# 新若戸道路コンクリート充填性実寸大モデル実験

Experiment of filling Composite Structural Members Model with Semi Self-compacting Concrete for Shinwakato Immersed Tunnel

> 藤村 貢\*・勝海 務\*\* FUJIMURA, Mitsuru, KATSUUMI, Tsutomu

\* (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 第二調査部長

Shinwakato tunnel is planned to be immersed one as a composite structure. Among many types of immersed tunnel, a composite structure with semi self-compacting concrete 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 field tests for semi self-compacting concrete manufacturing, pumping, stability 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

沈埋トンネルの構造形式のひとつに鋼コンクリート合 成構造がある.これは鋼殻内にコンクリートを充填する ことで鋼とコンクリートが一体となって外力に抵抗する 構造である.北九州港新若戸道路の沈埋トンネルは、こ の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るが、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、高流動コンクリートに比べて安価で、材料、製造、 品質管理がより簡単な充填コンクリートを沈埋函へ適用 することを目的にいくつかの実験と検討を行った.

本稿では充填コンクリートの性能及び施工性の検討の ために行った現地実験について報告する.

#### 2.2 示方配合の選定

いる海砂を用いた.

充填コンクリートの示方配合を表-2 に示す.示方配合 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.なお、U形充填試験は、図-1 に示すようなU形充 填装置を用いて、ゲートを開けた直後の自己充填高さと A室のコンクリートを加振してA室とB室との充填高さ が同一になる時間(加振時間)を測定するものである.

表-2 充填コンクリートの示方配合

WC	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			×C%		
(%)		W	С	S	G	高能 AE减k	空量調整剤
37.6	51.8	160	425	868	857 (315 l/m <sup>3</sup> )	1.15	0.005

### 2. 調査方法

#### 2.1 使用材料

充填コンクリートの使用材料は、表-1 に示すとおりで ある.細骨材は北九州市の生コン工場で通常用いられて 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/cm³,比表面積 : 3940cm²/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	砕石	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				





図-1 U形充填試験概要 表-3 示方配合の目標品質

項	目	目標値
スランプフロー	$450\pm50$ mm	
空気量		$4.5 \pm 1.5\%$
II形本情試驗	自己充填高さ	200mm 以上
Uハジビ県武研	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		

### 2.3 各種要因の変動による性状変化試験

2.2 で求めた示方配合を基本配合として、細骨材表面水率、細骨材粒度(粗粒率)及び高性能 AE 減水剤添加量を変動要因として、それらが変動した場合の充填コンクリートのフレッシュ性状について試験を行った。

各変動要因の変動量は、表-4に示すように3水準とし、 基本配合を含めて10ケースについて試験を行った.

表-4 変動要因の変動量

変動要因	変動量
細骨材表面水率	-1.0%, -0.5%, +1.0%
細骨材粒度(粗粒率)	-0.2、+0.1、+0.2
高性能 AE 減水剤添加量 (セメント重量比)	-0.1%、+0.1%、+0.15%

#### 2.4 充填コンクリートの性能及び施工性の検討

#### (1) 実機実験

表-1 に示す材料を使用している北九州地区の生コン工 場での実施工を想定して充填コンクリートを実機で製造 し、各種要因の変動による性状変化を調べた.各変動要 因の変動量は、表-5 に示すように2水準とし、基本配合 を含めて7ケースについて試験を行った.

表-5 実機実験の変動要因と変動量

変動要因	変動量
細骨材表面水率	-1.0%、+1.0%
細骨材粒度(粗粒率)	-0.2、+0.2
高性能 AE 減水剤添加量 (セメント重量比)	0.1%、+0.1%

## (2) ポンプ圧送実験

3

4

実施工を想定して2台のポンプ車を介して充填コンク リートを圧送した場合及び2台のポンプ車を圧送後に 50mの配管を圧送した場合の圧送前後の性状について実 験を行った.ポンプ圧送の概要を図・2に、実験ケースを 表・6に示す.

