

## 高施工性コンクリートの複合橋脚への適用に関する施工報告

ドーピー建設工業株式会社  
 宇都宮大学助教授  
 北海道開発局 函館開発建設部 函館道路事務所  
 ドーピー建設工業株式会社

正会員 ○市川 聖芳  
 非会員 博士 (工学) 藤原 浩巳  
 非会員 小井田 剛  
 正会員 松井 敏二

### 1. はじめに

一般国道 228 号線に架かる「茂辺地大橋」は既設 PC 橋の老朽化および路線拡張のために架け替えが計画された。計画に際しては周辺環境に配慮して既設下部工の基礎部を再利用することとしたが、安定計算上死荷重の増加が許されなかったため、橋脚の上梁を鋼製とした「鋼・コンクリート複合橋脚」が採用された。複合橋脚概要を図-1 に示す。複合構造では鋼殻とコンクリートとの一体化が非常に重要であり、本橋脚においてもスタッドジベルやリブプレート等が複雑に配置された上梁隅角部への確実なコンクリート充てんが要求された。通常であれば高流動コンクリートの適用が考えられるが、隔壁等により区切られた空間においての充てんには空気孔の閉塞等が考えられ未充てん部が発生する可能性がある。そこで充てんの確実性を考慮し、高品質かつ若干の振動付与により優れた流動性・充てん性・材料分離抵抗性を有する「高施工性コンクリート」の適用が検討された。本報告では、高施工性コンクリートの茂辺地大橋橋脚への適用性確認実験および実施工結果について報告する。

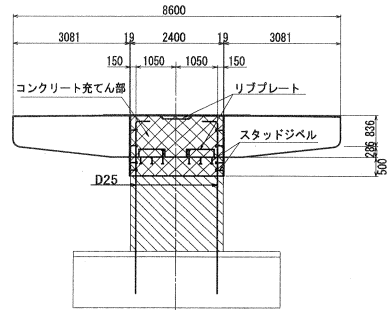


図-1 複合橋脚概要

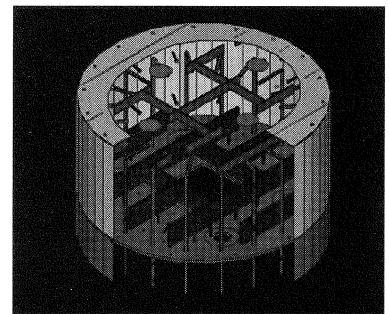


図-2 鋼殻部概要図

### 2. 配合選定試験および性状確認実験

#### 2. 1 実験概要

橋脚柱頭部上梁隅角部(以下鋼殻)はスタッドジベル等が複雑に配置されており、なおかつ打設孔兼バイレータ挿入孔が4箇所しかないため(図-2)、コンクリートは材料分離をすることなく水平に流動し、リブを越流して鋼殻内に隙間無く充てんされる性能が要求された。また、硬化性状は普通コンクリート( $\sigma_{ck}=27N/mm^2$ )と同等以上の性能が求められた。

そこで実施工前に、上記の要求性能を満足するコンクリートの配合選定試験を行い、さらに選定された配合の性状確認実験を行った。

#### 2. 2 配合選定試験

使用材料を表-1、試験項目を表-2 に示す。ここで石灰石微粉末(LS)は粉体量を少なくし

て発熱および体積収縮を少なくする目的で使用した。配合要因はコンクリート中の単位粗骨材絶対容積割合である  $X_v$  を 33, 36, 39 (%) の 3 水準, 単位粉体量  $P(=C+LS)$  は 400, 430, 460 ( $kg/m^3$ ) の 3 水準とした。振動 L 型試験については実施工において十分な充てん性を有する配合を得るため、鋼殻部において最も充て

表-1 使用材料

使用材料	種類	密度 ( $g/cm^3$ )
セメント	C : 普通ポルトランドセメント	3.16
混和材	LS : 石灰石微粉末	2.71
細骨材	S1 : 陸砂	2.60
	S2 : 砕砂	2.66
粗骨材	G : 砕石	2.69
混和剤	ホ <sup>+</sup> リカルボ <sup>+</sup> ン酸エーテル系高性能AE減水剤	-
	ホ <sup>+</sup> リカルボ <sup>+</sup> ン酸エーテル系AE剤	-

表-2 試験項目

試験項目	要求性能	基準
スランプフロー試験	450 ± 50mm	JIS A 1150-2001
空気量試験	4.5 ± 1.5%	JIS A 1128-1999
振動L型試験	-	別途記述
ブリーディング試験	0%	JIS A 1123-1997
圧縮強度試験	27.0N/mm <sup>2</sup> 以上	JIS A 1108-1999
静弾性係数試験	26.5N/mm <sup>2</sup> 以上	JIS A 1149-2001

