

超流動コンクリートの名神高速道路直下におけるボックスカルバート工事への適用 Application of Super - Flowable Concrete for Boxculverts under Expressway

高橋 秀樹* 西田 徳行**
Hideki Takahashi Noriyuki Nishida
平原 光彦*** 占部 徹****
Mitsuhiko Hirahara Toru Urabe
河野 謙二*****
Kenji Kono

要 約

吹田インターチェンジ改良工事では、名神高速道路直下にボックスカルバートを新設する。このカルバートは土被り厚が少なく、パイプビーム工法によって構築される。そのため、頂版部は作業空間が狭く、しかも過密な配筋部で、パイプレータによる締固め作業が極めて難しく、従来コンクリートによる施工は困難であった。そこで、頂版部には近年注目されているハイパフォーマンスコンクリートなど高流動性コンクリートの締固め不要性能に着目し、特に自己充填性に優れた超流動コンクリートを適用した。

超流動コンクリートは、締固め不要ことから施工の良否を受けず、製造時にほぼ品質が決まる。適用にあたっては、耐久性・充填性から配合設計を行い、室内流動実験、充填確認試験などの配合試験を行った。さらに、実施工を想定したモデル施工を実施して綿密な検討を行った結果、約 2,000m³の超流動コンクリートを市中の生コン工場で製造し、施工することができた。また、パイプレータによる締固めが不要になったことにより、作業の省力化、工程の短縮、作業の環境改善など良好な成果を収めることができた。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 超流動コンクリートの配合設計
- § 4. モデル施工
- § 5. 実施工
- § 6. おわりに

§ 1. はじめに

日本道路公団大阪管理局の吹田インターチェンジは、名神、近畿、中国の3高速道路を結ぶ重要地点で、近年交通渋滞が慢性化しており、この解消対策として、吹田インターチェンジの全面改良事業が進められている。

近畿自動車道吹田インターチェンジ（その1）工事では、この事業の一環として、名神高速道路の本線下にランプウェイ2本のボックスカルバートを新設する。

このボックスカルバートは、交差する名神高速道路との土被り厚が少ないことから、路面に与える影響が少ないパイプビーム工法により構築される。そのためルーフパイプとカルバート頂版との空間が少なく、コンクリートの打込み作業において作業空間を確保することが困難で、しかも頂版は過密な配筋部となっていた。

そこで、頂版部には、締固め不要な高流動性のコンクリートを検討した結果、特に流動性に優れ、硬化後の品質にも優れた超流動コンクリートを適用することとした。

平成4年9月の超流動コンクリートの適用検討をはじめとし、配合試験、実施工を想定したモデル施工を実施して、平成5年3月～7月にかけて実施工を行った。

本文では、主に超流動コンクリートの配合設計、モデル施工および実施工について述べる。

* 技術研究所地質研究課副課長
** 技術研究所土木技術課
*** 関西(支)吹田(出)所長
**** 関西(支)吹田(出)工事係長
***** 関西(支)吹田(出)工事主任

§ 2. 工事概要

2-1 工事概要

工事の概要を以下に示す。
 工事名：近畿自動車道吹田インターチェンジ（その1）工事
 工期：平成3年3月～平成6年3月
 対象構造物：ボックスカルバート（頂版）

（I-1ランプ）W 17.0m × t 1.2m × L 33.5 m
 （J-1ランプ）W 12.7m × t 1.0m × L 46.536m

主要工事数量

コンクリート : 2,000 m³
 鉄筋 (D32,29,25等) : 220 t

ボックスカルバートの頂版部は、図-1に示すように名神高速道路との最小土被り厚が1.8～2.5mと少なく、ルーフパイプ下端とカルバート頂版との隙間が20cm以下となっている。また頂版は、高速道路と斜めに交差するため主筋、配力筋の他に斜め方向の主筋が加わる過密な配筋部 (130kg/m³：鉄筋量最大ブロック) となっている。

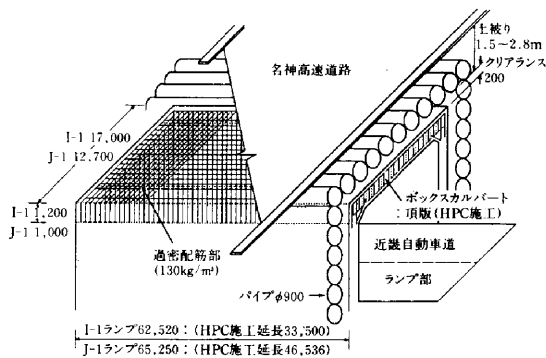


図-1 工事概要

2-2 施工上の問題点と対策

ボックスカルバート頂版部におけるコンクリート打込み作業では、前述のように作業空間の厳しい制約や過密な配筋によるコンクリート充填の障害を受け、従来コンクリートによる施工は極めて困難で、頂版部には締固め不要な超流動コンクリートを適用した。

しかし、超流動コンクリートを使用しても若干の流動勾配が想定され、表面仕上げが不可能な本工事では打込み方法が問題となった。頂版の有効断面を確保するために図-2 (a) に示すように余盛りのコンクリートを打込むか、または (b) のようにルーフパイプ下端まで充填する方法が考えられた。

