

川又 篤^{*1}・唐沢智之^{*2}・佐藤茂美^{*3}

概 要

釧路港湾地区に、下路桁形式の PC ランガー橋である星が浦海岸通架道橋を建設するにあたり、RC 造アーチリブに自己充てん型高強度高耐久コンクリート（以下、S.Q.C と記述する）を適用した。本稿では、施工に先立って実施した S.Q.C の配合および施工性の検討について報告する。

キーワード：ランガー橋，自己充てん，高強度，高耐久，コンクリート

APPLICATION OF SELF-FILLING HIGH-STRENGTH, HIGH-DURABILITY CONCRETE TO THE CONSTRUCTION OF THE OVERPASS ON THE HOSHIGAURA SEAFRONT STREET

Atsushi KAWAMATA ^{*1}, Tomoyuki KARASAWA ^{*2}, Shigemi SATO ^{*3}

Abstract

Self-filling high-strength, high-durability concrete (referred to as S.Q.C.) was used for making reinforced concrete arch ribs in the construction project of an overpass on the Hoshigaura seafront street in the Kushiro port district. The overpass was a prestressed concrete Langer bridge with through girder. This paper reports the study on mix proportion and work efficiency of S.Q.C. made before start of the construction.

Keywords: Langer bridge, self-filling, high strength, high durability, concrete

*1 Material / Structure Group, Construction Technology Center, Engineering Division

*2 Manager, Material / Structure Group, Construction Technology Center, Engineering Division

*3 Manager, Prestressed Concrete Group, Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

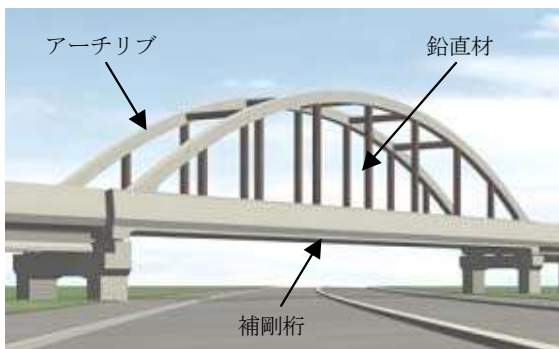
星が浦海岸通架道橋における自己充てん型高強度高耐久コンクリートの適用

川又 篤*1・唐沢智之*2・佐藤茂美*3

1. はじめに

東北海道の中核都市である釧路市では、物流アクセスの円滑化を目的に釧路港西地区整備事業が進められており、その一環として、JR 根室本線新大楽毛－新富士間の全長1,450mの鉄道高架化が実施された。星が浦海岸通架道橋は、釧路港湾地区のシンボルとして、高架の道路横断面部に建設された下路桁形式のPCランガー橋（支間距離：65m）である。

図－1 に下路桁形式ランガー橋の概略を示す。星が浦海岸通架道橋は、PC 構造の補剛桁、RC 構造のアーチリブ、両部材を連結する鋼構造の鉛直材から構成される複合構造である。RC 構造であるアーチリブの特徴として、設計基準強度が 60N/mm^2 の高強度コンクリートであること、鉛直材およびストラットとの接合部が密配筋であること、上面に勾配があるため伏せ型枠の設置が必要であることが挙げられる。そのため、アーチリブには自己充てん型高強度高耐久コンクリート「S.Q.C」に該当するコンクリートを採用した。S.Q.C とは、Super Quality Concrete の略で、自己充てん性、高強度、高耐久性を有するコンクリート



