

分岐配管を用いた圧入による覆工コンクリートの急速施工に関する実験施工

(株)奥村組 正会員 ○齋藤 隆弘 正会員 張 志瑄
 正会員 浜田 元 正会員 池島 智昭

1. はじめに

長大な山岳トンネル工事において、急速施工へのニーズが高まる中、覆工コンクリートの急速施工法の開発に取り組んだ。本工法は、2日に1回の打設サイクルを確保する中で、1施工スパン長を従来よりも延長することにより覆工コンクリートを急速施工する。具体的には、複数のコンクリートポンプを使用することで時間あたり打設量を増大するとともに、圧入方式を併用してコンクリートを打ち込むことで配管切替え回数を低減し打ち込みの中断時間を短縮する。なお、本工法では、セントルの変状を抑制するため、打設高さが左右均等になるよう配管を分岐させ、左右同時に打ち込みを行う。今回、本工法のうち、圧入方式を併用し左右同時に打設する技術について実験施工を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験方法

実験施工は、2車線の道路トンネル（掘削断面積 80m²、覆工設計厚 30cm）で行った。実験施工には、同トンネルで稼働中の延長 10.5mのセントルを用いた。実験施工のコンクリートは、非鋼繊維を混入した中流動コンクリートであり、示方配合を表-1に示す。

表-1 コンクリートの示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
		水 W	セメント C	石粉 LS	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 AE 減水剤	繊維
50	47.2	175	340	100	789	898	4.4	3.18

※最大骨材寸法：25mm、スランプフロー：35~40cm

側壁の打設方法として、図-1に示す2ケースを設定し実験施工を行った。図-1から、(a)は「流し込み方式」による従来技術、(b)は「圧入方式」を併用する開発技術の打設手順を示している。なお、両ケースとも、1台のコンクリートポンプを使用し、分岐配管により左右同時にコンクリートを打ち込み、流量調整用ピンで左右の打ち込み量を調整した(写真-1)。



写真-1 分岐配管

実験施工の測定項目を表-2に示す。本技術の現場への適用性を確認するため、打設時には、セントルの圧力や変位、打設高さを測定した。なお、同圧力や変位の測定位置は図-1中に示した。また、脱型後には、覆工コンクリート表面において、非破壊試験（透気試験、シュミットハンマー試験）、目視観察を行い、品質や出来栄を調査した。

表-2 測定項目

時期	測定項目
打設時	<ul style="list-style-type: none"> ・セントルの圧力、変位 ・各時間における打設高さ
脱型後	<ul style="list-style-type: none"> ・透気係数 ・一軸圧縮強度（換算値） ・出来栄（模様、気泡など）

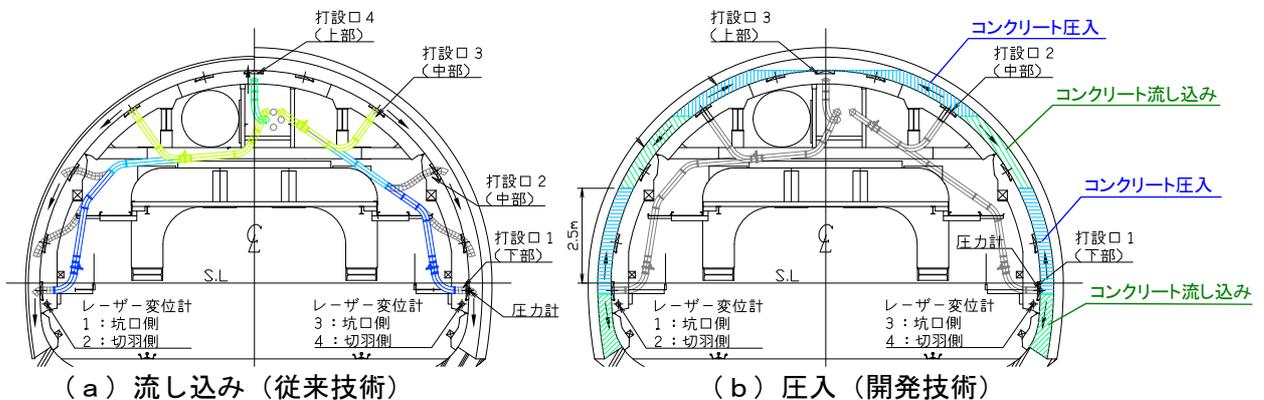


図-1 打設手順

キーワード 覆工コンクリート、分岐配管、圧入打設、急速施工、実大実験

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 (株)奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1521

