

[1006] 増粘剤を用いた省力化施工コンクリートの密閉空間への適用実験

浜崎 勝利^{*1}・守分 敦郎^{*2}・佐野 清史^{*3}・福手 勤^{*4}

1. はじめに

近年、沈埋トンネルなどで鋼殻の内部にコンクリートを充填する鋼コンクリートサンドイッチ構造の適用が検討されている[1],[2]。このような鋼殻コンクリート構造物は、周りを鋼殻に囲まれているため、内部振動機による締固めが困難であり、そのため、鋼殻内部に打設されるコンクリートは、自ずと締固めを行わなくても高い充填性と材料分離抵抗性を併せ持ったコンクリートが必要となる。筆者らはセルロース系増粘剤と高性能減水剤の添加によって高い充填性と材料分離抵抗性を併せ持つ省力化施工・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）の開発を進めている[3]。本稿は増粘剤をアジテータトラックへ後添加する方法で製造した省力化施工コンクリートを用いて密閉空間内部へ打設した場合の充填性および硬化コンクリートの特性について検討を行ったものである。

2. 実験概要

2.1 試験体形状寸法

鋼殻構造物をモデル化した試験体の形状寸法を図-1に示す。型枠は透明アクリル製とし、打設時に内部の状況が分るようにした。試験体には45cm間隔で剛性確保のためのフランジが幅10cmで上下交互に付いている。さらに、両端より1.5mの所に吊金具取付用の埋込金物があり、全断面の75%が閉塞された構造になっている。コンクリートの流動状態の違いを見るためにフランジおよび埋込金物には半径50mmおよび75mmの切欠を設けた。また空気抜き孔はフランジの前後、前および後ろの3通りを考え、打設後の残留気泡の残り具合を比較することとした。

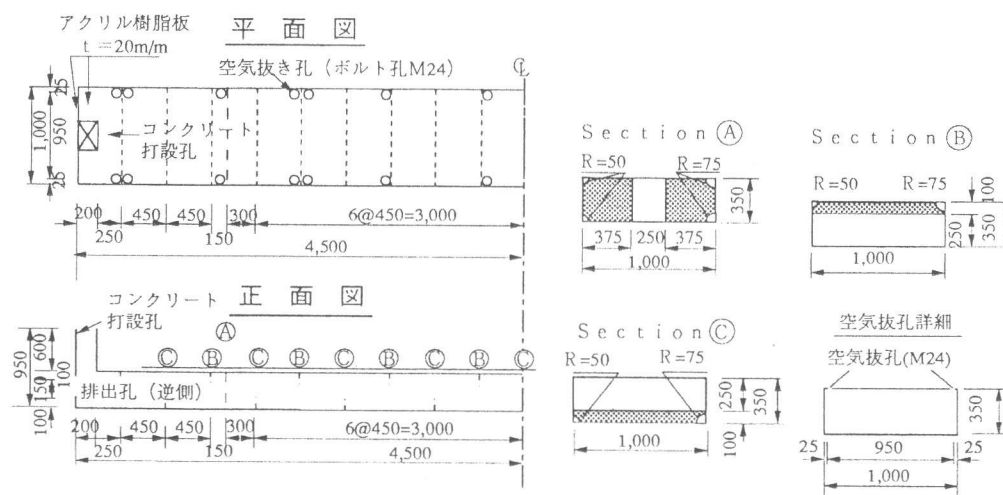


図-1 試験体形状寸法

*1 五洋建設(株) 技術研究所 第一研究開発室主任(正会員)

*2 東亜建設工業(株) 技術研究所 材料構造研究室主任研究員(正会員)

*3 東洋建設(株) 総合技術研究所 鳴尾研究所課長(正会員)

*4 運輸省港湾技術研究所 構造部 材料研究室長、工博(正会員)

