

袋詰め工の現地試験施工に向けた水理模型実験

TANK EXPERIMENTS FOR ASSESSING STABILITY OF GEOTEXTILE COASTAL STRUCTURES CONSTRUCTED IN TEST FIELD

渡辺国広¹・諏訪義雄²・高田保彦³・土橋和敬⁴・
弘中淳市⁵・梶原幸治⁶・野口賢二⁷・関口陽高⁸

Kunihiro WATANABE, Yoshio SUWA, Yasuhiko TAKADA, Kazunori TSUCHIHASHI,
Junichi HIRONAKA, Koji KAJIWARA, Kenji NOGUUCHI and Yoko SEKIGUCHI

- ¹正会員 博 (農学) 国土技術政策総合研究所 海岸研究室 研究官 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
²正会員 国土技術政策総合研究所 海岸研究室 室長 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
³正会員 株式会社建設技術研究所 水理センター (〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪1047-27)
⁴前田工織株式会社 水環境保全推進部 (〒919-0422 福井県坂井市春江町沖布目38-3)
⁵正会員 博 (工学) 三井化学産資株式会社 埼玉事業所 (〒346-0028 埼玉県久喜市河原井町9番地)
⁶正会員 ナカダ産業株式会社 開発課 課長 (〒428-0019 静岡県島田市志戸呂880-3)
⁷正会員 国土技術政策総合研究所 海岸研究室 主任研究官 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)
⁸正会員 国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室 交流研究官 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

Two dimensional tank experiments were carried out in order to decide the size and design of geotextile structures that were planned to be constructed on the Seisho coast, Kanagawa, Japan. Under the high-wave condition, 1/30 scale models of the geotextile structures were less stable than traditional concrete blocks with the same weights. Geotextile structures whose weights were more than 50 times those of concrete blocks proved to be stable against wave attacks. The typical deformations of geotextile structures, such as the uplifting of the tip of the structures and sideward twisting of the structures, were observed. The experimental results indicated that the deformations could be effectively prevented by modifying the shape of the structures by increasing their width and height. One mass coastal geotextile structure with a width of more than 8 m, length of more than 10 m, height of more than 1.5 m that could endure the highest waves observed in the Seisho coast in the last 15 years was proposed.

Key Words : *Geotextiles, Coastal Structure, Sand bag, Tank experiment*

1. 研究の背景

我が国の海岸では、津波、高潮、波浪などから背後地を守るために、コンクリート製の海岸保全施設が全国的に整備されてきた。

しかし最近では、養浜の際の補助施設のように、移設・撤去の容易さが求められる場面も増えてきている。施設整備のコスト縮減や景観の向上に対する要求も高まってきており、これらに対応した工法として袋詰め工の実用化を目指すことになった。

袋詰め工とは、大型の袋材で現地の砂礫を包んだもので、アメリカ、オーストラリアなど海外では、「サンドバック」や「ジオチューブ」などの名称で既に利用されている¹⁾。国内でも琵琶湖における突堤の構築や石川県美川海岸における人工リーフの試験施工例²⁾があり、設計手法についての研究^{3),4)}も実施されてきているが、広く実用化されるには至っ

ていない。琵琶湖の突堤も美川海岸の人工リーフも施工中および供用中に損傷が発生したため、耐久性の向上が課題とされた。また、美川海岸の人工リーフは施工に高価な全開バージ船を使用することから、施工方法の簡略化も課題となっている。

著者らは2010年に神奈川県大磯町国府新宿地先の海岸(以下、西湘海岸)において袋詰め工の試験施工を実施する機会を得ることができた。現地で検討中の漂砂制御施設の形状についての基礎データを得るために、その上部構造を模した試験体を設置・撤去が容易な袋詰め工で構築することが本来の目的であるが、袋詰め工の施工・撤去方法および波浪に対する耐久性、摩耗に対する耐久性等を確認することも目的とした。

