

スランプ保持時間を調整したベースコンクリートを用いた吹付けコンクリートのポンプ圧送システム

大成建設株式会社 正会員 ○新津祐樹 文村賢一 白井達哉 北野悠介
福岡市交通局 非会員 原靖浩 後藤真之助

1. はじめに

福岡市地下鉄七隈線博多駅(仮称)工区建設工事は、移動の利便性向上や営業中の地下鉄空港線の混雑緩和等を目的として福岡市営地下鉄七隈線天神南駅～博多駅を結ぶ約 1.4km の延伸工事である。このうち博多駅(仮称)工区は、開削部 83.7m(博多駅側)および NATM 部 195.6m の 2 工種で施工しており、NATM 部は、立坑発進および約 30m² の狭小断面掘削という施工条件となっている。NATM における吹付けコンクリートに用いるベースコンクリートは、切羽までトラックアジテータ車で運搬することが一般的である。しかし、都市 NATM で立坑発進や狭小断面等を条件とする場合、安全性や施工性を考慮すると最適な方法とはいえない。吹付けコンクリートのポンプ圧送による施工も考えられるが、NATM の施工サイクルを考慮すると工程ごとにコンクリートの廃棄を行わなければならない、合理的な施工方法ではないのが現状である。このような課題に対して本稿では、遅延形の減水剤を用いてスランプ保持性能を調整することで工程毎に配管清掃やコンクリートの廃棄を行わず連続掘進吹付可能な施工システムを構築した。

2. 施工サイクル

本工事における施工サイクルを図-1 に示す。掘削、一次吹付(鏡吹付)、鋼製支保工建込、二次吹付(アーチ部)、ケレンの施工サイクルで進行している。吹付けコンクリートに用いるベ

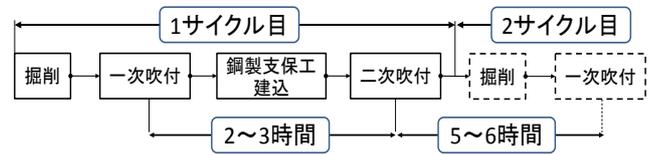


図-1 施工サイクル

表-1 使用材料

記号	使用材料
C	普通ポルトランドセメント 比重=3.16,比表面積=3390cm ² /g
FA	フライアッシュⅡ種 比重=2.31,比表面積=4240cm ² /g
S	海砂 比重=2.60,FM=2.19,吸水率=1.20%
G	単粒度砕石6号 比重=2.72,FM=2.00,吸水率=0.88%
SP	高性能減水剤
Ad	減水剤(遅延形)

ースコンクリートをポンプ圧送し連続的に施工する場合、一次吹付～二次吹付開始の約2時間や二次吹付～次の一次吹付開始の約5時間は、配管内にコンクリートを存置し、再圧送する必要がある。通常はここで、スランプロスや材料分離が生じると配管を閉塞し、再圧送できない可能性があり、工程ごとにベースコンクリートを廃棄しなければならない。このことから、連続掘削を可能にするスランプ保持時間を確保したベースコンクリートの配合選定を行った。

3. ベースコンクリートの配合選定

スランプ保持性を調整するために減水剤(遅延形)を用いたコンクリートの配合選定を行った。施工サイクルに合わせて、目標とするスランプ保持時間を3時間、6時間とし、スランプ保持のために必要な減水剤

表-2 ベースコンクリートの配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
			W	C	FA	S	G	SP	Ad
A: ベース	42.0	57.0	203	360	131	873	745	B×0.64%	-
B: 3h保持								B×0.55%	B×0.3%
C: 6h保持								B×0.55%	B×0.6%

(遅延形)の添加量を決定することとした。ここで、再圧送可能なスランプの下限を 15cm と設定した。使用材料、基本配合および減水剤添加量を表-1、表-2 に示す。フレッシュ性状の試験項目として、ベースコンクリートは、二軸強制練りミキサ(容量 0.5m³)を用いて 0.5m³ 製造した。トラックアジテータ車に 0.5m³ 積載しベースコンクリートの品質確認試験を実施後、プラスチック容器内に静置し、スランプ試験を経時 30 分～1 時間毎に実施した。トラックアジテータ車の残りのコンクリートは、水平換算距離約 150m をポンプ圧送し筒先のコンクリートのスランプを確認した。また、別途スランプ保持時間の調整による圧縮強度への影響について、材齢 1 日は引抜試験(NEXCO 試験法 702)、材齢 7 日および 28 日は圧縮強度試験(JIS A 1107)により確認した。なお、圧縮強度測定用の供試体は、配管圧送後に急結剤(CA 系)を添加量 C×7.8% 加えた吹付けコンクリートをパネル型枠に吹き付けた後にコアを採取したものである。

4. 試験結果および考察

スランプ試験の結果を図-2、強度試験の結果を図-3 に示す。スランプ試験の結果、配合 A(ベース)では練上りのスランプ

キーワード 吹付けコンクリート, ポンプ圧送, スランプ保持, 都市 NATM

連絡先 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前 3-22-6 大成建設(株)博多駅(仮称)工区建設工事事務所 TEL092-409-7637

