

高耐久性海岸用かごマット

シーサイドマット

(亜鉛アルミ合金めっき鉄線+ポリエチレンアイオノマー樹脂)

2016. 10

かごマット工法技術推進協会

目 次

1. シーサイドマットの概要	1
2. シーサイドマット護岸工法の分類	2
3. 被覆鉄線に要求される性能	3
4. 被覆鉄線の品質規格	4
4-1. 心線部（合金めっき鉄線）	4
4-2. 被覆部（ポリエチレンアイオノマー樹脂）	5
5. シーサイドマットの仕様	6
5-1. 被覆材の選択	6
5-2. 被覆材の被覆厚さ	6
5-3. 被覆方法と接着の強さ	7
5-4. 線材の端末からの腐食しろ	8
5-5. 網線の枠線への結束の方法	8
6. シーサイドマット護岸工の構造と規格寸法	9
6-1. 平張護岸工・裏込め工	9
6-2. 多段積護岸工	11
7. シーサイドマット護岸工の水理実験結果	13
7-1. 安定係数	13
7-2. 反射率	14
8. シーサイドマットの特記仕様書記載例（平張護岸工・裏込め護岸工）	15
9. 緩傾斜堤の設計の手引き（改訂版）2006.1.30「抜粋」	18
10. シーサイドマット施工例（写真）	19

1. シーサイドマットの概要

シーサイドマットは「鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準（案）」で規定されている「被覆線」を用いた河川河口部用かごマット（強化かごマット）を海岸向けに改良した製品で、この度水理実験により、 K_D 値等を求めました。

被覆材として使用する樹脂は強化かごマットと同様の「ポリエチレンアイオノマー樹脂」としております。この樹脂はポリエチレン系樹脂の中でも高品質の樹脂で、被覆厚を 1.0mm とすることにより、砂等による耐磨耗性を向上させております。又、心線は強化かごマットの亜鉛めっき鉄線 3 種（H）に対し、より高い耐食性を有する亜鉛アルミ合金めっき鉄線（H）を使用しております。

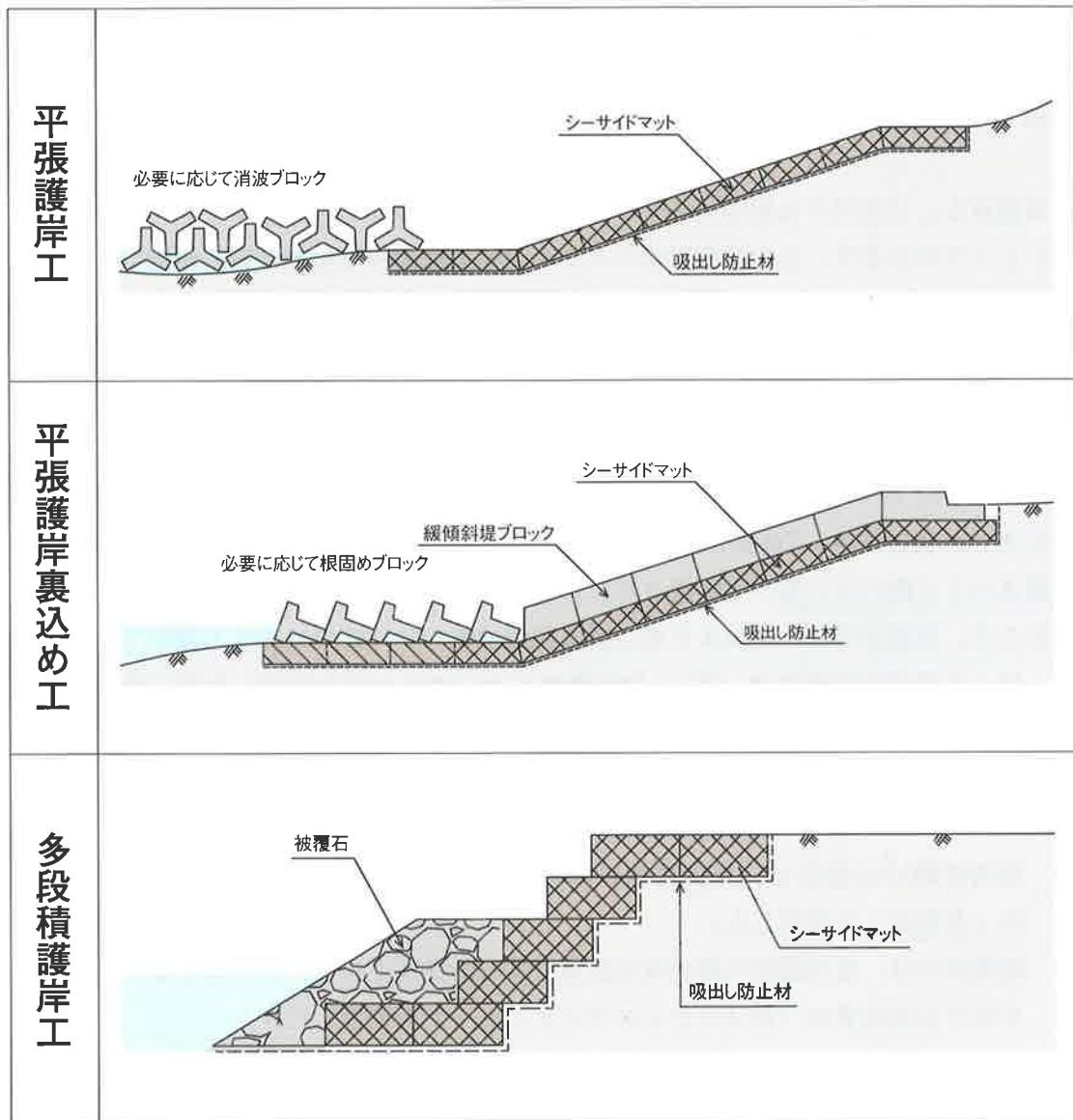
一方、平成 18 年 1 月 30 日には、国土交通省河川局海岸課監修の「緩傾斜堤の設計の手引き」が発刊され、「連結されて一体構造となっているかごマット工法は、緩傾斜堤の裏込め工に優れている」と推奨されています。

