

レール移動式型枠バイブレータを用いた中流動覆工コンクリートの施工

(株)大林組 正会員 ○齊藤 佑貴 (株)大林組 正会員 谷口 信博

(株)大林組 正会員 桜井 邦昭 (株)大林組 正会員 西浦 秀明

中日本高速道路(株) 間井 博行

1. はじめに

新東名高速道路雁峰トンネル（上り線 788m, 下り線 798m）では、トンネル覆工の品質および施工性向上を目的として、中流動コンクリートを採用し、SL 下部を除き型枠バイブレータによる締固めを行っている。

通常用いる固定式型枠バイブレータは、その近傍では十分な振動エネルギーが作用するが、離れた位置では作用するエネルギーが極端に小さくなる。また、セントルの構造上、サイドフォームとアーチフォーム間のヒンジを介すと振動エネルギーが伝搬し難いことが指摘されている¹⁾。そこで、セントル軸方向の各所に移動用レールを設け、コンクリートの打上り高さに応じて型枠バイブレータを移動させて、確実に締固めが行える施工法を開発した。本稿では、レール移動式型枠バイブレータを用いたトンネル覆工の施工方法と、その締固め効果について示す。

2. 本工事で用いた中流動コンクリートの配合

中流動コンクリートの配合を表 1 に示す。本工事で使用するレディーミクストコンクリート工場が所有する粗骨材は表乾密度 $3.0\text{g}/\text{cm}^3$ の重量骨材であった。試験練りにより、品質および経済性に優れる配合として、粉体増量材として石灰石微粉末を用い、かつ減水剤に増粘型高性能 AE 減水剤を用いた「併用系」の中流動コンクリートを採用することにした。表に示す配合は、管理要領²⁾に示される要求性能を満足する配合である。

3. レール移動式型枠バイブレータの概要および特徴

図 1 にレール移動式型枠バイブレータの概要を示す。型枠内側に移動用レール（2.5m 間隔）を取り付け、型枠バイブレータ（出力 550W）を設置する。型枠バイブレータは、電動式引上げウィンチで移動させ、締付け治具にて固定する。なお、サイドおよびアーチフォームの間には専用のジョイントレールを設置する。

固定式および移動式の型枠バイブレータによる締固め範囲の概念図を図 2 に示す。移動式型枠バイブレータは、打ち込んだコンクリートの近傍でバイブレータを

作動できるため、①確実な締固めおよび下層コンクリートとの一体化が図られる、②振動エネルギーの極端に小さい箇所の発生を防止できる等の長所を有する。

型枠バイブレータの移動および固定作業は、左右 2 名ずつ配置した作業員によって、1 台のコンクリート（ 4m^3 ）の打込み中（約 7 分間）に行うことができた。そのため、これまでと同様の作業時間で、トンネル覆工の施工を行うことが可能である。なお、天端部は左

表 1 中流動コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						混和剤
		W	C	LS	S1	S2	G	
51.5	57.2	175	340	30	606	396	847	VA

