

報告

[1007] 増粘剤を用いた省力化施工コンクリートによるケーソン底版コンクリートの施工

多田和樹*1・津田義久*2・中島由貴*3・中島興康*4

1. はじめに

兵庫県の日本海側に面する柴山港では、避難港としての整備が進められており、沖合い（水深約30m）に防波堤の建設が進められている。この防波堤は、水深の大きいところや波の大きいところに使用することを目的として運輸省が開発した「二重円筒ケーソン」で構築される。このケーソンは内側円筒部（内円筒）を陸上で、外側円筒部（外円筒）をフローティングドックで別々に製作し、外円筒部を据え付けた後、内円筒部を外円筒部の中の所定の位置に据え付けて一体化する構造である（図-1）。ここで、二重円筒ケーソン外円筒部の底版コンクリート（厚さ 1.1 m、面積約700m²）は写真-1 に示すように過密配筋である。そこで、この底版コンクリートに増粘剤と高性能減水剤を添加することにより高い流動性と材料分離抵抗性を付与する「省力化施工・高信頼性コンクリート（以下、省力化施工コンクリートと称す）」を適用した。本報告は、このコンクリートの本施工における製造、品質管理、施工性などについてとりまとめたものである

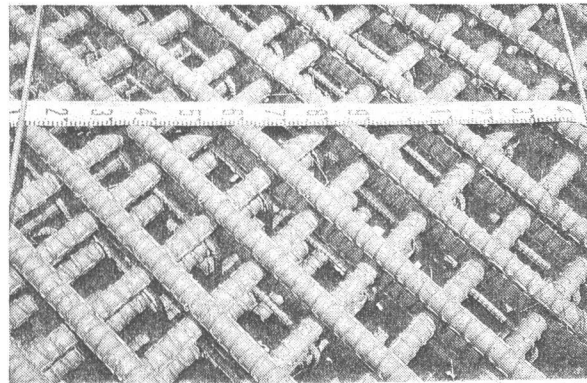


写真-1 ケーソン底版配筋状況

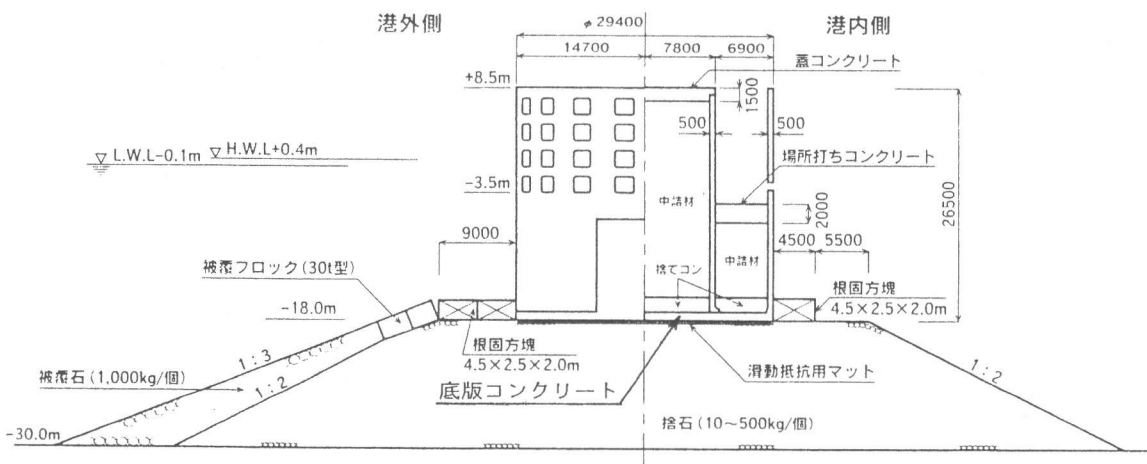


図-1 柴山港二重円筒式防波堤ケーソン断面図

- * 1 東洋建設(株)鳴尾研究所材料研究室主任研究員 (正会員)
- * 2 運輸省第三港湾建設局舞鶴港工事事務所長
- * 3 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所技術開発課長
- * 4 東洋・東亜・五洋柴山港二重円筒ケーソン製作JV所長

2. 施工概要

2. 1 使用材料および配合

コンクリートの使用材料および配合を表-1、2に示す。増粘剤は低界面活性型セルロースエーテルを主成分とするものを使用した。コンクリートの配合は工事に先だって行った生コンプラント実機での練り混ぜ試験および実物の一部をモデル化した実物大モデル施工実験[1]に基づき選定した。設計基準強度は材齢28日で $f'_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$ である。A E減水剤の添加量が多いのは流動性や充填性の維持を図るため、所要の空気量を確保するためA E助剤も使用した。

