

# 多々羅高架橋の架設

藤井 孝生<sup>1)</sup> 三輪 浩二<sup>2)</sup> 三浦 智一<sup>3)</sup> 岡本 茂<sup>4)</sup>

多々羅高架橋は、平成11年春に開通が予定されている本州四国連絡橋の尾道～今治ルート（西瀬戸自動車道，しまなみ海道）の一部であり，愛媛県越智郡上浦町井口に位置し，多々羅大橋とのかけ違い部を起点にして，国道317号線と交差して大三島ICに至るまでの橋長820.3mで，3連の高架橋で構成されている。

本文は，「多々羅高架橋鋼上部工工事」の架設工法の検討を含む，架設工事の概要を報告するものである。

## まえがき

多々羅高架橋は橋長820.3mで，3連の高架橋で構成されている。これら3連は多々羅大橋側からA橋，B橋，C橋と称する。

本橋の架設現場は，大三島の多々羅岬北側の海岸線から大三島ICに至る起伏を有する島内陸上部に位置し，周囲には公共施設，キャンプ場，みかん畑などがあり，緑豊かな風光明媚な場所である。島内の幹線道路である国道317号線が南北に走り，その上空を東西に横断する形で本橋が架けられた。図-1に本橋の位置図を示す。



図-1 位置図

A橋は多々羅大橋と隣接する橋梁であり，橋長208.5mの3径間連続RC床版箱桁で，地上から約40mの高さに位置している。幅員は26.8～30.6mと広い上下線一体構造となっており，多々羅大橋寄りには非常駐車帯を有している。さらに，その両外側には原自歩道が配置されており，原動機付き自転車や一般の自転車，歩行者の通行も配慮されている。桁高を押さえ，フェアリングプレートを設置して，多々羅大橋との連続性にも配慮した構造となっている。

B橋は橋長434.0mの7径間連続RC床版箱桁で，上下線分離構造のうち下り線のみをの暫定施工となっており，途中に非常駐車帯を有している。そして，地上から約10～30mの高さに位置し，国道317号線の上空を横断している。

C橋は橋長177.8mの4径間連続PC床版I桁で，下り線のみをの暫定施工である。このC橋は，省力化橋梁として設計しており，床版には場所打ちのPC床版（アフターボンド工法）を採用している。小高い山の谷間の斜面を利用したみかん畑の上空，約5～20mの高さに位置している。

本文では，架設変更を行った「A橋の架設工法」と「C橋のPC床版」について述べる。

1) 橋梁工事部大阪工事二課係長 2) 橋梁工事部業務課副課長 3) 橋梁工事部大阪工事一課 4) 橋梁工事部大阪工事二課

### 1. 工事概要

本工事の概要を以下に示す。

- 工事名称 多々羅高架橋鋼上部工工事
- 路線名 一般国道 317号
- 工事場所 愛媛県越智郡上浦町大字井口地先
- 工期 自)平成 7年9月13日  
至)平成10年5月31日
- 発注者 本州四国連絡橋公団 第三建設局
- 橋格 B活荷重
- 形式 A橋: 3径間連続非合成箱桁  
B橋: 7径間連続非合成箱桁  
C橋: 4径間連続非合成I桁
- 橋長  $208.5 + 434.0 + 177.8 = 820.3\text{m}$
- 支間割 A橋:  $69.0 + 69.0 + 68.4\text{m}$   
B橋:  $61.35 + 5 \times 62.0 + 61.35\text{m}$   
C橋:  $43.95 + 44.45 + 44.45 + 43.95\text{m}$
- 有効幅員 9.0m
- 縦断勾配 0.65%
- 横断勾配 2.0~5.0%



写真-1 全 景

写真-1に多々羅高架橋の全景を、図-2に一般図をそれぞれ示す。

### 2. A橋の架設工法検討

#### (1) 架設工法変更概要

A橋の架設は、現場の施工条件の変更や工程短縮のため、当初に計画していた架設工法の一部を変更して、全径間においてトラッククレーンによるベント架設工法を採用した。

当初の架設計画では、多々羅岬の水際に位置するA橋の4P~TP1間をステージング上での桁組立と横取り架設を組合せた工法で行い、それ以外の径間においてはトラッククレーンによるベント工法で行うこととなっていた。しかし、以下に述べる現場施工条件の変更により、A橋の4P~P3間の架設工法を、この現場の最適架設工法であるトラッククレーン・ベント併用張り出し、落とし込み架設工法に変更した。

