

技 術 資 料

摩擦増大用アスファルトマット（KAM）

一般財団法人 沿岸技術研究センター評価証取得

港湾関連民間技術確認審査・評価報告書：第 09003 号



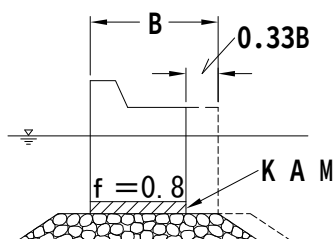
日本海上工事株式会社
Japan Sea Works Co.,Ltd.

摩擦増大用アスファルトマット (KAM)

KAM は、加熱・混合したアスファルト合材の中に補強芯材とアンカーボルト取付金具、又はなまし鉄線と吊り上げ用ワイヤーロープなどを埋め込んで板状に成形したもので、ケーソンや護岸などの重力式構造物の底版に取り付けることによって堤体の滑動抵抗力を増大させることができます。使用方法としては、アンカーボルト、または、なまし鉄線により構造物に取り付ける「ケーソン取付タイプ」と、捨石マウンド上に直接敷設し、その上に重力式構造物を設置する「捨石マウンド敷設タイプ」があります。

機 能

ケーソンと捨石の間に取り付けることによって摩擦係数を $f = 0.8$ にとることができ、ケーソンの幅が 33% 縮小され、全体の工費としては最大で 20% 程度節減されます。



補強芯材

補強芯材はガラス繊維ネットを用い、ガラス繊維を目の間隔 1~4 cm でネット状に編み、アスファルト処理又は樹脂処理したものです。

滑動抵抗増大の機構

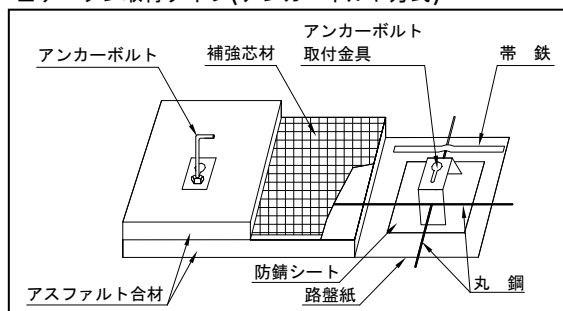
混成堤のケーソンと捨石マウンドの間に摩擦増大用マットを挟み込んで横方向から力を加えると、ケーソンは滑り出します。このときの滑り面は、マット下方の捨石同士の境界面であり、マットとケーソンやマットと捨石の間は離れることなく一体化しています。この実験から、摩擦増大用マットの滑動抵抗増大の機構は、以下の①~④を複合したものと考えられます。

- | | |
|-----------------|-----------------|
| ① 摩擦抵抗 | ② ほぞ効果によるせん断抵抗 |
| ③ 材料の弾塑性変形による抵抗 | ④ アスファルト合材の付着抵抗 |

このように、捨石同士の境界面が滑り面となることによりケーソンに付加重量が加わるため、見掛け上、摩擦係数が大きくなりますが、一般に、この値が摩擦係数と呼ばれています。設計摩擦係数の最大が 0.8 である理由は、KAM の摩擦係数がそれ以上に大きくても、堤体が滑動する時の滑り面がマット下方の捨石同士の境界面で生じるので、付加重量を考慮しない堤体重量と、摩擦係数として捨石同士の値 0.8 をとっておけば、設計は安全側になるという考え方によるものです。

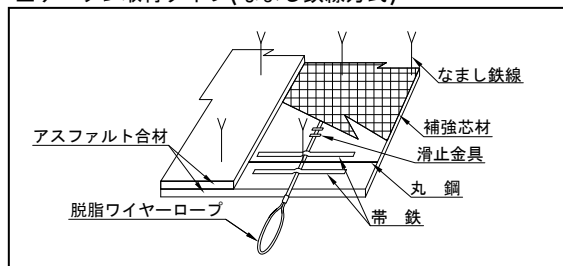
構 造

■ケーソン取付タイプ(アンカーボルト方式)



