

ジャンクション建設にともなう拡幅橋梁の設計・施工

ー門真ジャンクションDランプ橋工事ー

大阪支店	土木工事部	稲田卓也
大阪支店	土木工事部	清水啓史
大阪支店	設計センター	小林仁
大阪支店	設計センター	花房禎三郎

概要: 本工事は第二京阪道路と近畿自動車道を接続する門真ジャンクション建設工事にともなう既設橋梁の拡幅工事である。拡幅は張出し床版拡幅と増桁拡幅（配置桁本数変化）により行った。増桁拡幅では横桁横締めと接合床版（RC 構造）により既設橋と一体化を行っている。一体化時期については新旧桁のコンクリート材令差によって発生するクリープ・乾燥収縮による 2 次力の影響を考慮した。

Key Words: 現橋拡幅，増桁，材令差による 2 次力

1. はじめに

第二京阪道路は，一般国道 1 号の慢性的な渋滞解消を目的とした京都と大阪を結ぶ延長約 28.3km の道路であり，6 車線の自動車専用道路と 2～4 車線の一般道路からなる。完成後は名神高速道路，京滋バイパス，近畿自動車道と一体となり，広域幹線道路網を形成する。

本工事で拡幅を行う近畿自動車道の既設橋は，昭和 51 年に開通した合成単純桁橋とプレテンション連結 T 桁橋であり，合成単純桁橋に対しては床版拡幅，連結 T 桁橋に対しては増桁により拡幅を行った。増桁拡幅は横桁横締めと床版接合（RC 構造）により既設橋と一体化を行った。この時，設計計算では新旧材令差によって発生するクリープ・乾燥収縮による 2 次力を考慮し設計を行い，一体化時期・施工順序を決定した。

2. 工事概要

工事名：近畿自動車道 門真ジャンクション D ランプ橋（PC 上部工）工事

拡幅構造形式	橋 長	支間長	拡幅有効幅員
(P43～P44) (RC 床版拡幅) 張出し床版拡幅	7.1m (拡幅延長)	—	0.00m～8.05m
(P44～P46) (増桁拡幅) PC2 径間連結プレテンション T 桁橋	35.6m	17.055m + 17.055m	
(P46～P49) (増桁拡幅) PC3 径間連結プレテンション T 桁橋	56.7m	18.175 + 18.080 + 18.175m	
(P49～P52) (増桁拡幅) PC3 径間連結プレテンション T 桁橋	56.7m	18.165 + 18.080 + 18.165m	

斜 角： 90° 00' 00"



稲田卓也



清水啓史



小林仁



花房禎三郎

拡幅開始点である P43～P44 径間部の既設橋構造は RC 単純合成桁であり、RC 張出し床版の拡幅を行った。

RC 張出し床版はエンクローズド溶接で鉄筋を延長し拡幅を行った。エンクローズド溶接を行うため、既設床版をワイヤーソーで切断後、ウォータージェット工法により 100mm 鉄筋をはつりだした。拡幅鉄筋と既設鉄筋のかぶりは同じになるが現行の設計要領のかぶりを満足しないため、拡幅鉄筋にはエポキシ被覆鉄筋を使用した。図-1 に拡幅断面と拡幅鉄筋詳細を示す。

P44 以降の拡幅はプレテンション T 桁による増桁拡幅を行った。既設橋の構造形式は連結 T 桁であり、拡幅にあたっては同じ構造を選択している。主桁については B 活荷重の載荷、一体化による 2 次力の考慮、既設橋に対する照査、等により桁高は既設桁より必要となり、かつ $\sigma_{ck}=60\text{N/mm}^2$ の高強度コンクリートを使用することとした。図-2 に新設桁断面、図-3 に桁拡幅部の断面図を示す。新設桁は既設橋と一体化を行うため、既設桁にウォータージェットにより横締め孔を削孔し、支点横桁と中間横桁横締めを配置し緊張した。接合部の床版については RC 構造として一体化を行った。図-4 に接合床版の断面図を示す。

新設桁の桁配置本数は、拡幅量の変化に合わせ P44～P46 径間の 2 本から P51～P52 径間の 8 本まで変化
する。壁高欄は拡幅有効幅員にあわせて配置し、壁高欄背面のスペースはデッドスペースを設けている。写
真－1 に施工前の現場状況、図－5 に平面図、図－6 に側面図を示す。