図-3にA橋架設の実施工程図を、図-4に架設工フローチャートをそれぞれ示す。

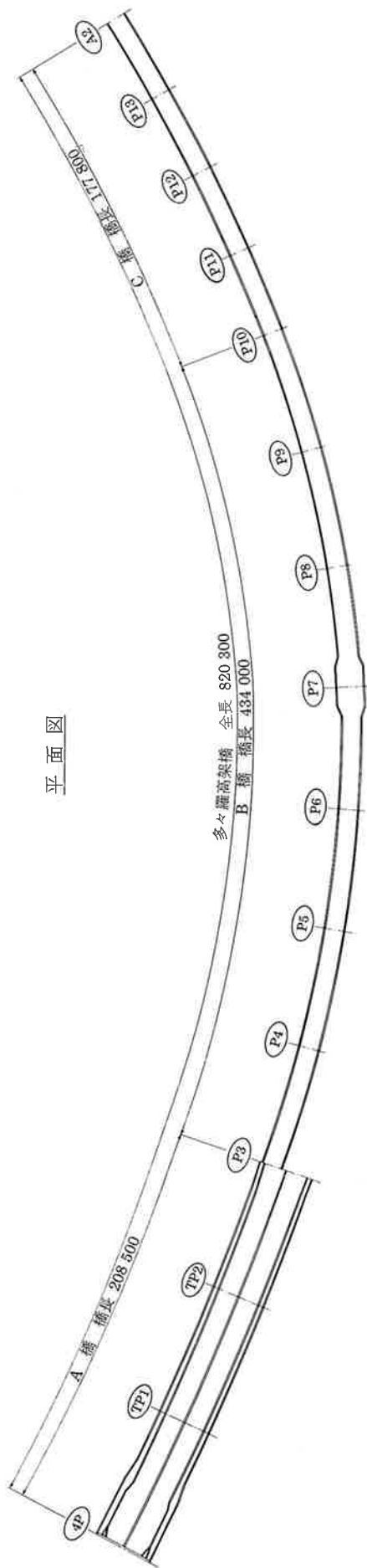
#### (2) 施工条件変更による施工計画変更の経緯

耐震連結装置の基準の改定に伴い、本橋の橋脚上にも3つのタイプの装置(鋼製壁タイプ、ケーブルタイプ、移動制限装置)が設置されることとなった。

当初計画では、図-5に示すように4P~TP1間の架設は、G1桁位置に設置した桁組立ステージ上でG3桁を組立て、4PおよびTP1橋脚上に設置した横取装置により定位置まで移動させ、順次

年度 月	平成8年度					平成9年度										平成10年度				
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
準備工	■																			
工事用道路工		■	■	■	■															■
ベント設備工				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
鋼桁架設工								■	■	■	■	■	■	■				■	■	■
足場工								■	■	■	■	■	■	■			■	■	■	
H T B工									■	■	■	■	■	■						
型枠工										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
鉄筋工											■	■	■	■	■	■	■	■	■	
打コン・養成工														■	■	■	■	■	■	
現場塗装工										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
跡片付け工																				■

