種崎地区航路護岸改良工事

——特殊コンクリートによる張石固結——

笹 嶋 博^{*1}・松本正志^{*2}・草野守夫^{*3}・田崎邦男^{*4}

概 要 水中で落下しても分離せず、水質汚濁を抑えて打設することができる 高分子添加粘稠コンクリートを 航路護岸の張石固結工事に採用し、良好な結果を得た。これは新しいコンクリートの用途を広げるもので、同種工事への今後の適用が期待できる。工事は高知港口の航路護岸について行われ延長 520 m、最大のり長 25 m、のり勾配 1:2、捨石重量 100~200 kg/個 の捨石堤に総施工量約 2 000 m³ の粘稠コンクリートを施工した。

キーワード：水中コンクリート、分離、粘稠コンクリート、水質汚濁、港湾構造物、捨石固結

はじめに

高知港は県中央部に位置し、古くから天然の良港として阪神方面との海上交通の要衝として栄え、現在においても生産、流通の拠点として重要な地位を占めている。

本工事の対象である種崎地区航路護岸は、大型船の出入を円滑かつ安全にするための港口の拡幅工事に伴って整備されたものである。

昭和 41 年度から 45 年度にかけて航路添いにパラペットを建設し、前面には -1.0 m まで 10~200 kg/個 の捨石でのり面保護を行った。その後、昭和 47 年度から 48 年度にかけて、パラペット前面の^{しんせつ しんちよく}浚渫の進捗にあわせて、のり面 -0.1m~-9.5 m までの捨石 (10~100 kg/個) が施工され、工事完了後、約 10 年が経過している^り。

施設の現状を見ると、① 航行船舶の大型化に伴う航跡波が大きくなった、② 航行船舶の増加によって航跡波の影響が多くなった、③ 浦戸湾内における洪水時の河川流、などにより、張石下の土砂吸出しを受け、護岸前面の張石の天端が沈下、のり面では張石の脱落、のり尻部の洗掘の進行が見られるに至り、放置しておけば構造物の変形が進行して護岸が崩壊すること考えられ、地域住民からも護岸の改良が熱望されていた。

その対策として、土砂の吸出しを防止するために護岸前面をコンクリートで被覆することとし、水中部は新しく開発された特殊水中コンクリートで、水上部は普通コンクリートにより張石空隙を固結一体化し、天端は場所

打ちコンクリートで被覆した。

水中部に使用した特殊水中コンクリートは、水中で自由落下しても分離せず、施工中の水質汚濁もきわめて少ない画期的な性状をもつものである。本工事のような用途としては、約 2 000 m³ という大規模な施工は、わが国では初めてのケースであるので、以下、特殊コンクリートの施工を中心に報告する。

1. 工事概要

工事は既設航路護岸の張石部全面に新たに張石を施工し、さらに洗掘防止工として、のり尻部に捨石の張出しを設け、のり面には特殊な水中コンクリートにより捨石相互を固結一体化して被覆工とするものであり、天端は場所打ちコンクリートで被覆した。写真-1 に竣工状況を示す。

図-1 に施工位置図、図-2 に標準断面図、表-1 に

図-1 施工位置図

*1 運輸省第三港湾建設局高知港工事事務所所長

*2 同 上 " " 工事課長

*3 正会員 五洋建設(株)技術研究所

*4 正会員 日本海上工事(株)技術部

図-2 施工標準断面図

写真-1 全 景

工事内容を示す。なお、工期は昭和 59 年 3 月 19 日から 7 月 20 日で、施工は大旺建設(株)が実施した。

2. 工事の特徴

張石の固結材としては、従来はアスファルトマスチック

表-1 工 事 内 容

工 種 ・ 細 目	数 量
基 礎 工	519.5 m
床 掘 工	80.6 m
床 掘	87 m ³
捨 石 工	519.5 m
捨 (100~200 kg/個)	10 830 m ³
捨石荒ならし	15 992 m ²
捨石本ならし	1 151 m ²
目詰コンクリート	519.5 m ³
特殊コンクリート (+1.5 m 以深)	1 574 m ³
普通コンクリート (+1.5 m 以浅)	283 m ³
金 網	1 271 m
鉄 筋	100 kg
場 所 打 ち コンクリート	514.5 m ³
コンクリート 伸 縮 目 地	411 m ³ 45 m ²

