

吹付けコンクリート配合の改良が PM4.0 およびはね返り率に及ぼす影響

ポゾリスソリューションズ 混和剤営業本部 正会員 ○佐藤 圭 高森 秀
大成建設 九州支店 正会員 福島 淳平 楠畑 菜津子
大成建設 社会基盤技術研究部 正会員 臼井 達哉

1. はじめに

令和3年4月に適用される、厚生労働省「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」¹⁾（以降、新ガイドラインと記載）にて、トンネル工事における粉じん障害への対策をより推進することを目的とし、粉じん濃度の目標値、測定方法が改正される。新ガイドラインでは、粒径が 4.0 μm以下であるレスピラブル(吸引性)粉じん（以降 PM4.0 と記載）を対象としており、未だ吹付けコンクリートとの関係性を評価した研究はほとんどない。そこで、大分 212 号跡田トンネル（東工区）新設工事の湿式吹付け工法において、新ガイドラインに基づき PM4.0 の粉じん濃度およびはね返り率の測定を行った。また、結合材量の変化や、高性能減水剤、粉じん低減剤等の混和剤を使用し、ベースコンクリート配合を改良することによる、粉じんおよびはね返り率の低減効果の検証を行った。

2. 試験概要

2.1 材料およびコンクリート配合

本試験に用いた配合を表-1 に、吹付けコンクリート用混和剤を表-2 に示す。

表-1 吹付けコンクリートにおけるベースコンクリートの配合

配合強度 区分	配合記号	スランブ (cm)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					高性能減水剤 (B×%)		粉じん低減剤 (B×%)
					W	C	FA	S*	G	SPN	SPDR	Ds
一般強度 18N/mm ²	N	10 ± 2	56.0	59.0	202	288	123	960	713	-	-	-
	N+SPN	21 ± 2	56.0	59.0	202	288	123	960	713	0.6	-	-
	N+SPDR	21 ± 2	56.0	59.0	202	288	123	960	713	-	0.6	-
	N+SPN+Ds	21 ± 2	56.0	59.0	202	288	123	960	713	0.6	-	0.1
高強度 36N/mm ²	H	21 ± 2	45.0	60.0	203	360	90	965	680	0.6	-	-
	H+SPDR	21 ± 2	45.0	60.0	203	360	90	965	680	-	0.6	-

※一般強度配合において、単位細骨材量の 5% をフライアッシュ置換

ベースコンクリートの改良方法として、一般強度配合においては、粉じんが最も多く発生すると予測されたプレーン配合に、従来の高性能減水剤 (SPN) および粉じん低減型高性能減水剤 (SPDR) をそれぞれ使用した配合、また、SPDR と粉じん低減剤の粉じん低減効果の比較を行うため、N+SPN の配合に粉じん低減剤 (Ds) を加えた配合の計 4 ケースとした。

高強度配合においては通常の SPN 使用の配合と、減水剤を SPDR に入れ替えた配合、計 2 ケースにて測定を行った。なお、急結剤は粉体急結剤を用いた。

2.2 PM4.0 粉じんおよびはね返り率の測定方法

PM4.0 の粉じん濃度は新ガイドラインに基づき、デジタル粉じん計「柴田科学（株）社製 LD-5R（PM4.0 サイクロン搭載）」を用い、切羽から 10m、30m および 50m 地点の両側壁面、地上から約 1.0m 地点での計 6 ヶ所にて同時測定した。測定期間は支保工建込を除き、一次および二次吹付けにおいて、トラックアジテータ車の入替え時を含む、吹付け機のコンクリートポンプが稼働している間とした。なお、はね返り率は一般強度配合での吹付けにて、

キーワード 粉じん濃度、PM4.0、 はね返り率、吹付けコンクリート、粉じん低減
連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 TEL:0467-84-9640

JSCE-F-563：吹付けコンクリート（モルタル）のはね返り率試験方法（パネル型枠）に基づき測定した。

本試験を実施したトンネルの断面積は 108m² であり，集塵機は切羽から 60-80m の間にて設定値 2500m³/min，送風機の風管位置は切羽から 40-60m の間にて設定値 2200m³/min で稼働し，各配合同一条件で測定を行った。

