

# 合成構造沈埋函への充填コンクリートの適用について

## Experiment of Filling Composite Structural Members Model with Semi Self-compacting Concrete for Immersed Tunnel

藤村貢\*・白石修章\*\*・森晶幸\*\*\*

FUJIMURA, Mitsuru , SHIRAISHI, Nobuaki and MORI, Masayuki

\* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 第二調査部長

\*\*\* 国土交通省 九州地方整備局 北九州港湾空港工事事務所 副所長

Shinwakato tunnel is planned to be immersed one as a composite structure. Among many types of immersed tunnel, the application of semi self-compacting concrete to a composite structure is introduced here. In the process of the construction, the concrete is filled in composite structural members by receiving a little vibration within it. The present study describes the tests for semi self-compacting concrete stability, maximum slump flow and compactibility. From the present study, it is concluded that the semi self-compacting concrete is applicable to the planned immersed tunnel.

Key Words : semi self-compacting concrete, composite structure, immersed tunnel

## 1. はじめに

北九州市に建設されている新若戸道路の航路横断部は沈埋トンネルで、鋼コンクリート合成構造で計画されている。一般に鋼コンクリート合成構造の沈埋函では、締固めが不要な高流動コンクリートが用いられてきたが、高流動コンクリートは材料管理、製造管理、品質管理が煩雑で、通常のコンクリートに比べてかなり高価なコンクリートである。そこで、コスト削減を目的に充填コンクリートの沈埋函への適用を目的に平成12年度に引き続きいくつかの実験と検討を行った。

昨年度は充填コンクリートの示方配合の選定や変動要因による性状の変動、実機実験、ポンプ圧送実験および上・下床版モデルでの充填実験を行い所用の充填性を確認した。ここでは環境温度の違いによる性状調査、スランプフローの許容上限値調査および壁モデル充填実験を実施し、その適用性を評価した。

## 2. 調査方法

### 2.1 使用材料および配合

充填コンクリートの使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。なお、配合は表-3に示す品質を満足するよう試験練りを行って決定した。

### 2.2 環境温度の違いによる性状調査

暑中、寒中での気温条件の違いによる充填コンクリートの性状を調査し、適切な配合を抽出するとともに施工上の留意点を明確にすることを目的として行った。

表-1 使用材料とその物性

使用材料		産地・仕様	
セメント		高炉セメントB種 密度:3.02g/cm <sup>3</sup> , 比表面積:3940cm <sup>2</sup> /g	
細骨材 (粗:細 =6:4)	粗海砂	福岡市西浦産	表乾密度2.55, 絶乾密度2.51, 吸水率1.43%, 微粒分量試験0.43%, 粗粒率3.20
	細海砂	北九州市藍ノ島産	表乾密度2.57, 絶乾密度2.52, 吸水率1.72%, 微粒分量試験0.92%, 粗粒率1.64
粗骨材	碎石	北九州市門司区産	表乾密度2.72, 絶乾密度2.70, 吸水率0.79%, 微粒分量試験0.89%, 単位容積質量1.49, 実積率55.2%
高性能AE減水剤		ポリカルボン酸系	
空気量調整剤		変性アルキルカルボン酸化合物系イオン界面活性剤	

表-2 充填コンクリートの示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				×C% 高性能AE減水剤
		W	C	S	G	
37.6	51.8	160	425	873	860 (315 ℓ/m <sup>3</sup> )	1.10

表-3 示方配合の目標品質

項目		目標値
スランプフロー		500±50mm
空気量		4.5±1.5%
U形充填試験	自己充填高さ	200mm以上
	加振時間	15秒以下
圧縮強度		30N/mm <sup>2</sup> 以上
ブリーディング率		2%以下

実験は表-4に示すように、2.2で求めた示方配合を標準環境温度20℃の基本配合とし、寒中条件として10℃、暑中条件として30℃の環境温度に対しての基本を所用の流動性を得る高性能AE減水剤の添加量とした。さらに、各環境温度で、高性能AE減水剤添加量をセメント重量比で±0.20%変動させたケースを加えた7ケースについて

て行った。

環境温度 30 度では標準タイプの高性能 AE 減水剤では時間とともにスランブフローが低下し、90 分以降での流動性の確保が困難であり、遅延タイプの高性能 AE 減水剤を用いることとした (図-1 参照)。

