

中流動覆工コンクリートの性能に及ぼす配合の影響

Influences of the concrete combination to give on performance of the middle flowing concrete

東日本高速道路㈱北海道支社
東日本高速道路㈱北海道支社
㈱ネクスコ・エンジニアリング北海道

正 員 水野津与志(Tuyoshi Mizuno)
川島 正人(Masato kawashima)
○正 員 中村 泰誠(Yasunobu Nakamura)

1. はじめに

近年、トンネル覆工コンクリートに関わる問題として、コールドジョイント部の剥落事故やトンネル覆工天端部の充填不足など、覆工コンクリート施工に起因する問題が顕在化している。
一般にトンネル覆工コンクリートのアーチ部施工は、吹上げ方式によりコンクリートを流動させながら充填させる。この場合、充填性の良否は、コンクリートの施工性能によって左右され、覆工コンクリート配合には、確実な充填・一体化できる性能が求められる。

このことを受け、NEXCO 関係各社では、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が開発され、現在、その性能が基準化されている。
NEXCO 東日本北海道支社においても、この中流動覆工コンクリートの試験的な採用を検討しており、石粉よりも安価で循環型社会への貢献が可能な、フライアッシュを用いた中流動覆工コンクリートを採用することとした。
しかしながら、現行の性能基準は、JIS IV種のフライアッシュを用い総粉体量 350 kg/m³といった、限られた条件で検討されたものであり、配合や使用材料が異なる場合の影響は、不明確な部分も多い。
既往の研究によれば、コンクリートの流動・充填特性は、使用骨材やフライアッシュ品質の影響を受けることが報告されており、北海道内では使用骨材が多岐に渡っていることや、流通するフライアッシュが JISⅡ種であることを考慮すると、これらの影響を考慮した配合とする必要がある。

本検討は、北海道支社管内で中流動覆工コンクリートを採用するにあたり、その性能に与える配合の影響について検証したものである。

2. 中流動覆工コンクリート

(1) 中流動覆工コンクリートの概念

中流動覆工コンクリートの概念を図-1 に示す。中流動コンクリートは、従来のスランプ 18 cm (スランプフロー35 cm程度) の普通コンクリートと、自己充填性能を持つスランプフロー50 cm以上の高流動コンクリートの間に位置するコンクリートとし、軽微な振動・締固めにより型枠内に充填することを目的としたコンクリートである。

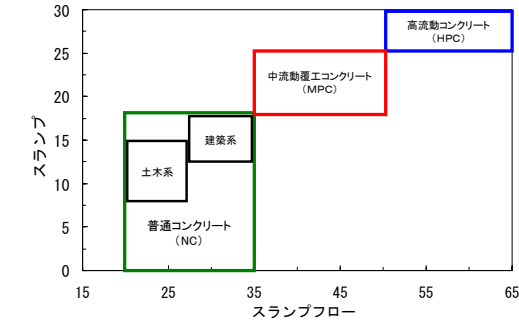


図-1 中流動覆工コンクリートの概念

(2) NEXCO東日本における性能基準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には、振動時の流動・充填性能が必要とされることから、従来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、振動時の流動・充填性能として加振後の変形量を規定し、その性能を統一している。

- 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

使用材料は下記に示すとおりである。

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	住友大阪セメント㈱	-
混和材	フライアッシュJISⅡ種	北海道電力㈱苫小牧発電所	-
細骨材	陸砂	幌延町浜里産	密度2.65g/cm ³ 、実積率68.8%
粗骨材	砕石2005	札幌市西区平和産	密度2.65g/cm ³ 、実積率60.0%
混和剤	AE減水剤	山宗化学㈱	ポリカルボン酸系
繊維	PP繊維	萩原工業㈱	

(2) 試験条件

試験条件は、スランプフロー40±5 cm、空気量 4.5±1.5%とした条件で、単位セメント量、フライアッシュ量を同一とし、粗骨材容積を 0.35, 0.36m³/m³とした配合および粗骨材容積、セメント量を同一とし、フライアッ

シュ混入量を 60, 80, 120 kg/m³に変化させた配合で行った。また、繊維混入配合についても試験を行った。

(3) 試験配合

試験を行った配合は表-2 に示すとおりである。

表-2 試験配合一覧

番号	W/C (%)	W/P (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)							G容積	配合条件		備考
				W	C	FA	S	G	PF			SLFL (cm)	Air (%)	
MPG-1			47.0				845	954	-		0.36			粗骨材容積の影響
MPG-2			49.2	154	270	80	885	914	-		0.35			
MPF-1	57.0		49.8				60	909				40±5	4.5±1.5	フライアッシュ混入量の影響
MPF-2			49.2	154	270	80	885	914	-		0.35			
MPF-3			47.8				120	835						繊維混入の影響
MPF (PF)	61.1	47.1	49.7	165	270	80	835	890	2.72	0.34				