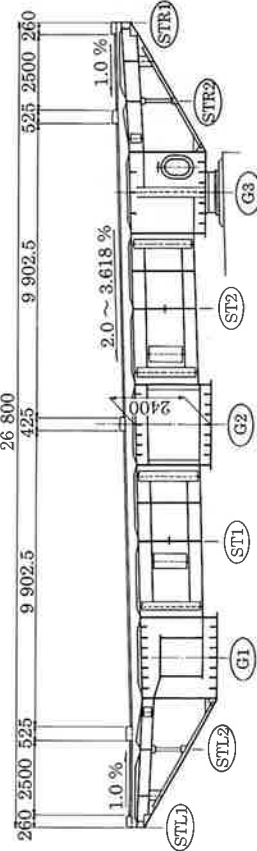
図-3 A橋の実施工程表



断面図

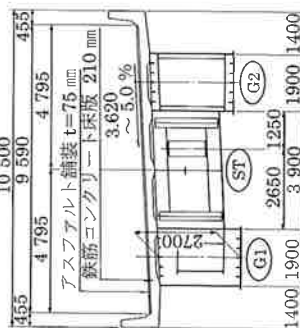
A 橋

標準部断面



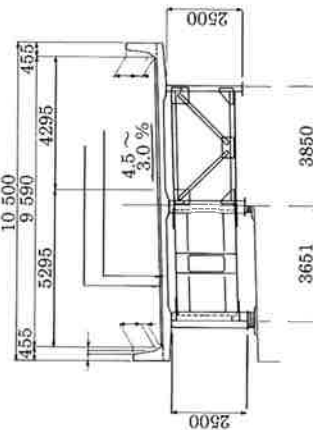
B 橋

標準部断面



C 橋

中間支点部



拡幅部断面

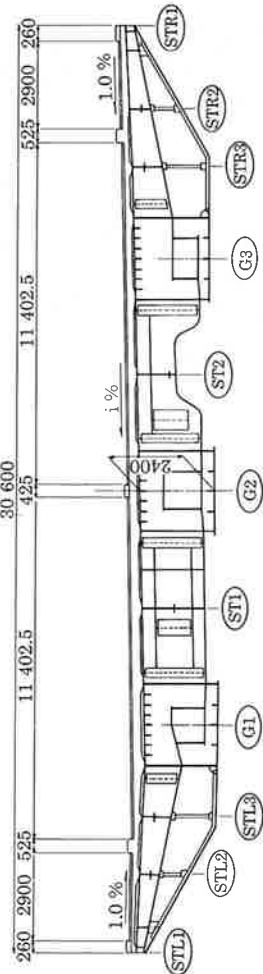


図-2 一般図

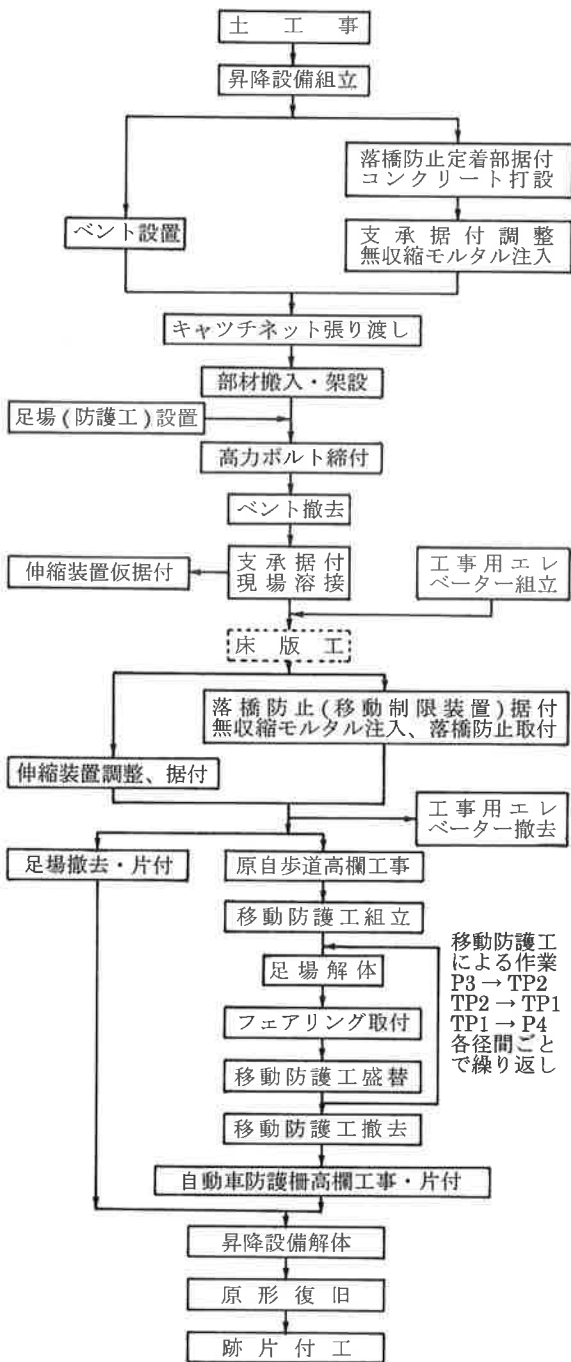


図-4 A橋の架設エフローチャート

G2桁、G1桁の組立～横取りを繰り返す計画であった。しかし、前述の耐震連結装置が橋脚上に設置されるため、橋脚上の作業スペースがきわめて小さくなり、横取り～降下装置の設置とその作業が不可能となった。そこで、当初計画による工法を取りやめ、以下の2案について検討を行った。

A案—送り出しおよびベント上での横取り・降下工法 (図-6)

B案— 360t吊りトラッククレーン・ベント併用張り出し、落とし込み架設工法 (図-7)

また、TP1～TP2～P3間の架設も当初計画では170t吊りオールテレーンクレーンによるベント工法であったが、以下に述べる理由により360t吊りトラッククレーンによるベント併用張り出し架設工法に変更した。

TP1～TP2間は、当初計画では海岸線の水際に建てるベント設備を含めた3基のベント設備を設けて単材ブロックでの架設検討を行っていた。しかし、ベント基礎の設置および撤去作業時の海水の汚濁などの環境問題が心配されたため、陸部のみにベント設備を設置し、鋼桁2ブロック半の張り出し架設をする計画に変更した。

TP2～P3間は、当初計画していたP3背面からの架設作業が他業者工事と競合し、170t吊りオールテレーンクレーンの据付場所の確保が困難となった。したがって、据付場所を変更することとなったため、より大きな能力の機種が必要となり、部材重量とクレーンの能力により360t吊り油圧式クレーンによる架設計画に変更した。また、TP2～P3間で地盤の高低差が約20mあるため、クレーンの組立据付スペース、作業スペース、ベント設置位置などにより鋼桁2ブロック半の張り出し架設も併用した。

A案およびB案について、安全性、施工性、経済性、所要日数の比較検討を行い、その結果を総合的に判断し、B案の360t吊り油圧式トラッククレーン・ベント併用張り出し、落とし込み架設工法を採用した。表-1にA橋架設工法の比較表を示す。

### 3. A橋の架設

#### (1) 仮設備

A橋の架設は、ベント設置位置が地形上の問題から、4P橋脚廻りの仮設栈橋とTP1橋脚廻りの仮締切工部に限定されたことや、主桁2ブロック半の張り出し、落とし込み架設を採用したことにより、ベント反力が大きくなった。そのため、計画時に4P橋脚廻りの仮設栈橋とTP1橋脚廻り仮締切工部のベント反力による崩壊、沈下、安定計算を十分に行い、さらに、架設時にそれらの計測を主桁1ブロック架設ごとに行い、安全を確認しながら作業を進めた。写真-2にA橋の架設状況を示す。