2. 2 使用材料

実験に用いた材料を表-1に示す。セメントは、省力化施工コンクリートを密閉空間内部に用いた場合マスコンクリートとなることが考えられるため、発熱量が小さい高炉セメントB種を使用することとした。増粘剤は水中不分離性混和剤を母剤とした水溶性セルロースエーテルを主成分とするものである。また高性能減水剤およびAE減水剤は、水中不分離性コンクリートで実績のあるものを使用した。骨材については関西の生コン工場で一般に使用されているものである。

2. 3 配合条件

高い流動性および材料分離抵抗性によって優れた充填性を発揮し、所要の強度を満足できるものとするため、今回の実験では表-2に示す配合条件を設定した。図-2にボックス試験装置の形状を示す。

2. 4 配合および練混方法

ベースコンクリートおよび省力化施工コンクリートの配合を表-3および表-4に示す。本コンクリートは高性能減水剤および増粘剤をアジテータトラックへ後添加し、アジテータトラックで攪拌を行った。そのためアジテータトラック内での攪拌を容易にするためベースコンクリートの目標スランプを10cm以上とした。また、増粘剤を粉体のまま、アジテータトラックに投入攪拌した場合、十分にコンクリート中に溶解しないためコンクリート1m³当り5kgの水を単位水量より引き、これに増粘剤310gを溶解させ、残りの200gを高性能減水剤に溶解させてアジテータトラックに後添加した。

表-1 使用材料

使用材料	名 称
セメント	高炉セメントB種、比重 3.04
細骨材	海砂：砕砂=7：3 表乾比重 2.56 FM=2.72
粗骨材	碎石 表乾比重 2.61 FM=6.68
増粘剤	水溶性セルロースエーテル
高性能減水剤	高縮合トリアジン系化合物
AE減水剤	リグニンスルホン酸ポリオール複合体

表-2 配合条件

要求性能	試験方法	設定値
流動性	スランプフロー	60±5cm
充填性	ボックス試験	2cm以下
空気量	空気量試験	4.5±1.5%
設計基準強度	圧縮強度試験	$f'_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$

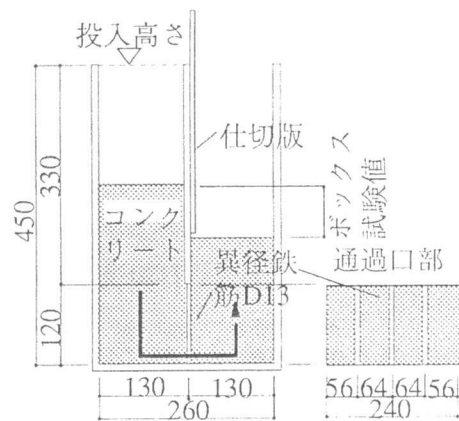


図-2 ボックス試験装置の形状

表-3 ベースコンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単 位 量						
		W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	増粘剤 (W×wt%)	高性能 減水剤 (C×wt%)	AE 減水剤 (C×wt%)
49	53	184	378	815	848	—	0.25	0.25

表-4 省力化施工コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単 位 量						
		W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	増粘剤 (W×wt%)	高性能 減水剤 (C×wt%)	AE 減水剤 (C×wt%)
50	53	189	378	815	848	0.27	1.75	0.25

3. 試験結果および考察

3.1 攪拌時間の検討

試験体への打設に先立ち、アジテータトラックでの攪拌時間の検討を行った。なお、アジテータトラックの回転数は毎分3回転である。表-5にフレッシュコンクリート試験結果を示す。また、図-3に攪拌時間とスランプフロー、ボックス試験値および空気量の関係を示す。図-3で、スランプフローは攪拌時間による影響は受けていないが、ボックス試験では攪拌時間10分で6.9cmと大きな値となり、充填性が悪い結果となった。しかし30分以上練り混ぜるとボックス試験値はほぼ設定範囲に収まり、目標設定値に対して良好な充填性を示した。また空気量についてはほぼ一定の値に収まっている。これらのことより、増粘剤および高性能減水剤をアジテータトラックへ後添加する方法で十分攪拌可能であることが分かる。また、攪拌時間は10分より長くする必要があると考えられる。

