

ノズル先端からのたれ、吹付け面の急結不良および吹付け面のまくられ、はね返り、たれ等の付着不良は発生せず、従来の吹付け設備と方法により、従来と同等の吹付け施工が可能であることを確認した。

図-13 に、吹き付けたコンクリート量と急結剤量の合計に対するはね返った材料の質量率（以後、はね返り率）、図-14 に、吹付け位置から 5m 地点のデジタル粉じん計による粉じん濃度を示す。図-13 より、耐酸性 2 配合のはね返り率は、従来低減配合に対して、0.75～0.81 倍と小さな値を示しており、耐酸性セメントを使用することで、トンネル施工における吹付け材料のロスを低減できる。図-14 より、吹付け中の粉じん濃度は、従来低減配合、耐酸性配合、耐酸性低減配合の順に小さくなっており、耐酸性セメントを使用することで、トンネル施工における坑内環境を改善できる。これらは、耐酸性セメントに使用しているシリカフュームが、セメントの比表面積に比べて 50～60 倍の粒径の超微粒子であるため、フレッシュ時のコンクリートの粘性を高めたことに起因すると考えられる。

5. まとめ

耐酸性に優れたロックボルト定着材および吹付けコンクリートの開発を目的に、耐酸性セメントを用いた基本物性試験および試験施工を実施し、以下の結果を得た。

- i. 地山の早期支保を目的とした材齢 1 日圧縮強度で 10N/mm² 以上の初期強度発現性、5%硫酸水溶液の質量変化率で従来品の 1/10 程度の優れた耐酸性を有する耐酸性ロックボルト定着材が得られた
- ii. 耐酸性ロックボルト定着材の山岳トンネル工事試験施工により、定着材のたれ落ちやロックボルトの抜け出しのない、従来と同様の施工性およびロックボルト引抜き耐力を満足する定着性能を確認した
- iii. 地山の早期支保を目的とした材齢 1 日引抜き強度で 5N/mm² 以上の初期強度発現性、5%硫酸水溶液の質量変化率で従来配合の 1/4 程度の優れた耐酸性を有する耐酸性吹付けコンクリートが得られた
- iv. 耐酸性吹付けコンクリートの模擬トンネル試験施工により、混合、急結および付着不良のない従来と同等の施工性を確認し、粉体急結剤を使用した場合ははね返り率の減少による材料ロスの低減および粉じん濃度の減少による坑内環境の改善が可能である

6. あとがき

強酸性湧水による腐食環境下における山岳トンネルのセメント系支保材料として使用するために、初期強度発

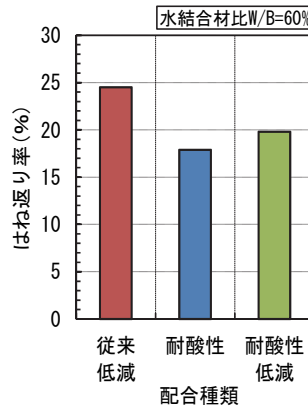


図-13 はね返り率

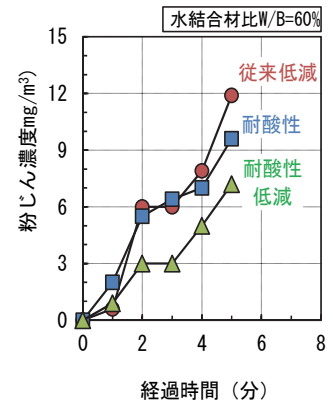


図-14 粉じん濃度

現性を保持し、優れた耐酸性と施工性を有するロックボルト定着材および吹付けコンクリートを開発した。これにより、酸性湧水に対して、これまで対策されていなかった地山側のセメント系支保材料の耐酸性を向上させたことで、支保機能の確保が期待できる。今後は、酸性湧水の腐食を受けるトンネルの超寿命化の一助となるように、本材料の普及展開に努め、施工実績を増やしたい。なお、耐酸性ロックボルト定着材については、米倉亜州夫 広島大学名誉教授、(株)ケー・エフ・シーと、耐酸性吹付けコンクリートについては、米倉亜州夫 広島大学名誉教授、デンカ(株)と共同開発した。

【参考文献】

- 1) 伊藤光宏、上野博務、谷川 学、「酸性水の湧出するトンネルの長期耐久性に配慮した設計・施工」、トンネルと地下、Vol.51、No.12、pp.19-30、2020.12
- 2) 米倉亜州夫、「下水道用耐硫酸性コンクリートの開発」、電力土木、No.329、pp.3-8、2007.5
- 3) 若杉 哲、米倉亜州夫、伊藤秀敏、沼田晋一、「高炉フュームによる耐硫酸性モルタルの開発研究」、Cement Science and Concrete Technology、No.57、pp.91-96、2003
- 4) 米倉亜州夫、伊藤秀敏、山本修照、「耐酸性セメント組成物及びそれを配合した耐酸性モルタル又はコンクリート」、特許第 5924612 号、2016.4.28
- 5) 米倉亜州夫、廣中哲也、倉田桂政、松尾 勉、田中祐介、「耐酸性セメントを用いたロックボルト定着材の基本物性および試験施工」、土木学会第 74 回年次学術講演会、VI-924、2019.9
- 6) 東日本・中日本・西日本高速道路、「トンネル施工管理要領」、高速道路総合技術研究所、2020.7
- 7) 日本下水道事業団、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」、下水道事業支援センター、2017.12
- 8) 土木学会、「2018年制定コンクリート標準示方書〔標準編〕土木学会規準および関連規準」、2018.10