

## PC上部工における高炉セメントを用いた品質確保への取組み

川田建設(株) 東京支店 ○阿久津 豊  
 川田建設(株) 東北支店 高谷 貴公  
 東北地整 仙台河川国道事務所 手間本 康一  
 川田建設(株) 東京支店 正会員 高橋 功

キーワード：高炉セメント，追加養生，透気試験，透水試験

### 1. はじめに

八雲こ道橋は、国道45号三陸沿岸道路釜石山田道路の釜石JCT～釜石両石IC区間に位置するPC2径間連続ラーメン箱桁橋である。本橋はトンネルに挟まれ、さらに山の陰となるため、日中においても日陰状態となることから、冬期には凍結した路面に対して凍結抑制剤の散布頻度が多くなると予測される。

そこで、本工事では凍結抑制剤による塩害と冬期における凍結融解の繰返しによる凍害に対して耐久性を向上するためのコンクリートの品質確保対策に取り組んだ。

本報告においては、その一部としてコンクリートの追加養生の工夫および高炉セメントコンクリートの使用の工夫について報告する。

### 2. 工事概要

本橋の工事概要および橋梁諸元を表-1、図-1および図-2に示す。

表-1 工事概要

工事名	八雲こ道橋工事	
発注者	国土交通省 東北地方整備局 南三陸国道事務所	
工事場所	岩手県釜石市八雲町地内	
工事内容	上部工	PC2径間連続ラーメン箱桁橋
	RC橋脚工	P1橋脚 壁式橋脚H=17.0m
	基礎工	P1橋脚 大口径深礎φ7500
橋梁諸元	橋長	81.000m
	支間長	2×39.600m
	有効幅員	9.500m

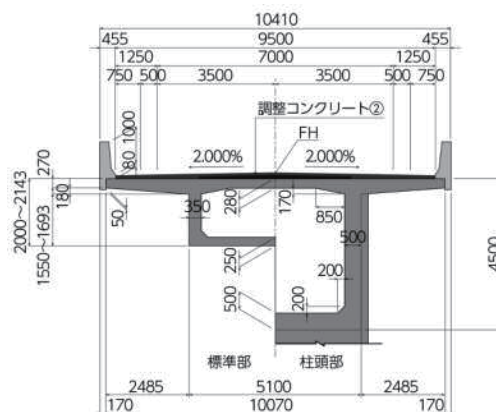


図-1 主桁断面図

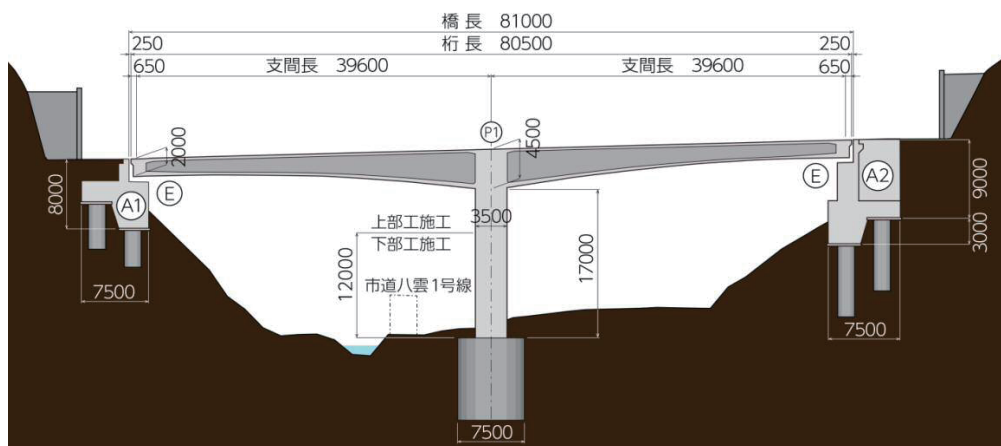


図-2 橋梁一般図



写真-1 橋脚の封緘養生

表-2 Torrent 法による透気係数の評価基準

( $\times 10^{-16} \text{ m}^2$ )

