

低発熱型高流動コンクリートの配合検討（経時品質保持特性向上）

大鉄工業株式会社 正会員 ○ 岡崎 光宏 小椋 裕彰

1. はじめに

吹田・東淀川間西吹田 Bv 新設他工事(以降「本工事」)は JR 東海道本線 4 線を含む計 8 線直下に URT 工法ー PC ボックス形式にて延長 76.5m (同工法では国内最大延長) の地下道ボックスを構築するものである。

本稿では、線路下構造物として要求される品質のコンクリートを延長 76.5m の箱型鋼管内に密実充填するために実施した高流動コンクリートの配合検討および試験練り、実施工結果について報告する。

2. 課題・目的

高流動コンクリートは標準的な水平流動距離を 8 ～ 15m としているが、その標準流動距離の 5 倍以上の延長である密閉空間内に密実なコンクリートを充填させるためには、高流動コンクリートが保有する流動性や材料分離抵抗性、自己充填性等の性能が長時間保持される特性(経時品質保持特性)を向上させる新たな配合の選定や詳細な施工方法を検討することが必要不可欠であった。

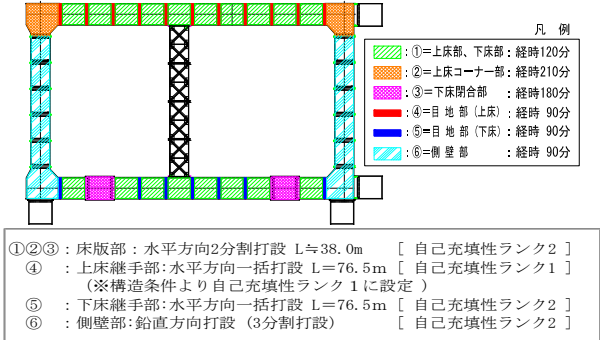
3. 過去の実績収集と分析・評価

従来配合の経時品質保持時間は 120 分程度(自己充填性ランク 2) が一般的であり、実施工時におけるコンクリートの混練・運搬・品質試験時間等を考慮すると、打設且つ管内流動を性能保持時間内に完了することは非常に困難であった。

従来の施工では打設量が多い長距離エレメント内充填の対策を分割施工としてきたが、多分割施工を選定する場合の問題点として、(1)管内に残置される配管や仕切板が増える。(2)増設した配管等の背面側に残留空気や充填不良箇所が発生し易い。(3)先行モルタルや材料分離により先流れするペースト分の回収が困難。さらに、性能保持時間を超過して打設を行った場合、(4)流動性低下に起因した充填不良や管内閉塞。(5)ポンプ圧送圧の急激な上昇等が懸念され、施工方法を選定する上で十分な事前検討が必要となる。

4. 自己充填性ランクの設定および経時品質保持時間の目標設定

コンクリートの構成材料・配合選定に先立ち、打設方法および分割数を設定した。高流動コンクリートの自己充填性ランクおよび経時品質保持時間の目標値は図-1 に示す通りである。なお、経時品質保持時間については密閉空間内の充填性を高めるため、流動時間内における自己充填性が確保されることを条件とし、コンクリート練混ぜ・運搬・品質管理・打設開始から完了(各打設ブロック毎)までに要する時間を予測し設定した。



【図-1 打設ブロック、自己充填性および経時品質保持時間の設定】

5. 構成材料・配合の選定

今回の試験配合は、上述した打設ブロック毎の自己充填性および経時品質保持時間を満足させる配合とするよう過去の実績配合(表-1 配合 No. 1-1:URT 工法: L=55.6m) をベースにセメントや混和材・混和剤について変更を加えた 7 種類の配合について試験練りを行い、打設ブロック毎に適した配合を選定することにした。

