

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

諏訪 義雄^{※1}

弘中 淳市^{※2}

鈴木 和成^{※2}

by Yoshio Suwa

Junichi Hironaka

Kazunari Suzuki

細 目 次

Ⅱ－４．１ 確認されたサンドバックの性能と照査例	Ⅱ-4-3
Ⅱ－４．１．１ 確認されたサンドバックの性能	Ⅱ-4-3
Ⅱ－４．１．２ 浜崖後退抑止工・サンドバックの性能と照査例	Ⅱ-4-27
Ⅱ－４．１．３ サンドバック袋材の性能と照査例	Ⅱ-4-47
Ⅱ－４．２ 共同研究で対象としたサンドバックの開発経緯	Ⅱ-4-68
Ⅱ－４．２．１ 大磯海岸現地試験における袋材の概要および性能	Ⅱ-4-68
Ⅱ－４．２．２ 宮崎海岸現地試験における袋材の概要および性能	Ⅱ-4-71
Ⅱ－４．２．３ 改良仕様における袋材の概要および性能	Ⅱ-4-74
Ⅱ－４．３ 礫材に関する摩耗劣化促進試験	Ⅱ-4-81
Ⅱ－４．４ 砂に関する摩耗劣化促進試験	Ⅱ-4-91
Ⅱ－４．５ 気象要因劣化促進試験	Ⅱ-4-109
Ⅱ－４．６ 現地暴露試験	Ⅱ-4-116
Ⅱ－４．７ 損傷拡大抵抗性試験	Ⅱ-4-118
Ⅱ－４．８ たき火試験	Ⅱ-4-119
Ⅱ－４．９ 煮沸試験	Ⅱ-4-121
Ⅱ－４．１０ 金魚飼育試験	Ⅱ-4-122
Ⅱ－４．１１ 摩擦係数試験	Ⅱ-4-123
Ⅱ－４．１２ 浜崖後退抑止工波浪安定性水理模型実験	Ⅱ-4-125
Ⅱ－４．１２．１ 実験概要	Ⅱ-4-125
Ⅱ－４．１２．２ 実験ケースおよび実験結果	Ⅱ-4-127
Ⅱ－４．１３ 大磯海岸現地試験	Ⅱ-4-133
Ⅱ－４．１３．１ 概説	Ⅱ-4-133
Ⅱ－４．１３．２ サンドバックの仕様	Ⅱ-4-133
Ⅱ－４．１３．３ サンドバックの施工	Ⅱ-4-134
Ⅱ－４．１３．４ サンドバックの経過観察	Ⅱ-4-135
Ⅱ－４．１３．５ サンドバックの解体撤去	Ⅱ-4-138

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－４ 三井化学産資（株）の試験結果

Ⅱ－４．１４ 宮崎海岸現地試験	Ⅱ-4-140
Ⅱ－４．１４．１ 概説	Ⅱ-4-140
Ⅱ－４．１４．２ サンドパットの施工	Ⅱ-4-140
Ⅱ－４．１３．３ サンドパットの経過観察	Ⅱ-4-142
Ⅱ－４．１３．４ サンドパットの解体撤去	Ⅱ-4-144
Ⅱ－４．１３．５ 現地試験を踏まえた課題と対策について	Ⅱ-4-146
Ⅱ－４．１５ 実物大実験に基づくサンドパットの施工許容範囲の設定	Ⅱ-4-149

*1 国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室長

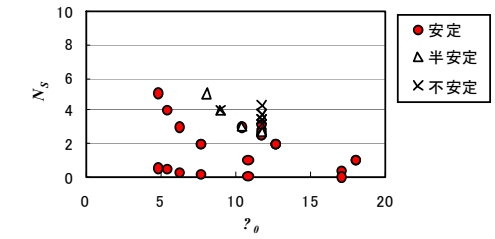
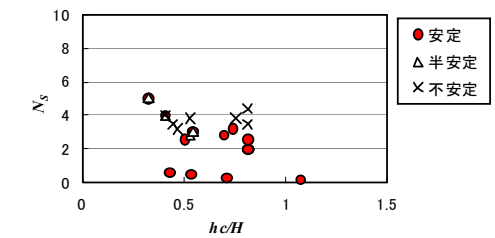
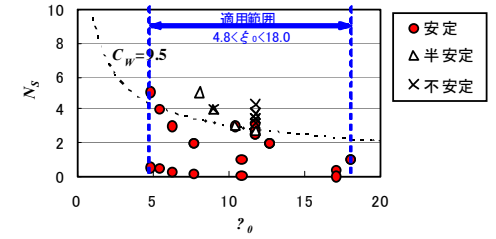
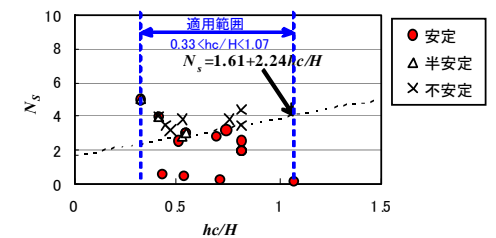
*2 三井化学産資株式会社 環境資材開発部

Ⅱ－４．１ 確認されたサンドバックの性能と照査例

Ⅱ－４．１．１ 確認されたサンドバックの性能

本共同研究で対象としたサンドバック及び袋材について、水理実験、材料試験等を行った結果、表Ⅱ-4.1.1.1に示す性能を有することが確認された。

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドバックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

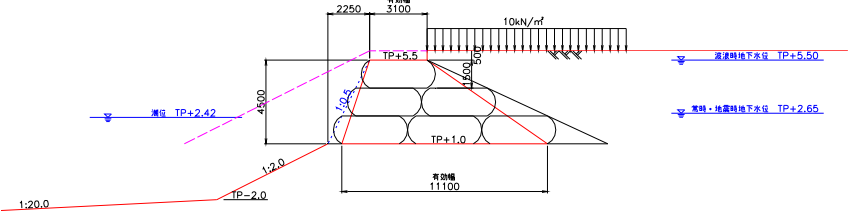
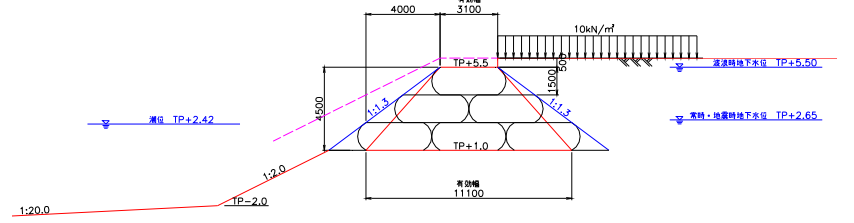
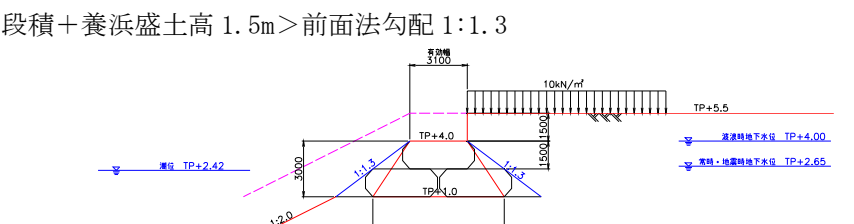
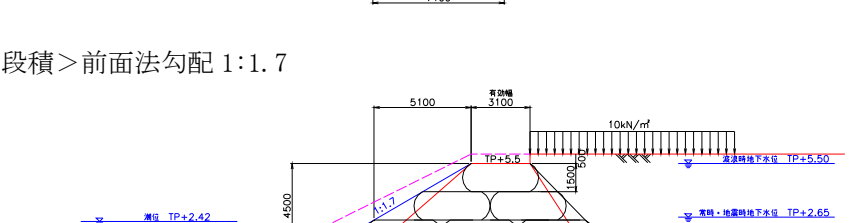
項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等	性能
波浪安定性	<p>設計波浪に対して移動しない重量を有すること。</p> <p>$W > \text{斜面所要質量}$ (計画波浪)</p> <p>$W > \text{法肩部所要質量}$ (計画波浪)</p> <p>単体で設置された状態で沖合に流出しないこと。</p>	<p>水理模型実験</p> <p>【条件】</p> <p>規則波、移動床</p> <p>縮尺 1/60</p> <p>$I_b = 1/60$ ($h > 5.4\text{m}$)</p> <p>1/10 ($h < 5.4\text{m}$)</p> <p>$H = 1.2 \sim 15\text{m}$</p> <p>$hc = 4.8\text{m}, 6.6\text{m}$</p> <p>$\tan \alpha = 1, 1.67$</p> <p>もたれ式</p>	<p>もたれ式斜面部</p>  <p>もたれ式法肩部</p> 	<p>もたれ式斜面部</p>  <p>$N_s = 9.5 / \sqrt{\xi}$</p> <p>もたれ式法肩部</p>  <p>$N_s = 1.61 + 2.24hc/H$</p>

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドバックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等	性能
波浪安定性	<p>設計波浪に対して移動しない重量を有すること。 $W > \text{斜面所要質量}$ （計画波浪） $W > \text{法肩部所要質量}$ （計画波浪）</p> <p>単体で設置された状態で沖合に流出しないこと。</p>	<p>水理模型実験 【条件】 規則波、移動床 縮尺 1/100 $I_b = 1/60$ ($h > 5.4\text{m}$) $1/10$ ($h < 5.4\text{m}$) $H = 8.2 \sim 23.3\text{m}$ $hc = 1.58\text{m}$ $\tan \alpha = 0.75、2$ 自立式</p>	自立式斜面部	自立式斜面部
				<p>$N_s = 18 / \sqrt{\xi_\theta}$</p>
			自立式法肩部 （積層勾配 $\tan \alpha = 0.75$ ）	自立式法肩部 （積層勾配 $\tan \alpha = 0.75$ ）
				<p>$N_s = 7.6 + 2.24hc/H$</p>
			自立式法肩部 （積層勾配 $\tan \alpha = 1.5 \sim 2$ ）	自立式法肩部 （積層勾配 $\tan \alpha = 1.5 \sim 2$ ）
				<p>$N_s = 6.6 + 2.24hc/H$</p>

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドバックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等	性能
浜崖後退抑止工の安定性	<p>背面からの土圧等に対して安定であること</p> <p>安定計算において、性能を過大評価することがないよう</p> <ul style="list-style-type: none"> 中詰材及び背面養浜盛土の単位体積重量を設定する サンドバックの摩擦係数は袋材の摩擦係数試験結果を参考に設定する 	<p>円弧すべり計算及び試行くさび法による計算</p> <p>【計算条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> サンドバック断面： 1.5m×4.0m 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 ＜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 背面養浜盛土部上載荷重： （常時、地震時） 10kN/m² 単位堆積重量： （中詰材）15kN/m³ （養浜盛土）19kN/m³ 養浜盛土内部摩擦角： 30° 養浜盛土粘着力： 0kN/m² 	<p>＜3段積＞前面法勾配 1:0.5</p>  <p>＜3段積＞前面法勾配 1:1.3</p>  <p>＜2段積＋養浜盛土高 1.5m＞前面法勾配 1:1.3</p>  <p>＜3段積＞前面法勾配 1:1.7</p> 	

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドパックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目		要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等	性能
浜崖後退抑止 工の安定性	常時	円弧滑り：安全率 1.2 以上 滑動：安全率 1.5 以上 転倒： $e < B/6$	<p>試行くさび法、円弧すべりによる計算</p> <p>【計算条件】</p> <p>盛土天端高=サンドパック積層体天端高+0.5m（3 段積み）</p> <p>サンドパック積層体天端高+1.5m（2 段積み）</p> <p>前面潮位=高潮位</p> <p>地下水位=高潮位+0.23m（3 段積み）</p> <p>高潮位+0.15m（2 段積み）</p> <p>前面地盤低下高=積層体基盤高-3m</p> <p>活荷重考慮</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 摩擦係数（砂と袋材）$\mu = 0.71$（摩擦係数試験結果） 摩擦係数（袋材と袋材）$\mu = 1.40$（摩擦係数試験結果） 	<p>（積層体前面法勾配 1:0.5）</p> <p>$< 3 \text{ 段積} \cdot \text{盛土高} = \text{積層体天端高} + 0.5\text{m} >$</p> <p>円弧すべり：安全率 $F_s = 1.621 > 1.2$</p> <p>滑動：安全率 $F_s = 13.319 > 1.5$</p> <p>転動：偏心量 $e = 1.426\text{m} < 1.85\text{m}$ ($=B/6$)</p> <p>（積層体前面法勾配 1:1.3）</p> <p>$< 3 \text{ 段積} \cdot \text{盛土高} = \text{積層体天端高} + 0.5\text{m} >$</p> <p>円弧すべり：安全率 $F_s = 1.518 > 1.2$</p> <p>滑動：安全率 $F_s = 4.759 > 1.5$</p> <p>転動：偏心量 $e = 1.586\text{m} < 1.85\text{m}$ ($=B/6$)</p> <p>$< 2 \text{ 段積} \cdot \text{盛土高} = \text{積層体天端高} + 1.5\text{m} >$</p> <p>円弧すべり：安全率 $F_s = 1.304 > 1.2$</p> <p>滑動：安全率 $F_s = 2.733 > 1.5$</p> <p>転動：偏心量 $e = 1.176\text{m} < 1.183\text{m}$ ($=B/6$)</p> <p>（積層体前面法勾配 1:1.7）</p> <p>$< 3 \text{ 段積} \cdot \text{盛土高} = \text{積層体天端高} + 0.5\text{m} >$</p> <p>円弧すべり：安全率 $F_s = 1.485 > 1.2$</p> <p>滑動：安全率 $F_s = 3.847 > 1.5$</p> <p>転動：偏心量 $e = 1.667\text{m} < 1.85\text{m}$ ($=B/6$)</p>	<p>以下の計算条件ではマニュアル要求性能を満たす</p> <p>【計算条件】</p> <p>$< 3 \text{ 段積} >$</p> <ul style="list-style-type: none"> 積層体前面法勾配 1:0.5～1:1.7 養浜盛土高：サンドパック積層体天端高+0.5m 積層体前面潮位：最下段サンドパック底面高+1.42m 積層体背面地下水位：積層体底面高+1.65m 地盤低下高：積層体底面高-3m、地盤低下対策（アスファルトマット）あり 活荷重あり サンドパックと砂の摩擦係数：0.71 サンドパック同志の摩擦係数：1.40 中詰材の単位体積重量：15kN/m^3 養浜盛土の単位体積重量：19kN/m^3 養浜盛土の内部摩擦角：30° 養浜盛土粘着力：0kN/m^2 <p>$< 2 \text{ 段積} >$</p> <ul style="list-style-type: none"> 積層体前面法勾配 1:1.3 養浜盛土高：サンドパック積層体天端高+1.5m 積層体背面地下水位：積層体底面高+1.57m その他 3 段積と同じ

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドパックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目		要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等	性能
浜崖後退抑止 工の安定性	波浪 越波時	円弧滑り：安全率 1.2 以上 滑動：安全率 1.5 以上 転倒： $e < B/6$	試行くさび法、円弧すべり による計算 【計算条件】 養浜盛土高=サンドパック 積層体天端高+0.5m（3 段積 み） サンドパック積層体天端高 +1.5m（2 段積み） 前面潮位=設計高潮位 地下水位=サンドパック積 層体天端高 前面地盤低下量=サンドパ ック積層体基盤高-3m 活荷重考慮しない	（積層体前面法勾配 1:0.5） $<3 \text{ 段積} \cdot \text{盛土高} = \text{積層体天端高} + 0.5\text{m} >$ 円弧すべり：安全率 $F_s = 1.291 > 1.2$ 滑動：安全率 $F_s = 3.673 > 1.5$ 転動：偏心量 $e = 0.732\text{m} < 1.85\text{m}$ （ $=B/6$ ）	以下の計算条件ではマニュアル要求性能 を満たす 【計算条件】 $<3 \text{ 段積}>$ ・積層体前面法勾配 1:0.5～1:1.7 ・養浜盛土高：サンドパック積層体天端 高+0.5m ・積層体前面潮位：最下段サンドパック 底面高+1.42m ・積層体背面地下水位=積層体天端高 ・地盤低下高：積層体底面高-3m、地盤 低下対策（アスファルトマット）あり ・活荷重なし ・サンドパックと砂の摩擦係数：0.71 ・サンドパック同志の摩擦係数：1.40 ・中詰材の単位体積重量：15kN/m ³ ・養浜盛土の単位体積重量：19kN/m ³ ・養浜盛土の内部摩擦角：30° ・養浜盛土粘着力：0kN/m ²
			・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 ・摩擦係数（砂と袋材） $\mu = 0.71$ （摩擦係数試験 結果） ・摩擦係数（袋材と袋材） $\mu = 1.40$ （摩擦係数試験 結果）	$<2 \text{ 段積} \cdot \text{盛土高} = \text{積層体天端高} + 1.5\text{m} >$ 円弧すべり：安全率 $F_s = 1.227 > 1.2$ 滑動：安全率 $F_s = 1.808 > 1.5$ 転動：偏心量 $e = 0.898\text{m} < 1.183\text{m}$ （ $=B/6$ ） （積層体前面法勾配 1:1.7） $<3 \text{ 段積} \cdot \text{盛土高} = \text{積層体天端高} + 0.5\text{m} >$ 円弧すべり：安全率 $F_s = 1.242 > 1.2$ 滑動：安全率 $F_s = 1.682 > 1.5$ 転動：偏心量 $e = 1.098\text{m} < 1.85\text{m}$ （ $=B/6$ ）	

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドバックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目		要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等	性能
浜崖後退抑止 工の安定性	地震時	L1 地震動の水平方向慣性力のみ考慮 円弧滑り：安全率 1.0 以上 滑動：安全率 1.2 以上 転倒： $e < B/3$	水平震度法による円弧滑り計算 【計算条件】 盛土天端高=サンドバック積層体天端高+0.5m（3 段積み） サンドバック積層体天端高+1.5m（2 段積み） 前面潮位=高潮位 地下水位=高潮位+0.23m（3 段積み） 高潮位+0.15m（2 段積み） 前面地盤低下高=積層体基盤高-3m 活荷重考慮しない ・設計水平震度 k_h （L1 地震動・Ⅱ種地盤、B1・B2 地域を想定）： （円弧滑り）0.085 （滑動・転倒）0.1275 ・摩擦係数（砂と袋材） $\mu = 0.71$ （摩擦係数試験結果） ・摩擦係数（袋材と袋材） $\mu = 1.40$ （摩擦係数試験結果）	（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 $F_s = 1.175 > 1.0$ 滑動：安全率 $F_s = 5.345 > 1.5$ 転動：偏心量 $e = 1.082\text{m} < 3.70\text{m}$ （ $=B/3$ ） （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 $F_s = 1.135 > 1.0$ 滑動：安全率 $F_s = 2.847 > 1.2$ 転動：偏心量 $e = 1.204\text{m} < 3.70\text{m}$ （ $=B/3$ ） ＜2 段積・盛土高=積層体天端高+1.5m＞ 円弧すべり：安全率 $F_s = 1.011 > 1.0$ 滑動：安全率 $F_s = 1.999 > 1.5$ 転動：偏心量 $e = 0.901\text{m} < 2.366\text{m}$ （ $=B/3$ ） （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 $F_s = 1.12 > 1.0$ 滑動：安全率 $F_s = 2.415 > 1.5$ 転動：偏心量 $e = 1.29\text{m} < 3.70\text{m}$ （ $=B/3$ ）	以下の計算条件ではマニュアル要求性能を満たす 【計算条件】 ＜3 段積＞ ・積層体前面法勾配 1:0.5～1:1.7 ・養浜盛土高：サンドバック積層体天端高+0.5m ・積層体前面潮位：最下段サンドバック底面高+1.42m ・積層体背面地下水位：積層体底面高+1.65m ・地盤低下高：積層体底面高-3m、地盤低下対策（アスファルトマット）あり ・活荷重なし ・サンドバックの摩擦係数：0.71 ・サンドバック同志の摩擦係数：1.40 ・水平震度 $K_h = 0.085$ （円弧滑り） =0.1275（滑動・転倒） ・中詰材の単位体積重量：15kN/m ³ ・養浜盛土の単位体積重量：19kN/m ³ ・養浜盛土の内部摩擦角：30° ・養浜盛土粘着力：0kN/m ² ＜2 段積＞ ・積層体前面法勾配 1:1.3 ・養浜盛土高：サンドバック積層体天端高+1.5m ・積層体背面地下水位：積層体底面高+1.57m ・その他 3 段積と同じ

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドパックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等	性能
施工許容範囲	出来型形状（幅、高さ）が許容範囲内に収まっていること。	実物大のサンドパック製作により出来型を計測		<p>出来型形状許容範囲 幅 W： 4.1～4.5m 高さ H： 1.45～1.7m</p>
点検管理支援	供用後のサンドパックの点検のためのカルテを用意していること	—	—	<p>摩耗要因劣化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作成できず</p>

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドパックスの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等	性能																																																																																
施工歩掛	施工の歩掛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 サンドパックス形状（高さ 1.5m、幅 4.0m、長さ 20m）の歩掛調査をもとに算出	<p>延長 20m あたり</p> <p>1) 床掘・整地</p> <table border="1"> <tr> <th>名称</th><th>規格</th><th>単位</th><th>2 段積 自立式</th><th>3 段積 自立式</th></tr> <tr> <td>世話役</td><td></td><td>人</td><td>0.5</td><td>0.75</td></tr> <tr> <td>バックホ 運転</td><td>クローラ山積 0.8m³</td><td>日</td><td>0.5</td><td>0.75</td></tr> </table> <p>2) ポンプ・水槽設置・撤去工</p> <table border="1"> <tr> <th>名称</th><th>規格</th><th>単位</th><th>2 段積 自立式</th><th>3 段積 自立式</th></tr> <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 運転</td><td>クローラ山積 0.8m³</td><td>日</td><td>1.72</td><td>1.72</td></tr> </table> <p>3) 防水シート設置工</p> <table border="1"> <tr> <th>名称</th><th>規格</th><th>単位</th><th>2 段積 自立式</th><th>3 段積 自立式</th></tr> <tr> <td>世話役</td><td></td><td>人</td><td>0.1</td><td>0.15</td></tr> <tr> <td>特殊作業員</td><td></td><td>人</td><td>0.0</td><td>0.00</td></tr> <tr> <td>普通作業員</td><td></td><td>人</td><td>0.1</td><td>0.15</td></tr> </table> <p>4) 袋材設置工</p> <table border="1"> <tr> <th>名称</th><th>規格</th><th>単位</th><th>2 段積 自立式</th><th>3 段積 自立式</th></tr> <tr> <td>世話役</td><td></td><td>人</td><td>1.53</td><td>3.06</td></tr> <tr> <td>特殊作業員</td><td></td><td>人</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr> <tr> <td>普通作業員</td><td></td><td>人</td><td>3.00</td><td>6.00</td></tr> <tr> <td>バックホ 運転</td><td>クローラ山積 0.8m³</td><td>日</td><td>0.39</td><td>0.78</td></tr> </table>	名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式	世話役		人	0.5	0.75	バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	0.5	0.75	名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式	世話役		人	0.86	0.86	普通作業員		人	1.72	1.72	バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	1.72	1.72	名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式	世話役		人	0.1	0.15	特殊作業員		人	0.0	0.00	普通作業員		人	0.1	0.15	名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式	世話役		人	1.53	3.06	特殊作業員		人	0.00	0.00	普通作業員		人	3.00	6.00	バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	0.39	0.78
名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式																																																																																
世話役		人	0.5	0.75																																																																																
バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	0.5	0.75																																																																																
名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式																																																																																
世話役		人	0.86	0.86																																																																																
普通作業員		人	1.72	1.72																																																																																
バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	1.72	1.72																																																																																
名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式																																																																																
世話役		人	0.1	0.15																																																																																
特殊作業員		人	0.0	0.00																																																																																
普通作業員		人	0.1	0.15																																																																																
名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式																																																																																
世話役		人	1.53	3.06																																																																																
特殊作業員		人	0.00	0.00																																																																																
普通作業員		人	3.00	6.00																																																																																
バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	0.39	0.78																																																																																

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドパックスの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等	性能																																																																																					
施工歩掛	施工の歩掛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 サンドパックス形状（高さ 1.5m、幅 4.0m、長さ 20m）の歩掛調査をもとに算出	<p>5) ポンプ充填工</p> <table> <tr> <th>名称</th><th>規格</th><th>単位</th><th>2 段積 自立式</th><th>3 段積 自立式</th></tr> <tr> <td>世話役</td><td></td><td>人</td><td>1.5</td><td>3.0</td></tr> <tr> <td>特殊作業員</td><td></td><td>人</td><td>1.5</td><td>3.0</td></tr> <tr> <td>普通作業員</td><td></td><td>人</td><td>3.0</td><td>6.0</td></tr> <tr> <td>バックホ 運転</td><td>クローラ山積 0.28m³</td><td>日</td><td>3.0</td><td>6.0</td></tr> <tr> <td>バックホ 運転</td><td>クローラ山積 0.8m³</td><td>日</td><td>1.5</td><td>3.0</td></tr> <tr> <td>サントポン 運転</td><td>37kW 8 吋</td><td>日</td><td>1.5</td><td>3.0</td></tr> <tr> <td>水中ポン 運転</td><td>37kW 8 吋</td><td>日</td><td>1.5</td><td>3.0</td></tr> <tr> <td>発電機運転</td><td>150kVA</td><td>日</td><td>1.5</td><td>3.0</td></tr> <tr> <td>諸雑費</td><td></td><td>式</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> <p>6) 突合せ処理工</p> <table> <tr> <th>名称</th><th>規格</th><th>単位</th><th>2 段積 自立式</th><th>3 段積 自立式</th></tr> <tr> <td>世話役</td><td></td><td>人</td><td>0.57</td><td>1.14</td></tr> <tr> <td>普通作業員</td><td></td><td>人</td><td>1.14</td><td>2.28</td></tr> <tr> <td>バックホ 運転</td><td>クローラ山積 0.8m³</td><td>日</td><td>0.39</td><td>0.78</td></tr> </table> <p>7) 埋戻し工</p> <table> <tr> <th>名称</th><th>規格</th><th>単位</th><th>2 段積 自立式</th><th>3 段積 自立式</th></tr> <tr> <td>世話役</td><td></td><td>人</td><td>0.84</td><td>1.68</td></tr> <tr> <td>バックホ 運転</td><td>クローラ山積 0.8m³</td><td>日</td><td>0.84</td><td>1.68</td></tr> </table>	名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式	世話役		人	1.5	3.0	特殊作業員		人	1.5	3.0	普通作業員		人	3.0	6.0	バックホ 運転	クローラ山積 0.28m ³	日	3.0	6.0	バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	1.5	3.0	サントポン 運転	37kW 8 吋	日	1.5	3.0	水中ポン 運転	37kW 8 吋	日	1.5	3.0	発電機運転	150kVA	日	1.5	3.0	諸雑費		式	1	1	名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式	世話役		人	0.57	1.14	普通作業員		人	1.14	2.28	バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	0.39	0.78	名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式	世話役		人	0.84	1.68	バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	0.84	1.68
名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式																																																																																					
世話役		人	1.5	3.0																																																																																					
特殊作業員		人	1.5	3.0																																																																																					
普通作業員		人	3.0	6.0																																																																																					
バックホ 運転	クローラ山積 0.28m ³	日	3.0	6.0																																																																																					
バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	1.5	3.0																																																																																					
サントポン 運転	37kW 8 吋	日	1.5	3.0																																																																																					
水中ポン 運転	37kW 8 吋	日	1.5	3.0																																																																																					
発電機運転	150kVA	日	1.5	3.0																																																																																					
諸雑費		式	1	1																																																																																					
名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式																																																																																					
世話役		人	0.57	1.14																																																																																					
普通作業員		人	1.14	2.28																																																																																					
バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	0.39	0.78																																																																																					
名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式																																																																																					
世話役		人	0.84	1.68																																																																																					
バックホ 運転	クローラ山積 0.8m ³	日	0.84	1.68																																																																																					

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドパックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
			内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
初期引張強度	【施工時】 ポンプ充填施工時に ・内側袋材初期引張強度＞施工時作用張力 ・外側袋材、内側袋材連結部初期引張強度＞施工時作用張力	①基布 引張強度試験 JISL1096	Tave(周)=219kN/m Tmax(周)=225kN/m Tmin(周)=210kN/m Tave(軸)=212kN/m Tmax(軸)=217kN/m Tmin(軸)=207kN/m	Tave(周)=53kN/m Tmax(周)=55kN/m Tmin(周)=52kN/m Tave(軸)=54kN/m Tmax(軸)=57kN/m Tmin(軸)=51kN/m	T(周)=200kN/m T(軸)=200kN/m	T(周)=50kN/m T(軸)=50kN/m
	○内側袋材作用張力 （周長 10m、単位体積重量 19kN/m ³ 、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） $T(周)=104kN/m=23kN/m \times 1.5 \times 3$ $T(軸)=65kN/m=104kN/m \times 0.63$ ○外側袋材作用張力 （周長 10m、単位体積重量 10kN/m ³ 、充填率 80%とし、Namias 算定法より算出した張力の3割と想定） $T=3.6kN/m$	②縫製部 引張強度試験 JISL1096 準用	周方向 Tave(平縫い)=170kN/m Tmax(平縫い)=179kN/m Tmin(平縫い)=165kN/m 軸方向 Tave(袋縫い)=113kN/m Tmax(袋縫い)=117kN/m Tmin(袋縫い)=109kN/m Tave(袋縫い)=188kN/m※ Tmax(袋縫い)=209kN/m※ Tmin(袋縫い)=164kN/m※ ※JISL1093 A-1 での参考値 Tave(注入口)=48kN/m Tmax(注入口)=49kN/m Tmin(注入口)=47kN/m	周方向 Tave(拝縫い)=50kN/m Tmax(拝縫い)=54kN/m Tmin(拝縫い)=47kN/m	周方向 T(平縫い)=160kN/m 軸方向 T(袋縫い)=100kN/m T(注入口)=45kN/m※ ※周方向作用張力 104kN/m、軸方向作用張力 65kN/m を下回るが、中詰材充填時に丁張を行う等して注意深く施工することで対応	周方向 T(拝縫い)=35kN/m

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドバックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
			内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
初期引張強度	<p>【施工時】 ポンプ充填施工時に</p> <ul style="list-style-type: none"> ・内側袋材初期引張強度 ＞施工時作用張力 ・外側袋材、内側袋材連結部初期引張強度 ＞施工時作用張力 <p>○内側袋材作用張力 （周長 10m、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） $T(周)=104\text{kN/m}=23\text{kN/m} \times 1.5 \times 3$ $T(軸)=65\text{kN/m}=104\text{kN/m} \times 0.63$</p> <p>○外側袋材作用張力 （周長 10m、単位体積重量 10kN/m³、充填率 80%とし、Namias 算定法より算出した張力の3割と想定） $T=3.6\text{kN/m}$</p>	③連結部 引張強度試験	<p>周方向 $T_{ave}(\text{ベルト平縫い})=46\text{kN/m}$ $T_{max}(\text{ベルト平縫い})=48\text{kN/m}$ $T_{min}(\text{ベルト平縫い})=44\text{kN/m}$</p> <p>※内側袋材引張強度（ベルト平縫い）は、外側袋材引張強度（ベルト平縫い）試験がベルト部の破断による結果のため、同値とする。</p>	<p>軸方向 $T_{ave}(\text{ベルト平縫い})=46\text{kN/m}$ $T_{max}(\text{ベルト平縫い})=48\text{kN/m}$ $T_{min}(\text{ベルト平縫い})=44\text{kN/m}$</p> <p>軸方向 $T_{ave}(\text{ベルトハトメ部})=10\text{kN/m}$ $T_{max}(\text{ベルトハトメ部})=10\text{kN/m}$ $T_{min}(\text{ベルトハトメ部})=10\text{kN/m}$</p>	<p>軸方向 $T(\text{ベルト平縫い})=35\text{kN/m}$</p>	<p>軸方向 $T(\text{ベルト平縫い})=35\text{kN/m}$ $T(\text{ベルトハトメ部})=10\text{kN/m}$</p>

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドパックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
			内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
劣化後引張強度	<p>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を保持すること。</p> <p>目標寿命期間(T 年)経過後の劣化強度 $T_d(T) > \text{供用時張力 } T$</p> <p>劣化後強度 $T_d(T)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(T) \times \alpha_w(T)$</p> <p>$\alpha_a(T)$：摩耗=T 年後の摩耗劣化強度保持率 $\alpha_w(T)$：気象=T 年後の気象要因劣化強度保持率</p> <p>照査例(T=10 年) ○内側袋材供用時作用張力(3 段積み最下段最前面周長 10m のサンドパックに作用する張力) $T(\text{周方向})=91.5\text{kN/m}$ $T(\text{軸方向})=58\text{kN/m}$</p> <p>○外側袋材供用時作用張力(周長 10m サンドパックに充填率 80%で水充填時の作用張力) $T(\text{周方向})=12.1\text{kN/m}$ $T(\text{軸方向})=7.6\text{kN/m}$</p>	<p>○摩耗劣化性能： (砂海岸) ウォータージェット摩耗促進試験 (礫海岸) 回転ドラム型摩耗試験機による摩耗促進試験</p> <p>○気象要因劣化性能： 気象要因劣化促進試験</p> <p>目標寿命 10 年</p> <ul style="list-style-type: none">・気象要因劣化促進暴露時間=2,500hr・コンクリート摩耗量=2.5mm <p>劣化後強度 $T_d(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10)$</p> <p>$\alpha_a(10)$：摩耗=10 年後の摩耗劣化強度保持率 $\alpha_w(10)$：気象=10 年後の気象要因劣化強度保持率</p>	—	<p>照査例</p> <ul style="list-style-type: none">・周方向 内側基布劣化強度： $T_d(10)=200 \times 0.80 \times 0.80=128\text{kN/m}$ > 供用時張力：91.5kN/m 内側縫製部(平縫い)劣化強度： $T_d(10)=160 \times 0.80 \times 0.80=102\text{kN/m}$ > 供用時張力：91.5kN/m 外側基布劣化強度： $T_d(10)=50 \times 0.83 \times 0.90=37\text{kN/m}$ > 供用時張力：12.1kN/m 外側縫製部(押縫い)劣化強度： $T_d(10)=35 \times 1.0 \times 1.0=35\text{kN/m}$ > 供用時張力：12.1kN/m・軸方向 内側基布劣化強度： $T_d(10)=200 \times 0.80 \times 0.80=128\text{kN/m}$ > 供用時張力：58kN/m 内側縫製部(平縫い)劣化強度： $T_d(10)=160 \times 0.80 \times 0.80=102\text{kN/m}$ > 供用時張力：58kN/m 内側縫製部(袋縫い)劣化強度： $T_d(10)=100 \times 0.80 \times 0.80=64\text{kN/m}$ > 供用時張力：58kN/m 外側基布劣化強度： $T_d(10)=50 \times 0.83 \times 0.90=37\text{kN/m}$ > 供用時張力：7.6kN/m 外側連結部(ハトメ部)劣化強度： $T_d(10)=10 \times 1.0 \times 1.0=10\text{kN/m}$ > 供用時張力：7.6kN/m		

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドバックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
			内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
劣化後引 張強度	摩 耗 劣 化	<p>サンドバック設置場所における 目標寿命期間(T 年間)のコンク リート磨耗量(◎mm)に相当す る摩耗外力を袋材に作用させた 後の強度保持率</p> <p>照査外力 コンクリート磨耗量=摩耗速度 ×目標寿命期間</p> <p>照査例（宮崎海岸前面砂浜あ り、目標寿命期間 10 年間） コンクリート磨耗量=0.25mm/年 ×10 年=2.5mm</p>				

照査例（10 年間の摩耗劣化外力）
 コンクリート磨耗量：強度保持率（性能値）
 内側 2.5mm：80%、内側縫製 2.5mm：80%
 外側-2(改) 2.5mm：83%

Ⅱ-4 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドバックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目		要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
				内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
劣化後引張強度	気象要因劣化	サンドバック設置場所における目標寿命期間(T 年間)の紫外線・水分変動に相当する劣化促進外力を作用させた後の強度保持率	気象要因劣化促進試験/サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験 (JIS B 7753)				
		照査外力 促進暴露試験時間(hr)=250 (hr/年) × 目標寿命期間(年)					
		照査例(目標寿命期間 10 年間) 促進暴露試験時間=2, 500hr					
				※ 333hr まで計測し、試験継続中。			
				※ 試験継続中であり、経過が宮崎海岸施工試験仕様と同等であることから、宮崎海岸施工試験仕様と同様の強度保持率（性能値）とする。			
				照査例(10 年間の気象要因劣化外力) 促進試験暴露時間：強度保持率（性能値） （内側・内側縫製 2, 500hr：80%） （外側-2(改) 2, 500hr：90%）			

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドバックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
			内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
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。 袋材と袋材 $\mu \geq 0.7$ 砂と袋材 $\mu \geq 0.5$	摩擦係数試験 JIS K7125 に準拠して袋材同士、袋材と砂地盤の最大静止摩擦係数を計測する。	静止摩擦係数 袋材と袋材 $\mu = 1.408$ 砂と袋材 $\mu = 0.719$ 袋材とアスファルトマット $\mu = 0.93$ （参考値）		①袋材同士の摩擦係数 $\mu = 1.40$ ②砂地盤と袋材の摩擦係数 $\mu = 0.71$	
中詰材保持性	使用中詰材を保持できること 基布、縫製部ともに原則 $0_{95}/d_{60} < 1.0$ ポンプ充填においては以下も可（中詰材の歩留低下を前提） $0_{95}/d_{85} \leq 1.5 \times (d_{60}/d_{10})^{0.3}$ ($1 < \text{均等係数}(d_{60}/d_{10}) \leq 3$) $0_{95}/d_{85} \leq 13.5 / (d_{60}/d_{10})^{1.7}$ ($3 < \text{均等係数}(d_{60}/d_{10}) \leq 4$)	開孔径試験 (ASTMD4751)	基布、縫製部： 内側 $0_{95} = 0.585\text{mm}$ (外側-2 $0_{95} = 0.299\text{mm}$)		中詰材の適用範囲 原則 $d_{60} > 0.585\text{mm}$ 以下も可（中詰材の歩留まり低下を前提） $3 < \text{均等係数}(d_{60}/d_{10}) \leq 4$ $d_{85} > 0.043 \times (d_{60}/d_{10})^{1.7} \text{ mm}$ $1 < \text{均等係数}(d_{60}/d_{10}) \leq 3$ $d_{85} > 0.39 / (d_{60}/d_{10})^{0.3} \text{ mm}$ 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 現地試験実績より)	
環境適合性	生態系を阻害するような有害物質の溶出がないこと ○煮沸試験後の質量変化が 0.5%以下 ○金魚飼育試験 3 ヶ月後に金魚に異常なし	煮沸試験	煮沸試験後の質量変化 0.15%		マニュアル要求性能を満たす	
		金魚飼育試験	飼育試験 3 ヶ月 金魚異常なし		マニュアル要求性能を満たす	

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドバックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
			内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
耐燃焼性	砂の上に基布を敷設した状態で燃焼し、基布の燃焼が拡大しないこと	たき火試験 確認項目 消化直後と消炎 5 分後において燃焼面積の拡大が 2%以下であること	火種面積 49cm ² 燃焼面積 182cm ² 消炎 5 分後の燃焼面積 182cm ² 拡大面積 0cm ² （拡大率 0%）		マニュアル要求性能を満たす	
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 かけ続けても、損傷部が広がらないこと	損傷拡大抵抗性試験 ・つかみ間隔=200mm ・損傷部長=つかみ幅×10% ・定荷重=供用時張力/目標寿命期間経過後強度保持率 照査例 ・供用時張力=91.5kN/m（3 段階積み最下段最前面のサンドバックに作用する供用時張力） ・強度保持率=0.80×0.80（宮崎海岸前面砂浜有 10 年間の摩耗・気象要因劣化外力相当の劣化考慮）	供用時張力=91.5kN/m 損傷部長=7mm つかみ具幅=70mm 試験片幅=250mm 試験張力=91.5kN/（0.80×0.80） =143kN/m 定荷重=試験張力×70/1000 =10.0kN 損傷部拡大せず		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要求性能を満たす	

表Ⅱ-4.1.1.1 確認されたサンドパックの性能（三井化学産資改良仕様＜ジオチューブ＞）

その他	
突合せ部の対策	改良仕様のサンドパックの突合せ部処理は、調整用シートを用いることで、サンドパック同士の隙間が空かないようし、サンドパックの充填完了後に突合せ処理が可能である。また、突合せ凹部に砂を間詰めした状態で巻き込むことも可能である。
施工端への対策	越波した波が引き波時に施工端に集中して吸出しを受けないように施工端部は調整用シートを内側で閉じることで隙間が発生し難くする。
施工時の留意事項	<p>施工方法において、袋材の破損を考慮した施工方法を要領書に記載。</p> <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袋体から1m以上離して作業すること ・鋼製キャタピラの重機はサンドパック上で急旋回するなどの行為を避けること ・充填率が高くなりすぎると場所によっては内部圧力が急激に高くなることもあり縫製部が避ける恐れがあること

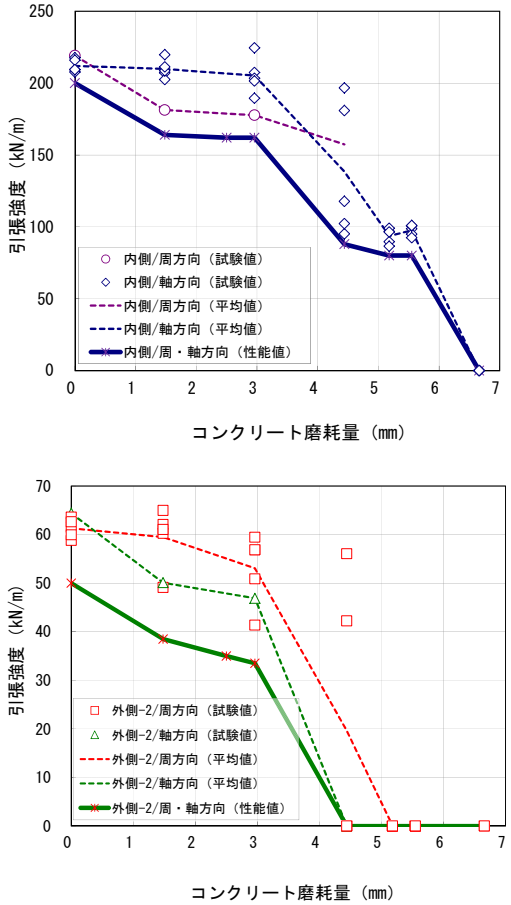
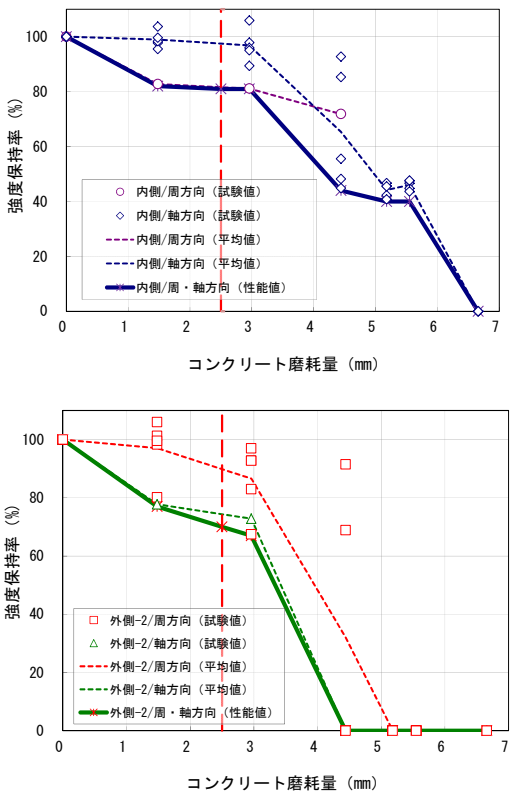
Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

参考：＜宮崎海岸現地試験仕様＞

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
			内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
初期引張強度	【施工時】 ポンプ充填施工時に ・内側袋材初期引張強度＞施工時作用張力 ・外側袋材、内側袋材連結部初期引張強度＞施工時作用張力 ○内側袋材作用張力 （周長 10m、単位体積重量 19kN/m ³ 、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） $T(周)=104\text{kN/m}=23\text{kN/m} \times 1.5 \times 3$ $T(軸)=65\text{kN/m}=104\text{kN/m} \times 0.63$ ○外側袋材作用張力 （周長 10m、単位体積重量 10kN/m ³ 、充填率 80%とし、Namias 算定法より算出した張力の3割と想定） $T=3.6\text{kN/m}$	①基布 引張強度試験 JISL1096	Tave(周)=219kN/m Tmax(周)=225kN/m Tmin(周)=210kN/m Tave(軸)=212kN/m Tmax(軸)=217kN/m Tmin(軸)=207kN/m	Tave(周)=58kN/m Tmax(周)=60kN/m Tmin(周)=55kN/m Tave(軸)=52kN/m Tmax(軸)=53kN/m Tmin(軸)=51kN/m	T(周)=200kN/m T(軸)=200kN/m	T(周)=50kN/m T(軸)=50kN/m
		②縫製部 引張強度試験 JISL1096 準用	Tave(平縫い)=170kN/m Tmax(平縫い)=179kN/m Tmin(平縫い)=165kN/m Tave(袋縫い)=113kN/m Tmax(袋縫い)=117kN/m Tmin(袋縫い)=109kN/m	—	T(平縫い)=160kN/m T(袋縫い)=100kN/m	—
		③連結部 引張強度試験	—	ベルトハメ部（軸方向） 試験未実施	—	ベルトハメ部（軸方向） 性能設定不能

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

参考：＜宮崎海岸現地試験仕様＞

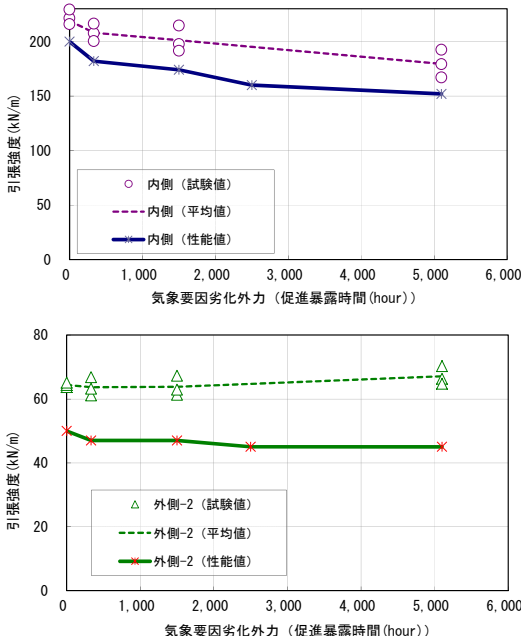
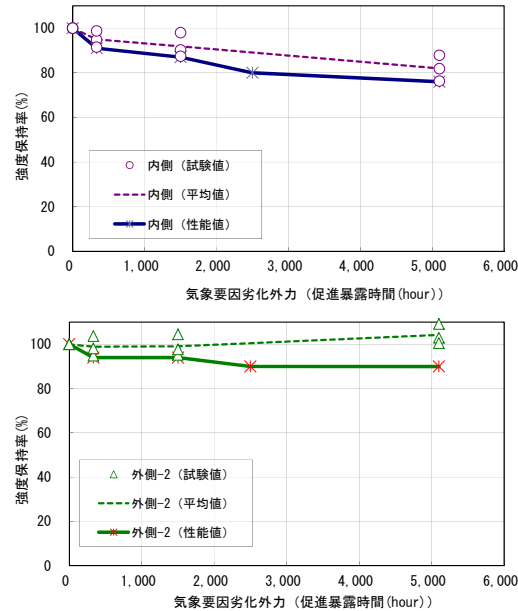
項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
			内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
劣化後引張強度	摩耗劣化 照査外力 コンクリート摩耗量=摩耗速度 ×目標寿命期間 照査例（宮崎海岸前面砂浜あり、目標寿命期間10年間） コンクリート摩耗量=0.25mm/年 ×10年=2.5mm	(砂海岸) ウォータージェット 摩耗促進試験				
			照査例（10年間の摩耗劣化外力） コンクリート磨耗量：強度保持率（性能値） 内 側 2.5mm：80% 外側-2 2.5mm：70%			

参考：＜宮崎海岸現地試験仕様＞

項目		要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
				内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
劣化後引張強度	摩耗劣化	サンドバック設置場所における目標寿命期間(T 年間)のコンクリート磨耗量(○mm) に相当する外力を作用させた後の強度保持率	(礫海岸)回転ドラム型摩耗試験機による摩耗促進試験				
				試験結果は性能を過大評価している可能性が高いため要注意		試験結果は性能を過大評価している可能性が高く、参考値として扱うべき性能設定値	

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

参考：＜宮崎海岸現地試験仕様＞

項目		要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
				内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
劣化後引張強度	気象要因劣化	サンドバック設置場所における目標寿命期間(T 年間)の紫外線・水分変動に相当する劣化促進外力を作用させた後の強度保持率	気象要因劣化促進試験/サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験(JIS B 7753)				
		照査外力 促進暴露試験時間(hr)=250(hr/年)×目標寿命期間(年) 照査例(目標寿命期間 10 年間) 促進暴露試験時間=2,500hr		外側ハトメ部：試験未実施		照査例(10 年間の気象要因劣化外力) 促進試験暴露時間：強度保持率（性能値） 内側・内側縫製部 2,500hr：80% 外側-2 2,500hr：90% 外側ハトメ部：性能設定不能	

参考：＜宮崎海岸現地試験仕様＞

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
			内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
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。 袋材と袋材 $\mu \geq 0.7$ 砂と袋材 $\mu \geq 0.5$	摩擦係数試験 JIS K7125 に準拠して 袋材同士、袋材と砂 地盤の最大静止摩擦 係数を計測する。	静止摩擦係数 袋材と袋材 $\mu = 1.219$ 砂と袋材 $\mu = 0.617$		①袋材同士の摩擦係数 1.21 ②砂地盤と袋材の摩擦係数 0.61	
中詰材保持性	使用中詰材を保持できること 基布、縫製部ともに原則 $0_{95}/d_{60} < 1.0$ ポンプ充填においては以下も可 (中詰材の歩留低下を前提) $0_{95}/d_{85} \leq 1.5 \times (d_{60}/d_{10})^{0.3}$ ($1 < \text{均等係数}(d_{60}/d_{10}) \leq 3$) $0_{95}/d_{85} \leq 13.5 / (d_{60}/d_{10})^{1.7}$ ($3 < \text{均等係数}(d_{60}/d_{10}) \leq 4$)	開孔径試験 (ASTMD4751)	基布、縫製部： 内側 $0_{95} = 0.585\text{mm}$ (外側-2 $0_{95} = 0.299\text{mm}$)		中詰材の適用範囲 原則 $d_{60} > 0.585\text{mm}$ 以下も可（中詰材の歩留まり低下を前提） $3 < \text{均等係数}(d_{60}/d_{10}) \leq 4$ $d_{85} > 0.043 \times (d_{60}/d_{10})^{1.7} \text{ mm}$ $1 < \text{均等係数}(d_{60}/d_{10}) \leq 3$ $d_{85} > 0.39 / (d_{60}/d_{10})^{0.3} \text{ mm}$ 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 現地試験実績より)	
環境適合性	生態系を阻害するような有害物質の溶出がないこと	煮沸試験	煮沸試験後の質量変化 0.16%		マニュアル要求性能を満たす	
	○煮沸試験後の質量変化が 0.5%以下 ○金魚飼育試験 3 ヶ月後に金魚に異常なし	金魚飼育試験	飼育試験 3 ヶ月 金魚異常なし		マニュアル要求性能を満たす	