そこで、この問題に対処するため、打込み方法が可能となる超流動コンクリートの配合を選定するため室内および実機プラントにおける一連の配合試験を行うとともに、打設計画を立案するため実施工を想定したモデル施

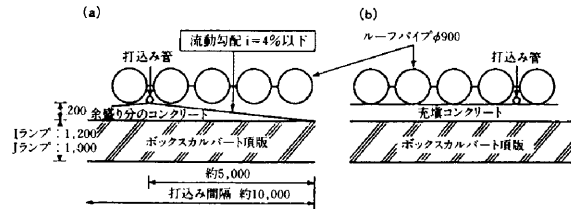


図-2 頂版コンクリートの打込み方法

工を実施し、施工法の検討を行うこととした。

§ 3. 超流動コンクリートの配合設計

超流動コンクリートは、流動性と材料の分離抵抗性という相反する性能をバランスさせ、高い充填性を備えたコンクリートで、セメントに高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混和材を加え、粉体量を多くして分離抵抗性を高め、高性能AE減水剤で流動性を調整している。

超流動コンクリートは、締固め不要なため製造時に品質が決まるため、配合設計が重要である。

3-1 使用材料

本工事における超流動コンクリートの製造は、市中の生コン工場で行うこととし、最初に現状のプラント設備の把握を行い、使用可能な材料の検討を行った。

使用材料は表-1に示すようにプラント設備、材料の入手や供給および経済性（材料の使用量・回数・輸送費等）などを考慮して総合的に判断することとした。

表-1 使用検討材料一覧表

	種類	入手のしやすさ	設備改造	備考	
セメント	普通ポルトランドセメント	容易(通常使用)	不要		
	高炉セメントB種	容易(通常使用)	不要		
	中熱ポルトランドセメント	困難	サイロ入替	使用量,回数,輸送費等からコスト的に問題	
	フライアッシュセメントB種	困難	サイロ入替	使用量,回数,輸送費等からコスト的に問題	
	低発熱型セメント	困難	サイロ入替	使用量,回数,輸送費等からコスト的に問題	
混和剤	石灰粉	困難	プラント貯蔵ビン	使用量,回数,輸送費等からコスト的に問題	
	フライアッシュ	使用可能	プラント貯蔵ビン	圧送パイプ改造費等	
	高炉スラグ微粉末	困難	プラント貯蔵ビン	使用量,回数,輸送費等からコスト的に問題	
骨材	細骨材	容易(通常使用)	不要	山砂：砂砂=70：30	
	粗骨材(20mm)	容易(通常使用)	不要	砕石	
混和剤	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系)	レオビル FSP-8N	使用可能	貯蔵タンク入替	低温,常温用
		レオビル FSP-8S	使用可能	貯蔵タンク入替	常温,低温用
		レオビル FSP-8HS	使用可能	貯蔵タンク入替	常温,高温用

3-2 机上配合設計

机上配合設計は、公団仕様 (B1-1：設計基準強度 240kgf/cm²(23.5MPa)) に基づき、耐久性と充填性からセメント量、水セメント比などを配合条件として抽出し、暫定配合として設計する。

(1) 耐久性設計

耐久性設計では、構造物の要求性能に応じて強度、耐久性（温度応力ひびわれ、中性化等）について検討し、

表一 2に示すような配合条件を設定した。ただし、フライアッシュを混合した場合の硬化性状等については、不明確なためセメント量から検討を行った。

表一 2 耐久性から求めた配合条件

		普通ポルトランドセメント	高炉セメントB種	中熱ポルトランドセメント	低発熱型セメント
w/c	中性化	63.6%以下	59.8%以下	データ不足	データ不足
	強度	59.0%以下	55.0%以下	57.0%以下	50.0%以下
C	温度	275kg/m ³ 以下	285kg/m ³ 以下	360kg/m ³ 以下	510kg/m ³ 以下

- 1) 中性化：設計耐用期間100年、等価かぶり厚さ79mmを満足するもの
- 2) 塩害：海岸から1km以上内陸にある構造物のため検討不要
- 3) 強度：配合強度300kgf/cm² (28日)を満足するもの
- 4) 温度：温度ひびわれ指数1.0を満足するもの。ただし、温度差から算出
- 5) 凍害：凍害危険範囲外のため検討不要

(2) 充填性設計

充填性設計は、構造物の形状寸法・配筋に適したコンクリートの変形性（スランプフロー試験）、材料の分離抵抗性や間隙通過性（ロート試験等）などを設計する。

高流動・高充填性が要求されたため、スランプフロー値65cm、V型のロート流下時間7秒程度を想定し、各粉体、細骨材の拘束水や過去のデータを基に相対粗骨材率（50%）、相対細骨材率（68%）、水粉体体積比（90%）を設定した。なお、セメントとフライアッシュの混合比率は耐久性設計から求めたセメント量から設定した。