【表-1 高流動コンクリート試験配合】

No.	工場	配 合	水結合材比 W/B (%)	細骨材率 s/a (%)	単位体積骨材 容積:Gr (m3/m3)	単位量(kg/m³)										混和剤 Ad1 (P×%)	混和剤 Ad2 (P×%)
						W	C 1	C 2	LS 1	LS 2	S1	S2	G	AD			
1-1	A B	31.6%-70-20BB	31.6	50.4	0.30	175	350	-	203	-	404 236	409 574	807 810	0.09 0.10	1.00 0.80	-	-
1-2	A B	31.6%-70-20BB+FA	31.6	49.2	0.30	175	351 350	-	-	203	384 224	389 546	807 810	0.09 0.10	1.05 0.80	-	-
1-2'	A B	31.6%-70-20BB+FA	31.6	49.2	0.30	175	351 350	-	-	203	384 224	389 546	807 810	-	-	1.40	-
1-3	A B	31.6%-70-20L+FA	31.6	49.7	0.30	175	-	351 350	-	203	392 230	397 559	807 810	0.09 0.10	1.00 0.85	-	-
1-3'	A B	31.6%-70-20L+FA	31.6	49.7	0.30	175	-	351 350	-	203	392 230	397 559	807 810	-	-	1.40	-
1-4	A B	33.6%-70-20L+FA	33.6	51.5	0.30	175	-	417	-	104	423 248	427 603	807 810	0.09 0.10	1.00 0.85	-	-
1-5	A B	33.6%-70-20L+FA	33.6	51.5	0.30	175	-	417	-	104	423 248	427 603	807 810	-	-	1.40	-
※ A: 大阪アサノコンクリート㈱田尻工場、 B: ㈱関西宇部 吹田工場																	
種 類	工場	種 別・産地															
セメント (C 1)	A	太平洋セメント㈱ 高炉セメントB種															
	B	宇部三葉セメント㈱ 高炉セメントB種															
セメント (C 2)	A	太平洋セメント㈱ 低熱ボルトランドセメント															
	B	宇部三葉セメント㈱ 低熱ボルトランドセメント															
混和材 (LS 1)	A,B	石灰石微粉末															
混和材 (LS 2)	A,B	フライアッシュⅡ種 (FA)															
細骨材 (S1)	A	砕砂 京都府亀岡産															
	B	砕砂 兵庫県西宮産															
		細骨材 (S2)															
		A 石灰砕石 大分県津久見産															
		細骨材 (G)															
		A,B 石灰砕石 福岡県東谷郡山産															
		混和剤 (AD)															
		A,B 高流動コンクリート用増粘剤 水溶性セルロースエーテル															
		混和剤 (Ad1)															
		A,B 主成分:ポリカルボン酸エーテル系化合物と分子間架橋ポリマーの複合体 高性能AE減水剤 (標準型 I 種)															
		混和剤 (Ad2)															
		A,B 主成分:ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘性高分子化合物の複合体 高性能AE減水剤 増粘剤一液型 (標準型 I 種)															

キーワード 高流動コンクリート, 経時品質保持特性, 低熱セメント, フライアッシュ, 高性能 A E 減水剤・増粘剤一液型
連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 3 丁目 9 番 15 号 大鉄工業(株) 土木支店

セメントについては、ベース配合の高炉セメントの他、水和反応を抑制することで自己充填性を長時間保持させることや、混和剤を吸着し易い間隙質層が少ないことで流動性や経時保持特性を向上できると考えた低熱ポルトランドセメントを選定した。

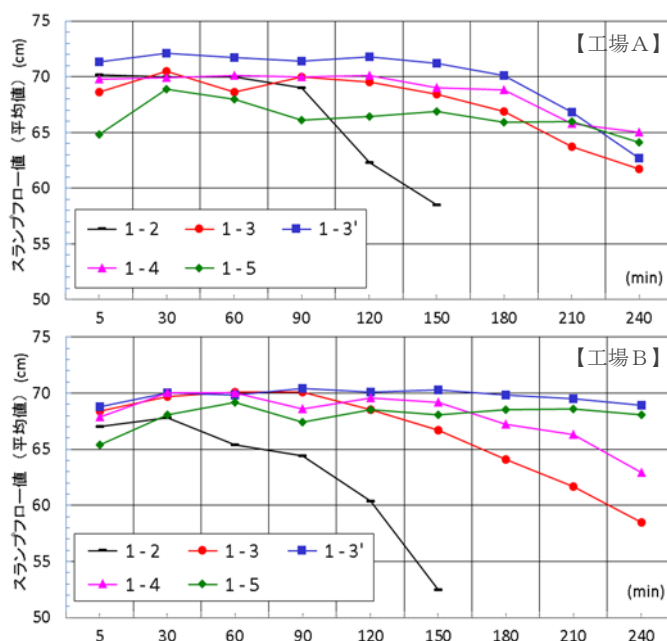
また、混和材についてはベース配合の石灰石微粉末の他、ポーリベアリング効果による流動性の向上やポンプ圧送に対する材料分離抵抗性の向上が期待できるフライアッシュⅡ種を選定した。混和剤については、ベース配合の高性能A E減水剤+増粘剤の他、粘性を増大させることなく材料分離抵抗性を向上できることやポンプ圧送圧の低減、非常に小さい経時変化率に着目した高性能A E減水剤・特殊増粘剤一液型を選定した。