	優	良	一般	劣	極劣
KT	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100

表-3 SWAT 評価基準

( $\text{ml}/\text{m}^2/\text{s}$ )

コンクリートの吸水抵抗性	良好	標準	不良
細田、林らの研究 P600	<0.25	0.25~0.5	0.5<

表-4 P1 橋脚の測定結果

	透気試験		透水試験	
	KT値	判定	P600	判定
南面	< 0.001	優	吸水なし	良好
北面	0.0014	優	0.003	良好

※  $\sigma_{ck}=24\text{N}/\text{mm}^2$  高炉B種

### 3. 橋脚コンクリートの追加養生

東北地方整備局における橋脚工事においては、工程上可能な限りブルーシートやビニルシートを巻き立てた封緘養生による養生期間の延長を実施することを推奨している。そこで、本工事では上下部1式施工という工事内容を活かして上部工完成まで橋脚の封緘養生を実施した(写真-1)。ここで、橋脚のコンクリートは高炉セメントを用いた設計基準強度 $24\text{N}/\text{mm}^2$ のコンクリートである。これにより、コンクリート表面の緻密性の指標となる透気試験結果では「優」、透水試験 (SWAT) 結果では「良好」の評価判定を得ることができた(表-4)。おのおのの試験の評価基準を表-2および表-3に示す。なお、測定結果は、国土交通省東北地整東北技術事務所からご提供頂いたデータである。

### 4. 主桁コンクリートの追加養生

本橋は、移動作業車を用いた片持ち架設工法による施工であるため、使用したコンクリートは早強セメントを用いた設計基準強度 $40\text{N}/\text{mm}^2$ のコンクリートである。この工法においては、サイクル施工日数を考慮すると箱桁の内外型枠を長時間存置することが困難であることから、粘着型の養生シートを箱桁外周面に貼り付けて長期間の封緘養生を実施している事例がある。そこで、本工事では型枠組立時に使用するPコンのねじを利用して透明ビニルシートを栈木で固定する方法で橋体が完成するまで封緘養生を行った(写真-2)。その結果、箱桁内面の透気係数(KT値)は $0.085 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ の「良」であり、透水係数は $0.098 \text{ ml}/\text{m}^2/\text{s}$ の「良好」という結果を得た。箱桁にビニルシートを貼り付けた封緘養生では密閉した封緘養生が困難であるため、湿潤状態が確保されている箇所(コンクリートが黒く湿っている箇所)とそうでない箇所(コンクリート表面の水分が蒸発して乾燥している箇所)ができた。そのため、橋脚コンクリートより透気係数および透水係数が橋脚より劣る結果になった。



写真-2 主桁の封緘養生状況

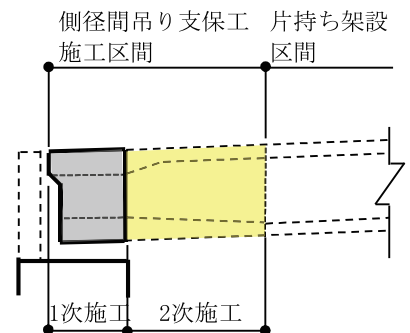


図-3 側径間施工の分割

### 5. 主桁端部コンクリートへ高炉セメントの使用

橋梁の主桁端部は胸壁との間隔が狭いため、湿気等の環境条件が厳しい箇所であるだけでなく、伸縮装置が破損した場合には、橋面に散布された凍結抑制剤を含んだ塩水が桁遊間部から浸入して付着する。これにより、桁端部の環境条件がさらに悪化する可能性がある。

り、橋梁の耐久性を考える上では、重要な部位の一つである。そこで、本橋においては図-3の主桁端部となる1次施工部に高炉セメントを用いたコンクリートを採用し、高炉セメントの潜在水硬性と追加養生の実施により橋梁の長寿命化および耐久性確保を図る検討をした。

高炉セメントを用いたコンクリートは、PC上部工において標準的に使用する早強コンクリートに比べてプレストレス導入時に必要な圧縮強度を確保するための養生期間が長くなる。そのため、図-3のように側径間支保工部を分割して1次施工部を片持ち架設施工中に構築することでコンクリートの養生期間を確保する方法とした。