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

参考：＜宮崎海岸現地試験仕様＞

項目	要求性能	試験方法 調査方法	実験結果等		性能	
			内側袋材	外側袋材	内側袋材	外側袋材
耐燃焼性	砂の上に基布を敷設した状態で燃焼し、基布の燃焼が拡大しないこと	たき火試験 確認項目 消化直後と消炎 5 分後において燃焼面積の拡大が 2%以下であること	火種面積 49cm ² 燃焼面積 168cm ² 消炎 5 分後の燃焼面積 168cm ² 拡大面積 0cm ² （拡大率 0%）		マニュアル要求性能を満たす	
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 かけ続けても、損傷部が広がらないこと	損傷拡大抵抗性試験 ・つかみ間隔=200mm ・損傷部長=つかみ幅×10% ・定荷重=供用時張力/目標寿命期間経過後強度保持率 照査例 ・供用時張力=91.5kN/m (3 段積み最下段最前面のサンドバックに作用する供用時張力) ・強度保持率=0.80×0.80 (宮崎海岸前面砂浜有 10 年間の摩耗・気象要因劣化外力相当の劣化考慮)	供用時張力=91.5kN/m 損傷部長=7mm つかみ具幅=70mm 試験片幅=250mm 試験張力=91.5kN/ (0.80×0.80) =143kN/m 定荷重=試験張力×70/1000 =10.0kN 損傷部拡大せず		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要求性能を満たす	

Ⅱ－４．１．２ 浜崖後退抑止工・サンドパックスの性能と照査例

本節では、表Ⅱ-4.1.1.1 に示す性能に基づいて実施する照査例を示す。なお、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) 波浪に対する所要質量

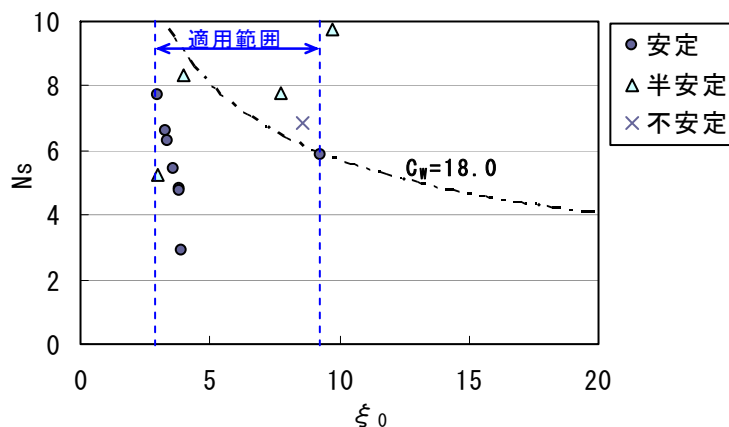
水理模型実験結果より、自立式について、斜面部照査に必要な（積層体法勾配と波長に着目した）安定数、法肩部照査に必要な（積層体水面からの天端高と沖波波高の比に着目した）安定数について、次式及び図Ⅱ-4.1.2.1～図Ⅱ-4.1.2.3 の性能が確認された。

<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

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

適用範囲： $3.0 < \xi < 9.2$



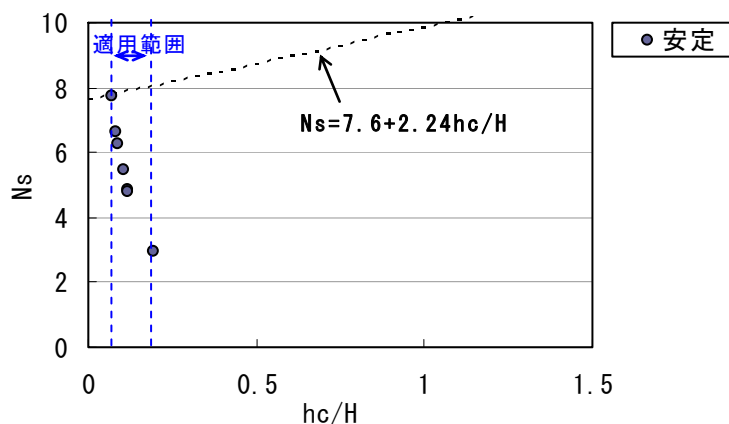
図Ⅱ-4.1.2.1 斜面部のサンドパックスの安定性

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 N_s

－積層体法勾配 $\tan \alpha = 0.75$ －

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

適用範囲： $0.07 < hc/H < 0.19$

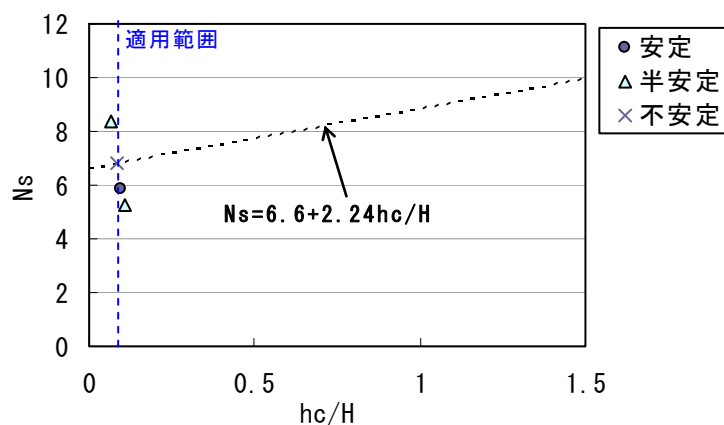


図Ⅱ-4.1.2.2 法肩部のサンドパックスの安定性

－積層体法勾配 $\tan \alpha = 1.5 \sim 2$ －

$$N_s = 6.6 + 2.24hc/H$$

適用範囲： $hc/H = 0.10$



図Ⅱ-4.1.2.3 法肩部のサンドパットの安定性

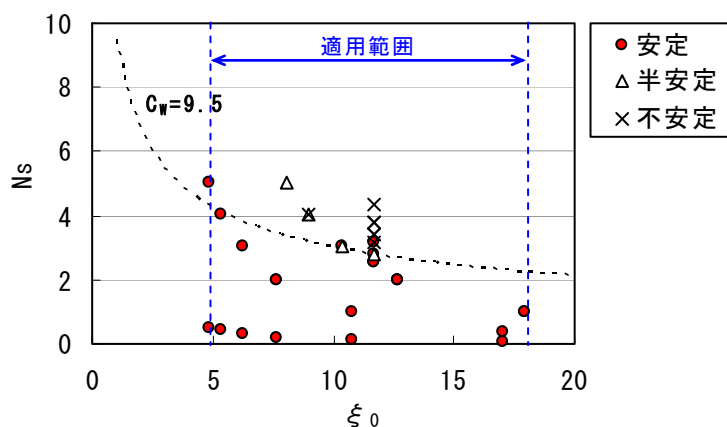
参考として、もたれ式では、斜面部照査に必要な（積層体法勾配と波長に着目した）安定数、法肩部照査に必要な（積層体水面からの天端高と沖波波高の比に着目した）安定数について、次式および図Ⅱ-4.1.2.4、図Ⅱ-4.1.2.5の性能が確認された。

<もたれ式>

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

$$N_s = 9.5 / \sqrt{\xi}$$

適用範囲： $4.8 < \xi < 18.0$



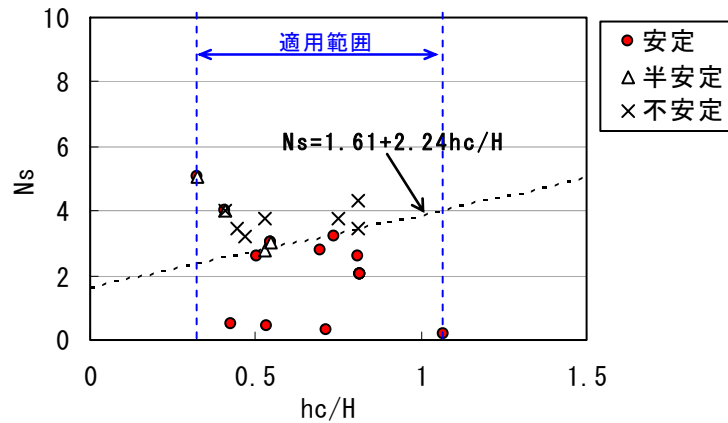
図Ⅱ-4.1.2.4 斜面部のサンドパットの安定性

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 $\tan \alpha = 1 \sim 1.67$ －

$$N_s = 1.61 + 2.24hc/H$$

適用範囲： $0.33 < hc/H < 1.07$



図Ⅱ-4.1.2.5 法肩部のサンドパットの安定性

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：9.5m、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%のサンドパット重量 $W=9.5(\text{m})^2/4/\pi \times 0.65 \times 20(\text{m}) \times 15(\text{kN/m}^3)=1,400\text{ kN}$

サンドパット質量 $M=1,400(\text{kN})/9.8(\text{m/s}^2)=142\text{ T}$

図Ⅱ-4.2.1.1および図Ⅱ-4.2.1.2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

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

$$N_s = 18 / \sqrt{\xi} = 18 / \sqrt{3.4} = 9.76$$

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

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

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

$$hc/H = 1.58 / 16.7 = 0.095$$

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

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

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

サンドパット質量 $M=142\text{ T} > \text{MAX(のり面所要質量: } 66.8\text{ T, 法肩所要質量: } 129.3\text{ T)}$ OK

(2) 浜崖後退抑止工の安定性照査

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、地震時および波浪越波や降雨で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

背面養浜盛土部上載荷重：（常時）10kN/m² ＜交通荷重を想定＞、（地震時・波浪越波時）0 kN/m²

単位体積重量：（中詰材）15kN/m³、（養浜盛土）19kN/m³ ＜性能を過大評価しないよう設定＞

養浜盛土土質定数： $\phi=30^\circ$ 、 $c=0$ ＜砂を想定＞

静止摩擦係数：（砂と袋材） $\mu=0.71$ 、（袋材と袋材） $\mu=1.40$

＜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＞

積層体前面地盤地形：地盤低下後を想定

・地盤低下高 T.P-2m

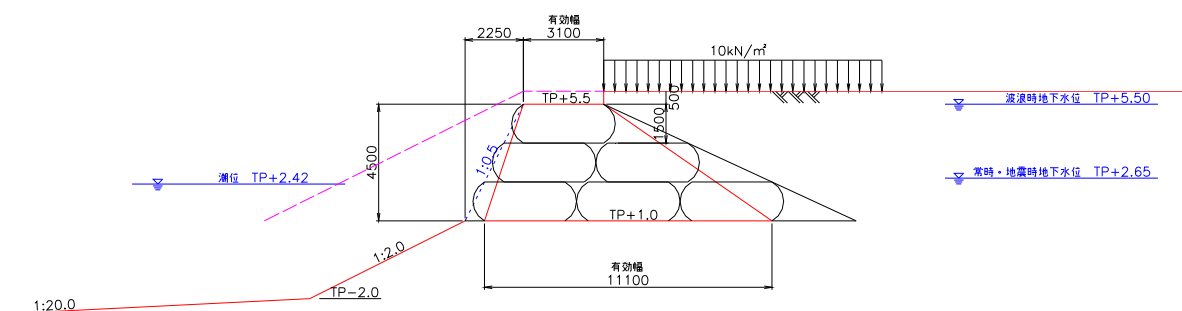
・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定し、積層体基盤から地盤低下高まで2割勾配斜面、その先は海底勾配20割で設定

積層体前面潮位：T.P+2.42m ＜設計高潮位＞

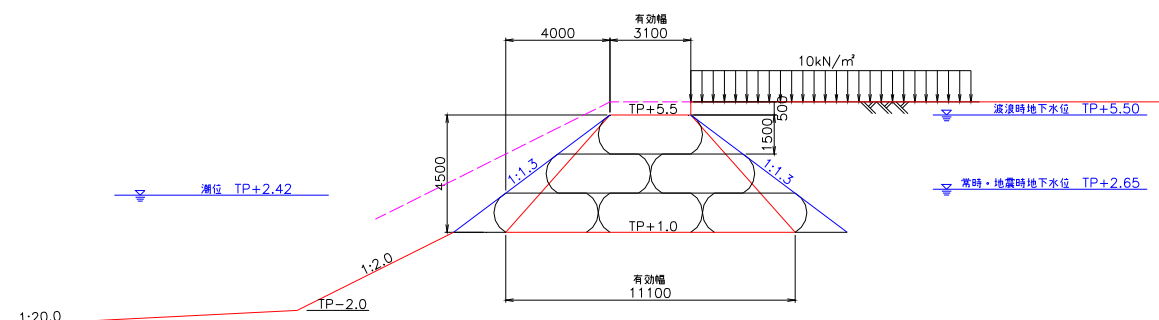
積層体背面地下水位：（常時・地震時）T.P+2.65m（3段積み）、T.P+2.57m（2段積み）

（波浪越波時）：T.P+5.5m（3段積み）、T.P+4m（2段積み）

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

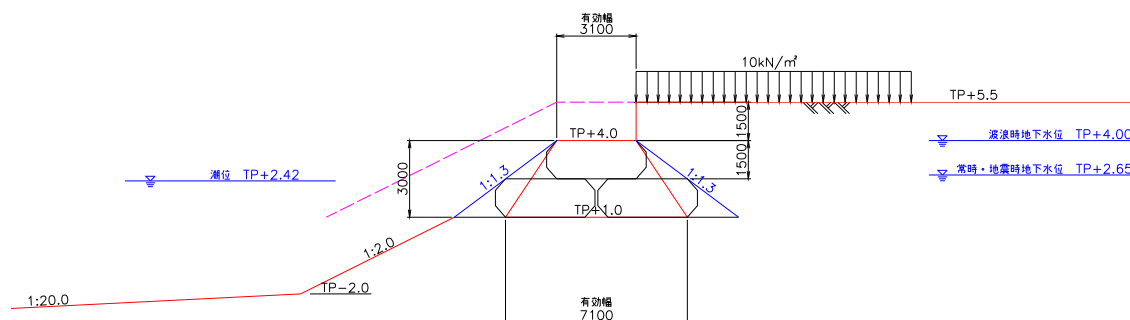


(3段積自立式・積層体前面法勾配 1:1.3・養浜盛土高＝積層体天端高+0.5m)

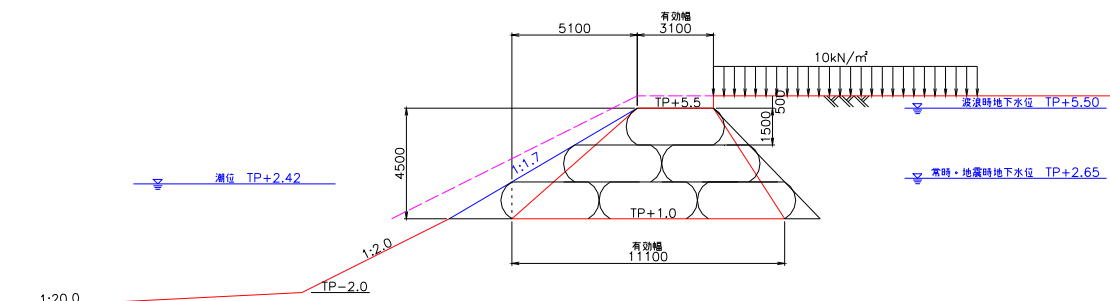


図Ⅱ-4.1.2.6 サンドバック積層体の斜面安定性の照査例

(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)



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



図Ⅱ-4.1.2.7 サンドバック積層体の斜面安定性の照査例

2) 常時安定性

(サンドバ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>

・背面養浜盛土部上載荷重：（常時）10kN/m² <交通荷重を想定>

・地盤低下高 T.P-2m

・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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

・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>

・積層体背面地下水位：T.P+2.65m（3 段積み）

円弧すべり：安全率 $F_s = 1.621 > 1.2$ OK

滑動：安全率 $F_s = 13.31 > 1.5$ OK

転動：偏心量 $e = 1.426m < 1.85m (=B/6)$ OK

(サンドバ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>

・背面養浜盛土部上載荷重：（常時）10kN/m² <交通荷重を想定>

・地盤低下高 T.P-2m

・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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

- ・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>
- ・積層体背面地下水位：T.P+2.65m（3段積み）
円弧すべり：安全率 $F_s = 1.518 > 1.2$ OK
滑動：安全率 $F_s = 4.759 > 1.5$ 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>

- ・背面養浜盛土部上載荷重：（常時） 10kN/m^2 <交通荷重を想定>
- ・地盤低下高 T.P-2m
- ・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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
- ・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>
- ・積層体背面地下水位：T.P+2.57m（2段積み）
円弧すべり：安全率 $F_s = 1.304 > 1.2$ OK
滑動：安全率 $F_s = 2.733 > 1.5$ OK
転動：偏心量 $e = 1.176\text{m} < 1.183\text{m}$ ($=B/6$) OK

（サンドバ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+0.5m>

- ・背面養浜盛土部上載荷重：（常時） 10kN/m^2 <交通荷重を想定>
- ・地盤低下高 T.P-2m
- ・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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
- ・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>
- ・積層体背面地下水位：T.P+2.65m（3段積み）
円弧すべり：安全率 $F_s = 1.485 > 1.2$ OK
滑動：安全率 $F_s = 3.847 > 1.5$ OK
転動：偏心量 $e = 1.667\text{m} < 1.85\text{m}$ ($=B/6$) OK

3）波浪越波時安定性

（サンドバ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>

- ・背面養浜盛土部上載荷重：（波浪越波時）なし
- ・地盤低下高 T.P-2m
- ・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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
- ・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>
- ・積層体背面地下水位：T.P+5.5m（3段積み）
円弧すべり：安全率 $F_s = 1.291 > 1.2$ OK
滑動：安全率 $F_s = 3.673 > 1.5$ OK
転動：偏心量 $e = 0.732\text{m} < 1.85\text{m}$ ($=B/6$) OK

（サンドバ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>

- ・背面養浜盛土部上載荷重：（波浪越波時）なし

・地盤低下高 T.P-2m

・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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

・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>

・積層体背面地下水位：T.P+5.5m（3段積み）

円弧すべり：安全率 $F_s = 1.247 > 1.2$ OK

滑動：安全率 $F_s = 2.060 > 1.5$ OK

転動：偏心量 $e = 0.977m < 1.85m (=B/6)$ OK

<2段積・盛土高＝積層体天端高+1.5m>

・背面養浜盛土部上載荷重：（波浪越波時）なし

・地盤低下高 T.P-2m

・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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

・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>

・積層体背面地下水位：T.P+4m（2段積み）

円弧すべり：安全率 $F_s = 1.227 > 1.2$ OK

滑動：安全率 $F_s = 1.808 > 1.5$ OK

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

（サンドバ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+0.5m>

・背面養浜盛土部上載荷重：（波浪越波時）なし

・地盤低下高 T.P-2m

・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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

・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>

・積層体背面地下水位：T.P+5.5m（3段積み）

円弧すべり：安全率 $F_s = 1.242 > 1.2$ OK

滑動：安全率 $F_s = 1.682 > 1.5$ OK

転動：偏心量 $e = 1.098m < 1.85m (=B/6)$ 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した。

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した。

地域補正係数： $C_z = 0.85$

水平震度は以下の通り設定した。

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+0.5m>

（サンドバック積層体前面法勾配 1:0.5）

・背面養浜盛土部上載荷重：（地震時）なし

・地盤低下高 T.P-2m

・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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

・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>

・積層体背面地下水位：T.P+2.65m（3 段積み）

円弧すべり：安全率 $F_s = 1.175 > 1.0$ OK

滑動：安全率 $F_s = 5.345 > 1.2$ OK

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

（サンドバック積層体前面法勾配 1:1.3）

<3 段積み・盛土高＝積層体天端高+0.5m>

・背面養浜盛土部上載荷重：（地震時）なし

・地盤低下高 T.P-2m

・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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

・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>

・積層体背面地下水位：T.P+2.65m（3 段積み）

円弧すべり：安全率 $F_s = 1.135 > 1.0$ OK

滑動：安全率 $F_s = 2.847 > 1.2$ OK

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

<2 段積み・盛土高＝積層体天端高+1.5m>

・背面養浜盛土部上載荷重：（地震時）なし

・地盤低下高 T.P-2m

・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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

・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>

・積層体背面地下水位：T.P+2.57m（2 段積み）

円弧すべり：安全率 $F_s = 1.011 > 1.0$ OK

滑動：安全率 $F_s = 1.999 > 1.2$ OK

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

（サンドバック積層体前面法勾配 1:1.7）

<3 段積み・盛土高＝積層体天端高+0.5m>

・背面養浜盛土部上載荷重：（地震時）なし

・地盤低下高 T.P-2m

・前面地盤低下対策（アスファルトマット敷設）ありを想定。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

・積層体前面潮位：T.P+2.42m <設計高潮位>

・積層体背面地下水位：T.P+2.65m（3 段積み）

円弧すべり：安全率 $F_s = 1.120 > 1.0$ OK

滑動：安全率 $F_s = 2.415 > 1.2$ OK

転動：偏心量 $e = 1.290\text{m} < 3.7\text{m}$ ($=B/3$) 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バック積層体背後に土砂が供給される条件であれば、サンドバ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ため、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

サンドバック積層体天端高：T.P4m、T.P5.5m

バーム勾配 1:6

浜崖後退許容量：0m

○サンドバ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：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：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

サンドバ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、サンドバックに変形が生じないように前面の地盤低下を考慮してサンドバック積層体の根入れを設定する必要がある。サンドバ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。サンドバ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ため、設置場所の条件ごとに調査の上設定する必要がある。）

サンドバック前面の地盤低下予測量：T.P-1m

サンドバック積層体天端高 T.P4m

２段積み→サンドバック積層体底面高：T.P1m

○洗掘対策

サンドバック前面で洗掘量 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バック底面標高は T.P1m が限界である。洗掘対策を行わないと、劣化後強度を上回る張力が発生するおそれがあるため、洗掘 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 4.5m 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、サンドバック前面 地盤高 \geq T.P1m となり照査条件を満足する。

（５）突合せ処理

１）吸出し照査

サンドバック積層体を構成するサンドバ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ため、サンドバック積層体には吸出しを防止する措置を講じる必要がある。サンドバック間に吸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。

越波時にはサンドバ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に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）サンドバック突合せ処理

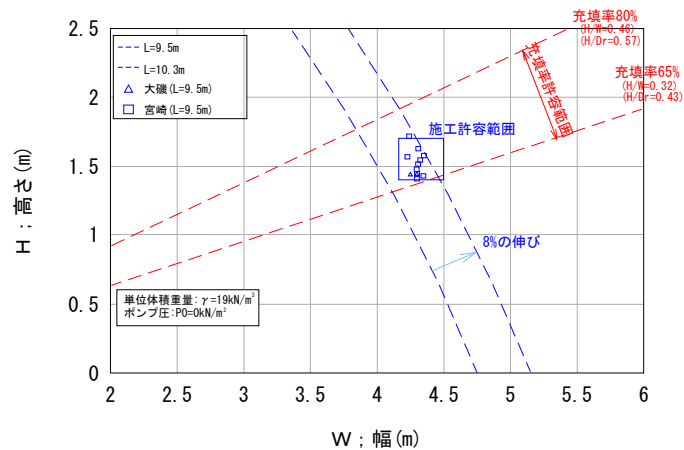
改良仕様のサンドバックの突合せ部処理は、調整用シートを用いることで、サンドバック同士の隙間が空かないようし、サンドバックの充填完了後に突合せ処理が可能である。また、突合せ凹部に砂を間詰めした状態で巻き込むことも可能である。既設護岸に突き合わせる端部は調整用シートを内側で閉じることで隙間が発生し難くすることができる。

(6) 施工許容範囲

周長 $L=9.5\text{m}$ のサンドバックについて現地実物大製作試験を行い、その結果から図Ⅱ-4.1.2.8 に示す施工許容範囲を定めた。

$$H=1.45\sim 1.7\text{m}$$

$$B=4.1\sim 4.5\text{m}$$




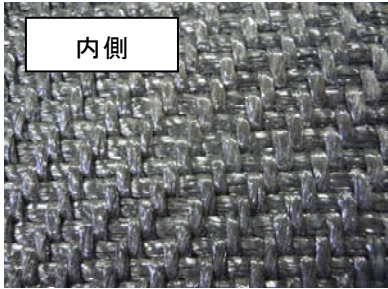
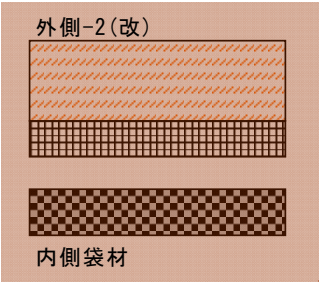

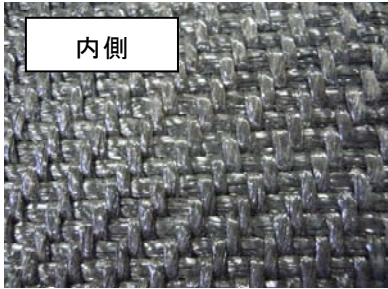
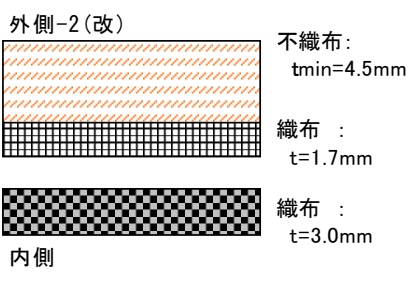
図Ⅱ-4.1.2.8 現地現地試験に基づくサンドバックの高さと幅の施工許容範囲

(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、表Ⅱ-4.1.2.1 に示す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。表Ⅱ-4.1.2.3 に気象要因劣化点検支援カルテ、表Ⅱ-4.1.2.3 に宮崎海岸現地試験袋材での摩耗劣化点検支援カルテを参考に示す。

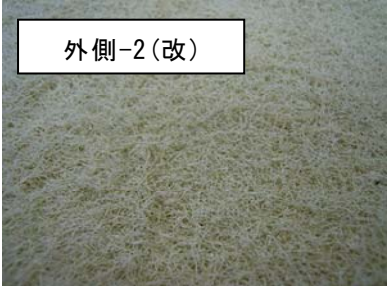
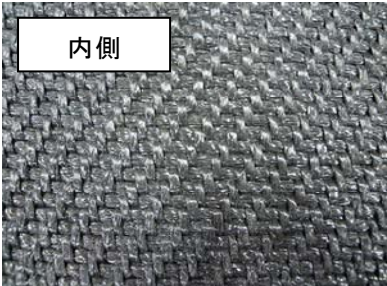

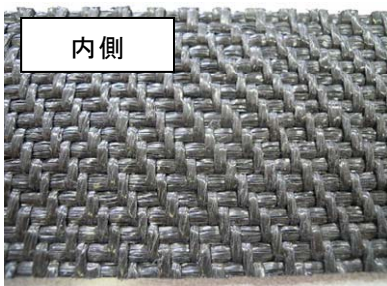
表Ⅱ-4.1.2.1 改良仕様袋材の摩耗劣化点検支援カルテ

点検支援カルテ 改良仕様袋材（１）

コンクリート摩耗量	0mm	0mm
引張強度 平均値	外側-2(改) 周方向：53kN/m 軸方向：58kN/m 内側 周方向：219kN/m 軸方向：212kN/m	外側-2(改) 周方向：53kN/m 軸方向：58kN/m 内側 周方向：219kN/m 軸方向：212kN/m
強度保持率 平均値	外側-2(改) 周方向：100% 軸方向：100% 内側 周方向：100% 軸方向：100%	外側-2(改) 周方向：100% 軸方向：100% 内側 周方向：100% 軸方向：100%
厚さ	外側-2(改) 不織布 min：4.5mm 織布：1.7mm 内側：3.0mm	外側-2(改) 不織布 min：4.5mm 織布：1.7mm 内側：3.0mm
状況	養浜により被覆され摩耗なし	養浜から露出されるが摩耗なし
写真	 <p>外側-2(改)</p>  <p>内側</p>  <p>外側-2(改)</p> <p>養浜により被覆されている</p> <p>内側袋材</p>	 <p>外側-2(改)</p>  <p>内側</p>  <p>外側-2(改)</p> <p>不織布： tmin=4.5mm</p> <p>織布： t=1.7mm</p> <p>織布： t=3.0mm</p> <p>内側</p>
判定	D（異常無し）	C（重点点検）

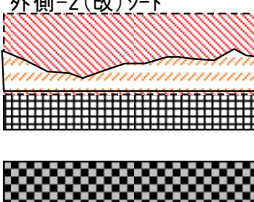
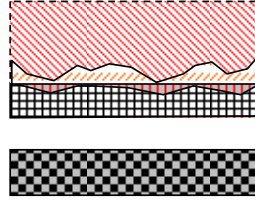
表Ⅱ-4.1.2.1 改良仕様袋材の摩耗劣化点検支援カルテ

点検支援カルテ 改良仕様袋材（２）

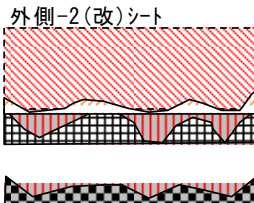
コンクリート摩耗量	5.03mm	6.53mm
引張強度 平均値	外側-2(改) 周方向：45kN/m 軸方向：48kN/m 内側 周方向：175kN/m 軸方向：184kN/m	外側-2(改) 周方向：54kN/m 軸方向：58kN/m 内側 周方向：149kN/m 軸方向：122kN/m
強度保持率 平均値	外側-2(改) 周方向：83% 軸方向：81% 内側 周方向：80% 軸方向：87%	外側-2(改) 周方向：100% 軸方向：99% 内側 周方向：68% 軸方向：57%
厚さ	外側-2(改) 不織布 min：3.1mm 織布：1.7mm 内側：3.0mm	
状況	外側袋材の不織布が摩耗されはじめ、下地の織布が確認されはじめるまで	
写真	  <p>外側-2(改)</p> <p>内側</p> <p>外側-2(改)</p> <p>不織布： 摩耗されはじめる tmin=3.0mm以上</p> <p>織布： t=1.7mm</p> <p>織布： t=3.0mm</p> <p>内側</p> <p>※不織布の厚さ計測はデプスゲージ等により行う</p>	  <p>外側-2(改)</p> <p>内側</p> <p>外側-2(改)</p> <p>不織布： 摩耗されはじめる tmin=3.0mm以上</p> <p>織布： t=1.7mm</p> <p>織布： t=3.0mm</p> <p>内側</p> <p>※不織布の厚さ計測はデプスゲージ等により行う</p> <p>内側の強度低下は繊維内への土粒子の混入、コンクリート面と内側との間の摩耗によるものであると考えられる</p>
判定	C（重点点検）	

表Ⅱ-4.1.2.1 改良仕様袋材の摩耗劣化点検支援カルテ

点検支援カルテ 改良仕様袋材（３）


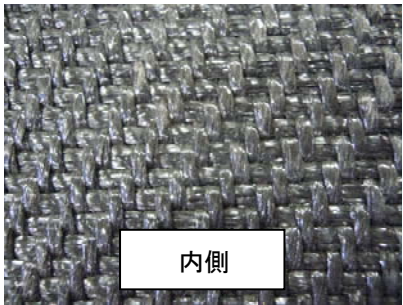

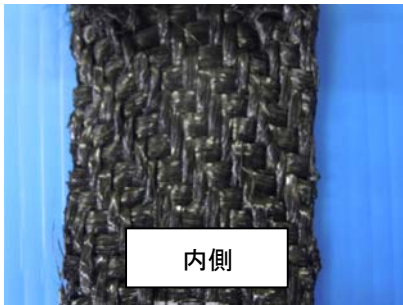
コンクリート摩耗量	6.53mm 以上	6.53mm 以上
引張強度 平均値		
強度保持率 平均値		
厚さ	外側-2(改) 不織布 min : 3.0mm 以下 織布 : 1.7mm 内側 : 3.0mm	外側-2(改) 不織布 min : 0mm 織布 : 1.7mm 以下 内側 : 3.0mm
状況	外側袋材下地の織布が確認され、織布が摩耗されはじめるまで	外側袋材下地の織布が摩耗される
写真	 <p>外側-2(改)シート</p> <p>不織布： 摩耗し所々下地の 織布が確認される tmin=3.0mm以下</p> <p>織布： t=1.7mm</p> <p>織布： t=3.0mm</p> <p>内側袋材</p> <p>※不織布の厚さ計測はデプスゲージ 等により行う</p>	 <p>外側-2(改)シート</p> <p>不織布： 摩耗し穴があく</p> <p>織布： 摩耗し削れはじ める</p> <p>織布： t=3.0mm</p> <p>内側袋材</p>
判定	B（重点監視）	A（要対策）

点検支援カルテ 改良仕様袋材（４）

コンクリート摩耗量	6.53mm 以上	
引張強度 平均値		
強度保持率 平均値		
厚さ	外側-2(改) 不織布 min : 0mm 織布 : 0mm 内側 : 3.0mm 以下	
状況	外側袋材に穴が開き、内側袋材が確認され る	
写真	 <p>外側-2(改)シート</p> <p>不織布： 穴があく</p> <p>織布： 穴があく</p> <p>織布： 摩耗し所々削 れて毛羽立つ</p> <p>内側袋材</p>	
判定	A（要対策）	

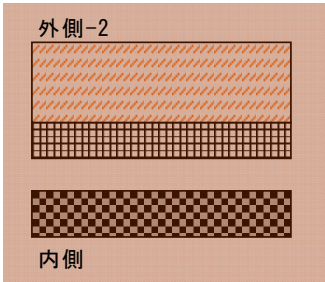
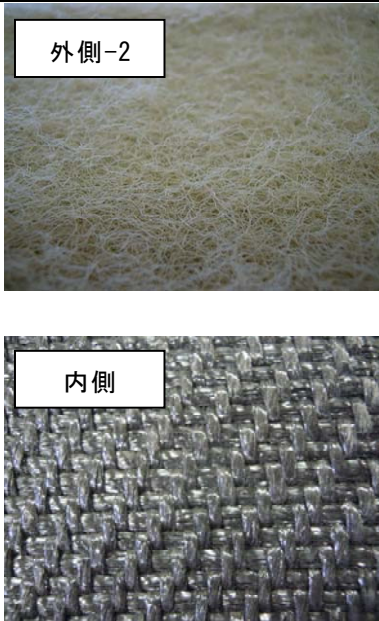
表Ⅱ-4.1.2.2 気象要因劣化点検支援カルテ<参考>

点検支援カルテ

暴露時間	0hr	5, 100hr
引張強度 平均値	内側：219kN/m	内側：179kN/m
強度保持率 平均値	内側：100%	内側：81%
状況	養浜により被覆され摩耗なし 養浜から露出されるが摩耗なし	気象要因劣化促進試験 5, 100 時間行ったが、紫外線による劣化状態は繊維専門家でも目視では判定できない
写真	 <p>外側</p>  <p>内側</p>	 <p>外側</p>  <p>内側</p>
判定	D（異常無し）	—

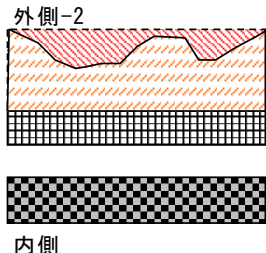
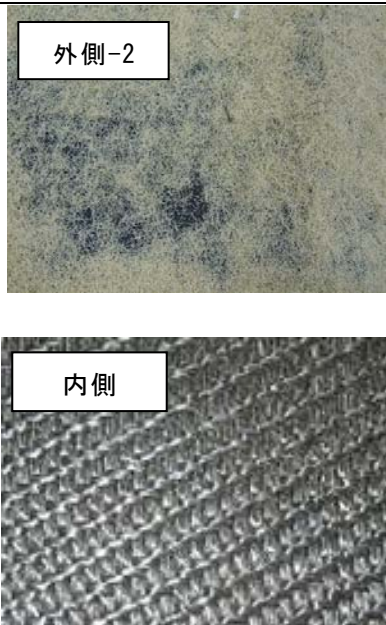
表Ⅱ-4.1.2.3 宮崎海岸現地試験袋材の摩耗劣化点検支援カルテ＜参考＞

点検支援カルテ 宮崎海岸現地試験仕様袋材（１）

コンクリート摩耗量		0mm
引張強度 平均値	外側-2 周方向：61kN/m 軸方向：64kN/m 内側 周方向：219kN/m 軸方向：212kN/m	外側-2 周方向：61kN/m 軸方向：64kN/m 内側 周方向：219kN/m 軸方向：212kN/m
強度保持率 平均値	外側-2 周方向：100% 軸方向：100% 内側 周方向：100% 軸方向：100%	外側-2 周方向：100% 軸方向：100% 内側 周方向：100% 軸方向：100%
状況	養浜により被覆され摩耗なし	養浜から露出されるが摩耗なし
写真	 <p>外側-2</p> <p>養浜により被覆されている</p> <p>内側</p>	 <p>外側-2</p> <p>内側</p> <p>外側-2</p> <p>不織布： tmin=5.3mm</p> <p>織布： t=1.7mm</p> <p>織布： t=3.0mm</p> <p>内側</p>
判定	D（異常無し）	C（重点点検）

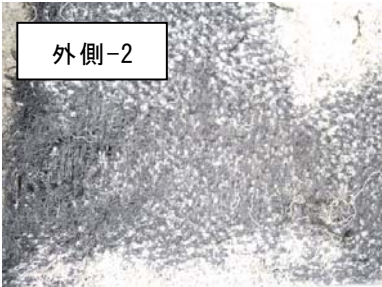

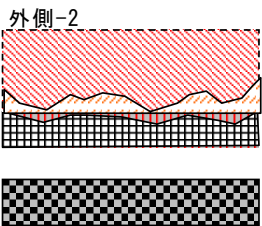

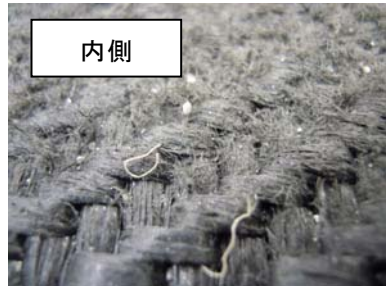
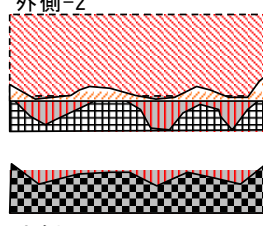
表Ⅱ-4.1.2.3 宮崎海岸現地試験袋材の摩耗劣化点検支援カルテ＜参考＞

点検支援カルテ 宮崎海岸現地試験仕様袋材（2）

コンクリート摩耗量		1.48mm
引張強度 平均値		外側-2 周方向：59kN/m 軸方向：50kN/m 内側 周方向：181kN/m 軸方向：209kN/m
強度保持率 平均値		外側-2 周方向：97% 軸方向：77% 内側 周方向：82% 軸方向：99%
状況	外側袋材の不織布が摩耗されはじめ、下地の織布が確認されはじめるまで	外側袋材下地の織布が確認され、織布が摩耗されはじめるまで
写真	 <p>外側-2</p> <p>不織布： 摩耗されはじめる tmin=3.0mm以上</p> <p>織布： t=1.7mm</p> <p>織布： t=3.0mm</p> <p>内側</p> <p>※不織布の厚さ計測はデプスゲージ等により行う</p>	 <p>外側-2</p> <p>不織布： 摩耗し所々下地の 織布が確認される tmin=3.0mm以下</p> <p>織布： t=1.7mm</p> <p>織布： t=3.0mm</p> <p>内側</p> <p>※不織布の厚さ計測はデプスゲージ等により行う</p>
判定	C（重点点検）	B（重点監視）

表Ⅱ-4.1.2.3 宮崎海岸現地試験袋材の摩耗劣化点検支援カルテ＜参考＞

点検支援カルテ 宮崎海岸現地試験仕様袋材（３）

コンクリート摩耗量	2.96mm	4.44mm
引張強度 平均値	外側-2 周方向： 53kN/m 軸方向： 46kN/m 内側 周方向：177kN/m 軸方向：205kN/m	外側-2 周方向： 19kN/m 軸方向： 0kN/m 内側 周方向：157kN/m 軸方向：138kN/m
強度保持率 平均値	外側-2 周方向： 86% 軸方向： 72% 内側 周方向： 81% 軸方向： 96%	外側-2 周方向： 32% 軸方向： 0% 内側 周方向： 72% 軸方向： 65%
状況	外側袋材下地の織布が摩耗される	外側袋材に穴が開き、内側袋材が確認される
写真	 <p>外側-2</p>  <p>外側-2</p>  <p>外側-2</p> <p>不織布： 摩耗し穴があく</p> <p>織布： 摩耗し削れはじめる</p> <p>織布： t=3.0mm</p> <p>内側</p>	 <p>外側-2</p>  <p>内側</p>  <p>外側-2</p> <p>不織布： 穴があく</p> <p>織布： 穴があく</p> <p>織布： 摩耗し所々削れて毛羽立つ</p> <p>内側</p>
判定	A（要対策）	A（要対策）

(8) 施工歩掛

もたれ式２段積み、延長 20m の現地現地試験結果から、２段積み自立式、３段積み自立式について以下の歩掛を整備した。

１）床掘り・整地

名称	規格	単位	２段積み 自立式	３段積み 自立式
世話役		人	0.5	0.75
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	0.5	0.75

２）ポンプ・水槽設置・撤去工

名称	規格	単位	２段積み 自立式	３段積み 自立式
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 0.8m ³ (平積 0.6)	日	1.72	1.72

３）防水シート設置工

名称	規格	単位	２段積み 自立式	３段積み 自立式
世話役		人	0.10	0.15
特殊作業員		人	0.00	0.00
普通作業員		人	0.10	0.15

４）袋材設置工

名称	規格	単位	２段積み 自立式	３段積み 自立式
世話役		人	1.53	3.06
特殊作業員		人	0.00	0.00
普通作業員		人	3.00	6.00
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	0.39	0.78

5) ポンプ充填工

名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式
世話役		人	1.50	3.00
特殊作業員		人	1.50	3.00
普通作業員		人	3.00	6.00
バックホウ 運転	排出ガス対応型 クローラ山積 0.28m ³ (平積 0.2)	日	3.00	6.00
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	1.50	3.00
サンドポンプ 運転	37kW 8 吋	日	1.50	3.00
水中ポンプ 運転	37kW 8 吋	日	1.50	3.00
発電機運転	150kVA	日	1.50	3.00
諸雑費		式	1	1

6) 突合せ処理工

名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式
世話役		人	0.57	1.14
普通作業員		人	1.14	2.28
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	0.39	0.78

7) 埋戻し工

名称	規格	単位	2 段積 自立式	3 段積 自立式
世話役		人	0.84	1.68
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	1.68

Ⅱ－４．１．３ 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、

- ・内側袋材初期引張強度＞施工時作用張力
- ・外側袋材、内側袋材連結部初期引張強度＞施工時作用張力

２) 袋材初期強度

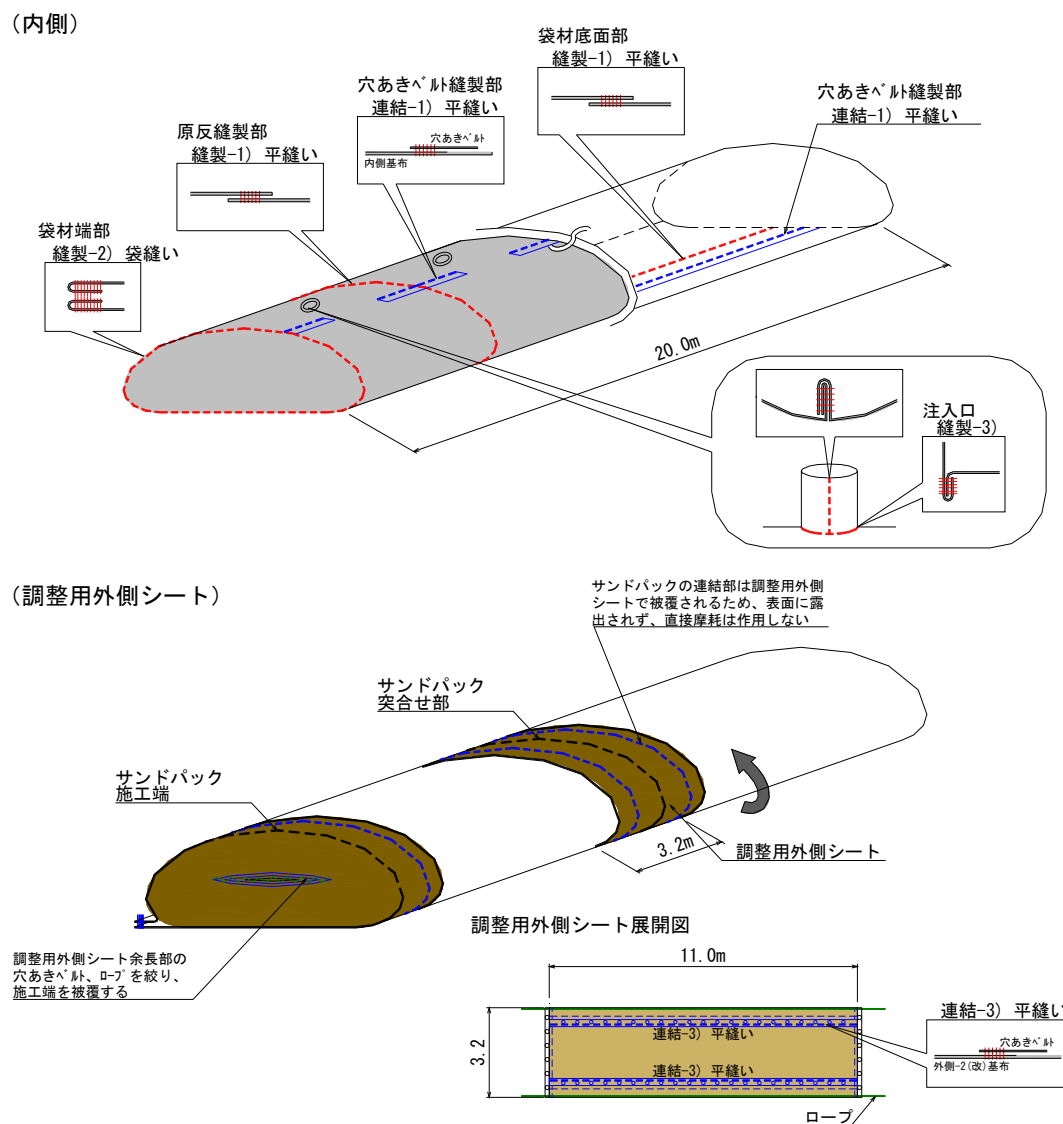
袋材の初期引張強度は、表Ⅱ-4.1.3.1～表Ⅱ-4.1.3.3に示すとおりであることが確認された。

表Ⅱ-4.1.3.1 改良仕様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-2(改)) (kN/m)		縫製部 ^{※※} ・連結部 (外側-2(改)) (kN/m)		
	周方向	軸方向	平縫い	袋縫い	袋縫い [※]	注入口	周方向	軸方向	拝縫い	ベルト縫製部	ハトメ部
性能値	200	200	160	100		45	50	50	35	35	10
平均値	219	212	170	113	188	48	53	54	50	46	10
最大値	225	217	179	117	209	49	55	57	54	48	10
最小値	210	207	165	109	164	47	52	51	47	44	10

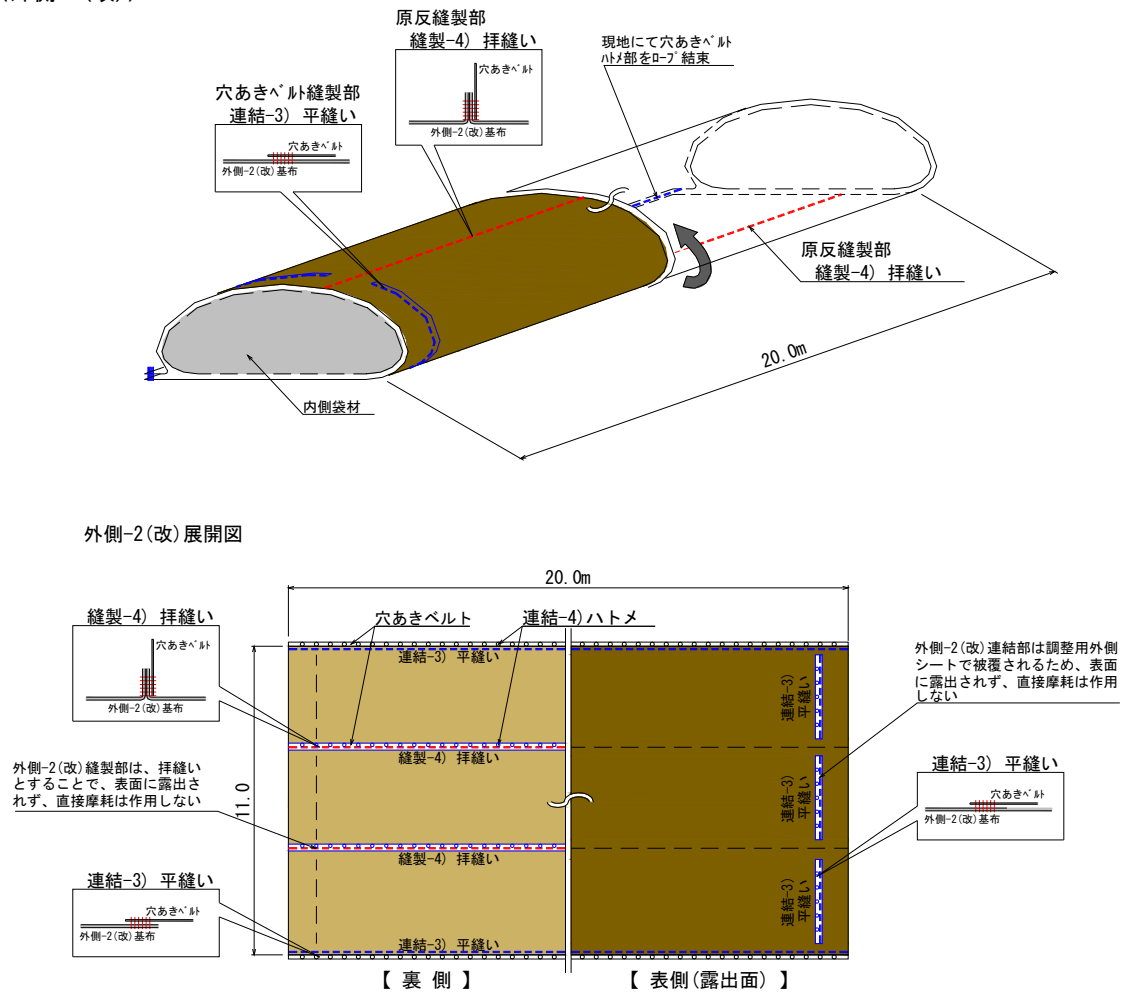
※ JIS L 1093 A-1 での参考値

※※ JIS L 1096 準用



図Ⅱ－4.1.3.1 改良仕様内側袋材、調整用外側シート縫製部・連結部

(外側-2(改))



図Ⅱ－4.1.3.2 改良仕様外側袋材縫製部・連結部

参考：＜大磯海岸現地試験袋材の初期強度＞

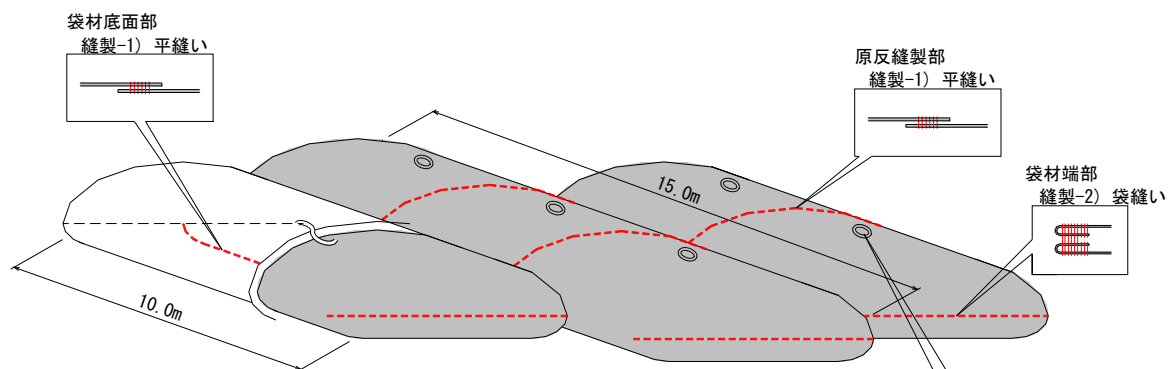
表Ⅱ-4.1.3.2 大磯海岸現地試験袋材の初期引張強度

	基布（内側） （kN/m）		縫製部※※（内側） （kN/m）				基布（外側-1） （kN/m）		ハトメ部 （外側-1） （kN/m）	連結材 （kN/m）
	周方向	軸方向	平縫い	袋縫い	袋縫い※	注入口	周方向	軸方向		
性能値	200	200	160	100		45	100	70	性能設定 不能	性能設定 不能
平均値	219	212	170	113	188	48	137	83	試験未実 施	試験未実 施
最大値	225	217	179	117	209	49	145	86		
最小値	210	207	165	109	164	47	128	79		