そこで、当協会では、河川より更に暴露環境の厳しい「海岸における護岸工」用として、国土交通省の技術基準（案）（塩分濃度の高い河川の流水区域）を更に強化したかごマット工を設計しました。

即ち、「シーサイドマット工」の品質規格の特性は次の通りです。

- ① 被覆鉄線の心線には、耐腐食性の高い、「基準」に適合した「亜鉛 + アルミ合金めっき鉄線」を使用した。
- ② 被覆材には、塩分濃度の高い河川区域で多くの実績を持つ、ポリエチレン系樹脂のなかでも高品質の「ポリエチレンアイオノマー」を使用した。
- ③ 被覆の厚さを 1mm（河川 0.5mm）として、被覆鉄線としての耐磨耗性を強化した。
- ④ 被覆材と心線との接着の強さについては、「はく離強さを 70N/cm 以上」（JIS S 6040 準）として、海水に対する防食性を強化した。
- ⑤ かご網線末端の枠線への結束は、河川での 1.5 回巻き方式に、海水による心線の腐食しろ（10mm 以上）を加えることとし、先端は内側に向けて、親水者等の安全の確保を図った。
- ⑥ 構造の表面に露出する「蓋網」における網線端末処理はカール式の場合、腐食しろも巻付け処理をする「2.5 回巻き方式」も可とした。

2. シーサイドマット護岸工法の分類



- (イ)内湾等で使用される事をお勧めします。
- (ロ)波浪により砂等の底質の動きが激しい場所ではコンクリートブロック、巨石等との組み合わせをご検討下さい。

3. 被覆鉄線に要求される性能

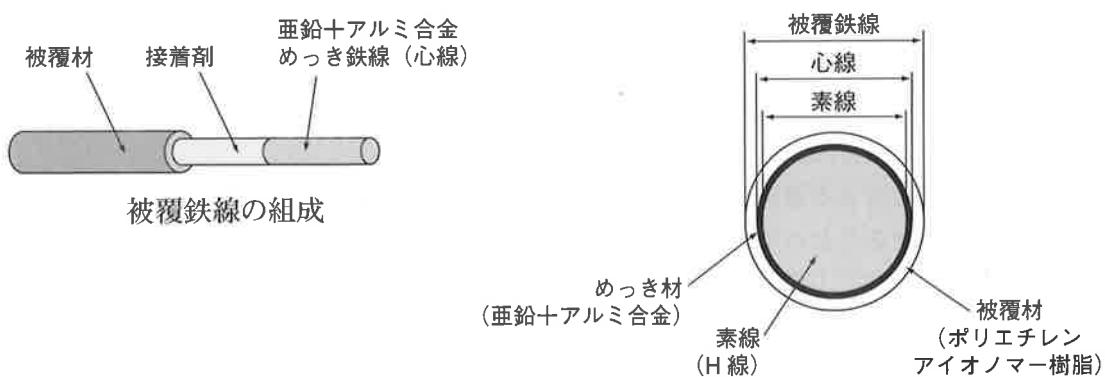
〔I〕 心 線 部		要 素
1	かごマットが沈下変形して、心線に引張力等が発生しても、 <u>切断</u> されない「材質と太さ」を有すること。	物理強さ
2	耐腐食性の高い「材質」であること。	耐腐食性

〔II〕 被 覆 部		要 素
1	紫外線や海水等による厳しい曝露環境においても、 <u>腐食</u> による劣化が容易に起こらない「材質と被覆厚さ」を有すること。	耐腐食性
2	金網加工時における、厳しい巻付け工程においても、被覆材表面に <u>き裂</u> やはく離が発生しない「材質と接着性」を有すること。	加工性
3	曲げ加工部において、曲げによる <u>応力負荷</u> がかかった状態のまま、紫外線や海水等の厳しい曝露環境に曝された状態においても、 <u>き裂等の劣化</u> が起らない、安定した「材質」であること。	耐環境応力性
4	かごマット構造が、沈下変形した場合等においても、被覆材と心線との接触面は、はく離による隙間等を発生させない強固な「 <u>接着性</u> 」を有すること。	耐はく離性
5	漂石等による衝撃外力に対して、被覆材表面に、心線が露出するような <u>きず</u> 等が発生しない「材質と被覆厚さ」を有すること。	耐衝撃性
6	漂砂等による磨耗作用に対して、被覆材が <u>磨耗</u> して、心線を露出させることのない「材質と被覆厚さ」を有すること。	耐磨耗性

4. 被覆鉄線の品質規格

4-1. 心線部（合金めっき鉄線）

試験項目	規格値	試験方法	性能の分類
めっき線径	$3.2 \pm 0.09\text{mm}$ $4.0 \pm 0.10\text{mm}$ $5.0 \pm 0.12\text{mm}$	JIS G 3547 準	物理強さ
引張強さ	$390 \sim 880\text{N/mm}^2$	JIS G 3547 準	
巻付性	線径の 1.5 倍の円筒に 6 回以上巻き付け著しいき裂及びはく離を生じない	JIS G 3547 準	耐加工性
めっき成分	アルミ 10%以上 亜鉛 90%以下	原子吸光分析法または ICP 発光分析法	耐腐食性
めっき付着量	300g/m^2 以上	JIS G 3547 準	



