

中流動覆工コンクリートの打込み締固め方法

西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所

信永 博文

清水建設(株)関西支店川辺第一トンネル作業所

正会員○山本 将

清水建設(株)関西支店川辺第一トンネル作業所

正会員 木村 厚之

1. はじめに

中流動覆工コンクリートは、流動性に優れ、材料分離がないフレッシュコンクリートを移動型枠内に打込み、型枠バイブレータで締固めることを基本にしている。覆工施工の基本は、トンネル施工管理要領(NEXCO総研,平成27年7月版)に示されており、これをベースにして、覆工施工状態を可視化、これを参考にして次施工を判断する中流動覆工コンクリートの打込み締固め方法を「中流動覆工コンクリート打込み締固め管理システム」としてPCシステム化し、材料分離のない均等で密実な覆工コンクリート施工を試みた。

本報告では、このPCシステムをモデル施工に採用し、各種センサからの打込み締固め状態と締固めエネルギー値をPC画面で確認しながら次施工を判断する方法の適用性と有効性が確認されたので報告する。

2. コンクリート配合

モデル施工は、標準支保パターンDⅠ-bを全断面工法爆破掘削で施工した13BLで行った。

表-1 中流動覆工コンクリート配合(T3-4(Ad))

材齡 28 日 壓縮強度 (N/mm ²)	粗骨材 最大寸 法 (mm)	水結合材 比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	單位量 (kg/m ³)							混和劑 Ad (C×%)
				C	W	S1	S2	G1	G2	纖維 FB	
24	20	50.0	51.0	350	175	612	261	430	430	2.73	1.40

コンクリート種別は、繊維補強覆工コンクリートT3-4(Ad)である(表-1)。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材はS1(川砂)とS2(砕砂)、粗骨材はG1(碎石1505)とG2(碎石2010)、混和剤は増粘剤一液タイプ高性能AE減水剤(Ad,MGL6500)を使用する。繊維(FB)は、比重が0.91のポリプロピレン、φ0.72×47である。

表-2 締固め用バイブレータとセンサ

機器・計器	規格・性能値	台数	用途
型枠バイブレータ	550W,100Hz	60	コンクリート締固め
挿入式バイブレータ	φ50,高周波	8	コンクリート締固め(SL下)
スライドセメントル	L=12.5m	1	覆工用移動型枠
コンクリートセンサ	1.0N/mm ²	10	コンクリート表面位置検知
加速度計	235m/s ²	20	締固めエネルギー算定
圧力温度センサ	1.4N/mm ² ,85℃	8	側圧,打止め圧力,脱型枠強度

3. コンクリート打込み締固め方法

SL下は挿入式バイブレータ,SL上は型枠バイブレータ(VB)を使用する。VB間隔は、高さ方向1.5m以下、延長方向3.0m以下である(図-1)。締固めエネルギーは、加速度センサの最大値で算定する。

- ・側部の打込みは、6間目の左右4箇所、肩部と天端部は、吹上げ口の3箇所とする。
- ・打込み単位は、側部と肩部は片側2m³ずつ、天端部は4m³を基本とし、その都度、締固める。
- ・VBは、これの30cm上方コンクリートの締固めとし、コンクリート表面位置で切り替える。
- ・VBは、段単位の稼働とし、最大5台の同時稼働、段当たり15秒、最大5回の稼働とする。

