

二次覆工コンクリートの 長距離圧送について

宮本 吉晴* 渋谷 勝則*
Yoshiharu Miyamoto Katsunori Shibuya
藤江 智和*
Tomokazu Fujie

1. はじめに

シールド二次覆工におけるコンクリートの現場内搬送・打設方法には、大きく二種類の方法が考えられる。一つは、コンクリートプレーサにて打設する方法、もう一つは、コンクリートポンプにて圧送する方法である。二種類の施工方法には一長一短があり、施工条件に応じて検討する必要がある。二種類の施工方法の特徴について以下に簡単に記す。

前者は、坑内軌条設備にて運搬するため、コンクリートの性状変化がほとんど無い。しかし、軌条設備が単線であったり、運搬距離が長くなれば、打設に長時間を要するため、養生時間を考慮すると、2日で1回打設となる。後者は、打設時間を大きく短縮することができ、1日1回打設が可能となるが、コンクリートの性状変化が大きくなる。

後者におけるコンクリートの圧送距離は、コンクリート配合に左右されるが、一般的に500mまで圧送可能とされており、中継ポンプを併用することで1,000m以上の圧送も可能となる。

本工事では、狭小断面であることからシールド坑内に中継ポンプを設置することは不可能であるため、地上部定置式ポンプによる長距離圧送の検討を行い、約1,300mのコンクリート長距離圧送を行った。

本報では、コンクリート長距離圧送採用までの経緯と、それに伴う各種の検討について報告する。

2. 長距離圧送採用までの経緯

平成16年6月初旬、シールド掘進中、障害物（残置鋼矢板）に接触し掘進不能となり、シールド機の長期停止（約10ヶ月）を余儀なくされた。

長期停止となった理由は、下記の通りである。

- ①幹線道路直下であり埋設管が非常に多く、障害物の確認に時間を要した。
- ②埋設管の移設協議および施工に時間を要した。

*関西（支）大東（出）

表一 圧送距離別コンクリート配合

	圧送距離	基本配合	混和材	混和剤 A	混和剤 B
A 配合	1270 m～ 1000 m	30-21-20 BB	フライアッシュ 60 kg/m ³	高性能 A E 減水剤	圧送助剤 118 g/m ³
B 配合	1000 m～ 500 m	27-21-20 BB	フライアッシュ 60 kg/m ³	高性能 A E 減水剤	圧送助剤 118 g/m ³
C 配合	500 m 以下	27-21-20 BB	—	高性能 A E 減水剤	—

*混和剤 B（圧送助剤）は、ミキサー攪拌

表二 A 配合コンクリート配合内容

セメント	水	混和材	細骨材	粗骨材
(kg/m ³)				
385	185	60	819	814
混和剤 A	混和剤 B	水セメント比	細骨材率	総粉体量
(g/m ³)	(g/m ³)	(%)	(%)	(kg)
304	118	55	50.8	560

③線形変更の必要に迫られ、急曲線用セグメントの製作に時間を要した。

また、この事態に陥ったことにより、隣接工区との施工区分を変更することになった。

具体的には、シールド到達立坑は隣接工区との併用であり、両シールド機の到達後、隣接工区にて特殊人孔を施工する計画であった。しかし、シールド機の長期停止により発注者との協議を経て、本工事にて特殊人孔を施工することとなった。

これにより、工期は12ヶ月延伸されたが、14.5ヶ月の工期が必要であったため、工期短縮を目的とし、覆工コンクリートの現場内搬送に長距離圧送を採用した。

3. コンクリート配合の検討

本工事における最大の特徴は、ポンプによる長距離圧送である。長距離圧送するための重要な点は、コンクリート配合であり、ポンプ圧送による施工時の最大の留意点は、セントル上部（圧送後）のコンクリート充填性を確保することである。

以下に配合の留意点を記す。

- ①細骨材率 50%以上
- ②総粉体量（C：セメント+S：ふるい0.3mm以下通量+付加粉体） ≥ 550 kgを目安（施工実績より）
- ③分離抵抗性、経時の保持性を重視した混和剤の使用
コンクリート配合は、表一に示すように、圧送距離別に配合を3段階に分け計画した。圧送距離が最も長いA配合の配合内容は、表二の通りである。