表-1 使用材料

セメント	高炉セメントB種；比重 3.04
粗骨材	砕石；比重 2.66，吸水率0.95%，F.M=6.65，最大寸法20mm
細骨材	川砂；比重 2.57，吸水率 1.83%，F.M=2.87
増粘剤	低界面活性型水溶性セルロースエーテル 2%水溶液粘度 10,000cp
高性能減水剤	高縮合トリジン系化合物
A E減水剤	リグニンスルホン酸化合物およびポリオール複合体
A E助剤	変性アルキルカルボン酸化合物

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				増粘剤 (W×%)	高性能減水剤 (C×%)	A E減水剤 (C×%)
		W	C	S	G			
50	52	190	380	849	811	0.275	2.00	0.6

2. 2 製造および運搬

コンクリートの製造は生コンプラントで強制二軸ミキサー（公称容量；4.5m³）を使用して行った。練り混ぜ方法を図-2に示す。増粘剤はセメントや骨材の投入時に同時に手投入し、空練りを30秒行った。高性能

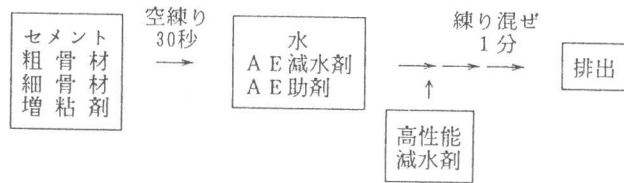


図-2 コンクリートの練混ぜ方法

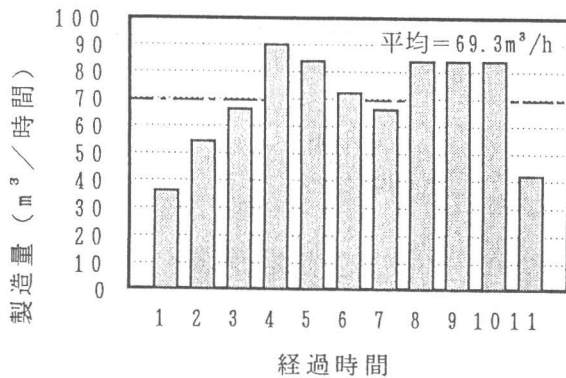


図-3 時間当たりの製造量

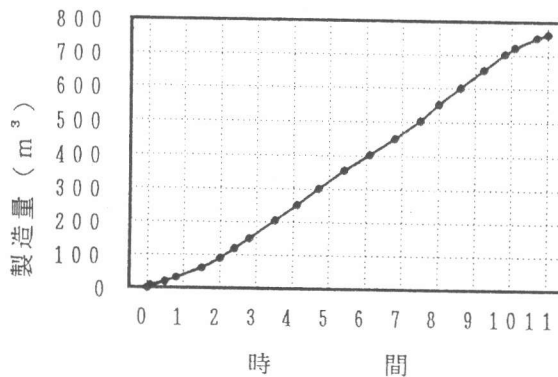


図-4 累計製造量

減水剤は注水後、添加した。練り混ぜ時間や練り混ぜ量は生コンプラント実機での練り混ぜ試験により選定し、練り混ぜ時間は高性能減水剤投入後1分程度、練り混ぜ量はミキサー公称容量の70%程度以下とした。運搬は、

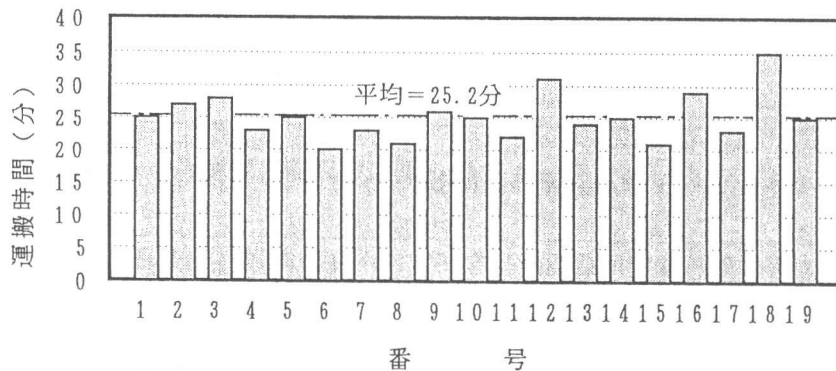


図-5 運搬時間

通常のアジテータトラックを用いて行き、コンクリートの打込みはコンクリートポンプ車で行った。コンクリートの製造量は図-3、4に示すように時間当たり $36\text{m}^3 \sim 90\text{m}^3$ 程度で平均 $69.3\text{m}^3/\text{h}$ であった。練り上がりから打込み開始までの運搬時間は20分～35分で概ね25分程度であった（図-5）。