現地試験施工にあたっては、少なくとも試験期間中の波浪によって沖に流出して漁業の障害とならないことが求められた。海外では施工事例が比較的多

いものの、波浪条件が静穏な海岸におけるものが多く、西湘海岸のような外力の強い海岸における安定性を照査できるだけの知見は蓄積されていない。そこで本研究では西湘海岸における試験期間中の波浪外力に耐えられる袋詰め工の形状を模索するために、2次元断面の水理模型実験を実施した。

2. 水理模型実験の方法

実験は（株）建設技術研究所の二次元造波水路（長さ 35m、幅 0.5m、深さ 1m）を使用しておこなった。西湘海岸の試験対象地を模した地形を固定床で構築し、袋詰め工の模型を波の遡上範囲に設置した（図-1）。実験は実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの3回実施し、実験Ⅰ、Ⅱでは模型先端の設置水深を T.P.+0m としたが（図-2）、実験Ⅲは現地における最終的な設置位置にあわせて T.P.+0.85m の位置に設置した。潮位は現地の計画潮位の T.P.+0.85m とし、各実験の項で後述する所定の波高・波長の不規則波（Bretschneider-光易型のスペクトル波形）を 150～200 波かけた時の袋詰め工の挙動を観察した。

(1) 実験Ⅰ

試験体の大まかな形状を決定することを目的とし、設置予定期間（11月～4月）の既往最大波浪を想定した不規則波を作用させたときの袋詰め工の挙動を観察した。実験縮尺は 1/30 とし、波浪条件は平塚観測所における過去 15 年間（1993 年～2007 年）の観測結果から、 $H_{1/3}=5.9\text{m}$ 、 $T_0=10.2\text{s}$ とした。

袋詰め工の模型は中央粒径 0.3mm の細砂を厚さ 0.4mm の綿 100% の布で包んだものとした。事前に実施した予備実験では、現地スケールで 6t 相当の模型では一波で簡単に動いたことから、30t 以上の大きさから開始することとした。

まず海外でロンガードチューブとして一般に使われており、日本では琵琶湖において既に設置実績のある円筒型（チューブ型）の袋詰め工を基本とし、

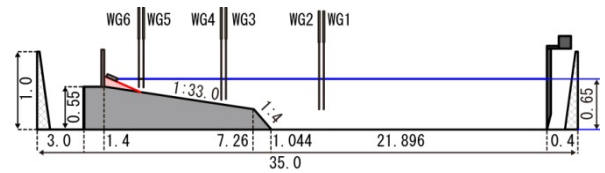


図-1 実験水路（35m）概要図（単位 m）

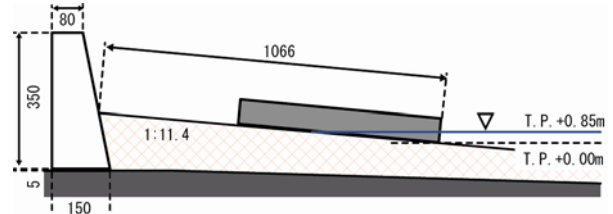


図-2 実験対象断面（実験Ⅰ）（単位 mm）

充填率 70% で製作したものを Case-1 として最初に実施した。その後、実験結果を踏まえて円筒型を連結するなどによって形状を変えて最終的に 7 通りの形状について実験をおこなった（表-1）。

なおここで記した形状は、袋材自体の容量を示し、充填率とはその容量に対して充填した中詰め材の容量の率を表す。充填後の構造物の形状は充填率によって変化するため、現場においてはその出来形管理も重要となるが、本実験の縮尺では違いが微小なため、充填後の形状は袋材自体の形状と同等とした。








(2) 実験Ⅱ

実験Ⅰで決まった袋詰め工の形状を達成する具体的な構造を、使用する袋材の性質および製造単位を踏まえて決定することを目的とし、1/30 の実験縮尺で実験Ⅰと同じ波浪条件で実施した。A 社、B 社、C 社の 3 社によって提案された計 12 ケースについて実験をおこなった（表-2）。袋材は実際に現地で使用する素材で厚さを薄くしたものを使用した。