混和剤 B の圧送助剤は、レオバック PA を採用し、圧送直前に現場添加したため、コンクリートの実質スランプは、23 cm 前後であった。

4. 長距離圧送を支える配管

コンクリートの長距離圧送を行うには、ポンプ能力はもとより、コンクリート輸送配管材の耐圧が重要となり圧送負荷に応じた配管を必要とした。

今回採用した配管は、図-1のように凹凸のカラーをカップリングで締め付けるインロー式の配管（125 A）である。

この配管の特徴は、常用耐圧 13 MPa と超高耐圧であり、インロー式配管であるためルーズな接合ではなく、配管の伸縮・撓み・偏心がなく 1 本のパイプラインが形成されることである。また、配管継ぎ手部でのモルタルの吸収量が少ないため圧力損失は 10% 以上少なくなるなどの報告がなされている¹⁾。

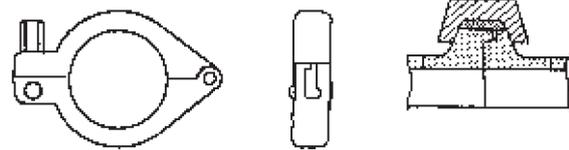


図-1 超高圧インロー配管模式図

表-3 圧送ポンプ仕様

項目	規格・性能
理論最大吐出圧	16.0 MPa
理論最大吐出量	69 m ³ /h
最大吐出圧時吐出量	26 m ³ /h
ポンプホッパー容量	900 ℓ（攪拌機付）
概略重量	7,000 kg

5. 圧送負荷算出

コンクリート輸送配管の耐圧を確認し、コンクリート圧送ポンプの選定を行う上で、コンクリート圧送負荷を求める必要がある。

$$P = (KQ^{0.629}/10 D^{2.2}) \times L^{1.1} + (W \times H/10^5) \quad 2)$$

$$= 12.65$$

ここに、P：圧送負荷（MPa）

K：コンクリート係数 278.0

Q：吐出量（m³/h）22.0

D：配管内径（mm）126.6

L：配管水平換算長（m）1372.04

W：コンクリートの単位容積重量（kg/m³）2350

H：高低差（m）-15

輸送配管耐圧 13 MPa > 圧送負荷 12.65 MPa

従って、輸送配管の耐圧は十分である。

6. 圧送ポンプ機種選定

圧送負荷値以上の吐出圧で吐出量 22.0 m³/h 以上を有し、コンクリート圧送作業中の配管閉塞を考慮すると十分余裕のある圧送ポンプを選定する必要がある。

本工事では、Putzmeister 社製（ドイツ）のエンジン駆動型ダブルピストンポンプ（BSA - 2110 HD）を採用した。

圧送ポンプの仕様を表-3 に示す。

7. おわりに

今回、コンクリートの長距離圧送を施工し、2.5 ヶ月の工期短縮の目標は果たしたが、圧送中の配管閉塞トラブルもあった。その状況から閉塞原因としては、コンクリー

トの品質管理基準内でのばらつき、および先送りモルタルの分離と推測された。そのため、プラントと協議の上コンクリートスランプ、空気量等の品質管理を、より厳密に行い、先送りモルタルのセメント量を増量することで改善した。

距離別に配合を変えていく中で、仕上がり（見栄え）に違いを確認することができた。フライアッシュ混合コンクリートと未混合のコンクリートでは、後者の方が仕上がり良く施工することができた。

フライアッシュは、流動化および長距離圧送コンクリート等に一般的に使用される材料であり、本工事では総粉体量を補うための付加粉体として、フライアッシュを採用したが、仕上がり良く施工するためには、他の付加粉体の検討も必要と思われる。

付加粉体としては、石粉、高炉スラグ微粉末等が考えられる。コンクリートプラントの協力の上で供給可能な材料を選択しなければならないが、ベースコンクリートに高炉セメントを用いていることを考慮すれば、混和材として高炉スラグ微粉末を用いるのが、相性が良いのではないかと推測する。

ただし、今回の施工結果だけでは、フライアッシュの添加がコンクリートの仕上がりに影響を与えたのか、フライアッシュの品質や混和材の添加量が影響したのかについては、断定することができない。

今後も、コンクリートの配合については、様々な団体で研究されるであろうが、長距離圧送のコンクリート配合の研究が進み、近い将来、標準配合および指針が発表されることを望む次第である。

参考文献

- 1) 土木学会，コンクリートのポンプ施工指針 [平成 12 年版]，pp. 39, 2000
- 2) 土木学会，コンクリートのポンプ施工指針 [平成 12 年版]，pp. 17, 2000