

高強度吹付けコンクリートの耐久性評価

(株)大林組 技術研究所 正会員 ○三浦 律彦
 (株)大林組 技術研究所 正会員 石関 嘉一
 (株)大林組 技術研究所 フェロー 竹田 宣典

1. はじめに

一般に、トンネル工事に用いる吹付けコンクリートは掘削面の仮設支保材の一部として用いられ、その内面に二次覆工コンクリートが施工されるのが一般的であるため、吹付けコンクリート自体の耐久性が問題とされることはなかった。近年、新たな覆工構造としてシングルシェル構造などの新しい概念が提案されており、岩盤状況によっては一次覆工（吹付けコンクリート）のみで、二次覆工を省略し簡略化したトンネル構造も検討されると思われる。この場合には、吹付けコンクリートにも耐久性が求められることが予想される。また、第二東名の断面トンネルでは、従来の2倍程度の設計基準強度（36N/mm²）を有する高強度吹付けコンクリートが用いられるようになってきたが、これまでに吹付けコンクリートの耐久性について検討された事例は少ない¹⁾。そこで、実強度50～60N/mm²程度の高強度吹付けコンクリートを対象に吹付け実験を行い、耐凍結融解性、耐摩耗性、水密性、遮塩性、中性化抵抗性に関する性能評価を行うとともに、耐久性向上の手法についても検討を加える。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合

高強度吹付けコンクリートの配合は、第二東名仕様の実強度50N/mm²程度の「A配合」と、さらに高強度を目標とした実強度60N/mm²程度の「B配合」の2種類とした。A配合では普通ポルトランドセメントのみで水セメント比を45%とし、B配合ではフライアッシュを一部併用し、水セメント比を35%とした。細骨材率はA配合で65%、B配合で60%と50%の2種類とした。粗骨材の最大寸法は15mm、減水剤にはポリカルボン酸エーテル系の高性能減水剤を使用した。なお、B配合で変性ロジン酸化合物系の空気調整剤を用いた。

2.2 吹付け実験の概要

吹付け実験は、図-1に示すシステムで粉体急結材量をC×7%程度となるように制御しながら、縦50cm×横50cm×厚さ25cmの木製型枠に箱吹きして(写真-1)、強度及び耐久性試験体をコア抜きや切出しで採取し、整形した。

2.3 試験方法と供試体

凍結融解試験はJIS A 1148に準拠し最長600サイクルまで実施した。磨耗試験は電中研法¹⁾に準拠し、

縦14.2×横28.6×厚さ6.0cmの平板と鉄片φ20×48mmを25個試験機にセットし、回転速度60rpm、水量20L/分の条件で、6時間までの表面すり減り減量を2時間毎に計測した。透水試験は5MPa48時間のインプット法で行い、供試体は塩水浸漬試験（塩分濃度10%、温度20℃）と同じくφ15×15cmとした。促進中性化試験（CO₂濃度5%、温度30℃、湿度50%）はφ10×10cmのコア供試体を使用し、深さの計測はJIS法で行った。

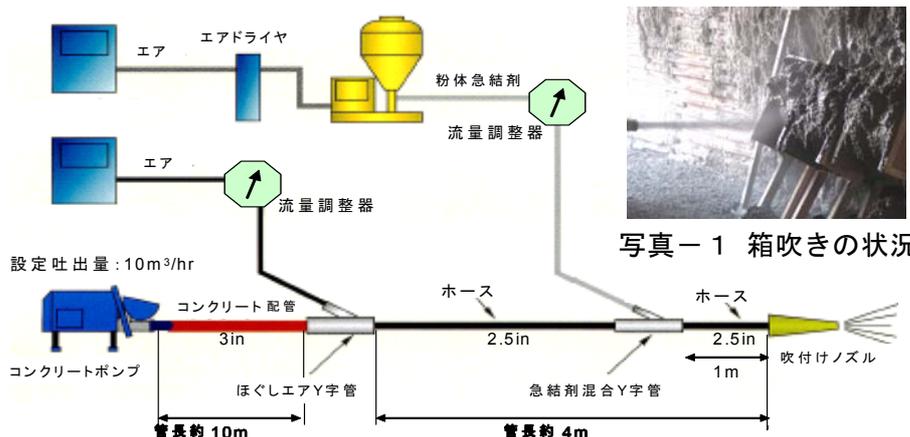


図-1 吹付けシステムの概要

キーワード 高強度吹付けコンクリート、耐凍結融解性、耐摩耗性、水密性、遮塩性、中性化

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 生産技術研究部 TEL 042-495-1012

3. 実験結果と考察

3. 1 耐凍結融解抵抗性

相対動弾性係数の変化を図-2に示す。吹付け前のコンクリートの空気量が3.8%のA配合では、240サイクルで60%まで低下した。一方、吹付け前の空気量で6~8%まで増大させたB配合では、300サイクルで75~96%であり、凍結融解抵抗性は高いと考えられる。今回の吹付けにより、吹付け前のコンクリートの2/3以下まで空気量が低下することが確認されており、吹付け後に所要の空気量を確保するには、通常より少し高め（6~8%程度）で製造することが必要と判断される。