4-2. 被覆部（ポリエチレンアイオノマー樹脂）

試験項目	規格値	試験方法	性能分類
材質	ポリエチレンアイオノマー樹脂	JIS K 0117	
被覆線径(外径)	5.2 ± 0.15mm 6.0 ± 0.15mm 7.0 ± 0.15mm	JIS G 3543 準	物理強さ
最小被覆厚さ	0.67mm 以上	JIS G 3543 準	
接着強さ	はく離強さ 70N/cm 以上	JIS S 6040 準	耐はく離性
卷付性	線径の 1.5 倍の円筒に 6 回以上巻き付け著しいき裂及びはく離を生じない	JIS G 3543 準	耐加工性
耐候性	WS-A 3,000 時間以上	JIS G 3543 準	
環境応力き裂性	1,000 時間以上 (1.5 回巻き)	JIS G 3543 準	耐曝露環境性
耐塩水性 (塩水噴霧)	1,000 時間以上 (き裂が入らない)	JIS Z 2371 準	
アイゾット 衝撃試験	試験槽温 - 10°C 6.4mm の試験片ノッチ入りで 40KJ/m ² 以上	JIS K 7110 準	耐衝撃性
耐砂磨耗試験	被覆部分の磨耗損量は被覆質量に対し、N=6 の平均磨耗率 2%以内	JIS H 8503 7 準	耐磨耗性

5. シーサイドマットの仕様

5-1. 被覆材の選択（ポリエチレンアイオノマー樹脂）

国交省では、かごマット用被覆鉄線の被覆材には、強靭で環境性（無公害）にも評価の高い「ポリエチレン系樹脂」を推奨しています。

ポリエチレン系樹脂には、高密度、低密度などいくつかの品種がありますが、「共通する特性」は、耐候性に優れ、強靭で環境性を有していることといえます。

しかし、加工性及び耐磨耗性や耐衝撃性等の機械的特性では、それぞれに差があって「それぞれの特性」ともなっています。

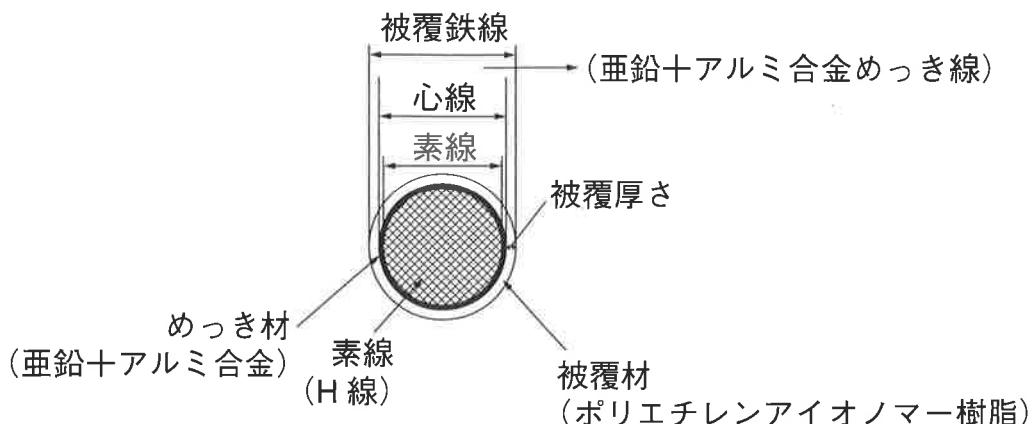
かごマット工用の被覆鉄線は、かご網を製作する上では、小さい径での厳しい巻き付け加工を数多く行わなければなりません。そして、設置場所においては、荒々しい施工環境に加え、海岸における漂砂等による磨耗作用や衝撃作用という過酷な環境にも曝される材料なのです。

そこで、当協会としては、新品種のポリエチレン系樹脂「アイオノマー樹脂」を採用することとしました。

5-2. 被覆材の被覆厚さ

塩分濃度の高い河川区域では、ポリエチレンアイオノマー樹脂による被覆鉄線の実績も多く、被覆材の被覆厚さは「0.5mm」で実施されます。

海岸用かごマットでは、特に漂砂等に対する強い耐磨耗性が要求されることから、耐磨耗比較実験の成果、更には、コンクリート構造の設計における「かぶり厚さ」の違い等を参照して、河川における被覆厚さの2倍、即ち被覆厚さを「1.0mm」としました。



5-3. 被覆方法と接着の強さ

「被覆方法」については、国土交通省・技術基準（河川被覆鉄線）において、「押出し成形法（JIS G 3543 準）による」と明示されています。「シーサイドマット」においても押出し成形法によることとしました。

