

高強度繊維補強モルタルを用いたPCポストテンション桁の施工 —カムテックス栈橋—

広島支店	土木工事部	田中寛規
広島支店	土木工事部	内田和則
広島支店	土木工事部	石田邦洋

概要：カムテックス栈橋は塩害で劣化した鋼製栈橋の架け替え工事であり、既存の下部工を再利用することから、低桁高（桁高支間比 1/46）にて上部工重量の低減が図れ、耐塩害性に優れる構造が望ましく、ダックスビーム工法が採用された。

Key Words：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

本工事は、広島県福山市沼隈町常石に位置する鋼製栈橋の架け替え施工である。鋼製栈橋は海上部に位置しているため、塩害による腐食が著しく架け替えが計画されていた。また、下部工構造については躯体自体には目立った損傷が少ないことから、軽微な補修を行い再利用するという特徴を有していた。このため架け替えに当たっては耐久性に優れ、反力増加が極力少ない構造であることが要求され、低桁高・高強度・高じん性を有する高強度繊維補強モルタル（ダックスモルタル）を用いたプレキャストセグメントによるポストテンション方式プレストレストコンクリート橋（ダックスビーム工法）が採用された。本稿は、その上部工の施工について報告を行う。

2. 工事概要

本橋の工事概要を以下に示す。また、既設栈橋状況を写真-1に示す。

工事名：株式会社カムテックス栈橋補修工事

工事場所：福山市沼隈町常石

発注者：株式会社カムテックス

橋長：70.815m（3橋合計）

桁長：22.158m, 22.269m, 26.388m

桁幅：2.000m

支間長：21.578m, 21.689m, 25.608m

構造形式：ポストテンション方式単純中空床版橋

工期：自)平成18年7月10日

至)平成18年12月20日



写真-1 既設栈橋状況



田中寛規



内田和則



石田邦洋

3. ダックスビーム工法の採用について

本工事は劣化した鋼製栈橋の架け替えであり、既存の下部工を再利用することから、桁高を押さえ上部工死荷重を可能な限り増加させない橋種であること、塩害対策S区分に位置することから耐塩害性に優れる構造及び材料の使用が望ましく、これらに適合する構造としてダックスビーム工法が採用された。

以下に、プレキャストセグメントによるポストテンション方式のダックスビーム工法の主な特徴を示す。

- 1) ダックス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、既設の鋼製栈橋に対する上部工重量の増加量を最小限に抑えることが可能。
- 2) ダックス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年での必要なかぶり厚さは 37mm となり（道路橋示方書では同区分で 70mm と規定されている）桁高を低くでき、上部工重量の低減につながる。
- 3) プレキャストセグメント部材は、予め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、現場施工方法は通常のセグメント方式によるものと同様であり、特別な技術を必要としない。
- 4) 主桁がスレンダーであり、景観性に優れる。

なお、上部工死荷重の増加について、既設の鋼製栈橋からダックスビーム工法への上部工構造変更に伴い 1 支線あたり約 100kN の反力増加を伴うことになるが、下部工構造照査により増加反力による安全性は十分に確保できることから、軽微な補修のみで既存の下部工を再利用することが可能であった。

4. 主桁断面形状について

図-1 に当栈橋の平面形状図及び断面図を示す。断面の決定は、主ケーブル 19S15.2 の配置本数や定着寸法など構造的な設定以外に桁運搬や施工性も考慮して、図のような断面形状とした。なお、主桁セグメント部材については最大長さ約 9m の 3 分割であり、1 セグメント当たりの最大重量は約 19ton となる。検討の結果、桁長 22m（支間長 21.6m）の区間においては桁高さ $h=500\text{mm}$ 、桁長 26m（支間長 25.6m）区間では桁高さ $h=550\text{mm}$ となり、桁高支間比はそれぞれ 1/43、1/46 にすることが可能となった。