2.3 打込み

コンクリートポンプ車を配置（写真-2）し、コンクリートの流動距離が7m程度以下となるように筒先を順次移動しながら打込みを行った。これは実物大モデル施工実験[1]で流動距離が7m程度であれば硬化コンクリートの品質が確保できたことによる。筒先でのコンクリートの流動状況を写真-3に、コンクリート打込みの経時変化を写真-4にそれぞれ示す。打込みはまず中央部付近より行き、その後それぞれのポンプ車で順次円周方向に打込みを行った。コンクリート打込み中、流動先端部（流動距離7m程度）のコンクリートを採取し、目視観察により打込み前のコンクリートと対比させたところ粗骨材もほぼ同等に含まれており材料分離が生じていないことが確認された。



写真-2 ポンプ車の配置状況

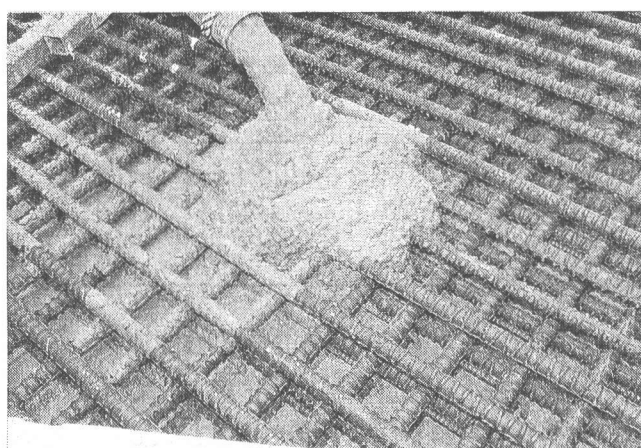


写真-3 コンクリートの打込み状況

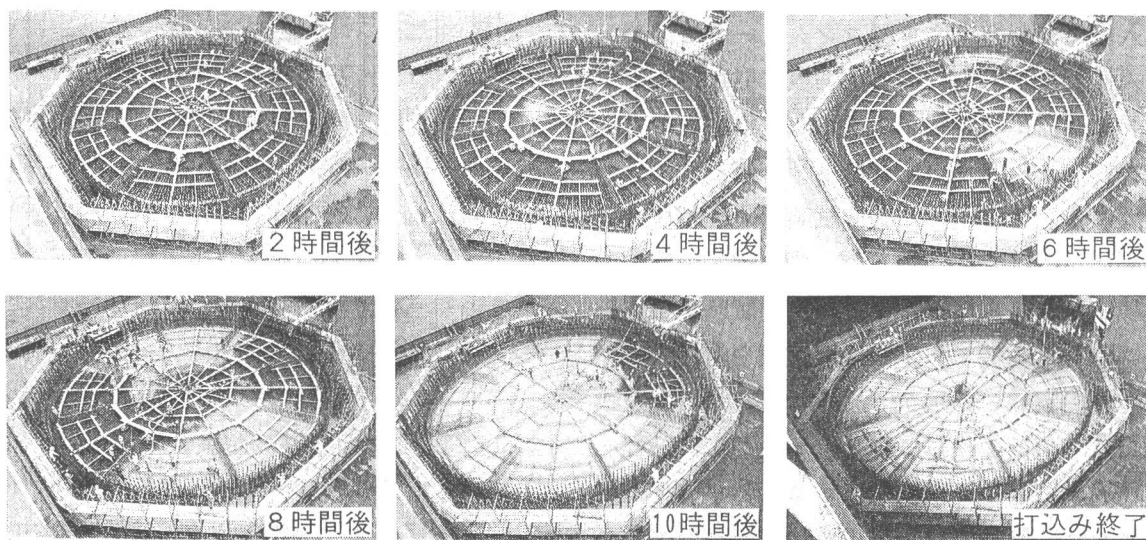


写真-4 コンクリート打込み経過

ングが殆どなく表面の乾燥が早いため、打込み後直ちに養生する必要があった。養生は打込み後直ちにシートで覆い、硬化後直ちに養生マットと散水による湿潤養生を実施し、型枠の脱枠は1週間後に行った。この結果、コンクリートの乾燥収縮によるひび割れなどは見られなかった。コンクリート側面の出来形を写真-5に示す。