図－1 下路桁形式ランガー橋の概略

である。平成8年にS.Q.Cの普及を目的に協会が設立され、平成13年には土木学会より設計・施工・維持管理指針が発刊された。

ここでは、S.Q.Cを本工事に適用するにあたり、先立って実施した配合および施工性の検討について報告する。

2. 配合の検討

2.1 配合計画

(1) アルカリ骨材反応抑制対策

一般に、高強度コンクリートは、単位セメント量が多くなるため、コンクリート中のアルカリ総量が多くなる。アルカリ骨材反応抑制対策については、①コンクリート中のアルカリ総量を Na_2O 換算で 3.0kg/m^3 に抑制、②抑制効果のある混合セメントの使用、③安全と認められる骨材の使用、の3つが掲げられているが、土木構造物の場合、①コンクリート中のアルカリ総量の抑制、②抑制効果のある混合セメントの使用を優先するとされている¹⁾。アーチリブに使用する設計基準強度 60N/mm^2 のS.Q.Cについては、普通ポルトランドセメントを用いた場合、コンクリート中のアルカリ総量を 3.0kg/m^3 以下にすることが難しいため、本工事では抑制効果のある混合セメントとして高炉セメントB種を使用することとした。

(2) 収縮ひずみ抑制対策

高炉セメントは乾燥収縮が大きいいため、ひび割れ発生の懸念がある。そこで、乾燥収縮ひずみの低減、および単位セメント量の増大に伴う自己収縮ひずみの低減を目的に膨張材

*1 エンジニアリング本部 建設技術総合センター 研究開発部 材料・構造グループ

*2 エンジニアリング本部 建設技術総合センター 研究開発部 材料・構造グループ・リーダー

*3 エンジニアリング本部 土木技術部 PCグループ・リーダー

表-1 高流動コンクリートの自己充てん性のランク

自己充てん性のランク		1	2	3
構造条件	鋼材の最小あき (mm)	35~60	60~200	200 以上
	鋼材量 (kg/m ³)	350 以上	100~350	100 以下
U形あるいはボックス形充てん高さ (mm)		300 以上 (障害 R1)	300 以上 (障害 R2)	300 以上 (障害なし)
単位粗骨材絶対容積 (m ³ /m ³)		0.28~0.30	0.30~0.33	0.32~0.35
スランブフロー (mm)		600~700	600~700	500~650
材料分離抵抗性	漏斗流下時間 (秒)	9~20	7~13	4~11
	500mm フロー到達時間 (秒)	5~20	3~15	3~15

表-2 要求性能

項目	試験方法	規格値
U形充てん高さ (mm) (障害なし)	JSCE-F 511	300 以上
スランブフロー (cm)	JIS A 1150	55.0±5.0
空気量 (%)	JIS A 1118	4.5±1.5
圧縮強度 (N/mm ²) (材齢 28 日)	JIS A 1108	60.0 以上
膨張率 (%)	JIS A 6202	150~250

を使用することとした。使用する膨張材は、収縮補償用コンクリートにおける所定の膨張量 150×10^{-6} 以上 250×10^{-6} 以下²⁾を確保できることを確認した材料とした。

(3) 自己充てん性のランク

土木学会では、高流動コンクリートの自己充てん性を鉄筋等の障害物の配置間隔と量に応じて表-1のように3つのランクに分類している³⁾。本工事におけるアーチリブの鋼材量は比較的多いためランク2に該当する。しかし、コンクリートの流動性を高めると、材料分離を防止するために粘性が増加して巻き込み空気が抜け難くなり、表面気泡が外観上の問題となる可能性がある。そのため、本工事では小型バイブレータおよび型枠バイブレータを使用して、コンクリートの充てん性を確保することを前提に、粘性の低いランク3を採用した。表-2に本工事におけるS.Q.Cの要求性能を示す。

2.2 配合および性状

上記の計画に踏まえたS.Q.Cの使用材料を表-3に、配合を表-4に示す。また、実機試し練りの結果の一覧を表-5に、スランブフロー試験の結果を写真-1に示す。本配合が規格値を満足することが確認できた。

表-3 使用材料

材料	記号	種類	物性他
セメント	C	高炉セメント B種	密度 3.04g/cm ³ 比表面積 3750cm ² /g
混和材	EX	膨張材	密度 3.16g/cm ³
細骨材	S	陸砂	表乾密度 2.63g/cm ³ 吸水率 1.58%, 粗粒率 2.80
粗骨材	G	山碎石	表乾密度 2.66g/cm ³ 吸水率 1.62%, 実績率 57.2%
混和剤	SP	高性能 AE減水剤	ポリカルボン酸系 密度 1.05g/cm ³