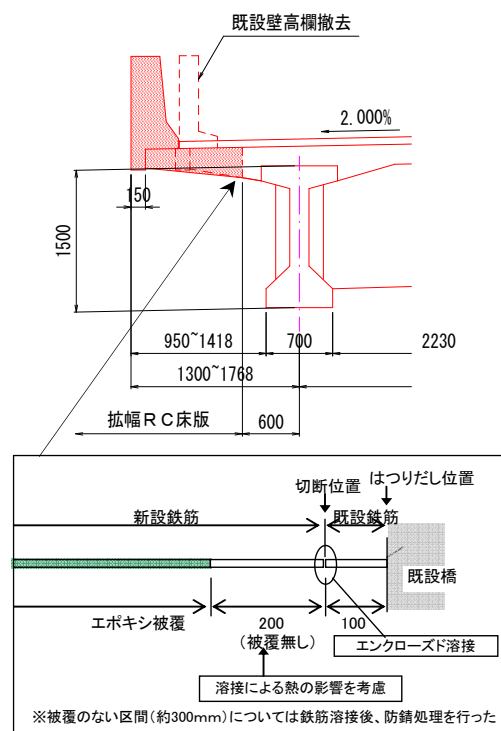


図-1 床版拡幅断面と拡幅鉄筋詳細

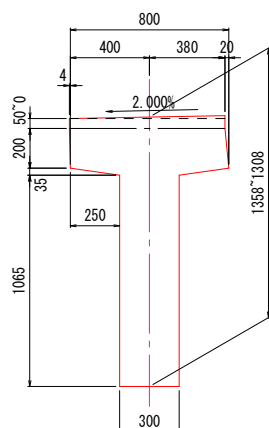
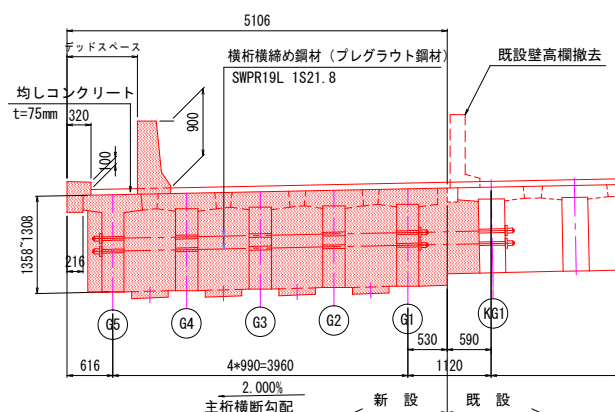


圖-2 新設桁断面



图一3 桁拉幅断面图 (P48 断面)