前述の使用材料および配合条件から普通ポルトランドセメントおよび高炉セメントB種にフライアッシュを混合した2種類の配合を選定した。

3-3 室内配合試験

配合試験では、配合条件を満足するように、水粉体体積比、相対粗骨材率および高性能A E減水剤（経済性から一般用）の添加量を調整して示方配合の選定を行った。

フレッシュコンクリートの試験は、流動性、分離抵抗性や鉄筋などの間隙通過性を的確に調べるためスランプフロー、Vロート（10 l）、空気量の各試験を実施した。

さらに、流動性については、最も密な上配筋を模擬した室内流動実験（幅35cm、長さ1.5m：180 l）を行って、フレッシュ時の性状と流動勾配の関係を調べ、図一 2(a)に示す流動勾配4%以下を要求した。

その結果、フレッシュコンクリートの目標値は、スランプフロー値65cm、Vロート流下時間7秒に設定した。

目標の性状が得られた配合については、長靴型の高密度配筋の充填試験を実施して、充填性の確認も行った。

また、断熱温度上昇試験、硬化後の試験として圧縮強度、静弾性係数試験などを実施した。

以上の各試験から経時変化が少ない配合、そして温度ひびわれ指数が小さいなど耐久性のある高炉B種の配合

を選定した。

3-4 実機プラント試験練り

室内配合試験で選定した配合を実際に使用する生コン工場で製造する場合、ミキサの練混ぜ性能や材料、特に水（上澄水）や温度などの環境条件が異なるため、コンクリートの性状が相違することが考えられた。

このため、実施工に先立ち、実機プラント（強制2軸ミキサ、公称容量2.5m³）で試験練りを実施し、材料の投入順序・混練時間・混練量などの練混ぜ方法や表面水変動による配合調整方法の検討を行った。

§ 4. モデル施工

4-1 モデル施工概要

コンクリートの打込み位置・間隔などの打設計画を立案するため、実施工を想定したモデル施工を実施した。

コンクリートの配合は、室内配合試験より、荷卸時でスランプフロー値65±5cm、Vロート流下時間5～10秒を目標管理範囲とし、製造は実施工で使用する生コン工場で行い、混練2回分の4m³をミキサ車で運搬した。

コンクリートの打込みは、ポンプ車を用い、圧送速度は15m³/h程度で、また配管長は実施工における最大水平換算長さ約120mで実施した。

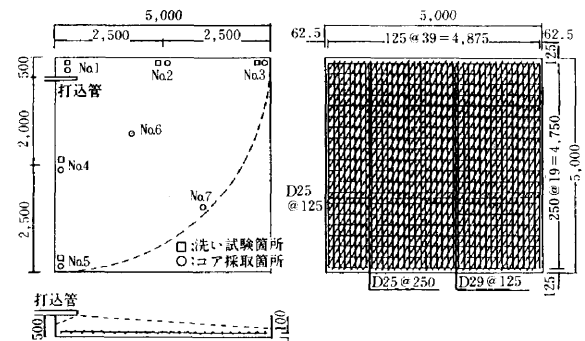
4-2 実験内容

(1) 合流実験

実験は、2台のポンプ車で2方向からコンクリートを打込み、1次元的な流動性と配管長の違いによる流動勾配を調べるため配管長を変えて実験を行うとともに、合流の状況や合流部分の品質（粗骨材の洗い試験、コア強度試験）を確認する目的で実施した（図一 5参照）。

(2) 流動実験

実験は、頂版部の最も密な上配筋を抽出・モデル化し、1箇所から打設したコンクリートが扇状に流動する状況（流動勾配を測定）および流動距離による品質性状の変化を確認した。実験形状を図一 3に示す。



図一 3 流動実験形状

(3) 充填実験

実験は、ルーフパイプを模擬した密閉型枠内に1箇所からコンクリートを打込み、充填状況を透明型枠(側面および上型枠)で観察し、併せてコアの品質の確認を行った実験形状を図-4に示す。

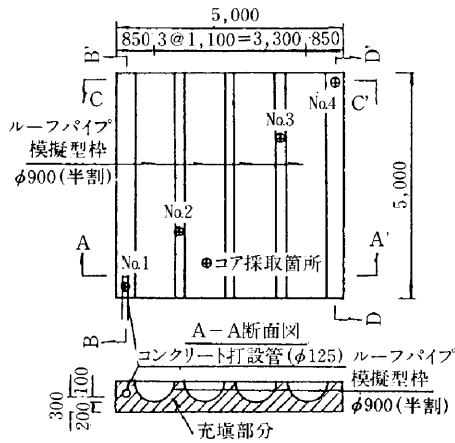


図-4 充填実験形状

4-3 実験結果と考察

(1)コンクリートの品質管理状況

試験結果を表-3に示す。

フレッシュコンクリートの性状は、粘性が若干低い傾向にあったが、概ね目標管理範囲内であった。ただし、ミキサ車No.4のコンクリートは、荷卸時にスランプフロー値が70cm以上となって分離気味であった。

圧縮強度は、配合試験時と同程度の値 ($\sigma_{28}=450\text{kgf/cm}^2$ (44.1MPa)) が得られ、設計基準強度を満足していた。

