

Ⅱ-3 前田工織(株)の試験結果

諏訪 義雄^{*1}

関口 陽高^{*2}

高垣 勝彦^{*3}

土橋 和敬^{*4}

by Yoshio Suwa

Yoko Sekiguchi

Katsuhiko Takagaki

and

Kazunori Tsuchihashi

細目次

Ⅱ-3. 1 確認されたサンドパットの性能と照査例.....	Ⅱ-3-3
Ⅱ-3. 1. 1. 確認されたサンドパットの性能.....	Ⅱ-3-3
Ⅱ-3. 1. 2. 浜崖後退抑止工・サンドパットの性能と照査例.....	Ⅱ-3-17
Ⅱ-3. 1. 3. サンドパット袋材の性能と照査例.....	Ⅱ-3-32
Ⅱ-3. 2 共同研究で対象とした材料の特徴.....	Ⅱ-3-43
Ⅱ-3. 2. 1 開発の経緯.....	Ⅱ-3-43
Ⅱ-3. 2. 2 袋材基布の特徴.....	Ⅱ-3-46
Ⅱ-3. 3 袋材基布の初期引張強度試験(人工芝シート).....	Ⅱ-3-49
Ⅱ-3. 4 縫製部の引張強度試験.....	Ⅱ-3-50
Ⅱ-3. 5 注入口部の引張強度試験.....	Ⅱ-3-51
Ⅱ-3. 6 気象要因劣化促進試験(人工芝シート).....	Ⅱ-3-52
Ⅱ-3. 7 礫材に関する摩耗劣化促進試験.....	Ⅱ-3-57
Ⅱ-3. 8 砂に関する摩耗劣化促進試験(人工芝シート).....	Ⅱ-3-62
Ⅱ-3. 9 現地暴露試験(パイル付きシート).....	Ⅱ-3-68
Ⅱ-3. 10 損傷拡大抵抗性試験(人工芝シートSPS-750).....	Ⅱ-3-70
Ⅱ-3. 11 たき火試験(人工芝シート).....	Ⅱ-3-72
Ⅱ-3. 12 煮沸試験(人工芝シート).....	Ⅱ-3-75
Ⅱ-3. 13 金魚飼育試験(人工芝シート).....	Ⅱ-3-76
Ⅱ-3. 14 開孔径試験(人工芝シート).....	Ⅱ-3-78
Ⅱ-3. 15 摩擦係数試験(人工芝シート).....	Ⅱ-3-79
Ⅱ-3. 16 外的要因による損傷試験(人工芝シート).....	Ⅱ-3-81
Ⅱ-3. 16. 1 漂流物の模擬衝突試験.....	Ⅱ-3-81
Ⅱ-3. 16. 2 重機による引裂き試験(人工芝シート).....	Ⅱ-3-83
Ⅱ-3. 17 波浪安定性水理模型実験.....	Ⅱ-3-84
Ⅱ-3. 17. 1 突堤型水理模型実験.....	Ⅱ-3-84
Ⅱ-3. 17. 2 浜崖抑止工の水理模型実験.....	Ⅱ-3-86

Ⅱ-3 前田工織（株）の試験結果

Ⅱ-3. 18	大磯海岸の現地試験（パイル付きシート）	Ⅱ-3-94
Ⅱ-3. 18. 1	概要	Ⅱ-3-94
Ⅱ-3. 18. 2	経過観測	Ⅱ-3-96
Ⅱ-3. 18. 3	サンドバック撤去状況	Ⅱ-3-99
Ⅱ-3. 19	石川県千里浜海岸施工実験（人工芝シート）	Ⅱ-3-100
Ⅱ-3. 19. 1	概要	Ⅱ-3-100
Ⅱ-3. 19. 2	実験計画	Ⅱ-3-100
Ⅱ-3. 19. 3	実験結果	Ⅱ-3-104
Ⅱ-3. 20	福井県浜住海岸施工実験（パイル付きシート）	Ⅱ-3-119
Ⅱ-3. 20. 1	概要	Ⅱ-3-119
Ⅱ-3. 20. 2	実験計画	Ⅱ-3-119
Ⅱ-3. 20. 3	実験結果	Ⅱ-3-121
Ⅱ-3. 21	宮崎海岸現地試験（人工芝シート）	Ⅱ-3-126
Ⅱ-3. 21. 1	概要	Ⅱ-3-126
Ⅱ-3. 21. 2	実験計画	Ⅱ-3-127
Ⅱ-3. 21. 3	実験結果	Ⅱ-3-129
Ⅱ-3. 21. 4	撤去工事	Ⅱ-3-133
Ⅱ-3. 22	伊良部での現地暴露実験	Ⅱ-3-136
Ⅱ-3. 22. 1	概要	Ⅱ-3-136
Ⅱ-3. 22. 2	経過状況	Ⅱ-3-139
Ⅱ-3. 22. 3	撤去状況	Ⅱ-3-143
Ⅱ-3. 23	福井県浜住海岸（護岸型施設）での施工（人工芝シート）	Ⅱ-3-144
Ⅱ-3. 23. 1	施工概要	Ⅱ-3-144
Ⅱ-3. 23. 2	施工状況	Ⅱ-3-146
Ⅱ-3. 23. 3	経過	Ⅱ-3-150
Ⅱ-3. 23. 4	破損についての考察	Ⅱ-3-155
Ⅱ-3. 23. 5	2013年12月の増破とその原因についての考察 <補足追加>	Ⅱ-3-156
Ⅱ-3. 24	石川県千里浜海岸（低潮位護岸型施設）での施工（人工芝シート）	Ⅱ-3-160
Ⅱ-3. 24. 1	施工概要	Ⅱ-3-160
Ⅱ-3. 24. 2	施工状況	Ⅱ-3-161
Ⅱ-3. 24. 3	経過	Ⅱ-3-165
Ⅱ-3. 24. 4	損傷部の状況	Ⅱ-3-168
Ⅱ-3. 25.	点検支援カルテ	Ⅱ-3-172
Ⅱ-3. 26.	施工許容範囲	Ⅱ-3-174
Ⅱ-3. 27.	施工歩掛	Ⅱ-3-176

*1 国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室長

*2 （研究当時）国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室 交流研究員

*3 前田工織株式会社 開発技術部 担当課長

*4 前田工織株式会社 水環境保全推進部 河川グループ 担当課長

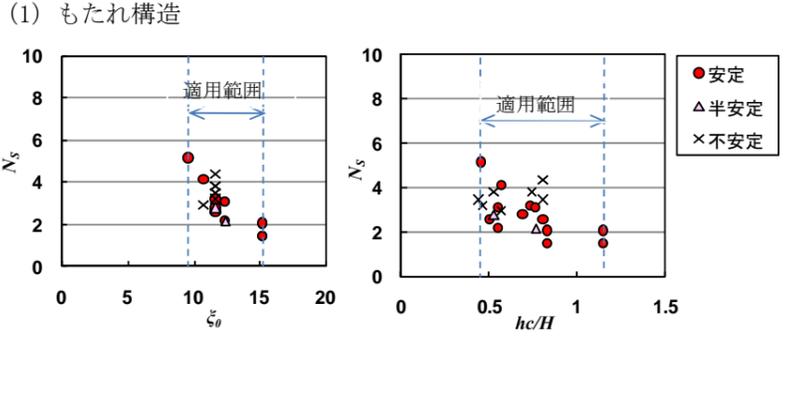
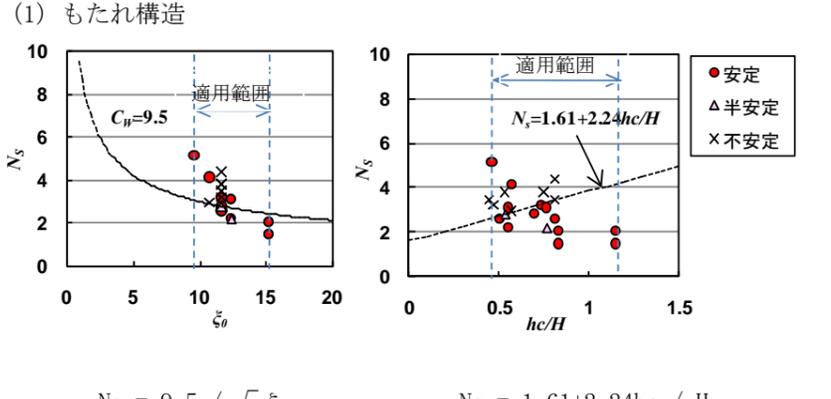
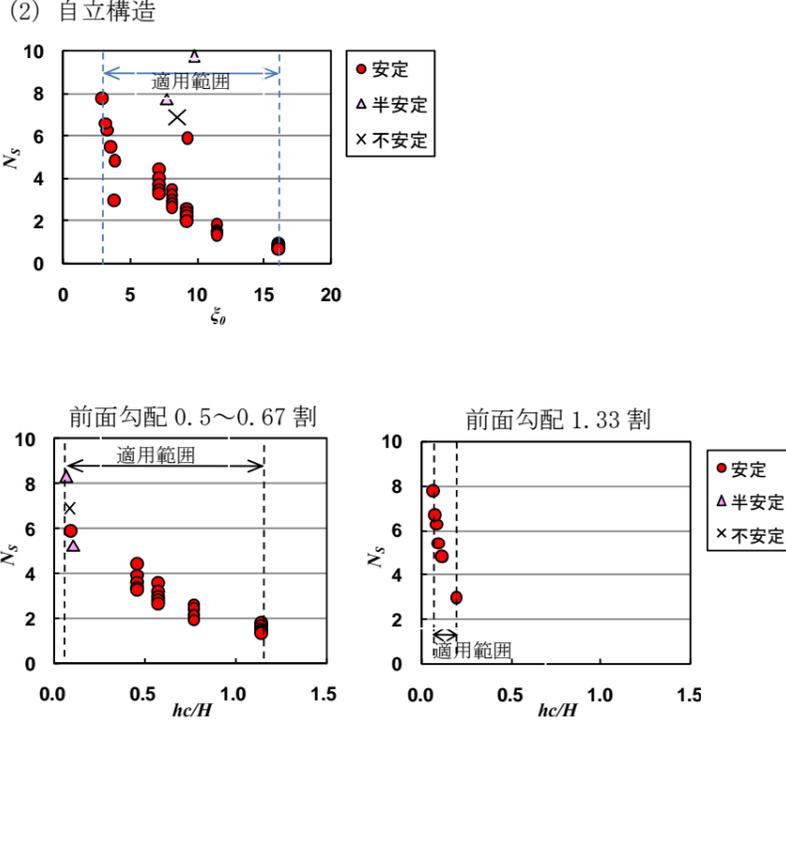
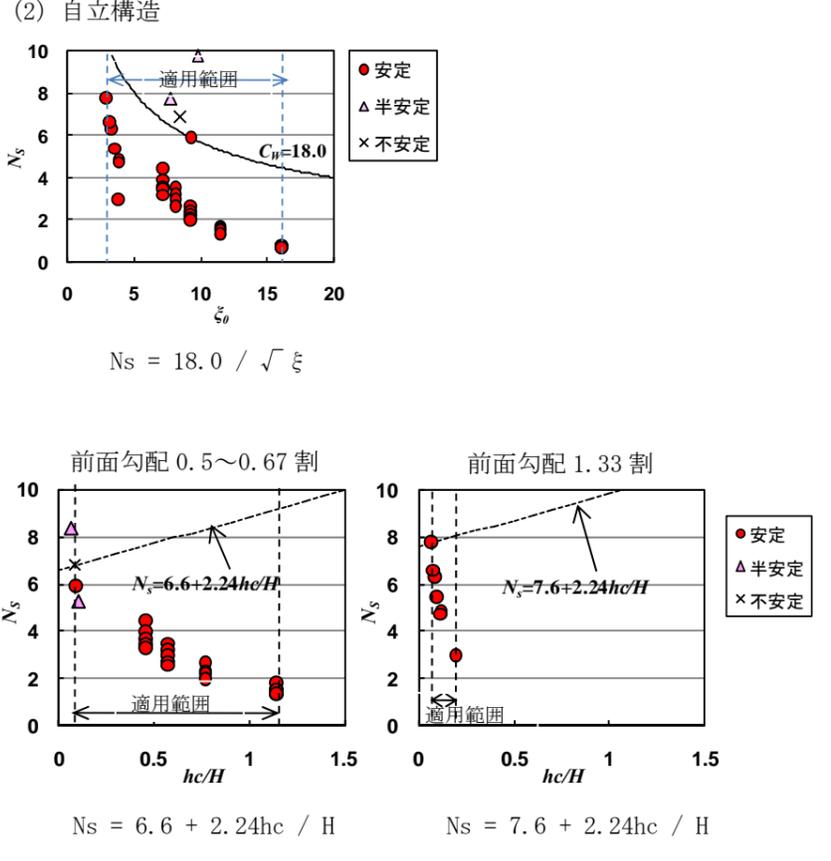
II-3.1 確認されたサンドパットの性能と照査例

II-3.1.1 確認されたサンドパットの性能

本共同研究で開発されたサンドパット及び袋材について、表II-3.1.1.1に示すとおり、所定の項目について次の性能を有することが確認された。

1. 結果概要

表II-3.1.1.1 確認されたサンドパットの性能 前田工織株式会社 (SPS750 周長L=10.0m)

項目	要求性能・基準	試験・調査方法	試験結果等	性能
構造性能 波浪安定性 (所要質量)	設計波浪に対して移動しない重量を有すること。 W > 斜面必要重量 (計画波浪) W > 法肩部必要重量 (計画波浪) 単体で設置された状態で沖合に流失しないこと	No.1 水理模型実験 (縮尺 1:60) 【条件】規則波、移動床 【実験条件】 I b=1/60 以下、T=14.9s 以下、 H=1.2~15m、 tan=1.5, 2.0、hc=5.0m、6.9m No.2 水理模型実験 (縮尺 1:100) 【条件】規則波、移動床 【実験条件】 I b=1/60 以下、T=12, 15s 以下、 H=8.2~23m、 tan=0.75, 2.0、hc=1.58m 上記実験結果から求めた N _s 、密度 ρ γ=15kN/m ³ を用いて所要質量算定 サンドパット質量は充填率 65% で算定	(1) もたれ構造 	(1) もたれ構造 
			(2) 自立構造 	(2) 自立構造 

II-3 前田工織(株)の試験結果

表II-3.1.1.1 確認されたサンドバックの性能 前田工織株式会社 (SPS750 周長 L=10.0m)

項目	要求性能・基準	試験・調査方法	実験結果等	性能
構造性能 浜崖後退抑止工の安定性	養浜盛土全体のすべり安定計算とサンドバックの滑動・転倒に関する安定照査を平常時及び地震時について検証する。(斜面安定計算においてサンドバックの摩擦係数を考慮すること)	試行くさび法による土圧計算。 【照査例計算条件】 サンドバック断面 1.5m×4m、3段積み・2段積み 前面勾配 1:0.5~1:1.7 背面養浜高：積層体天端高+0.5m (3段積み) 積層体天端高+1.5m (2段積み) 単位体積重量 19kN/m ³ 内部摩擦角 30°、粘着力 0kN/m ² ・中詰材条件 単位体積重量 15kN/m ³ 内部摩擦角 30°、粘着力 0kN/m ² 前面地盤地形条件 ・地盤低下後を想定(地盤低下高 T.P-2m) ・前面地盤対策ありを想定し、積層体基盤から地盤低下高まで 2割勾配斜面、その先は海底勾配 20割で設定 ・前面潮位 T.P+2.42m ・地下水位 常時・地震時：3段 T.P+2.65m、2段 T.P+2.57m 波浪越波時：3段 T.P+5.5m、2段 T.P+4m	摩擦係数試験結果 $\mu = 0.694$ (砂と袋材) $\mu = 1.964$ (袋材と袋材) $\mu = 0.867$ (アスファルトマットと袋材)	$\mu = 0.69$ 製品性能 (砂と袋材) $\mu = 1.96$ 製品性能 (袋材と袋材)
	平常時	試行くさび法による土圧計算。 【計算条件】 上載荷重：活荷重 10kN/m ² 前面潮位：満潮位 地下水位：満潮時地下水位 前面地盤：地盤低下後地形 中詰材単位体積重量 15kN/m ³ 養浜盛土単位体積重量 19kN/m ³	<前面法勾配 1:1.3 3段積み> 円弧滑り：安全率 1.518 > 1.2、滑動：安全率 4.625 > 1.5 転倒：偏心量 1.586m < 1.85m (=B/6) <前面法勾配 1:1.7> 円弧滑り：安全率 1.485 > 1.2、滑動：安全率 3.738 > 1.5 転倒：偏心量 1.667m < 1.85m (=B/6) <前面法勾配 1:0.5> 円弧滑り：安全率 1.621 > 1.2、滑動：安全率 10.291 > 1.5 転倒：偏心量 1.426m < 1.85m (=B/6) <前面法勾配 1:1.3、2段積み+1.5m 養浜> 円弧滑り：安全率 1.304 > 1.2、滑動：安全率 2.656 > 1.5 転倒：偏心量 1.176m < 1.183m (=B/6)	以下の条件ではマニュアル要求性能を満足 【計算条件】 サンドバック断面 1.5m×4m 積層体天端高+0.5m (3段積み)、積層体天端高+1.5m (2段積み) 前面勾配 1:0.5~1:1.7 中詰材単位体積重量 15kN/m ³ 養浜盛土単位体積重量 19kN/m ³ 内部摩擦角 30°、粘着力 0kN/m ² 活荷重 0kN/m ²
	波浪越波時	試行くさび法による土圧計算。 【計算条件】 上載荷重：なし 前面潮位：設計高潮位 地下水位：サンドバック積層体天端高 前面地盤：地盤低下後地形 中詰材単位体積重量 15kN/m ³ 養浜盛土単位体積重量 19kN/m ³	<前面法勾配 1:1.3 3段積み> 円弧滑り：安全率 1.247 > 1.2、滑動：安全率 2.002 > 1.5 転倒：偏心量 0.977m < 1.85m (=B/6) <前面法勾配 1:1.7> 円弧滑り：安全率 1.242 > 1.2、滑動：安全率 1.635 > 1.5 転倒：偏心量 1.098m < 1.85m (=B/6) <前面法勾配 1:0.5> 円弧滑り：安全率 1.291 > 1.2、滑動：安全率 3.570 > 1.5 転倒：偏心量 0.732m < 1.85m (=B/6) <前面法勾配 1:1.3、2段積み+1.5m 養浜> 円弧滑り：安全率 1.227 > 1.2、滑動：安全率 1.757 > 1.5 転倒：偏心量 0.898m < 1.183m (=B/6)	マニュアル要求性能を満足 【計算条件】 サンドバック断面 1.5m×4.2m、3段積み以下、覆土 0.5m 前面勾配 1:0.5~1:1.7 中詰材単位体積重量 15kN/m ³ 養浜盛土単位体積重量 19kN/m ³ 内部摩擦角 30°、粘着力 0kN/m ² 活荷重 0kN/m ²
	地震時	水平震度法による円弧滑り計算。 【計算条件】 設計水平震度 Kh (円弧滑り) Kh=0.085、cz=0.85、kh0=0.10 (滑動/転倒) Kh=0.1275、cz=0.85、kh0=0.15 *B 地域、中規模地震動、II種地盤を想定 上載荷重：なし 前面潮位：満潮位 地下水位：満潮時地下水位 前面地盤：地盤低下後地形 中詰材単位体積重量 15kN/m ³ 養浜盛土単位体積重量 19kN/m ³	<前面法勾配 1:1.3 3段積み> 円弧滑り：安全率 1.135 > 1.0、滑動：安全率 2.767 > 1.2 転倒：偏心量 1.204m < 3.70m (=B/3) <前面法勾配 1:1.7> 円弧滑り：安全率 1.120 > 1.0、滑動：安全率 2.347 > 1.2 転倒：偏心量 1.290m < 3.70m (=B/3) <前面法勾配 1:0.5> 円弧滑り：安全率 1.175 > 1.0、滑動：安全率 5.195 > 1.2 転倒：偏心量 1.082m < 3.70m (=B/3) <前面法勾配 1:1.3、2段積み+1.5m 養浜> 円弧滑り：安全率 1.011 > 1.0、滑動：安全率 1.943 > 1.2 転倒：偏心量 0.901m < 2.366m (=B/3)	マニュアル要求性能を満足 【計算条件】 平常時条件と同様 設計水平震度 Kh (円弧滑り) Kh=0.085、cz=0.85、kh0=0.10 (滑動・転倒) Kh=0.1275、cz=0.85、kh0=0.15 *B 地域、中規模地震動、II種地盤を想定

施工管理・点検管理

表II-3.1.1.1 確認されたサンドバックの性能 前田工織株式会社 (SPS750 周長 L=10.0m)

項目	要求性能	試験・調査方法	実験結果等	性能
<p>施工許容範囲</p>	<p>出来型形状(幅、高さ)が許容範囲内に収まっていること。</p>	<p>実物大試験体の出来型を計測 (高さ1.5m、幅4.2m) SPS-750</p>		<p>高さ: 1.5m~1.7m 幅: 4.2m~4.6m</p>
<p>点検管理支援</p>	<p>供用後のサンドバックの点検のためのカルテを用意していること。</p>	<p>気象要因劣化促進試験 摩耗劣化促進試験</p>	<p>—</p>	<p>基布の摩耗劣化サンプル写真を点検支援カルテとして整備。 気象要因劣化点検支援カルテは未整備。</p>

表II-3.1.1.1 確認されたサンドバックの性能 前田工織株式会社（SPS750 周長 L=10.0m）

項目	要求性能	試験・調査方法	実験結果等	性能																																																																																
施工歩掛	施工の歩掛りが実施工により確認されていること。	実物大実験	<p>サンドポンプ施工 サンドバック形状（高さ 1.5m、幅 4.2m、幅 20m、10m（2袋）、もたれ形状）の歩掛り調査をもとに算出 ＊共同研究報告書II-3-126</p>	<p>延長 20m 当り</p> <p>1) 床掘・整地</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>規格</th> <th>単位</th> <th>自立構造 2段積</th> <th>自立構造 3段積</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>世話役</td> <td></td> <td>人</td> <td>1.00</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>特殊作業員</td> <td></td> <td>人</td> <td>1.00</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>普通作業員</td> <td></td> <td>人</td> <td>2.00</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td>バックホウ 運転</td> <td>排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m³（平積 0.6）</td> <td>日</td> <td>1.00</td> <td>1.50</td> </tr> </tbody> </table> <p>2) ポンプ・水槽設置・撤去工</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>規格</th> <th>単位</th> <th>自立構造 2段積み</th> <th>自立構造 3段積</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>世話役</td> <td></td> <td>人</td> <td>0.86</td> <td>0.86</td> </tr> <tr> <td>普通作業員</td> <td></td> <td>人</td> <td>1.72</td> <td>1.72</td> </tr> <tr> <td>バックホウ 運転</td> <td>排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m³ （平積 0.6）</td> <td>日</td> <td>1.72</td> <td>1.72</td> </tr> </tbody> </table> <p>3) 防水シート設置工</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>規格</th> <th>単位</th> <th>自立構造 2段積み</th> <th>自立構造 3段積</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>世話役</td> <td></td> <td>人</td> <td>0.20</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>普通作業員</td> <td></td> <td>人</td> <td>0.40</td> <td>0.60</td> </tr> </tbody> </table> <p>4) 袋材設置工</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>規格</th> <th>単位</th> <th>自立構造 2段積み</th> <th>自立構造 3段積</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>世話役</td> <td></td> <td>人</td> <td>0.42</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>特殊作業員</td> <td></td> <td>人</td> <td>0.42</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>普通作業員</td> <td></td> <td>人</td> <td>1.68</td> <td>2.8</td> </tr> </tbody> </table>	名称	規格	単位	自立構造 2段積	自立構造 3段積	世話役		人	1.00	1.50	特殊作業員		人	1.00	1.50	普通作業員		人	2.00	3.00	バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ （平積 0.6）	日	1.00	1.50	名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積	世話役		人	0.86	0.86	普通作業員		人	1.72	1.72	バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ （平積 0.6）	日	1.72	1.72	名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積	世話役		人	0.20	0.30	普通作業員		人	0.40	0.60	名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積	世話役		人	0.42	0.7	特殊作業員		人	0.42	0.7	普通作業員		人	1.68	2.8
名称	規格	単位	自立構造 2段積	自立構造 3段積																																																																																
世話役		人	1.00	1.50																																																																																
特殊作業員		人	1.00	1.50																																																																																
普通作業員		人	2.00	3.00																																																																																
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ （平積 0.6）	日	1.00	1.50																																																																																
名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積																																																																																
世話役		人	0.86	0.86																																																																																
普通作業員		人	1.72	1.72																																																																																
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ （平積 0.6）	日	1.72	1.72																																																																																
名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積																																																																																
世話役		人	0.20	0.30																																																																																
普通作業員		人	0.40	0.60																																																																																
名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積																																																																																
世話役		人	0.42	0.7																																																																																
特殊作業員		人	0.42	0.7																																																																																
普通作業員		人	1.68	2.8																																																																																

表II-3.1.1.1 確認されたサンドバックの性能 前田工織株式会社 (SPS750 周長 L=10.0m)

項目	要求性能・基準	実験・試験方法	実験結果等	性能																																																		
施工歩掛	施工の歩掛りが実施工により確認されていること。	実物大実験	サンドポンプ施工 サンドバック形状(高さ1.5m、幅4.2m、幅20m、10m(2袋)、もたれ形状)の歩掛り調査をもとに算出 *共同研究報告書II-3-126	5) ポンプ充填工																																																		
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>規格</th> <th>単位</th> <th>自立構造 2段積み</th> <th>自立構造 3段積み</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>世話役</td> <td></td> <td>人</td> <td>1.14</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>特殊作業員</td> <td></td> <td>人</td> <td>1.14</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>普通作業員</td> <td></td> <td>人</td> <td>2.28</td> <td>3.80</td> </tr> <tr> <td>バックホウ 運転</td> <td>排出ガス対応型 クローラ山積 0.28 m³(平積 0.2)</td> <td>日</td> <td>1.14</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>バックホウ 運転</td> <td>排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m³ (平積 0.6)</td> <td>日</td> <td>1.14</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>サンドポンプ 運転</td> <td>37 kW 8 吋</td> <td>日</td> <td>1.14</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>水中ポンプ 運転</td> <td>37 kW 8 吋</td> <td>日</td> <td>1.14</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>発電機運転</td> <td>150 kVA</td> <td>日</td> <td>1.14</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>諸雑費</td> <td></td> <td>式</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積み	世話役		人	1.14	1.90	特殊作業員		人	1.14	1.90	普通作業員		人	2.28	3.80	バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.28 m ³ (平積 0.2)	日	1.14	1.90	バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	1.14	1.90	サンドポンプ 運転	37 kW 8 吋	日	1.14	1.90	水中ポンプ 運転	37 kW 8 吋	日	1.14	1.90	発電機運転	150 kVA	日	1.14	1.90	諸雑費		式		
				名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積み																																														
				世話役		人	1.14	1.90																																														
				特殊作業員		人	1.14	1.90																																														
				普通作業員		人	2.28	3.80																																														
				バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.28 m ³ (平積 0.2)	日	1.14	1.90																																														
				バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	1.14	1.90																																														
				サンドポンプ 運転	37 kW 8 吋	日	1.14	1.90																																														
				水中ポンプ 運転	37 kW 8 吋	日	1.14	1.90																																														
発電機運転	150 kVA	日	1.14	1.90																																																		
諸雑費		式																																																				
6) 突き合せ処理工																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>規格</th> <th>単位</th> <th>自立構造 2段積み</th> <th>自立構造 3段積み</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>世話役</td> <td></td> <td>人</td> <td>0.58</td> <td>1.45</td> </tr> <tr> <td>普通作業員</td> <td></td> <td>人</td> <td>1.16</td> <td>2.90</td> </tr> </tbody> </table>	名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積み	世話役		人	0.58	1.45	普通作業員		人	1.16	2.90																																							
名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積み																																																		
世話役		人	0.58	1.45																																																		
普通作業員		人	1.16	2.90																																																		
7) 埋め戻し工																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>規格</th> <th>単位</th> <th>自立構造 2段積み</th> <th>自立構造 3段積み</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>世話役</td> <td></td> <td>人</td> <td>0.84</td> <td>1.85</td> </tr> <tr> <td>普通作業員</td> <td></td> <td>人</td> <td>0.84</td> <td>1.85</td> </tr> <tr> <td>バックホウ 運転</td> <td>排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m³ (平積 0.6)</td> <td>日</td> <td>0.84</td> <td>1.85</td> </tr> </tbody> </table>	名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積み	世話役		人	0.84	1.85	普通作業員		人	0.84	1.85	バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	0.84	1.85																																		
名称	規格	単位	自立構造 2段積み	自立構造 3段積み																																																		
世話役		人	0.84	1.85																																																		
普通作業員		人	0.84	1.85																																																		
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	0.84	1.85																																																		

II-3 前田工織（株）の試験結果

留意事項

表II-3.1.1.1 確認されたサンドパックの性能 前田工織株式会社（SPS750 周長 L=10.0m）

項目	留意事項	対策内容
突合せ部の対策	越波した波が引き波時に施工端に集中して吸い出しを受けないように対策をすること。	サンドパック端部の凹凸構造により吸い出しを防止。
施工端の対策	越波時に端部に引き波の流れが集中し養浜材が流出しにくくするために流れの集中を防止する対策を施すこと。	施工端部をサンドパックでL字型で巻き込むことにより対応可能
施工時留意事項	施工方法において、袋材の破損を考慮した施工法を施工手順書に定めていること。	<ul style="list-style-type: none"> ・埋め戻し作業時にバックホウのバケットをサンドパックから1m以上離して作業し、手元に監視員をつけること。 ・サンドパック上部に50cm以上の覆土をすること。 ・サンドパック上部で重機が急旋回しないようにすること。

性能評価(袋材)

表II-3.1.1.1 確認されたサンドパックの性能 前田工織株式会社(SPS750 周長L=10.0m)

項目	要求性能・基準	実験・試験方法	試験結果等	性能
材料性能	初期引張強度 初期値 基布及び縫製部の強度が必要強度を有すること。 施工時要求性能(例) ポンプ充填施工時に必要な引張強度を有すること。 (条件)周長10m、充填率80%、 $\gamma=19\text{kN/m}^3$ $T(\text{周})=104\text{kN/m}$ ($=23\text{kN/m} \times \alpha(1.5) \times \beta(3)$) $T(\text{軸})=65\text{kN/m}$ ($=104\text{kN/m} \times 0.63$)	①基布 引張強度試験 (JISL1096 A法に準拠)	①基布(周方向) $T_{\text{max}}=222\text{kN/m}$ $T_{\text{min}}=208\text{kN/m}$ $T_{\text{ave}}=213\text{kN/m}$ ②基布(軸方向) $T_{\text{max}}=196\text{kN/m}$ $T_{\text{min}}=190\text{kN/m}$ $T_{\text{ave}}=195\text{kN/m}$	(性能値) ①基布(周方向) 208kN/m ②基布(軸方向) 190kN/m (施工時照査例): 要求性能例を満足する。 ①基布(周方向) $208\text{kN/m} > 104\text{kN/m}$ (施工時作用張力) OK ②基布(軸方向) $190\text{kN/m} > 65\text{kN/m}$ (施工時作用張力) OK
		②縫製部 引張強度試験 (JISL1093に準拠)	縫製部(拌み縫い) 軸方向 $T_{\text{max}}=176\text{kN/m}$ $T_{\text{min}}=154\text{kN/m}$ $T_{\text{ave}}=165\text{kN/m}$	(性能値) 縫製部 150 kN/m (施工時照査例): 要求性能例を満足する。 縫製部 $150\text{kN/m} > 65\text{kN/m}$ (施工時作用張力) OK
		③注入口部 引張強度試験 (JIS L 1093 A-1法に準拠)	注入口部 周方向・軸方向: 93.9kN/m	(性能値) 注入口部 93kN/m (施工時照査例): 要求性能例を満足しない (条件付き施工で対応) 注入口部(周方向・軸方向) $93\text{kN/m} < 104\text{kN/m}$ (施工時作用張力) * OUT *丁張を置き注意深く施工することで対応。

表II-3.1.1.1 確認されたサンドパックの性能 前田工織株式会社 (SPS750 周長 L=10.0m)

項目	要求性能・基準	実験・試験方法	試験結果等	性能
材料性能 劣化後の引張強度	紫外線・水分変動による劣化及び波浪による底質砂礫の衝突・摩耗による劣化した場合も必要な強度を保持していること。 【供用時作用張力<劣化後引張強度T】 T:劣化(t)=T:初期×αa:摩耗(t)×αw:気象(t) αa:摩耗=t年後の摩耗劣化強度保持率 αw:気象=t年後の気象要因劣化強度保持率 照査例: (目標寿命期間)10年	—	T:初期×αa:摩耗(t)×αw:気象(t) αa(t):摩耗=t年後の摩耗劣化強度保持率 αw(t):気象=t年後の気象要因劣化強度保持率	(照査例) 要求性能例を満足する。 ①基布(周方向) T:劣化(10年)=208kN/m×αa(=0.79)×αw(=0.59)=96.9 kN/m > 91.5kN/m ②基布(軸方向) T:劣化(10年)=190kN/m×αa(=0.81)×αw(=0.53)=81.5kN/m > 58kN/m ③縫製部 T:劣化(10年)=150kN/m×αa(=1.00)×αw(=1.00)*=150kN/m > 91.5kN/m *拌み縫いにより劣化しないとして照査。 ④注入口 T:劣化(10年)=93kN/m×αa(=1.00)×αw(=1.00)**=93kN/m > 91.5kN/m **蓋により保護されているため劣化しないとして照査。
	○劣化外力 摩耗劣化:コンクリート摩耗量2.5mm (宮崎海岸前面砂浜ありのT.P1mにおける10年間の摩耗量) 気象要因劣化:促進暴露時間=2,500h (250h/年×10年)	サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験(JISB7753)後に引張強度試験(JISL1096 A法)を実施。 (照査例劣化外力) 目標寿命期間10年 促進暴露時間=2,500h (250h/年×10年)		<p>強度保持率(促進暴露時間 2500hour) 周方向 59% 軸方向 53%</p>
	○供用時作用張力 周方向 91.5kN/m 軸方向 58kN/m (周長10mのサンドパック3段積み最下段・最前面のサンドパック袋材に作用する張力。洗掘対策実施前提)	ウォータージェット摩耗促進試験 (照査例劣化外力) 目標寿命10年 コンクリート摩耗量=2.5mm (宮崎海岸前面砂浜ありT.P1mにおける10年間の摩耗量)		<p>強度保持率(コンクリート摩耗量 2.5mm) 周方向 79% 軸方向 81%</p>

表II-3.1.1.1 確認されたサンドバックの性能 前田工織株式会社 (SPS750 周長 L=10.0m)

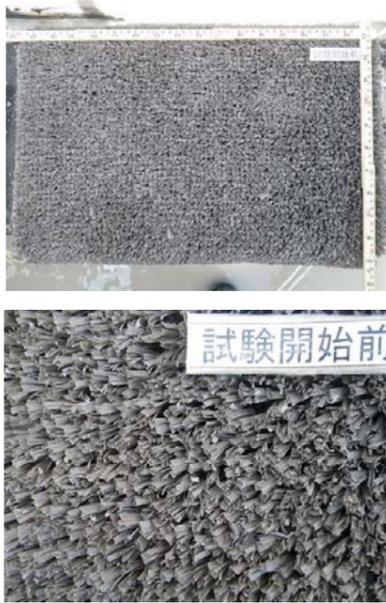
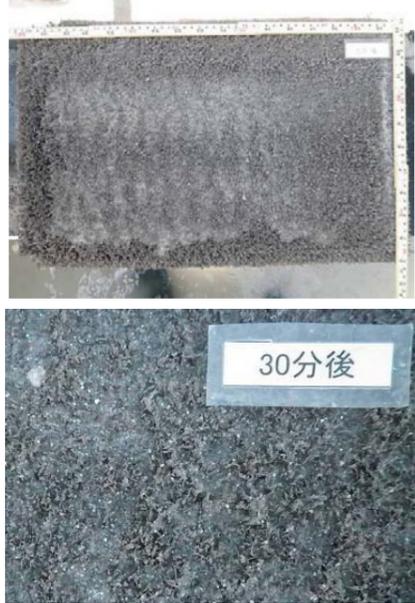
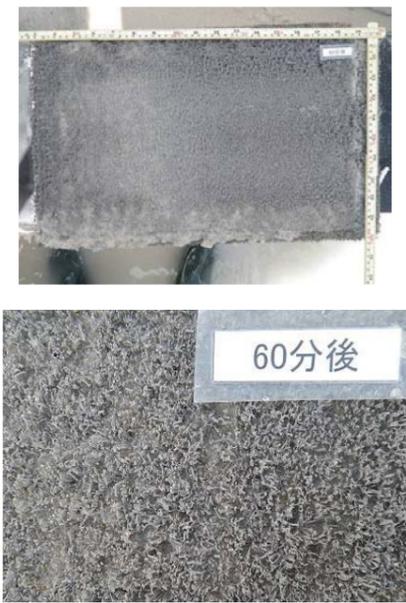
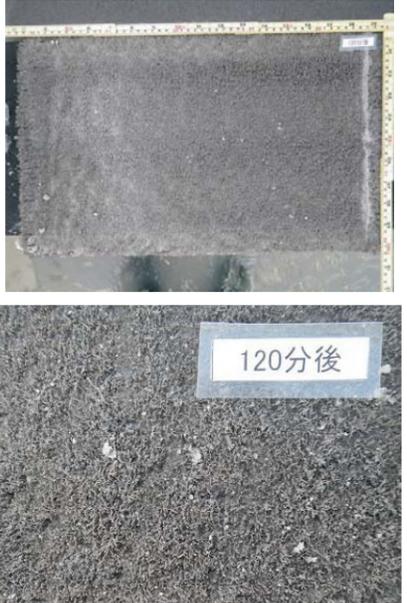
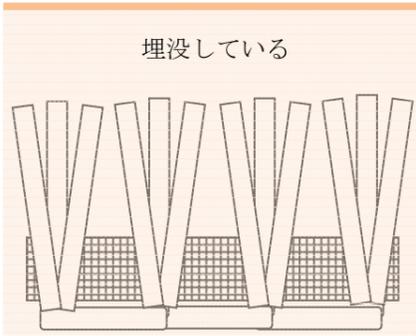
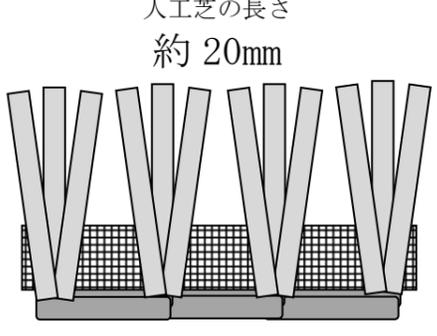
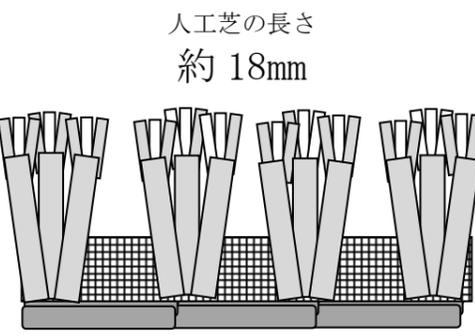
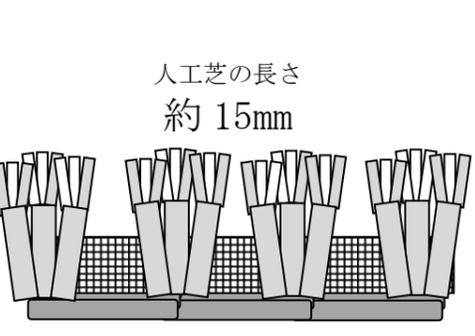
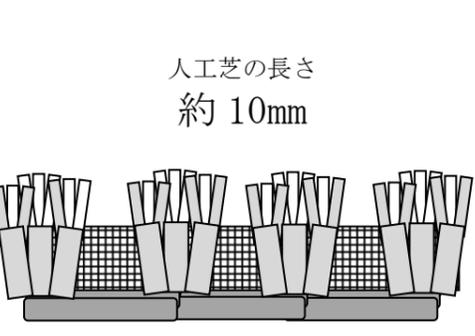
項目	要求性能・基準	実験・試験方法	試験値	性能値	
材料性能	摩擦係数	土圧を受けた場合、滑動抵抗力を発揮するための摩擦係数を有すること。	摩擦係数試験 JISK7125 の準拠して袋材同士、袋材と砂地盤の最大静止摩擦係数を計測する。	①袋材同士の摩擦係数 1.964>0.7 ②砂地盤と袋材の摩擦係数 0.693>0.5 ③アスファルトと袋材の摩擦係数 0.867	①袋材同士の摩擦係数 1.96 ②砂地盤と袋材の摩擦係数 0.69 ③アスファルトと袋材の摩擦係数 0.86
	中込材保持	基布・縫製部： 原則 $Q_{95}/d_{60}<1.0$ ポンプの充填・多少の歩留まり低下を許容する場合 $Q_{95}/d_{85}\leq 1.5 \times (d_{60}/d_{10})^{0.3}$ ($1<d_{60}/d_{10}\leq 3$) $Q_{95}/d_{85}\leq 13.5 \times (d_{60}/d_{10})^{1.7}$ ($3<d_{60}/d_{10}\leq 4$) $d_{60}=0.35\text{mm}$ $d_{85}=0.4\text{mm}$ $d_{10}=0.15\text{mm}$	開孔径試験 (ASTM D4751)	$Q_{95}\leq 0.0485$	$Q_{95}/d_{60}=0.0485/0.35=0.14<1.0$ 中詰材の制限 d_{60} : 0.1mm 以上*1、10mm 以下*2 *1: 試験値 0.0485 を安全側に切り上げ。 *2: ポンプの性能より粒径 10mm 以下であること。
	環境に悪影響を及ぼさない	生態系を阻害するような有害物質の溶出が無いこと。質量変化が 0.5%未満であること。 水生生物が生存 (3 か月以上) 出来ること。	煮沸試験 飼育試験	①煮沸試験後の質量変化 $0.15\%<0.5\%$ ②飼育試験 3 か月生物異常無し	マニュアルの性能を満足する
	耐燃焼拡大性	砂の上に基布を敷設した状態で燃焼し、基布の損傷が拡大しないこと。	たき火試験 (確認項目) たき火試験で火種の消火直後と消火 5 分後で燃焼面積の変化が 2%以下であること。	火種面積 49cm 燃焼面積 400cm 消炎 5 分後の面積 400cm 拡大面積 0cm (拡大率 0%)	マニュアルの性能を満足する 燃焼面積拡大率 0% <2%
	損傷拡大抵抗性	サンドバックにつかみ幅の 10%の損傷を加え、供用時の張力を 30min 掛け続けても、損傷部が広がらないこと。 (作用荷重の計算) 供用時作用張力×つかみ幅/αa(A(t年)mm/αw(250×t hour)を作用させた損傷拡大抵抗性試験で損傷部が拡大しない	損傷拡大抵抗試験 (試験条件) つかみ間隔 200mm 試験片幅 250mm 損傷部長 つかみ具幅×10% (照査例) 供用時張力 91.5kN/m (3 段積み最下段前面のサンドバックに作用する張力) 周方向: 強度保持率=0.79×(摩耗)×0.59 (気象) 軸方向: 強度保持率=0.81 (摩耗)×0.53 (気象) (宮崎海岸 10 年間の摩耗・気象要因劣化外力相当の劣化を考慮)	拡大率 0% (切り込み長さ 8.5mm) (試験条件) つかみ具幅 85mm 損傷部長 8.5mm 試験片幅 250mm 定荷重条件 周方向張力: $91.5\text{kN/m}/0.81/0.53=213.1\text{kN/m}$ (試験荷重)×85mm/1000=18.1kN 軸方向張力: $91.5\text{kN/m}/0.79/0.59=196.3\text{kN/m}$ (試験荷重)×85mm/1000=16.7kN	宮崎海岸前面砂浜有の 10 年間相当の摩耗・気象要因劣化後の条件においてマニュアルの要求性能を満たす。

II-3 前田工織(株)の試験結果

サンドパック基布(SPS-750)の劣化点検支援カルテ

表II-3.1.1.2 サンドパック基布の劣化点検支援カルテ 前田工織株式会社 (SPS750 周長L=10.0m)

1) 摩耗劣化の判定

コンクリート 摩耗量	—	0mm	2.2mm	4.4mm	8.7mm
引張強度 (平均値)	周 213kN/m, 軸 195kN/m	周 208kN/m, 軸 190kN/m	周 185kN/m, 軸 171kN/m	周 176kN/m, 軸 165kN/m	周 176kN/m, 軸 162kN/m
強度保持率 (平均値)	100%	100%	周 87%, 軸 87%	周 82%, 軸 84%	周 82%, 軸 82%
状況	砂に埋没している	基布が露出	人工芝の先が摩耗で裂けて細くなった状態。 人工芝の長さが約 18mm (初期 20mm) に減少。	人工芝の先が摩耗で裂けて細くなった状態は変わらないが人工芝の長さが約 15mm (初期 20mm) に減少。	人工芝の先が摩耗で裂けて細くなった状態は変わらないが、人工芝の長さが約 10mm (初期 20mm) に減少。場所によっては織布が露出している。
人工芝の長さ	約 20mm	約 20mm	約 18mm	約 15mm	約 10mm
写真	—				
劣化状況 イメージ					
判定	D (異常無し)	C (重点点検)	C (重点点検)	C (重点点検)	B (重点監視)

表Ⅱ-3.1.1.2 サンドパック基布の劣化点検支援カルテ 前田工織株式会社（SPS750 周長 L=10.0m）

2) 気象要因劣化の判定

劣化促進試験暴露時間	—	1.2年 (試験 300h)	3.6年 (試験 900h)	6.0年 (試験 1500h)	10年 (試験 2500h)	12年 (試験 3000h)	20年 (試験 5000h)	30年 (試験 7500h)
引張強度 (平均値)	周 213kN/m, 軸 195kN/m	周 171kN/m, 軸 187kN/m	周 159kN/m, 軸 156kN/m	周 161kN/m, 軸 148kN/m	周 151kN/m, 軸 139kN/m	試験中		
強度保持率 (平均値)	100%	周 80%, 軸 96%	周 75%, 軸 80%	周 72%, 軸 68%	周 68%, 軸 66%			
状況	砂に埋没している	基布が露出	記録なし					
写真		記録なし	記録なし					
判定	D (異常無し)	C (重点点検)	C (重点点検)	B (重点監視)	B (重点監視)			

II-3 前田工織（株）の試験結果

(参考) 宮崎海岸試験施工用袋材 SPS500

表II-3.1.1.3 確認されたサンドパックスの性能 前田工織株式会社 (SPS500 周長 L=10.0m)

項目		要求性能・基準	実験・試験方法	試験結果	性能
材料性能	初期引張強度	初期値 基布及び縫製部の強度が必要強度を有すること。	①基布 引張強度試験 (JISL1096 A法に準拠)	SPS-500	SPS-500
		施工時 ポンプ充填施工時に必要な引張強度を有すること。 (条件) 周長 10m、充填率 80%、 $\gamma=19\text{kN/m}^3$ T (周) =104kN/m (=23kN/m $\times \alpha (1.5) \times \beta (3)$) T (軸) =65N/m (=104kN/m $\times 0.63$)		③基布 (周方向) Tmax=144kN/m Tmin=123kN/m Tave=134kN/m ④基布 (軸方向) Tmax=163kN/m Tmin=143kN/m Tave=150kN/m	(性能値) 周方向 120kN/m 軸方向 140kN/m (施工時照査例) 要求性能例を満足 ①基布 (周方向) 120kN/m > 104kN/m (施工時作用張力) OK ②基布 (軸方向) 140kN/m > 65kN/m (施工時作用張力) OK
		②縫製部 引張強度試験 (JISL1093)		縫製部 (捩み縫い) 軸方向 Tmax=103kN/m Tmin=98kN/m Tave=101kN/m	(性能値) 縫製部 95 kN/m (施工時照査例) 要求性能例を満足。 縫製部 95kN/m > 65kN/m (施工時作用張力) OK
③注入口部 引張強度試験 (JIS L 1093 A-1 法に準拠)	注入口部 周方向・軸方向 : 70.4kN/m	(性能値) 注入口部 70kN/m 注入口部 (周方向・軸方向) (施工時照査例) 要求性能例を満足しない (条件付き施工で対応) 70kN/m < 104kN/m (施工時作用張力) OUT* *丁張を置き注意深く施工することで対応。			

表II-3.1.1.3 (参考) 確認されたサンドバックの性能 前田工織株式会社 (SPS500 周長L=10.0m)

項目	要求性能・基準	実験・試験方法	試験値	性能
材料性能 劣化後の引張強度	紫外線・水分変動による劣化及び波浪による底質砂礫の衝突・摩耗による劣化した場合も必要な強度を保持していること。 【供用時作用張力<劣化後引張強度T】 T:劣化(t)=T:初期×αa:摩耗(t)×αw:気象(t) αa:摩耗=t年後の摩耗劣化強度保持率 αw:気象=t年後の気象要因劣化強度保持率 照査例: (目標寿命期間)10年	—	T:初期×αa:摩耗(t)×αw:気象(t) αa(t):摩耗=t年後の摩耗劣化強度保持率 αw(t):気象=t年後の気象要因劣化強度保持率	(照査例) 基布強度及び注入口の強度が要求性能例を満足しない。 ①基布(周方向) OUT T:劣化(10年)=120kN/m×αa(=0.65)×αw(=0.59)=46.0kN/m < 91.5kN/m ②基布(軸方向) OUT T:劣化(10年)=140kN/m×αa(=0.78)×αw(=0.53)=57.8kN/m < 58kN/m ③縫製部 OK T:劣化(10年)=95kN/m×αa(=1.00)×αw(=1.00)=95kN/m > 91.5kN/m *拌み縫いにより劣化しないとして照査。 ④注入口 OUT T:劣化(10年)=70kN/m×αa(=1.00)×αw(=1.00)=70kN/m < 91.5kN/m **蓋により保護されているため劣化しないとして照査。
	○劣化外力 摩耗劣化:コンクリート摩耗量2.5mm (宮崎海岸前面砂浜ありのT.P1mにおける10年間の摩耗量) 気象要因劣化:促進暴露時間=2,500h (250h/年×10年) ○供用時作用張力 周方向 91.5kN/m 軸方向 58kN/m (周長10mのサンドバック3段積み最下段・最前面のサンドバック袋材に作用する張力。洗掘対策実施前提)	サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験(JISB7753)後に引張強度試験(JISL1096 A法)を実施。 (照査例劣化外力) 目標寿命期間10年 促進暴露時間=2,500h (250h/年×10年)		<p>強度保持率(促進暴露時間 2500hour) 周方向 59% 軸方向 53%</p>
		ウォータージェット摩耗促進試験 (照査例劣化外力) 目標寿命10年 コンクリート摩耗量=2.5mm (宮崎海岸前面砂浜ありT.P1mにおける10年間の摩耗量)		<p>強度保持率(コンクリート摩耗量 2.5mm) 周方向 65% 軸方向 78%</p>

Ⅱ-3. 1. 2 浜崖後退抑止工・サンドパックスの性能と照査例

本共同研究で対象としたサンドパックス及び袋材について、水理実験、材料試験等を行った結果、次の性能を有することが確認された。要求性能を満足するかどうかは、設置場所の要求性能と比較した上で判断する必要がある。

(1) 波浪に対する必要重量

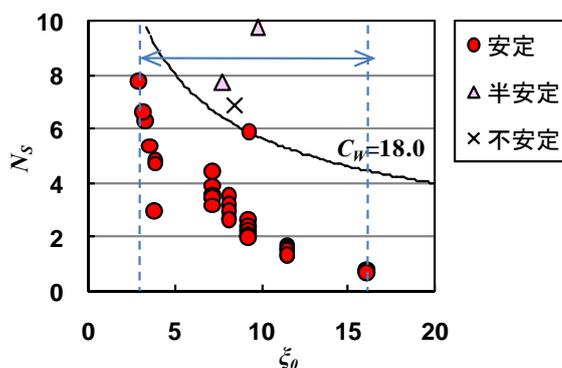
水理模型実験結果より、自立式について、斜面部照査に必要な(積層体法勾配と波長に着目した)安定数、法肩部照査に必要な(積層体水面からの天端高と沖波波高の比に着目した)安定数について、次式及び図の性能が確認された。