(3) 実験Ⅲ





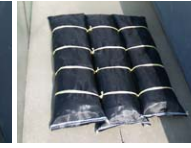

試験体の設置期間を延長した場合を想定し、実験Ⅱを経て決定された試験体の形状・構造（表-3）が







表-1 実験Ⅰの袋詰め工模型諸元（現地スケール）

Case	1	2	3	4	5	6	7
沖岸							
形状	円筒型	円筒型連結	円筒型連結 (馬蹄形)	円筒型連結 (馬蹄形)	円筒型連結 (馬蹄形)	一体型	一体型
幅 (m)	2	2	4	8	12	8	8
長さ (m)	20	20	10	10	10	10	10
高さ (m)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5
充填率 (%)	70	80	80 × 2	70 × 1, 80 × 1	70 × 2, 80 × 1	70	70
重量 (t)	35.2	40.2	40.2	75.4	110.6	70.4	105.6

重量は袋詰め工の体積をもとに中詰め材の比重を 2.6 として算出




表-2 実験Ⅱの袋詰め工模型諸元（現地スケール）と造波中の挙動

Case	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
						
構造	円筒型を6本連結	一体型で上下連結	A-2の上に円筒型2本追加	円筒型単体	円筒型を3本連結	円筒型2本で沖側がU字型
幅 (m)	9.6	8.0	8.0	4.0	12.0	12.0
長さ (m)	15	15	15	15	15	15
高さ (m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
重量 (t)	189	256.5	324	80	230	273
波浪応答	先端浮いて岸向に1cm滑動	岸向に1cm滑動	上段円筒の先端が外にむかってねじれて変形	1m以上の滑動と転動を繰り返す	沖向に1cm滑動	先端が僅かに浮いて岸向に1cm滑動

Case	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
						
構造	箱形単体（不透過）	箱形単体（透過型）	セル構造（不透過型）	C-3の部分透過型	C-3の先端部を削減した舟型	C-5の岸側にセルを追加
幅 (m)	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0	8.0
長さ (m)	6	6	12	12	12	18
高さ (m)	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5
重量 (t)	46	46	230	230	180	302.4
波浪応答	岸沖方向に1m滑動と転動	回転して向きが変化	岸向に1cm滑動	岸向に1cm滑動	沖向に30cm滑動	岸向に1cm滑動

※波浪応答は実験スケール（1/30）で示した

表-3 実験Ⅲの袋詰め工模型諸元（現地スケール）

Case	試験体 A	試験体 B	試験体 C
沖			
岸			
構造	一体型上下連結	円筒型3本連結	セル型不透過
幅 (m)	8	14	8
長さ (m)	15	15	12
高さ (m)	1.5	1.5	1.5
重量 (t)	383	306	237

重量は模型の重量を計測して算出

台風来襲時の暴浪にも耐えられることを確認することを目的として実施した。実験縮尺は 1/40 とし、2007 年の西湘バイパス被災時 (Case1: $H_{1/3}=6.1\text{m}$, $T_0=14.2\text{s}$)⁵⁾ および、過去 15 年

間 (1993 年～2007 年) の既往最大を想定した波浪 (Case2: $H_{1/3}=6.6\text{m}$, $T_0=14.2\text{s}$) とした。なお、実際に平塚観測所で観測された過去 15 年間の既往最大波浪は $H_{1/3}=6.6\text{m}$, $T_0=10.2\text{s}$ であるが、危険側をとって $T_0=14.2\text{s}$ とした。 $H_{1/3}=6.1\text{m}$ については正面からの入射としたが、 $H_{1/3}=6.6\text{m}$ については斜め 25 度からの入射とした。

3. 波浪作用下における袋詰め工の挙動

模型実験では袋詰め工が部分的に変形する現象と全体が移動する現象が観察された。前者はコンクリートブロックには見られない袋詰め工特有の現象であり、質量が十分であっても変形することによって全体の安定性が低下する場合があった。所要質量などの一般化をおこなう前に、まずはこうした現象を把握することが重要であるので、本稿では袋詰め工の挙動を具体的に記すこととした。