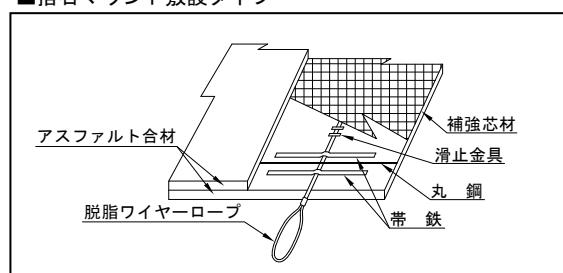
※アンカーボルトはマットの吊り上げおよび仮止め金具で、滑動抵抗機能には無関係です。

■ケーソン取付タイプ(なまし鉄線方式)



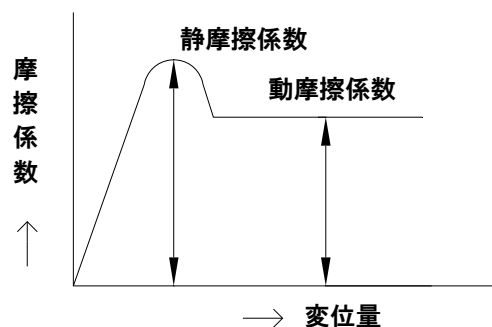
※なまし鉄線はケーソン製作時の底版鉄筋への仮止め材で、滑動抵抗機能には無関係です。

■捨石マウンド敷設タイプ



摩擦係数

重量式構造物の底版にKAMを敷いて滑動実験を行い、結果を構造物の変位と摩擦係数の関係で表すと右図のようになり、初め静摩擦係数は急激にピークに達し、滑動後の動摩擦係数は次第に低下して一定値になります。構造物の設計には、静摩擦係数の値が用いられます。



構造物の滑動に伴う摩擦係数の変化

■KAM とコンクリート

アスファルト針入度	アスファルト量 (%)	ダスト量 アスファルト量	静 摩 擦 係 数		
			10℃	20℃	30℃
30/40	10.5	2.0	1.57	1.73	1.33
	12.0		1.15	1.41	1.26
40/60	10.5		1.24	1.13	1.17
	12.0		1.00	1.16	1.12

供試体寸法：30×30×4cm，載荷重：20～40 t/m²
ダスト：0.075 mmふるい通過分の微粒砂

■各種材料相互（港湾・漁港・電力施設基準値）

港湾の施設の技術上の基準（平成19年7月）

名 称	静 止 摩 擦 係 数
コンクリートとコンクリート	0.5
コンクリートと岩盤	0.5
水中コンクリートと岩盤	0.7 ～ 0.8
コンクリートと捨石	0.6
捨石と捨石	0.8
木材と木材	0.2(湿) ～ 0.5(乾)
摩擦増大マットと捨石	0.75

一般に、摩擦増大マットの使用に当たっては、使用する材料の耐久性、施設の重要度、海象条件及び経済性等を十分考慮して、材料を選定するとともに、摩擦係数に関する実験結果を十分検討すべきである。

漁港の技術指針（1999年版）

名 称	静 止 摩 擦 係 数
コンクリートとコンクリート	0.5
コンクリートと岩盤	0.5
水中コンクリートと岩盤	0.7
コンクリートと捨石	0.6
捨石と捨石	0.8
木材と木材	—
摩擦増大マットと捨石	0.7 ～ 0.8

摩擦増大マットの摩擦係数は、必要とされる強度、品質、耐久性等を試験及び調査等により確認し、自然条件及び施行条件等を十分考慮した上で定める必要がある。

火力・原子力発電所土木構造物の設計（平成7年6月1日発行）

名 称	摩 擦 係 数	備 考
コンクリートとコンクリート	0.5	設計基準
コンクリートと岩盤	0.5	設計基準
コンクリートと捨石	0.6	設計基準
捨石と捨石	0.8	設計基準
ゴムラバーと捨石	0.65 ～ 0.80	設計実績値
アスファルトマットと捨石	0.70 ～ 0.80	設計実績値

ゴムラバーやアスファルトマットなど摩擦増大マットを用いる場合、状況に応じた実験結果に基づいて摩擦係数を設定する必要がある。

■KAM と鋼板（当社測定）

	対 象 物	静 摩 擦 係 数
アスファルトマット (アスファルト量 10.5%)	塗 料 塗 布 鋼 板	1.24～1.91
	深 錆 び 鋼 板	1.01～1.32