表-6 ポンプ圧送実験ケース				
アース	スランプフロー	圧送方法		
1	450mm 程度	ポンプ車2台		
2	400mm 程度	11		

ポンプ車2台+50m 配管

500mm 程度

500mm 程度

流動勾配測定箇所 CASE:1 CASE:3 CASE:4 CASE:4 (ASE:4 (CASE:4)			
コンクリートポ	シブ車B コンク	リートポンプ車 A	アジーテーター車
図-2	ポンプ圧送	概要	

圧送実験では, 圧送後の充填コ ンクリートを簡易 型枠に打設し,所 定の位置で加振を 行った場合の流動 勾配の変化を測 定し加振の効果 を調査した.簡易 型枠の概要を図・3 に示す.



図-3 ポンプ圧送実験簡易型枠

### (3) 鋼殻モデルへの充填実験

鋼殻モデルは、上・下 床版をモデルとして実 寸大で2体製作し、スラ ンプフロー400mm 程度 と 500mm 程度の2ケー スについて充填実験を 行った.充填コンクリー トの打設はポンプ圧送 実験と同様である.モデ ル供試体の構造を図-4 に示す. なお、充填実験での加



振位置は、3.2(2)で示す ようにポンプ圧送実験 A-A断面図-4 充填実験用鋼殻モデル

の結果を参考にして、図-4に示すようにコーナー部へ近い位置(4カ所)に変更した.

### 3. 実験結果

#### 3.1 各種要因の変動による性状変化

各種の変動要因を変動させたときのスランプフローを 図-5 に示す.充填コンクリートのスランプフローは、表 面水率の1.0%、粗粒率の0.2の変動で約50~100mm 変動 する.表面水率及び細骨材粗粒率を変動させた場合の自 己充填高さと加振時間を図-6 に示す.これらより充填コ ンクリートは、表面水率が+1.0%変動する場合には自己充 填高さが低



己充填高さは大きな変動はないが加振時間が長くなる傾向にある.ブリーディング率については、細骨材表面水率が-1.0%となる場合や細骨材粗粒率が+0.2 となる場合に大きくなる傾向にあった.したがって、細骨材表面水率と細骨材粗粒率の変動については注意が必要となる.



### 3.2 充填コンクリートの性能及び施工性の検討

### (1) 実機実験

スランプフローの経時変化を各種の変動要因ごとにま とめて図-7~図-9 に示す. 充填コンクリートのスランプ フローは、いずれの場合にも練上がり 30 分後まで横這い あるいは微増の後減少する. 細骨材の表面水率が 1.0%変 動するとスランプフローは 100mm 程度変動する. これ により実機で製造する場合には室内での試験に比べて表 面水率の影響が 2 倍程度大きくなっていることがわかる.



図-7 細骨材表面水率の変動とスランプフロー



図-8 細骨材粗粒率の変動とスランプフロー



図-9 高性能AE減水剤使用量の変動とスランプフロー

#### (2) ポンプ圧送実験

ポンプ圧送前後のスランプフロー及びブリーディ ング率の変化を図-10 に示す. 充填コンクリートはポ ンプ圧送前後においてフレッシュ性状の変化はほとん どみられなかったが,ブリーディング率はポンプ圧送 後で小さくなる傾向を示している. このことから充填 コンクリートは良好なポンプ圧送性を有していること がわかる.



図・3 に示す簡易型枠を用いて行った加振時の流動勾配 測定結果を図・11 に示す. 図中には加振前の勾配を実線、 加振後の勾配をその他の線種で示している.



当初設定した加振位置は、打設孔とコーナーとの中央 (図・3 に示す●7)で行ったが、この加振位置では打設 部から231cmのコーナー部のコンクリート面が上昇せず、 コーナー部まで加振の効果が届かない、(図・11 左図)そ こでコーナー部のコンクリートの上昇がみられ、加振の 効果がコーナー部へ届くことが確認できた位置(打設孔 から173.25cm、図・3 に示す○8)に加振位置を変更した (図・11 右図)ところコーナー部のコンクリートの上昇が みられた.このことから,鋼殻モデルの充填実験の加振 位置を打設位置とコーナー部の線上でコーナーから1/ 4の位置(図・3に示す○8)とした.

