

自己充填コンクリートを用いた覆工自動化施工に対する充填性評価手法の検討

千葉工業大学 学生会員 ○花咲 魁人 佐藤工業 正会員 小山 広光
 学生会員 池田 信義 正会員 弘光 太郎
 学生会員 渡邊 大河 正会員 藤原 正佑
 正会員 橋本 紳一郎 正会員 小野 知義

1. はじめに

覆工コンクリート施工における従来の施工方法での問題点（剥落、色むら、ひび割れ、表面気泡等）の解決と施工の省力化を目的として、自己充填コンクリートを用いた覆工の自動化施工の開発が進められている¹⁾。実物大のセントルを用いた施工実験に先立ち、自己充填コンクリートの充填状況と均質性の確認、及び使用センサ類の適用性検証²⁾を目的に、セントルの一部を想定した壁状模擬型枠を用いて実験を実施した。本研究では、コンクリート圧送時の管内圧力を計測することで、管内圧力の結果から充填性の判断を検討した。

2. 実験概要

図-1 に実験に用いた壁状模擬型枠（長さ 10.5m、高さ 1.0～1.42m、厚さ 0.3m）の概要図、写真-1 に型枠外観の写真を示す。基礎コンクリート（長さ 25.5m×幅 3.0m×厚さ 0.1m）の上に高さ 1.21m（中央部）、長さ 10.5m、厚さ 0.3m（容積 3.8m³）の壁状型枠を作製した。自己充填コンクリートの流動及び目視により充填状況を観察するため、片面にアクリル樹脂製の透明型枠を配置した。壁状型枠は 2 基作製し、一方の型枠（No.1 試験体）は側枠の中央部、もう一方の型枠（No.2 試験体）は中央から 2.75m（型枠端部から 8m）の位置に圧入孔（φ130mm）を設置した。

表-1 に自己充填コンクリートの配合、使用材料を示す。自己充填コンクリートは自己充填ランク 3 の条件（スランプフロー：600±50mm、U 形充填高さ・障害なし：300mm）を目標値とした。1 バッチ当たり 1.5m³ をプラントで練り混ぜ、1 台のアジテータ車に 2 バッチ分 3m³ を積み込んだ。運搬時間は約 15 分であり、実験ヤード到着後にスランプフロー試験及び空気量測定等を実施し、フレッシュ性状を確認した後に壁状模擬型枠への圧入実験を実施した。

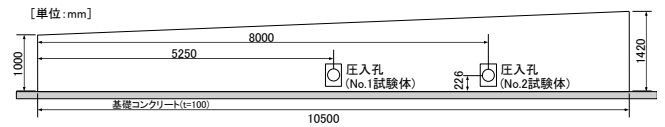


図-1 壁状模擬型枠概要図



写真-1 壁状模擬型枠外観

表-1 自己充填コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)					
			W	C	S1	S2	G	SP
41.6	48.7	4.5	170	409	576	257	904	6.95

C:普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm³)

S1:山砂(茨城県行方市産, 表乾密度 2.58g/cm³)

S2:砕砂(栃木県佐野市会沢産, 表乾密度 2.69g/cm³)

G:砕石 2005(茨城県つくば市産, 表乾密度 2.69g/cm³)

SP:高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系化合物と増粘成分)

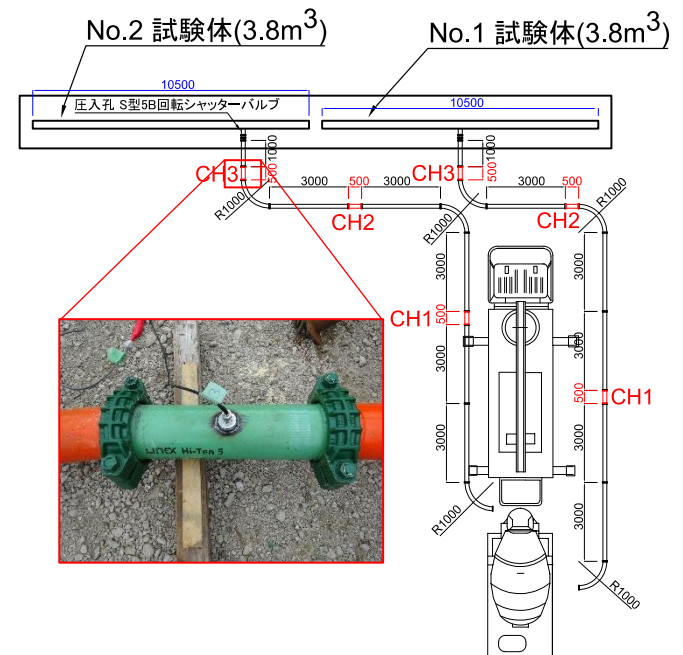


図-2 配管図と圧力計の取付位置

キーワード トンネル覆工, 自己充填コンクリート, 圧送, 管内圧力, 充填性評価

連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学 TEL:047-478-0445

配管図と圧力計の取付位置を図-2に示す。圧送にはピストン式のポンプ車を使用し、コンクリート吐出量は $18\text{m}^3/\text{h}$ で一定として実験を行った。配管は5B管（内径125mm）を使用し、壁状模擬型枠までの水平換算距離はNo.1試験体、No.2試験体ともに49.1mとした。また、圧力計は水平換算距離25.1m（CH1）、38.0m（CH2）、47.9m（CH3）の位置に設置した。

3. 結果及び考察

図-3に圧力波形の全体図、図-4に圧入終了付近の圧力波形拡大図を示す。圧力波形に大きな乱れはみられず、すべての圧送において順調圧送であった。従来の圧送では、圧力測定管までの水平換算距離が大きくなるにつれて、管内圧力の値は小さくなる。しかし、今回の結果では壁状模擬型枠に圧入されたコンクリートの自重圧が加わることでCH2よりもCH3の管内圧力の値が大きくなった。また、充填完了は、赤丸で示される部分である。