表-4 配合

単位量 (kg/m ³)					
W	C	EX	S	G	SP
164	534	20	650	960	5.54

* C+EX=B, W/B=29.6%, W/C=30.7%,
s/a=40.7%, 空気量=4.5%,
単位粗骨材絶対容積=0.363m³/m³

表-5 実機試し練り結果一覧

項目	試験結果
U形充てん高さ (mm) (障害なし)	348
スランブフロー (cm)	59.0×58.0
空気量 (%)	4.1
圧縮強度 (N/mm ²) (材齢 28 日)	75.1
膨張率 (%) (室内試し練りで供試体採取)	230 (材齢 7 日目)



写真-1 スランブフロー試験結果

3. 施工性の検討

3.1 概要

アーチリブに S.Q.C を適用するにあたり、品質を確保するために、施工性の検討を行った。項目としては、①伏せ型枠を用いたアーチリブ天端の仕上げ方法、②密配筋となる鉛直材およびストラットとの接合部における充てん性、③分割施工方法である。

3.2 天端仕上げ方法

(1) 透水性型枠の適用

アーチリブでは、上面に勾配があるため伏せ型枠の設置が必要となる。しかし、伏せ型枠を設置した場合、多数の表面気泡が形成されることが想定されるため、アーチリブ天端の仕上げ方法について検討を行った。

ここでは、伏せ型枠設置に起因する表面気泡を除去するために、余剰水と気泡を型枠外に排出する機構を有する透水性シートを伏せ型枠に貼り付けた透水性型枠の検討を行った。透水性型枠は3種類を試験した。試験体は、**図-2**に示すように充てんおよび気泡の排出が比較的困難な緩い勾配の 5° とした。透水性型枠を設置した状態で S.Q.C の打設を行い、打設翌日に伏せ型枠を脱型して、仕上がり状況を確認した。

試験結果の一例を**写真-2**に示す。勾配を 5° と条件を厳しくしたことも原因の1つと考えられるが、全てのケースにおいて多数の表面気泡が形成された。その径も大きいため、施工方法として適さないことが確認できた。

(2) 均し仕上げの適用

透水性型枠が適さないことが確認できたため、S.Q.C 打設終了数時間後に伏せ型枠を脱型して、金ごて等で天端を均して仕上げるといった一般的な施工方法について検討を行った。

ここでは、伏せ型枠の種類と脱型時間、均しの施工性および仕上がり状況を試験により確認した。試験体は、**図-3**に示すように伏せ型枠を脱型した際のコンクリートの自立性が明確に観察できるように、アーチリブにお

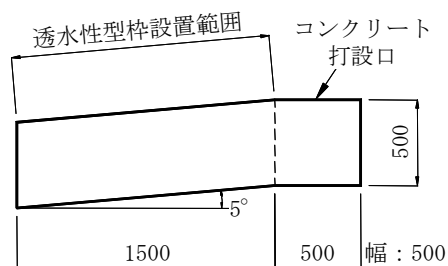


図-2 透水性型枠を適用した試験体の概略



写真-2 透水性型枠の試験結果の一例

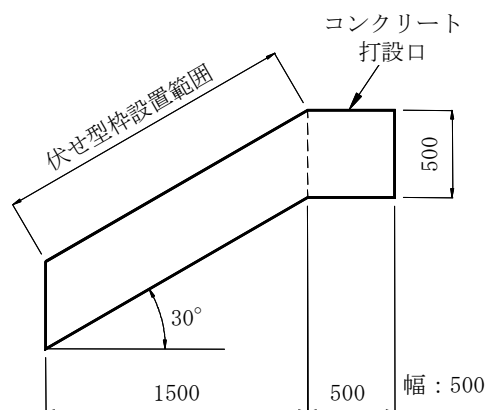


図-3 均し仕上げを適用した試験体の概略

いて最も大きい勾配の 30° とした。伏せ型枠には、化粧型枠のみを使用した場合と化粧型枠と樹脂製ネットを組み合わせた場合の2種類を検討した。樹脂製ネットとは、伏せ型枠に貼り付けて使用する格子状のシートで、均しに必要な余分なモルタル分が格子に蓄積されるため、伏せ型枠を脱型した際に容易に均しが行える特徴がある。また、伏せ型枠の脱

