

中流動覆工コンクリートの開発検討

日本道路公団 試験研究所 正会員 馬場弘二
日本道路公団 試験研究所 正会員 伊藤哲男

1. はじめに

覆工コンクリートには、15～18cm 程度のスランプが用いられることが多い。その場合でも、天端等は十分な締固め作業が困難であり、高品質化、剥離・剥落対策としての繊維混入、コスト縮減等を目的とした巻厚の薄肉化などを考慮すると、従来のコンクリートより施工性の高いコンクリートが求められる。流動性が高く自己充填性に優れたコンクリートとしては高流動コンクリート（以下「High Performance Concrete (HPC)」という。）があり、土木学会コンクリートライブラリー93「高流動コンクリート施工指針（平成10年7月）」等で配合設計から施工までを規定している。HPC を用いると振動・締固め作業を必要とせず、型枠等の隅々まで材料分離を生じることなく充填ができ、構造物の信頼性を向上させるだけでなく、省力化、合理化を図ることができる。しかし、HPC では自己充填性および高い流動性を確保しながら材料分離を抑制するため、粉体量が多く、また、種々の混和材料を用いることで製造コストが高くなる。

本文ではこの点を踏まえ、一般的なスランプ 15cm 程度のコンクリートと HPC の中間的な性状を有するスランプ 21～23cm で、スランプフロー管理を必要とする流動性の高いコンクリート（以下「中流動コンクリート：Middle Performance Concrete (MPC)」という。）の開発検討を行った。

2. 要求性能と比較配合ケース

開発検討を行うにあたり、基本条件として表-1 の点を考慮した。前述のコンクリートライブラリーでは、配筋量の少ないマ

スコンクリート構造物や無筋構造

物に対して、HPC の自己充填性ランクや評価試験値を定めているが、コスト面や施工管理面を考慮すると、HPC と近い充填性・流動性を有しながら、基本条件に合致するコンクリートが必要とされる。そのため、HPC のスランプフローが

500mm 以上である点と、スランプ 21cm のスランプフローが 350mm 程度である点を勘案し、目標とするスランプフロー値を 450mm(スランプ 21～23cm に相当)に設定した。MPC の要求性能(案)を表-2 に示す。要求性能(案)に従い、従来の覆工コンクリートを基本として、表-3 に示すケースの比較検討を行った。なお、MPC としての適切な流動性および材料

表-1 開発検討における基本条件

コンクリート強度 18N/mm ² を対象
特殊な材料を用いないこと
一般の生コン工場設備で製造可能なこと
運搬・ポンプ圧送が通常の施工機械で行え、型枠(セト)の補強等を必要としないこと
覆工コンクリートの吹上げ打設を型枠バンプイレーターの振動だけで行えること
高コストとならないこと

表-2 中流動覆工コンクリートの要求性能(案)

項目	試験方法	要求性能	摘要
スランプフロー	JIS A 1150-2001	450 mm	コンクリートの外力のない状態での流動性の大小を評価
充填性	JSCE-F 511-1999 (U形容器)	U形充填性(障害なし) 充填高さ(mm) 300以上 ^{注1)}	停止後バンプイレータ ^{注2)} で振動を与え両槽が水平になる時間を測定
流動性	JSCE-F 514-1999	L70-500mm, 750mm到達 適切な流動性と分離の無いこと	停止後バンプイレータ ^{注2)} で振動を与え規定値到達時間を測定
空気量	JIS A 1128-1999	4.5 %	運行される空気量を測定
ポンプ圧送性	JSCE-F 502-1999	加圧ブリーディング試験による標準脱水曲線範囲	ポンプ圧送性(バンプイレーター)を加圧したコンクリートから脱水する水量が時間と脱水量で示される標準範囲内にあるかを確認

注1) 土木学会コンクリートライブラリー93「高流動コンクリート施工指針(平成10年7月)」のランク3と同値
注2) JIS A 8610 に定める種類及び公称径 BM32: 振動数 8000rpm 以上、振幅 1.6mm 以上

表-3 中流動覆工コンクリート配合検討条件

ケース	検討項目							摘要			
	セメント	混和材			化学混和剤						
	普通	高炉	石粉	高炉スラグ微粉末	ファイアッシュ	AE減水剤	中減水剤	高性能AE減水剤	増粘剤	繊維	
基本											従来の覆工コンクリート(単位セメント量 270kg/m ³)
MPC 1											流動性を高め、単位セメント量を 350kg/m ³
MPC 2											セメントを高炉セメントB種に変更
MPC 3											粉体量は同じとして、石粉を 80kg/m ³ 置換
MPC 4											高炉スラグ微粉末を 80kg/m ³ 置換
MPC 5											ファイアッシュを 80kg/m ³ 置換
MPC 6											繊維補強コンクリート 0.3% (鋼繊維・非鋼繊維)
高流動											併用系高流動コンクリートの検討

キーワード：覆工コンクリート、中流動、施工性向上

連絡先：〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 日本道路公団試験研究所 tel:042-791-1621 fax:042-791-2380