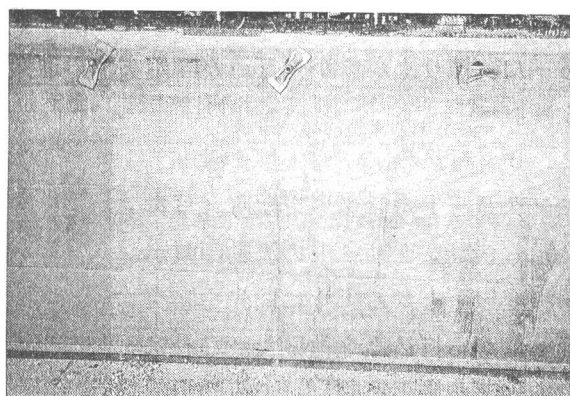


写真-5 底版コンクリート側面出来形

3. 品質管理

3.1 品質管理項目と管理方法

表-3 品質管理項目、方法、試験頻度および管理目標値

試験項目	試験方法	試験頻度	管理目標値
スランプフロー試験	土木学会規準「コンクリートのスランプフロー試験方法(案)」に準拠。	打設量の累計が150m ³ まで30m ³ に1回、それ以降は50m ³ に1回。	65 ± 5 cm
ボックス試験	本文参照		5 cm以下
空気量試験	JIS A 1128による。		製造直後; 6 ± 1 % 打設直前; 5 ± 1 %
圧縮強度試験	JIS A 1108による。	材齢28日の標準養生は、打設量累計150m ³ まで30m ³ に1回、それ以降は50m ³ に1回。 材齢3, 7, 28, 91日の標準養生と現場養生は、150m ³ に1回。	f'ck = 300 kgf/cm ²

品質管理項目、方法、試験頻度および管理目標値を表-3に示す。流動性の指標としてスランプフロー試験を、充填性の指標としてボックス試験をそれぞれ位置づけた。ここでボックス試験は図-6に示す装置を使用し、投入側に45cmの高さまでコンクリートを詰め、投入側と流出側を仕切る仕切板を引き抜き、コンクリートの流動が終了した時の両室のコンクリートの高さの差をボックス値とするものである。また、圧縮強度試験用の供試体は突固めを行わずに作製した。各種試験の管理目標値は、工事に至るまでの室内試験、生コンプラント実機での練り混ぜ試験や実物大モデル施工実験の結果から設定した。ここで空気量は、事前の検討で練り上がりから30分程度経過すると1%程度低下することが確認されたため、製造直後と打設直前で管理目標値を変えた。また、省力化施工コンクリートを適用する初めての工事であるため、表面水率の測定を15~20分に1回の頻度で実施した。

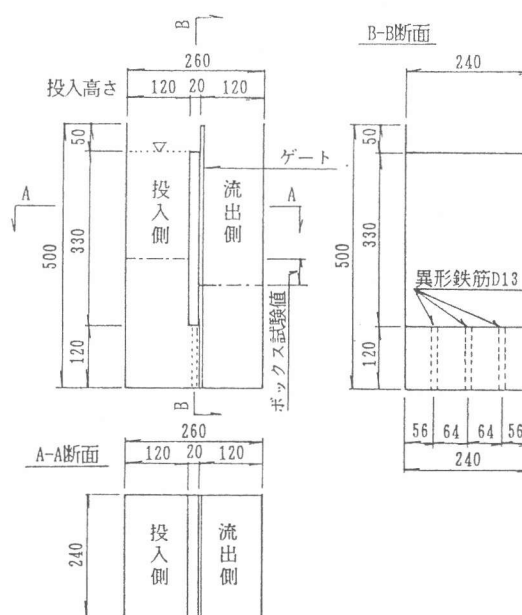


図-6 ボックス試験装置

3. 2 フレッシュコンクリートの品質管理試験結果

フレッシュコンクリートの品質管理試験結果を図-7～9に示す。どの項目も品質管理目標値を満足する結果であり、良好な流動性、充填性を持つ性状のコンクリートであった。スランプフローは打設直前の値が製造直後のそれより若干大きくなる傾向がみられた。また、ボックス値は打設直前の値が製造直後の値より幾分小さくなる傾向が見られた。これらの原因は、30分程度の時間経過と共に混和剤の分散効果が現れたためであると推測される。空気量は設定通り運搬後1～2%程度低下し、所要の空気量を確保できた。コンクリート温度は19～23℃程度であった(図-10)。