#### (2) 架設

鋼桁の架設は、図-7に示すようにP3側から

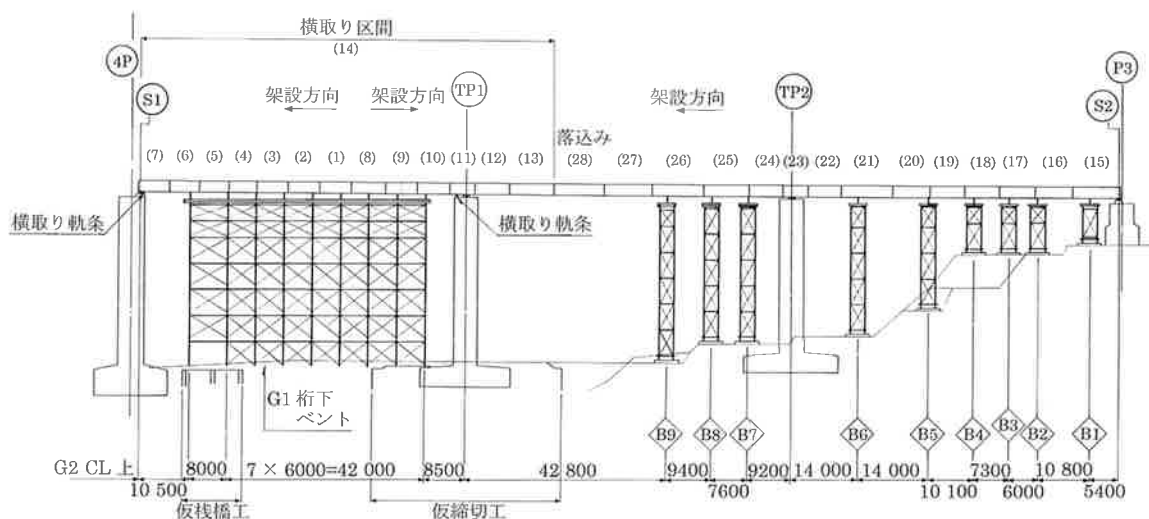


図-5 当初架設要領図

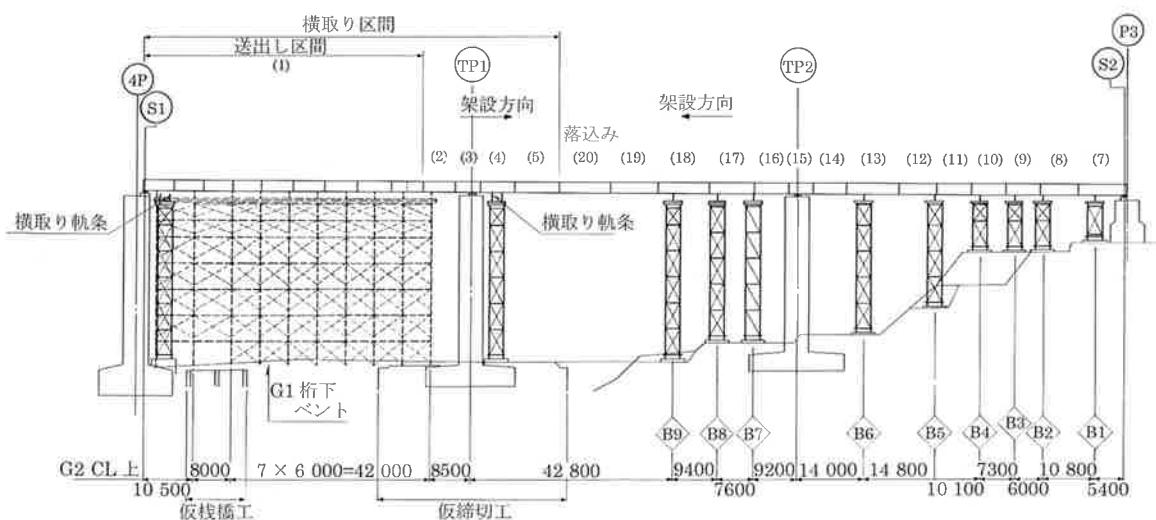


図-6 A案架設要領図

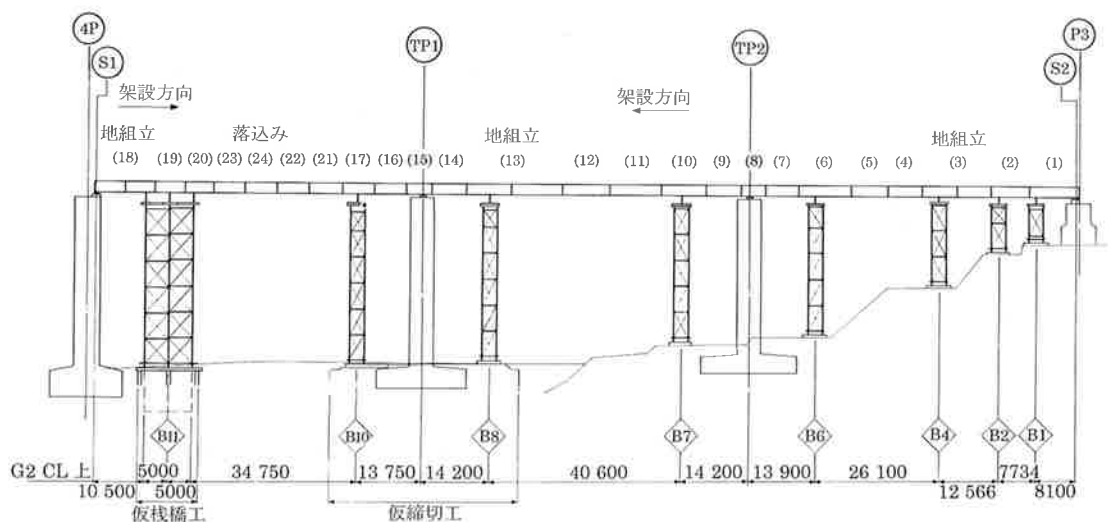


図-7 B案架設要領図

表-1 A橋の架設工法比較表

	4P～TP1			TP1～TP2		TP2～P3		
	当初計画	A 案	B 案	当初計画	A 案 B 案	当初計画	A 案 B 案	
必要クレーン機種	150t クローラ, 120t 油圧	150t クローラ, 120t 油圧	360t 油圧	170t オルテレーン	360t 油圧	170t オルテレーン	360t 油圧	
架設順序	①	③		③	②	②	①	
縦送り	無し	有り	無し	無し		無し		
横取り	橋脚上で有り	ベント上で有り	無し	無し		無し		
桁補強	有り		有り	有り		有り		

	当初計画	A 案	B 案
安全性	——	○	◎
架設工法	——	○	◎
経済性	——	△	◎
総合評価	4P 脚上での横取りは不可能	○	◎

TP1側に向かって行い、TP1～4P間において落とし込み架設を行った。

P3～TP1間の鋼桁は所定の位置で、そして、4P部の鋼桁は100mmセットバックした位置で架設し、落とし込みブロック架設時に50t用センターホールジャッキを用いた引き込み装置で4P側の鋼桁を引き込んで添接した(写真-3)。

(3) 移動防護工による作業

移動防護工を用いて行った作業は、A橋の吊り足場の解体、フェアリングパネルの取付け、桁外

面の補修塗装である。

