

V-101 鉄筋籠と帆布を用いた特殊水中コンクリートの施工法に関する現地試験

運輸省第二港湾建設局 横浜調査設計事務所 正会員 永井紀彦 堀井昭宏 平山隆治 伊勢 博

1. まえがき

近年、大水深の厳しい海象条件下における海洋構造物の施工が、数多く実施されている。このため、より安全、確実に経済的な施工法の開発が望まれている。特に、大水深混成防波堤の建設にあたっては、ケーソンを設置するためのマウンドの施工が重要な課題となっている。従来の工法では、まず、基礎石を投入した後、基礎石の表面を平坦化し、その上にケーソンや根固めブロックを設置している。この際、基礎石表面の均し作業にあたっては、多大な現地作業が必要であり、また、根固めブロックは、波浪に対する安定性を確保するために数10トンオーダーのものを数多く設置しなければならないので、その製作、運搬、据付は複雑な作業となっている。

一方、近年、特殊水中コンクリートの開発は目ざましく、にがりと強度の低下の少ない水中コンクリート用の混和剤が、数多くのメーカーにより開発・販売されている。特殊水中コンクリートを用いた施工は、海中における基礎石表面の均し作業や、根固めブロックの製作、運搬、据付作業にかかわることができる可能性があり、より経済的で急速な施工法となりうると考えられる。本報告は、鉄筋籠と帆布を用いた水中コンクリートの施工法を紹介し、現地試験を実施した結果を述べたものである。

2. 室内予備実験

現在、特殊水中コンクリート用混和剤は、数多く市販されている。現地試験の実施に先だって、各社の製品の相対的な比較を行ない、現地試験に用いる混和剤を決定するために、室内予備実験を行なった。

(1) コンクリートの配合

無筋コンクリートを想定して、水中における目標強度を 160kgf/cm^2 に設定し、コンクリートの配合を行なった。表-1は、配合を示したものである。No. 1は強度を比較するために、混和剤を用いずに気中打設したケースである。No. 2からNo. 11は、AからJまでの異なった混和剤を用いて水中打設したケースである。

(2) コンクリートの練り混ぜ

コンクリートの練り混ぜにあたっては、容量50リットルのミキサーに、細骨材、セメント、粗骨材、水、ベース混和剤を順に投入し、3分間練り混ぜを行なった。その後、スランプフロー、及び空気量の測定を行ない品質を管理した。特殊水中コンクリート用混和剤の主剤はあらかじめセメントと混合した。ベース混和剤は練り混ぜ水にあらかじめ含めた。スランプフローは $50 \pm 2.5\text{cm}$ を設定値として管理し、特殊水中コンクリート用混和剤の助剤の量によって調整した。空気量は $4 \pm 1\%$ 、室温は $20 \pm 1^\circ\text{C}$ を設定値として管理した。

(3) 供試体の作製

圧縮強度試験のための供試体は、各ケースについて3体ずつ作製した。No. 1の供試体は気中で、No. 2からNo. 11までの供試体は水中で作製し、その形状は、 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱とした。

(4) 濁度試験

濁度試験は参考文献に従って実施した。表-1に示すように、水中コンクリート打設時の濁度は、混和剤の主剤によって、大きく異なっている。主剤G、I、Jでは濁度は10未満であったが、Bでは276という高い値を示した。

(5) 圧縮強度試験

JIS A1108「コンクリートの圧縮強度試験」に従って、材令7日と28日の圧縮強度試験を実施した。表-1に示すように、主剤B、D、F、Iを除いては、28日強度は目標値である 160kgf/cm^2 を越えていることが確認された。

3. 現地試験の実施

実海域における鉄筋籠と帆布を用いた特殊水中コンクリートの施工法に関する現地試験を以下に示すように実施した。図-1は、本試験を模式的に示したものである。

(1) コンクリートの配合

室内予備実験の結果をもとに、濁度が比較的小さく圧縮強度も目標値以上の値となるNo. 11の主剤Jを用いた配合をここでは採用した。

表-1 室内予備実験結果（目標強度 160kgf/cm^2 ）

No.	コンクリートの種類	ベース 混和剤	特殊水中コンクリート用混和剤		水セメント比 w/c (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					高度	圧縮強度 (kgf/cm ²)				
			主剤	助剤			水	セメント	細骨材	*3 粗骨材	混和剤		主剤	助剤	7日	28日	
											A-1						A-2
1	普通		—	—	74.9	48	173	231	902	979	0.58	—	—	—	180(100)	250(100)	
2	特殊水中 No.70		A	UC150								2.60	1.84	25	133(83)	189(76)	
3			B	b								3.49	4.36	276	38(23)	58(22)	
4			C	UC150								2.72	4.14	16	123(77)	180(72)	
5			D	UC150								2.72	2.30	28	96(60)	155(62)	
6			E	UC150	74.9	45	230	307	750	912	0.77	2.60	2.30	24	117(73)	170(68)	
7			F	UC150								2.60	—	16	100(62)	141(56)	
8			G	UC150								2.60	1.84	9	125(78)	193(77)	
9			H	h								2.94	3.68	21	124(78)	184(74)	
10			I	UC150								3.49	—	6	61(38)	94(38)	
11		J	J	74.8	45	220	294	765	940	0.74	7.41	—	5	116(72)	183(73)		