表-5 フレッシュコンクリート試験結果

試験項目	攪拌時間			
	10分	30分	45分	60分
スランプフロー (cm)	60.5	60.5	59.5	59.0
ボックス試験値 (cm)	6.9	1.8	2.4	2.5
空気量 (%)	5.0	5.1	4.8	4.8
コンクリート温度(℃)	27.5	27.5	29.0	28.5

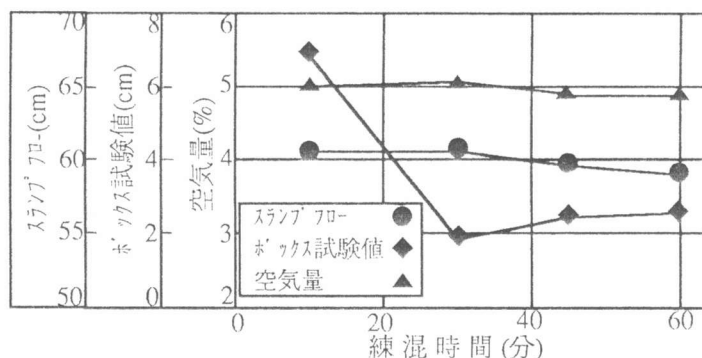


図-3 攪拌時間とスランプフロー、ボックス試験値および空気量の関係

3.2 試験体への充填試験

(1) フレッシュコンクリート試験結果

ベースコンクリートおよびフレッシュコンクリートの試験結果を表-6および表-7に示す。ベースコンクリートおよびフレッシュコンクリートの試験結果とも、目標設定値に対して十分満足できる結果となった。表-7中の“打設後”は試験体へ打設し、9m流動した後のコンクリートを排出孔より採取し、打設前と同様の試験を行った結果である。9m流動させた後も打設前と同等の品質を確保していることが分かる。打設後コンクリートの粗骨材量は空気量試験を行った試料より粗骨材を洗い出し、表乾状態での重量測定より算出したものである。

(2) 試験体への打設実験

写真-1にコンクリートの流動状況を示す。また、写真-2に脱型後の試験体の状況を示す。打設は、閉塞を起こさず順調に行われた。切欠の大きさは、50mm、75mmとも十分充填されること

表-6 ベースコンクリート試験結果

試験項目	試験結果
スランプ (cm)	11.5
空気量 (%)	5.4
コンクリート温度(℃)	28.5

表-7 フレッシュコンクリート試験結果

	打設前	打設後
スランプフロー (cm)	60.5	63.0
ボックス試験値 (cm)	1.8	1.0
空気量 (%)	5.0	4.7
コンクリート温度(℃)	30.0	29.0
粗骨材量 (kg/m ³) (設計値)		639 (848)

が確認された。また空気抜き孔の位置は、前後、前および後ろとも充填状況が良かったが、フランジとフランジの中間部に若干の残留気泡が見られた。しかし全体的には良好な充填性を示す結果となった。