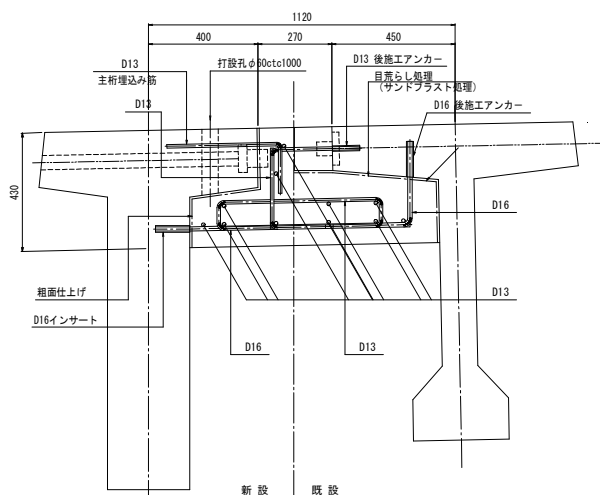


图-4 接合床版断面图



写真-1 施工前の現場状況（P44 橋脚より）

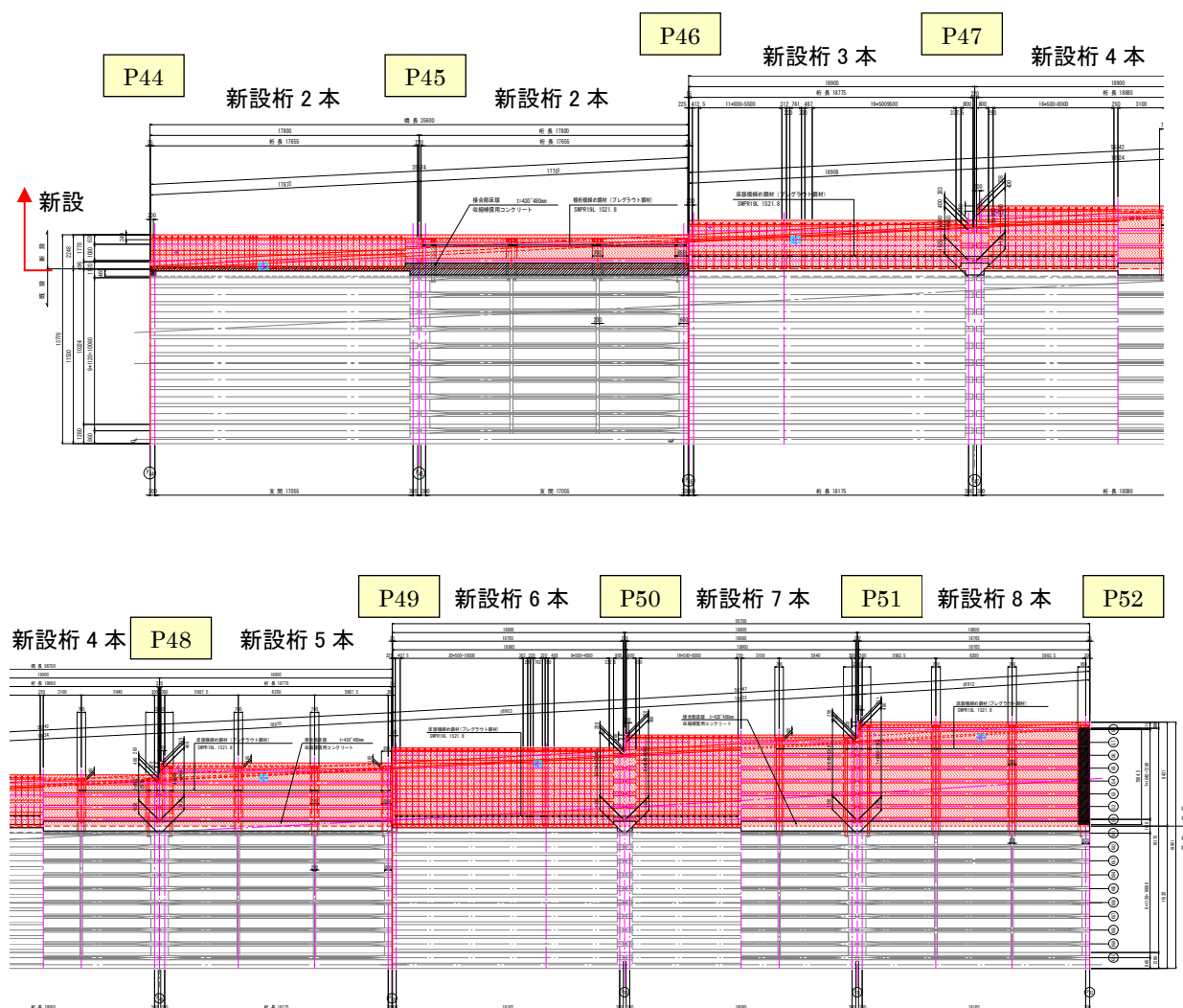


図-5 平面図

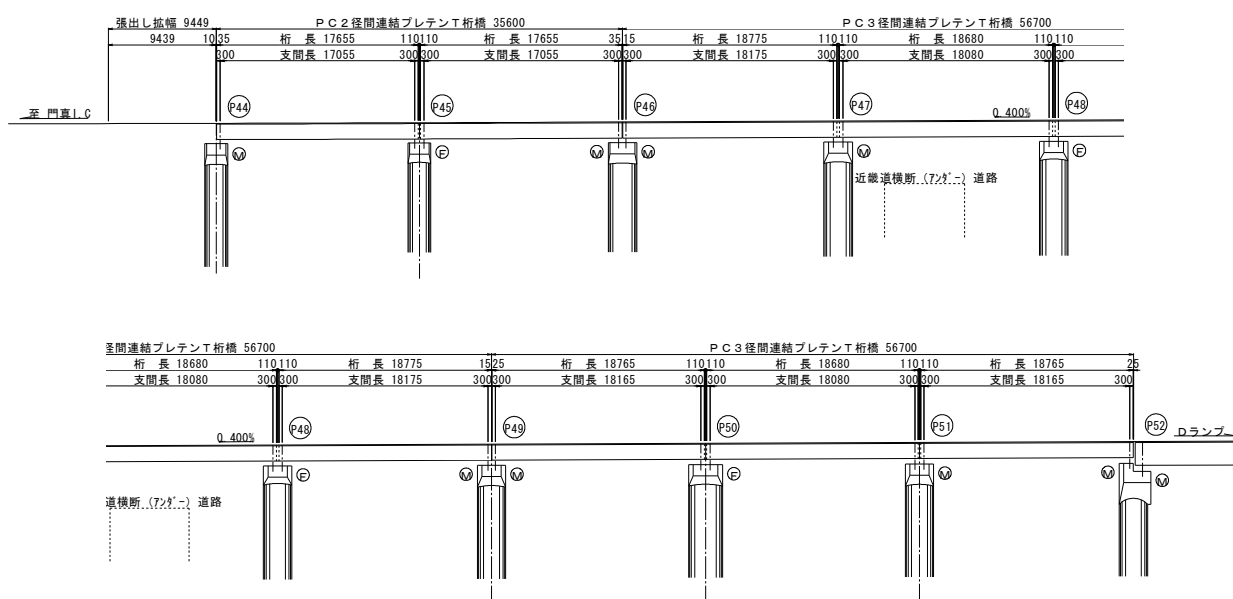


図-6 側面図

3. 設計・施工時の留意点

3.1 既設橋の調査

3.1.1 既設橋の外観および非破壊による調査

新設橋の設計・施工を行うにあたり、事前に既設橋の状態を把握するために調査を行った。調査内容は高所作業車を使用した目視による外観調査およびシュミットハンマーによる強度確認である。

調査結果は、

- ・主桁は一部桁の表面に気泡が認められたが、ひび割れ等の変状は認められなかった。

また、シュミットハンマーによる推定強度も桁の設計基準強度 50N/mm^2 に対して 60N/mm^2 以上であった。

- ・フランジ間の間詰めコンクリート、横桁についても、微細なひび割れが数箇所で見られた程度で、打音も異常は確認されなかった。一方、全般にダイヤフラムに劣化が進行しており、多くに浮き、ひび割れ、等の発生が認められた。しかし、錆汁が生じておらず、PC 鋼材の突出も発生した痕跡がないことから、内部鋼材の腐食には至っていないと判断された。
