

URT エlement 函体内への高流動コンクリート一括充填施工について

大成建設(株) 九州支店 正会員 ○陶山 正治
九州旅客鉄道(株) 建設工事事部 施設課 水落 勝美
大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 坂本 淳
大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 梁 俊
大成建設(株) 九州支店 正会員 浦上 一成

1. はじめに

製鉄工場、化学工場が立地する北九州市の北部沿岸地と、ビルが立ち並ぶ商業地である南部の内陸側は、JR 九州在来線、JR 西日本新幹線により南北に分けられている。当該施工箇所は、小倉駅から東へ約 500m に位置し、交通量が非常に多く、付近の踏切は慢性的な渋滞が生じている(図-1)。そのため、北九州市の都市計画道路である砂津長浜線(北九州市事業)の早期貫通が求められている。当工事は、砂津長浜線の一部となる JR 九州在来線 6 線、JR 西日本新幹線高架 2 線の下をアンダーパスする道路トンネルの構築を担当している。本工事では URT 推進工法によりボックス形式の構造物を築造する方法を適用した(図-2)。

本工事には、URT エlement 函体(以降函体と表記)内に高流動コンクリートを片側から充填する工法が採用されている。標準的なボックス形式の URT 工法における函体は、20~30m 程度であることにに対し、本工事の函体長さは 61m と高流動コンクリートの流動可能距離 15m¹⁾ の 4 倍以上になっている。高流動コンクリートによる函体への確実な充填を確保するため、本施工の前に実規模の試験施工を行い、高流動コンクリートによる函体への充填が可能であることを確認した。本稿は、その結果をまとめたものである。

2. 使用材料及び配合

実規模の試験施工に使用した高流動コンクリートの配合を表-1 に、使用材料を表-2 に、品質管理目標値を



図-1 現場位置図

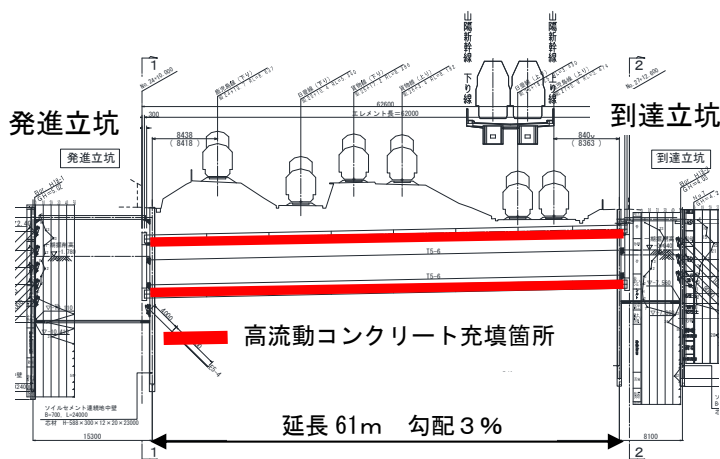


図-2 断面図

表-1 コンクリートの配合

種類	W/C (%)	単位 粗骨材 容積 (m ³ /m ³)	単 位 量 (kg/m ³)						混和剤 C×%
			水 W	セメン ト C	石灰石 微粉末 LS	細骨材 (砕砂) S1	細骨材 (海砂) S2	粗骨材 G1	
コンクリート	47.7	0.280	165	346	223	673	163	764	2.9
モルタル	47.4	—	233	492	316	951	231	—	2.4

キーワード : 高流動コンクリート, 長距離Element 函体充填, URT 推進

連絡先 : 〒802-0003 北九州市小倉北区米町 2-2-1 大成建設(株) 九州支店 砂津 Bv 作業所 TEL 093-531-5066

表-3 に示す。

充填が必要な函体の延長が 60m 以上であること、かつ、函体内に 35 cm 間隔で φ 65 mm のシース管等の障害物が配置されていることを考慮し、スランプフローが 700 mm ± 50 mm である自己充填性ランク 1 の高流動コンクリートを選定した。