移動防護工の全景を写真-4に、軌条および台車設備を写真-5に、回転機構部およびアップリフト止め金具を写真-6, 7にそれぞれ示す。

フェアリングパネルの取付けは、橋面上に据え付けた5tおよび45tクレーンを使用して行った。あらかじめ搬入し、床版上の所定の位置に準備しておいたパネルを設置高さ付近まで徐々に巻下げ、主桁ウェブ上端と縦桁上端にセットしたレバーブロックや小型ウィンチで介錯しながら水平方向に引き込み、孔合わせをしながらボルトで締付けた。



写真-2 A橋の架設状況



写真-4 A橋の移動防護工

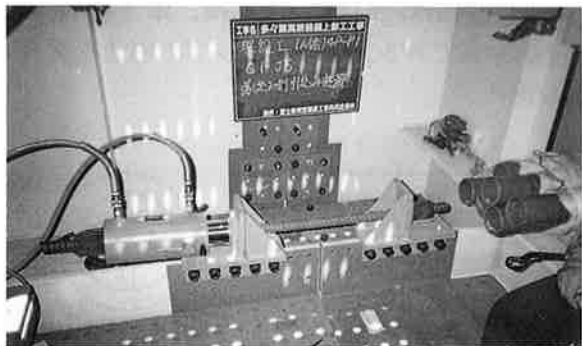


写真-3 引き込み装置

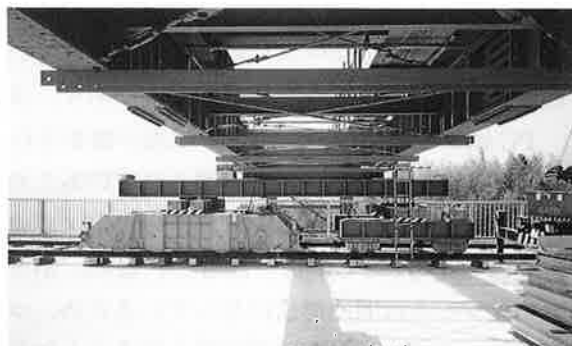


写真-5 軌条および台車設備

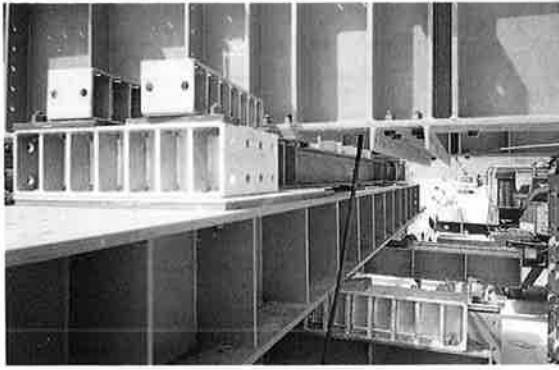


写真-6 回転機構部およびアップリフト止め金具



写真-7 回転機構部

#### 4. C橋のPC床版の施工

##### (1) 施工概要

C橋は、3主桁の省力化設計橋梁であり、主桁間隔が3.850mと広い為、場所打ちのPC床版横締め工法を採用した。PC鋼材は、アフターボンドPC鋼より線を使用し、コンクリート打設後に緊張作業を行った。図-8にPC床版の施工フローチャートを示す。

今回使用したアフターボンドPC鋼より線の特徴は、予め工場内でシースに樹脂が充填されているため、現場でのグラウト作業が不要であり、また、PC鋼より線には、エポキシ樹脂が塗布され、さらにポリエチレンシースで被覆されているため、優れた耐食性を示すことである。さらに、エポキシ樹脂は硬化後にPC鋼材と接着し、また、ポリエチレンシースは凹凸形状になっているため、コンクリートとの高い付着強度が得られることである。