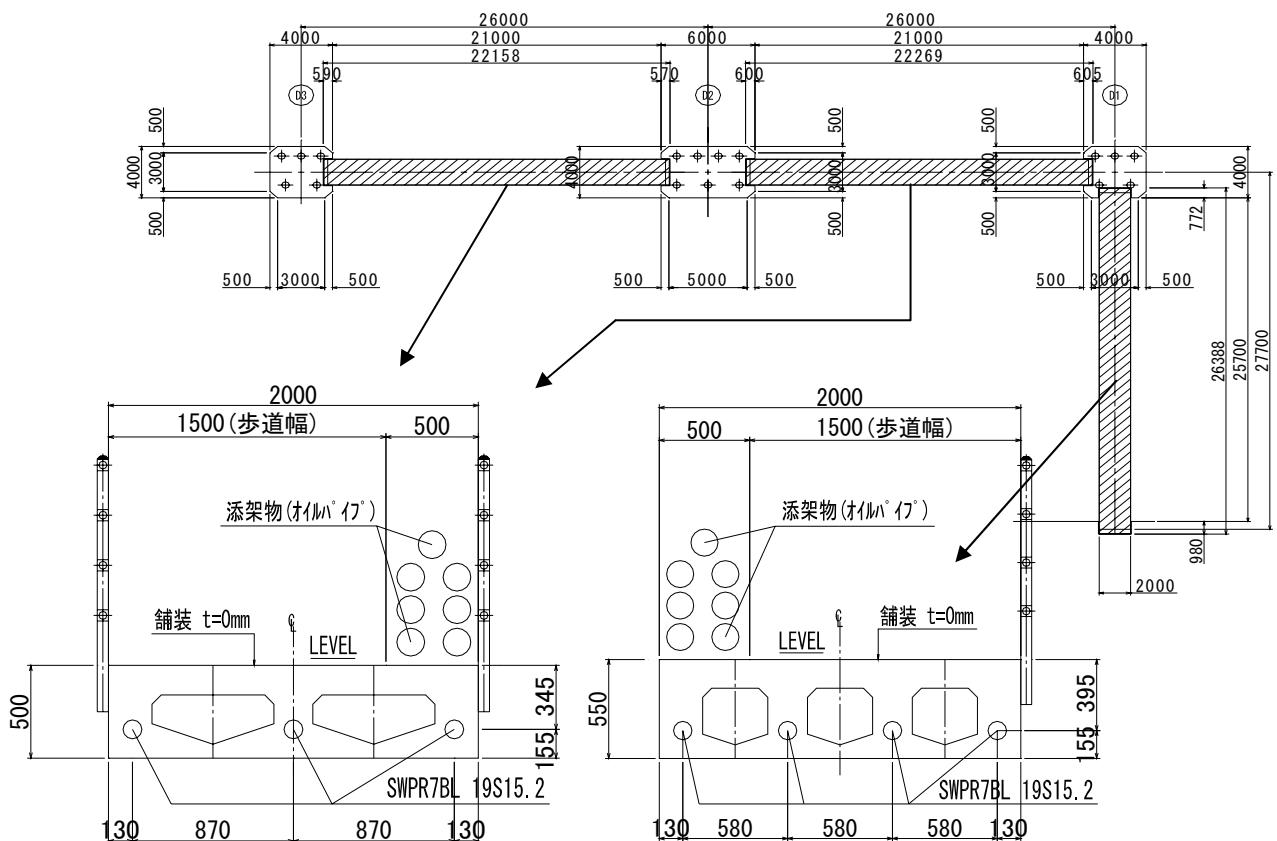


図-1 平面形状及び断面図

5. 主桁かぶりの設定

本橋は海上に位置し、道路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70mm確保と塗装鉄筋の使用等が必要となる。本橋の純かぶりの設定は、設計供用年数とダックスモルタルの塩分拡散係数の浸漬法結果¹⁾より37mmと設定した。ダックスモルタルの浸漬法により得られた塩分拡散係数を用い、コンクリート標準示方書式²⁾に準じて飛沫帯における塩化物イオン濃度として計算した結果、本橋で採用した純かぶり37mmであれば100年後の塩化物イオン濃度は発錆限界1.2kg/m³以下の1.08kg/m³であり、飛沫帯における塩害に対し100年の耐久性を有することとなる。ダックスモルタルの塩分拡散係数および塩化物イオン濃度の計算値をそれぞれ表-1および図-2に示す。

