

# 超高強度繊維補強モルタルを用いたプレテンションPC桁の施工

## —皆喜橋—

広島支店	土木工事部	岩井利裕
広島支店	土木営業部	藤岡 靖
広島支店	土木工事部	石田邦洋

**概要**：皆喜橋改良工事は、岡山県備前市日生町の中洲川河口付近にかかる旧橋の架替え工事である。本工事では、低桁高、上部工重量低減を実現し、優れた塩分浸透抵抗性を有するダックスビーム工法が採用された。

**Key Words**：超高強度繊維補強モルタル、低桁高、ダックスビーム、塩分浸透抵抗性

### 1. はじめに

皆喜橋改良工事は、岡山県備前市日生町日生地内の準用河川中洲川河口付近にかかる旧橋の架替え工事である。旧皆喜橋は昭和29年に竣工された2径間単純RCT桁橋であり、施工後50年以上が経過している。また、河口付近に位置しているため塩害の影響が激しく、主桁下面のかぶり剥離し主鉄筋の腐食が認められた。さらに同橋付近の耐火レンガ工場に当時の設計荷重以上の大型トレーラーが往来するため、設計荷重を見直し、架替えが計画された。

下部工は、パラペット部に大きな損傷が認められ、取り壊し復旧を行うこととなったが、橋台、橋脚の躯体には目立った損傷がないため、軽微な補修およびけたかかり部縁端の拡幅を行うのみで、現況のまま利用することとなった。したがって、上部工反力や桁高を極力抑える必要があり、種々の比較検討の結果、設計基準強度120MPaの超高強度繊維補強モルタルを使用した低桁高工法（以降、ダックスビーム工法と呼ぶ）が採用された。本文では、その製作、現場施工および塩分浸透抵抗性について報告する。

### 2. 工事概要

本橋の工事概要を以下に示す。旧橋の全景、側面図および断面図をそれぞれ、写真-1、図-1および図-2に示す。

- ・ 工事名：皆喜橋改良工事
- ・ 工事場所：岡山県備前市日生町日生地内
- ・ 発注者：備前市
- ・ 橋長：17.730m
- ・ 有効幅員：5.000m
- ・ 支間長：8.305m+8.305m
- ・ 構造形式：2径間単純PC床版橋
- ・ 工期：平成18年2月15日～平成18年5月31日



写真-1 旧橋全景



岩井利裕



藤岡 靖



石田邦洋

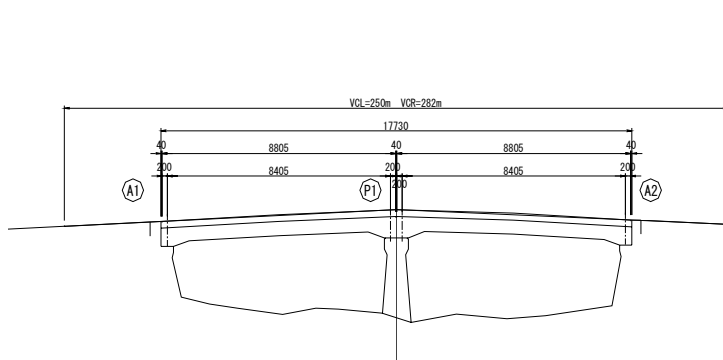


図-1 上部工側面図 (旧橋)

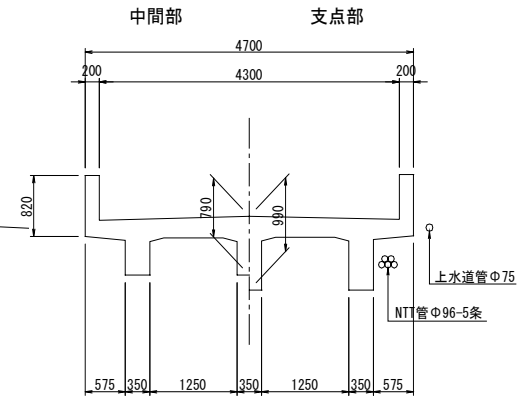


図-2 上部工断面図 (旧橋)