コンクリートの運搬時間、受入れ検査、函体内への充填作業などにかかる時間を考慮して高流動コンクリートのフレッシュ性状の保持時間が 4 時間以上確保できる配合を選定した。表-4 に室内試験練り試験の結果を示す。表が示すように、4 時間後の高流動コンクリートのスランプフローは 650 mm 以上を確保していた。

3. 実規模試験の内容

(1) 高流動コンクリートの充填状況

高流動コンクリートの最大流動距離は 15m 程度であるので¹⁾ 高流動コンクリートが函体を 15m 程度流動されると、充填口に近い部分は完全に充填されると考えられる。しかし、その後のコンクリートの挙動は明らかではない。流動距離 15m 後のコンクリートの挙動を確認して、本工事の一方向充填の最長充填距離である 61m までの充填の可能性を確認した。

(2) 函体が受ける負荷について

充填口に近い部分の充填完了後、コンクリートの挙動によって、函体の個別部位に充填圧力が集中する可能性があった。実施工時における函体の補強の必要性、及び圧送ポンプの最大許容圧力を確認するために、函体が受ける負荷を確認した。

(3) 充填された高流動コンクリートの品質

硬化後の充填コンクリートの均一性などの品質を確認した。

(4) 施工管理方法の確立について

今回の測定したデータを分析して、ポンプ圧送圧、圧送速度及び少量の測定器により施工の管理ができる施工管理方法を確立した。

表-2 使用材料

種類	物理的性質
セメント(C)	高炉セメントB種，密度3.04g/cm3
混和材(LS)	石灰石微粉末，密度2.72g/cm3
細骨材(S1)	北九州市白島沖砕砂，表乾密度2.60g/cm3，吸水率1.47%
細骨材(S2)	小倉北区東谷海砂，表乾密度2.66g/cm3，吸水率1.02%
粗骨材(G)	門司区大字白野江字部崎1番砕石，最大寸法15mm，表乾密度2.73g/cm3，吸水率0.46%，粗粒率6.38
混和剤	主成分：ポリカルボン酸ポリマーと特殊増粘剤 増粘剤一体型高性能AE減水剤

表-3 品質管理目標値

項目	目標値
スランプフロー	高流動コンクリート：700±50mm 高流動モルタル：700mm以上
500mmフロー到達時間	高流動コンクリート：5～20秒 高流動モルタル：3～20秒
スランプフローの保持時間	練上がりから180分間保持 240分後は600mm以上保持
U形填高さ	300mm以上（障害条件：R1）
空気量	4.5±1.5%
圧縮強度(σ 28)	設計基準強度35N/mm ²
塩化物含有量	塩化物イオン量：0.30kg/m ³ 以下

表-4 室内試験練り試験結果

配合区分	測定時期 練上り後	スランプフロー			フロー 50cm 時間 (秒)	フロー 停止 時間 (秒)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)	外気 温度 (℃)	充填試験		塩化物量 (kg/m ³)	
		(mm)		平均						時間(秒)	高さ(mm)		
高流動コンクリート	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5分後	730	*	730	730	7.3	86.2	4.5	22	19	-	-	-
	50分後	720	*	720	720	9.4	91.4	3.8	21	21	27.8	354	0.03
	120分後	710	*	700	705	11.3	93.1	3.8	20	21	-	-	-
	180分後	700	*	680	690	11.5	88.0	3.9	20	21	44.0	350	-
	240分後	660	*	650	655	13.4	80.8	3.4	20	21	-	-	-
高流動モルタル	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5分後	805	*	795	800	3.8	75.7	5.0	22	21	-	-	-
	50分後	805	*	795	800	4.0	83.5	4.7	21	21	-	-	0.05
	120分後	770	*	765	768	5.2	84.1	4.4	20	21	-	-	-
	180分後	740	*	740	740	5.7	79.0	4.0	20	18	-	-	-
	240分後	705	*	700	703	5.6	60.0	4.0	20	18	-	-	-

4. 試験方法

実物大の函体(61m×0.8m×1m, 52.5m³, 勾配 3%)を作製し (図-3), 函体内に圧力計, ひずみ計, 接触センサー, ビデオカメラを6断面 (図-4, 5), 函体側面に監視窓を5ヶ所設置し, 高流動コンクリート充填中の挙動および函体鋼殻の変形を計測した. コンクリートの充填数量は, 52.5m³であり, 充填速度は, 20m³/h～40m³/hとした. 試験状況写真を図-6に示す.