3. 試験結果

3. 1 ベースコンクリートの配合の改良による粉じん低減効果

各配合での吹付けコンクリート施工時における PM4.0 の平均粉じん濃度を図-1 に示す。一般強度配合を用いた吹付けにおいて，N，N+SPN，N+SPDR，N+SPN+Ds の順で PM4.0 の粉じん濃度が低減された。これは混和剤を使用する事によるスランプの増加よりも，ペースト部の粘性の向上によりコンクリート圧送性の改善，コンクリート吐出時の散乱，噴発が改善されたことが要因として考えられる。高強度配合でも SPN を SPDR に入れ替える事により PM4.0 の粉じん濃度がさらに低減し，本試験にて最も少ない 1.38mg/m³ となった。また，一般強度配合よりも高強度配合の方が粉じん濃度が低いことがわかる。粉体量が多い配合の方が粉じんが発生しやすいようにも考えられるが，ペースト量増加および減水剤の併用による適度な粘性の向上および圧送性改良による効果が大きく，その結果粉じん濃度が低下することが明らかになった。各配合の材齢 28 日の圧縮強度を表-3 に示す。一般強度および高強度配合において，減水剤の使用は吹付けコンクリートの圧縮強度に影響しない事が確認された。

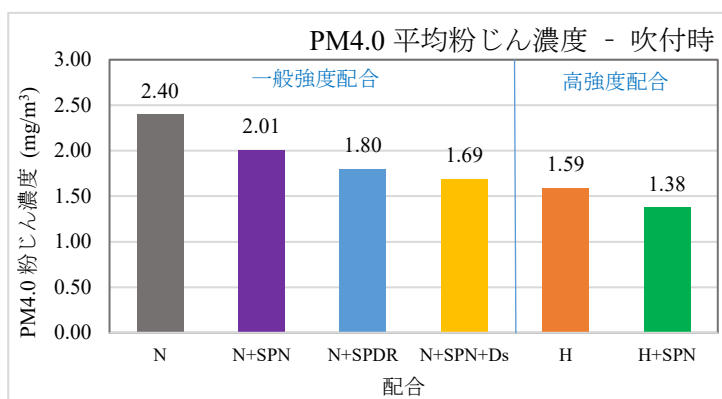


図-1 吹付けコンクリート施工時の粉じん濃度

表-3 各配合の圧縮強度および強度低下率

配合	材齢 28 日圧縮強度 (N/mm ²)		強度比率 (%)
	ベースコン	吹付けコン	
N	41.6	25.0	60.1
N+SPN	-	29.9	-
N+SPDR	38.0	33.9	89.2
H	50.4	38.2	75.8
H+SPDR	49.5	39.6	80.0

3. 2 PM4.0 の粉じん濃度とはね返り率の関係

各配合での吹付けコンクリート施工時における PM4.0 の粉じん濃度とはね返り率の関係を図-2 に示す。PM4.0 の粉じん濃度とはね返り率は高い相関関係があることがわかる。PM4.0 の粉じん濃度が低いコンクリートほどはね返り率が低いことから，吹付け時に付着せず，落下するコンクリートも PM4.0 粉じんの発生源となっている可能性がある。本試験において，ベースコンクリートの粘性が高い吹付けコンクリートほど粉じん濃度が低減し生産性を向上することができ，さらに，経済性に優れた吹付け施工を期待できることが示された。

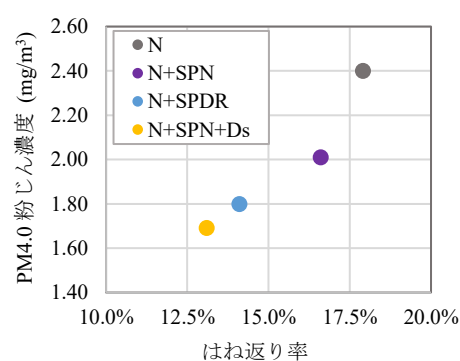


図-2 粉じん濃度とはね返り率の関係性

4. まとめ

新ガイドラインにて新たに改正された測定方法に基づき，吹付けコンクリート施工時の PM4.0 の濃度を測定した結果，コンクリートの結合材量を増加，あるいは，減水剤などを用い圧送性を改善し，同時にペースト部の粘性を向上させるほど，PM4.0 の粉じん濃度の低減効果が大きいことが確認された。また，減水剤は，吹付けコンクリートの圧縮強度に影響を及ぼさないこと，さらに，はね返り率と吹付け時に発生する PM4.0 の粉じん濃度は高い線形関係であることが示された。以上より，吹付けにおける，生産性向上および粉じん対策として，ベースコンクリートの配合の改良が効果的であると考えられる。最後に，本試験においてご協力いただいた工事関係者の方々に，心よりお礼申し上げます。

参考文献 1) 厚生労働省「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」，2020.7