表-6 均し仕上げの試験結果

型枠種類	化粧型枠のみ				化粧型枠+樹脂製ネット			
	1.5h	2.0h	3.0h	4.0h	1.5h	2.0h	3.0h	4.0h
脱型時間	1.5h	2.0h	3.0h	4.0h	1.5h	2.0h	3.0h	4.0h
脱型時 表面自立性	若干だれる	若干だれる	良好	良好	若干だれる	若干だれる	良好	良好
均し施工性	表面が軟らかく、まだ安定していない。粘性が残っているため、後2,3度押さえが必要。	表面が軟らかく、まだ安定していない。粘性が残っているため、後2,3度押さえが必要。	均し施工性良好。	多少硬化が進行している状態。均すと表面骨材を若干引っ張る。	表面が軟らかく、まだ安定していない。粘性が残っているため、後2,3度押さえが必要。	表面が軟らかく、まだ安定していない。粘性が残っているため、後2,3度押さえが必要。	均し施工性良好。モルタル分が浮いているため、若干軟らかい。	多少硬化が進行している状態。モルタル分が浮いており、均し施工性良好。
判定	×	×	○	△	×	×	○, △	○
	施工不可		施工可能		施工不可		施工可能	

型時間は1.5, 2.0, 3.0, 4.0時間の4種類とした。

試験結果を表-6に示す。脱型時の表面自立性については、3時間以上経過するとコンクリートが自立して、だれが生じ難くなることが確認できた。樹脂製ネットの有無については、3時間経過までは大きな相違はないが、4時間経過時点ではネットを使用した方が均しの施工性が容易であった。いずれも直接均して仕上げを行っているため、仕上がりは写真-3に示すように良好であった。以上の結果を踏まえ、施工時間の短縮およびコスト削減を考慮して、化粧型枠のみを使用して、打設後3時間経過したときに伏せ型枠を脱型してコンクリート表面を均す計画とした。

3.3 接合部の充てん性

アーチリブにおいて密配筋となる鉛直材およびストラットとの接合部でのS.Q.Cの充てん性を確認することを目的に、図-4に示すような実物大の試験体を作製した。試験体は充てん性が最も厳しい箇所を想定して、伏せ型枠が必要で、且つ勾配が緩い接合部とし、ストラット内部もアーチリブと共にS.Q.Cを打設した。アーチリブにはD32の主筋が16本、D16のスターラップが100mm間隔、更に鉛直材付近250mmの範囲には50mm間隔でD16の引抜きせん断補強筋が配置されている。また、ストラットにはD32の主筋が12本、D13