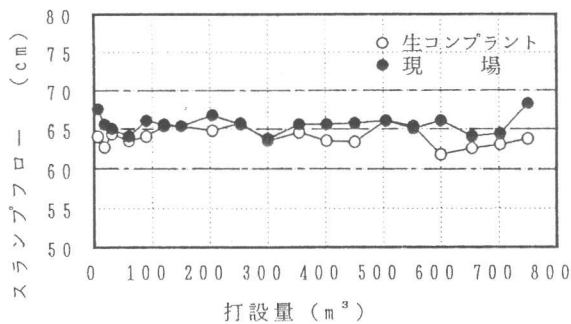


図-7 スランプフロー試験結果

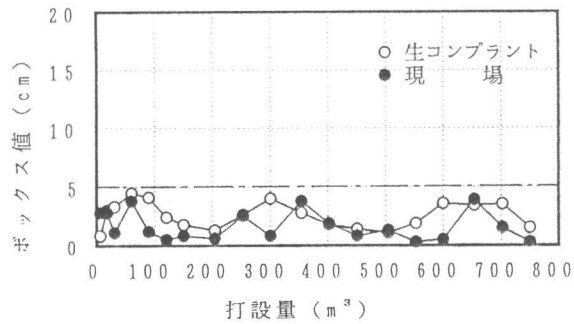


図-8 ボックス試験結果

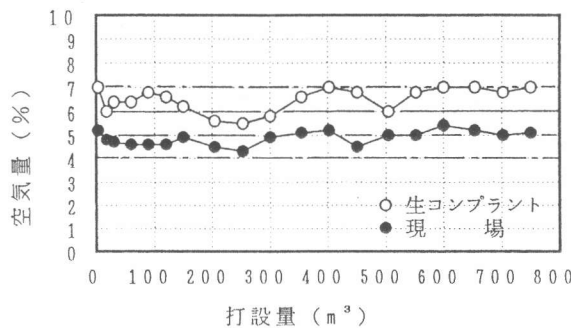


図-9 空気量試験結果

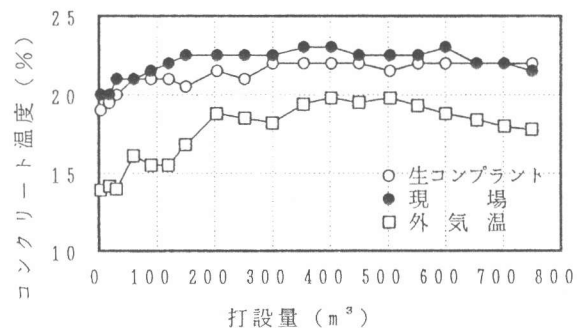


図-10 コンクリート温度および外気温

また、参考として50cmフロー時間[2]を測定した。50cmフロー時間はスランプフロー試験においてコンクリートが直径50cmまで広がるのに要する時間である。スランプフロー用鋼板中央を中心とした直径50cmの円形を目盛りをつけ、スランプコーンを鋼板中心にセットしてスランプフロー試験を行い、スランプコーン引き上げ開始時からコンクリートの先端がその目盛りに達するまでの時間をストップウォッチにて測定した。50cmフロー時間

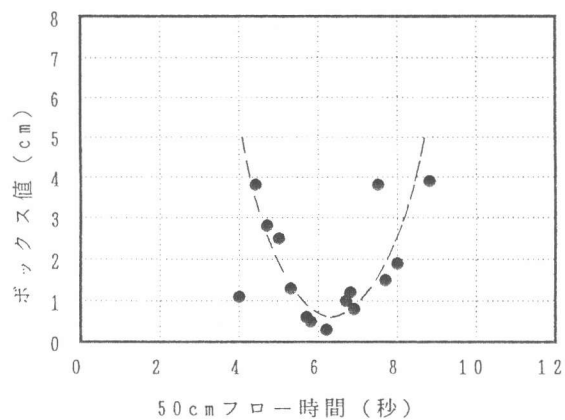


図-11 50cmフロー時間とボックス値の関係

間とボックス値には図-11に示すような相関が見られた。これはボックス値が小さくなる50cmフロー時間の領域が存在することを示している。しかし、データ数が限られた中での結果であるため今後データ収集に努めたい。表面水率は図-12に示すように6～11%程度であり、この測定結