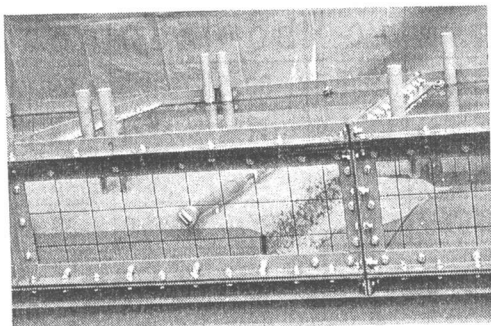


写真-1 流動状況

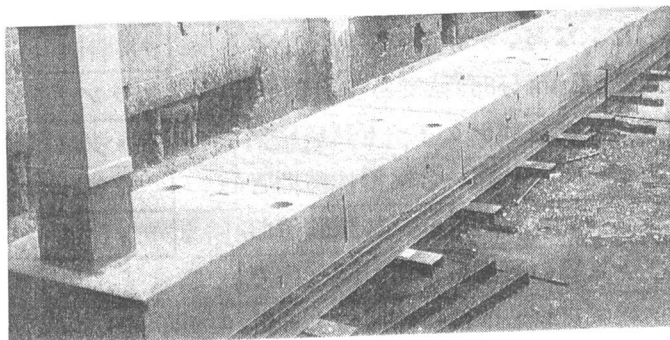


写真-2 硬化コンクリートの状況

3.3 硬化コンクリート試験結果

(1) 強度特性

図-4にコンクリートの材齢と圧縮強度および引張強度の関係を示す。養生方法はいずれも標準養生である。ベースコンクリート、打設前コンクリートおよび打設後コンクリートにおいて圧縮強度で 50kgf/cm^2 、引張強度で 5kgf/cm^2 程度のばらつきが認められるが大きな差異は認められなかった。また引張強度と圧縮強度の比は $1/12\sim 1/17$ と普通コンクリートに比較して、やや小さい値となった

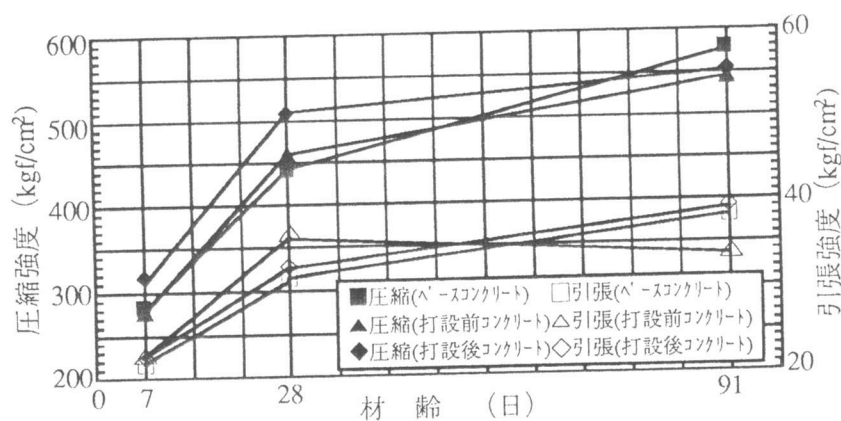


図-4 材齢と圧縮強度および引張強度の関係

(2) コア供試体

1) 粗骨材分布

図-5にコア供試体採取位置を示す。コアは同一流動距離で左右および中央で3本ずつ採取している。図-6にコア供試体表面の粗骨材の分布状況を、また図-7に流動距離とコア供試体表面の粗骨材面積率および単位容積質量の関係を示す。単位容積質量はコア供試体を上下に切って上部と下部の重量を測定することにより算出した。粗骨材面積率は $31.5\sim 35.8\%$ となり、C-1~C-3では流動距離に関係なくほぼ一定の値となった。単位容積質量も、C-1~C-3では流動距離による変動は少ないことが分る。しかし、C-4の粗骨材面積率および下側の単位容積質量がC-1~C-3に比べて大きくなっている。これは表-7に示す打設後粗骨材量が $3/4$ 程度に減少している結果と相反するものであるが、その原因は明らかではない。また図-6より、コア供試体表面の粗骨材は一

様に分布していることが分かる。図-7で上部と下部において、上部の方が $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ 程度単位容積質量が小さいことが分かる。

