

型枠バイブレータによる覆工コンクリート締固めの最適化に関する取組み

飛島建設土木事業本部 正会員 ○築地 功
 飛島建設土木事業本部 正会員 筒井 隆規
 飛島建設土木事業本部 正会員 平間 昭信
 飛島建設土木事業本部 正会員 熊谷 幸樹
 飛島建設土木事業本部 正会員 滝波 真澄

1. はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリートの打設作業では、セントル内が狭隘な空間であることから、作業員は苦渋作業を強いられているのが現状である。また、覆工の背面空洞や締固め不足は初期欠陥になりうることから、合理的で確実性の高い覆工コンクリートの打設、締固め方法の確立が求められている。筆者らは、このような課題を解決する有力な手法として、中流動コンクリートと型枠バイブレータの集中制御システムを配備したセントル設備を組み合わせ、品質向上および施工の合理化の取り組みを行ってきた¹⁾。さらに、「型枠バイブレータによる締固めの普通コンクリートへの積極的な活用」が合理化施工の一つの方向性であると考え、現場適用を行ってきた²⁾。今回、天端部締固めに多く採用されている引抜きバイブレータと型枠バイブレータをそれぞれ使用した場合のコンクリート品質の違いを把握するため、実物大模型による模擬実験を行ったので、その概要と結果について報告する。

2. 実験概要

(1) 締固め方法

実験は実物大のセントル天端部を模した模擬型枠（縦 3.0m×横 2.8m×厚さ 0.4m、 $V=3.3\text{m}^3$ ）2基を用い、それぞれ引抜きバイブレータ2台と型枠バイブレータ4台を使用して打設したコンクリートの品質を比較することにより締固め方法の違いが品質に与える影響を検証した。

(2) コンクリート配合

使用するコンクリートは、一般的な覆工コンクリート配合の 24-15-20-BB である。

(3) 試験項目及び試験方法

圧縮強度、空隙率および粗骨材分布を測定するため、模擬型枠に打設したコンクリート（以下、大型供試体と記す）から直径 10cm、高さ 40cm 程度のコアを採取し、3分割して高さ 11cm 前後のコア供試体を作製して各試験を行った。また、トンネル内空側に相当する大型供試体下面に対して、透気性試験およびテストハンマー反発度の測定を実施した。試験項目、試験方法および試験箇所数を表-1 に、コア採取位置を図-1 に示す。

表-1 試験項目、試験方法および試験箇所数

試験項目	試験方法	試験箇所数	
		引抜き	型枠
圧縮強度	JIS A 1107 に準拠。 コアの採取位置は図-1 参照。	60	90
粗骨材分布	採取したコアの粗骨材（約 5mm 以上の骨材を対象）をトレースし、粗骨材面積を試験体表面積で除して面積率を算出した。	32	40
透気性試験	原位置において、材齢 28 日でトレント法により、透気係数の測定を行った。	5	5
反発度測定	原位置において、材齢 28 日でテストハンマーにより、反発度の測定を行った。	20	30

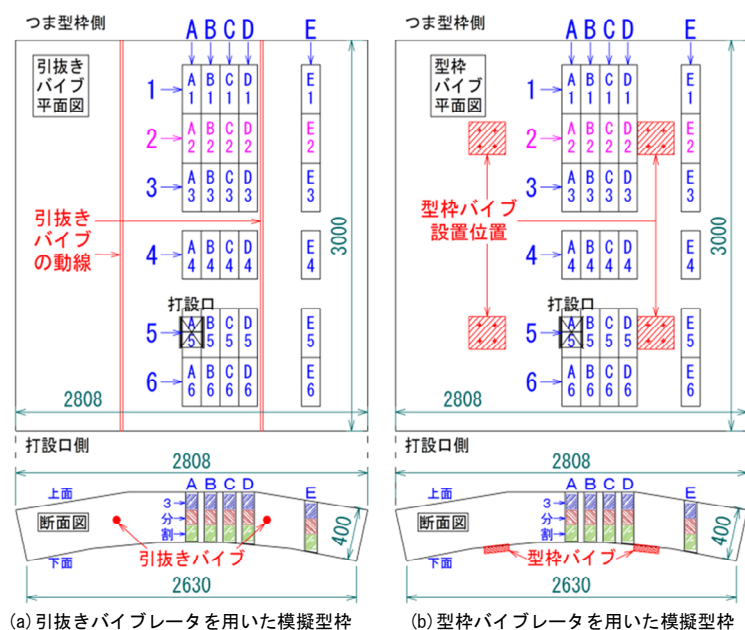


図-1 コア採取位置 平面図(上)と断面図(下)

キーワード トンネル、覆工コンクリート、引抜きバイブレータ、型枠バイブレータ、締固め

連絡先 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP R&D 棟 2F 飛島建設土木事業本部 TEL 044-829-6713

3. 試験結果

(1) 圧縮強度（材齢 28 日，図-1 の 2 列目（A2～E2））

図-2 に材齢 28 日の圧縮強度試験結果の一部を示す．引抜きパイプレータの圧縮強度は，図-3 に示す上層，中層，下層それぞれの場所による顕著な差がなく，均質であった．それに対して型枠パイプレータは，下層の圧縮強度平均が上層より 4.8N/mm² 高い結果となった．

(2) テストハンマー反発度（材齢 28 日，大型供試体下面）

引抜きパイプレータの反発度はほぼ均一で，圧縮強度に換算して平均 27.3N/mm² という値であった．一方，型枠パイプレータの強度もほぼ均一であるが，平均 30.7N/mm² と引抜きパイプレータより 3.4N/mm² 高い結果となった．