(2)合流実験

実験結果を図-5に示す。

①流動勾配

最終流動勾配は、一般的な上配筋で筒先部におけるフレッシュコンクリートの性状がほぼ同様であったため、配管の長短に拘らず、1.5~2% (約1/50) と良好であっ

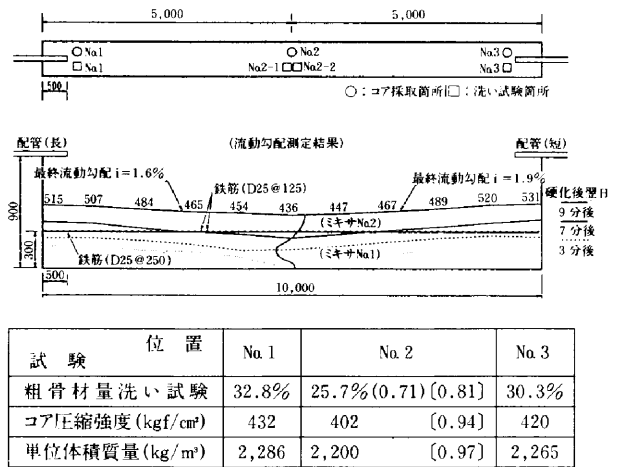


図-5 合流実験結果

た。また、流動中の勾配についても2%以下となっている。

②品質調査(粗骨材の洗い試験, コアの圧縮強度試験)

配合上の粗骨材量を100とすると、筒先部で約90%、合流部では約70%と若干低い数字であったが、合流部(No.2)におけるコアの圧縮強度は、筒先部(No.1, 3)に比べ約5%の差で、ほとんど遜色がなかった。

また、合流部は縦継目のように一直線とならず、流動速度等の違いにより入り乱れたが、品質調査結果から一体性が確保できたものと判断される。

(3)流動実験

実験結果を図-6に示す。

①流動勾配

実験における1台目, 2台目(ミキサ車No.2, 3)のコンクリートはほぼ目標通りで、鉄筋部を打込んだ場合の流動勾配は5%程度であったが、鉄筋部を越えた流動勾配は3%程度と所要の勾配をクリアできた。

また、最終流動勾配は、表面部分に打込んだ3台目(ミキサ車No.4)のコンクリートが、荷卸時にスランプ

表-3 コンクリートの品質管理試験結果

ミキサ車 No.	フレッシュコンクリート												硬化コンクリート 圧縮強度 (kgf/cm ²)			打設試験体 No.
	出荷				荷卸				筒先				標準養生			
	時刻 時:分	スランプフロー (cm)	Vロート (秒)	空気量 (%)	時刻 時:分	スランプフロー (cm)	Vロート (秒)	空気量 (%)	時刻 時:分	スランプフロー (cm)	Vロート (秒)	空気量 (%)	出荷 σ_{28}	荷卸 σ_{28}	筒先 σ_{28}	
1	10:20	71.0	4.1	4.7	10:55	69.5	4.4	3.8	11:16	57.5	3.3	3.8	484	506	441	1
									11:21	60.5	3.5	3.6			459	
2	10:40	65.0	—	4.3	11:10	63.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1・2
3	11:55	66.5	4.8	4.8	12:20	66.0	5.1	3.8	12:35	55.0	4.9	4.1	447	497	470	2
4	12:05	70.0	—	—	12:33	73.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
5	12:10	69.5	4.6	4.7	12:51	68.5	9.2	3.6	—	—	—	—	481	497	—	2・3
6	12:55	66.0	—	—	13:30	62.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3

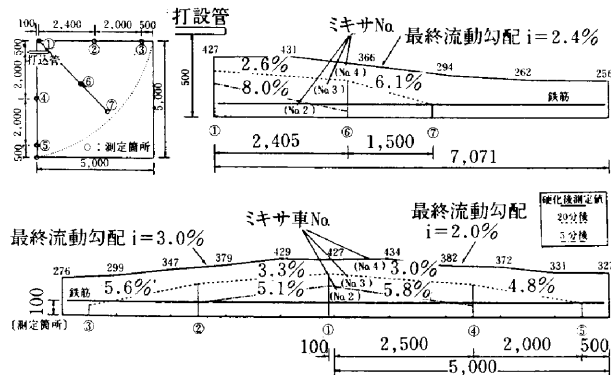


図-6 流動勾配測定結果

フロー値70cm以上と分離気味であったことにもよるが、平均で約2.5% (1/30~50)であった。

②品質調査 (粗骨材の洗い試験, コア試験)

実験結果を図-7に示す。

試験	位置	No.1	No.2	No.3
粗骨材量 洗い試験		37.7% (1.05)	32.8% (0.91)	26.4% (0.73)
コア(面) 粗骨材 分布状況		30.3% (1.00)	32.5% (1.07)	23.3% (0.76)
	上層	29.6%	28.4%	14.8%
	中層	31.9%	39.8%	22.2%
	下層	30.9%	34.9%	31.6%
単位体積質量 (kg/m ³)		450 (1.00)	428 (0.95)	411 (0.91)
コア圧縮強度 (kgf/cm ²)		2,341 (1.00)	2,321 (0.99)	2,209 (0.94)
試験	位置	No.4	No.6	
粗骨材量 洗い試験		29.8% (0.83)	—	
コア(面) 粗骨材 分布状況		34.7% (1.15)	35.2% (1.16)	
	上層	34.9%	35.9%	
	中層	41.0%	38.2%	
	下層	30.5%	33.9%	
単位体積質量 (kg/m ³)		448 (1.00)	422 (0.94)	
コア圧縮強度 (kgf/cm ²)		2,343 (1.00)	2,355 (1.01)	
試験	位置	No.5	No.7	
粗骨材量 洗い試験		25.2% (0.70)	—	
コア(面) 粗骨材 分布状況		22.1% (0.73)	28.1% (0.93)	
	上層	16.9%	14.0%	
	中層	20.5%	35.5%	
	下層	28.8%	37.4%	
単位体積質量 (kg/m ³)		418 (0.93)	400 (0.89)	
コア圧縮強度 (kgf/cm ²)		2,182 (0.93)	2,264 (0.97)	