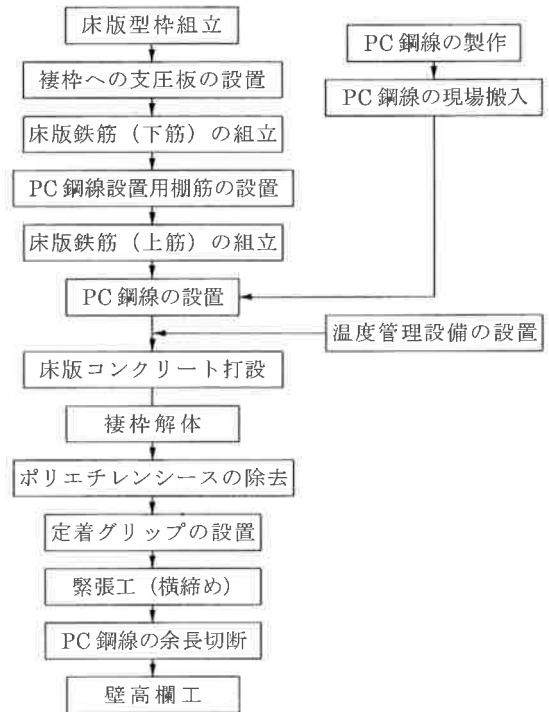


図-8 PC床版の施工フローチャート

以下に、C橋のPC床版の施工について述べる。

##### (2) 使用材料および施工要領

###### 1) 型枠

型枠の施工では、広い支間に対応できる大型ベコビームを使用し、設置間隔は、通常は1,000mm以下であるが、吊りボルトとベコビームの強度に合わせて600mm以下とした(図-9)。

###### 2) 鉄筋

鉄筋の組立においては、主鉄筋がD13と細いため、とくに上筋には鋼製スペーサーを密に入れて施工時に鉄筋が下がるのを防いだ。

###### 3) 定着具

アフターボンド工法用定着具には、使用されているPC鋼材に適合するグリップとアンカープレート(支圧板)を使用した。アンカープレートの寸法は、 $\square 135 \times 135 \text{mm}$ 、厚さ16mm、孔径 $\phi 36 \text{mm}$ である。定着グリップの形状を図-10に示す。

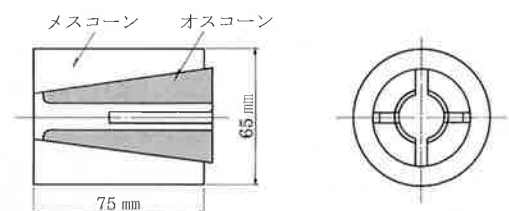


図-10 定着グリップ形状

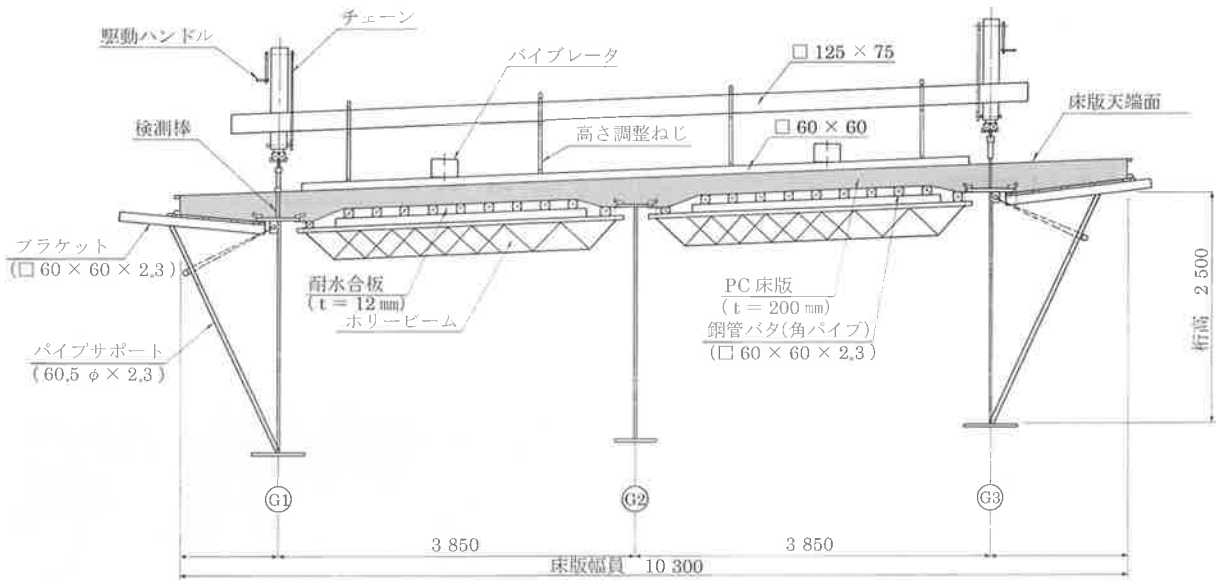


図-9 型枠組立図およびフィニッシャー一般図

アンカープレート（支圧板）は、床版端部の  
 棲枠にボルトでしっかりと固定し、グリッド筋  
 は、アンカープレートより20mm程度離して結束  
 線で固定した（写真-8）。