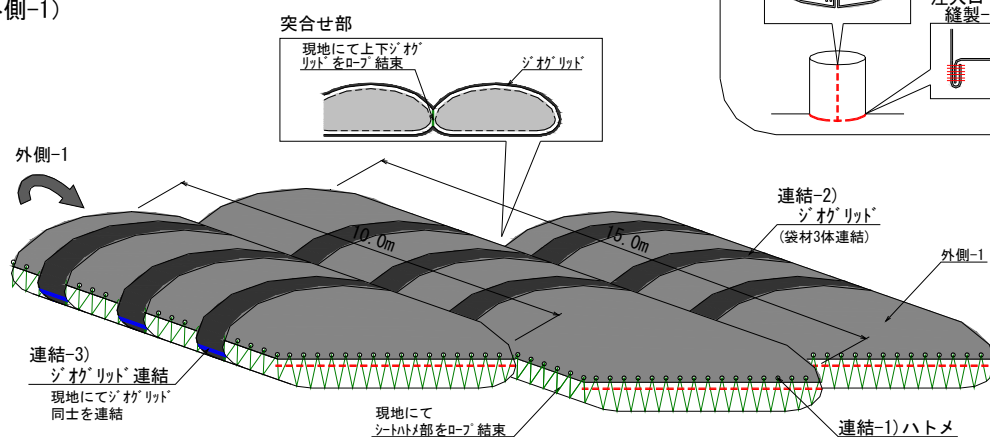
※ JIS L 1093 A-1 での参考値

※※ JIS L 1096 準用

（内側）



（外側-1）



図Ⅱ-4.1.3.3 大磯海岸現地試験袋材縫製部・連結部

参考：＜宮崎海岸現地試験袋材の初期強度＞

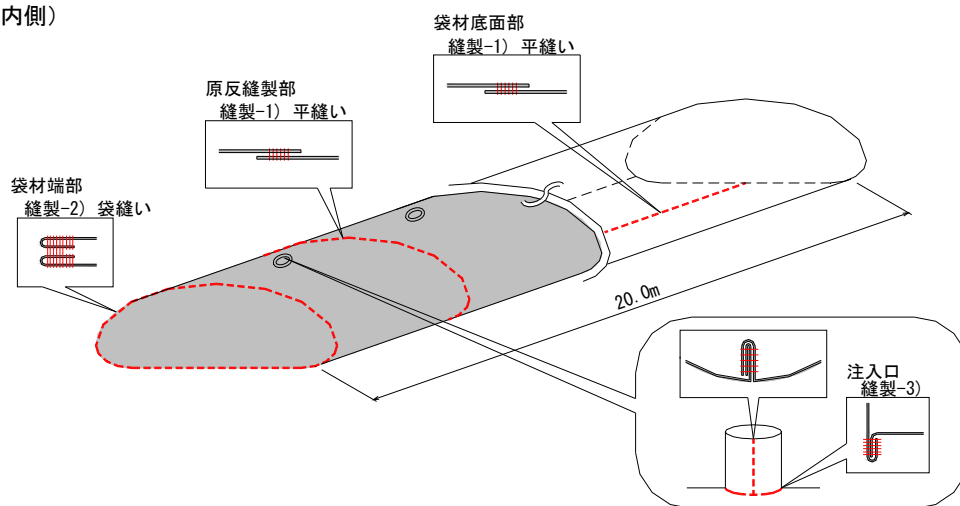
表Ⅱ-4.1.3.3 宮崎海岸現地試験袋材の初期引張強度

	基布（内側） （kN/m）		縫製部※※（内側） （kN/m）				基布（外側-2） （kN/m）		ハトメ部（外側-2） （kN/m）	
	周方向	軸方向	平縫い	袋縫い	袋縫い※	注入口	周方向	軸方向	周方向	軸方向
性能値	200	200	160	100	45	45	50	50	性能設定 不能	性能設定 不能
平均値	219	212	170	113	188	48	58	52	試験未実 施	試験未実 施
最大値	225	217	179	117	209	49	60	53		
最小値	210	207	165	109	164	47	55	51		

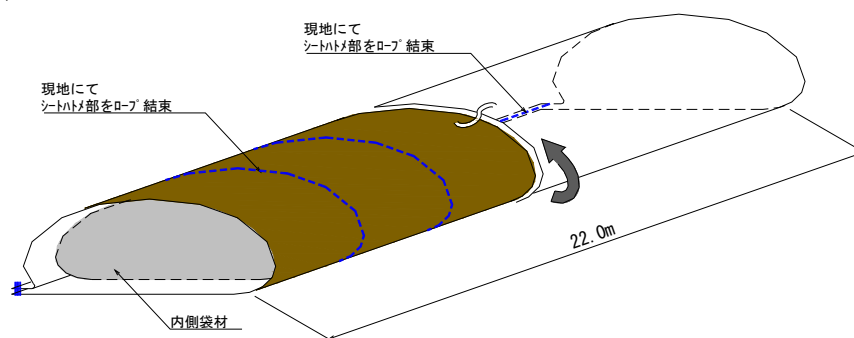
※ JIS L 1093 A-1 での参考値

※※ JIS L 1096 準用

（内側）



（外側-2）



図Ⅱ-4.1.3.4 宮崎海岸現地試験袋材縫製部・連結部

3) 施工時照査例

- ・内側袋材作用張力（周長 10m、中詰材単位体積重量 19kN/m^3 、充填率 80%、実物大実験割増係数 1.5 とポンプ充填割増係数 3 を考慮）

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

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

- ・外側袋材作用張力（周長 10m、充填率 80% で水充填時の作用張力の 3 割が作用すると仮定）

$$T（周方向）=12.1(\text{kN/m}) \times 0.3 = 3.6 \text{ kN/m}$$

<改良仕様袋材>

$$\begin{aligned} \text{内側袋材初期強度（周方向）} &= \text{MIN（基布，縫製部（平縫い））}^* \\ &= \text{MIN（200，160）} \\ &= 160 \text{ kN/m} > 104 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{内側袋材初期強度（軸方向）} &= \text{MIN（基布，縫製部（袋縫い））}^* \\ &= \text{MIN（200，100）} \\ &= 100 \text{ kN/m} > 65 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{内側袋材注入口縫製部初期強度} = 45\text{kN/m} < 65、104\text{kN/m} \quad \text{※}$$

※注入口縫製部には引張強度を超える張力は作用しないよう中詰材充填に丁張り等を行い注意深く実施することにより対応。

$$\begin{aligned} \text{外側袋材初期強度（周方向・軸方向）} &= \text{MIN（基布，縫製部（拵縫い），連結部（ベルト縫製部），} \\ &\quad \text{連結部（ハトメ部））} \\ &= \text{MIN（50，35，35，10）} \\ &= 10 \text{ kN/m} > 3.6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

(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）による劣化およ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）を保持することを確認する。

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

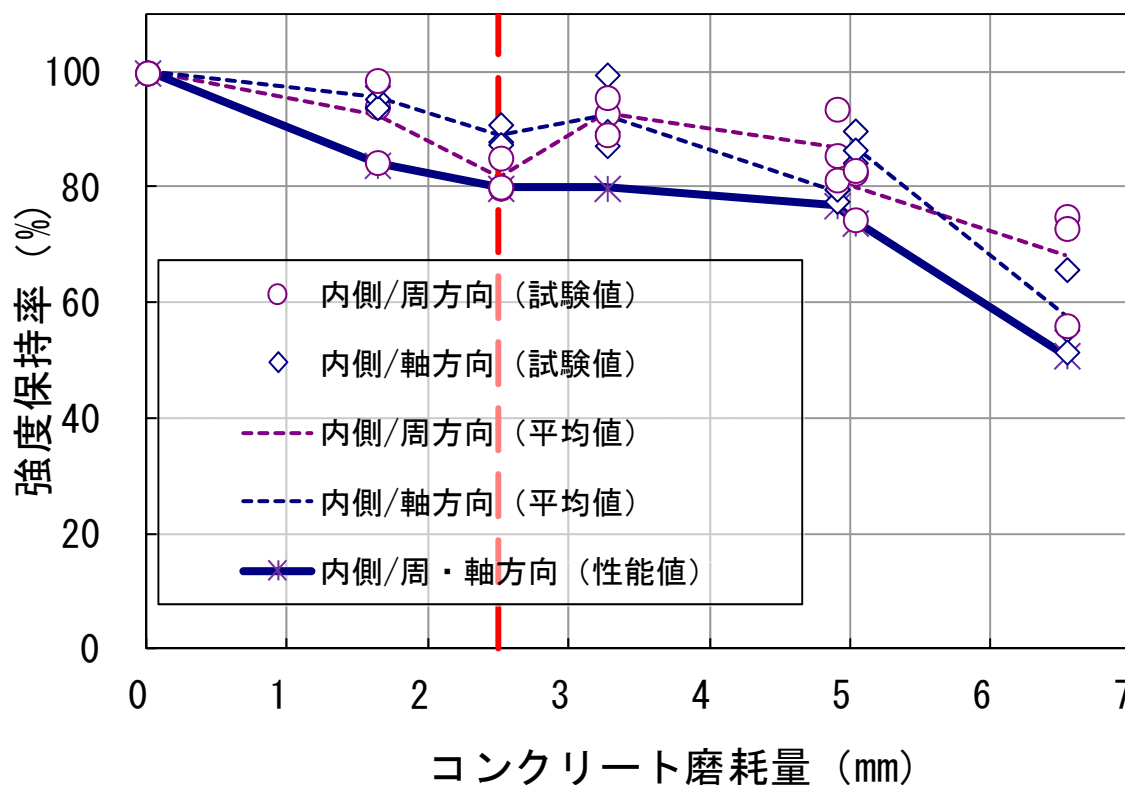
$\alpha_a(T)$ ：T 年間の摩耗劣化外力（コンクリート摩耗量○mm）作用後の強度保持率

$\alpha_w(T)$ ：T 年間の気象要因劣化外力作用後の強度保持率

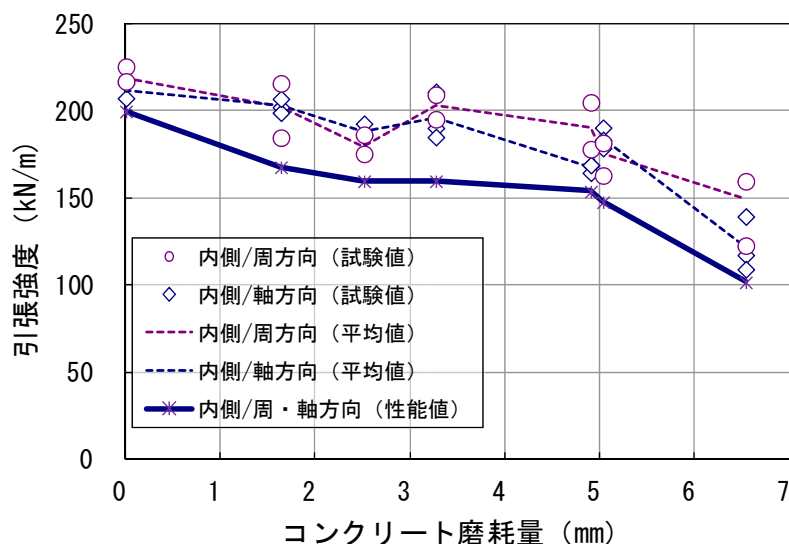
2) 摩耗劣化後の強度保持率 $\alpha_a(T)$

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-4.1.3.5～図Ⅱ-4.1.3.16 に示すとおりであることが確認された。

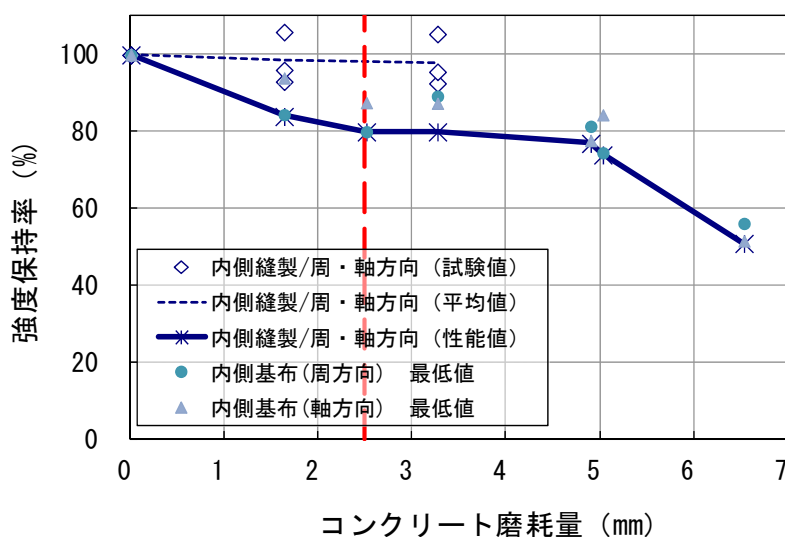
<改良仕様袋材>



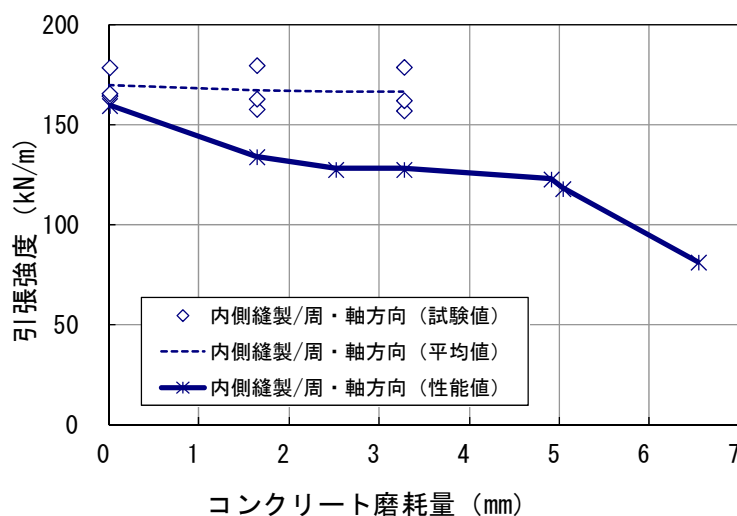
図Ⅱ-4.1.3.5 コンクリート摩耗量と内側袋材基布の強度保持率の関係



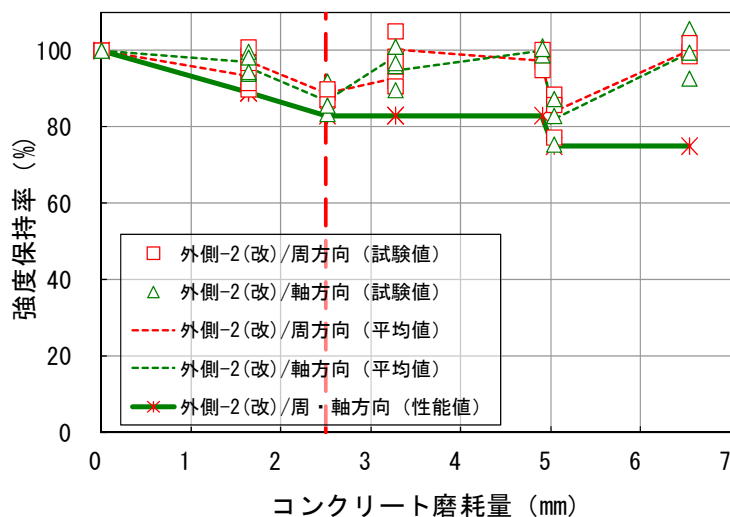
図Ⅱ-4.1.3.6 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の引張強度の関係



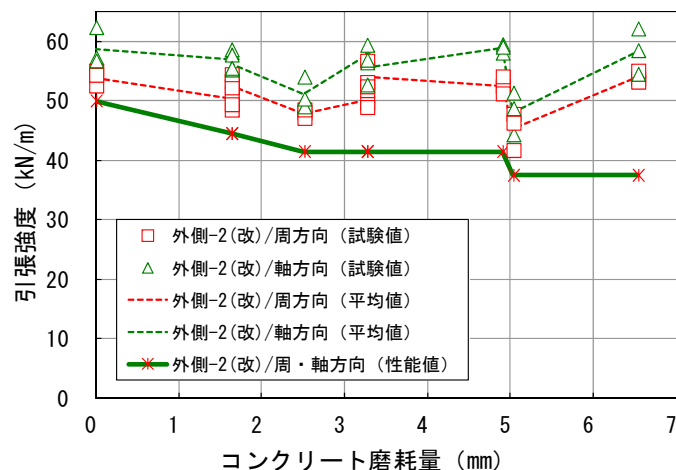
図Ⅱ-4.1.3.7 コンクリート磨耗量と内側袋材縫製部の強度保持率の関係



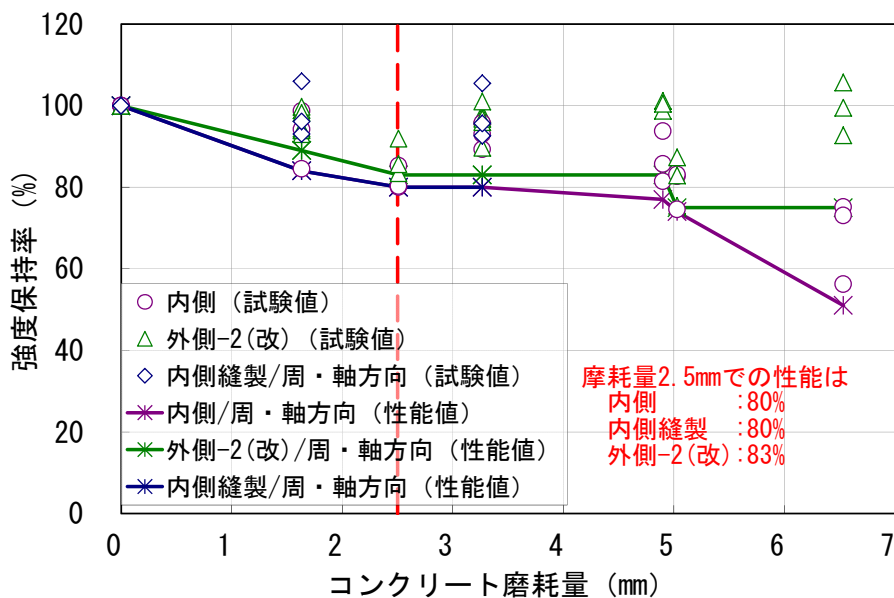
図Ⅱ-4.1.3.8 コンクリート磨耗量と内側袋材縫製部の引張強度の関係



図Ⅱ-4.1.3.9 コンクリート磨耗量と外側袋材基布の強度保持率の関係 (外側-2(改))

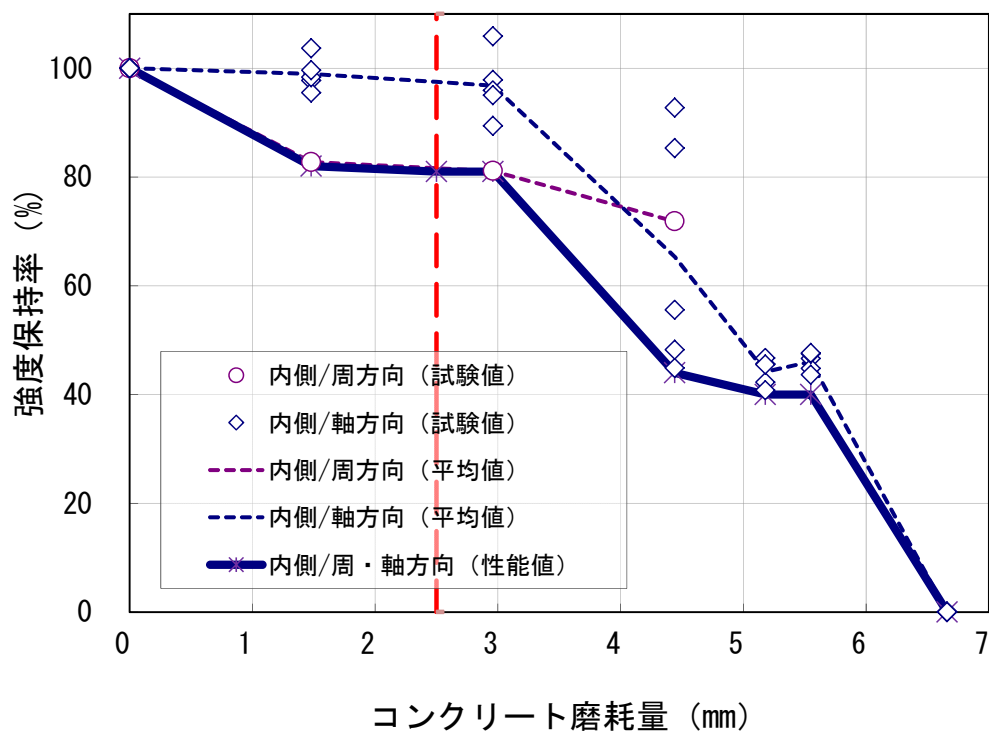


図Ⅱ-4.1.3.10 コンクリート磨耗量と外側袋材基布の引張強度の関係 (外側-2(改))

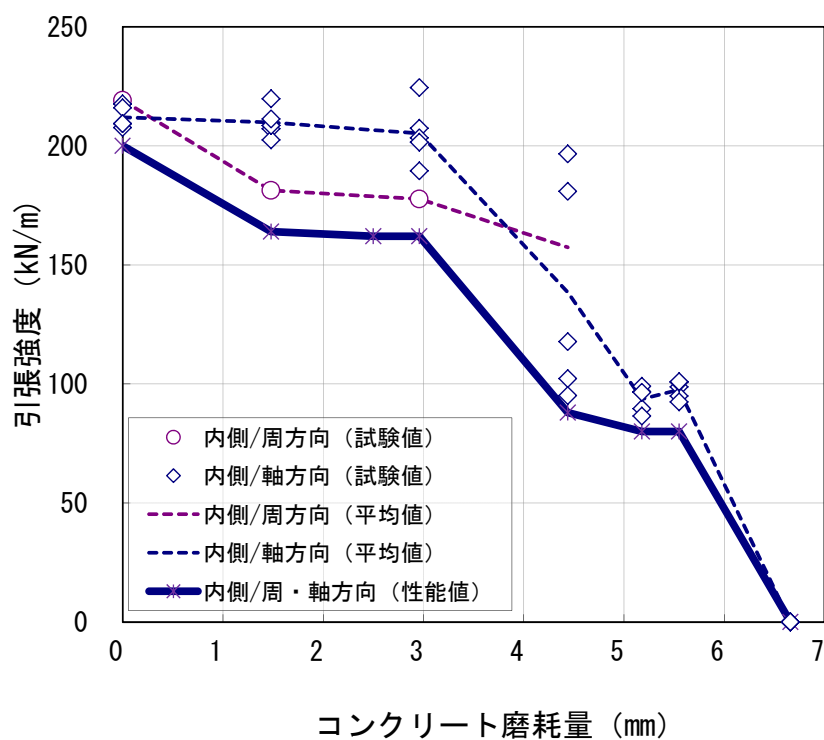


図Ⅱ-4.1.3.11 コンクリート磨耗量－強度保持率 評価図

参考 <宮崎海岸現地試験袋材>

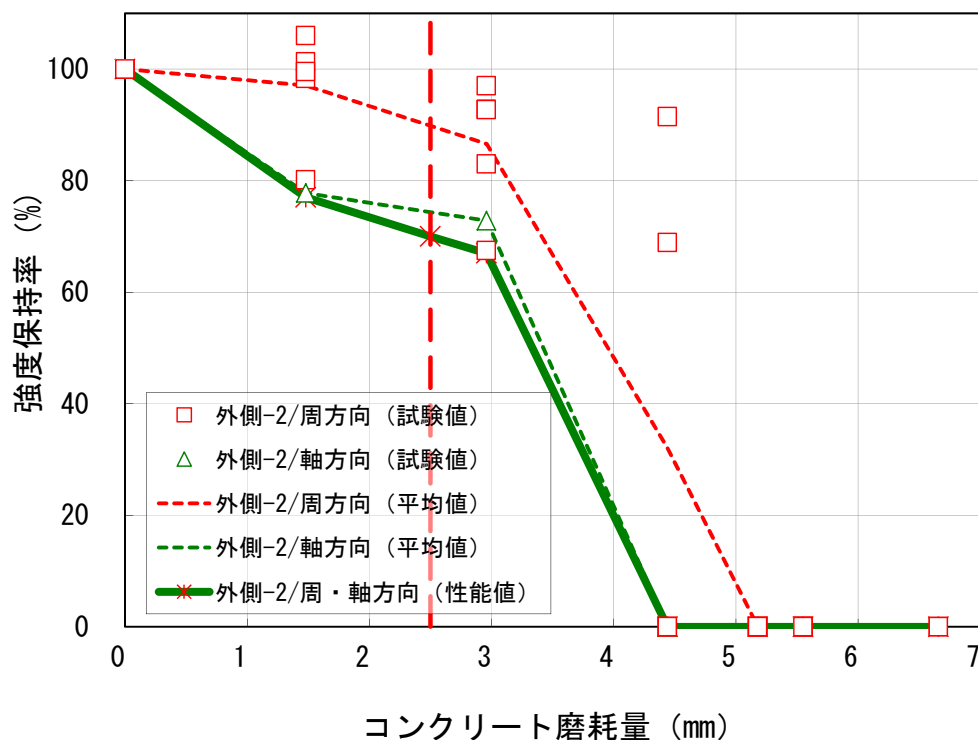


図Ⅱ-4.1.3.12 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の強度保持率の関係

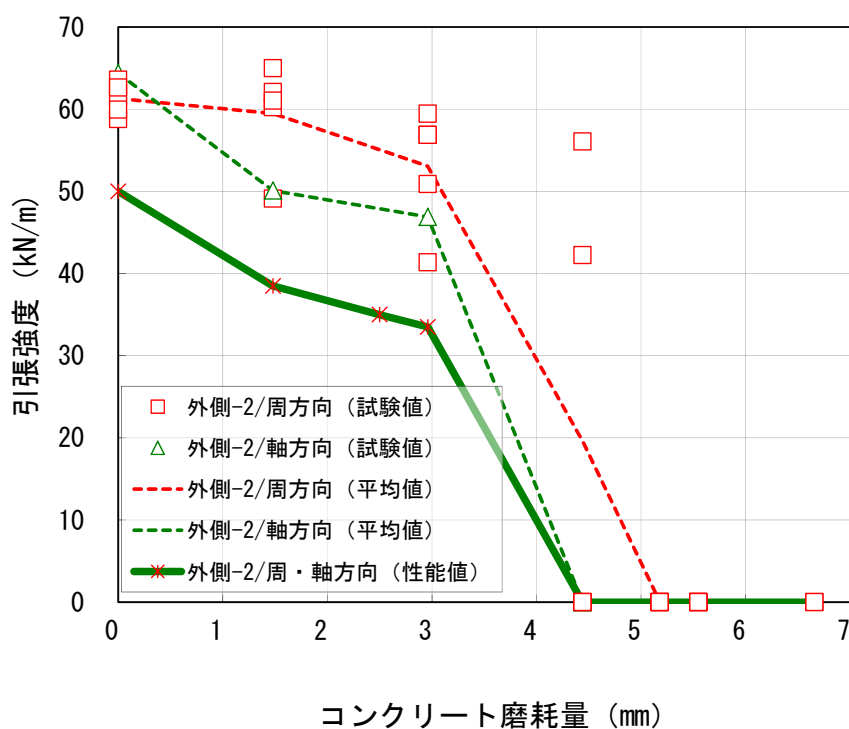


図Ⅱ-4.1.3.13 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の引張強度の関係

参考 <宮崎海岸現地試験袋材>



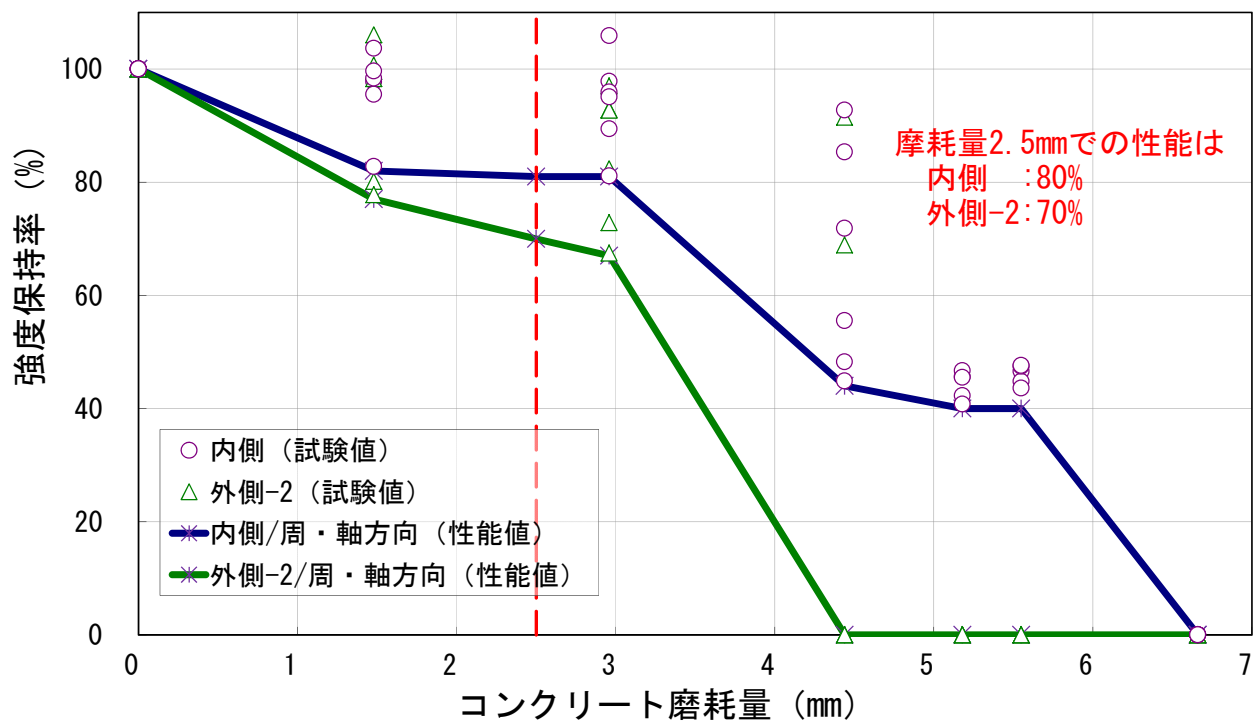
図Ⅱ-4.1.3.14 コンクリート磨耗量と外側袋材基布の強度保持率の関係



図Ⅱ-4.1.3.15 コンクリート磨耗量と外側袋材基布の引張強度の関係

参考 <宮崎海岸現地試験袋材>

宮崎現地試験袋材摩耗劣化性能の設定

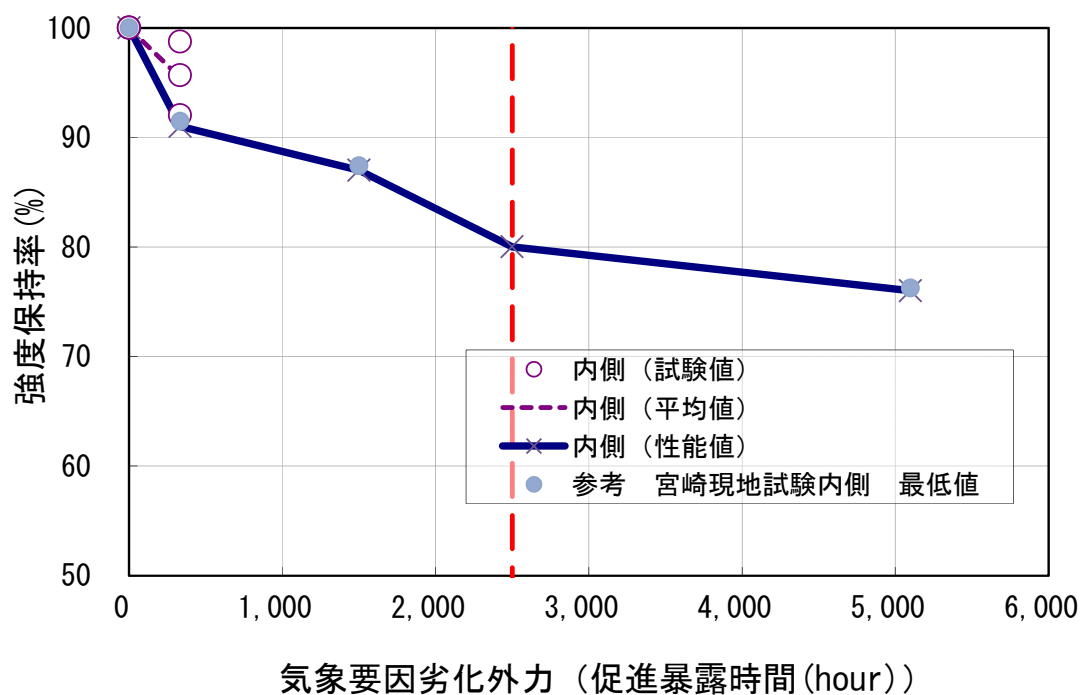


図Ⅱ-4.1.3.16 コンクリート磨耗量－強度保持率 評価図

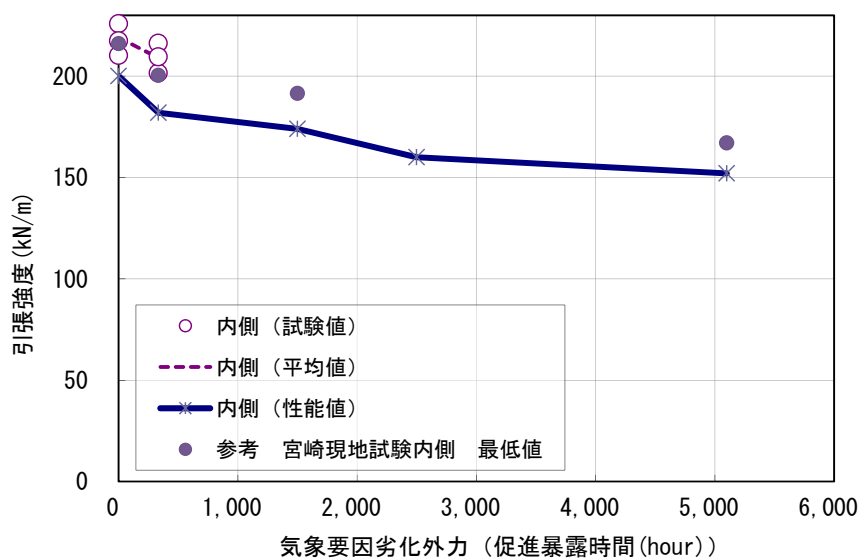
3) 気象要因劣化後の強度保持率 α_w (T)

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-4.1.3.17～図Ⅱ-4.1.3.26に示すとおりであることが確認された。また、改良仕様袋材基布（内側＋外側-2(改)）は、333hr まで計測し、宮崎海岸現地試験袋材基布（内側＋外側-2）と同等の強度保持率であることが確認されていることから強度保持率性能値は宮崎海岸現地試験袋材と同じに設定した。現在も 333hr 以上の試験を継続中である。

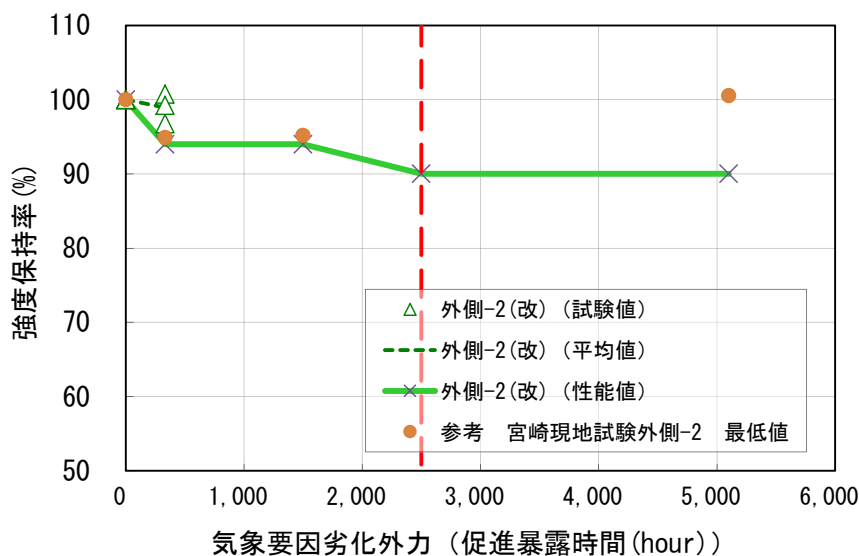
<改良仕様袋材>



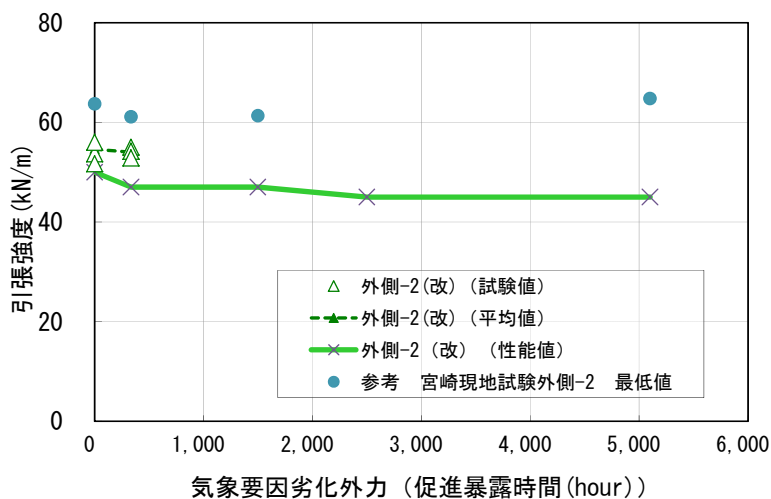
図Ⅱ-4.1.3.17 促進暴露時間と内側袋材基布の強度保持率の関係



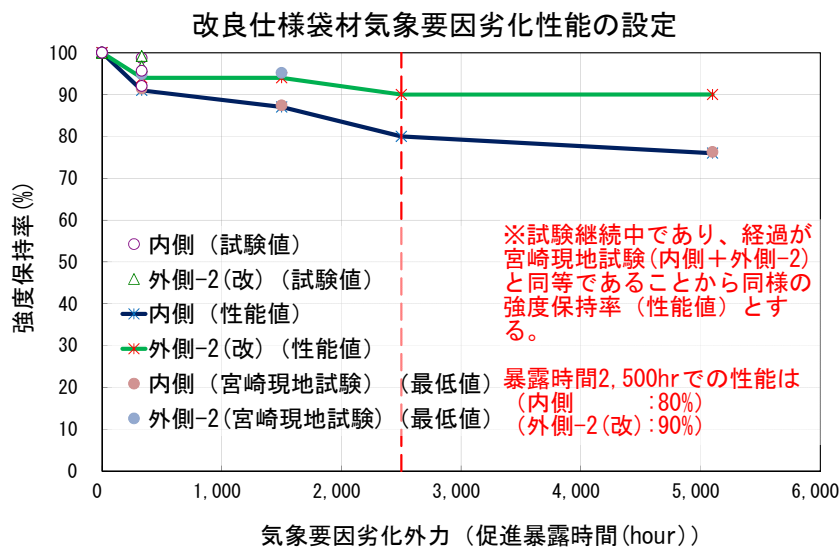
図Ⅱ-4.1.3.18 促進暴露時間と内側袋材基布の引張強度の関係



図Ⅱ-4.1.3.19 促進暴露時間と外側袋材基布の強度保持率の関係

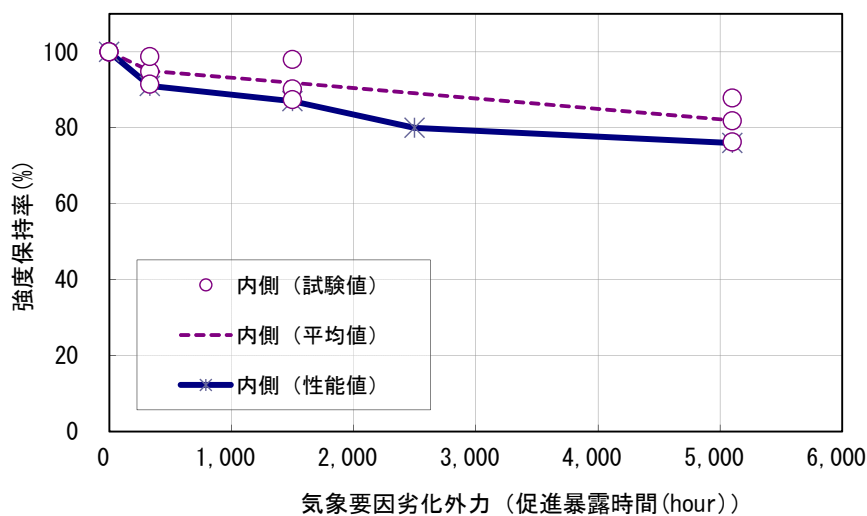


図Ⅱ-4.1.3.20 促進暴露時間と外側袋材基布の引張強度の関係

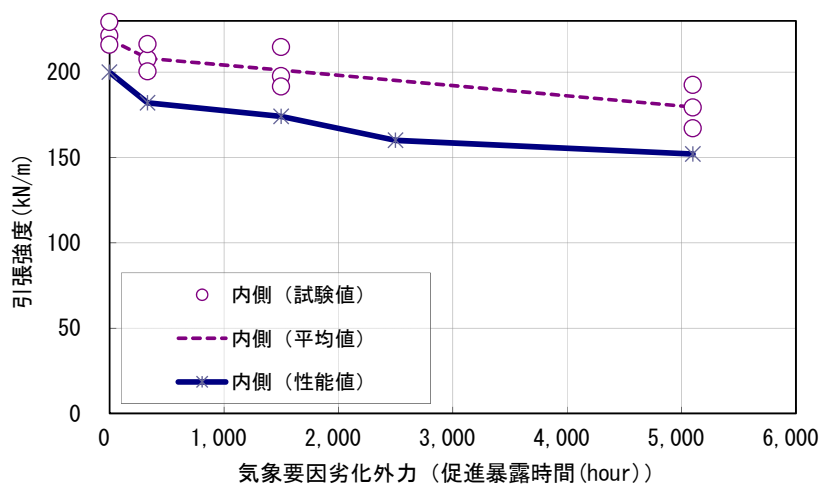


図Ⅱ-4.1.3.21 促進暴露時間－強度保持率 評価図

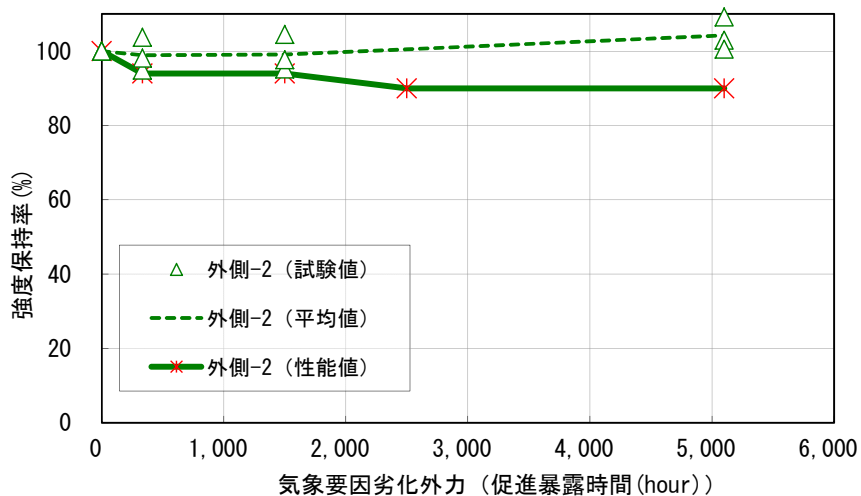
参考 <宮崎海岸現地試験袋材>



図Ⅱ-4.1.3.22 促進暴露時間と内側袋材基布の強度保持率の関係

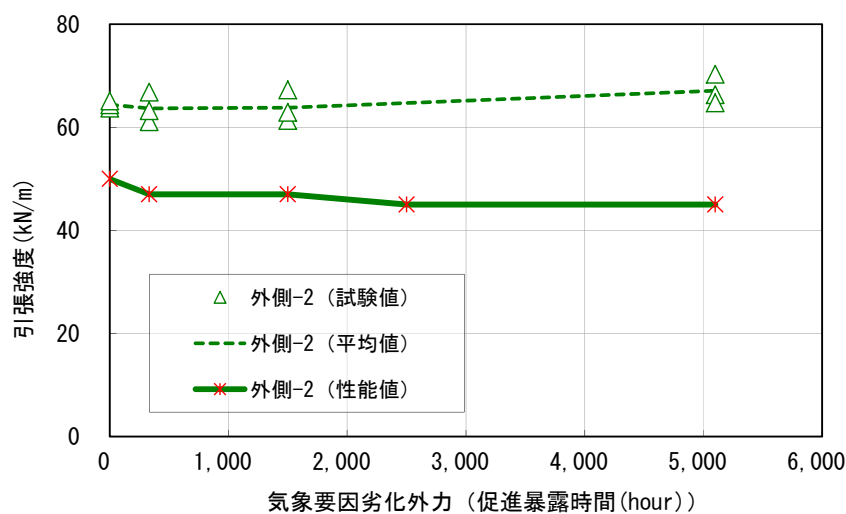


図Ⅱ-4.1.3.23 促進暴露時間と内側袋材基布の引張強度の関係



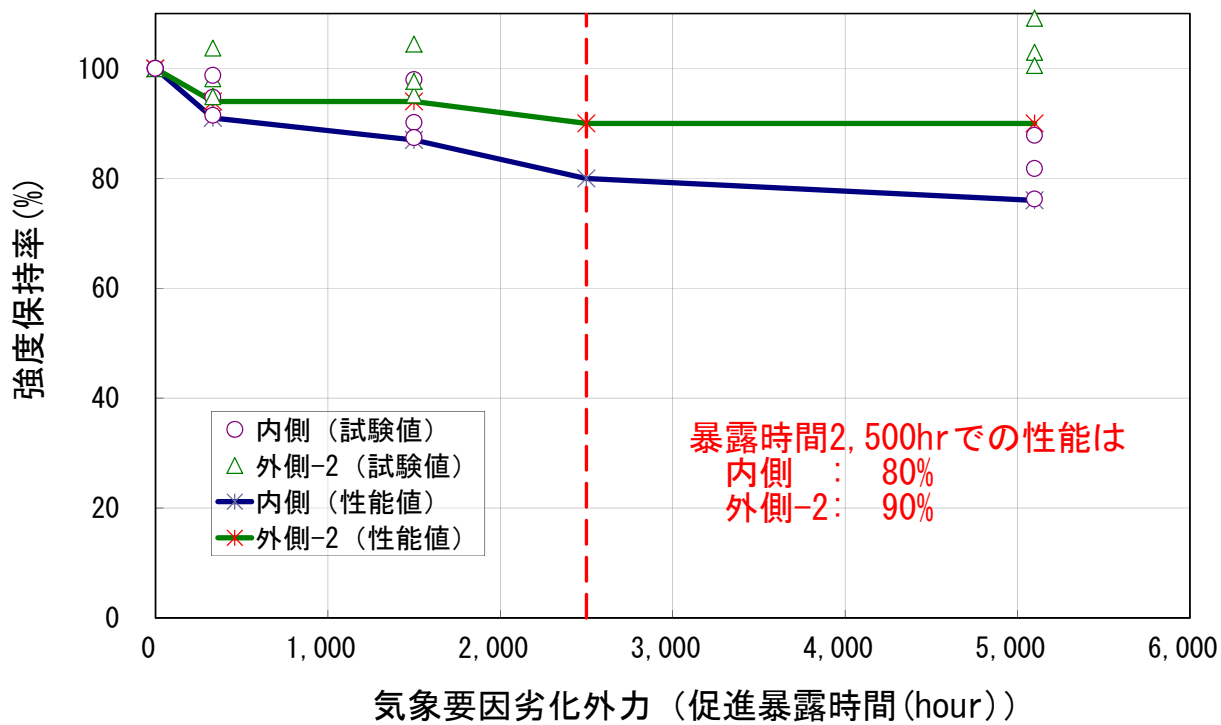
図Ⅱ-4.1.3.24 促進暴露時間と外側袋材基布の強度保持率の関係

参考 <宮崎海岸現地試験袋材>



図Ⅱ-4. 1. 3. 25 促進暴露時間と外側袋材基布の引張強度の関係

宮崎海岸現地試験袋材気象要因劣化性能の設定



図Ⅱ-4. 1. 3. 26 促進暴露時間－強度保持率 評価図

4) 劣化後照査例

改良仕様袋材について、宮崎海岸の前面砂浜有標高 T.P1m 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、目標寿命期間 T=10 年で照査する。作用張力は、3 段積・0.5m 覆土・交通荷重 10kN 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した。

- ・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）

- ・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）

- ・内側袋材供用時作用張力

（3 段積み最下段最前面周長 10m のサンドパックに作用する張力。最下段サンドパックの上載荷重 75.5kN/m² であるが、切り上げて 80kN/m² として算出）

$$T \text{ (周方向)} = 91.5 \text{ kN/m}$$

$$T \text{ (軸方向)} = 58 \text{ kN/m}$$

- ・外側袋材供用時作用張力

（周長 10m サンドパックに充填率 80% で水充填時の作用張力）

$$T \text{ (周方向)} = 12.1 \text{ kN/m}$$

$$T \text{ (軸方向)} = 7.6 \text{ kN/m}$$

<10 年後の強度保持率>

- ・摩耗劣化（コンクリート摩耗量 2.5mm）

内側袋材基布および縫製部（平縫い、袋縫い） $\alpha a = 0.80$

外側袋材基布 $\alpha a = 0.83$

外側袋材縫製部（拝縫い） $\alpha a = 1.0$

外側袋材連結部（ベルト縫製部、ハトメ部） $\alpha w = 1.0$

- ・気象要因劣化（耐候性試験促進暴露時間 2,500hr）

内側袋材基布および縫製部（平縫い、袋縫い） $\alpha w = 0.80$

外側袋材基布 $\alpha w = 0.90$

外側袋材縫製部（拝縫い） $\alpha w = 1.0$

外側袋材連結部（ベルト縫製部、ハトメ部） $\alpha w = 1.0$

<劣化後強度(kN/m)>

- ・周方向

内側袋材基布：

$$Td(10) = T \text{ 初期} \times \alpha a(10) \times \alpha w(10) = 200 \times 0.80 \times 0.80 = 128 \text{ kN/m} > 91.5 \text{ kN/m}$$

内側袋材縫製部(平縫い)：

$$Td(10) = T \text{ 初期} \times \alpha a(10) \times \alpha w(10) = 160 \times 0.80 \times 0.80 = 102.4 \text{ kN/m} > 91.5 \text{ kN/m}$$

外側袋材基布：

$$Td(10) = T \text{ 初期} \times \alpha a(10) \times \alpha w(10) = 50 \times 0.83 \times 0.90 = 37.3 \text{ kN/m} > 12.1 \text{ kN/m}$$

外側袋材縫製部(拝縫い)：

$$Td(10) = T \text{ 初期} \times \alpha a(10) \times \alpha w(10) = 35 \times 1.0 \times 1.0 = 35 \text{ kN/m} > 12.1 \text{ kN/m}$$

・軸方向

内側袋材基布：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 200 \times 0.80 \times 0.80 = 128 \text{ kN/m} > 58 \text{ kN/m}$$

内側袋材縫製部(平縫い)：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 160 \times 0.80 \times 0.80 = 102.4 \text{ kN/m} > 58 \text{ kN/m}$$

内側袋材縫製部(袋縫い)：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 100 \times 0.80 \times 0.80 = 64 \text{ kN/m} > 58 \text{ kN/m}$$