模型全体が移動する現象は、全体が浮き上がって上下を変えずに移動する「滑動」と、回転して移動する「転動」の2通りが観察された(写真-1)。



写真-1 袋詰め工の滑動 (左:造波前, 右:造波後)

(1)実験 I で観察された挙動

Case-1 では、まず端部がめくれあがり (写真-2) , 続いて側方への屈曲が発生して岸向きに転動するに至った (写真-3) . 充填率を 80%とした Case-2 では、先端部のめくれあがりは抑制され、僅かに浮き上がって戻す動揺を繰り返すだけに留まった. しかし、側方への屈曲とそれに続く岸向きへの転動は Case-1 同様に生じた.

Case-3 では、側方屈曲を抑制するために、幅を 2 倍にして長さを半分にした結果、側方屈曲は抑制されたが、先端部の僅かな浮き上がりに続いて構造物全体が浮き上がり、岸向きに滑動した.

Case-4 および Case-5 では、袋詰め工全体の浮き上がりを抑制するために大きな形状とすることで重量を増加させた. Case-4 では構造物の滑動は生じなかったものの、Case-5 では若干の滑動が生じた.

Case-6 は Case-4 を一つの袋材で製作した一体構造としたものであるが、一体型への充填の難しさから充填率は 70%にとどまった. そのため、重量不足による先端部の浮き上がりが発生し、続いて戻り流れによって沖へ滑動するに至った.

Case-7 は Case-6 の高さを 1.5 倍としたものであるが、先端部の浮き上がりが抑制され、岸向きに僅かに滑動しただけに留まった. しかし上面の袋材と中詰め材の間に空気がたまる現象が確認され、これが安定性を低下させていることが懸念された.

(2)袋詰め工の挙動についての考察

袋詰め工の基礎的な挙動は、模型が単純な実験 I で確認することができた. ここでは、実験 I の結果を考察し、それらの挙動への対処方法を検討する.

水中の袋詰め工には、波浪による流体力として主に慣性力 F_M 、抗力 F_D と揚力 F_L が働く (図-3) . 波浪の入射方向に対する袋詰め工の投影面積を A_S 、袋詰め工の斜面鉛直方向の投影面積を A_T 、袋詰め工の体積を V とすれば、各流体力は下記の式で表される.

$$F_M = \rho_w \frac{\partial u}{\partial t} C_M V \quad (1a)$$

$$F_D = 0.5 \rho_w u^2 C_D A_S \quad (1b)$$

$$F_L = 0.5 \rho_w u^2 C_L A_T \quad (1c)$$

ここに ρ_w は水の密度、 u は波浪によって生じる岸沖方向の水粒子の速度、 C_M 、 C_D 、 C_L はそれぞれ慣性力係数、抗力係数、揚力係数である.

Case-1 では変形が起きるまでは袋詰め工は安定であったが、ひとたび先端がめくれ上がると急激に

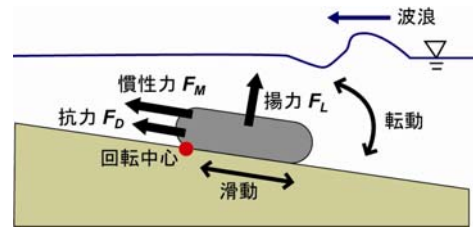


図-3 袋詰め工に働く流体力



写真-2 袋詰め工の端部におけるめくれあがり



写真-3 袋詰め工の側方への屈曲

不安定となった. これは、先端部がめくれあがることで波浪に対する投影面積 A_S が増大し、受ける抗力が增大したことが原因と考えられた. 側方への屈曲についても同様に、ひとたび袋詰め工の先端の軸が波浪の入射方向からずれ始めると、波浪の入射方向に対する投影面積 A_S の増加により、加速的に側方への屈曲が進んだ.

