

マスチックによる防波堤根固め工法

加 川 道 男*

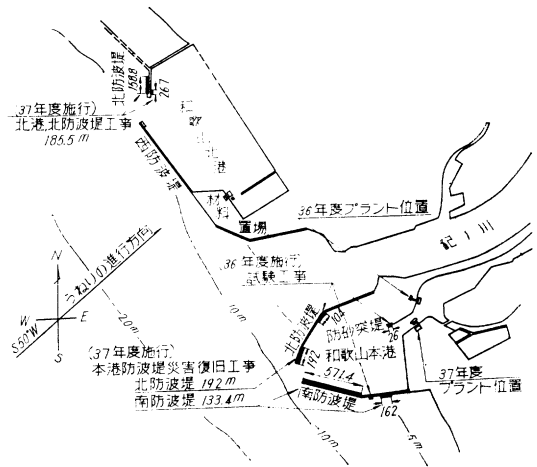
1. 緒 言

防波堤の基礎の根固めには、割石で被覆するか、各種のコンクリートブロックで防護している。コンクリートブロックは多額の費用を要し、割石はその大きさに限度があって、弱体になりがちで災害を生じやすく、防波堤の根固めは港湾構造物の中でも最もやっかいなものの一つであり、その対策に悩まされてきたのである。割石またはブロックは単体としては軽く、波力に弱いものであるが、その空げきにアスファルト、砂、ファイラーのある一定割合の混合物(サンド マスチックという)を流し込んで充填し、さらにある厚きでおおい、これらを一体とすることができれば、相当強いものになるはずである。アメリカ、オランダ、フランスなどにおいては 1930 年代頃よりサンド マスチックによる防波堤、導流堤などの捨石を固結する工法が試みられており、特にオランダにおいて多く使用されて、一応の体系がつけられているようである。わが国においても最近石材の入手が困難であることと、アスファルトが強靱性をもち近年多量に生産される傾向にあることに着目し、これを港湾工事に利用することを検討し、35 年より組織的に研究を開始し、各種の実験、試験工事を行なっており、37 年に至り本工事を施工する段階になっている。以下においては、和歌山港において施工した工事について、マスチックによる防波堤根固め工法の概要を述べることにする。

和歌山港は紀伊水道の奥部に位置し、台風時当港に來襲するうねりの方向は S50°W で 1/3 最大波高は 5 m である。このうねりはまた直接港内に浸入し (3~4 m に減衰)、このため本港防波堤の港内側の基礎捨石と根固めブロック、および防砂突堤の捨石はほとんど毎年災害を受けている。和歌山港工事事務所においては、災害を復旧しても必ず崩壊するようなくり返しの従来の工法に疑問をもち、新工法を求めていたのであるが、サンド マスチック工法に着目し、昭和 36 年度に 300 t の試験工事を施工し、第 2 室 J 台風の試験を経て、その効果が実証されたので、昭和 37 年度は第 2 室 J 台風の被害を受け

た防波堤の根固石を 925.4 m にわたり 3 019 m² について、1 928 t のマスチックを用いて復旧する本格的工事を施工した。またこの工法を新設の北港防波堤の基礎被覆石の固結に採用し現在延長 185.5 m にわたり 1 519 m² を 1 366 t のマスチックを施工中である。これらの工事の位置は 図-1 のごとくである。

図-1 和歌山港マスチック工事位置図



2. 試験工事

昭和 36 年度施工した試験工事においては、水中の捨石を固結するサンド マスチック工法について、基礎的な研究から現地に適合するマスチックの検討とその施工法を研究した。その概要をつぎに示す。

施工期間は 36 年 7 月 10 日~8 月 31 日である。施工場所および数量はつぎのとおりである。

北防波堤	延長 104 m,	面積 556 m ² ,	マスチック量 200 t
南防波堤	" 15 m,	" 45 m ² ,	" 20 t
防砂突堤	" 26 m,	" 127 m ² ,	" 80 t
計	145 m	728 m ²	300 t

