

**東北地方の凍結抑制剤散布地域における
プレテンション橋げた設計施工のポイント**
[プレテンションけた橋げた編]

平成29年3月

一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会
東北支部 PC橋長寿命化委員会

まえがき

プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部管内では、復興のリーディングプロジェクトとして三陸沿岸道路等の計画が急ピッチで進んでいます。三陸沿岸道や今後建設が計画されているミッシングリンク解消のための橋梁建設にあたっては、これまでの橋梁調査等で指摘された不具合について、同様な欠陥や劣化が生じることのないよう対策を講じ支部会員内に周知徹底する必要があります。そこで、こうした活動を継続的に実施していくために「PC橋長寿命化委員会」を支部内に設立し、関係各位の助言・援助を受けながら、次の3つのWG体制にて活動を推進してきました。

(1) 初期欠陥防止対策の策定と運用（初期欠陥防止WG）

まめ板や初期ひび割れ等の初期欠陥を防止するため、コンクリート打設から養生までの具体的な標準手順を立案し、その有効性を検証しました。策定した標準手順は支部協会員が実工事に運用します。

(2) 塩害対策の策定（塩害対策WG）

飛来塩分または凍結抑制剤による塩害に対する対策を立案しました。対策案の有効性を検証していきます。

(3) プレキャスト製品の凍害対策検討（プレキャスト製品WG）

コンクリート部材の内在空気量は、凍害に対する耐久性に大きく影響すると言われています。しかし、工場にて蒸気養生により製造される高強度プレキャスト部材（プレキャスト製品）の製造過程における空気量の減少及び耐凍害性については明らかになっていないのが現況です。このため、工場製作・蒸気養生を行ったプレキャスト部材についての諸検討を実施しました。

このうち、(3) プレキャスト製品WGでは、工場製作プレキャスト桁について、荷下ろし時のコンクリートの空気量を6%程度とし、内部鋼材に被覆鋼材を用いることで、塩分環境下における凍害の複合劣化に対応する「高耐久PC桁」を提案しました。実物大試験によって高耐久PC桁の仕様や製造・施工方法について検討し、設計・製造・施工上の留意点を「高耐久PC桁設計施工のポイント [プレテンションけた橋げた編]」としてとりまとめ、平成28年2月に発刊しました。

東北地方整備局においても、平成28年2月の事務連絡により同書を今後の業務の参考にすることが通達され、この仕様は平成28年3月に発刊された「設計施工マニュアル（案）[道路橋編]」にも一部採用されました。

本書は平成29年3月の東北地方整備局「設計施工マニュアル（案）[道路橋編]」の一部改訂におけるコンクリートの空気量の見直しを踏まえ、「高耐久PC桁」の思想を継承しつつ、「設計施工マニュアル（案）[道路橋編]」の仕様に合致した参考資料とすべく新たに発刊するものです。

平成29年3月

一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会
東北支部PC橋長寿命化委員会

東北支部 PC橋長寿命化委員会

委員長	森 島 修	株式会社ピーエス三菱
副委員長	南 國 彦	株式会社日本ピーエス
副委員長	野 口 晃	三井住友建設株式会社
副委員長	土 屋 英 治	東日本コンクリート株式会社
幹 事 長	浅 井 洋	三井住友建設株式会社
W G 長	佐 藤 敏 夫	東日本コンクリート株式会社

「プレキャスト製品WG②」

主 査	市 川 成 勝	オリエンタル白石株式会社
副 主 査	堀 重 伸	日本高圧コンクリート株式会社
委 員	漆 原 新 一	株式会社IHIインフラ建設
〃	湊 敬 文	株式会社安部日鋼工業
〃	北 野 勇 一	川田建設株式会社
〃	浅 野 真 人	コーアツ工業株式会社
〃	本 庄 新	昭和コンクリート工業株式会社
〃	別 府 里 志	株式会社銭高組
〃	佐 藤 浩 一	ドーピー建設工業株式会社
〃	鶴 岡 俊 明	株式会社日本ピーエス
〃	加 藤 卓 也	株式会社ピーエス三菱
〃	佐 藤 敏 夫	東日本コンクリート株式会社
〃	油 田 康 生	株式会社富士ピー・エス
〃	池 田 正 行	前田製管株式会社
〃	浅 井 洋	三井住友建設株式会社
旧委員	永 田 伸 幸	株式会社IHIインフラ建設
〃	須 合 孝 雄	ドーピー建設工業株式会社
〃	深 谷 浩 史	株式会社富士ピー・エス
〃	石 井 精 一	三井住友建設株式会社

目 次

第1章 仕様の概要	1
①概要・基本仕様	2
②材料	3
第2章 設計上の留意点	4
①P C鋼材位置および鉄筋形状	5
②ボンドレス鋼材の追加	6
③塗装鉄筋の配置	7
④桁端面補強	8
⑤軸方向筋の継手長	9
⑥横締めシース・P C鋼材	10
第3章 プレキャストP C桁の製造上の留意点	11
①鉄筋・CFRP格子筋の組立，P C鋼材の組立	12
②P C鋼材の組立・緊張，コンクリートの打込み，締固め	13
③コンクリートの養生，プレストレス導入	14
④桁端面の処理	15
⑤桁端部の封緘養生	16
第4章 現場施工上の留意点	17
①架設工，横組工，橋面工	18
②横締めP C鋼材定着部の防錆処理	19
参考資料	20
資料1. ボンドレス鋼材の検討	21
資料2. 高耐久P C桁プレテンションけた橋げた用P C鋼材折曲げ支持具について	23
資料3. ベンドアップ鋼材を有するプレテンションけた橋げたに被覆P C鋼材を用いた場合の緊張方法について	26
資料4. 端部処理材	29
資料5. 鉄筋防錆材	30
資料6. 定着具メーカーでのP C鋼材定着部の防錆処理	31
資料7. プレキャストP C桁における空気量と耐凍害性に関する文献	32
参考図面	38
被覆P C鋼材を使用したP C桁 BG19	39

(END 40頁)

第 1 章 仕様の概要

概要①

項目	概要・基本仕様			
<p>【適用範囲】</p> <p>本書は、設計施工マニュアル（案）[道路橋編]¹⁾に基づくプレテンション方式けた橋げたを凍結抑制剤散布地域で施工する場合に適用します。</p> <p>その際の基本仕様は以下によるものとします。</p> <p>対象：プレテンション方式けた橋げた（本線上に架かる跨道橋は除く）</p>				
部位	項目	東北地方で凍結抑制剤を散布する場合		
		一般地域	飛来塩分対策区分	
			Ⅲ	Ⅱ
主桁	かぶり(mm) 床版上面,主桁側面, 主桁下面	25,25,30	25,25,30	25,35,35
	PC鋼材 (プレテン)	・被覆PC鋼材		
	鉄筋	・塗装鉄筋（桁端部コンクリート塗装範囲のみ）		
	横締めシース	・PEシース		
	コンクリート	・水セメント比 45%以下 ・空気量:4.5±1.5% ^{※1}		
	PC鋼材 切断面の処理	・エポキシ樹脂補修材を塗布		
	桁端面の 端部処理	・座掘深さ 3mm 以上 ・端部処理材料は防水性, 付着性, しゃ塩性を 有するものを選択		
	コンクリート塗装	・桁端部のみ		
間詰め部	かぶり(mm): 上面,側面,下面	30,35,35	30,35,35	30,50,50
	横締めPC鋼材 (ポステン)	・PEシース+被覆PC鋼材		
	鉄筋	・塗装鉄筋（桁端部コンクリート塗装範囲のみ）		
	コンクリート	・水セメント比 45%以下 ・空気量:4.5±1.5% ^{※1} ・早強（膨張・収縮補償）		
	PC鋼材定着部	・定着部のかぶり確保+防錆処理		
<p>※1 空気量の受入れ基準はJIS規格どおり4.5±1.5%とする。但し、耐凍害性の観点から荷下ろし時の空気量はJIS規格の範囲内で、5%程度を目標とするのが良い。</p>				
参考文献	1) 東北地方整備局：設計施工マニュアル（案）[道路橋編] 平成28年3月			

概要②

項 目	材 料
	<p>【コンクリート】</p> <p>主桁・間詰め部に使用する<u>コンクリートは、コンクリート標準示方書¹⁾ [施工編：施工標準] 4.3.3 耐久性の規定に基づき水セメント比(W/C)を45%以下とし、飛来塩分対策を行う場合は道路橋示方書で想定している水セメント比の目安も考慮します。</u></p> <p><u>空気量の受入れ基準はJIS規格どおり4.5±1.5%とします。</u></p> <p>※但し、<u>耐凍害性の観点から荷下ろし時の空気量はJIS規格の範囲内で、5%程度を目標とするのが良い。</u></p> <p><u>間詰め部には膨張コンクリート（収縮補償用）を使用します。</u></p> <p>【塗装鉄筋】</p> <p><u>塗装鉄筋は「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針[改訂版]²⁾に適合するもの</u>とします。</p> <p>【PEシース】</p> <p><u>PEシースは、「PEシースを用いたPC橋の設計施工指針(案)³⁾に適合するもの</u>とします。</p> <p>【被覆PC鋼材】</p> <p><u>被覆PC鋼材は、普通PC鋼材と同等以上の付着強度を有し、かつ、原則として低リラクセーション品</u>とします。</p> <p>但し、低リラクセーション品は主方向に使用するSWPR7 12.7mm及び同15.2mmの鋼材には対応済みであるものの、その他の鋼材には対応していないため、その場合は通常のリラクセーション品を使用します。</p> <p><u>被覆PC鋼材を選定する際には、「道路橋示方書」、「設計施工マニュアル(案)[道路橋編]」の他に下記資料を参考とします。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・エポキシ樹脂を用いた高機能PC鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針(案)⁴⁾ ・高強度PC鋼材を用いたPC構造物の設計施工指針⁵⁾ <p>なお、これにより難しい場合には、基準および資料等に示された性能と同等以上の性能を有することの確認を行うこととします。</p>
参考文献	<p>1) 土木学会：2012年制定 コンクリート標準示方書[施工編]，2013.3</p> <p>2) 土木学会：エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針[改訂版]，2003.10</p> <p>3) プレストレストコンクリート工学会：PEシースを用いたPC橋の設計施工指針(案)，2015.8</p> <p>4) 土木学会：エポキシ樹脂を用いた高機能PC鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針(案)，2010.8</p> <p>5) プレストレストコンクリート技術協会：高強度PC鋼材を用いたPC構造物の設計施工指針，2011.6</p>

第2章 設計上の留意点

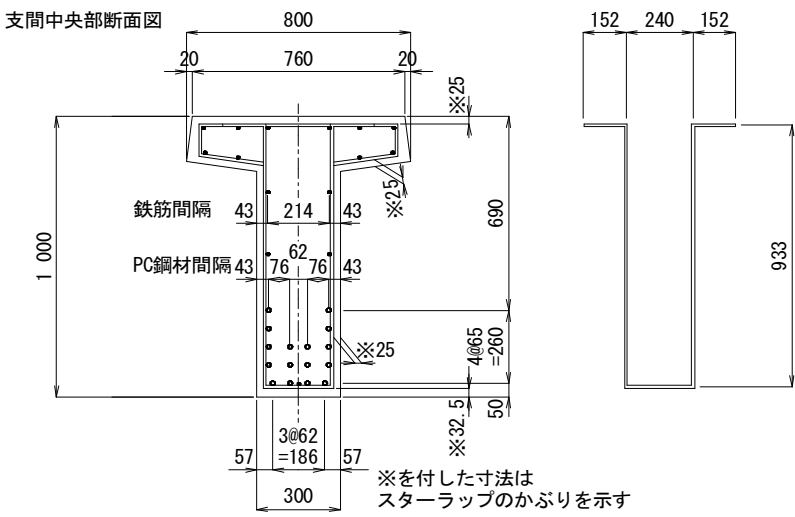
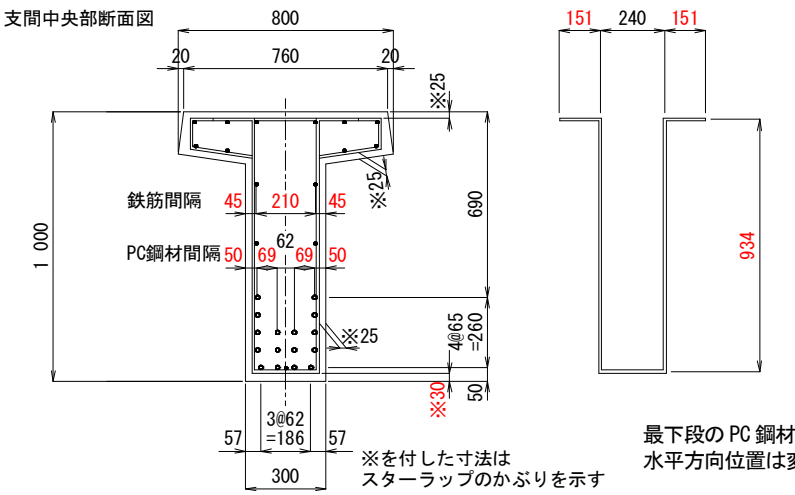
被覆PC鋼材を用いたプレテンション桁の設計において、基本的に標準桁・塩害対策桁の標準設計をそのまま適用する場合、被覆鋼材（鉄筋，PC）を使用することに伴う若干の見直し・調整や補強が必要となります。

