

加圧履歴に基づいたポンプ圧送性の室内試験評価方法による圧送可能距離の検討

大成建設（株）横浜支店 正会員 ○相馬 衣利子
JRTT 新横浜建設所 望月 秀太郎

JRTT 新横浜建設所 山本 尚文
大成建設（株）技術センター 正会員 梁 俊

1. はじめに

羽沢トンネル工事は、相鉄線羽沢横浜国大駅と東急東横線日吉駅とを結ぶ相鉄・東急直通線（仮称）の一部となる鉄道工事である。シールド掘進と同時にインバートコンクリート（軌道床）は、860m の長距離をポンプにて圧送した。長距離圧送による配管閉塞が懸念されたため、本工事では圧送中のコンクリートが受ける圧力を模擬した試験装置を用いて、室内圧送試験により¹⁾ 圧送可能距離を評価した。

2. 室内圧送試験の概要

図-1 に示すように、受圧により発生したブリーディング水は、減圧しても元に戻らない不可逆行性を持っているので、圧送中、加減圧の繰り返しによりブリーディング水は最初にできた水の通過路に沿って集中し、配管の長さ方向にコンクリートの不均一が発生する²⁾。圧送圧が大きいほど、加圧回数が多いほどコンクリートの不均一は進行する。

本試験では圧送圧により、配管内におけるコンクリートの品質が変化するまで受ける受圧履歴を定量的に評価できる装置（写真-1）を使用してコンクリートのポンプ圧送性を評価した¹⁾。本装置は、輸送管（直管・ベント管）をコの字に繋げたもので、両端にはシリンダーを取り付けており、両端のシリンダーにより配管内のコンクリートを往復移動させ、配管に取り付けられた圧力計により、配管内の圧力を測定することができる。シリンダーの押し引きを繰り返し、閉塞するまでの圧力データから、以下のようにコンクリートの圧送性を評価した。

配管内コンクリートの受圧履歴により、シリンダー内のコンクリートが閉塞するまでに受けた積算受圧量（以後許容積算受圧量と称する）を式(1)により算定する。

$$E = \frac{1}{2\pi} \int_0^T p_x dx - P_0 \quad (1)$$

ここで、 E ：許容積算受圧量[MPa・分]、 T ：閉塞するまでの稼働時間[分]、 p_x ：圧力強度[MPa]、 P_0 ：初期設定圧力[MPa]である。

コンクリート圧送中の閉塞の防止および筒先での品質を確保するためには、コンクリートがポンプ圧送で受け

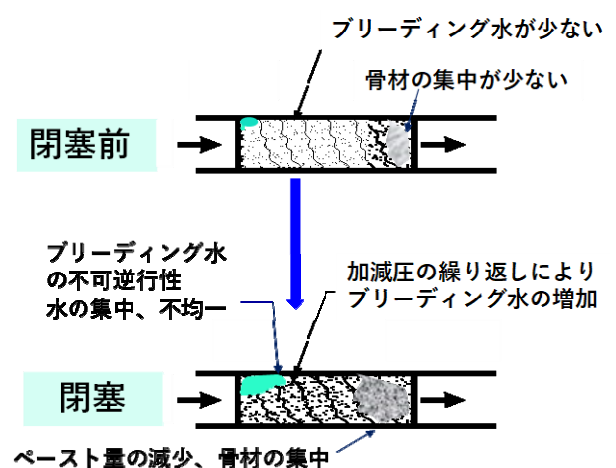


図-1 閉塞のメカニズム



写真-1 ポンプ圧送性試験装置¹⁾

キーワード：ポンプ圧送性、積算受圧量、許容積算受圧量、圧送可能距離

連絡先：〒231-8616 横浜市中区長者町 6-96-2 大成建設（株）横浜支店 TEL 045-232-5812

表-1 適用工事におけるコンクリートの配合，許容積算受圧量および圧送可能水平換算距離

プラント	配合	単位量 (kg/m ³)					許容積算 受圧量 (MPa・分)	圧送可能な 水平換算距離 (m)
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 AE 減水剤		
プラント A	30-21-20N	175	354	824	948	C×2.00%	114	788
プラント B		175	338	883	893	C×2.00%	127	831
プラント C		175	338	878	900	C×2.00%	133	851
プラント C	36-23-20N	175	360	962	797	C×1.15%	151	906

た積算受圧量をコンクリートの許容積算受圧量より小さくする必要があると考え，閉塞なしに圧送できる配管距離の計算式，式（2）を提案する²⁾．

$$Lx = \frac{\sqrt{2CP_t \times L_s \times m_t}}{\sqrt{(P_{th} - P_r) \times S}}$$

(2)

ここで， L_x ：圧送可能な最大水平換算距離 (m)， CP_t ：許容積算受圧量(MPa・分)， L_s ：圧送計画における配管の計画水平換算長さ (m)， m_t ：時間当たりの吐出量 (打設量/予定打設時間) (m³/分)， P_{th} ポンプに作用する圧送負荷(MPa)， P_r ：ポンプの根元までの圧力損失(MPa)， S ：輸送管の断面積 (m²)

3. 試験結果及び圧送可能距離の検討

式（2）の左右の値が同じになることは，圧送距離 L_x 時の積算受圧量がコンクリートの許容積算受圧量に達したことを示す．したがって，式（2）の左右の値が同じになる時の L_x が閉塞すること無く圧送できる最大距離になる．当該工事の圧送計画においては，選定されたポンプ 1 台での圧送可能な最大水平換算距離 L_s が 1100m，ポンプの P_{th} が 13.63 MPa， P_r は 2.2 MPa であった．また，コンクリート圧送計画で決定した吐出量 m_t は 20.8 m³/h，圧送予定のコンクリートのスランプは 21cm で，表-1 に示すように三つのプラントから供給されるように計画されていた．なお圧送管の直径は 125A の管を使用した．各コンクリートプラント工場が設計した配合で，写真-1 に示す装置により測定したコンクリート許容積算受圧量を式（2）に代入し算出した圧送可能な水平換算距離を表-1 に示す．この結果より，30-21-20N 配合の圧送可能距離は概ね 800m となった．単位セメント量と細骨材率の調整によりコンクリートの分離抵抗性を向上させた 36-23-20N 配合の圧送可能距離を同じ方法で計算した結果，圧送可能距離は概ね 900m となった．以上の事前検討結果を考慮し，実際の施工では閉塞リスク回避のため 30-21-20N 配合より単位セメント量を増やした 33-21-20N 配合を用いて最長 800 m 程度まで 1 台のポンプにより圧送することができた．また，これより圧送距離が長い場合は，36-23-20N 配合を適用し，1 台のポンプを使用して 860m 圧送することができた．このことから，事前の圧送性評価結果は概ね妥当なものであったと推察される．

4. まとめ

写真-1 に示す評価装置を用いてポンプ圧送性評価を行い，式(1)，(2)を使用して圧送可能な水平換算距離を算出することにより，各配合のポンプ圧送距離を評価できる可能性があることが確認された．実証実験を繰り返して本評価手法の妥当性を多数検証することが，今後の課題である．

参考文献

1) 橋本貴之，梁俊，坂本淳，丸屋剛：加圧履歴に基づいたポンプ圧送性の室内試験評価方法に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.1，pp.1143～1148，2018.7

2) 梁俊，坂本淳，丸屋剛，橋本貴之：加圧履歴に基づいたコンクリートの圧送性の室内評価試験方法に関する研究，コンクリート工学，Vol.58，No.12，pp.937～943，2020.12