Case-2 では Case-1 の充填率を上げることで先端部のめくれあがりが抑制されたが、側方への屈曲は改善されなかった. 充填率の増加は円筒型の袋詰め工の断面を円形に近づける方向に働くので、断面積 A_S を大きく、上面面積 A_T を小さくする. 端部では、重量が増加する一方で揚力 F_L が減少するので、めくれあがりは抑制されるが、重量が増加しても高さや体積の増加により抗力 F_D 、慣性力 F_M も増加するため、側方への屈曲を改善する効果はなかったと考えられた. 充填率をさらに上げれば、全体の剛性が増すことで屈曲しなくなるが、断面がより円に近くなることで転動が起きやすくなり、逆効果となる可能性がある. すなわち袋詰め工の充填率や高さは、単純に高くすればいいわけではないことがわかった.

Case-3 では、短く太い構造とすることで側方への屈曲は生じにくくなったものの、全体としての重量が不足していたために揚力 F_L に抗することが出来

ず、滑動することとなった。これは Case-4 で形状を扁平に大きくして重量を増加させることで克服されたが、さらに大きな Case-5 では若干の滑動が生じた。Case-5 で安定性が改善されなかった原因については、袋材の連結によって微細形状が複雑になったことも影響しており現時点での評価は難しいが、これ以上に大きな構造としても工費の増大に見合うだけの安定性の改善は望めないことがうかがえた。この結果より、幅 8m、長さ 10m、高さ 1.5m 程度を現地に設置する試験体の基本形状とすることが妥当と考えられた。

Case-6 および Case-7 は上記の形状を単純化するために一体化したものであるが、全体が一連の袋材となることで、袋の上面が揺動しやすくなり、袋と中詰め材の間に空気が溜まり、安定性を低減させていることがうかがえた。このことから、形状が大きくなる場合には上と下の布を拘束するなどして上下の袋のはらみを抑える工夫も必要であることがわかった。

4. 西湘海岸に設置する試験体構造の検討

(1) 実験Ⅱの結果と考察

実験Ⅰで決められた基本形状を円筒型6本の組み合わせで構築したケースA-1では先端部の浮き上がりが観察された。予備的に実施した連結の緩い場合の模型では各袋材が変形を起こすことも確認された。ケースA-2では、一体型として製作し、上面の袋材と中詰め材の間にたまる空気を減らすために、上面と下面の袋材を拘束する工夫を施したため、安定性が向上し、滑動は僅かに留まった。さらに重量を増やして安定化させることを狙ったケースA-3では、上部に付加した円筒構造の先端が側方へ屈曲した。

B社については、円筒型単体（ケースB-1）では転動・滑動によって沖合移動してしまうが、これを3本連結させることで、波浪に耐えられるものとなることが確認された（ケースB-2）。ケースB-3は、ケースA-1で観察された円筒の先端における変形を抑えるために、外側の袋詰め工をU字に配置して沖側先端部の隙間を減らしたものであるが、むしろ先端部の浮き上がりを助長する結果となった。

C社はセル型の袋詰め工を連結させることで構築するものであるが、規模を小さくしたセル型単体で予備的に実施したケースC-1およびC-2では、不透過型としたケースC-1が岸沖方向の滑動を見せたのに対して、透過型としたケースC-2では設置向きの変化はみられたものの、岸沖方向の滑動は見られなかった。現地試験では中詰め材に砂が含まれるため、不透過性で構築することが基本となるが、この結果を踏まえて、ケースC-3では2段構造とし、上段は不透過型だが、下段を透過型とすることで安定化がはかられた。ケースC-4は上段についても一部分を透過型としたが、ケース3とケースC-4では安定性に

差異は認められなかった。使用セル削減のためにC-4の沖側の両側を減らしたケースC-5では、先端部の浮き上がりが生じるようになり、戻り流れによる沖向きへの滑動も確認された。C-5の後方（岸側）にセルを追加して重量を増加させたC-6ではほぼ安定であった。

これらの結果は、重量や全体形状だけでなく袋詰め工の構築方法も袋詰め工の安定性に影響を与えることを示すものである。西湘海岸に設置する試験体の構造は最終的にA社、B社、C社がそれぞれA-2、B-2、C-3を採用することとなった（表-3）。