見直し・調整内容を以下に示します。

- ① 被覆により外径が大きくなることから，PC鋼材とスターラップが干渉
⇒PC鋼材位置及び鉄筋形状の変更
- ② プレテンション鋼材に被覆PC鋼材を使用することにより懸念される桁端面のひび割れ
⇒一部の鋼材をボンドレス鋼材に変更
⇒桁端面補強を追加
- ③ 塗装鉄筋を使用することによる鉄筋継手長
⇒鉄筋継手長の変更

なお，②の桁端面のひび割れに対する対応策・補強方法については実物大試験により効果を確認しています。

設計上の留意点①

項目	PC鋼材位置および鉄筋形状
	<p>標準桁の断面及びかぶりをそのまま、被覆PC鋼材及びエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した場合、被覆・被膜により外径が大きくなることから、PC鋼材とスターラップが干渉します。また、被覆PC鋼材を使用することで付着力が普通鋼材に比べ大きくなることにより桁端面にひび割れの発生が懸念されます。これに対するPC鋼材位置と鉄筋形状の変更方法を以下に示します。</p> <p>【PC鋼材位置】中段のPC鋼材の位置を主桁中央側に7mm水平移動させる。</p> <p>【鉄筋形状】スターラップは上下の純かぶりを25,30mm確保するように変更する。</p> <p>【標準桁仕様での配置確認 (BG19の例)】</p>  <p>※を付した寸法はスターラップのかぶりを示す</p> <p>【被覆PC鋼材を使用したPC桁への変更仕様 (BG19の例)】</p>  <p>※を付した寸法はスターラップのかぶりを示す</p> <p>※被覆PC鋼材 SWPR7BL 15.2 相当品、外径16.4mm(被覆厚$0.6 \times 2 = 1.2\text{mm}$を考慮) エポキシ樹脂塗装鉄筋は被膜厚$0.26\text{mm} \times 2 = 0.52\text{mm}$を考慮して$d = 10.52\text{mm}$とした。</p> <p>最下段のPC鋼材の水平方向位置は変更なし</p> <p>なお、斜角の影響で鉄筋径が変更になる場合や塩害対策桁としてかぶりを増加する場合は、別途検討願います。</p>
参考文献	

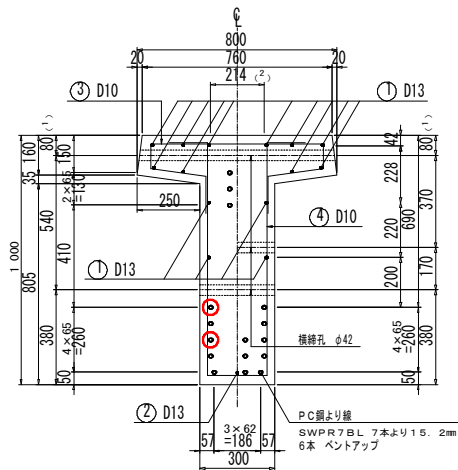
設計上の留意点②

項目 ボンドレス鋼材の追加

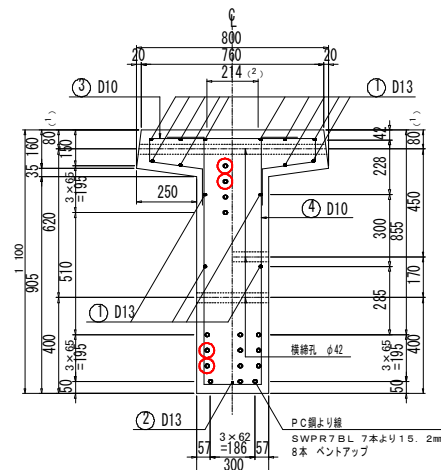
被覆PC鋼材を使用することで桁端面にひび割れの発生が懸念されます。このため一部の桁種において、ボンドレス鋼材の追加が必要となります。

ボンドレス鋼材の追加が必要となるのは、BG19～BG23で、配置は以下の通りとします。(BG24についてはボンドレス鋼材の追加のみでは対応ができないことから、鋼材配置の変更を含めた個別対応が必要となります)

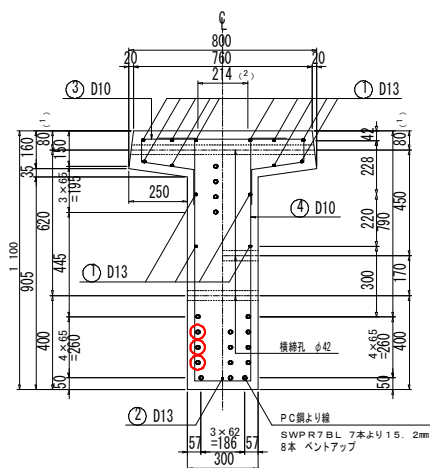
BG19



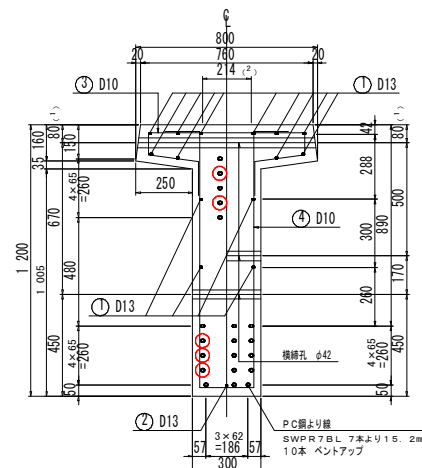
BG20



BG21



BG22・23



○ : ボンドレス鋼材 (桁端部から 400mm の付着を切る)

注) 各断面図は、標準桁のもので、左側が桁端部を示す。

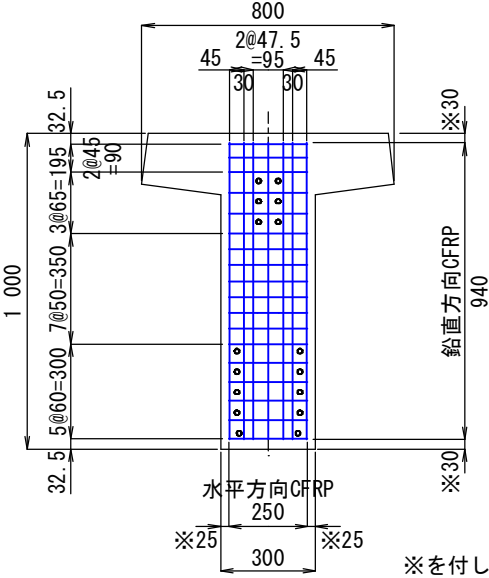
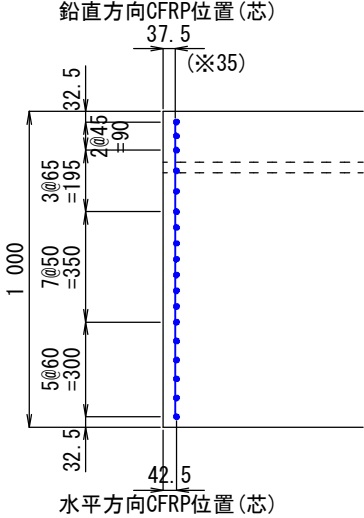
ボンドレス鋼材の必要性および必要本数・配置については、FEM解析を行ない過大な応力が発生しないことを確認して決定しています(資料1参照)。

参考文献

設計上の留意点③

項目	塗装鉄筋の配置
	<p>【塗装鉄筋の配置】</p> <p>鉄筋は、<u>桁端部コンクリート塗装範囲内で一部塗装鉄筋とします。</u></p> <p>塗装鉄筋の対象となるのは、ウェブや上フランジ（上床版）の下面など、<u>最も外縁に位置する横断方向鉄筋、橋軸方向鉄筋、フック等が外縁と接する鉄筋、組立筋、段取り筋、壁高欄鉄筋（桁端部コンクリート塗装範囲）、及びグリッド筋とします。</u></p> <p>以下にプレテンションT桁の塗装鉄筋配置例を示します。</p> <p>塗装鉄筋の配置範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最も外縁に位置する横断方向鉄筋（桁端部コンクリート塗装範囲） ・最も外縁に位置する橋軸方向鉄筋（桁端部コンクリート塗装範囲、範囲外区間で普通鉄筋に切替えるための継手をあえて設ける必要はない） ・フック等が外縁と接する鉄筋、組立筋、段取り筋、壁高欄鉄筋（桁端部コンクリート塗装範囲） <p>図5-14 プレテンション方式T桁橋の塗装鉄筋配置案</p> <p>「設計施工マニュアル（案）[道路橋編]」¹⁾より 具体的な配筋要領は「設計施工マニュアル（案）[道路橋編]」¹⁾を参照願います。</p>
参考文献	1) 東北地方整備局：設計施工マニュアル（案）[道路橋編] 平成28年3月

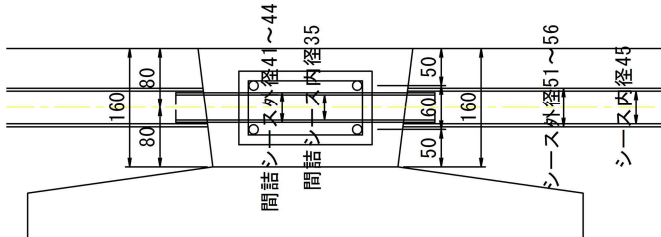
設計上の留意点④

項目	桁端面補強
	<p>被覆P C鋼材を使用することで桁端面にひび割れの発生が懸念されます。これに対するCFRP格子筋による桁端面補強方法を以下に示します。</p> <p>CFRP格子筋配置のポイントは以下の通りです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最外縁スターラップ（芯かぶり 50mm）の外側へ非鉄材の結束線により結束固定する。 ・ボンドコントロールの有無に関わらずP C鋼材の四方を囲むように配置する。 ・CFRP配置間隔は鋼材間隔程度とする。 ・CFRPの長さは下記を標準とする。 <p>鉛直方向：桁高 $H - 30\text{mm} \times 2$ 例：下図の場合 → $1000\text{mm} - 30\text{mm} \times 2 = 940\text{mm}$</p> <p>水平方向：(桁幅 $B - 25\text{mm} \times 2) / \sin \theta$ ※斜角 例：下図の場合 → $(300\text{mm} - 25\text{mm} \times 2) / \sin 90^\circ = 250\text{mm}$</p> <p style="text-align: center;">【桁端面補強の例：BG19（斜角 90° の場合）】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面図</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面図</p>  </div> </div> <p style="text-align: center;">※を付した寸法はCFRPの純かぶりを示す</p> <p>【注意事項】</p> <p>実験により効果が確認されたCFRP格子筋は、「CFCC格子筋（CFCC U 5.0φ）」です。他製品を用いる場合は、これと同等の軸剛性（ヤング係数と断面積との積）を有するものを選定願います。</p>
参考文献	

設計上の留意点⑤

項 目	軸方向筋の継手長																											
<p>エポキシ樹脂塗装鉄筋は、コンクリートの設計付着強度を普通鉄筋の 85%に低減する必要があるため¹⁾、鉄筋の継手長を下表の通りに変更します。</p> <p style="text-align: center;">鉄筋の継手長</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>鉄筋</th> <th>普通鉄筋</th> <th>塗装鉄筋</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D13 (SD345)</td> <td>330mm</td> <td><u>390mm</u></td> </tr> </tbody> </table> <p>継手長の算出根拠は、以下の通りです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・普通鉄筋の付着長 $l_{an} = \sigma_{sa} \div 4 \div \tau_{oa} \times \phi$ $= 200 \div 4 \div 2.0 \times 13$ $= 325.0 \text{ mm}$ <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>σ_{sa} :</td> <td>200N/mm²</td> <td>鉄筋 SD345 の許容引張応力度</td> </tr> <tr> <td>τ_{oa} :</td> <td>2.0N/mm²</td> <td>コンクリートの許容付着応力度</td> </tr> <tr> <td>ϕ :</td> <td>13mm</td> <td>鉄筋の直径</td> </tr> </table> ・エポキシ樹脂塗装鉄筋の付着長 $l_{ae} = \sigma_{sa} \div 4 \div \tau_{oa} \div \beta \times \phi$ $= 200 \div 4 \div 2.0 \div 0.85 \times 13$ $= 382.4 \text{ mm}$ <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>σ_{sa} :</td> <td>200 N/mm²</td> <td>鉄筋 SD345 の許容引張応力度</td> </tr> <tr> <td>τ_{oa} :</td> <td>2.0 N/mm²</td> <td>コンクリートの許容付着応力度</td> </tr> <tr> <td>β :</td> <td>0.85</td> <td>付着応力度の低減係数</td> </tr> <tr> <td>ϕ :</td> <td>13mm</td> <td>鉄筋の直径</td> </tr> </table> <p>【注意事項】 普通鉄筋と同等の付着強度を有する塗装鉄筋を使用する場合は、上記の限りではありません。</p>		鉄筋	普通鉄筋	塗装鉄筋	D13 (SD345)	330mm	<u>390mm</u>	σ_{sa} :	200N/mm ²	鉄筋 SD345 の許容引張応力度	τ_{oa} :	2.0N/mm ²	コンクリートの許容付着応力度	ϕ :	13mm	鉄筋の直径	σ_{sa} :	200 N/mm ²	鉄筋 SD345 の許容引張応力度	τ_{oa} :	2.0 N/mm ²	コンクリートの許容付着応力度	β :	0.85	付着応力度の低減係数	ϕ :	13mm	鉄筋の直径
鉄筋	普通鉄筋	塗装鉄筋																										
D13 (SD345)	330mm	<u>390mm</u>																										
σ_{sa} :	200N/mm ²	鉄筋 SD345 の許容引張応力度																										
τ_{oa} :	2.0N/mm ²	コンクリートの許容付着応力度																										
ϕ :	13mm	鉄筋の直径																										
σ_{sa} :	200 N/mm ²	鉄筋 SD345 の許容引張応力度																										
τ_{oa} :	2.0 N/mm ²	コンクリートの許容付着応力度																										
β :	0.85	付着応力度の低減係数																										
ϕ :	13mm	鉄筋の直径																										
参考文献	1) 土木学会：エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針 [改訂版]，2003.10																											