んが困難と考えられる部分を基に、水平流動部を1.8mとし堰を設けたL型フロー試験装置(図-3)を製作し、配合条件との関係を検討した。試験ではコンクリートの打ち込み後ゲートを開放してタンクに棒状パイプレータ(内部加速度 23m/s<sup>2</sup>)で10秒間振動を与えコンクリートを流動させ、堰を越えるまでの時間(Lフロー時間)を測定した。ここで本実験では材料分離が生じないという条件で、Lフロー時間が短いほど型枠充てん時間が短く充てん性が良好であると判断した。

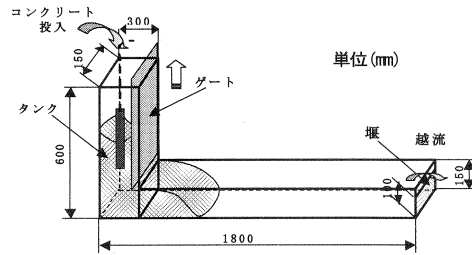


図-3 L型フロー試験

2. 3 配合選定実験結果および考察

示方配合および実験結果を表-3に示す。

表-3 示方配合および実験結果

※スランプ値

No	フレッシュ性状									硬化性状(材令28日)			備考	
	Xv %	P kg/m <sup>3</sup>	W/C %	W	C	LS kg/m <sup>3</sup>	S	G	スランプフロー mm	Lフロー時間 sec	Air %	圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>		静弾性係数 kN/mm <sup>2</sup>
1	36	400	55	154	280	120	806	968	478	54	3.2	46.9	38.36	高施工性 コンクリート
2	33	430	55	154	280	150	856	888	490	48	3.8	43.6	38.24	
3	36	430	55	154	280	150	777	968	490	38	3.0	46.8	42.60	
4	39	430	55	154	280	150	699	1049	485	111	3.8	50.9	40.98	
5	36	430	55	154	280	180	748	968	480	41	3.6	44.1	42.37	
6	34.4	292	52.1	152	292	---	881	1004	90*	---	5.8	---	---	比較用普通

本実験においては全配合でブリーディングは認められずブリーディング率は0%であった。さらに全ての配合において、水中養生における材令28日で目標強度27N/mm<sup>2</sup>、目標ヤング係数26.5kN/mm<sup>2</sup>を上回り、十分な強度発現性を示した。以上より、振動を与えた場合のLフロー時間が最も短く(38秒)最も良好な充てん性を示したP=430kg/m<sup>3</sup>、Xv=36%の配合(表-3のNo.3)を本実験における配合として採用した。

2. 4 選定配合のコンクリート性状確認実験

配合選定試験により得られた配合(表-3のNo.3)を用い、以下の項目でコンクリート性状確認実験を行った。

- ① L型(300)充てん試験：鋼殻部上フランジ蓋板の裏に設置されるリブプレートの前へへの充てん状況の確認。(リブプレート配置装置(図-4))
- ② L型(600)充てん試験：鋼殻内部に複雑に配置される鋼材による流動充てん性・材料分離抵抗性の確認。(鉄筋配置装置(図-5))

さらに、硬化性状の確認として③ 断熱温度上昇試験：JCI品質評価試験方法研究委員会が提案している「コンクリートの断熱温度上昇試験方法(案)」, ④ 自己収縮試験：JCI自己収縮研究委員会による「セメント・モルタルおよびコンクリートの自己収縮および自己膨張試験法等(案)(JCI-1996)」, ⑤ 乾燥収縮試験：JIS-A1129-2002「モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法(ダイヤルゲージ方法)」を行った。③④⑤の試験については比較対象として普通コンクリート(表-3のNo.6)でも行った。

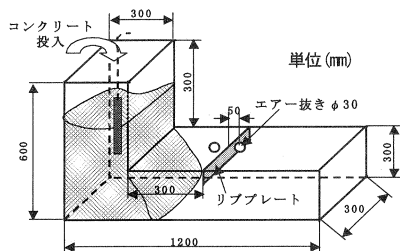


図-4 L型(300)充填試験装置

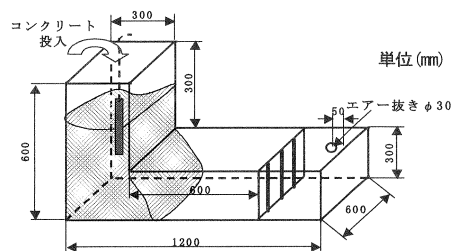


図-5 L型(600)充填試験装置

2. 5 性状確認実験結果および考察

① L型(300)充てん試験, ② L型(600)充てん試験においては、リブプレートや型枠先端部などの充てんが懸念された部分にも十分コンクリートが行き渡り良好な充てん性が確認できた。これは打設中および型枠脱