図-7 コアの品質調査結果

洗い試験では、筒先部は配合上の粗骨材量が得られたが、流動距離 2.5mで約85%、流動距離 5mの型枠際ではモルタルが回り込むため約70%と若干低下していた。

また、画像処理によるコア側面の粗骨材分布状況(面積率)から、筒先部の粗骨材量を1とすると、流動距離

2.5mでは1以上で筒先部と同等であった。距離5mになるとコア下層では筒先部と同程度であったが、上層の粗骨材量は減少していた。この原因としては、表面部に打込んだコンクリート(ミキサ車No.4)が分離気味で、その影響により、粗骨材が減少したものと考えられる。

コアの圧縮強度は、流動距離に従い僅かに低下していたが、流動距離5mで約90%であった。

(4)充填実験

実験結果を図-8に示す(図-4参照)。

①充填状況

充填状況は図-8に示すように良好で、ルーフパイプ模擬型枠の下端を越え、残りの空間が完全な密閉空間、すなわち圧入状態となっても、充填が可能であった。

②品質調査 (コアの粗骨材分布状況, 圧縮強度試験)

実験結果を図-9に示す

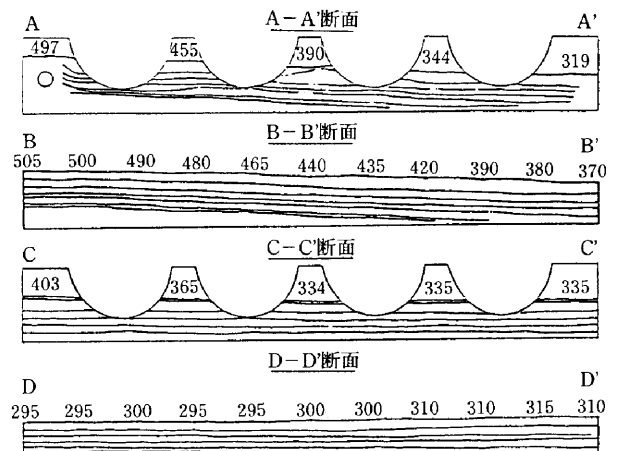


図-8 充填状況

試験	位置	No.1	No.2	No.3	No.4
コア側面 粗骨材 分布状況 (面積率)		33.6% (1.00)	35.4% (1.05)	25.3% (0.75)	5.4% (0.16)
	上層	23.2%	28.4%	18.7%	0%
	中層	32.9%	43.4%	26.3%	5.3%
	下層	11.4%	41.9%	33.1%	12.8%
圧縮強度 (kgf/cm ²)		422 (1.00)	420 (1.00)	414 (0.98)	408 (0.97)
単位体積質量 (kg/m ³)		2,269 (1.00)	2,335 (1.03)	2,252 (0.99)	2,113 (0.93)

図-9 コアの品質調査結果

粗骨材量は流動距離が長くなるに従い少なくなり、筒先部を1とすると、流動距離5mで0.75、7mの対角部の上層では粗骨材が少なく、全体でも0.2以下であった。この対角部についてはコンクリートがパイプ下端を越えると密閉空間となる他に、流動距離が長いこと比重が軽いモルタルが先行して充填されたものと思われる。

コア圧縮強度は、流動距離に従い僅かに低下していた

が、対角部においても3%程度の低下であった。

4-4 モデル施工のまとめ

モデル施工の結果から、超流動コンクリートは流動性、充填性および分離抵抗性に優れているため、合流部の一体性や所要の流動勾配をクリアすることが実証された。ただし、全般に粘性が低かったため（Vルート流下時間が若干早い）流動距離が長くなると、粗骨材が分離する傾向にあり、この配合でコンクリートの均質性を確保するには流動距離を5mまでにする必要がある。

また、充填実験よりルーフパイプ下端から上の充填については、上層部に若干モルタル分が多くなる傾向にあったが、頂版の設計高さ以上に打設すれば、支障がないと判断できた。

したがって、実施工においては、この結果をもとに適切な打設計画を立てるとともに、実験で一部管理を外れたコンクリートが製造されたことからフレッシュ時の品質管理には、十分注意して施工を行うこととした。

4-5 配合選定

各配合試験およびモデル施工の結果を踏まえ、最終的な配合と使用材料を表-4のように選定した。

表-4 配合と使用材料

骨材最大寸法 (mm)	水粉体比 W/P (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量 (kg/m³)					混和剤* 高性能 AE減水剤 (kg/m³)
				水+ 混和剤 (W+Ad)	セメント (BB)	フライ アッシュ (F)	細骨材 (S)	粗骨材 (G)	
20	32.0 (84.3)	58.6	49.2						6.25 (Px1.20%)