#### (3) 鋼殻モデルへの充填実験

実験に用いた充填コンクリートの現地到着時でのスラ ンプフローはケース①で530mm,ケース②で400mmであっ た. 鋼殻モデルへの充填は、上面鋼板から15cm程度下面 までは50~60m<sup>3</sup>/h,その後充填完了までは20m<sup>3</sup>/h以下の 打設速度で行った. 充填時の加振は約1分間隔で行い、 1回の加振時間は5秒程度とした.充填の完了は、鋼殻 端部上面に設けた空気孔からのコンクリートの立ち上が りを確認することで充填完了とした.

充填コンクリートの充填性を評価するために、コンク リートの硬化後鋼殻モデルの上面鋼板を撤去し、モデル 上面を12.5cmで分割したメッシュの四隅での未充填深さ 測定した.結果の一例としてケース① (スランプフロー が 500mm 程度) の計測結果を図-12 に示す. 図中の数字は 四隅で計測した未充填深さの平均である. この図から, スランプフロー500mm 程度の充填コンクリートでは、最大 で4mmの未充填深さが計測されたが、未充填部の形状は 連続したものではなく、特に問題となるような未充填は みられなかった. スランプフロー400mm 程度のものについ ては、未充填深さの平均が 5mm と若干大きくなるが、ケ ース①と同様に連続した未充填はみられず、スランプフ ロー400~500mm 程度の充填コンクリートは良好な充填性 を示したといえる. また, いずれのケースにおいても加 振孔の周辺に未充填深さが大きいところがみられ、加振 の影響によるものと考えられる残留気泡がみられた.



鋼殻モデルへ充填した充填コンクリートの硬化後の 品質を調査するため、打設孔、加振孔及び空気孔位置 でコア抜きによる試験を行った.その結果の一例とし て、打設孔と加振孔での結果を図-13に示す.

圧縮強度,単位容積質量及び静弾性係数は,鋼殻モ デルの高さ方向に違いはみられず,打設孔,加振孔及 び空気孔でも大きな違いがみられなかった.すなわち, 充填コンクリートの硬化後の品質は,材料分離や加振 の影響を受けることなく均質であったといえる.



### 4. まとめ

一連の実験により、以下のことがわかった.

- 北九州地区の生コン工場で使用されている材料を用いて充填コンクリートの製造が可能である.
- ② 細骨材に海砂のみを用いる場合の充填コンクリートの示方配合は表-2に示すものとなる.
- ③ 細骨材の表面水率は充填コンクリートのフレッシュ 性状に影響を与えることから、細骨材の管理は十分 に行う必要がある.充填コンクリートの製造時の練 り混ぜ時間は90秒で、高流動コンクリートより短い.
- ④ 充填コンクリートのポンプ圧送前後の性状はほとん ど変化がなく圧送性は良好である.
- ⑤ 上・下床版の場合,充填コンクリートの加振位置は コーナー部から60cm程度の距離が最も効果的である.
- ⑥ スランプフロー400~500mmの充填コンクリートは硬 化後の性状も問題はなく、加振時間は5秒/回で、 1分程度の間隔で上・下床版へ良好な充填性を示した。

これらより,充填コンクリートはスランプフロー400~500mmで上・下床版への充填性が良好で,沈埋函への適用が充分期待できることがわかった.

## 5. 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一連の実験を行った. そ の結果、北九州地区で充填コンクリートの製造が可能で あり、鋼殻内への充填性も良好であることから、充填コ ンクリートを沈埋函へ適用できることがわかった. 今後、 特殊な構造となる壁部への充填性、実施工時の温度の影 響など残された課題を検討し、沈埋函への充填コンクリ ートの適用技術の確立が必要である.

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12年度新 若戸道路コンクリート充填性実寸大モデル実験」の結果 の一部をとりまとめたものである。