<自立式>

1) 斜面部照査に必要な(積層体法勾配と波長に着目した)安定数

$$N_s = 18 / \sqrt{\xi_0}$$

適用範囲 : $2.8 < \xi_0 < 16$



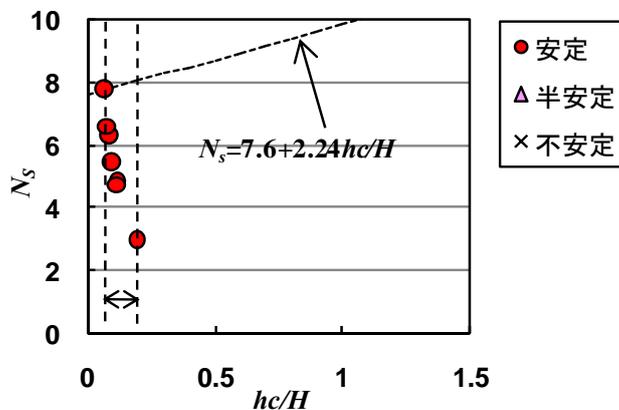
図Ⅱ-3.1.2.1 積層勾配を用いたサーフシミュラリティパラメータとNsの関係

2) 法肩部照査に必要な(積層体水面からの天端高と沖波波高の比に着目した)安定数

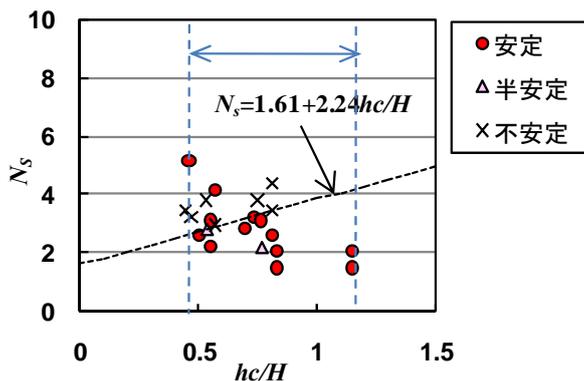
—積層体法勾配 $\tan \alpha = 0.75$ —

$$N_s = 7.6 + 2.24hc/H$$

適用範囲 : $0.07 < hc/H < 0.19$



図Ⅱ-3.1.2.2 積層体高/沖波波高とNsの関係



図Ⅱ-3.1.2.5 積層体高/沖波波高とNsの関係

3) 照査例

計画波浪 : $H_{1/3}=11.9\text{m}$ 、 $T_{1/3}=14.9\text{s}$

中詰材密度 $\rho_r=15(\text{kN/m}^3)/9.8(\text{m/s}^2)=1.53(\text{t/m}^3)$

周長 10m、軸方向長 20m、充填率 65%

2段積み自立式 ($hc=4-2.42=1.58\text{m}$)

積層体法勾配 $\tan\alpha=0.75$

充填率 65%のサンドバック重量 $W=10\text{m}^2/4/\pi \times 0.65 \times 20\text{m} \times 15\text{kN/m}^3=1,552\text{kN}$

サンドバック質量 $M=1,552(\text{kN})/9.8(\text{m/s}^2)=158\text{t}$

図Ⅱ-3.2.1.1~図Ⅱ-3.2.1.5は規則波実験なので、計画波浪から照査波高を算出する必要がある。

照査波高 $H=1.4 \times H_{1/3}=1.4 \times 11.9\text{m}=16.7\text{m}$

$L_0=g \times T^2 / (2 \times \pi) = 9.8(\text{m/s}^2) \times 14.9(\text{s})^2 / 6.28 = 346\text{m}$

積層体法面(積層体法勾配と波長に着目した)所要質量

$\xi = \tan\alpha / \sqrt{H/L_0} = 3.4$

$N_s = 18 / \sqrt{\xi} = 18 / \sqrt{3.4} = 9.73$

$S_r = \rho_r / \rho_w = 1.53 / 1.03 = 1.49$

$M = \rho_r \times H^3 / N_s^3 / (S_r - 1)^3 = 1.53 \times 16.7^3 / 9.76^3 / (1.49 - 1)^3 = 66.8\text{t}$

法肩(積層体水面からの天端高と沖波波高の比に着目した)所要質量

$hc/H = 1.58 / 16.7 = 0.095$

$N_s = 7.6 + 2.24 \times hc/H = 7.6 + 2.24 \times 0.095 = 7.81$

$S_r = \rho_r / \rho_w = 1.53 / 1.03 = 1.49$

$M = \rho_r \times H^3 / N_s^3 / (S_r - 1)^3 = 1.53 \times 16.7^3 / 7.81^3 / (1.49 - 1)^3 = 129.3\text{t}$

サンドバック質量 $M=158\text{t} > \text{MAX}(\text{のり面所要質量: } 66.8\text{t}, \text{法肩所要質量: } 129.3\text{t})$ OK

(2) 浜崖後退抑止工の安定性能照査

背面養浜盛土とサンドバック積層体の安定性を円弧すべり法により、サンドバック積層体の常時、地震時、波浪越波・降雨により背面養浜盛土が湿潤状態となった場合における土圧等に対する安定性を試行くさび法により照査した結果、以下の性能が確認された。養浜盛土高、地域補正係数等が計算例と異なる場合（特に大きい場合）は改めて条件に合わせて照査を行う必要がある。

1) 【計算条件】

サンドバック断面：1.5m×4m

サンドバック積層体・養浜盛土断面

3段積自立式・積層体前面法勾配 1:0.5~1:1.7・養浜盛土高=積層体天端高+0.5m

2段積自立式・中央ピラミッド積・養浜盛土高=積層体天端高+1.5m

サンドバック積層体底面高：T.P+1m

サンドバック積層体前面地形：地盤低下後を想定（低下後地盤高 T.P-2m）。前面地盤対策ありを想定し、積層体基盤から地盤低下高まで2割勾配斜面、その先は海底勾配20割で設定

前面潮位：（常時・地震時）満潮位 T.P+2.42m

（波浪越波時）設計高潮位 T.P+2.42m

地下水位：（常時・地震時）常時地下水位 3段積み T.P+2.65m、2段積み T.P+2.57m

（波浪越波時）積層体天端高 3段積み T.P+5.5m、2段積み T.P+4m

上載荷重：（常時）10kN/m² <交通荷重を想定>

（波浪越波時・地震時）なし

土質定数：（中詰材）

単位体積重量：15kN/m³ <性能を過大評価しないよう設定>

$\phi=30^\circ$ 、 $c=0$ <砂を想定>

（養浜盛土）

単位体積重量：19kN/m³ <性能を過大評価しないよう設定>

$\phi=30^\circ$ 、 $c=0$ <砂を想定>

静止摩擦係数：SPS750

（砂と袋材） $\mu=0.69$ 、（袋材と袋材） $\mu=1.96$ 、（アスファルトマットと袋材） $\mu=0.86$

<いずれも袋材の摩擦係数試験結果より小数点第3位を切り捨てて設定>

（地震時）

L1地震動・Ⅱ種地盤を想定し、標準の水平震度 k_{h0} を以下のとおり設定。

円弧すべり：水平震度 $k_{h0}=0.10$

滑動・転動：水平震度 $k_{h0}=0.15$

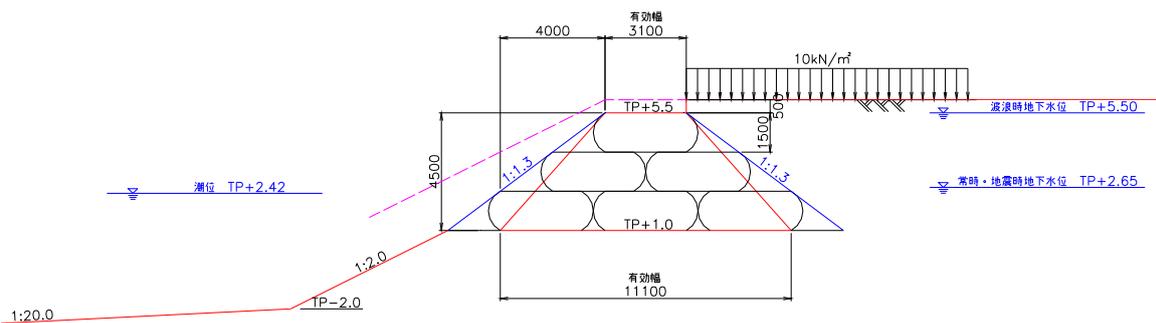
地域補正係数として、L1地震動のB1地域・B2地域を想定し、 C_z を以下のとおり設定

地域補正係数： $C_z=0.85$

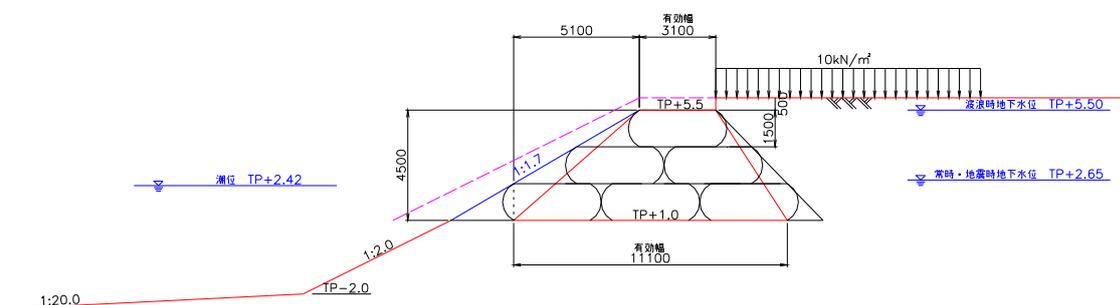
水平震度は以下の通り設定

円弧すべり： $k_h=C_z \times k_{h0}=0.85 \times 0.10=0.085$

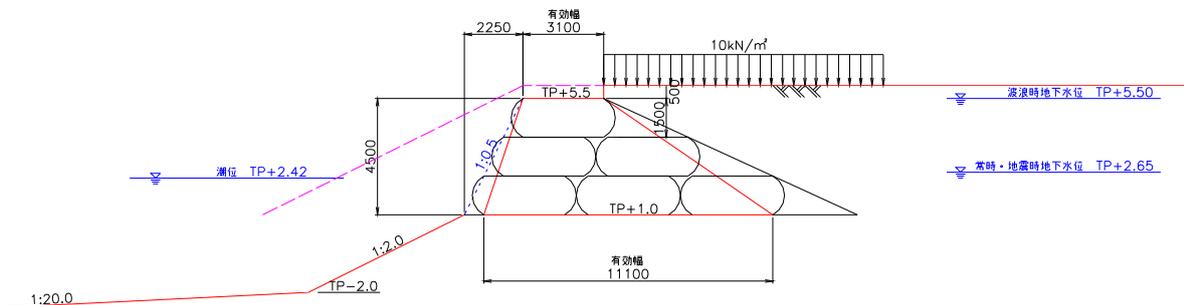
滑動・転倒： $k_h=C_z \times k_{h0}=0.85 \times 0.15=0.1275$



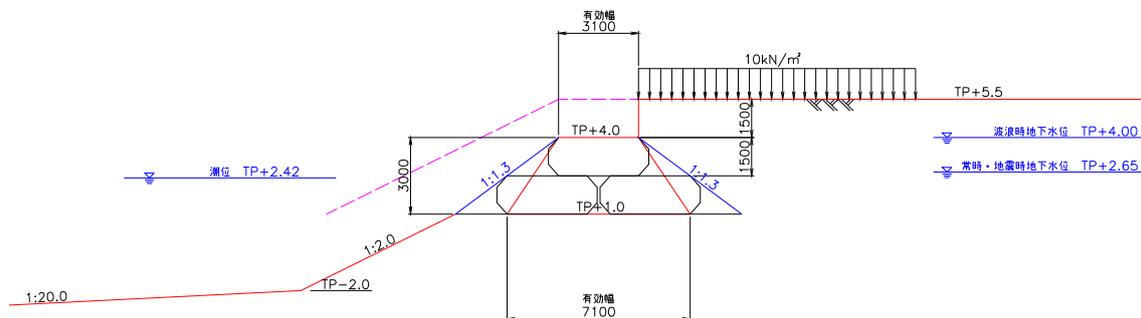
(1) 3段積み 前面勾配 1:1.3



(2) 3段積み 前面勾配 1:1.7



(3) 3段積み 前面勾配 1:0.5



(4) 2段積み 前面勾配 1:1.3

図II-3.1.2.6 照査断面図

2) 常時安定性

(サンドパック積層体前面法勾配 1:1.3)

<3段積・盛土高=積層体天端高+0.5m>

円弧すべり:安全率 $F_s=1.518 > 1.2$ OK

滑動:安全率 $F_s=4.625 > 1.5$ 最下段サンドパック OK

転動:偏心量 $e=1.586\text{m} < 1.85\text{m} (=B/6)$ OK

<2段積・盛土高=積層体天端高+1.5m>

円弧すべり:安全率 $F_s=1.304 > 1.2$ OK

滑動:安全率 $F_s=2.656 > 1.5$ 最下段サンドパック OK

転動:偏心量 $e=1.176\text{m} < 1.183\text{m} (=B/6)$ OK

(サンドパック積層体前面法勾配 1:1.1.7)

<3段積・盛土高=積層体天端高+0.5m>

円弧すべり:安全率 $F_s=1.485 > 1.2$ OK

滑動:安全率 $F_s=3.738 > 1.5$ 最下段サンドパック OK

転動:偏心量 $e=1.667\text{m} < 1.85\text{m} (=B/6)$ OK

(サンドパック積層体前面法勾配 1:0.5)

<3段積・盛土高=積層体天端高+0.5m>

円弧すべり:安全率 $F_s=1.621 > 1.2$ OK

滑動:安全率 $F_s=10.291 > 1.5$ 最上段サンドパック OK

転動:偏心量 $e=1.426\text{m} < 1.85\text{m} (=B/6)$ OK

3) 波浪越波時安定性

(サンドパック積層体前面法勾配 1:1.3)

<3段積・盛土高=積層体天端高>

円弧すべり:安全率 $F_s=1.247 > 1.2$ OK

滑動:安全率 $F_s=2.002 > 1.5$ 最下段サンドパック OK

転動:偏心量 $e=0.977\text{m} < 1.85\text{m} (=B/6)$ OK

<2段積・盛土高=積層体天端高+1.5m>

円弧すべり:安全率 $F_s=1.227 > 1.2$ OK

滑動:安全率 $F_s=1.757 > 1.5$ 最下段サンドパック OK

転動:偏心量 $e=0.898\text{m} < 1.183\text{m} (=B/6)$ OK

(サンドパック積層体前面法勾配 1:1.7)

<3段積・盛土高=積層体天端高>

円弧すべり:安全率 $F_s=1.242 > 1.2$ OK

滑動:安全率 $F_s=1.635 > 1.5$ 最下段サンドパック OK

転動:偏心量 $e=1.098\text{m} < 1.85\text{m} (=B/6)$ OK

(サンドパック積層体前面法勾配 1:0.5)

<3段積・盛土高=積層体天端高>

円弧すべり:安全率 $F_s=1.291 > 1.2$ OK

滑動:安全率 $F_s=3.570 > 1.5$ 最下段サンドパック OK

転動:偏心量 $e=0.732\text{m} < 1.85\text{m} (=B/6)$ OK

4) 地震時安定性

L1 地震動・Ⅱ種地盤を想定し、標準の水平震度 k_{h0} を以下のとおり設定。

円弧すべり：水平震度 $k_{h0}=0.10$

滑動・転動：水平震度 $k_{h0}=0.15$

地域補正係数として、L1 地震動の B1 地域・B2 地域を想定し、 C_z を以下のとおり設定

地域補正係数： $C_z=0.85$

水平震度は以下の通り設定

円弧すべり： $k_h=C_z \times k_{h0}=0.85 \times 0.10=0.085$

滑動・転倒： $k_h=C_z \times k_{h0}=0.85 \times 0.15=0.1275$

<3 段積・盛土高=積層体天端高 1:1.3>

円弧すべり：安全率 $F_s=1.135 > 1.0$ OK

滑動：安全率 $F_s=2.767 > 1.2$ 最下段サンドパック OK

転動：偏心量 $e=1.204\text{m} < 3.7\text{m} (=B/3)$ OK

<2 段積・盛土高=積層体天端高+1.5m>

円弧すべり：安全率 $F_s=1.011 > 1.0$ OK

滑動：安全率 $F_s=1.943 > 1.2$ 最下段サンドパック OK

転動：偏心量 $e=0.901\text{m} < 2.366\text{m} (=B/3)$ OK

(サンドパック積層体前面法勾配 1:1.7)

<3 段積・盛土高=積層体天端高>

円弧すべり：安全率 $F_s=1.120 > 1.0$ OK

滑動：安全率 $F_s=2.347 > 1.2$ 最下段サンドパック OK

転動：偏心量 $e=1.290\text{m} < 3.7\text{m} (=B/3)$ OK

(サンドパック積層体前面法勾配 1:0.5)

<3 段積・盛土高=積層体天端高>

円弧すべり：安全率 $F_s=1.175 > 1.0$ OK

滑動：安全率 $F_s=5.195 > 1.2$ 最下段サンドパック OK

転動：偏心量 $e=1.082\text{m} < 3.7\text{m} (=B/3)$ OK

(3) 浜崖後退量

1) 浜崖後退量照査

浜崖後退量の照査は、浜崖後退予測量が浜崖後退許容量以下となっていることを確認することにより実施する。

浜崖後退予測量の上限は、浜崖の後退あるいは養浜によりサンドパック積層体背後に土砂が供給される条件であれば、サンドパック積層体天端高を起点にバームを形成する勾配で引いた線が、計画波浪のうちあげ高に相当する高さにぶつかる位置で算定できる。

2) 照査例

○照査条件（※設置場所条件によって異なるので、設置場所の条件ごとに調査の上設定する必要がある。）

- ・計画波浪うちあげ高：T. P7m
- ・サンドパック積層体天端高：T. P4m、T. P5.5m
- ・バーム勾配 1:6
- ・浜崖後退許容量 0m

○サンドパック積層体からの浜崖最大後退距離L

- ・積層体天端高 T. P5. 5m : $L = (7-5.5) \times 6 = 9\text{m}$
- ・積層体天端高 T. P4. 0m : $L = (7-4) \times 6 = 18\text{m}$

○浜崖からの設置位置と養浜盛土高

後退許容量 0m すなわち現在の浜崖位置が浜崖管理ラインとなるので、現在の浜崖位置から

- ・積層体天端高 T. P5. 5m : 浜崖から 9m 離して、バーム勾配を形成する土量を確保するため養浜盛土高 T. P6. 25m 以上とする必要がある
- ・積層体天端高 T. P4. 0m : 浜崖から 18m 離して、バーム勾配を形成する土量を確保するため養浜盛土高 T. P5. 5m 以上とする必要がある

(4) 根入れ・洗掘対策

1) 根入れ照査

サンドパックは前面地盤の低下に伴う変形により、袋材に大きな張力が作用する可能性が増すため、サンドパックに変形が生じないよう前面の地盤低下を考慮してサンドパック積層体の根入れを設定する必要がある。サンドパック積層体の根入れが前面の地盤低下量を考慮した高さよりも低いことを照査する。サンドパック底面に洗掘対策を施す場合にはこの効果を考慮することができる。

2) 照査例

○照査条件（※設置場所条件によって異なるので、設置場所の条件ごとに調査の上設定する必要がある。）

- ・サンドパック前面の低下後地盤高 : T. P-1m
- ・サンドパック積層体天端高 : (3段積み) T. P+5. 5m (2段積み) T. P+4m
- ・サンドパック積層体底面高 : (2段積み・3段積み) T. P+1m

○洗掘対策

・サンドパック前面で洗掘量 2m が予測される一方、ドライ施工とするためには最下段サンドパック底面標高は T. P+1m が限界。洗掘対策を行わないと、変形により袋材引張強度（劣化後）を上回る張力が発生するおそれがあるため、洗掘量 2m に対応できる洗掘対策工を設置する。対策工としては、対策工変形後の勾配が安息角程度の 1:2 となる仮定で、幅 5m 以上のアスファルトマットを設置することが考えられる。これにより、サンドパック前面地盤高 \geq T. P+1m となり照査条件を満足する。

(5) 突合せ処理

1) 吸出し照査

サンドパック積層体を構成するサンドパック間から養浜材が吸い出されると浜崖の後退抑止効果が低下するので、サンドパック積層体には吸い出しを防止する措置を講じる必要がある。サンドパック間に吸い出し防止措置が講じられていることをもって照査とする。

越波時にはサンドパック積層体の端部に引き波時の流れが集中し、養浜材が流出する。施工端に流れが集中しにくくなるよう処理を施す必要がある。施工端処理が講じられていることをもって照査とする。

2) サンドパック突合せ処理

SPS500、SPS750 のサンドパックは、いずれも突合せ部処理として袋材端部が凹凸形状となっており、凹凸を組み合わせることで隙間が空かないようしている。既設護岸に突き合わせる端部はフィルター材と吸出し防止材による吸出し対策工を設置することで隙間が発生しにくくできる。

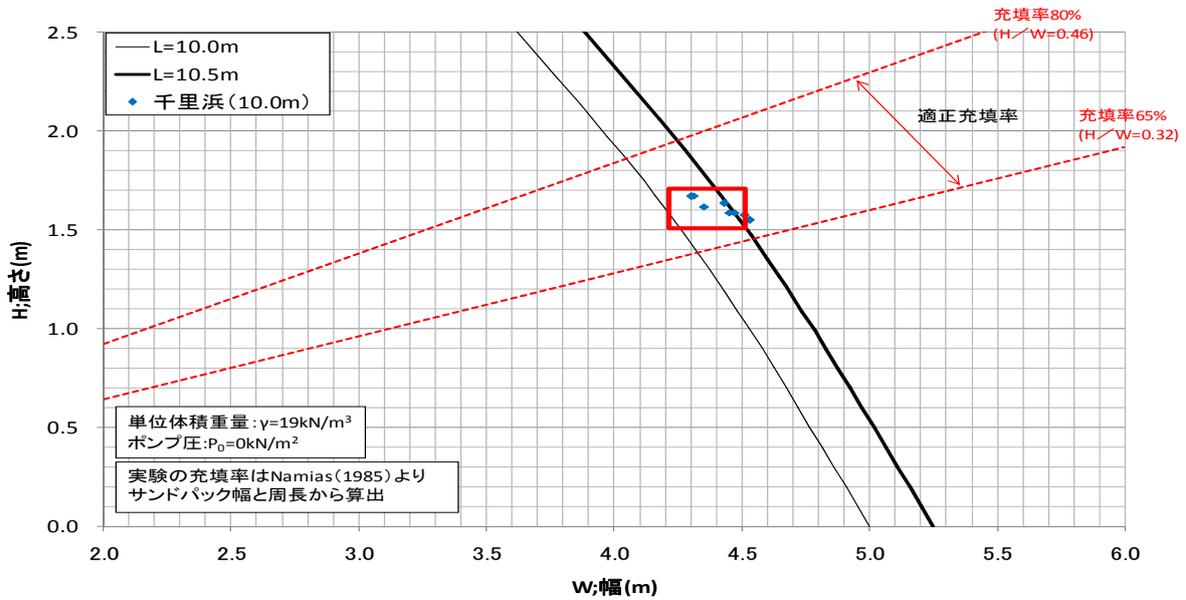
(6) 施工許容範囲

高さ 1.5m、幅 4.2m、周長 $L=10\text{m}$ のサンドバックについて現地実物大製作試験を行い、その結果から下図の施工許容範囲を定めた。

宮崎海岸現地試験型 (SPS750)

高さ H : 1.5m~1.7m

幅 B : 4.2m~4.6m

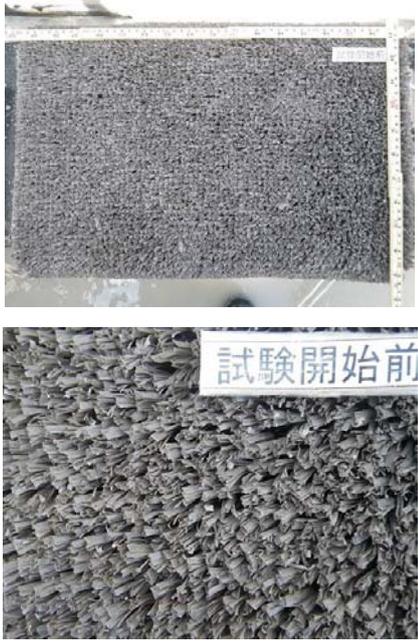
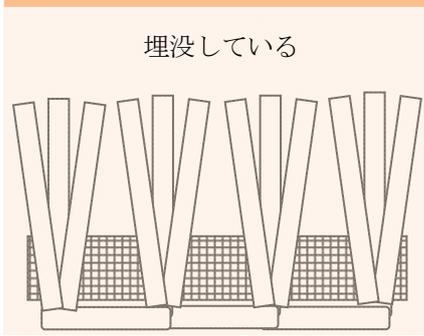
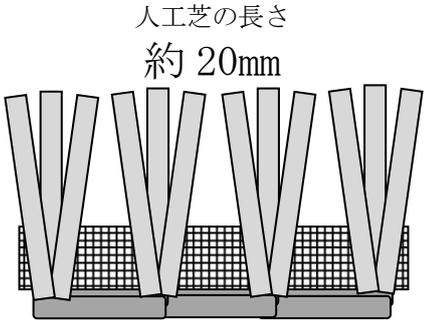


図Ⅱ-3.1.2.7(1) 改良型 (SPS750) 施工許容範囲

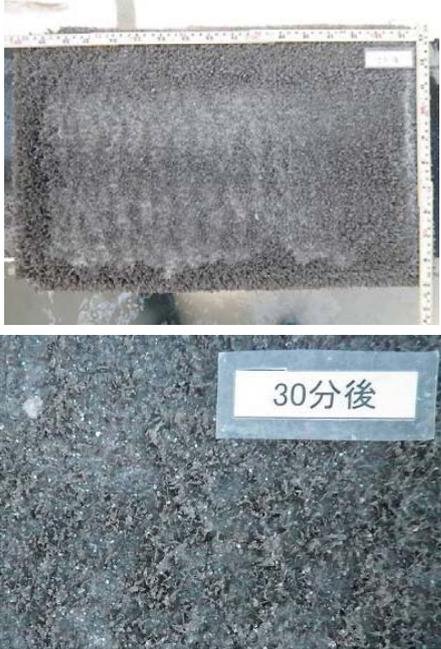
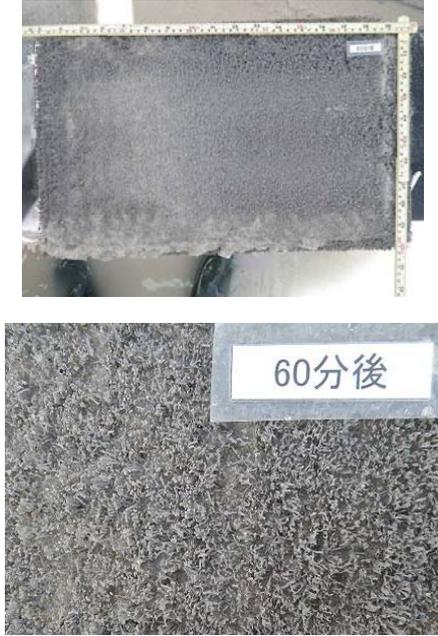
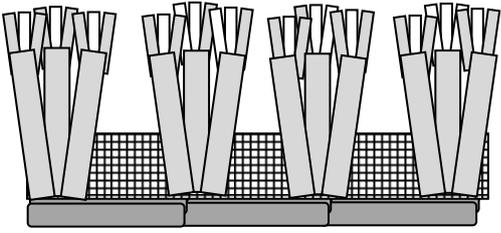
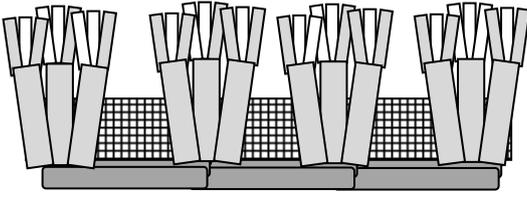
(7) 点検管理支援

ウォータージェット摩耗促進試験結果から、宮崎海岸現地試験袋材及び改良仕様袋材の摩耗劣化点検支援カルテを整備した。

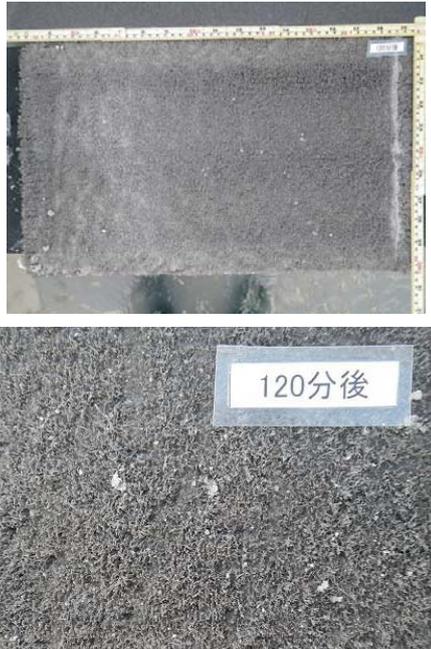
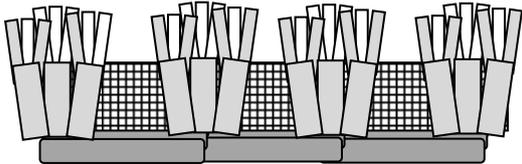
気象要因劣化については点検支援カルテの作成はできなかった。

コンクリート 摩耗量	—	0mm
引張強度 (平均値)	周方向 213kN/m 軸方向 195kN/m	周方向 213kN/m 軸方向 195kN/m
強度保持率 (平均値)	周・軸方向 100%	周・軸方向 100%
状況	砂に埋没している	基布が露出
人工芝の長さ	約 20mm	約 20mm
写真	—	
劣化状況 イメージ		
判定	D (異常無し)	C (重点点検)

図Ⅱ-3.1.2.8 (1) 改良型 (SPS750) 点検支援カルテ (その1)

コンクリート 摩耗量	2.2mm	4.4mm
引張強度(kN/m) 平均値	周 185kN/m, 軸 171kN/m	周 176kN/m, 軸 165kN/m
強度保持率 平均値	周 87%, 軸 87%	周 82%, 軸 84%
引張強度(kN/m) 最小値	周 168kN/m, 軸 160kN/m	周 170kN/m, 軸 164kN/m
強度保持率 最小値	周 79%, 軸 81%	周 79%, 軸 84%
状況	人工芝の先が摩耗で裂けて細くなった状態。人工芝の長さが約18mm(初期20mm)に減少。	人工芝の先が摩耗で裂けて細くなった状態は変わらないが人工芝の長さが約15mm(初期20mm)に減少。
人工芝の長さ	約18mm	約15mm
写真		
劣化状況 イメージ	<p>人工芝の長さ 約18mm</p> 	<p>人工芝の長さ 約15mm</p> 
判定	C(重点点検)	C(重点点検)

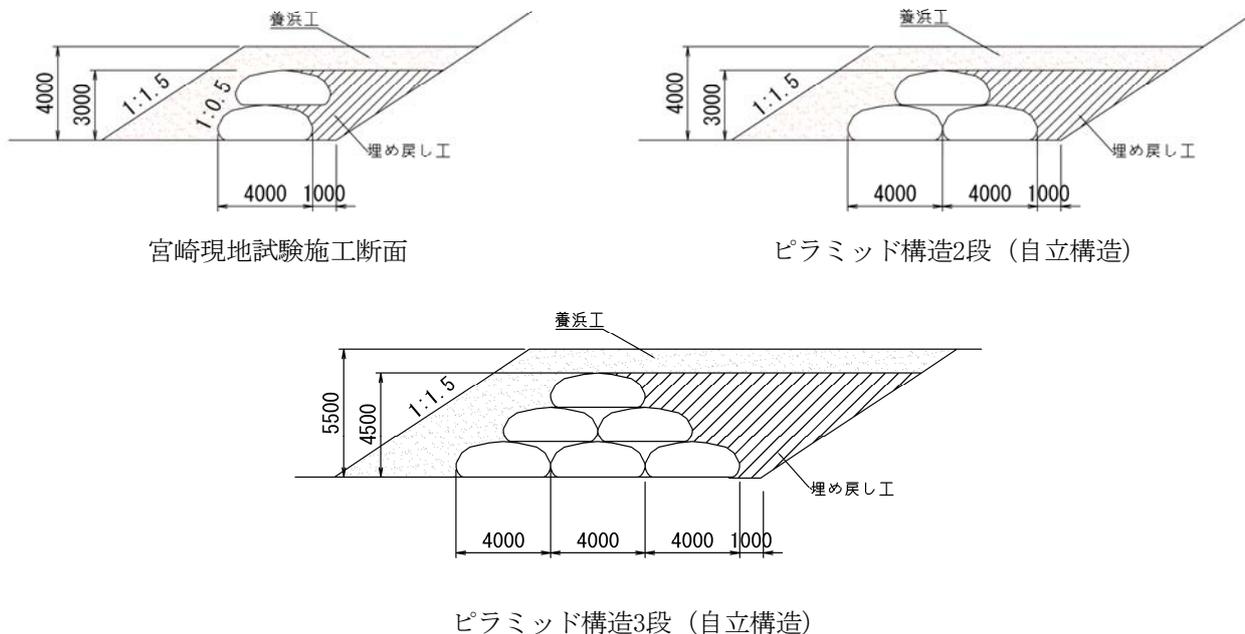
図II-3.1.2.8(2) 改良型(SPS750)点検支援カルテ(その2)

コンクリート 摩耗量	8.7mm
引張強度(kN/m) 平均値	周 176kN/m, 軸 162kN/m
強度保持率 平均値	周 82%, 軸 82%
引張強度(kN/m) 最小値	周 167kN/m, 軸 159kN/m
強度保持率 最小値	周 78%, 軸 81%
状況	人工芝の先が摩耗で裂けて細くなった状態は変わらないが、人工芝の長さが約10mm(初期20mm)に減少。場所によっては織布が露出している。
人工芝の長さ	約10mm
写真	
劣化状況 イメージ	<p>人工芝の長さ 約10mm</p> 
判定	B (重点監視)

図Ⅱ-3.1.2.8(3) 改良型(SPS750)点検支援カルテ(その3)

(8) 施工歩掛

もたれ式2 桁積み延長 20m の現地施工実験結果から、2 段積み自立式、3 段積み自立式について下のような歩掛を整備した。



図II-3.1.2.9 施工歩掛りの断面

1) 床掘り・整地

自立構造2段積みの1段目は2袋設置するため、現地試験の数量Aの2倍とした。

自立構造3段積みの1段目は3袋設置するため、現地試験の数量Aの3倍とした。

名称	規格	単位	数量(計算) (自立構造 2段積み)	数量(計算) (自立構造 3段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	1.00	1.50	0.50
特殊作業員		人	1.00	1.50	0.50
普通作業員		人	2.00	3.00	1.00
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	1.00	1.50	0.50

2) ポンプ・水槽設置工、撤去工

自立構造の歩掛りはもたれ形状と同じとした。

名称	規格	単位	数量 (自立構造 2段積み)	数量(計算) (自立構造 3段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	0.86	0.86	0.86
普通作業員		人	1.72	1.72	1.72
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	1.72	1.72	1.72

3) 防水シート設置工

自立構造 2 段積みは 1 段目に 2 袋設置するため、現地試験の数量 A の 2 倍とした。

自立構造 3 段積みの 1 段目は 3 袋設置するため、現地試験の数量 A の 3 倍とした。

名称	規格	単位	数量 (自立構造 2 段積み)	数量(計算) (自立構造 3 段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	0.20	0.30	0.10
普通作業員		人	0.40	0.60	0.20

4) 袋材設置工（敷設）

自立構造 2 段は 3 袋設置するため、現地試験の数量 A の 1.5 倍とした。

自立構造 3 段は 6 袋設置するため、現地試験の数量 A の 3 倍とした。

名称	規格	単位	数量(計算) (自立構造 2 段積み)	数量(計算) (自立構造 3 段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	0.42	0.84	0.28
特殊作業員		人	0.42	0.84	0.28
普通作業員		人	1.68	3.36	1.12

5) ポンプ充填工 (H=1.5m, W=4.0m, L=20m, 1 袋)

自立構造 2 段積みは 3 袋設置するため、現地試験の数量 A の 1.5 倍とした。

自立構造 3 段積みは 6 袋設置するため、現地試験の数量 A の 3 倍とした。

名称	規格	単位	数量 (自立構造 2 段積み)	数量(計算) (自立構造 3 段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	1.71	3.42	1.14
特殊作業員		人	1.71	3.42	1.14
普通作業員		人	3.42	6.84	2.28
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.28 m ³ (平積 0.2)	日	1.71	3.42	1.14
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	1.71	3.42	1.14
サンドポンプ運転	37 kW 8 吋	日	1.71	3.42	1.14
水中ポンプ運転	37 kW 8 吋	日	1.71	3.42	1.14
発電機運転	150 kVA	日	1.71	3.42	1.14
諸雑費		式			

6) 突合せ部処理工

自立構造 2 段積みは 3 袋設置するため、現地試験の数量 A の 1.5 倍とした。

自立構造 3 段積みは 6 袋設置するため、現地試験の数量 A の 3 倍とした。

名称	規格	単位	数量(計算) (自立構造 2 段積み)	数量(計算) (自立構造 3 段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	0.87	1.74	0.58
普通作業員		人	1.74	3.48	1.16

7) 埋め戻し工

ピラミッド構造の埋め戻し断面積は 8.5m^2 対して自立構造 2 段積みは 12.8m^2 より 1.5 倍、3 段積みは 28.1m^2 より 3.3 倍の歩掛りとした。

名称	規格	単位	数量 (自立構造 2 段積み)	数量(計算) (自立構造 3 段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	0.84	1.85	0.56
普通作業員		人	0.84	1.85	0.56
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8m^3 (平積 0.6)	日	0.84	1.85	0.56

8) 養浜工

もたれ構造の養浜工断面積は 19.0m^2 、自立構造 2 段積みの断面積は 27.8m^2 、自立構造 3 段積み断面積は 39.5m^2 より試験施工の埋め戻し工の断面積 8.5m^2 の歩掛りのそれぞれ 2.2 倍、3.3 倍、4.6 倍とした。

名称	規格	単位	数量 (自立構造 2 段積み)	数量(計算) (自立構造 3 段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状) 埋め戻し工
世話役		人	1.85	2.58	1.23
普通作業員		人	1.85	2.58	1.23
バックホウ運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8m^3 (平積 0.6)	日	1.85	2.58	1.23

Ⅱ-3. 1. 3 サンドパック袋材の性能と照査例

(1) 初期性能

1) 施工時照査

施工時照査は、以下によって行う。

ポンプ充填施工時において袋材初期引張強度>施工時作用張力を確認する。

2) 袋材初期強度

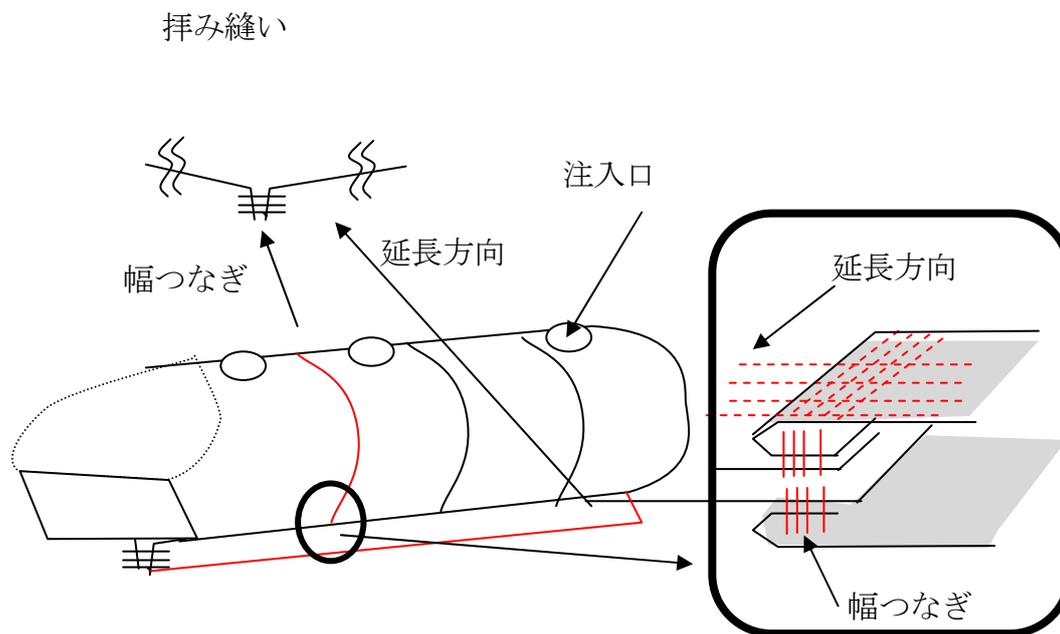
袋材の初期引張強度は、表Ⅱ-3.1.3.1に示すとおりであることが確認された。

表Ⅱ-3.1.3.1 改良袋材 (SPS750) の初期引張強度

	基布* (kN/m)		縫製部** (kN/m)	
	周方向	軸方向	拵縫い	注入口
性能値	208	190	150	93
平均値	213	195	165	93.9
最大値	222	199	176	
最小値	208	190	154	

※ JIS L 1096 準用

※※ JIS L 1093 A-1 での参考値



図Ⅱ-3.1.3.1 宮崎海岸現地施工用の袋材縫製部の構造

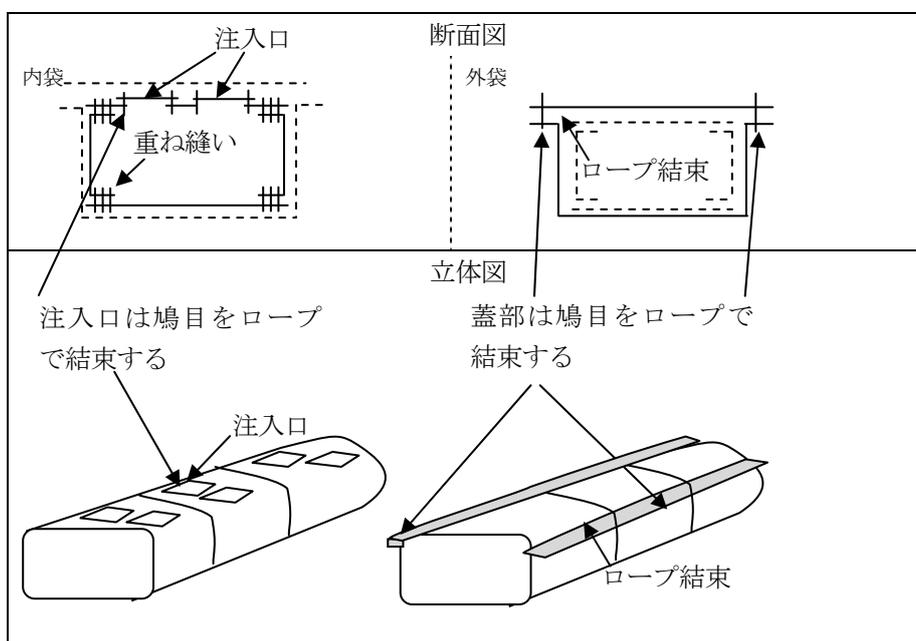
(参考) 大磯海岸現地試験施工用袋材

表Ⅱ-3.1.3.2 大磯海岸現地試験袋材の初期引張強度

	基布(内側)※ (kN/m)		縫製部(内側)※※ (kN/m)		基布(外側)※ (kN/m)		縫製部(外側)※※ (kN/m)	
	周方向	軸方向	重ね縫い	注入口	周方向	軸方向	ロープ結束	ハトメ部
性能値	180	180	170	23	90	35	23	試験未実施
最大値	218	218		27.6	98	43	27.6	
最小値	212	214		23.6	93	37	23.6	

※ JIS L 1096 準用

※※ JIS L 1093 A-1 での参考値



図Ⅱ-3.1.3.2 大磯海岸現地施工用の袋材縫製部の構造

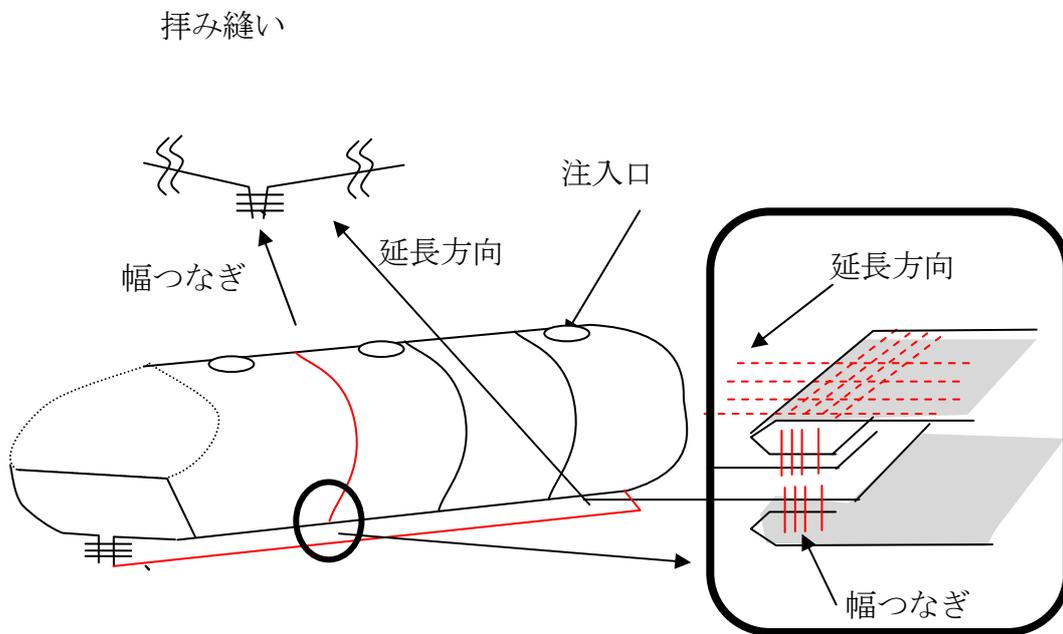
(参考) 宮崎海岸現地試験施工用袋材

表Ⅱ-3.1.3.3 宮崎海岸現地試験袋材 (SPS500) の初期引張強度

	基布(宮崎・千里浜)※ (kN/m)		縫製部 (宮崎・千里浜) (kN/m)		基布(浜住)※ (kN/m)		縫製部(浜住) (kN/m)	
	周方向	軸方向	挿縫い	注入口	周方向	軸方向	挿縫い	注入口
性能値	120	140	95	70	120	140	40	70
最大値	144	163	103	70.4	144	163	47	70.4
最小値	123	143	98		123	143	40	

※ JIS L 1096 準用

※※ JIS L 1093 A-1 での参考値



図Ⅱ-3.1.3.3 宮崎海岸現地試験施工用の袋材縫製部の構造

3) 施工時照査例

○袋材作用張力

(周長 10m、中詰材単位体積重量 19kN/m³、充填率 80%、実物大実験割増係数とポンプ充填割増係数考慮)

$$T(\text{周}) = 104 \text{ kN/m} = 23 \text{ kN/m} \times 1.5 \times 3$$

$$T(\text{軸}) = 65 \text{ kN/m} = 104 \text{ kN/m} \times 0.63$$

<宮崎海岸現地試験袋材照査>

袋材初期強度(周方向) = MIN(基布, 注入口※)

$$= \text{MIN}(208, 93※) \text{ kN/m}$$

$$= 208 \text{ kN/m} > 104 \text{ kN/m}$$

袋材初期強度(軸方向) = MIN(基布, 縫製部(捩縫い)、注入口※)

$$= \text{MIN}(190, 150, 93※) \text{ kN/m}$$

$$= 150 \text{ kN/m} > 65 \text{ kN/m}$$

注入口(周方向) = 93 kN/m < 104kN/m OUT ※

※注入口部については、周方向の張力より小さくなっているが、丁張で監視する等施工時に配慮することで対応する。

(2) 劣化後性能

1) 劣化後照査

目標寿命期間 t 年間の気象要因（紫外線・水分変動）による劣化及び波浪による底質砂礫の衝突・摩耗により劣化した場合も必要な強度（供用時作用張力以上）を保持すること。

目標寿命期間（t 年）経過後の劣化強度 $T_d(t) \geq$ 供用時張力 T

$$T_d(t) = T_{\text{初期}} \times \alpha_a(t) \times \alpha_w(t)$$

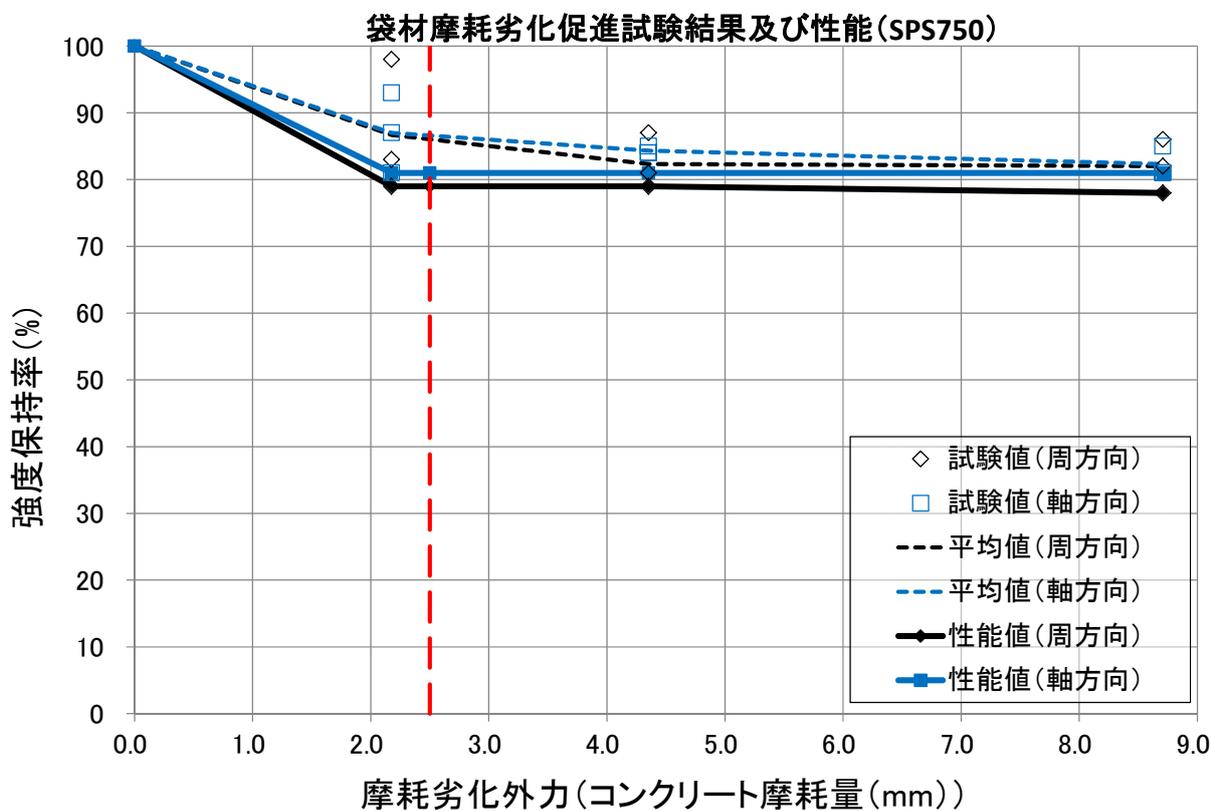
T 初期：袋材の初期強度

$\alpha_a(t)$ ：t 年間の摩耗劣化外力（コンクリート摩耗量 mm ）作用後の強度保持率

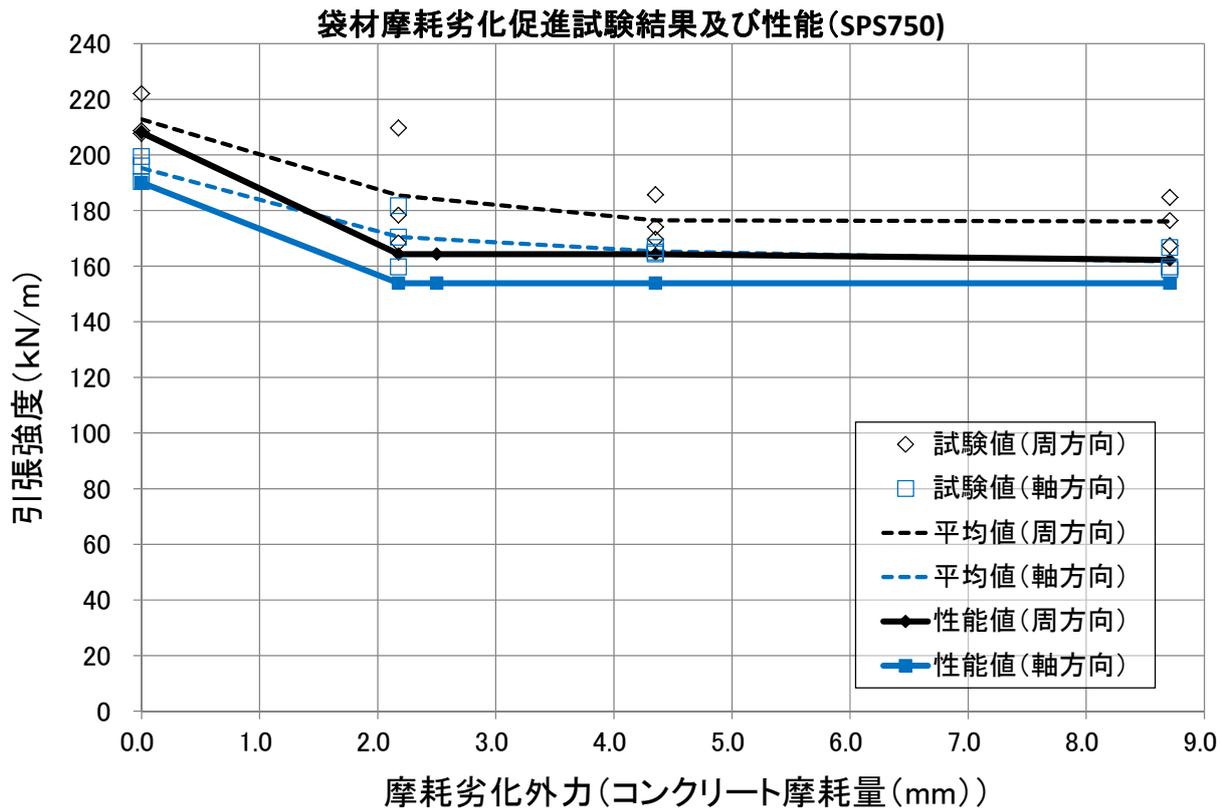
$\alpha_w(t)$ ：t 年間の気象要因劣化外力作用後の強度保持率

2) 摩耗劣化後の強度保持率 $\alpha_a(t)$

摩耗劣化後の強度保持率は、ウォータージェット式摩耗促進試験の結果、コンクリートの摩耗量に対して図Ⅱ-3.2.2.4～図Ⅱ-3.2.2.5に示すとおりであることが確認された。