*混和剤は、その他に空気調整剤（0~Px0.0135%）を使用
 [目標] スランプフロー：65±5cm, Vルート流下時間：5~10秒, 空気量4±1%

使用材料

材 料	種 類	
セメント	高炉セメントB種	比重：3.03, 比表面積：4,050cm²/g
フライアッシュ		比重：2.28, 比表面積：3,870cm²/g
細骨材	山砂, 砕砂	比重：2.58, FM=2.75
粗骨材	砕石	比重：2.70, FM=6.77
混和剤	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系 (SP-8S, 8N)

§ 5. 実施工

超流動コンクリートの施工は、I-1ランプ部が3ブロック、J-1ランプ部が4ブロック、最後にルーフパイプ

の中間支持杭取外しの関係で、ブロック接続部分（J-1のみ）が2回の合計9回を平成5年3月末~7月中旬に行った。総打設量は2,061m³ (99~396m³)であった。

5-1 コンクリートの製造・運搬

超流動コンクリートの製造は、市中の生コン工場（製造能力：140m³/h）で行った。

フライアッシュについては、生産工場からタンクローリー車で運搬し、圧送パイプでバッチャープラントのヘッドタンクに直接圧送することにした。このようにすればセメントサイロの材料を入替えることなく、圧送パイプの改造だけで済み経済的であった。

生コン工場における超流動コンクリートの製造では、練混ぜ時の負荷を電流計、スランプメータで管理した。

混練量は試験練りの結果から1バッチ2.25m³（混練時間90秒）とし、ミキサ車には2バッチ分の4.5m³を積載した。運搬距離は、生コン工場から施工現場まで約6kmで、運搬時間は25~50分程度であった。

5-2 型枠・支保工、鉄筋

型枠には液圧が作用するが、高さが1.2m程度であったため側面の型枠は通常の木製合板と栈木で組立てた。

また、支保工は、通常のコンクリートに比べ、凝結が遅いことからパイプ式の支保工で強固に組立てた。

鉄筋組立については、通常の作業と特に変わらなかったが、作業空間が狭く大変な作業であった。

5-3 打込み

コンクリートの打込みは、モデル施工の結果から、図-2(b)のようにルーフパイプ下端まで充填することとし、ポンプ車（IPF50TE-4N）で行った。

コンクリート配管は、最大流動距離4.6mで計画し、第1回施工時におけるコンクリート配管（ポンプ車3台、分岐管を使用、配管径4インチ）を図-10に示す。配管を固定して6箇所から同時に打込み、打設速度は、ポンプ車3台で最大60m³/h、平均40m³/h程度であった。

型枠内への流動状況は、コンクリートの品質変動や打設速度によって若干の差異はあるものの、型枠の隅々まで行き渡り、充填状況も良好であった。打込み状況および型枠脱型後の仕上がり状況を写真-1に示す。

