

中流動覆工コンクリート自動施工の可視化

西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所 非会員 信永 博文
 西日本高速道路(株)関西支社技術課 正会員 山中 慎也
 清水建設(株)関西支店土木第一部 正会員○山本 将

1. はじめに

中流動覆工コンクリートの自動施工は、覆工コンクリート施工をパターン化し、各種センサで施工状況と締固め状態を数値化し、確認しながらマニピュレータ方式打込み装置と型枠バイブレータをPCシステムで自動制御する。このPCシステムの覆工コンクリート自動施工の適用性と有効性がモデル施工で確認でき、打込み時と打止め時のコンクリート圧力、締固めエネルギー、反発度などの覆工施工パラメータの基本データが得られたので報告する。

2. 中流動コンクリート配合

示方配合を表-1に示す。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(砕石1505)とG2(砕石2010)、混和剤Adは増粘剤一液タイプ高性能AE減水剤(MGL6500)を使用する。繊維(FB)は、比重が0.91のポリプロピレンφ



写真-1 T3-4(Ad)スランプ試験結果
(筒先サンプリング)

0.72×47である。T3-4(Ad)のスランプ試験結果を写真-1に示す。

表-1 中流動覆工コンクリート示方配合

種別	T1-4(Ad)	T3-4(Ad)	
W/C(%)	53.0	50.0	
s/a(%)	51.0	51.0	
Gmax(mm)	20	20	
単位量 (kg/m ³)	C	330	350
	W	175	175
	S1	628	621
	S2	267	264
	G1	390	387
	G2	477	473
FB	—	2.73	
Ad(C×%)	1.50	1.60	

3. 覆工自動施工システム概要

中流動覆工コンクリートの締固めは、移動型枠に装着する型枠バイブレータ(VB)の締固めパターンによる自動締固めとする。コンクリート打込みは、吹上げ方式を採用し、PC制御による打込みノズルと可動配管などからなるマニピュレータ方式打込み装置およびコンクリートポンプによる自動打込みである(写真-2)。

打込み締固めはパターン化し、打込み箇所を①～⑯で番号付けし、打込み箇所を左右切り替えながら上方に移動させる。(1)打込みは、PCシステムから打込み箇所番号の打込み開始の確認が求められ、オペレータの確認、指示でコンクリートポンプが稼働し、打込みを開始する。

コンクリートセンサが打込み箇所の打込み高を検知した時点でポンプは自動停止、打込みを終える。その後、(2)型枠バイブレータ締固めを開始し、15秒間稼働する。この(1)(2)を打込み箇所番号⑯まで繰り返す。

施工状況は、11箇所の移動型枠内打込み口のコンクリート打込み圧力とポンプ車コンクリート押込み圧力を連続測定し、把握、確認する。締固め状態は、締固めエネルギー(Ev)で代表させ、締固めの都度、19箇所の加速度センサから最大加速度を求めEvを算定し、PC画面に出力、締固め時間とともに確認する。

コンクリート打止めは、打止め画面でトンネル中心天端の妻側、中央、ラップ側の3箇所の防水シート表面コンクリート圧力と移動型枠4箇所の沈下量でリアルタイムに計測し、密充填を確認、覆工施工を終える。

キーワード：中流動覆工コンクリート、自動施工、マニピュレータ方式、締固めエネルギー、型枠バイブレータ

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



写真-2 マニピュレータ方式自動打込み装置全景

4. 施工結果

(1) 打込み後フレッシュコンクリートは、ブリージング水はなく、材料分離はみられず良好であった。ポンプ押し込み圧力の平均は 4.1N/mm^2 、打込み箇所別コンクリート圧力の平均は 0.015N/mm^2 であり、吹上げ方式打込み方法に課題はない(図-2)。

(2) VB 間隔 3.0m 中間位置の E_v は、概ね 1J/L である。VB 直近は 5J/L である。1 回当たり締固め時間を 15 秒とする VB パターン締固めは、締固めパターンどおりの締固め回数でおこなわれており、VB 直近と E_v 評価位置の平均値は約 3J/L となり、適正締固めエネルギーと同程度である(図-3)。

(3) 天端防水シート表面のコンクリート打止め圧力は 0.005N/mm^2 を超え、圧力作用下にあり、移動型枠が $-2\sim-5\text{mm}$ 沈下、密充填確認後に打止めた。これは、打止めの数値による管理、判断ができ、自動施工を可能にした(図-4)。

(4) 5 箇所の 3 週間後反発度の平均値は 38.5N/mm^2 である。最大最小差は 3N/mm^2 であり、強度特性の反発度のばらつきは小さい(図-5)。反発度は、 E_v の違いによる差は、適正締固めエネルギー値を確保できているので、有意な差はない。