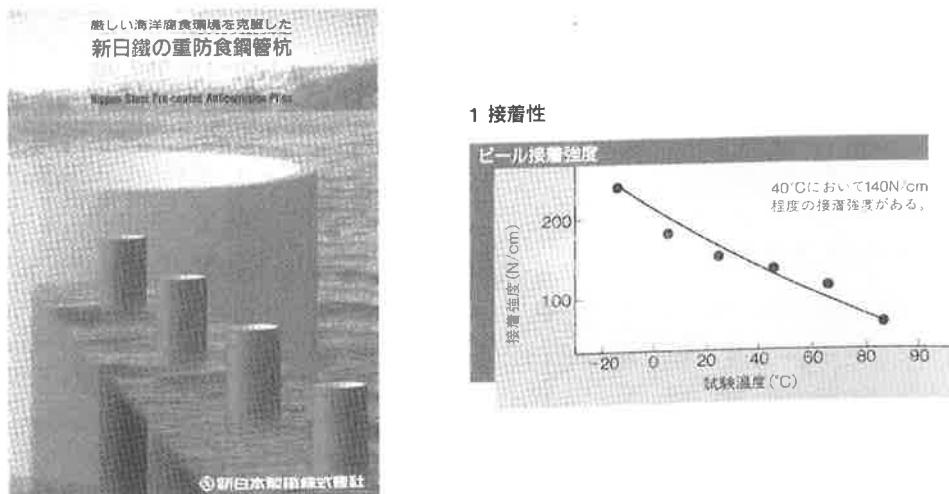
「被覆材と心線との接着の強さ」については、このたび改訂された「JIS G 3543」(2005)において、「被覆線の耐久性は、特に屋外で使用する場合、被覆材と心線が接着されているかどうかが影響する」と解説されており、被覆鉄線の耐久性が接着の強さに大きく関係することが示唆されています。そして「接着試験」が新しく追加されています。

ところが、「JIS G 3543」の品質規格とは、被覆厚さも 0.75mm 以下で、主にフェンス用金網に使用する被覆鉄線を対象として定められたものであって、接着の強さにおいても、「密着度が 20～30N/cm」程度の低い実績値となっています。

しかし「シーサイドマット」は、海岸という強い塩分濃度や過酷な環境下に曝される構造物であり、更には過酷な構造の変形も発生します。

そこで被覆材（厚：1.0mm）と心線との接着性については、「単なる屋外という通常の環境」より更に厳しい環境を考慮して設定すべきものと考え、「接着性の強化」を図ることとしました。

即ち、「シーサイドマットに使用する被覆鉄線」では、JIS S 6040 における一般加工品の密着度（20N/cm）や海における被覆鋼管杭（新日鐵）の実績（120N/cm）等から、「密着度を 70N/cm 以上」として、数値による強化管理をすることとしました。



5-4. 線材の端末からの腐食しろ

被覆鉄線の腐食は、被覆材を心線に密着させることによって、線の被覆表面からの腐食は阻止できますが、線材の端末の心線露出面からの腐食を防ぐことは不可能です。そこで、網線端末の巻付け部では、腐食しろ ($0.3\text{mm}/\text{年} \times 30\text{年} = 10\text{mm}$) をあらかじめ加えた「巻付け長さ」としました。(5-5 参照)

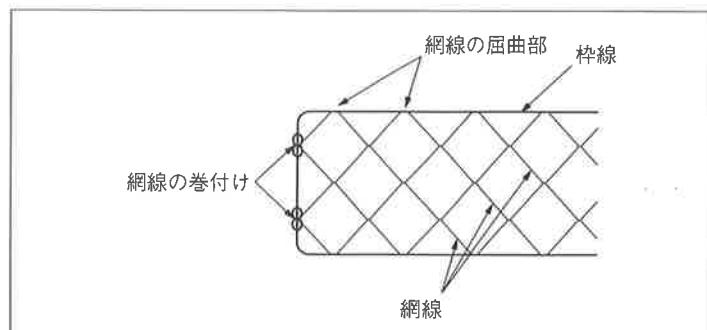
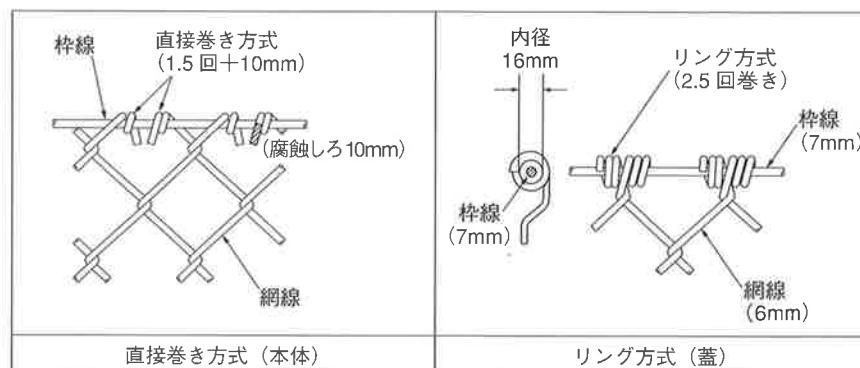
5-5. 網線の枠線への結束の方法 (2.5 回巻き)

ひし形に編んだ金網の網線の端末は、枠線等に結束して網構造の整形を維持しています。

現在の河川でのかごマットにおける網線端末の結束の方法は、「本体網では 1.5 回直接巻きとする。但し、蓋網については、リング方式でもよい。」と示されています(国交省特記仕様書)。

そこで、シーサイドマットでは、本体網線端末の枠線への結束の方法は、「1.5 回直接巻き」に 10mm (腐食しろ) を加えた長さとしました。蓋網については、親水者等の安全を配慮して、腐食しろ部も巻付ける「2.5 回巻き方式」も可としました。