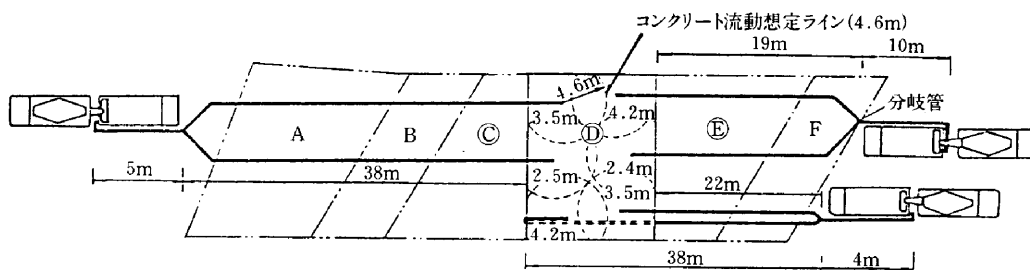


図-10 コンクリート打設用の配管（第1回施工時：I-1ランプ部）

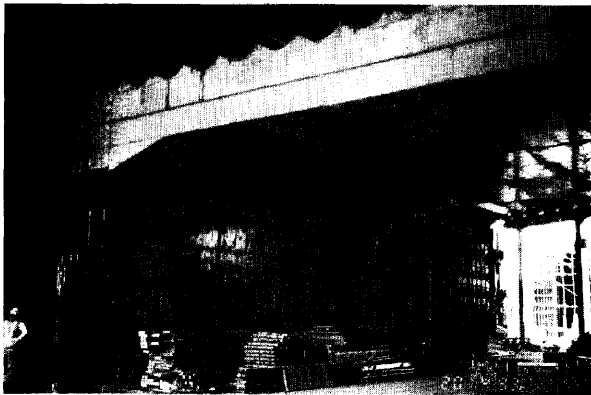


写真-1 仕上がり状況

5-4 超流動コンクリートの品質管理

(1)品質管理の概要

品質管理基準は、一連の配合試験，モデル施工や他の工事実施例を参考にし，表-5のように設定した。

表-5 品質管理基準

種別	試験項目	試験方法	試験頻度	備考
骨材	粒度	JSA 1102	1日に1回	
	細骨材の表面水率	JSA 1111	練り混ぜ開始前および2時間に1回以上	
	粗骨材の表面水率		練り混ぜ開始前および性状の変化ごと	
フレッシュコンクリート	スランプフロー	JSA 1101 に準拠	最初の連続5台以後25m ² に1回(製造・荷卸)	(荷卸時)目標値 65±5cm
	Vロート	Vロート試験(参考試験)	最初の1台以後50m ² に1回(製造・荷卸)	(荷卸時)目標値 5~10秒
	空気量	JSA 1128 に準拠	最初の1台以後50m ² に1回(製造・荷卸)	(荷卸時)目標値 4±1
	稠度		最初の1台以後50m ² に1回(製造・荷卸)	
	塩化物含有量	建設大臣官庁技術審査官の指示による	午前・午後各1回	
硬化コンクリート	圧縮強度	JSA 1106	ポンプ圧送が安定した時150m ² ごとに1回	設計基準強度 240kgf/cm ²
	単位容積質量	JSA 1116	ポンプ圧送が安定した時150m ² ごとに1回	

また，超流動コンクリートの品質の安定を図るため，製造開始時や生コン工場の材料，特に骨材の供給による品質変動により，試験の頻度を特に増やしている。

5-5 品質管理試験結果

品質管理試験結果を表-6および図-11に示す。

表-6 品質管理試験結果一覧

試験	範囲	平均	標準偏差	変動係数	備考
細骨材表面水 (%)	山砂	4.4~10.4	7.2	1.4	18.9 n=51
	砕砂	6.1~11.1	8.8	1.3	15.0 n=51
出荷時	スランプフロー (cm)	50.0~66.0	57.5	3.5	6.2 n=110
	Vロート流下時間 (秒)	3.7~10.3	5.7	1.2	21.3 n=101
	空気量 (%)	3.5~6.0	4.7	0.5	9.8 n=97
荷卸時	スランプフロー (cm)	60.0~69.5	63.8	2.6	4.0 n=103
	Vロート流下時間 (秒)	3.5~9.8	6.0	1.5	25.6 n=44
	空気量 (%)	3.3~4.9	4.0	0.4	10.2 n=44
圧縮強度 (kgf/cm ²)	σ_7	193~294	233	28	12.0 n=20(標準養生)
	σ_{28}	415~543	477	34	7.2 n=20(〃)

(1)細骨材の表面水

細骨材の表面水は，図-11に示すように時期による変動がかなりみられた。しかし，打設日における測定間の変動はほぼ±1%程度内に収まり，安定していた。

(2)フレッシュコンクリート

①スランプフロー値

スランプフロー値は，試験練りと異なり，プラントで製造する場合のボリューム効果，気象条件や運搬などにより，延びを考慮する必要があった。表-6に示すように，出荷時の管理目標(60~70cm)をやや下回る低め(平均57.5cm)で管理し，荷卸時では平均63.8cm(60.0

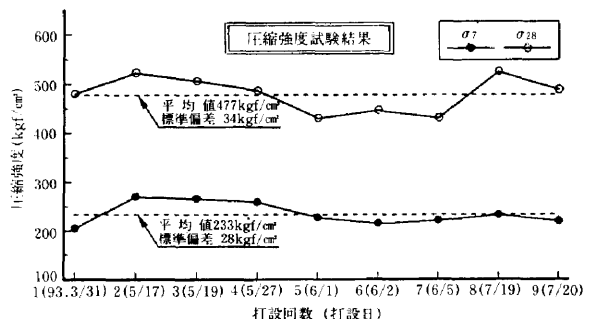
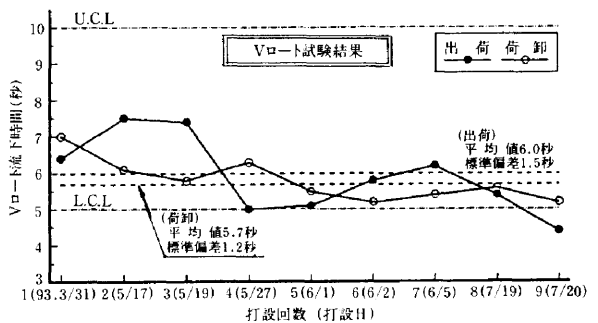
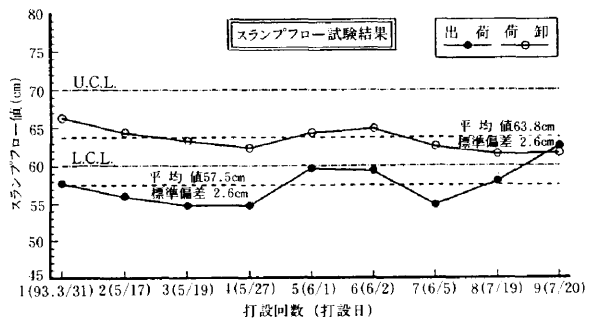
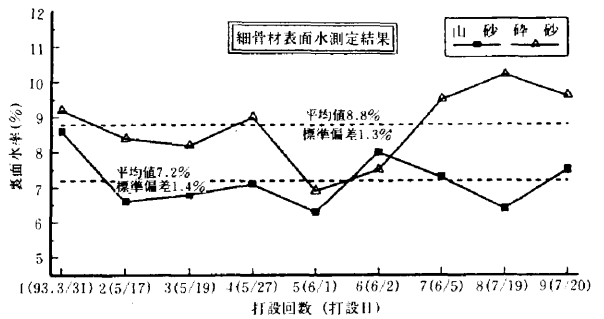