函体への圧力と変形については, 函体底部に設置した圧力計によりエレメント内の圧力の履歴を測定した. ひずみ計により, 鋼角側面の変形を測定し, 函体を変形させる圧力の限界値, 変形が生じる位置を確認した.

充填したコンクリートの品質の確認は, 函体内を 61m流動させ, 吐出口より吐出された高流動コンクリートを一輪車で5車連続採取し, 目視により性状を確認した. また, 採取した一輪車3, 5台目のコンクリートを用いて, 骨材洗い出し試験, 圧縮強度, 静弾性係数の測定を行った.

充填状況の確認は, コンクリート硬化後に函体を 10m間隔でワイヤーソー切断し, 函体の鋼殻際やシース管周りへの高流動コンクリートの充填状況を目視により確認した. また, 切断面からコアを採取し, 圧縮強度及び, 静弾性係数を測定した.

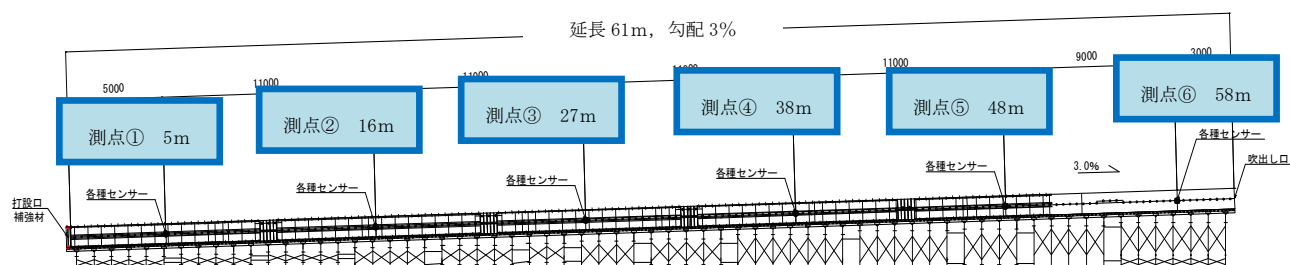


図-3 函体内計測器取付全体位置図

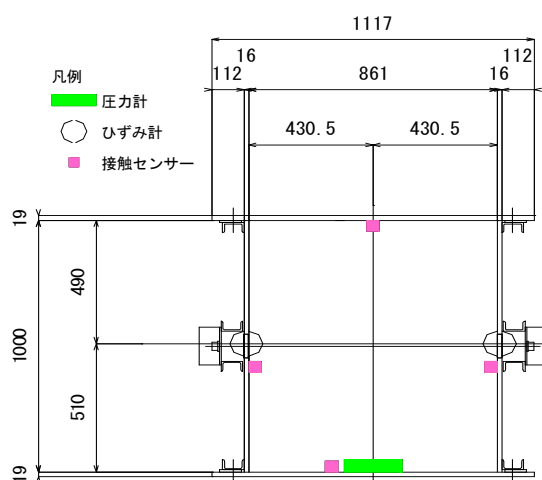


図-4 函体内計測器取付図

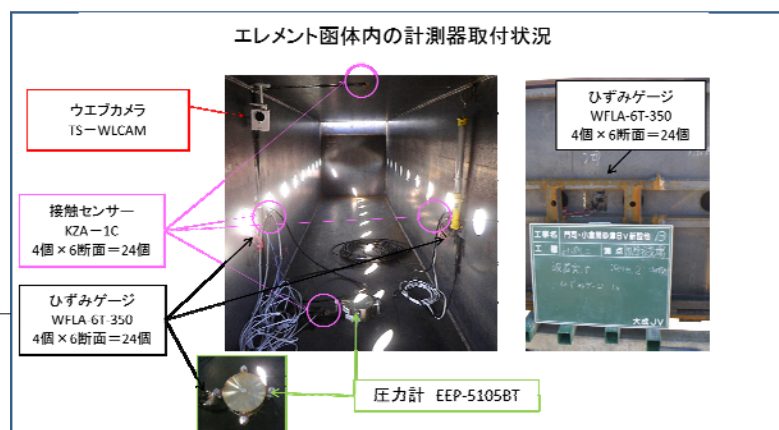