防波堤および防砂堤の施工箇所断面は 図-2,3 のとおりである。施工方法は、図-4 のような作業工程で行ない、防砂堤の 40 t をシュートで施工し、ほかの 260 t はバケットで施工した。その状況の一部が写真-1 である。使用機械器具は、アスファルト プラント (イズミヤ

* 正員 運輸省第三港湾建設局和歌山港工事事務所

図-2 北防波堤マスチック施工箇所断面図

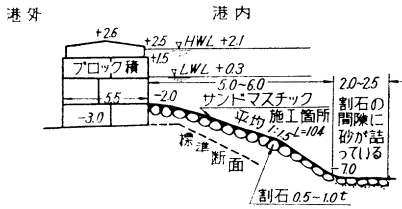


図-3 防砂突堤マスチック施工箇所断面図

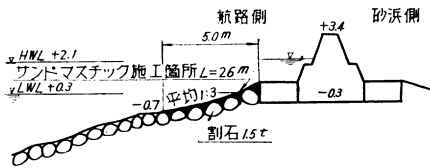
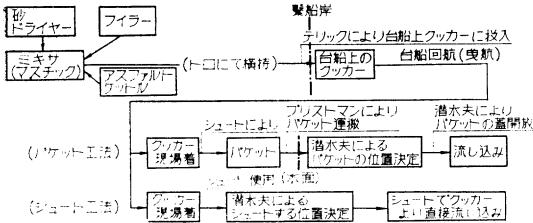


図-4 作業工程図(試験工事)



工業製 4.5 t/h, 1 バッチ 150 kg), クッカー (英国ブラハム社製, 容量 3.0 t), 起重機船 (プリストマン式しゅんせつ船代用, 80 HP), バケツ (容量 1 m³), シュート (幅 40 cm, 深さ 30 cm, 底面平円形の断面で長さ 6.4 m, 鉄製) などである。

使用材料は, アスファルト (サンノーキン, ストレート アスファルト (針入度 68, P.I-1.7), クェート, セミブロン アスファルト (針入度 64, P.I.+0.1)), 砂 (和歌山海浜産の細砂 (比重 2.51, F.M.=1.4), ファイラー (炭酸カルシウム粉末 (200# ふるい通過量 72%, 比重 2.71)) である。

(a) 起重機によるバケツ現場投入

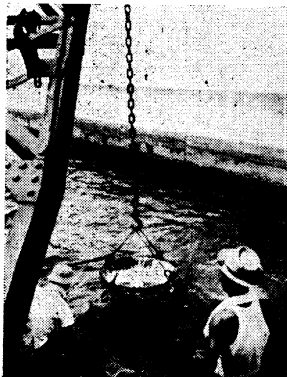
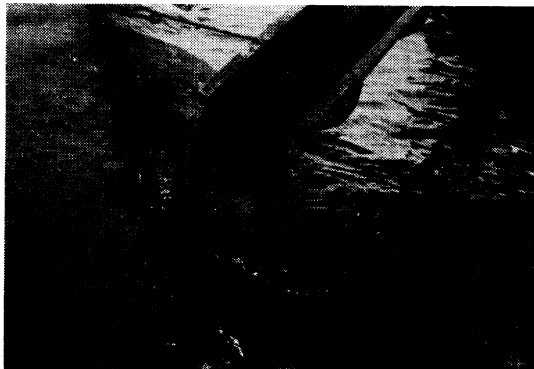


写真-1 試験工事

(b) シュートによる流し込み



マスチックの標準配合および施工温度は, アスファルト (18%, 19%, 20%), ファイラー (30%, 30%, 22%), 砂 (52%, 51%, 58%), ストレート アスファルトの施工温度は 160~170°C, セミブロン アスファルトは 170~190°C であった。

施工の状況は, マスチックの注入された厚さはほぼ一層分であり, かぶり厚は 2~10 cm であった。1 m² 当りのマスチック量は北防波堤 0.35 t, 防砂突堤は 0.66 t であり, 北防波堤のマスチック量が少ないのは石の大きさにもよるが, 石の空げきに砂が入っていたためである。マスチックの強度試験の一例を示すと 表-1 のようである。