設計上の留意点⑥

項目	横締めシース・PC鋼材
	<p>横締めは、PEシースと被覆PC鋼材の組み合わせとします。</p> <p>【PEシース】 桁に配置するPEシースの内径は、45mmを標準とします（標準桁は鋼製シースで、内径42mmです）</p> <p style="text-align: center;">間詰部取り合い参考図</p>  <p>【被覆PC鋼材】 被覆PC鋼材は、土木学会等で技術基準が整備されている鋼材を基本とします。以下に、その例を示します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・内部充てん型エポキシ樹脂被覆PC鋼より線¹⁾ ・被覆高強度PC鋼材²⁾ <p>※上記の被覆PC鋼材は、普通PC鋼材と同等以上の付着強度を有するものとします。</p> <p>なお、上記の基本を適用しがたい場合は、別途検討するものとします。</p> <p>例：PC連結げた橋の連結横桁部</p> <p>※この部位では横締め本数が多くなり、上記の鋼材では配置が困難となる場合、以下に示す被覆PC鋼材も認めるものとします。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プレグラウトPC鋼材¹⁾ ・プレグラウト高強度PC鋼材²⁾ <p>など</p> <p>横締めを用いる太径のシングルストランド（SWPR19_28.6mm など）は、現時点でその容量に相当する被覆PC鋼材が無く、代替品として高強度PC鋼材を使用した製品なども開発されているため、最新の市場の情報を確認のうえ適切に鋼材選定を行います。</p> <p>【注意事項】 普通PC鋼材で設計済みの案件に被覆PC鋼材を適用し、鋼材径や配置本数を検討する際には、セット量が異なる点や、定着体の寸法が変更となる点にも注意願います。</p>
参考文献	<p>1) 土木学会：エポキシ樹脂を用いた高機能PC鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針（案），2010.8</p> <p>2) プレストレストコンクリート技術協会：高強度PC鋼材を用いたPC構造物の設計施工指針，2011.6</p>

第3章 プレキャストP C桁の製造上の留意点

被覆P C鋼材をプレテンションけた橋げたの製造においては以下のことに配慮する必要があります。

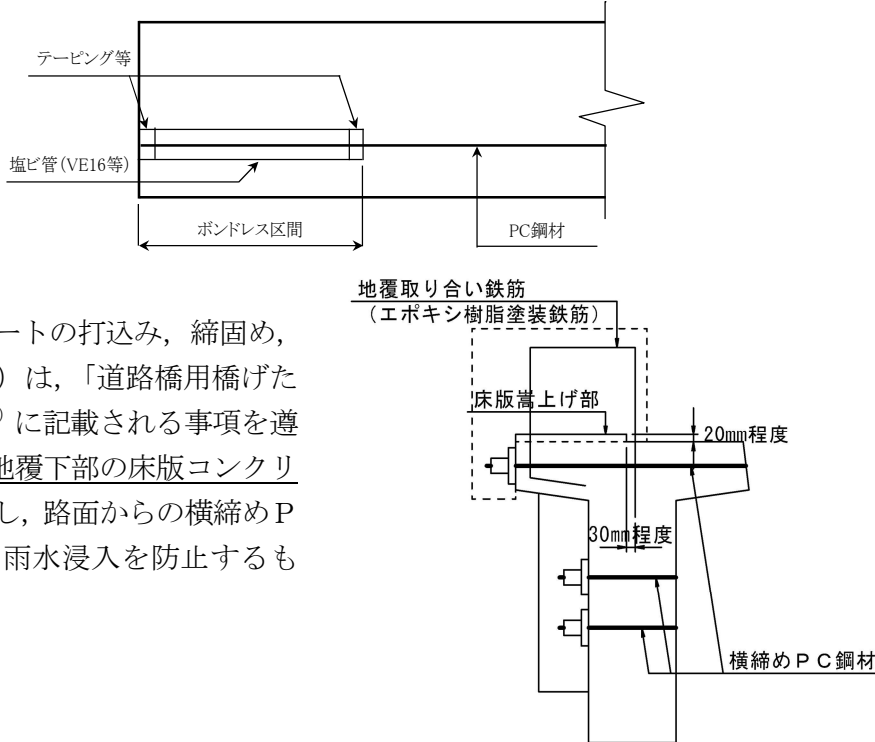
- ① 緊張時にP C鋼材折曲げ支持具（バンドアップ治具）で被覆損傷の恐れ
⇒改良したバンドアップ治具の使用
- ② 緊張機器やバンドアップ治具箇所での緊張力の損失量が明確になっていない。
⇒試験緊張による適切な桁端緊張力の設定

なお、上記①②の対策は実物大試験の結果に基づいております。

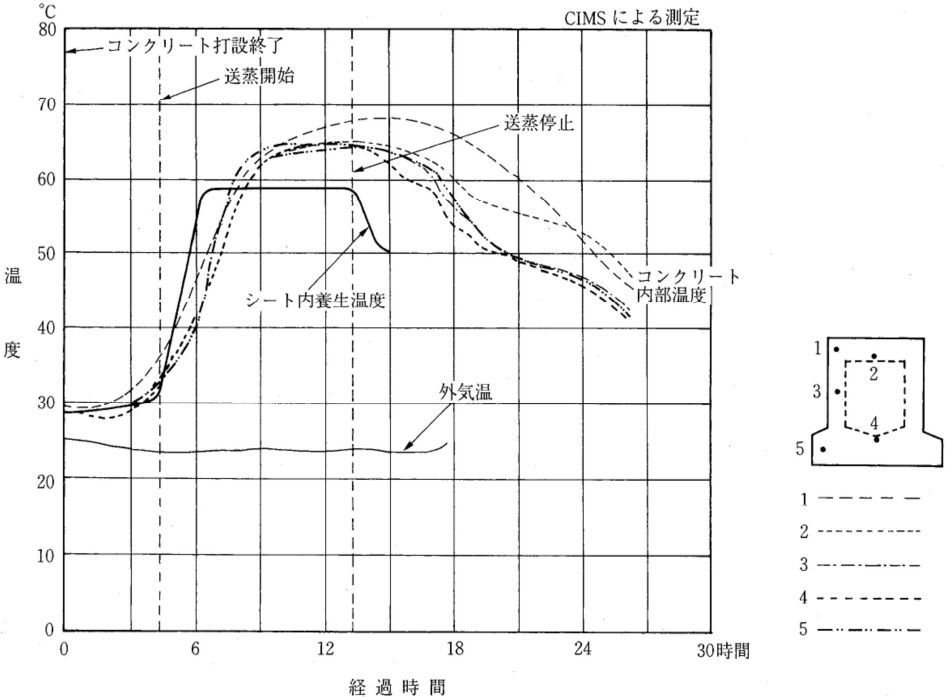
製造上の留意点①

項 目	鉄筋・CFRP 格子筋の組立, PC 鋼材の組立
	<p data-bbox="252 331 1406 454">鉄筋（エポキシ樹脂塗装鉄筋）は「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針[改訂版]」¹⁾に記載される事項を遵守し、CFRP 格子筋はメーカーにより定められた方法で組立を行うものとします。</p> <p data-bbox="612 465 1018 499">【鉄筋・CFRP 格子筋の組立状況】</p> <div data-bbox="368 510 1259 860"> </div> <p data-bbox="639 871 991 904">【CFRP 格子筋取付方法の例】</p> <div data-bbox="711 920 916 1081"> </div> <p data-bbox="252 1095 1406 1173">PC 鋼材の組立・緊張は、「エポキシ樹脂を用いた高機能PC 鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針（案）」²⁾に記載される事項を遵守します。</p> <p data-bbox="252 1184 1406 1308">PC 鋼材折曲げ支持具（バンドアップ治具）は防錆処理が施されたもので、緊張時の被覆PC 鋼材の損傷に対して対策効果が確認されたものを使用する必要があります。（詳細は資料2を参照のこと。）</p> <p data-bbox="671 1319 986 1352">【バンドアップ治具の例】</p> <div data-bbox="469 1368 1018 1688"> </div> <p data-bbox="268 1727 411 1760">【注意事項】</p> <p data-bbox="252 1771 1406 1895">実験により効果が確認された CFRP 格子筋は、「CFCC 格子筋（CFCC U 5.0φ）」です。他製品を用いる場合は、これと同等の軸剛性（ヤング係数と断面積との積）を有するものを選定願います。</p>
参考文献	<p data-bbox="416 1910 1406 1989">1) 土木学会：エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針[改訂版]，2003.10</p> <p data-bbox="416 2000 1406 2078">2) 土木学会：エポキシ樹脂を用いた高機能PC 鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針（案），2010.8</p>

製造上の留意点②

項 目	P C鋼材の組立・緊張，コンクリートの打込み，締固め
	<p>被覆P C鋼材は，普通P C鋼材と同等以上の付着性能を有することとされており，プレテンションけた橋げたのベンドアップ鋼材に使用した場合，ベンドアップ治具やローラーなどの緊張機器箇所における緊張力の損失が標準桁より増える可能性があります。</p> <p>このことから，1工事ごと（同一工事でも緊張機器が異なる場合は別途実施）に，ロードセルにて緊張・固定両端の緊張力を計測する試験緊張を実施し，製造計画における所要緊張力に対して，両端の値が±5%以内となり，かつ鋼材の絶対上限値（許容引張応力度1440N/mm²）を超えない範囲の余裕量（引越し量）を加えた桁端緊張力を設定する必要があります。</p> <p>この桁端緊張力を用いてP C桁の製造を行う際は，標準桁と同様に緊張装置の荷重計の示度は計算値の0～+5%以内（または0 N/mm²～絶対上限値以内），P C鋼材の伸び量は計算値の±5%の範囲で緊張管理を行います。</p> <p>また，ベンドアップ鋼材を折り曲げるベンドアップ治具については摩擦が少なくなるような構造及び材質のものを選定すること，ローラーなどの緊張機器については試験緊張を行う前によく整備して摩擦を低減しておくことが重要となります。（ベンドアップ治具については資料2を，ベンドアップ鋼材の緊張に関する事項は資料3を参照のこと。）</p> <p><u>ボンドコントロール材は，全数，桁端までボンドレスとする（下図参照）。</u>これは，従来行われている桁端より5cm程度手前で止める方法であると，桁端面にひび割れを生じさせるおそれがあるためです。</p> <p style="text-align: center;">【被覆P C鋼材を使用したP C桁におけるボンドコントロール処理】</p>  <p>また，コンクリートの打込み，締固め，養生（蒸気養生等）は，「道路橋用橋げた設計・製造便覧」¹⁾に記載される事項を遵守します。なお，<u>地覆下部の床版コンクリートを嵩上げ施工</u>し，路面からの横締めP C鋼材定着具への雨水浸入を防止するものとします。</p>
参考文献	1) プレストレスト・コンクリート建設業協会：道路橋用橋げた設計・製造便覧JIS A 5373 ²⁰⁰⁴ ，2004.6


製造上の留意点③

項目	コンクリートの養生，プレストレス導入
	<p>プレキャストPC桁へのプレストレスの導入にあたっては，被覆PC鋼材を使用するため，<u>コンクリート内部温度が65℃以下になったことを確認してからプレストレスを導入¹⁾</u>します。</p> <p>普通PC鋼材を使用したPC桁の場合は，蒸気養生を行い，打設翌日にプレストレスを導入しますが，被覆PC鋼材を使用したPC桁では，外気温（特に夏期）や蒸気養生温度あるいは部材寸法によってはプレストレス導入が翌日に行えない場合があります。</p>
	 <p style="text-align: center;">蒸気養生時における桁内部コンクリート温度の測定例 (外気温約25℃)</p>
	<p>プレストレス導入直後は上縁で引張応力度を許容していることから，バンドアップ治具のアンカー開放作業時には，けたの上縁にひび割れが生じる懸念があります。このため，開放前にカウンターウェイトを桁に載せる方法²⁾などによって，上縁部に生じる引張応力度を緩和することが望まれます。</p>
<p>【注意事項】</p>	<p>エポキシ樹脂は高温域では軟化する性質があるため，コンクリート温度が高温域にある状態で緊張力を解放すると，PC鋼材が滑りを生じて所定のプレストレスが導入されないことが起こりえます。被覆PC鋼材は，参考文献²⁾中に規定される品質規格の一つである，65℃以下で定着すべりを生じないことが確認されたものであることから，65℃以下の温度で緊張力を解放することとします。</p>
<p>参考文献</p>	<p>1) 土木学会：エポキシ樹脂を用いた高機能PC鋼材を使用するプレストレスコンクリート設計施工指針（案），2010.8</p> <p>2) プレストレス・コンクリート建設業協会：道路橋用橋げた設計・製造便覧 JIS A 5373⁻²⁰⁰⁴，2004.6</p>