果を製造に反映したことで流動性や充填性に優れたコンクリートを製造できた。

3.3 硬化コンクリートの

品質管理試験結果

圧縮強度は良好な発現性を示し、材齢28日での標準養生供試体の圧縮強度は設計基準強度を十分満足するものであった(図-13)。変動係数は5.5%であり、生コン工場の普通コンクリート(設計基準強度 f'_{ck}

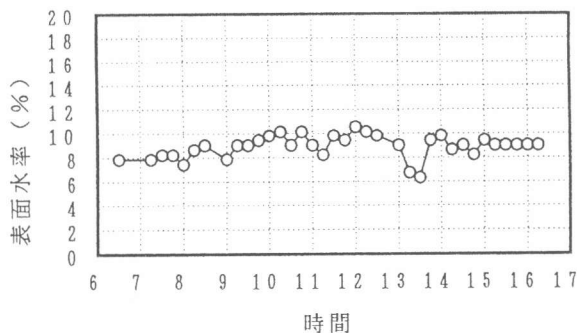


図-12 表面水率の変動

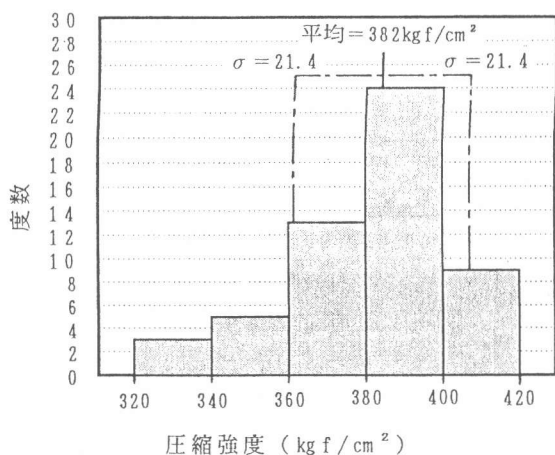


図-13 圧縮強度分布(材齢28日)

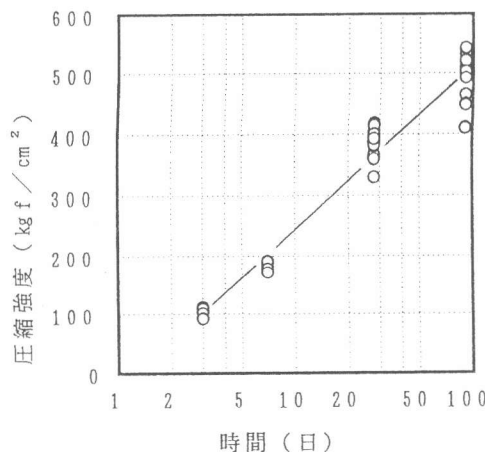


図-14 材齢と圧縮強度の関係

=300kgf/cm²)の実績と同程度であった。また、図-14に示すように材齢が大きくなるとばらつきは大きくなるものの圧縮強度は材齢の対数にほぼ比例した。

4. まとめ

省力化施工コンクリートのケーソン底版コンクリートへの適用について以下に示す知見が得られた。

- (1)品質管理を高頻度で行い、製造に反映することで省力化施工コンクリートの生コンプラントでの大量製造が可能である。ただし、対象構造物の要求性能を把握し、事前の十分な検討により配合を選定する必要がある。
- (2)高頻度で実施したコンクリートの品質管理試験結果や打込み中に採取したコンクリートの目視観察から判断すれば、過密配筋条件での施工において締固めを行わなくても型枠の隅々までほぼ均質なコンクリートを充填できたと言える。
- (3)打ち込まれたコンクリートは良好な強度発現性を示した。

[謝辞] 省力化施工コンクリートの本工事適用に際し、適切な助言や多大なご支援を戴いた運輸省第三港湾建設局の関係者の皆様、および「省力化施工・高信頼性コンクリート」の共同研究関係者に対し深く感謝の意を表します。

参考文献 1) 佐野清史・福手勲・守分敦郎・濱崎勝利: 増粘剤を用いた高流動コンクリートの過密配筋部材への適用性について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.16、投稿中。 2) 坂本淳・松岡康樹・新藤竹文・S. Tangtermsirikul: 超流動コンクリートのワーカビリティ評価手法に関する研究、コンクリートの製造システムに関するシンポジウム論文集、pp. 55-60、1992.5。