クで施工する方法^{2),3)}

だけであったが、新しく開発された特殊コンクリートによっても可能となった。

アスファルトマスチックの流込み工法は、捨石空隙に加熱混合したアスファルトと骨材の混合物を流込み充填固結するもので、アスファルトマスチックは高温時には流動性に富み、水中でも流込み可能であり、転圧を要

することなく空隙に填充され、固結するものである。わが国における流込み工法の施工実績としては、防波堤、

The Solidification Work of Armoring Stone for the Revetment of the Navigational Channel at Tanezaki, Kochi

—Improvement Works of the Revetment by the Use of Polymer Admixed Cohesive Concrete—

By H. Sasajima, M. Matsumoto, M. Kusano, K. Tazaki

Concrete Journal, Vol. 23, No. 6, pp. 42~50, June 1985

Synopsis Polymer admixed cohesive concrete can be cast by dumping under water without segregation and water pollution. The authors have summarised an application of the cohesive concreting to the solidification work of armoring stone for the revetment of a navigational channel. The work specifies placing a total volume of about 2 000 m³ of the cohesive concrete on the armoring stone bund with a total length of 520 m, a maximum alignment length of 25 m, an alignment slope of 1 to 2 and weights of 100 to 200 kg each of armoring stone for the revetment of the navigational channel at the mouth of Kochi Port, Kochi.

Keywords : underwater concrete, segregation, cohesive concrete, water pollution, port and harbour structures, the solidification of armoring stone

表一 特殊コンクリートとアスファルト
マスチックの比較

		特殊 コンクリート	アスファルト マスチック
材料特性	水 質 汚 濁 強 度	ほとんどなし 大	まったくなし 小
	捨石との付着性	付着一体化	水中では付着 せず
	変形への順応性	小	大
	防水性	なし	あり
経済性	耐久性	大	大
	仮 設 備 材 料 費	少 安	多 高
施工性	混 合 方 法 コンシステンシー	常 温 容 易	加 熱 容 易
	管 理 養 生	要	不 要

護岸 および 堤防などの 捨石固結に 使用されており、昭和 37 年に和歌山本港防波堤に適用され、その後、数多くの実績がある。

表一 に、特殊コンクリートとアスファルトマスチックの比較を示す。本工事の場合、築造後の経過もかなり長いので護岸の沈下はほとんどなく、施工性については養生時間が十分確保できるので、材料の特性としてはいずれも十分適用できるが、経済性については、仮設が少なく材料費が安い方が有利となる。したがって、特殊コンクリートによる固結が最良と判断し、採用に踏み切ったものである。なお、実績が少ないため、本工事に先立って試験工事を行い、特殊コンクリート工法の効果および品質などを確認することにより、本工事の施工方法および管理の指針を得た。

3. 特殊コンクリートの特徴^{4),5)}

特殊コンクリートは、従来の普通コンクリートの配合に水溶性高分子系混和剤を添加するもので、混和剤の粘着効果により粘稠でプラスチシシーに富んだものとなり、以下のような特徴をもつ。

- 1) 水中において、波や流れの作用に対して分離しにくく、水質汚濁もきわめて少ない。
- 2) 流動性、充填性がよく、捨石の空隙、岩盤の隙間、密な配筋間、薄い部材厚用型わくの隅々まで自重で流れ込む。
- 3) 付着性がよく、捨石、鉄筋、鉄骨、岩盤、旧コンクリートなどと一体化する。
- 4) 施工条件に応じて適切な配合（とくにコンシステンシー）を選定することにより、斜面のまま仕上げることや、特別に締め固めなくても平坦にすることもできる。
- 5) プリージングが起らず、レイタンスの発生が少ないので、打継面の処理が簡単にできる。
- 6) 水中において波や流れによって分離しにくい

め、型わくとして金網を使用できるので、波や流れが作用する所でも型わくを容易に設置できる。

4. 試験工事⁶⁾

本工事に先立ち、施工方法および管理の指針を得る目的で試験工事を実施した。試験工事は、幅 2.5 m、のり長 23 m ののり面 2 箇所に 2 種類の特殊コンクリートを施工した。