表-5 コンクリートの配合

コンクリートの種別	設計基準強度 $\sigma_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	セメントの種類	混和剤
40-12-20BB	40	20	12	4.5	高炉B種	AE減水剤

5.1 施工前確認

5.1.1 マスコンクリート温度応力解析

実施工で使用するコンクリートはレミコン工場で所有しているJIS配合コンクリートとした。表-5にその配合を示す。

W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
		W	C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 AE減水剤 遅延形
37.0	39.5	165	446	676	1053	3.57

近年の高炉セメントは、高炉スラグの微粉末化と混入率の低減により圧縮強度促進が進み、

普通セメントより高温となる事例も発生していることから、この配合を用いて「マスコンクリートのひび割れ制御指針2016 (日本コンクリート工学会)」の基準に従い、3次元FEMによるマスコンクリート温度応力解析を実施した。解析結果を図-4および図-5に示す。

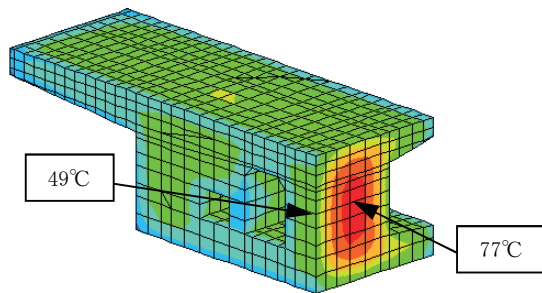


図-4 コンクリート温度

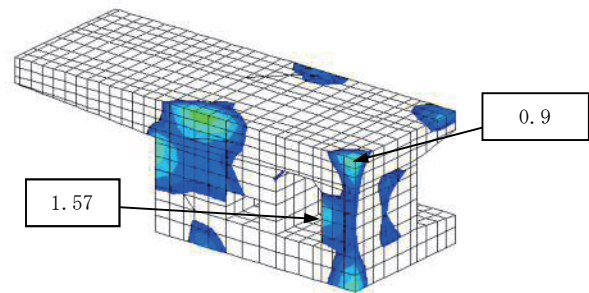


図-5 ひび割れ指数

端横桁中心部のコンクリートの最高温度は約 80°Cまで上昇し、ひび割れ指数が 1.0 以下になる部分が桁端面に局所的に見受けられるが、クーリングが必要なほどの影響は無い結果となった。

5.1.2 試験施工

以下の項目を検証するため、端横桁をモデル化した試験供試体による試験施工を行った。

【検証項目】

- ・ コンクリート内部、表面付近の温度測定による解析結果の検証
- ・ 現場へ搬入したコンクリート品質の経時変化 (スランプ・空気量・温度) の確認
- ・ ポンプ圧送による性状変化 (スランプロス) の確認
- ・ 締固め時の充填性と再振動可能時間の確認

試験供試体は、実際の端横桁と同様の温度となるように高さ・厚さは端横桁に合わせ、幅は1/2にした。また、横桁に配置される鉄筋と同じ鉄筋を配置した。ここで、マスコン温度解析において鉛直コーナー部の鉛直方向の引張応力が若干大きかったため、1辺のみ断熱材による断熱養生を行ってその効果を確認した。

(1) コンクリートの品質

コンクリートの品質は、生コン車2台分を確認した。その結果を表-6に示す。1台目と2台目で受入れ時のスランプが異なり、初期のスランプが管理規格値の下限に近い2台目はポンプ圧送前後でスランプが低下したが、打設時のワーカビリティは、1台目と変わらなかった。また、ポンプ圧送前後の空気

量は1,2台目共ほとんど低下しなかった。セメント量が多く、粉末度の高いコンクリートであることから、筒先から排出されるコンクリートは粘性が高い状態となっている。そのため、コンクリート中の空気がポンプ圧送されても損失しなかったのではないかと考える。

