

吹付けコンクリートの圧送性に関する一考察

(株)大林組 土木技術本部 正会員 藤井 剛
 佐藤工業(株) 中央技術研究所 正会員 大野一昭
 (株)エヌエムビー 中央研究所 正会員 清水哲史
 清水建設(株) 北陸支店峰山トンネル作業所 正会員 栗林勇司
 東京大学 生産技術研究所 F 会員 魚本健人

1. はじめに

NATMにおける吹付けコンクリートの品質には、材料の不均質性や配合条件、さらには吹付け圧力、吐出量といった各種の施工条件等、様々な要因が大きく影響を与える。そのため、吹付けコンクリートの実施工において発生する粉じん量やリバウンド、強度等にバラツキが生じ、吹付けコンクリートの品質評価が難しくなっているのが現状である。本報告は、トンネル実施工において吹付け実験を実施し、コンクリートのフレッシュ性状や吹付け条件が吹付けコンクリートの圧送性に及ぼす影響を調べた。

2. 実験概要

今回吹付け実験を実施したトンネル現場は、上信越自動車道五里ヶ峯トンネル西工事（二期線工事）である。トンネル掘削は発破による補助ベンチ付き全断面掘削工法であり、実験区間の支保パターンはCパターンで、吹付け厚は100mmであった。今回の実験で使用した資機材は全て現場で使用していたものである。本実験に用いた吹付けコンクリートの使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。

実験因子は、圧送空気流量の2水準（空気バルブの開放状態と限界までバルブを絞って圧送空気流量を低下させた状態）とし、吹付けコンクリートの圧送性の評価は図-1に示す2ヶ所の管内圧力によって行った。また、吹付け方式は一体型の吹付け機を使用した湿式吹付け方式とし、吹付け機の目標吐出量は $16\text{m}^3/\text{hr}$ とした。なお、急結剤添加率はセメント量の7wt%を目標に設定した。

3. 実験結果

3.1 フレッシュ性状

コンクリートの単位体積当たりの積算電力量とコンクリート出荷時におけるスランプの関係を図-2に示す。なお、積算電力量は材料投入完了からコンクリート排出までの60秒間の練混ぜ時間におけるミキサ消費電力の積分値として各バッチ毎に算出した。

表-1 使用材料

材料名	仕様
セメント	普通ポルトランド, 密度: $3.15\text{g}/\text{cm}^3$
細骨材	長野県松代産陸砂, 密度: $2.59\text{g}/\text{cm}^3$ F.M.=2.76
粗骨材	長野県松代産6号砕石 密度: $2.69\text{g}/\text{cm}^3$, F.M.=6.37
急結剤	粉体, カルシウムアルミネート系 密度: $2.57\text{g}/\text{cm}^3$
高性能減水剤	ポリグリコールエステル誘導体
空気量調整剤	消泡剤, ホリアルキレングリコール誘導体

表-2 コンクリート配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ目標範囲 (cm)	空気量目標範囲 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m^3)				高性能減水剤 C x%	空気量調整剤 C x%
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		
15	17 ± 2.5	2.0 ± 1.0	60.3	60.4	217	360	1007	686	0.5 ~ 1.6	0.02

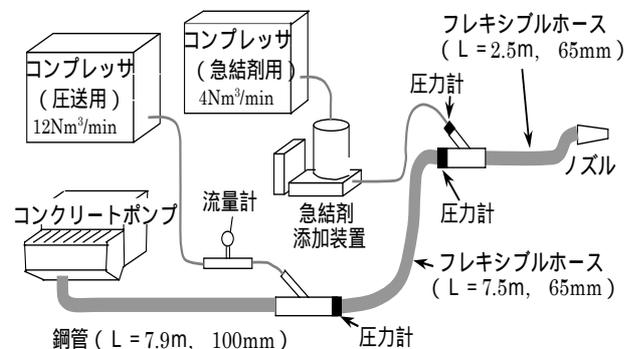


図-1 吹付けシステムの概要

キーワード：吹付けコンクリート、圧送性、圧力変動、空気流量、積算電力量

連絡先：〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 TEL03-5769-1320 / FAX03-5769-1976

積算電力量とスランプの関係には相関性が認められ、スランプが増大するに伴い積算電力量は低下する傾向にあった。

3.2 圧送の安定性

圧送空気流量と管内圧力および圧力変動係数の関係を図 - 3 に示す。圧力変動は指標として各測点における配管内圧力の変動係数を算定した。

管内圧力は、エア挿入位置よりノズル先端に近い急結剤添加位置の方が小さくなっており、コンクリートの圧送距離による圧力損失が認められ、1m 当たりの圧力損失は 0.02 ~ 0.03MPa/m 程度であった。また、圧送空気流量の多少にかかわらず、管内圧力はほぼ一定となっていることから、圧送空気流量の管内圧力への影響は小さいものと考えられる。