4) アフターボンドPC鋼材

PC鋼材は、表-2に示すPC鋼より線を使用  
 した。

アフターボンド用充填剤（樹脂）は、アフタ  
 ーボンドPC鋼材用に開発されたエポキシ樹脂  
 を使用し、その樹脂のタイプはA-050（常温  
 下2年硬化形）である。

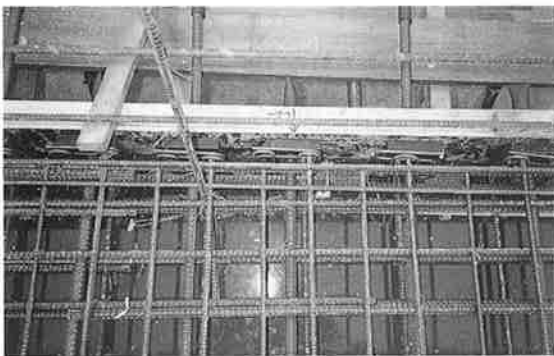


写真-8 PC鋼材定着部の状況

表-2 PC鋼より線の機械的性質

呼び名	直 径 mm	公 称 断面積 mm <sup>2</sup>	0.2% 降伏荷重 kN	引張荷重 kN	伸 び %	リクラセ ーション %
19本より 21.8mm	21.8	312.90	495以上	573以上	3.5以上	2.5以下

シース用ポリエチレンは高密度ポリエチレン  
 を使用し、その仕様は図-11に示すとおりであ  
 る。

アフターボンドPC鋼材は時間経過にともな  
 って硬化する樹脂を使用しているため、実施工  
 程に合わせて材料の納入を行わなければならない。  
 本橋では、打設予定日からさかのぼって現  
 場搬入日を決定し、アフターボンド鋼材の製作  
 は、搬入日より1ヶ月前以内に行った。

入荷したアフターボンドPC鋼材は、径、本  
 数、長さなどについて搬入検査を行い、納入口  
 ム毎に保管場所を区別した。また、地面に直  
 接置かず、直射日光を避けるためシートなどで  
 養生した。なお、玉掛けにはナイロンスリング  
 を使用した。

PC鋼より線の配置は、複数の作業員で行い、  
 鉄筋上を引きずらないよう、また、支圧板の小  
 口で被覆を傷つけないよう慎重に行った。挿入  
 の際には、先端に鋼製キャップを被せて行った。

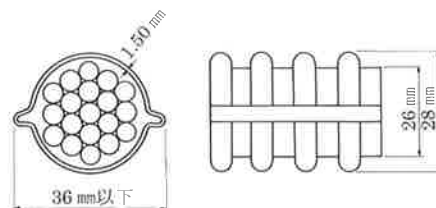


図-11 シースの仕様



PC鋼線の設置高さの管理は、上フランジ厚と修正ハンチ高さを考慮しながら、棚筋の下のスペーサー高さを調整することにより対応した。配置後に所定の高さおよびピッチで配置されているかどうかの検査を行った。

5) コンクリートの打設

使用したコンクリートは、P2 ( $\sigma_{ck} = 400\text{kgf/cm}^2$ ) である。仕様上のスランブはともに8cmであるが、打設時のポンプ配管長（水平配管長=80m、鉛直配管長=20m）を考慮し、高性能減水剤を使用してスランブを12cmに変更して圧送性を改善した。打設回数は、1日の打設可能量 200 m<sup>3</sup>とし、全体を3回に分けて打設した。

コンクリート打設時には、PC鋼より線に直接パイプレーターが接触しないよう注意して、締め固め作業を行った。また、橋面仕上げに簡易フィニッシャーを使用し、打設作業の効率化と平坦性の確保を目指した（図-9）。

6) ポリエチレン被覆の除去

コンクリート養生硬化後、棲枠を解体して、アンカープレート前面に付着したコンクリートを除去し、プレート前面を平滑にした。そして、プレートの位置でポリエチレン被覆を切断し除去した。このとき、樹脂が硬化していないことを確認した。プレート前面より突き出したPC鋼より線に付着している樹脂は、ウエスを使用して拭き取った。そして、メスコーンをアンカープレートに垂直に取り付けた。

7) 緊張作業

本橋での緊張作業は、SM工法により行った。SM工法は、コンクリート打設後に所定の強度に達した段階でSM工法専用ジャッキでPC鋼材を1本ずつ緊張、定着を行う工法である。緊張時の床版コンクリートの所要圧縮強度は、設計計算書より340kgf/cm<sup>2</sup>以上とした。床版コンクリートに均等にプレストレスを導入するため、床版両端に配置した2台のジャッキを交互に操作して行った。図-12に緊張工のフローチャートを示す。

ジャッキをPC鋼材にセットして、固定側のグリップのくさびを確実に打ち込み、初期荷重を50kgf/cm<sup>2</sup> 載荷し、伸び測定用マークをつける。その後、100kgf/cm<sup>2</sup> ずつ緊張力をあげていき、そのつど伸び量を計測した。そして、最終緊張力および伸び量を確認した後、緊張側を定