型後の両方で確認している。また、流動性・材料分離抵抗性についても鉄筋配置位置での流動障害に問題はないことが確認された。

③ 断熱温度上昇試験結果：高施工性コンクリートの最大温度は 45.4℃、普通コンクリートの最大温度は 48.1℃であることから、従来用いられている普通コンクリートと同程度であることが解った(図-6)。

④ 自己収縮試験結果：いずれの配合も材齢 28 日で 100μ以下の自己収縮となり、本高施工性コンクリートは普通コンクリートに比べ自己収縮ひずみが小さいことが確認できた。これは粉体量が多いに関わらず、本高施工性コンクリートが石灰石微粉末を用いてセメント量を置換したからと考えられる(図-7)。

⑤ 乾燥収縮試験結果：単位水量がほぼ同等にも関わらず、高施工性コンクリートの収縮量は、普通コンクリートをやや上回る結果となった。これは高施工性コンクリートの粗骨材量減少に伴うペースト部分の増加が、乾燥収縮量を大きくする要因と考えられる(図-8)。

これらの結果から高施工性コンクリートの実施工への適用性が極めて高いことが確認できた。

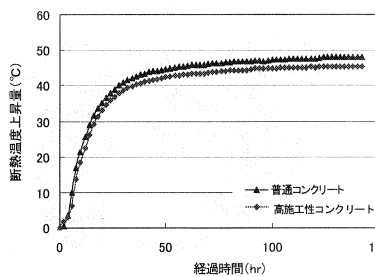


図-6 断熱温度上昇量

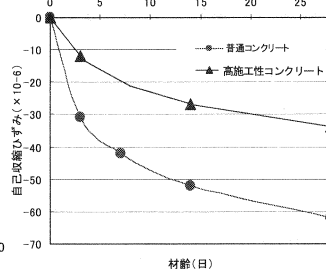


図-7 自己収縮ひずみ

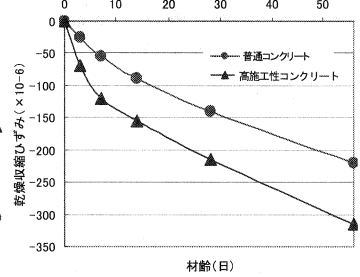


図-8 乾燥収縮ひずみ

### 3. 実物大模型による充てん性確認実験

#### 3. 1 実験概要

上記のような配合選定試験および性状確認実験結果の妥当性を確認するため、実物大寸法の 1/4 カットで鋼殻の一部をモデル化した模型型枠への充てん性確認実験を行った。

使用材料および配合は前実験と同様のものを用い、配合は表-3 の No. 3 とした。練り混ぜ・運搬および打ち込み方法については、実機の生コンプラントを用いて練り混ぜ、30 分間アジテータ車により仮運搬しその後打設した。実物大模型型枠内には実構造物を同じリブプレート、異形鉄筋、スタッドジベルが配置されており壁面の一部が透明のアクリル板できている(写真-1)。この型枠に高施工性コンクリートを打ち込み、目視で充てん状況を確認するとともに、硬化後型枠ごと切断して内部の充てん状況を確認した。

#### 3. 2 実験結果

打設状況を写真-2 に示す。打ち込み直前のコンクリートのスランプフローは 483mm、空気量は 5.4%であった。先の実験結果に比べて若干空気量が増しているが、これは実機練りにより巻き込みエアがやや多めに入ったためと考えられる。しかしながらいずれも既定値内に入っており、性状

に大きな違いはないものと考えた。打設に際しては実施工を想定して上蓋を取り付け、片方の打設孔からコンクリートを打ち込み、もう片方の打設孔から棒状パイプを挿入する作業を交互に繰り返し徐々に型枠内に充てんさせていった。目視観察では、上面リブプレート周り、スタッドジベルおよび鉄筋等の流動障害箇所にも完全に充てんされていることが確認できた。また、型枠上面に開けた空気孔からもコンクリート