表-1

配 合	ハーバード安定度	曲げ強度	引張強度	摘 要
	kg	kg/cm ²	kg/m ²	
ストレート アスファルト 20%	2 000	28.0	3.91	上段の数字は, クッカーより, 下段は水中より採取した資料
ファイラー 22%, 砂 58%	2 030	11.0	2.00	
セミブロン アスファルト 18%	878	22.3	3.31	
ファイラー 30%, 砂 52%	853	13.9	2.46	

マスチック 1 t 当りの工費は, バケツ施工では 17 700 円 (材料 (燃料をふくむ) 4 889 円, 労力 5 230 円, 船舶機械損料および仮設費 6 031 円, 諸経費 1 350 円), シュート施工では, 15 000 円 (材料 4 634 円, 労力 4 545 円, 損料 4 476 円, 諸経費 1 350 円) であった。

この工事において考察された主要な点はつぎのとおりである。① アスファルトの種類によるマスチックの強度は実験的には差があるが, 現場注入したでき上りのものについては大差ないものと思われる。② 材料の分離については実験的にははっきりしているが, バケツ投入の場合には分離より投入速度が早いので, 分離はあまり問題にならない。ただしシュート施工場合は多少考慮する必要がある。③ 施工の難易を支配する流動性は, 配合と温度に影響される。配合についてはアスファルト

の量と, ダストとアスファルトの比 (D/A) に影響される。温度については捨石上にマスチックを流すときは, 同一配合のマスチックの温度差が流動性におよぼす影響は顕著ではない。④ 実際の施工に当ってはマスチックが捨石間げきに円滑に浸透し適当なかぶり厚を有するよう流下するた

めには、同一配合(流動性)であっても、石の寸法、間げきの状態、傾斜などの影響が支配的であって現地の状況にそれぞれ応じた流動性を持たせるようにしなければならない。⑤ マスチック工法の工費に占めるマスチックの材料費はバケット施工で 25%、シュート施工で 29%であった。したがって同工法の工費を安くしようとするには、材料(特にアスファルト)を節減することはもちろん必要であるが、むしろ施工法の検討により、現場に適合した施工機械施設などを研究する方向が重要である。

3. 本港防波堤工事

当工事はわが国港湾におけるマスチック量としては最も多く、また初めての本格的工事でもあるので、工事計画樹立に当っては、36年度の試験工事を参考として材料および標準の配合、施工温度などを決めた。また材料試験検査および品質管理などは本工事に支障がない限り施工主体に行なわれ、さらに必要なものは別途試験および管理を行なった。最も配慮したものは施工法で、現場条件が36年度とほとんど同じであるので確実なバケットによる注入方式を採用することにし、できるだけ工費を安くすることおよび災害復旧という工事の性格上9月上旬竣功することを目標とし、施工施設船舶機械などの配置種類組合せなどに検討を重ねた。その概要をつぎに示す。

施工期間は37年7月4日～10月15日である。施工場所および数量は、つぎのとおりである。

北防波堤内側	延長 192 m	面積 718 m ²	マスチック 530 t
南防波堤内側	〃 571.4 m	〃 1855 m ²	〃 1130 t
南防波堤外側	〃 162 m	〃 446 m ²	〃 268 t
計	925.4 m	3019 m ²	1928 t

マスチックの施工箇所は 図-5 のようである。

施工方法は 図-6 のような作業工程で行なった。その状況は 写真-2 に示すとおりである。

マスチック フラントの配置図、マスチックの積込設備断面図、マスチックの運搬投入船などをそれぞれ 図-7～9 に示す。

施工機械設備の主要なものはつぎのとおりである。

マスチック プラント—日本舗道製(120 t/日)一式; クッカー—ウィバー型(ドイツ製)3.5 t 3台; ブラハム型(イギリス製)3.0 t 1台, 新型(新潟鉄工製)1.5 t 3台, 計7台。

運搬投入船(石材運搬機帆船改装)78.97 t(ウィバー型2台積込), 77.0 t(新型3台積込), 59.45 t(ウィバー型1台, ブラハム型1台積込)計3隻, 各船にはバケット(1.5 t)1個積込み, 10 HP ウィンチ1台装備。