写真-3 均し仕上げ後の天端状況の一例

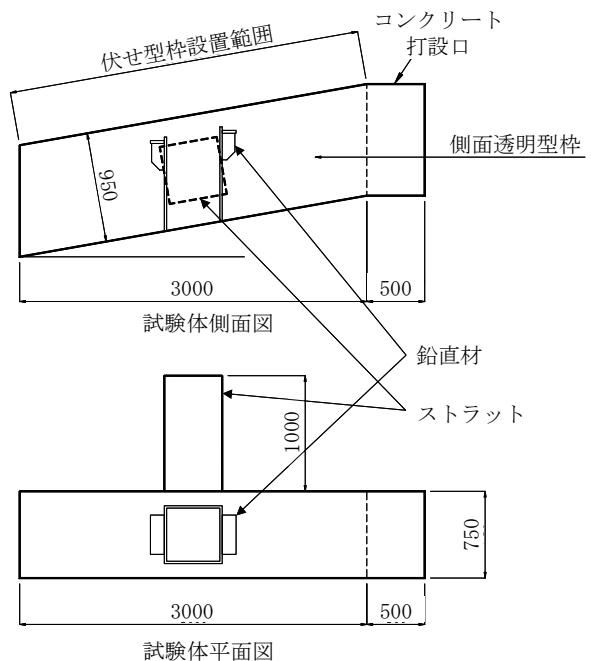


図-4 充てん試験体概略

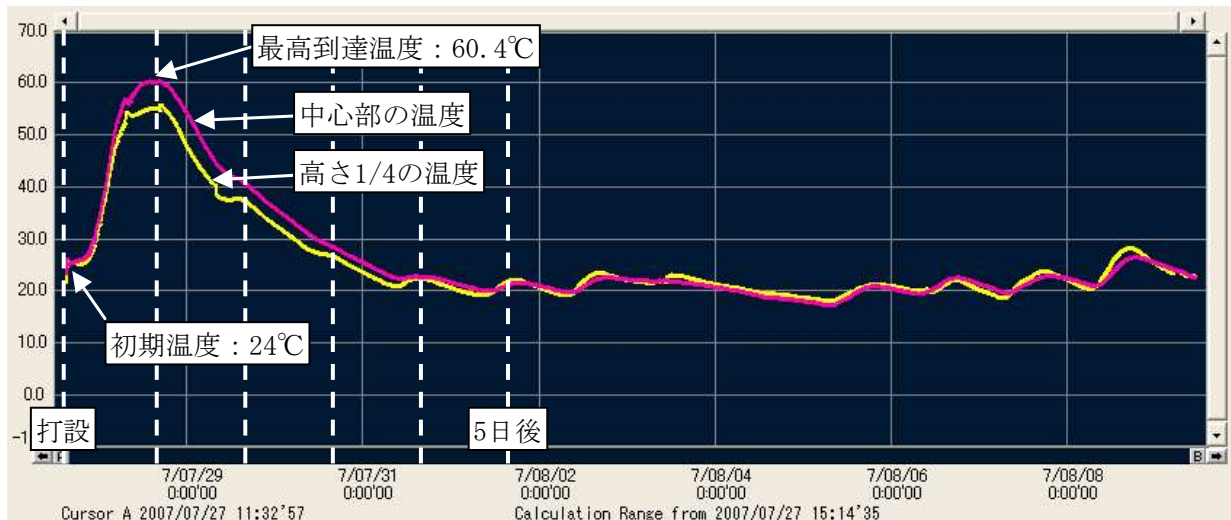


図-6 温度履歴計測結果

のスターラップが 100mm 間隔で配置されている。伏せ型枠を設置した状態で、S.Q.C を打設して締固めおよび充てん状況を側面の透明型枠より目視で観察した。硬化後に脱型して試験体を観察したところ、良好な充てん性を確保できることが確認できた。

3.4 分割施工方法

本工事で使用する S.Q.C は水結合材比が低いいため、水和熱による膨張および収縮に起因するひび割れを低減する目的で、分割施工を行うこととした。ここでは、アーチリブと実物大断面の試験体にコンクリートを打設して温度履歴を計測し、2 ロット目の打設時期の検討を行った。本試験では、図-5 に示すようなアーチリブと同じ断面寸法の試験体に S.Q.C を打設し、温度履歴を計測した。試験体は、地熱の影響を受けないように 1m 以上の高さに設置した。計測点は、断面中心部（深さ 475mm）と、高さの 1/4（225mm）とした。

図-6 に計測結果を示す。打設して約 1 日後に最高温度に到達し、5 日後にはほぼ外気温まで降下する結果となった。そのため、本工事では、1 ロット打設後、水和熱が収束した 5 日後に 2 ロット目を打設する計画とした。