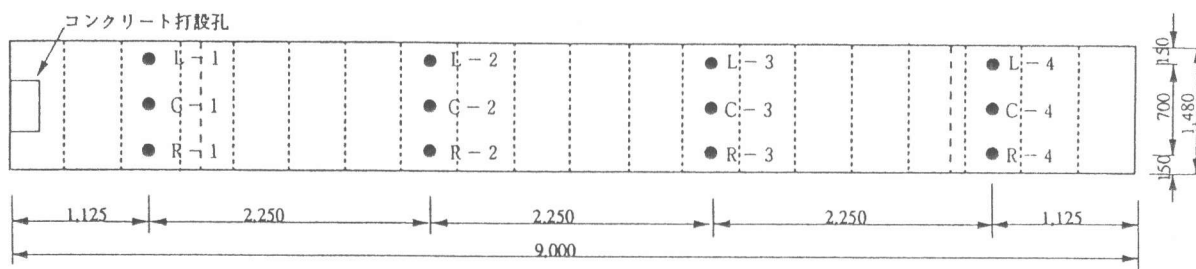
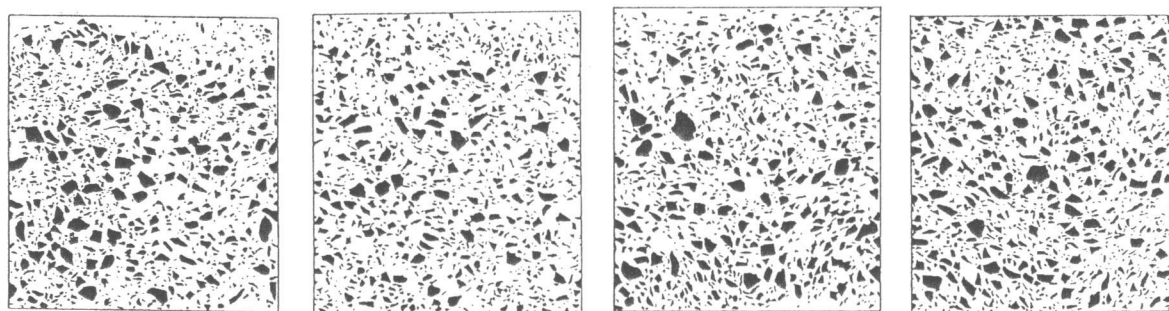


図-5 コア供試体採取位置



C-1 (面積率31.9%) C-2 (面積率31.5%) C-3 (面積率32.4%) C-4 (面積率35.8%)

図-6 コア供試体表面の粗骨材分布状況

2) 強度試験

図-8および図-9にコア供試体の、流動距離と圧縮強度の関係および流動距離とヤング係数の関係を示す(材齢70日)。圧縮強度は、いずれの場合も設計基準強度を満足する結果となったが $350\sim 550\text{kgf}/\text{cm}^2$ まで $200\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度ばらついた結果となった。ヤング係数についても同様にかなりばらついた結果となっている。

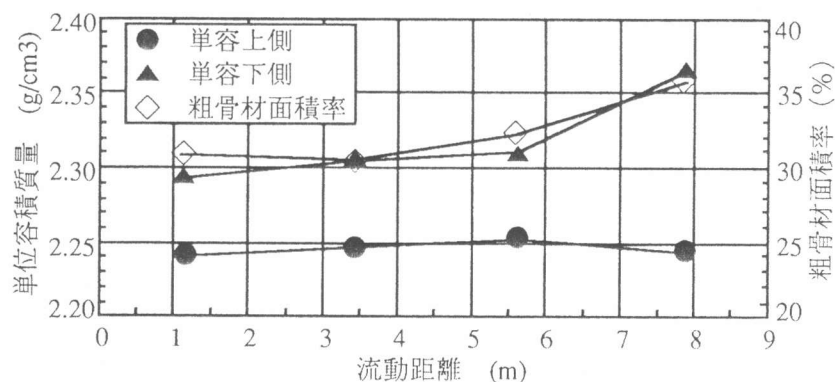


図-7 流動距離と単位容積質量および粗骨材面積率の関係

4. まとめ

セルロース系増粘剤をアジテータトラックへ後添加し攪拌混合する方法で省力化施工コンクリートを製造し、一連の実験を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) このコンクリートは、密閉空間内部に振動機なしで十分充填可能であることが確認された。
- (2) アジテータトラックで増粘剤および高性能減水剤を後添加して攪拌を行う場合、攪拌時