標準配合は、アスファルト(60/70 サンノーキン, ス

図-5 本港防波堤マスチック施工箇所断面図

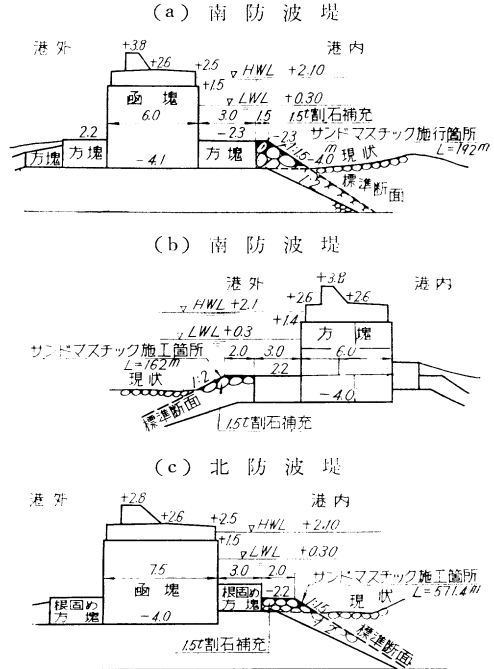
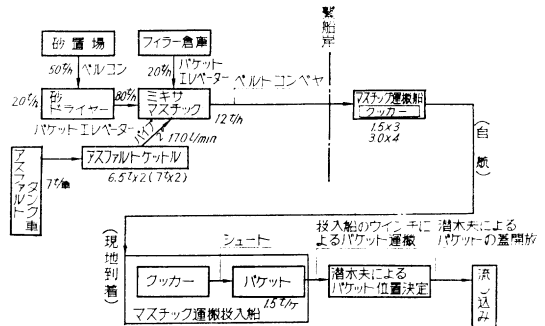


図-6 本港防波堤工事業務工程図

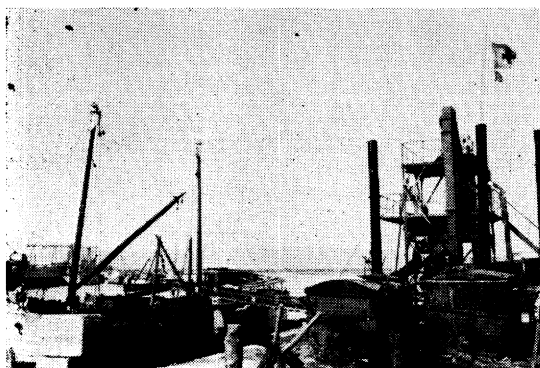


トレート)18%, フィラー(炭酸カルシウム粉末200#ふるい通過量72%, 比重2.71)30%, 砂(和歌山海浜産, 比重2.51, F.M.-1.4)52%で, 標準施工温度は160~170°Cである。

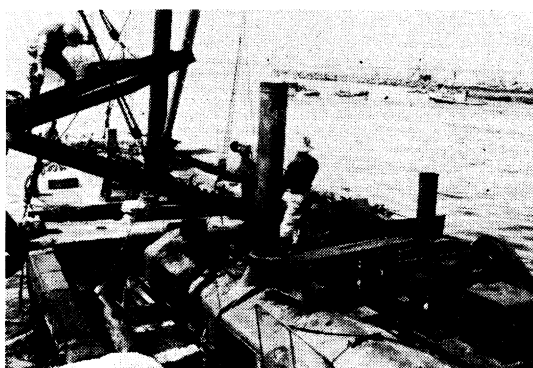
当工事の施工に当っては、全く新期の工事のため初期においては作業員が不馴れで手間取り(着工7月18日)能率が上がり始めた頃(7月下旬)には、予定されていたことではあるが、台風の余波による作業日の減少となり、また石材運搬船を代用したため作業時間、盆休みなどの港湾建設の一般労働条件の相違による作業日のそう失があり工期が遅延した。しかしながら申頃に至り(8月30日)この工法の最高ともいえる80 t/日を超過する記録を出し、標準作業量と思われる60~70 t/日を容易に施工し得るようになったことは、この施工法の妥当性を物語るものである。またマスチックの抽出試験はほぼ