- ・P49～P52 径間壁高欄水切り部の劣化が著しく、かぶりコンクリートの欠落による鉄筋の露出が数箇所認められた。ただし、劣化部以外はシュミットハンマーによる推定強度は 35N/mm^2 以上と十分な強度が発現していると予想された。

以上の調査結果から本工事の設計・施工については下記の方針とした。

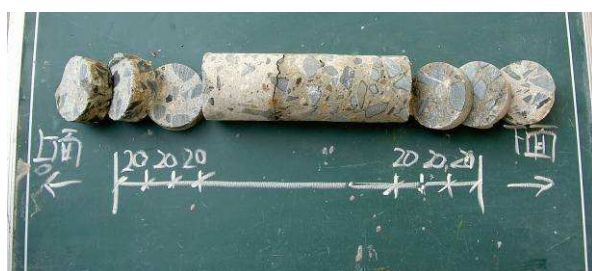
- ・主桁は現在も十分健全な状態にあり、新設構造との一体化に際して問題はないと判断される。
- ・壁高欄の水切り部、ダイヤフラムについては劣化が進行しており、劣化部については撤去し、その後に接合床版・横桁を打設し一体化する。

3.1.2 既設橋のコンクリート塩化物イオン濃度調査

前項の調査の他、既設床版切断時に採取したコアを利用し、追加調査として既設橋のコンクリート塩化物イオン濃度を測定した。既設橋は 1976 年 3 月開通から約 30 年が経過しており、頻度は高くないが冬場には凍結防止剤が散布されている。測定位置は P43～P44 合成単純桁橋の RC 張出し床版（場所打ちコンクリート $\sigma_{ck}=300\text{kg/cm}^2$ ）である。