鋼板材質：SS41，水温20℃，載荷重：10t/m²
供試体寸法：40×40×5cm

■各種材料相互（当社測定）

基礎種別	対 象 物	静 摩 擦 係 数
捨 石	アスファルトマット	1.11 ～ 1.82
	コ ン ク リ ー ト	0.49 ～ 0.71
	塗 料 塗 布 鋼 板	0.19 ～ 0.24
	深 錆 び 鋼 板	0.37 ～ 0.56
砂	アスファルトマット	0.76 ～ 0.88
	コ ン ク リ ー ト	0.33 ～ 0.37
	塗 料 塗 布 鋼 板	0.48 ～ 0.54
	深 錆 び 鋼 板	0.42 ～ 0.77

捨石は砕石使用，砂は豊浦標準砂使用
供試体寸法：40×40×5cm，水温20℃，載荷重：10t/m²

摩擦係数 0.8 を使用した主な実績

工 事 名	企 業 名	年 度
和歌山下港本港外防波堤	国交省和歌山港工事事務所	S40～
高知港湾口及び航路柱浜防波堤	国交省高知港工事事務所	S41～50
伊東港伊東地区第一防波堤	静岡県	S44
室戸岬漁港	高知県室戸土木事務所	S51
田後港田後地区第四防波堤	鳥取県	S52～55
河下港港湾改修工事	島根県出雲土木建設事務所	H10,11,13,14,17
浅川港改修工事	徳島県日和佐土木事務所	H11,12,14～17
別府港(石垣地区)岸壁(～10m)	国交省別府港湾 空港整備事務所	H13,14～16
小宝島港改修工事、災害復旧	鹿児島県十島村役場	H14,16,20
飯岡漁港岸壁改良工事	千葉県浜田水産事務所	H14
亀徳港改修工事	鹿児島県大島支庁	H15～19
和江漁港地域水産物供給基盤 設備工事	島根県浜田水産事務所	H16,17
高浜漁港地域基盤設備工事	長崎県対馬市	H16,18
太田漁港特定設備工事	長崎県有川町	H17
喜界島港(志戸桶地区)改修工事	鹿児島県喜界町	H18
中畠漁港災害復旧工事	鹿児島県北薩地域振興局	H19
小伊津(三浦)漁港 広域漁港設備事業所2期工事	島根県松江水産事務所	H19
厳原港改修工事	長崎県対馬地方局	H19,20

※施工例で示したものを除く

アスファルトマットの標準配合

材 料	性 状	重量比(%)
アスファルト	針入度 (25~60)	10~14
ダ ス ト	0.075mm以下	14~25
細 骨 材	0.075~ 2.5mm	20~50
粗 骨 材	2.5mm以上	30~50

※港湾の施設の技術上の基準

アスファルトマットは、道路舗装材のリサイクル材を 5~10%の割合で使用することも可能であり、特定非営利活動法人リサイクルソリューションのリサイクル技術に登録されている環境に配慮した建設資材です。

アスファルトマットの厚さ

KAMの厚さは、上載構造物の荷重による圧縮変形量、捨石間隙への食い込み量、マットの製作誤差および所要残存厚さを考慮して決定します。荷重による圧縮変形量は加川の実験式から求められ、荷重を 40 t/m^2 、海水温度を 20°C として約 2.5 cm となり、食い込み量 2.5 cm 、製作誤差 $\pm 0.5 \text{ cm}$ 、所要残存厚さ 3.0 cm を仮定すれば、マットの厚さは約 8.0 cm となります。

アスファルトマットの耐久性

国土交通省近畿地方整備局和歌山港湾事務所では、海底に仮置きした供試体の各種物性値の 30 年経年試験を実施し、30 年経過後においてもアスファルトマットの物性値に大きな変化は見られず、摩擦試験においても静止摩擦係数 1.0 以上の値が得られたことから、耐久性及び摩擦増大用マットとしての機能を十分に有していることが確認されています。また、有田港防波堤で 17 年、焼津漁港南防波堤で 26 年経過後の KAM においても、実構造物から採取した試料による試験の結果、製作時と遜色ない性能を有することが確認されています。

