

(139) 高炉スラグ微粉末を用いたPC橋の設計・施工

(株)安部工業所 技術本部 開発部 正会員 後藤 剣也  
(株)安部工業所 福岡支店 工務部 正会員 江崎 守  
(株)安部工業所 技術本部 開発部 正会員 吉富 泰一  
九州大学 大学院 教授 正会員 松下 博通

## 1. はじめに

近年、コンクリート構造物において厳しい海洋環境下における塩害、寒冷地における凍結融解、平成3年のスパイクタイヤ使用禁止後の凍結防止剤大量散布、およびアルカリ骨材反応等、様々な要因から当初の予想よりも早い劣化・損傷が顕在化し、それらの種々報告がなされているのは周知の通りである。

このようなコンクリート劣化に対して、高炉スラグ微粉末の有用性が一般的に知られている。高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートは、水密性、耐海水性、耐薬品性、アルカリ骨材反応抑制などに優れ、耐久性向上を目的に使用されることが多いが、従来、一般的に使用されてきた比表面積  $4000\text{cm}^2/\text{g}$  の高炉スラグ微粉末は硬化時間が遅く、早期に強度を必要とするプレストレストコンクリート構造物に適用されることは殆どなかった。

近年、高炉スラグ微粉末の高粉末度の製品がJIS化され、早期の強度発現性が改善されるようになった。特に、比表面積  $6000\text{cm}^2/\text{g}$  の高炉スラグ微粉末は、工業的に安定供給が可能で、その使用が拡大している状況にある。

このような背景のもと、(株)安部工業所と新日鐵高炉セメント(株)は、高炉スラグ微粉末を用いた高耐久性プレストレストコンクリート構造物の開発を目的に、共同で(社)日本材料学会へ研究委託を行い、その成果として「高炉スラグ微粉末を使用した高耐久性プレストレストコンクリート構造物の開発」<sup>1)</sup>が発刊され、比表面積  $6000\text{cm}^2/\text{g}$  の高炉スラグ微粉末と、早強ポルトランドセメントを用いたプレストレストコンクリートの有効性が検証されている。

本報告は、比表面積  $6000\text{cm}^2/\text{g}$  の高炉スラグ微粉末をプレテンション方式のPC道路橋に適用した事例としては、国内最初となる俵山4号橋(写真-1)上部工工事について、その概要を記す<sup>2)</sup>。

## 2. 計画

### 2.1 工事概要

本橋梁は、熊本県熊本市と高森町を結ぶ、主要地方道熊本高森線の道路改築工事の一環として建設された、橋長 15.0mのプレテンション方式単純中空床版橋である。架橋位置は、阿蘇郡久木野村河陰地内の俵山北側標高 480mの高所に位置するため、冬季において凍結防止剤の散布が行われる。

従来、プレテンション方式によるPC道路橋は、結合材として早強ポルトランドセメントだけを用いて(以下、「早強セメント単味使用」と記す)桁を製造する方法が一般的であったが、本橋は、従来の早強セメントの使用量に対して比表面積  $6000\text{cm}^2/\text{g}$  の高炉スラグ微粉末(以下、「スラグ微粉末 6000」と記す)で50%置換した結合材を用いて桁を製造することにより、散布される凍結防止剤のコンクリート内への浸透を表面

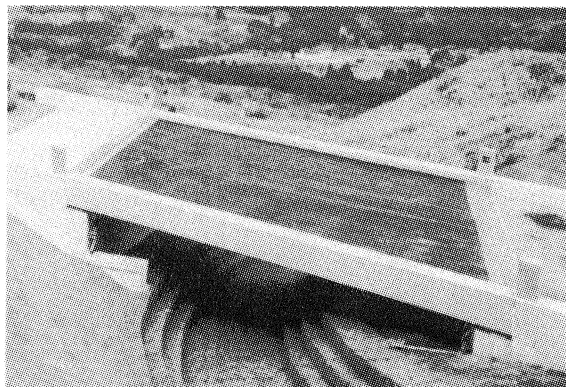


写真-1 俵山4号橋完成写真

部分で遮断し、内部への拡散を抑制する対策を図った。

### 2.2 試験桁概要

本工事においては、別途、共用される桁と同一規模の桁を事前に試験桁として、従来の早強セメント単味使用桁と、本工事と同様な早強セメントに対してスラグ微粉末 6000 で 50%置換して使用した桁の2種類製作し、両者の乾燥収縮・クリープ性状と製作による比較確認実験を行った。又、角柱供試体(100×100×400mm)においても、乾燥収縮・クリープ測定を試験室内と現場位置レベルにおいて実施し、桁、供試体それぞれの比較検討も行った。コンクリートのフレッシュ性状、硬化後のコンクリートについてはスランプ、空気量、コンクリート温度、外気温、凝結試験、圧縮強度、静弾性係数を測定した。