表-4 環境温度の相違による性状調査の実験ケース

ケースNo.	環境温度	高性能 AE 減水剤タイプ	高性能 AE 減水剤添加量	
			C×%	水準
1	10±3℃	標準	1.10	-0.20%
2			1.30	基本
3			1.50	+0.20%
4	20±3℃	標準	1.10	基本
5	30±3℃	遅延	1.50	基本
6			1.30	-0.20%
7			1.70	+0.20%

図-1 に各環境温度における基本配合のスランブフローの経時変化を、図-2 に環境温度 10℃および 30℃でのスランブフローの経時変化を示す。

図-1 よりいづれの環境温度においても所用の流動性を有する充填コンクリートの製造が可能であり、経時変化についても 30 分後までスランブフローが大きくなりその後低下する傾向を示すことが分かった。各環境温度における高性能 AE 減水剤の添加量は、標準とした 20℃に比べて 10℃および 30℃では多くなることがわかった。

高性能 AE 減水剤の添加量の ±0.20% の変動による製造後 5 分でのスランブフローは、図-2 より環境温度 10℃では 50~100mm 変動す

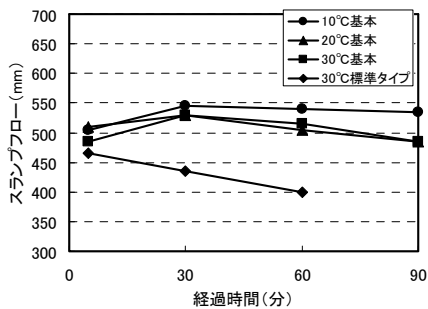
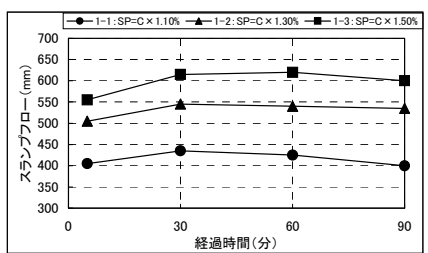
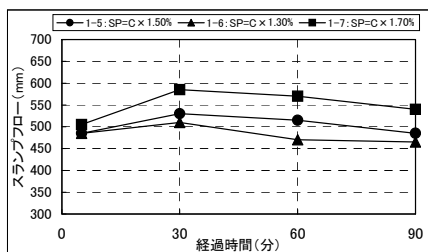


図-1 環境温度における基本配合のスランブフロー



(a)環境温度 10℃



(b)環境温度 30℃

図-2 環境温度の相違によるスランブフローの経時変化

るが、環境温度 30℃ではその変化は小さい。経時変化についても環境温度 30℃に比べて環境温度 10℃の場合は基本配合に比べて変動が大きいことが分かる。

### 2.3 スランブフローの許容上限値の調査

充填コンクリートの代表的指標であるスランブフローについて、品質管理基準上の上限値を設定するための資料を得ることを目的としたもので、表-5 に示すように基本配合を基準に、目標スランブフローを、細骨材の表面水率を少なく設定する (単位水量が増加) ことと高性能 AE 減水剤添加量を変えて各種の試験を実施した。なお、試験時の環境温度は 20℃とした。

表-5 スランブフローの許容上限値の実験ケース

ケースNo.	目標スランブフロー (mm)	変動要因	
		細骨材表面水率	高性能 AE 減水剤添加量 (C×%)
1	500±25	基本配合	—
2	500±25	-0.50%	—
3	—	—	+0.05%
4	500±25	-1.00%	—
5	—	—	+0.10%
6	500±25	-1.50%	—
7	—	—	+0.25%

※細骨材表面水率-0.50%で単位水量は約 4.3kg/m<sup>3</sup>多くなる

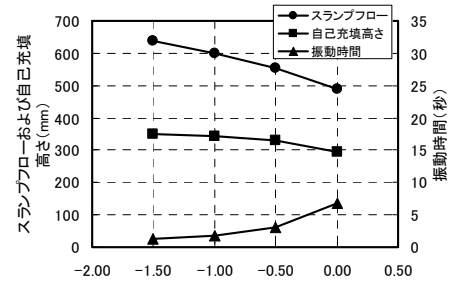
図-3 に細骨材表面水率の変動および高性能 AE 減水剤添加量の変動によるスランブフロー、U 型充填試験の自己充填高さおよび振動時間の変化を示す。