図-5、6に平均管内圧力（全体の圧力）を1としたときの最大管内圧力（圧入終了時を想定した圧力）の変化率を示す。No.1試験体、No.2試験体ともに最大管内圧力の上昇具合から壁状模擬型枠内の充填終了の目安として確認できることが示唆された。特に、変化率はCH2、CH3で2倍程度となり、その傾向はCH1よりも顕著であった。しかし、CH3は自重圧の影響を受けることから、CH2が圧入終了時の判定に対して最も有効であると確認できた。加えて、型枠脱型時の硬化した試験体から充填状況が十分であることを確認した²⁾。

以上の結果より、管内圧力の計測結果を用いることで壁状模擬型枠内の充填完了の判定が可能であることが示唆された。また、今回の結果から、最も有効な判定が可能であるのは圧入孔付近から離れたCH2だと確認できた。

4. おわりに

本研究の結果、圧送時の平均管内圧力と最大管内圧力の値を判定することによって充填完了の判定が可能であることが示唆された。圧入孔付近はコンクリートの自重圧の影響が確認されたため、圧入孔付近から離れた位置での計測が最も有効である。

参考文献

- 1) 小山広光, 弘光太郎, 森賢宇, 宇野洋志城: 自己充填コンクリートを用いた覆工の自動化に関する研究(その1), 佐藤工業技術研究所報, No.45, p.34-40, 2020
- 2) 小山広光, 弘光太郎, 藤原正佑, 小野知義, 宇野洋志城: 自己充填コンクリートを用いた覆工自動化施工の開発—壁状模擬型枠を用いた予備実験による充填状況および均質性の確認—, 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会, 投稿中

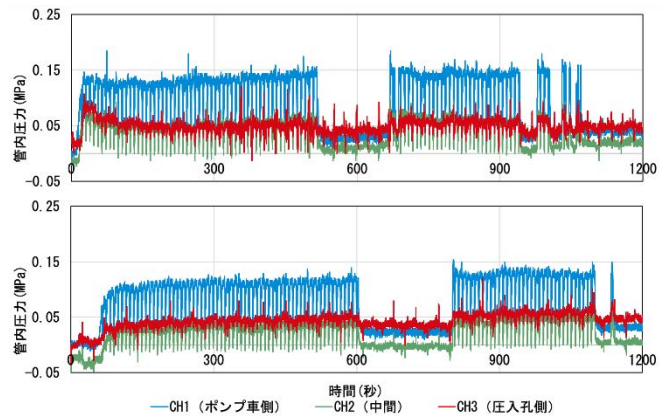


図-3 圧力波形全体図
(上: No. 1 試験体, No. 2 試験体)

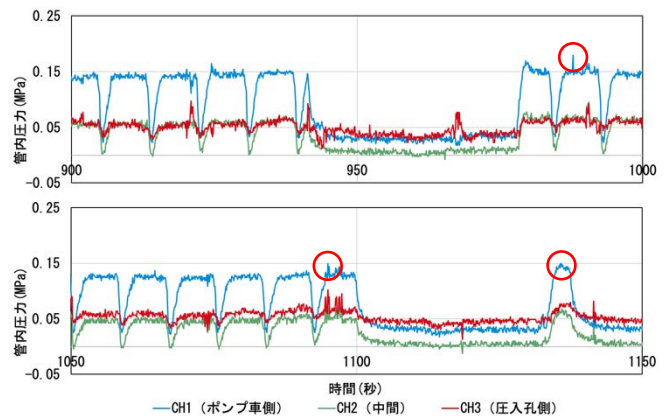


図-4 圧入終了付近の圧力波形拡大図
(赤丸: 最大管内圧力
上: No. 1 試験体, No. 2 試験体)

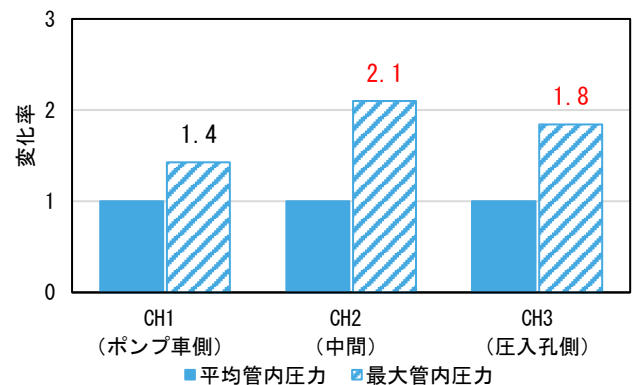


図-5 平均管内圧力を1としたときの最大管内圧力の変化率 (No. 1 試験体)

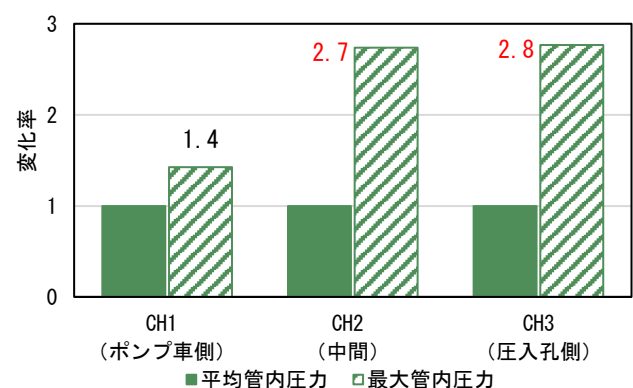


図-6 平均管内圧力を1としたときの最大管内圧力の変化率 (No. 2 試験体)