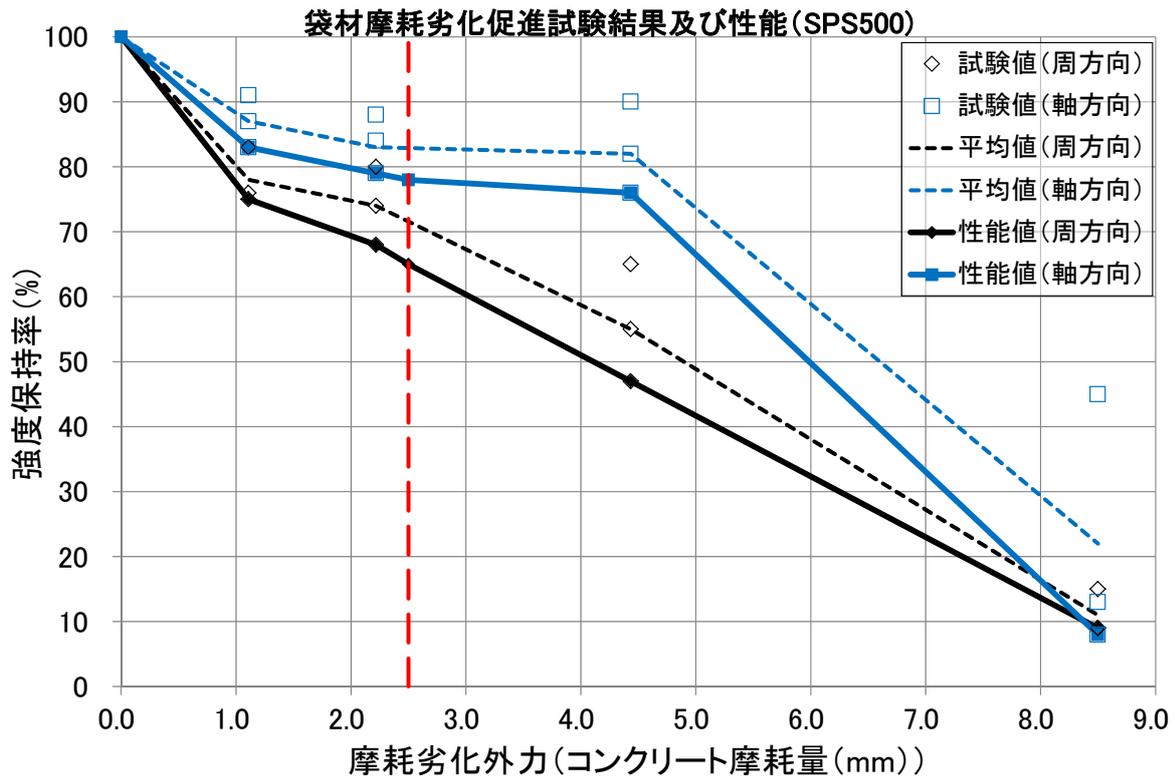


図Ⅱ-3.1.3.4 コンクリート摩耗量と袋材の強度保持率の関係（改良型(SPS750)
 (ウォータージェット噴射時間(x)とコンクリート摩耗量(y)の関係： $y=0.0363x$)

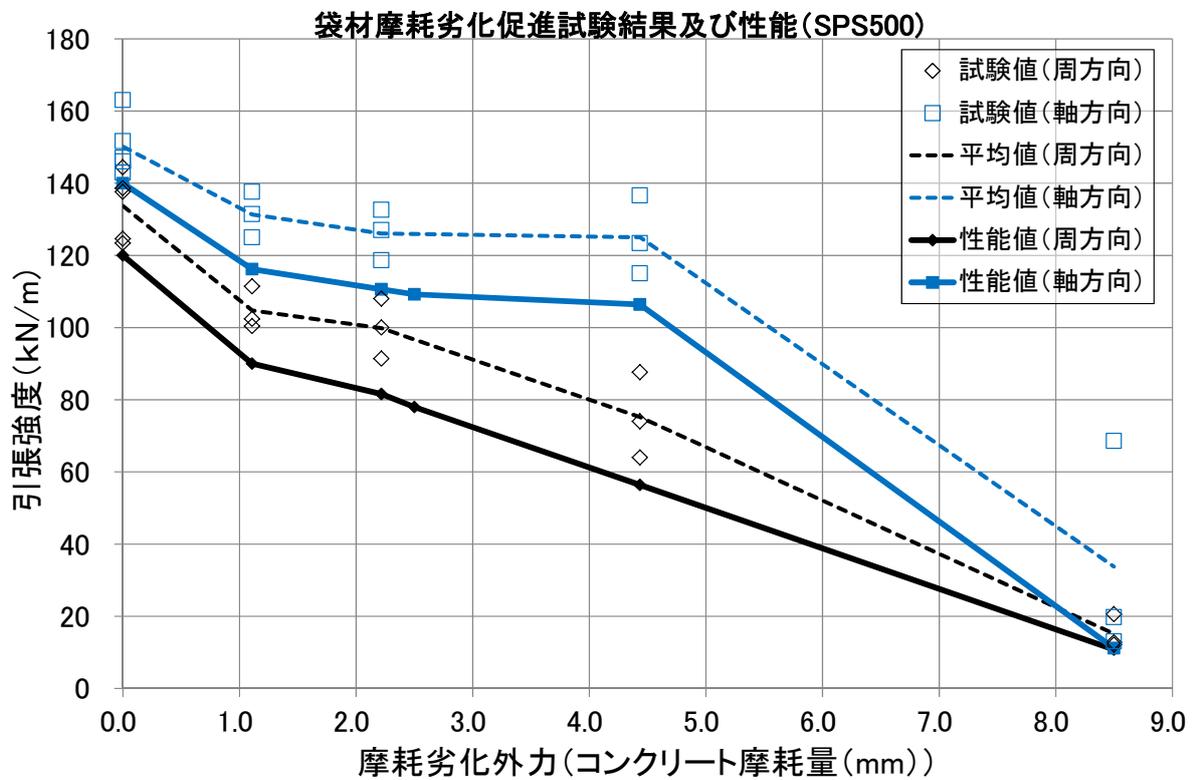


図Ⅱ-3. 1. 3. 5 コンクリート摩耗量と袋材の引張強度の関係 (改良型(SPS750))
 (ウォータージェット噴射時間(x)とコンクリート摩耗量(y)の関係： $y=0.0363x$)

(参考) 宮崎海岸現地試験袋材 (SPS500)



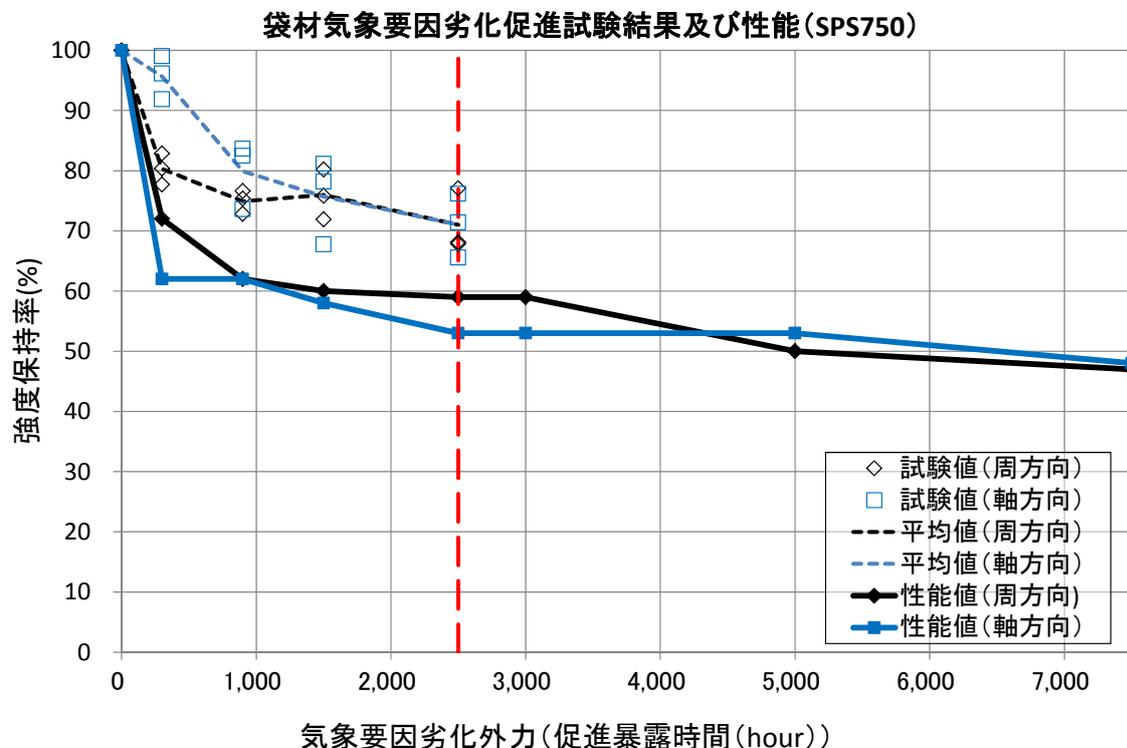
図II-3.1.3.6 コンクリート摩耗量と袋材の強度保持率の関係 (SPS500)



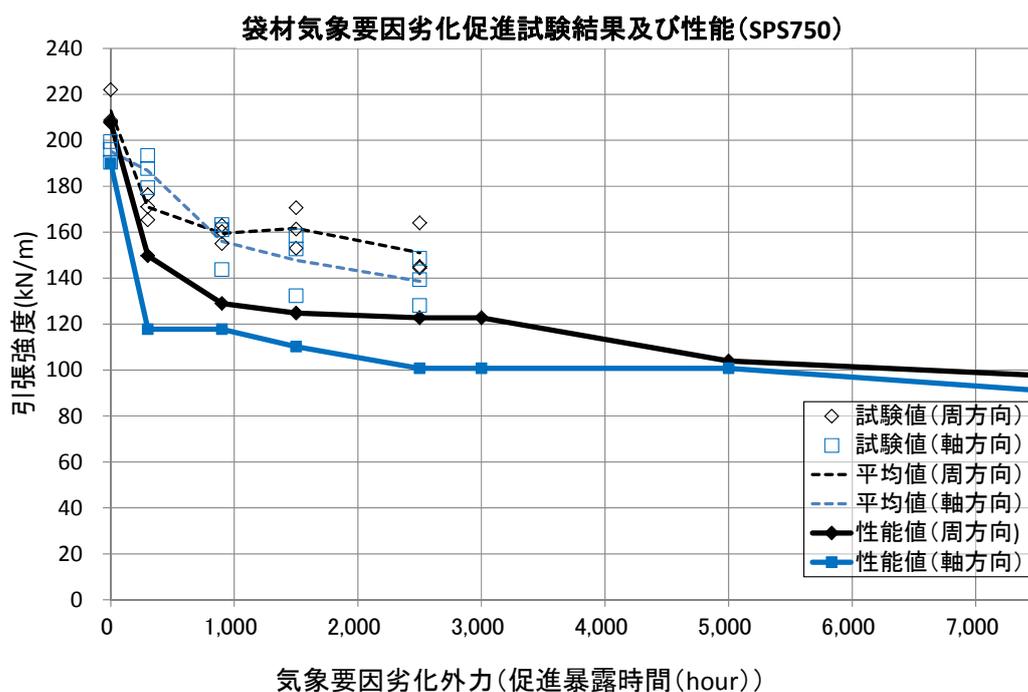
図II-3.1.3.7 コンクリート摩耗量と袋材の引張強度の関係 (SPS500)

3) 気象要因劣化後の強度保持率 α_w (t)

気象要因劣化後の強度保持率は、サンシャインカーボンアークランプ灯式耐候性試験機による気象要因劣化促進試験の結果、促進暴露時間に対して図II-3.2.2.8、図II-3.2.2.9に示すとおりであることが確認された。また、基布は、2500hrまで計測し、その後の暴露時間について試験継続中である。



図II-3.1.3.8 促進暴露時間と袋材の強度保持率の関係



図II-3.1.3.9 促進暴露時間と袋材の引張強度の関係

4) 劣化後照査例

改良仕様袋材について、目標寿命期間 $T=10$ 年とし、宮崎海岸の前面砂浜有標高 $T.P+1m$ における摩耗外力、紫外線・水分に露出され続けたと想定し照査。作用張力は、3段積・ $0.5m$ 覆土・交通荷重 $10kN/m^2$ の条件で袋材への作用張力が最も厳しくなるのり勾配 $1:0.5$ の最下段最前面を想定。

○気象要因劣化外力：耐候性試験促進暴露時間 $2,500hr$

(1年間の現地気象要因劣化外力 $=250hr$ と想定)

○摩耗外力：コンクリート摩耗量 $2.5mm$

(宮崎海岸前面砂浜有、 $T.P+1m$ における10年間の摩耗量を想定)

○袋材供用時作用張力

(3段積み最下段最前面の周長 $10m$ のサンドパック袋材に作用する張力。最下段サンドパックの上載荷重 $75.5kN/m^2$ であるが、切り上げて $80kN/m^2$ として算出。)

T (周方向) $=91.5kN/m$

T (軸方向) $=58kN/m$

10年後の強度保持率

○気象要因劣化

袋材基布 (周方向) $\alpha_w=0.59$

袋材基布 (軸方向) $\alpha_w=0.53$

袋材縫製部 (挿縫い) $\alpha_w=1.0$

袋材注入口 $\alpha_w=1.0$

○摩耗劣化 (コンクリート摩耗量 $2.5mm$)

袋材基布 (周方向) $\alpha_a=0.79$

袋材基布 (軸方向) $\alpha_a=0.81$

袋材縫製部 (挿縫い) $\alpha_a=1.0$

袋材注入口 $\alpha_a=1.0$

○劣化後引張強度 (kN/m)

<周方向>

袋材基布 $T_d(10)=T_{初期} \times \alpha_w(10) \times \alpha_a(10) = 208 \times 0.59 \times 0.79 = 96.9 > 91.5$ OK

袋材縫製部 (挿縫い) $T_d(10)=T_{初期} \times \alpha_w(10) \times \alpha_a(10) = 150 \times 1.0 \times 1.0 = 150.0 > 91.5$ OK

袋材注入口 $T_d(10)=T_{初期} \times \alpha_w(10) \times \alpha_a(10) = 93 \times 1.0 \times 1.0 = 93 > 91.5$ OK

<軸方向>

袋材基布 $T_d(10)=T_{初期} \times \alpha_w(10) \times \alpha_a(10) = 190 \times 0.53 \times 0.81 = 81.5 > 58$ OK

袋材縫製部 (挿縫い) $T_d(10)=T_{初期} \times \alpha_w(10) \times \alpha_a(10) = 150 \times 1.0 \times 1.0 = 150.0 > 58$ OK

袋材注入口 $T_d(10)=T_{初期} \times \alpha_w(10) \times \alpha_a(10) = 93 \times 1.0 \times 1.0 = 93 > 58$ OK

袋材強度についてはOK。

(3) 人為外力及び漂流物の衝突に対する安全性

1) 人為損傷、漂流物衝突損傷の照査

設置後、万が一袋材に損傷が発生しても自然に拡大しないことを確認する。

2) 損傷拡大抵抗性能

作用張力 91.5kN/m を 10 年間の気象要因劣化外力（促進暴露時間 2,500 時間）及びコンクリート摩耗量 2.5mm 分の摩耗劣化外力作用後の強度保持率（軸方向：0.59×0.79、周方向：0.53×0.81）で割った張力（軸方向：196.3kN/m、周方向：213.1kN/m）を作用させる損傷拡大抵抗性試験の結果、基布の損傷部が拡大しないことが確認された。

<軸方向については、作用張力58kN/mで試験すればよいが、より安全側の照査とするため周方向作用張力で試験を実施した。>

3) 耐燃焼拡大性能

たき火試験で袋材の一部が火種によって燃焼した場合にも燃え広がらないこと、また、火種の消化直後と消化 5 分後で燃焼面積の変化が 2%以下であることが、基布（SPS-750）において確認された。

<基布 SPS-750>

火種面積 49cm

燃焼面積 400cm

消炎 5 分後の面積 400cm

拡大面積 0cm（拡大率 0%）

第Ⅱ編 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」報告書
Ⅱ-3 前田工織（株）の試験結果

(4) 中詰材保持性能

1) 中詰材保持性能照査

充填する中詰材を保持できること。

2) 開口径試験結果

見掛けの開孔径 (O_{95}) は基布=0.0485 mmであることが確認された。

見掛けの開孔径が宮崎海岸の60%粒径0.35mmよりも小さいことが確認された。

$$O_{95}/d_{60} = 0.0485/0.35 = 0.14 < 1.0$$

3) 中詰材保持性能

使用可能な中詰材粒径は以下のとおり。

$$\text{原則 } d_{60} > 0.1\text{mm}$$

現地施工試験のポンプ充填の能力限界から、中詰材最大粒径は

最大粒径 $d_{\max} \leq 10\text{mm}$ (ポンプ充填の限界から 6吋 22kW ポンプの場合 現地実験実績より)

(5) 環境に対する影響

1) 有害物質溶出照査

袋材から周辺環境に悪影響を及ぼすような有害物質が溶出しないことを試験から確認する。

2) 煮沸試験

袋材から何らかの物質が大量に溶出することがないことが確認された。

煮沸試験の結果、袋材の質量変化が試験前後で、基布 SPS-750 は 0.15%であり 0.5%未満であることが確認された。

3) 金魚飼育試験

煮沸試験では検知できない程度の微量な物質が溶出していたとしても、それが生物の生息に影響を与えないことが確認された。

金魚飼育試験で、基布 SPS-750 は金魚が3ヶ月以上生存したことが確認された。

Ⅱ-3. 2 共同研究で対象とした材料の特徴

Ⅱ-3. 2. 1 開発の経緯

サンドパックの開発は、大きく3つの段階に分けることが出来る。第1段階は伊良部島現地試験から大磯海岸の現地実験までである。第2段階は浜住海岸、千里浜、宮崎海岸の現地実験までに用いたサンドパックである。第3段階は第2段階までの結果を踏まえて最終的な改良を施したサンドパックである。

従来の海岸保全施設は大粒径の石材やコンクリートブロック等で構築されているが、資源枯渇への対応や事業コストの縮減、周辺環境への適性から、海外では多くの事例が報告されているジオテキスタイル製の袋材に現地の海岸材料を充填して成る砂袋詰め工(サンドパック工法)への提案を、ジオテキスタイルメーカーの責務として行いたいと考えた。

そこで前述の海岸保全施設に要求される特性(耐候性・耐摩耗性)を有するために、ジオテキスタイル製品が石材やコンクリート製品に比して劣る、強度、耐候性、耐摩耗性を補うために、表面に保護層を設けた袋材の開発を行った。

(1)第1段階 パイルシート/織布(試験施工場所;伊良部、大磯海岸)

①. 表面保護層の選定

ジオテキスタイル(繊維製品)の表面保護の方法として、(a)樹脂被覆、(b)多重構造、(c)高強度材料の使用、(d)緩衝材料の併用等が考えられたが、効果やコストの面から(b)多重構造、(d)緩衝材料の併用の機能を持った袋材の開発を選定した。

②. 緩衝機能を持つ多重構造の袋材の具体化

緩衝能力の高いラメン構造、パイル形状の袋材とするためにスペーサーファブリック(以下、パイルシート)に着目した。



写真Ⅱ-3.2.1.1 パイルシート

③. 高強度・高耐久性かつ緩衝能力を持つ袋材の具体化

緩衝能力の高いパイルシートに高強度・高耐久性を持たせることは困難なため、緩衝能力の高いパイルシートと高強度・高耐久性の繊維シートとの2層構造とした。本構造のサンドパックは、伊良部島での試験施工により織布のみサンドパックと比較して強度保持率が高いことが確認された。

④. 耐候性の検討

紫外線吸収剤(カーボンブラック)を外袋:パイルシートに付与した。

⑤. 製品実例



写真Ⅱ-3.2.1.2 パイルシート+繊維シート

⑥. 施工性、製品コストの検討

外袋：パイルシート+内層材：繊維シートの2層構造としたため施工が煩雑になり、製品コストも高くなる結果となった。

⑦. 2層構造サンドパックの施工実例



写真Ⅱ-3.2.1.3 施工状況



写真Ⅱ-3.2.1.4 サンドパック完成

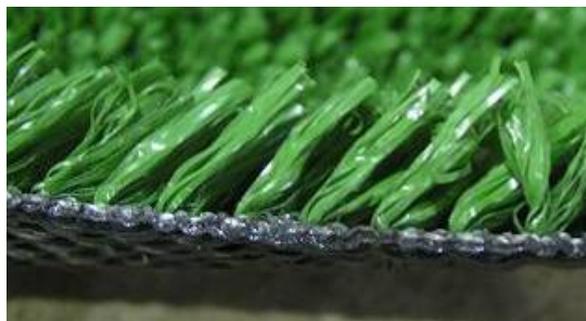
(2)第2段階 人工芝シート（試験施工場所；浜住海岸、千里浜、宮崎海岸現地実験）

①. 施工性、製品コストの改善

施工性・出来型の改善と製品コストの低減を図り、外袋（パイルシート）+内層材（繊維シート）の2層構造を一体化する検討を行った。

②. 外袋：パイルシート+内層材：繊維シートの2層構造を一体化した袋材の具体化

高強度・高耐久性の繊維シート基布の表面に緩衝層を一体化した袋材として人工芝シートに着目した。



写真Ⅱ-3.2.1.5 外袋：パイルシート+内層材：繊維シート一体型人工芝シート袋材

③. 景観に馴染んだ人工芝シート袋材の開発

周辺環境への適性から表面の人工芝の色を変えた袋材の検討を行った。



写真Ⅱ-3.2.1.6 景観に馴染んだ人工芝シート袋材

④. 環境に則した浜崖後退抑止工(サンドバック工法)用サンドバックの施工事例

延長方向にサンドバックを連結した際の連結部が一直線上になる様に連結部の構造を考案した。



写真Ⅱ-3.2.1.7 サンドバック連結部



写真Ⅱ-3.2.1.8 浜崖後退抑止工の施工例

(3) 第3段階 人工芝シートの強化改良

シート強度を高めるために織布の織密度を高めた。また、人工芝を織布で接着するための樹脂量を増やした。その結果、基布の強度は1.26~1.36倍、縫製部強度は1.58倍、注入口は1.34倍に向上した。また、摩耗に対しては人工芝の植え付け部の強度が高まり、人工芝が抜けにくくなる、さらに植え付け基部の剛性が高まるなどの結果、砂の補足力が向上し摩耗に対する耐久性を高めたと考えられる。

また、人工芝の色を現地の砂浜の色に近い色に変更することで、景観配慮したサンドバックを開発した。



写真Ⅱ-3.2.1.9 人工芝シート強化改良型

Ⅱ－３ 前田工織（株）の試験結果

Ⅱ－３．２．２ 袋材基布の特徴

現地の海岸材料をサンドパックに充填して海岸保全施設を構築する砂袋詰め工（サンドパック工法）において要求される、

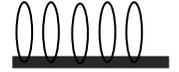
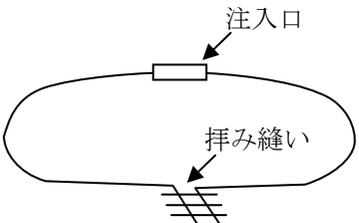
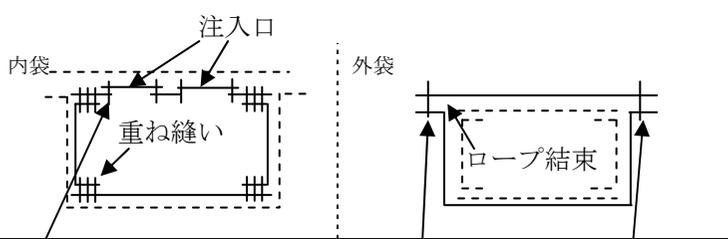
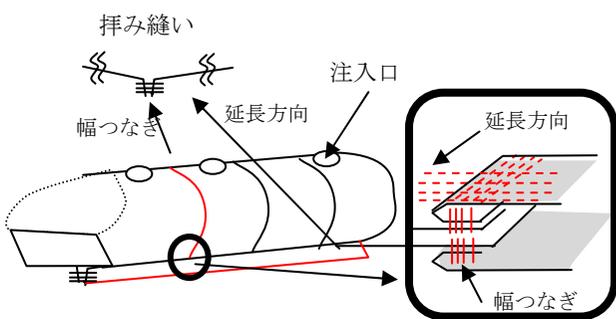
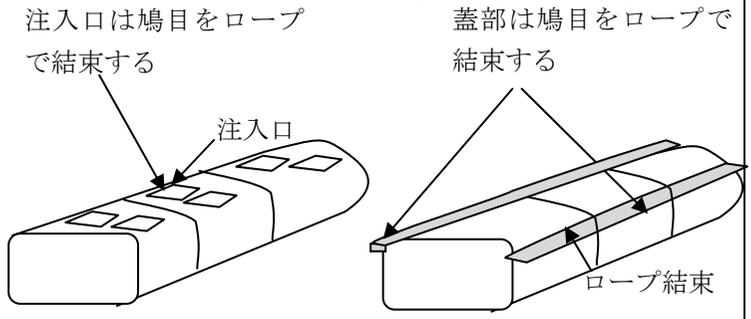
- ①. 充填材材料を保持する基布強度
- ②. サンドパックを形成する縫製強度
- ③. 長期間、安定した構造物として存続する耐候性
- ④. 漂砂による磨耗に対する耐摩耗性
- ⑤. 周辺環境への配慮と海岸利用者に対する安全性

これらの要求特性に対し高い性能を有し、以下の特徴を備えたサンドパック用の袋材である。

- ①. ③. に対して、紫外線吸収剤を付与した高強度のポリエステル繊維で密に織り込まれた織布を基材としている。
- ②. ③. に対して、気象要因劣化や漂砂による磨耗の影響を受けないように表面に縫製箇所が出ない構造とし、高強度のポリエステルの縫製部材を用いて、1箇所当たり複数の縫製を行っている。
- ③. ④. に対して、袋材の表面を耐候性・耐久性を有した人工芝で覆うことで、人工芝間に砂を捕え保護層を形成すると共に人工芝の弾力性が近傍流速を低減するため、波浪に対する耐衝撃性、漂砂に対する耐摩耗性を有している。
- ③. ⑤. に対して、使用されている素材は耐薬品性・耐候性・耐久性に優れ、衣類や容器など身近な所で多く使われているポリエステル樹脂・ポリプロピレン樹脂で構成されている。
更に、表面の人工芝の色を変える事で景観に馴染んだ海岸構造物とすることが出来る。

サンドパックの種類

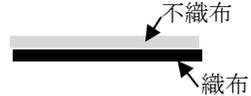
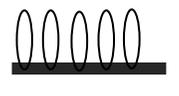
表II-3.2.2.1 人工芝シート強化改良型

	第3段階	第2段階		第1段階	
試験施工場所	—	宮崎海岸、千里浜	浜住海岸	大磯海岸	
サンドパック構造	1重袋構造	1重袋構造		2重袋構造	
基布仕様	ポリエステル織布 ポリプロピレン人工芝	ポリエステル織布 ポリプロピレン人工芝		(内袋) ポリエステル織布	(外袋) パイルシート
基布断面構造					
基布引張強度	周208kN/m、軸190kN/m (周208~222kN/m) (軸190~199kN/m)	周方向120kN/m、軸方向140kN/m (周方向123~144kN/m) (軸方向143~163kN/m)		周180kN/m、軸180kN/m (周212~218kN/m) (軸214~218kN/m)	周90kN/m、軸35kN/m (周93~98kN/m) (軸37kN/m~43kN/m)
縫製部引張強度	150kN/m (154~176kN/m)	95kN/m (98~103kN/m)	36kN/m (33~39kN/m)	80kN/m (83~103kN/m)	ロープ強度26.3~27.6kN
注入口の強度	93kN/m (94.1kN/m)	70kN/m	70kN/m	ハトメ：引張強度性能なし (試験未実施)	ハトメ：引張強度性能なし (試験未実施)
サンドパック構造	同右	<p>断面図</p> 		<p>断面図</p> 	
	同右	<p>立体図</p> 		<p>立体図</p> 	

II-3 前田工織（株）の試験結果

【参考】

表II-3.2.2.2 試験施工袋材

試験施工場所	伊良部島						
サンドバック構造	1重袋構造	2重袋構造		2重袋構造		2重袋構造	
基布仕様	ポリエステル織布 不織布一体化構造	(内袋) ポリエステル 織布	(外袋) ポリエステル 織布	(内袋) ポリエステル 織布	(外袋) パイルシート	(内袋) ポリエステル 織布	(外袋) 起毛シート
基布断面構造							
基布引張強度	周・軸175kN/m (周201~225kN/m、軸168~185kN/m)	周180kN/m 軸180kN/m (周212~218kN/m) (軸214~218kN/m)	周・軸90kN/m (周101~102kN/m、軸106~108kN/m)	周180kN/m 軸180kN/m (周212~218kN/m) (軸214~218kN/m)	周90kN/m 軸35kN/m (周93~98kN/m) (軸37kN/m~43kN/m)	周180kN/m 軸180kN/m (周212~218kN/m) (軸214~218kN/m)	周90kN/m 軸35kN/m (周93~98kN/m) (軸37kN/m~43kN/m)
縫製部引張強度	*Huesker社製のため不明	80kN/m (83~103kN/m)	35kN/m (36~39kN/m)	80kN/m (83~103kN/m)	45kN/m (46~48kN/m)	80kN/m (83~103kN/m)	45kN/m (46~48kN/m)
注入口の強度	*Huesker社製のため不明	ロープ結束のため強度無し	性能なし (試験未実施)	ロープ結束のため強度無し	性能なし (試験未実施)	ロープ結束のため強度無し	性能なし (試験未実施)
サンドバック構造	断面図 注入口 (ロープ結束) 押み縫い	内袋 注入口 (ロープ結束) 重ね縫い		外袋 マジックテープ			
	立体図 押み縫い	内袋 重ね縫い 周方向重ね縫い		外袋 端部重ね縫い 周方向重ね縫い マジックテープ			

Ⅱ-3.3 袋材基布の初期引張強度試験(人工芝シート)

袋材基布の性能を確認するために表Ⅱ-3.3.1に示す条件にて試験を実施した。

表Ⅱ-3.3.1 基布の引張強度試験条件

試験方法	JIS L 1096
試験機	定速伸長形引張試験機
試験速度	20cm / min
試験片の幅	3 cm
つかみ間隔	20 cm

表Ⅱ-3.3.2 SPS-750 試験結果及び性能値

方向	試験結果			平均値	最小値	性能値
	引張強度(kN/m)			引張強度(kN/m)	引張強度(kN/m)	引張強度(kN/m)
周方向	222	208	209	213	208	208
軸方向	199	190	196	195	190	190

※ 試験片は周方向、軸方向の両方について試験を行う。

基布(SPS-750)の引張強度は周方向208kN/m、軸方向190kN/mとなることを確認した。

(参考) 千里浜、浜住海岸使用袋材(SPS-500)の試験結果・性能

表Ⅱ-3.3.3 SPS-500 試験結果及び性能値

方向	試験結果					平均値	最小値	性能値
	引張強度(kN/m)					引張強度(kN/m)	引張強度(kN/m)	引張強度(kN/m)
周方向	123	139	144	125	138	134	123	120
軸方向	143	163	152	146	147	150	143	140

※引張強度試験はJISL1908に準拠。

Ⅱ-3 前田工織（株）の試験結果

Ⅱ-3.4 縫製部の引張強度試験

縫製加工によりサンドバックを形成するため、縫製部強度を確認するため表Ⅱ-3.4.1に示す条件にて試験を実施した。

表Ⅱ-3.4.1 縫製部の引張強度試験条件

試験方法	JIS L 1093 A-1 法
試験機	定速伸長形引張試験機
試験速度	30cm / min
試験片の幅	10 cm
つかみ間隔	7.6 cm
つかみ幅	2.5cm

表Ⅱ-3.4.2 SPS-750の縫製部の引張強度試験結果

	試験項目	試験結果 (kN/m)			試験結果 平均値	試験結果 最小値	性能値 (kN/m)
		154	166	176	165	154	
SPS-750 (改良版)	縫目強さ	154	166	176	165	154	150

縫製部の引張強度性能値はSPS-750が150kN/mとなることを確認した。

(参考) 千里浜、浜住海岸使用袋材 (SPS-500) の試験結果・性能

表Ⅱ-3.4.3 SPS-500の縫製部の引張強度試験結果

	試験項目	試験結果 (kN/m)			試験結果 平均値	試験結果 最小値	性能値 (kN/m)
		40	45	47	44	40	
SPS-500 (浜住)	縫目強さ	40	45	47	44	40	40
SPS-500 (宮崎、千里浜)	縫目強さ	100	98	103	101	98	95

Ⅱ-3.5 注入口部の引張強度試験

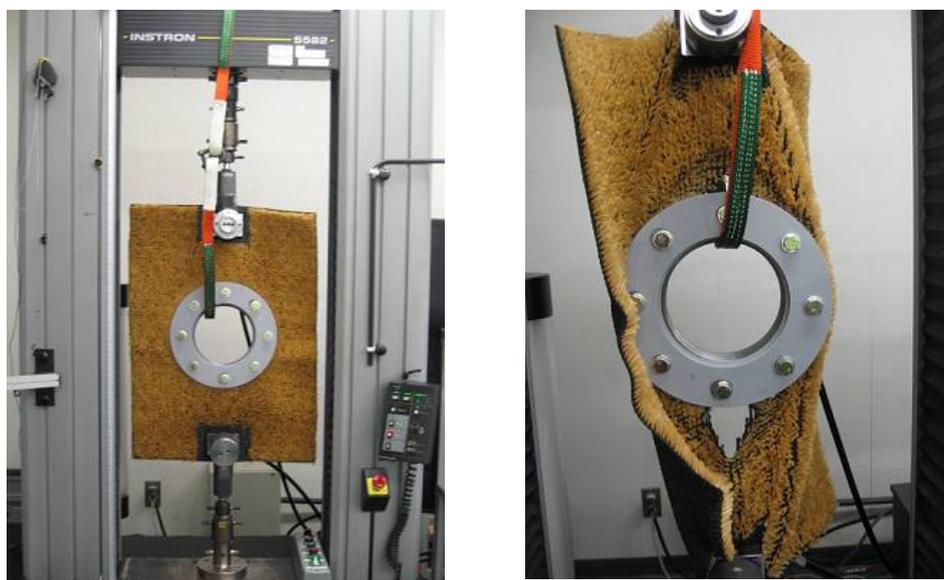
注入口のフランジ部の強度を確認するため表Ⅱ-3.5.1に示す条件で試験を実施した。
試験片は1点で結果を表Ⅱ-3.5.2に示す

表Ⅱ-3.5.1 注入口部の引張強度試験条件

試験方法	JIS L 1093 A-1 法を準拠
試験機	定速伸長形引張試験機
試験速度	27cm / min
試験片の幅	10 cm
つかみ間隔	54cm
つかみ幅	8.5cm

表Ⅱ-3.5.2 注入口部の引張強度試験結果

	試験結果	性能値	試験方法
SPS-750 (改良型)	94.1kN/m (8.0kN/8.5cm)	93kN/m	JIS L 1093 A-1法 に準拠



写真Ⅱ-3.5.1 試験状況

フランジ部の基布は鉄部材により被覆されているため、気象要因劣化及び摩耗劣化しないと推定され、設計強度は初期強度を採用出来ると考えられる。

(参考) 千里浜、浜住海岸使用袋材 (SPS-500) 注入口の試験結果・性能

表Ⅱ-3.5.3 注入口部の引張強度試験結果

	試験結果	性能値	試験方法
SPS-500	70.4kN/m (6.0kN/8.5cm)	70kN/m	JIS L 1093 A-1法 に準拠

Ⅱ-3.6 気象要因劣化促進試験（人工芝シート）

(1) 試験目的

サンドパックを使用するにあたり紫外線暴露や加水分解による気象要因による強度劣化に対して、必要な引張強度を保持している必要が有る。本試験では気象要因劣化を評価するために気象要因劣化試験を実施する。

(2) 試験方法

気象要因劣化促進試験は、袋材の試験片を写真Ⅱ-3.6.1に示すオープンカーボンアークランプ（サンシャインカーボンアークランプ）式耐候性試験機で行う。試験条件は表Ⅱ-3.6.1に示しており、高分子建築材料の実験室光源による暴露試験方法 JIS B 7753 の WS-A を使用する。促進暴露を施した後、引張強度試験（JIS L1908）により試験片の強度を測定し、この結果を用いて強度保持率を算定する。



写真Ⅱ-3.6.1 サンシャインカーボンアークランプ式耐候性試験機

表Ⅱ-3.6.1 気象劣化促進試験条件

項目	内容
パネル温度	63°C±3°C
照射及び噴霧のサイクル	120 分中間の照射後、続いて 18 分間の照射および噴霧
噴霧水	試験片に付着物が生じない水で、電気伝導率 $5 \mu S \cdot cm^{-1}$ 以下、かつ全固形分 1ppm 以下であることが望ましい。
試験片の種類	人工芝付織布
試験片寸法	引張試験に必要な試験片サイズを確保する。
試験片の数	各 3 枚

(3) 試験結果

気象要因劣化促進試験後の引張強度と強度保持率を表Ⅱ-3.6.2に示す。また、促進暴露時間と引張強度、強度保持率の関係を図Ⅱ-3.6.1、図Ⅱ-3.6.2に示す。また、劣化促進試験 250 時間が現地 1 年相当とした場合、現地 10 年後において性能値として周方向 66%、軸方向 68%の強度保持率を有することが確認された。

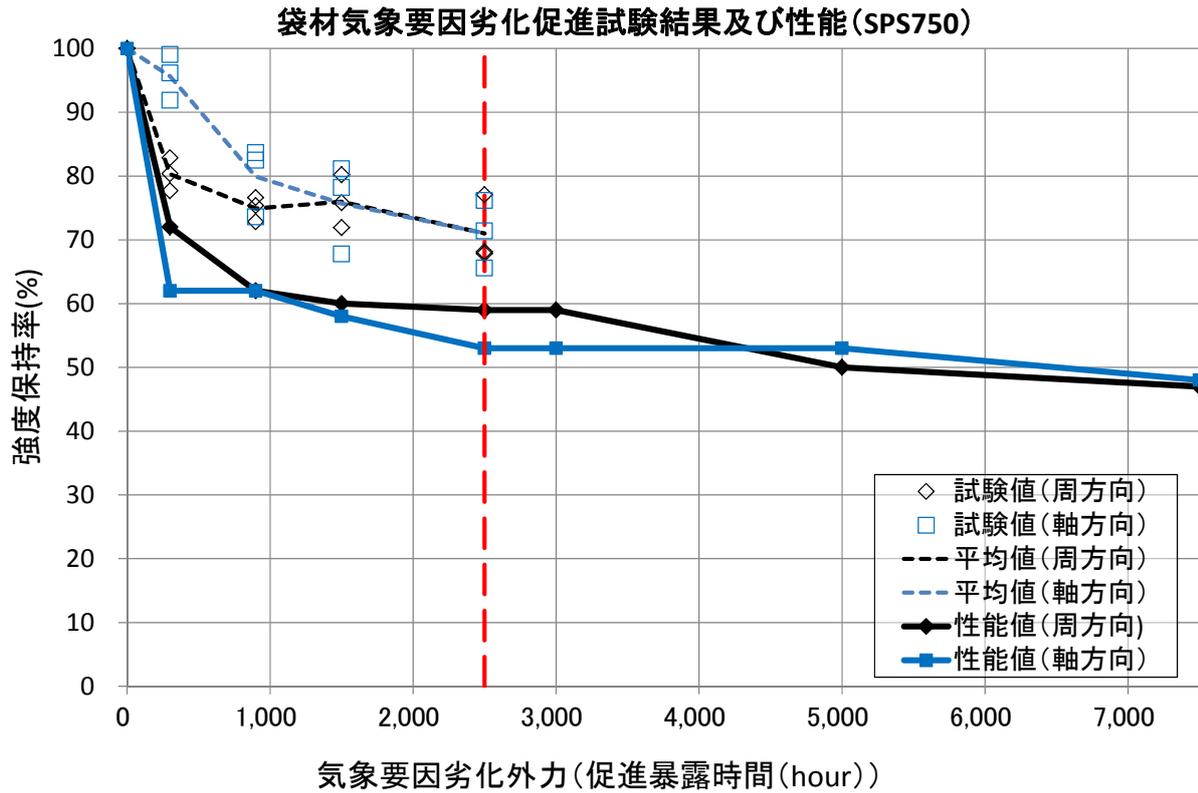
表Ⅱ-3.6.2 試験片の引張強度と強度保持率 (SPS-750)

周方向

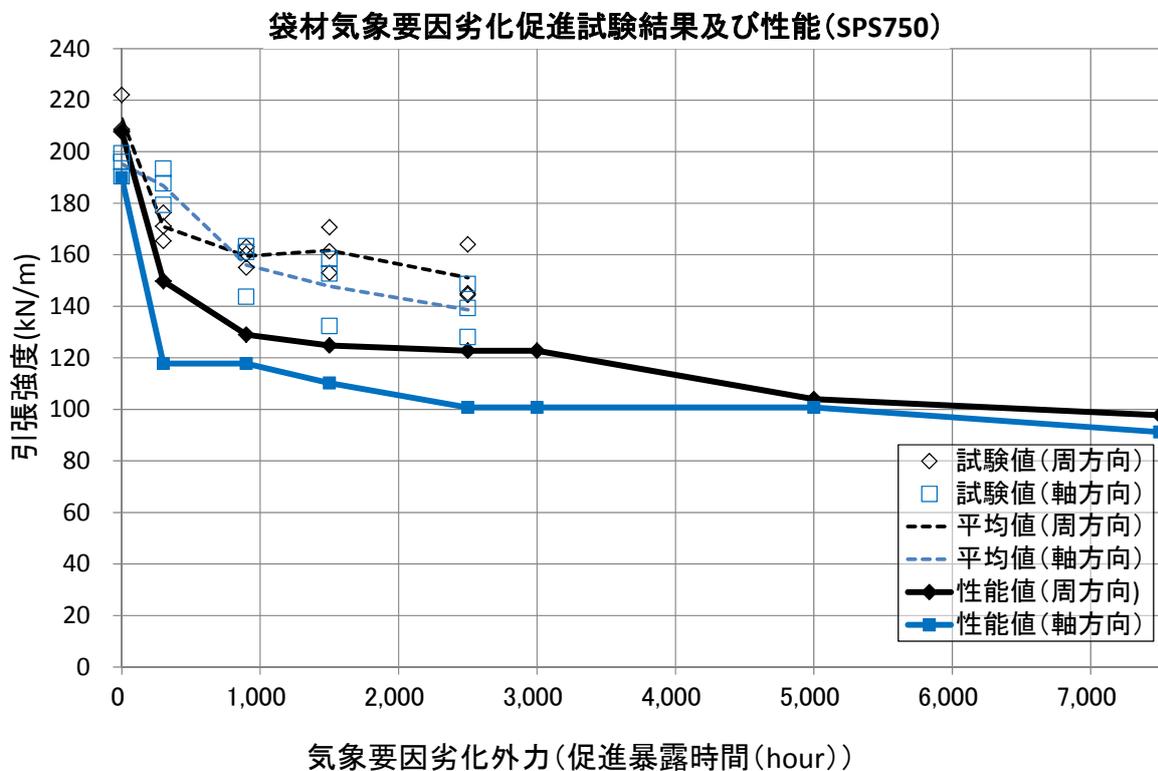
暴露時間 (h)	現地時間 (y)	試験結果						平均値		最小値		性能値	
		強度 (kN/m)			強度保持率 (%)			強度 (kN/m)	保持率 (%)	強度 (kN/m)	保持率 (%)	強度 (kN/m)	保持率 (%)
0	0.0	222	208	209	100			213	100	208	100	208	100
300	1.2	165	176	171	78	83	80	171	80	165	78	150	72
900	3.6	160	163	155	75	77	73	159	75	155	73	129	62
1500	6.0	161	171	153	76	80	72	162	76	153	72	125	60
2500	10.0	164	144	145	77	68	68	151	71	144	68	123	59
3000	12.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	123	59
5000	20.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	104	50
7500	30.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98	47

軸方向

暴露時間 (h)	現地時間 (y)	試験結果						平均値		最小値		性能値	
		強度 (kN/m)			保持率 (%)			強度 (kN/m)	保持率 (%)	強度 (kN/m)	保持率 (%)	強度 (kN/m)	保持率 (%)
0	0.0	199	190	196	100			195	100	190	100	190	100
300	1.2	188	193	179	96	99	92	187	96	179	92	118	62
900	3.6	161	144	163	82	74	84	156	80	144	74	118	62
1500	6.0	132	158	153	68	81	78	148	76	132	68	110	58
2500	10.0	128	139	149	66	71	76	139	71	128	66	101	53
3000	12.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	101	53
5000	20.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	101	53
7500	30.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	91	48



図Ⅱ-3.6.1 促進暴露時間と引張強度保持率の関係 (SPS-750)



図Ⅱ-3.6.2 促進暴露時間と引張強度の関係 (SPS-750)

(参考) 千里浜、浜住海岸使用袋材 (SPS-500) の試験結果・性能

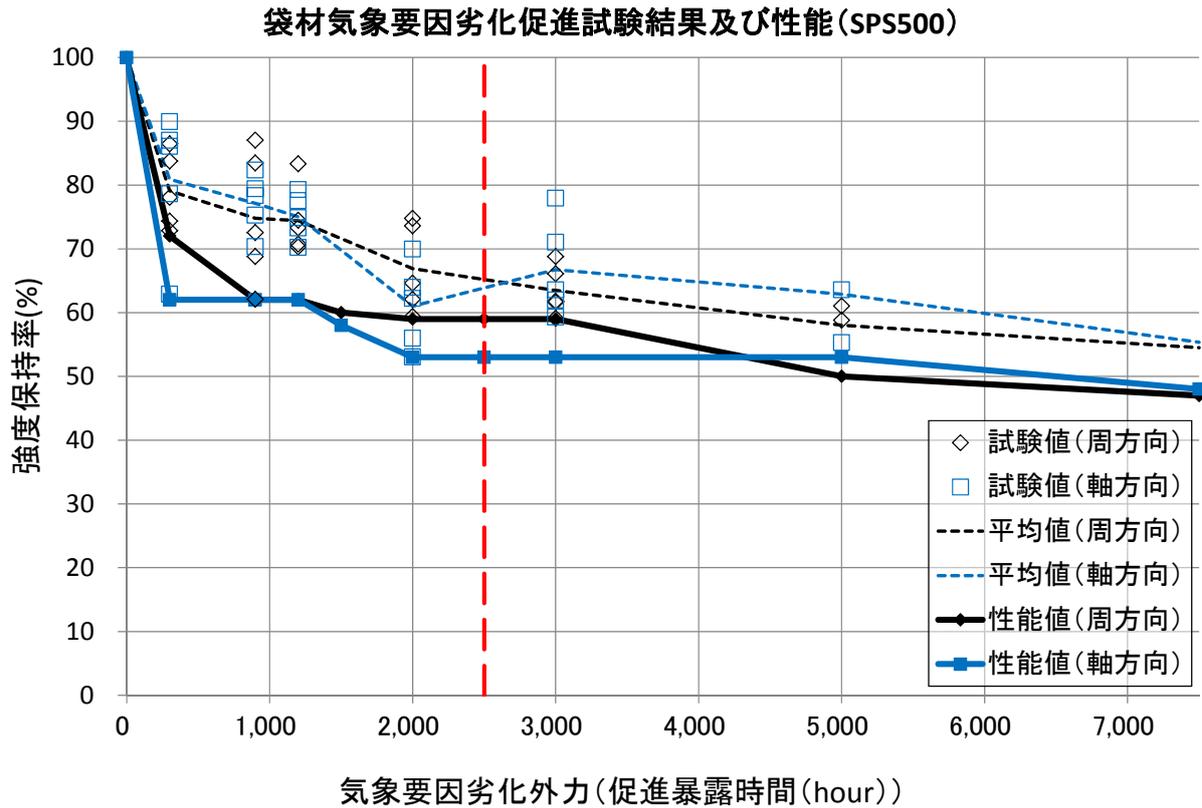
表Ⅱ-3.6.3 試験片の引張強度と強度保持率 (SPS-500)

(周方向)

