

## 第2章 本体工事

### 2-1 土木工事

#### (1) 鋼管ソイルセメント杭の採用

高架区間の地質は、ほぼ全域に地表面から 15～20m の範囲に N 値 0～1 の超軟弱な粘性土層が存在しており、その下には、N 値 0～12 の粘性土層や N 値 4～20 の沖積礫質土層が堆積していた。支持層の基盤岩層もしくは洪積礫質土層は、傾斜や凹凸があり、そのため杭長は、20～30m 程度となった。

表3-2-1 試験施工調査比較表

	オールケーシング工法	鋼管ソイルセメント杭工法
杭条件	杭径 =1,300	杭径 =1,200 鋼管 =1,000
	杭長 L=30m	杭長 L=30m
排出土量	40m <sup>3</sup> /本	6.8m <sup>3</sup> /本
排出汚泥量	12m <sup>3</sup> /本	6.8m <sup>3</sup> /本
騒音 (dB)	86.0	77.2
振動 (dB)	68.2	60.7

本事業では、側道幅両側 6m(そのうち片側は、仮線軌道を敷設)、単線高架橋幅約 5.5m のスペースでの施工であった。さらに、古い民家や商店が近接している区間が長いため、基礎工法は建設汚泥の排出量が少なく、低騒音・低振動工法でなければならない。そこで、以上の条件を満足すると想定されるオールケーシング工法と鋼管ソイルセメント杭工法の 2 工法で、杭の試験

施工を行った。表 3-2-1 に示す試験施工の調査結果をふまえて、経済性のみではなく、工法が周辺環境に与える影響を考慮して、「鋼管ソイルセメント杭」を採用した。

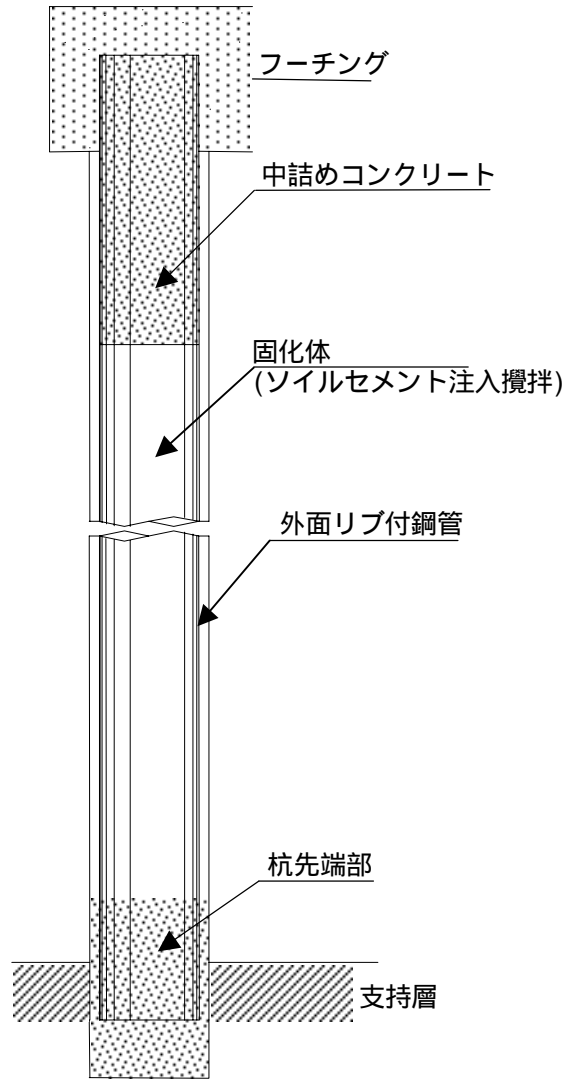
「鋼管ソイルセメント杭」は、地盤中に造成した固化体(ソイルセメント柱)とリブ付き鋼管からなる合成杭であり、リブは、ソイルセメントとの機械的抵抗により、鋼管との付着性能を向上させるものである。リブ付き鋼管は、リブ無し鋼管に比べ約 10 倍付着強度が大きくなり、さらに付着強度は、ソイルセメント強度に比例する(次ページの杭構成図参照)。