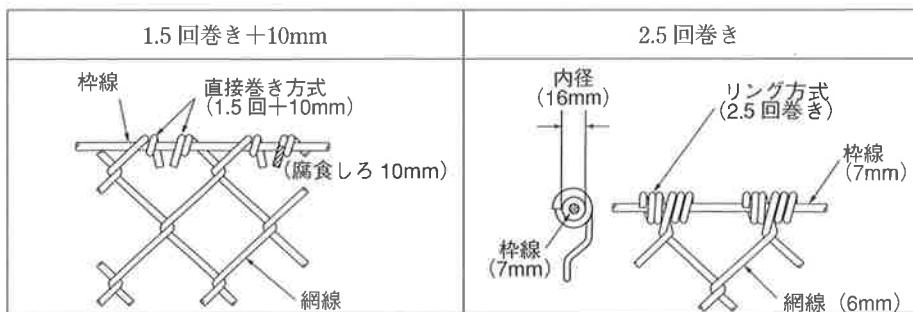
網線の枠線への巻付け



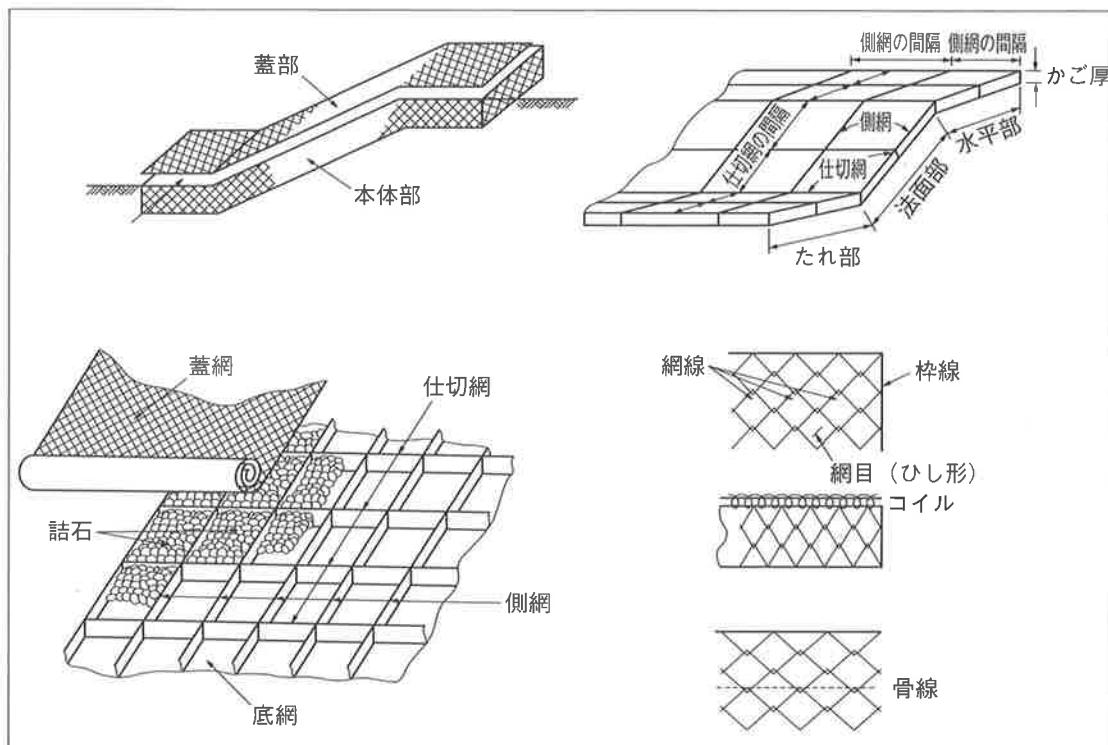
6. シーサイドマット護岸工の構造と規格寸法

6-1. 平張護岸工・裏込め工

規 格 寸 法	かご網の形式	ひし形金網
	かご網の厚さ	50cm
	網目の大きさ	蓋部 65mm
		本体部 100mm
	被覆線径 (心線径)	か ご 網 蓋部 6.0 (4.0) mm
		本体部 5.2 (3.2) mm
		枠 ・ 骨 線 蓋部 7.0 (5.0) mm
	仕切網の間隔	本体部 7.0 (5.0) mm
		水平部 1.5m 以下
		法面部 1.0m 以下
		たれ部 1.0m 以下
	側網間隔	2.0m 以下
線材端末の 結束方法	本体部	直接巻き・1.5回巻き+10mm
	蓋部	リング式・2.5回巻き又は 1.5回巻き+10mm