製造上の留意点④

項 目	桁端面の処理												
	<p>被覆PC鋼材を使用したPC桁の仕上げは、「塩害に対するプレキャストPCげたの設計・施工資料」¹⁾ に準じて行うことにします。具体的には以下の通りとします。</p> <p>■ 施工フロー</p> <p>■ 桁端面の処理(例)</p> <p>使用材料の選定要領</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>使用材料</th> <th>材料の選定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>エポキシ補修材料の塗布(a)</td> <td>補修材料※1</td> <td>「エポキシ樹脂を用いた高機能PC鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針(案)」(土木学会)に適合するもの</td> </tr> <tr> <td>端部処理材の塗布(b)</td> <td>端部処理材※2</td> <td>「塩害に対するプレキャストPCげたの設計・施工資料」(プレストレスト・コンクリート建設業協会)に適合する急硬モルタル、ポリマーセメントモルタル、樹脂モルタルなど(資料4)</td> </tr> <tr> <td>表面被覆仕上げ(c)</td> <td>表面被覆材※3</td> <td>発注者指定の工法の材料に適合するもの</td> </tr> </tbody> </table> <p>なお、端部処理材の品質は、資料4を満足し、かつエポキシ樹脂被覆の補修用材料との付着強さが所定の強度を有するものとします。</p>	工程	使用材料	材料の選定	エポキシ補修材料の塗布(a)	補修材料※1	「エポキシ樹脂を用いた高機能PC鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針(案)」(土木学会)に適合するもの	端部処理材の塗布(b)	端部処理材※2	「塩害に対するプレキャストPCげたの設計・施工資料」(プレストレスト・コンクリート建設業協会)に適合する急硬モルタル、ポリマーセメントモルタル、樹脂モルタルなど(資料4)	表面被覆仕上げ(c)	表面被覆材※3	発注者指定の工法の材料に適合するもの
工程	使用材料	材料の選定											
エポキシ補修材料の塗布(a)	補修材料※1	「エポキシ樹脂を用いた高機能PC鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針(案)」(土木学会)に適合するもの											
端部処理材の塗布(b)	端部処理材※2	「塩害に対するプレキャストPCげたの設計・施工資料」(プレストレスト・コンクリート建設業協会)に適合する急硬モルタル、ポリマーセメントモルタル、樹脂モルタルなど(資料4)											
表面被覆仕上げ(c)	表面被覆材※3	発注者指定の工法の材料に適合するもの											
参考文献	1) プレストレスト・コンクリート建設業協会：塩害に対するプレキャストPCげたの設計・施工資料(平成17年3月改訂版), 2005.3												

製造上の留意点⑤

項目	桁端部の封緘養生
	<p>標準桁では蒸気養生を行うことにより養生が促進され、コンクリートの打込み翌日に養生が完了します。しかし、桁端部では元々プレストレスが作用していないため、蒸気養生のみでは微細ひび割れの発生が懸念されます。</p> <p>そこで、<u>被覆PC鋼材を使用したPC桁では桁端面から1.0mの範囲の桁外周全面をシートで覆い、最低3日以上封緘養生を行うことにします。</u>また、封緘養生の実施は、端部処理材の塗布後～表面被覆仕上げの間で行うものとします。</p> <p>■施工フロー</p> <pre> graph TD A[脱枠] --> B[被覆PC鋼材の切断] B --> C[エポキシ補修用材料の塗布] C --> D[端部処理材の塗布] D --> E[桁端部の封緘養生] E --> F[桁端部の乾燥処理] F --> G[表面被覆仕上げ] G --> H[終了] </pre> <p>桁端部から1mの範囲の外周全面をシート等で覆い、最低3日以上封緘養生 注)右の写真はテープを使用して封緘養生を行った事例である</p> <p>シートを桁端から撤去し、自然乾燥する</p>  <p>【注意事項】</p> <p>封緘養生を長期間行った場合、コンクリート中の含水率が高い状態が保持され、表面被覆材料の付着に悪影響を及ぼす可能性があります。このような場合、表面被覆仕上げ前に桁端部の含水率を確認する必要があります。</p>
参考文献	

第4章 現場施工上の留意点

施工上の留意点①

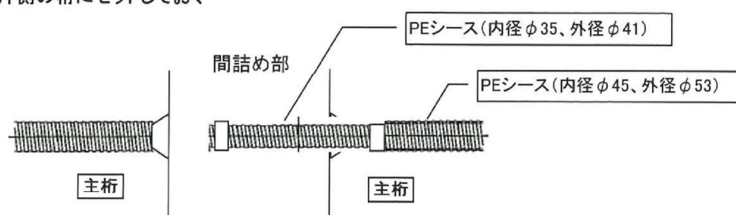
項 目 架設工, 横組工, 橋面工

プレキャストPC桁の架設工, 横組工, 橋面工は, 「道路橋用橋げた設計・製造便覧」¹⁾に記載される事項を遵守します。

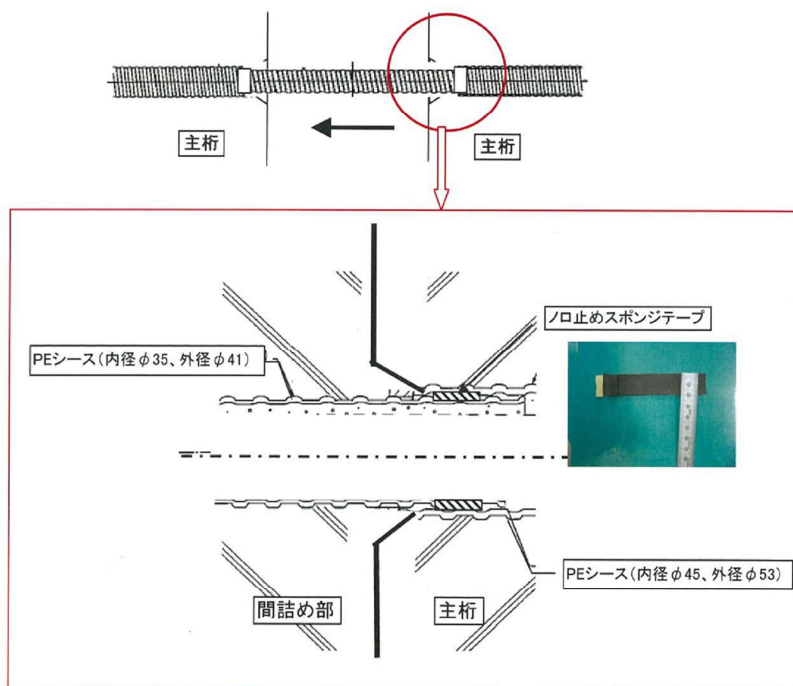
横締めシースは, 主桁部・間詰部ともPEシースとし, PEシースの間詰め部接合には, コンクリート打設に伴うセメントペースト浸入防止対策を施すものとします。対策例を下図に示します。

なお, メーカーによっては, 桁に埋込むシースの外径と架設後に取付けるシースの内径の差が極めて小さいもの(主桁埋設シース内径φ45, 間詰部シース外径φ44)もあるため, 予め施工性を確認しておく必要があります。

1. 予めPEシース(内径φ35)に隙間テープを重複して貼り、片側の桁にセットしておく



2. 桁セット後、間詰め部のシースをスライドさせ反対側のPEシースに挿入する。



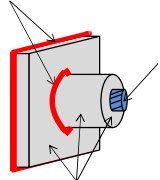
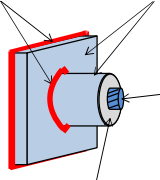
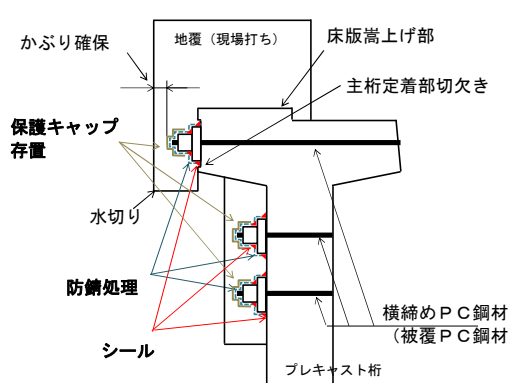
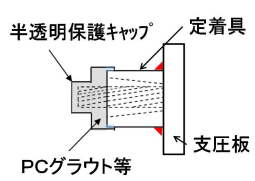
PEシース接合部のセメントペースト浸入防止対策例

床版・間詰コンクリートは, 膨張コンクリート(収縮補償用コンクリート)の使用を標準とします。

参考文献

1) プレストレスト・コンクリート建設業協会: 道路橋用橋げた設計・製造便覧JIS A 5373⁻²⁰⁰⁴, 2004.6

施工上の留意点②

項目	横締めPC鋼材定着部の防錆処理
	<p>横締めPC鋼材定着部には防錆処理を施します。</p> <p>具体的には、<u>横締めPC鋼材の支圧板・定着具・PC鋼材端部の露出面に防錆処理を施し、PCグラウト用の保護キャップを存置し、シリコン系止水材にてコンクリートと支圧板の境界4辺、支圧板とスリーブの境界外周をシールするもの</u>とします。被覆PC鋼材を用いた場合の一例を以下に示します。</p> <p>緊張終了後、PC鋼材切断面に被覆PC鋼材の被覆と同等の防錆材料（エポキシ補修用材料：製造上の留意点④参照）を塗布します。</p> <p>その後、現場で防錆材を塗布する場合、防錆材料は「構造物施工管理要領」¹⁾の「鉄筋防錆材の性能照査項目」（資料5）の規定を満たす材料を選択するものとします。一方、予め工場で防錆処理された支圧板及び定着具を使用する場合、各メーカーの仕様（資料6）に基づくこととします。また、工場で防錆処理されていない露出面は、PC鋼材切断面と同じ防錆材料もしくは資料5に適合する材料を現場で塗布します。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="430 1030 662 1064"> <p>《現場塗布の場合》</p> <p>シリコン系止水材でシールする ・コンクリートと支圧板の境界4辺 ・支圧板とスリーブの境界外周</p>  <p>緊張後、PC鋼材切断面に塗布型の防錆処理を施す</p> <p>緊張後、支圧板、定着具（頂部を含む）の露出面に塗布型の防錆処理を施す</p> </div> <div data-bbox="941 1030 1348 1064"> <p>《工場防錆処理部材使用の場合》</p> <p>シリコン系止水材でシールする ・コンクリートと支圧板の境界4辺 ・支圧板とスリーブの境界外周</p>  <p>緊張後、PC鋼材切断面に塗布型の防錆処理を施す</p> <p>緊張後、定着具頂部の露出面に塗布型の防錆処理を施す</p> </div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <p>【定着部防錆処理の例】</p>  </div> <p>コンクリートと支圧板の境界4辺、支圧板とスリーブの境界周囲はシリコン系止水材にてシールするものとします。</p> <p>PCグラウト時に使用した保護キャップは取外さず存置することを基本とします。</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <p>【保護キャップの例】</p>  </div> <p>【注意事項】</p> <p>現場で防錆処理を行う場合、緊張前に実施すると支圧板と定着具の間に処理材が入り摩擦力が小さくなり、緊張時に定着具とジャッキが回転してプレストレスの導入に支障を来す恐れがあるため、防錆処理は必ず緊張終了後に行うこととします。</p> <p>PCグラウト時に使用した保護キャップを存置した場合、その先端でかぶりを確保する必要性から、新規設計案件ではこの点を考慮して水切り幅を設定します。既存の設計案件に適用する場合は、先付け型の支圧板を使用する、主桁定着部に製作段階で切欠を設けるなど、ケーブル形状の調整が必要となる場合があります。</p>
参考文献	1) 東日本高速道路株式会社, 中日本高速道路株式会社, 西日本高速道路株式会社：構造物施工管理要領（平成25年7月版）

参 考 資 料

- 資料1. ボンドレス鋼材の検討
- 資料2. 高耐久PC桁プレテンションけた橋げた用PC鋼材折曲げ支持具について
- 資料3. ベンドアップ鋼材を有するプレテンションけた橋げたに被覆PC鋼材を用いた場合の緊張方法について
- 資料4. 端部処理材
- 資料5. 鉄筋防錆材
- 資料6. 定着具メーカーでのPC鋼材定着部の防錆処理
- 資料7. プレキャストPC桁における空気量と耐凍害性に関する文献

資料1 ボンドレス鋼材の検討

資料 ボンドレス鋼材の検討

改善後の引張応力(定着長40φ)が、プレテンションスラブ橋げたでの最大引張応力(定着長65φ、2.45N/mm²)程度を目標に、FEMにより検討した。一例として、BG19の解析結果を次頁に掲載する。

桁種	桁高 (mm)	鋼材	標準桁				改善案				ボンドレ ス率 (%)	バンドアップ鋼材		参照可能 な桁種	備考
			PC鋼材本数(本)		40φ時 引張応力度 (N/mm ²)	追加ボンドレス鋼材		40φ時 引張応力度 (N/mm ²)	採用	ΔH(mm)		ΔL(mm)			
			総数・S	直線配置		総数・C	直線配置								
AG18	900	φ15.2	16	8	8	—	—	—	—	—	—	440	7300	—	BG桁を参考に、追加ボンドレス鋼材配置やPC鋼材の配置高さなど個別対応のこと
AG19	1000	"	16	8	8	—	—	—	—	—	540	7800	BG18		
AG20	1000	"	16	8	8	—	—	—	—	—	605	8350	—		
AG21	1100	"	18	10	8	—	—	—	—	—	705	8850	BG21		
AG22	1100	"	18	10	8	—	—	—	—	—	705	9350	BG21		
AG23	1200	"	20	10	10	—	—	—	—	—	740	9850	BG23		
AG24	1200	"	20	10	10	—	—	—	—	—	740	10350	BG23		
BG18	1000	φ15.2	16	8	8	1.87	0	0	0	1.87	○	540	7300	—	
BG19	1000	"	16	10	6	3.45	4	4	0	2.38	○	670	7800	—	
BG20	1100	"	16	8	8	4.49	8	4	4	※ 2.50	※○	705	8350	—	
BG21	1100	"	18	10	8	4.09	6	6	0	2.29	○	705	8850	—	
BG22	1200	"	20	10	10	—	10	6	4	—	※○	740	9350	BG23	
BG23	1200	"	20	10	10	4.82	10	6	4	※ 2.48	※○	740	9850	—	
BG24	1300	"	22	10	12	4.31	12	8	4	2.89	△	840	10350	—	