鋼管は、ソイルセメント柱径より小さく、杭一般部は鋼管外面に、杭先端部は鋼管内外の両面にリブを設け、鋼管とソイルセメントの付着性能を高め両者の一体化を図った。そのため、場所打ち杭(オールケーシング工法)で設計すれば、杭径は =1,300mm になるが、本設計では、杭の鋼管径が =1,000mm、ソイルセメント径が =1,200mm となった。

杭の先端部は、鋼管先端の閉塞効果を満足させるようにソイルセメント強度を設定し、その長さは、鋼管径の 1.5 倍とした。また、杭の根入れ長は、支持層に確実に貫入するために 1.2m(杭径)とした。

- ・騒音、振動は6m離れの位置でのピークレベルの平均値を示す(基準値：騒音85dB、振動75dB)。
- ・オールケーシング工法の汚泥量は、全排出量の30%、鋼管ソイルセメントの排出量は、杭体の20%で全て汚泥と見なされた。

図3-2-1 杭構成図



鋼管建込み状況



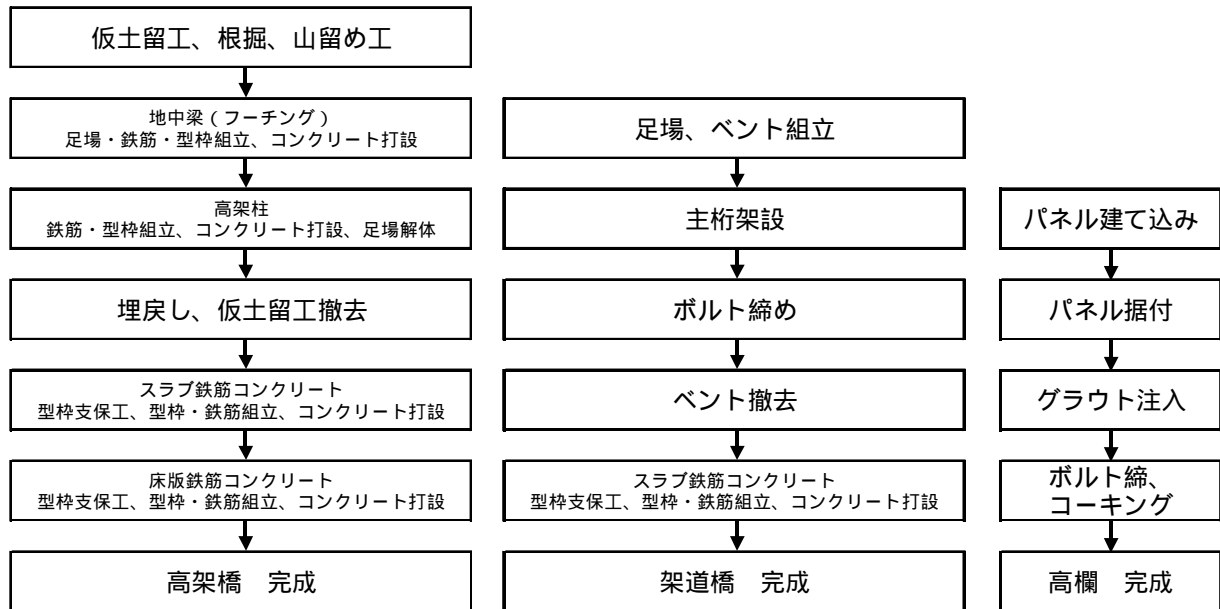
「鋼管ソイルセメント杭」の施工方法には、ソイルセメント柱を造成した後鋼管を建て込む後埋設工法と、ソイルセメント柱の造成と鋼管の建て込みを同時に行う同時埋設工法の2方式があり、施工区域が細長く狭あいである区間については、杭打設機がより小型で対応できる後埋設方式を採用した。

駅工区では、施工ヤードに制限が少なく、杭長も長い  
ため施工時間が短縮できる同時埋設方式を採用した。また、鋼管の継ぎ足しでは、現場円周溶接と機械式継手の2方式を採用したが、ここでは杭打設の施工時間が限られていることから、機械式継手方式を用いて施工時間の短縮を図った。

(2)高架橋

高架橋施工の全体工程を下図に示す。

図3-2-2 全体工程



1)仮土留工(鋼矢板 型)

掘削時に軌道及び周辺地盤に変状が起こらないように鋼矢板による土留工を施工した。施工方法は、周辺住民に配慮し、油圧圧入引抜機により行った。また、仮線に隣接する箇所については、夜間線路閉鎖間合にて施工した。