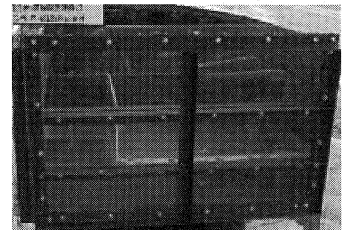


写真-1 実物大模型 (打設前)

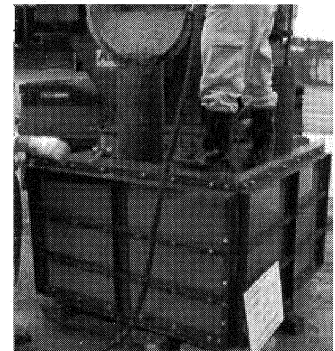


写真-2 打設状況

が溢れ出てくるのを確認し、上面にも充てんしたことが確認できた(写真-3)。さらに硬化後型枠ごと切断し断面を観察したところ、材料分離は全く見られず鋼材周辺、上蓋リブ周辺にも完全に充てんされていることが確認できた(写真-4)。また、鉛直方向に採取したコンクリートコア側面を観察したところ骨材が均等に存在していることから型枠内の流動・充てんによる材料分離の傾向は全く無かったと言える(写真-5)。

したがって本高施工性コンクリートは施工上の問題もなく実施工への適用性が確認できた。



写真-3 実物大模型 (打設後)

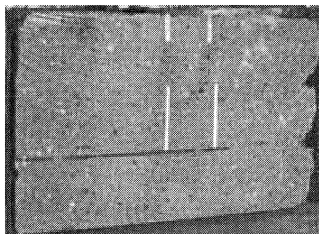


写真-4 実物大模型充填確認

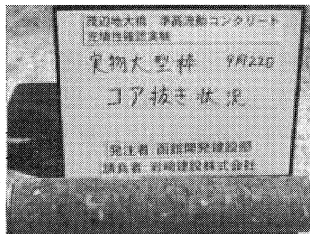


写真-5 コア採取

#### 4. 実施工の充てん状況

本橋脚施工では、前述のような配合選定試験、性状確認実験、実物大模型を用いた充てん実験で流動性、充てん性、材料分離抵抗性を確認した上で実施工に臨んだ(写真-6)。実施工時の空気量は4.0%、スランプフロー値は435mmであり、実物大模型実験値と比べて若干小さい値だった。これは外気温が若干低かったためと考えられるがいずれも既定値内であった。打設状況としては実物大模型実験同様、鋼製上蓋空気孔からのコンクリート溢れ出しが確認出来たことから、実施工においても優れた流動性と充てん性・材料分離抵抗性を有していたことが確認できた。写真-7に完成状況を示す。

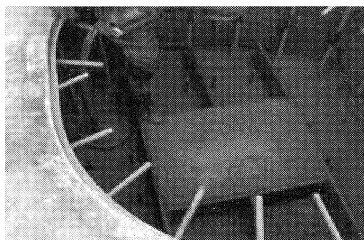


写真-6 実施工状況

#### 5. まとめ

茂辺地大橋の複合構造橋脚への高施工性コンクリート充てん施工について以下にまとめる。

- 1) 本高施工性コンクリートは、本橋脚のような複合構造の施工では流動性・充てん性および材料分離抵抗性において非常に優れたコンクリートであった。
- 2) 本高施工性コンクリートは従来用いられる普通コンクリートと同程度以上の性能を有し、かつ振動締固めの仕事量は従来の半分ほどで済み、施工上の省力化に貢献できるものと判断できる。
- 3) 実施工前の配合選定評価手法として、L型フロー試験、L型充てん試験は非常に有用な方法といえる。

謝辞：本実験および実施工に際し、工事請負業者岩崎建設(株)、青函生コン木古内工場の各関係者にご協力を戴きました。ここに感謝の意を表します。

#### 参考文献:

- 1) 角田忍：フレッシュコンクリートの振動時における性質 フレッシュコンクリートの挙動とその施工への応用に関するシンポジウム論文集 pp. 13-18(1989)
- 2) 岡田正美 ほか：中流動コンクリートの流動性と基礎物性に及ぼす振動と粗骨材料の影響 コンクリート工学 年次論文集 Vol. 22, No2, pp. 919-924(2000)
- 3) 阿部果林 ほか：高施工性コンクリートのワーカビリティ評価試験方法に関する研究 セメント・コンクリート論文集 No. 56, pp. 590-596(2002)

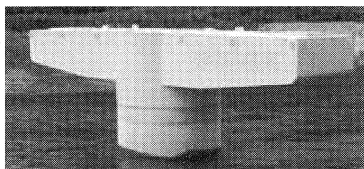


写真-7 完成状況