北海道開発局でも、低温用アスファルトマットの供試体について国土交通省と同様な 50 年経年試験を実施中で、経過 20 年間という期間における摩擦係数を含む各試験値は、基準値を満足するもので、十分な機能と耐久性を保持していることが確認されています。

品質管理試験と管理基準値

■アスファルト合材

試験項目	供 試 体 寸 法	試験温度	変位速度	他の条件	基 準 値
比 重	$4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$	20°C	-	容積比重	2.2以上
曲 げ	$4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$	20°C	20mm/min	支点間隔 10cm	強度 2.0 N/mm^2 以上 たわみ 3mm以上
圧 縮	曲げ試験後の試料	20°C	20mm/min	加圧面積 $4 \times 4 \text{ cm}$	強度 2.0 N/mm^2 以上

※港湾の施設の技術上の基準

■補強芯材

試験項目	変 位 速 度	他 の 条 件	基 準 値
引 張 り	100~300 mm/min	つかみ間隔 150~250mm	700N/幅25mm以上



捨石間隙への KAM の食い込み状況(現地採取試料)

KAM 耐久性試験実施場所と経過年数

試 料 採 取 場 所	経 過 年 数
高知県佐賀漁港防波堤	7年
島根県浜田漁港馬島防波堤	8年
高知県室戸岬漁港沖防波堤	8年
和歌山港有田港防波堤	14年
沖縄県那覇港(新港地区)浦添第一防波堤	16年
和歌山港北港西防波堤	17年
静岡県焼津漁港南防波堤	26年

※ケーソン製作からの経過年数

摩擦増大効果

KAMの最初の適用例である和歌山有田港防波堤（施工例の図参照）は、設計波高 5mに対して摩擦係数を 0.7 とし、堤体幅を 15%減の 11.5mにしました。この防波堤は、和歌山県の諸港に大災害をもたらした台風 6420 号（ $H_{1/3}=5.5\text{m}$ ）に対しても、また、推定波高 6.0mの台風 6523 号に対しても全く無被害でした。その後、姫路妻鹿港西防波堤において、滑動事例のある防波堤ケーソンの新設時に摩擦係数 0.75 とし、滑動しなかった実績を受け、和歌山下津港本港外防波堤で摩擦係数 0.8 を採用しました。その後、滑動は発生していません。

集中荷重分散効果

アスファルトマット有無がケーソン底版の支持構造（反力分布）に及ぼす影響を右図に示します。アスファルトマットに捨石が食い込み、接触面積が増えることで、コンクリート底版に作用する集中荷重を分散し、曲げ応力を低減することができます。

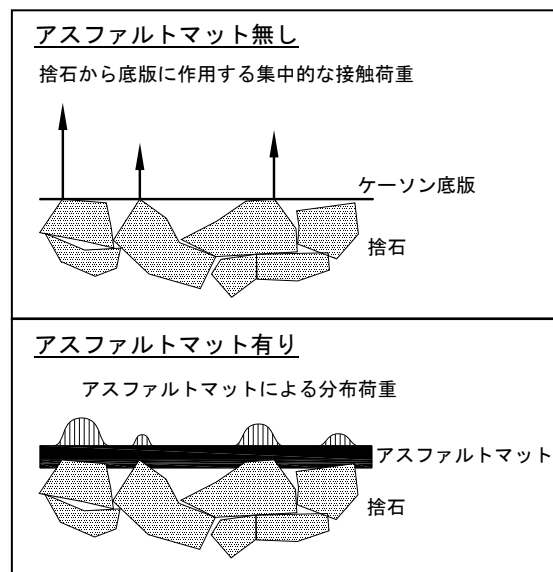
また、捨石均し精度の緩和も期待出来るため、捨石均し工に対しての工期短縮、コスト縮減が図れます。

捨石マウンド仮置き中のKAMへの捨石の付着

KAM取付けケーソンを捨石マウンド上に約 6 か月、仮置きしたのちのKAMと捨石の付着状況を調べた結果によれば、写真から分かるように、KAMの変形は非常に小さく、若干の目潰し石が付着している程度で、ケーソンの据付けに支障をきたすような状態は認められていません。これまで数回の転置の実績があり、碎石・砂利などの上に数回仮置きした場合においても再据付に支障をきたすようなことはありませんでした。下表に、KAMの転置実績と再利用実績を示します。