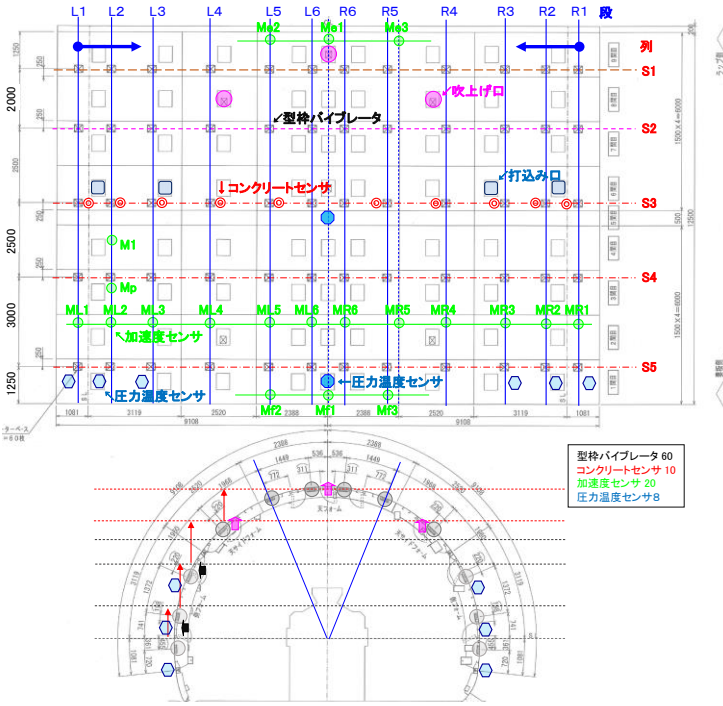


図-1 型枠バイブレータと各種センサ配置概要

キーワード：中流動覆工コンクリート, 型枠バイブレータ, 加速度計, 締固めエネルギー, コンクリートセンサ
連絡先：〒649-1325 和歌山県日高郡日高川町中津川 1357-2, Tel.050-5578-4792, yamamoto.s@shimz.co.jp

4. 打込み締固め状況

機械や装置，システムなどにトラブルはなかった．VB 締固め後のフレッシュコンクリートは水平となり，ブリージング水はなく，材料分離はみられず，良好なフレッシュコンクリートの打込み締固めが可能であった．覆工表面の目視観察から，剥離，気泡，色むら，打重ね線などは見られず，仕上がりは良好である(写真-1)．



写真-1 覆工表面状況（天端部）

5. VB締固め時間と最大加速度

VB 間隔を 3.0m とするその中間位置に装着した 12 個の加速度計からの最大加速度と VB 締固め時間は，図-2 に示す．VB 締固め時間は 30 と 45 秒，締固め回数は，SL 段①と肩部⑤は 2 回，この他は 3 回の加振である．最大加速度は，概ね 0.5m/sec^2 以下である．アーチと天端部は $1.5\sim 4\text{m/sec}^2$ と大きい．

6. 締固めエネルギー

・VB間隔3.0mの中間位置での加振段の最大加速度から算定する締固めエネルギー値の累積は，左側部①②③段を除くと， 15J/L 以下， 30J/L 以下に大別できる．左②段は，操作間違いにより， 205J/L となっている(図-3上)．

・切羽側と坑口側の両端部アーチと天端部のVB位置から1.0m離れの締固めエネルギー値の累積は，坑口側トンネル中心の 80J/L を除くと， $10\sim 30\text{J/L}$ である(図-3中)．

・加振②段目のVB直近およびVB間隔が3.0mと2.5mのそれぞれ中間位置における締固めエネルギー値の累積は，VB直近位置で 129J/L である．VB間隔が3.0mは 23J/L ，2.5mは 26J/L となり，VB間隔の違いによる差は小さい(図-3下)．

以上から，締固めエネルギー値は，VB 配置間隔により 1 段当たり 3 回の加振となり，適正締固めエネルギー値 3.7J/L の 3～10 倍となっている．しかしながら，覆工コンクリートの目視観察から，コンクリート表面状態は良好であり，仕上がり品質上の課題はみられない．

7. まとめ

締固めエネルギー，締固め時間の画面による確認，打込みコンクリート表面位置で加振段 VB を選択する PC システムによる半自動打込み締固め方法の有効性を確認した．今後は，覆工性能試験を実施し，締固めエネルギー分布と均質性の関係を確認，評価し，PC システムを見直す予定である．