*1 混和剤Jは高性能減水剤を含有するため相当分の単位水量を減らした

*2 助剤はメーカー指定の無いものについてはUC150を使用し、指定のあるものについてはそれを使用した。

*3 粗骨材は最大寸法20mmのものをを使用した。

（２）鉄筋籠と帆布を用いた型枠内へのコンクリートの打設

本報告で紹介する施工法は、図－１に示すようにあらかじめ型枠となる鉄筋籠を海底に設置しておき、帆布内にポンプ車から圧送するコンクリートを打設するものである。鉄筋籠の網目間隔は、大きいほど型枠が波によって移動しにくくなるが、コンクリートのはらみ出しが懸念されるので、1 m角の立方体型枠の四側面の網目間隔をそれぞれ、50mm、75mm、100mm、150mmとし、はらみ出しを観測することとした。型枠の底部には鉄筋による網目がなく、海底地形の起伏にコンクリートが追従するようにした。コンクリートが圧送されるパイプの先端には帆布で製作された袋を結びつけており、30kg程度のコンクリートを打設した段階で、ダイバーが帆布についているヒモを型枠の縦枠四辺に結びつけた。帆布の材質は、綾織フィルターシート（厚さ0.5mm）とした。

（３）引上げ、コア抜き

打設後28日目にコンクリート塊を引上げ、その状況を目視観測した。写真－１は、コンクリート塊を引上げた状況を示したものである。コンクリート塊から合計9ヵ所の $\phi 10 \times 20$ cmのコアを抜き取り、圧縮強度試験を行なった。

4. 現地試験結果

（１）コンクリートの打設施工

現地における特殊水中コンクリートの打設にあたっては、室内予備実験で確認された通り、周辺の海水のにごりはほとんど見られなかった。コンクリートの打設は、きわめて順調スムーズに行なわれ、帆布の破れなどのトラブルは発生しなかった。

（２）コンクリート塊と海底面との付着

本施工法で打設された特殊水中コンクリートは、充填性が高く、海底地形の起伏に応じた底面形状となることや、引上げ試験によって確認された。写真－１に示すとおり、コンクリート塊の引上げに伴って、海底にある数10kgの石もコンクリート塊と一緒に引上げられている。このことは、海底面とコンクリート塊との間には、強い付着力が働くことを示している。

（３）側面からはらみ出し

写真－１に示すように打設されたコンクリートの鉄筋籠側面からはらみ出しは小さく、最大でも、150mmの網目間隔では40mm、100mmの網目間隔では20mm、75mmの網目間隔では10mm程度であり、50mmの網目間隔でははらみ出しは観察されなかった。このことは、150mm程度の網目間隔でも施工には支障のないことを示しており、波浪に対する抵抗の少ない型枠の設置が可能であることを意味している。

（４）表面の平坦性

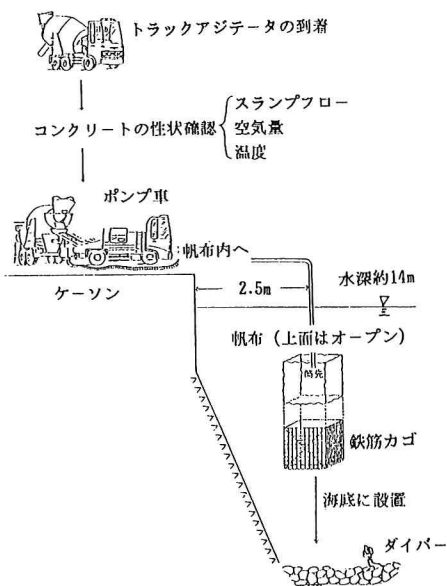
引上げられたコンクリート塊の平坦性は高く、その起伏は1 cm程度以下であったことが観察され、特殊水中コンクリートのセルフレベルリング性が確認された。

（５）採取されたコアの圧縮強度

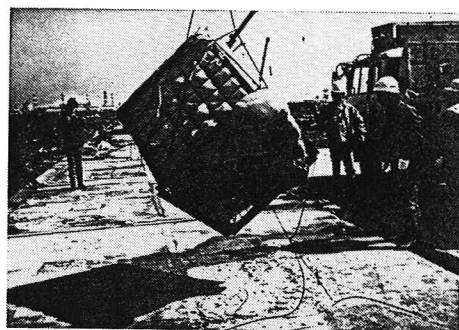
表－２は、採取されたコアの圧縮強度を示したものである。表－２の値は、打込み面コーナー部Aの強度を除いては、すべて目標強度の160kgf/cm²を越えており、また、表－１に示される室内試験強度である183kgf/cm²と比較しても、むしろ高めの値を示している。打込み面コーナー部Aの強度は124kgf/cm²であり、目標強度より若干小さくなっているが、これは実用上は、許容される範囲であると考えられる。

5. おわりに

鉄筋籠と帆布を用いた特殊水中コンクリートの施工法に関する現地試験を実施し、以上述べたような成果を得ることができた。今後は経済性も含めた本施工法の現地適用可能性を検討していく予定である。



図－１ 現地試験状況模式図



写真－１ コンクリート塊の引上げ状況

表－２ 現地試験結果
（目標強度160kgf/cm²）

コア抜き位置		材令28日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
打込み面	上	196
	中	190
	下	176
打込み面	A	124
側面	コーナー部	179
	50mm	217
	75mm	212
	100mm	203
中央部	150mm	210