各部の名称

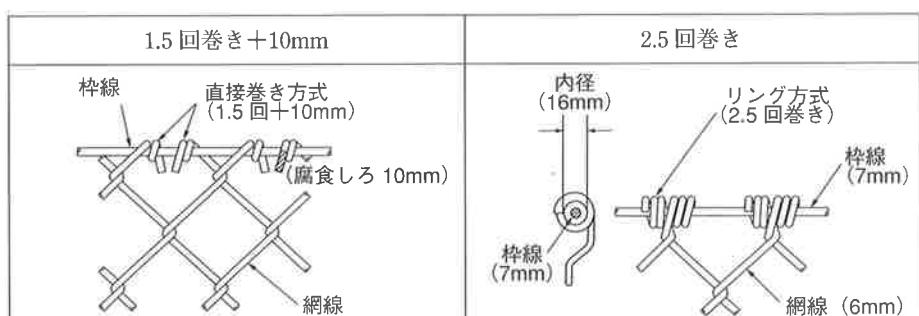


連結コイル

線径	コイル径	連結支点の間隔	コイル長	
6mm	40mm 以下	50mm 以下	50cm 以上	

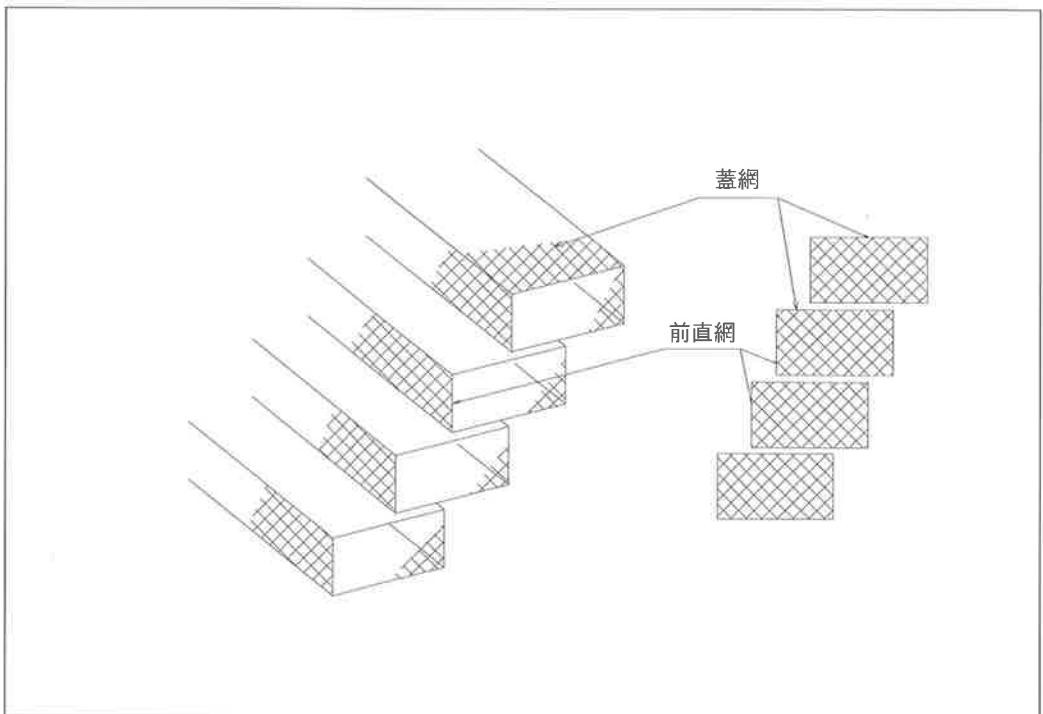
6-2. 多段積護岸工

規格寸法	かご網の形式		ひし形金網
	かごの厚さ		100cm (50cm)
	網目の大きさ	前直網	65mm
		蓋網	
		その他	100mm
	被覆線径(心線径)	前直網	6.0 (4.0) mm
		蓋網	
		その他	5.2 (3.2) mm
		枠・骨線	7.0 (5.0) mm
	仕切網の間隔		2.0m 以下
	線材端末の結束法		リング式・2.5回巻き 又は 直接巻き・1.5回巻き +10mm



- 高さ 100cm ダブル型を標準とするが、高さ 50cm も適用可。
- 多段積の各段は、コイル形式により全長連結とする。

各部の名称



7. シーサイドマット護岸工の水理実験結果

東海大学において水理実験を行った。

以下は、「水理実験結果報告書（2014年12月25日東海大学海洋学部）」からの抜粋による。

7-1. 安定係数

① ハドソン式による所要質量算定

従来、一般によく使用されている所用ブロック質量の算定式は、Hudson が提案した（式1）であって、この式中の係数 K_D 値が決定されれば、所要ブロック質量が算定できる。

$$M = \frac{\rho_r H^{1/3}}{K_D (\rho_r/\rho - 1)^3 \cot \alpha} \quad (式1)$$

ここで、 M ：ブロックの所要質量（t）、 ρ_r ：ブロックの密度（t/m³）

ρ ：海水の密度、 H ：堤体前面波高（m）、 α ：堤体法面角度、

K_D ：安定係数

である。

かごマットにおいて、 K_D 値を算出するには上記の式に数値を算入する。

② 実験断面

図3に本実験における断面を示す。A、B タイプ模型の断面は1:3勾配、C タイプ模型は1:1勾配となる。使用模型個数は、A タイプ模型 138 個、B タイプ模型 276 個使用した。C タイプ模型は段数を変化させるため、個数は400個～272個となる。

③ K_D 値

平張タイプ

模型タイプ	寸法（m）（実物大として）	K _D 値		設置勾配
		周期 2.2s	周期 2.4s	
A	0.5 × 2.0 × 6.0	6.2	7.8	1:3.0 (角度: 18.4°)
B	1.0 × 2.0 × 3.0	8.6	8.9	

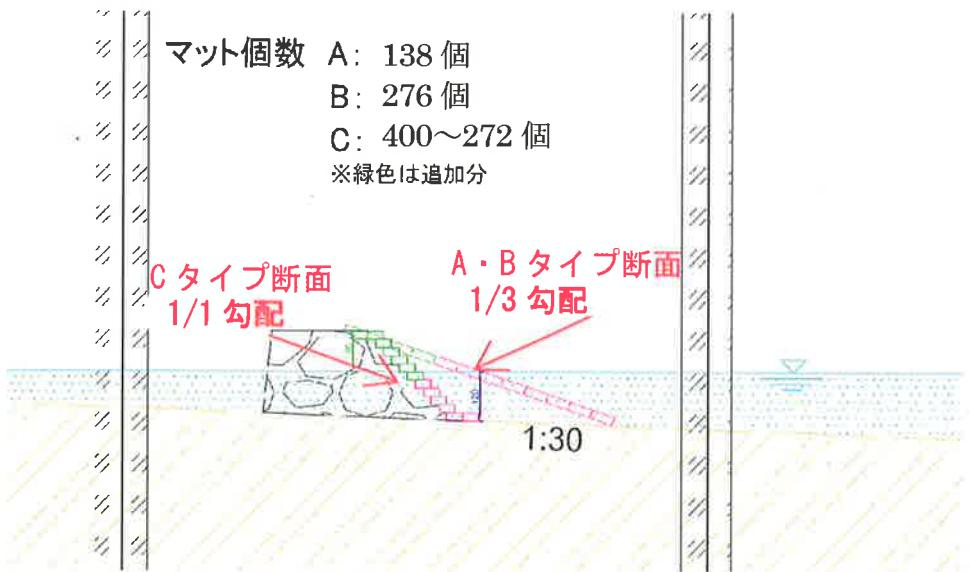


図 3 実験断面図

7-2. 反 射 率

東海大学における「水理実験」において、 K_D 値とともに「反射率」を測定した。

模型タイプ	かご厚（実物大として）	設置勾配	反射率
A	H0.5m	1 : 3.0 (角度: 18.4°)	0.20 ~ 0.28
B	H1.0m	1 : 3.0 (角度: 18.4°)	0.18 ~ 0.28
C	H1.0m	1 : 1.0 (角度: 45.0°)	0.21 ~ 0.30