6. 試験練り

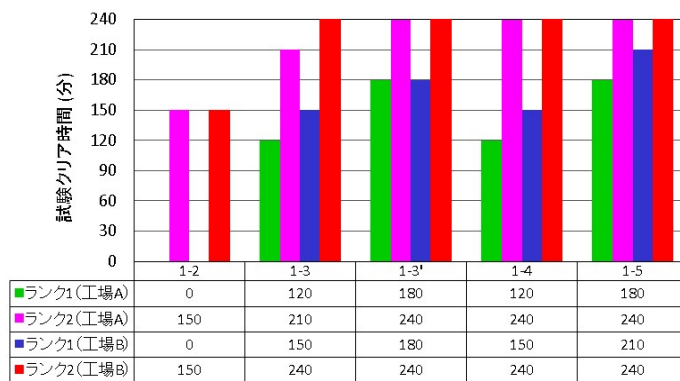
試験練りは、各試験配合のバージン性能を把握するために実施した第1段階選定(経時30分)と各配合の経時品質保持特性を照査するための第2段階選定(経時240分)に区分した。表-2および図2～3に結果を示す。

【表-2 試験練り結果表(概略)】

No.	配合	工場	第1段階選定 経時30分		第2段階選定 経時240分(4H)		適合 部位	推奨 部位
			ランク1	ランク2	ランク1 性能上限	ランク2 性能上限		
1-1	31.6%-65-20BB	A	否	合	(第2段階選定試験=未実施) 他配合と比較した場合、粘性が非常に高く流動性が小さい。また30分経時段階での変動量が大きい。		—	—
1-2	31.6%-65-20BB+F	B						
1-2'	31.6%-65-20BB+F	A	否	合	(第2段階選定試験=未実施) 一定の流動性は確保されているものの、目視により材料分離が確認された。(流動性向上→材料分離発生)		—	—
		B						
1-3	31.6%-65-20L+F	A	合	合	120分	210分	①⑤⑥	①⑥
		B			150分			
1-3'	31.6%-65-20L+F	A	合	合	180分	240分	①③④ ⑤⑥	—
		B			150分			
1-4	33.6%-65-20L+F	A	合	合	120分	240分	①③ ⑤⑥	—
		B			150分			
1-5	33.6%-65-20L+F	A	合	合	180分	240分	①②③ ④⑤⑥	④⑤ ②③ ④⑤
		B			210分			



【図-2 スランプフロー試験結果】



【図-3 ボックス型充填高さ試験結果】

【考察(概要)】

1-2) 90分経時以降の変化量が非常に大きく、本工事における要求性能を満たさない。

1-3) ランク 1=120分(A)・150分(B)、ランク 2=210分を満足したが、120分経時以降の性能低下率が大きい。1-3', 1-4) 150分以降の各数値に変状が現れた。(スランプフロー値やV漏斗試験値)

1-5) ランク 1=180分(A)・210分(B)、ランク 2=240分クリア。経時変化が小さく、各性能が高いレベルで安定した配合である。(実機試験ではランク 1=240分クリア)

【配合決定】

各配合の性能分析及各打設部位への適合性(要求した経時保持時間内に著しい性能低下が発生しないこと)、コスト等について比較・照査した。

圧縮強度については、構成材料および配合が異なるため各配合でバラツキ(圧縮強度 σ 28or56 $\approx$ 55~90N/mm²)が発生したが、全ての配合について設計基準強度を満足した。また、長距離流動やポンプ圧送に伴う材料分離により吹出口付近の粗骨材率が低減し、それに伴う静弾性係数低下が予測されたため、今回は万が一充填不良が発生した場合においても対処可能な下床目地部(N=2箇所、L=76.5m)を試験施工箇所と設定し、排出されたコンクリートが所定の品質(圧縮強度・静弾性係数)を満たしていることを確認した。

結果、部位毎に異なる配合2種(1-3, 1-5)を本配合に決定した。

7. 本施工

試験練り～本施工(H29.1~3)を通じて変動するコンクリート性状や材料分離率、圧送抵抗等について各計測を行った。充填確認は吹出口からの粗骨材率確認や各仕切板に施したパンチングメタル孔からのモルタルペースト流出確認、打音検査、充填センサーによる確認等を併用し、密実に充填されていることを確認した。