(3) 透気係数（材齢 28 日，大型供試体下面）

トレント法による透気係数の測定を行った結果を表-2 に示す．透気係数の値は全て 1×10⁻¹⁶m² 以下と，トレント法による 5 段階評価では『普通』以上であった．また，締固め方法の違いによる有意な差は見られなかった．

(4) 粗骨材分布（図-1 の 2 列目（A2～E2））

図-4 にコア供試体の端面に表れた粗骨材分布の結果を示す．引抜きパイプレータは図-3 に示す 4 段目の粗骨材が 21.7%と少ないが，他は 32%前後で均一に分布している．一方，型枠パイプレータは 1 段目の粗骨材が 7.9%と少なく，また 4 段目は 43.0%と多い結果となった．

4. まとめ

本実験では，普通コンクリートを型枠パイプレータのみで締固めた場合でも設計基準強度を満足する覆工コンクリートの打設が可能であることが明らかとなった．また，型枠パイプレータは覆工コンクリートの耐久性に影響するトンネル内空側の圧縮強度を向上させることがわかった．

型枠パイプレータの上層と下層の圧縮強度の差は，粗骨材分布率と相関関係にある可能性が高く，過剰な締固めは粗骨材の沈降を招き，上層の圧縮強度の低下に繋がるデメリットがある．そこで今後は，加速度計を用いてコンクリート内部の振動エネルギーを求めて品質との関係を明らかにし，型枠パイプレータの使用により粗骨材が過剰に沈降しない締固め方法を検証していく予定である．

【参考文献】 1) 平間昭信，他：増粘剤を用いた中流動コンクリートの開発および現場適用—東九州自動車道新津トンネル工事一，とびしま技報，第 60 号，pp.1-10，2011．

2) 柳森豊，他：豊見城トンネルにおける覆工コンクリート打設の取り組み，とびしま技報，第 62 号，pp.67-68，2013．

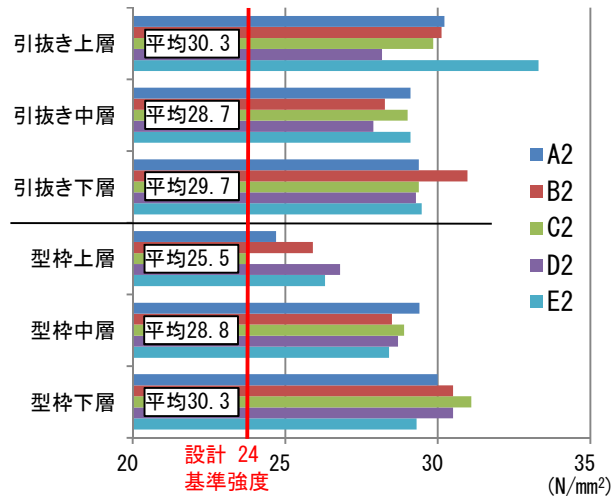


図-2 材齢 28 日圧縮強度（2 列目）

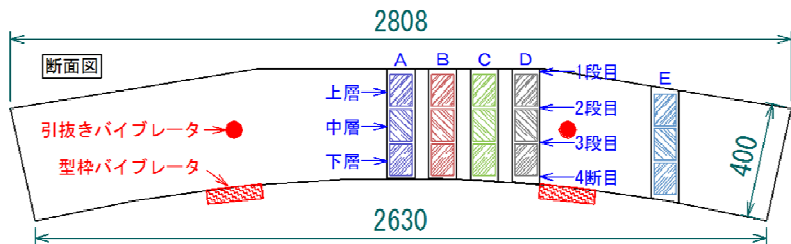


図-3 断面拡大図

表-2 透気係数計測結果

計測位置	場所	透気係数 (×10 ⁻¹⁶ m ²)	評価
引抜きパイプ下面	A2	0.0047	非常に良い
	D2	0.0160	良い
	A3	0.0010	非常に良い
	B3	0.0100	良い
	D3	0.5200	普通
型枠パイプ下面	A1	0.0260	良い
	B1	0.0310	良い
	D1	0.1600	普通
	A4	0.0035	非常に良い
	D4	0.0080	非常に良い

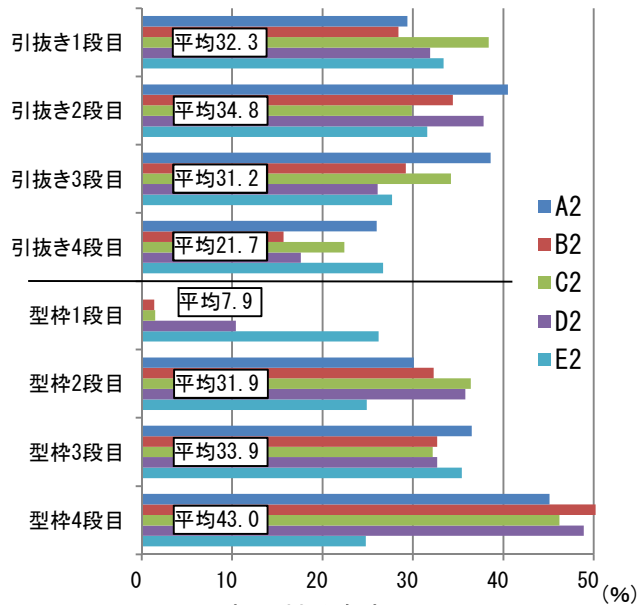


図-4 粗骨材分布率（2 列目）