波高の計測のため、水槽中央部の位置に容量式波高計を設置し、キャリブレーションを行う。波高は、容量式波高計より得られた電圧をパソコンにより、AD 変換を行い波高に換算して、入射波高及び反射波高を求めた。

8. シーサイドマットの特記仕様書記載例 (平張護岸工・裏込め護岸工)

1. 金網の規格と仕様は以下によるものとする。

- ① 金網用の線材は、「亜鉛+アルミ合金めっき鉄線」(心線)にポリエチレンアイオノマー樹脂を押出し成形法(JIS G 3543)により被覆した線とする。
- ② 金網用線材及び網目の規格寸法。

被覆めっき鉄線（ひし形）

部材名	網 線		枠・骨 線		網目の大きさ
	外 径	心線径	外 径	心線径	
蓋金網	6.0mm	4.0mm	7.0mm	5.0mm	ひし形 65mm
その他の 金網	5.2mm	3.2mm			ひし形 100mm

- ③ 網線と枠線との結束の方法は、1.5回直接巻き付けに10mmを加えた形式とし、線端末は内面に向けるものとする。ただし、蓋金網については、リング式2.5回巻きとする。また、いかなる部位においても溶接は行ってはならない。
- ④ 金網と金網の連結の方法は、コイル式とし、連結コイルの規格は下表のとおりとする。コイルで連結する延長は、側網と仕切網、海岸線方向の底網と底網、及び全構造の外周部については接続延長の全長を連結するものとする。その他の部分は接続延長の1/2以上(1本/m)を連結すること。また、連結終了時のコイル線の両端末は内面に向けるものとする。

連結コイル

線 径	コイル径	連結支点 の間隔	コイル長	支点の間隔	コイル長	コイル径
6mm	40mm 以下	50mm 以下	50cm 以上			

2. 線材の品質と規格及び管理試験等は下表によるものとする。

(1) 被覆部

項目 試験場所	試験項目	規格値	試験方法	試験の頻度
被覆工場	被覆線径 (外径)	5.2 ± 0.15mm 6.0 ± 0.15mm 7.0 ± 0.15mm	JIS G 3543 準	10巻線に1回
	最小被覆厚さ	0.67mm 以上	JIS G 3543 準	10巻線に1回
	接着強さ	はく離強さ 70N/cm 以上	JIS S 6040 準	10巻線に1回
	卷付性	線径の1.5倍の円筒に6回以上巻き付け著しいき裂及びはく離を生じない	JIS G 3543 準	10巻線に1回
	耐候性	WS-A 3,000時間以上	JIS G 3543 準	初期
	耐塩水性 (塩水噴霧)	1,000時間以上 (き裂が入らない)	JIS Z 2371 準	1年に1回
	環境応力 (き裂性)	(1.5回巻き) 1,000時間以上	JIS G 3543 準	1年に1回
	アイゾット 衝撃試験 (樹脂)	試験槽温：-10°C 6.4mm の試験片ノッチ入りで 40KJ/m ² 以上	JIS K 7110 準	1年に1回
	耐砂磨耗試験	被覆部分の磨耗損量は被覆量に対し、N = 6 の平均摩耗率 2% 以内	JIS H 8503 7 準	1年に1回
公的機関	被覆線径	5.2 ± 0.15mm 6.0 ± 0.15mm 7.0 ± 0.15mm	JIS G 3543 準	400巻線に1回
	最小被覆厚さ	0.67mm 以上	JIS G 3543 準	400巻線に1回
	接着強さ	はく離強さ 70N/cm 以上	JIS S 6040 準	400巻線に1回
	卷付性	線径の1.5倍の円筒に6回以上巻き付け著しいき裂及びはく離を生じない	JIS G 3543 準	400巻線に1回
	環境応力 (き裂性)	(1.5回巻き) 1,000時間以上	JIS G 3543 準	初期
	アイゾット 衝撃試験 (樹脂)	試験槽温：-10°C 6.4mm の試験片ノッチ入りで 40KJ/m ² 以上	JIS K 7110 準	初期
	被覆材の材質	ポリエチレンアイオノマー樹脂	JIS K 0117	400巻線に1回

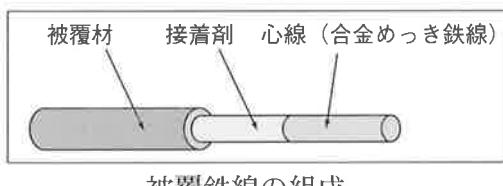
(1巻線とは、被覆線工場における製造単位をいい約500kgとする)