一方、圧力変動係数との関係では、エア挿入位置よりノズル先端に近い急結剤添加位置の方が圧力変動係数は大きくなり、これまでの報告¹⁾と同様に、この位置での圧力変動が圧送の安定性に大きく影響していることがわかる。今回の実験でスランプが小さかったことにより脈動が生じ、吹付け時の圧送性が良好でなかった1ケースを除けば、圧送空気流量が多いほど圧力変動は小さい傾向にある。このことから、圧送の安定性を確保するためには、あるレベル以上の圧送空気流量の確保が必要であると判断される。

次に、吹付け開始時のスランプと圧送の安定性に大きく影響を及ぼす急結剤添加位置における管内圧力および圧力変動係数の関係を図 - 4 に示す。圧送の安定性確保に有利となる圧送空気流量開放時に着目すると、スランプが大きくなるほど管内圧力は大きくなる傾向にあり、逆に圧力変動係数は小さくなることが確認された。

4. まとめ

今回の現場実験から、吹付けコンクリートの圧送の安定性に対して、ノズル先端に近い急結剤添加位置における管内圧力変動で評価できること、また、フレッシュ性状であるスランプや施工条件である圧送空気流量が圧力変動に影響を及ぼすことが確認できた。今回の結果が、今後の吹付けコンクリートにおける圧送性の管理に参考となれば幸いである。

現場での吹付け実験を実施するにあたり、ご理解とご協力をいただきました日本道路公団東京建設局 佐久工事事務所ならびに前田建設工業・本間組共同企業体五里ヶ峯トンネル西工事作業所の皆様には厚く御礼申し上げます。なお、本研究は、東京大学生産技術研究所における「高品質吹付けコンクリートの開発」を目的とした共同研究による成果であり、東京大学生産研究所技官 西村次男氏をはじめ、共同研究員、協力会社ならびに実験にご協力いただきました皆様に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1)石関嘉一ほか：吹付けコンクリートの高品質化技術の開発，コンクリート工学，Vol.39，No.10，pp.25 - 33
2001.10

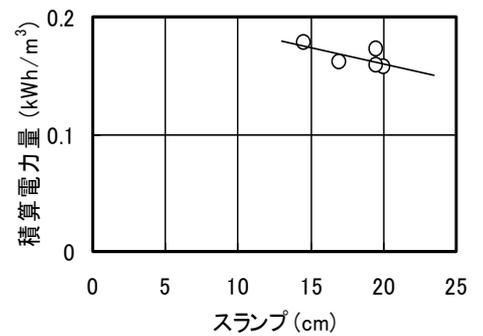


図 - 2 スランプと積算電力

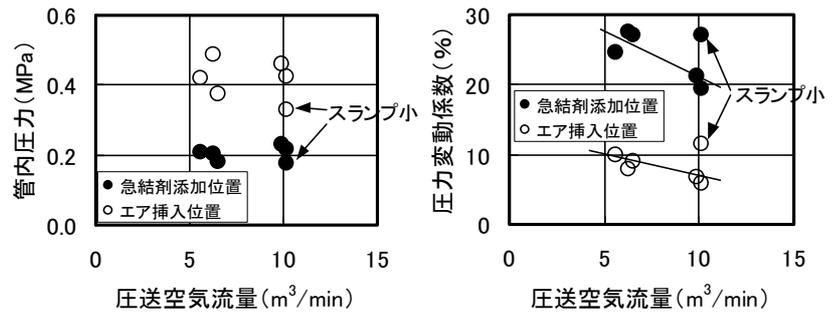


図 - 3 圧送空気流量と管内圧力・圧力変動の関係

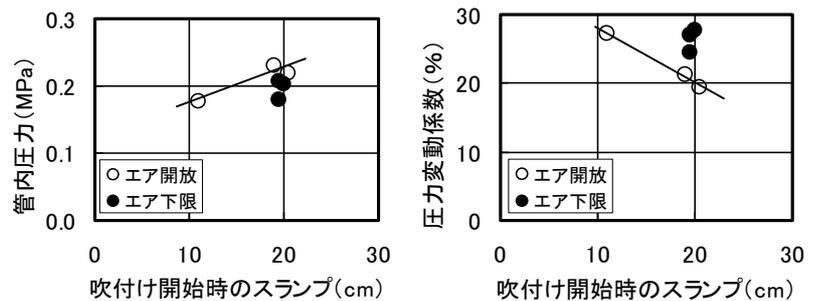


図 - 4 スランプと管内圧力・圧力変動の関係