1) 桁端面での引張応力度の目標値を 2.45 N/mm²程度とする(プレテンションスラブ橋げたと同値)。

2) 追加ボンドレス鋼材本数の割合はPC鋼材本数総数の50%以下を目標とする。

3) 1)の上限値を超えた場合の対策は、以下の内容で検討する。

- ・バンドアップ鋼材の端部配置高さを低く設定し設計計算などを見直す。
- ・桁種を「プレテンションスラブ橋げた」に変更し設計の見直しをする。

※: 桁端面補強として配置されるCFRP格子筋は、プレテンションスラブ橋げたの実物大試験において有効な引張応力度低減効果を有していたことから、この値は2.45程度と同等と考えた。

BG23と同様な断面・PC鋼材配置から追加ボンドレス鋼材もBG23と同様とする

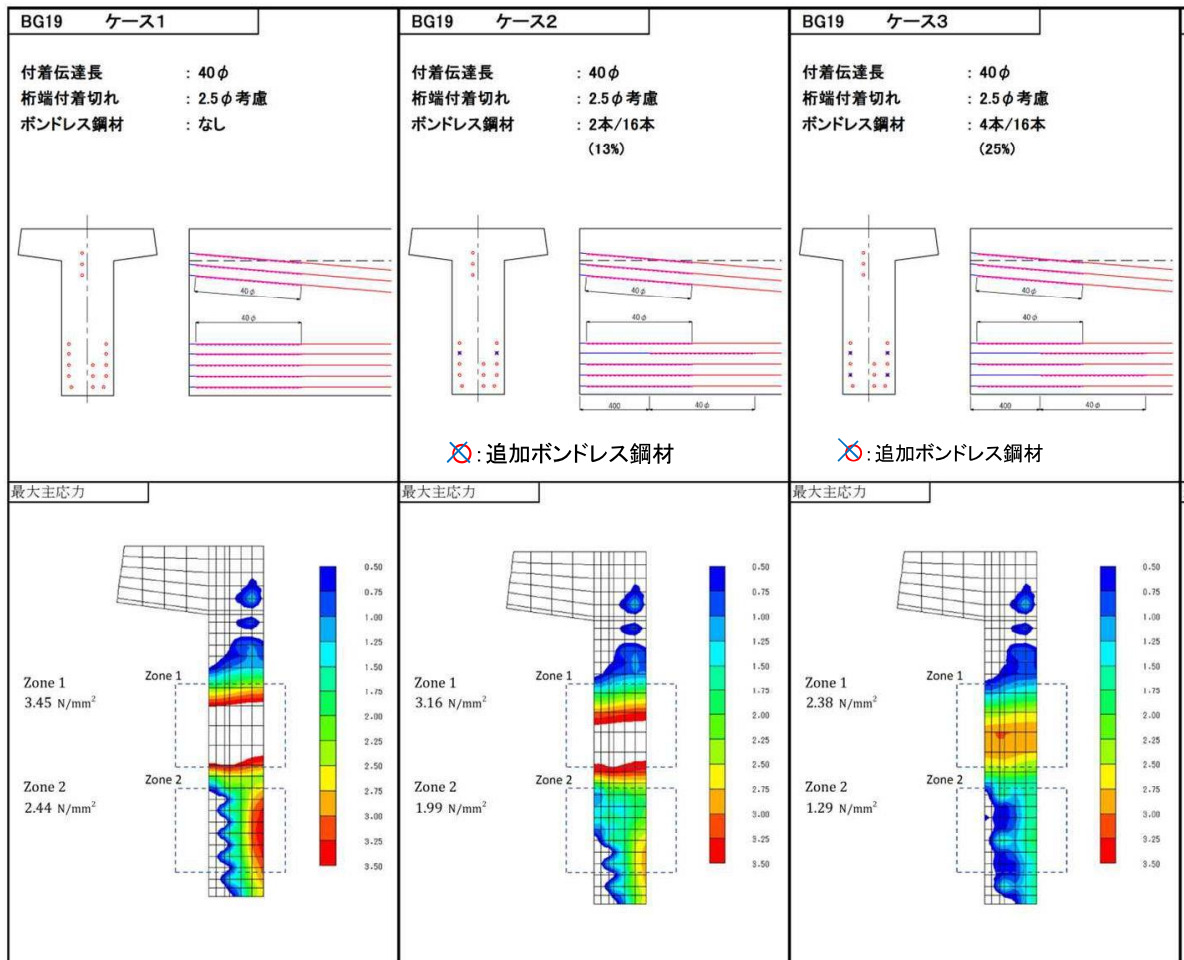
PC鋼材の配置高さなど個別対応のこと

■ボンドレス鋼材の改善効果について

改善策の効果についてFEM解析により検討する。FEM解析ケースは以下の通り。

- 【標準桁】ケース1 : 追加ボンドレス: 無 → 全ボンドレス 0/16本
 【改善策】ケース2 : 追加ボンドレス(400mm) × 2本 → 全ボンドレス 2/16本(13%)
 ケース3 : 追加ボンドレス(400mm) × 4本 → 全ボンドレス 4/16本(25%)

FEM解析結果



注) 数値は、要素中心の主引張応力とする。また、プレテンションスラブ橋げたと同様にPC鋼材の端部付近でのすべり(38mm:2.5φ)を考慮した。

高耐久PC桁プレテンションけた橋げた用PC鋼材折曲げ支持具について

1. 資料の作成目的

高耐久PC桁は、被覆PC鋼材を使用することにより高耐久化を図っている。高耐久PC桁プレテンションけた橋げた（以下、高耐久プレテンT桁）は、バンドアップを行うプレテンション鋼材にも被覆PC鋼材を使用するため、鋼材を折り曲げる支持具（以下、バンドアップ治具）に対しても配慮が必要となる。

本資料は、高耐久プレテンT桁に使用するバンドアップ治具が保有すべき機能やその仕様について、実物大試験を行い確認した情報も含め共有することを目的に作成したものである。

2. バンドアップ治具の保有すべき機能

バンドアップ治具の保有すべき機能について、「JIS A 5313-2004 附属書 2 推奨仕様 2-1 道路橋用橋げた(通常橋げた) 設計・製造便覧(平成 16 年 6 月)」Ⅲ. 製造 6. 設備 6.2 PC鋼材折曲げ装置 では、以下のように規定されている。

(1) PC鋼材折曲げ装置

PC鋼材を折り曲げて配置する場合のPC鋼材を保持する装置は、PC鋼材を損傷すること無く、かつ所定の位置に正しく保持できるものでなければならない。

(2) PC鋼材折曲げ支持具

折曲げ支持具は、PC 鋼材の鉛直ならびに水平方向の引張分力に抵抗でき、かつコンクリートを打ち込みやすい構造とする。PC 鋼材を支持する部分の曲げ半径は 180mm 以上、支持部分の長さは 18mm 以上とし、PC 鋼材と接触部分に凹凸(おうとつ)がなく、かつ摩擦が少なくなるような構造及び材質が望ましい。

「JIS A 5313-2004 附属書 2 推奨仕様 2-1 道路橋用橋げた(通常橋げた) 設計・製造便覧(平成 16 年 6 月)」より

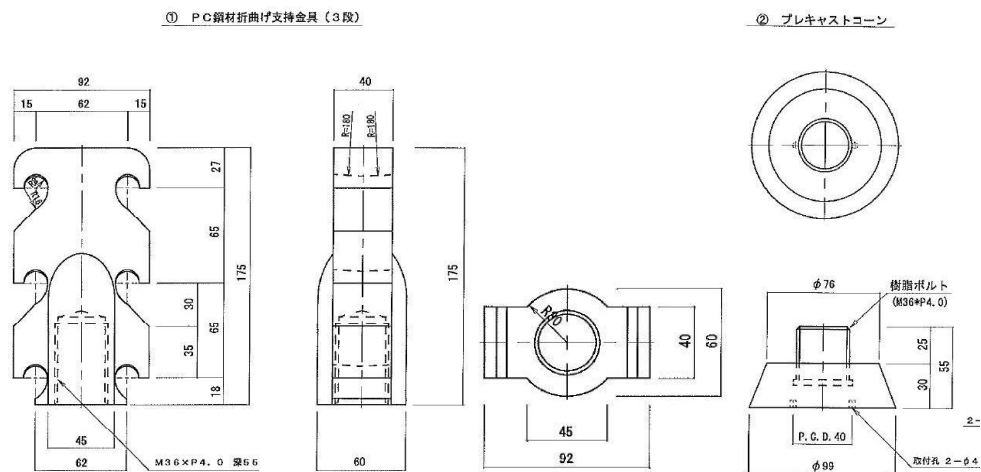
高耐久プレテンT桁に使用するバンドアップ治具については、上記機能に加え被覆PC鋼材の使用に対する配慮及び高耐久化の観点から、以下の機能を付加するものとする。

- ①PC鋼材の損傷のみならず被覆の防錆機能を損なわないこと。
- ②被覆PC鋼材は、コンクリートとの付着性能において普通PC鋼材と同等以上とされており、支持金具との摩擦が普通PC鋼材より大きくなる可能性があることから、摩擦が少なくなるような構造及び材質とすること。
- ③防錆処理を施すこと。

3. 被覆PC鋼材用PC鋼材折曲げ支持具の一例

前述の被覆PC鋼材を使用することに対して必要となる配慮①②について、従来から使用されているバンドアップ治具を改良する形で治具を製作し、実物大試験を実施して求められる機能を満足することを確認した。

実物大試験に使用したバンドアップ治具の従来寸法を下図に示す。



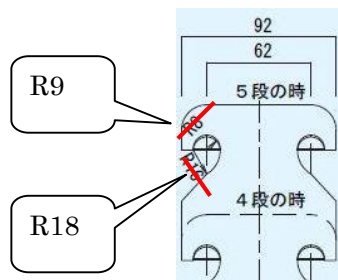
実物大試験に使用したバンドアップ治具の従来寸法

この治具を被覆PC鋼材を用いる高耐久プレテンT桁に使用するための改良点を以下に示す。

3-1 加工寸法の変更

被覆PC鋼材は普通PC鋼材に比べ被覆している分外径増となるため、鋼材配置部(及び鋼材入口部)の加工口径を、 $R=8$ ($R=16$) から $R=9$ ($R=18$) へと変更する必要がある。

なお、加工口径を変更する場合は特注加工となるため、メーカーと納期をよく打ち合わせることが肝要である。



変更後の治具加工寸法

3-2 PC 鋼材接触部のテフロン加工

プレテンション鋼材の緊張時、バンドアップ治具のPC鋼材接触部にはバンドアップに伴う腹圧力がかかるとともに、PC鋼材の伸びに伴いけい砂等により付着機能を高めた被覆がPC鋼材接触部を擦り続けることになる。したがって、腹圧力及び摩擦による被覆の損失（潰れや剥がれ等）が鋼材防食性能に支障を来さない程度とするため、かかる部分には「テフロン加工※」を60～100 μ の厚みで施し、摩擦を低減したものであることが必要である。

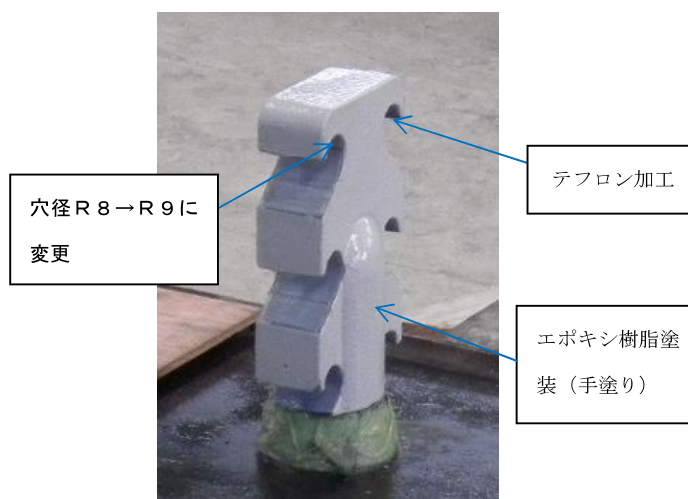
なお、被覆の損失が鋼材防食性能に支障を来さない程度とは以下の状態を示す。

- ① 緊張後に被覆PC鋼材にピンホールが無いこと
- ② 被覆層にPC鋼材表面が露出するほどの変形が生じないこと

※ 実物大試験では、「テフロン加工」単体以外に「エポキシ樹脂塗装とテフロンシートとの併用」や「テフロン加工とテフロンシートとの併用」を試験したが、「エポキシ樹脂塗装とテフロンシートとの併用」は前述の機能を満足しなかった。また、「テフロン加工とテフロンシートとの併用」も機能を満足したが、施工性にも配慮し「テフロン加工」単体とした。