将来的な耐久性向上効果を確認するために、現地の主桁環境と同様な条件となるよう、現場付近に曝露供試体の設置も実施した。

## 3. 設計

### 3.1 設計条件

本橋梁の条件を以下に、上部工一般図を図-1に示す。

工事名：熊本高森線道路改築

(俵山4号橋上部工) 工事

発注者：熊本県一の宮土木事務所

工期：平成11年3月31日～平成11年12月27日

橋種：プレストレストコンクリートPC道路橋

形式：プレテンション方式単純中空床版橋

橋格：B活荷重

橋長：15.000m

桁長：14.910m

支間長：14.310m

全幅員：10.200m

有幅：9.000m

斜角：60° 05' 43"

### 3.2 設計

試験桁の結果に基づき、従来の早強セメント単味の場合と同様な数値で設計した。

## 4. 施工

### 4.1 使用材料

本橋梁の主桁に使用した材料は、セメントは早強ポルトラ

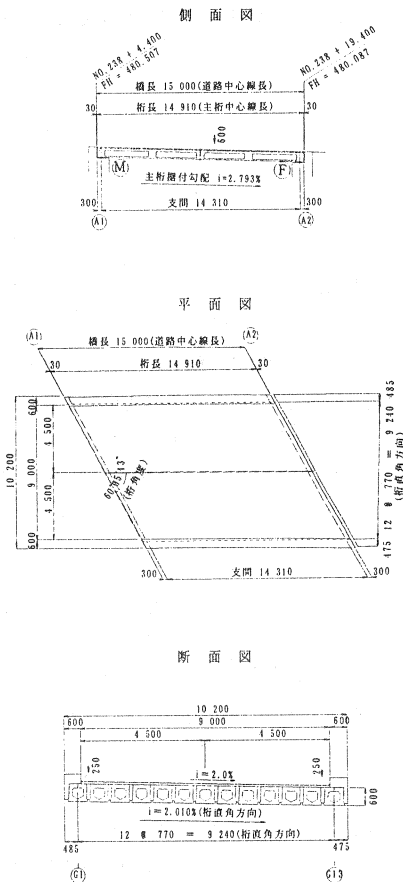


図-1 上部工一般図

表-1 配合条件

空気量	2±1%
スランプ	10±2cm
スラグ微粉末置換率 <sup>※</sup>	50%
設計基準強度	49.1N/mm <sup>2</sup>
プレストレス導入強度	34.3N/mm <sup>2</sup>

※セメント質量に対する置換率

ンドセメント ( $\rho:3.14$ ), 混和材は高炉スラグ微粉末 ( $\rho:2.91$ , 比表面積  $6100\text{cm}^2/\text{g}$ ), 細骨材は川砂 ( $\rho:2.55$ , F.M.:2.87), 粗骨材は砕石 (2005,  $\rho:3.00$ , F.M.:6.57), 混和剤はポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤 ( $\rho:1.09$ ) である。

#### 4.2 コンクリート配合

コンクリートの配合条件を表-1に示す。

スラグ微粉末 6000 を使用した PC 構造物の製作・施工例はまだ少なく, 本橋梁及び試験桁の配合は試験練りによって要求性能を満足する最適水結合材比 35% を決定した。試験練り結果を表-2に, 試験桁による従来の早強セメント単味使用と, 早強セメントに対してスラグ微粉末 6000 で 50% 置換した配合表を表-3 示す。

表-2 試験練り結果

スラグ置換率 (%)	W/B <sup>**</sup> (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						コンクリートの性状				
			水 W	セメント C	高炉スラグ微粉末 BFS	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 SP	スランブ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )		
											材齢19h	材齢14日	材齢28日
50	40	43.5	160	200	200	762	1167	2.00	11.0	1.7	40.1	54.4	56.4
50	35	43.0	160	229	228	732	1143	2.29	8.0	2.4	48.7	63.1	64.6
50	30	42.5	160	267	266	699	1110	2.93	12.0	1.6	57.9	67.4	68.8

※ B = C + BFS

表-3 試験桁の配合表

配合 No.	スラグ置換率 (%)	W/B <sup>**</sup> (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
				水 W	セメント C	高炉スラグ微粉末 BFS	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 SP
①	0	40	43	160	400	-	768	1173	3.20
②	50	35	43	160	229	228	732	1143	2.29