写真-2

(a) マスチック プラントとマスチック運搬投入船



(b) タッカーへマスチックの搬入



(c) バケットを流し込み位置へ



(d) 潜水夫によりバケットを所定の位置へ



所定の品質を有していることを示し、現場注入の流動性もよく、現場注入後の状態も非常に良い結果をおさめている。現場に設置したコンクリートブロック (50 cm³ 100 m に 1 個) の引抜き試験も所期のマスチックが捨石を固結していることを証明している (引抜き抵抗 10~16 t)。工期延長の一因として、現場の捨石が予想した空げきより大きかったことによりマスチックの量が増加したことがあげられる。このことはまたマスチック工法の問題点として重要なことである。すなわち石の空げきを正確に把握することがマスチック量を計画するのにまず必要なことであって、それがわからなければ捨石固結の強度を左右する、空げきを満たし必要なかぶり厚を計画することはできない。石の空げきは石の種類、積方、投入時期 (投入後の空げきの埋り方) などの諸条件によって異なるからその推定はなかなか困難であるが、今後研究すべき問題であろう。幸か不幸か 37 年度は大きな台風に見舞われなかったもので、この工法の大きな耐波性を試す機会がなかったが、台風の余波によってマスチック施工予定の捨石 (1.5 t) が崩れ若干の手戻しを生じたことはこの程度の波 (2.0 m 程度) によっても従来の被覆石のみでは原形を維持できないこと、もちろんマスチック施工箇所は全く変化のないことからマスチックによる防波堤根固め工法の必要性および妥当性を立証するものと思われる。また工費はマスチック 1 t 当り 11 260 円 (材料 5 113 円, 労力 2 474 円, 損料 1 913 円, 経費 1 760 円) で 36 年度の試験工事より 6 440 円安く、約 36% 低下することができた。

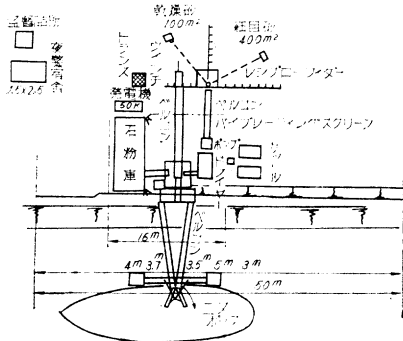
4. 北港北防波堤工事

この工事にマスチック工法を計画したのは、台風時発生するうねり (波高 5 m) は当防波堤に斜めに当り、その後は防波堤にそって走り、先行地点におけるうねりとぶつかりあって波力を増し基礎を攪乱するという状態に対処するためである。また水深は -4.8 m 以下ではあるが根固めブロックが一箇所あってそれを押える被覆石の崩壊は絶対に許されないという条件からも同工法の適用が必要であった。また捨石表面を平滑にして波を走らせ波勢をそぐことも考慮した (走った波は基部のテトラで吸収)。マスチックの施工箇所の断面は 図-10 のとおりである。施工期間は 37 年 8 月 25 日~11 月 20 日の予定である。施工場所および数量はつぎのとおりである。

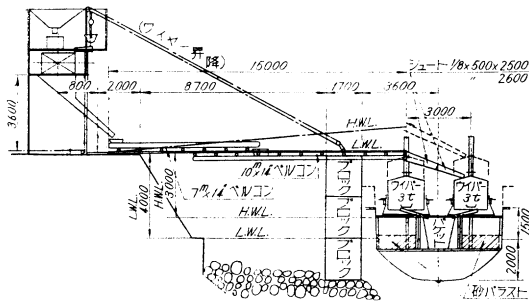
港外侧	延長 158.8 m	面積 1 283 m ²	マスチック 1 100 t
港内侧	" 26.7 m	" 236 m ²	" 266 t
計	185.5 m	1 519 m ²	1 366 t (0.89 t/m ²)