鋼矢板打設状況



2)掘削、山留工

仮土留工施工後、バックホウにて山留め工の設置可能高さまで1次掘削を周辺地盤や軌道変状の生じないように監視をしながら行った。山留め工設置後、ミニバックホウ及び人力にて2次掘削を行い、床付け、基礎栗石、均しコンクリートを施工した。

1次掘削状況



### 3)地中梁(フーチング)

掘削後、地中梁(フーチング)の鉄筋組立、型枠組立、コンクリート打設の順番で施工した。地中梁の鉄筋、型枠組立途中に柱鉄筋及び型枠組立用の足場を設置し、高架柱主筋及び下部テクスチャーの鉄筋組立後コンクリートを打設した。

### 4)柱

地中梁施工後、高架柱のフープ筋を組立、合板を円形に加工した型枠を組立てた後に柱コンクリートを打設した。柱コンクリート打設後、柱施工用の足場を撤去し、下部テクスチャーを施工した後、埋戻しを行った。

フーチング鉄筋、型枠組立完了状況



高架柱コンクリート打設状況



下部テクスチャー鉄筋組立状況



### 5)スラブ

埋戻し後、型枠支保工を設置した。支保工設置後、鉄筋、型枠組立し、スラブコンクリートの打設を行った。養生後、地覆、ダクトの施工をし、スラブコンクリートに十分な強度が発生したことを確認し、型枠支保工の撤去を行った。

スラブコンクリート打設状況



高架橋完成状況



## 6)床版

高架橋完了後、高架橋と高架橋(架道橋)間の床版を施工する。型枠支保工施工後、鉄筋、型枠組立を行った。高架橋の桁受部の型枠は、脱型できないため、コンクリート製の埋設型枠を用いて施工した。



埋設型枠組立完了状況



## (3)架道橋

### 1)ステージ足場、ベント組立工

高架橋と立体交差する道路がある箇所については、道路を通行させながらの作業となるため、桁架設作業用のステージ足場を設置した。また、桁は、ブロックに分けて架設するため、仮受け用のベントを組み立てた。

H鋼埋込桁 主桁架設ベント組立完了状況



### 2)主桁架設工

主桁架設作業は、周辺道路を通行止めにして行った。仮線に近接した桁及び通行量の多い幹線道路上の架設時は、夜間施工とした。架設後、昼間作業にてボルト締めをし、桁の連結を行った。

主桁架設状況



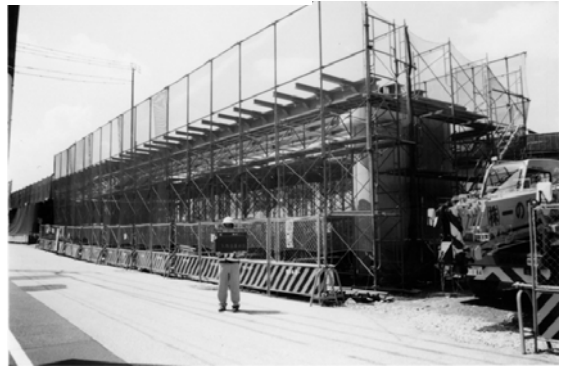
H鋼埋込桁架設完了状況



### 3)スラブ

桁架設後、桁受ベントを撤去し、型枠支保工を仮設後、鉄筋・型枠組立を行った。その後、鋼角ストッパーを据付、スラブコンクリートを打設した。コンクリート打設は、事前に打設時のたわみ量の検討を行い、打設高さ 50cm 程度で2～3層打ちで行った。

