

トンネル覆工の圧入施工方法に対する自己充填コンクリートの充填性評価に関する検討

千葉工業大学 学生会員 ○永島啓介 池田信義 花咲魁人 正会員 橋本紳一郎

佐藤工業 正会員 小山広光 弘光太郎 藤原正佑 小野知義

1. はじめに

現在、トンネル側壁部でのコンクリートの打込みはセントルの作業窓から投入する方法で施工している。この際に、狭隘な空間のため締め固めが困難なこと、打込みによる余分な空気の巻き込み、未充填箇所の発生などの施工不良が問題となっている。また、建設作業員の高齢化、熟練工不足の問題や、コンクリート構造物への要求品質向上といった背景から、今後、これまでの施工方法を継続することが困難となることが予想される。

そこで、トンネル覆工自動化施工を目的とし、本研究では、実物大のセントルを用いてセントル下部から自己充填コンクリートを圧入する方法で、配管に設置した圧力計、型枠に設置した圧力センサから圧送性及び型枠への充填性を確認するとともに充填完了の目安の把握を実験的に検討した。

2. 実験概要

使用材料は、普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm^3)、S1:山砂(表乾密度 2.58g/cm^3)、S2:砕砂(表乾密度 2.69g/cm^3)、G:砕石(表乾密度 2.69g/cm^3)、SP:高性能AE 減水剤(ポリカルボン酸系化合物と増粘成分)とした。表-1に配合表を示す。配合は、既往の研究¹⁾で目標値を満足する性能を有していたため、本実験においても同様の配合とし、また、自己充填ランク3の条件(スランプフロー： $600\pm 50\text{mm}$ 、U形充填高さ：障害なし：300mm)を目標値とした。圧入時の管内圧力、圧力センサの結果から、自己充填コンクリートの充填性、圧送性について評価した。写真-1に覆工実物大実験装置の設置状況、図-1に配管図及び圧力計の設置位置を示す。型枠面の縦断方向中央部下端に自己充填コンクリートの圧入口を左右1箇所ずつ設置した。圧入は下端のみから行い、配管切り替え装置を低版部に設置した。圧力センサは、妻側、中央部、ラップ側の天端部、肩部、スプリングライン、圧入口付近に設置した。