図-5 エレメント函体内計測器取付写真



図-6 試験状況写真

5. 試験結果及び考察

(1) 高流動コンクリートの充填状況

函体内部に設置したビデオカメラの映像から(図-7)、各測点での充填中の先送りモルタル、コンクリートの流動状況を観察した。その結果、シース管周りにも確実に充填されている様子が確認できた。

視窓でのミキサ車1台打設完了毎のコンクリート表面位置の形状から想定した各測点でのコンクリート表面位置を図-8に示す。これより、測点①付近の流動勾配は 0° であるが、測点④(流動距離38m)では、流動勾配が 3° となり、測点⑥(流動距離58m)では、流動勾配 6° になっている。流動距離が長くなるとに従い流動勾配が高くなっていることを示している。

(2) 函体を受ける負荷について

ひずみ計による各測点での応力の経時変化を図-9に、函体内底辺圧力の経時変化を図-10に示す。

函体内に発生する最大曲げ応力は、測点①の側壁中央部分で 89.38N/mm^2 (函体内底辺圧力が 0.137MPa 時)が発生している。

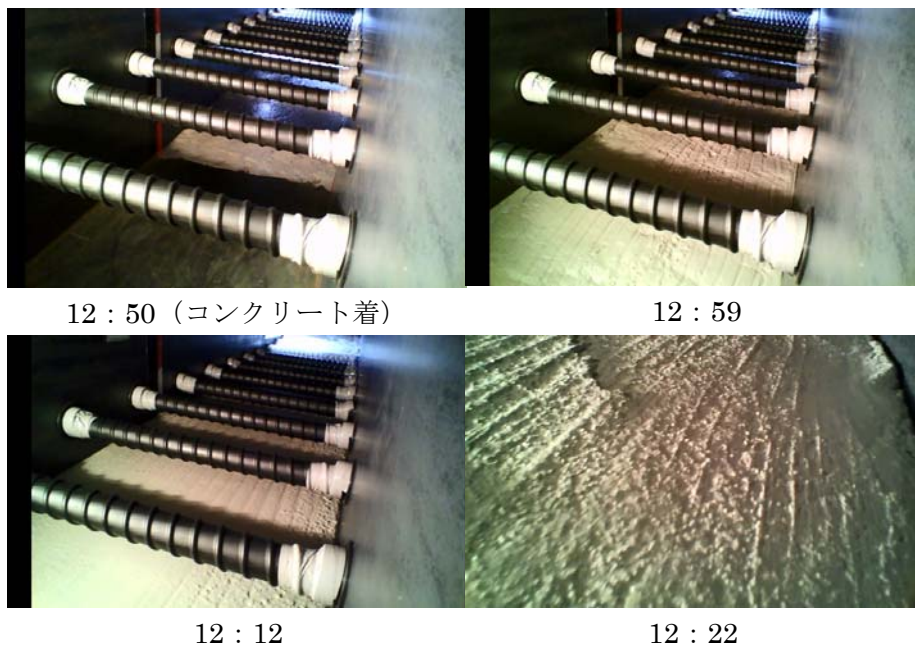


図-7 ビデオカメラの映像(測点⑥ 58m地点)