- ・測定方法

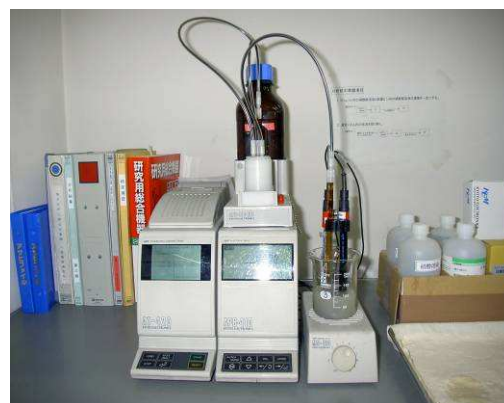
JCI-SC5「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法」に基づき、電位差滴定法により塩化物イオン濃度を計測した。コアは既設橋床版を貫通して採取しており、床版上面・下面それぞれ、 $20\text{mm}\times 3$ 層にスライスし（写真－3）、コンクリート表面から深さごとの塩分濃度を測定した。



写真－3 採取コア（スライス後）



写真－2 調査状況



写真－4 計測機器

・測定結果

測定結果を表－1に示す。

最も凍結防止剤の影響の受けやすいアスファルト路面と接する上面 0～20mm 位置で塩害に対する照査時の鉄筋腐食限界値である 1.2kg/m^3 を超える塩化物イオン濃度となった。ただし下記の理由により、拡幅工事自体に対しては影響がないと判断し、本工事では特に対策を行わないこととした。

・ 1.2kg/m^3 を超える塩化物イオン濃度はかぶり内に収まっており、鉄筋位置 30mm (20～40mm 層) では問題ない値であった。またコンクリート標準示方書¹⁾による塩害に対する照査を行い、既設橋床版鉄筋の腐食限界値までの推定年数は今後 70 年以上あることを確認した。

・実際に拡幅鉄筋と溶接するために既設鉄筋（直角方向鉄筋）をはつり出しているが、鉄筋に腐食は見られず問題はなかった。

3.2 接合床版の打設性能の確認

既設との接合部床版について、既設桁及び新設桁の上フランジ下面は逆打ちのコンクリート打設となり、界面のコンクリート充填の確実性が懸念される。このため、事前にコンクリート配合、打設方法を検証するため打設性能確認試験を行った。供試体写真を写真－5に、接合部床版の詳細断面および供試体詳細を図－7に示す。供試体は橋軸方向に 2m の範囲を再現し、打設状況を確認するためにフランジ下面に相当する面はアクリル製の透明型枠を使用した。この試験結果を元に名神拡幅工事や下部工工事の実績等を総合的に判断して接合部の床版・横桁には高流動コンクリートを使用して施工を行った。

表－1 測定結果

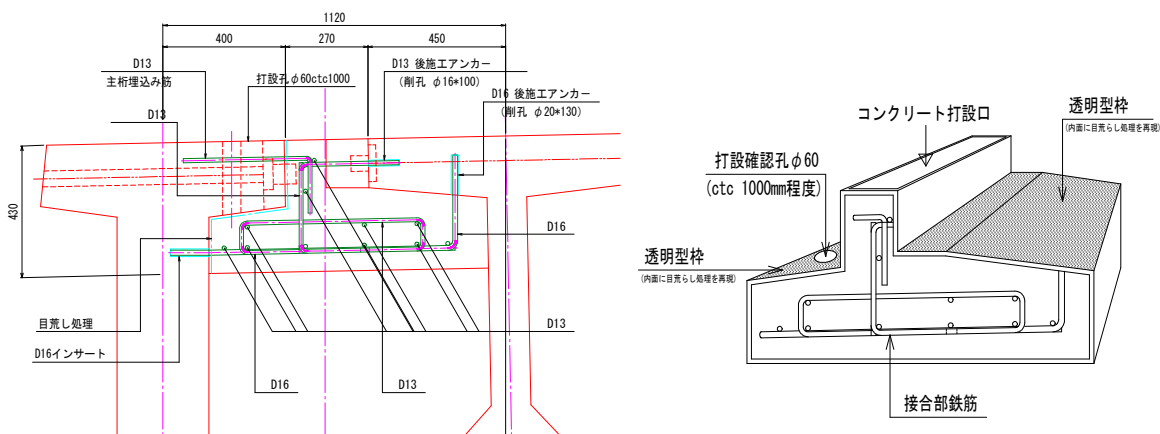
全塩素イオン $\text{Cl}^- (\text{kg/m}^3) = \text{全塩化物イオンNaCl} (\%) \times 0.6066 \times \text{単位体積質量}$