3-3 防錆塗装

高耐久プレテンT桁に使用するバンドアップ治具には、上記テフロン加工を施した部分以外のコンクリート付着面にはエポキシ樹脂塗装を施すこと（手塗りで良い）が必要である。



PC鋼材折曲げ支持具（バンドアップ治具）の例

バンドアップ鋼材を有するプレテンションけた橋げたに 被覆PC鋼材を用いた場合の緊張方法について

1. 概要

被覆PC鋼材は、普通PC鋼材と同等以上の付着性能を有することとされていることから、プレテンションけた橋げたのバンドアップ鋼材に使用した場合、バンドアップ治具やローラーなどの緊張機器箇所において緊張力の損失が増大する可能性がある。バンドアップ治具や緊張機器による緊張力の損失は、使用するバンドアップ治具や各工場の緊張機器及びその整備状況により異なることから、所定の緊張力を導入するために、一工事ごとに試験緊張を実施して桁端緊張力を設定することとした。

本資料は、高耐久PC桁プレテンションけた橋げた（以下、高耐久プレテンT桁）を製造するうえで、被覆PC鋼材を用いたバンドアップ鋼材に所定の緊張力を確実に導入する手順・方法について、実施したバンドアップ鋼材緊張試験で得られた知見を踏まえ取りまとめたものである。

2. PC鋼材の緊張手順・方法

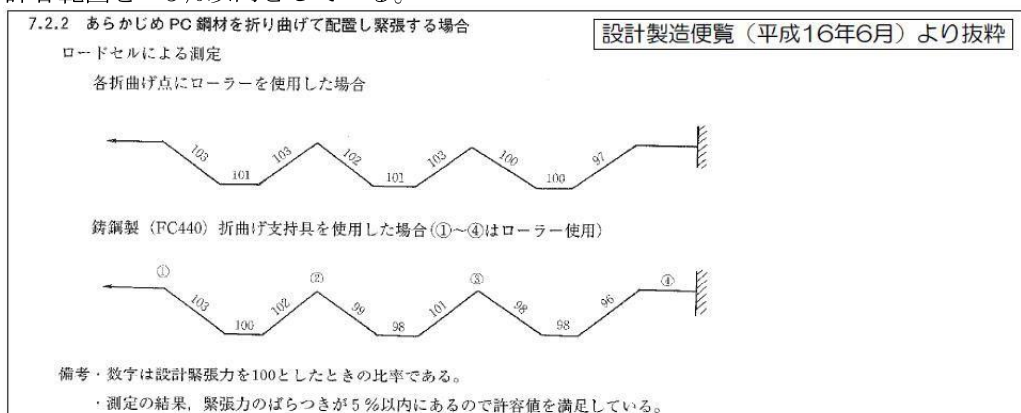
高耐久プレテンT桁の緊張は、以下の手順・方法で行うこととする。

- ①計画・準備：製造本数より緊張装置（ベンチアバット）や緊張機器の構成を決定し、機器のメンテナンスを行う
- ②試験緊張：試験緊張を行い、バンドアップ鋼材の緊張力の損失量を把握し、適切な端部緊張力を設定する
- ③本緊張：緊張装置（ベンチアバット）を用いて緊張力を導入する

3. バンドアップ鋼材緊張試験の内容

3-1 バンドアップ鋼材の緊張力の損失

「道路橋用橋げた設計・製造便覧」では、バンドアップ鋼材の折り曲げた鋼材各所での緊張力を計測した事例を紹介し、その中で、設計緊張力を 100 とした場合の各所の緊張力のばらつきの許容範囲を±5%以内としている。



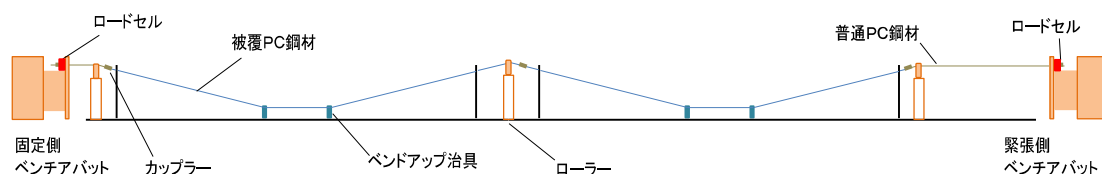
高耐久プレテンT桁は、プレテンション鋼材に被覆PC鋼材を使用するが、従来桁と同様に一部の鋼材はバンドアップ形状となる。

被覆PC鋼材は、普通PC鋼材に対してコンクリートとの付着性能が同等以上とされていること

や、緊張時のバンドアップ治具箇所では腹圧力とPC鋼材の伸びにより、被覆が凹みながら治具に引き込まれることから、バンドアップ鋼材の折り曲げ箇所での緊張力の損失量の増大が懸念された。このため、バンドアップ鋼材緊張試験を行ってこれを確認することとした。

3-2 バンドアップ鋼材緊張試験の方法

バンドアップ鋼材緊張試験は、下図の様に1組の緊張装置（ベンチアバット）の間でBG19相当の桁を2本製造することを想定し、「あらかじめ鋼材を折り曲げて配置して緊張する方法」とした。



緊張力の付与にはベンチアバットを使用し、並列に配置した同一形状の鋼材2本を同時に緊張した。このときの緊張力の減少を計測するため、緊張端及び固定端にロードセルを配置して両端の緊張力を計測した。

3-3 端部緊張力の設定

試験時に設定した端部緊張力は以下の①～④の合計値とした。

- ①設計計算書上必要とされる緊張力
- ②蒸気養生時と緊張時の温度差による減少量
- ③緊張装置（ベンチアバット）による損失量
- ④緊張機器（ローラーなど）・バンドアップ治具の損失を考慮した余裕量（以下、余裕量）

3-4 バンドアップ鋼材緊張試験時での緊張力減少の状況

バンドアップ鋼材緊張試験の結果は下表のとおり。

設計緊張力	目標端部緊張力	緊張絶対上限値	ロードセルの読み	
			緊張端	固定端
190.5 kN (100%)	199.0 kN (104.5%)	199.7 kN (104.8%)	197.05 kN (103.4%)	181.59 kN (95.3%)

緊張直後に導入されるべき設計緊張力は、設計計算書において必要とされる緊張力に蒸気養生時と緊張時の温度差による減少量を加えた値とした。

今回の試験条件では、ロードセルの緊張端の値に対し固定端では8～9%緊張力が減少したため、所定の緊張力（緊張力のばらつきの許容範囲を±5%以内）を導入するために端部緊張力の変更も含めたいくつかの対応策を実施した。対策事項を以下に記す。

- ①固定端のロードセルの読みが設計緊張力の95%を下回らず、かつ目標端部緊張力が緊張絶対上限値（許容引張応力度1440N/mm²）を超過しない様に余裕量を定め、目標端部緊張力を199.0kN（104.5%）に設定

②緊張端～固定端の間の緊張力の減少が極力少なくなる様、ローラーを整備（給油・清掃）

③目標端部緊張力導入後、バンドアップ治具部にハンマー打撃による調整を実施

以上の結果から、この条件下では目標端部緊張力を 199.0kNと設定することで、製造する 2本の桁に所定の緊張力が導入可能なことが確認された。

4. 高耐久プレテンT桁の試験緊張方法の提案

高耐久プレテンT桁の製造に際しては、端部緊張力の設定時に加算する余裕量を適切に把握するため、ロードセルで緊張端と固定端の緊張力を計測する試験緊張を以下の要領で行なうことを基本とする。

試験頻度	1 工事ごと（同一工事でも緊張機器が異なる場合は別途実施）
計測内容	ロードセルによる緊張端及び固定端での緊張力の計測
計測回数	1 回以上（1 試験あたり）

なお、「道路橋用橋げた設計・製造便覧」の記述に従い、バンドアップ鋼材の折り曲げた鋼材各所での緊張力を計測する方法を用いて試験緊張を行っても良い。

5. 高耐久プレテンT桁の本緊張方法

本緊張の方法は従来桁と同様とする。

緊張力はベンチアバットのマンメーターの示度にて目標緊張力の 0～+5%（または 0～絶対上限値）、PC鋼材の伸び量は目標値の±5%の範囲で緊張管理を行う。

ただし、「道路橋用橋げた設計・製造便覧」では複数の緊張方法を紹介しており、本書が提案する、あらかじめ鋼材を折り曲げて配置して緊張する方法を採らない場合は、試験緊張の方法から見直し、適切な緊張力の導入方法を確立してから本緊張を行うこととする。

6. その他の注意事項

今回、高耐久プレテンT桁としてバンドアップ鋼材に被覆PC鋼材を適用する場合の緊張方法について検討を行ったが、今回の緊張機器の条件では 1 組の緊張装置（ベンチアバット）の間で桁を 3 本同時に製造する場合は、緊張機器の見直しを含む更なる改善が必要となることが考えられる。

また、被覆PC鋼材はプレストレス導入時のコンクリート温度に規定があり従来桁に比べ導入時期が遅れること、被覆の損傷に配慮したPC鋼材配置作業に多大な労力を要することから、製作台の稼働率が従来桁に比べ大きく低下すると考えられる。

以上のことから、桁の製造計画や工程を検討する際には以上の点を十分に考慮する必要がある。特に、高耐久プレテンT桁を初めて製造する場合には、製造工程に十分余裕をもって試験緊張を実施することが重要である。

資料 4 端部処理材

PC建協：塩害に対するプレキャストPC
げたの設計・施工資料より

1.3.3 PC鋼材定着部

PC鋼材定着端部の防錆を目的とした端部処理について定める。

- (1) 主ケーブル
 - 1) プレテンションげた
 - (a) 材料
 - a) 材料の特性

端部処理に用いる材料には、次の特性が要求される。

- ① 防水性・・・水の浸入によるPC鋼材の錆の発生を防止する。
- ② 付着性・・・塗布材料がコンクリートに付着する。
- ③ 耐アルカリ性・・・コンクリート表面の高アルカリに耐性を有する。
- ④ しゃ塩性・・・塩分の浸透を抑制する。

また、端部処理材料は施工性がよく、長期にわたって耐久性に優れていることが大切である。なお、コンクリート表面の湿潤の度合いにより特性が極端に低下するものもあるので注意しなければならない。

- b) 材料の品質

端部処理に用いる材料の品質は、表 1.6 による規格を満足しなければならない。

表 1.6 端部処理材料の品質規格の標準

品質項目	試験項目		単位	品質規格	試験条件	養生条件
防水性	吸水試験	吸水量	g/cm ³	0.25 以下	材令 14 日	養生室 [※]
付着性	付着試験	付着強さ	N/mm ²	1.0 以上	材令 14 日	養生室 [※]
	耐アルカリ性試験	付着強さ	N/mm ²	0.8 以上	材令 14 日	アルカリ水溶液に浸漬 20±2℃
しゃ塩性	しゃ塩性試験	透過量	mg/cm ² ・日	0.01 以下	材令 14 日	養生室 [※]

※ 養生室の状態は、温度 20±2℃、湿度 65±10%

(出典：「設計・製造便覧 JIS A 5373-2004 附属書 2 (規定) 橋りょう類 推奨仕様 2-1 道路橋用橋げた (通常橋げた) (平成 16 年 6 月) 第三編 製造 3.12.2 仕上げ材料」)

材料の試験方法は、設計・製造便覧 付録-1 「端部処理材料の品質試験方法 (案)」による。

しゃ塩性の試験については、「道路橋の塩害対策指針 (案)・同解説 (社団法人 日本道路協会 昭和 59 年 2 月)」に収録されている付属資料 2 の付録 1 「コンクリート塗装材料の品質試験方法 (案)」による。

資料5 鉄筋防錆材

3-5-2 鉄筋防錆の要求性能

- | |
|--|
| (1) 錆の発生を防止する性能：防錆性 |
| (2) 鉄筋と良好に付着する性能：鉄筋との付着性 |
| (3) コンクリートや断面修復材と良好に付着する性能：コンクリートとの付着性 |

鉄筋防錆材には鋼材に対して腐食性因子の浸透を抑制し、鉄筋との強固な付着力を有し、かつ断面修復材との付着がよいことなどの性能が要求される。

防錆材の塗装は、塗り残しのないよう入念に行うものとする。また、残存する塩化物イオンや除錆、防錆材塗布の施工のばらつきを考慮して、鉄筋周辺を亜硝酸塩雰囲気下に置くことも、フェールセーフとして実施することが望ましい。現在のところ、亜硝酸塩による効果を明らかにできる試験・研究結果はないが、断面修復材に亜硝酸リチウムを添加する方法や、塩素吸着剤を用いる方法がある。

3-5-3 鉄筋防錆の性能照査

鉄筋防錆は、表 3-5-1 に示す性能を照査するものとする。				
表 3-5-1 鉄筋防錆材の性能照査項目				
要求性能	試験項目		基準値	試験方法
防錆性	防錆性試験	処理部	防せい率 50%以上	鉄筋コンクリート補修 用防錆材の品質基準 (案) ^{注1} を標準
		未処理部	防せい率 -10%以上	
鉄筋との付着性	鉄筋に対する付着強さ		7.8N/mm ² 以上	
コンクリートとの付着性	耐アルカリ性		塗膜に異常が認められないこと	
注1) 日本建築学会 鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針(案)・同解説 付 1.3				