■KAM の転置実績

工 事 名	企 業 者	使用年度	仮置き条件・回数	マウンド材と均し精度・状況
鮫子漁港東防波堤	千葉県	S56～61	マウンド 敷設→仮置→掘付	2回 碎石
金沢港(金石地区)防波堤(西)	北陸地方整備局 金沢港工事事務所	S59～61	マウンド 敷設→仮置→掘付	3回 捨石 本均し
能代港(中島地区)防波堤(北)	東北地方整備局 秋田港工事事務所	S59～H3	打継 打継 敷設→仮置→掘付	3回 砂利 潜水土均し
柏崎港西防波堤	新潟県	S60～H5	打継 マウンド 敷設→仮置→掘付	3回 砂
酒田港(本港地区)防波堤(南)	東北地方整備局 酒田港工事事務所	S61・62 ～H7	打継 マウンド 敷設→仮置→掘付	3回 砂 潜水土均し
島野浦漁港	宮崎県	H5～7	マウンド 敷設→仮置→掘付	2回 捨石 本均し



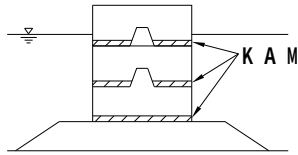
KAM への目潰し石の付着状況

■KAM の再利用実績

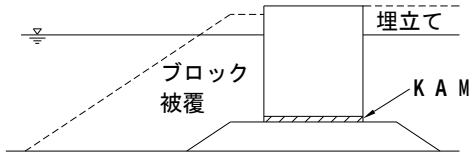
名 称	ケーソン種類	施工時期	移設時期	経過年数	移設回数
和歌山港北港地区 西防副防波堤	コンクリート ケーソン	昭和40年	昭和57年	17年	8回
久里浜地区防波堤 (第1船溜2) 護岸築造工事	ハイブリット 構造物	昭和59年	平成17年	21年	1回

KAMの用途

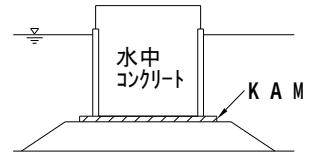
■直積ブロック堤の滑動抵抗増大



■被覆堤、護岸の施工時の断面節約

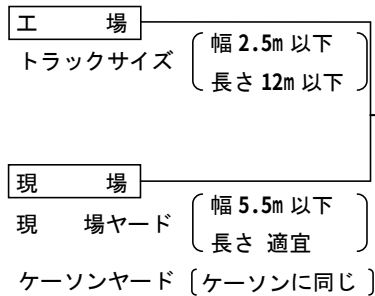


■無底ケーソンの中詰材漏洩防止兼用

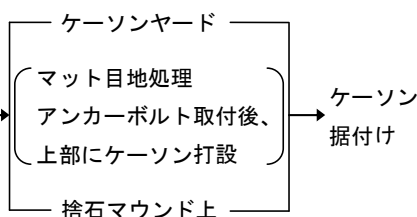


施工方法

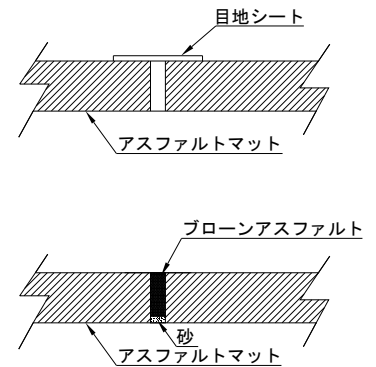
製作場所



敷設場所



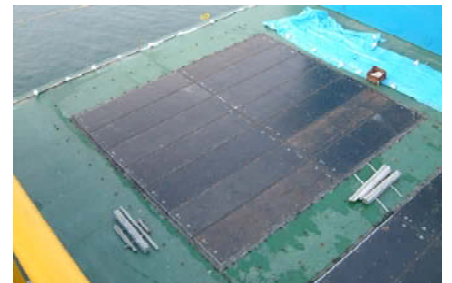
目地処理



アスファルトマット敷設



目地シート・アンカーボルト設置



アスファルトマット敷設完了

敷設歩掛(稼働1日当たり)

