

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) 技術センター	正会員	○梁 俊	橋本 貴之
大成建設(株) 技術センター	フェロー会員	坂本 淳	丸屋 剛
大成建設(株) 九州支店	正会員	古川 成光	三坂 浩昭
九州旅客鉄道(株) 建設工事部	正会員		徳永 光宏

1. はじめに

コンクリート施工においては、ポンプ圧送性がコンクリートの施工管理及び品質確保に関して重要となる。本研究では、折尾高架工事での長距離圧送による配管閉塞が懸念されたため、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により室内圧送試験で事前検証を行い¹⁾、実配管圧送試験で確認した。

2. 実験の概要

受圧により発生したブリーディング水は減圧してももとに戻らない不可逆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。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される。骨材が集中した部分が、配管の接続部、曲り部等を通過する場合、骨材の衝突や回転によるせん断力の増加により閉塞が発生する。本研究では、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を用いてコンクリートのポンプ圧送性を評価した¹⁾。試験装置を写真-1に示す。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る。試験時には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。本研究では圧送圧 3.0MPa でシリンダーが押せなくなる状態までの圧力等のデータから、以下のように圧送性を評価した。

配管内コンクリートの受圧履歴により、コンクリートの品質が変化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：シリンダーが動かないまでの装置の稼働時間[分]、 p_x ：圧力強度[MPa]、 P_0 ：初期設定圧力[MPa]である。

3. 使用材料及びコンクリート配合

使用材料として、セメントは高炉セメント B 種(密度 3.02g/cm³)、細骨材は八幡西区畑産砕砂(S₁:表乾密度 2.66g/cm³)、小倉北区白島沖海砂(S₂:表乾密度 2.60g/cm³)、粗骨材は八幡西区畑産碎石(最大寸法 20mm, 表乾密度 2.72g/cm³)を用いた。

混和剤 Ad1 は、リグニンスルホン酸系の遅延性 AE 減水剤、混和剤 Ad2 は、ポリカルボン酸系の流動化剤を使用



写真-1 ポンプ圧送性試験装置

表-1 本研究の対象配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						後添加		
		W	C	S ₁	S ₂	G	Ad1	Ad2	F	
37.0	42.9	163	441	440	292	1004	2.866 (C×0.65%)	0.221 (C×0.05%)	0.455 (0.05vo1%)	

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：〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL045-814-7228

し、アルキルエーテル系の AE 剤により空気量を調整した。繊維は、剥落防止用として、ホリブロビレン繊維(密度 0.91g/cm^3)を使用した。練上がり 30 分後のスランプ 12cm のベースコンクリートに剥落防止繊維と流動化剤を同時に投入した。これら諸材料を後添加した後の、ポンプ圧送性評価試験時の目標スランプトを $12.0 \pm 2.5\text{cm}$ 、目標空気量を $4.5 \pm 1.5\%$ にした。

4. 実験結果及び圧送可能距離の検討

本研究では、圧送時に配管内のコンクリートが筒先まで圧送される間に受ける積算受圧量を計算して、その積算受圧量と室内試験で測定したコンクリートの許容積算受圧量を比較することでコンクリートの圧送可能距離の評価を試した。

まず、本研究で開発したポンプ圧送性評価装置を用いて、ストロークを 350mm 、圧送圧を 3.0MPa にして、許容積算受圧量を測定した。配管内のコンクリートの品質が変化するまでの受圧履歴を図-1 に示す。なお、本研究では、配管内のコンクリートが移動できなくなった時のコンクリートの状態を「受圧によってコンクリートの品質が変化した」と定義した。受圧により配管内のコンクリートの品質が変化するまでのコンクリートの積算受圧量を式 (1) により計算すると、 $9.43\text{MPa}\cdot\text{分}$ であった。

実配管圧送時における積算変動受圧量は以下の通り算定した。まず、ポンプシリンダー寸法、配管の寸法、水平換算距離からコンクリートが筒先まで到達するために必要な圧送回数を式 (2) で求めた。

$$N = S \div \left(L \times \frac{\phi_1^2}{\phi_2^2} \times \eta_v \right) \quad (2)$$

ここで、 S : 水平換算距離、 N : コンクリートが筒先まで到達するために必要な圧送回数[回]、 L : シリンダのストローク長[m]、 ϕ_1 : シリンダ直径[mm]、 ϕ_2 : 圧送管直径[mm]、 η_v : ポンプの容積効率(ポンプの容積効率は、次の式で算定した²⁾。

$\eta_v = 0.0105 (W/C) - 0.0009 (C) - 0.0089 (SL) + 0.477 (W_0) - 0.916$ ここで、 W/C : 水セメント比[%]、 C : 単位セメント量[kg/m^3]、 SL : スランプ[cm]、 W_0 : コンクリートの単位容積質量[t/m^3]

コンクリートが筒先に到達するまでに受ける積算受圧量を式 (3) にて求める。なお、圧送中における配管内の圧力分布は筒先を 0 とした三角形分布であると仮定した。

$$\text{積算受圧量} = 1/2 \times (\text{圧送圧} \times \text{シリンダーの一押し時間}) \times \text{圧送回数} \quad (3)$$

水平換算距離が 158m の実際の現場の配管を一例として、式 (2)、式 (3) によりコンクリートが筒先に到達するまでに受ける積算受圧量を計算すると $7.88\text{MPa}\cdot\text{分}$ であった。配合の許容積算受圧量の $9.43\text{MPa}\cdot\text{分}$ より小さくなっている。結論としては、品質を確保しながらの圧送は可能であると判断された。なお、式 (3) に許容積算受圧量を代入して、可能な圧送回数を算出し、式 (2) により圧送距離を逆算すると、この繊維コンクリートを同じ施工条件で圧送した場合、品質の変化なしの最長圧送距離は、 178.92m であった。実際の配管によりポンプ圧送性を確認した結果、所定のスランプであれば事前評価どおりに、閉塞無く安定した圧送状態であった。

5. まとめ

本装置により、コンクリートのポンプ圧送性を評価する可能性があることが確認された。なお、実配管の積算受圧量の計算精度の向上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, 2018.7 投稿中
- (2) コンクリートポンプ K 値推定ソフト, <http://kinatsukyou.com/soft/index.html>

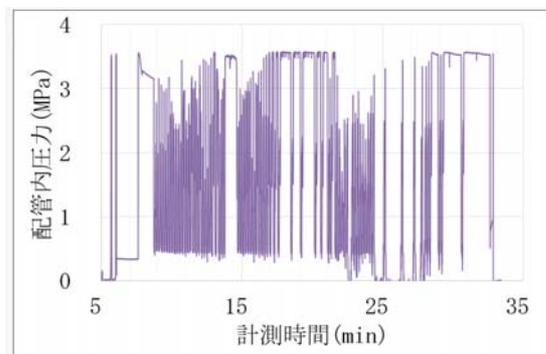


図-1 室内試験による加圧履歴