

中流動覆工コンクリートの配合設計手法の検討

Study on design method of middle flowing concrete for tunnel lining

(株)ネクスコ・エンジニアリング北海道 ○正会員 中村 泰誠
東日本高速道路(株) 北海道支社 正会員 谷藤 義弘
東日本高速道路(株) 北海道支社 勢登 義宏

1. はじめに

NEXCO 関係各社では、トンネル覆工コンクリートの品質向上を目的として従来のコンクリートよりも流動・充填性能が高い中流動覆工コンクリートの採用が検討され、現在その性能が基準化されている。

中流動覆工コンクリートは、スランプフローやU型充填高さのほか、施工による品質変動を少なくすることを目的として、使用コンクリートの振動エネルギーの最適値と施工時に作用させる振動エネルギーを 3.7J/L で統一することとしている。このため、使用するコンクリートには、最適振動エネルギーが 3.7J/L であることが要求される。

しかしながら、最適振動エネルギーが同一となるようなコンクリートの配合設計手法は現状では存在していない。既往の研究によれば、コンクリートの締固め性は、使用する骨材や配合によって異なることが報告されており、最適振動エネルギーを同一とするような中流動覆工コンクリートにおいては、使用材料ごとに要求値を満足するよう配合を修正することとなり、その手法の確立が必要と考えられる。

本検討は、中流動覆工コンクリートの配合設計手法を検討することを目的として、骨材および配合が異なる場合の振動エネルギーの最適値に与える影響を加振変形試験にて検証した。また、その結果を基に中流動覆工コンクリートの配合検討手法について検討した。

2. 中流動覆工コンクリートの要求性能¹⁾

NEXCO 東日本トンネル施工管理要領における中流動覆工コンクリートの要求性能と試験方法を下記に示す。中流動覆工コンクリートは、自己流動性のスランプやスランプフローだけでなく、自己充填性能としてU型充填高さを要求している。さらに、同一振動エネルギー (3.7J/L) での締固め性も要求しており、これを振動時の変形量 (加振変形量) によって評価している。

①流動性

- ・スランプ (JIS A 1101) : 21±2.5 cm
- ・スランプフロー (JIS A 1150) : 35～50 cm

②自己充填性

- ・U型充填高さ (JHS 733) : 280 mm以上

③振動時の流動・充填性

- ・加振変形量 (JHS 733)
: 10 秒振動後のスランプフロー変化量 10±3 cm

3. 試験概要

(1) 使用材料

使用材料を表―1に示す。

(2) 試験条件

試験は、それぞれ A 材料および B 材料を用い、スランプフロー35～50 cm、空気量 3.0～6.0%としたコンクリートに

表-1 使用材料一覧

使用材料		種別	産地または製造	備考
水		上水道水		上水道水
セメント		普通ポルトランドセメント		密度3.16g/cm ³
混和材		フライアッシュJISⅡ種		密度2.20g/cm ³ 、フロー値比108%
骨材A	細骨材	陸砂	幌延町浜里産	密度2.65g/cm ³ 、実績率68.8%
	粗骨材	砕石2005	札幌市西区平和産	密度2.65g/cm ³ 、実績率60.0%
骨材B	細骨材	陸砂	苫小牧市勇払産	密度2.64g/cm ³ 、実績率69.4%
	粗骨材	陸砂利	苫小牧市勇払産	密度2.60g/cm ³ 、実績率66.2%
		砕石2005	由仁町産	密度2.65g/cm ³ 、実績率57.7%
混和剤		A E減水剤	山栄化学株式会社	ポリカルボン酸系