外側袋材基布：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 50 \times 0.83 \times 0.90 = 37.3 \text{ kN/m} > 7.6 \text{ kN/m}$$

外側袋材連結部(ハトメ部)：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_w(10) \times \alpha_a(10) = 10 \times 1.0 \times 1.0 = 10 \text{ kN/m} > 7.6 \text{ kN/m}$$

いずれも満足する。

<参考>宮崎現地試験袋材

<10年後の強度保持率>

・摩耗劣化（コンクリート摩耗量 2.5mm）

内側袋材基布および縫製部（平縫い、袋縫い） $\alpha_a=0.80$

外側袋材基布 $\alpha_a=0.70$

外側袋材連結部（ハトメ部） $\alpha_w=\text{性能設定不能}$

・気象要因劣化（耐候性試験促進暴露時間 2,500hr）

内側袋材基布および縫製部（平縫い、袋縫い） $\alpha_w=0.80$

外側袋材基布 $\alpha_w=0.90$

外側袋材縫製部（ハトメ部） $\alpha_w=\text{性能設定不能}$

<劣化後強度(kN/m)>

・周方向

内側袋材基布：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 200 \times 0.80 \times 0.80 = 128 \text{ kN/m} > 91.5 \text{ kN/m}$$

内側袋材縫製部(平縫い)：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 160 \times 0.80 \times 0.80 = 102.4 \text{ kN/m} > 91.5 \text{ kN/m}$$

外側袋材基布：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 50 \times 0.70 \times 0.90 = 31.5 \text{ kN/m} > 12.1 \text{ kN/m}$$

・軸方向

内側袋材基布：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 200 \times 0.80 \times 0.80 = 128 \text{ kN/m} > 58 \text{ kN/m}$$

内側袋材縫製部(平縫い)：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 160 \times 0.80 \times 0.80 = 102.4 \text{ kN/m} > 58 \text{ kN/m}$$

内側袋材縫製部(袋縫い)：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 100 \times 0.80 \times 0.80 = 64 \text{ kN/m} > 58 \text{ kN/m}$$

外側袋材基布：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_a(10) \times \alpha_w(10) = 50 \times 0.70 \times 0.90 = 31.5 \text{ kN/m} > 7.6 \text{ kN/m}$$

外側袋材連結部(ハトメ部)：

$$Td(10)=T \text{ 初期} \times \alpha_w(10) \times \alpha_a(10) = 10 \times \text{性能設定不能} \times \text{性能設定不能} = \text{照査不能}$$

（３）人為外力およ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 に 10 年間の気象要因劣化外力およ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 ($0.80 \times 0.80 = 0.64$) で割った張力を作用させる損傷拡大抵抗性試験を実施した結果、基布（内側）の損傷部が拡大しないことが確認された。

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、改良仕様袋材について確認された。

＜改良仕様袋材＞

火種面積 49cm²

燃焼面積 182cm²

消炎 5 分後の燃焼面積 182cm²

拡大面積 0cm²（拡大率 0%）

参考：＜宮崎海岸現地試験袋材＞

なお、宮崎海岸現地試験袋材についても火種の消化直後と消化 5 分後で燃焼面積の変化が 2%以下であることが確認された。

火種面積 49cm²

燃焼面積 168cm²

消炎 5 分後の燃焼面積 168cm²

拡大面積 0cm²（拡大率 0%）

（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を確認する。

２）開口径試験結果

見掛けの開口径（ O_{95} ）は表Ⅱ-4.1.3.4に示すとおりであることが確認された。

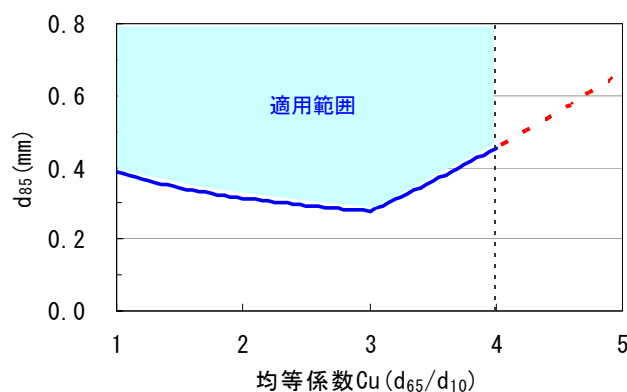
表Ⅱ-4.1.3.4 開口径

	改良仕様袋材	
	内側基布	外側基布 (外側-2(改))
開口径 O_{95} (mm)	0.585	0.278

３）中詰材保持性能

改良仕様袋材の使用可能な中詰材粒径は以下のとおり。

- ・原則 $d_{60} > 0.585\text{mm}$
- ・ポンプ充填施工であることから、多少の歩留まり低下を許容する場合
 - $3 < \text{均等係数 } (d_{60}/d_{10}) \leq 4$: $d_{85} > 0.043 \times (d_{60}/d_{10})^{1.7} \text{ mm}$
 - $1 < \text{均等係数 } (d_{60}/d_{10}) \leq 3$: $d_{85} > 0.39 / (d_{60}/d_{10})^{0.3} \text{ mm}$



図Ⅱ-4.1.3.23 適用可能 d_{85} グラフ

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 現地試験実績より）

（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、改良仕様袋材 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。

金魚飼育試験の結果、改良仕様袋材で金魚が３ヶ月以上生存したことが確認された。

Ⅱ－４．２ 共同研究で対象としたサンドバックの開発経緯

本共同研究で対象としたサンドバックは、ポリプロピレン製織布を基布としてチューブ状に縫製加工した袋材に、波浪に伴う砂礫による摩耗や紫外線等による劣化から守るため、袋材の外側にシートを巻き込む二重構造の仕様とした。検討したサンドバックの材料構成は、大磯海岸施工試験、宮崎海岸施工試験、改良仕様の3タイプである。

大磯海岸施工試験にて検討したサンドバックは、内側の袋材を構成する基布（以下、内側と呼ぶ）と外側に巻きつけるシートとして内側の基布と同製法の織布（以下、外側-1と呼ぶ）である。摩耗促進試験や現地施工試験により、外側袋材を巻き込み二重構造とすることで、内側の袋材への直接的な摩耗や紫外線劣化は軽減され、耐久性が向上することがわかった。摩耗促進試験の結果より、外側-1の繊維の表面が砂礫の衝突で摩耗することによって毛羽立ち、シートを構成する繊維が損傷し、最終的にはシートに穴が開くメカニズムであることがわかった。外側のシートに穴が開くと、内側袋材も摩耗され、最終的にはサンドバックの破壊に至ることとなる。

次に、宮崎海岸施工試験にて検討したサンドバックは、内側の袋材を構成する基布と、耐摩耗性を向上させるために、内側の基布と同製法の織布に不織布を絡ませた複合シート（以下、外側-2と呼ぶ）である。このシートは、不織布が繊維表面への直接的な砂礫の衝突を防ぐことで繊維の損傷を抑制し、耐久性の向上を期待したものである。摩耗促進試験や現地施工試験により、繊維表面への直接的な砂礫の衝突を防ぐとともに不織布内に砂が混入し、保護層を形成することで繊維の摩耗を抑制することがわかった。不織布を砂色に近い色とすること、不織布内に砂が混入することで景観性の向上も期待している。

さらに、宮崎海岸における現地施工試験直後、および供用時に外側-2の一部で不織布が抜け、毛玉が発生した。そこで、改良仕様のサンドバックとして、内側の袋材を構成する基布と、さらなる耐摩耗性向上を目的に外側-2の不織布の噛み合わせを密にし、シート裏表面にヒート加工を施すことで抜けの発生を抑制するシート（以下、外側-2(改)と呼ぶ）を開発した。また、縫製方法の改良や調整用外側袋材を設置することで、縫製部や連結部に摩耗が直接作用しない構造とした。

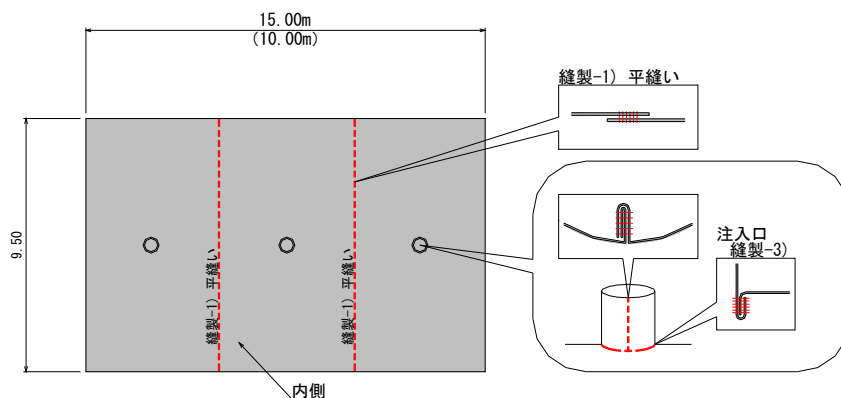
Ⅱ－４．２．１ 大磯海岸現地試験における袋材の概要および性能

大磯海岸施工試験にて検討したサンドバックは水理模型実験（Ⅱ-4.13.2）より、長さ15mの内側袋材1本を中心に、左右に長さ10mの内側袋材2本の計3本を岸沖方向に設置し、外側-1を各内側袋材の外周に巻き付けた後、3本のサンドバックをジオグリッドで連結する構造である。図Ⅱ-4.2.1.1にサンドバックの概要図を示す。

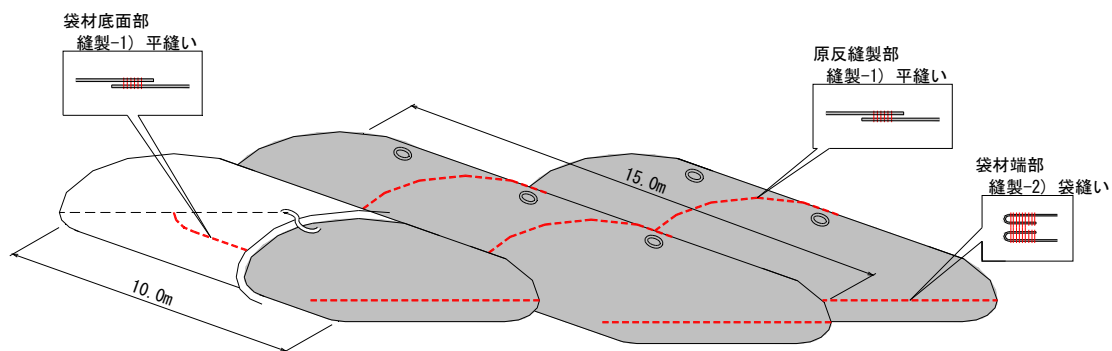
サンドバックを構成する基布の外観を図Ⅱ-4.2.1.2に示す。内側袋材の縫製は、原反の基布を必要長繋ぎ合わせる箇所と袋材を構成するために袋材底面部で繋ぎ合わせる箇所は、2枚の基布を重ね合わせる縫製（以下、平縫いと呼ぶ）とし、袋材端部は、2枚の基布を外表に合わせて縫い合わせた後、裁目を中に包むようにする縫製（以下、袋縫いと呼ぶ）とした。図Ⅱ-4.2.1.3に縫製の概要図を示す。外側-1は、内側袋材の外周に巻き付けた後、現地にてロープ結束するためシート端部にハトメ加工を施した。

袋材の材料特性として、表Ⅱ-4.3.1.1の試験条件における引張強度を表Ⅱ-4.2.1.2および表Ⅱ-4.2.1.3に示す。

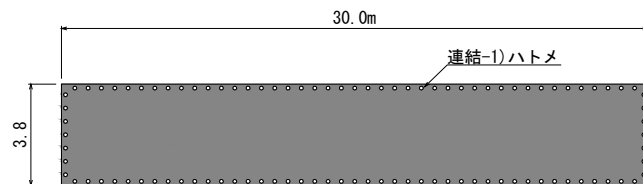
内側展開図



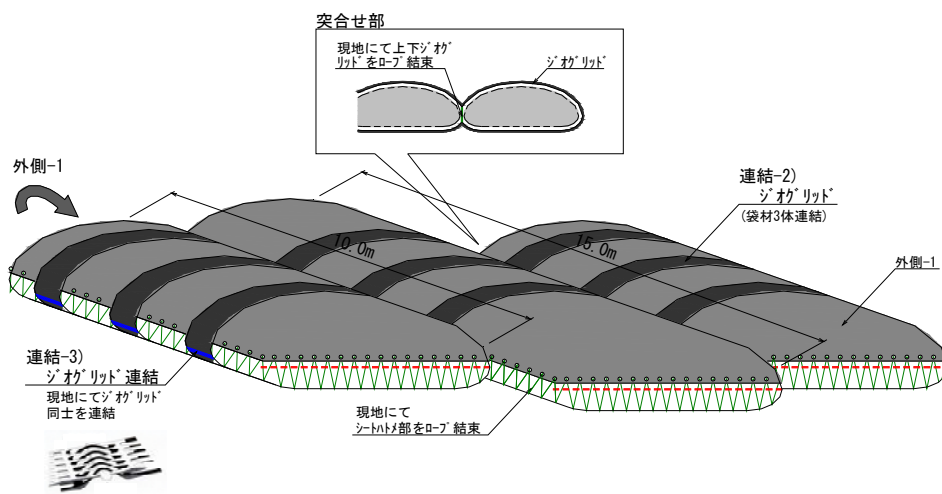
内側概要図



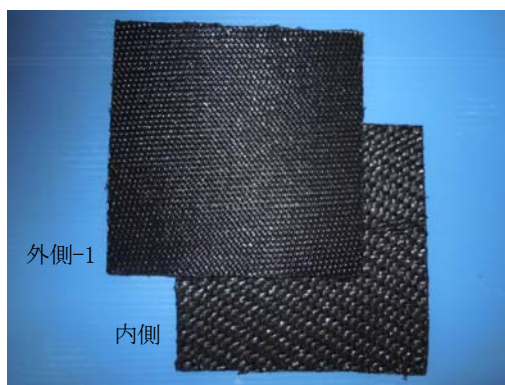
外側-1展開図



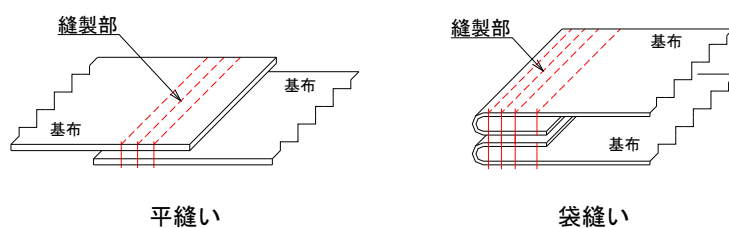
外側-1概要図



図Ⅱ-4.2.1.1 大磯海岸施工試験サンドバック概要図



図Ⅱ-4.2.1.2 サンドパックを構成する基布の外観（外側-1+内側）



図Ⅱ-4.2.1.3 縫製の概要図

表Ⅱ-4.2.1.1 引張試験条件

試験機	定速伸長形引張試験機
引張速度	50%/min
試験片の幅	30mm
つかみ間隔	140mm

表Ⅱ-4.2.1.2 内側基布の引張強度試験結果

	基布 (kN/m)		縫製部* (kN/m)			注入口
	周方向	軸方向	平縫い	袋縫い	袋縫い***	
性能値	200	200	160	100		45
平均値	219	212	170	113	188	48
最大値	225	217	179	117	209	49
最小値	210	207	165	109	164	47
試験値 1	210.2	217.7	179.2	117.6	164.0	48.3
試験値 2	225.7	207.7	165.0	112.1	209.2	47.6
試験値 3	217.3	216.0	166.2	109.9	193.2	49.0
試験値 4	221.9	209.3	—	—	—	—
試験値 5	221.1	209.3	—	—	—	—

※ JIS L 1096 準用

*** グラブ法（JIS L 1093 A-1）での参考値

表Ⅱ-4.2.1.3 外側-1 基布の引張強度試験結果

	基布 (kN/m)		連結部 (kN/m)	
	周方向	軸方向	ハトメ部	連結材
性能値	100	70	性能設定不能	性能設定不能
平均値	137	83	試験未実施	試験未実施
最大値	145	86		
最小値	128	79		
試験値 1	135.7	79.0	試験未実施	試験未実施
試験値 2	128.7	86.6		
試験値 3	145.8	85.0		
試験値 4	133.3	83.7		
試験値 5	142.1	83.3		

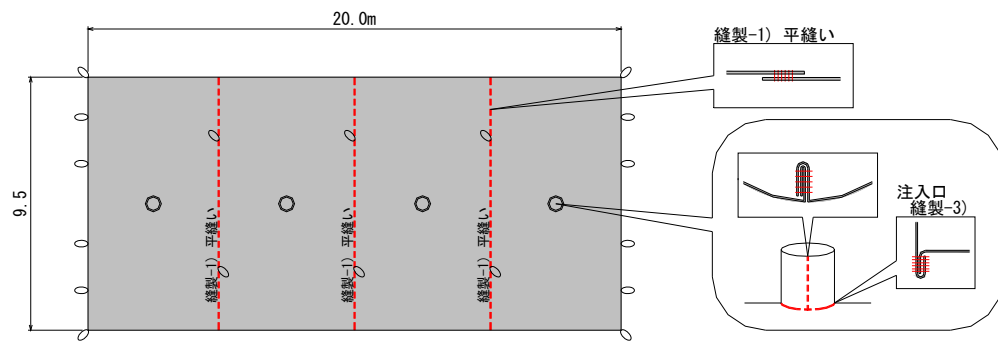
Ⅱ－４．２．２ 宮崎海岸現地試験における袋材の概要および性能

宮崎海岸施工試験にて検討したサンドバックは、長さ20mの内側袋材を設置し、左右1mの重ね代を設けた長さ22mの外側-2を内側袋材の外周に巻き付ける構造である。サンドバックを護岸として設置するにあたり、サンドバック同士の突合せ部が凹部となると、背面土の吸出しが懸念されることから、内側袋材の端部に蓋材を取り付けた。図Ⅱ-4.2.2.1および図Ⅱ-4.2.2.2にサンドバックの概要図を示す。

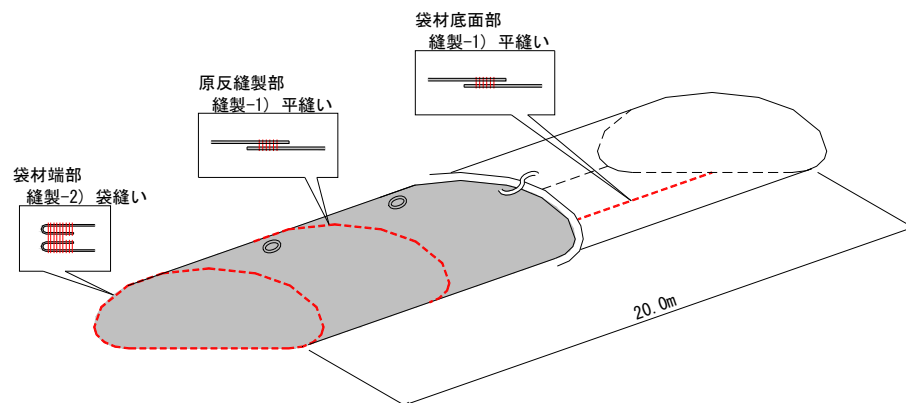
耐摩耗性と景観性の向上を目的としたサンドバックの基布の外観を図Ⅱ-4.2.2.3に示す。内側袋材の縫製は、原反の基布を必要長繋ぎ合わせる箇所と袋材を構成するために袋材底面部で繋ぎ合わせる箇所は平縫いとし、袋材端部に設けた蓋材は袋縫いとした。図Ⅱ-4.2.2.4に縫製の概要図を示す。外側-2は、原反の基布を現地にてロープ結束するためと、内側袋材の外周に巻き付けた後ロープ結束するためにシート端部にハトメ加工を施した。

袋材の材料特性として、表Ⅱ-4.2.1.1の試験条件における各袋材の引張強度を表Ⅱ-4.2.2.1および表Ⅱ-4.2.2.2に、開孔径を表Ⅱ-4.2.2.3にそれぞれ示す。

内側展開図

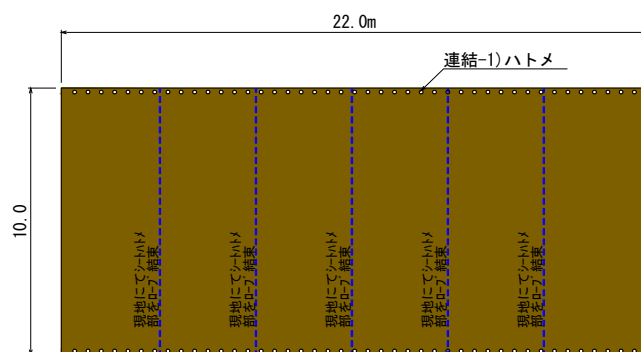


内側概要図

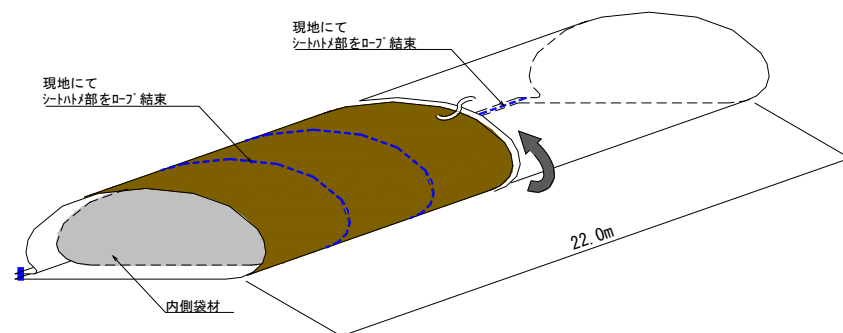


図Ⅱ-4.2.2.1 宮崎海岸施工試験サンドバック概要図（内側）

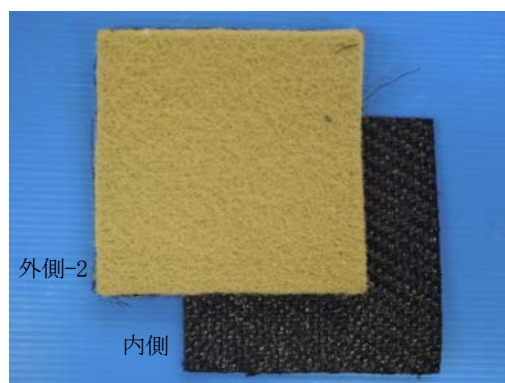
外側-2展開図



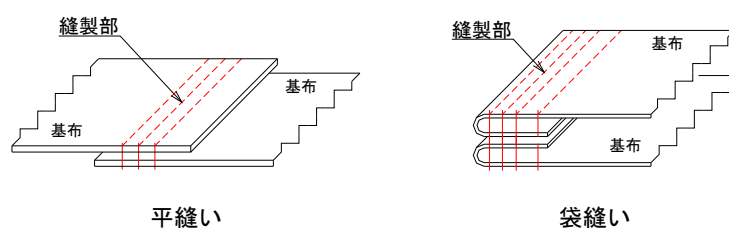
外側-2概要図



図Ⅱ-4.2.2.2 宮崎海岸施工試験サンドバック概要図（外側-2）



図Ⅱ-4.2.2.3 サンドパックを構成する基布の外観（外側-2+内側）



図Ⅱ-4.2.2.4 縫製の概要図

表Ⅱ-4.2.2.1 内側基布の引張強度試験結果

	基布 (kN/m)		縫製部※ (kN/m)			
	周方向	軸方向	平縫い	袋縫い	袋縫い※※	注入口
性能値	200	200	160	100		45
平均値	219	212	170	113	188	48
最大値	225	217	179	117	209	49
最小値	210	207	165	109	164	47
試験値 1	210.2	217.7	179.2	117.6	164.0	48.3
試験値 2	225.7	207.7	165.0	112.1	209.2	47.6
試験値 3	217.3	216.0	166.2	109.9	193.2	49.0
試験値 4	221.9	209.3	—	—	—	—
試験値 5	221.1	209.3	—	—	—	—

※ JIS L 1096 準用

※※ グラブ法（JIS L 1093 A-1）での参考値

表Ⅱ-4.2.2.2 外側-2 基布の引張強度試験結果

	基布 (kN/m)		ハトメ部 (kN/m)	
	周方向	軸方向	周方向	軸方向
性能値	50	50	試験未実施	試験未実施
平均値	58	52	試験未実施	試験未実施
最大値	60	53		
最小値	55	51		
試験値 1	55.8	51.8	試験未実施	試験未実施
試験値 2	60.3	52.4		
試験値 3	58.4	52.9		
試験値 4	56.9	51.0		
試験値 5	59.5	53.7		

表Ⅱ-4.2.2.3 開孔径

試験名	内側 (mm)	外側-2 (mm)	該当基準
開孔径試験 0 ₉₅	0.585	0.299	ASTM D 4751

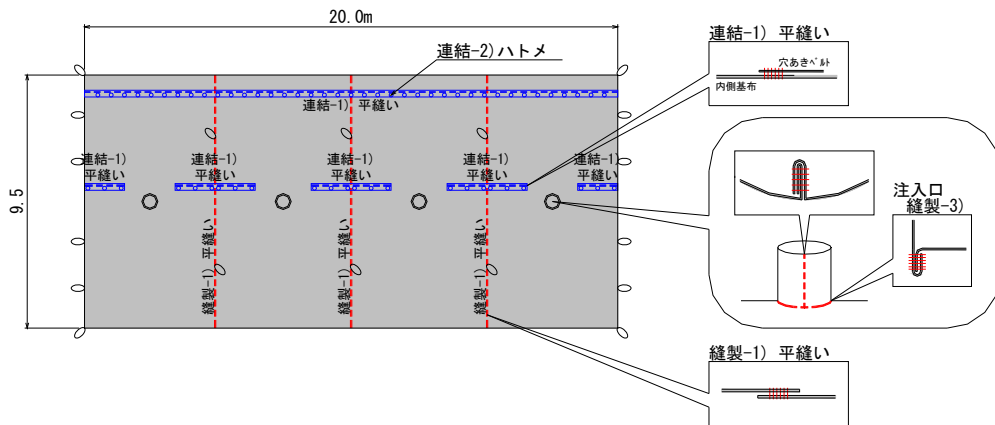
Ⅱ－４．２．３ 改良仕様における袋材の概要および性能

改良仕様におけるサンドパックは、施工性の向上を目的として、長さ20mの内側袋材と長さ20mの外側-2(改)袋材のそれぞれに穴あきベルトを取り付け、工場の生産段階でロープ結束して一体化させたものを設置する構造である。隣接するサンドパックとの突合せ部は、サンドパック充填後に外周を調整用外側袋材で巻き込み、サンドパックの施工端は、調整用外側袋材の余長部の穴あきベルトおよびロープを絞り、施工端を被覆する構造とした。また、内側袋材の端部には、宮崎海岸施工試験と同様に蓋材を取り付けた。図Ⅱ-4.2.3.1および図Ⅱ-4.2.3.2にサンドパックの概要図を示す。

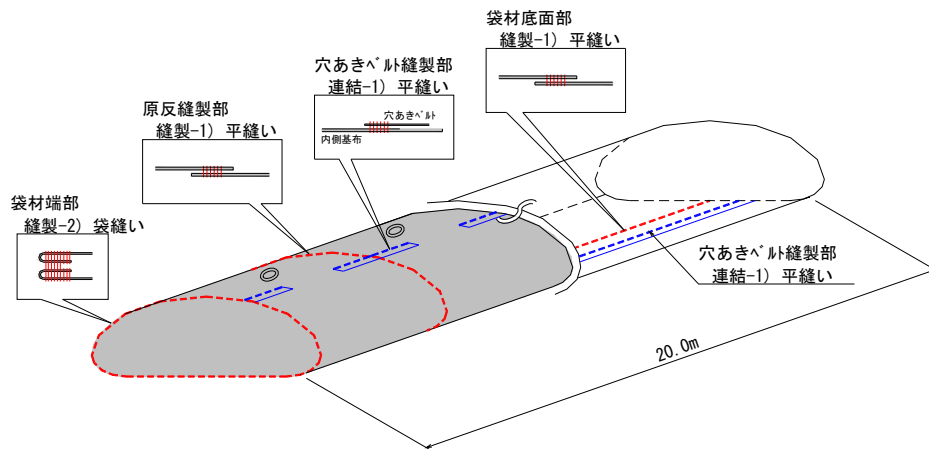
さらなる耐摩耗性の向上を目的としたサンドパックの基布の外観を図Ⅱ-4.2.3.3に示す。また、内側袋材の縫製は、原反の基布を必要長繋ぎ合わせる箇所と袋材を構成するために袋材底面部で繋ぎ合わせる箇所は平縫いとし、袋材端部に設けた蓋材は袋縫いとした。外側-2の縫製は、原反の基布を必要幅繋ぎ合わせる箇所を、2枚の基布の表面同士を重ね合わせ、折り返す縫製（以下、拝縫いと呼ぶ）とし、縫製部が表面に露出しないようにした。また、内側袋材と外側-2(改)のそれぞれに取り付ける穴あきベルトは平縫いとした。図Ⅱ-4.2.3.4に縫製の概要図を示す。

袋材の材料特性として、表Ⅱ-4.2.1.1の試験条件における各袋材の引張強度を表Ⅱ-4.2.3.1および表Ⅱ-4.2.3.2に、開孔径を表Ⅱ-4.2.3.3にそれぞれ示す。

内側展開図

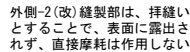


内側概要図

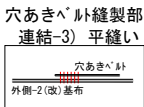


図Ⅱ-4.2.3.1 改良仕様サンドバック概要図（内側）

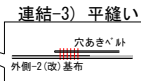
外側-2(改)展開図



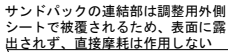
外側-2(改)概要図



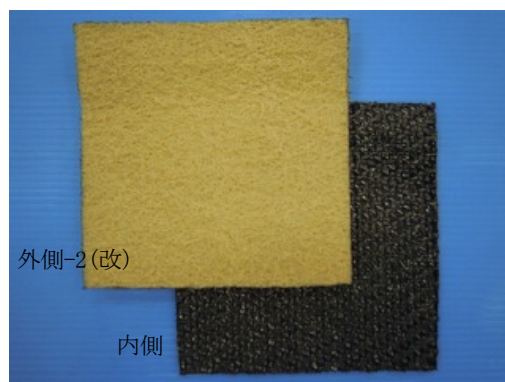
調整用外側シート（外側-2(改)）展開図



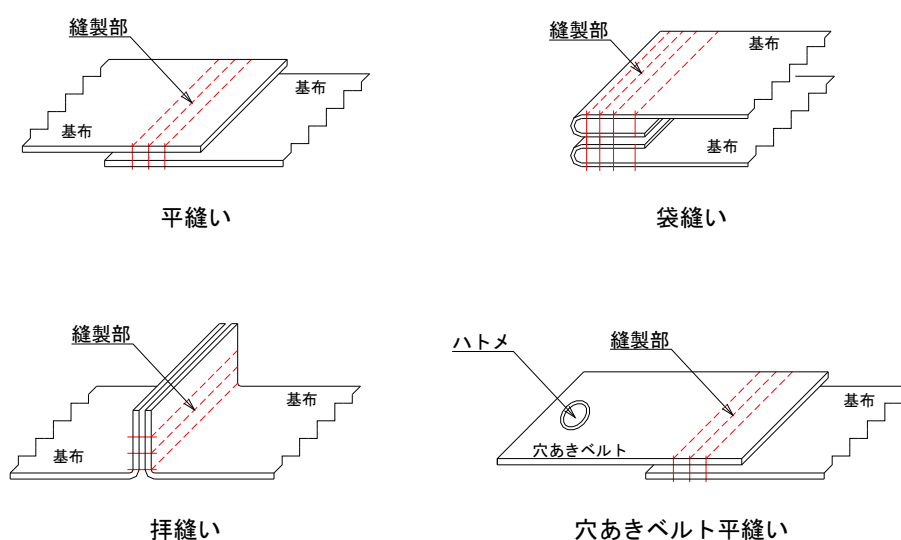
調整用外側シート（外側-2（改））概要図



図Ⅱ-4.2.3.2 改良仕様サンドバック概要図（外側-2(改)）



図Ⅱ-4.2.3.3 サンドバックを構成する基布の外観（外側-2(改)＋内側）



図Ⅱ-4.2.3.4 縫製および穴あきベルトの概要図

表Ⅱ-4.2.3.1 内側基布の引張強度試験結果

	基布 (kN/m)		縫製部※ (kN/m)			
	周方向	軸方向	平縫い	袋縫い	袋縫い※※	注入口
性能値	200	200	160	100		45
平均値	219	212	170	113	188	48
最大値	225	217	179	117	209	49
最小値	210	207	165	109	164	47
試験値 1	210.2	217.7	179.2	117.6	164.0	48.3
試験値 2	225.7	207.7	165.0	112.1	209.2	47.6
試験値 3	217.3	216.0	166.2	109.9	193.2	49.0
試験値 4	221.9	209.3	—	—	—	—
試験値 5	221.1	209.3	—	—	—	—

※ JIS L 1096 準用

※※ グラブ法（JIS L 1093 A-1）での参考値

表Ⅱ-4.2.3.2 外側-2(改)基布の引張強度試験結果

	基布 (kN/m)		縫製部※・連結部 (kN/m)		
	周方向	軸方向	拝縫い	ベルト縫製部	ハトメ部
性能値	50	50	35	35	10
平均値	53	54	50	46	10
最大値	55	57	54	48	10
最小値	52	51	47	44	10
試験値 1	52.7	53.7	54.2	44.2	10.2
試験値 2	55.0	51.7	47.8	46.8	10.0
試験値 3	52.3	56.0	49.9	48.9	10.9
試験値 4	54.7	57.7	—	—	—
試験値 5	55.0	54.0	—	—	—

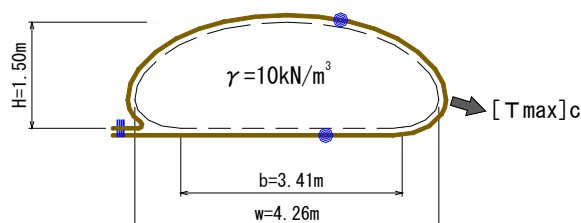
※ JIS L 1096 準用

表Ⅱ-4.2.3.3 開孔径

試験名	内側 (mm)	外側-2(改) (mm)	該当基準
開孔径試験 0 ₉₅	0.585	0.278	ASTM D 4751

ここで、外側-2(改)に施工時に作用する張力を周長10m、充填率80%で水充填時の作用張力の3割が作用すると仮定すると、 $T=12.1\text{ kN/m} \times 0.3=3.6\text{ kN/m} < \text{ハトメ部強度}10\text{ kN/m}$ となる。

また、連結部における供用時の作用力を、波浪等によりサンドパック内が水で満たされた状態と仮定し、その際のサンドパックにおける周長方向張力を $[T_{\max}]c$ とする。水の単位体積重量 $\gamma=10\text{ kN/m}^3$ 、サンドパック高さを出来型高 $H=1.5\text{ m}$ 、周長 $L=10\text{ m}$ とした場合、 $[T_{\max}]c$ はNamiasの式より 6.41 kN/m と算出され、穴あきベルトハトメ部強度 10.0 kN/m は供用時の作用強度を満たすこととなる。穴あきベルトでの連結は施工時のみ必要なものであり、仮に $[T_{\max}]c$ 以上の張力が作用した場合、穴あきベルトハトメ部強度より穴あきベルト縫製部強度が大きいことから、ハトメ部が先行して外れることとなり、サンドパック本体への影響はないと考えられる。図Ⅱ-4.2.3.4に連結部における作用力模式図を示す。



図Ⅱ-4.2.3.4 連結部における供用時作用力模式図 (Namiasより)

外側-2(改)の耐摩耗性の向上を確認するため、試験片に押圧荷重を加えて往復摩擦するスコット法による摩耗強さ試験を外側-2および外側-2(改)で実施した。図Ⅱ-4.2.3.6および図Ⅱ-4.2.3.7に外側基布の外観を、表Ⅱ-4.2.3.4に試験状況を示す。外側-2は300回の擦り合わせで不織布が剥がれたが、外側-2(改)は1000回の擦り合わせでも不織布が剥がれなかったことから、外側-2(改)は外側-2の利点はそのままに、耐摩耗性が向上したことが確認された。












図Ⅱ-4.2.3.6 外側-2外観



図Ⅱ-4.2.3.7 外側-2(改)外観

表Ⅱ-4.2.3.4 スコット法による摩耗強さ試験状況

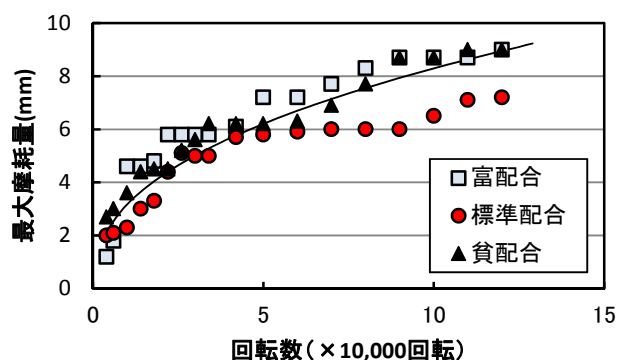
	外側-2	外側-2(改)
試験前		
100回 擦り合わせ		
300回 擦り合わせ	 不織布の剥がれあり	
500回 擦り合わせ	—	
700回 擦り合わせ	—	
1000回 擦り合わせ	—	 不織布の剥がれなし

Ⅱ－4.3 礫材に関する摩耗劣化促進試験

サンドバックに用いる袋材の砂礫による摩耗や衝突に対する耐久性を確認するために、回転ドラム型摩耗試験機による摩耗劣化促進試験を実施した。試験機と供試体の設置状況を図Ⅱ-4.3.1に示す。試験は、直径15cm、長さ30cmのコンクリート供試体にサンドバック内側基布を巻きつけた上に外側基布も巻き付けて二重とし、試験機のドラム部分に設置して大磯海岸から採取した砂礫10kgと水70Lを入れてドラムを回転させる。回転数は28,000回転、38,000回転、56,000回転、84,000回転、112,000回転、130,000回転とし、各回転数後に供試体を取り出し、表面の摩耗状態と、JIS L 1096に準拠した引張試験で得た摩耗後の引張強度を初期強度で割って強度保持率を確認する。外側基布は外側-1と外側-2で実施した。また、袋材の耐摩耗性を把握するうえで、コンクリート供試体の摩耗試験を実施した。ドラム回転数とコンクリート供試体の摩耗量の関係を図Ⅱ-4.3.2に示す。



図Ⅱ-4.3.1 回転ドラム型摩耗試験機(a)および供試体の設置状況(b)

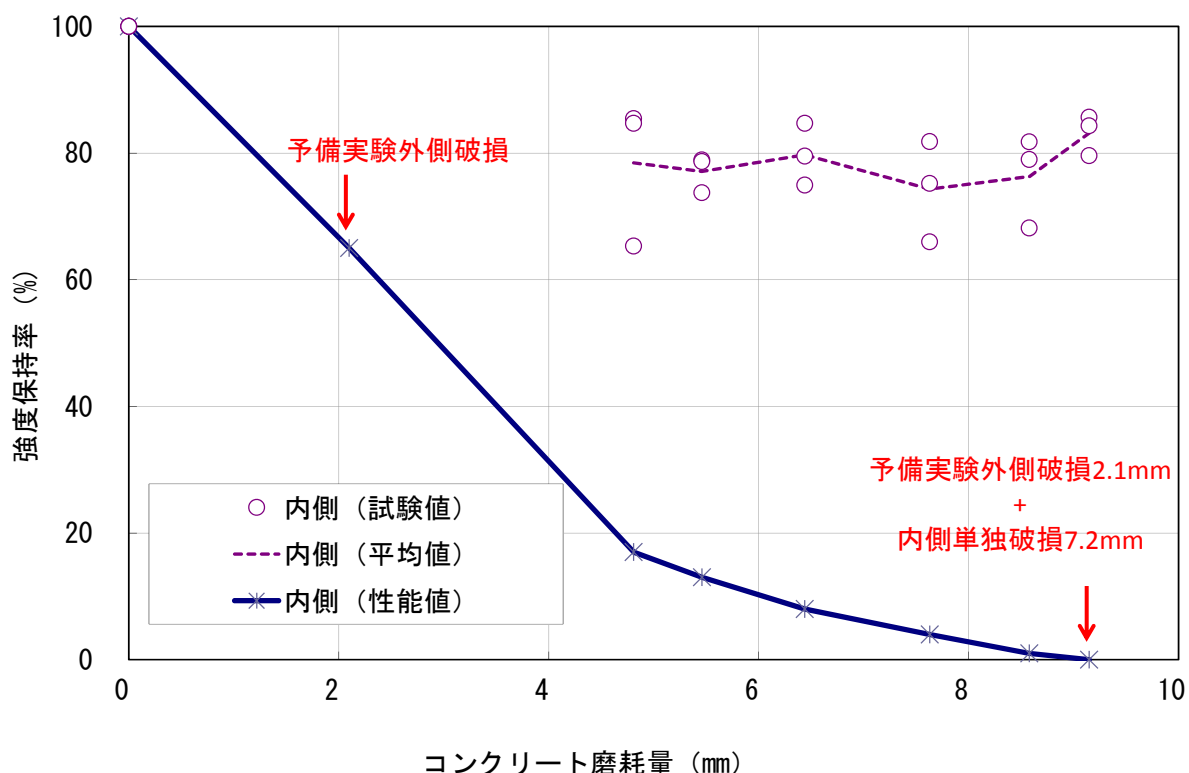


図Ⅱ-4.3.2 ドラムの回転数とコンクリート供試体摩耗量の関係

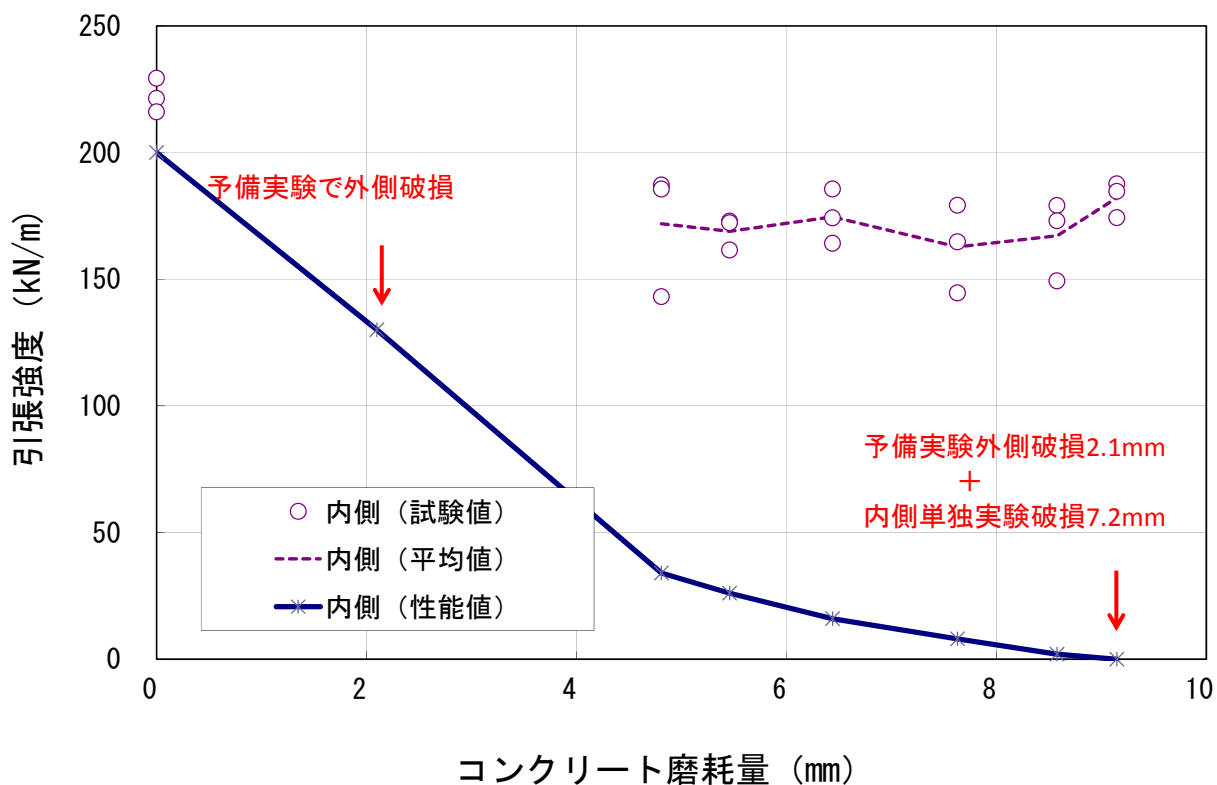
図Ⅱ-4.3.3～図Ⅱ-4.3.8にコンクリート摩耗量と袋材の強度保持率および引張強度の関係を、表Ⅱ-4.3.1～表Ⅱ-4.3.4に各回転ドラム式摩耗劣化促進試験結果および回転後の状況を示す。外側-1は、予備実験において16,000回転（コンクリート摩耗量2.1mm）で破損した。本実験では破損が見られず、28,000回転（コンクリート摩耗量4.8mm）で表面に毛羽立ちが発生し、強度保持率も約70%まで低下している。それ以降摩耗が進行し、84,000回転（コンクリート摩耗量7.6mm）で織布糸の破断が確認された。本実験では、内側は外側-1で巻き込まれ、保護されているために直接的な砂礫の衝突を受けないために、28,000回転で強度保持率が約80%まで低下するものの、それ以降は強度低下しておらず、破断もしなかった。予備実験の結果と比較すると、本実験は性能を過大に評価している可能性が高いので、性能の設定にあたっては、予備実験結果を重視し、コンクリート摩耗量2.1mmで外側性能0%とする。内側についても、外側が破損した後、内側が裸で摩耗されるものと考え、内側単独実験の破損に至る7.2mmと外側破損2.1mmを足して、コンクリート摩耗量9.3mmで性能0と設定した。内側の性能曲線は、強度保持率=a/コンクリート磨耗量+bと仮定し、コンクリート摩耗量0mmで100%、コンクリート摩耗量7.2mmで0%となるようa、bを設定した。

一方、外側-2は表面の不織布が摩耗で削られるものの、織布側は摩耗されていないために強度はほとんど低下していない。内側は、前述の外側-1と同様に、28,000回転で強度保持率が約75%まで低下するものの、それ以降は強度低下しておらず、破断もしていない。内側の強度低下は繊維内への土粒子の混入、コンクリート面と内側との間の摩耗によるであると考えられる。

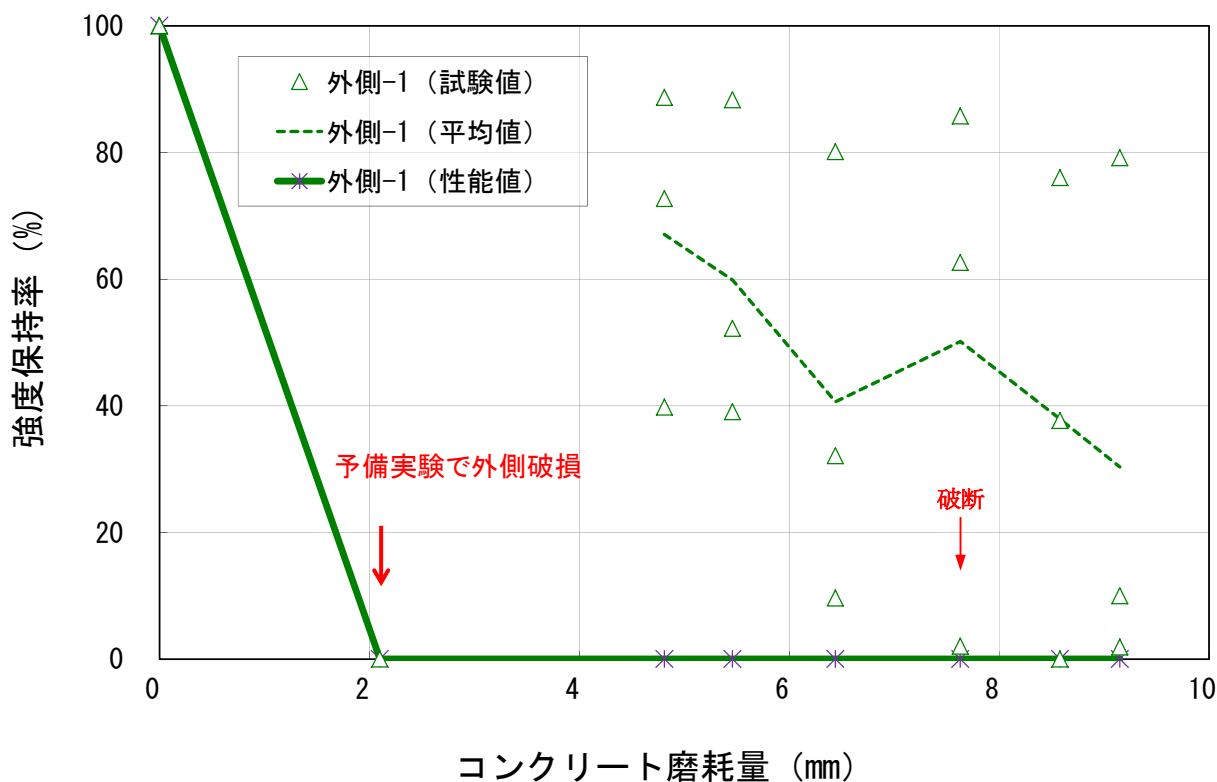
本試験に先立ち、内側基布単体で同実験を実施した結果、約70,000回転（コンクリート摩耗量7.1mm）で破断している。今回の結果は、試験条件として投入した砂礫の粒度の違いや、コンクリート供試体裏側への砂礫の堆積による摩耗外力の低下などが影響していると考えられるが、外側袋材を巻き付けて袋材を二重とすることで、耐摩耗性が向上することがわかった。



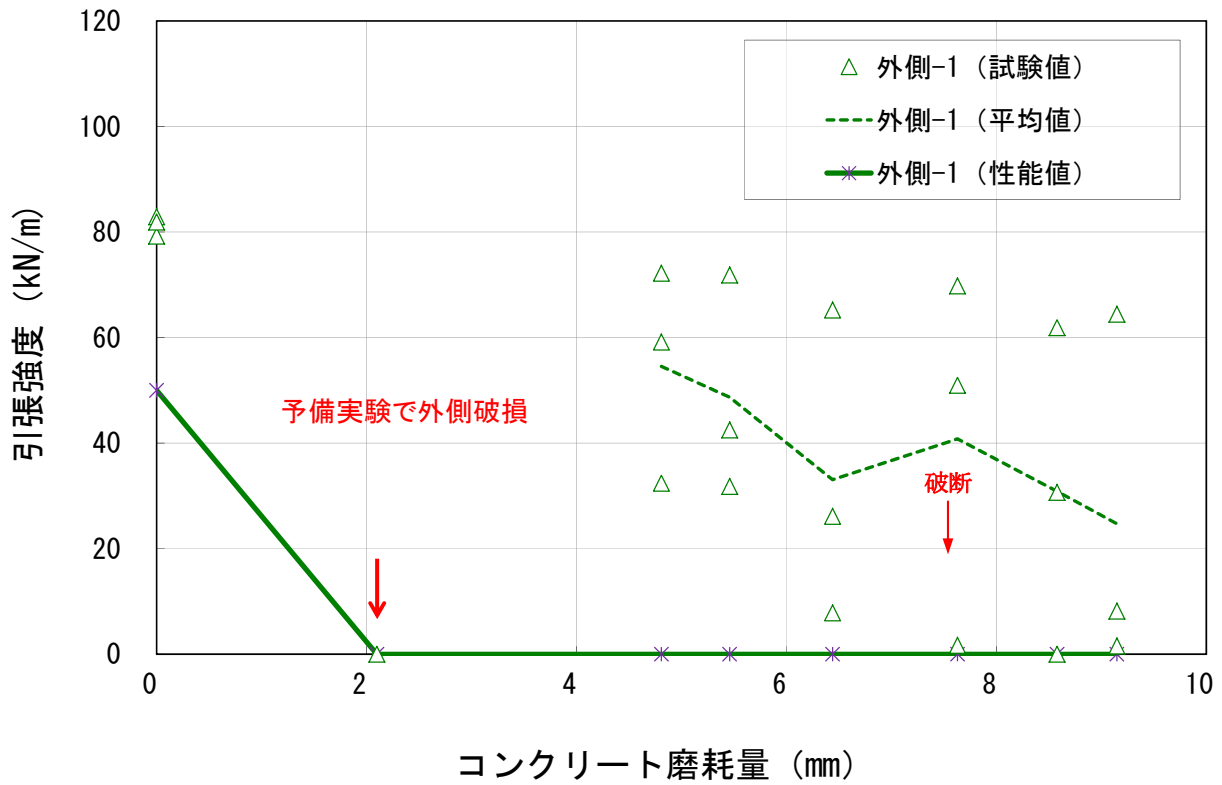
図Ⅱ-4.3.3 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の強度保持率の関係（内側＋外側-1）