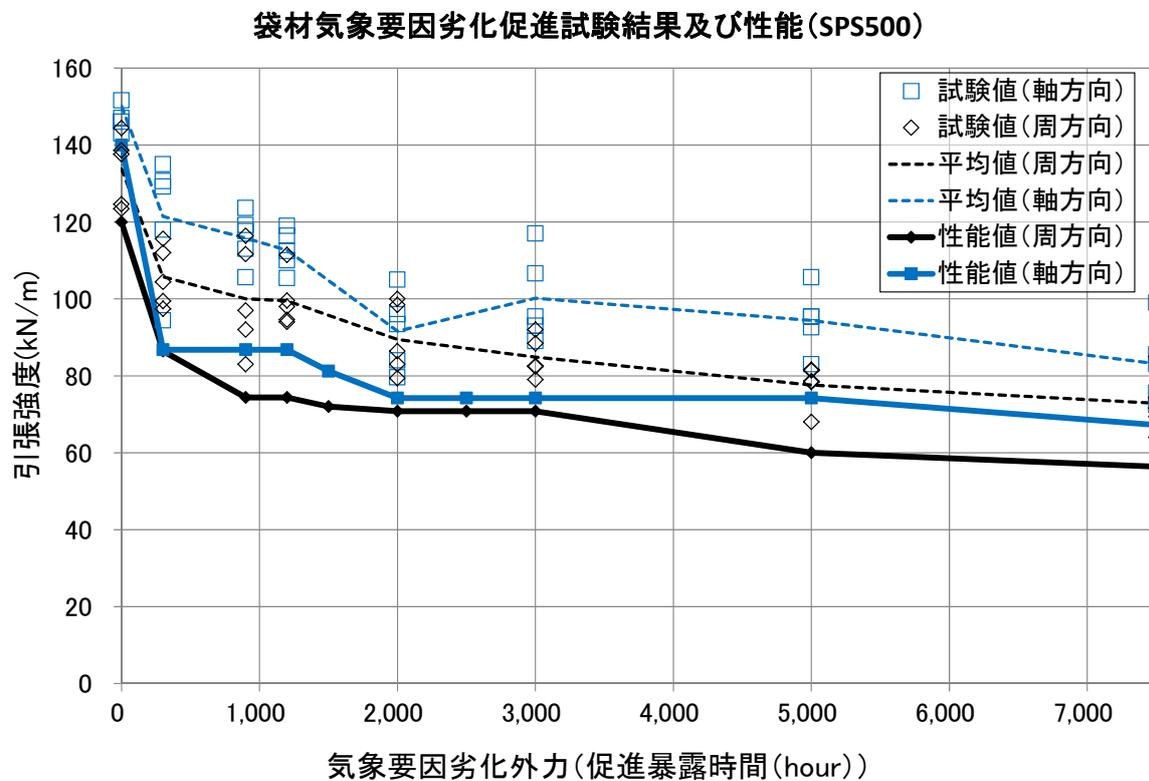
暴露時間 (h)	試験結果										平均値		最小値		性能値	
	引張強度 (kN/m)					強度保持率 (%)					強度 (kN/m)	保持率 (%)	強度 (kN/m)	保持率 (%)	強度 (kN/m)	保持率 (%)
0	123	139	144	125	138	100					134	100	123	100	120	100.0
300	104	112	116	97	99	78	84	86	73	74	106	79	97	73	86	72
900	97	116	92	83	112	73	87	69	62	83	100	75	83	62	74	62
1200	111	95	94	100	98	83	71	70	74	73	100	74	94	70	74	62
1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	60
2000	98	83	79	86	100	74	62	59	65	75	89	67	79	59	71	59
2500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	59
3000	79	92	83	88	82	59	69	62	66	62	85	63	79	59	71	59
5000	79	82	68	81	78	59	61	51	61	59	78	58	68	51	60	50
7500	72	69	64	85	74	54	52	48	64	56	73	55	64	48	56	47

(軸方向)

暴露時間 (h)	試験結果										平均値		最小値		性能値	
	引張強度 (kN/m)					強度保持率 (%)					強度 (kN/m)	保持率 (%)	強度 (kN/m)	保持率 (%)	強度 (kN/m)	保持率 (%)
0	143	163	152	146	147	100					150	100	143	100	140	100
300	118	129	94	131	135	79	86	63	87	90	121	81	94	63	87	62
900	113	124	106	119	118	75	82	70	79	78	116	77	106	70	87	62
1200	110	119	116	112	105	73	79	78	75	70	113	75	105	70	87	62
1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81	58
2000	96	93	105	84	80	64	62	70	56	53	92	61	80	53	74	53
2500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74	53
3000	93	117	95	89	107	62	78	64	59	71	100	67	89	59	74	53
5000	95	83	106	95	93	64	55	70	64	62	94	63	83	55	74	53
7500	86	83	72	99	76	57	55	48	66	50	83	55	72	48	67	48



図II-3.6.3 促進暴露時間と引張強度保持率の関係 (SPS-500)



図II-3.6.4 促進暴露時間と引張強度の関係 (SPS-500)

Ⅱ-3.7 礫材に関する摩耗劣化促進試験

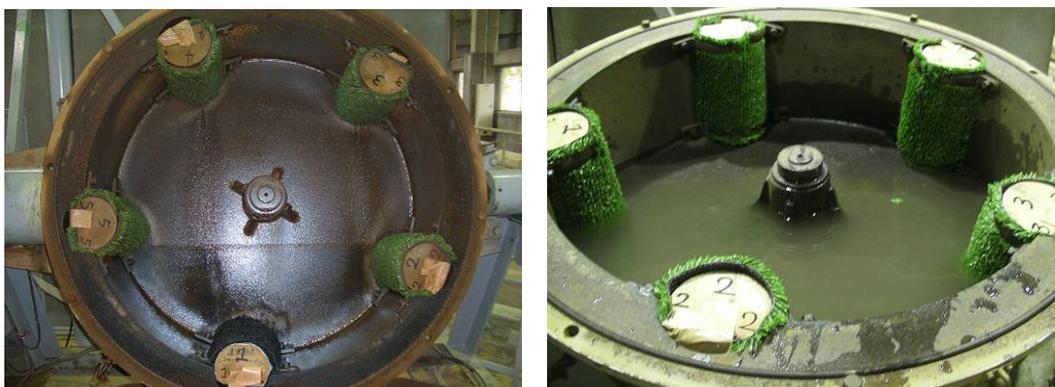
(1) 試験目的

サンドバックを礫海岸で使用するにあたり、砂礫による摩耗に対する耐久性を把握する必要がある。

本試験では、回転ドラム型摩耗試験機によりドラム中に投入した砂礫を基布に衝突させて摩耗劣化を促進させ、その時の引張強度保持率を求める。

(2) 試験方法

礫材に関する摩耗試験は写真Ⅱ-3.7.1に示す回転ドラム型摩耗促進試験機を用いて実施する。試験機概要は表Ⅱ-3.7.1に示す。ドラム摩耗促進試験で摩耗させて、所定の回転数経過後、引張試験機を用いて袋材基布の引張強度を測定する。試験条件について表Ⅱ-3.7.2に示す。初期引張強度から摩耗後の引張強度の強度保持率を算出する。



写真Ⅱ-3.7.1 試験機と試験体設置状況

表Ⅱ-3.7.1 試験機概要

項目	内容
ドラム形状	内径 1m、深さ 31cm
回転速度	1000 回転/時間
基布取付部	コンクリート供試体 (φ15cm、長さ 30cm) 5本

表Ⅱ-3.7.2 試験条件

項目	内容
試験体	基布 30cm×50cm
回転数	6段階 (28,000 回転、38,000 回転、56,000 回転、84,000 回転、112,000 回転、130,000 回転)
海浜材種類	大磯海岸 (砂礫材) D ₅₀ =1.8mm
条件	水 70L、海浜材 10kg
試験片	①パイル付きシート (外袋) +ポリエステル織布 (内袋) ②人工芝付ポリエステル織布 (SPS-500)

(3) 試験結果

13万回転摩耗試験後の基布状況を写真Ⅱ-3.7.2に示す。摩耗試験後の引張強度試験の結果を表Ⅱ-3.7.3、表Ⅱ-3.7.4に示す。また、大磯海岸の砂礫材によるコンクリート供試体の摩耗量はドラム11万回転に対して14.8mmであることが事前試験から求められている。以上の結果を用いてコンクリート摩耗量と袋材の強度保持率の関係を求めたものを図Ⅱ-3.7.1に示す。なお、大磯海岸現地試験サンドパック袋材（パイル付きシート（外袋）＋ポリエステル織布（内袋））については、予備実験において13万回転で外袋が、15万回転で内袋も破れていることから、実験結果の図表には、これらを反映した。また、人工芝シートの実験結果については、同時期に実施した他社の袋材実験結果も予備実験に比較して破れが遅かったことから、回転数あたりの摩耗劣化外力が予備実験時に比較して小さかった可能性が高い。これは、実験を重ねるうちに海浜材の粒径が小さくなったことによると考えられ、人工芝シートの実験結果と性能値は参考として扱うべきものである。



パイルシート（外袋）とポリエステル織布（内袋） 人工芝シート（SPS-500）

写真Ⅱ-3.7.2 摩耗試験後（13万回転）の基布状況

表Ⅱ-3.7.3 パイルシートの引張強度と強度保持率

(1) パイル付きシート（外袋）

回転数	摩耗量 (mm)	試験結果										平均値		最小値		性能値	
		引張強度 (kN/m)					強度保持率 (%)					強度 (kN/m)	保持率 (%)	強度 (kN/m)	保持率 (%)	強度 (kN/m)	保持率 (%)
0	0	93	80	98	-	-	100					90	100	80	100	80	100
28000	3.8	70	71	67	-	-	77	78	74	-	-	70	76	67	74	59	74
56000	7.5	64	66	63	-	-	70	72	70	-	-	64	71	63	70	56	70
84000	11.3	40	66	70	-	-	43	73	77	-	-	58	64	40	43	34	43
112000	15.1	63	63	60	-	-	69	69	66	-	-	62	68	60	66	34	43
130000	17.5	53	40	55	0	0	58	44	60	0	0	30	32	0	0	0	0

*JIS L1908 に準拠して引張試験を実施。

表Ⅱ-3.7.3 パイルシートの引張強度と強度保持率

(2) ポリエステル織布(内袋)

回転数	摩耗量 (mm)	試験結果										平均値		最小値		性能値	
		引張強度(kN/m)					強度保持率(%)					強度 (kN/m)	保持 率 (%)	強度 (kN/m)	保持 率 (%)	強度 (kN/m)	保持 率 (%)
0	0	215	203	216	-	-	100					211	100	203	100	180	100
28,000	3.8	134	87	127	-	-	63	41	60	-	-	116	55	87	41	74	41
56,000	7.5	66	99	111	-	-	31	46	52	-	-	92	43	66	31	56	31
84,000	11.3	54	95	112	-	-	25	45	53	-	-	87	41	54	25	45	25
112,000	15.1	57	101	106	-	-	26	47	49	-	-	88	41	57	26	45	25
130,000	17.5	75	68	82	-	-	35	31	38	-	-	75	35	68	31	45	25
150,000	20.2	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0

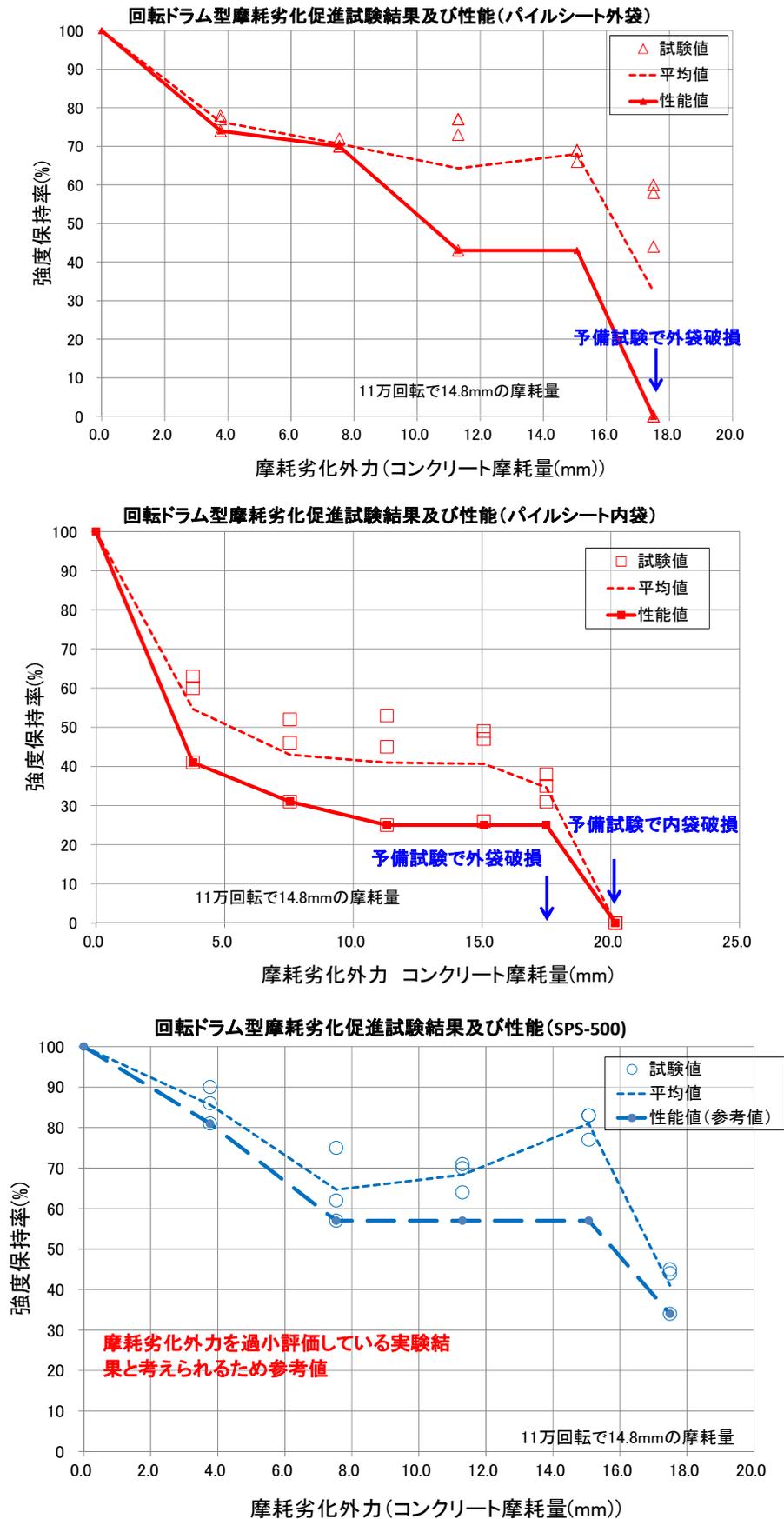
*JIS L1908 に準拠して引張試験を実施。

表Ⅱ-3.7.4 人工芝付シート (SPS-500) の引張強度と強度保持率 (参考)

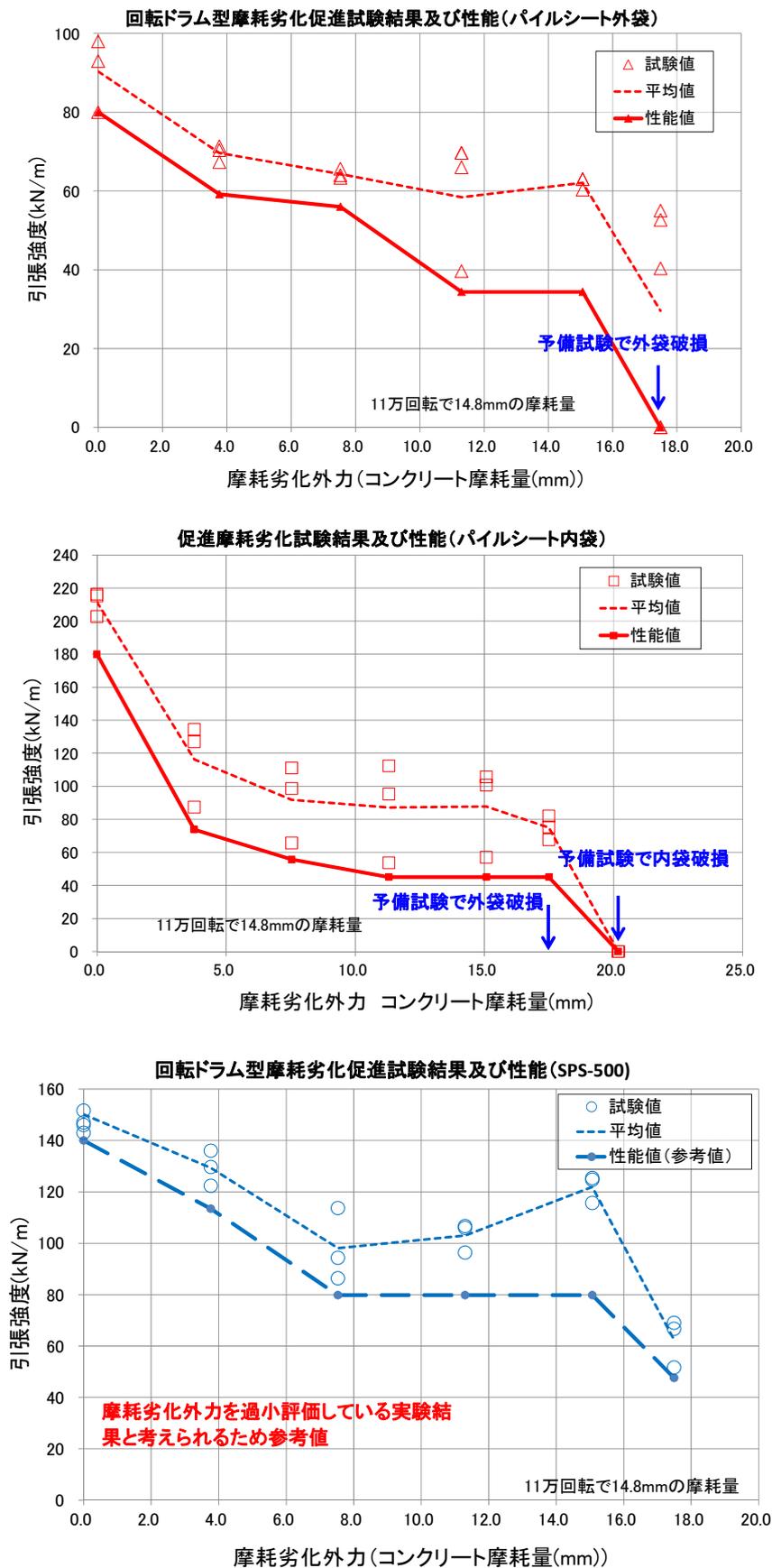
回転数	摩耗量 (mm)	試験結果										平均値		最小値		性能値	
		引張強度(kN/m)					強度保持率(%)					強度 (kN/m)	保持 率 (%)	強度 (kN/m)	保持 率 (%)	強度 (kN/m)	保持 率 (%)
0	0	143	163	152	146	147	100					150	100	150	100	140	100
28,000	3.8	130	136	122	-	-	86	90	81	-	-	129	86	122	81	113	81
56,000	7.5	86	114	94	-	-	57	75	62	-	-	98	65	86	57	80	57
84,000	11.3	96	106	107	-	-	64	70	71	-	-	103	68	96	64	80	57
112,000	15.1	125	125	116	-	-	83	83	77	-	-	122	81	116	77	80	57
130,000	17.5	69	52	67	-	-	45	34	44	-	-	62	41	52	34	48	34

*JIS L1096 に準拠して引張試験を実施。

**人工芝シートについては摩耗外力を過小評価している可能性が大きい実験結果であり、参考値として扱うべきもの



図II-3.7.1 コンクリート磨耗量と引張強度保持率(回転ドラム型摩耗劣化促進試験)



図II-3.7.2 コンクリート磨耗量と引張強度(回転ドラム型摩耗劣化促進試験)

Ⅱ-3.8 砂に関する摩耗劣化促進試験（人工芝シート）

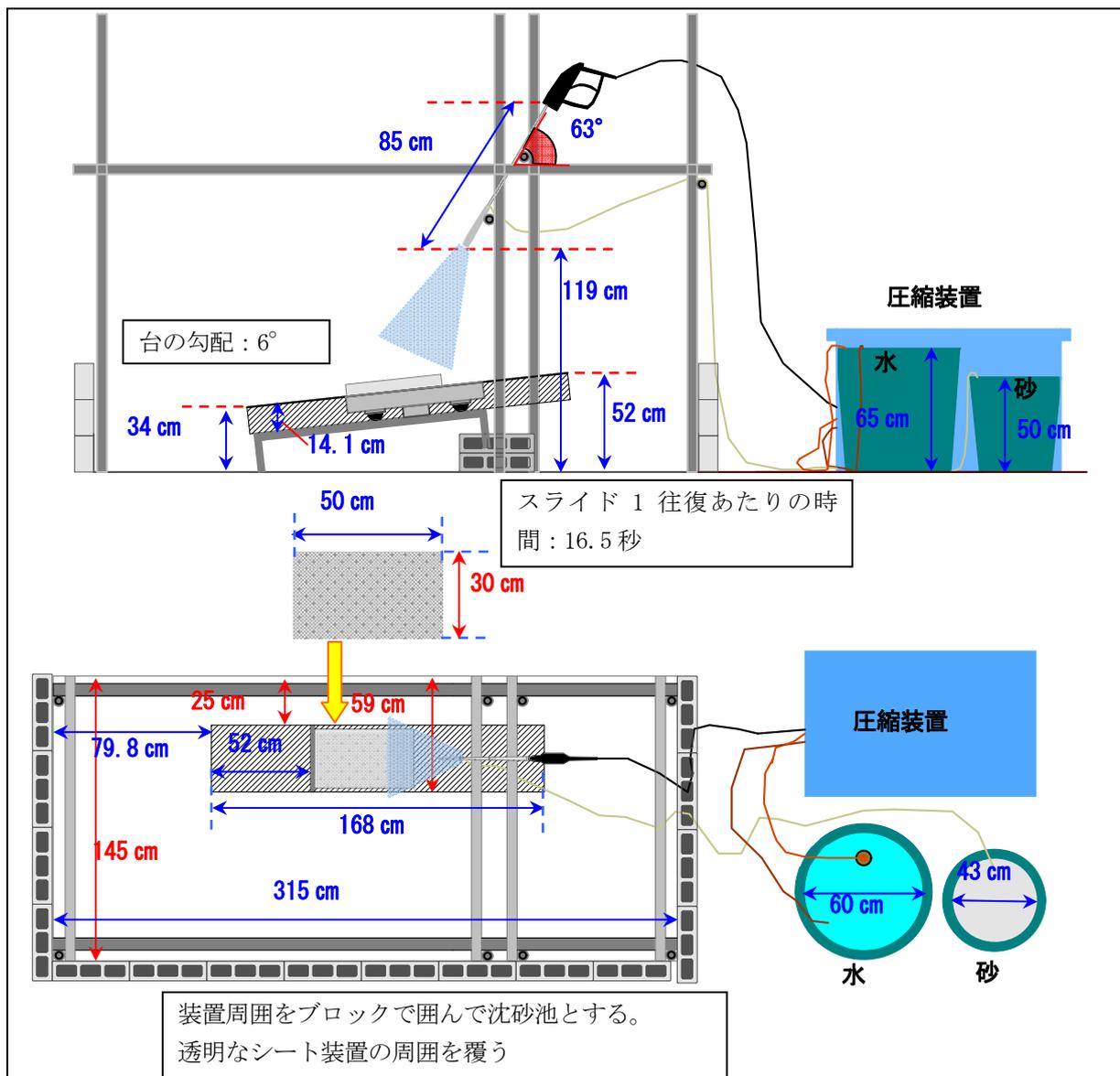
(1) 試験目的

サンドパックを砂海岸で使用するにあたり、砂による摩耗に対する耐久性を把握する必要がある。

本試験ではウォータージェット式摩耗促進試験機により、砂と水で基布を摩耗させて、その時の引張強度保持率を求める。

(2) 試験方法

図Ⅱ-3.8.1に示す試験装置を用いてウォータージェット式摩耗試験は水と砂を混合したウォータージェットを試験片に吹きかけて摩耗外力を当て得る方法である。



図Ⅱ-3.8.1 実験概要

(3) 試験条件

試験条件は表Ⅱ-3.8.1に示すとおりである。

表Ⅱ-3.8.1 試験条件

ウォータージェット	高さ	床面から 119cm
	噴射角度	63cm (コンクリート面から 70cm)
	噴射量	水：160/分、砂（珪砂 5号 dm=0.5mm）1.67kg/分 ノズルの状態によって変化する。
スライド装置	台の勾配	6°
	スライド時間	1往復あたり 16.5 秒=3cm/秒
その他	スライド装置の水位を沈砂池としてブロックで囲む	
	摩耗加速試験機の周囲を透明なシートで囲む	
	作業の効率性、スライド装置の動作を考慮して、装置などの配置を行う。	



写真Ⅱ-3.8.1 試験状況

(4) 試験結果 (SPS-750)

ウォータージェット摩耗促進試験後の基布の状況を写真Ⅱ-3.8.3に示す。

また、現地にサンドパックを適用するにあたり、設置年数とコンクリート摩耗量からサンドパック基布の強度保持率を算定する必要がある。ウォータージェット噴射時間からコンクリート摩耗量を換算するためにコンクリート供試体を用いて試験をした結果から式Ⅱ-3.8.1の関係式が成り立つことが確認されている。各噴射時間後の供試体はJIS L 1096に準拠した引張試験で得た強度と強度保持率を表Ⅱ-3.8.2に示す。強度保持率は初期強度で割って算定する。また、コンクリート摩耗量と引張強度保持率の関係図を示す(図Ⅱ-3.8.2)。また、コンクリート摩耗量と引張強度の関係図を図Ⅱ-3.8.3に示す。図Ⅱ-3.8.2から現場の設置年数に相当するコンクリート摩耗量を用いて強度保持率を求めることができる。

$$Y \text{ (mm)} ; (\text{コンクリート摩耗量}) = 0.03.928 \times X \text{ (min)} ; (\text{噴射時間}) \dots \dots \text{式Ⅱ-3.8.1}$$



摩耗量2.2mm

摩耗量4.4mm

摩耗量8.7mm

写真Ⅱ-3.8.2 SPS-750の試験片状況

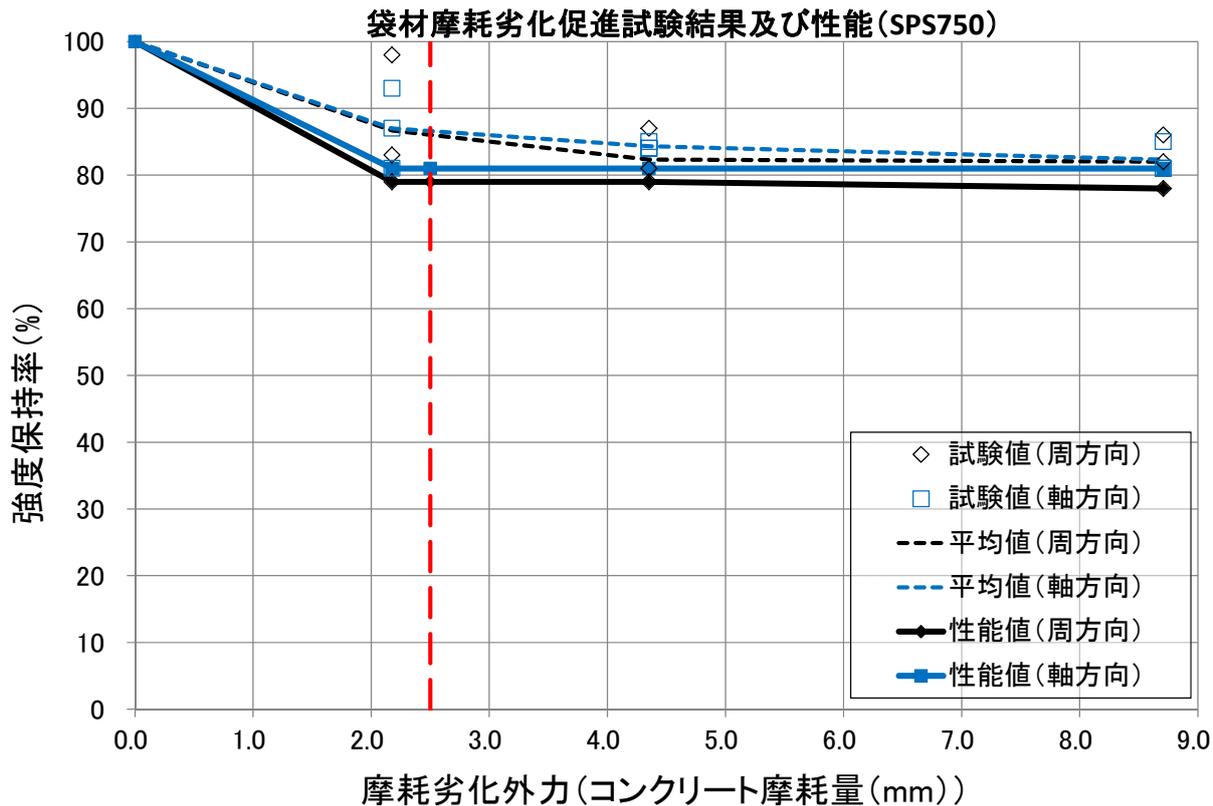
表Ⅱ-3.8.2 SPS750の人工芝シートの引張強度と強度保持率

周方向

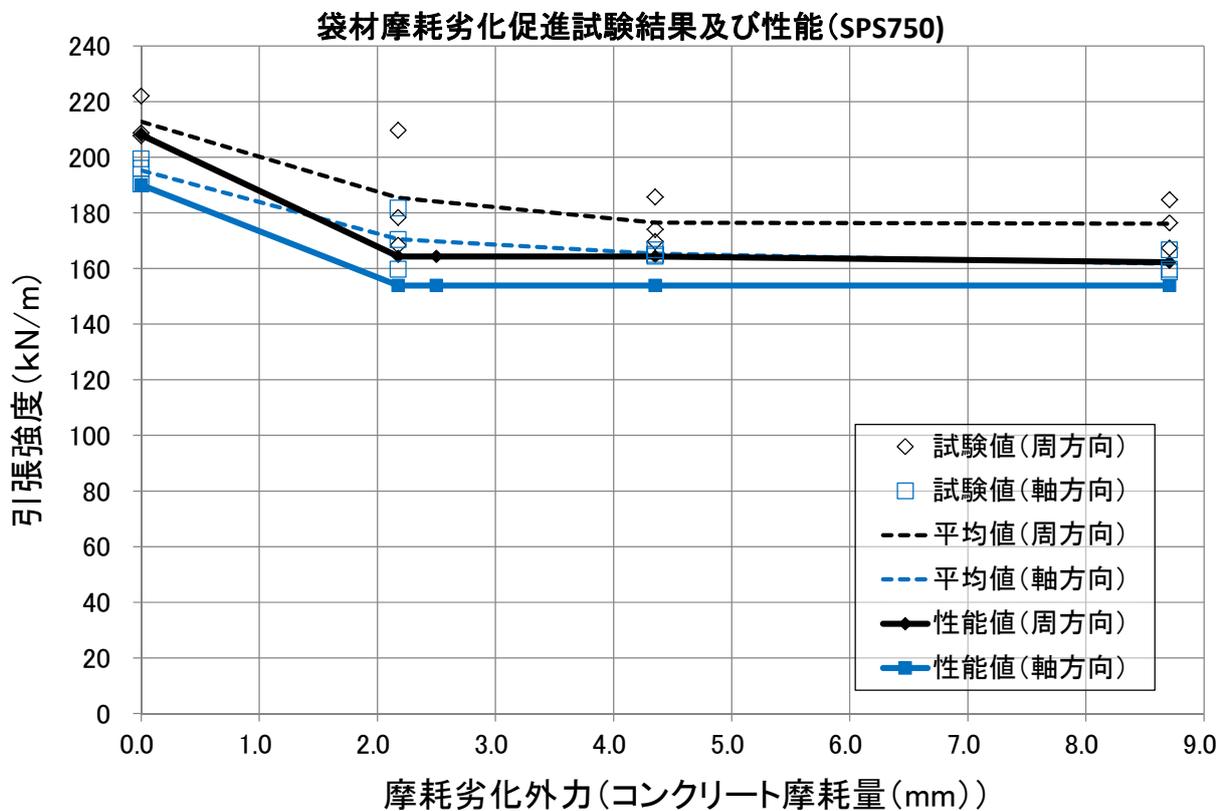
摩耗時間 (min)	摩耗量 (mm)	試験結果						平均値		最小値		性能値	
		引張強度 (kN/m)			強度保持率 (%)			引張強度 (kN/m)	保持率 (%)	引張強度 (kN/m)	保持率 (%)	引張強度 (kN/m)	保持率 (%)
0	0.0	222	208	209	100			213	100	208	100	208	100
60	2.2	168	210	178	79	98	83	185	87	168	79	164	79
-	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164	79
120	4.4	170	186	174	79	87	81	176	82	170	79	164	79
240	8.7	176	167	185	82	78	86	176	82	167	78	162	78

軸方向

摩耗時間 (min)	摩耗量 (mm)	試験結果						平均値		最小値		性能値	
		引張強度 (kN/m)			強度保持率 (%)			引張強度 (kN/m)	保持率 (%)	引張強度 (kN/m)	保持率 (%)	引張強度 (kN/m)	保持率 (%)
0	0.0	199	190	196	100			195	100	190	100	190	100
60	2.2	170	160	182	87	81	93	171	87	160	81	154	81
-	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	154	81
120	4.4	165	167	164	84	85	84	165	84	164	84	154	81
240	8.7	159	167	160	81	85	81	162	82	159	81	154	81



図II-3.8.2 コンクリート摩耗量とSPS-750の引張強度保持率関係図

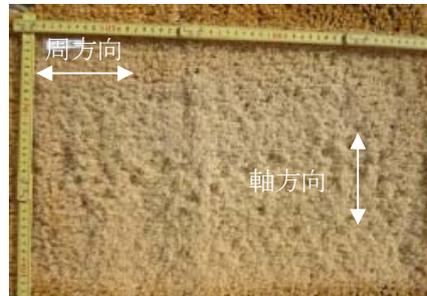


図II-3.8.3 コンクリート摩耗量とSPS-750の引張強度関係図

第Ⅱ編 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」報告書
 Ⅱ-3 前田工織（株）の試験結果

(参考) 千里浜、浜住海岸使用袋材（SPS-500）の試験結果・性能

ウォータージェット摩耗促進試験後の基布の状況を写真Ⅱ-3.8.3に示す。引張強度と強度保持率の結果について表Ⅱ-3.8.3に示す。本実験時のウォータージェット噴射時間とコンクリート摩耗量の関係は式Ⅱ-3.8.2が導かれた。



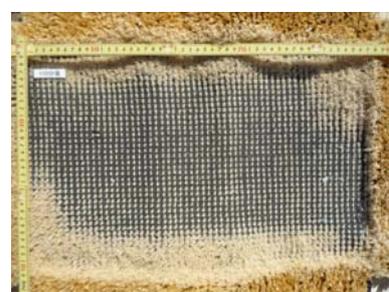
摩耗量1.1mm



摩耗量2.2mm



摩耗量4.4mm



摩耗量8.5mm

写真Ⅱ-3.8.3 SPS-500の試験片状況

表Ⅱ-3.8.3 SPS-500の人工芝シートの引張強度と強度保持率

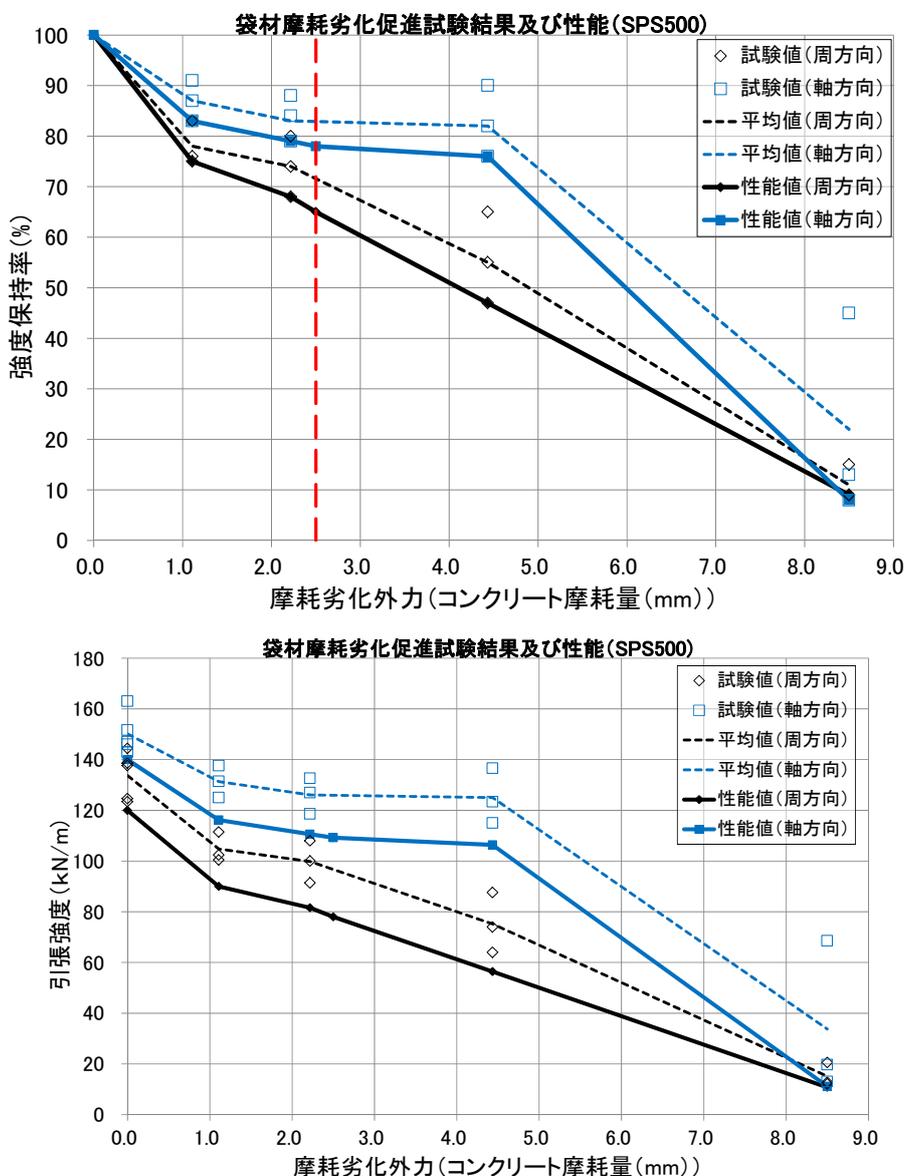
周方向

摩耗時間 (min)	摩耗量 (mm)	試験結果										平均値		最小値		性能値		
		引張強度 (kN/m)					強度保持率 (%)					引張強度 (kN/m)	保持率 (%)	引張強度 (kN/m)	保持率 (%)	引張強度 (kN/m)	保持率 (%)	
0	0.0	123	139	144	125	138						100	134	100	123	100	120	100
15	1.1	100	111	102	-	-	75	83	76	-	-	105	78	100	75	90	75	
30	2.2	108	91	100	-	-	80	68	74	-	-	100	74	91	68	82	68	
-	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78	65	
60	4.4	64	74	88	-	-	47	55	65	-	-	75	55	64	47	56	47	
115	8.5	21	13	12	-	-	15	9	9	-	-	15	11	12	9	11	9	

軸方向

摩耗時間 (min)	摩耗量 (mm)	試験結果										平均値		最小値		性能値	
		引張強度 (kN/m)					強度保持率 (%)					引張強度 (kN/m)	保持率 (%)	引張強度 (kN/m)	保持率 (%)	引張強度 (kN/m)	保持率 (%)
0	0.0	143	163	152	146	147	100					150	100	143	100	140	100
15	1.1	138	125	131	-	-	91	83	87	-	-	131	87	125	83	116	83
30	2.2	133	119	127	-	-	88	79	84	-	-	126	83	119	79	111	79
-	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109	78
60	4.4	115	137	123	-	-	76	90	82	-	-	125	82	115	76	106	76
115	8.5	13	20	69	-	-	8	13	45	-	-	34	22	13	8	11	8

Y (mm) ; (コンクリート摩耗量) = 0.0739 × X (min) ; (噴射時間) 式II-3.8.2



図II-3.8.4 コンクリート摩耗量とSPS-500の引張強度と強度保持率関係図

Ⅱ-3.9 現地暴露試験（パイル付きシート）

(1) 試験目的

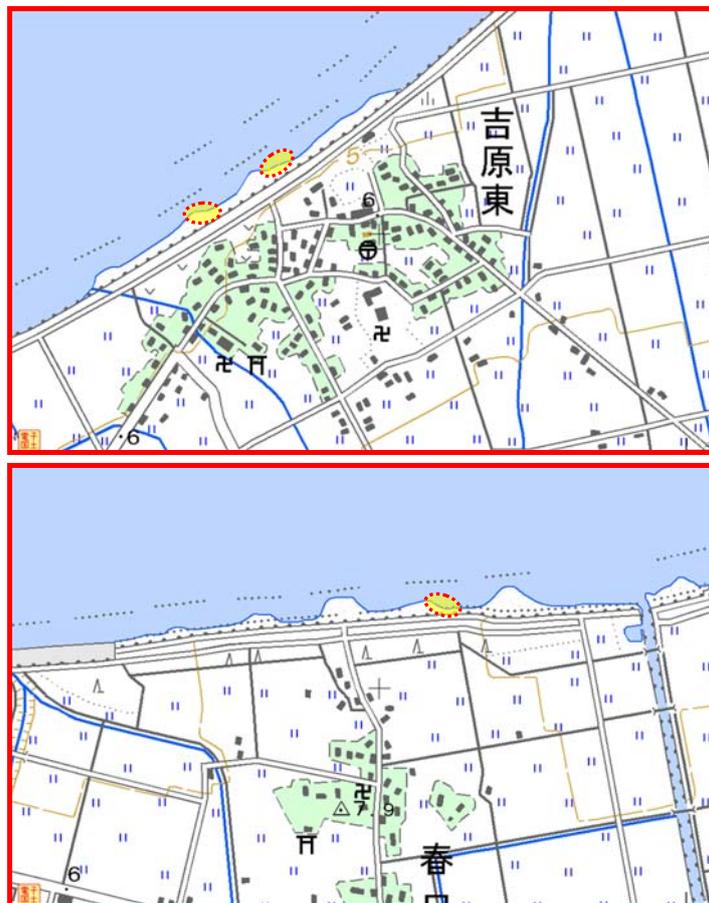
波浪の影響を受ける場所にサンドバックを設置する場合、海浜材料による摩耗に対する袋材基布の耐久性を確認する必要がある。本試験は、試験体を汀線付近の消波ブロックに貼り付けて、その後、引張強度試験を行いその強度保持率を求める。

(2) 試験方法

試験片を汀線付近の消波ブロックに貼り付け、所定の期間暴露後に引張強度試験を行う。引張試験により測定した残存強度を初期強度で割って強度保持率を求める。試験片の設置条件について表Ⅱ-3.9.1に示す。また、設置状況を写真Ⅱ-3.9.1に示す。

表Ⅱ-3.9.1 試験片設置条件

試験場所	富山県下新川海岸 消波ブロック（図Ⅱ-3.9.1参照）
設置日	平成23年4月14日
回収日	1回目；平成23年8月24日 2回目；平成24年1月19日 3回目；平成24年10月23日 4回目；平成25年4月19日
試験片	パイル付きシート+ポリエステル織布（2重構造） 寸法；50cm×30cm



図Ⅱ-3.9.1 試験片設置場所



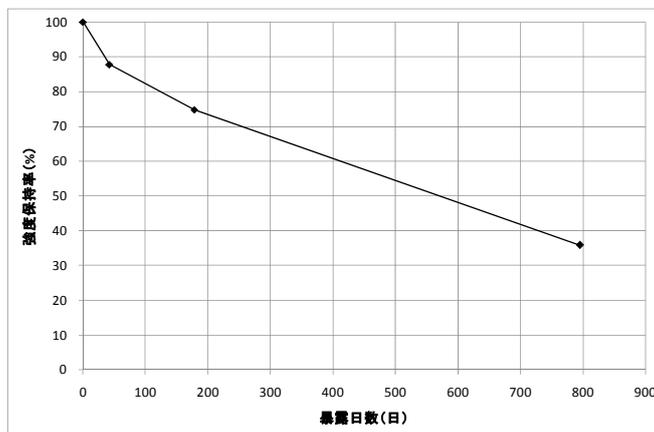
写真Ⅱ-3.9.1 設置現場と試験片の設置状況

(3) 試験結果

回収した試験片織布の引張試験の結果を表Ⅱ-3.9.2に示す。また、暴露日数と強度保持率の関係についても図Ⅱ-3.9.2に示す。促進暴露試験と同様に現地においても暴露期間が増加するに伴い強度が低下している。

表Ⅱ-3.9.2 試験片の引張試験結果

回収	回収日	暴露日数(日)	引張強度(kN/m)	強度保持率(%)	備考
設置日	平成23年2月14日	0	183	100	引張試験; JIS L 1908
1回目	平成23年3月28日	42	161	88	
2回目	平成23年8月11日	178	137	75	
3回目	平成25年4月19日	795	66	36	



図Ⅱ-3.9.2 暴露日数と強度保持率の関係

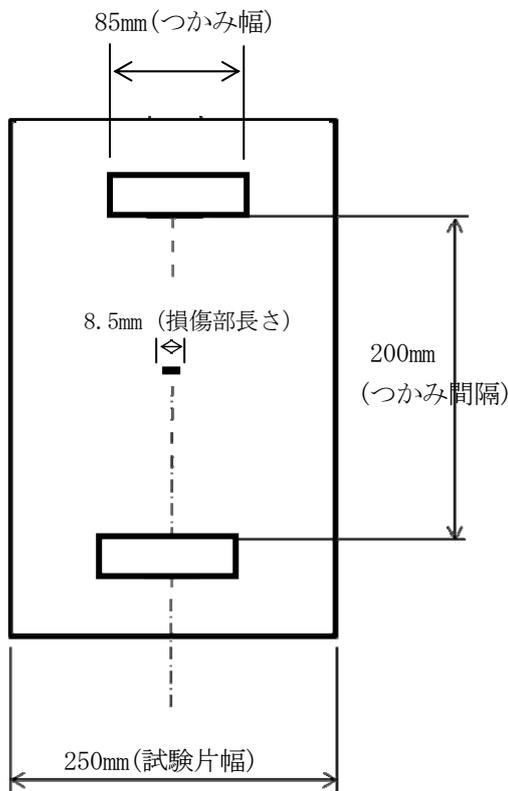
Ⅱ-3. 10 損傷拡大抵抗性試験（人工芝シート SPS-750）

漂流物の衝突や刃物等による人為的切創、あるいはたき火などで袋材の一部に損傷が生じた場合に、損傷部が拡大しないかを確認するため表Ⅱ-3.10.1 に示す条件にて試験を実施した。

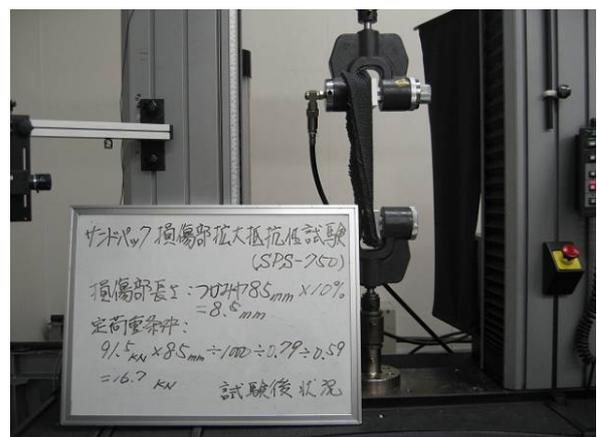
表Ⅱ-3.10.1 試験条件

項目	条件
つかみ間隔	200mm
つかみ具幅	85mm
試験片幅	250mm
損傷部長さ	つかみ幅×10%=8.5mm
定荷重条件	試験荷重=供用時作用張力荷重÷耐摩耗強度保持率÷耐候性強度保持率×つかみ具幅 周方向張力： 91.5kN/m/0.81/0.53=213.1kN/m (試験荷重) ×85mm/1000=18.1kN 軸方向張力： 91.5kN/m/0.79/0.59=196.3kN/m (試験荷重) ×85mm/1000=16.7kN
試験時間	定荷重後30min

※ 試験片は供用時に働く強度の大きい袋材周長方向にて照査する。



図Ⅱ-3.10.1 試験条件



写真Ⅱ-3.10.1 試験前状況



SPS-750試験後状況



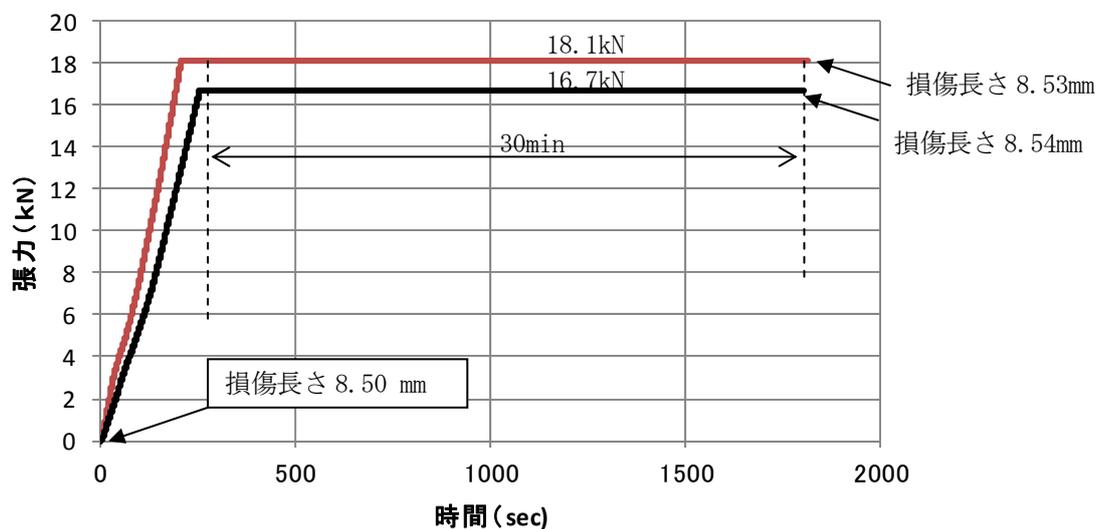
SPS-750試験後測定

写真II-3.10.2

(参考) 荷重条件 15.2kNで実施例。

表II-3.10.2 損傷拡大抵抗性試験結果

計測のタイミング	損傷部長さ (mm) 周方向	損傷部長さ (mm) 軸方向
試験前	8.50	8.50
試験開始直後	8.50	8.50
試験開始30分後	8.53	8.54
試験終了後	8.53	8.54



図II-3.10.2 引張試験の時間と張力の関係 (SPS-750)

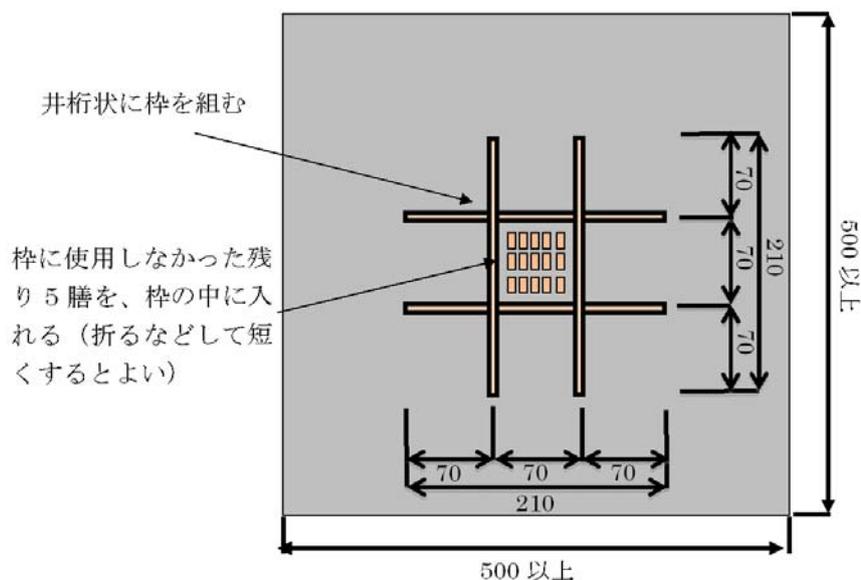
損傷部が拡大しないことを確認した。

Ⅱ-3. 11 たき火試験（人工芝シート）

たき火や、花火、たばこの吸い殻等の火種により発生した燃焼に対して、設置した状態で袋材に発生した燃焼穴が自ら燃焼して拡大することがない性能を有していることを確認するため表Ⅱ-3. 11. 1 に示す条件にて試験を実施した。

表Ⅱ-3. 11. 1 たき火試験条件

項目	内容
試験体サイズ	50cm 以上×50cm 以上
下地条件	現地条件による (砂、礫等)
点火方法	ライター
たき火材料	割り箸 (材質: アスペン、長さ; 21cm) ×10 膳 着火材として新聞紙
たき火組み方	井桁状に 5 段組み、残りの 5 膳を井桁の内側に入れる。(図Ⅱ-3. 11. 1 参照)
試験場所	屋内もしくは無風時の屋外
試験結果	(消炎 5 分後の燃焼面積 - 消炎直後の燃焼面積) / 消炎直後燃焼面積 ≤ 2 %



図Ⅱ-3. 11. 1 たき火組み方

試験は、試験片として 0.5m×0.5m の袋材を用意し、試験片の下には現地条件に応じた中詰材（砂）を敷き詰めた。試験片の表面には現地における設置時に生じる砂等の底質材料の混入を再現した。図Ⅱ-3. 11. 1 に示すように試験片上の中央にたき火用材料である、割り箸を井桁状に組み、その中心に 5 膳分の割り箸を短くしたものおよび新聞紙を置いてライターで点火し、たき火材料と試験片の燃焼状況を確認した。消炎後、燃焼面積を測定し、記録した。さらに 5 分後に再度燃焼面積を測定し、消炎後と燃焼面積に変化がないことを確認した。試験の状況は写真Ⅱ-3. 11. 1 に示すとおりである。