塩 分 分 析 結 果					
工事件名	門真ジャンクションランプ橋				
請 負 者	株式会社ピーエス三菱				
分析方法	JCI-SC5				
箇 所		分析値		土木学会 ^{※1} $\text{Cl}^- (\text{kg/m}^3)$	備 考
		NaCl(%)	$\text{Cl}^- (\text{kg/m}^3)$		
採取箇所 ② 上面	0～2cm	1回目	0.137	1.914	1.2
		2回目	0.139	1.945	
		平均	0.138	1.930	
	2～4cm	1回目	0.051	0.705	
		2回目	0.051	0.707	
		平均	0.051	0.706	
	4～6cm	1回目	0.025	0.352	
		2回目	0.024	0.336	
		平均	0.025	0.344	
採取箇所 ② 下面	0～2cm	1回目	0.038	0.533	
		2回目	0.040	0.554	
		平均	0.039	0.543	
	2～4cm	1回目	0.012	0.163	
		2回目	0.012	0.169	
		平均	0.012	0.166	
	4～6cm	1回目	0.013	0.183	
		2回目	0.010	0.145	
		平均	0.012	0.164	

※1) コンクリート中の塩化物イオン濃度と鋼材腐食との関係について、「2001年制定 コンクリート標準示方書(維持管理編)」(土木学会)では、腐食発生限界塩化物イオン濃度として 1.2kg/m^3 を用いる場合が示されている。



写真－5 打設性確認試験供試体



図－7 接合部床版断面詳細および供試体詳細

3.3 施工ステップの検討

3.3.1 一体化時期の検討

新設桁と既設桁を一体化する場合、新設桁のクリープ・乾燥収縮は進行中であり、その変位を既設桁によって拘束されるため2次力が発生する。設計計算ではこの影響を検討し、本工事の工期も踏まえた上で、新設桁横組み後の橋軸方向桁連結は材令90日以上、新設と既設桁の一体化は180日以上とした。また既設橋への影響を最小限とするため先に壁高欄を施工し、死荷重の影響を小さくしている。

なお、設計で考慮した2次力については下記の2点である。

- ① クリープたわみが拘束されることにより発生する2次力
- ② 乾燥収縮による桁の収縮が拘束されることにより発生する2次力

上記の検討は格子解析モデルを使用して、①については内力に換算してモーメント荷重として、②については温度荷重に換算して入力している。このときのクリープ係数・乾燥収縮度は道路橋示方書共通編Ⅰ 2.2.5より算出した。クリープ係数は施工段階を考慮し、桁連結時～新旧一体化、新旧一体化～新設桁クリープ終了時の2段階に分けて算出した。図-8に検討後の施工フローを示す。