図Ⅱ-4.3.4 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の引張強度の関係（内側＋外側-1）



図Ⅱ-4.3.5 コンクリート磨耗量と外側袋材基布の強度保持率の関係（内側＋外側-1）



図Ⅱ-4.3.6 コンクリート磨耗量と外側袋材基布の引張強度の関係（内側＋外側-1）

表Ⅱ-4.3.1 内側＋外側-1の回転ドラム式摩耗劣化促進試験結果

大磯海岸仕様

内側（引張強度）

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 引張強度 (kN/m)	試験値2 引張強度 (kN/m)	試験値3 引張強度 (kN/m)	試験値4 引張強度 (kN/m)	試験値5 引張強度 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.0	221.3	229.3	216.0	215.3	213.3	219.1	216.0	200
2.1								130
4.8	187.1	185.6	143.0			171.9	143.0	34
5.5	161.5	172.9	172.3			168.9	161.5	26
6.4	185.6	174.2	164.2			174.6	164.2	16
7.6	179.2	164.7	144.5			162.8	144.5	8
8.6	179.1	149.3	173.0			167.2	149.3	2
9.2	174.3	187.7	184.7			182.2	174.3	0
9.3	0.0						0.0	0
11.2	0.0						0.0	0

内側（強度保持率）

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 強度保持率 (%)	試験値2 強度保持率 (%)	試験値3 強度保持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
2.1						65
4.8	85.4	84.7	65.3	78.5	65.3	17
5.5	73.7	78.9	78.7	77.1	73.7	13
6.4	84.7	79.5	74.9	79.7	74.9	8
7.6	81.8	75.2	66.0	74.3	66.0	4
8.6	81.8	68.2	79.0	76.3	68.2	1
9.2	79.6	85.7	84.3	83.2	79.6	0
9.3	0.0				0.0	0
11.2	0.0				0.0	0

オレンジ網掛けは予備実験袋材破損結果を反映

外側-1（引張強度）

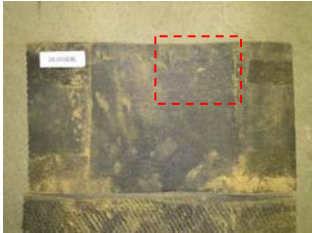


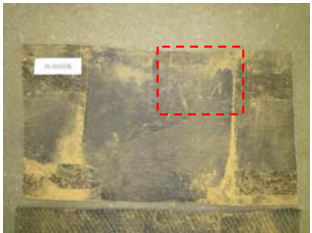

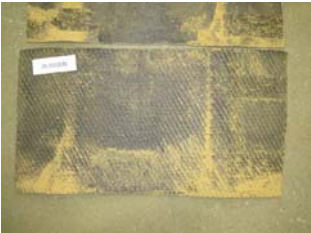
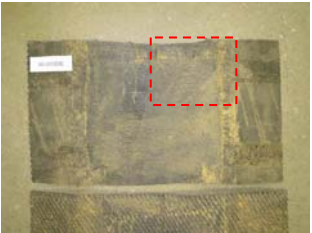


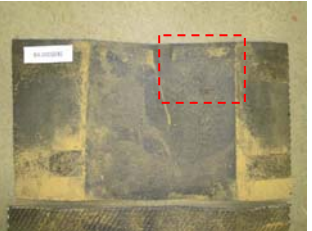


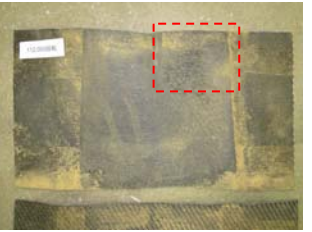


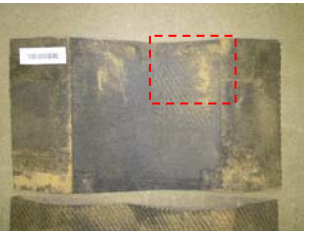


コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 引張強度 (kN/m)	試験値2 引張強度 (kN/m)	試験値3 引張強度 (kN/m)	試験値4 引張強度 (kN/m)	試験値5 引張強度 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.0	82.9	79.2	81.9			81.3	79.2	50
2.1	0.0						0.0	0
4.8	72.2	59.2	32.4			54.6	32.4	0
5.5	71.8	42.5	31.8			48.7	31.8	0
6.4	65.2	26.1	7.9			33.1	7.9	0
7.6	69.8	50.9	1.7			40.8	1.7	0
8.6	61.9	30.7	0.0			30.8	0.0	0
9.2	64.4	8.1	1.6			24.7	1.6	0

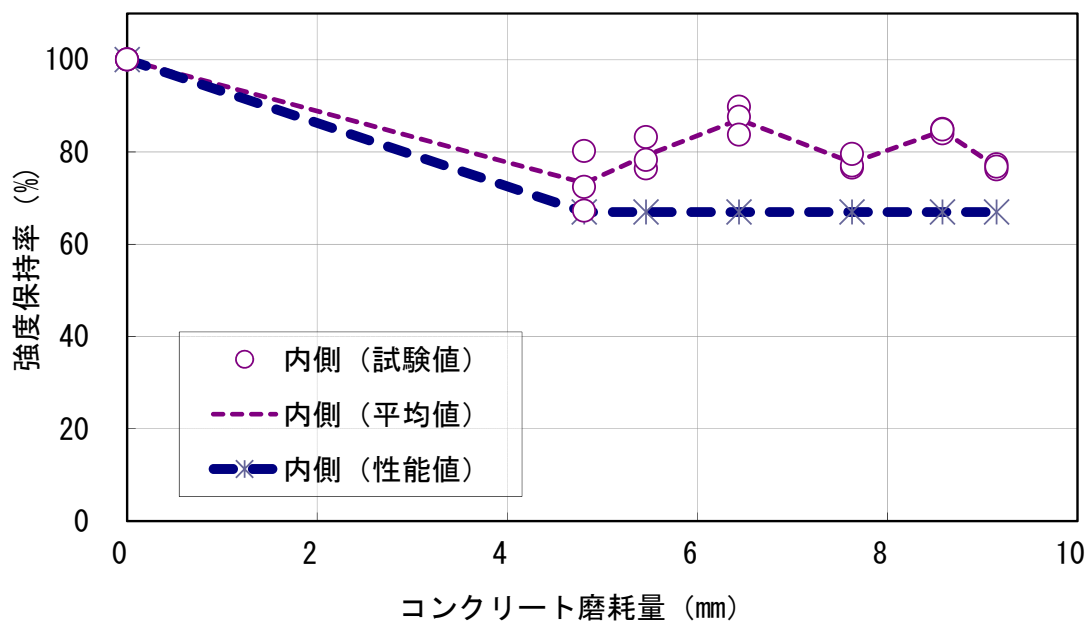
外側-1（強度保持率）

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 強度保持率 (%)	試験値2 強度保持率 (%)	試験値3 強度保持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
2.1	0.0				0.0	0
4.8	88.7	72.7	39.8	67.1	39.8	0
5.5	88.3	52.2	39.0	59.9	39.0	0
6.4	80.1	32.1	9.7	40.6	9.7	0
7.6	85.8	62.6	2.1	50.2	2.1	0
8.6	76.0	37.7	0.0	37.9	0.0	0
9.2	79.2	10.0	1.9	30.4	1.9	0

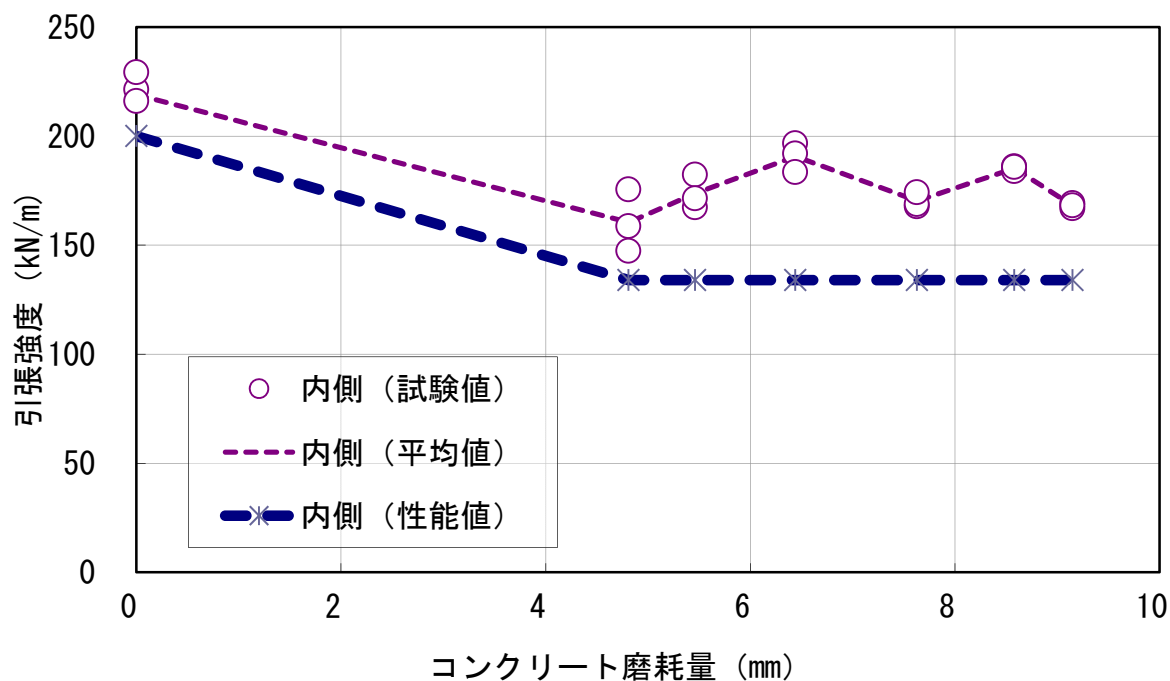
オレンジ網掛けは予備実験袋材破損結果を反映

表Ⅱ-4.3.2 内側＋外側-1の回転ドラム式摩耗劣化促進試験後の状況

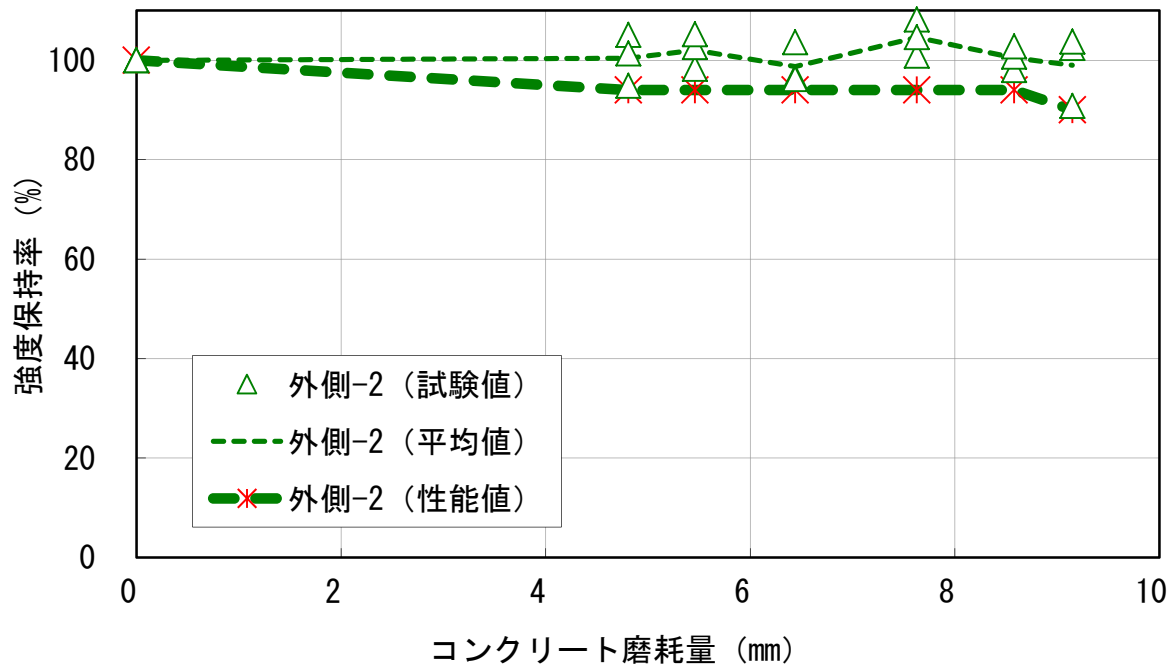
	外側-1	内側
28000回転 (摩耗量4.8mm)	<p>強度保持率(平均) : 67%</p>   <p>毛羽立ち発生</p>	<p>強度保持率(平均) : 78%</p> 
38000回転 (摩耗量5.5mm)	<p>強度保持率(平均) : 59%</p>  	<p>強度保持率(平均) : 77%</p> 
56000回転 (摩耗量6.4mm)	<p>強度保持率(平均) : 40%</p>  	<p>強度保持率(平均) : 79%</p> 
84000回転 (摩耗量7.6mm)	<p>強度保持率(平均) : 50%</p>   <p>織布糸の破断</p>	<p>強度保持率(平均) : 74%</p> 
112000回転 (摩耗量8.6mm)	<p>強度保持率(平均) : 37%</p>   <p>織布糸の破断</p>	<p>強度保持率(平均) : 76%</p> 
130000回転 (摩耗量9.2mm)	<p>強度保持率(平均) : 30%</p>  	<p>強度保持率(平均) : 83%</p> 



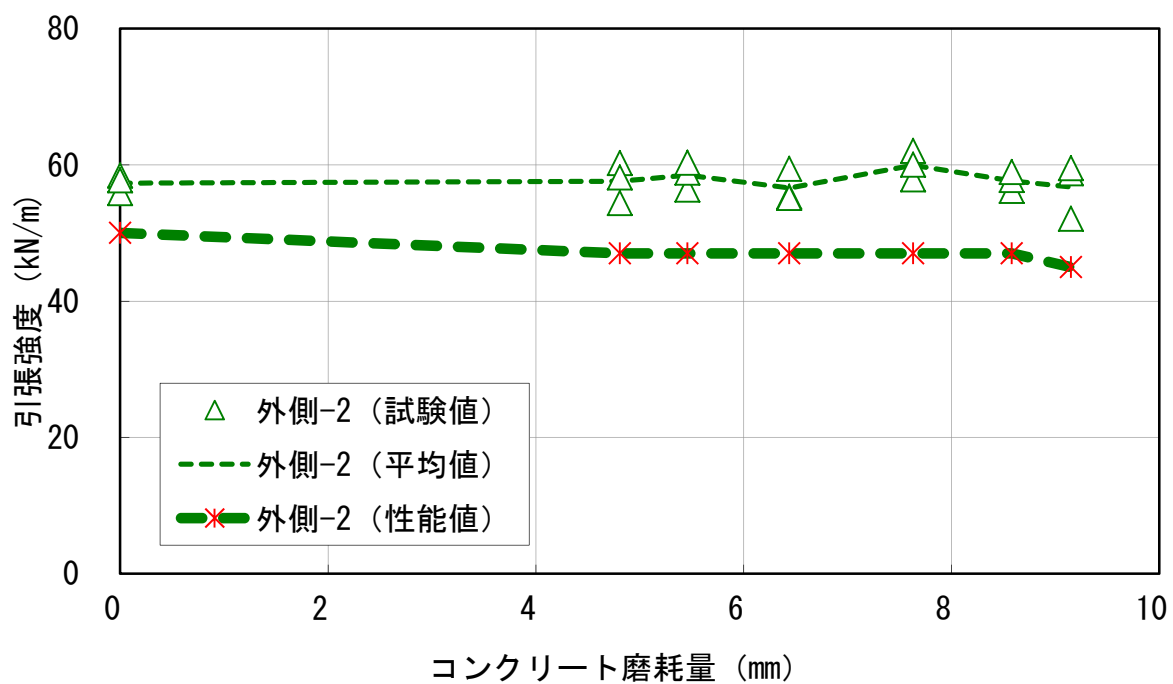
図Ⅱ-4.3.7 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の強度保持率の関係（内側＋外側-2）



図Ⅱ-4.3.8 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の引張強度の関係（内側＋外側-2）



図Ⅱ-4.3.9 コンクリート磨耗量と外側袋材基布の強度保持率の関係（内側＋外側-2）



図Ⅱ-4.3.8 コンクリート磨耗量と外側袋材基布の引張強度の関係（内側＋外側-2）

表Ⅱ-4.3.3 内側＋外側-2の回転ドラム式摩耗劣化促進試験結果

宮崎海岸現地試験仕様

内側（引張強度）

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 引張強度 (kN/m)	試験値2 引張強度 (kN/m)	試験値3 引張強度 (kN/m)	試験値4 引張強度 (kN/m)	試験値5 引張強度 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.0	221.3	229.3	216.0	215.3	213.3	219.1	216.0	200
4.8	175.6	158.6	147.3			160.5	147.3	134
5.5	167.3	182.2	171.4			173.6	167.3	134
6.4	196.7	191.9	183.4			190.7	183.4	134
7.6	167.8	168.7	174.2			170.3	167.8	134
8.6	186.0	183.9	185.8			185.3	183.9	134
9.2	166.9	169.3	168.2			168.1	166.9	134

内側（強度保持率）

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 強度保持率 (%)	試験値2 強度保持率 (%)	試験値3 強度保持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	参考性能値 (%)
0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
4.8	80.2	72.4	67.2	73.3	67.2	67
5.5	76.4	83.2	78.2	79.3	76.4	67
6.4	89.8	87.6	83.7	87.0	83.7	67
7.6	76.6	77.0	79.5	77.7	76.6	67
8.6	84.9	84.0	84.8	84.6	84.0	67
9.2	76.2	77.3	76.8	76.7	76.2	67

オレンジ網掛けは試験結果が性能を過大に評価している可能性が高く、参考値として扱うべき数値

外側-2（引張強度）







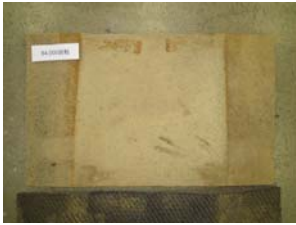





コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 引張強度 (kN/m)	試験値2 引張強度 (kN/m)	試験値3 引張強度 (kN/m)	試験値4 引張強度 (kN/m)	試験値5 引張強度 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.0	58.4	55.9	57.7			57.3	55.9	50
4.8	60.3	54.4	58.1			57.6	54.4	47
5.5	56.4	58.8	60.3			58.5	56.4	47
6.4	55.3	59.4	55.2			56.6	55.2	47
7.6	62.1	57.9	60.0			60.0	57.9	47
8.6	56.2	57.8	58.9			57.6	56.2	47
9.2	58.8	52.1	59.5			56.8	52.1	45

外側-2（強度保持率）

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 強度保持率 (%)	試験値2 強度保持率 (%)	試験値3 強度保持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	参考性能値 (%)
0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
4.8	105.1	94.8	101.4	100.4	94.8	94
5.5	98.3	102.6	105.2	102.0	98.3	94
6.4	96.5	103.6	96.2	98.8	96.2	94
7.6	108.2	100.9	104.7	104.6	100.9	94
8.6	98.0	100.7	102.8	100.5	98.0	94
9.2	102.5	90.8	103.7	99.0	90.8	90

オレンジ網掛けは試験結果が性能を過大に評価している可能性が高く、参考値として扱うべき数値

表Ⅱ-4.3.4 内側＋外側-2の回転ドラム式摩耗劣化促進試験後の状況

	外側-2	内側
28000回転 (摩耗量4.8mm)	強度保持率(平均) : 100% 	強度保持率(平均) : 73% 
38000回転 (摩耗量5.5mm)	強度保持率(平均) : 102% 	強度保持率(平均) : 79% 
56000回転 (摩耗量6.4mm)	強度保持率(平均) : 98% 	強度保持率(平均) : 87% 
84000回転 (摩耗量7.6mm)	強度保持率(平均) : 104% 	強度保持率(平均) : 77% 
112000回転 (摩耗量8.6mm)	強度保持率(平均) : 100% 	強度保持率(平均) : 84% 
130000回転 (摩耗量9.2mm)	強度保持率(平均) : 99% 	強度保持率(平均) : 76% 



(内側+外側-1)

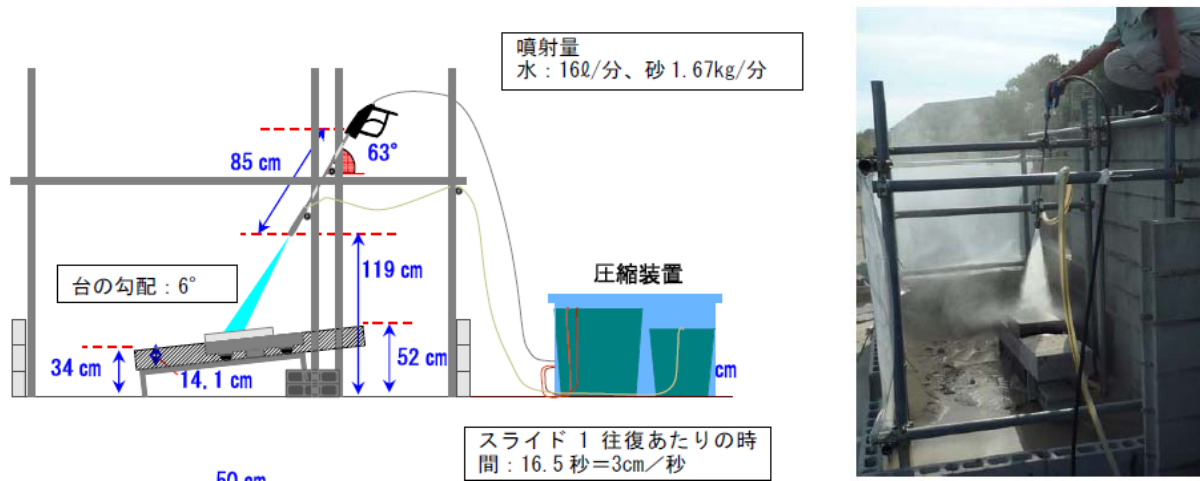


(内側+外側-2)

図Ⅱ-4.3.9 試験片状況

Ⅱ－４.４ 砂に関する摩耗劣化促進試験

サンドバックに用いる袋材の砂による摩耗や衝突に対する耐久性を確認するために、前述の回転ドラム型摩耗試験機による摩耗劣化促進試験では砂の摩耗促進が困難なことから、水と砂を混合したウォータージェットを供試体に吹きかけ摩耗外力を与える摩耗促進試験を実施した。試験の概要を図Ⅱ-4.4.1に、試験機の諸元を表Ⅱ-4.4.1に示す。試験は、コンクリート供試体にサンドバック内側基布を巻きつけた上に外側基布も巻き付けて二重とし、外側基布は外側-2と外側-2(改)で実施した。また、噴射量はノズルの状態によって変化するため、内側と外側-2の試験（試験2）、内側と外側-2(改)および内側縫製部と外側-2(改)の試験（試験3）、内側と外側-2(改)の試験（試験4）とした。

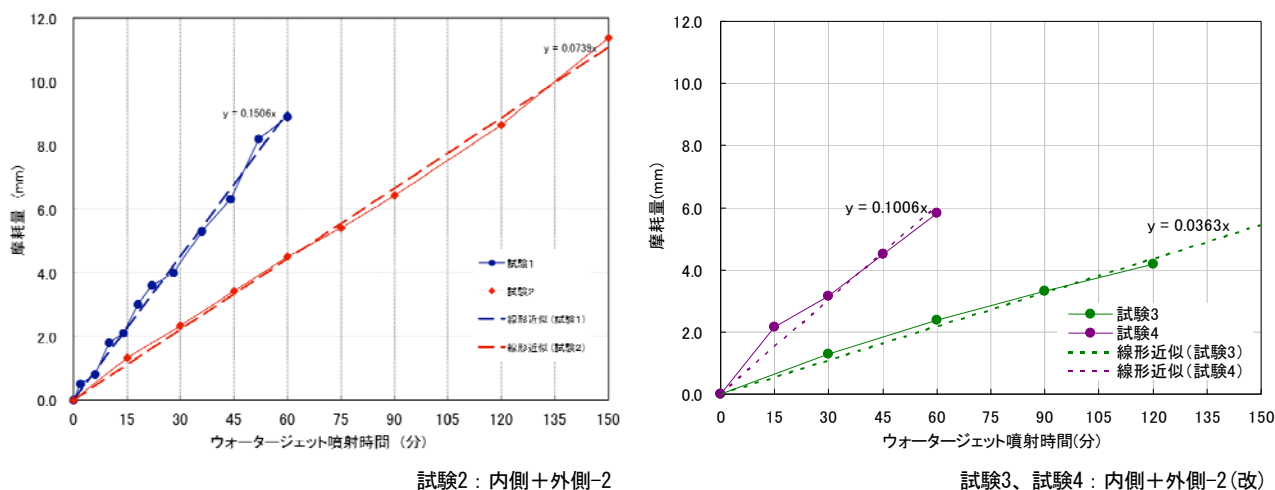


図Ⅱ-4.4.1 ウォータージェット式摩耗促進試験の概要

表Ⅱ-4.4.1 ウォータージェット式摩耗促進試験装置の諸元

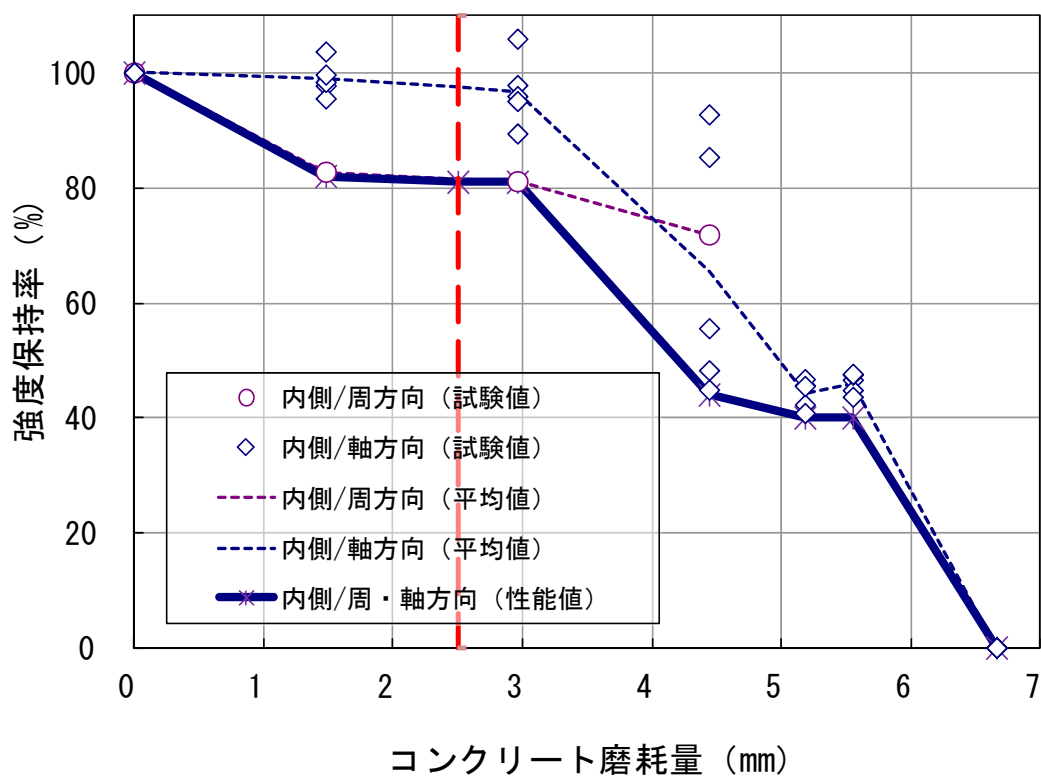
ウォータージェット	高さ	床面から 119cm
	噴射角度	63cm（コンクリート面から 70cm）
	噴射量	水：16ℓ／分、砂（珪砂 5 号 $d_m=0.5\text{mm}$ ） 1.67kg／分 ノズルの状態によって変化する。
スライド装置	台の勾配	6°
	スライド時間	1 往復あたり 16.5 秒＝3cm／秒
その他	スライド装置の水位を沈砂池としてブロックで囲む	
	摩耗加速試験機の周囲を透明なシートで囲む	
	作業の効率性、スライド装置の動作を考慮して、装置などの配置を行う。	

袋材の耐摩耗性を把握するうえで、コンクリート摩耗劣化促進試験も別途実施し、現地のコンクリート摩耗量と本試験の関係を確認した結果が図Ⅱ-4.4.2である。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)の関係は、試験2では $y=0.0739x$ 、試験3では $y=0.0363x$ 、試験4では $y=0.1006x$ である。この関係式を用いて噴射時間をコンクリート摩耗量に換算する。各噴射時間後の供試体は表面の摩耗状態と、JIS L 1096に準拠した引張試験で得た摩耗後の引張強度を初期強度で割って強度保持率を確認する。

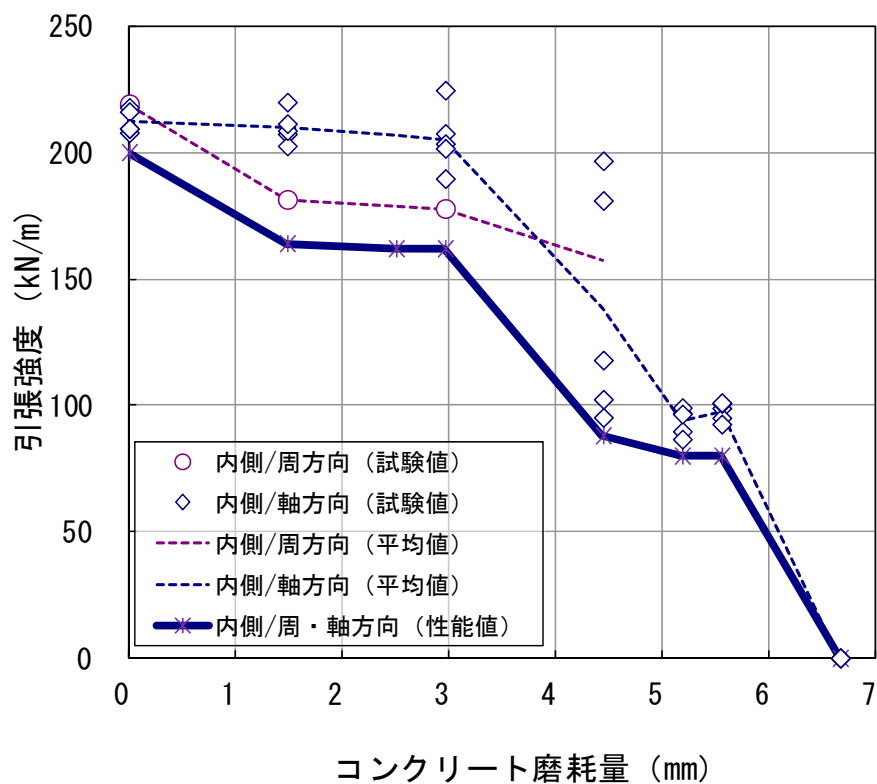


図Ⅱ-4.4.2 ウォータージェット噴射時間とコンクリート摩耗量の関係

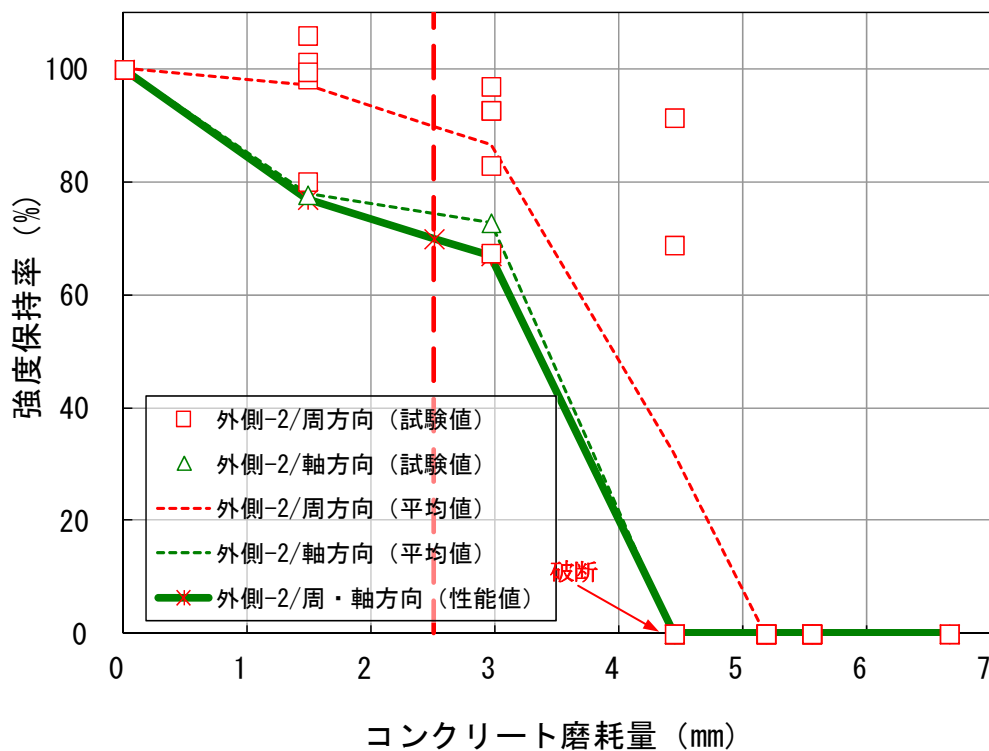
試験2の内側と外側-2での噴射時間は20分、40分、60分、70分、75分、90分とした。図Ⅱ-4.4.3～図Ⅱ-4.4.6にコンクリート摩耗量と袋材の強度保持率および引張強度の関係を、表Ⅱ-4.4.2、表Ⅱ-4.4.3にウォータージェット式摩耗促進試験結果および各噴射時間後の基布の状態を示す。試験2では、噴射時間20分（コンクリート摩耗量1.48mm）で外側-2の表面の不織布が摩耗で削られて短くなり、噴射時間40分（コンクリート摩耗量2.96mm）でほとんど不織布が無くなる。その後、外側-2の織布側も摩耗され、噴射時間75分（コンクリート摩耗量5.55mm）の段階では完全に穴が開くことで内側の摩耗が加速する。最終的には噴射時間90分（コンクリート摩耗量6.66mm）の段階で内側および外側-2ともに穴が開く結果となった。



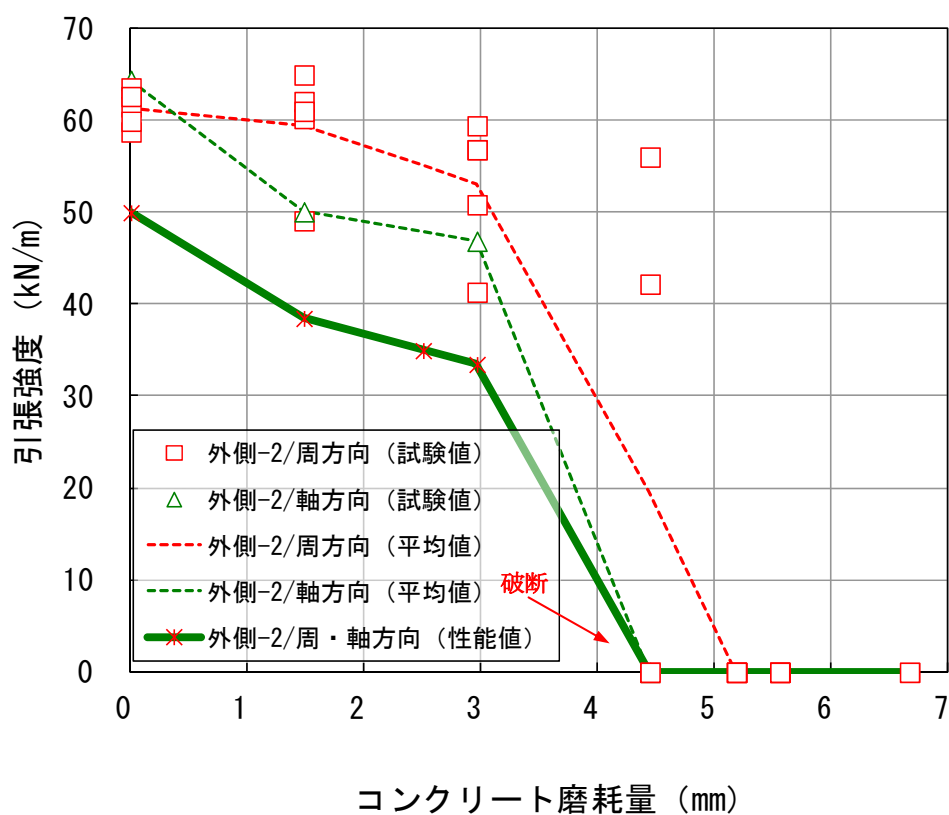
図Ⅱ-4.4.3 試験2 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の強度保持率の関係 (内側+外側-2)



図Ⅱ-4.4.4 試験2 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の引張強度の関係 (内側+外側-2)



図Ⅱ-4.4.5 試験2 コンクリート磨耗量と外側袋材基布の強度保持率の関係（内側＋外側-2）



図Ⅱ-4.4.6 試験2 コンクリート磨耗量と外側袋材基布の引張強度の関係（内側＋外側-2）

表Ⅱ-4.4.2 試験2 ウォータージェット式摩耗促進試験結果（内側＋外側-2）

<内側（周方向）：引張強度>

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.00	219.1	—	—	—	—	219.1	219.1	200
1.48	181.3	—	—	—	—	181.3	181.3	164
2.50						(178.8)		162
2.96	177.7	—	—	—	—	177.7	177.7	162
4.44	157.4	—	—	—	—	157.4	157.4	88
6.66	0.0	—	—	—	—	0.0	0.0	0

<内側（周方向）：強度保持率>

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 強度保 持率(%)	試験値 2 強度保 持率(%)	試験値 3 強度保 持率(%)	試験値 4 強度保 持率(%)	試験値 5 強度保 持率(%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.00	100	—	—	—	—	100	100	100
1.48	82.7	—	—	—	—	82.7	82.7	82
2.50						(81.6)		81
2.96	81.1	—	—	—	—	81.1	81.1	81
4.44	71.8	—	—	—	—	71.8	71.8	44
6.66	0.0	—	—	—	—	0.0	0.0	0

<内側（軸方向）：引張強度>

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.00	217.7	207.7	216.0	209.3	209.3	212.0	207.7	200
1.48	207.2	219.8	202.5	208.5	211.3	209.8	202.5	164
2.50						(206.7)		162
2.96	207.4	203.3	201.5	224.5	189.5	205.3	201.5	162
4.44	95.1	102.3	117.8	180.9	196.6	138.5	95.1	88
5.18	89.6	86.5	96.7	99.0	96.4	93.6	86.5	80
5.55	98.8	94.9	92.5	100.6	100.9	97.5	92.5	80
6.66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0

<内側（軸方向）：強度保持率>

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 強度保 持率(%)	試験値 2 強度保 持率(%)	試験値 3 強度保 持率(%)	試験値 4 強度保 持率(%)	試験値 5 強度保 持率(%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1.48	97.7	103.7	95.5	98.4	99.7	99.0	95.5	82
2.50						(97.5)		81
2.96	97.8	95.9	95.0	105.9	89.4	96.8	89.4	81
4.44	44.9	48.2	55.5	85.3	92.7	65.3	44.9	44
5.18	42.3	40.8	45.6	46.7	45.5	44.2	40.8	40
5.55	46.6	44.8	43.6	47.5	47.6	46.0	43.6	40
6.66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.4.2 試験2 ウォータージェット式摩耗促進試験結果（内側＋外側-2）

<外側-2（周方向）：引張強度>

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.00	58.8	63.6	61.5	60.0	62.6	61.3	58.8	50
1.48	49.1	60.3	65.0	62.1	61.0	59.5	49.1	39
2.50						(55.1)		35
2.96	56.9	41.4	59.5	50.9	56.9	53.1	41.4	34
4.44	56.1	42.2	0.0	0.0	0.0	19.7	0.0	0
5.18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
5.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6.66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0

<外側-2（周方向）：強度保持率>

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 強度保 持率(%)	試験値 2 強度保 持率(%)	試験値 3 強度保 持率(%)	試験値 4 強度保 持率(%)	試験値 5 強度保 持率(%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1.48	80.1	98.3	106.0	101.3	99.6	97.1	80.1	77
2.50						(89.8)		70
2.96	92.8	67.5	97.0	83.0	92.7	86.6	67.5	67
4.44	91.5	68.9	0.0	0.0	0.0	32.1	0.0	0
5.18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
5.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6.66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0


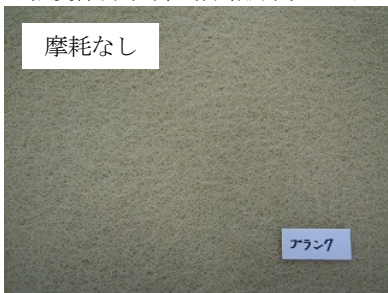


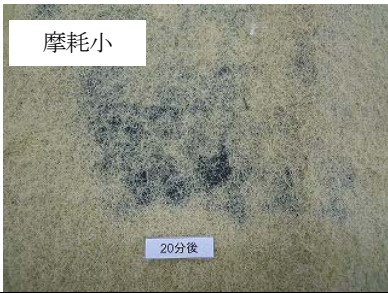
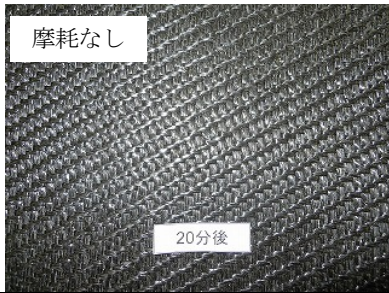

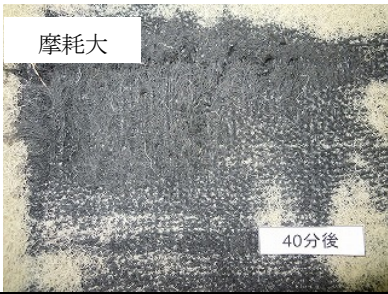


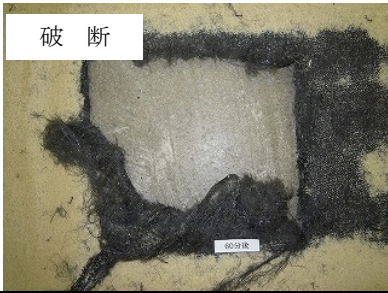
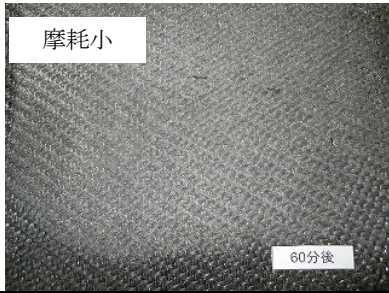

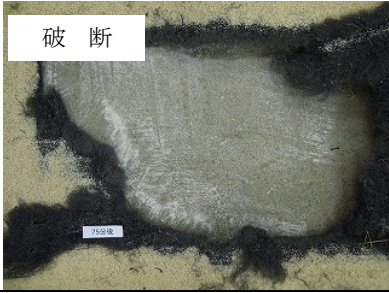
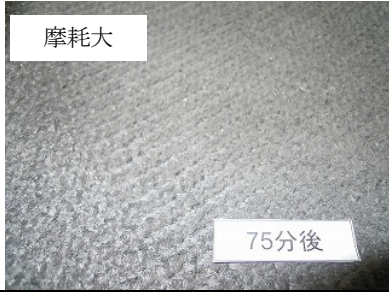
<外側-2（軸方向）：引張強度>

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.00	64.4	—	—	—	—	64.4	64.4	50
1.48	50.1	—	—	—	—	50.1	50.1	39
2.50						(47.9)		
2.96	46.9	—	—	—	—	46.9	46.9	34
4.44	0.0	—	—	—	—	0.0	0.0	0
6.66	0.0	—	—	—	—	0.0	0.0	0

<外側-2（軸方向）：強度保持率>

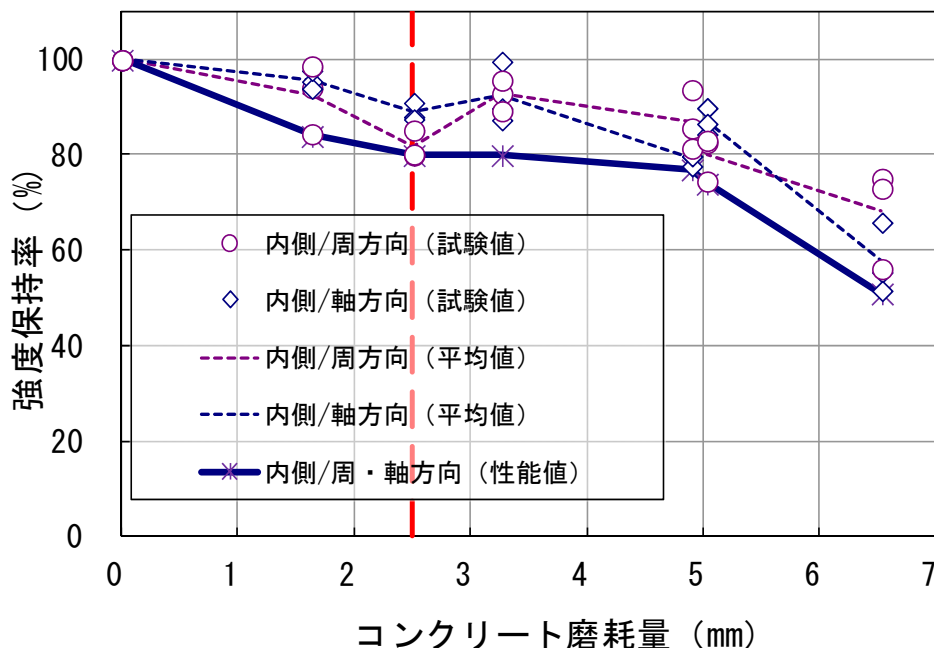
コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 強度保 持率(%)	試験値 2 強度保 持率(%)	試験値 3 強度保 持率(%)	試験値 4 強度保 持率(%)	試験値 5 強度保 持率(%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.00	100.0	—	—	—	—	100.0	100.0	100
1.48	77.8	—	—	—	—	77.8	77.8	77
2.50						(74.4)		70
2.96	72.8	—	—	—	—	72.8	72.8	67
4.44	0.0	—	—	—	—	0.0	0.0	0
4.44	0.0	—	—	—	—	0.0	0.0	0

表Ⅱ-4.4.3 試験2 コンクリート摩耗量と基布の劣化状況（内側＋外側-2）

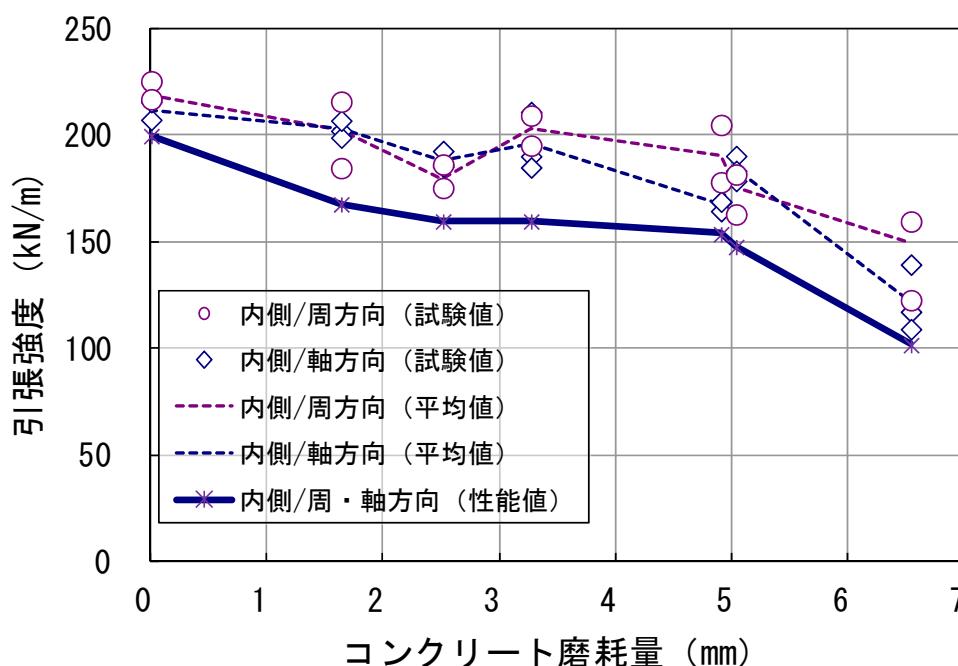
	外側-2	内側
<p>①噴射時間 0分 (摩耗量0mm) : 健全度D, C</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向: 100% 強度保持率(平均)/軸方向: 100%</p> <p>摩耗なし</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向: 100% 強度保持率(平均)/軸方向: 100%</p> <p>摩耗なし</p> 
<p>②噴射時間 20分 (摩耗量1.48mm) : 健全度B</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向: 97% 強度保持率(平均)/軸方向: 77%</p> <p>摩耗小</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向: 82% 強度保持率(平均)/軸方向: 99%</p> <p>摩耗なし</p> 
<p>③噴射時間 40分 (摩耗量2.96mm) : 健全度A</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向: 86% 強度保持率(平均)/軸方向: 72%</p> <p>摩耗大</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向: 81% 強度保持率(平均)/軸方向: 96%</p> <p>摩耗なし</p> 
<p>④噴射時間 60分 (摩耗量4.44mm) : 健全度A</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向: 0% 強度保持率(平均)/軸方向: 0%</p> <p>破断</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向: 71% 強度保持率(平均)/軸方向: 65%</p> <p>摩耗小</p> 
<p>⑤噴射時間 75分 (摩耗量5.55mm) : 健全度A</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向: 0% 強度保持率(平均)/軸方向: 0%</p> <p>破断</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向: 未実施 強度保持率(平均)/軸方向: 46%</p> <p>摩耗大</p> 

試験3の内側と外側-2(改)での噴射時間は45分、90分、135分、180分とし、内側縫製部と外側-2(改)での噴射時間は45分、90分とした。また、試験4での噴射時間は25分、50分とした。図Ⅱ-4.4.7～図Ⅱ-4.4.12にコンクリート摩耗量と袋材の強度保持率および引張強度の関係を、表Ⅱ-4.4.4～表Ⅱ-4.4.7にウォータージェット式摩耗促進試験結果および各噴射時間後の基布の状態を示す。