(2) 実験Ⅲの結果と考察

Case-1($H_{1/3}=6.1\text{m}$)では、いずれの試験体も安定であった。Case-2($H_{1/3}=6.6\text{m}$)のときには試験体Aでは先端部全体が、試験体Bでは中央円筒の先端部が僅かに上下する現象が見られたが、構造物全体の滑動・転動は発生しなかった。

実験Ⅲは実験Ⅱと構造物自体は大きく変わっていないにも関わらず、より高い波高でも安定であったのは、設置位置が実験Ⅱよりも岸側となったためと考えられた。袋詰め工の設置前面における波高を合田・鈴木(1975)⁶⁾より算定し、ブロックの所要質量の照査に使われるブレブナー・ドネリー式(2)式の中の $H_{1/3}$ ³と比較すると、袋詰め工先端の設置位置が実験ⅡのT.P.+0.0mから実験ⅢのT.P.+0.85mとなることで、 $H_{1/3}$ ³はCase-1では0.64倍に、Case-2では0.66倍となり、より安定な条件となっていたことがわかる。

$$M = \frac{\rho_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (2)$$

ここに、 M はブロックの所要重量(t)、 ρ_r はブロックの密度(t/m^3)、 H は波高、 N_s はブロックの安定数、ブロックの海水に対する比重である。

(3) 現地試験体の所要質量

本実験で袋詰め工の移動が見られなかったケースおよび1cm以下の滑動におさまったものを安定とし、それ以上の滑動および転動が見られたものを不安定として重量との関係を整理した(図-4)。1cm以下の滑動とは、実験条件の波浪を1晩受け続けても試験体全体が海中に没することがない移動速度(12時間で10m以内の移動)に相当する。1晩耐えれば、袋材の切開などによる緊急撤去処置が可能とした。

ここでは海底勾配; $\tan \alpha$ 、沖浜波高; H_0 、沖浜波長; L_0 から(3)式によって求められる surf similarity parameter である。

$$\xi = \tan \alpha / (H_0 / L_0)^{1/2} \quad (3)$$

本実験の袋詰め工はそれぞれ構造の違いにより波浪応答が異なるため、同列には評価できないが、概ね200t以上の質量とすれば西湘海岸における試験施工の条件では安定であることがわかる。

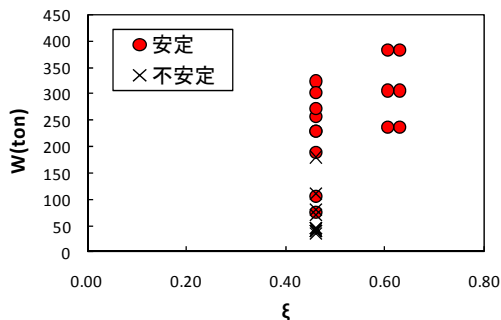


図-4 袋詰め工の重量と安定性の関係

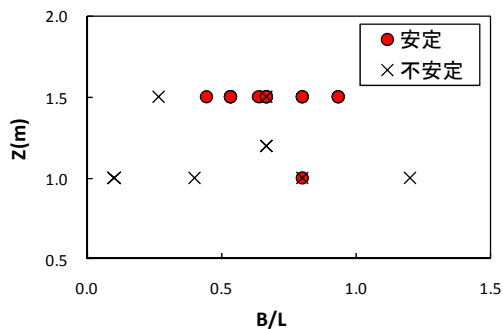


図-5 袋詰め工の形状と安定性の関係

海外における袋詰め工についての水理模型実験の結果によれば、ブレブナー・ドネリー式 (2) の安定数 N_s は 1.8~2.4 の値が得られている¹⁾。この N_s 値を本研究の実験 I, II の条件にあてはめれば、所要質量は 92~218t と求められ、本研究で得られた 200t 以上という質量は妥当と考えられる。 N_s 値が 4 程度の一般的なコンクリートブロックの場合、本条件における所要質量は約 4t であるので、約 50 倍もの質量を持たせねば、密度の低さと柔構造による安定性の低さを克服できないことになる。