(5) 吹上げ方式自動打込み装置と VB パターン自動締固めは、剥離、気泡、色むら、打重ね線などは見られず、覆工仕上がり面は良好である(写真-3)。

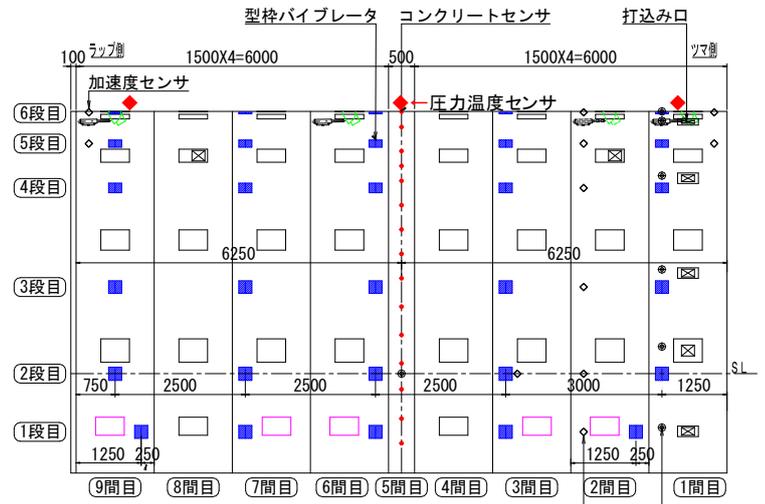


図-1 打込み口・型枠 VB・センサ配置

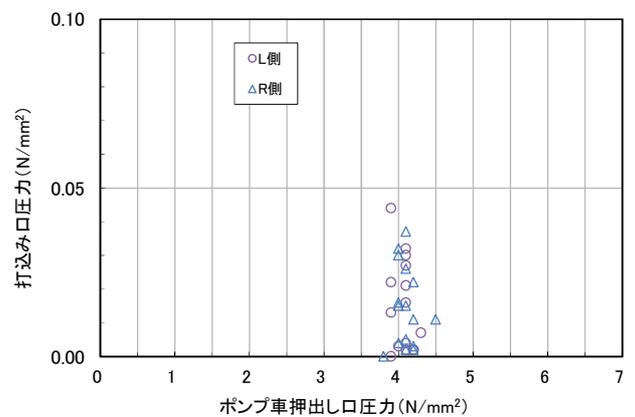


図-2 打込み口コンクリート圧力の最大値



写真-3 覆工コンクリート全景

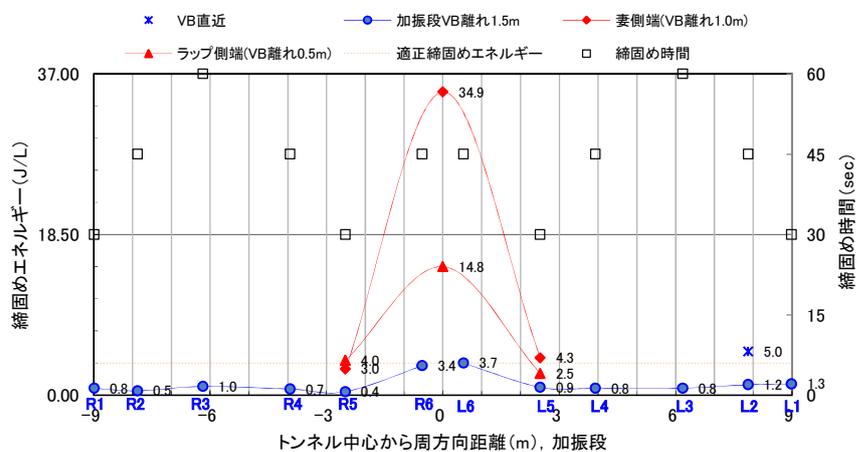


図-3 締固めエネルギー E_v と締固め時間

5. おわりに

計測データに基づく学習型覆工自動施工システムとして改良し、別の機会に報告する予定である。

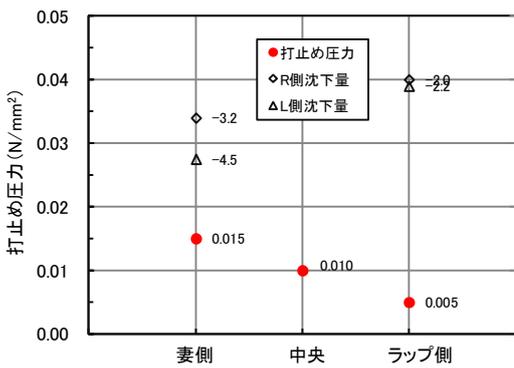


図-4 防水シート表面コンクリート圧力と型枠沈下量

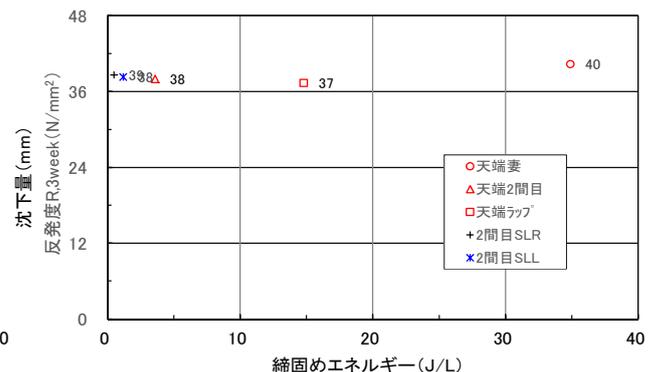


図-5 締固めエネルギー E_v と反発度 R