この図より、スランブフロー 650mm までは良好な充填性を有する充填コンクリートの製造が可能であると

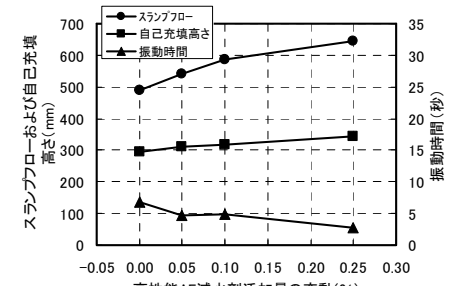
考えられる。

一方、図-4 に細骨材表面水率の変動および高性能 AE 減水剤添加量の変動によるスランブフローとブリーディング率の関係を示す。

これより、高性能 AE 減水剤添加量による変動の場合にはスランブフロー 650mm でもブリーディング率が 1.45% と小さいが、細骨材表面水率の変動でスランブフローが 640mm となったときブリーディング



(a)細骨材表面水率の変動



(b)高性能 AE 減水剤添加量の変動

図-3 各変動によるスランブフロー、自己充填高さおよび振動時間

率は2.5%と目標とする2.0%を上回る結果が得られた。このことから充填コンクリートのスランプフローの許容上限値は600mmと考えられる。

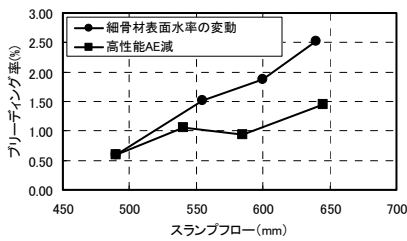


図-4 ブリーディング率

## 2.4 壁モデル充填実験

フルサンドイッチの合成構造沈埋函では図-5に示す隔壁と側道部の下床版については従来別々にコンクリートを打設していた。新若戸道路では、合理的な打設方法として、これらの部分を同時に打設することを計画している。そこで、本年度はこの部分を対象に充填実験を実施し、同時打設の可能性と充填コンクリートの適用性を検討した。検討では充填実験を行う前に、簡易型枠で流動性確認実験を行い、加振位置を検討した。

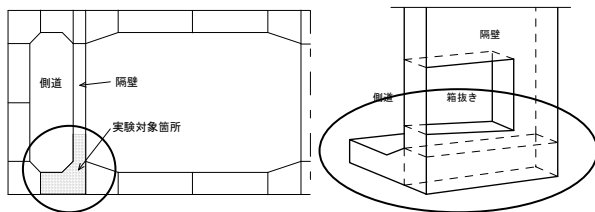


図-5 壁部充填実験の対象部位

### (1) 流動性確認実験

鋼殻モデルを用いて行う充填実験に先駆けて、図-6に示すような上面がオープンな簡易型枠を用い、流動性の確認と加振位置の確認を行った。実験は、表-6のように加振孔の位置と加振方法、スランプフローを変えて4ケース行った。

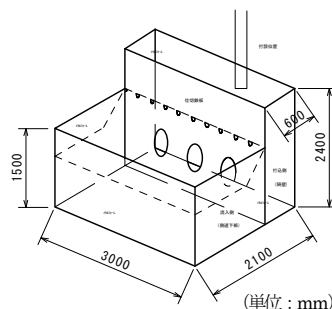


図-6 流動性確認実験用型枠

表-6 流動性確認実験の実験ケース

ケースNo.	スランプフロー (mm)	加振孔 (位置)		加振時間
		隔壁	側道下床版	
1	550	2所(A, B)	6箇所(C, D, E, F, G, H)	1分毎10秒
2		1所(A)	5箇所(C, D, E, F, H)	1分毎10秒
3	450	1所(A)	5箇所(C, D, E, F, H)	1分毎5秒
4		1所(A)	5箇所(C, D, E, F, H)	1分毎5秒

※加振孔の位置は、図-7参照

スランプフローの小さいケース4について、充填コンクリートの打設量に対して、図-8に示す1列目と5列目の位置で計測した加振後のコンクリートの高さを図-9に

示す。図-9より、スランプフローの小さいケースで加振孔が計6箇所、1分ごと5秒の加振で1列目と5列目のコンクリートの高さはほぼ同じとなり、ハンチ部まで十分充填されることが予想できた。これより、鋼殻モデル充填実験ではこの加振位置と加振方法で行うこととした。