ついて、中流動覆工コンクリートの加振変形および充填性試験方法 (JHS733) にて試験を行った。

(3) 試験配合および内容

試験を行った配合は表―2に示すとおりである。

細骨材率の影響は、単位水量、単位セメント量および単位フライアッシュ量を一定とし、細骨材率を変化させた配合で行った。

フライアッシュ添加量の影響は、単位水量、単位セメント量および細骨材率を一定とし、フライアッシュ添加量を変化させた配合で行った。

表-2 試験配合一覧

	W/C	水割合材比率 W/(C+FA) (%)	S/a	W	C	混和材	A _E				備考
							kg/m ³				
							S	G1	G2	A _d	
A-S/a1	57	44.0	47.0	154	270	80	845	954	-	2.80	細骨材率の影響 【FA:80kg/m ³ 】 【材料A】
A-S/a2			49.2				885	914	-	2.80	
A-S/a3		41.6	49.2			100	874	901	-	3.54	細骨材率の影響 【FA:100kg/m ³ 】 【材料A】
A-S/a4			50.0				888	888	-	4.06	
B-S/a1	64.8	50.0	49.0	175	270	80	866	313	577	4.38	細骨材率の影響 【FA:80kg/m ³ 】 【材料B】
B-S/a2			51.0				900	301	554	4.38	
B-S/a3		53.0	100			935	289	532	4.38	フライアッシュ 添加量の影響 【材料B】	
A-FA1						44.0	80	885	914		-
A-FA2	57	41.6	49.2	154	270	100	874	901	-	3.54	フライアッシュ 添加量の影響 【材料A】
A-FA3							39.5	120	861	888	
B-FA1	64.8	50.0	51.0	175	270	80	900	301	554	4.38	フライアッシュ 添加量の影響 【材料B】
B-FA2							47.3	100	890	296	

4. 試験結果及び考察

(1) 細骨材率が与える影響

細骨材率が与える影響について試験した結果を図-1に示す。

試験を行った結果、A、B材料で加振変形量が異なる結果となった。A材料では、細骨材率に伴い加振変形量が変化することが確認され、フライアッシュ添加量 80 kg/m³および 100 kg/m³条件とも細骨材率 49%付近で加振変形量が最も小さくなる結果となった。一方、B材料では、細骨材率の変化に伴う加振変形量の変化は確認されず、加振変形量 12.2～12.6cmとほぼ同じ変形量を示す結果となった。

(2) フライアッシュ添加量が与える影響

フライアッシュ添加量が与える影響について試験した結果を図-2に示す。

試験を行った結果、A、B材料で加振変形量が異なる結果となった。A材料では、フライアッシュ添加量に伴い加振

変形量が変化する結果となり、フライアッシュ量 100kg/m³で変形量が最も小さくなる結果となった。B材料でもフライアッシュ添加量を増加したのに伴い変形量が小さくなる結果となった。

(3) 振動エネルギーの最適値の相違

A 材料および B 材料で加振変形量が異なること、また細骨材率およびフライアッシュ添加量により加振変形量が変化したのは、使用材料や配合により骨材粒子間隔やセメントペーストの液状化状態が変化したのに伴い、振動エネルギーの最適値が変化したためと考えられる。

既往の研究²⁾³⁾によれば、コンクリートの締め固め性は、骨材粒子間隔やセメントペーストの液状化の影響を受けることが報告されている。本検討のAおよびB材料は、同一スランプフローを得るための単位セメントペースト量が異なっており、このことが骨材粒子間隔に影響を及ぼしたことから加振変形量に違いが表れたものと考えられる。また、細骨材率の影響が見られたA材料は、細骨材率の変化に伴う骨材間隔比の変化が、骨材粒子間隔に影響を及ぼしたため加振変形量に変化したものと考えられる。

フライアッシュ添加量の影響試験では、添加量の増加に伴い骨材体積が減少したことおよび水結合材比が小さくなりセメントペーストの液状化に影響を及ぼしたことから、加振変形量に違いが現れたものと考えられる。

これらのことから、最適振動エネルギーを同一とするためには、使用材料・配合の影響を考慮し、適切なセメントペースト量や細骨材率を選定するとともに、水結合材比も考慮し配合設計を行う必要があると考えられる。

5. 中流動覆工コンクリートの配合設計手法

中流動覆工コンクリートは、スランプフローとU型充填高さのほか、同一振動エネルギー内での締め固め性が要求される。

一般に同一スランプフロー・U型充填高さを得るための配合は使用する材料によって異なり、この使用材料による配合の違いは、振動エネルギーの最適値に影響を及ぼす。このため、スランプフロー・U型充填高さを満足するような配合設計だけでは、最適振動エネルギーが同一になるとは限らない。