### 3. ダックスビーム工法の採用について

本橋に採用されたプレテンション方式のダックスビーム工法には以下の特徴がある。

- ・ 超高強度繊維補強モルタルは設計基準強度 120MPa を有し、大きなプレストレスの導入が可能なことから、低桁高が実現でき、上部工重量の低減が図れる。
- ・ 超高強度繊維補強モルタルの水セメント比は 17%程度であり、塩分浸透抵抗性に優れている。そのため、塩害対策区分 S にもかかわらず、設計耐用年数 100 年でのかぶりは 37mm となり (道路橋示方書では同区分で 70 mm と規定されている)、桁高を低くでき、上部工重量の低減にもつながる。
- ・ プレテンション方式であり工場で作製するため、品質に優れ、現場施工の省力化が図れる。また、現場での施工方法は、通常のプレテンション方式単純床版橋と同様で、特別な技術を必要としない。
- ・ 主桁がスレンダーであり、景観性に優れている。

本橋は橋長 17.730m であり、橋脚を撤去し、従来工法の 1 径間単純 PC 床版橋で対応できる条件であった。しかし、本橋は河口付近に位置し、船の往来があるため、橋脚の大掛かりな撤去工事は避けたいという施工者の意向があった。そこで、外観調査を行ったが、橋台のパラペット部に大きな損傷が認められ、取り壊し復旧する必要があったが、橋台、橋脚の躯体は目立った損傷がないので、軽微な補修と不足しているけたかかり長を満足するよう縁端拡幅を行うのみで現況を利用することとなった。したがって、上部工重量を極力抑える必要があり、上部工の反力、耐久性および経済性を検討した結果、本工法の採用に至った。皆喜橋の構造形式比較一覧表、新橋の側面図および断面図をそれぞれ、表-1、図-3 および図-4 示す。

表-1 構造形式比較一覧表

構造形式	第1案:プレホロー案 (JIS標準タイプ)	第2案:プレホロー案 (高強度タイプ)	第3案:死荷重低減案 (ダックスビーム工法)
概要図			
コンクリート強度	$\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{ck} = 70 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{ck} = 120 \text{ N/mm}^2$
全体反力 (1橋台当り)	死荷重分 1599kN 死荷重増加分 668kN 増加比率 1.72	死荷重分 1353kN 死荷重増加分 421kN 増加比率 1.45	死荷重分 1102kN 死荷重増加分 170kN 増加比率 1.18
経済性 (諸経費含)	1.000	1.016	1.340
評価	△	○	◎

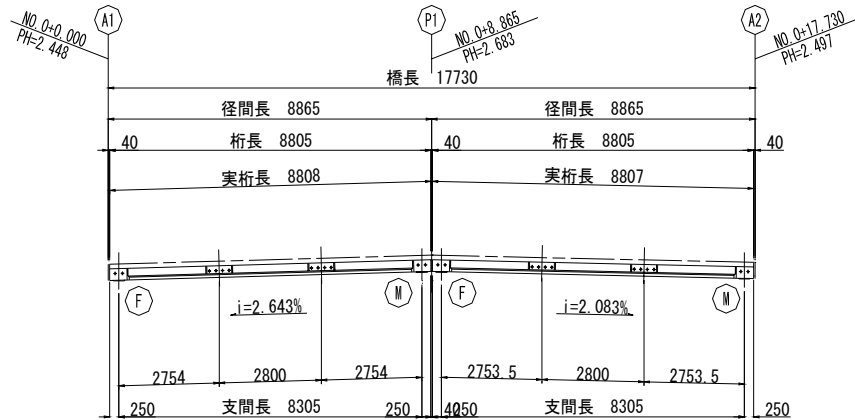


図-3 上部工側面図 (新橋)