2 種類の特殊コンクリートを選定した理由は、増粘剤の違いによる配合や施工性の相違を把握・検討するためである。その結果、両者とも張石の固結工法として、コンクリートの充填状況、固結状況および品質などから十分施工可能と判断した。

表一 試験工事結果

調査項目	種 類	ハイドロクリート	ポリミック
スプレッド値 (cm)		39.0~42.0	43.3~44.5
空 気 量 (%)		2.7, 2.8	2.2~2.8
圧 縮 強 度 (kg/cm ²)	気中製作	$\sigma_{28}=328, 373$	気中製作 $\sigma_{28}=337, 334$
	水中製作	$\sigma_{28}=261, 243$	水中製作 $\sigma_{28}=265, 261$
水中採取コア 圧 縮 強 度 (kg/cm ²)		$\sigma_{28}=193$	$\sigma_{28}=253$
水質分析および濁度		全て基準値を下回る	全て基準値を下回る
出 来 形 状 況		良	良
打 込 み 速 度 (m ³ /h)		4.7	6.1
換 算 空 隙 率 (%)		48.1	54.8
施 工 数 量 (m ³)		14	17

試験結果を 表一 に示す。表中の水中採取コアとは、現場で 30 l 程度の容器に実施に準じて打設したコンクリートから、硬化後、陸上においてコア採取したものである。以下に、試験工事で得られた本工法の要点を記す。

4.1 特殊コンクリートの性状

ポリミックは換算空隙率が大きくなっているが、これは、スプレッド値が 43~45 cm であり、流動性がやや大きく、張石空隙中の安定性が悪かったものと推察され、スプレッド値は 40 cm 程度が適当と判断された。

張石固結用のコンクリートの設計強度を決める方法は今のところ確立されていないため、西ドイツおよび国内の実績から決めた。強度試験の供試体は、データ蓄積のため、水中・気中両方について作成することとした。

4.2 張石の空隙率

設計時に想定する空隙率は、捨石の粒径範囲が広く、捨石層数が多い場合の値としては 40% 程度である。

大野らの報告⁷⁾によると、空隙率は、石の形状、混合している捨石の粒径範囲（単粒、混合）、積み方（粗、密）、層数などにより大きく変化することが確認されており、これまでに測定された結果を 図一 に示す。この事例は、アスファルトマスチックの水中施工法の実験的研究の一部として実施したものであり、張石の固結とい

図—3 空隙率と捨石粒径の関係

う目的は今回の場合とまったく同様のものである。

図—3 の結果から分かるように、空隙率の大きさは粒径にあまり影響を受けず、とくに積み方が支配的要素となっている。密となるような積み方では 39~46%, 粗な場合 44~52% である。

試験工事に利用した捨石の粒径範囲は単粒に近く、層数は 1~2 層、ならし精度も ± 30 cm であり、施工条件が前述の大野らの報告では“粗”にあたる。試験工事の捨石の換算空隙率は、コンクリートの充填量からは 48~55% であり、ほぼ妥当な数値と考えられる。

4.3 環境に及ぼす影響

調査は 2 地点で行い、海底面上 0.5 m と海面下 0.5 m の 2 箇所を設定し、コンクリート打設前 1 時間、打設中、打設後 1 時間の試料を採水、分析した。

分析の結果、環境基準の人の健康に係る項目と生活環境に係る項目、いずれも環境基準値⁹⁾を超えるものではなかった。

4.4 その他の項目

のり尻に設けたコンクリート流出防止用金網は、コンクリート骨材最大寸法の半分程度の網目のものを使用することにより、十分効果が確認された。コンクリートの打設能力は、潜水士が捨石の状態を観察しながら打設を管理するには、5 m³/h 程度が適当であると判断された。

コンクリートのロスとしては、製造時のプラントのミキサおよび運搬時のアジテータトラックへの付着、打設時のポンプ車ホップおよび配管内へ

の残量を合計すると 15% 程度となり、かなり多い。この原因としては、特殊コンクリートは粘稠性が大きいことのほかに、打設量が少なかったことと、張石固結という用途から硬めの配合であることが挙げられる。