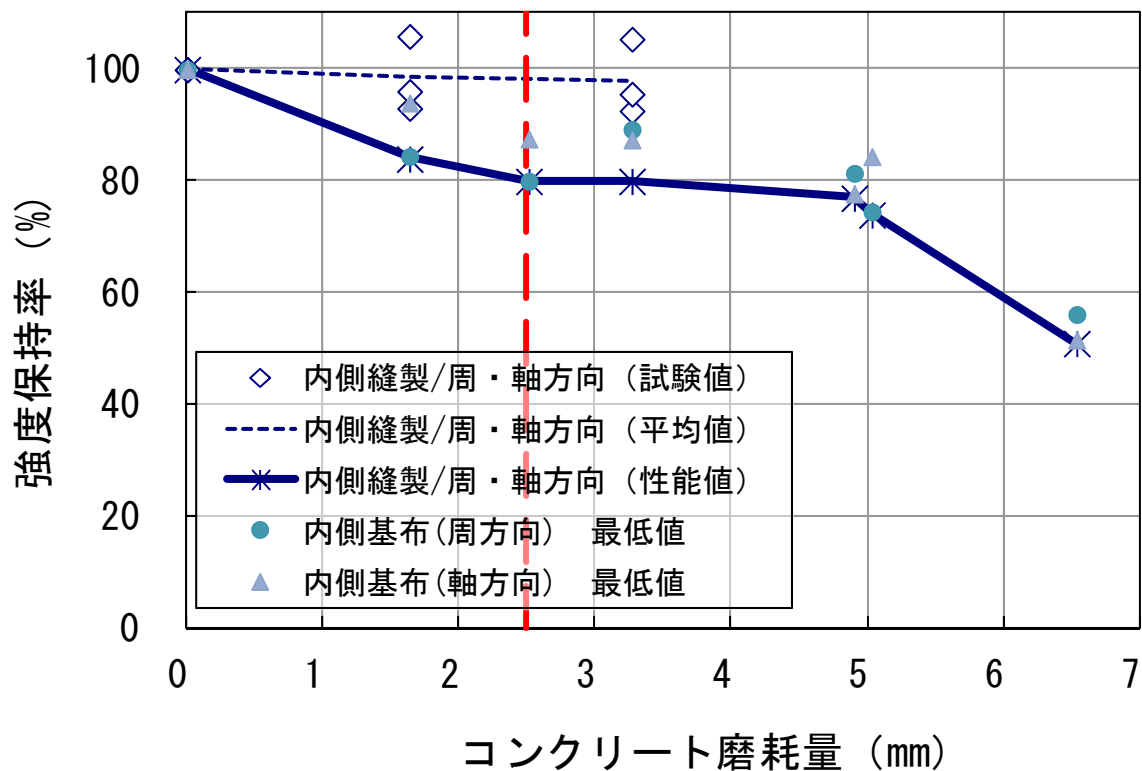
試験3および試験4ともに、各噴射時間にわたって外側-2(改)の表面の不織布が摩耗で削られて短くなる程度で、内側基布および内側縫製部の摩耗はなかったことから耐摩耗性の向上が確認された。



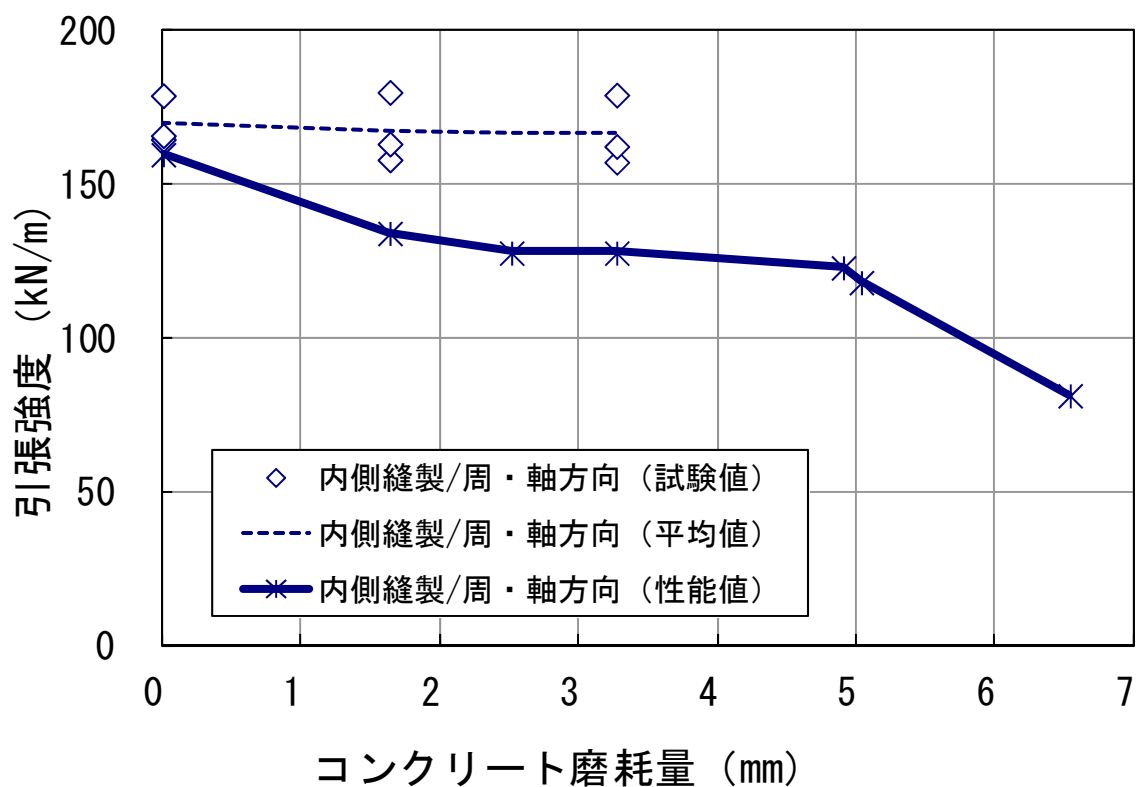
図Ⅱ-4.4.7 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の強度保持率の関係（内側＋外側-2(改)）



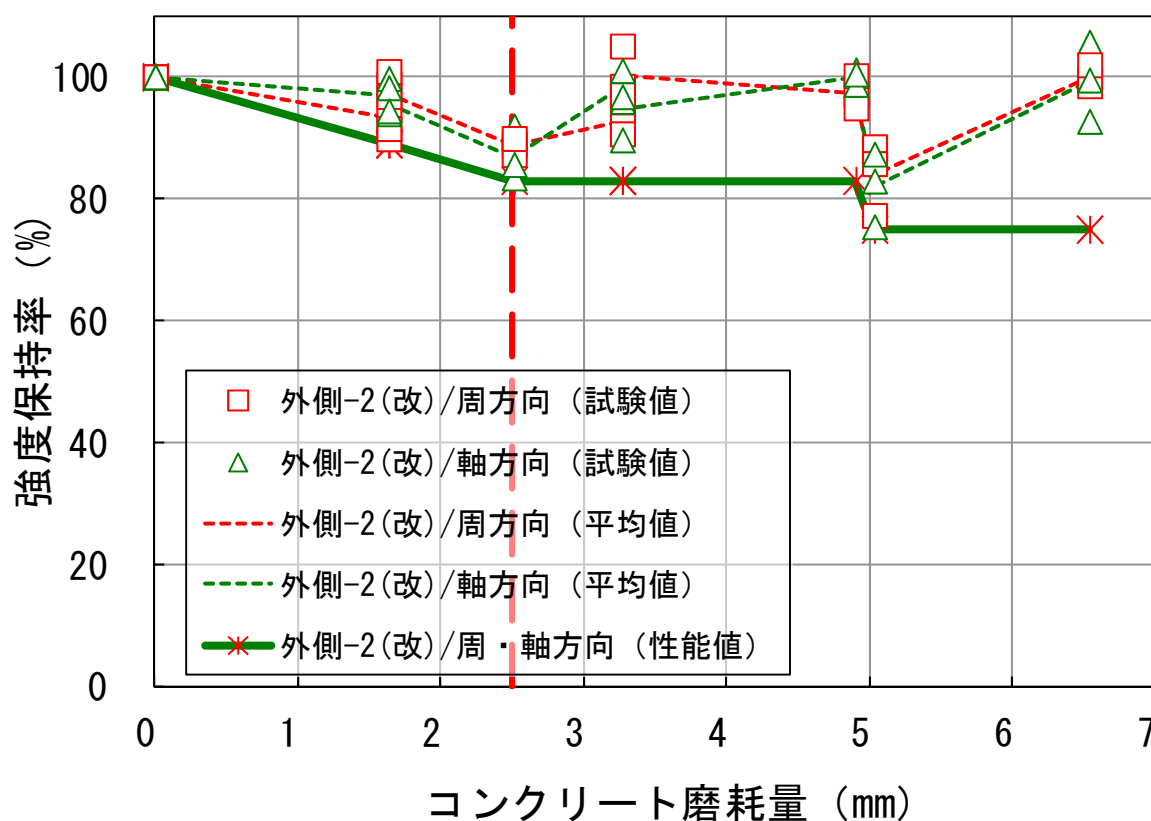
図Ⅱ-4.4.8 コンクリート磨耗量と内側袋材基布の引張強度の関係（内側＋外側-2(改)）



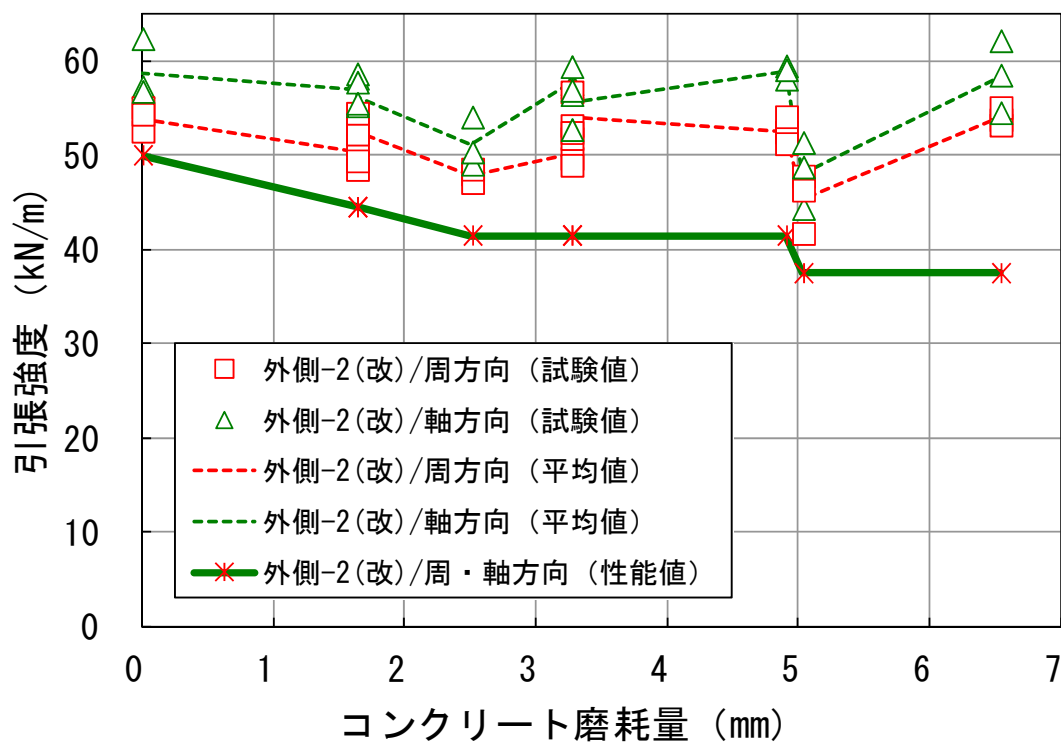
図Ⅱ-4.4.9 コンクリート磨耗量と内側袋材縫製部の強度保持率の関係 (内側+外側-2(改))



図Ⅱ-4.4.10 コンクリート磨耗量と内側袋材縫製部の引張強度の関係 (内側+外側-2(改))



図Ⅱ-4. 4. 11 コンクリート磨耗量と外側袋材の強度保持率の関係（内側＋外側-2(改)）



図Ⅱ-4. 4. 12 コンクリート磨耗量と外側袋材の引張強度の関係（内側＋外側-2(改)）

表Ⅱ-4.4.4 試験3・試験4 ウォータージェット式摩耗促進試験結果（内側＋外側-2(改)）

改良仕様

内側（周方向）

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.00	210.2	225.7	217.3	221.9	221.1	219.0	210.2	200
1.63	206.2	185.0	216.2			202.5	185.0	168
2.51	175.3	186.7	175.7			179.2	175.3	160
3.27	203.6	195.6	209.6			202.9	195.6	160
4.90	187.7	178.4	205.3			190.4	178.4	154
5.03	181.0	163.3	182.0			175.4	163.3	148
6.53	164.6	123.1	160.0			149.2	123.1	102

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 強度保 持率 (%)	試験値2 強度保 持率 (%)	試験値3 強度保 持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.00	100	100	100	100	100	100
1.63	94.2	84.5	98.7	92.4	84.5	84
2.51	80.0	85.3	80.2	81.8	80.0	80
3.27	93.0	89.3	95.7	92.7	89.3	80
4.90	85.7	81.5	93.7	87.0	81.5	77
5.03	82.6	74.6	83.1	80.1	74.6	74
6.53	75.1	56.2	73.1	68.1	56.2	51

改良仕様

内側（軸方向）

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.00	217.7	207.7	216.0	209.3	209.3	212.0	207.7	200
1.63	202.5	199.3	207.3			203.0	199.3	168
2.51	186.7	193.0	185.7			188.5	185.7	160
3.27	190.6	185.3	211.3			195.7	185.3	160
4.90	169.2	164.8	169.3			167.8	164.8	154
5.03	190.7	179.0	183.7			184.5	179.0	148
6.53	117.7	109.5	139.8			122.3	109.5	102

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 強度保 持率 (%)	試験値2 強度保 持率 (%)	試験値3 強度保 持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1.63	95.5	94.0	97.8	95.8	94.0	84
2.51	88.1	91.0	87.6	88.9	87.6	80
3.27	89.9	87.4	99.7	92.3	87.4	80
4.90	79.8	77.8	79.9	79.1	77.8	77
5.03	90.0	84.4	86.7	87.0	84.4	74
6.53	55.5	51.6	65.9	57.7	51.6	51

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.4.4 試験３・試験４ ウォータージェット式摩耗促進試験結果（内側＋外側-2(改)）

改良仕様

内側縫製周・軸方向

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.00	179.2	165.0	166.2			170.1	165.0	160
1.63	180.3	158.3	163.5			167.4	158.3	134
2.51								128
3.27	179.4	157.6	162.7			166.5	157.6	128
4.90								123
5.03								118
6.53								82

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 強度保 持率 (%)	試験値2 強度保 持率 (%)	試験値3 強度保 持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1.63	106.0	93.1	96.1	98.4	93.1	84
2.51						80
3.27	105.4	92.6	95.6	97.9	92.6	80
4.90						77
5.03						74
6.53						51

表Ⅱ-4.4.4 試験3・試験4 ウォータージェット式摩耗促進試験結果（内側＋外側-2(改)）

改良仕様

外側-2(改)（周方向）

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.00	52.5	55.0	54.3			53.9	52.5	50
1.63	53.3	48.4	49.4			50.4	48.4	45
1.63	51.0	52.2	54.4			52.5	51.0	45
2.51	48.0	47.1	48.5			47.8	47.1	42
3.27	49.6	48.9	51.7			50.1	48.9	42
3.27	53.1	56.7	52.4			54.0	52.4	42
4.90	52.4	51.2	54.0			52.5	51.2	42
5.03	41.7	47.7	46.3			45.2	41.7	38
6.53	53.7	53.1	55.0			54.0	53.1	38

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 強度保 持率 (%)	試験値2 強度保 持率 (%)	試験値3 強度保 持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1.63	98.8	89.8	91.5	93.4	89.8	89
1.63	94.6	96.8	100.9	97.4	94.6	89
2.51	89.0	87.2	89.9	88.7	87.2	83
3.27	92.0	90.6	95.9	92.8	90.6	83
3.27	98.4	105.1	97.1	100.2	97.1	83
4.90	97.2	94.9	100.2	97.4	94.9	83
5.03	77.2	88.5	85.8	83.8	77.2	75
6.53	99.6	98.5	102.0	100.0	98.5	75










改良仕様

外側-2(改)（軸方向）







コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0.00	57.2	62.3	56.7			58.8	56.7	50
1.63	58.1	55.2	57.7			57.0	55.2	45
1.63	54.6	58.6	55.5			56.2	54.6	45
2.51	54.0	49.0	50.3			51.1	49.0	42
3.27	57.5	56.4	59.4			57.8	56.4	42
3.27	57.2	56.8	52.7			55.6	52.7	42
4.90	59.4	58.0	59.0			58.8	58.0	42
5.03	44.3	51.3	48.7			48.1	44.3	38
6.53	62.1	54.5	58.4			58.3	54.5	38

コンクリート 摩耗量 (mm)	試験値1 強度保 持率 (%)	試験値2 強度保 持率 (%)	試験値3 強度保 持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1.63	98.9	93.9	98.2	97.0	93.9	89
1.63	93.0	99.7	94.4	95.7	93.0	89
2.51	91.9	83.4	85.6	87.0	83.4	83
3.27	97.9	96.0	101.0	98.3	96.0	83
3.27	97.4	96.7	89.7	94.6	89.7	83
4.90	101.1	98.8	100.5	100.1	98.8	83
5.03	75.4	87.3	82.9	81.9	75.4	75
6.53	105.7	92.7	99.5	99.3	92.7	75







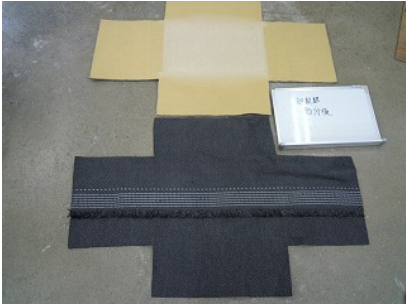


表Ⅱ-4.4.5 試験3 コンクリート摩耗量と基布の劣化状況（内側＋外側-2(改)）

	外側-2(改)	内側
<p>①噴射時間 0分 （摩耗量0mm）：健全度D, C</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向：100% 強度保持率(平均)/軸方向：100%</p> <p>摩耗なし</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向：100% 強度保持率(平均)/軸方向：100%</p> <p>摩耗なし</p> 
<p>②噴射時間 45分 （摩耗量1.63mm）：健全度C</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向：93% 強度保持率(平均)/軸方向：97%</p> <p>摩耗小</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向：92% 強度保持率(平均)/軸方向：95%</p> <p>摩耗なし</p> 
<p>③噴射時間 90分 （摩耗量3.27mm）：健全度C</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向：92% 強度保持率(平均)/軸方向：98%</p> <p>摩耗小</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向：92% 強度保持率(平均)/軸方向：92%</p> <p>摩耗なし</p> 










表Ⅱ-4.4.5 試験3 コンクリート摩耗量と基布の劣化状況（内側＋外側-2(改)）

	外側-2(改)	内側
<p>④噴射時間135分 (摩耗量4.90mm) : 健全度C</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向 : 97% 強度保持率(平均)/軸方向 : 100%</p> <p>摩耗小</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向 : 87% 強度保持率(平均)/軸方向 : 79%</p> <p>摩耗なし</p> 
<p>⑤噴射時間180分 (摩耗量6.53mm) : 健全度C</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向 : 100% 強度保持率(平均)/軸方向 : 99%</p> <p>摩耗小</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向 : 68% 強度保持率(平均)/軸方向 : 57%</p> <p>摩耗なし</p> 

表Ⅱ-4.4.6 試験3 コンクリート摩耗量と基布の劣化状況（内側縫製部＋外側-2(改)）

	外側-2(改)	内側
①噴射時間 0分 （摩耗量0mm）：健全度D, C 	強度保持率(平均)/周方向：100% 強度保持率(平均)/軸方向：100% 	強度保持率(平均)：100% 
②噴射時間 45分 （摩耗量1.63mm）：健全度C 	強度保持率(平均)/周方向：97% 強度保持率(平均)/軸方向：95% 	強度保持率(平均)：98% 
③噴射時間 90分 （摩耗量3.27mm）：健全度C 	強度保持率(平均)/周方向：100% 強度保持率(平均)/軸方向：94% 	強度保持率(平均)：97% 

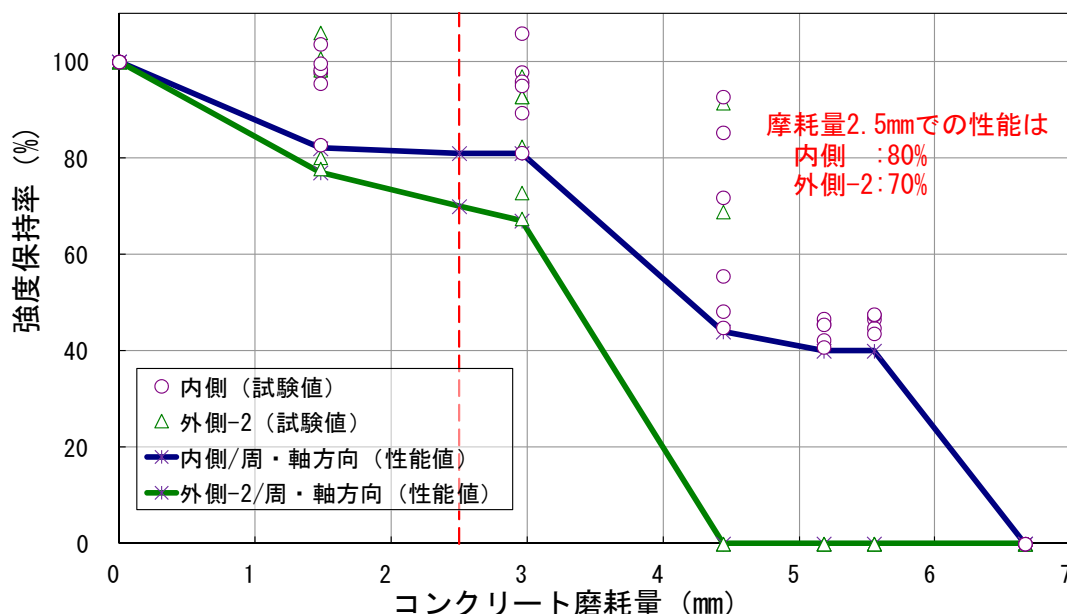
表Ⅱ-4.4.7 試験4 コンクリート摩耗量と基布の劣化状況（内側＋外側-2(改)）

	外側-2(改)	内側
<p>①噴射時間 0分 (摩耗量0mm) : 健全度D, C</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向 : 100% 強度保持率(平均)/軸方向 : 100%</p> <p>摩耗小</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向 : 100% 強度保持率(平均)/軸方向 : 100%</p> <p>摩耗なし</p> 
<p>②噴射時間25分 (摩耗量2.52mm) : 健全度C</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向 : 88% 強度保持率(平均)/軸方向 : 87%</p> <p>摩耗小</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向 : 81% 強度保持率(平均)/軸方向 : 88%</p> <p>摩耗なし</p> 
<p>③噴射時間50分 (摩耗量5.03mm) : 健全度C</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向 : 83% 強度保持率(平均)/軸方向 : 81%</p> <p>摩耗小</p> 	<p>強度保持率(平均)/周方向 : 80% 強度保持率(平均)/軸方向 : 87%</p> <p>摩耗なし</p> 

試験2～試験4のコンクリート摩耗量と強度保持率の関係より、内側基布の周方向と軸方向で比較すると、周方向の方が強度は低下している。これは基布の構成として、周方向の繊維が表面に露出しているためであり、軸方向よりも先に周方向の方が摩耗されやすいものとする。しかし、内側が直接的な摩耗を受けていない場合でも強度は低下している。これは回転ドラム式摩耗劣化促進試験でも考えられた袋材繊維内への土粒子の混入、コンクリート面と内側との間の摩耗によるものであると考えられる。

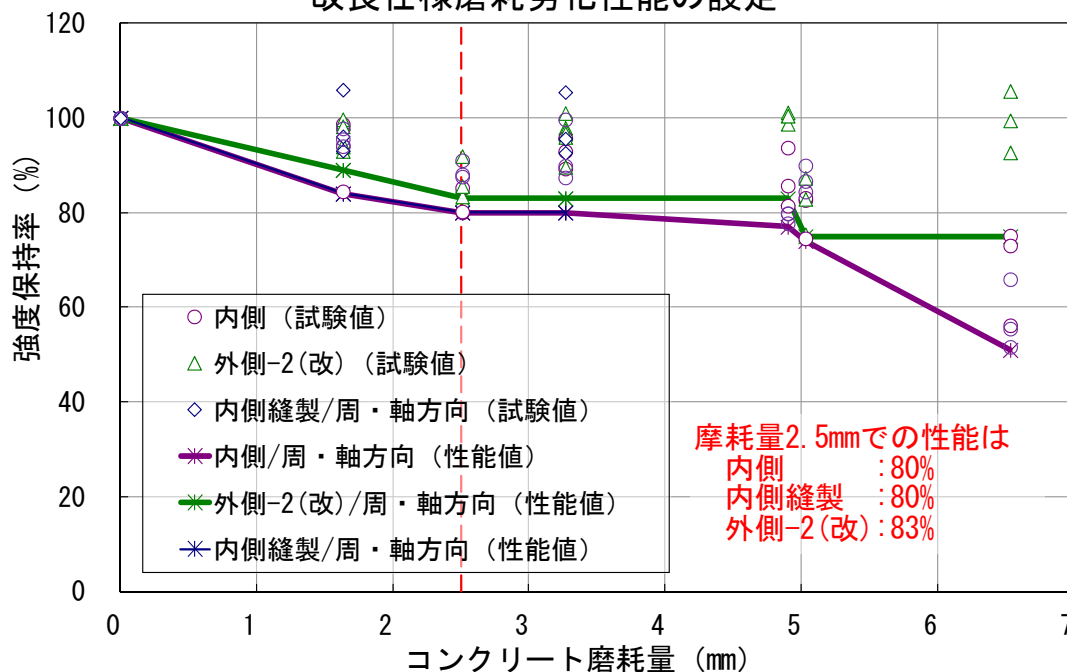
図Ⅱ-4.4.13、図Ⅱ-4.4.14に示すコンクリート摩耗量と強度保持率の関係より、コンクリート摩耗量2.5mmにおける内側袋材の強度保持率の性能値は、内側+外側-2および内側+外側-2(改)ともに80%である。

宮崎現地試験袋材摩耗劣化性能の設定



図Ⅱ-4.4.13 コンクリート摩耗量－強度保持率 評価図（内側+外側-2）

改良仕様磨耗劣化性能の設定



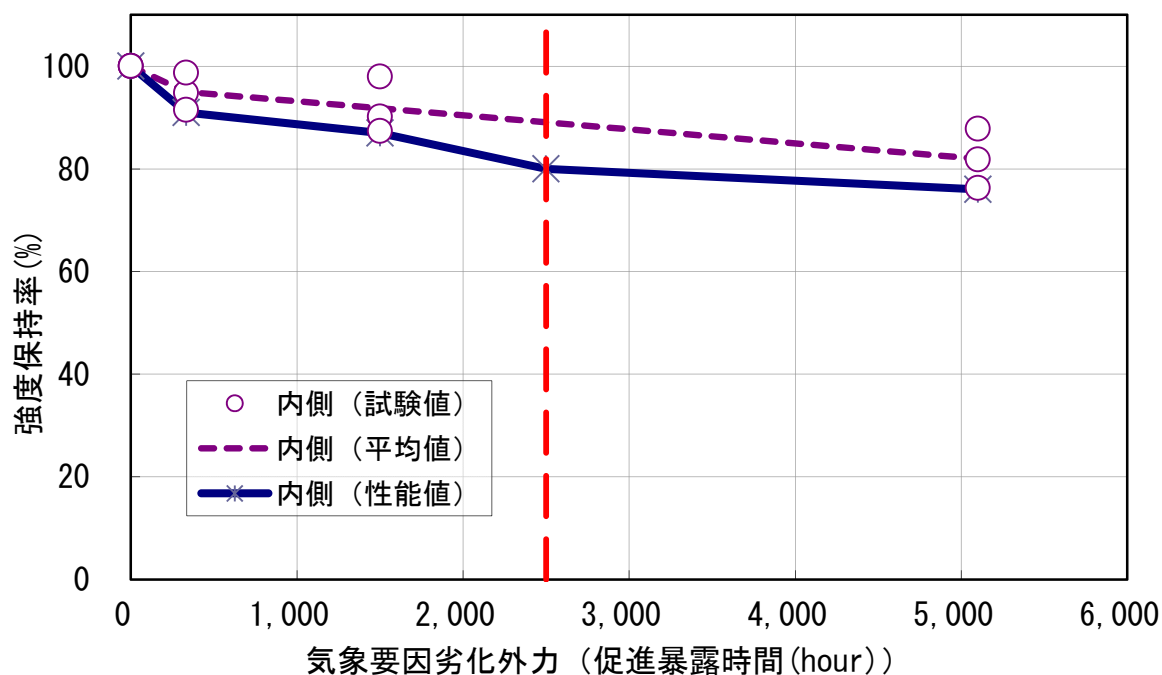
図Ⅱ-4.4.14 コンクリート摩耗量－強度保持率 評価図（内側+外側-2(改)）

Ⅱ－４．５ 気象要因劣化促進試験

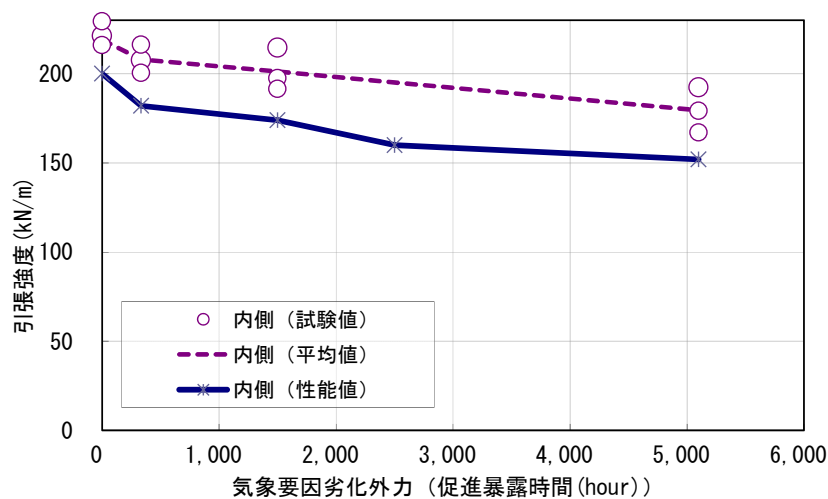
サンドパックに用いる袋材の供用期間中における気象要因（紫外線暴露や加水分解等）に対する耐久性を確認するために、気象要因劣化促進試験を実施した。試験は、表Ⅱ-4.5.1 に示すサンシャインカーボンアーク灯式の耐候性試験機を用いて 1,500 時間、5,100 時間の紫外線暴露と所定間隔の水噴霧をおこなった後、JIS L 1096 に準拠した引張試験で得た劣化促進後の引張強度を初期強度で割って強度保持率を求める。試験片は実際に設置される状態を考慮して、内側基布と外側基布を重ねて二重とし、外側基布を光源側とした。外側基布は外側-2 と外側-2(改)で実施した。図Ⅱ-4.5.1～図Ⅱ-4.5.10 に暴露時間と強度保持率および引張強度の関係を、図Ⅱ-4.5.1 に暴露時間 5,100hr の基布の状態を示す。また、表Ⅱ-4.5.2、表Ⅱ-4.5.3 に気象要因劣化促進試験結果を示す。

表Ⅱ-4.5.1 気象要因劣化促進試験条件

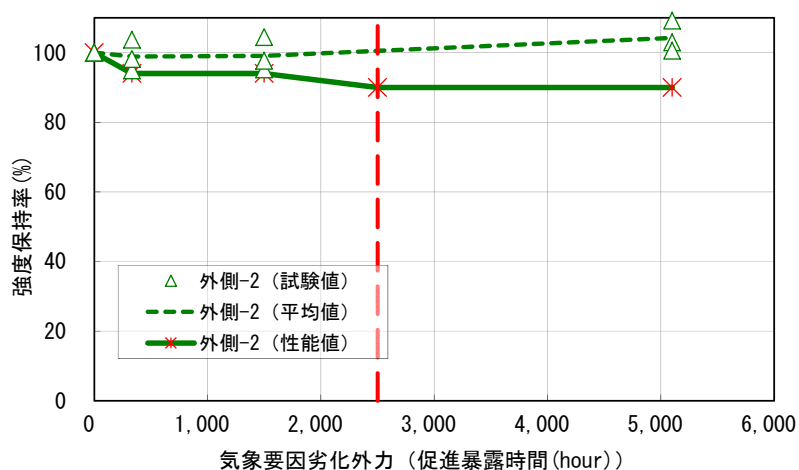
項目	内容
パネル温度	63℃±3℃
照射及び噴霧のサイクル	18 分間の照射および噴霧、続いて 102 分の照射 1 サイクル 120 分
照射時間	1,500hr、5,100hr
試験片寸法	50mm×260mm



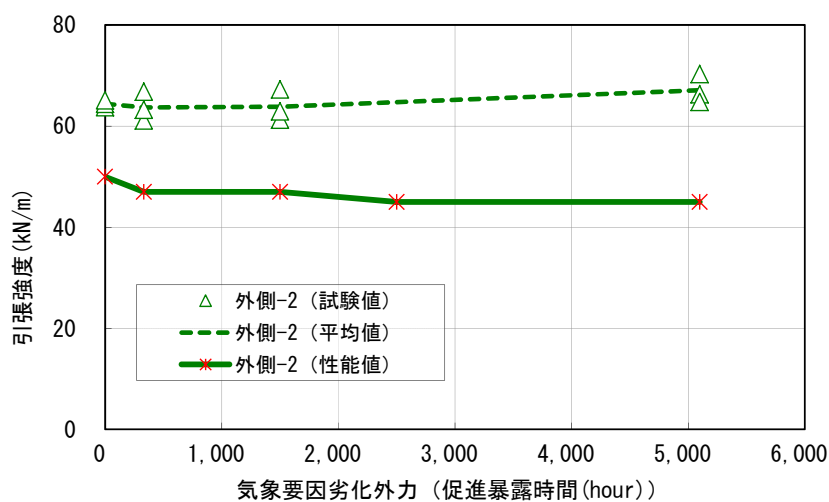
図Ⅱ-4.5.1 暴露時間と内側袋材の強度保持率の関係（内側+外側-2）



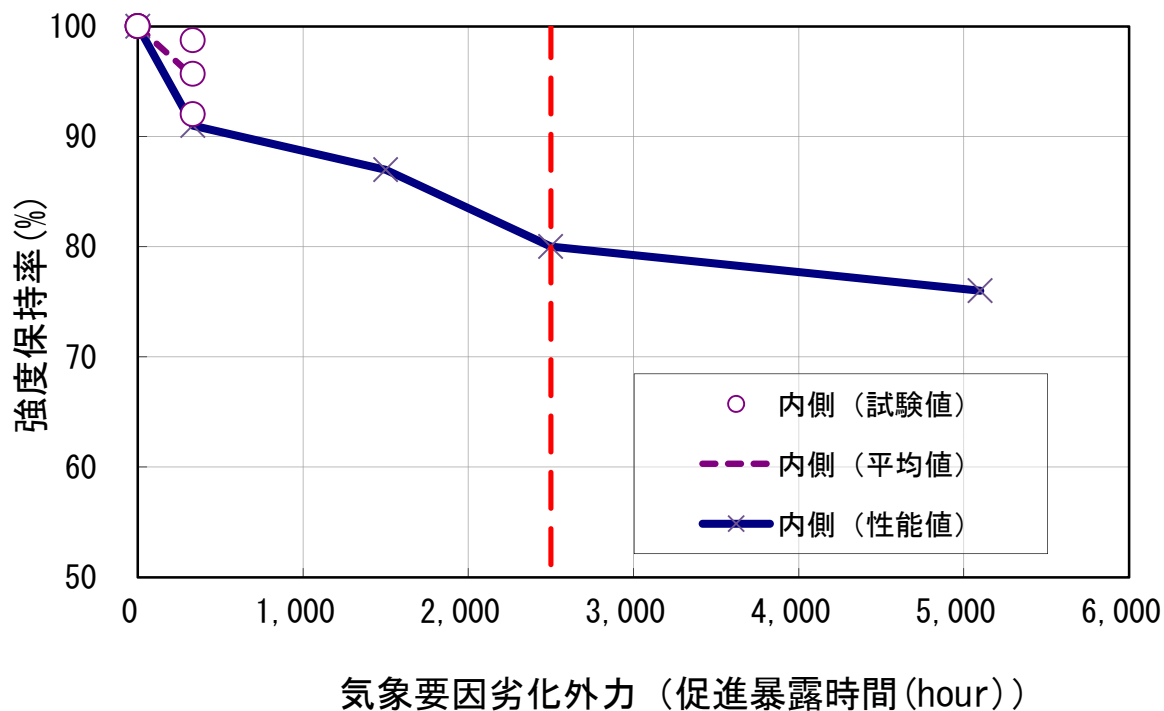
図Ⅱ-4.5.2 暴露時間と内側袋材の引張強度の関係（内側＋外側-2）



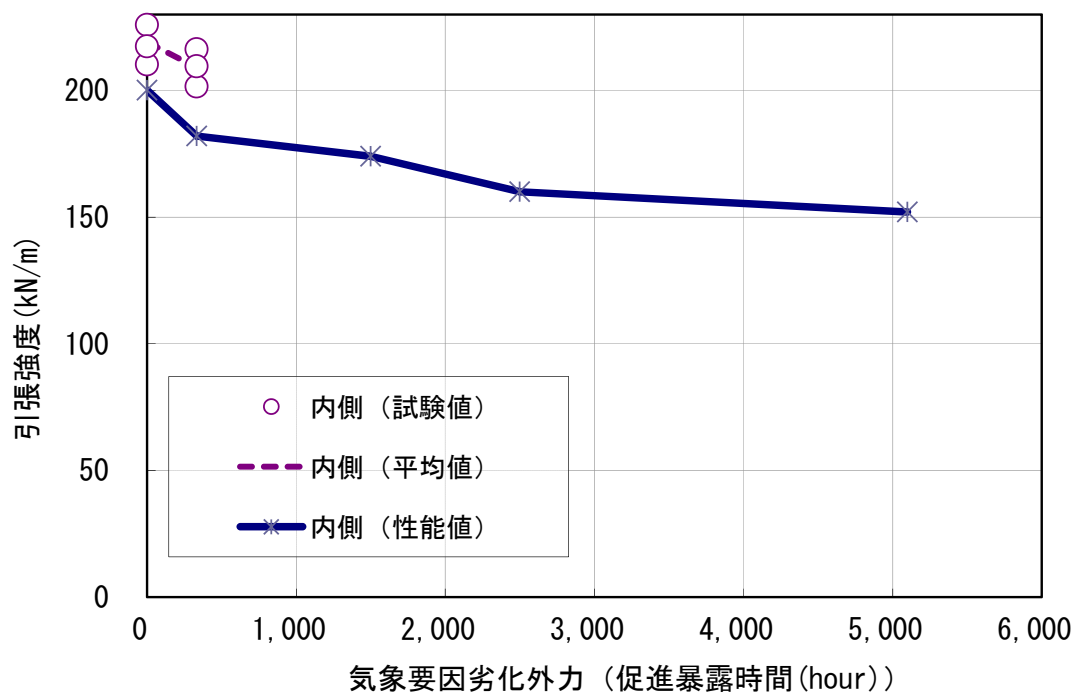
図Ⅱ-4.5.3 暴露時間と外側袋材の強度保持率の関係（内側＋外側-2）



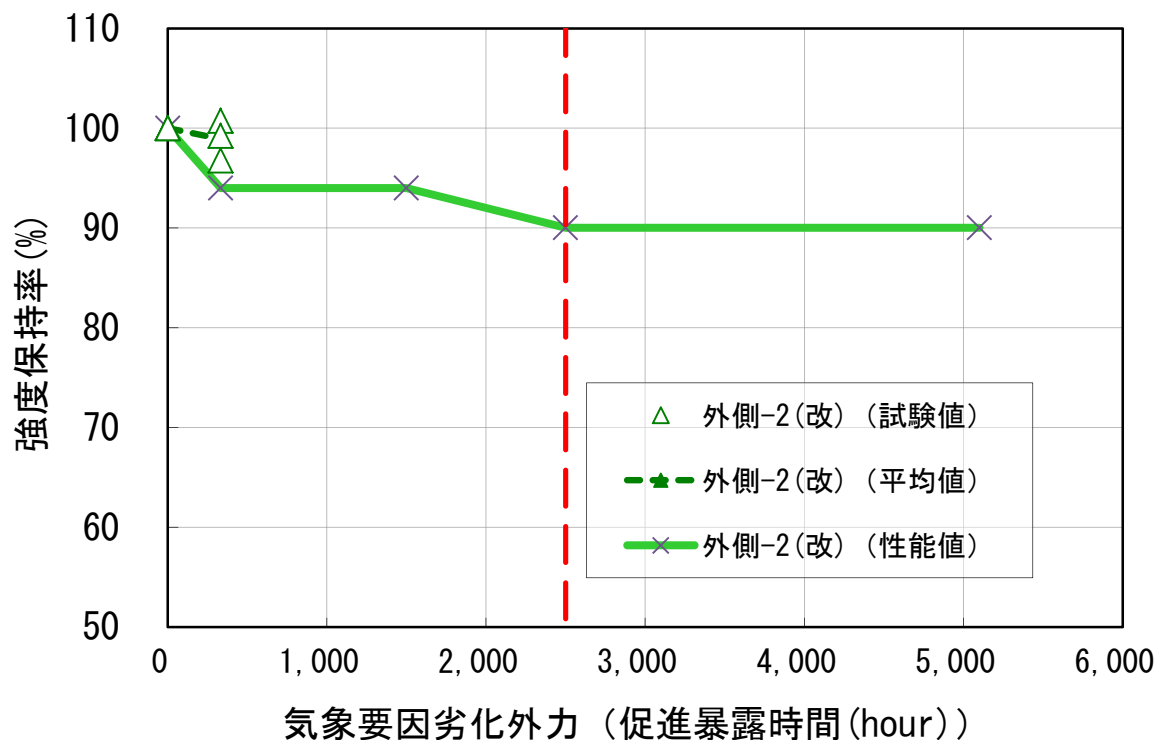
図Ⅱ-4.5.4 暴露時間と外側袋材の引張強度の関係（内側＋外側-2）



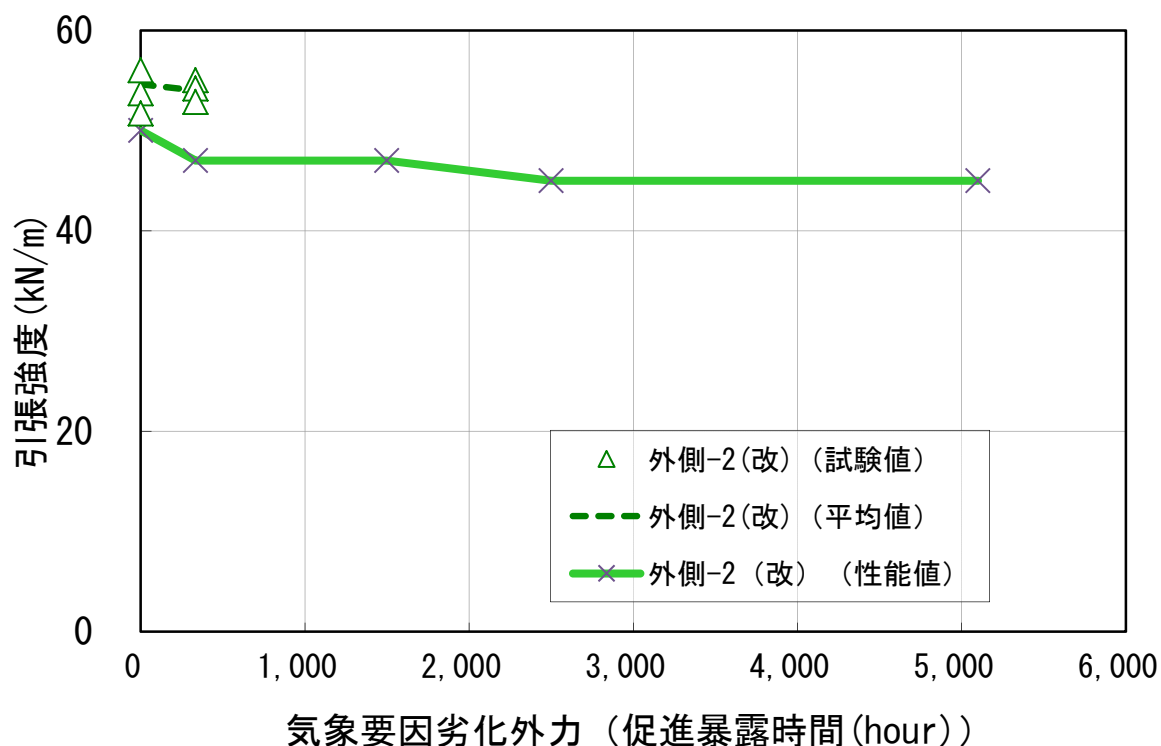
図Ⅱ-4.5.5 暴露時間と内側袋材の強度保持率の関係（内側＋外側-2(改)）



図Ⅱ-4.5.6 暴露時間と内側袋材の引張強度の関係（内側＋外側-2(改)）



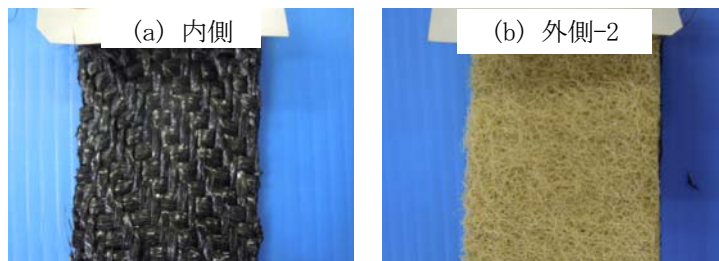
図Ⅱ-4.5.7 暴露時間と外側袋材の強度保持率の関係（内側＋外側-2(改)）



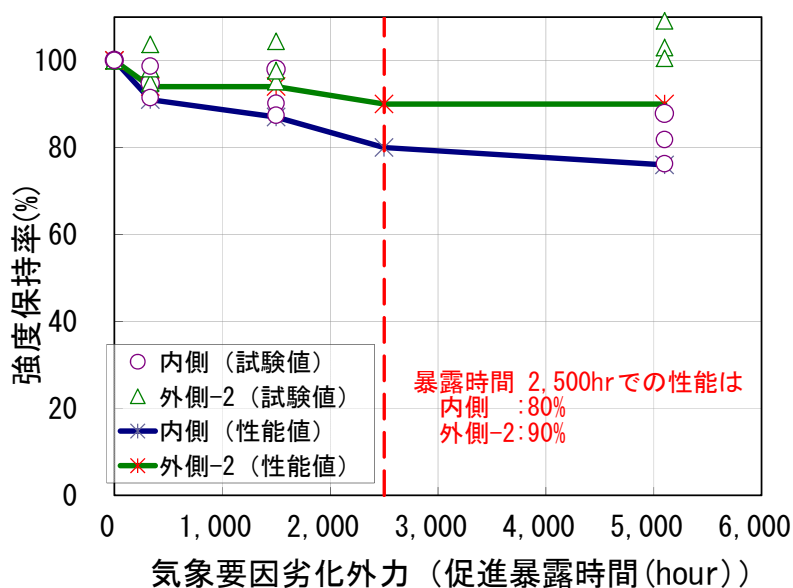
図Ⅱ-4.5.8 暴露時間と外側袋材の引張強度の関係（内側＋外側-2(改)）

外側-2は表面が不織布で覆われ、裏側は内側基布と接しているために、強度を発現する織布には紫外線の影響をほとんど受けないために強度は低下していないものと考えられる。内側は光源側では外側-2と接している

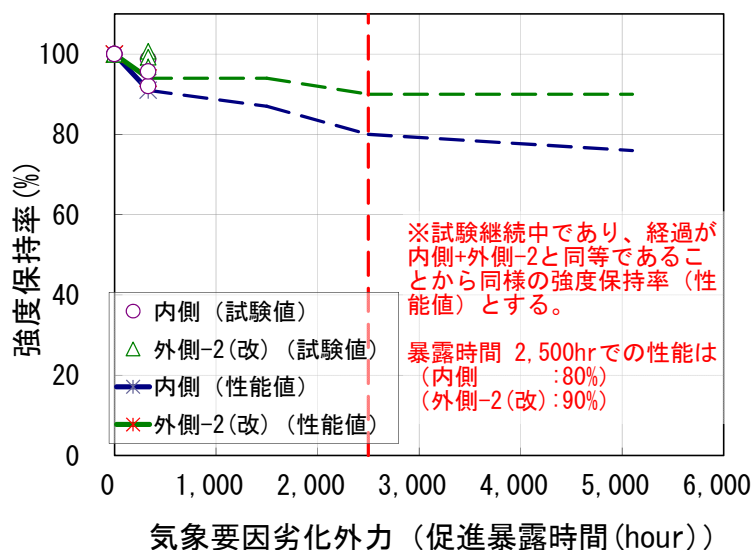
ために紫外線の影響をほとんど受けないが、裏側では紫外線の影響を受けているために強度が低下している。
 図Ⅱ-4.5.7は照射5,100時間後の内側と外側-2の試験片状態であるが、紫外線による劣化状態を目視で把握することは困難である。なお、内側と外側-2(改)は、333hrまで計測し、内側と外側-2と同等の強度保持率であることが確認され、試験継続中である。また、照射時間2,500hrにおける内側袋材の強度保持率の性能値は80%である。



図Ⅱ-4.5.7 照射5,100時間後の表面の状態



図Ⅱ-4.5.9 暴露時間－強度保持率 評価図 (内側＋外側-2)



図Ⅱ-4.5.10 暴露時間－強度保持率 評価図 (内側＋外側-2(改))

Ⅱ－４ 三井化学産資（株）の試験結果

表Ⅱ-4.5.2 気象要因劣化促進試験結果（内側＋外側-2）

<内側：引張強度>

暴露 時間 (hour)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0	221.3	229.3	216.0	215.3	213.3	219.1	216.0	200
333	207.6	216.3	200.4	—	—	208.1	200.4	182
1,500	214.6	197.5	191.5	—	—	201.2	191.5	174
2,500								160
5,100	192.4	167.0	179.2	—	—	179.5	167.0	152

<内側：強度保持率>

暴露 時間 (hour)	試験値 1 強度保 持率(%)	試験値 2 強度保 持率(%)	試験値 3 強度保 持率(%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0	100	100	100	100	100	100
333	94.8	98.7	91.5	95.0	91.5	91
1,500	98.0	90.2	87.4	91.8	87.4	87
2,500						80
5,100	87.8	76.2	81.8	81.9	76.2	76

<外側-2：引張強度>

暴露 時間 (hour)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0	63.7	64.4	65.1	62.7	66.1	64.4	63.7	50
333	61.1	66.8	63.2	—	—	63.7	61.1	47
1,500	67.3	61.3	62.9	—	—	63.8	61.3	47
2,500								45
5,100	70.3	66.3	64.8	—	—	67.1	64.8	45

<外側-2：強度保持率>

暴露 時間 (hour)	試験値 1 強度保 持率(%)	試験値 2 強度保 持率(%)	試験値 3 強度保 持率(%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0	100	100	100	100	100	100
333	94.9	103.7	98.1	98.9	94.9	94
1,500	104.4	95.2	97.7	99.1	95.2	94
2,500						90
5,100	109.1	103.0	100.5	104.2	100.5	90

表Ⅱ-4.5.3 気象要因劣化促進試験結果（内側＋外側-2(改)）

改良仕様

内側

暴露時間 (hr)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0	210.2	225.7	217.3	221.9	221.1	219.0	210.2	200
333	216.2	201.5	209.5			209.1	201.5	182
1,500								174
2,500								160
5,100								152

暴露時間 (hr)	試験値1 強度保 持率 (%)	試験値2 強度保 持率 (%)	試験値3 強度保 持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
333	98.7	92.0	95.7	95.5	92.0	91
1,500						87
2,500						80
5,100						76

改良仕様

外側-2(改)

