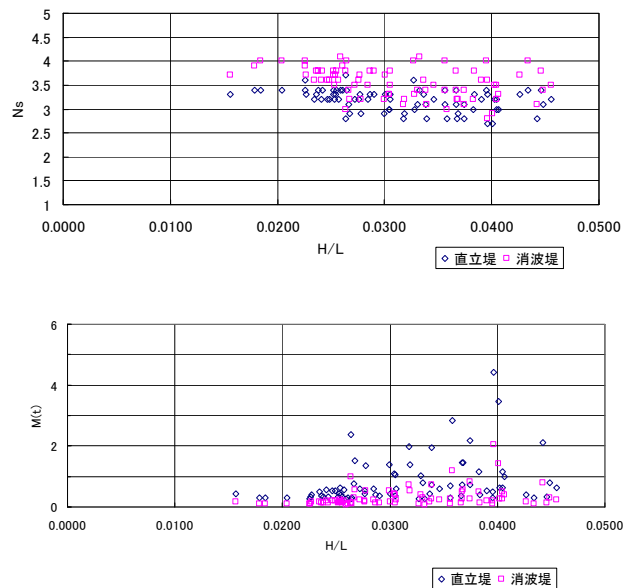


図-8  $N_s$  及び必要質量と波形勾配 (H13 実験結果)

#### 4.3 網材の海中での耐久性について

平成 14 年度からの実海域調査における引張試験結果を整理したものを図-9、図-10 に示す。初期値からの施工による強度低下は約 10%程度と言われており、これは、施工時の吊上げなどにより低下するものである。図-9 の 0 時間～800 時間までの低下はこの施工時の低下が含まれているものである。引張強度において、1000 時間以降は若干のバラつきはあるものの、7000 時間後までの引張強度と伸びは概ね同様の傾向となっている。また、図-10 に示す伸びについては、施工による初期の伸び率低下は大きいものの、その後は、ほぼ一定となっている。

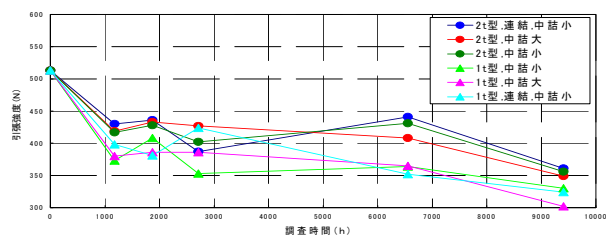


図-9 引張強度

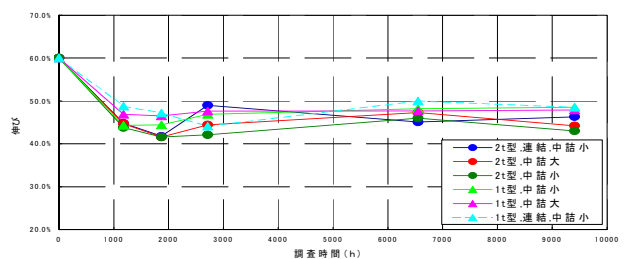


図-10 伸び



下迫らによれば塩水による網材の耐塩性試験では50年相当の促進試験においても強度保持率は79.5%という結果が得られており、網材そのものについては、塩水による劣化はそれほど大きくないと言える。また、強制的な摩耗に対する耐久性試験の結果として表-1に示されており、強度保持率が30%程度まで低下した後は、それほど強度が低下しないという結果が得られている。したがって、今後の実海域での強度についてもある一定値まで下がれば、強度低下が落ち着くことが期待出来る。

摩耗回数	強度		伸度	
	強度 (N)	保持率 (%)	伸度 (%)	保持率 (%)
0	820	100	67.3	100
10000	291	35.4	49.5	73.5
20000	302	36.8	50.7	75.4
30000	314	38.3	56.1	83.4
40000	181	22.1	47.0	69.8
50000	189	23.0	54.1	80.5

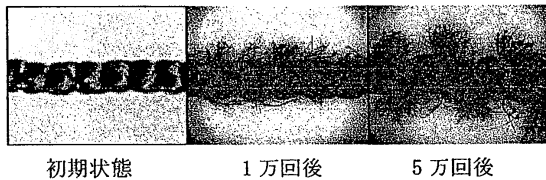


表-1 摩耗に対する耐久性試験結果<sup>1)</sup>

## 5. 調査結果と実用化に向けての課題

### 5.1 A区 (20t型)

#### (1) 施工性について

現地調査より中詰石は粒径が300~500mmよりも小さい方が施工性、袋材の安定性ともに向上するものと考えられる。据付誘導は、試験施工区(水深15m)では順調に作業できたが、大水深への対応には気象、海象等の条件により精度の保持が懸念される。

#### (2) 被覆状況について

投入指示のみ均し無しの仕様でマウンド施工を実施した場合、マウンド天端では概ね基準±0.7mの範囲で施工できたものと判断されるが、法肩、法尻付近では1mを超える不陸が確認された。マウンド部は±0.7mの不陸範囲であっても局所的には、急激な凹凸があり、袋材網材の緊張している第1層被覆材の場合、極端な凸部に据え付けられたとき、網材底部が点で着地する状態となり、その後大きな自重により転動することが考えられる。

### 5.2 B区 (1t, 2t型)

#### (1) 施工性について

これまでの調査では被覆材が散逸したり、マウンド捨石が吸い出された状況は確認されなかった。被覆材の移動状

況も被覆材径(1.5m)を越えるような大きな動きはみられなかった。中詰材の移動を追跡することを目的としたマーカー材は4回の調査を通じて移動することはなかった。網材の引張り試験結果を平成14年度からの継続で見ると、引張強度については減少傾向を示した。調査期間中は台風の直撃のような激浪はなかったものの年数回来襲する規模の波浪を経ても被覆材の散逸等は確認されなかった。

これは、被覆材が高波浪によって微動することによりマウンド面の不陸へのなじみや、被覆材同士のかみ合わせを強める結果となったためと考える。

#### (2) 引きずり試験について

製作中の転置仮置き時や、積み込み時に起こりうる地面との摩擦に対する損傷度合いを確認するため、重機による引きずり試験を実施したところ、損傷はほとんどなかった。ただし、重機によって計30mの引きずりを繰り返すことで網材の切れが数カ所確認された程度である。

### 5.3 袋詰被覆材の海中での耐久性について

引張強度の安全率は、袋詰被覆材に作用する荷重<sup>1)</sup>、網材の強度及び耐用年数を考慮して検討する必要がある。

### 5.4 出来形管理の検討について

設計時の仕様管理として、「隙間」、「重なり状況」の把握が必要である。また、施工成果の管理のために、「施工時のずれ」、「被覆状況」の把握が必要である。

また、中間の出来形管理を実施し、2層被覆の必要性・設置位置を検討することが必要である。出来形を把握するものとして、被覆状況を面的な情報として取得出来る手法が必要である。さらに潮流などによる設置位置のずれを予測するか、リアルタイムに出来形が計測出来るような方法が望ましい。

## 6. おわりに

本研報告は平成13年度「袋詰め被覆工法検討委員会」、平成14年度、平成15年度「御前崎港技術開発検討委員会」(座長：合田良実 横浜国立大学 名誉教授)における検討成果を活用し、取りまとめたものである。ここに記して関係各位に感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 下迫健一郎・久保田真一・松本朗・半沢稔・篠村幸廣・尾池宣佳・池谷毅・秋山真吾：袋型根固め材を用いた混成堤マウンド被覆材の耐波安定性と耐久性、港湾技術研究所報告、Vol. 43, No. 1, 2004. 3.