■ケーソンヤード(トラック運搬含まず)

	形状寸法	単位	数量	摘要
アスファルトマット	2.5m×7m	枚	30	
ラフテレーンクレーン	45 t 吊	日	1	
世話役		人	1	
特殊作業員		人	2	
とび工		人	1	
普通作業員		人	2	
水平吊り金具	2.5m×7m	基	1	
雑材料		式	1	

例：マット寸法2.5×7m：敷設枚数30/日

■捨石マウンド(最寄り岸壁積込み)

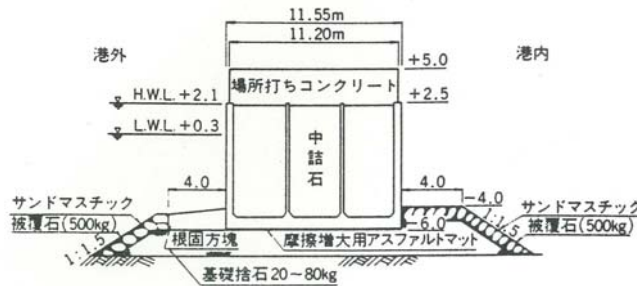
	形状寸法	単位	数量	摘要
アスファルトマット	5.5m×10m	枚	9	水深10m未満
クレーン付台船	100 t 吊	日	1	運6H/就8H
引船	鋼D550PS型	人	1	運2H/就8H
潜水士	D180PS型 3～5 t 吊	人	2	就業8H
とび工		人	1	
普通作業員		人	1	
水平吊り金具	5.5m×10m	基	1	
雑材料		式	1	

例：マット寸法5.5×10m：敷設枚数9/日(水深10m未満)

施工例

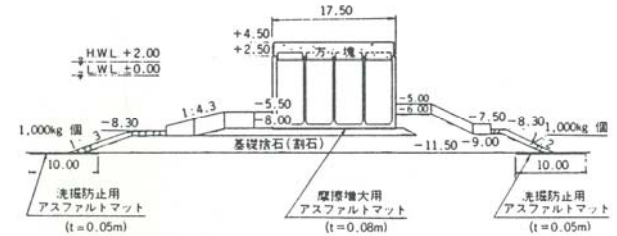
和歌山県有田港防波堤

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.7	5.0m	—	国土交通省近畿地方整備局 和歌山港工事事務所	S 38, 49



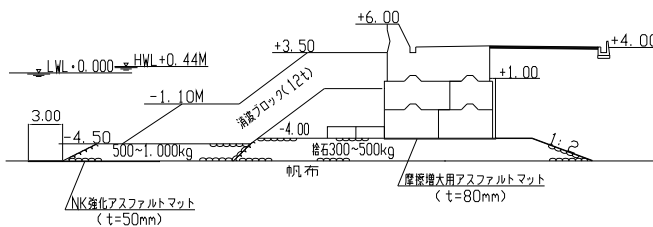
高知県高知港桂浜防波堤

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.8	9.6m	15.4sec	国土交通省四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所	S 41～50



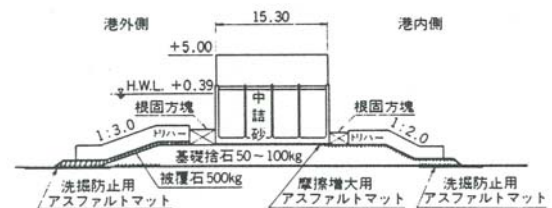
秋田県秋田終末処理場埋立護岸（直積ブロック）

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.7	—	—	秋田県	S 51



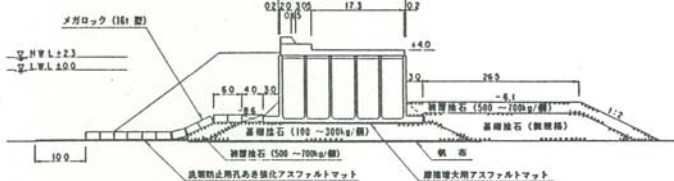
鳥取県田後港防波堤

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.8	8.0m	14.0sec	鳥取県	S 52～55



宮崎県宮崎港外港南防波堤

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.7	8.9m	14.0sec	国土交通省九州地方整備局 宮崎港湾・空港整備事務所	S 59～H 16