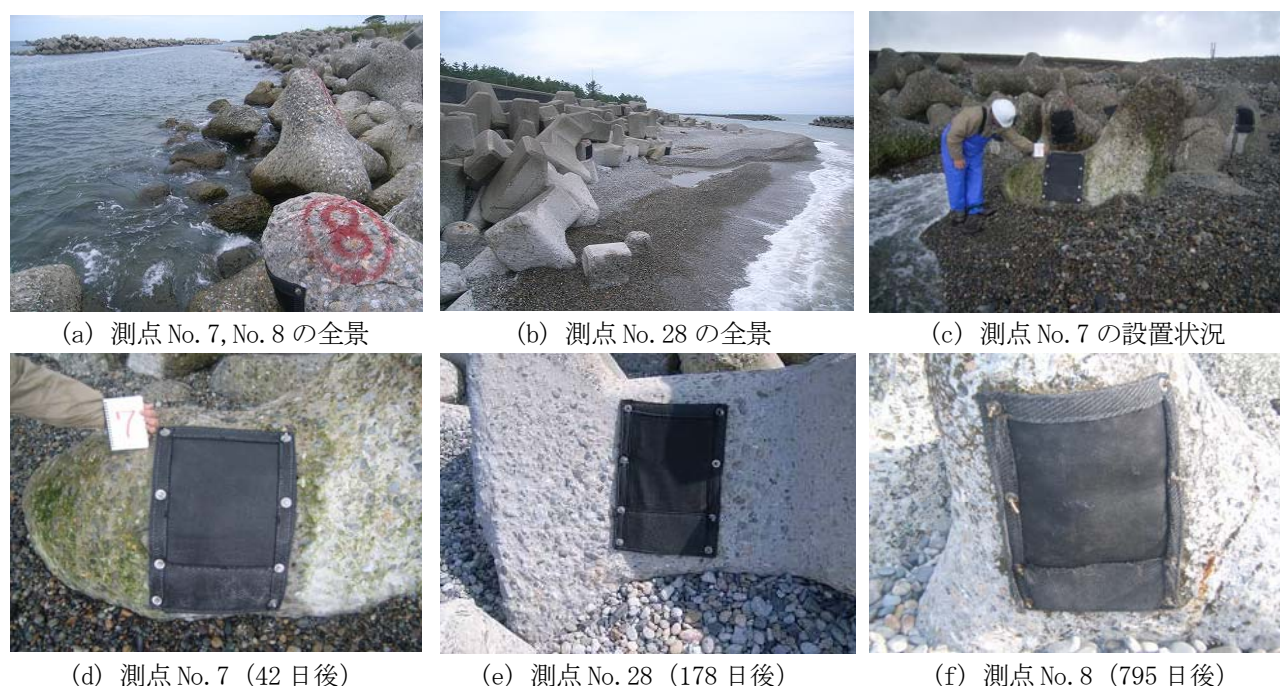
暴露時間 (hr)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	試験値 4 (kN/m)	試験値 5 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)	性能値 (kN/m)
0	53.7	51.7	56.0	57.7	54.0	54.6	51.7	50
333	55.0	54.2	52.9			54.0	52.9	47
1,500								47
2,500								45
5,100								45

暴露時間 (hr)	試験値1 強度保 持率 (%)	試験値2 強度保 持率 (%)	試験値3 強度保 持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)	性能値 (%)
0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
333	100.7	99.2	96.8	98.9	96.8	94
1,500						94
2,500						90
5,100						90

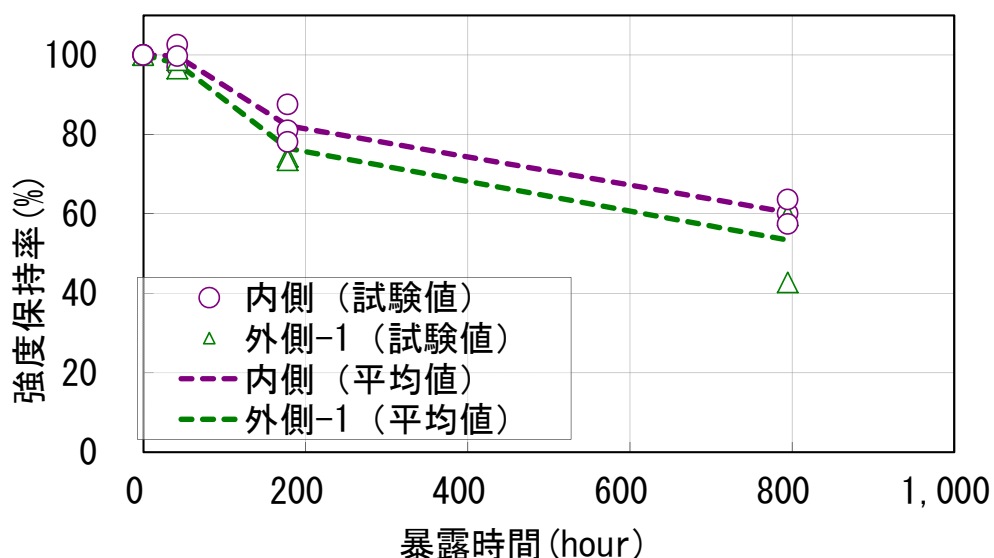
Ⅱ－４．６ 現地暴露試験

サンドバックに用いる袋材の現地での耐久性を確認するために、富山県黒部市の下新川海岸で現地暴露試験を実施した。図Ⅱ-4.6.1に設置状況を示す。試験は内側と外側-1を重ねて二重とし、波消ブロックにボルトで固定した。暴露時間42日、178日、795日後に現地から取り出し、JIS L 1096に準拠した引張試験で得た暴露後の引張強度を初期強度で割って強度保持率を求める。図Ⅱ-4.6.2、図Ⅱ-4.6.3に現地から取り出した試験片の現地暴露時間と強度保持率および強度の関係を、表Ⅱ-4.6.1、表Ⅱ-4.6.2に現地暴露試験結果を示す。

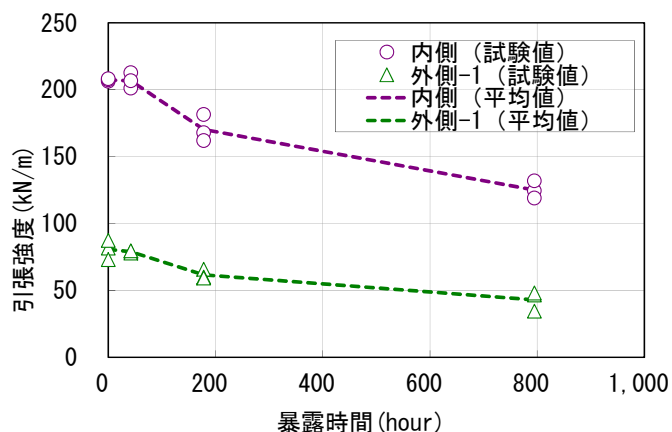
現地は、礫海岸であり、図Ⅱ-4.6.1(f)の基布の摩耗やボルトの変形からも分かるように、気象要因に加えて波浪および砂礫による摩耗の劣化外力を受けている。また設置場所にて劣化外力の影響は異なると考えられるが、暴露時間42日後の測点No. 7ではほとんど強度は低下していないものの、178日後の測点No. 28では約80%、795日後の測点No. 8では約60%の強度保持率である。



図Ⅱ-4.6.1 下新川海岸での現地暴露試験状況



図Ⅱ-4.6.2 現地暴露時間と強度保持率の関係



図Ⅱ-4.6.3 現地暴露時間と引張強度の関係

表Ⅱ-4.6.1 現地暴露試験結果

<内側袋材 引張強度>

暴露時間 (hour)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)
0	206.2	207.3	208.1	207.2	206.2
42	201.0	212.5	206.6	206.7	201.0
178	181.3	167.8	161.8	170.3	161.8
795	124.4	119.0	131.7	125.0	119.0

<内側袋材 強度保持率>

暴露時間 (hour)	試験値 1 強度保持率 (%)	試験値 2 強度保持率 (%)	試験値 3 強度保持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)
0	100	100	100	100	100
42	97.0	102.6	99.7	99.8	97.0
178	87.5	81.0	78.1	82.2	78.1
795	60.0	57.4	63.6	60.3	57.4

表Ⅱ-4.6.2 現地暴露試験結果

<外側-1 引張強度>

暴露時間 (hour)	試験値 1 (kN/m)	試験値 2 (kN/m)	試験値 3 (kN/m)	平均値 (kN/m)	最低値 (kN/m)
0	81.7	87.3	73.0	80.7	73.0
42	79.3	77.9	79.6	78.9	77.9
178	65.8	60.0	59.3	61.7	59.3
795	46.6	34.4	48.1	43.1	34.4

<外側-1 強度保持率>

暴露時間 (hour)	試験値 1 強度保持率 (%)	試験値 2 強度保持率 (%)	試験値 3 強度保持率 (%)	平均値 (%)	最低値 (%)
0	100	100	100	100	100
42	98.3	96.6	98.7	97.9	96.6
178	81.6	74.4	73.5	76.5	73.5
795	57.8	42.7	59.6	53.4	42.7

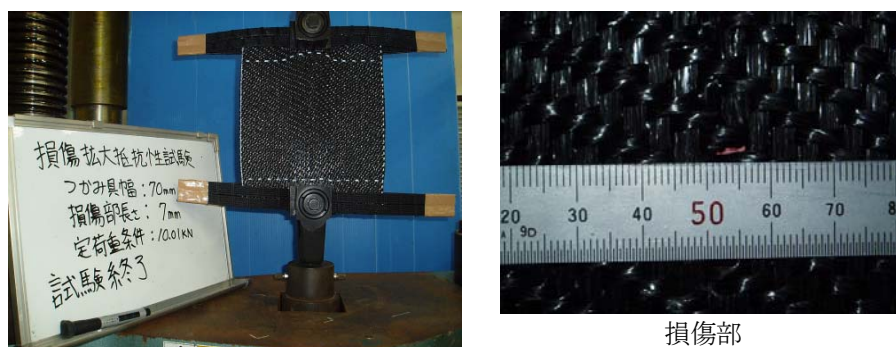
Ⅱ－４．７ 損傷拡大抵抗性試験

サンドバックを使用するにあたり、サンドバックに使用する袋材がナイフ等の刃物による人為的切創、先鋭漂流物による損傷、たき火・花火等による損傷が生じた場合でも、損傷の拡大が進行しないか確認するために、損傷拡大抵抗性試験を実施した。試験は、袋材の引張強度試験方法 JIS L 1096での定速荷重型試験機を用いて、表Ⅱ-4.7.1に示す試験条件の通り、つかみ具の幅当りの供用時荷重を30分間掛け続ける定荷重試験を行う、試験前につかみ間隔の中間につかみ具幅の10%相当の切り込みを入れておき、試験後に測定して損傷部が拡大していないかを確認する。

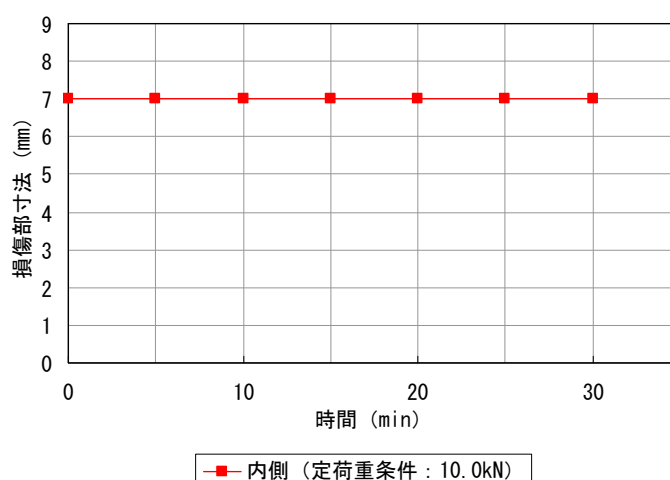
試験状況を図Ⅱ-4.7.1に、試験結果を図Ⅱ-4.7.2に示す。供用時荷重91.5kN/m、摩耗劣化に対する強度保持率0.80、気象要因劣化に対する強度保持率0.80とした場合の定荷重を負荷させたが、損傷部が拡大しないことを確認した。

表Ⅱ-4.7.1 損傷拡大抵抗性試験条件

つかみ間隔	200mm
試験片幅	250mm
つかみ具幅	70mm
損傷部長さ	つかみ具幅×10% = 7 (mm)
定荷重条件	供用時荷重×つかみ具幅 (mm) /1000mm/強度保持率 (%) 91.5×70 / 1000 / (0.80×0.80) = 10.0 (kN/70mm)
試験時間	30min



図Ⅱ-4.7.1 損傷拡大抵抗性試験状況（定荷重条件：8.99kN）



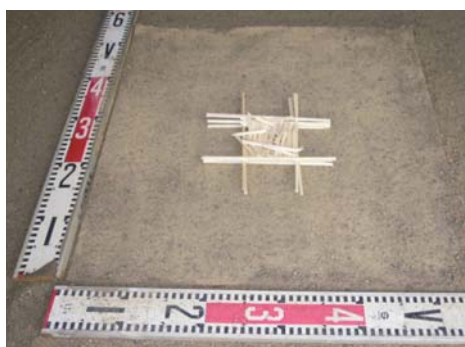
図Ⅱ-4.7.2 損傷拡大抵抗性試験結果

Ⅱ－４．８ たき火試験

サンドバックを使用するにあたり、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かどうかを確認するために、たき火試験を実施した。試験条件を表Ⅱ-4.8.1に示す。試験は内側基布と外側基布を重ねて二重とし、外側基布は外側-2と外側-2(改)で実施した。中詰材を充填したサンドバックの現地条件を模するために、砂の上に試験片を敷設し、試験片の表面である外側基布の不織布側に砂を絡ませる。その後、試験片中央にたき火用材料を積み上げて点火し、燃焼状況を確認する。また消炎後の燃焼面積と5分後に燃焼面積を測定する。試験状況を図Ⅱ-4.8.1および図Ⅱ-4.8.2に、試験結果を表Ⅱ-4.8.2に示す。本試験より燃焼部分は溶融したが、消炎直後と消炎後5分後の燃焼面積に変化がなかったことから、その燃焼部分以上には延焼しないことが確認された。

表Ⅱ-4.8.1 たき火試験条件

項 目	内 容
試験片サイズ	50cm 以上×50cm 以上
下地条件	砂
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。
試験場所	無風時の屋外
試験結果	たき火材料消炎後の燃焼面積＝消炎後 5 分後の燃焼面積



(a) 試験前



(b) 燃焼状態

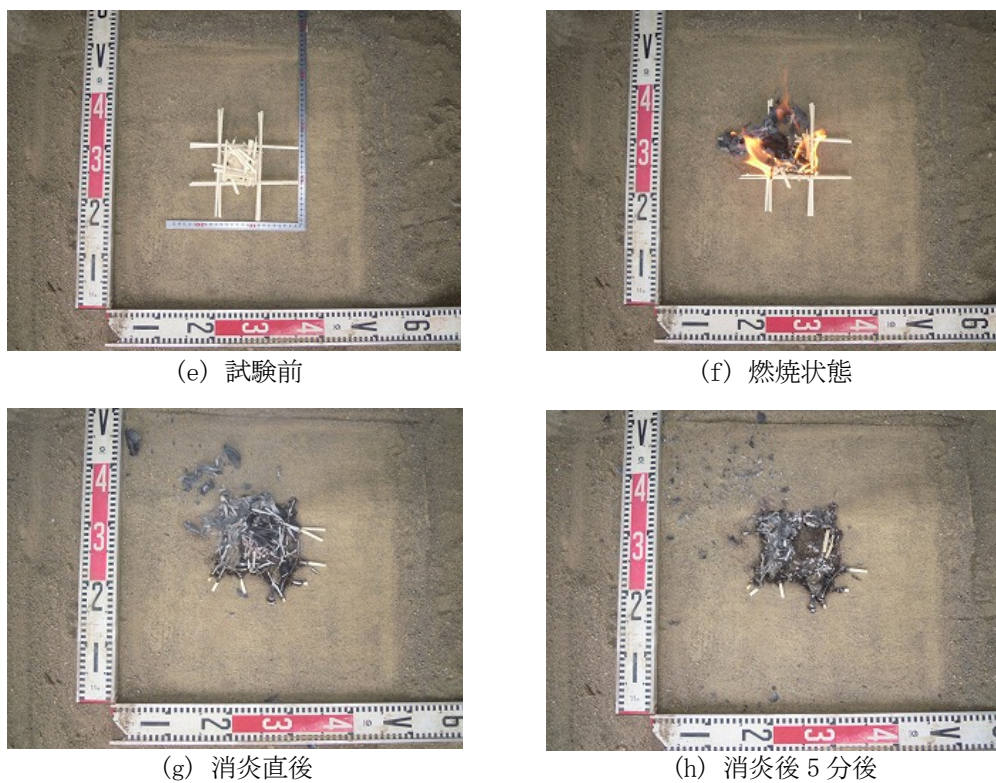


(c) 消炎直後



(d) 消炎後 5 分後

図Ⅱ-4.8.1 たき火試験状況（内側＋外側-2）



図Ⅱ-4.8.2 たき火試験状況（内側＋外側-2(改)）

表Ⅱ-4.8.2 たき火試験結果

項目	単位	内側＋ 外側-2	内側＋ 外側-2(改)
割り箸本数	膳	10	10
段数	段	5	5
火種面積	cm ²	49	49
燃焼時間	秒	230	236
燃焼面積			
消炎直後			
たて	cm	14	14
よこ	cm	12	13
面積	cm ²	168	182
消炎後5分後			
たて	cm	14	14
よこ	cm	12	13
面積	cm ²	168	182

Ⅱ－４．９ 煮沸試験

サンドパックを使用するにあたり、使用する袋材が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確認するために、煮沸試験を実施した。試験条件を表Ⅱ-4.9.1に示す。試験は、内側基布と外側基布を重ねて二重とした試験片を沸水中に浸漬し、2時間経過後に取り出し質量変化を確認する。外側基布は外側-2と外側-2(改)で実施した。

試験状況を図Ⅱ-4.9.1に、試験結果を表Ⅱ-4.9.2に示す。本試験より、煮沸試験による内側と外側-2の質量変化率は0.16%、内側と外側-2(改)の質量変化率は0.15%であったことから、有害な物質が袋材からは溶出しないものと判断される。

表Ⅱ-4.9.1 煮沸試験条件

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



図Ⅱ-4.9.1 煮沸試験状況

表Ⅱ-4.9.2 煮沸試験結果

	内側＋外側-2			内側＋外側-2(改)		
	浸漬前 (g)	浸漬乾燥後 (g)	質量比% ($\frac{\text{浸漬乾燥後}}{\text{浸漬前}}$)	浸漬前 (g)	浸漬乾燥後 (g)	質量比% ($\frac{\text{浸漬乾燥後}}{\text{浸漬前}}$)
1	12.44	12.42	99.84	12.35	12.33	99.84
2	12.59	12.56	99.76	12.48	12.47	99.92
3	12.63	12.61	99.84	11.95	11.93	99.83
4	12.45	12.43	99.84	12.56	12.55	99.92
5	11.62	11.61	99.91	12.61	11.58	99.76
平均	12.35	12.33	99.84	12.39	12.37	99.85

Ⅱ－４．１０ 金魚飼育試験

サンドパックを使用するにあたり、使用する袋材が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確認するために、金魚飼育試験を実施した。試験条件を表Ⅱ-4. 10. 1に示す。試験は、内側基布と外側基布を重ねて二重とした試験片を金魚を入れた水槽に浸漬し、一定期間飼育を行いその生存状態を観察することで、試験片から有害な物質が溶出し、水棲生物に影響しないかを確認する。外側基布は外側-2と外側-2(改)で実施した。

試験状況を図Ⅱ-4. 10. 1、図Ⅱ-4. 10. 2に示す。本試験より、内側と外側-2および内側と外側-2(改)で金魚を3ヶ月以上飼育したが、金魚の生育に異常はなかったことから有害な物質が袋材からは溶出しないものと判断される。

表Ⅱ-4. 10. 1 金魚飼育試験条件

項 目	内 容
飼育期間	3ヶ月
飼育状況	袋材：水=1：100
金魚の匹数	3匹



図Ⅱ-4. 10. 1 金魚飼育試験の状況（内側袋材＋外側-2）



図Ⅱ-4. 10. 2 金魚飼育試験の状況（内側袋材＋外側-2(改)）

Ⅱ－４．１１ 摩擦係数試験

サンドパックの滑動、転倒、支持力および基礎地盤を含む構造物全体の安定性を照査する際に、最大静止摩擦係数が必要となる。試験方法は、JIS K 7125を準用する。本体であるサンドパックとして外側基布を40cm²（63mm×63mm）の滑り片の底辺に張り付け、合計重量を200g±2gとする。滑り面は使用状況を考慮し、砂（5号硅砂）と、段積みを考慮した外側基布の2種類とした。外側基布は外側-2と外側-2(改)で実施した。JIS L 1096においての定速荷重型引張試験機に試験片を取り付け、100±10mm/minの速度で荷重を測定する。静摩擦力は閾値を超えるところで算出する。閾値を超える際に発生する最大荷重を静摩擦力として測定する。静摩擦係数 μ_s は次の式で与えられる。

$$\mu_s = F_s / F_p$$

ここに、 F_s ：静摩擦力（N）

F_p ：滑り片の質量によって生じる法線力（ $=0.2\text{kg} \times 9.807 = 1.96\text{N}$ ）

試験状況を図Ⅱ-4.11.1および図Ⅱ-4.11.2に、試験結果を表Ⅱ-4.11.1および図Ⅱ-4.11.3に示す。本試験より、外側-2でのサンドパック袋材同士の静摩擦係数は $\mu_s=1.22$ 、サンドパック袋材と砂の静摩擦係数は $\mu_s=0.62$ である。外側-2(改)でのサンドパック袋材同士の静摩擦係数は $\mu_s=1.40$ 、サンドパック袋材と砂の静摩擦係数は $\mu_s=0.71$ である。



(a) 外側-2－外側-2



(b) 外側-2－砂

図Ⅱ-4.11.1 静摩擦係数測定試験状況（外側-2）



(c) 外側-2(改)－外側-2(改)

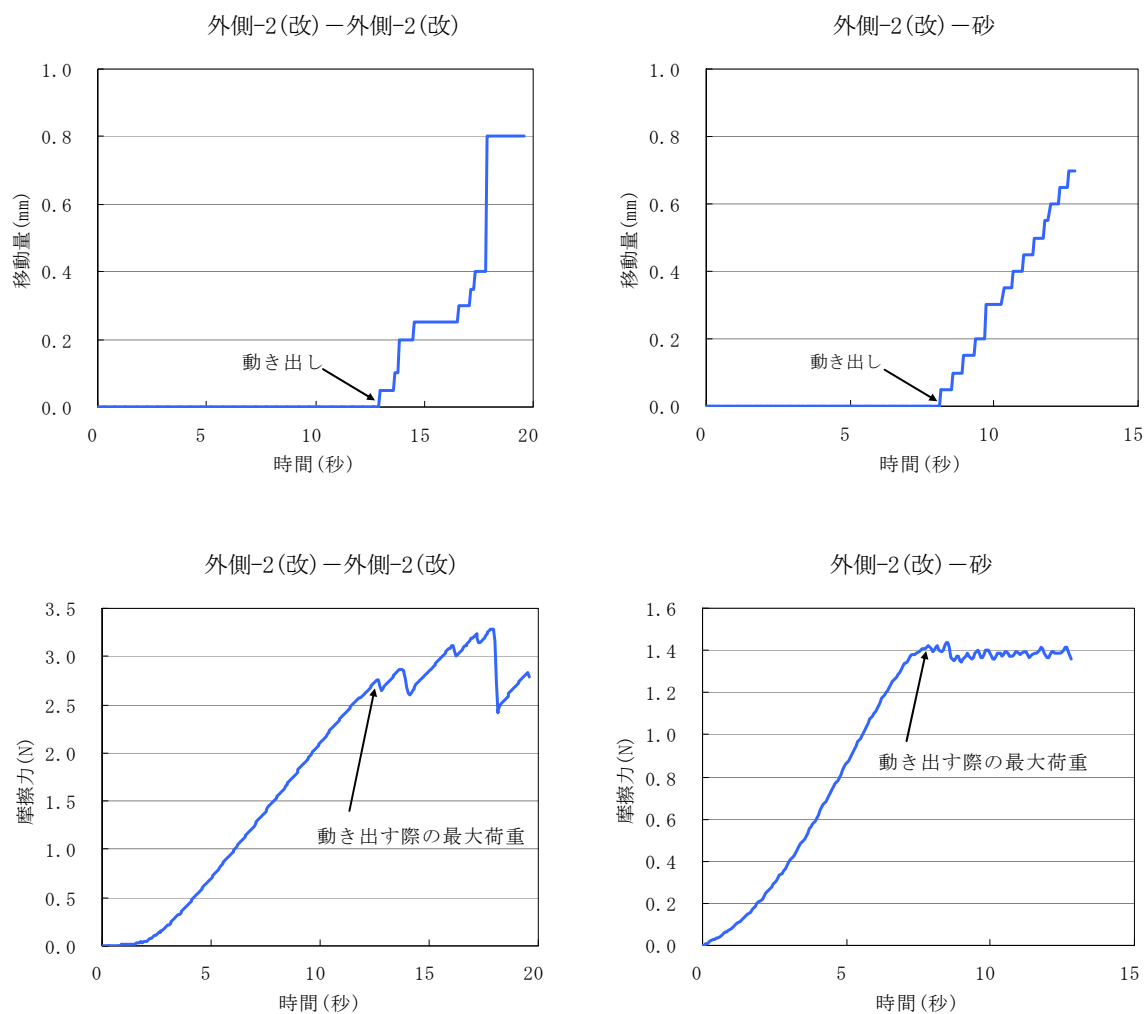


(d) 外側-2(改)－砂

図Ⅱ-4.11.2 静摩擦係数測定試験状況（外側-2(改)）

表Ⅱ-4.11.1 静摩擦係数測定試験結果

滑り片	滑り面	F _s (N)	F _p (N)	μ_s
外側-2	外側-2	2.39	1.96	1.22
	砂	1.21	1.96	0.62
外側-2(改)	外側-2(改)	2.76	1.96	1.40
	砂	1.41	1.96	0.71

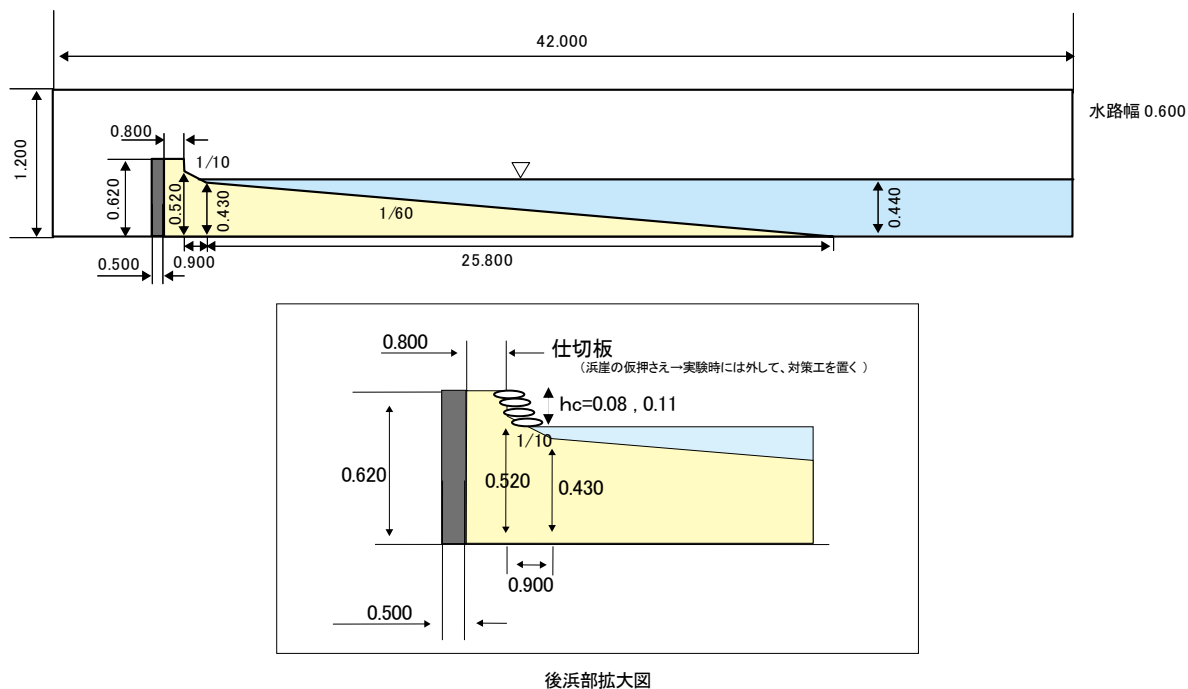


図Ⅱ-4.11.3 静摩擦係数測定試験結果（外側-2(改)）

Ⅱ－４．１２ 浜崖後退抑止工波浪安定性水理模型実験

Ⅱ－４．１２．１ 実験概要

サンドパックを浜崖後退抑止工などの護岸型施設として適用するにあたり、波浪に対するサンドパックの安定性を確認するために、サンドパックもたれ式積層における水理模型実験を実施した。実験には国土技術政策総合研究所所有の二次元造波水路を使用した。実験スケールは1/60縮尺とし、浜崖の前面にサンドパックによる護岸型施設を設置した状態で規則波を作用させた時の挙動を観察した。水理模型実験断面を図Ⅱ-4.12.1.1に、実験ケースを表Ⅱ-4.12.1.1に示す。実験は4ケース実施した。



図Ⅱ-4.12.1.1 もたれ式積層における水理模型実験概要図（数値はm単位）

表Ⅱ-4. 12. 1. 1 実験ケース

No.	CASE	波高	水位	時間	備考
1	1-1	2cm(1.2m)	TP+2.1m	5分/step	1 : 0.6 4段積み
2	1-2	5cm(3m)			
3	1-3	10cm(6m)			
4	1-4	15cm(9m)			
5	1-5	20cm(12m)			
6	1-6	25cm(15m)			
7	2-1	2cm(1.2m)	TP+2.1m	5分/step	1 : 0.6 4段積み 補強材巻込
8	2-2	5cm(3m)			
9	2-3	10cm(6m)			
10	2-4	15cm(9m)			
11	2-5	20cm(12m)			
12	2-6	25cm(15m)			
13	2-7	10cm(6m)			
14	3-1	2cm(1.2m)	TP+2.1m	5分/step	1 : 1.0 4段積み
15	3-2	5cm(3m)			
16	3-3	10cm(6m)			
17	3-4	15cm(9m)			
18	3-5	20cm(12m)			
19	3-6	25cm(15m)			
20	3-7	10cm(6m)			
21	4-1	2cm(1.2m)	TP+2.1m	5分/step	1 : 1.0 5段積み
22	4-2	5cm(3m)			
23	4-3	10cm(6m)			
24	4-4	15cm(9m)			
25	4-5	20cm(12m)			
26	4-6	25cm(15m)			

※ 波高の括弧内は実スケール換算

※ No. 13 は法尻の洗掘再現として深さ 1.7cm×長さ 3.5cm を掘削

※ No. 20 は法尻の洗掘再現として深さ 3.0cm×長さ 11.0cm を掘削

Ⅱ－４．１２．２ 実験ケースおよび実験結果

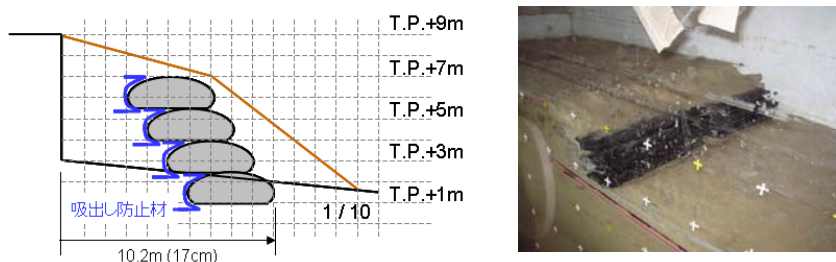
(1) CASE-1 高さ1.5m, 4段, 勾配1:0.6

CASE-1 のサンドバックの積層条件を表-6.11.2.1に、積層方法を図Ⅱ-4.12.2.1に示す。CASE-1 ではサンドバックを4段、勾配1:0.6で積層し、前面は覆土している。実験結果を表Ⅱ-4.12.2.2、図Ⅱ-4.12.2.2に示す。最初の波高2cm(1.2m)でサンドバック前面の覆土は消失し、それ以降、前面に砂が堆積していった。サンドバックは波高15cm(9m)で図Ⅱ-4.12.2.2における③-aが移動し、波高20cm(12m)で抜け出した。前面の砂の堆積による波浪条件と積層勾配の関係から、③-aが最も波浪外力を受けたものとする。サンドバック背面土は、波高10cm(6m)で土槽とサンドバックとの境界の図Ⅱ-4.12.2.2におけるCの部分で吸出しが発生し、波高15cm(9m)でサンドバックと土槽の境界(A,C)、サンドバック同士の突合せ部(B)で吸出しが発生した。

表Ⅱ-4.12.2.1 CASE-1の積層条件

	模型寸法	単体質量	数量	勾配
1 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	1 : 0.6
2 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	
3 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	
4 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	

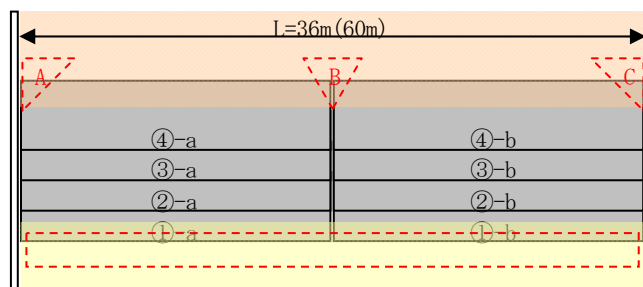
※ 模型寸法括弧内は実スケール換算



図Ⅱ-4.12.2.1 CASE-1の積層方法

表Ⅱ-4.12.2.2 CASE-1の実験結果

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	前面覆土消失	無し	無し
2	5.0	3.0			砂堆積	無し	無し
3	10.0	6.0			砂堆積	無し	C 吸出し
4	15.0	9.0			砂堆積	③-a 移動	ABC 吸出し
5	20.0	12.0			砂堆積	③-a 抜け出し	ABC 吸出し
6	25.0	15.0			砂堆積	③-a 抜け出し	ABC 吸出し



図Ⅱ-4.12.2.2 CASE-1の実験結果

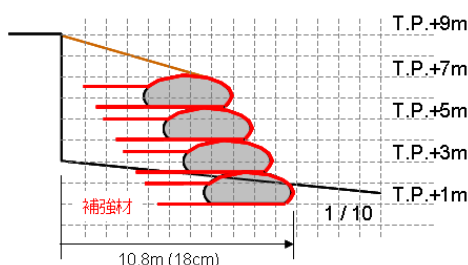
(2) CASE-2：高さ1.5m, 4段, 勾配1：0.6

CASE-2 のサンドバックの積層条件を表Ⅱ-4.12.2.3に、積層方法を図Ⅱ-4.12.2.3に示す。CASE-2 ではサンドバックを4段、勾配1：0.6で積層し、CASE-1 のサンドバックが抜け出した結果を踏まえて、各段のサンドバックに補強材を巻きつけ、抜け出し対策を施した。巻きつけた補強材は、サンドバック模型に使用したものと同一織布を用いた。実験結果を表Ⅱ-4.12.2.4、図Ⅱ-4.12.2.4に示す。サンドバックは波高20cm(12m)で図Ⅱ-4.12.2.4における③-aが移動し、波高25cm(15m)で④-aが移動したが、CASE-1のような抜け出しは発生しなかった。補強材による引き抜き抵抗が発揮されたものと考えられる。サンドバック背面土は、波高15cm(9m)で土槽とサンドバックとの境界の図Ⅱ-4.12.2.4におけるCの部分で吸出しが発生し、波高25cm(15m)でサンドバックと土槽の境界(A,C)でも吸出しが発生したが、サンドバック同士の突合せ部(B)では吸出しは発生していない。これは、今回のケースでサンドバック同士を補強材で巻きつけ、突合せ部に凹部が出来なかったためである。補強材をサンドバックに巻きつけることで、構造物としての安定性は向上し、突合せ部を平坦にすることでサンドバック背面土の吸出し、浜崖の後退を抑制することがわかった。なお、No.13は洗掘再現として深さ1.7cm×長さ3.5cmを掘削したが、掘削部が逆に堆積する結果となった。

表Ⅱ-4.12.2.3 CASE-2の積層条件

	模型寸法	単体質量	数量	勾配
1 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	1 : 0.6
	補強材：W8.3cm×L23cm (W5.0m×L14m)	-	8 枚	
2 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	
	補強材：W8.3cm×L23cm (W5.0m×L14m)	-	8 枚	
3 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	
	補強材：W8.3cm×L23cm (W5.0m×L14m)	-	8 枚	
4 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	
	補強材：W8.3cm×L23cm (W5.0m×L14m)	-	8 枚	

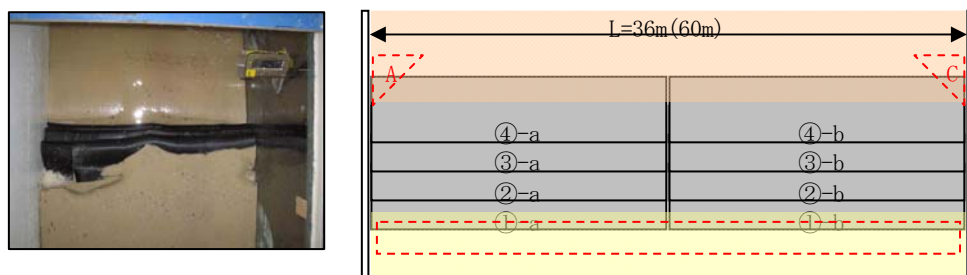
※ 模型寸法括弧内は実スケール換算



図Ⅱ-4.12.2.3 CASE-2の積層方法

表Ⅱ-4.12.2.4 CASE-2の実験結果

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			
7	2.0	1.2	1.93	14.9	砂堆積	無し	無し
8	5.0	3.0			砂堆積	無し	無し
9	10.0	6.0			砂堆積	無し	無し
10	15.0	9.0			砂堆積	無し	C 吸出し
11	20.0	12.0			砂堆積	③-a 移動	C 吸出し
12	25.0	15.0			砂堆積	④-a 移動	AC 吸出し
13	10.0	6.0			砂堆積	無し	無し



図Ⅱ-4.12.2.4 CASE-2の実験結果

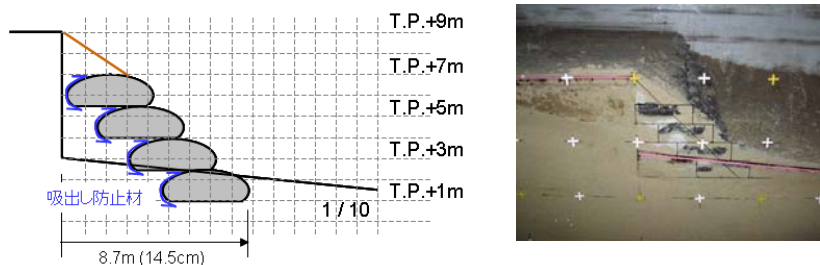
(3) CASE-3 : 高さ1.5m, 4段, 勾配1:1.0

CASE-3のサンドバックの積層条件を表Ⅱ-4.12.2.5に、積層方法を図Ⅱ-4.12.2.5に示す。CASE-3では、サンドバックを4段、勾配1:1.0で積層した。CASE-1のサンドバックが抜け出した結果を踏まえて、サンドバックの勾配を緩くした。実験結果を表Ⅱ-4.12.2.6、図Ⅱ-4.12.2.6に示す。サンドバックはいずれの波高でも移動や抜け出しは発生しなかった。サンドバック背面土は、波高15cm(9m)で土槽とサンドバックとの境界の図Ⅱ-4.12.2.6におけるCの部分で吸出しが発生し、波高25cm(15m)でサンドバックと土槽の境界(A,C)、サンドバック同士の突合せ部(B)で吸出しが発生した。サンドバックの積層勾配を緩くすることで、サンドバックに与える波浪外力は小さくなることから構造物としての安定性は向上することがわかった。

表Ⅱ-4.12.2.5 CASE-3の積層条件

	模型寸法	単体質量	数量	勾配
1段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2袋	1:1.0
2段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2袋	
3段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2袋	
4段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2袋	

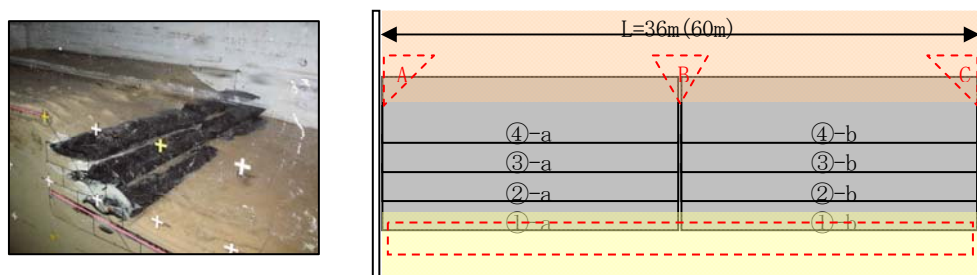
※ 模型寸法括弧内は実スケール換算



図Ⅱ-4.12.2.5 CASE-3の積層方法

表Ⅱ-4.12.2.6 CASE-3の実験結果

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			
14	2.0	1.2	1.93	14.9	砂堆積	無し	無し
15	5.0	3.0			砂堆積	無し	無し
16	10.0	6.0			砂堆積	無し	無し
17	15.0	9.0			砂堆積	無し	C吸出し
18	20.0	12.0			砂堆積	無し	AC吸出し
19	25.0	15.0			砂堆積	無し	ABC吸出し
20	10.0	6.0			砂堆積	無し	無し



図Ⅱ-4.12.2.6 CASE-3の実験結果

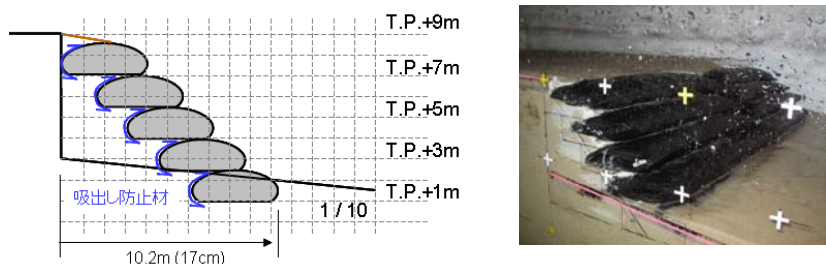
(4) CASE-4：高さ1.5m，5段，勾配1：1.0

CASE-4 のサンドバックの積層条件を表Ⅱ-4.12.2.7 に、積層方法を図Ⅱ-4.12.2.7 に示す。CASE-4 では、CASE-3 のサンドバック背面の吸出しを抑制させるためにサンドバックを5段、勾配1:1.0で積層した。実験結果を表Ⅱ-4.12.2.8、図Ⅱ-4.12.2.8 に示す。サンドバックはいずれの波高でも移動や抜け出しは発生しなかった。サンドバック背面土は、波高25cm(15m)でサンドバック同士の突合せ部の図Ⅱ-4.12.2.8におけるBの部分で吸出しが発生したが、それ以外では発生しなかった。以上より、サンドバックの積層勾配を緩くすることで構造物としての安定性は向上し、積層高さを高くすることで背面土の吸出しが抑制されることがわかった。

表Ⅱ-4.12.2.7 CASE-4の積層条件

	模型寸法	単体質量	数量	勾配
1 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	1 : 1.0
2 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	
3 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	
4 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	
5 段目	H2.5cm×W6.7cm×L30cm (H1.5m×W4.0m×L18m)	754g	2 袋	

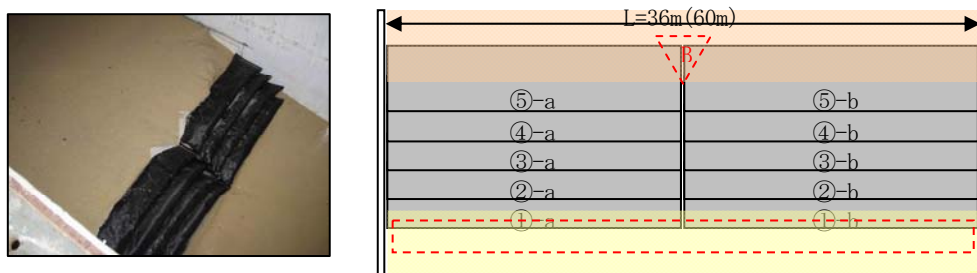
※ 模型寸法括弧内は実スケール換算



図Ⅱ-4.12.2.7 CASE-4の積層方法

表Ⅱ-4.12.2.8 CASE-4の実験結果

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			
21	2.0	1.2	1.93	14.9	砂堆積	無し	無し
22	5.0	3.0			砂堆積	無し	無し
23	10.0	6.0			砂堆積	無し	無し
24	15.0	9.0			砂堆積	無し	無し
25	20.0	12.0			砂堆積	無し	無し
26	25.0	15.0			砂堆積	無し	B 吸出し



図Ⅱ-4.12.2.8 CASE-4の実験結果

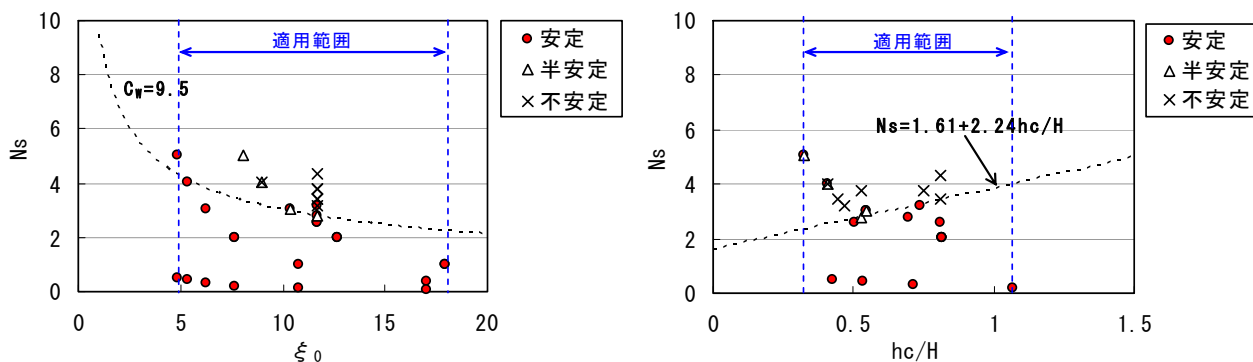
(5) まとめ

本実験より、得られた結果は以下に整理する。

- ・ 洗掘再現として法先を掘削してケースを行ったが、掘削部が逆に堆積する結果となった。
- ・ CASE1とCASE2より、補強材で巻き込むことによりサンドバックの前出しを抑制するが効果ある。
- ・ 勾配1:0.6の場合、下から3段目（T.P. 4m～5.5m）のサンドバックが最も波の影響（波圧）を受けやすい。
- ・ CASE1とCASE3より、勾配を1:1.0に緩くすることによってサンドバックの安定性が向上する。
- ・ CASE3とCASE4より、下から5段目（T.P. 7m～8.5m）までサンドバックを設置することにより、浜崖の侵食を抑制できる。
- ・ サンドバックが移動するのは、背面土の吸出しが起こってからであることが確認された。
- ・ 最上段の袋材と袋材の繋ぎ目は侵食されやすいため、吸出し防止材等を巻きつけるなどの工夫が必要である。

(6) 波浪安定性

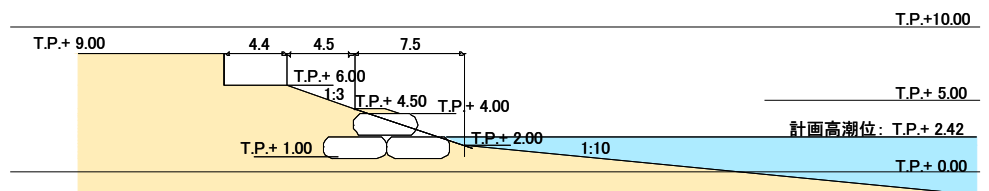
図Ⅱ-4.12.2.9に水理模型実験での安定数 N_s とサーフ・シミュリティパラメータ ξ_0 の関係および N_s と水面からの天端高 hc の関係を示す。これより前浜勾配1:10の海岸の陸上に、もたれ式積層で設置した場合の N_s 値は、 $9.5/\sqrt{\xi_0}$ および $1.61+2.24hc/H$ で示されることが確認された。



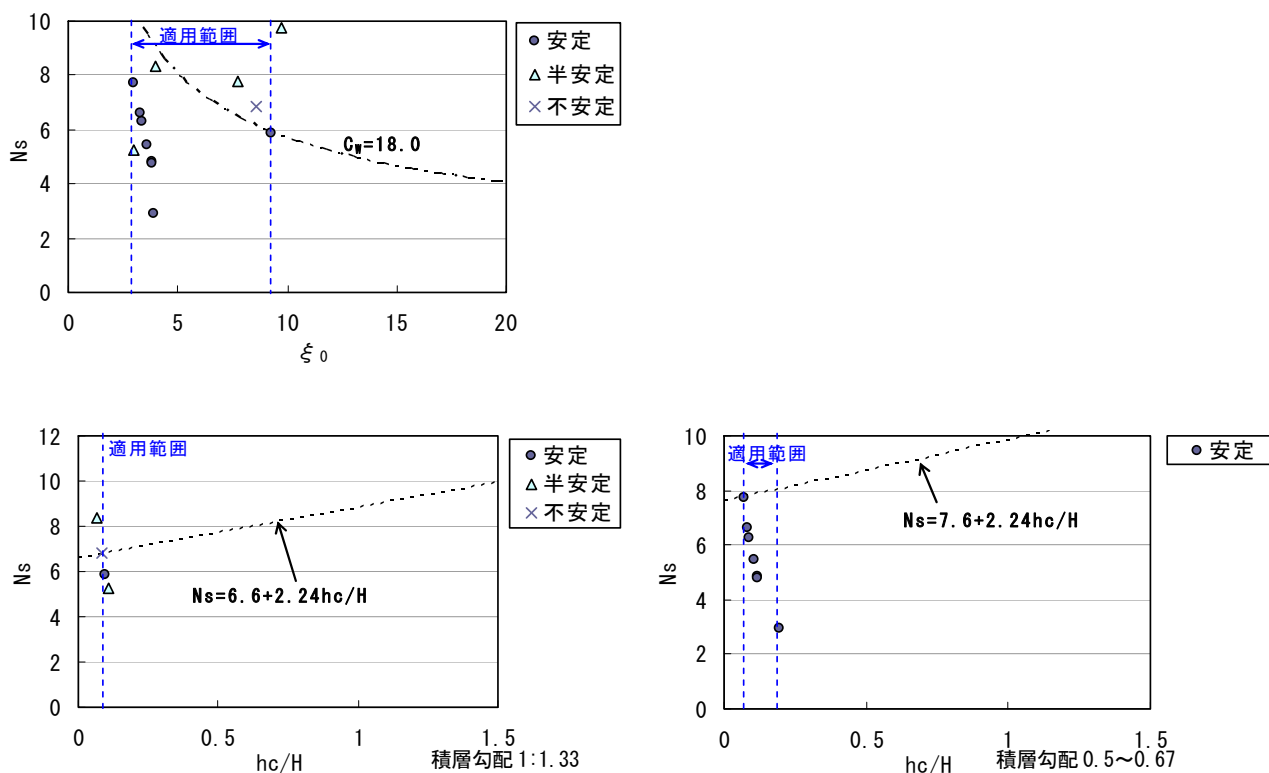
※ 実験結果には「浜崖後退抑止工の波浪安定性についての水理模型実験および現地試験、土木学会論文集B2（海岸工学）、Vol. 69、No. 2、2013」の結果を含む

図Ⅱ-4.12.2.9 もたれ式積層での水理模型実験におけるサンドバックの安定性

また、図Ⅱ-4.12.2.10に追加実験を行ったサンドバック自立式積層での水理模型実験断面を、図-Ⅱ-4.12.2.11に水理模型実験における N_s と ξ_0 の関係および N_s と hc の関係を示す。これより前浜勾配1:10の海岸の陸上に、自立式積層で設置した場合の N_s 値は、 $18/\sqrt{\xi_0}$ および積層勾配1:1.33において $6.6+2.24hc/H$ 、積層勾配1:0.5~0.67において $7.2+2.24hc/H$ で示されることが確認された。