間は10分より長くする必要がある。

- (3) 流動距離9m地点でフレッシュコンクリートを採取したところ、スランプフロー、ボックス試験値および空気量は打設前コンクリートと同等の品質を維持していることが確認された。

- (4) コア抜き供試体において、圧縮強度は350～550kgf/cm²となり、設計基準強度を満足した。

- (5) コア抜き供試体において、粗骨材分布は流動距離が5.6mまでは31.5～32.4%とほぼ一定の値となった。しかし、流動距離が7.9mのコア抜き供試体において粗骨材面積率は35.8%となり、下流側で幾分材料分離がみられた。

- (6) 単位容積質量は上部よりも下部の方が0.05g/cm³程度大きくなった。さらに、ヤング係数も上部より下部の方が大きな値となった。

今後の課題として、コア抜き供試体の圧縮強度、ヤング係数のばらつきの原因追求が挙げられる。また、省力化施工コンクリートの少量打設を考えた場合、増粘剤および高性能減水剤のアジテータトラックへの後添加方法は非常に有効な方法であるので、今後もデータの蓄積を図る予定である。

〔謝辞〕

本実験は、「港湾構造物のための省力化施工・高信頼性コンクリートの開発に関する研究」（運輸省港湾技術研究所、五洋建設（株）、東亜建設工業（株）、東洋建設（株））の共同研究の一環として行ったものであり、多大の御協力を賜った信越化学工業（株）、ポゾリス物産（株）、タイコー（株）神戸工場をはじめとする関係者の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 小門武、三宅正人、木村秀雄：鋼コンクリート系サンドイッチ構造におけるコンクリートの充填性能に関する基礎研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 14, No. 1, 1992, pp. 119-124
- 2) 義若秀彦、木村秀雄、小門武、赤星哲也：ハイブリッド式躯体構造の実証試験工事、土木学会第46回年次学術講演会講演概要集、No. 6 Sep. 1991, pp. 248-249
- 3) 佐野清史、守分敦郎、浜崎勝利、福手勤：増粘剤を用いた省力化施工コンクリートの諸特性、超流動コンクリートに関するシンポジウム論文報告集、1993. 5, p. 63-70

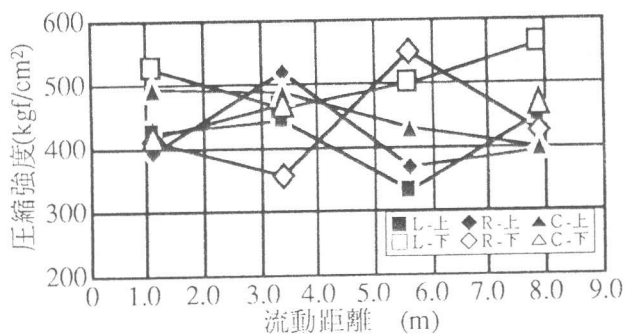


図-8 流動距離と圧縮強度の関係

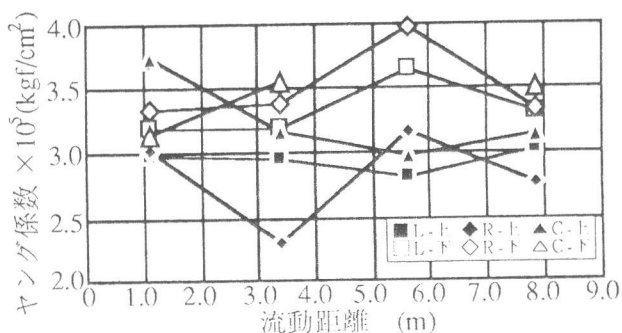


図-9 流動距離とヤング係数の関係