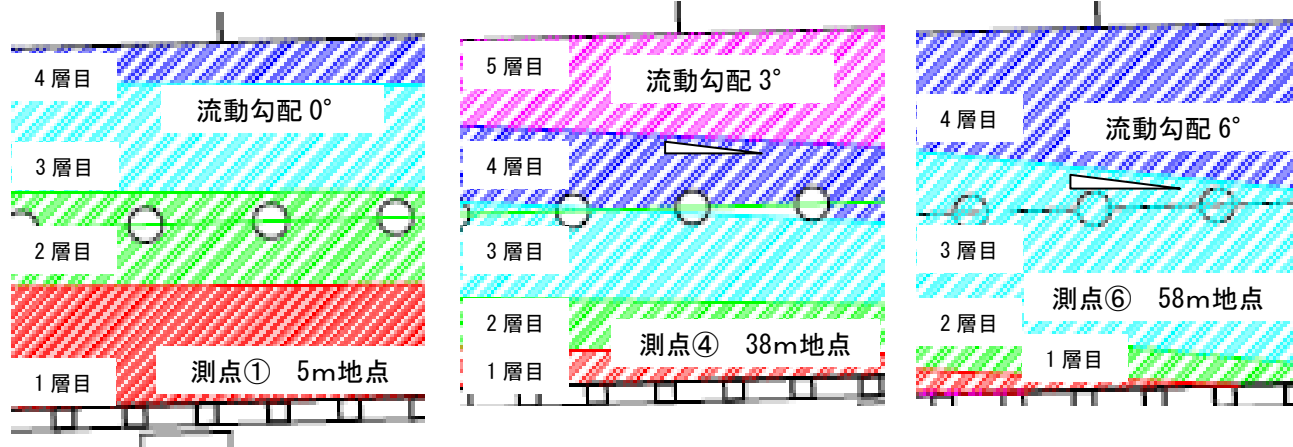


図-8 流動距離と流動勾配の関係

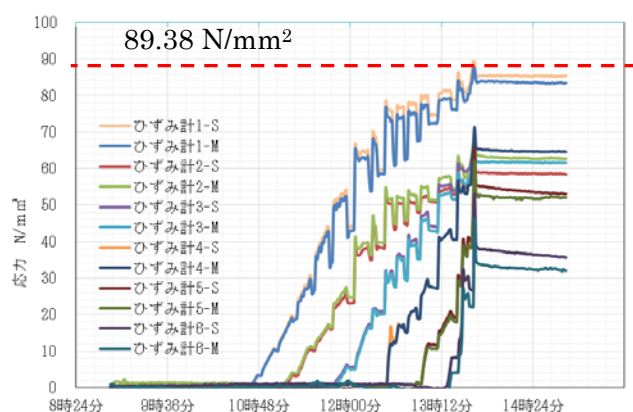


図-9 各測点のひずみ計による応力の経時変化

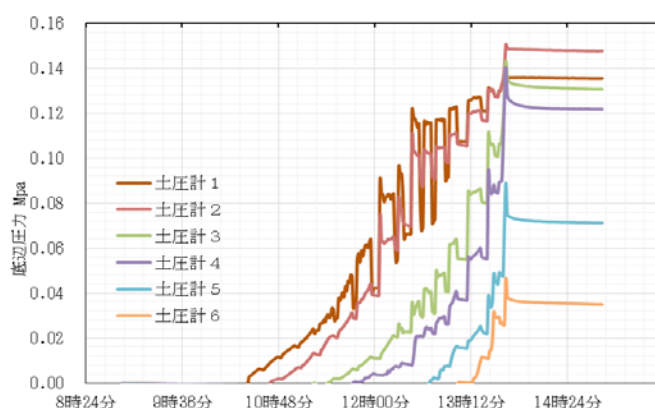


図-10 各測点の函体内底辺圧力の経時変化

コンクリート圧送圧力を考慮した函体内の耐力算定時には、発生曲げ応力が最大となる隅各部を 210N/mm^2 以内に制限すると函体側壁中央部分に発生する曲げ応力を 129.5N/mm^2 （函体内底辺圧力が 0.118MPa 時）と試算していたが、試算値よりも実際に発生した応力は安全側の小さい値となった。

