

吹付けコンクリートの圧送空気性状と施工特性

前田建設工業(株) 技術研究所
 (株)竹中土木 技術本部 技術部
 大成建設(株) 技術センター土木技術研究所
 (株)間組 土木事業総本部 技術設計部
 東京大学 生産技術研究所

正会員 赤坂 雄司
 正会員 安藤 慎一郎
 正会員 坂本 淳
 正会員 杉山 律
 F会員 魚本 健人

1. はじめに

吹付けコンクリートは、山岳トンネルの標準工法である NATM の主要な支保部材であり、30数年前に導入されて以来、機械や材料、施工法などについて開発が重ねられてきた。

筆者らは吹付けコンクリートの高品質化を目指した共同研究を進めており、これまでに、配合条件と吹付け性状や施工性¹⁾、硬化特性、高速度ビデオ撮影による射出状況の把握²⁾、耐久性等について報告している³⁾。本文は、実際のトンネル施工の中で実施した吹付け試験で明確となった、吹付けコンクリート工の配管内圧力特性や、圧送エア流量と圧力の関係、ノズル～壁面距離とリバウンド率等の施工特性に関する報告である。

2. 試験概要

現場吹付け試験を実施したのは、上信越自動車道 五里ヶ峯トンネル西工事(トンネル本坑2,493m)の二期線工事(避難坑の拡幅工事)であり、工事場所は長野県更埴市大字森地内(坂城 I.C. ~更埴 J.T.)であった。

吹付けコンクリート工で使用した資・機材は全て実施工で使用しているものをそのまま用いた。なおトンネルの掘削は発破による補助ベンチ付き全断面掘削工法であった。吹付け試験を実施した C1 パターンの標準断面図を図-1に示す。

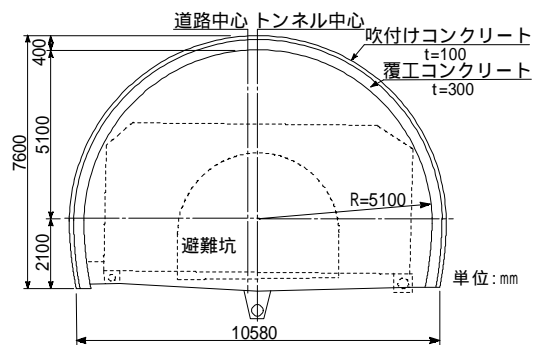


図-1 標準断面図

3. 圧送空気の状態

吹付け試験の結果の内、施工性に関するものを中心に以下に示す。なお、コンクリートのフレッシュ性状ならびに硬化特性等は別報^{4),5)}に示す。

図-2に吹付け設備及び空気圧力・流量測定位置を、表-1にはコンクリートの配合を示す。また空気調節のバルブが解放(10m³/min)の時と下限(7m³/min)時の、10秒間の管内圧力波形の代表的なものとその時の圧送エア流量を図-3,4に示す。

試験は、圧送エア流量と吹付け距離を変えて、配管内圧力特性やリバウンド率を調べた。

空気調節バルブを下限近くまで絞ると、解放の時と比較して挿入部の圧力は0.05~0.1MPa程度上昇して圧力の変動も大きくなるが、Y管部の圧力は反対に0.05~0.1MPa程度低下する。このように、圧送エア流量を絞ることで、挿入部とY管部間の圧力差が大きくなるのがわかる。なお、Y管部で生じている圧力の変動は、コンクリートポンプのシリンダーに吸入されたコンクリートが、一定間隔で吐出されることによる圧力の変動によるものである。

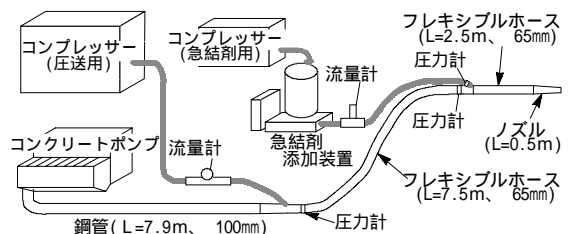


図-2 吹付け設備と圧力、流量測定位置

表-1 コンクリートの配合表

粗骨材最大寸法 Gmax (mm)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)			高性能減水剤 Ad Cx %	空気量調整剤 Ac Cx %	
					水 W	セメント C	粗骨材 G			
15	17	2.0	60.3	60.4	217	360	1007	686	0.5 ~ 1.6	0.01

キ - ワ - ド : 吹付けコンクリート, 管内圧力特性, 施工特性, 圧送エア流量, リバウンド率

連絡先 : 〒179-8914 東京都練馬区旭町1-39-16 TEL 03-3977-2412 FAX 03-3977-2251

4. リバウンド率

図-5,6にノズルと壁面との距離、ならびに圧送エア流量とリバウンド率との関係を示す。

圧送エア流量が解放の場合は、吹付け距離の増大とともにリバウンド率が減少するが、下限近くまで絞った場合、3 mまで距離を離すと、リバウンド率は増加する傾向となった。