5. 本 施 工

5.1 特殊コンクリートの配合と製造方法

本工事に使用した特殊コンクリートの材料は、表—4 に示す 2 種である。

配合条件は、試験工事の結果を踏まえ次のとおりとした。

設計強度	$\sigma_{28}=160$ kgf/cm ²
スプレッド値	40 $\pm$ 5 mm
粗骨材最大寸法	25 mm
セメントの種類	高炉セメント B 種
空気量	1~5% (暫定的に規定)
最大水セメント比	70%

表—4 使用材料

材 料	製品名および産地	比 重	摘 要
セメント	S 社製高炉セメント B 種	3.03	
細 骨 材	細砂：宇 佐 沖 } 細砂：粗砂 粗砂：仁淀河口 } = 6 : 4 に混合	2.63	FM=2.80
粗 骨 材	砂利 5~25 mm 仁淀河口	2.66	FM=6.90
混 和 剤	UWB (M 社製)	—	水中不分散剤
	セルクリート H (D 社製)	—	
	NL-4000 (N 社製)	—	流動化剤
	セルクリート HB (D 社製)	—	補助剤

図—4 特殊コンクリートの製造方法

表—5 示 方 配 合

コンクリート 種	最大寸法 G_{max} (mm)	水セメン ト 比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	空 気 量 A (%)	単 位 量 (kg/m ³)						
					水 W	セメント C	細 骨 材 S	粗 骨 材 G	混 和 剤		
									増 粘 剤 (水中不分散剤)	流動化剤 (L)	補 助 剤 (kg)
ハイドロクリート	25	65	42.2	3.5	190	306	750	1037	2.29	9(液体)	—
ポリミック	25	61	41.9	3.0	205	336	721	1011	2.87	—	4.31(粉体)

表—6 工程計画および実績表

[illegible]

混 和 剤 量 種類に応じた標準量

上記の条件を満足する配合を決定するために、試験工事の配合を参考に試し練りを実施し、表－5 に示す配合とした。なお、コンクリートポンプ車使用時の先導モルタルは、コンクリートと同強度にするために、表－5 の配合から粗骨材を除いたものとした。

特殊コンクリートの製造は、レードミクストコンクリ

ート工場（傾胴式ミキサ 1.5 m³）が、図—4 に示す手順で行った。

5.2 施工方法

図-5 に施工要領，表-6 に工程計画と実績を示し，写真-2 に張石状態，写真-3 に施工状況を示す。

特殊コンクリートの打設にあたっては、筒先がブーム式コンクリートポンプ車 (85 m³/h) のブームだけでは長さ不足なので、ドッキングホースおよびパ

コンクリートの打設は次の要領で行った。

- 1) 打設前に潜水士自身が位置の確認と出来形の目視管理のため、捨石のり面に 10m メッシュのロープを張った。
- 2) 打設は、水中部の潜水士と陸上連絡員を有線の通

写真-4 特殊コンクリートの吐出状況

話装置により連絡を密にし、連絡員の指示によりコンクリートポンプ車の筒先をクローラークレーンと共に移動した。

- 3) コンクリートの吐出口にはフレキシブルホースまたはエルボを取り付けたので、潜水士の作業および管理を容易にすることができた。打設中の濁りが潜水士の連続作業に支障を与えない状況を写真-4に示す。
- 4) 潜水士は張石の空隙を吐出口を移動しながら充填するが、コンクリートの粘稠性により空隙へ流入し安定するまでにかなりの時間を要するので、不足箇所にはさらに追加打設する。このため、潜水士の作業性から施工速度は制限を受けるので、平均打設量

は $5\sim 6\text{ m}^3/\text{h}$ であった。

- 5) 水際線では、コンクリート打設中に航跡波の影響を受けないように保護マットを使用した。打設終了後には、引き続き、養生マットとしても利用した。
- 6) 水際線の施工時に発生した多少の濁りは、汚濁防止膜を使用して拡散を防止した。
- 7) のり尻に設けたコンクリート流出防止用金網は十分に効果を発揮した。