表-1 塩分拡散係数

	拡散係数 (cm ² /年)	備考
ダックス:ダックスモルタル	0.0217	試験値
普通コンクリート	0.4630	計算値
普通コンクリート(BFS使用)	0.2720	計算値

比較のため、普通コンクリート(W/C=36%)と普通コンクリートにBFS(高炉スラグ)を添加したものに関する塩分拡散係数と塩化物イオン濃度の経時変化を算出。

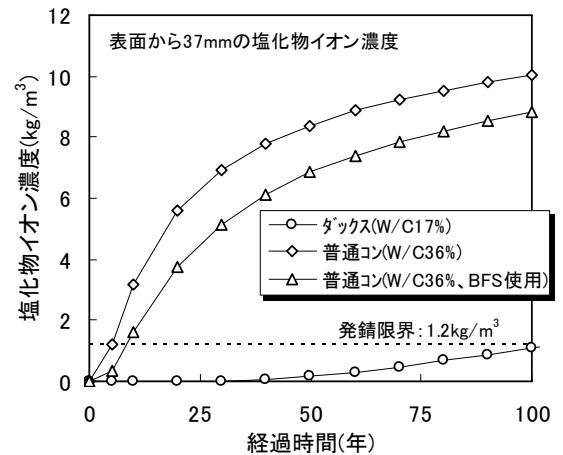


図-2 経過時間と塩化物イオン濃度の関係

6. 主桁製作

本橋のダックスモルタルを用いたプレキャストセグメント桁の製作について記述する。なお、主桁製作は当社水島工場にて行った。

6.1 使用材料および練り混ぜ方法

表-2にダックスモルタルの使用材料、表-3に示方配合表、図-3に練り混ぜ方法を示す。また、写真-2に使用した鋼繊維を示す。

表-2 使用材料

材料名	種類	備考
セメント	シリカフェームセメント	密度:3.08g/cm ³
細骨材	砕砂	密度:2.60g/cm ³
水	上水道水	-
混和剤	高性能減水剤	密度:1.07g/cm ³
混和材	鋼繊維	密度:7.85g/cm ³ , 引張強度:2180Mpa

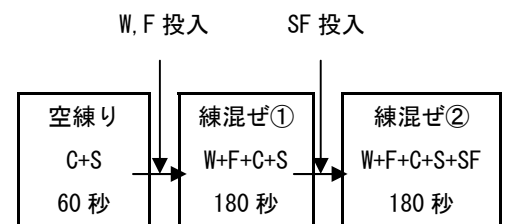


図-3 練り混ぜ方法

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 ³)				
			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	959	40	37



写真-2 鋼繊維

6.2 製造計画

主桁は写真-3に示す製作アバットにてプレキャストセグメント桁の鉄筋配置，シーす組立て，ダックスモルタルの打設を行った。ポストテンション方式のプレキャストセグメント桁の製造は，ダックスモルタル打設後 39～45 時間の 20℃蒸気養生にて圧縮強度 60MPa が確認された段階でセグメント部材を製作アバットから別の養生場所へ移動した後，残りの蒸気養生を行った。早期に製作ベースを回転させることが可能であり，製作期間の短縮化が図れた。

表-4に工場製作工程を示す。製作実績より，型枠セットから養生後の主桁セグメント取り出し完了に要する1桁当たりの製作サイクルは約 110 時間となる。



写真-3 製作アバット

表-4 工場製作工程

工種	時間	0	24	48	72	96	120	144
型枠準備		●●						
鉄筋, シース配置		●●			◆◆			
型枠組立て		●●			◆◆			
ダックスモルタル打設			●●			◆◆		
蒸気養生			●	●	●	●	●	●
強度確認, セグメント取り出し						●●	●●	