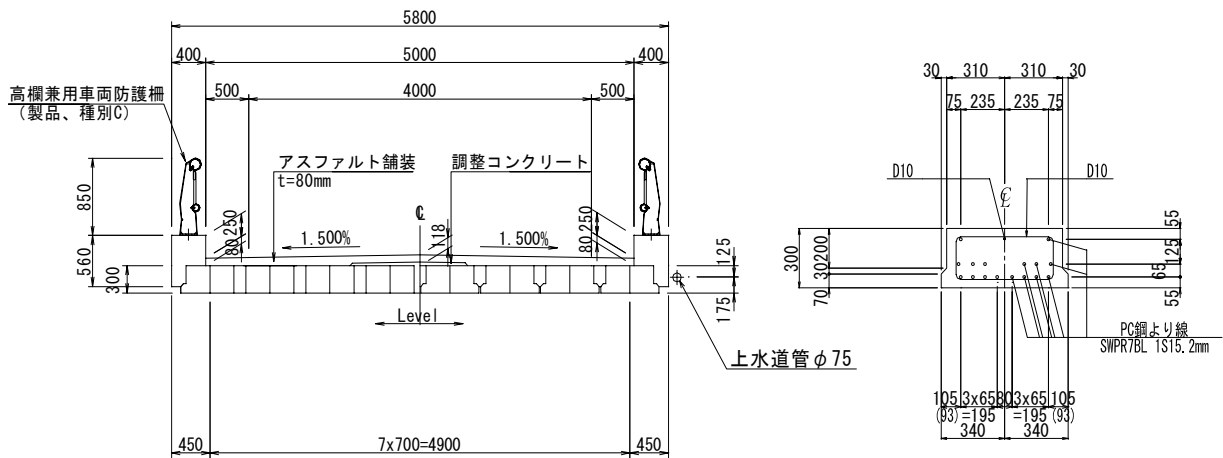


図-4 上部工断面図 (新橋)

## 4. 主桁製作

### 4.1 使用材料および練混ぜ方法

表-2に超高強度繊維補強モルタルの使用材料を、表-3に示方配合表を、図-5に練混ぜ方法を示す。また、写真-2にベカルト社の鋼繊維を示す。

表-2 使用材料一覧表

材 料 名	種 類	備 考
セメント	シリカフォームセメント(三菱マテリアル社製)	密度:3.08g/cm <sup>3</sup>
細骨材	砕 砂	密度:2.57g/cm <sup>3</sup>
水	上 水 道 水	
混 和 剤	高性能減水剤(マイテイ-21WH)	密度:1.07g/cm <sup>3</sup>
混 和 材	鋼繊維(ベカルト社)	密度:7.85g/cm <sup>3</sup> , 引張強度:2340MPa

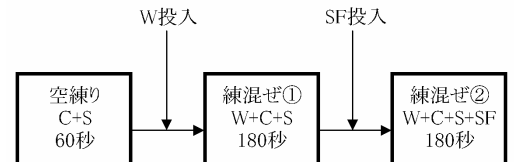


図-5 練混ぜ方法

表-3 示方配合表

スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	水セメント 比 W/C (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
			水 W	セメント C	細骨材 S	鋼繊維 SF	減水剤 F
75.0±10	2.0±1.5	17.0	210	1235	948	79	37



写真-2 鋼繊維

### 4.2 打設

打設状況を写真-3に示す。全部で16本の主桁は4日に分け、1日あたり4本製作した。1日の打設量は約7m<sup>3</sup>で、打設開始から終了までの時間は2時間程度であった。練り上がった超高強度繊維補強モルタルを運搬車で所定の場所まで運搬し、運搬車に取り付けてあるバケットにて材料分離を起こさないように除々に投入した。超高強度繊維補強モルタルは流動性が良好なため、型枠バイブレーターのみで締固めが可能であった。



写真-3 打設状況

また、超高強度繊維補強モルタルの品質はスランプフロー、空気量、塩化物イオン濃度、単位水量の推定値および圧縮強度により管理した。品質管理試験結果を表-4に示す。試験結果はすべて基準値を満足した。

### 4.3 表面仕上げ

超高強度繊維補強モルタルは粘性が高い上、凝結も遅いため、表面仕上げは2回に分けて行った。1回目の表面仕上げは、打設終了後、直ちに水性パラフィンワックス系の養生剤を桁天端に散布して行った。2回目の表面仕上げは、打設終了から4~5時間経過後、モルタルの連行空気の上りが収まった時期に1回目と同様に養生剤を散布して行った。

