CFT 高架橋における合成短繊維を混入した高流動コンクリートの施工例

九州旅客鉄道株式会社　　正会員　山手　宏幸
九州旅客鉄道株式会社　　正会員　中島　大使

1．はじめに

ＪＲ九州では単線CFT1柱式鉄道ラーメン高架橋の新設工事（**図-1**）において、CFT柱ダイヤフラム下面（**写真-1**）に剥落防止を目的とする合成短繊維を混入した密実な高流動コンクリートを打設する検討を各種行い、配合を選定して本高架橋へ施工した。本稿ではその成果について報告する。

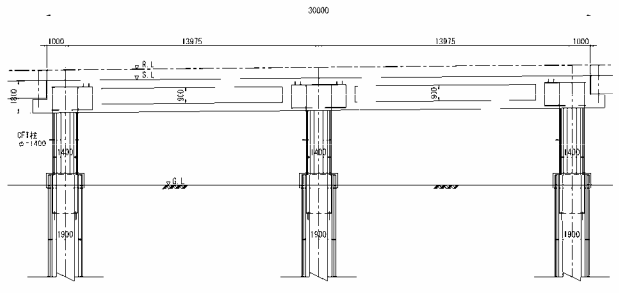

図-1　CFT1 柱式高架橋区間縦断面図

写真-1　CFT 柱付近配筋後状況

2. 高流動コンクリート配合の検討

本高架橋の施工は夏期であったため、高流動コンクリート配合には水和熱の増大に特に注意する必要があった。近傍の石炭火力発電所からの流通経路があり、また使用する生コン工場に予備のサイロがあったことから、混和材に JIS A 6201 に適合するフライアッシュ（Ⅱ種）を用いる配合を採用した。これにより、単位セメント量が抑制され、水和熱、アルカリ総量の低減が図れた。

当社仕様により、高架橋の梁およびスラブには剥落防止を目的として合成短繊維を 0.05Vol%添加することとしている。先行施工したＲＣ桁部の配合試験（27-8-20N）では、短繊維混入 30 分経過以降スランプが著しく低下したことから、高流動コンクリートについても同様にスランプフローの低下が懸念された。そこで各種試験により、短繊維の混入により流動性が大きく低下する場合は、短繊維を混入せず別途剥落対策工を検討することとした。

3. 室内配合試験による性能の確認

室内配合試験にて、高流動コンクリートの性能を生コン運搬時間（実績 30～40 分）、現地での受け入れ検査、短繊維混入に要する時間（実績 10～20 分）、打設時間 30 分（以降は返却）を考慮して確認することとした。室内試験結果は**表-1** に示す。

表-1　室内配合試験結果

配合No.	水結合材比 W/B (%)	細骨材率 s/a (%)	単位水量 (kg/m3) ※1	経過時分 (分)	フロー (cm)	平均フロー (cm) ※2	フロー時間 (sec) 50cm	フロー時間 (sec) 停止	空気量 (%) ※3	温度 (℃)	U形充てん試験※4 高さ (mm)	U形充てん試験※4 停止 (sec)
1	35.9	51.3	165	5	62.8×60.0	61.4	4.2	30.5	3.8	27.0	－	－
				30	66.5×64.7	65.6	4.5	32.0	3.4	27.0	330	27.9
				50※5	55.3×55.1	55.2	6.3	22.2	4.3	26.0	305	18.7
				80※6	49.6×49.0	49.3	－	19.8	4.3	26.0	278	21.9
2	36.5	51.0	168	5	65.0×63.5	64.3	3.4	25.6	4.0	27.5	－	－
				30	66.5×62.1	64.8	4.5	32.3	3.9	27.0	347	14.8
				50※5	60.0×59.2	59.6	4.0	23.0	4.9	27.0	332	16.7
				80※6	54.7×54.2	54.5	6.4	20.9	4.9	26.0	308	22.4

※1　規格値175kg/m3以下　　※4　障害R2、規格値300mm以上
※2　フレッシュ時規格値65cm　　※5　合成短繊維混入直後
※3　規格値4.5±1.5%　　※6　合成短繊維混入30分経過後