神奈川県横浜市南本牧護岸中仕切堤（鋼製）

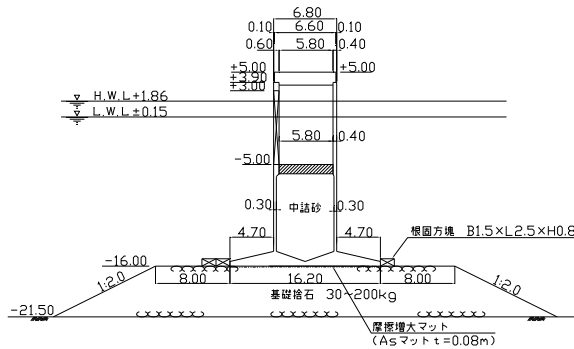
摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.7	—	—	横浜市	H1～9, 13, 14



施工例

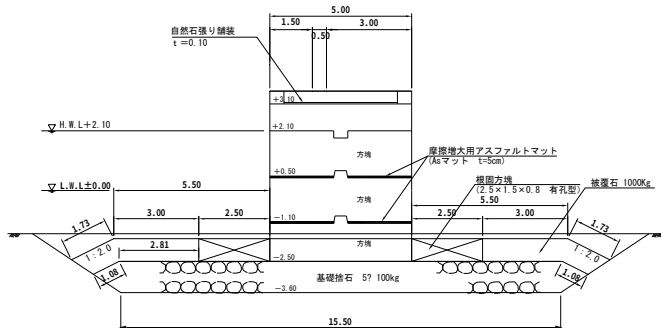
神奈川県三崎漁港修築事業二町谷防波堤（ハイブリッド）

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.8	—	—	神奈川県東部漁港事務所	H12～15 H17～20



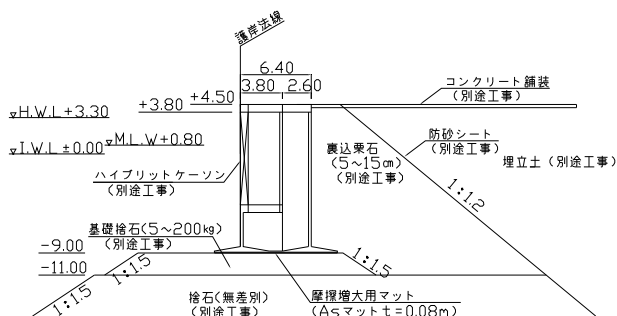
関之江海岸突堤工事（直積ブロック）

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.8	—	—	大分県別府土木事務所	H14,15



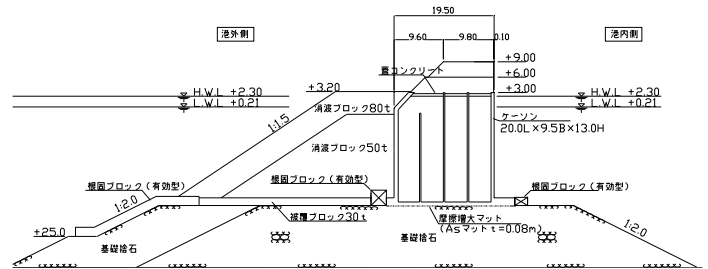
長崎県横瀬貯油所（18）護岸整備工事（ハイブリッド）

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.8	—	—	防衛省設備施設本部	H19



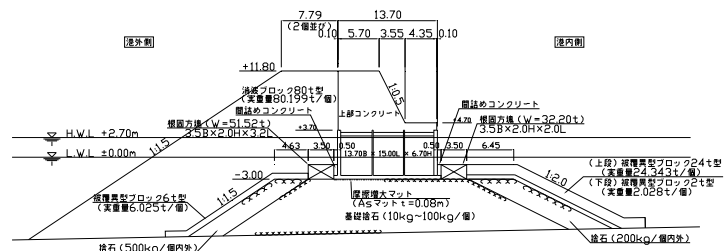
宮崎県細島港港湾改修事業 南沖防波堤

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.8	—	—	国土交通省九州地方整備局 宮崎港湾・空港整備事務所	H13～