なお、実際に海岸に設置された試験体⁷⁾は、設置期間中に $H_{1/3}=5.13\text{m}$, $T_{1/3}=5.9\text{s}$ の波浪を経験したが、移動もしくは大きく変形することはなかった⁸⁾。

(4) 袋詰め工の変形

本研究では袋詰め工が滑動もしくは転動する際には、その前段階として先端部の浮き上がりや側方への屈曲などの変形が生じる例が多かった。そのため、袋詰め工の安定性を高めるには変形を抑制することが重要と考えて形状を模索した。本研究で得られた袋詰め工の幅 (B)、長さ (L)、高さ (Z) と波浪作用下における安定性を整理すると、構造物の高さおよび幅/長さの比率を増加させることが安定性の向上に寄与することがわかる。

ただし、袋詰め工が有する屈とう性は地形変化に追従ができるという長所も持つ。本研究では限定された設置期間であることから、安定性を重視して変形を抑える方向で検討を進めたが、実際に海岸保全施設として利用していく場合にはある程度の変形を許すことも重要になると考えられる。この点の検討については今後の課題としたい。

5. まとめ

本研究で得られた結論は以下の通りである。

- ・袋詰め工に高波浪を作用させたところ、袋詰め工特有の挙動として端部の浮上、側方への屈曲が見られ、続いて滑動や転動による施設の移動が生じた。これらの変形を抑制するには、それぞれ高さ、幅/長さの比率の増加が有効であることがわかった。
- ・袋詰め工で海岸保全施設を構築する場合には、コンクリートブロックの場合の約50倍もの質量をもつ巨大な形状とする必要があることがわかった。
- ・西湘海岸において袋詰め工が設置期間中の波浪に耐えるために、幅8m、長さ10m、高さ1.5m以上の大きさが必要であることがわかった。

本研究は現地施工のための検討という位置づけのため、限られた波浪条件下でしか実験をおこなっていない。実用化にあたっては、ケース数を増やして N_s 値を求める必要があるが、袋材の相似則や中詰め材の流動が安定性に与える影響など袋詰め工固有の課題も多いので、慎重に検討を進める必要がある。

謝辞：本実験を実施するにあたり、株式会社新土木開発には実験機器の操作、データの整理等実験全般にわたって多大なるご協力をいただいた。また、株式会社建設技術研究所、前田工織株式会社、三井化学産資株式会社の多くの社員にも積極的なご協力をいただいた。なお本研究は、国土技術政策総合研究所によって公募された共同研究「海岸保全における砂袋詰め工の性能評価技術に関する研究」の一環として行われた。ここに併せて深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) Pilarczyk, K. W.: *Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering*, Taylor & Francis, 2000.
- 2) 財団法人先端建設技術センター：平成 12 年度バック型工法検討報告書, 2001.
- 3) 熊谷隆宏, 池野勝哉：袋詰め体を用いた干潟潜堤の設計手法に関する研究, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp.946-950, 2007.
- 4) 平松遥奈, 佐藤慎司：サンドバック潜堤の安定性と海岸侵食緩和機能, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.66, No.1, pp.656-660, 2010.
- 5) 宇多高明, 丸山将吾, 高野弘之, 芹沢真澄, 三波俊郎, 石川仁憲, 宮原志帆：T0709 号時の高波浪による西湘海岸の急変形の再現計算, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.65, No.1, pp.561-565, 2009.
- 6) 合田良実, 鈴木康正：光易型方向スペクトルによる不規則波の屈折・回折計算, 港湾技研資料, No.248, 24p, 1975.
- 7) 渡邊国広, 諏訪義雄, 野口賢二, 関口陽高：砂袋で海岸をまもる～袋詰め工の実用化に向けた現地実験～, 土木技術資料, Vol.53, No.4, pp.38-41, 2011.
- 8) 土橋和敬, 高垣勝彦, 黄肇敏弘, 諏訪義雄, 野口賢二, 渡邊国広, 関口陽高：大型袋詰め工の現地施工試験, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.67, No.4, 2011. (印刷中)