↑ 圧縮強度 60Mpa 発現確認後に脱枠・移動

6.3 打設

ダックスモルタルの打設は，工場プラントの最大容量及び自動計量が可能となる練り混ぜ量と設定し，1 バッチ当りの練り混ぜ量を 0.75m³ とした。なお，練り混ぜ回数が増加することから，主桁 1 本当りでの打設量約 20m³ に対して打設開始から終了までの時間は約 3 時間となった。また，流動性の高いダックスモルタルはコールドジョイントが生じないように連続打設する必要があり，打設作業については，工場プラントからの練り上がりのタイミングに合わせるように調整しながらのホッパー打設を行った。打設状況を写真-4に示す。なお，ダックスモルタルは流動性が良好であり，型枠内の充填性に優れることから型枠バイブレーターのみで締固めを行うことが可能であった。



写真-4 打設状況

6.4 表面仕上げ

ダックスモルタルは粘性が高く凝結も遅いため，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，打設完了後，直ちに膜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 3 時間経過後，モルタルの連行空気の浮上りが収まった段階で 1 回目と同様な膜養生剤を散布して行った。

また，主桁天端の表面仕上げ施工に関して，セグメント部材に支間中央の製作キャンパー量として 40mm の上げ越し量を設定していたため，ダックスモルタル表面勾配に対し入念なコテ仕上げを行った。なお，打設表面の天端勾配は 0.3% 程度と比較的小さいこともあり影響は少なく，ダックスモルタル凝結後の天端仕上げ面の状況は良好であった。

6.5 養生

打設後の蒸気養生方法を図-4に示す。温度及び時間管理にて養生を行うこととし、以下とした。

- 1) 打設後、膜養生を行い 39～45 時間は 20℃で前置き蒸気養生を行う。
- 2) ダックスモルタルの強度確認後、脱枠及びセグメント移動を行い、再びシートで覆い蒸気養生を行う。
- 3) 温度上昇は 15℃/h 以下とした。
- 4) 養生最高温度は 60℃とし、継続時間は 24 時間を標準とした。
- 5) 表面温度を測定し、外気温とほぼ等しい 20℃に温度降下するまで養生を行い、部材の急激な温度低下を防ぐこととした。

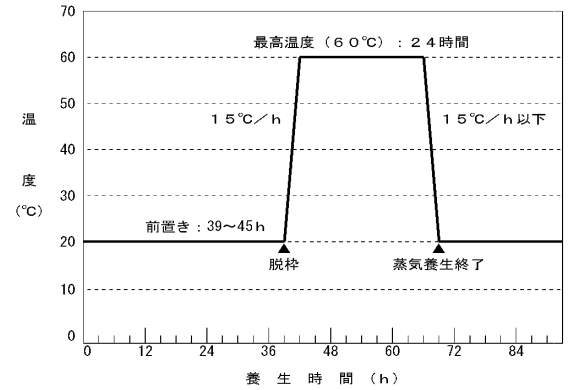


図-4 蒸気養生方法

7. 主桁架設

主桁の架設は、海上環境での作業となる。主桁吊り込み時に必要となるクレーン船の作業半径を確保するため、作業台船を使用しての架設とした。架設方法は、工場製作されたプレキャストセグメント桁を現場搬入し、800ton 台船上の作業にて主桁セグメント部材を主ケーブル緊張により一本化した後、160ton クレーン船にて主桁架設を行った。緊張作業状況を写真-5、主桁架設状況を写真-6に示す。



写真-5 緊張作業状況



写真-6 主桁架設状況

8. おわりに

本橋はダックスビーム工法の構造上の有利性に着目し、従来工法では計画上、困難となる低桁高の設定を可能としたことで上部工重量の軽量化に繋がり、また、高い塩分浸透抵抗性を活用することで塩害対策区分に位置する橋梁への高耐久性を向上させることが可能となった。本工事の施工実績が今後のインフラ整備に役立てば幸いである。写真-7、写真-8に完成状況を示す。



写真-7 完成状況



写真-8 完成状況

参考文献

- 1) 桜田道博, 雨宮美子, 大山博明, 森拓也: 高強度繊維補強モルタルの材料特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No2, 2007.7
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書 [施工編], 2002.3