型枠支保工完了状況



鉄筋、型枠組立完了状況



コンクリート打設状況



### (4)高欄

#### 1)パネル建て込み

高欄パネルに吊ボルトを取り付け、クレーンにより高架上へ吊り上げた。建て込み後ボルトを仮締めし、パネルの通りや幅を微調整した。

高欄パネル吊り上げ状況



高欄パネル建て込み状況



2) グラウト注入

地覆と高欄パネルの間に、グラウト注入を行った。材料は無収縮モルタルを使用し、座金部から注入した。

3) パネル本締め、コーキング

グラウト注入後、ボルト本締めを行い、座金部にシーリング材にてコーキングし取付完了となった。

グラウト注入



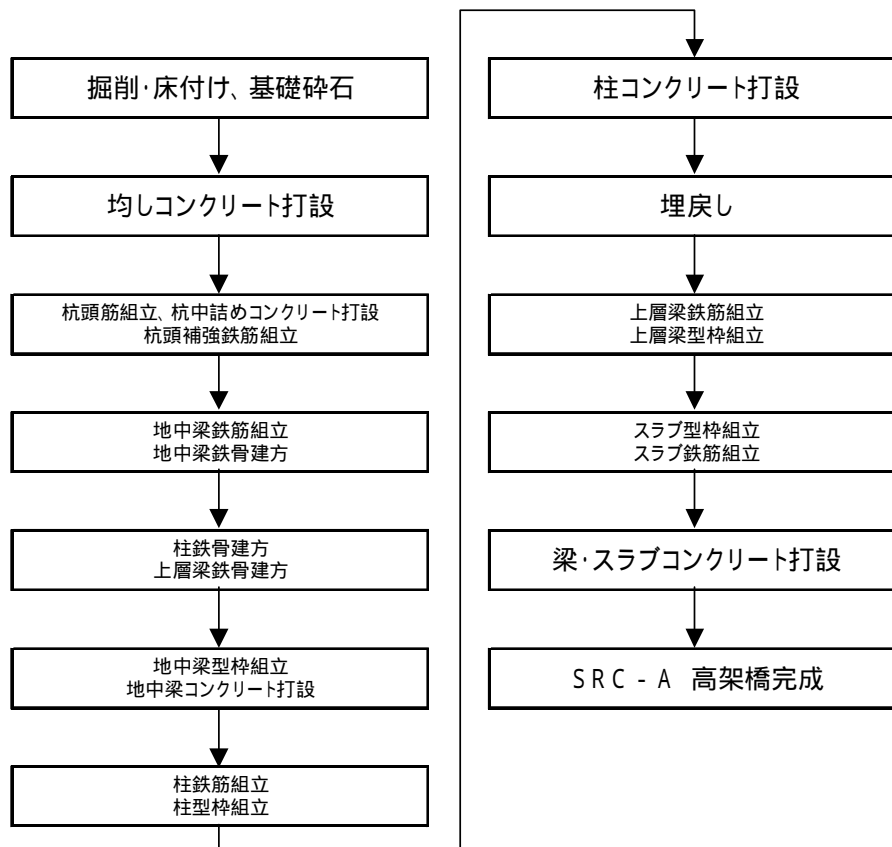
コーキング施工状況



(5) 駅部 SRC-A 高架橋

駅部 SRC-A 高架橋の施工の全体工程を下図に示す。

図3-2-3 全体工程



- 1)掘削・床付け、基礎砕石、均しコンクリート  
 仮土留工施工後、バックホウにて掘削を  
 周辺地盤や軌道変状の生じないように監視  
 をしながら行った。鋼管ソイルセメント杭  
 杭頭部まで掘削完了後、床付け、基礎栗石、  
 均しコンクリートを施工した。