表-4 品質管理試験結果一覧表

製作年月日	モルタル圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )				スランプフロー (cm)	空気量 (%)	塩化物平均 (kg/m <sup>3</sup> )	単位水量の推定値※ (kg/m <sup>3</sup> )	コンクリート温度 (°C)
	導入時		材齢28日						
H18/03/02	145	147	165	165	74.0×72.0	2.5	0.101	202.5	10.0
	149		159						
	146 (03/06)	172 (03/30)							
H18/03/07	142	140	159	159	74.0×70.5	2.9	0.107	201.4	14.0
	141		158						
	136 (03/10)	159 (04/04)							
H18/03/14	138	137	166	158	69.0×69.5	2.7	0.099	202.8	10.0
	138		155						
	136 (03/17)	153 (04/11)							
H18/03/20	133	138	161	164	72.0×73.0	2.3	0.084	205.0	11.0
	141		165						
	141 (03/23)	166 (04/17)							
基準値	120N/mm <sup>2</sup>				75±10	2.0±1.5	0.3kg/m <sup>3</sup> 以下	210±15	-

※高周波加熱乾燥法により算出

( )内は試験実施日を示す。

### 4.4 養生

養生方法を図-6に示す。養生の詳細は以下のとおりとした。

- 1) 打設・表面仕上げ終了後、製品をシートで覆い、前置き養生を行った。
- 2) 前置き養生は20°Cで45時間とした。
- 3) 前置き養生終了後、製品を脱枠し、再度シートで覆った後、30時間程度(昇温・降温時間を含む)の蒸気養生を行った。
- 4) 蒸気養生の条件は、昇温15°C/h、最高温度60°Cで24時間、降温15°C/hとした。

蒸気養生後、取り出した製品を写真-4に示す。製品にはひび割れやジャンカ等の不具合は一切認められなかった。

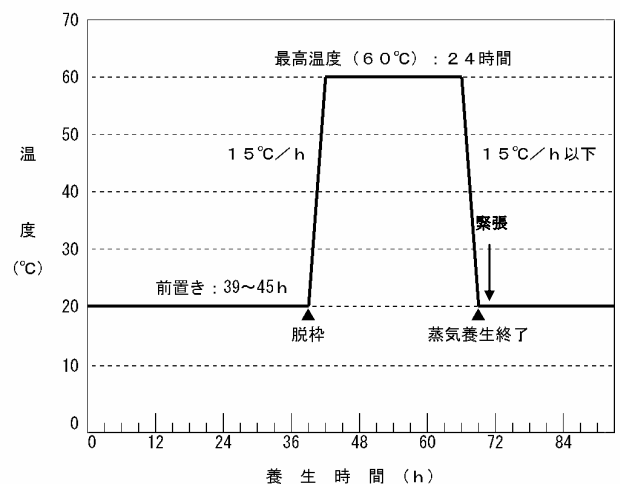


図-6 蒸気養生曲線

## 5. 現場施工

主桁架設は写真-5に示すように、50ton 吊りホイールクレーンを使用し、橋台背面から架設を行った。現場の橋台背面は比較的狭く、アウトリガーは中間張り出し長の4.0mとなったが、主桁重量が4.4tで軽量



なため、同クレーンでの架設が可能となった。通常の JISA5373-2004 の BS08 (主桁重量約 9.0 t) の主桁であれば、80ton 吊りオールテレーンクレーンが必要であり、施工が困難であったと考えられる。ダックスビーム桁は低桁高を実現し、主桁重量を軽くすることができるため、使用する重機を小さくできた。したがって、ダックスビーム工法は従来工法と比較して、現場作業の省力化、経済性および安全性の面で優れていると考えられる。