試験結果は表Ⅱ-3. 11. 2 および表Ⅱ-3. 11. 3 に示すとおりである。合格の基準である（消炎 5 分後の燃焼面積 - 消炎直後の燃焼面積） / 消炎直後の燃焼面積 ≤ 2 %であることが確認された。

表II-3.11.2 たき火試験結果 (SPS-500)

計測項目等	結果
火種の面積	49 (c m ²)
消炎直後燃焼面積	180 (c m ²)
消炎後5分後燃焼面積	180 (c m ²)
燃焼面積拡大率	0 (%)
合否	○



(a) 供試体の準備 (燃焼前)



(b) 燃焼中



(c) 消炎直後



(d) 消炎5分後

写真II-3.11.1 燃焼試験の状況

表Ⅱ-3.11.3 たき火試験結果（SPS-750）

計測項目等	結果
火種の面積	49 (c m ²)
消炎直後燃焼面積	400 (c m ²)
消炎後 5 分後燃焼面積	400 (c m ²)
燃焼面積拡大率	0 (%)
合否	○



(a) 供試体の準備（燃焼前）



(b) 燃焼中



(c) 消炎直後



(d) 消炎5分後

写真Ⅱ-3.11.2 燃焼試験の状況

Ⅱ-3. 12 煮沸試験(人工芝シート)

表Ⅱ-3.12.1に示す条件で試験体を沸水中に浸漬し(写真Ⅱ-3.12.1参照)、一定時間煮沸後、試験体を乾燥させ、試験体の質量変化を測定し試験体からの溶出量を算出した。

表Ⅱ-3.12.1 試験条件

項 目	内 容
浸漬温度	98±2 °C
煮沸時間	120±10 分
使用水	蒸留水
試験体の数	5 個
乾燥温度	105 °C
抽出条件(質量比)	網地：水=1：500



写真Ⅱ-3.12.1 煮沸状況

試験結果は表Ⅱ-3.12.2、表Ⅱ-3.12.3に示すとおりである。試験結果、質量変化は0.5%以下であることから、有害物質が袋材およびシートからは溶出しないものと判断される。

表Ⅱ-3.12.2 煮沸試験結果(SPS-500)

番号	質量(g)		質量比 (%)
	煮沸前	煮沸後	
NO.1	1.930	1.922	99.58
NO.2	2.036	2.030	99.71
NO.3	1.942	1.942	100
NO.4	2.013	2.011	99.90
NO.5	1.954	1.954	100
平均	1.975	1.972	99.85

表Ⅱ-3.12.3 煮沸試験結果 (SPS-750)

番号	質量(g)		質量比 (%)
	煮沸前	煮沸後	
NO.1	10.05	10.05	100
NO.2	10.01	10.01	100
NO.3	10.44	10.44	100
NO.4	10.10	10.09	99.9
NO.5	10.07	10.06	99.9
平均	10.13	1.013	100.0

Ⅱ-3.13 金魚飼育試験 (人工芝シート)

写真Ⅱ-3.13.1のように金魚を入れた水槽に試験体を浸漬し、一定期間飼育を行いその生存状態を観察し、試験体から有害物質が溶出し、水棲生物に影響しないかを確認した。

試験条件は表Ⅱ-3.13.1に示すとおりである。

表Ⅱ-3.13.1 試験条件

項目	内容
金魚の飼育期間	3ヶ月
飼育条件 (質量比)	網地：水=1：100
金魚匹数	3匹以上
試験片	SPS-500、SPS-750



写真Ⅱ-3.13.1 試験開始時の状況 (SPS-500)

試験の結果、写真Ⅱ-3.13.2に示すとおり、一定期間金魚を飼育したが、金魚の生育に異常はなかったことから、有害物質が袋材およびシートからは溶出しえないものと判断される。



写真Ⅱ-3.13.2 試験後の状況(SPS-500)



写真Ⅱ-3.13.3 試験開始時の状況(SPS-750)



写真Ⅱ-3.13.4 試験後の状況(SPS-750)

Ⅱ-3. 14 開孔径試験（人工芝シート）

繊維材料を製織加工にて製作した袋材において、繊維間隙が充填材料の粒径よりも小さく、吸出し防止性能を有していることを確認するため ASTM D4751 乾式開孔径試験を実施した。

表Ⅱ-3.14.1 袋材の開孔径試験結果

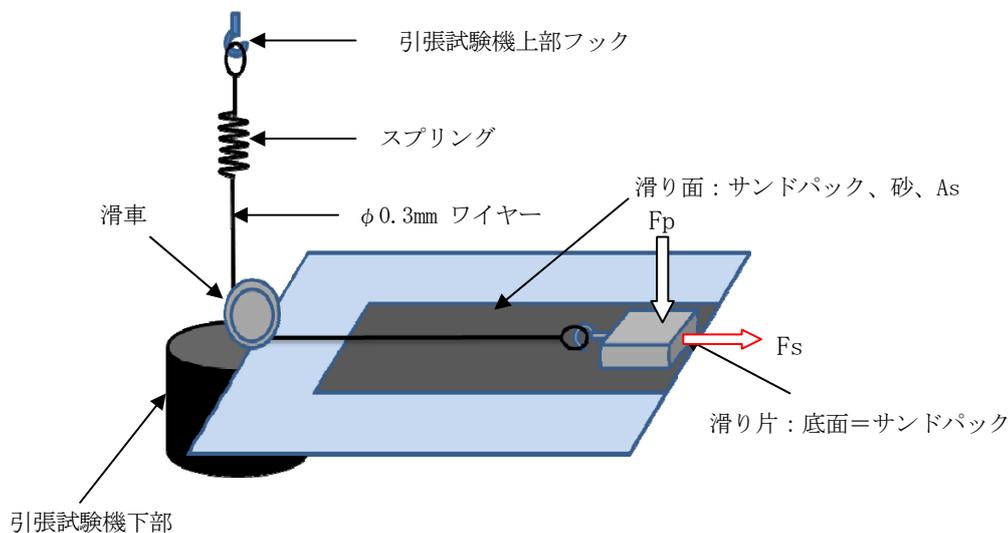
袋材	試験項目	試験結果	試験方法	適用可能中詰材
SPS-500	開孔径 (O_{95})	0.0485mm以下	ASTM D4751 乾式法	原則 $d_{60} > 0.1\text{mm}$ 粒径の上限は $d_{\text{max}} \leq 10\text{mm}$
SPS-750	開孔径 (O_{95})	0.0485mm以下	ASTM D4751 乾式法	

Ⅱ-3. 15 摩擦係数試験(人工芝シート)

現地海岸にサンドバックを単体、あるいは多段に積み上げて設置した場合の、原地盤またはサンドバック間に十分な摩擦力が有り滑動、転倒に対する安定性があることを確認するため図Ⅱ-3. 15. 1 に示す測定用装置を用いて、表Ⅱ-3. 15. 1 に示す条件にて試験を実施した。

表Ⅱ-3. 15. 1 試験条件

項目	条件
試験方法	JIS K 7125 法準用
試験機	定速伸長形引張試験機
滑り片寸法	40cm ² (63mm×63mm)
滑り片重量	200g±2g
滑り面	砂(5号硅砂)、サンドバック、アスファルトマット
試験速度	10cm/min±1cm/min
静摩擦係数 μ_s	$\mu_s = \frac{F_s}{F_p}$ <p>F_s : 静摩擦力 (N) F_p : 滑り片の法線力 (=0.2kg×9.807=1.96N)</p>



図Ⅱ-3. 15. 1 摩擦係数測定装置概略図



写真II-3.15.1 試験状況（袋材×袋材）



写真II-3.15.2 試験状況（袋材×砂）

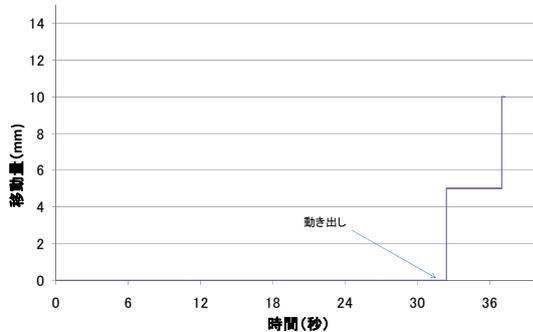
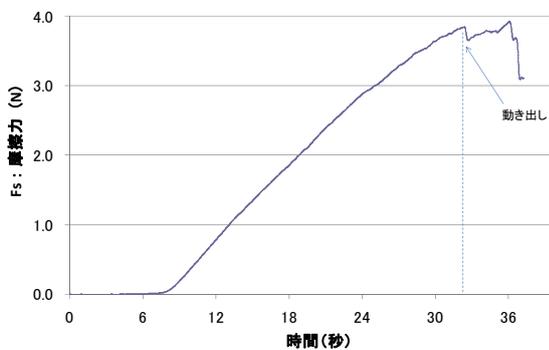
表II-3.15.2 袋材の摩擦係数測定試験結果（SPS-500）

滑り片の底面	基盤滑り面	F _s (N)	F _p (N)	μ_s
基布SPS-500	基布SPS-500	2.78	1.96	1.418
	砂	1.27		0.648

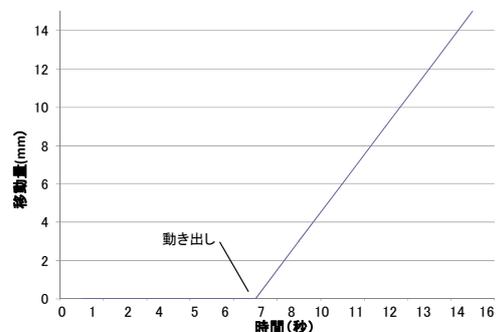
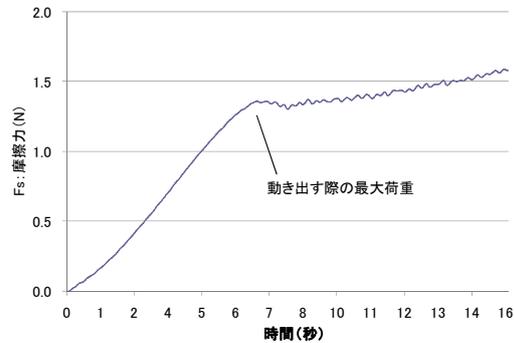
表II-3.15.3 袋材の摩擦係数測定試験結果（SPS-750）

滑り片の底面	基盤滑り面	F _s (N)	F _p (N)	μ_s
基布SPS-750	基布SPS-750	3.85	1.96	1.964
	砂	1.36		0.694
	アスファルトマット	1.70		0.867

袋材が高い摩擦力を有することを確認した。



シートとシート



シートと砂

図II-3.15.2 摩擦力と移動量の関係（SPS-750）

Ⅱ-3. 16 外的要因による損傷試験(人工芝シート)

Ⅱ-3. 16. 1 漂流物の模擬衝突試験

写真Ⅱ-3.16.1.1(a)に示すとおり、クレーンにより高さ6mまで割石およびコンクリートブロックを持ち上げ、サンドパック上に自由落下させ、パックの損傷具合を確認した。写真Ⅱ-3.16.1(b)のように鋭利な面がサンドパックに衝突するように落下させた。



(a)試験全景



(b)落下時のイメージ

写真Ⅱ-3.16.1.1 漂流物の模擬衝突試験

使用した割石およびコンクリートブロックは表Ⅱ-3.16.1.1に示すとおりである。

表Ⅱ-3.16.1.1 割石およびコンクリートブロック

種類	写真	重量(kg)	寸法(cm)
割石		36.7	30×40×30
コンクリートブロック		25.9	30×40×15

サンドパックへの衝突時の速度は、下記のとおりと考える。

(条件) 落下高さ $H=6.5$ m, 衝突物 $W=36.7$ kg, 形状 $30\text{cm}\times 40\text{cm}\times 30\text{cm}$

(検討方法) エネルギー保存側 (運動エネルギー+位置エネルギー=一定)

(計算結果) 衝突速度 $v= 11.3$ m/s

第Ⅱ編 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」報告書
Ⅱ-3 前田工織（株）の試験結果

試験結果を写真Ⅱ-3.16.1.2に示す。割石、コンクリートブロックともに損傷はまったく見られなかった。特に、割石もコンクリートブロックも鋭利な面が衝突するように落下させたが、シートに突刺さったり、シートが裂けるという現象は見られなかった。

また、それ以外の鋭利な漂流物を想定し、スコップの尖った部分でサンドパックを繰り返し殴打したが、わずかに穴が空く程度で、それ以上に広がったりすることはなかった。



(a) 割石落下後



(b) シート拡大



(c) コンクリートブロック落下後



(d) シート拡大



(e) スコップによる殴打後



(f) シート拡大

写真Ⅱ-3.16.1.2 試験結果

Ⅱ-3. 16. 2 重機による引裂き試験(人工芝シート)

サンドバック袋材は、ポリエステルを主材料とした製品であり、掘削機のバケットが直接接触すると、引裂きが生じる恐れがある。このため、実際に掘削機のバケットが接触し、バケットを動かした場合、袋材がどのように引裂かれるかを確認した。

掘削機のバケットを袋材に押しあててみたが、バケットがこの時点では袋材は裂けることはなかった。次に、**写真Ⅱ-3. 16. 2. 1**に示すとおりバケットを接触させた状態で、下にバケットを下げると、周方向に袋材が裂けた。

その後、バケットを掘削機側へ引き寄せるような動きをしてみたが、**写真Ⅱ-3. 16. 2. 1**に示すように、かぎ裂き状態でシートが引裂かれることがわかった。



(a)バケットが接触した状態



(b)引裂けた状態

写真Ⅱ-3. 16. 2. 1 重機による引裂き試験

Ⅱ-3. 17 波浪安定性水理模型実験

Ⅱ-3. 17. 1 突堤型水理模型実験

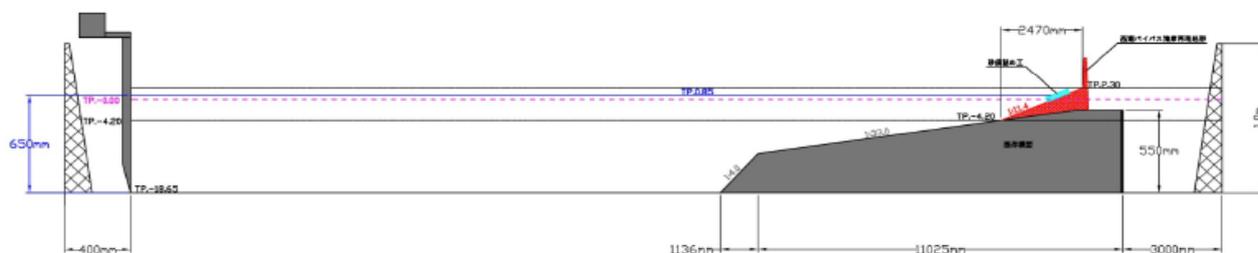
(1) 実験目的

突堤型サンドパックを設置するにあたり、波浪に対する安定性を確認する必要がある。本実験では水理模型実験によりサンドパックの安定な形状や重量について確認する。

(2) 実験方法

2次元波浪実験水路（長さ25m、幅0.5m、深さ1m）を用いてサンドパックの波浪安定性実験を実施した（写真Ⅱ-3.17.1.1）。地形は大磯海岸の地形を模して固定床で、地形勾配は後浜1/11.4、前浜1/33の条件とした（図Ⅱ-3.17.1.1）。

波浪及び水位の条件を表Ⅱ-3.17.1.1に示す。波浪は不規則波（Breathneider-光易型のスペクトル波形）で150～200波を作用させて、安定性を確認した。サンドパック模型条件について表Ⅱ-3.17.1.2に示す。模型の中詰材は中央粒径0.3mmの細砂を使用した。



図Ⅱ-3.17.1.1 波浪実験水路概要図



写真Ⅱ-3.17.1.1 実験水路状況

表Ⅱ-3.17.1.1 実験水路、波浪の諸条件

実験 No	実験目的	模型縮尺	実験対象波浪 (不規則波)		砂袋詰め工設 置位置
			波高 H0'(m)	周期 T0(sec)	
実験Ⅰ	基本型の安定確認	1/30	5.9	10.2	TP0.0m H=0.85m
実験Ⅱ	①2007年台風19号と 過去15年間での最大波浪に対 する安定性 ②波浪斜め入射時の安定性	1/40	6.1	14.2	TP0.85m h=0m
			6.6	14.2	

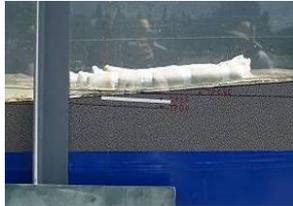
表Ⅱ-3.17.1.2 サンドバック模型の諸条件

実験条件	実験Ⅰ			実験Ⅱ
	1	2	3	4
Case				
写真				
形状	円筒型6本連結	一体型 上下連結	試験体9の上に円筒 形2本追加	一体型 上下連結
幅 (m)	9.6	8	8	9
長さ (m)	15	15	15	16
高さ (m)	1.5	1.5	1.5	1.5
重量 (t)	189	256.5	324	383

(3) 実験結果

波浪実験による結果を表Ⅱ-3.17.1.3、表Ⅱ-3.17.1.4に示す。台風などの高波浪時においてもサンドバックは安定であることが確認された。波浪の斜め入射の場合には、サンドバックが地表面に露出すると先端の基布部が僅かに上下に動くことも予測されるが、砂袋工全体が移動はなく、安定であることが確認された。

表Ⅱ-3.17.1.3 実験Ⅰの結果

Case	1	2	3
模型状況			
実験結果	先端部が浮いて岸側に1cm移動したがほぼ安定。	岸方向に模型が1cm移動。結束が緩まると変形する。	移動は無かったが、上段の円筒形の模型先端が外側に変形。
安定性評価	○	△	○

表Ⅱ-3.17.1.4 実験Ⅱの結果

汀線直角入射	汀線斜め 25度入射	安定性評価
$H_{1/3}=6.1\text{m}, T_{1/3}=14.2\text{sec}$	$H_{1/3}=6.6\text{m}, T_{1/3}=14.2\text{sec}$	
		波高 6.1m では安定する。波高 6.6m の斜め入射では先端の砂袋基布が僅かに上下する。

Ⅱ-3. 17. 2 浜崖抑止工の水理模型実験

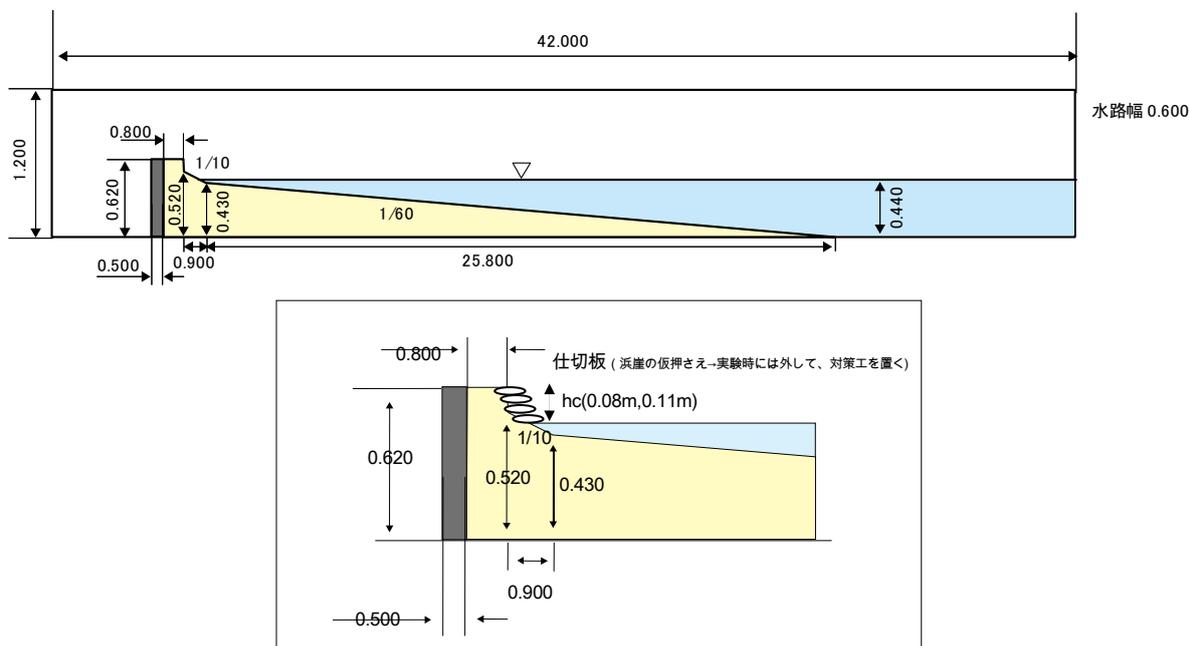
(1) 実験目的

本実験は浜崖前面にサンドパックを設置した時の波浪安定性と背後地の侵食を抑制しているかについて確認するために実施した。宮崎海岸の浜崖後退抑止工として使用することを想定して断面の水理模型実験を実施した。

(2) 実験方法

【実験No. 1】

2次元造波水路を用いて水理模型実験を実施した。実験水路断面を図Ⅱ-3.17.2.1に示す。実験は移動床（中央粒径0.2mm）で行い、宮崎海岸の地形を参考に整形した。実験条件は表Ⅱ-3.17.2.1に示す。各波高条件で5分間波浪を作用させた後、サンドパックと背後の砂丘の侵食状態を観測した。



後浜部拡大図

図Ⅱ-3.17.2.1 波浪実験水路概要図（数値はm単位）

表Ⅱ-3.17.2.1 に水理模型実験条件

縮尺	1/60
波高H	1.2m、3m、6m、9m、12m、15m（規則波）
周期T	14.9s
波浪時間	5分
水面からの 天端高hc	5.0m(case4), 6.9m(case1~3)

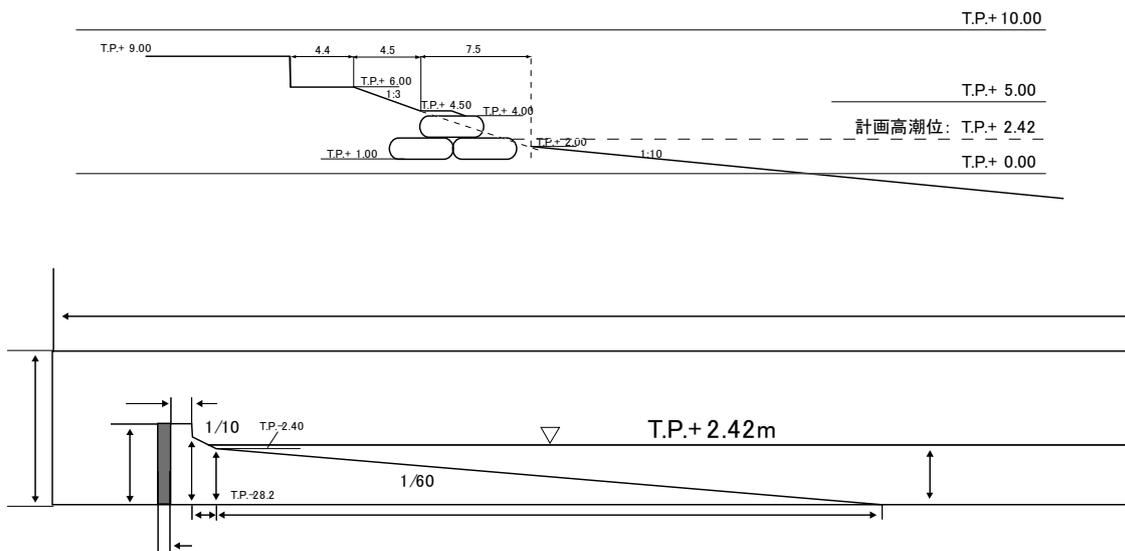
表II-3.17.2.2 実験ケース

実験ケース	case1	case2	case3	case4
構造	自立構造	もたれ構造	もたれ構造	もたれ構造
模型断面				
水面から天端までの高さh _c	6.9m	6.9m	6.9m	5.0m
模型形状	模型1段目 幅7m、高さ1.5m、長さ36m 模型2段目 幅6m、高さ1.5m、長さ18m 模型3段目 幅5m、高さ1.5m、長さ36m 模型4段目 幅4m、高さ1.5m、長さ18m 模型5段目 幅3m、高さ1.5m、長さ36m	模型① 幅2m、高さ1.5m、長さ36m 模型② 幅2m、高さ1.5m、長さ18m	模型① 幅5m、高さ1.2m、長さ36m 模型② 幅5m、高さ1.2m、長さ18m	模型① 幅5m、高さ1.5m、長さ36m 模型② 幅5m、高さ1.5m、長さ18m
吸出し防止材	有り	有り	無し	有り

【実験No. 2】

同様に実験水路断面を図II-3.17.2.2に示すような条件で試験を実施した。サンドパットの積層構造はピラミッド2段積みで自立構造とした。実験は移動床で行い、宮崎海岸の地形を参考に整形した。実験条件は表II-3.17.2.3に示す。各波高条件で7分間波浪を作用させた後、サンドパットと背後の砂丘の侵食状態を観測した。

現地スケール：単位はm)



図II-3.17.2.2 波浪実験水路概要図

表Ⅱ-3.17.2.3 実験ケース

case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
縮尺	1/100										
波浪時間	5分(規則波)										
H(m)[平均]	8.2	15.2	17.6	21.7	18.6	19.2	14.8	16.4	23.4	13.5	13.4
T(s)[平均]	12.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
前面勾配	1:1.33	1:1.33	1:1.33	1:1.33	1:1.33	1:0.5	1:0.5	1:0.5	1:0.5	1:1.33	1:1.33
水面から天端までの高さ(m)	1.58										
サンドバック模型	幅4.2m、高さ1.5m、長さ20m(重量180t)										

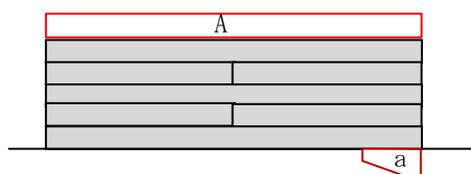


写真Ⅱ-3.17.2.1 実験状況

(3) 実験結果

サンドパックの安定性と背後の砂丘の侵食状況の結果を表Ⅱ-3.17.2.4～表Ⅱ-3.17.2.7に示す。Case3のサンドパックの模型のみが大きく移動して背後地が吸出しを受けた。これはcase3のみが吸出し防止材をサンドパック背面に敷設していなかった。サンドパック同士の付き合い合せ部で吸出しが始まり、周辺に拡大する状況が確認されたことから現地で使用する際にも付き合い合せ部の吸出し防止策が必要となると考えられる。

①case1 試験結果 (最終状態)



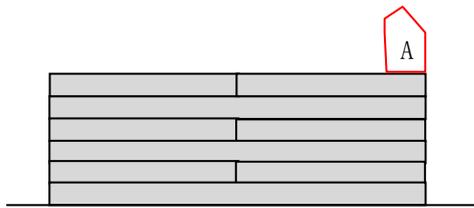
正面図



表Ⅱ-3.17.2.4 case1の結果

No.	波高		周期		前面の状況	構造物の移動	浜崖の後退
	1/60	1/1	1/60	1/1			
	cm	m	s	s			
1	2.0	1.2	1.93	14.9	変化なし	無	無
2	5.0	3.0			変化なし	無	無
3	10.0	6.0			変化なし	無	無
4	15.0	9.0			変化なし	無	無
5	20.0	12.0			洗掘 a	無	天端部より吸出し発生 A
6	25.0	15.0			変化なし	無	越波により吸出し増加

②case2 試験結果（最終状態）



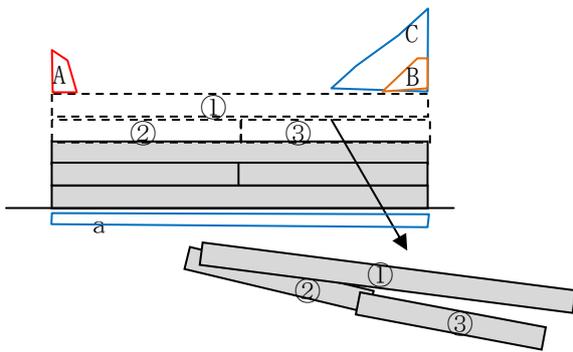
正面図



表Ⅱ-3.17.2.5 case2の結果

No.	波高		周期		前面の状況	構造物の移動	浜崖の後退
	1/60	1/1	1/60	1/1			
	Cm	m	s	s			
1	2.0	1.2	1.93	14.9	変化なし	無	無
2	5.0	3.0			変化なし	無	無
3	10.0	6.0			変化なし	無	無
4	15.0	9.0			変化なし	無	無
5	20.0	12.0			変化なし	無	無
6	25.0	15.0			変化なし	無	一部吸い出し A

③case3 試験結果（最終状態）



正面図



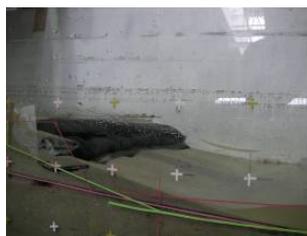
表Ⅱ-3.17.2.6 case3の結果

No.	波高		周期		前面の状況	構造物の移動	浜崖の後退
	1/60	1/1	1/60	1/1			
	cm	m	s	s			
1	2.0	1.2	1.93	14.9	変化なし	無し	無し
2	5.0	3.0			変化なし	無し	無し
3	10.0	6.0			変化なし	無し	無し
4	15.0	9.0			洗掘 a	無し	壁面部で吸い出し A
5	20.0	12.0			変化なし	無し	吸出し B
6	25.0	15.0			変化なし	浜崖側に①, ②, ③が滑動	吸出し C

④case4 試験結果 (最終状態)



正面図

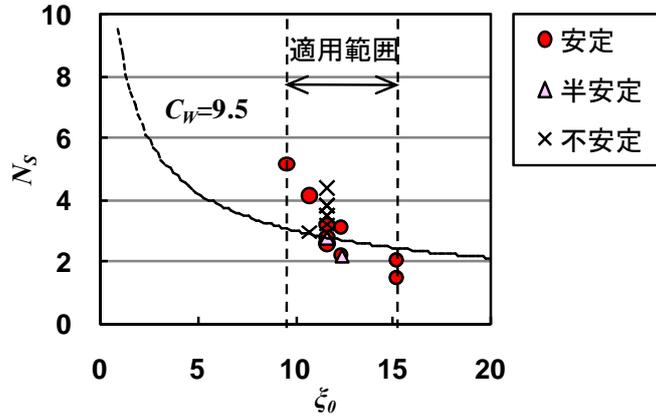


表Ⅱ-3.17.2.7 case4の結果

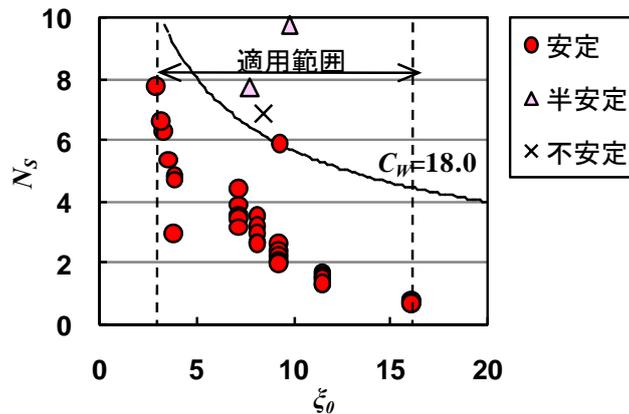
No.	波高		周期		前面の状況	構造物の移動	浜崖の後退
	1/60	1/1	1/60	1/1			
	cm	m	s	s			
1	2.0	1.2	1.93	14.9	変化なし	無し	無し
2	5.0	3.0			変化なし	無し	無し
3	10.0	6.0			変化なし	無し	無し
4	15.0	9.0			変化なし	無し	無し
5	20.0	12.0			—	—	—
6	25.0	15.0			—	—	—

(4) 安定性評価

水理模型実験の結果より、サンドバックの安定数 N_s をサーフシミュリティパラメータ ξ_0 でまとめた。もたれ構造のサンドバックの安定結果を図Ⅱ-3.17.2.3、自立構造の安定結果を図Ⅱ-3.17.2.4に示す。図からサンドバックの安定と不安定の境界となる C_w を求めれば、実験で用いた波浪・地形条件等の範囲内であれば任意の波浪条件における所用質量を式Ⅱ-3.17.2.1より求めることができる。実験結果よりもたれ構造の場合 $C_w=9.5$ 、自立構造の場合 $C_w=18.0$ を用いて N_s 値を算定することが可能である。



図Ⅱ-3.17.2.3 ξ_0 と N_s 値の関係 (もたれ構造)



図Ⅱ-3.17.2.4 ξ_0 と N_s 値の関係 (自立構造)

$$N_s = \frac{H}{(S_r - 1)} \left(\frac{\rho_r}{M} \right)^{1/3} = \frac{C_w}{\sqrt{\xi_0}} \quad \text{式Ⅱ-3.17.2.1}$$

ここに、

M : サンドバックの所用質量(t)

ρ_r : サンドバック全体の密度 (t/m³)

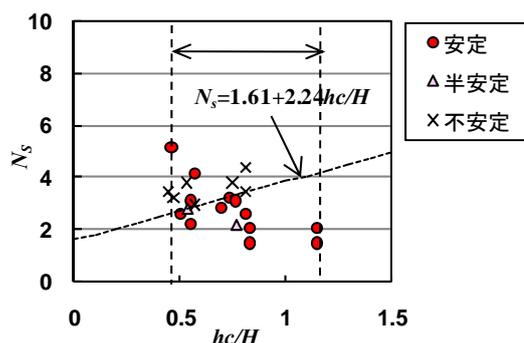
H : 波高(m)

S_r : サンドバック全体の海水に対する比重 (ρ_r/ρ_0)

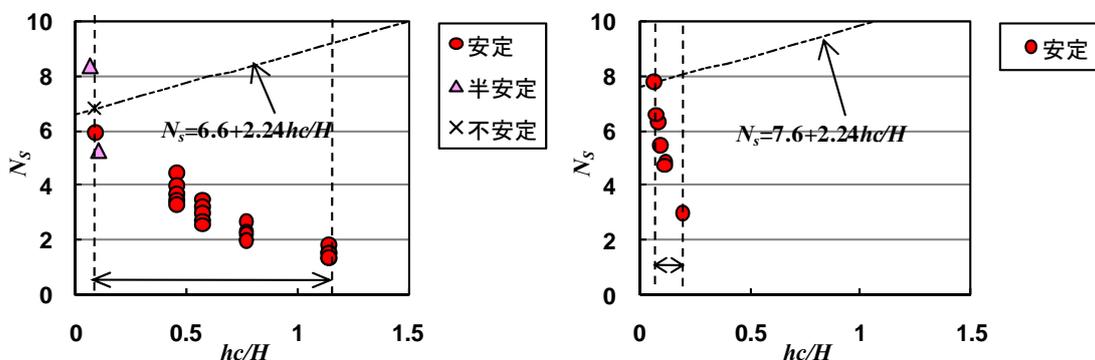
ρ_0 : 海水の密度(1.03 t/m³)

水面からのサンドパック天端高さ h_c を用いた h_c/H と N_s 値の関係をもたれ構造については図Ⅱ-3.17.2.5、自立構造については図Ⅱ-3.17.2.6に示す。先に示したサーフシミュラリティパラメータと N_s の関係と同様に自立構造の方がもたれ構造より高い N_s 値を示す結果となっており、波浪安定性が高いことが推定される。実験結果より式Ⅱ-3.17.2.2の N_s 値を算定する式の係数 a, b を求めた。ただし、自立構造の算定式の係数 b は、もたれ構造の算定式の係数 b と同じと仮定している。この算定式により波浪に安定な重量を算定するための N_s 値を算定することが可能である。

今回の実験では1つの波で動いているのではなく、複数の波が作用してサンドパックが動いている。動く時には吸出しを伴っているもので移動しており、引き波の流体力で動いている。吸出しが起きず、背後の養浜が維持されていれば安定数 N_s はもっと大きいと推定される。



図Ⅱ-3.17.2.5 水理模型実験における h_c を考慮したサンドパックの安定性 (もたれ構造)
(前面勾配1:0.5~1:0.67)



前面法勾配1:0.5~0.67

前面勾配1:1.33

図Ⅱ-3.17.2.6 水理模型実験における h_c を考慮したサンドパックの安定性 (自立構造)

$$N_s = \frac{H}{(S_r - 1)} \left(\frac{\rho_r}{M} \right)^{1/3} = a + b \frac{h_c}{H} \quad \text{式Ⅱ-3.17.2.2}$$

ここに、 a, b は水理模型実験の結果より図Ⅱ-3.17.2.5、図Ⅱ-3.17.2.6に示すように、安定境界となる直線の切片および傾きとし算出した。もたれ構造の前面勾配1:0.5~1:0.67の条件で $a=2.24, b=1.61$ となり、自立構造の前面勾配1:0.5~0.67の条件では $a=2.24, b=7.7$ 、前面勾配1:1.33の条件で $a=2.24, b=6.6$ であった。

Ⅱ-3. 18 大磯海岸の現地試験（パイル付きシート）

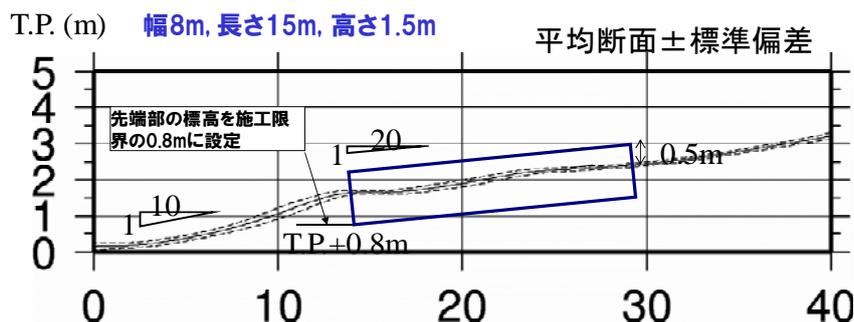
Ⅱ-3. 18. 1 概要

(1) 試験目的

実物大の現地実験によりサンドバックの変形及び袋材の強度保持率について確認する。本実験は神奈川県大磯海岸（大磯ロングビーチ）で実施した。

(2) 試験内容

サンドバック試験体は海側先端基部をT.P.+0.8mに合わせて1mの根入れをして設置した（図Ⅱ-3.18.1.1）。設置状況を写真Ⅱ-3.18.1.1に示す。また、試験体の概要を表Ⅱ-3.18.1.1に示す。



図Ⅱ-3.18.1.1 サンドバック試験体設置断面



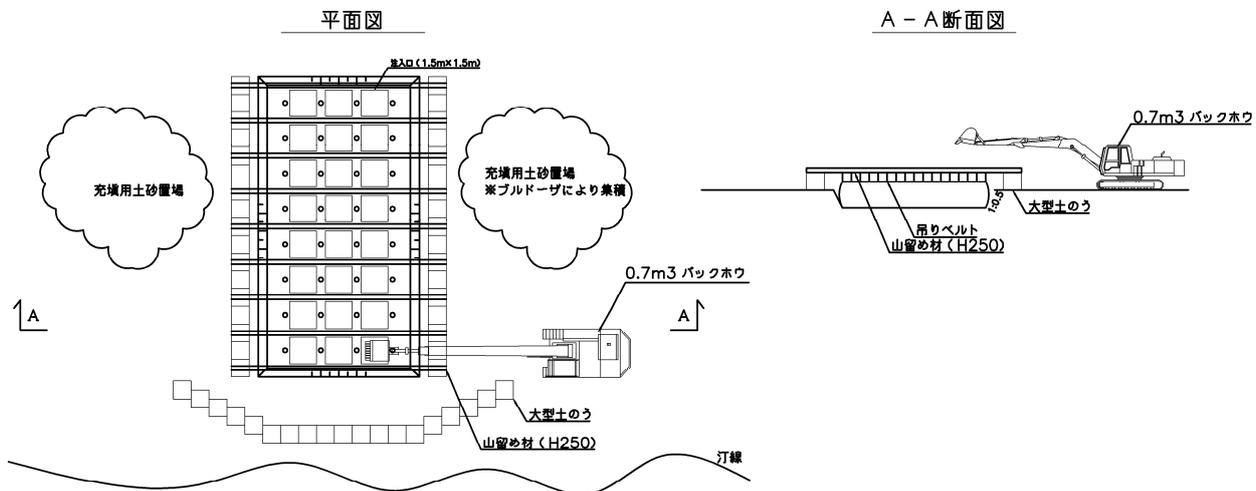
写真Ⅱ-3.18.1.1 サンドバック設置状況

表Ⅱ-3.18.1.1 サンドバック試験体概要

形状	幅8m、長さ15m、高さ1.5m
構造	袋の底面と上面を繊維ベルトにより連結した座布団形状。ベルトにより中詰材の移動を拘束することでサンドバックの変形を防止する。
袋材	二重袋構造（ポリエステル繊維） 外側 環状パイル織編物 2289N/3cm 内側 織布 5490N/3cm

(3) 施工方法

施工は図II-3.18.1.2に示すように袋材の投入口からバックホウで中詰材を充填する。また締め固めるために水中ポンプにより海水を袋内に充填する。施工状況について写真II-3.18.1.2に示す。



図II-3.18.1.2 施工計画図

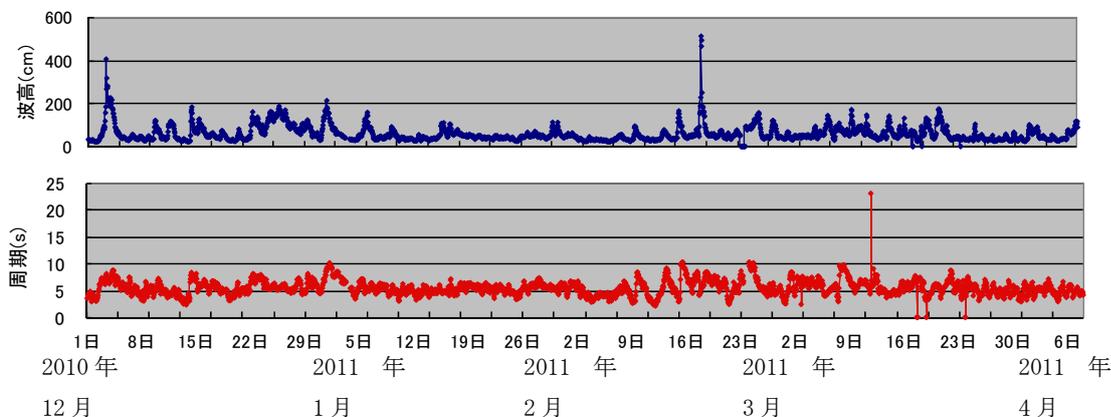


写真II-3.18.1.2 施工状況

Ⅱ-3. 18. 2 経過観測

(1) 波浪状況

サンドバック試験体の設置期間中の平塚沖観測所の有義波高及び周期を図Ⅱ-3. 18. 2. 1 に示す。設置期間中の最大波高は2011年2月18日(6時)の5.13m(T=5.9s)であった。



図Ⅱ-3. 18. 2. 1 平塚沖観測所の波浪状況

(2) サンドバック形状の変化

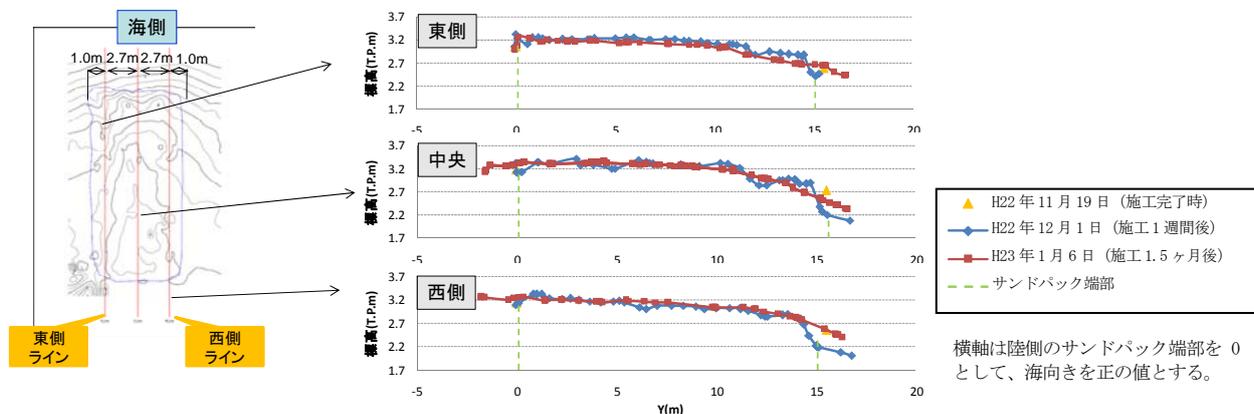
試験期間中のサンドバックの形状の変化を観測するために写真画像による測量を実施した。

図Ⅱ-3. 18. 2. 2 は、施工直後、1週間後、1ヶ月半後のサンドバックの高さを示したものである。図左の平面図は、計測位置を示したものである。計測位置は、サンドバックの中央、そこから東西に2.7m離れた東側、西側に設定した。

図からもわかるように、いずれの計測位置でも、汀線側は高さが下がり、サンドバックの中央部ではわずかではあるが、起伏と沈降の両方が見られた。サンドバックの汀線側は、波を直接面で受けたため変形が大きかったものと推測された。サンドバックの中央部については、底のシートと天端のシートをベルトで連結する構造としたために、少ない変形で留まったものと考えられた。

写真Ⅱ-3. 18. 2. 1 は、12月28日、1月5日の状況である。12月21日が大潮で、12月22日～26日の間に波高1.5m以上の波浪を受けた。その結果、サンドバックの周囲にレキが集積し、全体にサンドバックは埋没したが、サンドバックに大きな変状は見られなかった。12月31日～1月1日に波高1.5m以上の波浪を受け、1月4日が大潮であった。サンドバックに大きな変状は見られなかったが、周囲に砂が集積し、12月28日に比べ、さらに埋没した。

設置期間中、大潮や高波浪が繰替えし起こり、周囲の状況はその都度変化しているが、サンドバック自体に大きな変状は見られなかった。



図Ⅱ-3. 18. 2. 2 サンドバックの変形状況



12月28日の状況

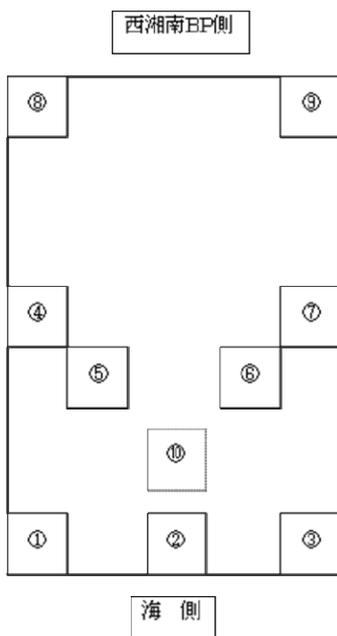


1月5日の状況

写真Ⅱ-3.18.2.1 設置後状況

(3) 引張強度

サンドパック試験体の撤去前に回収した袋材基布の引張強度試験を実施した。引張試験方法はJIS L1096のA法(ストリップ法)を使用した。試験用基布を採取した箇所を図Ⅱ-3.18.2.3に示す。採取状況について写真Ⅱ-3.18.2.2に示す。内袋と外袋材の引張強度と強度保持率の試験結果を表Ⅱ-3.18.2.2、表Ⅱ-3.18.2.3に示す。内袋材は70%以上、外袋材は90%以上の強度保持率が有ることが確認された。



図Ⅱ-3.18.2.3 試験片採取箇所



写真Ⅱ-3.18.2.2 基布採取状況

表Ⅱ-3.18.2.2 内袋材の引張強度試験結果

場所	箇所	基布方向	引張強度(N/3cm)	強度保持率(%)
海側	①	縦	5371	98
		横	4914	90
海側	②	縦	5044	92
		横	4695	86
海側	③	縦	5231	95
		横	4748	86
側面	④	縦	5230	95
		横	4878	89
天端	⑤	縦	5213	95
		横	4825	88
天端	⑥	縦	4949	90
		横	4770	87
側面	⑦	縦	5030	92
		横	4820	88
陸側	⑧	縦	5089	93
		横	4624	84
陸側	⑨	縦	5248	96
		横	4878	89
底面	⑩	縦	4716	86
		横	4041	74
平均値		縦	5112	93
		横	4719	86

表Ⅱ-3.18.2.3 外袋材の引張強度試験結果

場所	箇所	引張強度(N/3cm)	強度保持率(%)
海側	①	2254	98
海側	②	2345	100
海側	③	2368	100
側面	④	2487	100
天端	⑤	2379	100
天端	⑥	2350	100
側面	⑦	2312	100
陸側	⑧	2352	100
陸側	⑨	2477	100
底面	⑩	2272	99
平均値		2359	100

Ⅱ-3. 18. 3 サンドパック撤去状況

サンドパック撤去の状況を写真Ⅱ-3.18.3.1に示す。サンドパックサンドパックはバックホウ0.7m³級を用いて撤去した。その撤去歩掛りを表Ⅱ-3.18.3.1に示す。



写真Ⅱ-3.18.3.1 撤去状況

表Ⅱ-3.18.3.1 撤去歩掛り

							袋体積	180	m ³
1)試験体撤去工									
名称	数量	単位	時間	開始時刻	終了時刻	歩掛り(100m ³ 当り)			
作業員	2	人	2.7	8:40	11:20	0.37	人		
バックホウ0.7m ³	1	台	2.7	8:40	11:20	0.19	日		
2)埋め戻し工									
名称	数量	単位	時間	開始時刻	終了時刻	歩掛り(100m ³ 当り)			
バックホウ0.7m ³	1	台	0.7	11:20	12:00	土木工事積算基準参照			
3)袋材片付け									
名称	数量	単位	時間	開始時刻	終了時刻	歩掛り(100m ³ 当り)			
作業員	2	人	2.7	13:00	15:40	0.37	人		
バックホウ0.7m ³	1	台	2.7	13:00	15:40	0.19	日		

Ⅱ-3. 19 石川県千里浜海岸施工実験（人工芝シート）

Ⅱ-3. 19. 1 概要

石川県千里浜海岸において施工実験を実施した。主に、仮設方法の確認、出来形の確認、目地部の確認および再利用可能な撤去方法の確認を目的として行った。

(1) 日時

実験は平成24年1月16日（月）～1月18日（水）に実施した。

(2) 場所

実験は、図Ⅱ-3.19.1.1 に示す羽咋一の宮海岸 羽咋川河口部右岸側 羽咋市羽咋町地内において実施した。



図Ⅱ-3.19.1.1 位置図

Ⅱ-3. 19. 2 実験計画

(1) 試験体

実験に用いたサンドパックは、幅 2.51m、高さ 1.0m、長さ 5.8m とし、試験体Aおよび試験体Bの2袋製作した。

試験体Aは、目地部の調整のために、端部に土木シート（T-II-300）を縫製した。

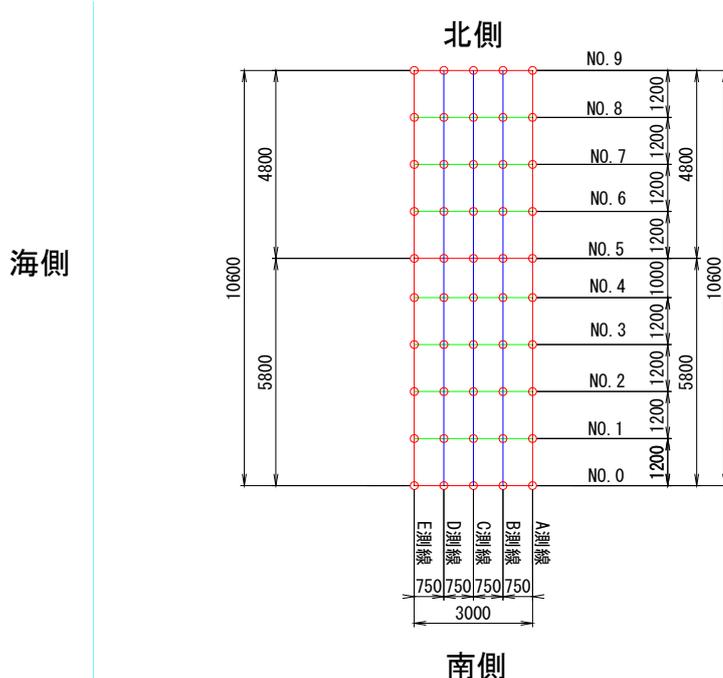


(a) 全景



(b) 寸法検査

写真Ⅱ-3.19.2.1 試験体



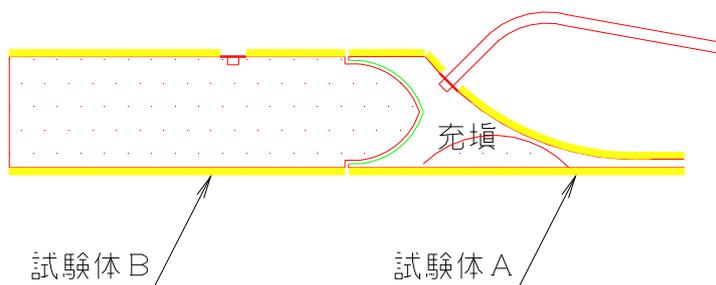
図Ⅱ-3.19.2.3 高さおよび幅の測定位置

充填後の密度は、2箇所の密度を砂置換法により計測する。計測は撤去作業時に行うものとする。袋の上部を切裂き、試料を採取する。1袋は再利用可能な撤去方法の検討で損傷がない状態で撤去するため、もう1袋から2箇所採取する。採取位置は注入口付近とする。