② 心線部

項目 試験場所	試験項目	規格値	試験方法	試験の頻度
めっき工場	線径	3.2 ± 0.09mm 4.0 ± 0.10mm 5.0 ± 0.12mm	JIS G 3547 準	5巻線に1回
	引張強さ	390 ~ 880N/mm ²	JIS G 3547 準	5巻線に1回
	卷付性	線径の1.5倍の円筒に6回以上巻き付け著しいき裂及びはく離を生じない	JIS G 3547 準	5巻線に1回
	めっき成分	アルミ 10%以上 亜鉛 90%以下	原子吸光分析法またはICP発光分析法	5巻線に1回
	めっき付着量	300g/m ² 以上	JIS G 3547 準	5巻線に1回
公的機関	線径	3.2 ± 0.09mm 4.0 ± 0.10mm 5.0 ± 0.12mm	JIS G 3547 準	200巻線に1回
	引張強さ	390 ~ 880N/mm ²	JIS G 3547 準	200巻線に1回
	めっき成分	アルミ 10%以上 亜鉛 90%以下	原子吸光分析法またはICP発光分析法	200巻線に1回
	めっき付着量	300g/m ² 以上	JIS G 3547 準	200巻線に1回

(1巻線とは、めっき工場における製造単位をいい約1tとする)

3. 現場搬入時のかご網ユニット製品については、底網、蓋網、側網及び仕切網ごとに、そのユニットの網線に使用した線材の製造過程におけるめっき工場名とめっき線製造年月日及び被覆工場名と被覆線製造年月日を記載した「表示標」を付けること。
4. 現地においては、施工面積2,000m²ごと、または2,000m²に満たない場合は1工事単位ごとに、監督職員が摘出して指示する「表示標」に記載されている線材について、各々に該当する工場における品質試験結果を提出すること。
さらに、同「表示標」に示されている線材番号に近い番号の線材に関する公的機関における品質試験成績証明書を提出すること。
5. 枠線、骨線、コイル線について、工事単位ごとにめっき工場・被覆工場及び公的機関における品質試験結果を提出すること。



被覆鉄線の組成

9. 緩傾斜堤の設計の手引き(改訂版)2006.1.30「抜粋」

緩傾斜堤の「裏込め材」として、かごマットが従来より使用されている。

その場合には、「緩傾斜堤の設計の手引き」(国交省水管理・国土保全局海岸室、国総研海岸研究室監修、社団法人全国海岸協会発行)により、施工・管理されている。

(下記は、参考資料として抜粋。)

緩傾斜堤の設計の手引き(改訂版)2006.1.30「抜粋」

国土交通省 河川局 海岸室

国土技術政策総合研究所海岸研究室
監修

5.3 裏込め工

表のりに設置する裏込め工は50cm以上の厚さとする場合が多く、十分安定となるように施工する。

解説

現地盤上に栗石・碎石層を敷設することによって、その地耐力・支持力を強化し、表のり面からの浸透水や堤体からの浸出水に対するフィルターとしての機能を確保するために裏込め工が用いられる。また、浸透効果によって戻り流れが弱まることから、洗堀の低減も期待できる。裏込めの型式は、使用材料によって次のように分類できる。

- ① 栗石・雑石・碎石
- ② 篠系材料(フトン篠、カゴマット、ステンレスカゴ等)

一般に良く用いられる裏込め材料は栗石・雑石・碎石またはフトン篠であり、吸出し防止材を併用する場合もある。しかしながら、栗石は単体としては容易に移動し、その場合裏込めとしての機能が確保されず、堤体内部に空洞ができるなど被災の原因となる。このことから最近では栗石を単体のまま入れるのではなく、篠系材料に栗石を詰めて一体構造とする例も増えてきている。とくに、吸出しにより表のり面ブロックが陥没あるいは散乱した場合の復旧工法としては、カゴマット、ステンレスカゴ等耐食性のある篠系材料を用いることが有効であり、望ましい。

また、堤体内部が礫であって吸出しの恐れがない場合を除けば、吸出し防止材を用いるのも良い。しかし、高波浪時にすぐに隙間が拡がったり、破損したりして吸出し防止能力が極端に低下することもあるので、継ぎ目が容易に広がらないように継ぎ目部の重複および重複方向に十分配慮するとともに、吸出し防止材は裏込め工の下層に設置する必要がある(写真参照)。吸出し防止材を用いても、その代替えとして碎石等を省略することはできないことに留意されたい。

なお、裏込め工の礫の隙間に砂が吸い込まれると、陥没の発生につながるため、利用者の安全を確保する観点から、裏込め工を設置したあとは水締めなどにより砂を十分詰めることが望ましい。

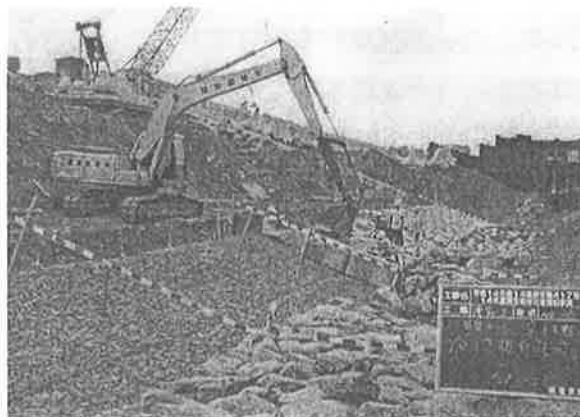


写真 裏込めにかごマットを用いた施工例
(宮崎住吉海岸)

10. シーサイドマット施工例（写真）



緩傾斜堤裏込め護岸工（千葉県）



緩傾斜堤護岸工（鹿児島県）



多段積護岸工（千葉県）



197- イタリア—セセナティコ



195- イタリア—ロディガルガニコ（フォギア）



186- イタリア—マリナディオロセイ（ヌオロ）



2016.10 (初-2,000)

かごマット工法技術推進協会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-11-5
森谷ビル3F
TEL・FAX: 03-3504-2023
URL: <http://www.kagomatto-kyokai.jp>
E-mail: rands@kagomatto-kyokai.jp