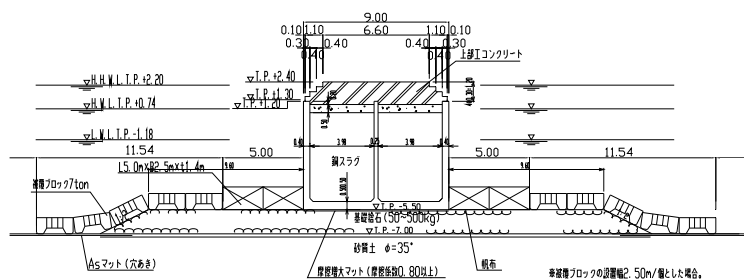
鹿児島県口永良部漁港整備工事

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.8	—	—	鹿児島県熊毛支庁	H18,20,21



高知県新居7号突堤ケーソン製作工事

摩擦係数	設計波高	設計周期	設計者	施工年度
0.8	—	—	国土交通省四国地方整備局 高知河川国道事務所	H19～



評 価 証

写

第09003号

【技術の名称】

摩擦増大用アスファルトマット「KAM」

1. 依頼者

法人の名称 日本海上工事 株式会社
住 所 東京都文京区後楽一丁目7番27号

2. 評価の前提

本技術の評価にあたっては、以下の条件に該当することを前提とした。

- (1) 本技術の構成材料は、適切な品質管理のもとで製造・製作されるものとする。
- (2) 本技術の適用にあたっては、依頼者が推奨する方法で設計・施工されるものとする。

3. 評価の範囲

評価の範囲は、依頼者より提出された開発の趣旨、開発目標に対して、施工試験の結果等により確認できる範囲とする。詳細は港湾関連民間技術の確認審査・評価報告書第（第09003号）に示す。

4. 評価の結果

本技術について、上記の開発の趣旨、開発目標等に照らし評価を行った結果は、以下のとおりであった。

- (1) 摩擦増大用アスファルトマットとコンクリートの滑動抵抗係数（摩擦力成分と見掛けの付着力成分を複合したものから求められる係数）は0.8 以上であることが確認された。
- (2) 水質汚濁防止法排水基準に準じた溶出試験より、摩擦増大用アスファルトマットからの溶出量は、排水基準を満足することが確認された。
- (3) 30年暴露した供試体および26年経過した実構造物から採取した試料より、耐久性（滑動抵抗係数は0.8 以上、曲げ強度、圧縮強度は基準値以上）を有することが確認された。

一般財団法人沿岸技術研究センターが定める港湾関連民間技術の確認審査・評価に関する実施要領に基づき、上記の内容を確認した。

なお、評価証の有効期限は5年間とする。

平成 22年 4月 16日

平成 27年 4月 16日 第1回目更新

令和 2年 3月 31日 第2回目更新

一般財団法人 沿岸技術研究センター

代表理事・理事長 高橋 重雄



日本海上工事株式会社

Japan Sea Works Co.,Ltd.

本社 〒112-0004 東京都文京区後楽1-7-27

TEL03-5802-6351(代) FAX03-5802-6355

技術研究所 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1(鹿島技術研究所内)

TEL042-490-9322 FAX042-490-9323

九州営業所 〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前3-12-10(鹿島ビル)

TEL092-431-5485 FAX092-431-5482

秋田事業所 〒018-2407 秋田県山本郡三種町浜田大平25-4

TEL0185-85-2142 FAX0185-85-3296

新潟事業所 〒942-0013 新潟県上越市黒井添2904

TEL025-543-0372 FAX025-543-0374

千葉事業所 〒297-0231 千葉県長生郡長柄町山之郷宮ノ前233-112

TEL0475-35-1240 FAX0475-35-1242

宮崎事業所 〒883-0062 宮崎県日向市日知屋畑浦5514-22

TEL0982-54-3543 FAX0982-52-7673

ホームページ <https://www.kaijyokouji.co.jp/>