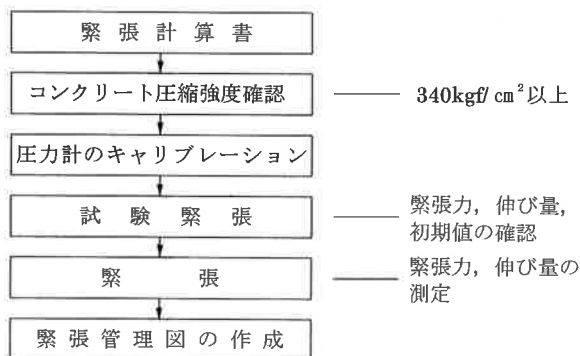


図-12 緊張工フローチャート

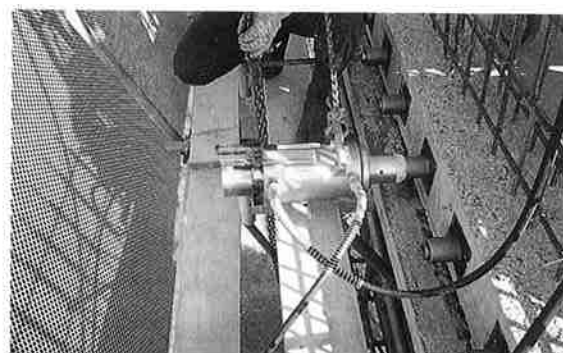


写真-9 緊張状況

着した。そして、定着確認後に緊張力を解放した。この作業を繰り返すことによりPC鋼材全数に緊張力を導入した（写真-9）。

8) 緊張管理

緊張計算の結果、ジャッキ端緊張力、マンメーター示度および全伸び量は表-3のとおりであった。

緊張装置のキャリブレーションは以下の時期に実施した。

①最初の緊張の直前

②約 50 本の PC 鋼材を緊張した後

なお、以下の③～④の状態は本工事においてはなかったので、キャリブレーションは行わなかった。

③ジャッキ・ポンプを修理した後

④ジャッキとポンプの組合せを替えた後

⑤緊張管理図に異常が見受けられる場合

⑥長期に作業を中止し、再開する場合

緊張作業は、計算値と同じ緊張力で行い、計

表-3 マンメーター示度および全伸び量

ジャッキ端緊張力	44.720 tf
ジャッキの受圧面積	75.400 cm <sup>2</sup>
マンメーター示度	593 kgf/cm <sup>2</sup>
全 伸 び 量	76 mm

算された伸び量 ( $\Delta l$ ) に対して実測値の伸び量の誤差を緊張管理図に記入した。個々のPC鋼材については±10%の範囲で、また、グループ単位では±5%の範囲で管理した。その結果、個々のPC鋼材については-1~+5%、グループ単位では0~+2%の範囲に収まり、良好な成績であった。

9) アフターボンド樹脂の硬化時期の推定

アフターボンドPC鋼より線は、コンクリートの硬化熱を受けてPC鋼より線まわりの樹脂が硬化するため、その温度履歴が稠度の変化や硬化時期に影響を与える。

アフターボンド樹脂の硬化時期を推定するため、床版コンクリート打設前にPC鋼線に熱電体を貼付して、コンクリート温度の推移を測定した。図-13にコンクリート温度の履歴を示す。この温度履歴を基にシミュレーションを行った。

図-14にアフターボンド樹脂の稠度変化のシミュレーション結果を示す。この結果より、アフターボンド樹脂の硬化時期を推定した。そして、本橋のアフターボンド樹脂の硬化時期は、床版コンクリート打設後、約8ヶ月後の平成10年8月初旬との結論を得た。

あとがき

多々羅高架橋鋼上部工工事の完成については、本州四国連絡橋公団第三建設局ならびに向島工事事務所の皆様方からあたたかいご指導とご教訓を賜り、厚く御礼申し上げます。また、地元関係各署と住民の皆様および関連企業の皆様にも理解あるご協力をいただき、改めて御礼申し上げます。

多々羅高架橋（正式名称：多々羅大橋西高架橋）が本州四国連絡橋の一部として永久にその姿を残し、生活、観光道路として地域の皆様にうるおいをもたらす、本州と四国を結ぶ経済幹線道路としての役割を果たすことを願っております。

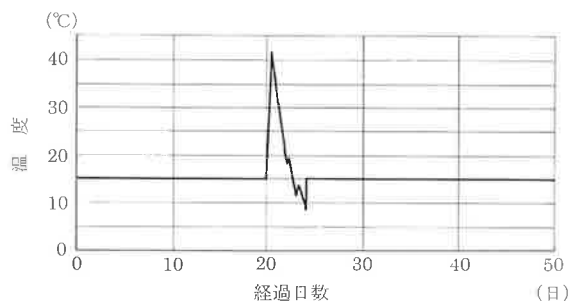


図-13 コンクリート温度履歴

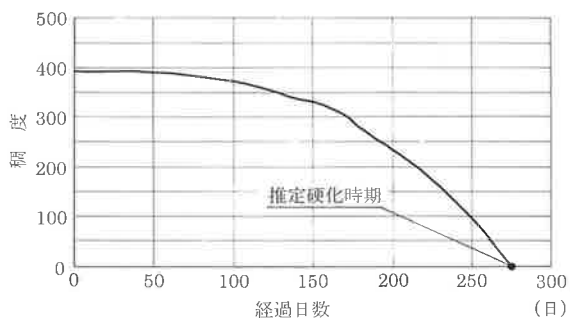


図-14 硬化シミュレーション結果