東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株)：構造物施工管理要領より

定着具メーカーでの PC 鋼材定着部の防錆処理

支圧板および定着具の防錆処理を、予め工場加工とする場合は各メーカーの仕様に基づいて実施されます。その仕様を表に、塗装箇所の一例を図に示します。

表 定着具メーカーでの防錆処理

	A 社	B 社	C 社	D 社
塗装方法	エポキシ樹脂 静電粉体塗装	エポキシ樹脂 静電粉体塗装	エポキシ樹脂 静電粉体塗装	エポキシ樹脂 静電粉体塗装
塗膜外観	塗膜に剥がれが 無いこと	塗膜に剥がれが 無いこと	塗膜に剥がれが 無いこと	塗膜に剥がれが 無いこと
塗膜の 連続性	ピンホールが無 いこと	ピンホールが無 いこと	ピンホールが無 いこと	ピンホールが無 いこと
塗膜 硬化性	鉛筆ひっかき試 験(H 以上)	鉛筆ひっかき試 験(H 以上)	鉛筆ひっかき試 験(H 以上)	鉛筆ひっかき試 験(H 以上)
塗膜厚さ	180～500 μ m	180～500 μ m	180～1200 μ m	180 μ m 以上

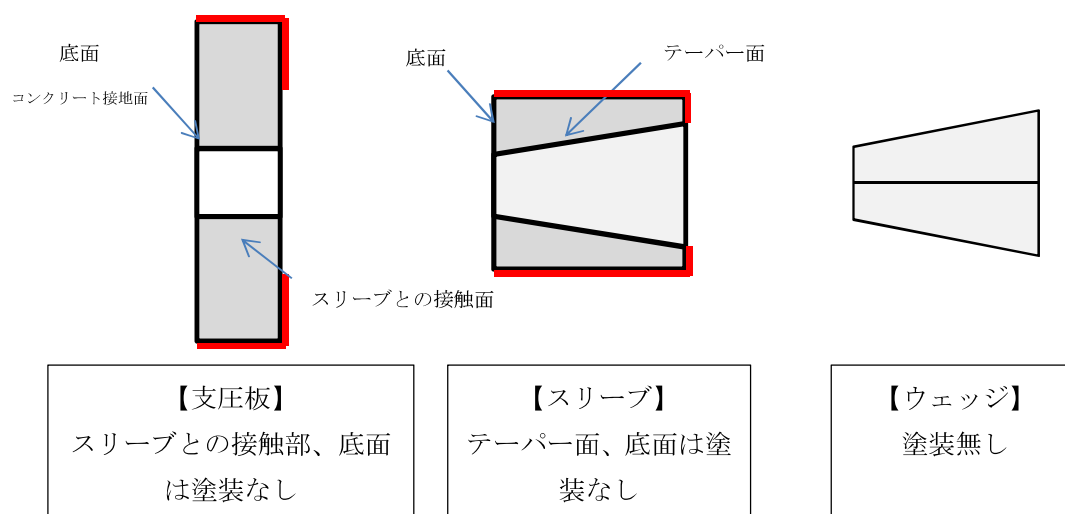


図 塗装箇所の一例

資料 7 プレキャストPC桁における空気量と耐凍害性に関する文献

プレストレストコンクリート工学会 第23回シンポジウム論文集 (2014年10月)

[論文]

プレキャストPC桁における空気量と耐凍害性に関する調査

プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部 正会員 ○北野 勇一
プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部 池田 正行
日本大学工学部 岩城 一郎
八戸工業大学 阿波 稔

Abstract : Air content in hardened concrete has been said to greatly influence the durability of concrete structure attacked frost damage. However, any test or experiment has not successfully proved the causal relation between the air content of high strength precast concrete members during plant fabrication and freeze-thaw resistance of those members. Therefore, various investigations were performed on the precast prestressed concrete girders fabricated by steam curing in the plant. This report shows the results of those investigations.

Key words : Precast prestressed concrete, Air content, Freeze-thaw resistance, Scaling

1. はじめに

硬化コンクリート中の空気量は、凍害を受けるコンクリート構造物の耐久性に大きく影響すると言われている。しかし、プレストレストコンクリート（以下、PCという）工場にて製造される高強度プレキャストコンクリート部材における空気量と耐凍害性との関連性については明らかにされていない。そこで、一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部（以下、PC建協東北支部という）は、日本大学工学部および八戸工業大学の協力を得て、PC工場にて蒸気養生を行い製作されるプレキャストPC桁を対象に空気量と耐凍害性に関する各種調査を実施した。本稿では、上記の目的で実施された一連の調査の結果についての概略を報告する。

なお、本調査は2013年2月にPC建協東北支部内に設立された「PC橋長寿命化委員会」の活動の一環として実施されたものである。

2. 調査概要

2.1 調査方針

目標空気量を荷卸時4.5%（現況仕様）と「東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン（案）」¹⁾に提示される6.0%（新仕様）としたコンクリートを用いて製作するプレキャストPC桁の気泡組織と塩分影響下での耐凍害性を確認する。

2.2 調査対象

対象とするプレキャストPC桁は、床版および桁としてのコンクリート施工が行えることを考慮し、JIS A 5373²⁰¹⁰附属書B推奨仕様B-1に記載される中空断面のスラブ橋桁であるBS16を選定する。試験体はBS16の切り出しモデルとし、プレストレスの有無による凍害発生過程への影響がないことからPC鋼材を鉄筋

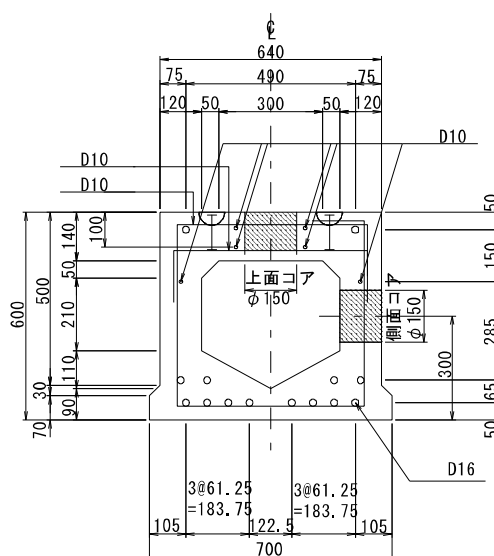


図-1 試験体断面図

表-1 コンクリート配合

配合	対象工場	設計基準強度 (N/mm ²)	目標スランプ (cm)	粗骨材最大寸法 (mm)	セメントの種類	目標空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単体量 (kg/m ³)				混和剤
									水	セメント	細骨材	粗骨材	
1	A	50	12	20	H	6.0	35.2	42.0	160	455	708	1086	高性能減水剤 + AE剤
2						4.5	36.6	42.0		153	418	745	
3	B		15			6.0	35.9	38.8	160	446	660	1131	高性能AE減水剤
4										4.5	38.0	41.3	
5	C		10			6.0	35.0	39.5	164	469	708	1107	高性能減水剤 + AE剤
6										4.5	37.0		

セメントの種類 H は早強ポルトランドセメントである。骨材は各工場とも化学法で「無害」の骨材を用いる。混和剤は、所定のスランプ (±2.5cm) および空気量 (本文中に記載) が得られるように調整する。

に置き変える (図-1)。また、PC工場は、コンクリート配合や製作方法の違いを検討するため、岩手県内にある3工場を対象とする。

2.3 試験体の製作

コンクリート配合を表-1に示す。コンクリートは設計基準強度50N/mm²、プレストレス導入時強度35N/mm²、空気量を4.5%と6.0%の条件と、各工場の規格に従い、表に示す6配合を用いる。ここで、新仕様の空気量については7%以上とした既往研究が少ないことから、今回の実験では6.0~6.9%を目標とし、現況仕様は新仕様との空気量の差を2%程度つけることにする。また、新仕様である配合1, 3, 5は強度発現を確保するため、現況仕様よりも水セメント比を1.4~2.1%低める。

試験体の製作方法を表-2に、製作状況を写真-1に示す。コンクリートは両ウェブに均等に入るように留意しながら3層に分けて打込み、各工場の規格に従い締固め、型枠表面のエア抜きおよび仕上げを行う。これらの試験体の製作方法は、プレキャストPC桁BS16の製作要領を忠実に再現する。また、蒸気養生は各工場で行われる設定で行い (表-3参照)、脱枠後は散水養生などの追加養生を行わずに屋外に保管する。

2.4 調査項目および調査方法

調査項目および調査方法を表-4に示す。空気量調査としては、フレッシュ時と硬化コンクリートについて実施する。耐凍害性については、硬化コンクリートの気泡間隔係数およびスケールング量等の結果より判断する。また、コンクリート表層品質の評価として表層透気性を調査する。

表-2 試験体の製作方法

工種	A工場	B工場	C工場
打込み	3層 (下部, ウェブ, 上部) に分け打ち込む。		
締固め	1~3層 : 棒状パイプ レータ φ50×2	1~3層 : 棒状パイプ レータ φ42×2	1層目 : 外部振動機 30秒 2,3層目 : 棒状パイプ レータ φ30×2
型枠表面エア抜き	棒状パイプ レータ φ40×2	棒状パイプ レータ φ40×2	棒状パイプ レータ φ30×2
仕上げ	金ごてを用いコンクリート上面を仕上げる。		



写真-1 新仕様 6.0%試験体の製作状況

表-3 蒸気養生の設定

対象工場	前養生時間	昇温速度	最高温度
A	3hr 以上	15°C/hr 以下	40°C×4hr
B			45°C×4hr
C			
示方書 ²⁾	2~3hr 以上	20°C/hr 以下	65°C以下

表-4 調査項目および調査方法

調査項目	調査方法
フレッシュ性状	スランブはJIS A 1101, 空気量はJIS A 1118 に従い試験する。
圧縮強度	製品同一養生(蒸気養生)を行ったφ10×20cmの円柱供試体を用い, JIS A 1108 に準じて圧縮強度試験を行う。
表層透気性	試験体上面と側面の透気性をTorrent法により各3箇所ずつ測定し, 平均値を透気係数とする。測定材齢は28日とし, その3日前より屋内に保管する。
硬化コンクリート中の空気量, 気泡間隔係数	試験体上面と側面よりφ150mmのコアを採取し, 表面より約5mm(表層)と約50mm(内部)の気泡組織をASTM C457 リニアトラバース法により調査する。
コンクリート表層のスケーリング量	試験体上面と側面より採取したコアをφ150×80mmに成形し, 表層側に土手を設けて3%NaCl水溶液を湛水させ, -20℃×16時間の凍結と20℃×6時間の融解(移行時間は各1時間)を1サイクルとした凍結融解を100サイクル(通常50サイクル)まで行い, スケーリング量を測定する(ASTM C672に準じる)。

3. 調査結果および考察

3.1 フレッシュ性状および圧縮強度

フレッシュ性状と圧縮強度の試験結果を表-5に示す。スランブは所定値内であり, 空気量は新仕様である配合1, 3, 5で目標の6.0~6.9%を満たし, 現況仕様である配合2, 4, 6でも新仕様との空気量の差が1.8~2.5%となった。また, 圧縮強度は新仕様とした場合にも所定の強度が得られ, 強度発現性が問題とならないことを確認した。

3.2 表層透気性

表層透気性に関する調査状況を写真-2に示す。透気係数は試験体上面(床版として着目)と試験体側面(桁として着目)についてそれぞれ3箇所ずつ測定し, その平均値を図-2に示す。一般のコンクリート構造物で測定される透気係数は品質クラス一般の $0.1 \sim 1 \times 10^{-16} m^2$ であると想定されるが, 今回の結果はいずれもその1/10~1/100ほどで品質クラス良または優に当たることが確認された。また, 一般のコンクリート構造物ではブリーディングの発生により上面の透気係数が高くなると考えられるが, 今回の調査結果はむしろ側面の透気係数が若干高まる傾向にあった。これは, 今回用いたコンクリートがノンブリーディングの配合であることから上下方向の透気性の差が小さくなること³⁾, 散水養生が行われる上面は透気性が低くなるが封緘養生となる側面では透気性が若干高まること⁴⁾(今回の試験体では打込み後翌日までは上面に養生マットを敷き, 蒸気養生により湿潤状態となっている)が影響したものと推察される。

なお, 透気係数は温度や含水状態の影響を受けて結果が大きく左右されることがあるが, 海外の

表-5 フレッシュ性状と圧縮強度試験結果

配合	スランブ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	
			1日	28日
1	13.0	6.2	41.6	59.4
2	14.0	4.4(-1.8)	40.6	60.4
3	16.0	6.6	35.5	54.4
4	15.0	4.4(-2.2)	36.2	58.4
5	11.0	6.3	43.0	58.5
6	9.0	3.8(-2.5)	41.7	58.1

