

Ⅲ-B96 高炉スラグ微粉末を使用した高強度吹付けコンクリートに関する研究

大 林 組 正会員 中島雅友 田湯正孝
 大 林 組 長谷川 功
 石川島建材工業 正会員○星 英徳 大須賀 哲夫
 リゾコンエンビニアリング 正会員 門倉 智 岩本 弘

1. はじめに

近年、トンネルの大断面化に伴い吹付けコンクリートの設計基準強度を大きくとり、吹付け厚を薄くして掘削量を減らし、かつ跳ね返り率を減らし施工費用を削減することが考えられている¹⁾。

吹付けコンクリートで高強度を得るには、セメント量を増量するか、もしくは増量したセメントの一部を微粉末混和材と置換し、ベースコンクリート自体の強度を上げる必要がある。そこで筆者らは、高強度を得るために、微粉末混和材として比較的安価な高炉スラグ微粉末に着目し、その強度および吹付け性状についての検討を行った。なお、今回の検討では、吹付けコンクリートの強度目標を材齢 28 日で $40 \pm 5 \text{ N/mm}^2$ と設定した。

2. 材料、配合

表-1 に吹付けコンクリートの材料を、表-2 に基本配合を示す。基本配合はあらかじめ高炉スラグの比表面積、置換率、水セメント比を変化させた試験を行い決定した。その結果、高炉スラグの比表面積について J I S では三種類を規定しているが、高炉スラグ微粉末 6000 を選定した。ベースコンクリートの練混ぜ方法は高品質の得られる S E C 練混ぜとし、細骨材、粗骨材、一次水を加えて 25 秒、セメント、高炉スラグを加えて 60 秒、さらに二次水（減水剤を含む）を加えて 55 秒練混ぜ、全練混ぜ時間は 140 秒とした。スランブについては、施工時の目標値を $15 \pm 2 \text{ cm}$ とした。

表-1 吹付けコンクリート材料

材料名	種 類
セメント	普通ポルトランドセメント
スラグ	高炉スラグ微粉末 6000（石膏無添加）
細骨材	山砂(比重：2.62, 粗粒率：2.84)
粗骨材	6号碎石（比重 2.64, 粗粒率：6.30）
減水剤	ポリカルボン酸系化合物
急結剤	無機鉱物系化合物

3. 試験方法

吹付けは、ラボの模擬トンネル（内径 4 m）と現場（内径 9 m）にて湿式工法により行った。試験は、まずラボレベルで強度性状と吹付け性状を確認した。この結果が良好であったため、次に現場にて実証試験を行った。なお、長期材齢の試験体は、試験当日まで気乾養生を行ったブロックをコア抜きし、試験体とした。

表-2 ベースコンクリート配合

W/P	s/a	Sg/P	目標 スランブ	水 W	セメント C	スラグ Sg	細骨材 S	粗骨材 G
(%)	(%)	(%)	(cm)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
38	60	20	15 ± 2	171	360	90	1045	702

注 1) 減水剤添加量は水量の内割りとする。 注 2) 一次水率：32.3%（セメント量に対して）

注 3) P：粉体全量（ $= C + Sg$ ）

キーワード：高強度吹付けコンクリート、高炉スラグ

連絡先：〒252-1121 神奈川県綾瀬市小園 720 TEL：0467-77-8554 FAX：0467-77-4314

〒113-0033 東京都文京区本郷 2-2-9 TEL：03-5689-9014 FAX：03-5689-9015

4. 試験結果 ラボでの実験は夏季に行い、現場での実験は冬季に行った。また、ラボ試験体は28℃程度の室内に、現場試験体は5℃程度の現場坑口付近にそれぞれ静置し、気乾養生を行った。

(1) 強度試験結果

図-1 に短期強度試験結果を、図-2 に長期強度試験結果を示す。材齢3時間程度では、ラボ試験体、現場試験体とも3 N/mm²程度強度発現しており、強度の伸びは少ない。しかし、材齢24時間では強度が増進しており、ラボ試験体では、16 N/mm²程度、現場試験体では急結剤添加率により、8~15 N/mm²程度の強度となっている。現場試験体は、材齢3日で20 N/mm²、7日で25 N/mm²、14日で28 N/mm²、28日で36 N/mm²程度とラボ試験体の強度と比較すると低いものの、材齢の経過と共に強度の増進が認められた。図-3 にブロックをコア抜きした後20℃で気乾養生した試験体と強度試験当日まで気乾養生を行った後ブロックをコア抜きした試験体との強度比較を示す。気乾養生という条件下でも、養生温度が20℃程度であれば良好な強度性状を示し、材齢28日の時点では約40 N/mm²であった。また、急結剤の添加率が多いほど、長期的な強度の伸びがなくなっている。なお、現場ベースコンクリートの材齢28日強度は54 N/mm²であり、吹付けコンクリートの強度低下率は約75%となっている。

(2) 吹付け性状

吹付けは、トンネルの上半部分にコンクリート吐出量で16m³/hで行った。吹付け性状は、急結剤添加率4%がだれも少なく良好であった。

跳ね返り率を測定した結果、鋼アーチ支保工と溶接金網があったにもかかわらず、20.5%となった。

5. まとめ

- (1) 高炉スラグ微粉末6000を使用し、水粉体比38%とすることで、材齢28日ではほぼ所定の36~40 N/mm²の高強度が得られた。
- (2) 高炉スラグをSEC練りの吹付けコンクリートに適用することで、跳ね返り率が少なくなり、また実吹付け量が少なくなることから、施工費用が安くなるという経済効果が見込める。

<参考文献> 1) 竹内, 三谷, 中田: 高強度吹付けコンクリートの開発, 土木学会 トンネル工学研究論文・報告集 第7巻, 1997年11月

注) グラフ中()内の数字は急結剤の添加率を示す。

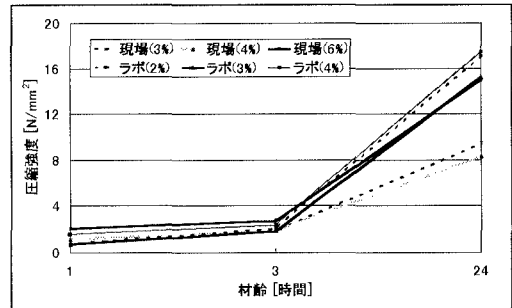


図-1 短期強度試験結果

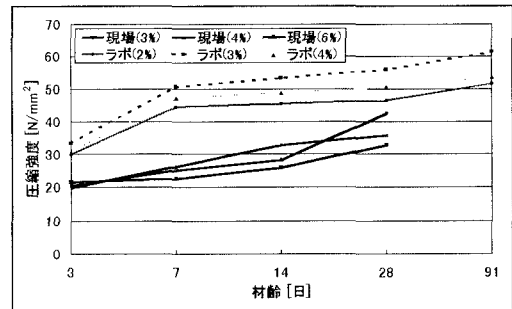


図-2 長期強度試験結果

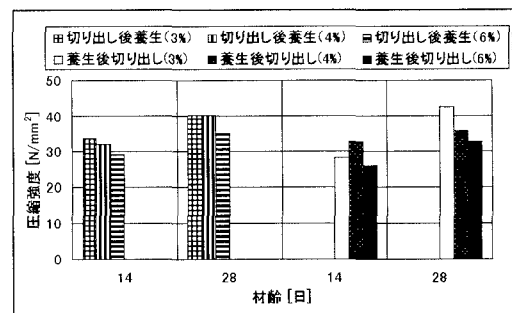


図-3 養生方法の違いによる強度比較