5.3 水質への影響

水中コンクリート工事を実施することにより、自然環境に何らかの変化を与えることは避けられないことであるが、とくに工事に伴う海中生物に与える影響を極力抑

図-6 水質調査位置

表-7 水質調査内容

調査位置	測定点	測定項目	測定回数
港内定点	漁港測点	採水 { pH (水素イオン濃度) DO (溶存酸素量) 濁度	上層 (海面下 0.5 m), 下層 (海底上 0.5 m) で打設前, 中, 後 (1 h) の 3 回/日
	No. 4 航路ブイ近傍	〃	中層 (海面下 4~5 m) を適宜測定した
打込み地点付近	+1.5 m ~ -3.0 m の打込み中	濁度 (連続)	1 測点につき, 上, 中, 下層で打設前, 中 (経時測定), 後 (1 h) 打設地点を中心に 5~10 m ビッチで数点測定
	-3.0 m ~ -7.8 m の打込み中	採水 { pH DO 濁度	1 測点につき, 上, 中, 下層で打設前, 中, 後 (1 h), 打設地点を中心に 5~10 m ビッチで数点測定

表-8 水質試験結果

調査位置	測定点	pH (ppm)	DO (mg/l)	濁度 (ppm)
港内定点	漁港測点	上, 下層 7.8~8.3 (BG 値 7.8~8.3)	上層 7.1~9.5 (BG 値 7.5~9.0) 下層 6.7~8.9 (BG 値 7.2~9.0)	上, 下層 4~10 (BG 値 4~10)
	No. 4 航路ブイ近傍	上, 中, 下層 8.0~8.3 (BG 値 8.0~8.3)	上層 8.0~9.5 (BG 値 8.6) 中, 下層値 7.0~7.9 (BG 値 7.9)	上, 中, 下層 4~13 (BG 値 4~10)
打込み地点付近	+1.5 m ~ -3.0 m の打込み中	—	—	打設中 (上, 中, 下層) 7~25 打設後 (1 h) 7~10 (BG 値 6~8)
	-3.0 m ~ -7.8 m の打込み中	上, 中, 下層 8.0~8.3 (BG 値 8.1~8.2)	上, 中, 下層 7.1~9.1 (BG 値 7.3~8.0)	上, 中, 下層 4~13 (BG 値 5~9)

図-7 +1.5～-3.0 m 打設時の濁度の経時変化

えることが必要である。

環境基準値を上回ることがあれば、中和剤による pH の調整、浮遊物質の沈殿槽や凝集剤による処置などが必要となる。これまで、ハイドロクリートについては水質調査^{9)~12)}を行い、とくに問題がないことが報告されているが、今回のような施工条件でのデータを得るために調査を実施した。表-7 に調査内容、図-6 に調査位置、表-8 にその結果を示す。

- 1) 港内定点観測における工事の影響による水質 (pH, DO, 濁度) の変化はほとんど認められない。
- 2) 打込み地点付近の観測で -3.0m～-7.8m の打設中の濁度は、BG 値 (打設前環境) より 4～8 ppm 増加する程度である。図-7 に +1.5m～-3.0m の打設中の濁度を示す。これによると、中心部の BG 値より最大 20 ppm 程度増加したが、その後、打設を継続しているにもかかわらず、30 分で 14 ppm に減少し、1 時間後に 10 ppm となり、表-8 に示す BG 値まで下がっている。
- 3) 水際線は、航跡波の影響をうけるので、直後の値が pH 9.3～9.5、濁度 45～110 ppm である。この値は汚濁防止膜内部の値であり、外部はほとんど BG 値と同じであった。

6. 施工管理

6.1 出来形管理

写真-5、6 に出来形の状況を示す。特殊コンクリートが張石の空隙に完全に充填され、水中打設による分離や水際線施工時の洗掘もなく、良好な仕上がりであった。

特殊コンクリートの充填厚を検査するために、写真-7 に示すようにコアボーリングを行った結果、58～80 cm の値が得られ、コア下部に既設護岸の張石が確認さ

写真-5 仕上り状況 (陸上部)

写真-6 仕上り状況 (水中部)

写真-7 採取コアの状況

れたことから、張石を隙間なく十分に充填していることが分かる。

のり尻と延長両端に設けられたコンクリート流出防止用金網は、特殊コンクリートの不分離性を利用し、十分効果を発揮した。その状況を写真-8 に示す。

6.2 品質管理

(1) 管理内容

特殊コンクリートの品質管理の試験および供試体作成は、打設日の午前・午後各1回、現場荷卸し地点が行った。品質管理試験の内容を表-9 に示す。これらのうち、水中供試体の製作方法は次のとおりである。