注) 空気量の括弧内の数値は, 現況仕様と新仕様との空気量の差を示す。



写真-2 表層透気性に関する調査状況

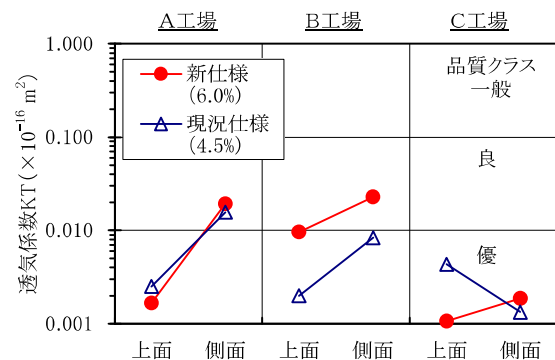


図-2 表層透気性に関する調査結果

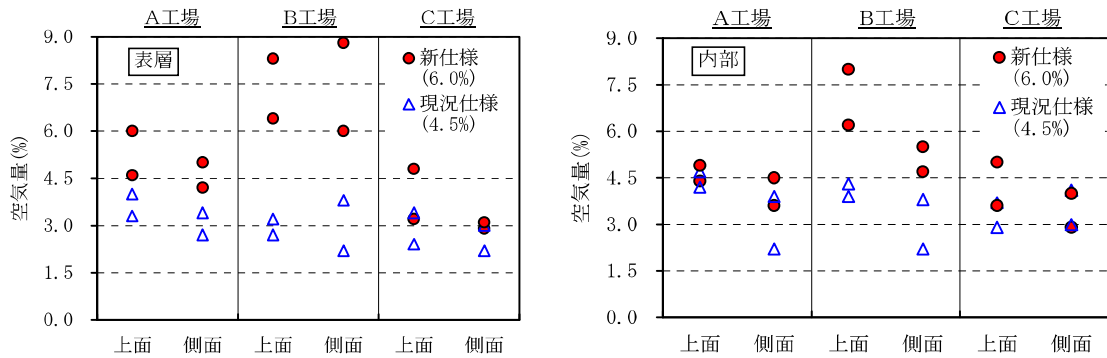


図-3 試験体表層と内部における硬化コンクリート中の空気量

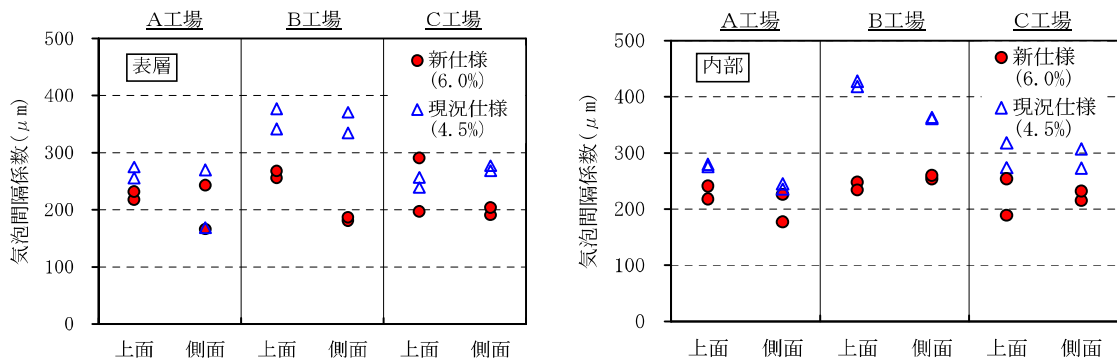


図-4 試験体表層と内部における硬化コンクリート中の気泡間隔係数

指針には実務上、①試験材齢28～90日、②コンクリート表面温度10℃(熟練者は5℃)以上で試験装置に直射日光が当たらないこと、③コンクリートの含水率が5.5%以下等であることを規定している⁵⁾。本調査は材齢28日で温度10℃程度の屋内にて実施し、コンクリート含水率は4.5～6.1%であった。コンクリート含水率は12箇所中の3箇所まで5.5%を上回ったが、残り9箇所については上記の規定をすべて満足するものである。したがって、今回調査した試験桁の表層品質は高いと評価できるといえる。

3.3 硬化コンクリート中の空気量と気泡間隔係数

試験体表層と内部の空気量と気泡間隔係数を調査した結果を図-3および図-4に示す。凍結防止剤の影響と凍害の複合劣化が懸念される上面表層に着目すると、現況仕様4.5%試験体は空気量2.4～4.0%、気泡間隔係数239～377μmであるのに対し、新仕様6.0%試験体は空気量3.2～8.3%、気泡間隔係数197～291μmと改善されることが確認された。また、上面と側面あるいは表層と内部の差異は、空気量および気泡間隔係数とも、それほど大きくないことも確認された。つまり、今回対象とした3工場の製作方法に則れば、実際のプレキャストPC桁の製作においても気泡組織が均等に分布し得ると考えられる。

図-5は、硬化コンクリート中の空気量と気泡間隔係数との両者の関係を整理したものである。

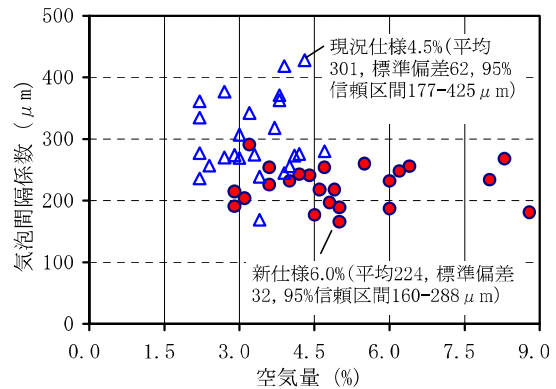


図-5 硬化コンクリート中の空気量と気泡間隔係数の関係

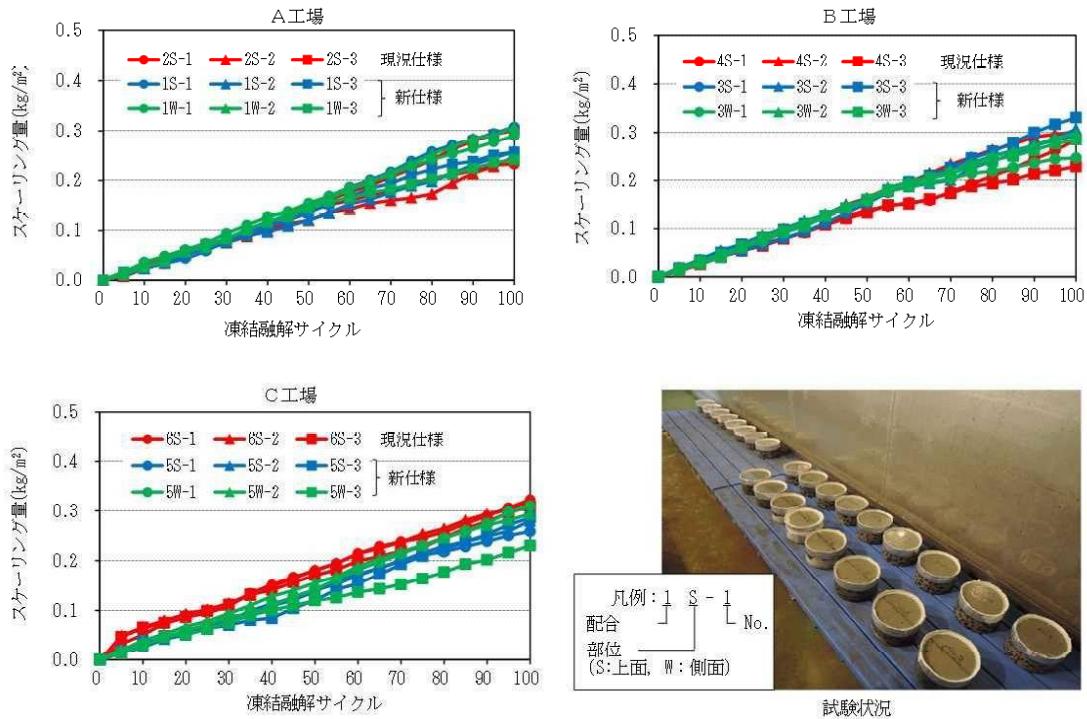


図-6 スケーリング量の推移



写真-3 スケーリング試験後の状況

表-6 目視による評価基準⁷⁾

評価	コンクリート表面状態
0	剥落なし
1	粗骨材の露出なし。劣化深度最大3mm程度のごく軽微な剥落
2	軽度の剥落(評価1と評価3の中間に位置する程度)
3	いくらか粗骨材の露出が確認される中度の剥落
4	強度の剥落(評価3と評価5の中間に位置する程度)
5	表面全体に粗骨材の露出が確認される激しい剥落

現況仕様4.5%は気泡間隔係数の変動係数が20.6%となるのに対し、新仕様6.0%のそれは14.3%と小さい。つまり、空気量を新仕様6.0%としたコンクリートを採用することにより、硬化コンクリート中に良質な気泡組織(気泡間隔係数で概ね300μm以下)を安定して形成し得ると言える。

3.4 コンクリート表層のスケーリング量

図-6にスケーリング量の測定結果を示す。スケーリング量は空気量や部位あるいは工場の違いによらず概ね同程度で線形的に増大し、最終100サイクルで0.23~0.33kg/m²となった。

次に、スケーリング試験後の状況を写真-3に示す。この写真には本調査の試験体と、水セメント比45%でNonAEの試験体⁶⁾を併せて示す。本調査100サイクル後の試験体は、凍結融解の影響を受けても、骨材の露出が確認されることはなかった。水セメント比45%でNonAEの試験体が凍結融解の影響を受けて表面のペースト分が剥がれ落ち骨材が露出する状況と比べると、本調査の試験体は極めて健全な状態を保つと言える。ちなみに、ASTM規格に定められる目視による評価基準に照合すると、本調査

の試験体はいずれも評価1に該当し、水セメント比45%でNonAEの試験体は評価5に相当する(表-6)。

前出の図-6に示した結果の内、試験体上面に着目して凍結融解50サイクルおよび100サイクルにおけるスケーリング量を比較した結果を図-7に示す。図には前述の文献6に示される水セメント比45%でNonAE、空気量3.0%、4.5%、6.0%の凍結融解50サイクルの試験結果を併記した。図より、本調査試験体のスケーリング量は、水セメント比45%のAEコンクリートに比べ50サイクル時点で1/2以下であり、試験期間を100サイクルまで延長しても極めて少ないことがわかる。つまり、コンクリートの水セメント比を40%以下にまで低減することで、耐凍害性がさらに向上すると言える。

4. まとめ

実物大のプレキャストPC桁を製作し各種調査を行った結果、次のことが確認された。

- 1) 目標空気量を荷卸時6.0% (新仕様) としたコンクリートは、荷卸時4.5% (現況仕様) のコンクリートよりも水セメント比を1.4~2.1%低めることにより、材齢1日で35N/mm²、材齢28日で50N/mm²が確保され、強度発現性が問題とならないことが確認された。
- 2) 上記1)のコンクリートを用いて製作した試験体の上面表層に着目すると、現況仕様4.5%試験体は空気量2.4~4.0%、気泡間隔係数239~377μmであるのに対し、新仕様6.0%試験体は空気量3.2~8.3%、気泡間隔係数197~291μmと改善されることが確認された。
- 3) 凍結融解試験では現況仕様4.5%試験体および新仕様6.0%試験体とも所定の試験期間でスケーリングがほとんど発生せず、試験期間を延長しても非常に耐凍害性が高いことが確かめられた。

なお、本調査の実施にあたり、東北地方整備局道路工事課長 (現南三陸国道事務所長) の佐藤和徳氏をはじめとする関係各位に多大なるご支援とご協力を頂いたことに対しまして感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 東北コンクリート耐久性向上委員会：東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン (案)，pp. 86, 2009. 3
- 2) 土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書施工編，pp. 355, 2013. 3
- 3) 早川健司，加藤佳孝：振動締固めにより充填されたかぶりコンクリートの品質変動に関する研究，土木学会第65回年次学術講演会V-684, 2010. 9
- 4) 松崎晋一郎，吉田亮，岸利治：単位水量と水セメント比がコンクリート表層の透気性に及ぼす影響とその養生依存性，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 1, 2009.
- 5) 半井健一郎，蔵重勲，岸利治：かぶりコンクリートの透気性に関する竣工検査—スイスにおける指針—，コンクリート工学，Vol. 49, No. 3, 2011. 3
- 6) 佐久間正明，子田康弘，岩城一郎：塩分環境下におけるコンクリートの耐凍害性に及ぼす空気量およびフライアッシュの影響，平成25年度東北支部技術研究発表会，V-37, 2013. 3
- 7) American Society for Testing and Materials: Standard test method for scaling resistance of concrete surface exposed to de-icing chemicals, Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04. 02, pp. 344-346, 1998.

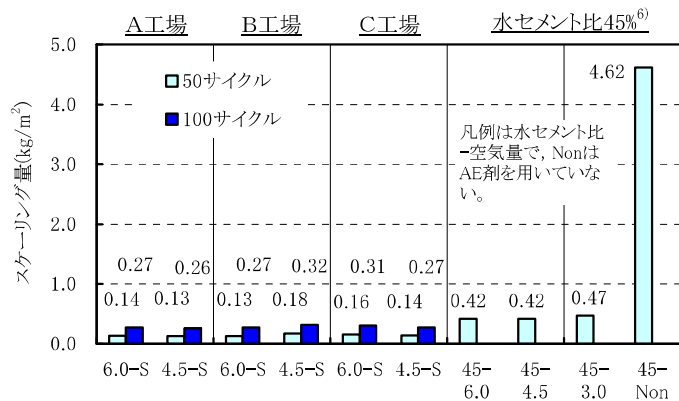


図-7 スケーリング量の比較

参 考 图 面

(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 東北支部

【東北支部役員】

支部長 森島 修
副支部長 南 國彦
副支部長 野口 晃
副支部長 土屋 英治

【東北支部正会員】

(株) I H I インフラ建設
(株)安部日鋼工業
オリエンタル白石(株)
川田建設(株)
コーアツ工業(株)
昭和コンクリート工業(株)
(株)銭高組
ドーピー建設工業(株)
日本高圧コンクリート(株)
(株)日本ピーエス
(株)ピーエス三菱
東日本コンクリート(株)
(株)富士ピー・エス
前田製管(株)
三井住友建設(株)

【東北支部事務局】

住所 〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町 1-8-1 (東菱ビル)
(株)ピーエス三菱東北支店内
TEL (022) 266-8377
FAX (022) 227-5641