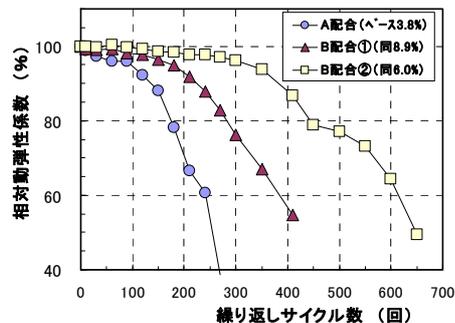


図-2 吹付け後の凍結融解試験結果

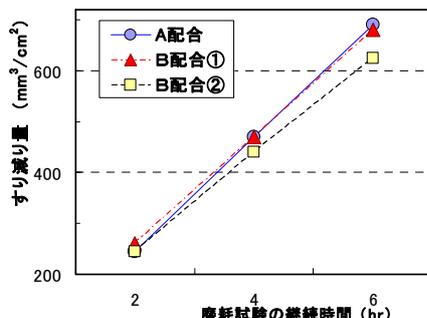


図-3 吹付け後の磨耗試験結果

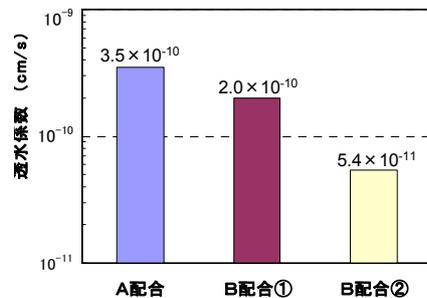


図-4 吹付けコアの透水試験結果

3. 2 耐磨耗性

磨耗試験の結果を図-3に示す。B配合①のすり減り量はA配合と大差ないが、細骨材率が小さいB度配合②のすり減り量は6時間でA配合より約8%低減した。B配合②の細骨材率はA配合より15%小さく、単位粗骨材容積も 570 l/m^3 増加し、耐磨耗性が向上したと考えられる。

吹付けコンクリートの細骨材率は一般に60~65%程度と大きく設定するが、高粉体の高強度配合では50%程度まで低減でき、粗骨材量を多めに設計することで耐磨耗性を向上することが可能である。

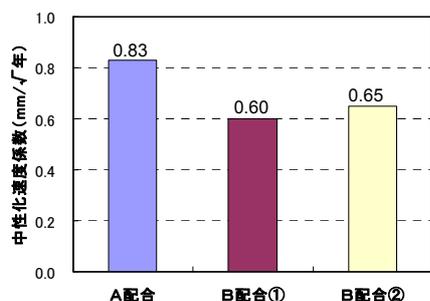


図-5 吹付けコアの中性化試験結果

3. 3 水密性

コア試験体の吹付け方向の透水係数を図-4に示す。吹付け面側から水压を加え、インプット法の浸透深さから算定した透水係数を示した。A配合 ($3.5 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$) に比べて、B配合①は $2.0 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$ 、B配合②は $5.4 \times 10^{-11} \text{ cm/s}$ と小さくなった。吹付けコンクリートでも水セメント比の低減で十分な水密性向上が期待できることが確認された。

3. 4 中性化

コア試験体の促進中性化13週間後の中性化深さの平均値を図-5に示す。中性化速度係数は、A配合 (w/c=45%) では $0.83 \text{ mm}/\sqrt{\text{年}}$ であるが、水セメント比35%のB配合①は $0.60 \text{ mm}/\sqrt{\text{年}}$ 、B配合②は $0.65 \text{ mm}/\sqrt{\text{年}}$ となり、フライアッシュを混和した高強度吹付けコンクリートにおいても、中性化の進行速度は極めて遅いことが確認された。

3. 5 遮塩性

端面のみ開放し、側面は樹脂でシールしたコア試験体を塩水に6ヶ月間浸漬し、端面部の塩分浸透深さの計測を行った。その結果を表-1に示す。塩分浸透深さは、A配合に比べてB配合で約半分以下に低減することから、吹付けコンクリートでもW/Cの低減により遮塩性の大幅向上ができる可能性が確認できた。

表-1 吹付けコアの塩分浸透試験

配合	A配合	B配合①	B配合②
塩分浸透深さ (mm)	18.0	9.7	8.2

4. まとめ

高強度吹付けコンクリートの耐久性について実験的に検討し、安定した吹付け施工が行える条件下では、場所打ちと同様に、水セメント比を低減することで吹付け後のコンクリートの耐久性をさらに向上できることが確認された。二次覆工省略のトンネル構造などへの高強度吹付けコンクリートの適用拡大が期待される。

参考文献

- 1) 岩附・浅野・小林・木村：吹付けコンクリートの耐久性に関する考察，電力土木 No.183，1983.3