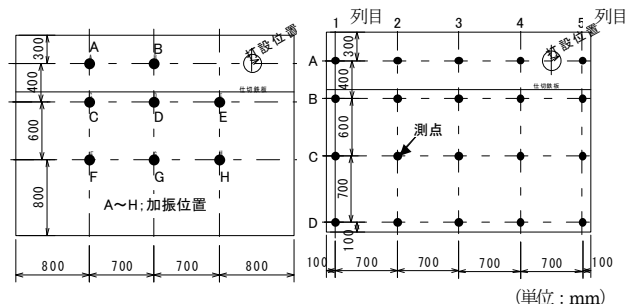


図-7 加振位置

図-8 計測位置

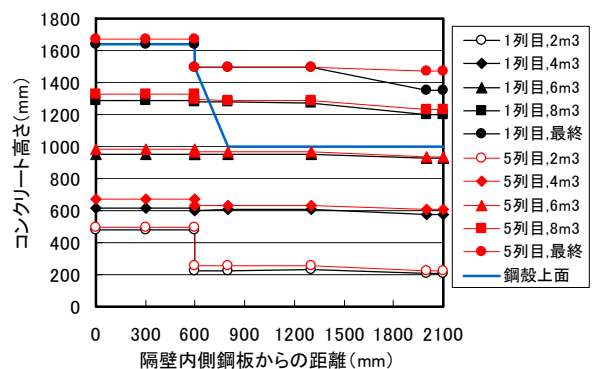


図-9 計測1列目と5列目のコンクリート高さ

### (2) 実物大充填実験

隔壁と側道下床版とを一体で打設するモデルは、図-10に示すような実物大で再現した。加振孔は、流動性確認実験の結果を反映して位置を決めた。実験ケースは、スランプフローが550mm程度のものと450mm程度の2ケースとし、加振方法は、図-11に示す方法とした。実験後上面の鋼殻を取り払い、未充填部の調査とコア抜きによる単位容積質量および圧縮強度試験を行った。

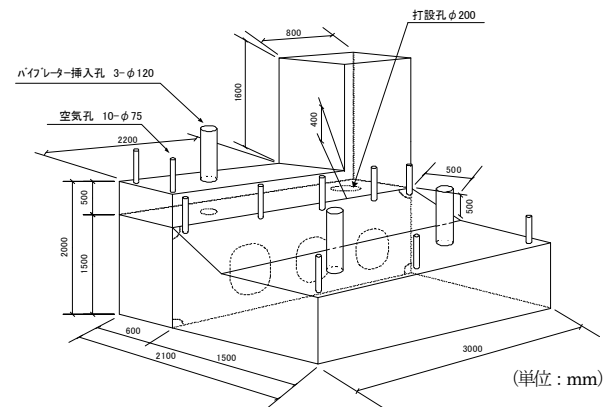


図-10 壁モデル充填実験用鋼殻モデル

結果の一例として図-12にケース1 (スランプフロー

550mm 程度)の充填後上面鋼板を取り除いて 12.5cm メッシュで未充填深さを測定した結果を示す。図中の未充填深さは、メッシュの四隅で測定した深さの平均である。