表-6 コンクリートの品質管理結果

		スランプ (cm)		空気量 (%)		単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )		コンクリート温度 (°C)
基準値		12±2.5	圧送前後差	4.5±1.5*	圧送前後差	165±15 (管理値)	圧送前後差	
1台目	圧送前	12.0	0.0	5.8	0.2	176.9	-	26
	圧送後	12.0		5.6		-		26
2台目	圧送前	9.5	2.0	5.9	0.8	179.7	-	27
	圧送後	7.5		5.1		-		29

※ 空気量は、できるだけ6.0%に近づける。

打ち上がった供試体においては、30分間隔でバイフレータを挿入してコンクリートの凝結変化を確認した。その結果、暑中コンクリートにおいて練混ぜ～打設完了までの時間が東北地方整備局の土木工事共通仕様書に示されている1.5時間以内であれば、バイフレータが抵抗なく挿入でき、さらに振動が伝播されていることから、締固めおよび打重ねに対して問題がないことがわかった。また、養生マットを敷設できる状態になるまでブリーディング水は、ほとんど発生しなかった。

(2) コンクリート温度履歴

コンクリートの温度履歴を図-7に示す。実測温度は、「マスコンクリートのひび割れ制御指針2016」(日本コンクリート工学会)の解析値に対して若干低い温度であるが、ほぼ一致している。また、型枠除去後のコンクリート表面にはひび割れを確認できなかったため、断熱型枠は不要と判断した。

本構造においては、部材内部と表面の温度差による内部拘束が温度ひび割れの原因となる。実測値の部材内部と表面の温度が解析値とほぼ一致していることから、解析値よりひび割れに対する安全性を検証することが可能であることがわかった。

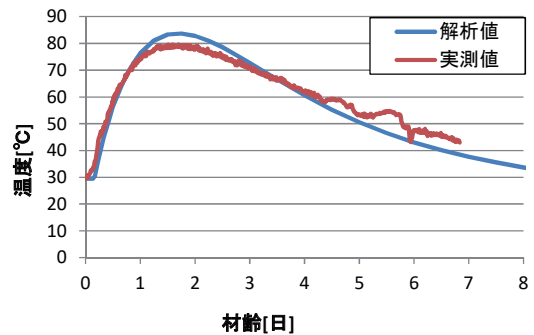
5.2 実施工

実施工でのコンクリートの品質は、スランプ11.0cm, 空気量5.9%, コンクリート温度26°Cであり、打設および締固めは、試験施工どおりに実施できた。また、養生中のコンクリート温度履歴は試験施工とほぼ一致していた。型枠養生は21日間行い、その後、透明ビニルシートを巻いて側径間閉合時まで封緘養生を実施した。コンクリートの圧縮強度は、材令7日でプレストレス導入時に必要な圧縮強度32N/mm<sup>2</sup>以上となった。

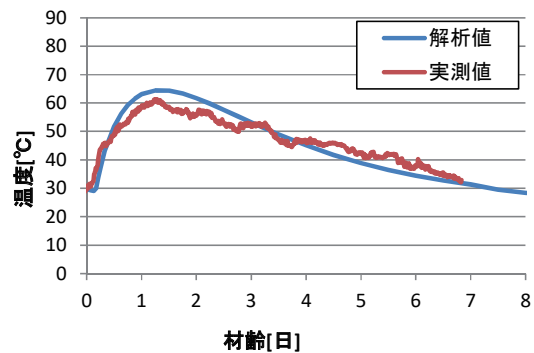
6. まとめ

- (1) ビニルシートによる封緘養生を実施したことにより、コンクリート表面を緻密にできた。
- (2) 本工事で使用した高炉セメントを用いたコンクリートは、ワーカブルであり充填性に問題がなく通常の打設管理で施工できることから、桁端部への適用は可能であった。ただし、クリープ係数や乾燥収縮、自己収縮等の材料特性が早強コンクリートと異なることから、適用範囲を広げる場合は、解析値との誤差を試験等で確認する必要がある。

本工事の施工に関して多大なるご指導とご協力を賜りました岩手大学工学部 羽原教授および小山田准教授と南三陸国道事務所の関係各位に深くお礼を申し上げます。



(a) 部材中心温度



(b) 部材表面温度

図-7 コンクリート温度計測結果