表-9 品質管理試験内容

	試験項目	規格値	試験回数	試験方法
フレッシュ コンクリートの試験	スプレッド	40±5 cm	圧縮供試体製作時に各1回	DIN 1048
	空気量	4 ⁺¹ ₋₃ %	〃	JIS A 1128 (空気室圧力方法)
	コンクリート温度	〃	〃	棒状温度計
硬化 コンクリートの試験	圧縮 気中製作供試体	$\sigma_{28}=160$ kg/cm ²	φ10×h 20 6本	JIS A 1108 および JIS A 1132 材令 7,28日 標準養生
	水中製作供試体	〃	φ10×h 20 6本	JIS A 1108 水中供試体による 材令 7,28 日 標準養生(落下距離 30 cm)
	水中採取コア	〃	φ10×h 20 3本 (1本/30 l 缶) 200 m ³ に1回	JIS A 1107 材令 28 日 現場養生(落下距離 50 cm)

写真-8 コンクリート流出防止用金網の効果

表-10 コンクリートの品質管理結果

		スプレッド (cm)	空 気 量 (%)	圧縮強度 σ_{28} (kgf/cm ²)		
				気中製作	水中製作	水中採取 コア
ハイドロクリート	測定数	44	44	44	44	5
	平均値	40.0	3.9	270	214	252
	標準偏差	1.8	0.4	18.3	21.3	11.6
	変動係数 (%)	4.5	10.3	6.8	10.0	4.6
	最大値	44.0	4.4	301	301	267
	最小値	35.0	3.0	210	168	240
ポリミック	測定数	43	43	43	43	5
	平均値	38.5	3.1	308	276	296
	標準偏差	1.5	0.3	13.5	18.0	21.1
	変動係数 (%)	4.0	9.4	4.4	6.5	7.1
	最大値	41.3	4.0	338	313	321
	最小値	35.5	2.7	284	228	263

- 1) 型わくを水中に置き、型わく天端より10cm上まで水を張る。
- 2) 特殊コンクリートを細かく分けながら、水面より落下させて型わくへ充填する。
- 3) 10分後に型わくを取り出し、側部の水抜きを完

全にするために木づちでたたく。

- 4) ブリージングが生じないので、型わく上面より2~3mm下げてコテでならす。
- 5) 一昼夜現場で養生し、キャッピングの後、48時間後に脱型して水中標準養生する。

水中採取コアについては、試験工事で実施したものと同様の方法であり、2~3週間現場海中養生し、コア採取、成形後に水中標準養生とした。

(2) 管理試験結果

特殊コンクリートの管理試験結果を表-10に示す。スプレッド値、空気量、圧縮強度は、すべて基準値を満足した。スプレッド値は平均38.5~40.0cm、空気量は平均3.1~3.9%と、ほぼ計画どおりの結果が得られた。

圧縮強度は、材令28日の気中製作で270~308kgf/cm²であり、水中供試体の強度はその80~90%を示した。水中採取コアの強度と水中供試体の値は同程度であった。これらのことから、水中供試体により実構造物のコンクリートの品質をある程度判断できることが分かった。

ハイドロクリートとポリミックの差異については、過去の実績、経験の違いからセメント量および増粘剤などの配合量が異なっているが、施工性、硬化コンクリートの品質はとくにいちじるしい差異は認められなかった。

以上の結果、特殊コンクリートの圧縮強度の管理試験は、水中不分離性を管理するために水中供試体で行うことが必要と思われる。

本工事では、新工法のため安全性を考慮し、かなり富配合としたが、今後実績を踏まえてセメント量を減少させてゆきたい。

7. 計画・施工上の留意点

7.1 付着によるロス率

特殊コンクリートは粘着性が大きいので、プラントミキサ、アジテータトラックの付着量を測定することとし、数回にわたって測定した。付着量の測定は、練りませ時の計量重量、アジテータ車の空重量、コンクリート積載後のアジテータ車重量およびコンクリート排出後のアジテータ車重量を計量算出した。その結果、4.5m³コンクリートはプラントミキサでの付着量は0.05m³程度、アジテータ車の付着量は0.13m³程度であり、施工条件によりロスを考慮する必要がある。