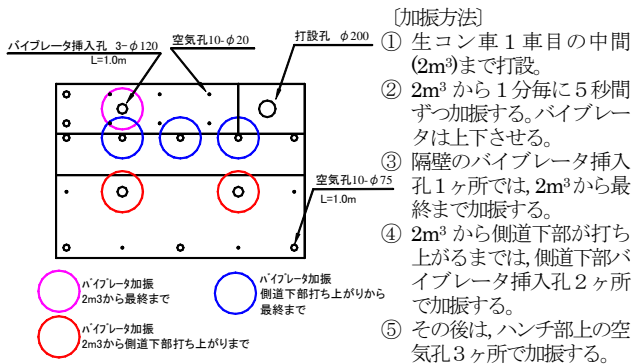


図-11 加振方法

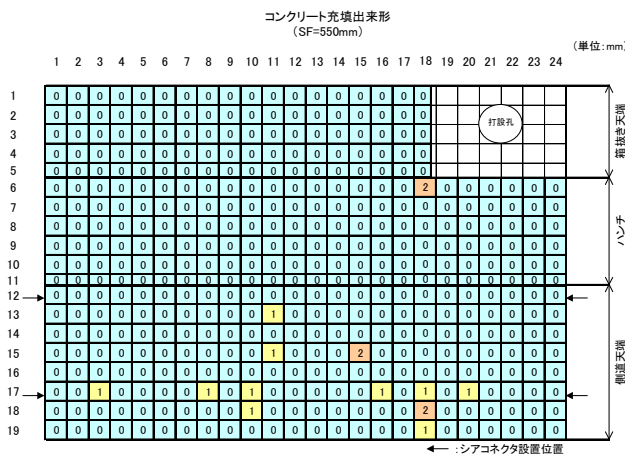


図-12 充填性調査結果

この図から、スランプフロー550mm程度の充填コンクリートでは、未充填深さは最大でも 2mm と小さく、未充填部の形状も連続したものではなく、良好な充填性を示した。スランプフロー450mm程度のものについては、1箇所未充填深さの平均が 4mm と若干大きいところが見られたが、それ以外では未充填部の深さは 2mm 以下で、連続した未充填もみられなかった。これらのことから、スランプフロー450~550mm程度の充填コンクリートは複雑な壁部においても良好な充填性を示した。

壁部は形状が複雑であることから、実験終了後、図-13に示す位置でコアを抜き、単位容積質量および圧縮強度を測定したケース1の結果を表-7に示す。

表-7 コアの単位容積質量と圧縮強度

資料No.	コア位置	ケース1	
		単位容積質量(t/m³)	圧縮強度(N/mm²)
A	上	2.183	45.5
	下	2.271	48.4
C	上	2.250	53.7
	中	2.300	51.2
E	下	2.344	54.2
	上	2.312	56.3
	中	2.369	58.8
	下	2.352	60.1

圧縮強度は、いずれについても 30N/mm² を超えており問題はないが、打設位置から遠いコア A とコア C で単位容積質量が若干小さくな

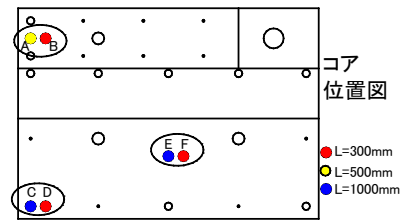


図-13 コア抜きの位置

ており材料分離の傾向がみられたが、圧縮強度も十分大きく、沈下による未充填も見られないことから特に問題とはならないと考えられた。なお、スランプフローが 450mm 程度と小さいケース 2 では材料分離の傾向は見られなかった。このことから、スランプフローが 550mm 程度と大きい場合には加振方法に注意が必要であると思われる。

### (3) まとめ

一連の実験により、以下のことがわかった。

- ① 暑中・寒中条件では高性能 AE 減水剤添加路量は若干多くなり、暑中条件では遅延タイプの高性能 AE 減水剤を用いる必要がある。
- ② 寒中条件で高性能 AE 減水剤添加量の変動あるいは経時によるスランプフローの変動は暑中条件比べて大きい。
- ③ スランプフローの許容上限値は 600mm である。(昨年度の結果と合わせて、スランプフローは 400~600mm となる)
- ④ スランプフローが 550mm 程度の場合には加振に注意が必要だが、複雑な形状の壁部においても充填コンクリートは良好な充填性を示した。

これらの結果と昨年度の結果と合わせて、充填コンクリートのスランプフローは 400~600mm の範囲であり、主な充填部位である上・下床版および壁部へ良好な充填性を示すことから、充填コンクリートの沈埋函への適用は充分可能であることがわかった。

### 3. おわりに

新若戸道路沈埋函を対象として、充填コンクリートの適用性について評価を行うため平成12年度より検討を行った。その結果、充填コンクリートの特性が明らかとなり、新若戸道路沈埋函へ適用できることがわかった。今後は、検討結果をもとに実施工に向けてマニュアル(案)の整備を行う必要がある。

本報告の内容は、国土交通省九州地方整備局北九州港湾空港工事事務所からの受託調査である「平成13年度新若戸道路充填コンクリート検討調査」の結果の一部をとりまとめたものであり、新若戸道路充填コンクリート技術検討会委員をはじめ関係各位に感謝いたします。