4. 施工

以上の試験結果を踏まえて、S.Q.C の打設

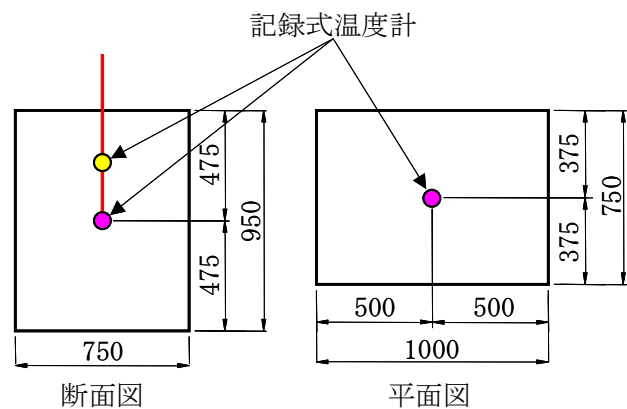


図-5 温度履歴計測用試験体



写真-4 1ロット目打設状況

を行った。施工は計画通り分割施工とし、1 ロット目は、左右のアーチリブの約 100m³ を 2 台のコンクリートポンプ車を使用して 1 日で打設した。1 ロット目の打設状況を写真-4 に示す。アーチクラウン部 3m の 2 ロット目は、

計画通り 1 ロット目を打設してから 5 日後に打設した。

写真-5 にアーチリブ天端の金ごて押さえ状況を示す。アーチリブの天端は計画通り打設してから 3 時間後に伏せ型枠を脱型して、金ごて等で均すことで良好な仕上がりを得ることができた。写真-6 に完成状況を示す。

5. まとめ

本工事では、下路桁形式ランガー橋の RC 造アーチリブに自己充てん型高強度高耐久コンクリート S.Q.C を適用するため、先立って実施した配合および施工性について検討を行った。以下に結果をまとめる。

- (1) アーチリブにランク 3 の S.Q.C に該当するコンクリートを採用し、試し練りでは要求性能を満足することが確認できた。
- (2) アーチリブの天端仕上げ方法は、試験結果を踏まえて、伏せ型枠に化粧型枠を使用して 3 時間後に脱型して金ごて等で均して仕上げる計画とした。
- (3) アーチリブにおいて密配筋となる鉛直材およびストラットとの接合部での S.Q.C の充てん性を実物大の試験体により確認したところ、十分な充てんを確保できることを確認した。
- (4) 実物大断面による温度履歴計測結果を踏まえて、アーチリブを分割施工することとし、2 ロット目を 5 日後に打設する計画とした。
- (5) 試験結果を踏まえた計画に準拠することで、良好な仕上がりの S.Q.C を打設することができた。

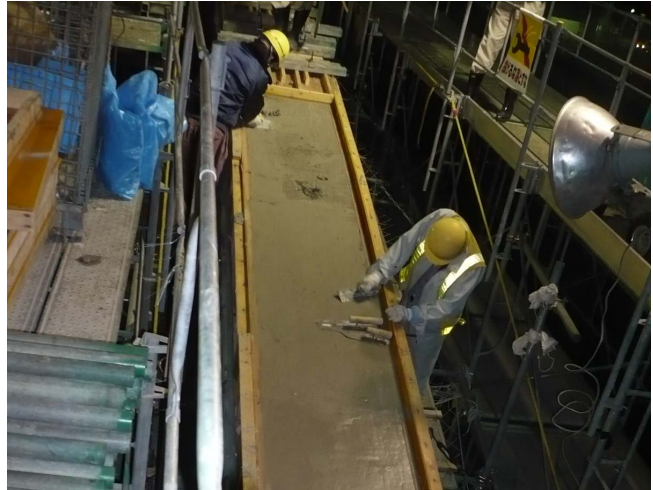


写真-5 アーチリブ天端の金ごて押さえ状況



写真-6 完成状況

参考文献

- 1) (財) 鉄道総合技術研究所編, 鉄道構造物等設計標準・同解説-コンクリート構造物, 2004. 4
- 2) (社) 土木学会編, コンクリート標準示方書[施工編]2007年制定, 2008. 3
- 3) (社) 土木学会編, コンクリートライブラリー93 高流動コンクリート施工指針, 1998. 7