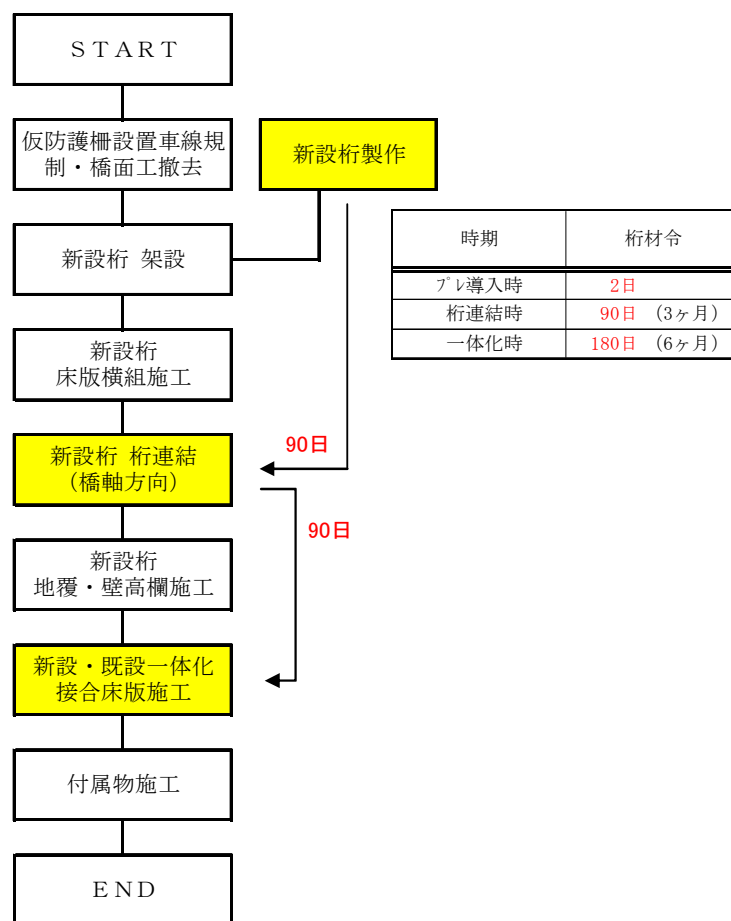


図-8 検討後の施工フロー

3.3.2 コンクリート収縮ひずみ性状の確認

近年、使用する骨材の影響等により過大な収縮ひずみの発生事例が報告されており、想定しているコンクリート性状と大きく異なる場合、ひび割れの発生などが懸念される。このため本工事では実際に主桁に使用するコンクリートの収縮ひずみ性状に問題ないか確認するため、本工事の桁製作工場の材料を使用し、乾燥収縮度試験を行った。

・試験方法

乾燥収縮試験は、「JIS A 1129 モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」に準拠し、斜めコンパレータ（写真－6）を用いて計測した。本工事の桁は工場製作のプレテンション方式の桁であるため、工場では蒸気養生を行い製作する。そこで試験では標準養生の供試体の他、蒸気養生の影響についても確認するため、初期養生に蒸気養生を再現した供試体を作成し収縮ひずみを比較することとした。写真－7に供試体を示す。



写真－6 試験器（斜めコンパレータ）



写真－7 供試体（100×100×400mm）

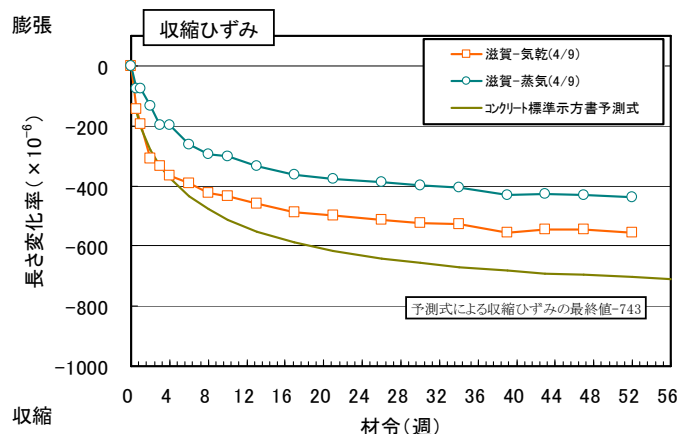
・試験結果

今回の収縮ひずみの試験結果の値と道路橋示方書に記述されている乾燥収縮度とは単純に値の比較が出来ない。このため、コンクリート標準示方書「設計編」¹⁾5.2.8 に基づいた予測式により算出した収縮ひずみと試験結果を比較することで問題がないことを確認した。

図－9 に材令 52 週（1 年）までの収縮ひずみ測定結果グラフを示す。計測した乾燥収縮度はコンクリート標準示方書による予測式の収縮ひずみを下回り、使用コンクリートの収縮ひずみに問題ないことを確認した。

表－2 に予測式に使用した計算条件を示す。

なお、本工事では通常の測定期間である材令 6 ヶ月までの結果が出る前に桁を製作するため、早期に結果を判定する必要があった。このため供試体材令 3 ヶ月経過時に、鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針²⁾3.2 により短期材令時の測定結果から長期の収縮ひずみ値の予測を行い、過大な収縮ひずみが発生しないことを確認した。



図－9 収縮ひずみ測定結果グラフ

表－2 予測式計算条件

項目	記号	単位	数値
単位水量	W	kg/m ³	155
相対湿度	RH	%	60
部材体積	V	mm ³	4000000
部材表面積	S	mm ²	180000
体積面積比	V/S	mm	22.2
収縮ひずみの最終値	ε sh	10 ⁻⁶	-74.3

$$\varepsilon sh = -50 + 78[1 - \exp(RH/100)] + 38 \log eW - 5 \left[\log e \left(\frac{V/S}{10} \right) \right]^2$$