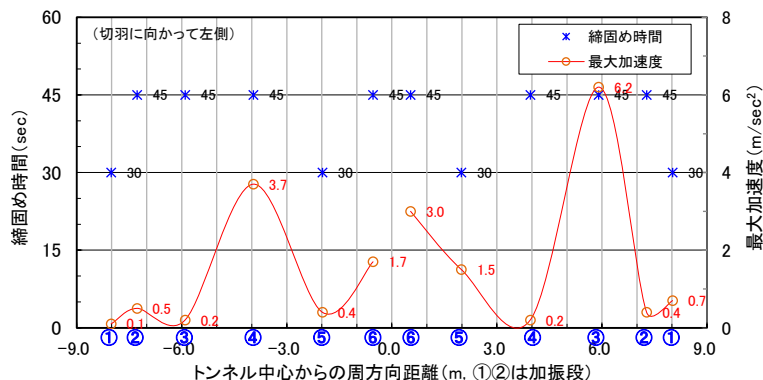


図-2 締固め時間と最大加速度

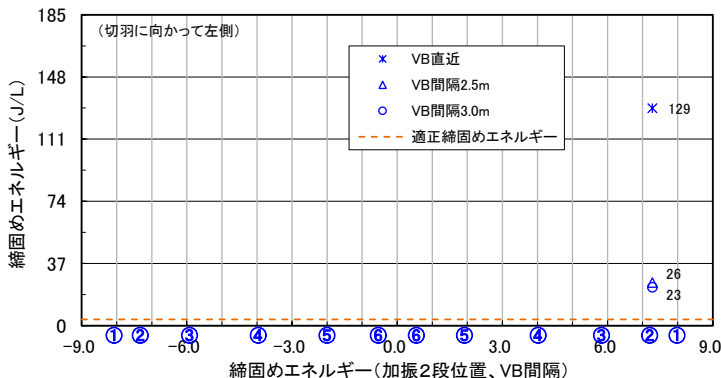
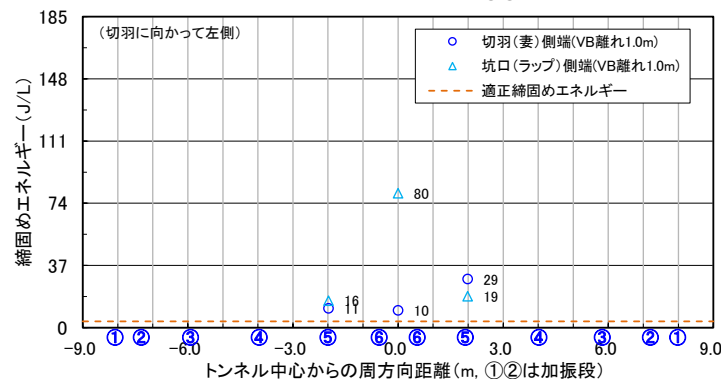
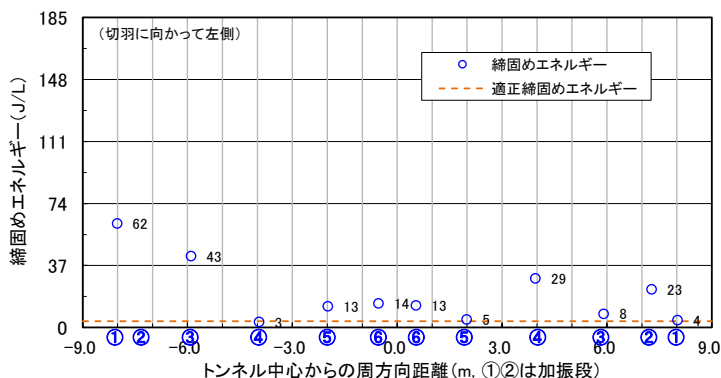


図-3 締固めエネルギー（上：VB 間隔 3m，中：両端部）