※ B = C + BFS

#### 4.3 試験桁に使用したコンクリートの圧縮強度試験

表-4に, 本工事の事前に製作した, 試験桁による圧縮強度試験結果を示す。

表-4 コンクリートの圧縮強度および静弾性係数試験結果

		クリープ試験用PC桁製作時				乾燥収縮試験用RC桁製作時			
		配合①(早強単味)		配合②(スラグ混和)		配合①(早強単味)		配合②(スラグ混和)	
		圧縮強度	弾性係数	圧縮強度	弾性係数	圧縮強度	弾性係数	圧縮強度	弾性係数
		N/mm <sup>2</sup>	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>
蒸気→	脱型時	35.7	2.70	41.5	2.65	36.1	2.55	39.4	2.48
屋外	28日	55.6	3.12	64.1	3.19	57.5	3.18	61.5	3.23
蒸気→	脱型時	36.0	2.74	43.3	2.74	37.2	2.52	40.9	2.46
室内	28日	50.3	3.09	57.2	3.07	51.8	2.98	52.6	2.90
標準養生	28日	54.6	3.24	58.4	3.10	56.0	3.12	57.8	3.05

#### 4.4 PC桁の製作

本橋梁におけるPC桁は, 福岡県大牟田市内の(株)安部工業所大牟田工場の実機ミキサ(強制二軸ミキサ, 容量 1.5m<sup>3</sup>)で, 通常早強セメント単味使用における練混ぜ時間よりも 30s 長い 120s で練混ぜ, 同工場内のPC桁製作専用ベンチにおいて製作した。

PC桁の配筋状況を写真-2に示す。

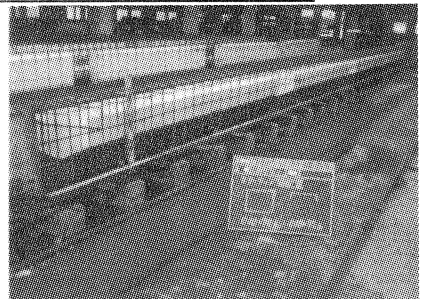


写真-2 PC桁の配筋状況

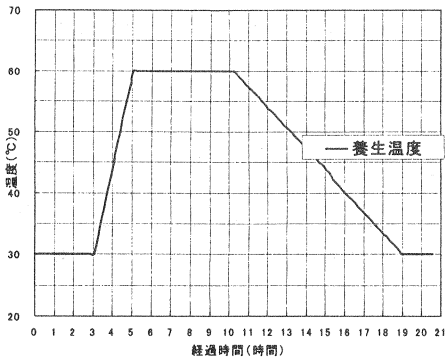


図-2 コンクリートの養生温度

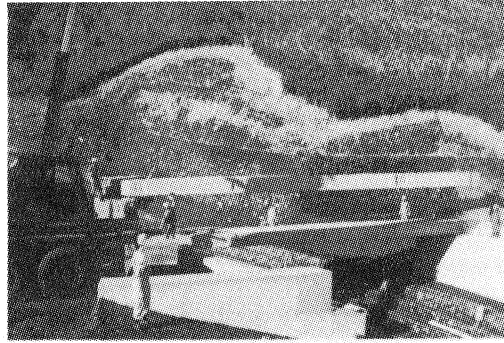


写真-3 桁の架設状況

#### 4.5 養生

通常、プレテンション桁は、コンクリート打設の翌日にプレストレスを導入するため、初期材齢において常圧蒸気養生を行いコンクリートの初期強度の促進を図っている。

本橋梁のPC桁における常圧蒸気養生温度は、従来の早強セメント単味使用時と同様な、図-2に示す温度パターンとした。そして、蒸気養生後の、初期屋外曝露養生時には、養生シートにより、散水養生を7日間実施した。

#### 4.6 PC桁の架設

桁の架設は、工場で製作された桁を架橋位置に運搬し、A2橋台側より油圧式80t吊りトラッククレーンにて行った。桁の架設状況を写真-3に示す。なお横組工は、従来と同様の施工を実施した。

#### 5. おわりに

本橋梁において、種々確認試験を実施し、既存の各種示方書、指針類に準拠した設計・施工が可能であることを検証・確認できた。

今後において、スラグ微粉末6000と早強セメントを混和使用した高耐久性PC構造物の建設に関して、本報告に関わる種々の知見が参考になることを期待する。

#### 参考文献

- 1) 日本材料学会：「高炉微粉末を使用した高耐久性プレストレストコンクリート構造物の開発」pp43～52, 1998.3
- 2) プレストレストコンクリート技術協会：「プレストレストコンクリート」pp45～51, 2000, VOL. 42, NO. 3