主桁架設後の作業は、通常のプレテンション方式単純床版橋と同様に、間詰めコンクリート打設、横締め緊張、橋面工および落橋防止装置工を経て完了となった。

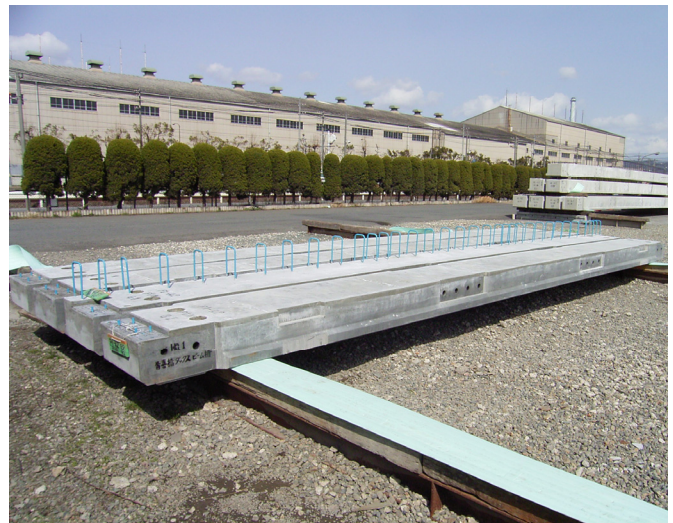


写真-4 主桁

### 6. 塩分浸透抵抗性について

前述にもあるように、皆喜橋は河口付近に位置し、道路橋示方書の塩害対策区分 S に該当する。従来工法であれば純かぶり が 70mm 必要であるが、桁高を低くし、桁重量をさらに減少させるにはかぶりを小さくする必要があった。そこで、超高強度モルタルの見かけの塩分拡散係数を求め、かぶりの検討を行った。塩分拡散係数の試験値および塩化物イオン濃度の計算値をそれぞれ、表-5 および図-7 に示す。超高強度モルタルの塩分拡散係数は浸漬法<sup>2)</sup>より求め、塩化物イオン濃度の計算値はかぶり 37mm で飛沫帯の条件でコンクリート標準示方書<sup>3)</sup>に準じて算出した。比較のため、普通コンクリート (W/C36%) についても塩分拡散係数と塩化物イオン濃度の経時変化を算出した。図-7 より、超高強度モルタルの塩化物イオン濃度の計算値は 100 年後においても発錆限界 1.2kg/m<sup>3</sup> 以下であり、かぶり が 37mm であれば飛沫帯の環境条件でも、100 年間鋼材が腐食することはないと考えられる。したがって、本橋では純かぶり 37mm を採用した。



写真-5 主桁架設状況

表-5 塩分拡散係数

	拡散係数 (cm <sup>2</sup> /年)	備考
超高強度モルタル	0.0217	試験値 <sup>2)</sup>
普通コンクリート	0.4630	計算値 <sup>3)</sup>
普通コンクリート(BFS使用)	0.2720	計算値 <sup>3)</sup>

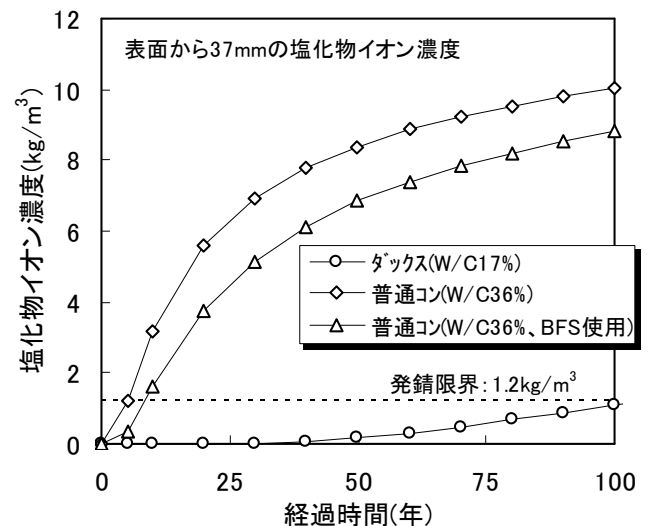


図-7 経過時間と塩化物イオン濃度の関係

## 7. まとめ

本文ではダックスビーム工法の特徴と皆喜橋の施工について述べた。本橋は、従来工法では主桁重量の制限等により施工が困難であったが、ダックスビーム工法の特徴である桁高の低減、上部工重量の軽減および高い塩分浸透抵抗性を活用することで施工が可能となったといえる。本工法を用いた橋梁の採用が増えることによって、今後のインフラ整備に役立てば幸いである。



写真－6 完成状況

## 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（I～V），2002.3
- 2) コンクリート委員会・基準関連小委員会：土木学会基準「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法（案）（JSCE-G572-2003）」の制定，土木学会論文集，No.767/V-64，pp.11-16，2003.8
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書〔施工編〕，2002.3