3) 目地部の確認

2袋のサンドパックを製作し、目地（接続部）の確認を行う。目地部の確認は標準部と同様に出来形の確認をもって行う。

目地部は、サンドパック設置時に片方のサンドパックの端部に接続するサンドパックの端部を突込む。設置後、順番に充填を行い図Ⅱ-3.19.2.4に示す形状となるかを確認する。

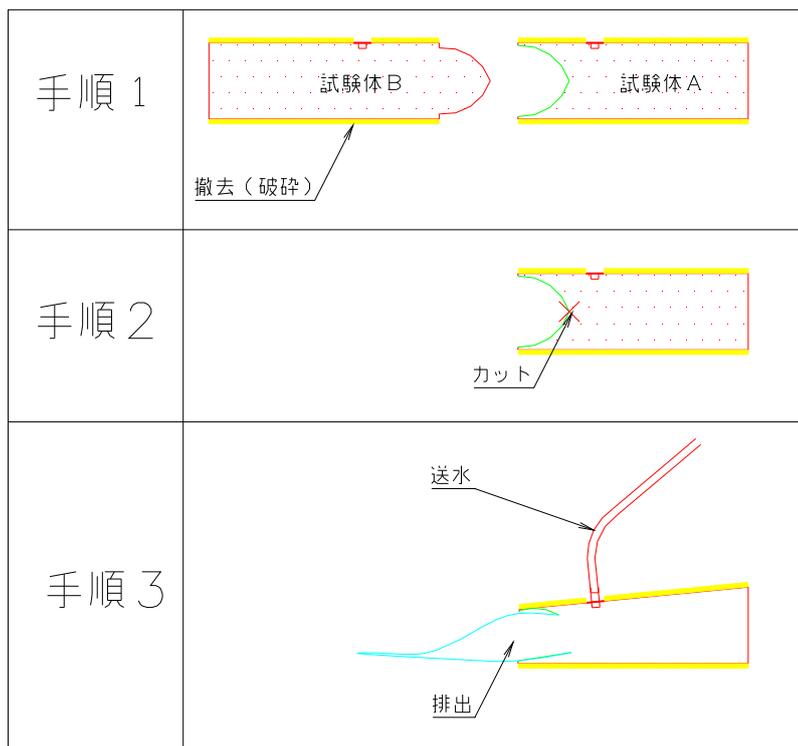


図Ⅱ-3.19.2.4 目地部の構造

4) 撤去方法の検討

サンドパックを再利用可能な状態で撤去する方法について確認する。

撤去方法は、図Ⅱ-3.19.2.5に示すとおり、サンドパックの小口部（土木シート側）を切り裂き、注入口から水だけを送り込み、排出する。この繰り返し作業で、砂が排出できることを確認する。



図Ⅱ-3. 19. 2. 5 撤去方法

(3) 使用重機

使用する重機は表Ⅱ-3. 19. 2. 1 のとおり。

表Ⅱ-3. 19. 2. 1 使用重機

名称	数量	備考
バックホウ (0.7m ³ 級)	1台	
バックホウ (0.25m ³ 級)	1台	
発電機 (100kVA)	1基	
分電盤	1基	
サンドポンプ 6インチ 37kw	1基	
サンドポンプ 4インチ 22kw	1基	
水中ポンプ	1基	
水替ポンプ	1基	
水槽 (5m ³)	1基	

(4) 人員

作業人員は表Ⅱ-3. 19. 2. 2 のとおり。

表Ⅱ-3. 19. 2. 2 作業人員

名称	人数	備考
世話役	1名	小倉建設(株)
特殊運転手	1名	小倉建設(株)
普通作業員	2名	小倉建設(株)
施工指導	3名	前田工織(株)

Ⅱ-3. 19. 3 実験結果

(1) 波浪および潮位の状況

試験時の波浪状況は表Ⅱ-3. 19. 3. 1に示すとおりで、最大波高1.48mである。

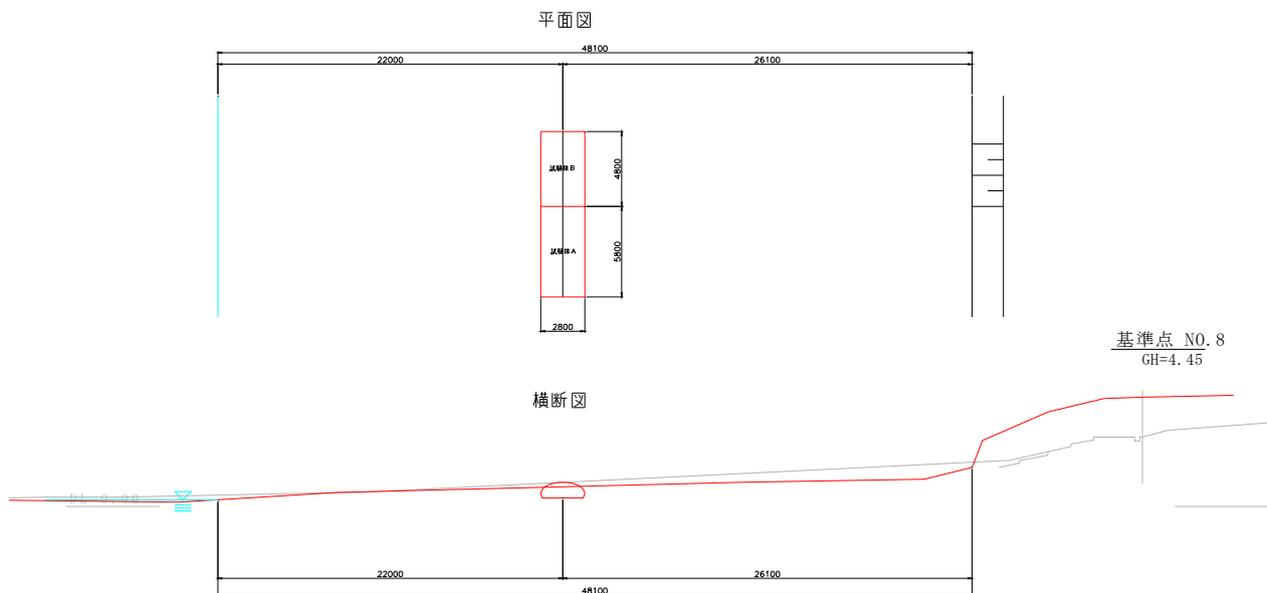
表Ⅱ-3. 19. 3. 1 試験時の波浪状況

	最大波高		平均波高		最多波向
	波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	
17日	1.48	5.2	0.96	5.1	NNW
18日	0.67	3.6	0.42	4.7	NNW

(2) サンドパック設置位置

サンドパックは、定期深浅測量のNO.8付近に設置した。設置位置は図Ⅱ-3. 19. 3. 1に示すとおり、測量杭（浜崖の肩）から沖方向へ26mとした。また、完了時点での、サンドパックから汀線までの距離が約22mである。

南側（金沢側）を試験体A、北側（七尾側）を試験体Bとする。



図Ⅱ-3. 19. 3. 1 サンドパック設置位置

(3) 仮設方法確認

床掘りの残土を用いて耐候性大型どこのう(以下、大型土のう)の製作を行った。

ある程度、床掘り計画高付近まで掘り下げ大型土のうを設置し、その後、大型土のうを土留めとして計画高まで掘下げた。なお、仕上がり面端部から大型土のうまでは1m程度の余裕幅を設けた。



(a) 耐候性大型土のう製作



(b) 大型土のう据付け



(c) 床掘り作業

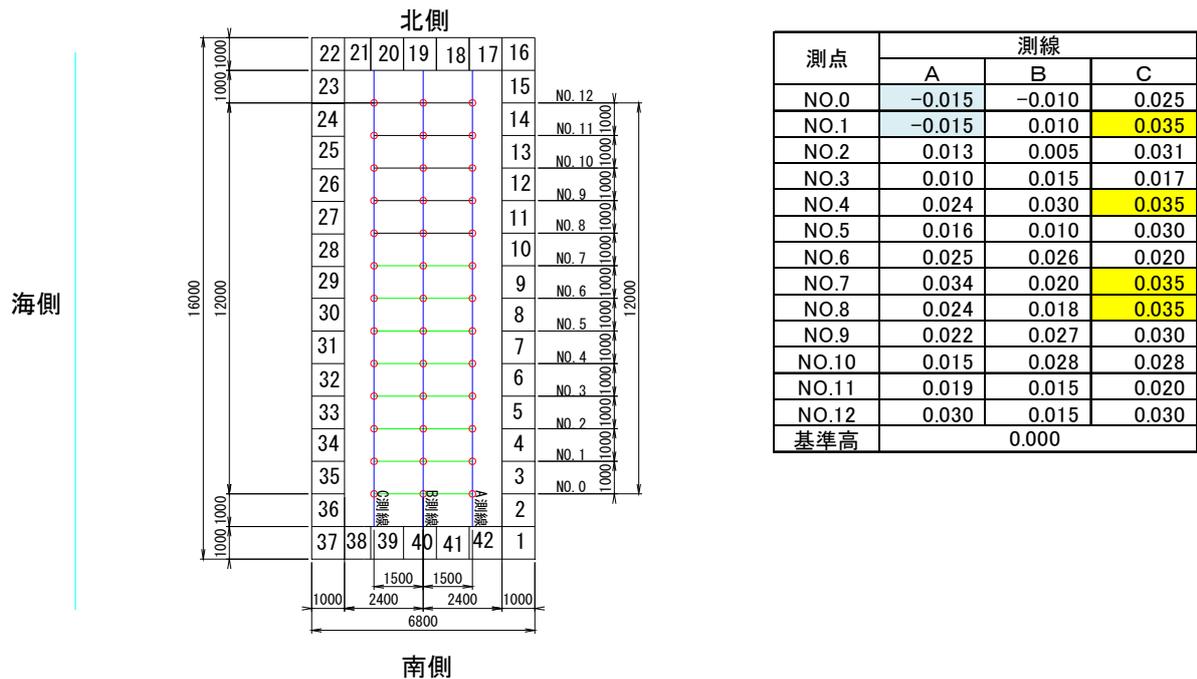


(d) 床掘り完了

写真Ⅱ-3.19.3.1 仮設方法の確認状況

掘削底面の測量結果は図Ⅱ-3.19.3.2のとおりである。

床掘りを行った結果、プラス方向で35mm、マイナス方向で15mmの誤差が生じた。最大差は50mmであり、おおむね水平に床掘り面を仕上げることができることがわかった。また、床掘り後もサンドバック設置までの間は、床掘り高を維持することができる。大型どこのうの隙間から湧水があり短時間で水位があがるため、排水が必要である。



図Ⅱ-3.19.3.2 床掘り高

(4) サンドパックの製作

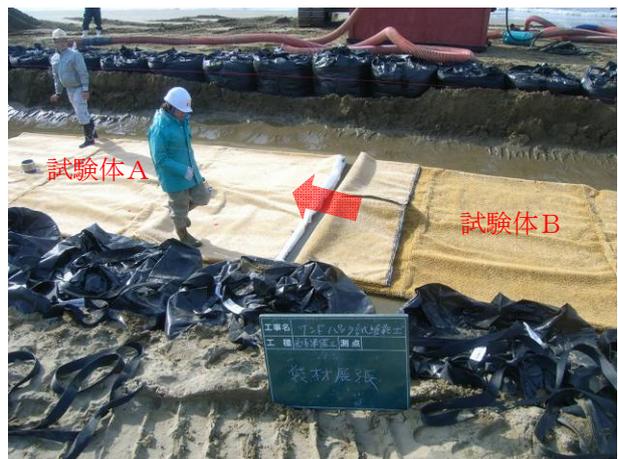
1) 袋材の設置

袋材は、写真Ⅱ-3.19.3.2のように床付け面に重機を使って搬入後、試験体B、試験体Aの順で展張し、丁張りにあわせて方向を調整した。目地部は、試験体Aの土木シート（T-500）部を内側に折込み、そこへ試験体Bを突込んだ。

人員は普通作業員3名で、作業時間は10分であった。



(a) 袋材の搬入



(b) 袋材の展張



(c) 目地部の処理



(d) 袋材の展張完了

写真Ⅱ-3. 19. 3. 2 袋材の配置状況

2) 充填設備の配置

写真Ⅱ-3. 19. 3. 3 に示すように、水槽およびサンドポンプを2袋の中央に配置し、注入口にサクシオンホースを接続した。設備の配置は、仮置きヤードから設置位置までの移動および配置、電源設備の接続、サクシオンホースの接続等を行ったが、バックホウ2台、普通作業員2名で行い、作業時間は約2時間であった。

配置完了後、注入口へのサクシオンホースの取付は、バックホウでサクシオンホースを吊った状態で、普通作業員1名にて接続した。作業時間は5分であった。



(a) 設備の配置



(b) 注入口

写真Ⅱ-3. 19. 3. 3 充填設備の配置状況

3) 試験体B充填作業

充填は6インチのサンドポンプを用いて実施した。しかし、排水口を天端に1箇所しか設けておらず、排水が追いつかないため、4インチのサンドポンプに変更した。

水槽内にバックホウで砂を投入し、普通作業員が水槽内の砂を監視した。注入口で充填状況を普通作業員が監視し、サンドパック内の砂の充填状況に応じ、分電前の作業員にサンドポンプの電源入り切りを指示した。充填時間は33分であった。



(a) 充填開始



(b) 充填中



(c) 充填中



(d) 充填完了

写真Ⅱ-3. 19. 3. 4 試験体Bの充填状況

4) サクションホースの付替え

試験体Bが完成した後、サクションホースを外し（写真Ⅱ-3. 19. 3. 15）、試験体Aの注入口へサクションホースを移動、注入口へ取付けた。バックホウでサクションホースを吊った状態で、普通作業員1名にて接続した。作業時間は5分程度（1回当たり）であった。

5) 試験体A 充填作業

充填は 4 インチのサンドポンプを用いて実施した(写真Ⅱ-3.19.3.5)。人員は1袋目と同じで、普通作業員3名で、バックホウ1台であり、充填時間は64分であった。

なお、途中で充填具合を確認し、注入口を反対側へ移動し、再度充填した。



(a) 注入口取外し



(b) 試験体A 充填



(c) 完成状況



(d) 完成状況

写真Ⅱ-3.19.3.5 試験体Aの充填状況

6) 補足充填

注入口部は、大口径のポンプを使用しているため、ポンプ運転停止時に、水流の影響で窪みができる(写真Ⅱ-3.19.3.6)。そこで、補足充填を試みた。

注入口から、移植コテで砂を入れ、バケツで水を入れながら奥へ流し込んだ(写真Ⅱ-3.19.3.7)。1箇所当たり、普通作業員2名で作業時間は20分であった。

バケツで入れた水の排水ができないため、周囲の砂に浸透していくのを待つ必要があり、十分に充填することができなかった。



写真Ⅱ-3.19.3.6 注入口付近の空隙



写真Ⅱ-3.19.3.7 補足充填

充填作業に必要な人員、機材および作業時間をまとめると表Ⅱ-3.19.3.2のとおりである。

表Ⅱ-3.19.3.2 充填作業時間および人員・機材

作業項目	時間	人員	機材	備考
袋材設置	10分	普通作業員3名 特殊運転手1名	バックホウ (0.25m ³) 1台	床付け面への資材搬入にバックホウを使用。
機材配置	120分	普通作業員2名 特殊運転手2名	バックホウ (0.25m ³) 1台 バックホウ (0.7m ³) 1台	
充填工B	33分35秒	普通作業員2名 特殊運転手1名	バックホウ (0.7m ³) 1台 サンドポンプ (4吋7.5kw) 1台 発動発電機 (45kvA) 1台 分電盤 1基 サクションホース 70m	途中6吋から4吋へ変更した。
ホース付替	12分30秒	普通作業員2名	バックホウ (0.7m ³) 1台	ホースの移動にバックホウを使用。
充填工A	64分10秒	普通作業員2名 特殊運転手1名	バックホウ (0.7m ³) 1台 サンドポンプ (4吋7.5kw) 1台 発動発電機 (45kvA) 1台 分電盤 1基 サクションホース 70m	

7) 埋戻し

土留めに使用した土のうを撤去し、周囲の埋戻し作業を行った。



(a) 埋戻し作業



(b) 埋戻し完了

写真Ⅱ-3.19.3.8 埋戻し作業

(5) 出来形確認

1) 高さ

図Ⅱ-3.19.3.3に充填後の高さを示す。中央部(測線C)は、計画高1.0mに対して平均で0.92mとなっている。NO.5は目地部であるが、若干、本体部に比べると高さができていないものの、ほぼ計画どおりにできていることがわかる。

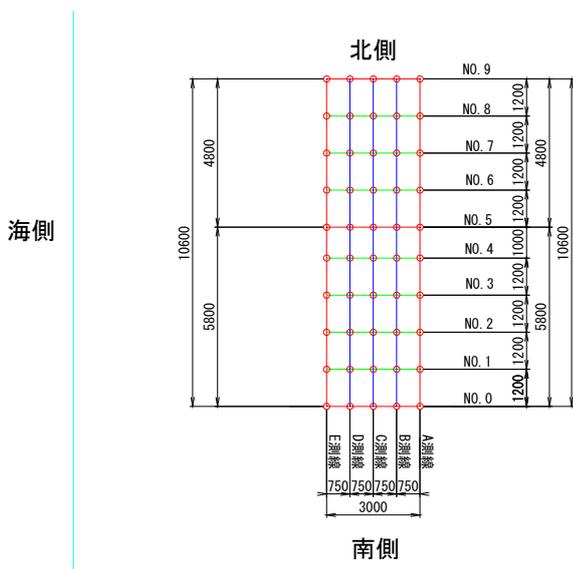
高さ

測点	測線					備考
	A	B	C	D	E	
NO.0	0.159	0.210	0.225	0.189	0.135	端部
NO.1	0.345	0.789	0.860	0.778	0.334	
NO.2	0.374	0.841	0.922	0.864	0.375	
NO.3	0.360	0.860	0.955	0.895	0.420	
NO.4	0.347	0.841	0.915	0.899	0.423	
NO.5	0.375	0.828	0.890	0.841	0.311	目地部
NO.6	0.420	0.895	0.961	0.845	0.340	
NO.7	0.424	0.891	0.971	0.835	0.320	
NO.8	0.385	0.834	0.915	0.758	0.292	
NO.9	0.199	0.220	0.238	0.191	0.129	端部
基準高	0.000					

幅

測点	計測項目		備考
	幅	袋長	
NO.0	2.90	2.90	端部
NO.1	2.65	3.09	
NO.2	2.65	3.09	
NO.3	2.66	3.09	
NO.4	2.66	3.10	
NO.5	2.61	3.08	目地部
NO.6	2.67	3.06	
NO.7	2.65	3.08	
NO.8	2.68	3.06	
NO.9	2.92	2.92	端部
平均	2.65	3.08	NO.1~NO.8
設計値		3.00	

(単位:m)



図Ⅱ-3.19.3.3 出来形

2) 幅

図Ⅱ-3.19.3.3に充填後の幅を示す。

両端部を除く平均幅は2.65mであり、設計値2.51mに対して14cmの誤差である。また、平均袋長は3.08mで、設計値3.00mに対して、約2.7%長くなった。これは、基布の伸びと考えられる。

幅については設計値を確保できたが、高さについては約8cmのマイナスとなった。今回の試験施工については施工時間のこともあり、最後の調整のための充填ができなかったこともあるが、袋の製作に関してはプラス10cmとしておくことで対処する。

3) 試験体の体積

測定の結果、サンドパックの充填体積は以下のとおりと考えられる。

①試験体A

標準部： $V = (\text{幅 } 2.65\text{m}/2 \times \text{高さ } 0.92\text{m}/2) \times \pi \times \text{標準部長さ } 3.8\text{m} = 7.26\text{m}^3$

両端部： $V = (\text{幅 } 2.65\text{m}/2 \times \text{高さ } 0.92\text{m}/2) \times \pi \div 2 \times 2 \text{ (両側)} = 1.91\text{m}^3$

合計： $V = 7.26 + 1.91 = 9.17\text{m}^3$

②試験体B

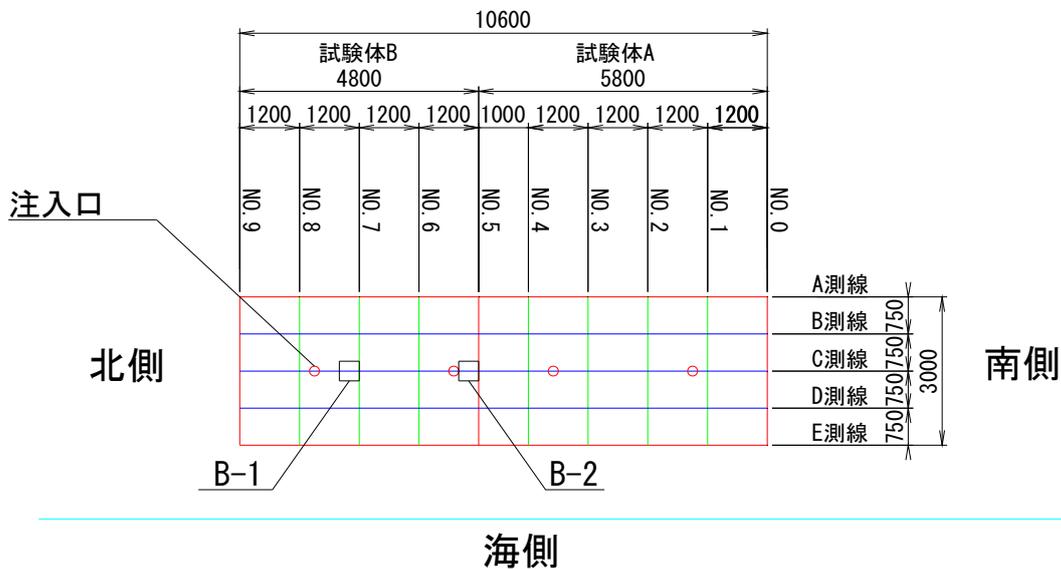
標準部： $V = (\text{幅 } 2.65\text{m}/2 \times \text{高さ } 0.92\text{m}/2) \times \pi \times \text{標準部長さ } 2.8\text{m} = 5.36\text{m}^3$

両端部： $V = (\text{幅 } 2.65\text{m}/2 \times \text{高さ } 0.92\text{m}/2) \times \pi \div 2 \times 2 \text{ (両側)} = 1.91\text{m}^3$

合計： $V = 5.36 + 1.91 = 7.27\text{m}^3$

4) 充填後の密度

充填後の密度を計測した。B試験体から2試料を採取した。採取位置は図Ⅱ-3.19.3.6に示すとおりである。砂置換による現場計測の結果、密度は1.514t/m³であることがわかった。



図Ⅱ-3.19.3.4 採取位置



(a)採取準備



(b)砂置換作業

写真Ⅱ-3.19.3.9 現場密度試験の状況

したがって、各サンドバックの重量は以下のとおりと考えられる。

①試験体A

$$W=9.17 \text{ m}^3 \times 1.514 \text{ t/m}^3 = 13.88 \text{ t}$$

②試験体B

$$W=7.27 \text{ m}^3 \times 1.514 \text{ t/m}^3 = 11.01 \text{ t}$$

(6) 目地部の確認

目地部は、図Ⅱ-3.19.3.3に示すとおり、高さで計画-11 cm、幅で計画-19 cmとなった。

写真Ⅱ-3.19.3.10に示すように、側面から見た場合、目地部に近い部分が多少下がっているように見えるが、ほぼ標準部と同じ断面が形成されることがわかった。



(a)側面



(b)縦断方向

写真Ⅱ-3.19.3.10 目地部の状況

(7) 耐荷重および走行性の確認

写真Ⅱ-3.19.3.11に示すように、サンドバック上を、0.25m³ バックホウ(ゴムキャタピラー)、0.7m³ バックホウ(鋼製キャタピラー)、普通自動車(SUV車)の順で、サンドバック横断方向(陸-海方向)に1往復させた。

いずれの場合も、破れ、穴あきなどの損傷は見られなかった。

また、走行性の確認として、汀線方向に普通自動車を走行させた。3往復させたが、サンドバックに問題はなく、車の走行も問題なく行えた。



(a)バックホウ (0.25m³) 載荷



(b)バックホウ (0.7m³) 載荷



(c)普通自動車載荷



(d)普通自動車走行後

写真Ⅱ-3. 19. 3. 11 耐荷重および走行性の確認

また、サンドパック内のポータブルコーン貫入試験を実施した。試験結果は表Ⅱ-3. 19. 3. 3 に示すとおりである。なお、なぎさドライブウェイとの比較を行うため、なぎさドライブウェイの任意の2点についても試験を実施した。

試験の結果、サンドパック内の砂は、表層では強度が小さいものの、30 cm程度貫入するとなぎさドライブウェイと同等の強度を有することがわかる。

一般的にダンプトラックの走行に必要なコーン指数は、1,200kN/m²とされている。

普通乗用車の場合、車の重量が約1.6tとした場合、タイヤの設置幅が20 cm×20 cmとし、接地圧は1600/4/0.04=1kgf/cm² (100kN/m²)となる。

表Ⅱ-3. 19. 3. 4 に示すとおり、接地圧100kN/m²のときのコーン指数は、ブルドーザ2 t級では、約700kN/m²となる。

したがって、コーン指数で700kN/m²あれば、普通乗用車の走行には支障はないものと考えられる。サンドパック表面(20 cm以深)のコーン指数は700程度なので、普通乗用車であれば問題ないものと考えられる。

上記の記載するように袋材はある程度の耐久性に優れていることを確認しているが、サンドパック上でカタピラにより偏荷重をかける行為、直接走行する行為や重機で急旋回する行為は袋材の破損につながる可能性が有るため避けることを基本とする。

表Ⅱ-3.19.3.3 ポータブルコーン貫入試験結果

地点	測定深さ(m)	コーン貫入抵抗(kN/m ²)	備考
試験体A	0.1	745	
	0.2	1045	
	0.3	1216	
サンドバックB	0.1	501	
	0.2	897	
	0.3	1207	
	0.4	1342	
なぎさドライブウェイA	0.1	1422	
なぎさドライブウェイB	0.1	1351	

表Ⅱ-3.19.3.4 コーン指数と接地圧の関係

建設機械の種類	コーン指数 qc(kgf/cm ²)	接地圧(kgf/cm ²)
超湿地ブルドーザ	2	0.15~0.23
湿地ブルドーザ	3	0.22~0.43
中型普通ブルドーザ	5	0.5~0.6
大型普通ブルドーザ	7	0.6~1.0
スクレープドーザ	6	0.41~0.56
被けん引式スクレーパ	7	1.3~1.4
モータスクレーパ	10	4.0~4.5
ダンプトラック	12	3.5~5.5

道路土工-調査指針 一部加筆

(8) 再利用可能な撤去方法の確認

写真Ⅱ-3.19.3.12 に示すように再利用可能な袋材の撤去方法を確認した。試験体Bの周囲を床掘りし、バックホウにより試験体Bを破碎した。試験体Aの目地部の土木シート部を露出し、カッターで開口した。注入口にサクシオンホースを入れ排砂を行った。その結果、開口部から砂が流出した。排出した砂は、バックホウにより掻出した。ある程度砂が抜けた時点で、サクシオンホースをもう一方の注入口に移動し排砂した。

砂が抜けてくると、周囲の土砂が崩れ始め、サンドバックの上部に乗りかかり、崩れた土砂の重量で、中の砂が抜けにくくなった。このため、周囲の土砂を取り除き、再度排砂を行った。

概ね、砂が抜けた時点で注入口にロープをかけて吊上げたが、サンドバック内に砂が残っていることがわかった。

撤去作業時の人員、機材および作業時間は表Ⅱ-3.19.3.5 のとおりである。所用時間は約 70 分であったが、約半分の排砂量であったと思われる。したがって、排砂に関しては、約 2 倍の時間がかかるものと考えられる。

現在の計画では、サンドバックの長さを 20m としているが、20m の袋についても時間をかければ、排砂することができるものとする。

第Ⅱ編 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」報告書
 Ⅱ-3 前田工織（株）の試験結果



(a) 端部開口前



(b) 端部開口後



(c) 排砂開始



(d) 排砂中



(e) 吊上げ



(f) 砂の残り状況

写真Ⅱ-3. 19. 3. 12 再利用可能な袋材撤去方法の確認

表Ⅱ-3.19.3.5 撤去作業時間および人員・機材

作業項目	時間	人員	機材	備考
端部開口	10分	普通作業員2名	なし	
ホース取付	5分	普通作業員2名 特殊運転手1名	バックホウ(0.25m ³)1台	
排砂	9分20秒	普通作業員2名 特殊運転手1名	バックホウ(0.7m ³)1台 サトポンプ(4吋7.5kw)1台 発動発電機(45kvA)1台 分電盤 1基 サクションホース 70m	開口部側より送水
ホース付替	5分	普通作業員2名 特殊運転手1名	バックホウ(0.25m ³)1台	
排砂	34分25秒	普通作業員2名 特殊運転手1名	バックホウ(0.7m ³)1台 サトポンプ(4吋7.5kw)1台 発動発電機(45kvA)1台 分電盤 1基 サクションホース 70m	奥側より送水

結論として、再利用可能な撤去方法は確立できなかった。表Ⅱ-3.19.3.6に、課題とその対策について整理する。

表Ⅱ-3.19.3.6 撤去方法の課題と対策

	課題	対策
1	埋没した状態から排砂した場合、パック内の土砂が排出された際、周囲の土砂がパック側に崩れ、掘り起こしが必要となる。	事前に、周囲は床掘りをかけて、周囲の土砂と縁切りをする必要がある。この際、パックを傷つけないように留意する必要がある。
2	排水口からの送水のみでは、十分に排砂することができない。	排水口または端部を開口した部分から、高圧ポンプ等で砂を洗い流す必要がある。
3	袋を吊り出す際に、重機のフックに掛けにくい。	適度な位置に重機のフックを掛けられる、ベルトを設ける。

(9) 仮締切

写真Ⅱ-3.19.3.13に示すように、汀線際に大型土のうを並べて、波除け効果を確認した。試験の結果、完全に波を止めることはできなかったが、ある程度は遡上を抑制することができた。大型土のうの隙間から、波が浸入し、徐々に隙間が侵食を受けていた。大型土のうを2列にすることや遮水シートを併用することの検討が必要である。



(a) 仮締切試験



(b) 隙間の侵食状況

写真Ⅱ-3. 19. 3. 13 汀線際における大型土のうでの仮締切の施工性確認

Ⅱ-3. 20 福井県浜住海岸施工実験(パイル付きシート)

Ⅱ-3. 20. 1 概要

(1) 目的

本実験は、浜住海岸における浜崖対策を砂袋で行うに際し、機能や施工方法の確認を行うために実施した。
また、サンドバイパスや袋詰め工法で用いる砂の輸送・充填用のポンプについて輸送力の能力を確認するために実施した。

(2) 日時

平成23年3月23日

(3) 場所

福井県福井市浜住町海岸(鷹巣海水浴場) (図Ⅱ-3. 20. 1. 1 参照)



図Ⅱ-3. 20. 1. 1 位置図

Ⅱ-3. 20. 2 実験計画

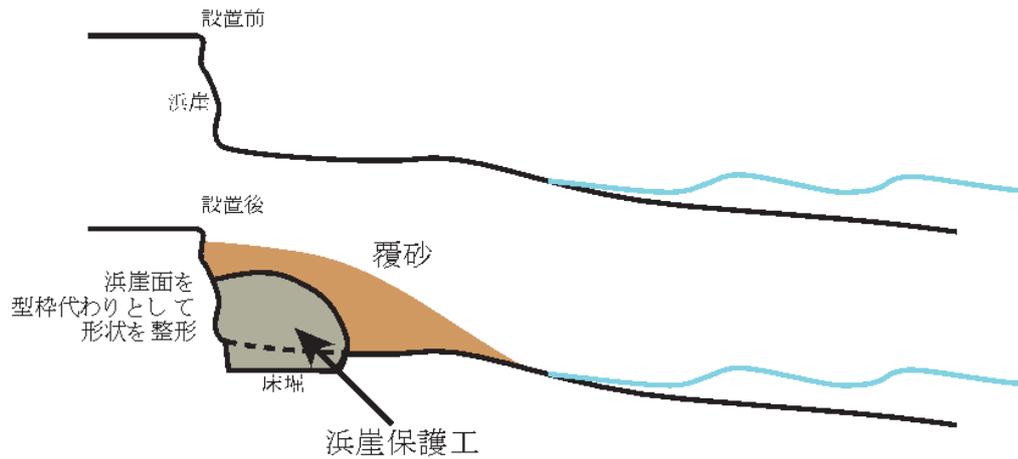
(1) 内容

直径1.3m、有効延長4mの砂袋に現地の砂をサンドポンプにより充填した。充填する土砂量は約 5.3m^3 とする。サンドポンプは、22kw4吋横型サンドポンプおよび37kw6吋強力型サンドポンプを使用する。

実験のイメージは写真Ⅱ-3. 20. 2. 1 および図Ⅱ-3. 20. 2. 1 のとおりである。



写真Ⅱ-3. 20. 2. 1 現地の概況と全体イメージ

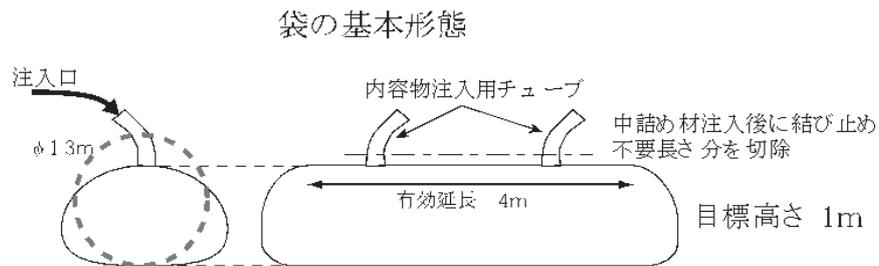


図Ⅱ-3.20.2.1 断面イメージ

(2) 試験体

試験体は、耐摩耗性のある外袋とチューブ構造を保持する内袋の2重構造からなるものを用いる。

サンドバックの寸法は、直径 1.3m、長さ 4.0mとする。充填後の出来形は、高さ 1.0m、有効長さ 4.0m を目標とする。



図Ⅱ-3.20.2.2 試験体の形態

(3) 使用する設備

1) 重機

0.45m³掘削機・・・2台

2) 機器

45kVA 発電機・・・1台

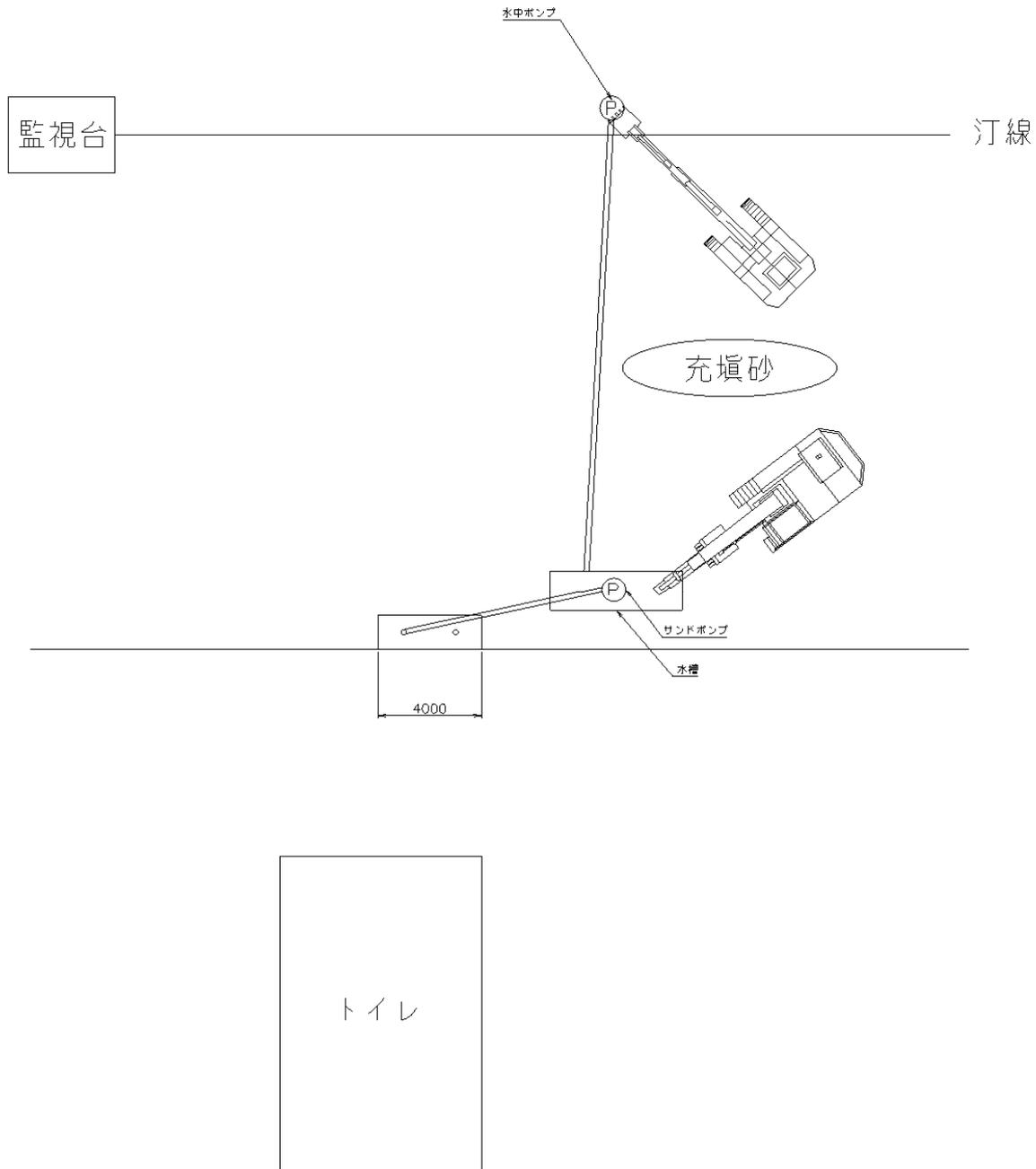
22kw4 吋横型サンドポンプ・・・1台

37kw6 吋協力型サンドポンプ・・・1台

4 吋水中ポンプ・・・1台

5m³水槽・・・1基

現地の配置計画は、図Ⅱ-3.20.2.3 に示すとおりである。



図Ⅱ-3. 20. 2. 3 施工配置図

Ⅱ-3. 20. 3 実験結果

(1) サンドパック製作

サンドパック製作の状況は、写真Ⅱ-3. 20. 3. 1に示すとおりである。サンドパック設置高まで床掘りを行った後、袋材を床付け面に設置した。直接、汀線付近から砂を採ることも考えたが、波の影響でサンドポンプが一定量で海水および砂を吸い上げることができなかつたため、用意した水槽の中にサンドポンプを入れて充填した。

充填完了後、注入口を結び、蓋を閉めた。



(a) 床掘り状況



(b) 袋材設置



(c) 充填状況①



(d) 充填状況②

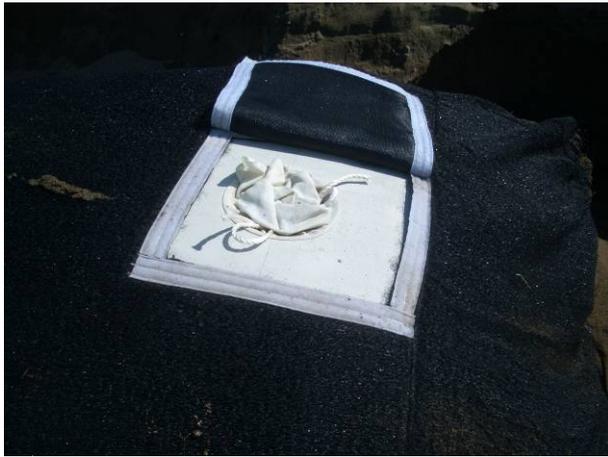


(d) 充填状況③



(e) 水槽内の状況

写真Ⅱ-3. 20. 3. 1(1) サンドパック製作状況



(f) 注入口



(g) 注入口のカバー



(h) 完成後上方



(i) 完成後海側正面



(j) 完成後側面①



(k) 完成後側面②

写真Ⅱ-3. 20. 3. 1 (2)

サンドパック製作状況

(2) 実施工程

実施工程は表Ⅱ-3.20.3.1のとおりである。3月22日の試運転では、サンドポンプにより大型土のうに充填を試みたもので、3月23日の試運転は、試験体と同じ寸法の内袋のみで充填を試みたものである。機材の配置等、試行錯誤を繰り返したため、時間を要しているが、保実験では充填作業は1時間で完了した。袋材の設置を含めても1時間10分程度であった。

表Ⅱ-3.20.3.1 実施工程表

3月22日(火)										
作業項目	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
作業前打合せ	■									
機材搬入	■	■								
機材据付け		■	■							
ポンプ吊り			■	■	■					
ポンプ設置						■				
試運転						■	■	■	■	■
3月23日(水)										
作業項目	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
作業前打合せ	■									
安全設備設置	■									
試運転		■	■	■	■					
床掘					■					
袋材設置						■				
充填作業						■	■			
出来形確認							■	■	■	■
あと片づけ								■	■	■

(3) 機器材使用実績

充填に使用した機器材は表Ⅱ-3.20.3.1のとおりである。

表Ⅱ-3.20.3.1 機器材使用実績

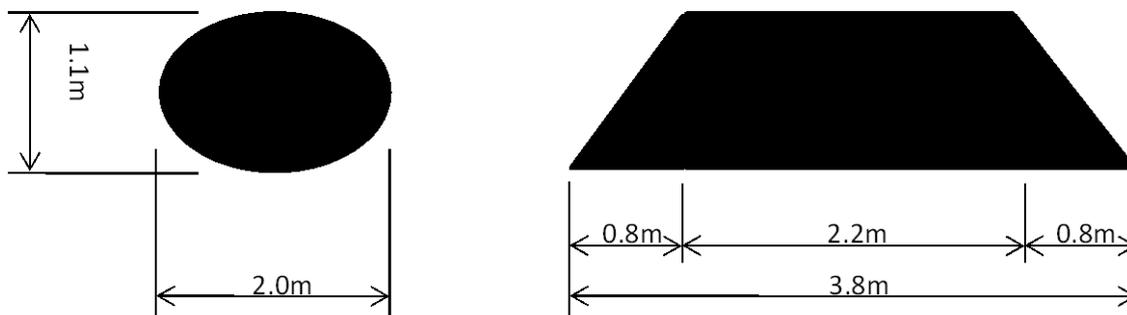
機器名	規格・性能	数量	単位	使用工種	備考
水中サンドポンプ	6吋(縦型)	1	台		11kw
水中サンドポンプ	4吋(横型)	1	台		11kw
発電機	45kVA	1	台		
鋼製水槽	10m ³	1	台		
サクシオンホース	6吋	50	m		
サクシオンホース	4吋	50	m		
バックホウ	0.8m ³ (山積み)	2	台	ポンプ吊込み	クレーン仕様

(4) 出来形確認

出来形は表Ⅱ-3.20.3.1および図Ⅱ-3.20.3.1のとおりである。

表Ⅱ-3.20.3.1 出来形

項目	数量	単位	備考
高さ	110	cm	
幅	200	cm	
長さ	有効延長	220	cm
	全体延長	380	cm
充填土砂量	5.2	m ³	$\pi \times 1.0 \times 0.55 \times \{2.2 + (0.8 + 0.8)\} \div 2$
充填時間	60	分	



表Ⅱ-3.20.3.1 出来形図



(a) 高さ確認



(b) 幅確認

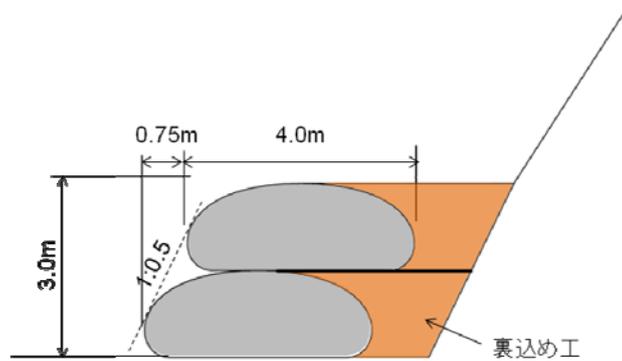
写真Ⅱ-3.20.3.1 出来形確認状況

Ⅱ-3.21.2 実験計画

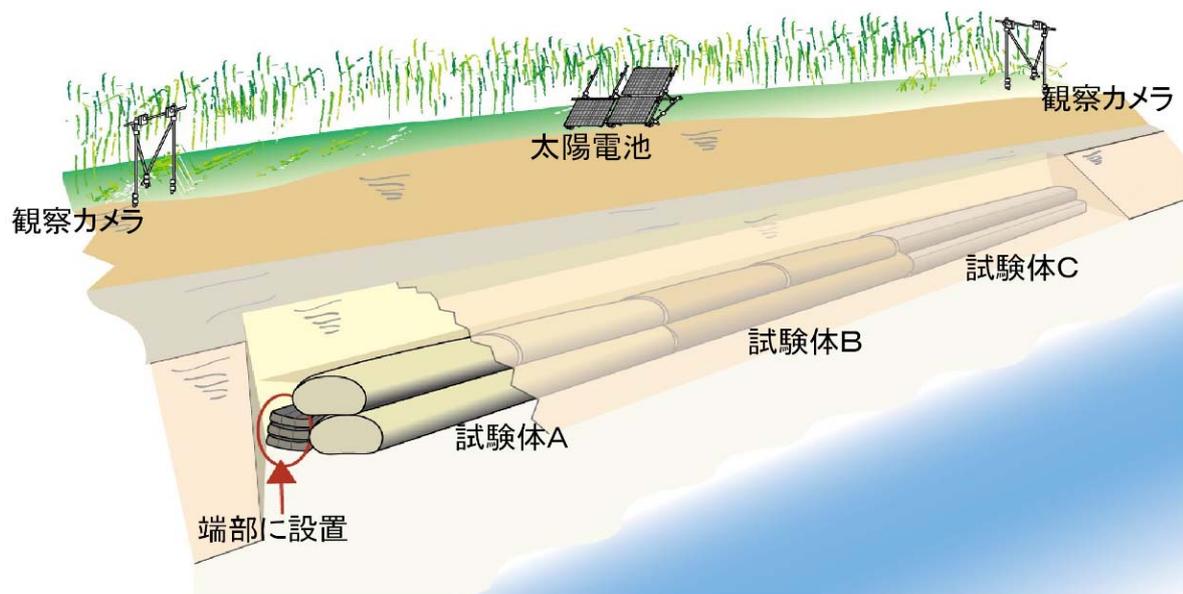
(1) 内容

実験は宮崎海岸の浜崖前面に、図Ⅱ-3.21.2.1に示す幅4.0m、高さ1.5mのサンドバックを5分勾配で積層する。施工延長は20mとし、上段は10mを2袋接続し、下段は10mを1袋とする。

設置後のイメージは図Ⅱ-3.21.2.2に示すとおりである。施工後の観測のため、浜崖の肩部に監視カメラを設け、定点観測を実施する。なお、監視カメラは太陽電池を動力とする。



図Ⅱ-3.21.2.1 標準断面図



図Ⅱ-3.21.2.2 設置後のイメージ

表Ⅱ-3.21.2.1 サンドバックの諸元

項目	数値	単位	備考
幅	4.0	m	
高さ	1.5	m	
周長	9.5	m	
延長	10.0(20.0)	m	()内は下段の値
断面積	5.2	m ²	推定値

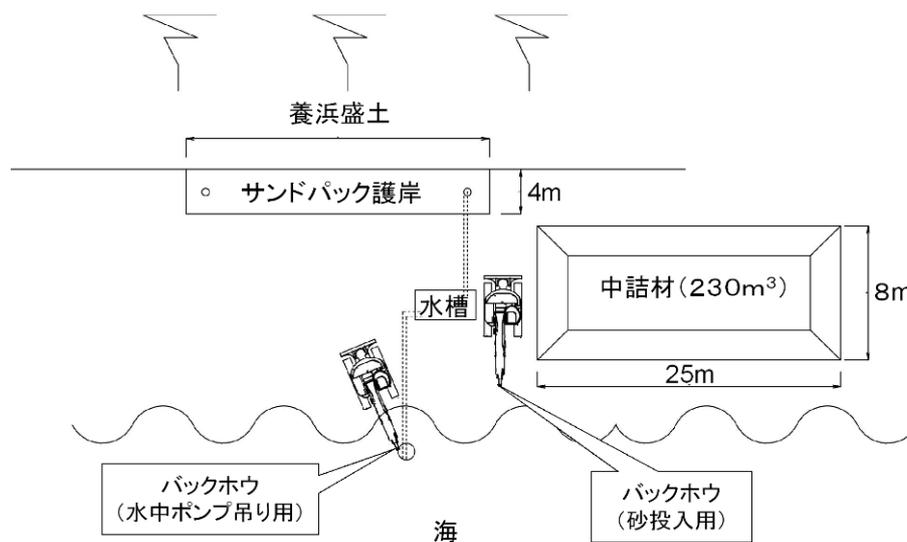
(2) 使用機器

使用機器は、表Ⅱ-3.21.2.2のとおりである。

施工時の機材関係の配置図は図Ⅱ-3.21.2.2のとおりである。

表Ⅱ-3.21.2.2 使用機材

機器名	規格・性能	数量	単位	備考
水中サンドポンプ	6吋(縦型)	1	台	11kw、充填用
水中サンドポンプ	6吋	1	台	11kw、水供給用
発電機	25kVA	1	台	
鋼製水槽	10m ³	1	台	
サクシオンホース	6吋	50	m	2本
バックホウ	0.8m ³ (山積み)	1	台	中詰材充填用
バックホウ	0.2m ³ (山積み)	1	台	ポンプ固定用



図Ⅱ-3.21.2.2 機材配置図

(3) 工程

工程は、表Ⅱ-3.21.2.3のとおりである。

表5-22.2.3 工程

作業工種	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日
機材、材料搬入	→								
袋材敷設工		→							
充填工1段目		→							
裏込め工1段目			→						
袋材敷設工				→					
充填工2段目				→					
裏込め工2段目					→				

* サンドバック充填は1日当たり90m³で算出。

1段目：58m³×2本 2段目：115m³×1本

* 裏込め工は、1段1日として算出。

* 朱書きの工程は、別途工事。

Ⅱ-3. 2.1. 3 実験結果

(1) サンドパック製作

サンドパックの製作状況は、写真Ⅱ-3.21.3.1に示すとおりである。設置高まで床掘りを行った後、袋材を展開した。袋材設置の際、木材による丁張りを設け、線形の管理および高さの管理を実施した。

上段は、2袋を接続する計画であったが、5.17 石川県千里浜海岸施工実験で行った方法で接続した。

また、隣接する工区との接続については、外装材同士をロープにより連結する方法で処理を行った。標準部に比べ若干の段差が生じたが、おおむね完成形には近づけることができた。

隣接工区との接続部、端部については裏込め土砂の吸出し対策として、グラベルマットを設けた。

埋戻し時に、埋戻し材を締固めるため散水を行ったが、ポンプからの水の勢いが強く、埋戻し砂を流してしまうため、とりやめることとした。施工時には、潮位が上がると、ある程度波が被ることで自然状態程度までは締固められるものと思われる。

基本的に、砂浜海岸における施工性は問題ないことが確認されたが、1段目を施工した後、満潮と波浪の影響で1段目天端まで波が到達し、一時的に展開したサンドパックが砂に埋まった。波が高くなることが予想される場合は、あらかじめ波止めなどを設けることが肝要である。