配合 No.1,2 共に練混ぜ 30 分後の試験において、全ての試験項目について所要の性能を満足した。短繊維混入直後、No.1 については約 10cm、No.2 については約 5cm のスランプフローロスが生じた。繊維混入 30 分後は更にスランプフローが小さくなる傾向を示し、No.1 については「高流動コンクリートの充てん装置を用いた間げき通過性試験方法（案）（JSCE-F511）」に示す自己充てん性能（障害 R2）を満足しなかった。No.2 は N0.1 より単位水量が若干大きくなるものの、所定時間内での自己充てん性を有していると考え、No.2 を暫定配合（**表-2**）として、実機試験にて更に確認を行うこととした。

表-2　暫定配合

配合No.	水結合材比 W/B※1 (%)	細骨材率 s/a (%)	粗骨材絶対容積 (m3/m3)	単位量(kg/m3) W	C	Fa	S1	S2	S3	G1	G2	SP	F
1	35.9	51.3	307	165	330	130※2	263	263	350	417	510	6.67※3	0.455※5
2	36.5	51.0	307	168	330	130※2	260	260	347	417	510	6.44※4	0.455※5

※1　B=C+Fa　　※4　B×1.40%
※2　置換率:Fa/B=28.3%　　※5　0.05Vol %
※3　B×1.45%

4. 実機試験による性能の確認

室内試験における暫定配合（No.3）と、暫定配合に短繊維を混入しない配合(No.4)の 2 種類（**表-3**）を比較し、実機における短繊維混入によるフレッシュ性状への影響を確認した。実機ミキサによって 4.5m^3 練混ぜ、アジテータ車(10t 積載車)に積載した。練混ぜ方法は、モルタル練り 60 秒、コンクリート練り 60 秒の合計 120 秒練りを基本とした。実機試験結果を**表-4** に示す。

配合 No.3,4 共に練混ぜ 30 分後の現地試験において、

キーワード　高流動コンクリート、合成短繊維、フライアッシュ
連絡先　　〒816-0047　熊本県熊本市春日５丁目 16 番 19 号　九州旅客鉄道㈱　工事事務所　熊本工事所　　ＴＥＬ096-325-9739

表-3 実機試験配合

配合No.	水結合材比 W/B※1 (%)	細骨材率 s/a (%)	粗骨材絶対容積 (m3/m3)	単位量(kg/m3) W	C	Fa	S1	S2	S3	G1	G2	SP	F
3	36.5	51.0	307	168	330	130※2	260	260	347	417	510	8.19※3	0.455※5
4	36.5	51.0	307	168	330	130※2	260	260	347	417	510	7.82※4	–

※1 B=C+Fa
※2 置換率:Fa/B=27.0%
※3 B×1.78%
※4 B×1.70%
※5 0.05Vol %

表-4 実機試験結果

配合No.	水結合比 W/B (%)	細骨材率 s/a (%)	単位水量 (kg/m3)	経過時分 (分)	フロー (cm)	平均フロー (cm)	フロー時間 (sec) 50cm	フロー時間 (sec) 停止	空気量 (%)	温度 (℃)	U形充てん試験 高さ (mm)	U形充てん試験 停止 (sec)
3	36.5	51.0	168	5	66.0×64.0	65.0	–	–	3.7	–	–	–
				30	64.2×63.1	63.7	4.2	24.7	5.1	29.0	–	–
				55※1	62.2×60.5	61.4	4.6	21.7	5.5	29.0	349	10.2
				85※2	55.7×54.2	55.0	7.1	15.8	6.4	29.0	249	11.2
				115	50.8×49.1	50.0	8.9	15.8	7.4	28.0	–	–
4	36.5	51.0	168	5	67.4×63.8	65.6	4.1	25.4	3.2	–	–	–
				30	64.5×63.5	64.0	4.6	24.6	3.9	29.0	353	15.5
				60	61.0×61.0	61.0	4.9	26.6	4.4	29.5	–	–
				90	61.3×61.1	61.2	4.8	26.5	4.5	31.5	–	–
				120	62.0×61.0	61.5	2.8	19.3	5.2	29.0	353	9.5