図Ⅱ-4.12.2.10 自立式積層における水理模型実験概要図（数値はm単位）



図Ⅱ-4.12.2.11 自立式積層での水理模型実験におけるサンドバックの安定性

Ⅱ－４．１３ 大磯海岸現地試験

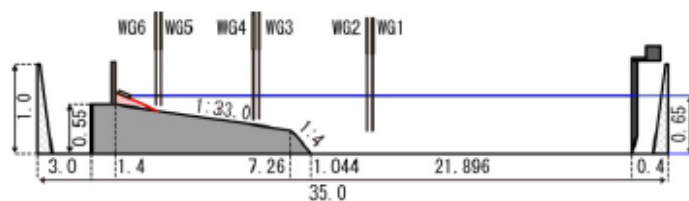
Ⅱ－４．１３．１ 概説

2010年11月～2011年4月に神奈川県大磯町の大磯海岸においてサンドバックの現地試験施工を実施した。本試験施工は、現地で検討中の漂砂制御施設の形状についての基礎データを得るために、その上部構造を模倣した突堤型のサンドバックを設置・撤去することによって、施工方法および撤去方法、現地の波浪に対する安定性、摩耗に対する耐久性等を確認することを目的に実施した。

Ⅱ－４．１３．２ サンドバックの仕様

大磯海岸は、海底の勾配が急で、高波による侵食が発生しやすい地形であり、2007年9月には台風9号の影響で大規模な海岸侵食が発生した場所である。そこで現地試験施工にあたっては、少なくとも設置期間中の波浪によって沖に流出して漁業の障害とならないこと、現地の砂礫による摩耗で破損しない耐久性を有することを条件としてサンドバックの仕様を決定した。

波浪に対する安定性については、大磯海岸における波浪外力に耐えられる袋詰め工の形状を把握するため、(株)建設技術研究所の二次元造波水路にて水理模型実験を実施した。図Ⅱ-4.13.2.1に実験水路の概要図を示す。まず波浪によって沖に流出しないサンドバック形状を模索するために、実験縮尺1/30にて、設置期間（11月～4月）の過去15年間の既往最大波浪を想定した不規則波（ $H_{1/3}=5.9\text{m}$ ， $T_0=10.2\text{s}$ ）で模型実験を実施した。表Ⅱ-4.13.2.1に模型緒元を示す。円筒型単体（ケースB-1）では転動・滑動によって1m以上の滑動と転動を繰り返したが、沖合へ流出してしまうことはなく、性能3は確保されていた。更に、これを3本連結させることで、波浪に耐えられるものとなることが確認された（ケースB-2）。ケースB-3は沖側先端をU字に配置したが、むしろ先端部の浮き上がりを助長する結果となった。さらに追加で、台風が襲来する夏季の波浪にも耐えられることを確認するため、実験縮尺1/40にて、2007年の大磯バイパス被災時の波浪（ $H_{1/3}=6.1\text{m}$ ， $T_0=14.2\text{s}$ ）および過去15年間の既往最大を想定した波浪（ $H_{1/3}=6.6\text{m}$ ， $T_0=14.2\text{s}$ ）で模型実験を実施した。図Ⅱ-4.13.2.2に実験状況を、表Ⅱ-4.13.2.2に模型緒元を示す。 $H_{1/3}=6.1\text{m}$ については正面からの入射としたが、 $H_{1/3}=6.6\text{m}$ については斜め25度からの入射とした。チューブ型のサンドバック単体では、転動・滑動によって沖合移動してしまうが、これを3本連結させることで波浪に耐えられるものとなることが確認された。その結果、大磯海岸における袋詰め工が設置期間中の波浪に耐えるためには、幅8m、長さ12m、高さ1.5m以上の一体構造とする必要があることがわかった。そこでサンドバックは、チューブ型のサンドバックを3本連結し、幅14m、長さ15m、高さ1.5mの大きさとした。






図Ⅱ-4.13.2.1 実験水路の概要図




図Ⅱ-4.13.2.2 二次元造波水路による水理模型実験状況

表Ⅱ-4.13.2.1 模型緒元（現地スケール）

Case	B-1	B-2	B-3
			
構造	円筒型単体	円筒型を3本連結	円筒型2本で沖側がU字型
幅 (m)	4.0	12.0	12.0
長さ (m)	15	15	15
高さ (m)	1.5	1.5	1.5
重量 (t)	80	230	273

表Ⅱ-4.13.2.2 模型緒元（現地スケール）

Case	サンドパックB
沖岸	
構造	円筒型3本連結
幅 (m)	14
長さ (m)	15
高さ (m)	1.5
重量 (t)	306

Ⅱ－４.13.3 サンドパックの施工

施工は、水槽に中詰材と水を混合して流動化させた状態でサンドポンプにて圧送充填する方法を採用した。大磯海岸は礫も混じった砂礫海岸で、その粒度組成は 5mm～20mm が大半を占めており、バーム頂部では 19mm 以上の大礫が多く堆積している。このような砂礫材をサンドポンプにて圧送充填するにあたり、事前に充填試験を実施した。その結果、6 吋 11kW のサンドポンプでは揚水能力の不足によって中詰材に含まれる礫分を圧送することが困難であった。また、サンドポンプの通過径 30mm 以上の大礫がポンプに詰まることによって更に揚水能力の低下を引き起こすことがわかった。そこでサンドポンプは 6 吋 22kW の強制攪拌型サンドポンプを選定し、中詰材は図Ⅱ-4.13.3.1 に示すようにサンドポンプの通過径 60mm を考慮してスケルトンバケットにて現地海岸の砂礫のうち 30mm 以上の礫を取り除いて使用することとした。施工は現地海岸から水中ポンプにて海水を水槽に汲み上げ、バックホウにて中詰材を水槽内に投入し、水槽内に設置したサンドポンプにて中詰材と海水を圧送した。施工状況を図Ⅱ-4.13.3.2 に示す。サンドパックは、汀線からバームまで岸沖方向に勾配 1/20、現地盤より+0.7m の高さで設置する計画であった。そこで最初に現地盤より深さ-0.8m、勾配 1/20 で床掘りした。次に床掘り面に連結材と袋材を敷設後、中央の袋材から中詰材の充填を実施した。袋材には充填口を設けており、サクシオンホースを介してこの充填口から中詰材が圧送充填され、充填と脱水を繰り返して袋材の高さを 1.5m とした。充填後、充填口はロープで縛り、袋材の外周に図Ⅱ-4.2.1.2 の外側-1 を巻き付けた後、3 体の袋材をジオグリッドで連結した。最後に袋材の周辺を現地盤高さまで埋め戻し、施工が完了した。

施工日数は、準備工として中詰材の粒度調整に 2.5 日と床掘りに 0.5 日の計 3 日、充填工としてサンドポンプによる中詰材充填に 1.5 日と袋材と連結材の敷設、連結等に 0.5 日の計 2 日であった。今回、準備工として約 200 m³ の粒度調整を 2.5 日かけて実施した。本工程が全体の約半分を占めたこととなるが、砂海岸での適用であれば粒度調整を必要としないために更に短期間の施工が可能となる。今後は砂礫海岸での適用においても粒度調整を必要としない充填方法、またはポンプの選定等が課題である。



(a) スケルトンバケット



(b) フレイ作業

図Ⅱ-4.13.3.1 中詰材の粒度調整状況



(a) 袋材の敷設



(b) 中詰材の充填(1)



(c) 中詰材の充填(2)



(d) 中詰材の充填(3)



(e) 外側袋材（外側-1）の設置

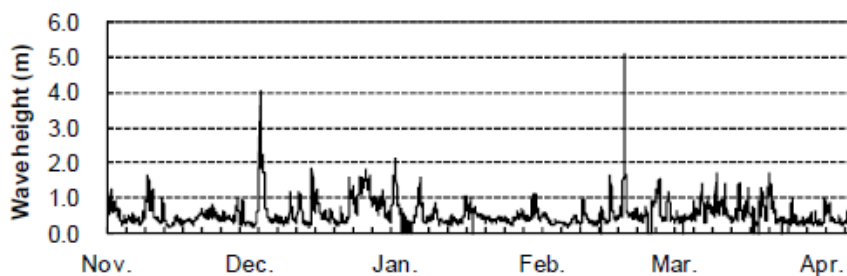


(f) 施工完了

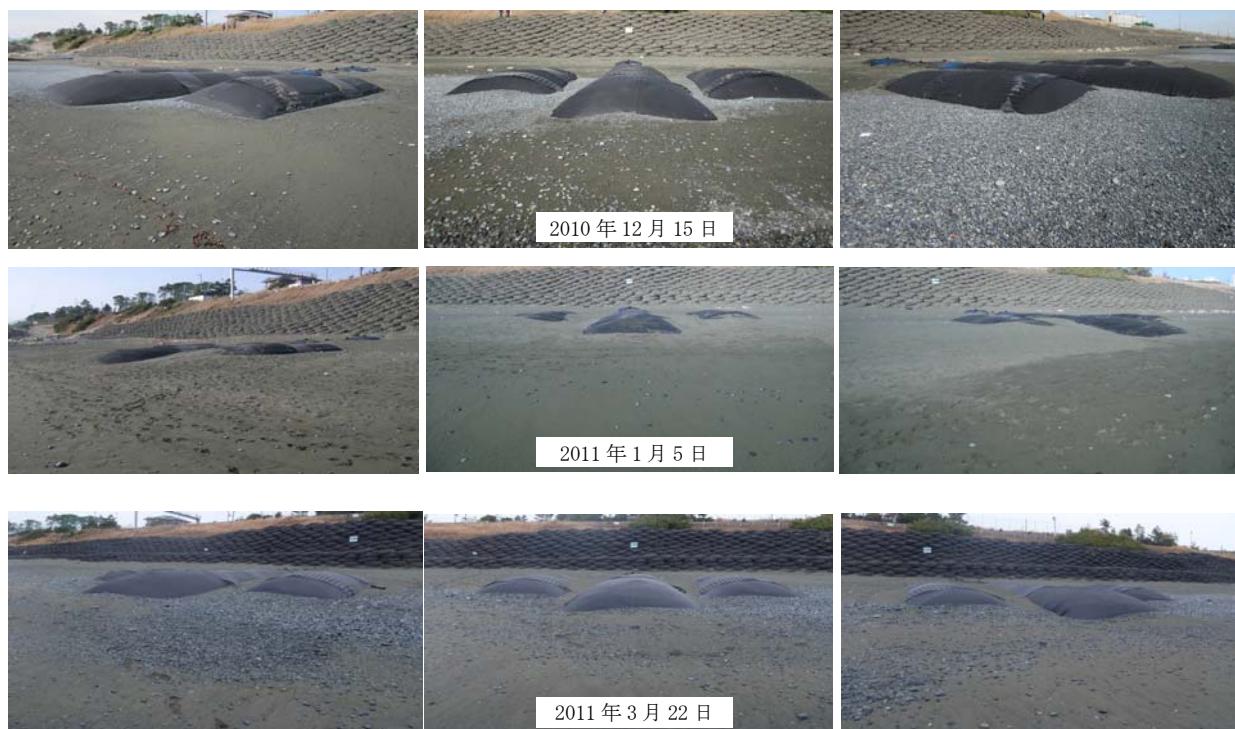
図Ⅱ-4. 13. 3. 2 サンドバックの施工状況

Ⅱ－４. 1 3. 4 サンドバックの経過観察

サンドバックは2010年11月に設置を完了し、2011年4月に解体撤去した。その間の約4ヶ月間のサンドバックの設置後状況については、1週間に1回の定期観測を実施し、サンドバックの変形や移動、袋材の摩耗や破損の有無について確認した。また、サンドバック周辺の砂礫の堆積状況についても、波高データとともに経時的に観測した。図Ⅱ-4. 13. 4. 1は神奈川県平塚沖における2010年11月から2011年4月までの波高データである。12月3日に最大波高4.06m ($T_0=6.1s$)、2月20日に最大波高5.13m ($T_0=5.9s$)の大きな波高が観測されている。また、12月下旬と3月中旬には連続して波高1.5m以上が観測されている。図Ⅱ-4. 13. 4. 2は12月15日、1月5日、および撤去解体前の3月22日の状況である。サンドバックの周辺には砂礫が堆積する傾向にあり、1月5日の段階では砂礫の堆積が顕著に現れた。その後、波浪によってサンドバック周辺の堆積は増減を繰り返した。これらの波浪に対してサンドバック自体の移動は確認されておらず、安定した構造体であったといえる。また、袋材には摩耗や破損は確認できなかった。



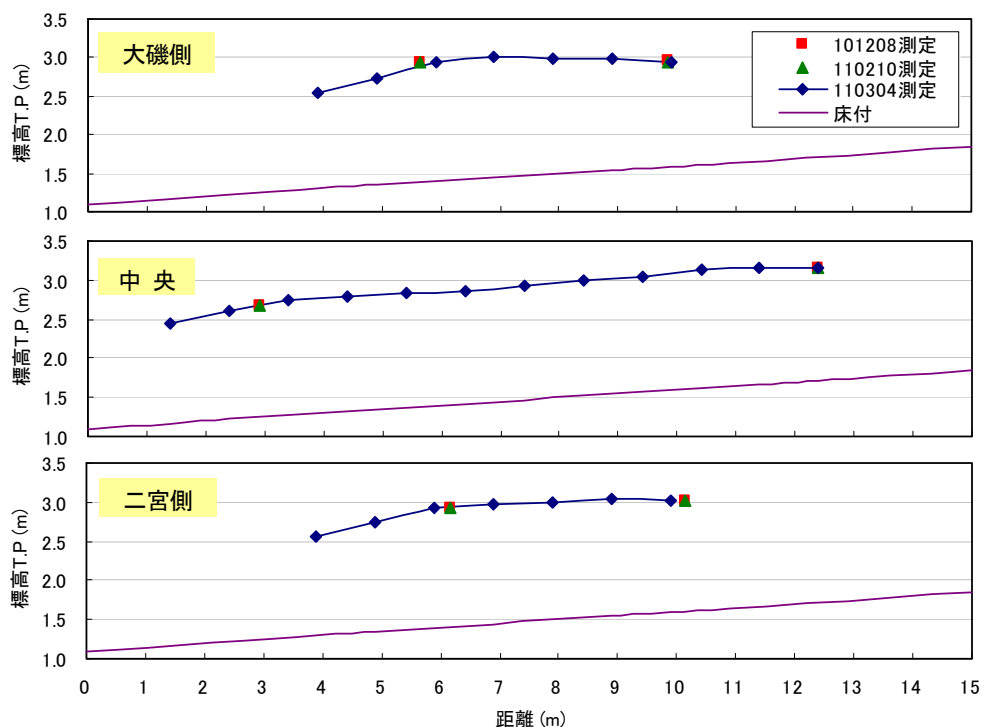
図Ⅱ-4.13.4.1 平塚沖における波高データ



図Ⅱ-4.13.4.2 サンドバックおよび周辺地盤の経時変化状況

図Ⅱ-4.13.4.3はサンドバック天端の高さ計測結果である。測定は12月8日、2月10日、3月14日の3回実施した。ここでは、サンドバックの3本それぞれの天端高を岸沖方向に計測した結果である。また、12月8日と2月10日は各測線について岸側端と沖側端の2点のみの計測結果である。これより、12月8日以降、サンドバックの各天端高さは大きく変化していないことがわかる。あわせて、各サンドバックは岸沖方向にほぼ均一の天端高さを維持している。ここで、サンドバックの設置床付け面は1/20の勾配で掘削したことから、この床付け面高さとサンドバック天端高さの差分をサンドバックの充填高さと考え、充填高さは平均で1.465mとなる。施工は、出来形管理としてサンドバックの充填高さが1.5mとなるまで中詰材を充填したことから、施工完了の11月30日から高さ計測を行った12月8日までの間に平均3.5cmの沈下が発生したこととなる。この沈下は、図Ⅱ-4.13.4.1の波高データにおける12月3日の高波浪によるサンドバックの水締めにより、中詰材が更に締め固まったことによる圧縮沈下であると考えられる。サンドポンプによる中詰材の圧送充填は、ポンプの揚水能力に起因する中詰材の圧送による締め固めと、充填と脱水の繰り返しによる中詰材の水締めによってかなりの締め固め密度を確保できる施工方法である。したがって、施工完了後の高さ変化も小さかったものとする。ここで、後述するサンドバックの解体撤去時に実施した中詰材の砂置換法による密度試験では、中詰材密度は $\gamma_d=1.86\text{g}/\text{cm}^3$ であった。また、密度試験の際に採取した中詰材にて別途実施した土の締

固め試験(JIS A 1210)では、本中詰材の最大乾燥密度は $\gamma_{\text{dmax}}=1.95\text{g/cm}^3$ であった。これより、サンドバックの中詰材は締固め度 96%と非常に締固まった状態であったことがわかる。



図Ⅱ-4.13.4.3 サンドバックの高さ計測結果

サンドバック設置から解体撤去までの間の約4ヶ月間、波浪に対してサンドバック自体の移動や袋材の摩耗や破損は確認できなかった。しかし、3体の袋材を連結したジオグリッドは、十分に緊張された状態で連結させることが出来ず、図Ⅱ-4.13.4.4に示すように供用期間中の12月3日の最大波高4.06m ($T_0=6.1\text{s}$)の大きな波高によって露出し、弛んだ状態となった。また注入口付近では、ポンプ充填施工時に空洞部が発生したため、トランポリンのような状態となった。弛んだジオグリッドの破断やトランポリン状態となった空洞部の袋材の破損等は発生しなかったが、今回の現地試験で明らかとなった課題である。なお、トランポリン状の空洞部については、後述する宮崎海岸においては、図Ⅱ-4.13.4.5に示すように後から砂を補充する処理を行った。



図Ⅱ-4.13.4.4 ジオグリッドの弛み状況



図Ⅱ-4.13.4.5 注入口の処理

Ⅱ－４.13.5 サンドバックの解体撤去

サンドバックの解体撤去に先立ち、砂置換による中詰材の密度試験、採取した中詰材の締固め試験、サンドバックからサンプリングした袋材の引張試験を実施した。図Ⅱ-4.13.5.1に解体撤去時の試験状況を示す。中詰材の密度については、上述の通り締固め度 96%と非常に締固まった状態であることがわかった。袋材の引張強度については、波浪による磨耗が最も懸念されるサンドバックの海側先端部においても外側の袋材（外側-1）が初期強度に対する強度保持率として88%以上、内側の袋材も強度保持率88%以上であった。その結果を図Ⅱ-4.13.5.2に示す。外側においては摩耗による袋材繊維表面の毛羽立ちは確認できなかった。内側の袋材の強度低下については、摩耗による強度低下というよりは、これまでの摩耗促進試験等で確認されている袋材繊維内への土粒子の混入に起因するものと考えられる。

サンドバックの解体撤去は、あらかじめ袋材にハサミで切り込みを入れ、バックホウにて中詰材を取り出した。中詰材を取り出し後、バックホウにて袋材を吊上げ、袋材に付着した砂を振るい落とし、うえて搬出した。図Ⅱ-4.13.5.3にサンドバックの解体撤去状況を示す。施工時間は、サンドバックの解体撤去に3時間、袋材の片付けに1.7時間であった。従来のコンクリート製海岸保全施設に対し、設置や撤去が明らかに容易な工法であることがわかる。最近では養浜の際の補助施設のように移設・撤去の容易さが求められる場面も増えてきていることから、サンドバック工の優位性を示すひとつの特徴であるといえる。

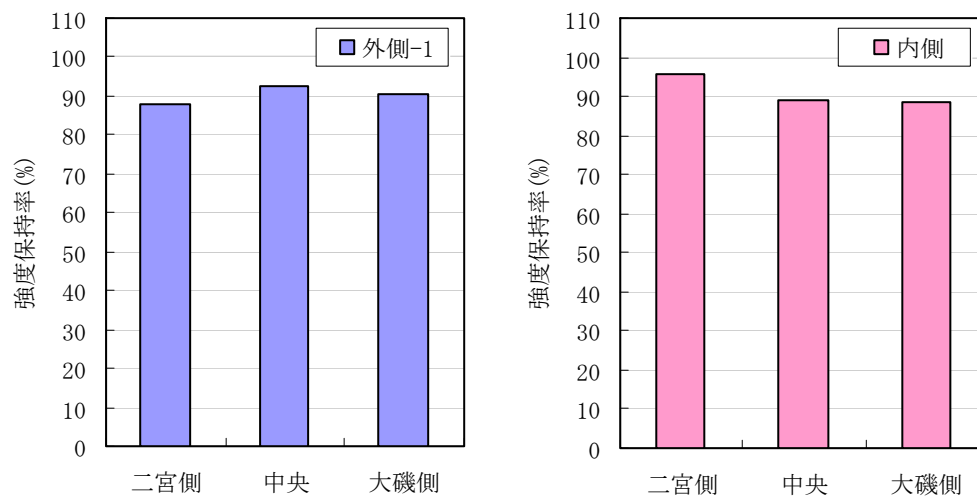


(a) 砂置換法による密度試験



(b) 中詰材の充填状況

図Ⅱ-4.13.5.1 サンドバック解体撤去時の試験状況



図Ⅱ-4.13.5.2 採取した袋材の引張試験結果

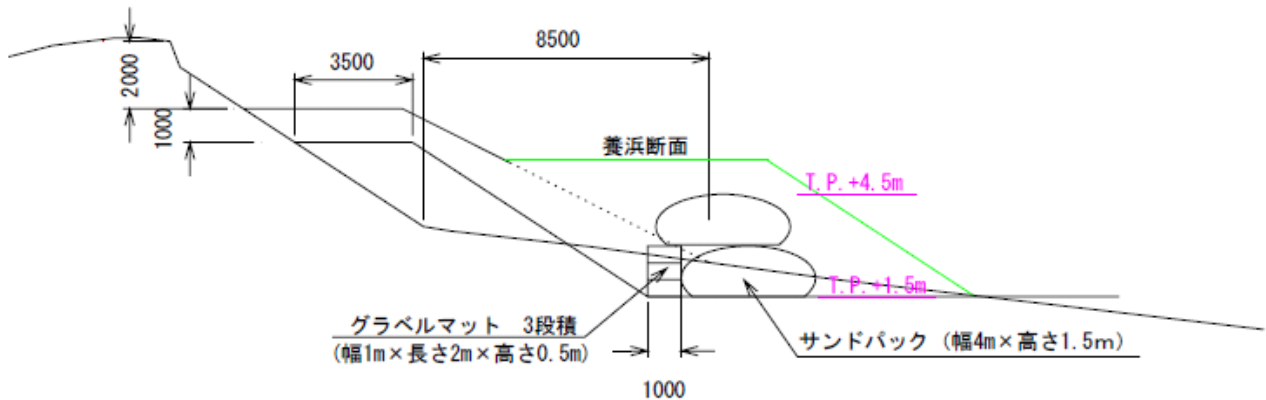


図Ⅱ-4.13.5.3 サンドバック解体撤去状況

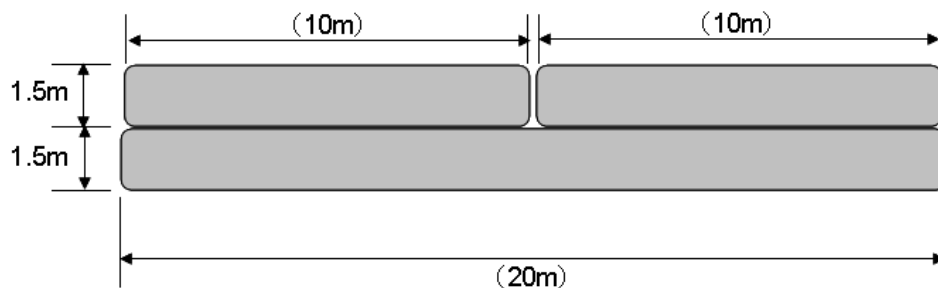
Ⅱ－４．１４ 宮崎海岸現地試験

Ⅱ－４．１４．１ 概説

2012年2月～2013年2月に宮崎海岸においてサンドバックの現地試験施工を実施した。本試験施工は、サンドバックによる高波浪時の養浜保護効果、砂浜海岸での施工性の確認を目的に実施した。サンドバックは幅4m、高さ1.5mを勾配1:0.5で2段積みとした。サンドバックの長さは1段目が20m、2段目が10mの2体とし、サンドバック同士の突合せ部の確認も行った。図Ⅱ-4.14.1.1に設置断面図、図Ⅱ-4.14.1.2に設置正面図を示す。サンドバック設置後は、前面に養浜を行った。



図Ⅱ-4.14.1.1 サンドバック設置断面図



図Ⅱ-4.14.1.2 サンドバック設置正面図

Ⅱ－４．１４．２ サンドバックの施工

施工は、大磯海岸での試験施工と同様に、水槽に中詰材と水を混合して流動化させた状態でサンドポンプにて圧送充填する方法を採用した。住吉海岸の粒度組成は 0.1mm～2mm の砂海岸であり、粒度調整をすることなくサンドポンプにて圧送充填することが可能である。施工は現地海岸から水中ポンプにて海水を水槽に汲み上げ、バックホウにて中詰材を水槽内に投入し、水槽内に設置したサンドポンプにて中詰材と海水を圧送した。サンドポンプは 8 吋 37kW の強制攪拌型サンドポンプを使用した。施工状況を図Ⅱ-4.14.2.1に示す。

施工は、計画高さ T.P. +1.5m で床掘りし、床掘り面に図Ⅱ-4.2.2.3 の外側-2 と内側袋材を敷設した。内側袋材には充填口を設けており、サクシオンホースを介してこの充填口から中詰材が圧送充填され、充填と脱水を繰り返して袋材の高さを 1.5m とした。充填後、充填口はロープで縛り、袋材に外側-2 を巻きつけた。その後、サンドバック背面を埋め戻し、1 段目と同じ手順で 2 段目を施工した。2 段目のサンドバック同士の突合せ部は、凹部がなるべく発生しないようにくっつけ、外側-2 を巻きつけた。1 段目、2 段目ともに新たなサンドバックが隣接して設置されることを想定し、外側-2 の両端にはハトメ加工を施した。隣接する新たなサンドバックが設置されるまでの間、図Ⅱ-4.14.2.1(k)のようにハトメ部をロープで結束し、蓋をした。

施工日数は、ポンプや水槽等の設置工に 0.5 日、1 段目袋材の敷設と充填工に 1 日、背面土の埋め戻しに 0.5 日、2 段目袋材の敷設と充填工に 1 日、背面土の埋め戻しとポンプや水槽等の撤去工に 0.5 日の計 3.5 日であった。



(a) 床掘り



(b) 袋材敷設



(c) サンドポンプ設備



(d) 充填状況



(e) 1段目充填終了



(f) 外側袋材巻き込み



(g) 埋め戻し



(h) 2段目袋材敷設



(i) 2段目充填状況



(j) 2段目充填完了



(k) 2段目外側袋材巻き込み

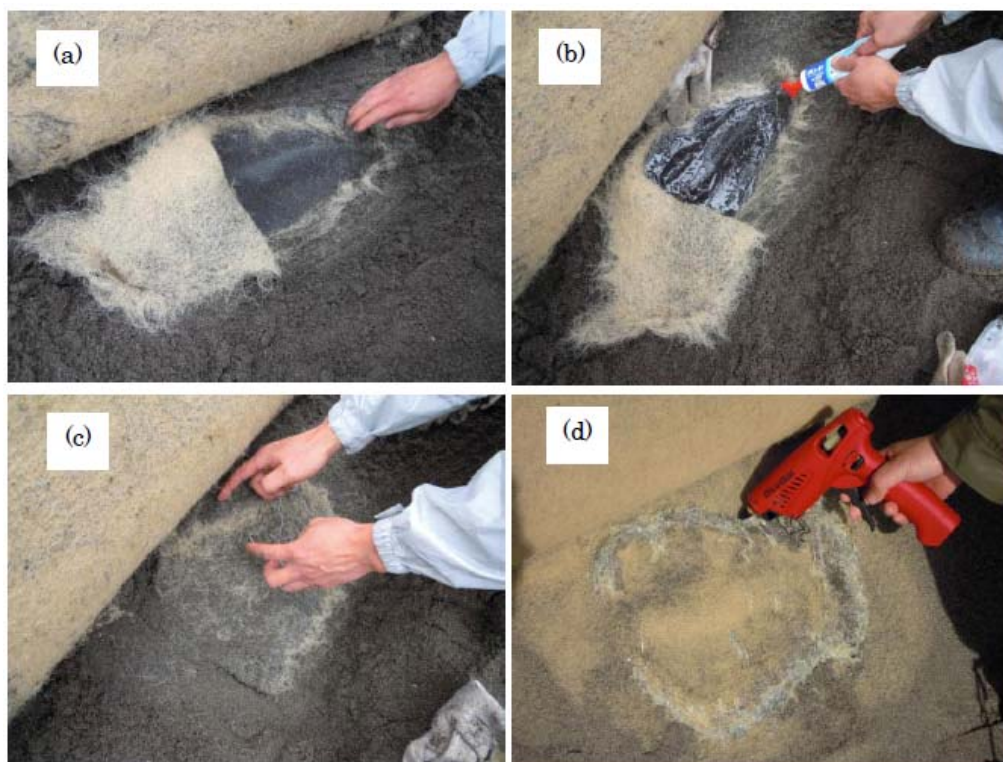


(l) 背面埋め戻し

図Ⅱ-4.14.2.1 サンドパックの施工状況

Ⅱ－４．１４．３ サンドバックの経過観察

サンドバックは2012年2月に設置を完了し、1年後の2013年2月に解体撤去した。設置期間中はサンドバックの変形や移動、袋材の摩耗や破損の有無について観察した。まず、施工時においては、埋め戻し時にサンドバック直上でバックホウのキャタピラが旋回したことで、図Ⅱ-4.14.3.1(a)のように1段目サンドバックの外側-2（不織布＋織布）の不織布の剥がれが確認された。そこで、図Ⅱ-4.14.3.1(b)のように剥がれた不織布と織布の接触面の砂を除去し、接着剤で貼り付けたうえで図Ⅱ-4.14.3.1(c)のように縫製した。更に、図Ⅱ-4.14.3.1(d)のように剥がれた不織布の境界にホットメル트를塗布し、界面剥離を防止する対策を講じた。サンドバック設置期間中の状況を図Ⅱ-4.14.3.2に示す。サンドバック設置後、前面は養浜を行っている。図Ⅱ-4.14.3.2(a)より、5ヶ月後の7月22日の段階ではサンドバックは露出していない。その後、図Ⅱ-4.14.3.2(b)の8月16日の段階で露出し、図Ⅱ-4.14.3.2(c)の9月30日には2段目が完全に露出している。図Ⅱ-4.14.3.2(d)の10月10日には下の1段目まで露出する大きな洗掘が発生しているが、その後堆積し、1段目の埋設と露出を繰り返した。図Ⅱ-4.14.3.2(f)の10月19日では、2段目（上段）サンドバックの外側-2（不織布＋織布）の一部で不織布の剥がれが確認された。現地確認の結果、外側-2の織布には破断等は発生しておらず、不織布だけの剥がれであった。この不織布の剥がれが発生した箇所は、2段目サンドバックの下端で、外側の袋材が十分に内側の袋材に巻きつけられておらず、弛んだ状態であった。弛みのない1段目（下段）ではこのような現象は生じていないことから、シートに弛みがある場合、波浪等の外力による繰り返し折り曲げと伸縮によって織布と不織布が剥離し、更にシート同士の摩擦によって不織布の剥がれが発生したものと考えられる。弛みなく巻きつけることが重要となり、今後の課題である。図Ⅱ-4.14.3.2(h)の2月27日より、設置後1年が経過しても波浪に対してサンドバック自体の変形や袋材の破断は確認されなかった。またサンドバックを設置していない養浜部分は侵食されていたが、サンドバック設置箇所は大きく侵食されていなかったことから、サンドバックの養浜保護効果が確認された。



図Ⅱ-4.14.3.1 外側-2の縫製および接着による補修状況



(a)2012 年 7 月 22 日



(b)2012 年 8 月 16 日



(c)2012 年 9 月 30 日



(d)2012 年 10 月 10 日



(e)2012 年 10 月 12 日



(f)2012 年 10 月 19 日



(g)2013 年 1 月 31 日



(h)2013 年 2 月 27 日

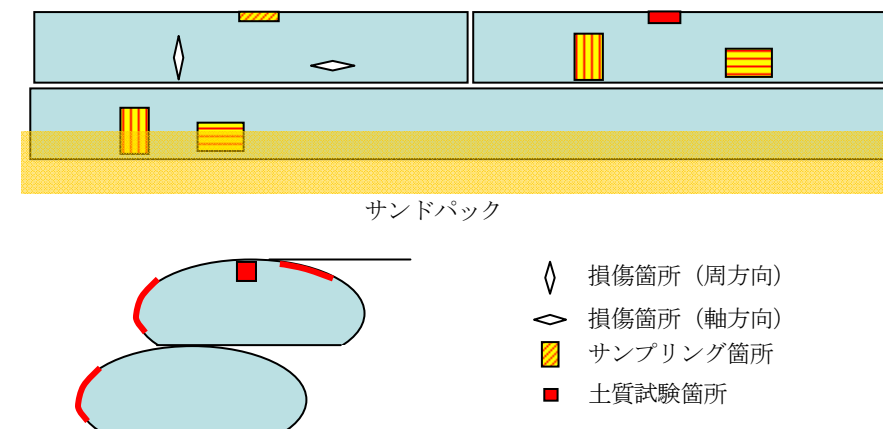
図Ⅱ-4. 14. 3. 2 サンドバックの経時変化状況

Ⅱ－４．１４．４ サンドバックの解体撤去

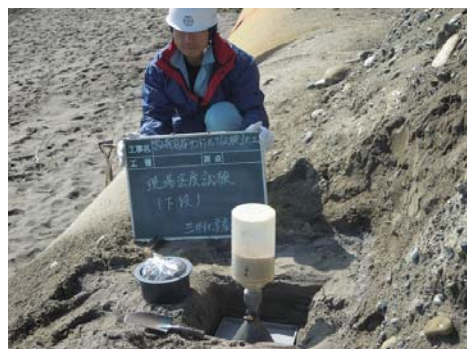
サンドバックの解体撤去に先立ち、砂置換による中詰材の密度試験、採取した中詰材の締固め試験、損傷拡大抵抗性試験、サンドバックからサンプリングした袋材の引張試験を実施した。解体撤去時に実施した試験項目と実施箇所を図Ⅱ-4.14.4.1に、試験状況を図Ⅱ-4.14.4.2に示す。中詰材の密度については、図Ⅱ-4.14.4.2(a)のようにサンドバックの上段（天端表層部）1測点、下段（天端から深さ約20cm）1測点で測定した。その結果、サンドバックの中詰材密度は、上段が $\rho_d=1.475\text{g/cm}^3$ （締固め度94.1%）、下段が $\rho_d=1.512\text{g/cm}^3$ （締固め度96.4%）であり、非常に締固まった状態であることがわかった。

次に、Ⅱ-4.7 損傷拡大抵抗性試験と関連し、実際に設置したサンドバックの一部に損傷が生じた場合、その損傷部が拡大しないかを確認するための現地損傷拡大抵抗性試験を実施した。試験は、図Ⅱ-4.14.4.2(b)のように袋材の表面をスプレーで着色し、着色部にカッターで50cm程度の切り込みを縦と横で入れ、切り込み長さと幅を経時的に測定した。その結果、損傷部（切り込み幅50cm）は拡大せず、図Ⅱ-4.14.4.2(c)、(d)のように20時間後でも拡大しないことが確認できた。袋材の引張強度については、埋設と露出を繰り返した1段目、2012年9月から約半年間露出していた2段目、設置期間中露出せずに波浪や紫外線の影響をほとんど受けていない天端の3箇所から、袋材の周方向、軸方向で採取し、JIS L 1096に準拠した引張試験で得た現地暴露後の引張強度を初期強度で割って強度保持率で比較した。その結果を図Ⅱ-4.14.4.3に示す。試験結果はバラツキのあるものの、外側-2はほとんど強度低下していない。内側の袋材については、周方向で若干強度が低下しており強度保持率92%であった。しかし露出していない天端部が93%とほとんど差がないことから、波浪による摩耗劣化および気象劣化に起因するものではなく、これまでの摩耗促進試験等で確認されている袋材繊維内への土粒子の混入に起因するものと考えられる。

各種試験終了後、バックホウにて袋材を解体、吊上げ、袋材に付着した砂を振るい落とししたうえで搬出した。施工時間は、サンドバックの解体撤去に1日、袋材の片付け搬出に1日の計2日であり、従来のコンクリート製海岸保全施設に対し、設置や撤去が明らかに容易な工法であることがわかる。サンドバック工の優位性を示すひとつの特徴であるといえる。



図Ⅱ-4.14.4.1 解体撤去時の試験実施箇所



(a) 砂置換法による密度試験



(b) 損傷拡大抵抗性試験：縦と横に 50cm 切



(c) 損傷拡大抵抗性試験（縦）：20hr 後拡大



(d) 損傷拡大抵抗性試験（横）：20hr 後拡大

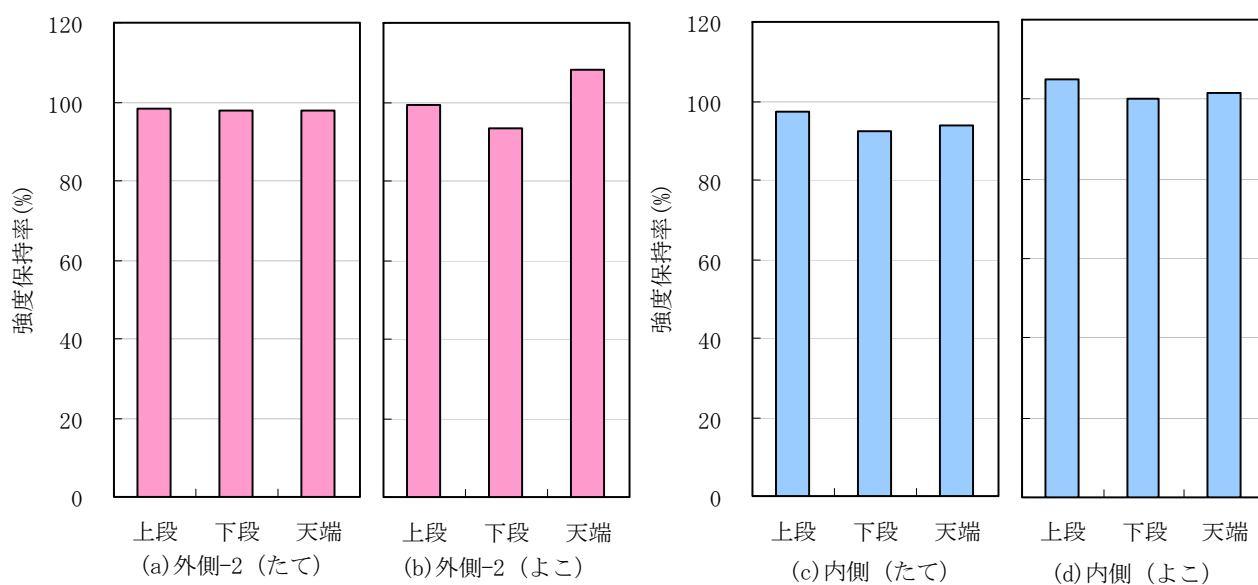


(e) 引張試験用サンプルの採取



(f) 試験用サンプル採取後

図Ⅱ-4. 14. 4. 2 解体撤去時の確認試験状況



図Ⅱ-4. 14. 4. 3 採取した袋材の引張試験結果

Ⅱ－４．１４．５ 現地試験を踏まえた課題と対策について

2012 年 2 月から 1 年間実施した宮崎海岸での現地試験を通じ、いくつかの課題が明らかとなった。各課題と原因、その対策について表Ⅱ-4.14.5.1 に示す。また課題についてはその状況を図Ⅱ-4.14.5.1 に示す。

表Ⅱ-4.14.5.1 現地試験を踏まえた課題と対策

	課 題	原 因	対 策
課題①	供用時、外側袋材（不織布＋織布）の弛み部で不織布の剥がれが発生した。 【課題①-1】	外側袋材を均等に巻きつけることが出来ず、シート弛み部が波浪による繰返し折り曲げと伸縮によって織布と不織布が剥離した。	内側袋材と外側袋材を事前にロープ結束して一体化させた状態で施工することで弛みの発生を抑制
	充填後内側袋体への外側袋材の巻き込みに重機による吊り上げが必要であった。 【課題①-2】	充填後の高さ 1.5m の内側袋体により外側袋材を人力で持ち上げ、巻き込むことが困難であった。	内側袋材と外側袋材を一体化させた状態で内側袋材を充填。充填後に残り背面側の外側袋材を巻き込むことで重機は不要。※施工性向上
	外側袋材の敷設に手間と時間を要した。 【課題①-3】	ハトメ加工を施した 3.8m×10m の外側袋材を現地でロープ結束し、1 枚(22m×10m)の外側袋材を現地で作製した。	事前に外側袋材を工場で縫製して 1 枚(20m×10m)の外側袋材とし、内側袋材と結束された状態で現地に搬入する。 ※施工性向上
課題②	設置直後および供用時、外側袋材（不織布＋織布）表面の不織布に毛玉が発生した。	不織布が下地の織布と十分に絡み合っていない、水流でも不織布だけが抜けて毛玉が発生した。	外側袋材の不織布のかみ合わせを密にし、更にシート裏表面にヒート加工を施すことで抜けの発生を抑制



(a) 課題①-1：外側袋材の弛み



(b) 課題①-2：外側袋材の巻き付け状況



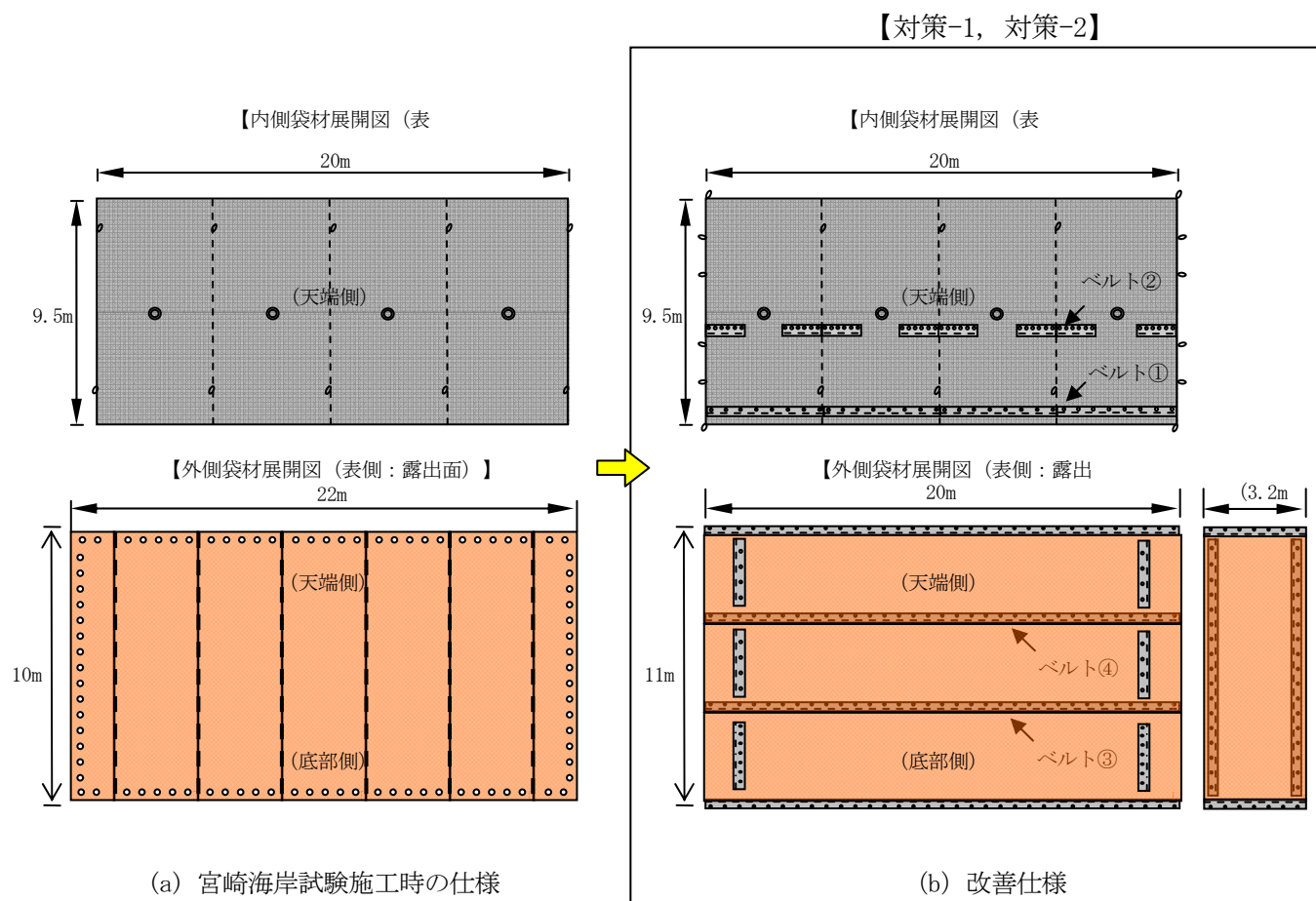
(c) 課題①-3：外側袋材同士のロープ結束



(d) 課題②：不織布の毛玉

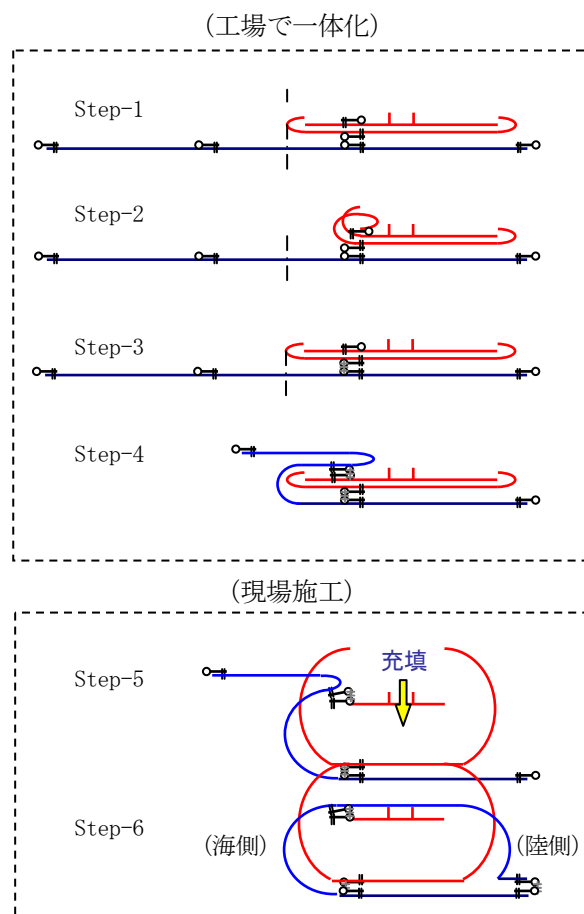
図Ⅱ-4.14.5.1 現地試験で明らかとなった課題

現地試験を踏まえた改善対策として、図Ⅱ-4.14.5.2に示すように内側袋材と外側袋材のそれぞれに穴あきベルトを取り付け、工場の生産段階でロープ結束して一体化させる。これにより、図Ⅱ-4.14.5.3に示すように現場でのロープ結束による作業が省略され、かつ弛みなく外側袋材を巻き付けることが可能となる。また、隣接するサンドパックとの突合せ部には、サンドパック充填後に外周を突合せ用外側袋材で巻き込むことで、施工順序の影響を受けない施工が可能となり、かつロープ結束も簡易となるために施工性も向上する。図Ⅱ-4.14.5.4に改善仕様のサンドパックの概要図を示す。



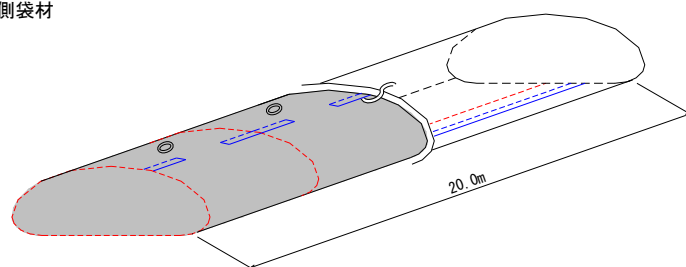
図Ⅱ-4.14.5.2 現地試験で明らかとなった課題に対する改善仕様

【対策-1, 対策-1'】

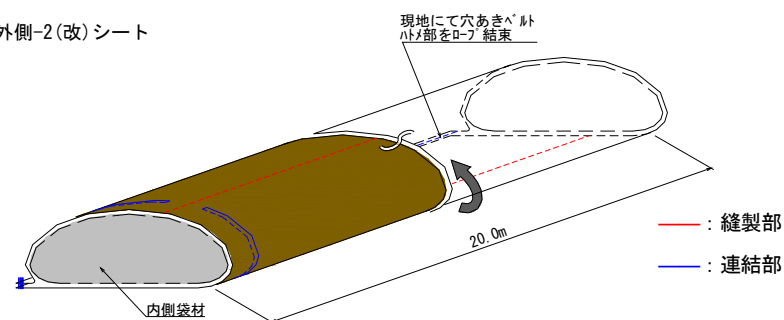


図Ⅱ-4.14.5.3 改善仕様の施工手順

内側袋材



外側-2(改)シート



図Ⅱ-4.14.5.4 改善仕様のサンドパック概要図

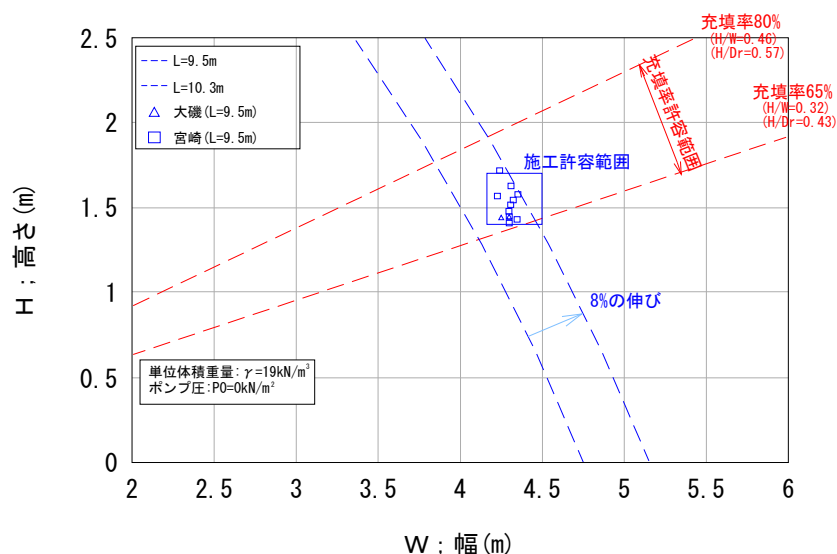
Ⅱ－４．１５ 実物大実験に基づくサンドバックの施工許容範囲の設定

サンドバックを施工するにあたっては、使用するサンドバックの一つ一つの充填率管理を適切に管理することが必要となるが、サンドポンプを用いて中詰材を充填する際にはポンプによる圧力が加わりサンドバックの断面が大きくなるので、正確な充填率を把握しながら施工するのは難しい。そのため、現地試験実績値から充填率許容範囲 65～80%となる高さと幅を計測し、許容範囲を定める。表Ⅱ-4. 15. 1 および図Ⅱ-4. 15. 1 に大磯海岸施工試験および宮崎海岸施工試験における充填率許容範囲での高さの計測結果を示す。計測結果より、サンドバックの許容範囲を高さ 1.45m～1.7m、幅 4.1m～4.5m とする。

表Ⅱ-4. 15. 1 現地現地試験に基づくサンドバックの高さと幅の計測結果

大磯海岸施工試験 測定箇所	高さ (m)	幅 (m)
左 側	1.45	4.30
中 央	1.45	4.25
右 側	1.45	4.25

宮崎海岸施工試験 測定箇所	高さ (m)	幅 (m)
下 段	1.55	4.32
	1.63	4.31
	1.57	4.35
	1.54	4.33
	1.72	4.24
	1.42	4.30
上 段	1.48	4.30
	1.52	4.31
	1.57	4.23
	1.63	4.32
	1.44	4.30
	1.43	4.34



図Ⅱ-4. 15. 1 現地現地試験に基づくサンドバックの高さと幅の計測結果