が 26.0cm だが、経時 1.5 時間から急激にスランプが低下して経時 3 時間でスランプが 10.0cm となった。配合 A(ベース)はスランプの低下が大きく、配管内存置、再圧送には適さないことがわかる。一方で、減水剤(遅延形)を B×0.3% 添加した配合 B(3h 保持)は練上り 24.0cm のスランプが経時 3 時間で 18.0cm、減水剤(遅延形)を B×0.6% 添加した配合 C(6h 保持)は練上り 23.0cm のスランプが経時 6 時間で 16.5cm となり、いずれも再圧送可能なスランプ下限として設定した 15.0cm を満足した。また、配合 B(3h 保持)および C(6h 保持)のコンクリートを実際に 150m 程度圧送したコンクリートは、配合 B(3h 保持)の経時 2.3 時間で 16.5cm、配合 C(6h 保持)の経時 3.5 時間で 22.0cm となり、いずれも圧送による大きなスランプ低下はなかった。これらの結果から、減水剤(遅延形)の添加量により施工サイクルに合わせて目標とするスランプ保持時間を調整することで、配管内に存置しても再圧送可能となる配合を選定することができた。

また、吹付けコンクリートの強度試験の結果、減水剤(遅延形)の添加量によらず、いずれの吹付けコンクリートも規格値を満足していることを確認した。これらの試験結果から、減水剤(遅延形)の添加量 B×0.6% までフレッシュ性状および強度を確保し、スランプ保持時間の調整が可能であることが示された。

5. スランプ保持時間を調整したベースコンクリートの使用方法

本工事での適用方法を表-3 に示す。配合 A(ベース)は掘削完了から一次吹付けの途中まで使用することで長時間配管内に存置しない。配合 B(3h 保持)および配合 C(6h 保持)はそれぞれ、3 時間、6 時間存置可能なため、一次吹付け～二次吹付け、二次吹付け～次基の一次吹付けに用い、配管内に存置している間は閉塞の危険性の有無を確認するため、30 分に 1 回程度ポンプの間欠運転を実施している。このように施工サイクルに合わせて目標とするスランプ保持時間を調整することで、少なくとも 1 サイクルは連続的な施工が可能となった。また、本工事では補助工法等の影響で施工サイクルに変化が生じた際も、減水剤(遅延形)の添加量を調整することで連続的な施工を行っている。ただし、季節によるコンクリートの練上り温度によって、スランプ保持時間や圧縮強度発現が変化することが考えられるため¹⁾、適時試験を行い減水剤(遅延形)や急結剤の添加量の調整が必要となる。

6. まとめ

本工事では、減水剤(遅延形)を用いてスランプ保持時間を調整したベースコンクリートのポンプ圧送システムを構築した。その結果、配管内にベースコンクリートを常時存置し、再圧送することが可能となり、施工性を大幅に改善することができた。また、トラックアジテータ車による坑内運搬が不要となることで、安全性や作業スペースの面でも改善された。副次的な効果として、地山の状態が不安定な箇所では、スランプ保持時間を調整したベースコンクリートを配管内に存置することで、急な地山変状に対して瞬時に吹付けコンクリートを施工することができるため、安全性を向上することができた。なお、今回はスランプ保持時間の目標を 3 時間および 6 時間に設定したが、スランプ保持時間の調整は適宜行うことができることから、補助工法等の影響で施工サイクルが変化した際も対応することが可能な技術である。

参考文献

- 1) 三宅ら:長時間運搬条件におけるスランプ保持効果を目的としたポリカルボン酸系混和剤の適用について,平成 19 年度 土木学会北海道支部 論文報告集 第 64 号

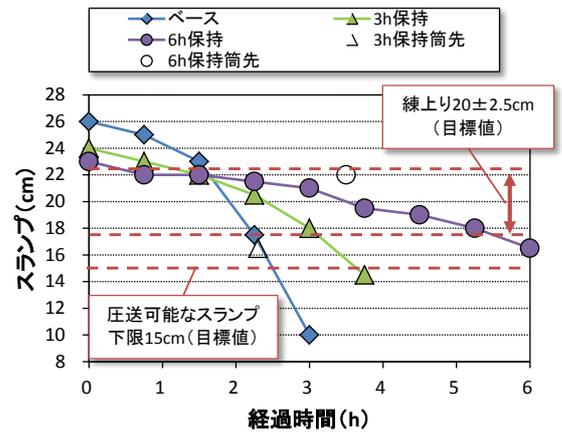


図-2 スランプの経過変化

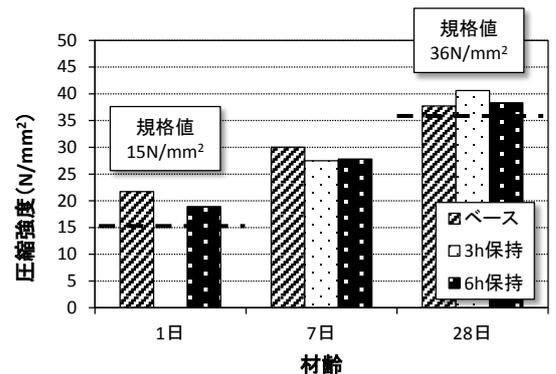


図-3 圧縮強度試験結果

表-3 各種コンクリートの使用方法

配合	使用時期	留意点
A: ベース	掘削終わり～一次吹付け途中	配管内に長時間存置させない
B: 3h保持	一次吹付け途中～二次吹付け途中	30分に1回程度ポンプ間欠運転 (閉塞危険性の有無確認)
C: 6h保持	二次吹付け途中～次基一次吹付け	