C: 普通ポルトランドセメント, LS: 石灰石微粉末, S1: 石灰砕砂

S2: 陸砂, G: 粗骨材 2005(輝緑岩), VA: 増粘型高性能 AE 減水剤

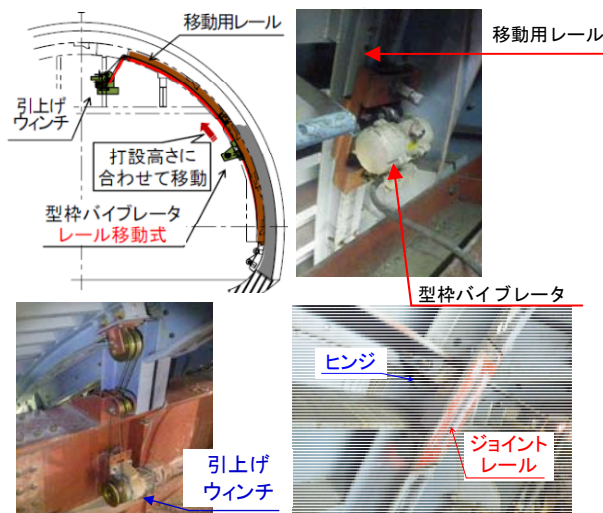
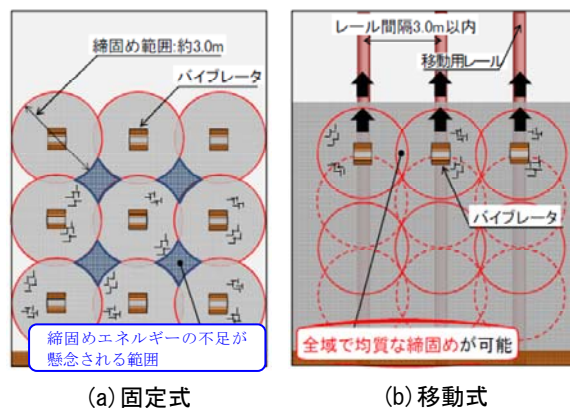


図 1 レール移動式型枠バイブレータの概要



(a) 固定式

(b) 移動式

図 2 型枠バイブレータの締固め可能範囲の概念図

キーワード 覆工, レール移動式型枠バイブレータ, 併用系中流動コンクリート, 振動エネルギー, 品質向上

連絡先 〒441-1351 住所 愛知県新城市稲木 1469 (株)大林組 第二東名雁峰工事事務所 TEL0536-24-3203

右1列ずつ合計 10 台の固定式型枠バイブレータを設置して締め固めた。

4. 振動エネルギーの伝搬範囲の検証

初回コンクリート施工時に型枠バイブレータからの距離と振動エネルギーの関係を調査した。測定ポイントを図3に、測定結果を表2に示す。同表より、バイブレータ周辺 1.5m 範囲で振動エネルギーは大差が無い。次に、型枠バイブレータの種類と時間当たり振動エネルギーの関係を表3に示す。同表より、移動式型枠バイブレータ中心と中間との振動エネルギー差は57%であり、固定式型枠バイブレータ(同出力)での差90%¹⁾に比べて非常に小さい。すなわち、固定式に比べ移動式の方がコンクリートを一様に加振できるので、場所による締め固め度の過不足が低減する。本トンネルでは、移動式型枠バイブレータの振動時間を 40 秒程度とすることで、充填に必要な振動エネルギー $3.7(\text{J/L})^2$ を中流動コンクリートに万遍無く付与できた。

5. 硬化コンクリートの品質確認

下り線中央付近の3ブロックで、テストハンマーによる反発度とトレント法による透気係数により硬化コンクリートの強度と緻密性を現地測定した。測定結果を表4と表5に示す。

反発度はレール移動式型枠バイブレータの場合に各測定位置でのばらつきが最も小さく、透気係数は三者で大差が無い。移動式型枠バイブレータを用いることで、施工の進捗に合わせて打設面が上昇し振動エネルギーにばらつきが生じ易い側壁部でも、固定式と同等以上の品質を確保できることを確認した。

6. まとめ

空気バタ抑制対策に棒状バイブレータを適用する SL 下方を除き、型枠全長に渡りコンクリートが打ち上がる SL から肩部にレール移動式型枠バイブレータを適用することで、中流動コンクリートを効率良く締め固めることができ、ばらつきが小さく均質なトンネル覆工を構築できることを確認した。

参考文献

- 1) 村崎慎一他；トンネル全線に中流動コンクリートを適用し高品質覆工に挑戦，トンネルと地下，Vol.41, No.12, pp.7-16, 2010.12
- 2) 東・中・西日本高速道路株式会社；トンネル施工管理要領(中流動覆工コンクリート編)，2012.7