3.4 その他の配慮

3.4.1 打設孔の設置

接合部床版打設のため新設桁フランジにφ60のコンクリート打設孔を約1000mmピッチで確保した。このため接合床版の差し筋の位置等を調整した。

3.4.2 桁修景の実施

桁本数が変化する箇所については景観性に配慮して桁修景を行った。修景には軽く耐久性に優れたFRP製の桁隠しを設置した。FRP板は製作時にコンクリート色には着色している。また桁隠し設置前に桁端面に桁端防水工を実施している。

3.4.3 鳥害防止ワイヤーの設置

本橋ではデッドスペースを設けているが、ハトなどの鳥害対策として、地覆上に防鳥ワイヤーを設置した。

4. 施工工程

図-10に施工フローを、写真-9～13に施工状況と完成後の状況を示す。また本工事の工程表を表-3に示す。

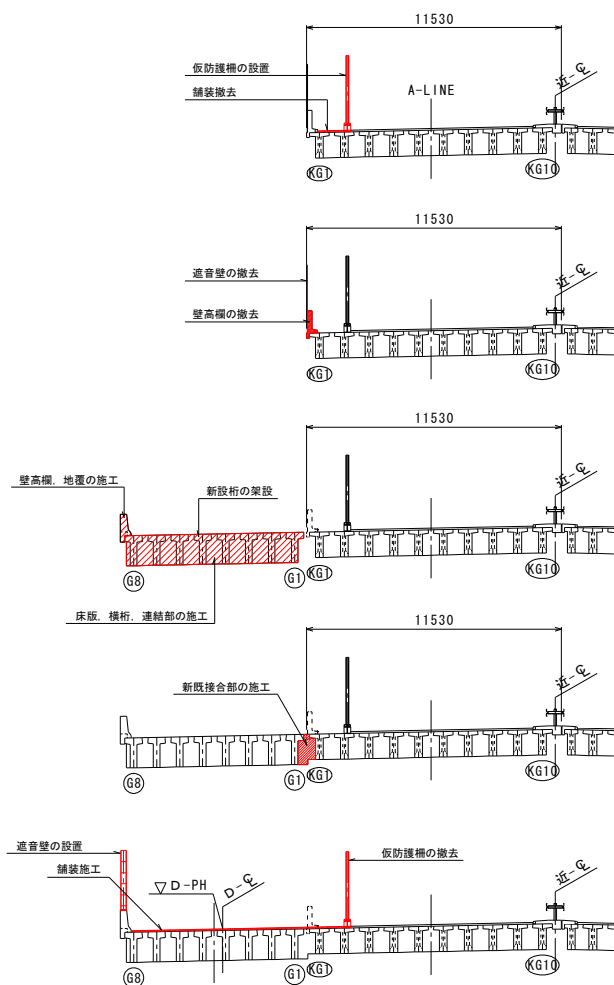


図-10 施工フロー



写真-8 桁修景



写真-9 架設防護柵設置



写真-10 桁架設



写真-11 接合部床版打設
(高流動コンクリート)



写真-12 完成後 (P52 より)



写真-13 完成後 (P51 より)

表-3 工程表

項目	平成19年度						平成20年度												平成21年度		
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
準備工																					
詳細設計																					
架設工																					
床版工																					
橋面工																					
橋梁付属物																					
雑工																					
仮設工																					

5. おわりに

拡幅工事は本線を規制し、一般車が通行する道路と近接し限られた作業スペース内で施工を行う必要があり、安全には特に注意を払って施工を行った。また接合部床版の打設においては既設からの交通振動等の懸念があるため、養生方法を含め事前に打設性確認施工試験を行い品質管理に留意した。

謝辞

本工事は平成21年6月に無事竣工しました。本報告が同種の拡幅工事の参考となれば幸いです。最後となりますが工事にあたっては、発注者である西日本高速道路株式会社関西支社の枚方工事事務所ならびに構造技術グループの関係者方々に日頃よりご助言を頂きました。この場を借りて関係各位にお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 2007年制定設計編，2008.3
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針（案）・同解説，2006.2