※1 合成短繊維混入直後
※2 合成短繊維混入30分経過後

全ての試験項目について所要の性能を満足した。短繊維を混入しない No.4 の配合については、練混ぜ 120 分経過後もフレッシュ性状を保持しており、自己充てん性ランク 2 を満足した。一方、短繊維を混入した No.3 の配合については、短繊維混入 30 分経過後、60 分経過後と 5cm 程度ずつスランプフローが小さくなる傾向を示した。また、室内配合試験と異なり、短繊維混入 30 分経過後に自己充てん性能（障害 R2）を満足しなかった。

5. 試験体充てん試験による性能の確認

写真-2 のように CFT 柱部を模擬して透明型枠をとり付けた試験体を 2 体作成し、充てん試験を行った。配合 No.3 については短繊維混入直後、No.4 については練混ぜ 30 分後のコンクリートをそれぞれ 30 分間で打設した。

写真-3,4 に充てん状況を示す。配合 No.4 については、良好に充てんでき、自己充てん性ランク 2 の性能で問題ない事が確認できた。配合 No.3 についても、補助工法としてバイブレータを若干挿入すれば、No.4 と同等に充てん出来た。しかし短繊維については、通常のコンクリートより粘性が高いため、アジテータ車の高速攪拌時間 3 分間では均一に混入されておらず一部短繊維の塊が確認できたので、攪拌時間を 5 分に延長したところ、良好な分布が確認できた。

写真-5 に脱枠後の状況を示す。模擬鋼管付近は良好に打設できているものの、ダイヤフラム下に気泡痕が目立つ。配合試験にて時間と共に空気量の増加が確認できたため、高性能 AE 減水剤の添加量と打設方法を調整して、可能な限り気泡を残さない様に努めることとした

以上より、本高架橋には No.3 配合のコンクリートを採用した。配合条件は**表-5**、使用材料は**表-6** に示す。

6. 打設計画

「高流動コンクリート施工指針」[1]、「フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針（案）」[2]に基づく

写真-2 模擬試験体全景

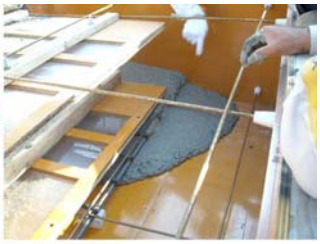

写真-3 充てん状況

写真-4 充てん状況

写真-5 脱型後状況

表-5 配合条件

設計基準強度 (N/mm2)	セメントの種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	空気量の範囲 (%)	最大水結合材比 (%)	スランプまたはスランプフローの範囲	備考
27	N	20	4.5±1.5	50	65±5	単位水量 175kg/m3以下 合成短繊維 添加率0.05Vol %

表-6 使用材料

材料	記号	種類	物性
セメント	C	普通ポルトランド	密度3.16g/cm3
混和材	Fa	フライアッシュⅡ種	密度2.34g/cm3、比表面積3940cm2/g
細骨材	S1	海砂	表乾密度2.58g/cm3、粗粒率2.40
	S2	海砂	
	S3	砕砂	表乾密度2.93g/cm3、粗粒率3.10
粗骨材	G1	砕石1505	表乾密度3.02g/cm3、実績率59.0%
	G2	砕石2010	
混和剤	SP	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系 密度1.07g/cm3
繊維	F	補強繊維	ポリプロピレン 密度0.91g/cm3

他に、本高架橋では以下に注意して施工する計画とした。

- アジテータ車積載量は 1 台あたり 4.0m³程度とし、1 台あたりの打設時間の短縮を図る。
- 短繊維練混ぜ時間を延長し、良好な分布が見られた 5 分の高速攪拌とする。
- ダイヤフラム付近、鉄筋スペーサー付近の打設には補助的にバイブレータを使用する。
- ダイヤフラム付近は短繊維混入直後のフレッシュなコンクリートを打設できる様に調整する。
- 空気を巻き込まない様に、ダイヤフラム付近は片押し打設とし、補助的に気泡低減のため型枠振動機の使用、たたきを行う。

7. おわりに

本施工は各ラーメン共、有害なひびわれの発生や目視による変状は認められず良好に完了する事ができた。

今後も事業の早期完了に向けて最適な施工に努めたい。

参考文献

1) 土木学会：高流動コンクリート施工指針 コンクリートライブラリー93 号 1998.7

2) 土木学会：フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針（案） コンクリートライブラリー94 号 1999.4