図-3 は、これらの関係を概念的に示したものである。

中流動覆工コンクリートの配合設計にあたっては、最適振動エネルギーも考慮する必要がある、スランプフローだけでなく加振変形量も考慮したセメントペースト量の選定、U型充填高さを満足するだけでなく加振変形量も考慮した細骨材率を選定するとともに、水結合材比についても考慮し配合設計を行う必要があると考えられる。

6. まとめ

本検討で得られた結果は次のとおりである。

(1) 加振変形量は、使用材料で異なり、細骨材率やフライアッシュ添加量によっても変化する結果となった。これらは、使用材料や配合により骨材粒子間隔やセメントペーストの液状化状態が変化したことから、振動エネルギーの最適値が変化したためと考えられる。

(2) 中流動覆工コンクリートは、スランプフローとU型充填高さのほか、同一振動エネルギー内での締め固め性が要求される。配合設計にあたっては、最適振動エネルギーも考慮する必要がある、スランプフローだけでなく加振変

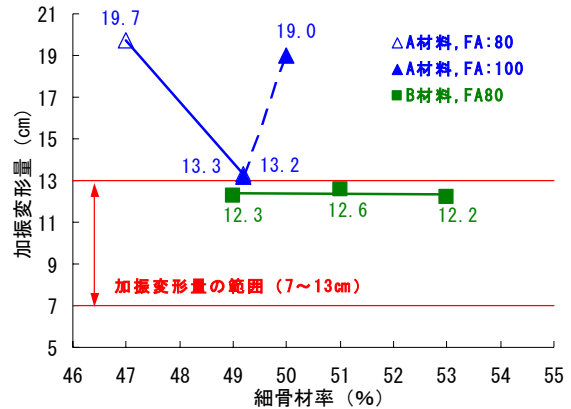


図-1 加振変形量に与える細骨材率の影響

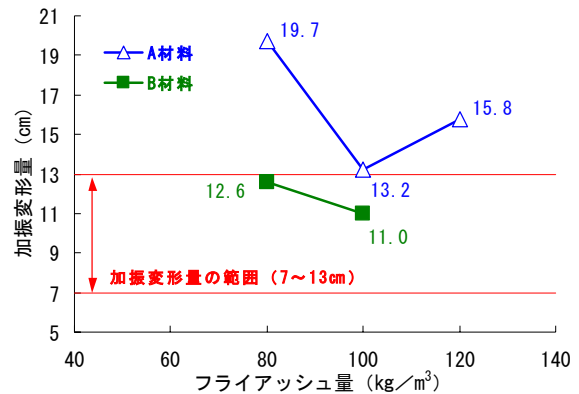


図-2 加振変形量に与える
フライアッシュ添加量の影響

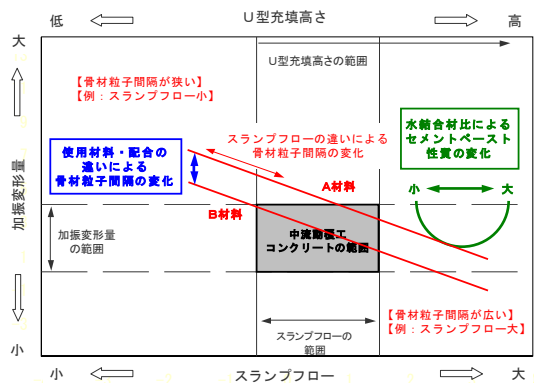


図-3 中流動覆工コンクリートの性能に
与える使用材料・配合の影響

形も考慮した単位セメントペースト量の選定、U型充填高さを満足するだけでなく加振変形量も考慮した細骨材率を選定するとともに、水結合材比についても考慮し配合設計を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 東日本高速道路(株): トンネル施工管理要領(中流動覆工コンクリート編) 平成20年8月
- 2) 国府勝郎, 上野敦: 締め固め仕事量に基づく超固練りコンクリートの配合設計, 土木学会論文集, No.532, V-30, 109-118, 1996.2
- 3) 岩崎訓明: 振動によるフレッシュコンクリートの液状化と内部振動機的作用領域に関する考察, 土木学会論文集, 第426号, V-14, 1991年2月