(a) 袋材の展開



(b) 1段目充填



(c) 充填材の投入



(d) 1段目完成

写真Ⅱ-3.21.3.1(1) サンドパック製作状況



(e) 埋戻しの状況



(f) 水締め状況



(g) 隣接工区との接続処理状況



(h) 隣接工区との接続（充填前）



(i) 隣接工区との接続（完成）



(j) 2段目の袋材が波浪を受けた状況

写真Ⅱ-3. 21. 3. 1(2) サンドパック製作状況



(k)2段目接続部



(l)2段目完成

写真Ⅱ-3.21.3.1(3) サンドパック製作状況

(2)実施工程

実施工程表は、表Ⅱ-3.21.3.1のとおりである。おおむね、計画どおりの工程であった。袋材の設置から充填完了まで、1段当り1日の工程であった。なお、3/3~3/7については、波浪の影響で工事が中断している。

表Ⅱ-3.21.3.1 実施工程

作業工種	3/2	・・・	3/8	3/10	3/11	6日
機材、材料搬入	→					
遮水シート 袋材敷設工			→			
充填工1段目			→			
裏込め工1段目				→		
遮水シート 袋材敷設工					→	
充填工2段目					→	
裏込め工2段目						→
後片づけ・搬出						→

(3) 機器材使用実績

機器材の使用実績は、表Ⅱ-3.21.3.2のとおりである。

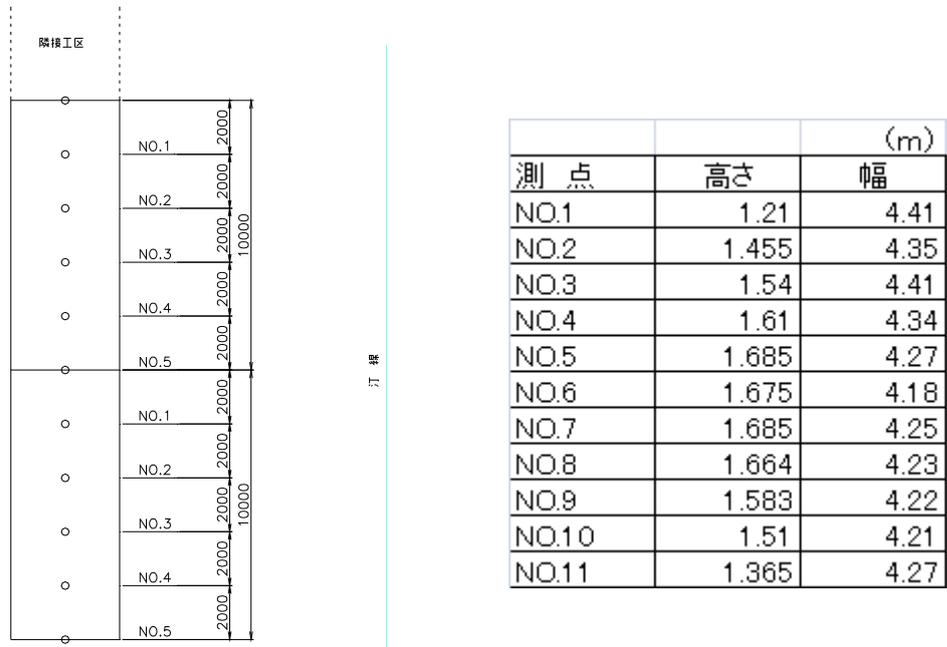
表Ⅱ-3.21.3.2 機器材使用実績

機器名	規格・性能	数量	単位	備考
水中サンドポンプ	6吋(縦型)	1	台	11kw、充填用
水中サンドポンプ	6吋	1	台	11kw、水供給用
発電機	25kVA	1	台	
鋼製水槽	10m ³	1	台	
サクシヨンホース	6吋	50	m	2本
バックホウ	0.8m ³ (山積み)	1	台	中詰材充填用
バックホウ	0.8m ³ (山積み)	1	台	ポンプ固定用

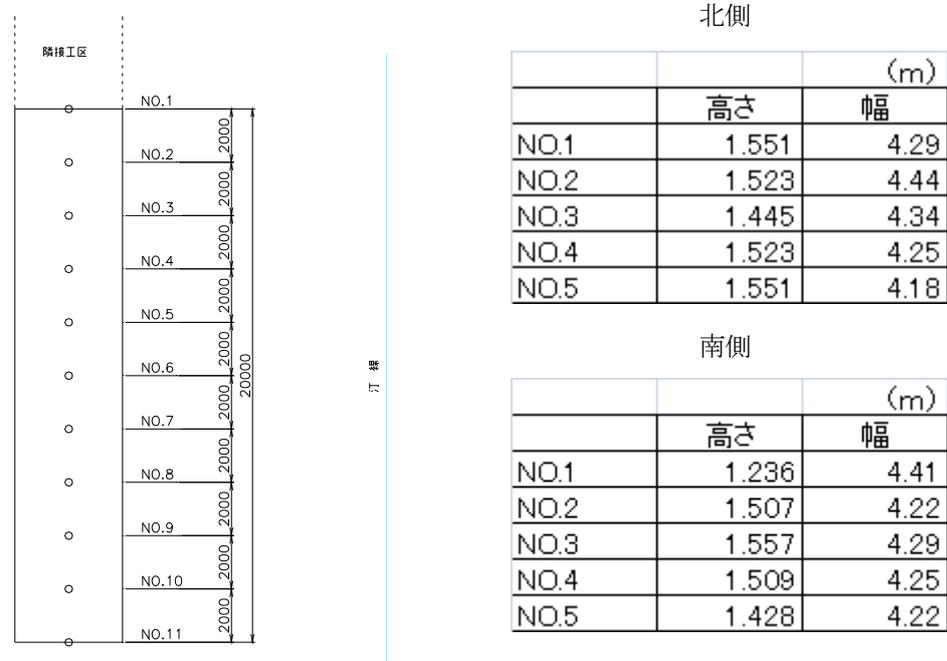
(4) 出来形確認

サンドパックの出来形は表Ⅱ-3.21.3.3のとおりである。いずれの断面でも、計画値を満足している。

表Ⅱ-3.21.3.3 出来形表
 (a) 上段サンドパック



(a) 下段サンドパック



Ⅱ-3. 21. 4 撤去工事

(1) 概要

平成25年2月27日(水)～3月2日(土)にかけて撤去工事を実施した。撤去時の状況は写真Ⅱ-3. 21. 4. 1に示すとおりである。

撤去はバックホウ(0.8m³山積み)2台で行い、袋材はキャリヤダンプにて仮置き場へ移動後、産廃処理した。また、撤去作業時にサンプルを採取し、約1年後の残存強度を確認した。



(a) 撤去前の状況 (南側)



(b) 撤去前の状況 (北側)



(c) 解体の状況



(d) サンドパック運搬状況



(e) 産廃処分



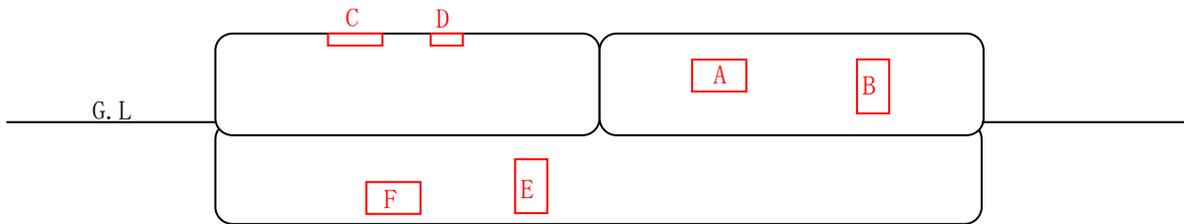
(f) 埋戻し (養浜盛土)

写真Ⅱ-3. 21. 4. 1 撤去時の状況

(2) 袋材の強度試験

強度試験を行う供試体は図Ⅱ-3.21.4.1に示すとおり、上段サンドバック側面および天端部、下段サンドバック側面から採取した。

上段サンドバックは、部分的に露出していたこともあり、最も厳しい環境下にあったものと推測される。採取状況は写真Ⅱ-3.21.4.2に示すとおりである。



図Ⅱ-3.21.4.1 供試体の採取位置



(a) 供試体 A および B 採取状況



(b) 供試体 C 採取状況



(c) 供試体 D 採取状況



(d) 供試体 E および F 採取状況

写真Ⅱ-3.21.4.2 供試体の採取状況

袋材の引張強さ試験は、写真Ⅱ-3.21.4.3に示すとおり JIS L 1096 に準拠した試験を実施した。引張強さ試験前後の供試体は写真Ⅱ-3.21.4.4のとおりである。



写真Ⅱ-3.21.4.3 試験状況



写真Ⅱ-3.21.4.4 試験前後の供試体

試験結果は表Ⅱ-3.21.4.1に示すとおりである。ばらつきが見られるが、初期強度(周方向 157kN/m、軸方向 147 kN/m)の90%以上を保持しており、1年間の設置期間では、ほとんど劣化は見られない。

表Ⅱ-3.21.4.1 試験結果

(a) 周方向

位置	現地時間(y)	引張強度(kN/m)	強度保持率(%)	引張強度(N/3cm)
D:上段天端	1	170.8	108.8	5125
B:上段側面	1	154.5	98.4	4634.2
E:下段側面	1	152.3	97.0	4567.5

(b) 軸方向

位置	現地時間(y)	引張強度(kN/m)	強度保持率(%)	引張強度(N/3cm)
C:上段天端	1	152.4	103.6	4570.8
A:上段側面	1	144.1	98.1	4324.2
F:下段側面	1	139.2	94.7	4175.0

Ⅱ-3. 22 伊良部での現地試験

Ⅱ-3. 22. 1 概要

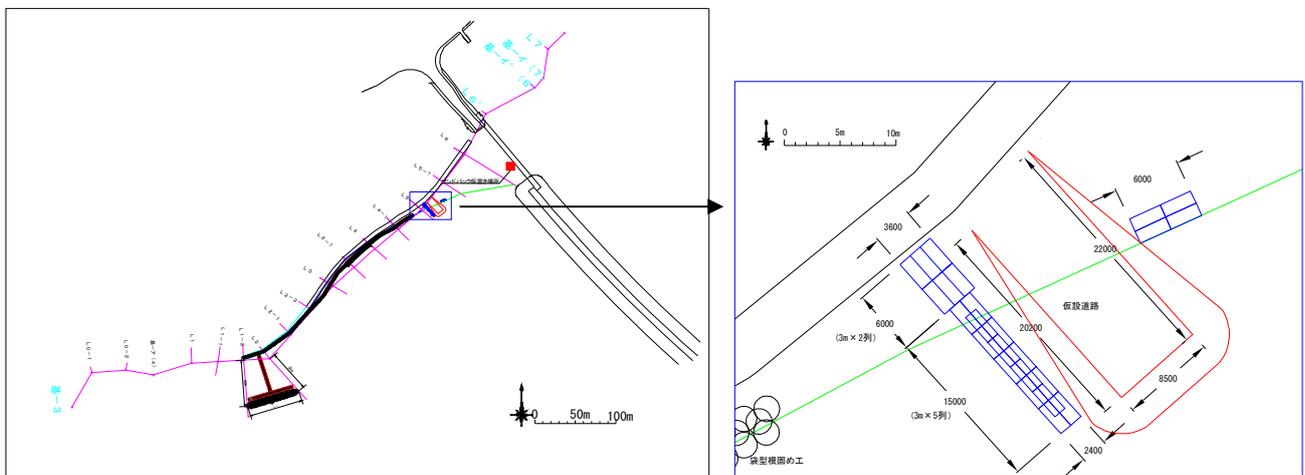
(1) 実験目的

サンドバックを現地に設置した時の袋材への影響を確認するために小型のサンドバックを沖縄県宮古島市伊良部島海岸に設置した。素材の異なる袋材を設置することで、袋の素材による耐久性の違いについて検証した。

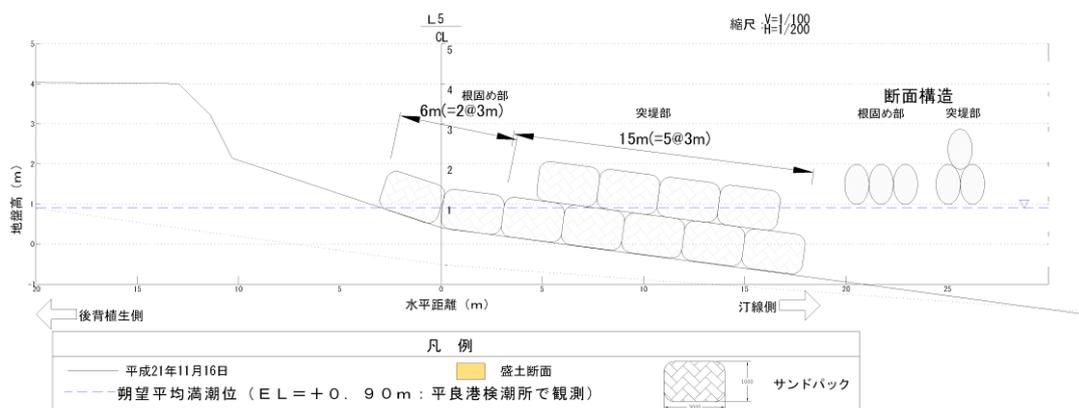
(2) 実験方法

俵型サンドバックを用いて突堤型と護岸型に設置した（図Ⅱ-3.22.1.1、図Ⅱ-3.22.1.2）。サンドバック試験体は周長3m、長さ3mで、出来型形状は高さ1m、幅1.2m、長さ3mとなるように現地のサンゴ砂を充填した。施工状況について写真Ⅱ-3.22.1.1に示す。

設置後、サンドバック天端高の測量を行い、沈下・変形の経過観測を実施した。また、試験体撤去前に回収した袋材のサンプルを引張試験にかけて強度保持率を算定した。



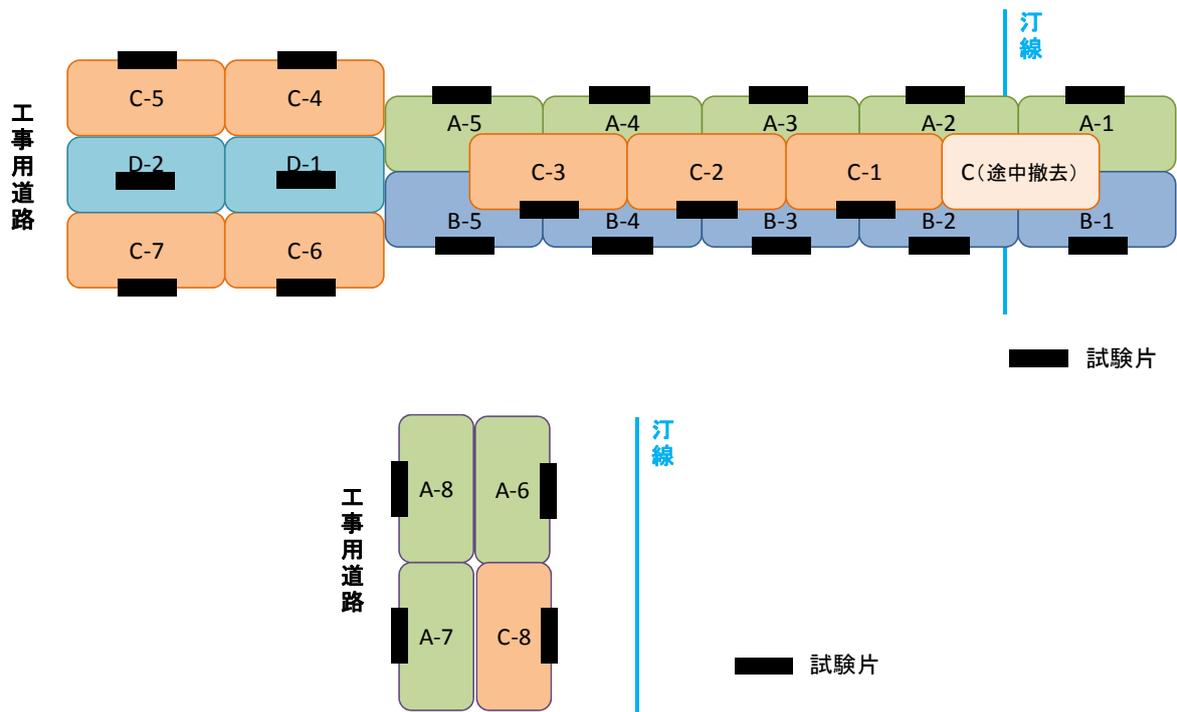
図Ⅱ-3.22.1.1 実験場所平面図



図Ⅱ-3.22.1.2 サンドバック突堤断面図

製作型枠の設置	
	
充填	
	
搬出状況	
<p>搬出</p> 	<p>搬出</p> 
設置	
	

写真Ⅱ-3.22.1.1 サンドパック施工写真



図Ⅱ-3. 22. 1. 3 サンドバック試験体設置位置（上図；突堤型、下図；護岸型）

表Ⅱ-3. 22. 1. 1 サンドバック試験体

試験体	構造	サンドバック数量
A	2重袋 (外) 環状パイル付編織布（黒原着ポリエステル） (内) ポリエステル織布	8袋
B	2重袋 (外) 直状パイル付編織布（黒原着ポリエステル） (内) ポリエステル織布	7袋
C	2重袋 (外) 黒原着ポリエステル織布 (内) ポリエステル織布	8袋
D	不織布付ポリエステル織布	2袋

表Ⅱ-3. 22. 1. 2 実験中のイベント

日時	イベント	備考
2011/3/3	サンドバック設置	
2011/5/28	台風2号	波高 4.68m、周期 11.5s
2011/8/6	台風9号	波高 4.13m、周期 8.6s
2013/2/24	撤去	

*波高、周期はナウファス（平良港）のデータを参照。

Ⅱ-3. 2.2. 2 経過状況

(1) 定点観測

定点観測している中で、2011年6月17日に写真Ⅱ-3.22.2.1に示すように試験体Cの外袋材のマジックテープの蓋が開いていることを確認した。原因は表Ⅱ-3.22.2.1に示すようにマジックテープが基布の引張強度以下であることと施工時に砂が噛んでさらに強度低下したためと推定される。

突堤型サンドパックの汀線方向と岸沖方向からの定点観測写真を表Ⅱ-3.22.2.2に示す。



陸側の損傷箇所 (パック2体)



海側先端の損傷箇所 (先端から2番目)



海側先端のパック変形と外袋開き



内袋(白色)の注入口の開放(絞りロープ外れ)

写真Ⅱ-3.22.2.1 現地試験で見られたサンドパックの変状

表Ⅱ-3.22.2.1 袋材およびマジックテープの仕様

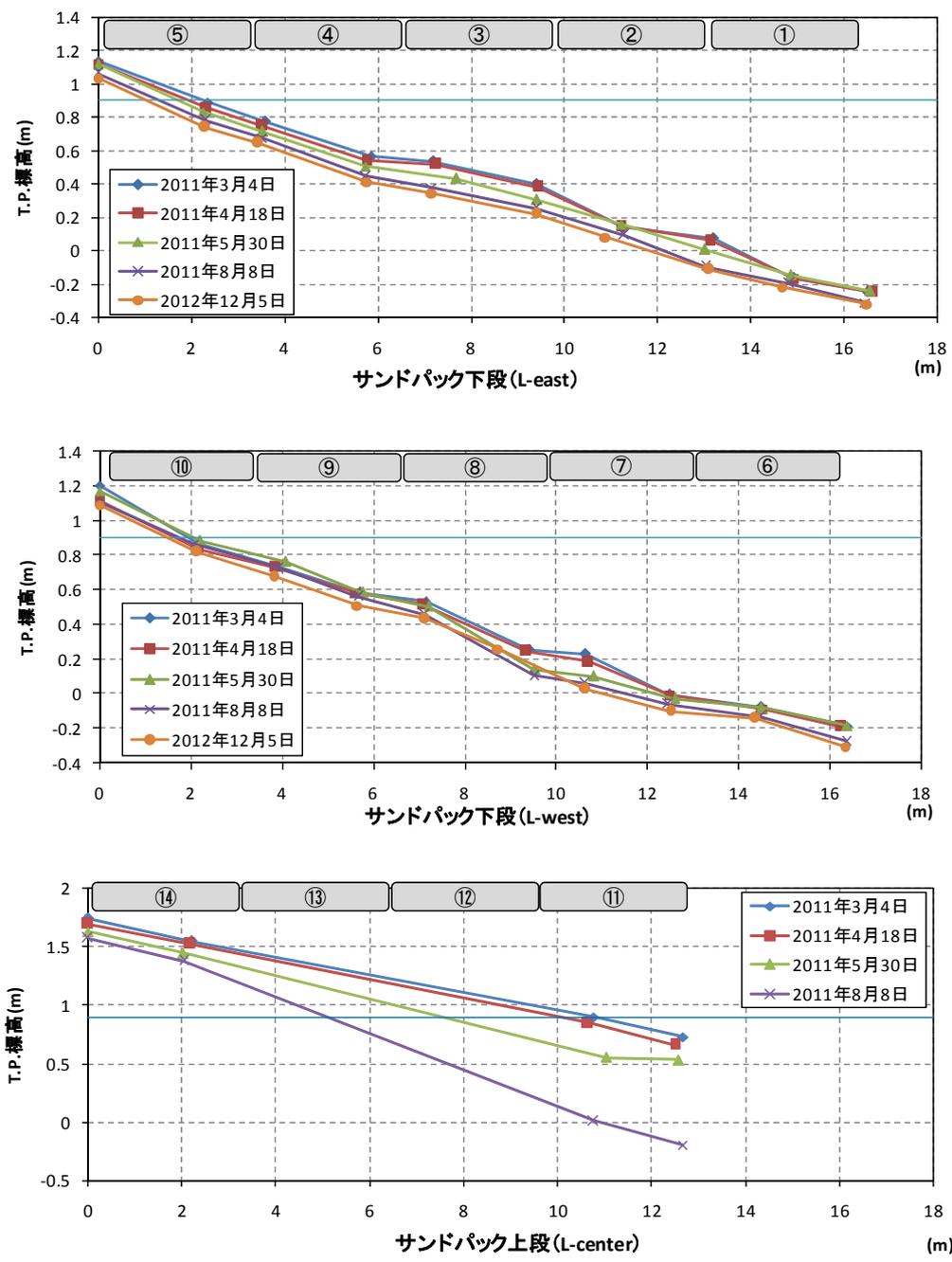
	引張強度	最大伸び率
通常シート	80kN/m	11%
起毛シート	75kN/m	14%
マジックテープ	35kN/m	—

表Ⅱ-3.22.2.2 経過観測写真

	汀線方向	岸沖方向
2011/3/3 15:12		
2011/4/26 16:00		
2011/6/17 10:37		
2011/8/8 11:00	—	

(2) 突堤型サンドパットの天端高

サンドパット天端高の測量結果を図Ⅱ-3.22.2.1に示す。台風5号(5月28日)の後の5月30日の測量で突堤先端の上段サンドパット⑪の天端部が40cm程度低下していることが確認された。下段のサンドパットにおいては天端が10cm程度しか低下していないことから上段のパット自身が萎んだか変形した可能性が考えられる。



図Ⅱ-3.22.2.1 サンドパット天端高

(3) 基布の引張強度

試験体に使用した袋材から採取した基布の引張強度試験を実施した。引張強度と強度保持率を表Ⅱ-3.22.2.3に示す。試験体A、Bはパイル付きのため強度保持率が50%以上と高い傾向にあり、耐久性の効果があることがわかる。また同様に試験体Dも不織布付きのため織布の耐久性を向上させたと考えられる。

表Ⅱ-3. 22. 2. 3 引張試験結果

袋材形状		初期強度 (N/3cm)		袋材名	2年経過強度 (N/3cm)		強度保持率		
		縦	横		縦	横	縦	横	
A	外袋	環状パイルシート	2710	/	A-1	-	/	-	/
					A-2	-		-	
					A-3	888		33%	
					A-4	2263		83%	
					A-5	2118		78%	
					A-6	-		-	
					A-7	2220		82%	
					A-8	2172		80%	
	内袋	織布(白)	6440	6370	A-1	3671	-	57%	-
					A-2	4277	4866	66%	76%
					A-3	4335	-	67%	-
					A-4	4271	-	66%	-
					A-5	-	-	-	-
					A-6	3923	4427	61%	69%
					A-7	3706	4673	58%	73%
					A-8	4470	-	69%	-
B	外袋	直状パイルシート	2710	/	B-1	-	/	-	/
					B-2	1934		71%	
					B-3	-		-	
					B-4	-		-	
					B-5	-		-	
	内袋	織布(白)	6440	6370	B-1	4359	-	68%	-
					B-2	4628	5113	72%	80%
					B-3	-	4991	-	78%
					B-4	4392	-	68%	-
					B-5	4498	5165	70%	81%
C	外袋	土木シート(黒)	3000	3100	C-1	-	-	-	-
					C-2	-	-	-	-
					C-3	118	-	4%	-
					C-4	109	-	4%	-
					C-5	317	-	11%	-
					C-6	-	-	-	-
					C-7	176	-	6%	-
					C-8	205	-	7%	-
	内袋	織布(白)	6440	6370	C-1	-	-	-	-
					C-2	-	-	-	-
					C-3	4668	4165	72%	65%
					C-4	2385	-	37%	-
					C-5	1493	3578	23%	56%
					C-6	-	-	-	-
					C-7	4500	-	70%	-
					C-8	3779	-	59%	-
D	不織布付織布	4770	5890	D-1	3830	-	80%	-	
				D-2	3216	-	67%	-	

Ⅱ－3. 22. 3 撤去状況

バックホウに解体用フォークを取り付けて、設置したサンドパック試験体を撤去した。撤去状況を写真Ⅱ-3.22.3.1に示す。



写真Ⅱ-3.22.3.1 サンドパック撤去状況

Ⅱ-3. 23 福井県浜住海岸（護岸型施設）での施工（人工芝シート）

Ⅱ-3. 23. 1 施工概要

浜住海岸において、浜崖後退を抑制することを目的に、護岸型施設としてサンドパック工を施工した。現場は福井市の西方に位置する海岸で、福井市で唯一の砂浜の海水浴場として人気のある場所であるが、ここ近年侵食が進んでおり、浜崖が顕著になっている。

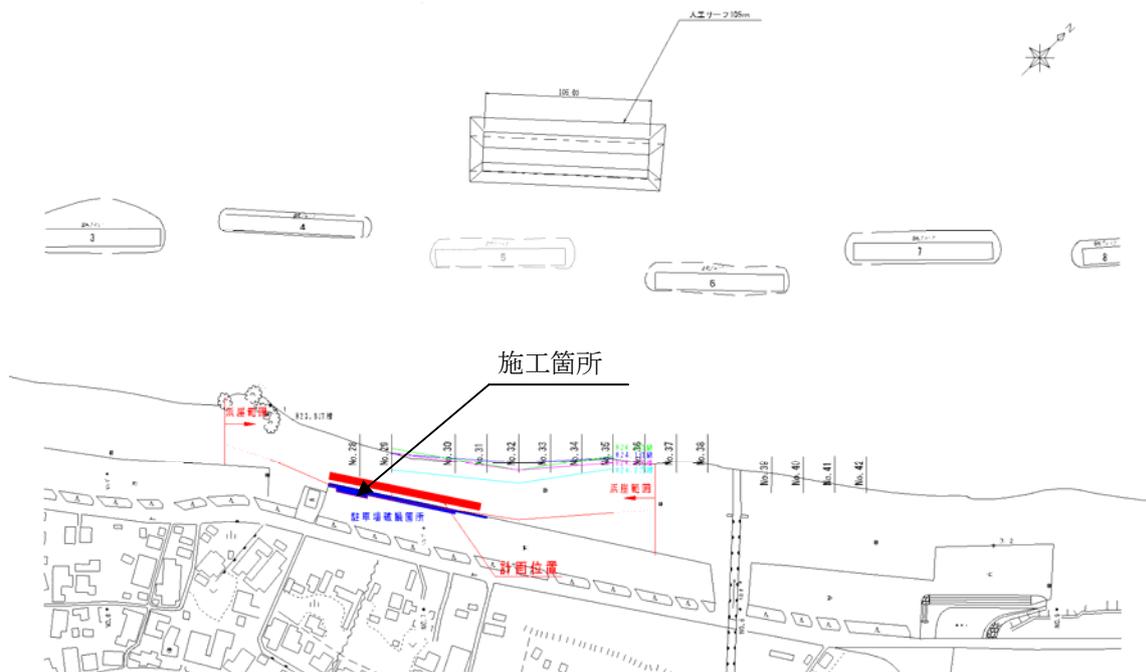
施工箇所は、**図Ⅱ-3.23.1.1**に示すとおりである。

(1) 日 時

平成24年5月31日（木）～6月6日（水）

(2) 場 所

福井県福井市浜住地内 浜住海岸



図Ⅱ-3.23.1.1 位置図



(a) 浜崖遠景



(b) 浜崖の状況

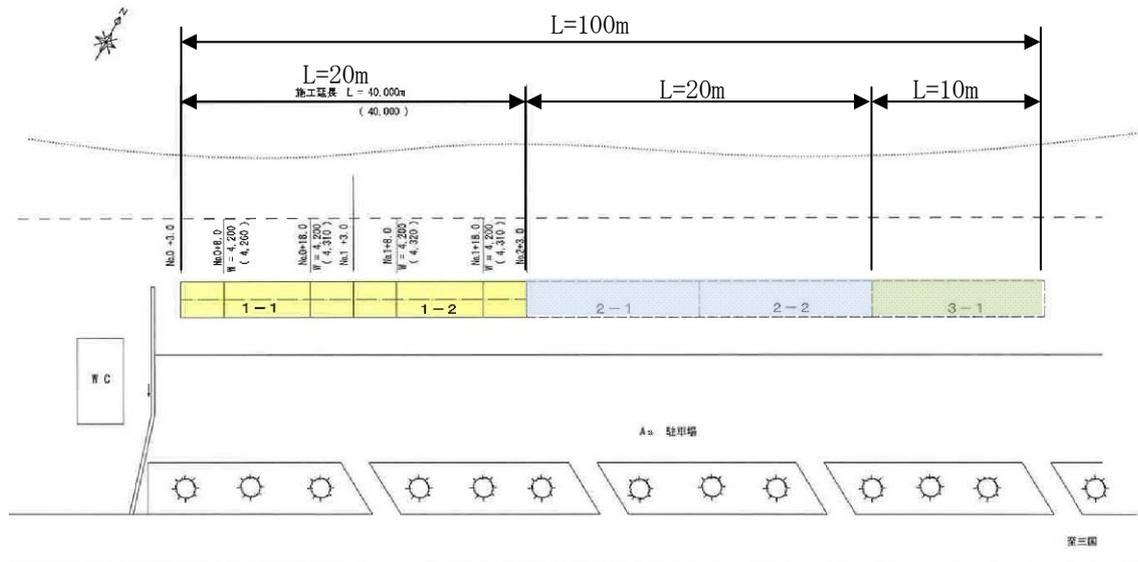
写真Ⅱ-3.23.1.1 浜住海岸の状況

(3) 施工計画

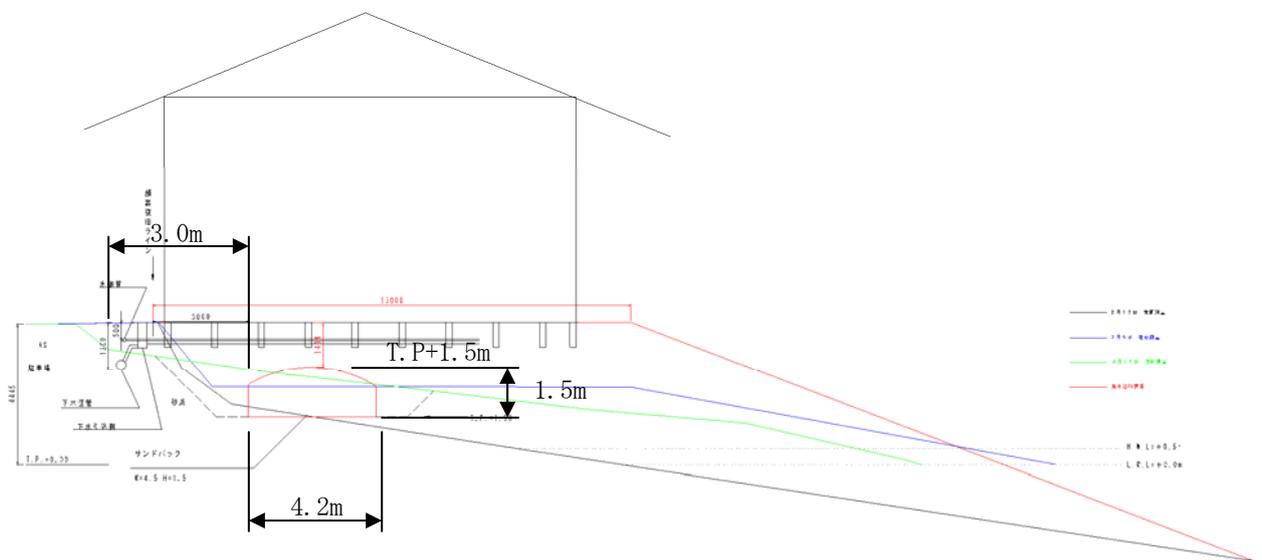
サンドバック工の平面位置は、トイレ脇の側溝から3m離れた位置を設置起点とし、全延長100mとする。工事は3工区に分けて発注されており図II-3.23.2.1に示すとおりである。

横断位置は、駐車場の舗装端部から3m、床付け高さをT.P+1.5mとする。

サンドバックの諸元は、幅4.2m、高さ1.6m、1袋あたりの長さは20mとする。



(a) 平面図



(b) 横断面図

図II-3.23.1.2 施工計画図

Ⅱ-3. 23. 2 施工状況

(1) 使用機器

主に使用した機器は表Ⅱ-3. 23. 2. 1 のとおりであった。

表Ⅱ-3. 23. 2. 1 使用機器

名 称	数 量	備 考
バックホウ (0.7m ³ 級)	1 台	
バックホウ (0.25m ³ 級)	1 台	
発電機 (100kVA)	1 基	
分電盤	1 基	
サンドポンプ 6 インチ 37kw	1 基	
サンドポンプ 4 インチ 22kw	1 基	
サンドポンプ 6 インチ 11kw	1 基	
水中ポンプ	1 基	
水槽 (5m ³)	1 基	

(2) 作業人員

作業人員は表Ⅱ-3. 23. 2. 2 のとおりであった。

表Ⅱ-3. 23. 2. 2 作業人員

名 称	人 数	備 考
世話役	1 名	(株)松田(幸)組
特殊運転手	1 名	(株)松田(幸)組
普通作業員	2 名	(株)松田(幸)組
施工指導	3 名	前田工織(株)

(3) 施工の状況

1) 準備工

施工ヤードに納入された材料をバックホウにて設置位置へ運搬した。サンドポンプ、水槽、発電機、給水ポンプ等を所定の位置に配置し、サクシオンホースの接続、配電関係の接続を行った。



(a) 材料納入



(b) 材料運搬

写真Ⅱ-3. 23. 2. 1(1) 準備工



(c) 充填設備設置



(d) 給水ポンプ設置

写真Ⅱ-3. 23. 2. 1(2) 準備工

2) 袋材敷設状況

袋材の内側に仕込んだベルトをバックホウにて引張りながら、人力で巻きを伸ばす。サンドパックの接続部は、袋材展張時にあらかじめ、サンドパックのオス側をメス側に突込む形で敷設する。



(a) 巻伸ばし用ベルト



(b) シートの巻伸ばし



(c) 袋材の展開



(d) 袋材の接続状況

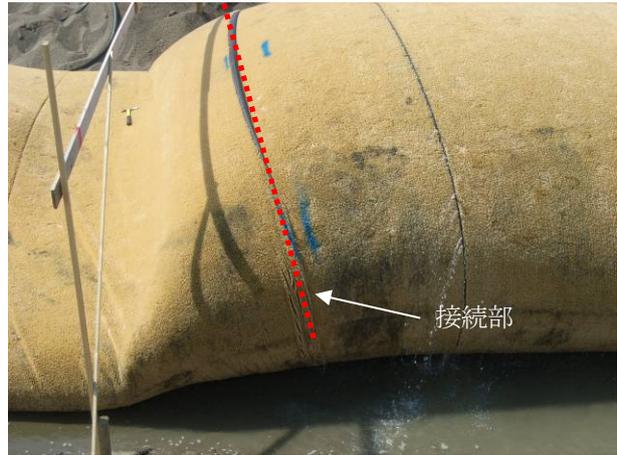
写真Ⅱ-3. 23. 2. 2 袋材敷設状況

3) 充填状況

充填は南側から順次進めていったが、オス側を先に充填し、後からメス側を充填する手順で行った。



(a) 充填状況



(b) オス側の充填状況



(c) 接続部



(d) 注入口キャップ

写真Ⅱ-3. 23. 2. 3 充填状況

4) 埋戻しおよび養浜盛土

埋戻しおよび養浜盛土の状況は写真Ⅱ-3. 23. 2. 4 のとおりである。陸側からダンプトラックで土砂を運搬し、盛土上にバックホウを配置し撒出しを行った。



(a) ダンプトラックによる土砂の運搬



(b) バックホウによる撒出し

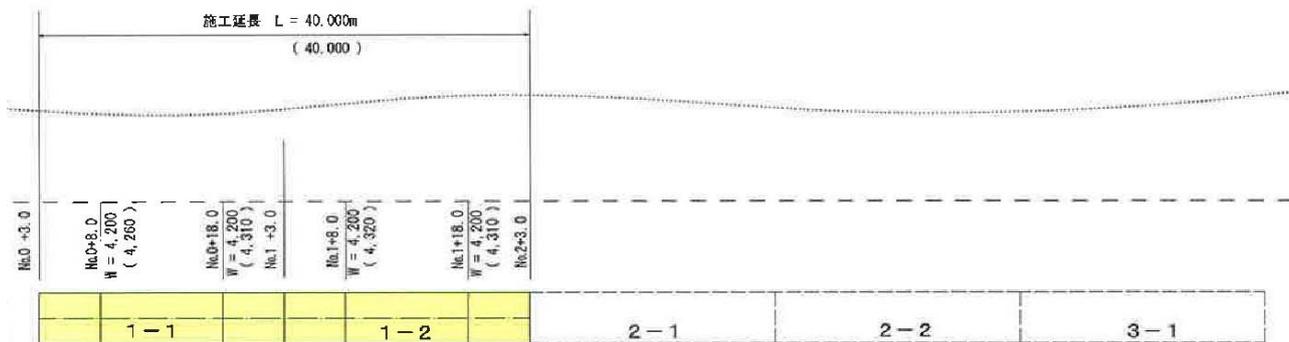
写真Ⅱ-3. 23. 2. 4 充填状況

(4) 出来形確認

出来形は表Ⅱ-3.23.2.3のとおりである。

表Ⅱ-3.23.2.3 出来形表

(a) その1工区



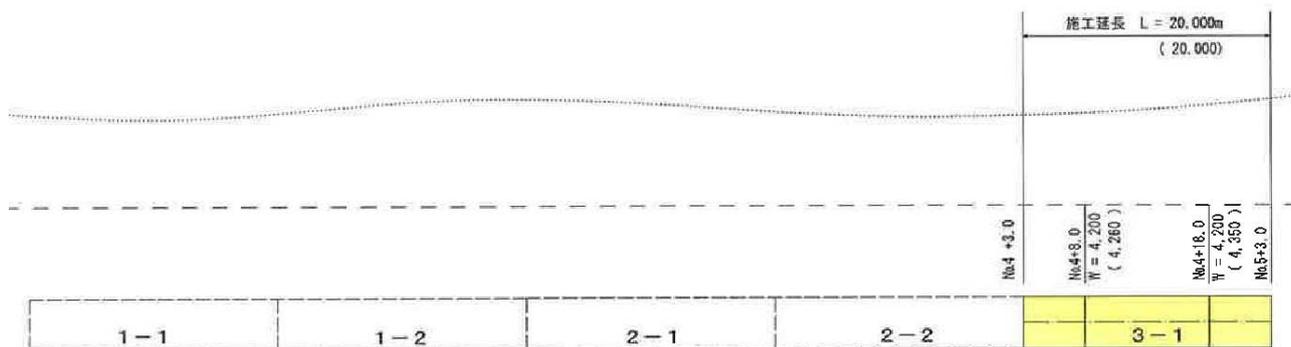
測点	幅(mm)		高さ(mm)	
	計画	実測	計画	実測
No. 0+8.0	4200 (許容範囲 -0, +200)	4260	1600 (許容範囲 -0, +200)	1700
No. 0+18.0		4310		1700
No. 1+8.0		4320		1620
No. 1+18.0		4310		1650

(b) その2工区



測点	幅(mm)		高さ(mm)	
	計画	実測	計画	実測
No. 2+8.0	4200 (許容範囲 -0, +200)	4330	1600 (許容範囲 -0, +200)	1620
No. 2+18.0		4290		1670
No. 3+8.0		4300		1650
No. 3+18.0		4300		1620

(c) その3工区



測点	幅(mm)		高さ(mm)	
	計画	実測	計画	実測
No. 4+8.0	4200	4210	1600	1640
No. 4+18.0	(許容範囲 -0, +200)	4260	(許容範囲 -0, +200)	1600

Ⅱ-3. 23. 3 経過

2012年6月6日に養浜盛土を行い、サンドバックは一旦、砂の中に埋設されたが、徐々に侵食が進み10月17日に露出が確認された。10月17日の状況は、写真Ⅱ-3. 23. 3. 1であるが、3袋目の側面が見えていたが特に異常はなかった。

10月24日の時点では、サンドバックの前面が完全に露出していた。サンドバックの引裂け1箇所と縫製部の開き1箇所を確認した(写真Ⅱ-3. 23. 3. 2)。

10月30日に引裂け部の全容が確認された。横幅2m以上、縦は1mは確認できたが、さらに下まで裂けている可能性もあることがうかがえた。最も南側のサンドバック下が大きく洗掘されているのが確認された(写真Ⅱ-3. 23. 3. 3)。

11月12日の時点では、引裂け部からの砂の流出が進み、天端高が完全に下がった(写真Ⅱ-3. 23. 3. 4)。縫製部については、砂が流出しているようであったが大きく変動は無かった。最も北側のバックで新たに天端付近に引裂けを確認し、あて布による補修を実施した。

11月21日時点では、背面の浜崖後退が進み、南側トイレ前の浜崖も後退している(写真Ⅱ-3. 23. 3. 5)。施工端のサンドバックがない場所とサンドバック背面とで浜崖後退量に2倍以上の差があり、サンドバックが浜崖後退を抑制していることがわかる(写真Ⅱ-3. 23. 3. 5左)。

12月10日時点の写真Ⅱ-3. 23. 3. 6では、12月8日～9日の高波浪後の余波が残る状況であった。浜崖の後退が進んだため、天端が完全に下がった場所では袋材の流出を防止するため、袋詰め玉石を応急的に上に置いた。サンドバック背面の養浜砂が施工端部やサンドバックが破損した天端低下箇所から流出し、サンドバックの前面・背面ともに露出してサンドバックの前後の地盤高が変わらない状態になった。これに伴いサンドバック背面の浜崖の後退が進んだ。それでも、端部のサンドバックがない場所やサンドバックが破れて天端高が低下した場所に比較してサンドバックがある場所では浜崖の後退を抑制していることがわかる。

12月13～14日に緊急的な背面の浜崖後退防止対策として、サンドバックと浜崖の間に袋詰め玉石を設置した(写真Ⅱ-3. 23. 3. 7、写真Ⅱ-3. 23. 3. 8)。

写真Ⅱ-3. 23. 3. 9に示す2月4日時点には、徐々に砂が戻り始め、サンドバックの半分の高さまで埋まった。

写真Ⅱ-3. 23. 3. 10に示す3月6日時点では、さらに砂が戻り、サンドバックの天端高付近まで砂に埋まった。



(a) 南側から



(b) パックの露出

写真Ⅱ-3.23.3.1 10月17日の状況



(a) 南側から



(b) 北側から



(c) 引裂け箇所



(d) 縫製部の開き

写真Ⅱ-3.23.3.2 10月24日の状況



(a)北側から



(b)南側から



(c)パック洗掘



(d)南側汀線付近から

写真Ⅱ-3.23.3.3 10月30日の状況



(a)北側から



(b)南側から

写真Ⅱ-3.23.3.4 11月12日の状況



(a) 北側から



(b) 南側から

写真Ⅱ-3.23.3.5 11月21日の状況



写真Ⅱ-3.23.3.6 12月10日の状況



(a) 北側から



(b) 南側から

写真Ⅱ-3.23.3.7 12月13日の状況

第Ⅱ編 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」報告書
Ⅱ-3 前田工織（株）の試験結果



(a) 北側から



(b) 南側から

写真Ⅱ-3.23.3.8 12月14日の状況

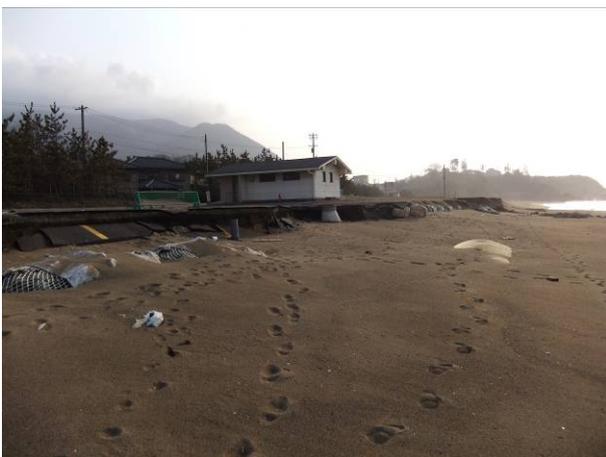


(a) 北側から



(b) 南側から

写真Ⅱ-3.23.3.9 2月4日の状況



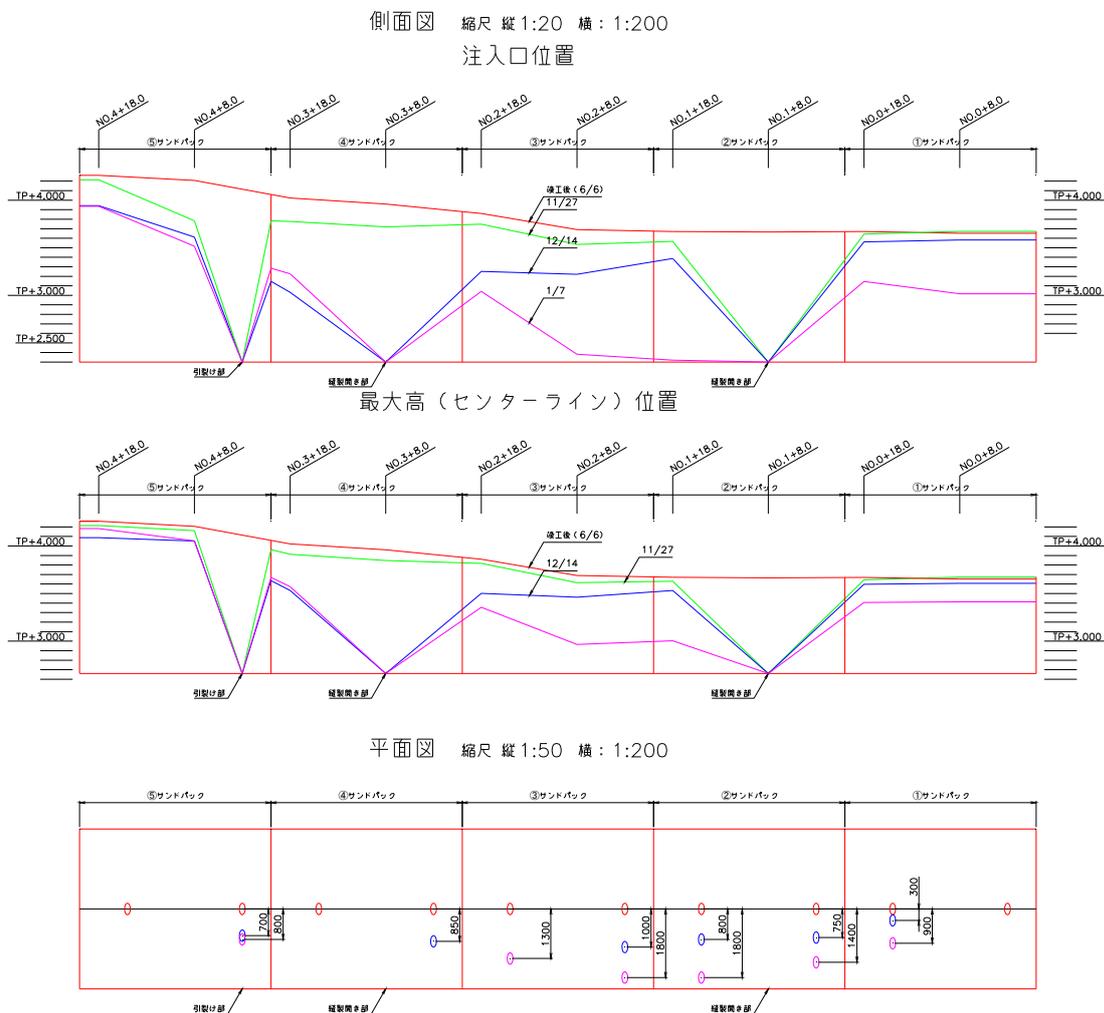
(a) 北側から



(b) 南側から

写真Ⅱ-3.23.3.10 3月6日の状況

図II-3.23.3.1は、サンドパックの注入口位置を計測した結果を図示したものである。側面図をみるとわかるように、徐々に高さが下がっているのがわかる。また、平面図でわかるように注入口の位置は沖側に移動している。以上の結果より、サンドパック底面の足元が洗掘され、前方に転倒しているものと推測される。



図II-3.23.3.1 注入口位置の変化

II-3.23.4 破損についての考察

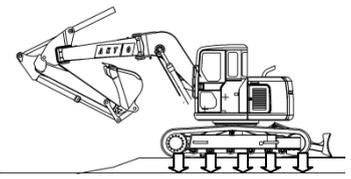
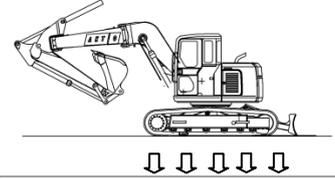
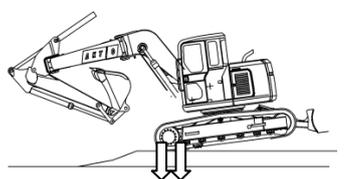
当時の基布の縫製強度と重機偏心荷重によって発生すると推定される張力が作用した場合、安全率2.4であった。ただし、本検討で想定した偏心荷重幅0.5mより厳しい条件であった可能性もあり、引張強度を超過する張力が作用し破れた可能性がある。したがって重機で偏心をかける行為は禁止とすることとした。

また、この現地試験結果を踏まえて縫製部強度を増加させることで上載荷重に対する耐久性を向上させた。

表II-3.23.4.1 サンドパック構造概要

項目	内容
サンドパック構造	高さ1.5m、幅4.2m、延長20m
袋材仕様	引張強さ130 kN/m
縫製部仕様	引張強さ36 kN/m

表Ⅱ-3. 23. 4. 2 上の条件

条件	No. 1	No. 2	No. 3
施工段階	撒き出し時	施工完了時	撒き出し時
養浜材	単位体積重量 19kN/m ³ , 内部摩擦角 $\phi=30$ 度		
使用重機	バックホウ 山積み 0.8m ³ (重量 190kN, 幅 2.8m, 長さ 3.37m)		
概要図	 <p>撒き出し厚 0.3m 載荷幅 3.37m (重機幅)</p>	 <p>覆土厚 1.4m 載荷幅 3.37m (重機幅)</p>	 <p>撒き出し厚 0.3m 荷重幅 0.5m (偏心荷重時)</p>

表Ⅱ-3. 23. 4. 3 軸方向に働く張力 T_{au} についての算定結果

計算条件	No.1	No.2	No.3
ϕ : 内部摩擦角(°)	30	30	30
K_p : 受働土圧係数	3	3	3
h : 覆土厚(m)	0.30	1.40	0.30
γ : 覆土材の単位体積重量(kN/m ³)	19	19	19
W : 重機重量(kN)	190	190	190
D : 重機幅(m)	2.80	2.80	2.80
L : 積載長さ(m)	3.37	3.37	0.50
B : パック幅(m)	20.00	20.00	20.00
H : パック高(m)	1.50	1.50	1.50
S : パック上面の荷重面積(m ²)	13.42	32.87	3.66
σ_{if} : 上載荷重(kN/m ²)	19.86	32.38	57.57
σ_b : 覆土による荷重(kN/m ²)	5.70	26.60	5.70
σ_b : 重機による荷重(kN/m ²)	14.16	5.78	51.87
T_{au} : 袋材に作用する引張力(kN/m)	5.09	8.30	14.76
T_a : 縫製部の引張強度(kN/m)	36	36	36
F_s : 縫製部の安全率	7.1	4.3	2.4