3. 実験結果及び考察

図-2に圧力波形全体図を示す。圧送状態は、圧送時や、圧入口切り替え時も、管内圧力の急激な上昇や異常は確認されず、途切れることなく圧送ができたことか

表-1 配合表

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

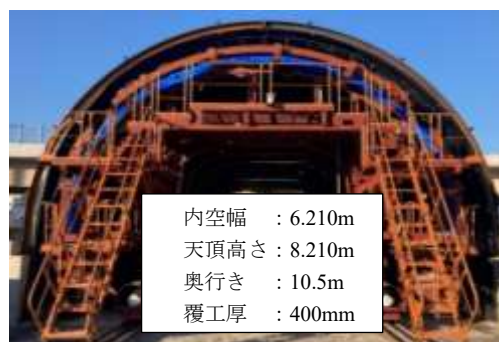


写真-1 覆工実物大実験装置の設置状況

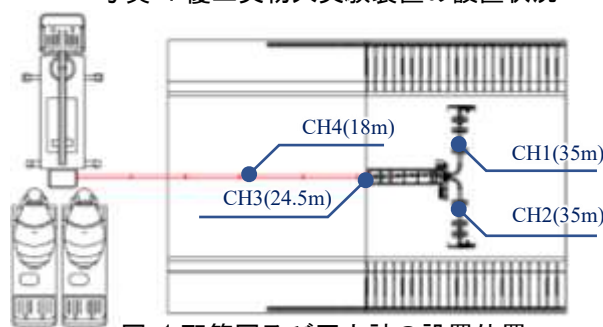


図-1 配管図及び圧力計の設置位置

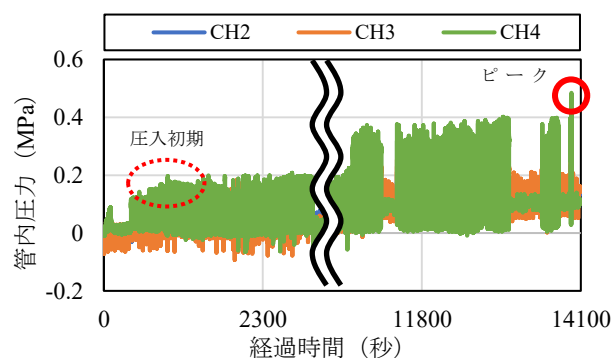


図-2 圧力計測結果の全体図

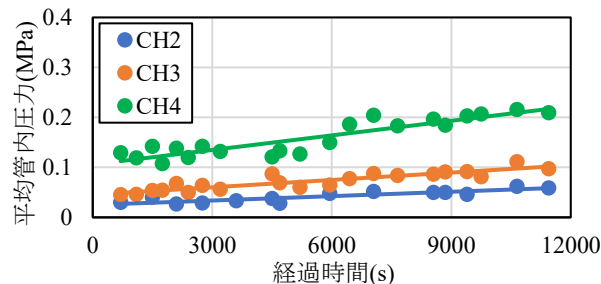


図-3 経過時間による平均管内圧力の推移

キーワード 自己充填コンクリート、トンネル覆工、充填性、圧入、管内圧力

連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学 TEL047-478-0445

ら、順調圧送状態であったと判断された。図-3に経過時間による平均管内圧力の推移を示す。従来の圧送と同様に、水平換算距離が大きくなるにつれて平均管内圧力は低くなる結果となった。一方で、全てのCHにおいて時間経過とともに平均管内圧力の値は徐々に上昇していく傾向がみられた。これはコンクリートを圧送する力と型枠に圧入されたコンクリートの自重の影響を受け、管内圧力が徐々に上昇したと考えられる。本研究では、このコンクリートの自重による影響、つまりコンクリートを圧送する力が発生しないピストン未稼働時（左右の配管の切り替えの際に生じる）の管内圧力を自重圧とした。図-4に管内圧力から算出した自重圧と圧力センサ（圧入口付近とその直上）の圧力の推移を示す。圧力センサ直上のコンクリートが圧入されるにつれて自重圧の値は、徐々に上昇していくことが確認された。また、圧入口付近の圧力センサ直上のコンクリート高さから想定圧力を算出し、自重圧の値と対比すると、概ね一致することが確認された。そのため、配管に設置した圧力計から得られた自重圧の値は、型枠に設置した圧力センサの値と同等の結果となり、充填状況の把握が可能であることが示唆された。

次に、計測で得られた管内圧力を自重圧補正無、計測で得られた管内圧力から自重圧を減じた圧力を自重圧補正有として比較した。圧入初期（図-2 破線丸部）の平均管内圧力を1とした場合の最大管内圧力（図-2 赤丸部）の圧力比を図-5に示す。自重圧補正有の圧力比よりも、補正無の圧力比の方が全てのCHにおいて大きく、CH2（圧入口側）の補正無の圧力比が最も大きな値を示した。よって、圧入初期の値を1とした場合の最大管内圧力の圧力比（自重圧補正無）から充填完了を確認する目安の判断ができると考えられる。

写真-2に脱型後の覆工コンクリートの状況を示す。コンクリート表面には充填不良等は確認されず、巻き込み空気が入りやすいスプリングライン下方にも表面気泡はなく、良好な状況であった。また、今回の圧力の結果から圧入終了判定も可能であることが示唆された。

4. まとめ

本検討より、セントル下部から自己充填コンクリートを圧入する方法に対して、管内圧力を計測することで、充填状況の把握、充填完了の目安の確認が可能であることが示唆された。圧入初期を1とした場合の平均管内圧力の値の圧力比（自重圧補正無）を計測することが充填完了の目安の判断として有効であり、今後は、最適な充填完了の閾値の検討を行っていく予定である。

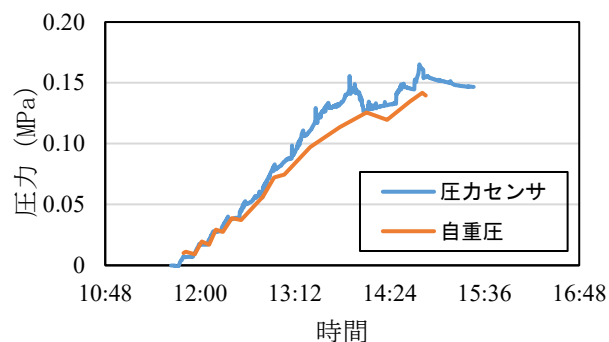


図-4 管内圧力から算出した自重圧と圧力センサの圧力の推移

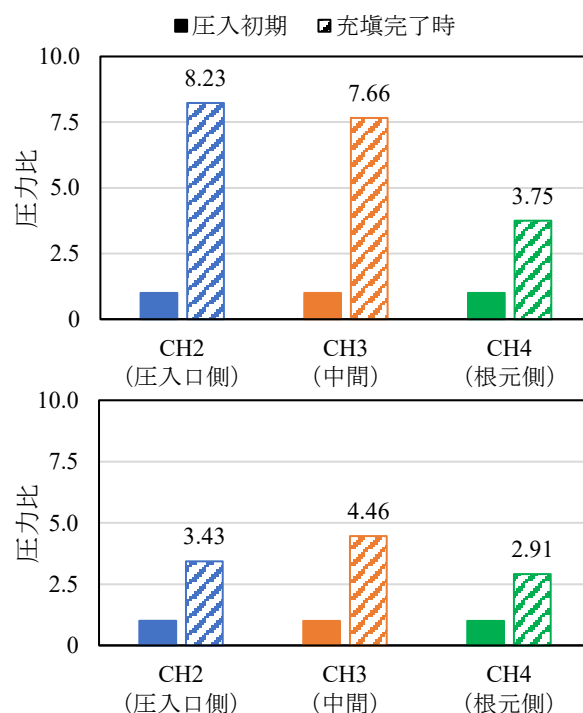


図-5 圧入初期の値を1とした場合の最大管内圧力の圧力比
（上：自重圧補正無，下：自重圧補正有）



写真-2 脱型後の覆工コンクリートの状況

5. 参考文献 1) 小山広光，弘光太郎，藤原正佑，小野知義，宇野洋志城，橋本紳一郎：「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2）壁状型枠を用いた圧入実験」，佐藤工業技術研究所報 No.46.2021