(3) 充填された高流動コンクリートの品質

圧縮強度と流動距離の関係を図-11 に示す。吐出した一輪車 3 台目、5 台目、受け入れ時のコンクリートで製作した供試体の圧縮強度に大きな差は見られなかった。流動距離が打設口に近いほどコアの圧縮強度が大きくなっているが、これは、函体縦断勾配が最下端となる打設口に近いコンクリートほど液圧による圧力が大きいため、加圧により損失する水の量が大きく、水セメント比が小さくなったためと考えられる。

荷降ろし時、および吐出したコンクリートの一輪車 3, 5 台目で製作した供試体、硬化後の打設口から 30m の断面から採取したコアの静弾性係数を図-12 に示す。荷降ろし時に若干小さい値となっているが、すべて設計値以上の値を示している。

吐出したコンクリートの 1 輪車 3, 5 台目に対して行った骨材洗い出し試験では、単位粗骨材量が 3 台目で 88%, 5 台目で 99% になっていることが確認された。3 台目には、若干のモルタル分が残っていたものと考えられるが、コンクリートの品質は、設計強度を十分に満足するものであることを確認した。

硬化後の函体を約 2~3m 間隔で小割し、断面から充填状況の確認をした。その結果、シース管等の支障物周りも含めた函体内全体が高流動コンクリートにより十分に充填されていることが確認された。一例として、打込み口から 33m, 43m, 50m 離れた箇所の断面の写真を図-13 に示す。

6. まとめ

今回の試験結果から、61m のエレメント函体全長にわたって、圧縮強度、静弾性係数について設計値を満足し、コンクリートが全体に確実に充填されることを確認した。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリ 136, 高流動コンクリートの配合設計・施工指針 2012 年版, P130

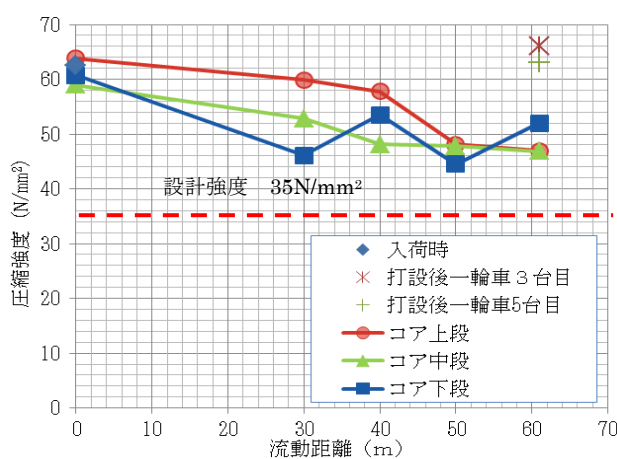


図-11 圧縮強度と流動距離の関係

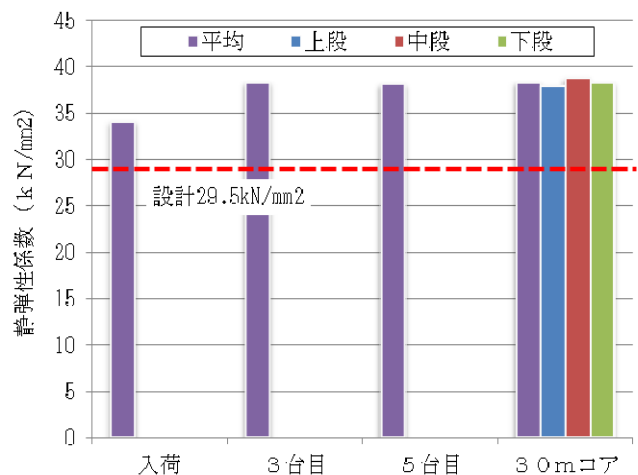


図-12 静弾性係数



切断面 (流動距離 33m)

切断面 (流動距離 43m)

切断面 (流動距離 50m)

図-13 高流動コンクリートの各切断面での充填状況写真