施工法としては陸上よりの運搬が不可能であるうえ水深の関係でシュートは無理なので、パイプ施工も考慮したが結局は現段階ではバケットによる工法をとり、積込

図一 マスチックプラント配置図

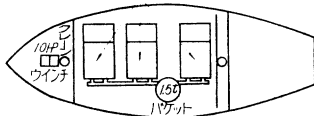


図一〇 マスチック積込設備断面図

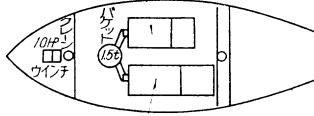


図一〇 マスチック運搬投入船

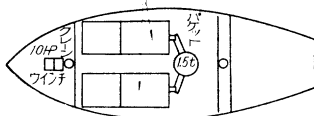
砂見丸 77t 新製フッカー15t



幸吉丸 59.49t イギリス製フッカー30t



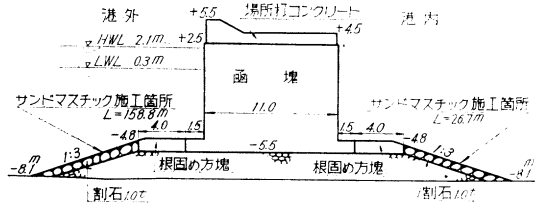
稲米丸 78.97t ドイツ製フッカー30t



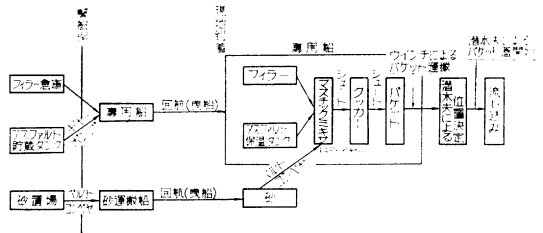
運搬のロスを少なくすることに着目し、現地においてマスチックを製造すること、すなわち台船上にマスチックプラント、クッカー、バケット、起重機を装備したいいわゆるマスチック専用船で施工することを計画した。その作業工程および専用船は図一、二、三のとおりである。またその作業状況を写真一に示す。

設備機械の主要なものは、マスチックプラント：連続式マスチック専用プラント 2基、クッカー：2.0t、二段変速式 2台、バケット：0.7m³ 1個、ウィンチ：1台、台船はプラント用 7.5m×19m 1台、材料（砂）

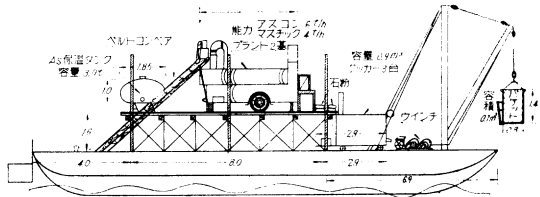
図一〇 北港北防波堤マスチック施工箇所断面図



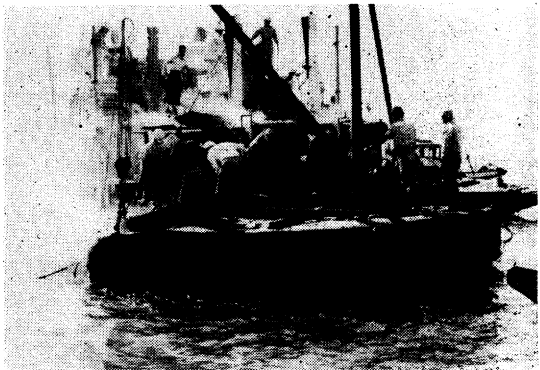
図一一 北港防波堤工事作業工程図



図一二 マスチック専用船横断面図



写真一



運搬用 5m×5m 1台、などである。

マスチックの標準配合は、60/70 サンノーキン ストレート アスファルト 18%、ファイラー（炭酸カルシウム粉末、比重 2.71、200# ふるい通過量 72%）30%、砂（和歌山海浜産 比重 2.51、F.M.=1.4）52% であり、標準施工温度は 160°~170°C である。

一日の計画施工量 40t、純稼働日数 35 日として現在実施中である。マスチック 1t 当りの単価は、11 208 円（材料 5 097 円、労力 2 463 円、損料 1 903 円、経費 1 745 円）である。（1962.10.10・受付）