分離抵抗性の確保と繊維補強コンクリートとしての展開を踏まえ、粗骨材最大寸法は 20 mm とした。

3. 試験結果

(1) 配合選定・・・各種混和材等を用いた MPC の配合を検討した結果、単位粉体量 350kg/m^3 、スランプフロー 450mm の条件で、良好なワーカビリティをもつコンクリートを製造できることが確認された。また、混和材には石粉を用いること（MPC3）が最も適当と考えられた。さらに、これらの条件下で繊維補強覆工コンクリートについても検討を行い、同様に良好な性状のコンクリートが得られることが明らかとなった。

(2) 充填性および流動性・・・MPC3 の充填性・流動性は、U型充填性試験およびL型フロー試験より表2の要求性能(案)を満足するとともに、材料分離抵抗性を有し、HPC と比較して粘性が基本コンクリートに近い傾向であることが確認された。セトル内で覆工コンクリートを打込むことを想定すれば、充填性・流動性が良く、しかも少ない振動でさらに流動していく性状が望ましい。粘性の高いHPCのように、充填・流動に時間がかかり振動による流動速度も遅いコンクリートより、流動性はHPCに近く、流動速度の速いMPC3の方が覆工コンクリートの施工には適していると考えられる。（図-1）

(3) ポンプ圧送性・・・MPC3 の脱水曲線は、図-2 に示すとおり繊維の有無と種類にかかわらず標準範囲のほぼ中央にあり、良好な性状を示していた。また、これらの性状は、普通セメントのみを用いた基本コンクリートや他の MPC よりも良好であり、これは混和材として用いた石粉が保水効果を発揮して加圧に対する脱水を抑制しているものと考えられる。流動性が高い場合、粘性がある程度ないとコンクリートポンプで圧送したときに配管内で材料分離を起こし閉塞が生じることが懸念されたが、試験結果からは石粉を用いることにより十分なポンプ圧送性を有することが明らかとなった。

(4) 圧縮強度・・・覆工コンクリートの施工では打込み後 24 時間以内に型枠の脱型を行う場合が多く、一般的な二車線断面では通常セトルダウンに必要な強度は 2N/mm^2 以上とされているが、試験結果では全ての材齢 1 日圧縮強度が 2N/mm^2 を上回り、 $3.93 \sim 6.43 \text{N/mm}^2$ であった。

(5) 乾燥収縮・・・従来の覆工コンクリートに対して流動性を確保しながら分離抵抗性を高めるために粉体量を多くすると、コンクリートの乾燥収縮が増大しひび割れ発生が促進されることが懸念された。しかし、材齢 8 週までの試験結果では、基本コンクリートに比較してほぼ同等の長さ変化率であり、粉体量が増加したことによる影響は認められていない。これは、粉体量が多いにもかかわらず、混和材の性能により単位水量が低減されたためと考えられる。

4. まとめ

今回開発検討した MPC3 は、室内試験レベルにおいて要求性能(案)を満足し、粘性が低いため振動による充填や流動が容易で、材料分離抵抗性を有し、ポンプ圧送性にも問題は無いものと考えられる。また、圧縮強度および乾燥収縮特性も従来からの覆工コンクリートと同等かそれ以上であり、そのコストアップも $1,000 \text{円/m}^3$ 以下と試算された。

今回はあくまでも基本的な配合選定の実施にとどまっております。今後実用化に向けては室内レベルの配合設計手法、物性値確認および実現場レベルの施工性検証、薄肉巻厚への適用性、施工管理項目とその基準値の整備などについて検討が必要である。

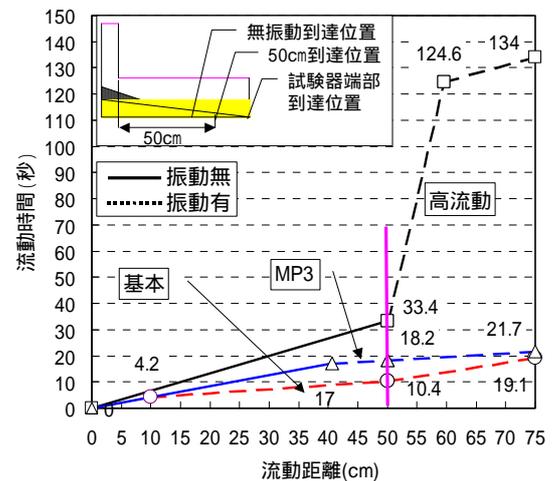


図-1 L型フロー試験の流動距離と時間

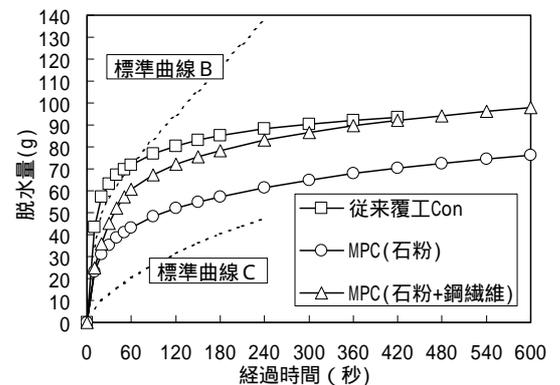


図-2 加圧ブリーディング結果