3. 実験結果

a. セントルの圧力

側壁下部の型枠に作用する圧力の測定結果を図-2に示す。同図は、測定圧力と圧力計の位置を基準としたコンクリートの打設高さとの関係を表しており、流し込み（従来技術）と圧入（開発技術）の結果を並べて示している。また、同図には、コンクリートが液状として型枠に作用する際の圧力の計算値（圧力理論値）を併記している。

図-2から、側壁下部の圧力は、流し込みと圧入で同様の推移を示した。同圧力は、打設高さ 1.2m までの範囲において、理論値とほぼ同じ勾配で増加し、それ以上のコンクリート高さになると、圧力の増加勾配は緩やかになった。側壁の打設中において、圧力の最大値は 30~35MPa 程度であり、両者で大きく変わらない。

b. セントルの変位

側壁下部の型枠において、最大変位が現れた位置の測定結果を図-3に示す。同図は、測定変位と打設開始からの経過時間との関係を表しており、流し込みと圧入の結果を並べて示している。

図-3から、側壁下部の最大変位は、流し込み、圧入とも 8mm 程度であり、両者でほとんど変わらない。

c. 非破壊試験

非破壊試験の結果を表-3に示す。同表には、各ケースに分けて、透気係数と換算一軸圧縮強度の結果を示している。なお、試験の測点は、S.L.の高さで3箇所（切羽側、スパン中央、坑口側）、肩部で2箇所（切羽側、坑口側）とした。

表-3から、透気係数は、流し込みで $0.24 \sim 2.21 (\times 10^{-16} \text{m}^2)$ 、圧入で $0.26 \sim 1.11 (\times 10^{-16} \text{m}^2)$ となり、部分的にばらつきを示すところもあったが、両者で大きく変わらない。また、各測点の結果より算出した平均値は、両者でほぼ同じ値となった。

換算一軸圧縮強度は、流し込み、圧入とも $26.6 \sim 30.4 \text{ N/mm}^2$ であった。また、各測点の結果より算出した平均値は、両者でほぼ同じ値となった。

d. 出来栄

目視観察から、覆工コンクリート全体の出来栄は、流し込みと圧入で大きな違いがなかった。圧入の出来栄を写真-2に示す。一方、圧入では、打設口の周辺に縞状の模様、打設口の上部に気泡の集中が確認されることがあった。しかし、実験施工を繰り返す中で、締固め方法を工夫することにより、これらの不具合を改善できる見通しを得ている。

4. まとめ

覆工側壁において、圧入方式を併用する打ち込みの実験施工を行い、従来の流し込み方式の結果と比較した。その結果、圧入により、セントルに過大な圧力や変位が生じないこと、覆工コンクリート表面の品質に有意な違いが生じないことを確認した。今後も、引き続き、本工法の確立に向けて取り組みを進めたい。

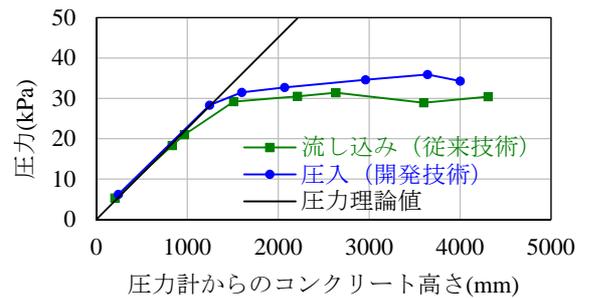


図-2 セントルの圧力と打設高さの関係

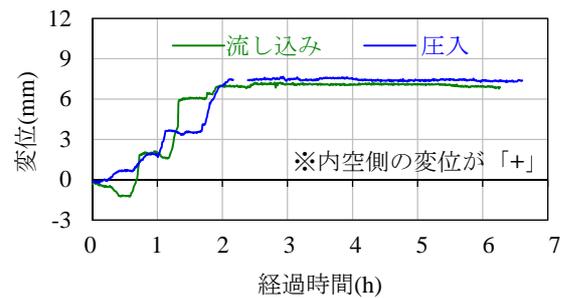


図-3 セントルの変位

表-3 非破壊試験結果

測点	流し込み (従来技術)		圧入 (開発技術)	
	KT	f_{ck}	KT	f_{ck}
S.L.切羽側	0.78	26.6	0.42	28.5
S.L.中央部	2.21	29.1	1.11	26.6
S.L.坑口側	0.24	29.1	0.46	26.6
肩部切羽側	0.26	30.4	0.26	30.4
肩部坑口側	1.37	30.4	1.59	28.5
平均値	0.97	29.1	0.77	28.1

KT : 透気係数($\times 10^{-16} \text{m}^2$)、 f_{ck} : 換算一軸圧縮強度(N/mm^2)
 ※中流動コンクリートの呼び強度は 24.0 N/mm^2



写真-2 出来栄 (圧入)