4. 試験結果及び考察

(1) 自己充填性能に与える影響

自己充填性能に与える影響を検討した結果を図-2 に示す。検討を行った結果、U型充填高さは粗骨材容積の影響を受け、フライアッシュの混入量や繊維の混入に関わらず、単位粗骨材容積が少ない配合ほどU型充填高さが高くなる結果となった。これは、骨材相互の摩擦抵抗の影響と考えられ、粗骨材容積が少ない配合では、摩擦抵抗が弱くなることから、充填性能が向上したと考えられる。これらのことから、中流動覆工コンクリートの自己充填性を考慮する場合、粗骨材容積について考慮する必要があると考えられる。

(2) 振動時の流動・充填性に与える影響

振動時の流動・充填性能に及ぼす影響のうち、粗骨材容積の影響を図-3 に、フライアッシュ混入量を変化させた場合の影響を図-4 に示す。セメント量およびフライアッシュ混入量を同一とし、粗骨材容積（細骨材率）を変化させた場合、振動後の変形量は粗骨材容積 0.35 付近で最も小さくなる傾向を示し、変形量が最小となる範囲が存在する結果を示した。また、この傾向は、単位水量と粗骨材容積を同一とし、フライアッシュ混入量により細骨材率が変化した場合においても同様の傾向が見られた。これは、細・粗骨材混合比率の変化に伴う初期充填状態の影響と考えられ、変形量が小さい部分では、間隙が少なくなる骨材混合比率（密詰め状態）になっていることから変形抵抗性が高く、試験時の振動エネルギーでは液状化を起こしにくくなったこと、変形量が大きい部分は、間隙が多くなる混合比率（緩詰め状態）となっていることから変形抵抗性が低く、振動時に液状化を起こしたものと推測される。これらのことから、中流動覆工コンクリートの振動時の流動・充填性を考慮する場合、細骨材率の影響についても考慮する必要があると考えられる。

5. まとめ

本検討で得られた結果は次のとおりである。

(1) 自己充填性能に与える影響

U型充填高さは粗骨材容積の影響を受け、粗骨材容積が少ない配合ほどU型充填性能が向上する結果となった。中流動覆工コンクリートの自己充填性を考慮する場合、適切な粗骨材容積を用いる必要があると考えられる。

(2) 振動時の流動・充填性に与える影響

粗骨材容積（細骨材率）を変化させた場合、振動後の

変形量が最も小さくなる範囲が存在する結果となり、粗骨材容積を同一とし、フライアッシュ量により細骨材率が変化した場合においても同様の傾向が見られた。中流動覆工コンクリートの振動時の流動・充填性を考慮する場合、細骨材率の影響についても考慮する必要があると考えられる。

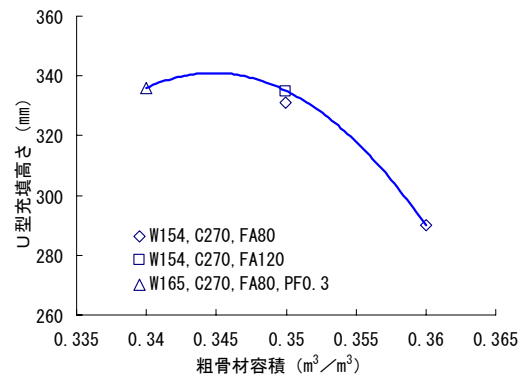


図-2 自己充填性能に与える粗骨材容積の影響

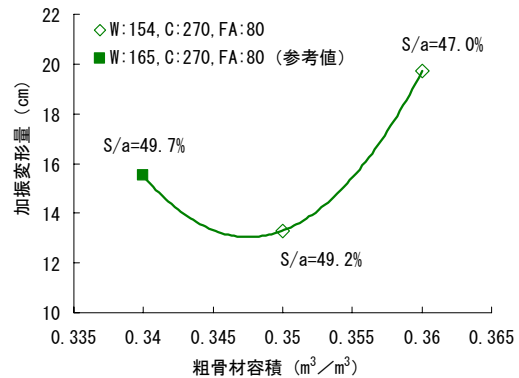


図-3 振動時の流動・充填性に与える影響 (粗骨材容積を変化させた場合)

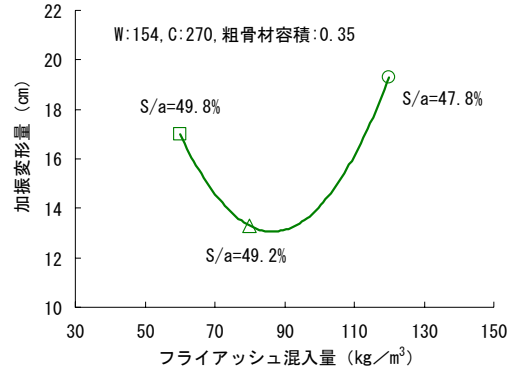


図-4 振動時の流動・充填性に与える影響 (フライアッシュ混入量を変化させた場合)

《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) 馬場弘二ら：中流動覆工コンクリートの開発検討 土木学会 第 60 回年次学術講演会 平成 17 年 9 月
- 3) 坂本淳ら：高流動コンクリートの自己充填性に及ぼす粉体量・粗骨材量の影響 コンクリート工学年次論文報告集 vol.20 No.2 1998
- 4) 梁俊ら：粗骨材の実績率がフレッシュコンクリートの締固め性に与える影響 コンクリート工学論文集 第 16 巻 3 号 2005 年 9 月