7.2 設計数量と施工数量

本工事における特殊コンクリートの施工数量は、設計数量に対して 20～30% 増となった。これは、張石の状態に大きく影響を受けたためである。

張石の状態を調査した結果、張石の設計断面と施工後の仕上り断面の関係、コンクリートの充填厚などについて次のことが分かった。

深淺測量の結果、設計断面より施工断面が 17 cm 高く（ならし精度 ± 30 cm）仕上がっていることが確認され、コンクリートの充填性を確認するためのボーリングコア採取試料の厚さは 60～80 cm であり、かなり大きな値が確認された。このことが、設計数量と施工数量に差が生じた主な原因と考えられる。

今後、設計の際は、ならし精度を考慮した層厚、張石下部への浸透防止のための目つぶし石などを十分考慮することにより、張石の空隙率は試験工事で得られた 45～50% に納めることができると考えられる。

7.3 金網型わく

のり尻と延長両端の側部に使用した流出防止用金網は施工が容易で、十分効果を発揮しており、今後も大いに活用できるものである。

7.4 水際線の施工

施工中の波浪による洗掘と水質汚濁を減少させるためにマットを使用することが有効であり、施工後の養生用のマットとしても利用できるものが望ましい。

7.5 打設条件の厳守

特殊コンクリートの配合は、打設方法、濁りの発生度合いなどの条件から決定されたものであり、所定の品質を確保するために打設方法を潜水土に厳守させることがとくに重要である。

7.6 コンシステンシーの管理

張石固結の場合、捨石の状態が位置によって大きく異なるため、潜水土と密接な連絡をとり、所要の管理基準の範囲内でコンシステンシーを管理できる体制を整えることが必要である。

7.7 ミキサの洗浄

プラントミキサ、アジテータトラックのドラムの洗浄は、1 日の練りまぜ、運搬の終了時に行ったが、洗浄は、付着性がよいコンクリートのため、通常以上に念入りに行う必要がある。

おわりに

本工事は、護岸張石の固結材として水中で分離しにくい特殊コンクリートを使用したものであり、こうした用途としては、約 2000 m³ という大規模な施工は、わが国では今回が初めてのケースである。

現場の条件から特殊コンクリート工法が計画され、試験工事を経て本施工の結果、十分に材料の特徴を發揮

し、信頼性の高い品質をもつことが確認された。今後、特殊コンクリートの張石固結層の耐久性については、長期的に追跡調査を実施する予定である。

本稿が、これからの同種工事の参考になれば幸いである。

最後に、誌面を借りて、運輸省第三港湾建設局の中村技術次長（現四港建局長）をはじめ、神戸調査設計事務所、工務課、工事課および大旺建設（株）の関係各位に対し、計画から施工まで多大の助力・助言をいただいたことに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 運輸省第三港湾建設局高知港工事事務所：航路護岸改良工事の施工について、第 15 回管内工事施行技術研究会資料，1984.9
- 2) 水工アスファルト研究会編：水工アスファルト，鹿島出版会，昭 51.11
- 3) 生田久也・松崎勝夫：火力・原子力発電所，臨海構造物の補強工法について，電力土木，No. 177，昭 57.3
- 4) 日本海上工事（株）：ハイドロクリート技術資料
- 5) 五洋建設（株）：ポリミック技術資料
- 6) 運輸省第三港湾建設局高知港工事事務所：特殊コンクリート試験工事報告書，昭 59.1
- 7) 大野大明・手塚昌信：サンドマスチック被覆工の設計・施工に関する実験的研究，土木学会第 26 回海岸工学講演会論文集，昭 54.11
- 8) 中央法規出版（株）：海上公害関係法規集，昭 46.11
- 9) 生田久也・江川隆久・大友忠典・田崎邦男：新しい水中コンクリート—ハイドロクリート，農業土木，No. 384，昭 56.12
- 10) 佐々木忠男：嫁礮灯標の特殊水中コンクリートによる基礎補強，航路標識技術要報，No. 22，海上保安庁
- 11) 小谷一三・末永昭紀：ハイドロクリートと施工例，第 27 回全国港湾工事報告会報告概要，日本港湾協会，昭 56.12
- 12) 関 博・大友忠典：海洋コンクリート・水中コンクリート，山海堂，昭 57.12

（投稿：昭和 59 年 11 月 15 日受付）