Ⅱ-3. 23. 5 2013年12月の増破とその原因についての考察 <補足追加>

その後、2013年12月13日～16日の高波浪（最大波高 6.33m、最大周期 10.5s）来襲後に図Ⅱ-3. 23. 5. 1、図Ⅱ-3. 23. 5. 2の右側写真に示すような増破が発生した。増破の内容は、サンドパックの沈下・移動・埋没である。その結果、図Ⅱ-3. 23. 5. 1に示すように背後の浜崖が後退し、駐車場が被災した。サンドパックが増破した原因について調査したのでその結果（速報）を報告する。

設置個所の浜住海岸は 図Ⅱ-3. 20. 1. 1に示すように、福井港を鷹栖港の間に位置しており、図Ⅱ-3. 23. 5. 3に示すとおり、離岸堤と人工リーフに守られた海岸である。この海岸では、毎年、約 1.5 万 m³ の浜均し（養浜）を行って維持している侵食海岸である。サンドパック設置個所は、離岸堤と人工リーフの開口部から高波浪が侵入した際に浜崖後退が起きる場所である。サンドパックの設置底面高は T.P1.5m としていた。H24.6 設置の 100m 延長箇所では地盤低下対策は施しておらず、トイレを守るため H25 に設置した 20m 延長箇所は、サンドパック底面下に袋詰め玉石を設置した。今回の高波でも主として WNW と NNW から波浪が来襲しており、人工リーフと離岸堤の開口部から高波が侵入し、サンドパック設置個所の砂を移動させたと考えられる。この砂移動による地盤低下量がサンドパック設置底面高よりも大きかったことから、サンドパックが沈下・移

動したと考えられる(図Ⅱ-3.23.5.2)。19日に現地を調査した時点では大きく移動・沈下したサンドバックが高波後戻ってきた砂により埋没して上部しか見えない状態であったことから、地盤低下量は2m以上あったものと推定される。サンドバックの沈下・移動の過程でサンドバックの変形による袋材作用張力の増大も生じていると推定されるので、袋材の破損も生じている可能性が高い。

再発防止策としては、地盤低下量を見越した根入れ確保と地盤低下対策を施すことが重要である。その方法としては、図Ⅱ-3.23.5.4に示す宮崎海岸の設置方法が参考となる。宮崎海岸では、サンドバック底面高より低下する地盤低下に対してアスファルトマットで対策を施している。今回のサンドバックの移動・沈下状態を調査することにより、設計として見込むべき地盤低下量の貴重な情報とすることができる。また、毎年1.5万m³の養浜によって維持している侵食の緩和も重要である。このために、人工リーフと離岸堤の開口部を人工リーフ延伸でふさぐことにより、高波浪の侵入とそれに伴う砂の移動を抑制できるであろう。なお、被災発見後、福井土木事務所により速やかに応急対策が施されている。

浜住海岸のサンドバックは、袋材に作用する張力を大きめに見積もるべきこと、施工時等の重機との接触に対する留意、地盤低下対策の重要性、浜になじむサンドバック積層体(図Ⅱ-3.23.5.2の左側写真)の天端高さの設定等浜崖後退抑止工のマニュアル完成に必要な情報を提供している。福井県福井土木事務所はじめ関係者の協力に感謝したい。



浜崖後退状況



浜崖後退状況



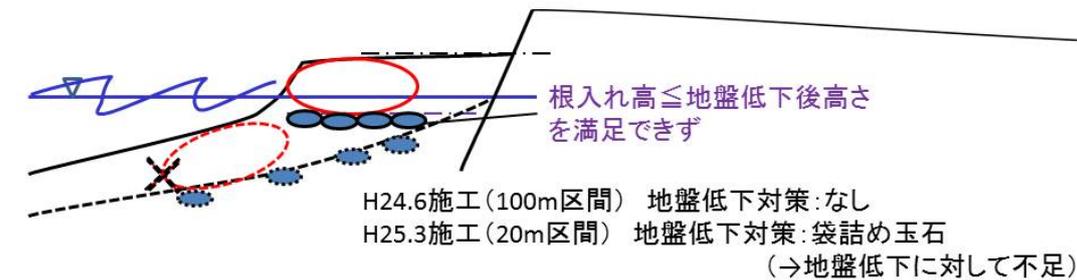
駐車場アスファルト被災状況



サンドバック移動・埋没しているが流失していない
5個中4個一部露出している状況確認

図Ⅱ-3.23.5.1 2013年12月高波による浜住海岸サンドバックの被災状況

浜住海岸



・測量データ等豊富でないため、地盤低下量の予測が困難であった



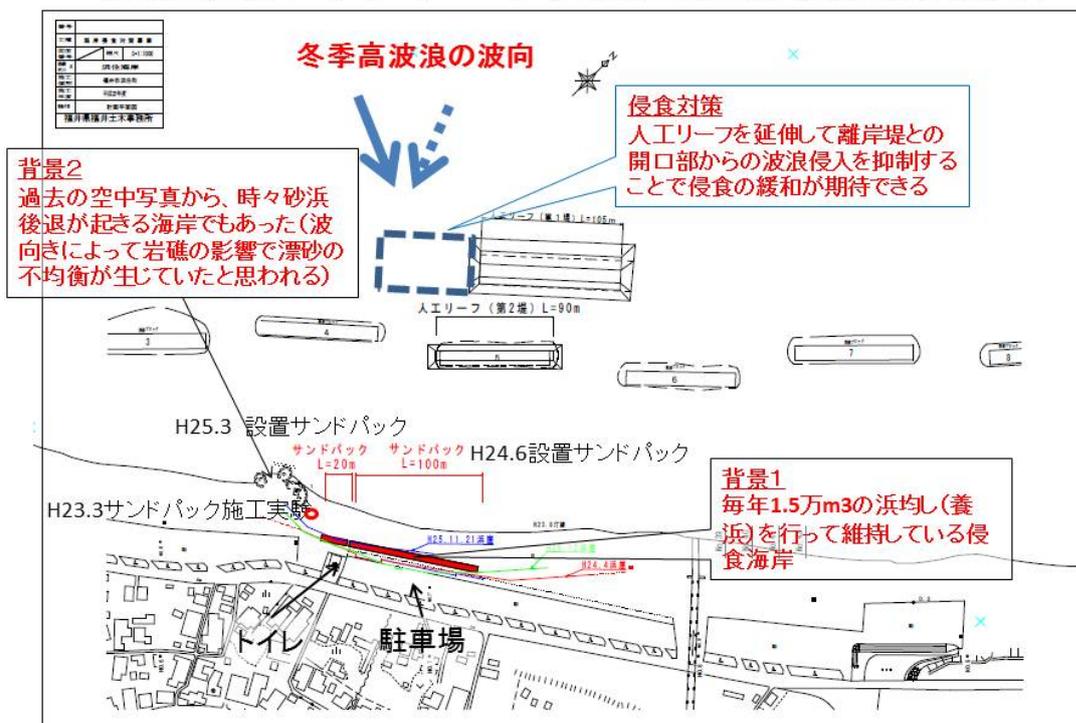
H24.10撮影 効果を発揮している状況



H25.12撮影 変形・移動・埋没後

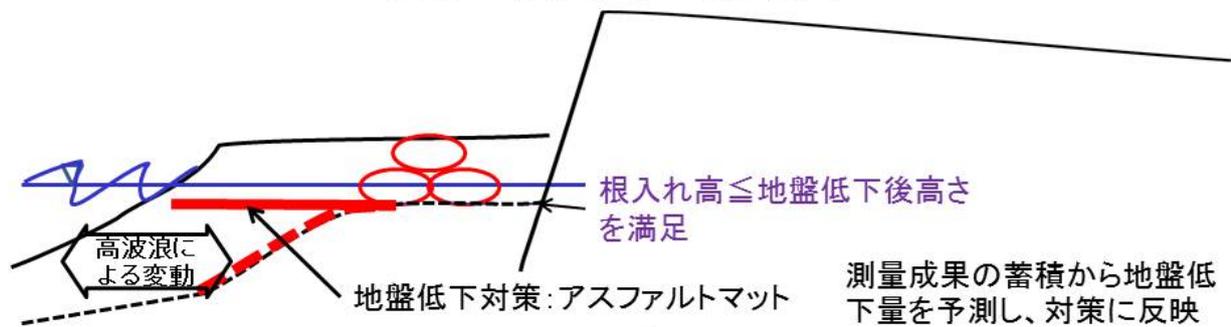
図II-3.23.5.2 浜住海岸サンドバックの被災機構

浜住海岸サンドバック設置個所侵食の機構



図II-3.23.5.3 浜住海岸サンドバック設置個所の侵食機構

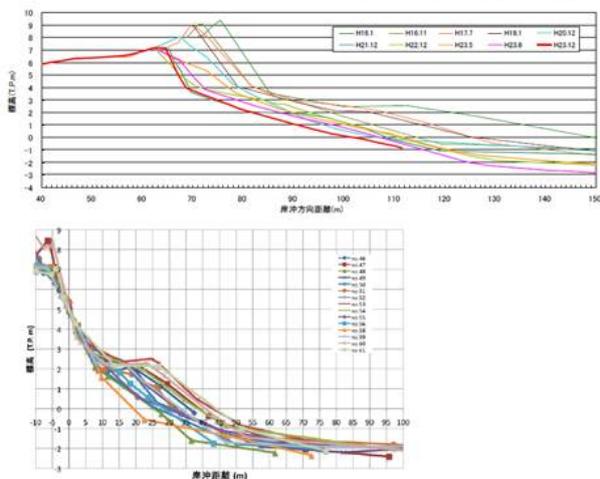
(参考)宮崎海岸



測量成果の蓄積から地盤低下量を予測し、対策に反映



H25.12撮影 洗掘対策が効果を発揮し始めている状況(宮崎海岸大炊田地区)



図II-3.23.5.4 宮崎海岸サンドパットの地盤低下対策

Ⅱ-3. 24 石川県千里浜海岸（低潮位護岸型施設）での施工（人工芝シート）

Ⅱ-3. 24. 1 施工概要

千里浜海岸において、侵食防止を目的に、汀線際にサンドバック工を施工した。

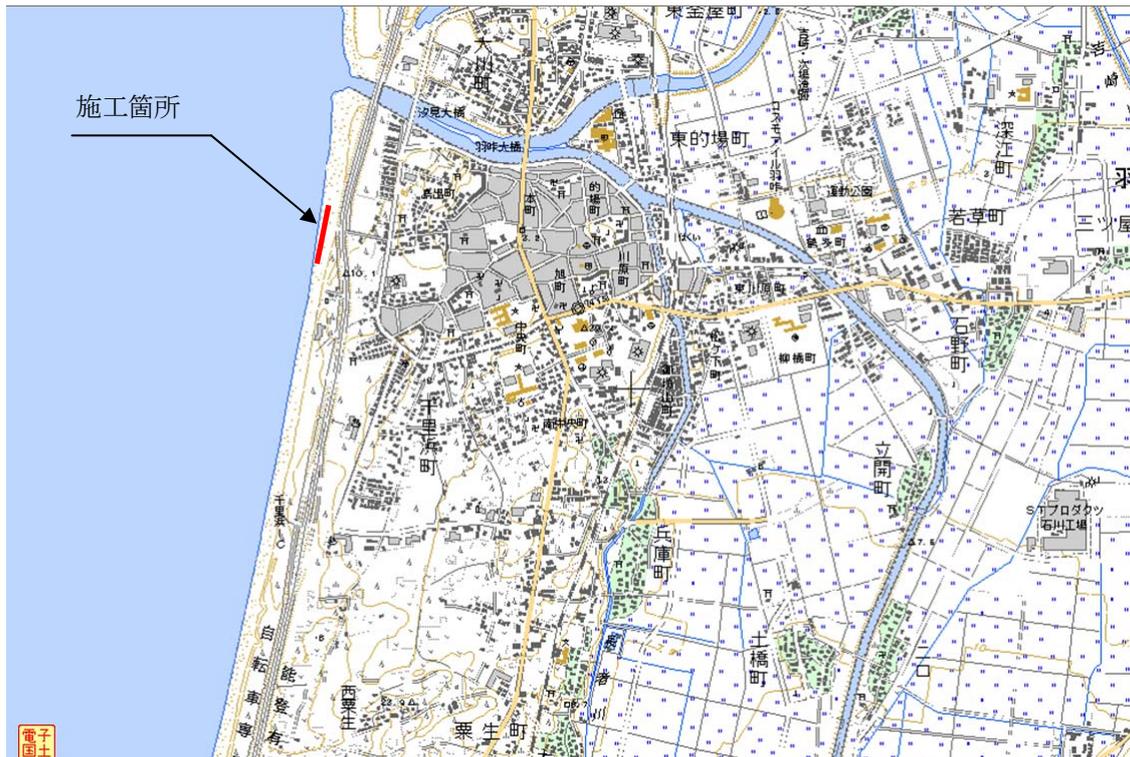
施工場所は、図Ⅱ-3. 24. 1. 1 に示すとおり、なぎさドライブウェイの北側に位置する。

(1) 日 時

平成24年7月2日（月）～8月10日（金）

(2) 場 所

石川県羽咋市 千里浜海岸



図Ⅱ-3. 24. 1. 1 位置図

(3) 施工計画

1) サンドバック形状

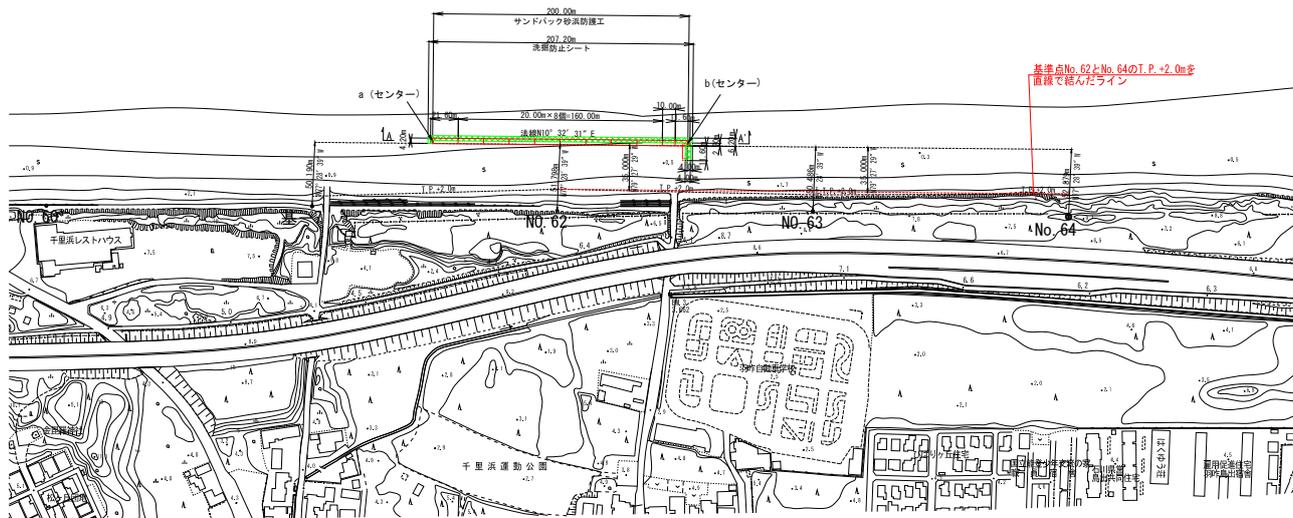
サンドバックは、幅4.2m、高さ1.6m、1袋あたり20mとする。

2) サンドバック設置位置

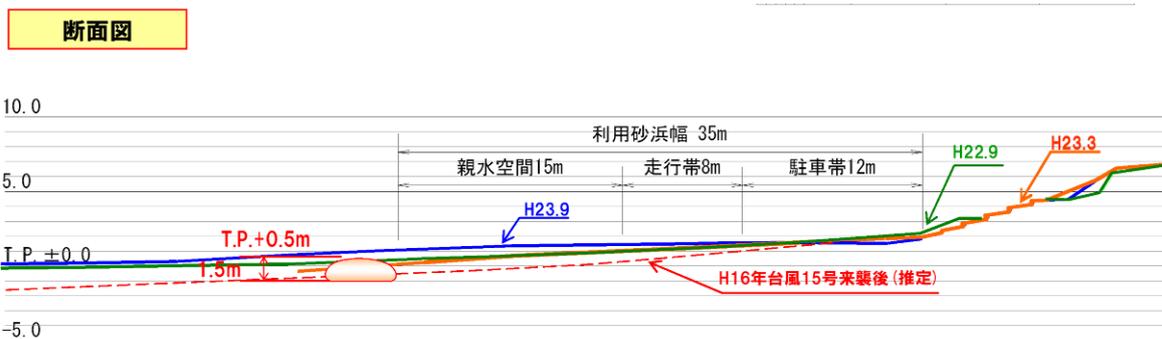
サンドバックの平面位置は図Ⅱ-3. 24. 1. 2 に示すように、羽咋自動車学校からの入り口付近から金沢側に100mの範囲である。

横断位置は、既設の階段護岸から駐車帯12m、走行帯8m、親水空間15m、合計35m離れた位置である。

α	99488.574	-35710.204
β	99682.198	-35672.613



(a) 平面図



(b) 横断面図

図II-3.24.1.2 計画図

II-3.24.2 施工状況

(1) 使用機器

主に使用した機器は表II-3.24.2.1のとおりである。

表II-3.24.2.1 使用機器

名称	数量	備考
バックホウ (0.7m ³ 級)	2台	
発電機 (100kVA)	1基	
分電盤	1基	
サンドポンプ 6インチ 37kw	1基	
サンドポンプ 4インチ 22kw	1基	
サンドポンプ 6インチ 11kw	1基	
水中ポンプ	1基	
水槽 (10m ³)	1基	

(2) 人員

作業人員は表Ⅱ-3.24.2.2のとおり。

表Ⅱ-3.24.2.2 作業人員

名称	人数	備考
世話役	1名	小倉建設(株)、富山土建(株)
特殊運転手	2名	〃
普通作業員	3名	〃
施工指導	3名	前田工織(株)

(3) 施工の状況

施工の状況は、写真Ⅱ-3.24.1.1に示すとおりである。

汀線際を1m程度床掘りを行った高さにサンドバックを設置するため、仮締切が必要であった。そのため、鋼矢板で仮締切を行った。岸側は大型土のうの鉄板で土留めを行った。

施工延長200mの天端高は、一律の高さで計画されており、2工区にわけて発注しているため、工区境のパックから施工し、それぞれ南側、北側へ伸ばした。

サンドバックの下部には、洗掘防止対策として織布を敷設した。

汀線際での施工であったことから、波浪の影響を受け、途中で工事が中止となることが数回あった。



(a) 洗掘防止シートの敷設



(b) 袋材の搬入



(c) 袋材の展張作業



(d) 展張完了

写真Ⅱ-3.24.2.1(1) 施工状況



(e)大型土のうによる袋材端部のウェイト



(f)接続部処理前



(g)接続処理後



(h)充填作業全景



(i)充填作業南側より



(j)充填作業北側より

写真Ⅱ-3.24.2.1(2) 施工状況



(k) 充填完了



(l) 埋戻し



(m) 埋戻し完了



(n) 接続部の完成形

写真Ⅱ-3.24.2.1(3) 施工状況

(4) 出来形

出来形は表Ⅱ-3.24.2.3のとおりである。南側からNO.①サンドバックである。測点間隔は、その1工区10m、その2工区20mである。

表Ⅱ-3.24.2.3 出来形表

測点NO		幅(mm)		高さ(mm)		
		設計値	実測値	設計値	実測値	
その1工区	NO.①-金沢側	4200		1600	4200	1600
	NO.①-中心				4350	1600
	NO.①-②側				4250	1600
	NO.②-①側				4250	1600
	NO.②-中心				4350	1570
	NO.②-③側				4200	1620
	NO.③-②側				4300	1580
	NO.③-中心				4350	1570
	NO.③-④側				4250	1600
	NO.④-③側				4300	1620
	NO.④-中心				4350	1570
	NO.④-⑤側				4300	1600
	NO.⑤-④側				4200	1630
	NO.⑤-中心				4350	1570
	NO.⑤-⑥側				4300	1600
その2工区	NO.⑥-⑤側	4200		1500	4430	1580
	NO.⑥-④側				4450	1530
	NO.⑦-⑥側				4370	1550
	NO.⑦-⑤側				4390	1500
	NO.⑧-⑦側				4420	1530
	NO.⑧-⑨側				4520	1520
	NO.⑨-⑧側				4440	1620
	NO.⑨-七尾側				4350	1530

Ⅱ-3.25.3 経過

写真Ⅱ-3.24.3.1は施工後2週間後の状況である。特に異常は見られないが、養浜材が流出したため、サンドパック工背面にも海水が回りこんでいる様子が見られる。

写真Ⅱ-3.24.3.2は、施工後約2カ月後の状況である。NO⑧サンドパックに異常がみられる。中詰めの砂が流出し、10m程度の範囲にわたって天端高が下がっていた。また、NO⑩サンドパックにおいても、若干ではあるが天端部に袋材の遊びがあった。11月に入ると、NO⑩サンドパックの遊びが進行している様子が見られる(写真Ⅱ-3.24.3.3、写真Ⅱ-3.24.3.4)。

12月14日の状況を見ると、NO⑫サンドパック周辺に砂がついており、養浜高付近まで地盤高が戻っている。一方で、NO⑧サンドパックの部分は、完全に天端高が下がってしまい、比較的早い流速で海流が往来している状態となった。NO⑧サンドパックの背後は、侵食が進み汀線が後退した。

写真Ⅱ-3.24.3.5に示す1月30日には汀線がさらに後退した。また、NO⑨より北側のサンドパックの天端が下がった。

写真Ⅱ-3.24.3.6に示す2月21日には、NO⑧サンドパックの部分に小型サンドパックで暫定的に海流の流れを止める処置を行った。



(a) 北側より



(b) 南側より

写真Ⅱ-3.24.3.1 8月30日の状況



(a) NO⑧サンドパックの状況（南側より）



(b) NO⑩サンドパックの状況

写真Ⅱ-3.24.3.2 10月30日の状況



(a) NO⑩サンドパックの状況（南側より）



(b) NO⑧サンドパックの状況（北側より）

写真Ⅱ-3.24.3.3 11月5日の状況



(a) NO12付近の堆積状況



(b) NO8付近の海流の状況

写真Ⅱ-3.24.3.4 11月5日の状況



(a) NO8付近の状況 (南側より)



(b) NO9付近の状況

写真Ⅱ-3.24.3.5 1月30日の状況



(a) NO8付近の小型サンドバック設置状況



(b) NO8付近の状況 (南側より)

写真Ⅱ-3.24.3.6 2月21日の状況

Ⅱ-3. 24. 4 損傷部の状況

(1) 現地調査

10月31日に、調査を実施した（写真Ⅱ-3.24.4.1）。図Ⅱ-3.24.4.1に示すとおり、金沢側から8番目のNO⑧サンドバックで中詰材が流出し、天端高が下がっていた。

NO②サンドバックは1袋が20mであるが、七尾側10mの範囲で天端高が下がっていた。天端高は施工時に比べ、1.4m程度下がっていた。

注入口は、3箇所とも破損していなかったことから、注入口からの砂の流出ではないといえる。シートの破れ、縫製部の開きは確認されなかった。

図Ⅱ-3.24.4.1に示すとおり、9番目のサンドバックとの接続部はそのままの形で、中詰材だけが流出していた。

バックの天端高が下がっているため、バックの岸側に流れ込んだ海水が、海側に戻る時は、その部分に集中して流れができています。このため、バックの岸側で約1.4m、海側で1.8mの深掘れができています。



(a) NO⑧サンドバック天端部

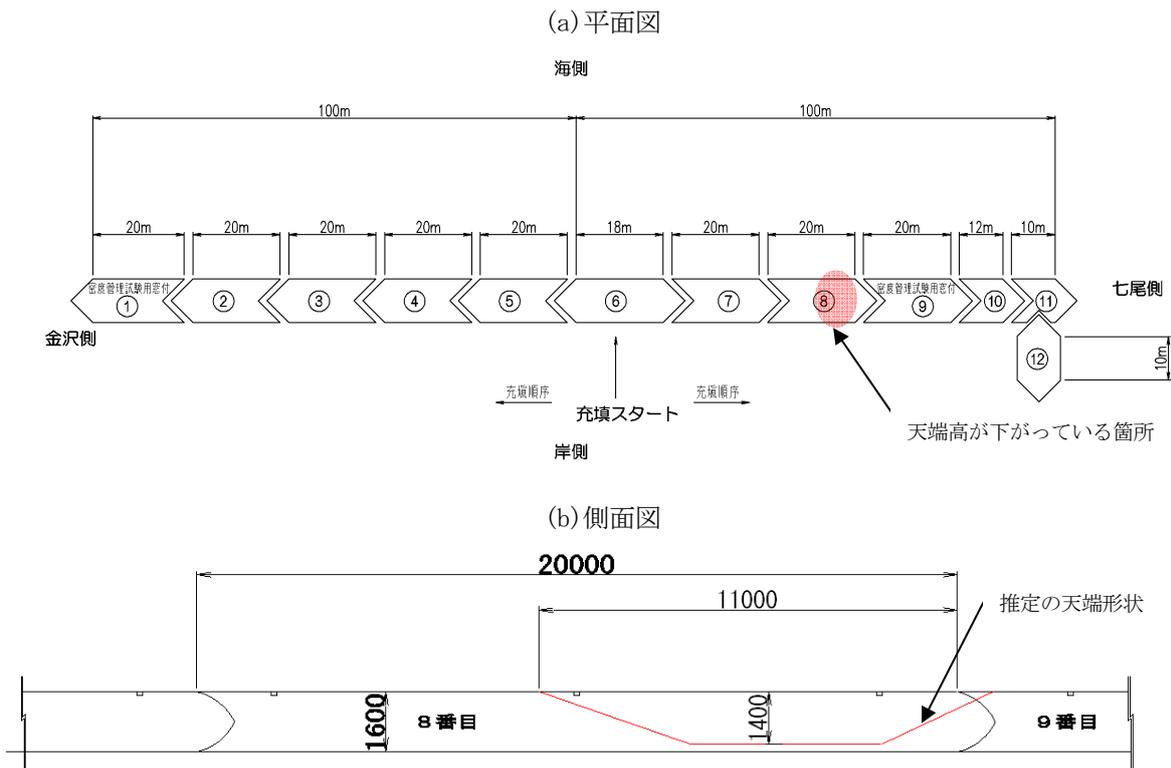


(b) 注入口（サンドバック中央）



(c) NO⑧サンドバック沖側の深ぼれ

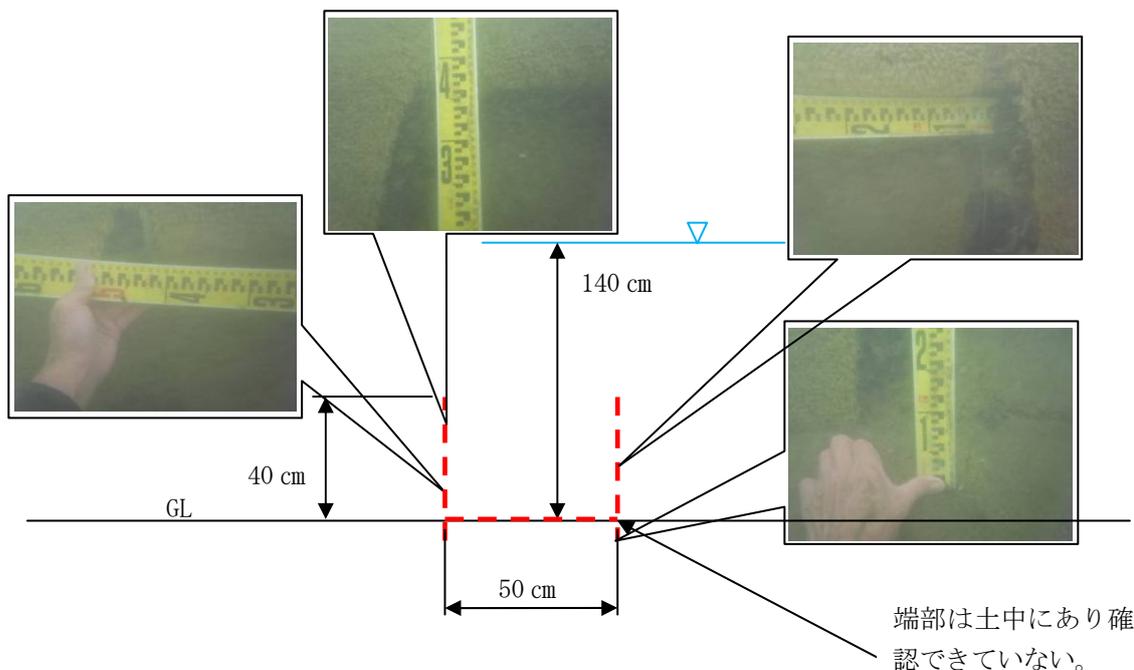
写真Ⅱ-3.24.4.1 調査状況



図II-3.24.4.1 損傷状況

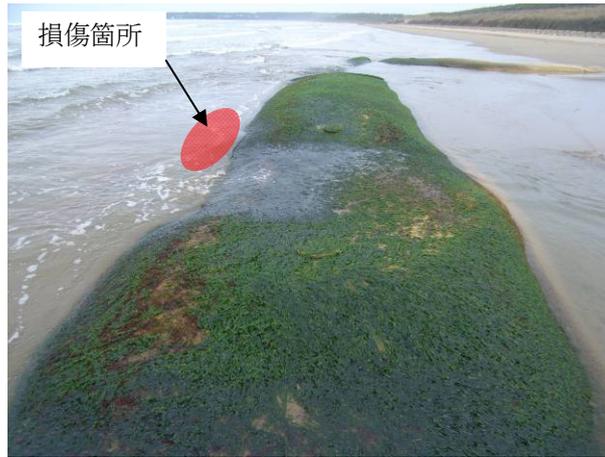
(2) 潜水調査

潜水士により詳細に調査を行った結果、NO⑧サンドバックおよびNO⑩サンドバックに破れが見られた。NO⑧サンドバックについては、図II-3.24.4.2のように海底からコの字型(赤点線)にめくれるように裂けていることが確認された。

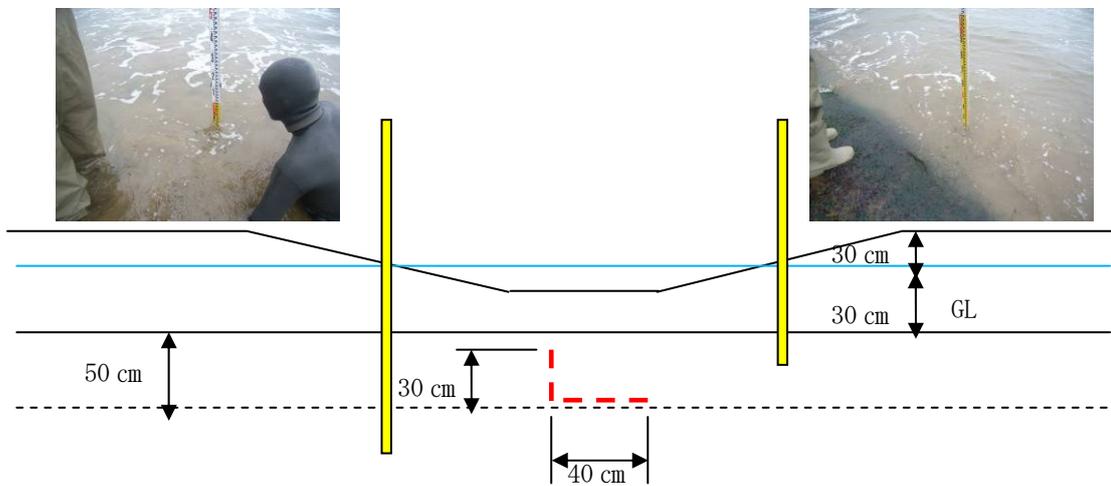


図II-3.24.4.2 NO⑧サンドバック損傷状況

NO⑩サンドバックの損傷箇所は海側GLから50cm程度下がった地点で、L字型に裂けていることが確認された。



写真Ⅱ-3. 24. 4. 2 NO⑩サンドバック損傷箇所

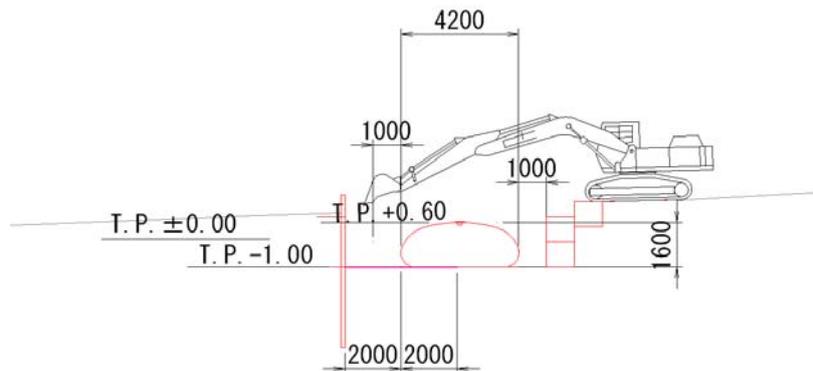


図Ⅱ-3. 24. 4. 3 NO⑩サンドバック損傷状況

(3) 損傷原因の推測

損傷の原因については、あくまで推測であるが、埋戻し時にバックホウのバケットが接触したのではないかと推測される。

図Ⅱ-3. 24. 4. 4 は、埋戻し時の断面を示したものであるが、サンドバックの床付け面はバックホウのキャビンからは見通せない可能性が高く、埋戻しの際にパック付近を入念に埋戻した際に、バケットが接触したのではないかと推測される。



図Ⅱ-3. 24. 4. 4 埋戻し時の推定断面



写真Ⅱ-3.24.4.3 埋戻し作業状況

(4)補修

損傷部については、下記のとおり補修を行った。

写真Ⅱ-3.24.4.3(b)のように引裂き部の糸のほつれ等を除去する。内側に吸出し防止材(不織布)を敷込み、写真Ⅱ-3.24.4.3(c)のように引裂けた部分と新しいシートを縫製した。



a) バケツ接触による損傷状況



b) ほつれの除去



c) 縫製状況



d) 補修後の状況

写真Ⅱ-3.24.4.3 基布のカバー工法(縫製)による補修例

Ⅱ-3. 25. 点検支援カルテ

サンドパック基布の摩耗促進試験及び気象要因劣化促進試験より袋材の点検支援カルテを作成した。劣化の判断基準として人工芝の長さから劣化度を推定することが出来ると考えられる。但し、気象要因劣化については点検支援カルテの作成はできなかった。

表Ⅱ-3.25.1 点検支援カルテ（SPS-500）

(1) 摩耗劣化

コンクリート摩耗量	—	0mm	1.1mm	2.2mm	4.4mm	8.5mm
引張強度 (kN/m)	縦 150kN/m, 横 140kN/m	縦 150kN/m, 横 140kN/m	縦 131kN/m, 横 105kN/m	縦 126kN/m, 横 100kN/m	縦 125kN/m, 横 75kN/m	縦 16kN/m, 横 15kN/m
強度保持率	100%	100%	縦 84%, 横 70%	縦 80%, 横 67%	縦 80%, 横 51%	縦 10%, 横 10%
状況	砂に埋没している	砂に埋没していた基布が露出してくる。	摩耗により人工芝が細くなってくる。	人工芝がところどころ削れて短くなっている状況	人工芝の密度が小さくなっている箇所が確認されている状況	人工芝が削られ、基布がむき出しになっている状況
人工芝の長さ	約 20mm	約 20mm	約 15mm	約 9mm	約 5mm	約 2mm
写真	—		 拡大写真	 拡大写真	 拡大写真	 拡大写真
劣化状況イメージ		人工芝の長さ 約 20mm	人工芝の長さ 約 15mm	人工芝の長さ 約 9mm	人工芝の長さ 約 5mm	人工芝の長さ 約 2mm
判定	D (異常無し)	C (重点点検)	B (重点監視)	B (重点監視)	A (要対策)	A (要対策)

(2) 気象要因劣化

劣化促進試験暴露時間	—	1.2年 (試験 300h)	3.6年 (試験 900h)	4.8年 (試験 1200h)	8年 (試験 2000h)	12年 (試験 3000h)	20年 (試験 5000h)	30年 (試験 7500h)
引張強度 (kN/m)	縦 150kN/m, 横 140kN/m	縦 121kN/m, 横 106kN/m	縦 116kN/m, 横 100kN/m	縦 113kN/m, 横 100kN/m	縦 92kN/m, 横 89kN/m	縦 100kN/m, 横 85kN/m	縦 94kN/m, 横 78kN/m	縦 83kN/m, 横 73kN/m
強度保持率	—	縦 81%, 横 79%	縦 77%, 横 75%	縦 75%, 横 74%	縦 61%, 横 67%	縦 67%, 横 63%	縦 63%, 横 58%	縦 55%, 横 55%
状況	砂に埋没している	基布が露出			記録なし			人工芝が脱色して色が初期状態より薄くなる。織布に光沢感が無くなりくすんだ黒色になる。
写真		—			記録なし			
判定	D (異常無し)	C (重点点検)	B (重点監視)	B (重点監視)	B (重点監視)	B (重点監視)	A (要対策)	A (要対策)

表Ⅱ-3.25.2 点検支援カルテ (SPS-750)

(1) 摩耗劣化

コンクリート 摩耗量	—	0mm	2.2mm	4.4mm	8.7mm
引張強度(kN/m)	縦 190kN/m, 横 190kN/m	縦 190kN/m, 横 190kN/m	縦 171kN/m, 横 185kN/m	縦 165kN/m, 横 176kN/m	縦 162kN/m, 横 176kN/m
強度保持率	100%	100%	縦 87%, 横 87%	縦 85%, 横 83%	縦 83%, 横 83%
状況	砂に埋没している	基布が露出	人工芝の先が摩耗で裂けて細くなった状態。人工芝の長さが約 18mm (初期 20mm) に減少。	人工芝の先が摩耗で裂けて細くなった状態は変わらないが人工芝の長さが約 15mm (初期 20mm) に減少。	人工芝の先が摩耗で裂けて細くなった状態は変わらないが、人工芝の長さが約 10mm (初期 20mm) に減少。場所によっては基布が露出している。
人工芝の長さ	約 20mm	約 20mm	約 18mm	約 15mm	約 10mm
写真					
劣化状況 イメージ					
判定	D (異常無し)	D (異常無し)	C (重点点検)	C (重点点検)	B (重点監視)

(2) 気象要因劣化

劣化促進 試験暴露 時間	—	1.2年 (試験 300h)	3.6年 (試験 900h)	6.0年 (試験 1500h)	10年 (試験 2500h)
引張強度 (kN/m)	周 190kN/m, 軸 190kN/m	周 187kN/m, 軸 171kN/m	周 156kN/m, 軸 159kN/m	周 148kN/m, 軸 162kN/m	周 139kN/m, 軸 151kN/m
強度保持率	100%	周 96%, 軸 80%	周 80%, 軸 75%	周 68%, 軸 72%	周 66%, 軸 68%
状況	砂に埋没している	基布が露出		記録なし	
写真		記録なし		記録なし	
判定	D (異常無し)	C (重点点検)	C (重点点検)	B (重点監視)	B (重点監視)

Ⅱ-3.26 施工許容範囲

実物大実験より施工したサンドパットの出来高（幅、高さ）を計測し、その出来高計測値より施工許容範囲を設定した。計測値 SPS-500 と SPS-750 を併せて表Ⅱ-3.26.1 に示す。施工許容範囲は SPS-750 については図Ⅱ-3.26.1 に示すとおり設定した。また、参考として SPS-500 については図Ⅱ-3.26.2 に示す。

表Ⅱ-3.26.1 サンドパット出来型計測値と施工許容範囲

サンドパット		幅	高さ
SPS-500 (浜住、宮崎試験施工)	施工許容範囲	4.2m~4.5m	1.5m~1.7m
	計測値	4.26	1.7
		4.31	1.7
		4.32	1.62
		4.31	1.65
		4.20	1.60
		4.35	1.60
		4.25	1.60
		4.25	1.60
		4.35	1.57
		4.20	1.62
		4.30	1.58
		4.35	1.57
		4.25	1.60
		4.30	1.62
		4.35	1.57
		4.30	1.60
		4.20	1.63
		4.35	1.57
		4.30	1.60
4.43	1.58		
4.45	1.53		
4.37	1.55		
4.39	1.50		
4.42	1.53		
4.52	1.52		
4.44	1.62		
4.35	1.53		
SPS-750 (千里浜)	施工許容範囲	4.2m~4.5m	1.5m~1.7m
	計測値	4.53	1.55
		4.51	1.58
		4.47	1.59
		4.45	1.59
		4.35	1.62
		4.30	1.67
		4.31	1.67
4.43	1.64		

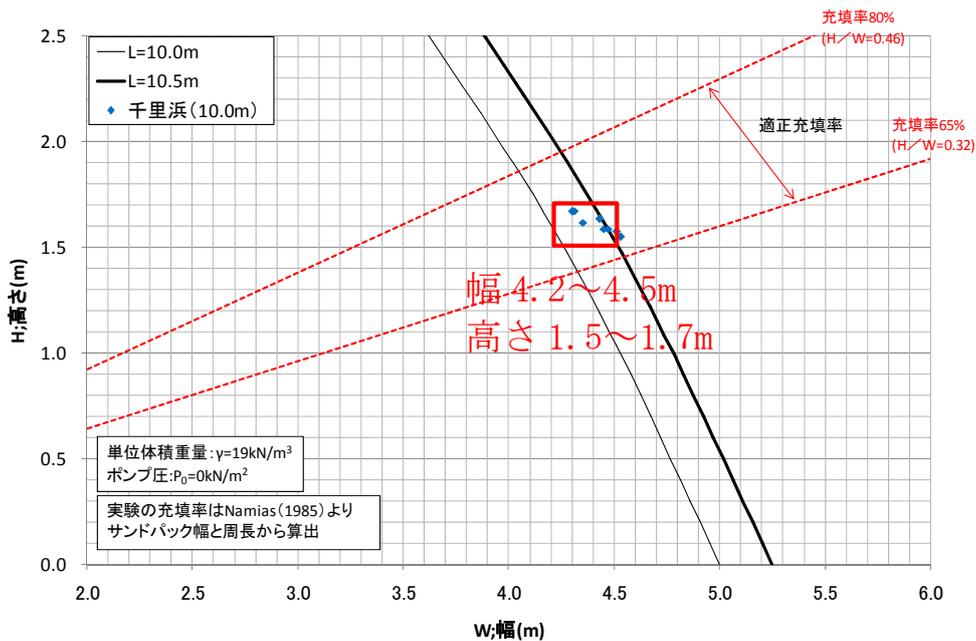


図 II-3.26.1 施工許容範囲 (SPS-750)

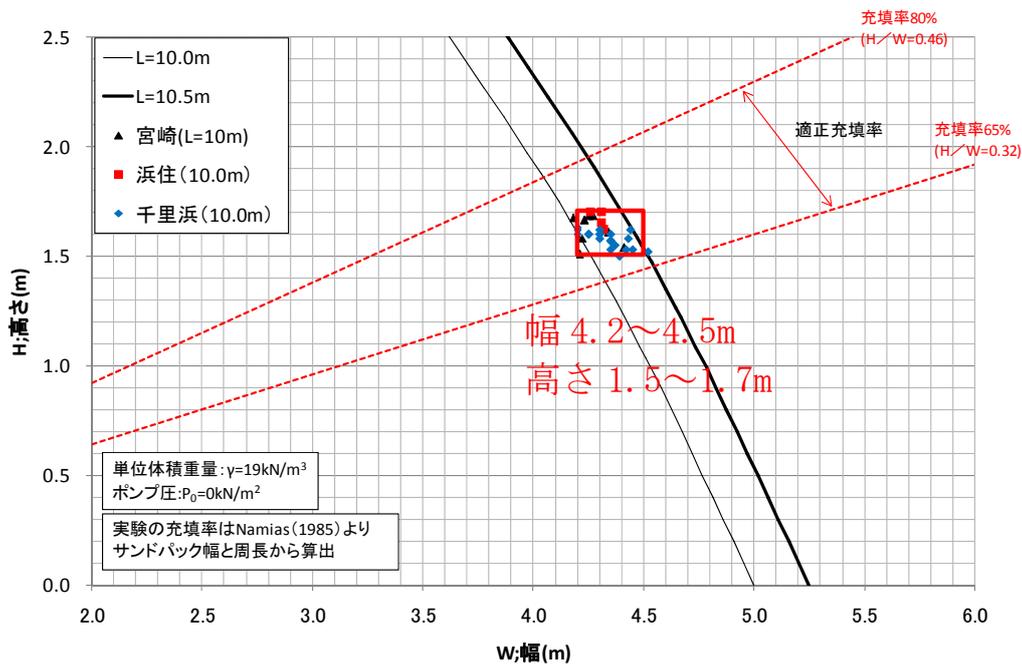
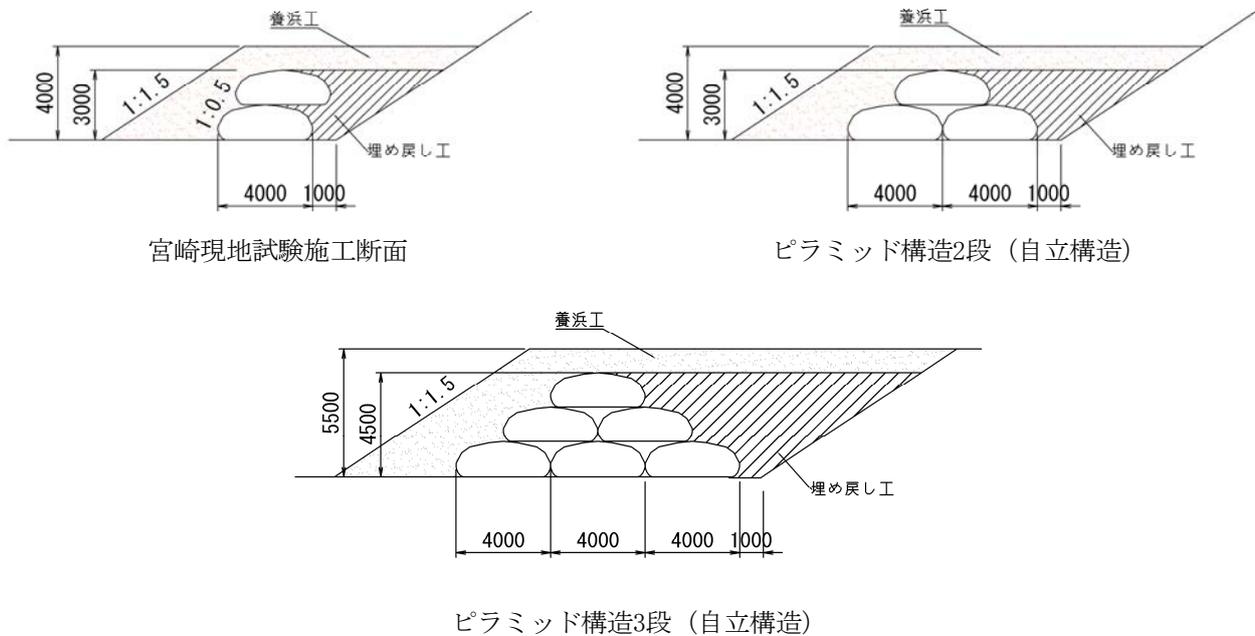


図 II-3.26.2 施工許容範囲 (SPS-500)

Ⅱ-3. 27 施工歩掛

以下にサンドバック2段積み（ピラミッド構造）の施工歩掛りを示す。宮崎における現地試験施工により施工歩掛りを調査した。試験施工の構造は2段積みのもたれ形状であるため、自立構造2段積みピラミッド型とした場合の歩掛りを算定した。



図Ⅱ-3. 27.1 施工歩掛りの断面

1) 床掘り・整地

自立構造2段積みの1段目は2袋設置するため、現地試験の数量Aの2倍とした。

自立構造3段積みの1段目は3袋設置するため、現地試験の数量Aの3倍とした。

名称	規格	単位	数量(計算) (自立構造 2段積み)	数量(計算) (自立構造 3段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	1.00	1.50	0.50
特殊作業員		人	1.00	1.50	0.50
普通作業員		人	2.00	3.00	1.00
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	1.00	1.50	0.50

- 2) ポンプ・水槽設置工、撤去工
 自立構造の歩掛りはもたれ形状と同じとした。

名称	規格	単位	数量 (自立構造 2段積み)	数量(計算) (自立構造 3段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	0.86	0.86	0.86
普通作業員		人	1.72	1.72	1.72
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	1.72	1.72	1.72

- 3) 防水シート設置工

自立構造 2 段積みは 1 段目に 2 袋設置するため、現地試験の数量 A の 2 倍とした。

自立構造 3 段積みの 1 段目は 3 袋設置するため、現地試験の数量 A の 3 倍とした。

名称	規格	単位	数量 (自立構造 2段積み)	数量(計算) (自立構造 3段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	0.20	0.30	0.10
普通作業員		人	0.40	0.60	0.20

- 4) 袋材設置工 (敷設)

自立構造 2 段は 3 袋設置するため、現地試験の数量 A の 1.5 倍とした。

自立構造 3 段は 6 袋設置するため、現地試験の数量 A の 3 倍とした。

名称	規格	単位	数量(計算) (自立構造 2段積み)	数量(計算) (自立構造 3段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	0.42	0.84	0.28
特殊作業員		人	0.42	0.84	0.28
普通作業員		人	1.68	3.36	1.12

- 5) ポンプ充填工 (H=1.5m, W=4.0m, L=20m, 1 袋)

自立構造 2 段積みは 3 袋設置するため、現地試験の数量 A の 1.5 倍とした。

自立構造 3 段積みは 6 袋設置するため、現地試験の数量 A の 3 倍とした。

名称	規格	単位	数量 (自立構造 2段積み)	数量(計算) (自立構造 3段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	1.71	3.42	1.14
特殊作業員		人	1.71	3.42	1.14
普通作業員		人	3.42	6.84	2.28
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.28 m ³ (平積 0.2)	日	1.71	3.42	1.14
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	1.71	3.42	1.14
サンドポンプ運転	37 kW 8 吋	日	1.71	3.42	1.14
水中ポンプ運転	37 kW 8 吋	日	1.71	3.42	1.14
発電機運転	150 kVA	日	1.71	3.42	1.14
諸雑費		式			

第Ⅱ編 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」報告書
 Ⅱ-3 前田工織（株）の試験結果

6) 突合せ部処理工

自立構造 2 段積みは 3 袋設置するため、現地試験の数量 A の 1.5 倍とした。

自立構造 3 段積みは 6 袋設置するため、現地試験の数量 A の 3 倍とした。

名称	規格	単位	数量(計算) (自立構造 2 段積み)	数量(計算) (自立構造 3 段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	0.87	1.74	0.58
普通作業員		人	1.74	3.48	1.16

7) 埋め戻し工

ピラミッド構造の埋め戻し断面積は 8.5m² 対して自立構造 2 段積みは 12.8m² より 1.5 倍、3 段積みは 28.1m² より 3.3 倍の歩掛りとした。

名称	規格	単位	数量 (自立構造 2 段積み)	数量(計算) (自立構造 3 段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状)
世話役		人	0.84	1.85	0.56
普通作業員		人	0.84	1.85	0.56
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	0.84	1.85	0.56

8) 養浜工

もたれ構造の養浜工断面積は 19.0m²、自立構造 2 段積みの断面積は 27.8m²、自立構造 3 段積み断面積は 39.5m² より試験施工の埋め戻し工の断面積 8.5m² の歩掛りのそれぞれ 2.2 倍、3.3 倍、4.6 倍とした。

名称	規格	単位	数量 (自立構造 2 段積み)	数量(計算) (自立構造 3 段積み)	現地試験数量 A (もたれ形状) 埋め戻し工
世話役		人	1.85	2.58	1.23
普通作業員		人	1.85	2.58	1.23
バックホウ運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.8 m ³ (平積 0.6)	日	1.85	2.58	1.23