これは、距離が1mのときは、圧送空気によって硬化が始まる前に吹き飛ばされて落下するものが多いが、ノズル～壁面の距離が長くなると、圧送空気によって吹き飛ばされるものが少ないためであると考えられる。また、圧送エア流量が下限近くでノズル～壁面の距離が長くなると、壁面までコンクリートが届かないか、あるいは付着するエネルギーが不足するためと考えられる。

距離を一定にして吹き付けた場合、圧送エア流量が解放の方がリバウンド率は小さくなることがわかった。

5. まとめ

ここで得られた知見を次に示す。

圧送エア流量を絞ると挿入部とY管部との間の圧力差が大きくなる。ノズル～壁面の距離は2～3mが、また圧送エア流量は解放(10m³/min)の方がバルブを絞る(7m³/min)よりも、リバウンド率は少なくなる。

今回の報告により、これまで乏しかった実施工での吹付けコンクリートの施工特性の一部が明らかになったと考えられる。ただし、これらの結果は特定の条件下でのものであり、吹付けコンクリートの施工特性とするには、さらに他の設備、条件下での確認が必要である。

なお、ここで明確とならなかった、適切な圧送エア流量などに関しては、今後の課題としたいと考えている。

現場吹付け試験にご協力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・本間組共同企業体五里ヶ峯トンネル西作業所の方々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の成果であり、東京大学生産技術研究所技官 西村次男氏、および共同研究各社、協力会社、ならびに関係各位に深い感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 杉山律ほか: 吹付けコンクリートの圧送性状に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 21, 1999. 6
- 2) 石関嘉一ほか: 吹付け速度が吹付けコンクリートの性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 23, 2001. 7
- 3) 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, 2001. 10
- 4) 藤井剛ほか: 吹付けコンクリートの圧送生に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 24, 2002. 6
- 5) 大野俊夫ほか: 吹付けコンクリートの強度特性に関する一考察, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 24, 2002. 6

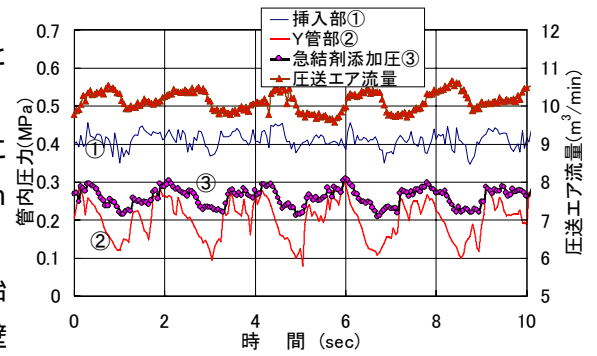


図-3 圧力波形と圧送エア流量(解放)

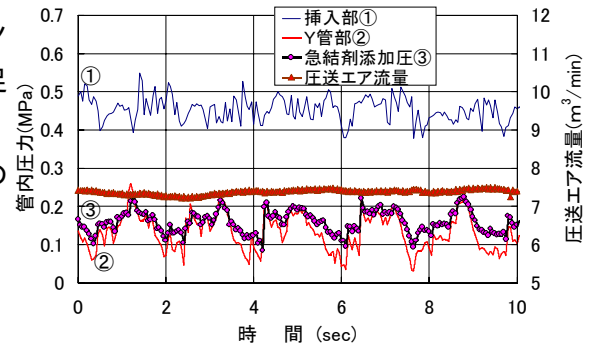


図-4 圧力波形と圧送エア流量(下限)

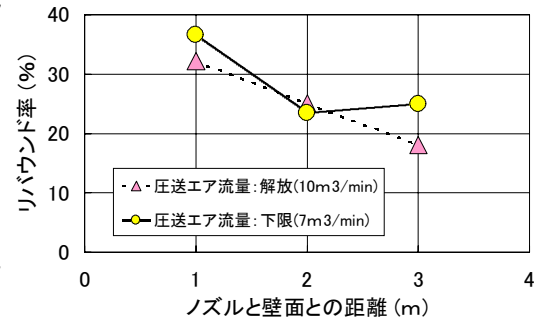


図-5 ノズル-壁面の距離とリバウンド率の関係

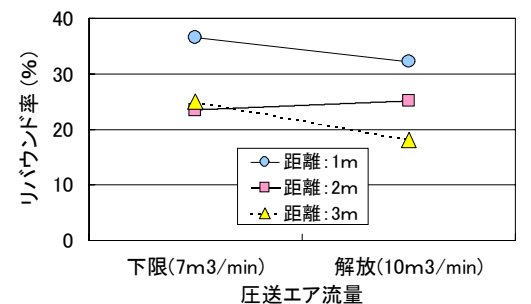


図-6 圧送エア流量とリバウンド率の関係