図-11 品質管理試験結果

～69.5cm)と所定の管理基準内に収めることが出来た。

また、品質管理状況は、出荷時および荷卸時とも図-11に示すように大きなばらつきもなく良好であった。

なお、製造開始時は表面水の変動などにより管理目標値を外れることがあり、その場合は高性能A/E減水剤を現場で再添加して調整を行った。

②Vロート値(流下時間)

品質管理状況は図-11に示すように、出荷時および荷卸時とも平均値が5～8秒内に収まり良好であった。

しかし、コンクリート温度が上がると高性能A/E減水剤の影響などにより粘性が低くなる傾向にあった。

③空気量

空気量は、運搬により若干減少したが表-6のように品質管理範囲内に収まり、管理状況は良好であった。

(3)硬化コンクリート

標準養生の圧縮強度(σ_{28})試験結果は、表-6のように平均で477kgf/cm²(46.8MPa)と事前の試験練り等とほぼ同程度で、設計基準強度240kgf/cm²(23.5MPa)以上を満足していた。また、図-11から圧縮強度の管理状況は、大きなばらつきもなく、変動係数は7.2%と良好であった。

5-6 まとめ

施工上得られた知見を次に述べる。

〔省力化〕…コンクリート投入位置・間隔、流動勾配を設定することにより、生コン車の誘導、打設管理や型枠の点検以外に打込み作業に関わる人員は不要であった。

〔工程〕…モデル施工の結果から、ルーフパイプの下端まで打込むこととした。その結果、充填材を別に注入しなくてもパイプを頂版で支持することができたことにより、この1工程を削減でき、工程を短縮することができた。

〔環境〕…騒音が問題となる工事ではなかったが、バイブレタによる締固めを行わないので、騒音を低減させたり、安全性など作業環境の改善に効果があった。

〔品質〕…過密な配筋部にも拘らず型枠の隅々までコンクリートが充填され、豆板・巣等は一切発生せず、従来コンクリートと同等以上の仕上がりであった。

〔コスト〕…コンクリート工に掛かる総費用は、材料費、技術的な品質管理費および生コン工場の借上げなどを含めると、通常コンクリートの約2倍であった。しかし、工程を短縮できたことで総合的には経済的であった。

なお、本工事における特殊な問題点としては、作業空間が狭いためコンクリート充填管理が困難であったことが挙げられる。今回は、ルーフパイプに開けた孔からコンクリートが滲出することを確認することで管理を行った。

また、モデル施工を含めると、施工が冬～夏期まで長期間にわたったため、超流動コンクリートの性状もコン

クリート温度の変動などにより微妙に変化した。特に、15℃以下の低温時および25℃以上の高温時においては、粘性を確保することが難しく、低くなる傾向にあった。この原因としては、高性能A/E減水剤の影響が大きいと考えられる。したがって、今後は季節に応じた配合の検討、特に高性能A/E減水剤のタイプ・使用量、あるいは品質を安定させる増粘剤の使用を検討する必要がある。

§6. おわりに

過密な配筋部そして作業空間に厳しい制約を受けるボックスカルバート頂版部の施工に際し、超流動コンクリートを適用した結果、当初の問題をクリアし、打込み作業の省力化、工程の短縮、作業環境の改善を図るなど、良好な成果を得ることができた。

このように、超流動コンクリートは施工の省力化、構造物の品質向上を図る上で大きな威力を発揮するものと考えられる。しかし、現状では製造コストが増加するため、適用にあたっては、全体工程・施工の省力化など総合的なコストを考慮した検討が必要と思われる。

また、フレッシュコンクリート性状は細骨材表面水の僅かなばらつきにより大きく変化し、プラントにおける表面水管理を入念に行う必要があった。今後は、表面水管理を含めた超流動コンクリートの品質管理手法の確立とその簡素化を図る必要がある。

最後に、本工事を実施するに際し、東京大学・岡村教授、小沢助教授に貴重なご指導ご意見を賜ったことを記し、深謝致します。また、超流動コンクリートの適用を承認して戴いた日本道路公団吹田管理事務所の皆様、製造にあたり多大なご協力を戴いた茨木レミコン(株)および(株)ポゾリス物産の皆様に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡村 甫・前川宏一・小沢一雅：ハイパフォーマンスコンクリート、技報堂出版、1993.
- 2) 高橋秀樹・西田德行・小沢一雅・平原光彦・明石幸三：超流動コンクリート施工における流動性管理方法、超流動コンクリートに関するシンポジウム(JCI), pp.1～8, 1993.
- 3) 高橋秀樹・西田德行・占部 徹・河野謙二：ハイパフォーマンスコンクリートの充填性確認のための一実験、土木学会第48回年次大会, pp.68～69, 1993.
- 4) 高橋秀樹・西田德行・平原光彦・占部 徹・河野謙二・明石幸三・関 武志：名神高速道路直下のボックスカルバートで2,000m³を施工、セメントコンクリート No.558, pp.91～98, 1993.