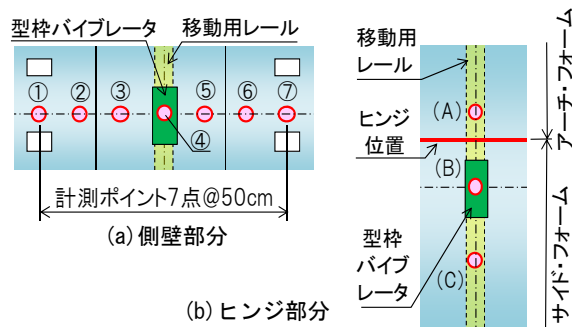


図3 振動エネルギー測定ポイント

表2 振動エネルギー測定結果

部位	測定ポイント	型枠バイブレータからの距離(m)	最大加速度(m/s^2)	振動数(Hz)	時間当たりの振動エネルギー($\text{J/L}\cdot\text{s}$)	充填に必要な振動時間(s)
側壁部分	①	1.5	11.1	15.9	0.45	8.2
	②	1.0	11.2	35.7	0.20	18.2
	③	0.5	16.2	144.8	0.10	35.3
	④	近傍	33.2	118.8	0.54	6.9
	⑤	0.5	23.8	103.0	0.32	11.6
	⑥	1.0	10.1	40.2	0.15	25.0
	⑦	1.5	9.5	50.4	0.10	35.5
ヒンジ部分	(A)	0.5	20.5	169.9	0.14	25.7
	(B)	近傍	34.1	113.5	0.60	6.2
	(C)	0.5	19.8	118.5	0.19	19.2

表3 サイドフォームでの振動エネルギー

型枠バイブレータの種類	測定の位置		バイブレータの間隔
	パイプ中心	パイプ中間	
レール移動式	0.54 100%	0.23 43%	2.5m
固定式 ¹⁾	1.17 100%	0.12 10%	3.0m

<凡例>上段: 時間当たり振動エネルギー($\text{J/L}\cdot\text{s}$)、下段: エネルギー比率(%)

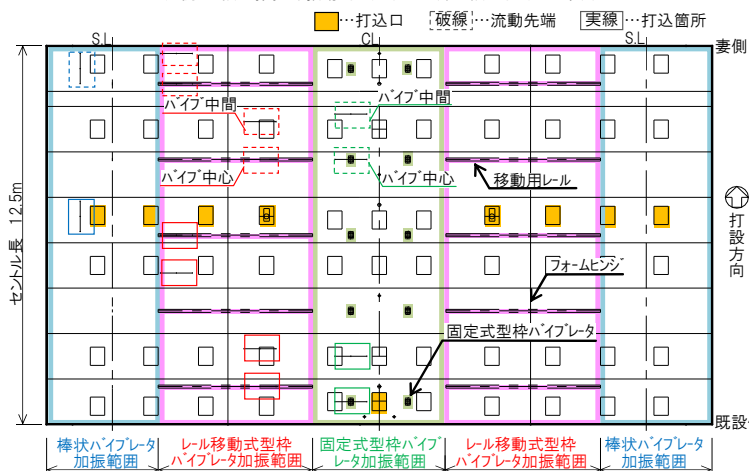


図4 バイブレータ配置と品質確認試験位置

表4 反発度測定結果

部位	SL下		SL上～肩部				天端部			
	打込み箇所	流動先端	レール移動式型枠				固定式型枠			
測定位置	打込み箇所	流動先端	パイプ中心	パイプ中間	パイプ中心	パイプ中間	パイプ中心	パイプ中間	パイプ中心	パイプ中間
			41.7	40.8	41.3	40.7	46.0	41.1	43.2	40.8
平均値*	42.4	40.5	41.3		41.0		43.6		42.0	
パイプ中心とパイプ中間の差*	打込み箇所と流動先端の差*		+0.9		+0.6		+4.9		+2.4	
			+1.9		+0.3		+1.6			

表5 透気係数測定結果

部位	SL下		SL上～肩部				天端部			
	打込み箇所	流動先端	レール移動式型枠				固定式型枠			
測定位置	打込み箇所	流動先端	パイプ中心	パイプ中間	パイプ中心	パイプ中間	パイプ中心	パイプ中間	パイプ中心	パイプ中間
			2.4	3.0	2.7	2.5	2.1	1.7	1.5	1.5
平均値*	2.6	1.8	2.7		2.6		1.9		1.5	
パイプ中心とパイプ中間の差*	打込み箇所と流動先端の差*		-0.6		+0.2		+0.4		0.0	
			+0.8		+0.1		+0.4			