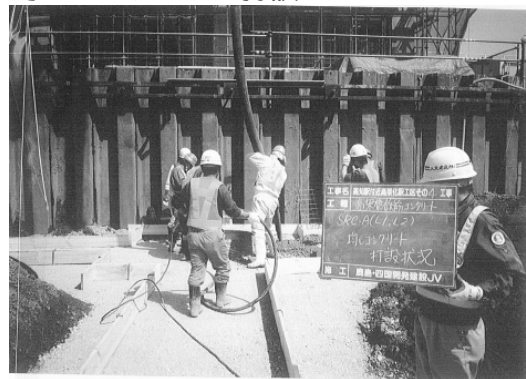
掘削・床付け



基礎砕石



均しコンクリート打設



- 2)鉄骨建方

杭頭処理完了後、下側の地中梁鉄筋を配  
 置した後に鉄骨建方を行った。地中梁、柱、  
 上層梁の順に200t ラフタークレーンにて架  
 設を実施した。

均しコンクリート打設完了



杭頭筋組立

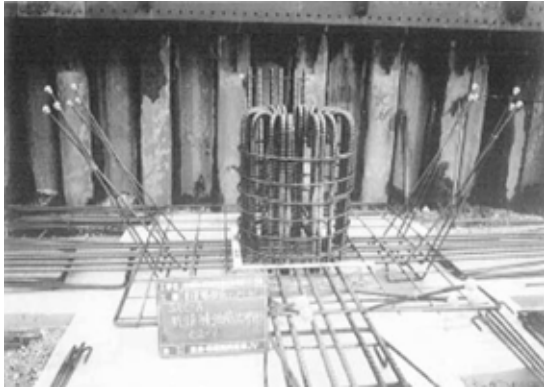


杭中詰めコンクリート打設

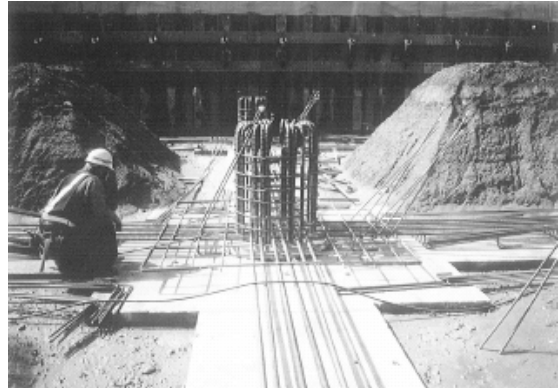




杭頭補強鉄筋組立



地中梁鉄筋組立



地中梁鉄骨建方



上層梁鉄骨建方



### 3) 地中梁(フーチング)

鉄骨建方完了後、地中梁(フーチング)の鉄筋組立、型枠組立、コンクリート打設の順番で施工した。

上層梁鉄骨建方



地中梁鉄筋組立



地中梁型枠組立完了



地中梁コンクリート打設



地中梁コンクリート出来形



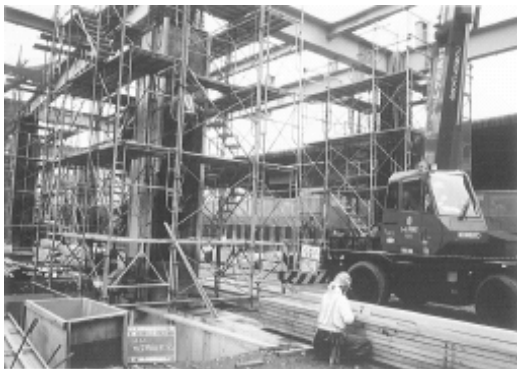
#### 4) 柱

地中梁施工後、柱の鉄筋組立、型枠組立、コンクリート打設の順番で施工した。充填性確保のため、高流動コンクリートを使用するとともに、コンクリートポンプ車のホース先に鋼管を取り付けて、打込み面までの自由落下高さを5m以下とした。

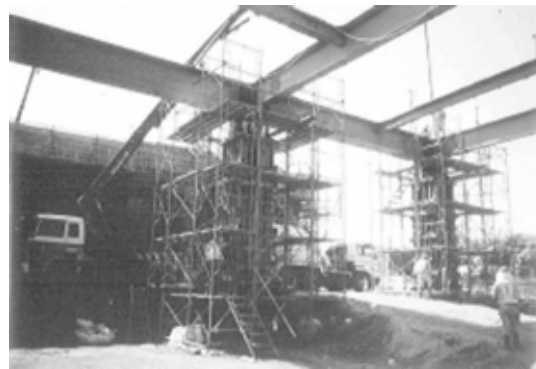
柱鉄筋組立



柱型枠組立



柱コンクリート打設



#### 5) 上層梁・スラブ

柱施工後、地中梁部の埋戻しを行ない、上層梁の鉄筋組立、型枠組立を施工した。次に、スラブの型枠組立、鉄筋組立を施工し、梁スラブ一体でコンクリート打設を施工した。鉄骨による閉塞率が高い梁部のみ、充填性確保のため、高流動コンクリートを使用した。

柱コンクリート出来形



埋戻し



埋戻し完了



上層梁鉄筋組立



上層梁鉄筋組立完了



上層梁型枠組立完了



梁スラブコンクリート打設



SRC-A 高架橋完成



(6)比島東架道橋 PC 桁事前こう上

起点方切替部では、高架線と直角に片側2車線の都市計画道路との交差があることから、線路こう上区間に約1,000tのPC下路台形桁(比島東架道橋:L=30.3m、2線載荷)を含む計画を立てた。

起点方切替部 PC 桁側面

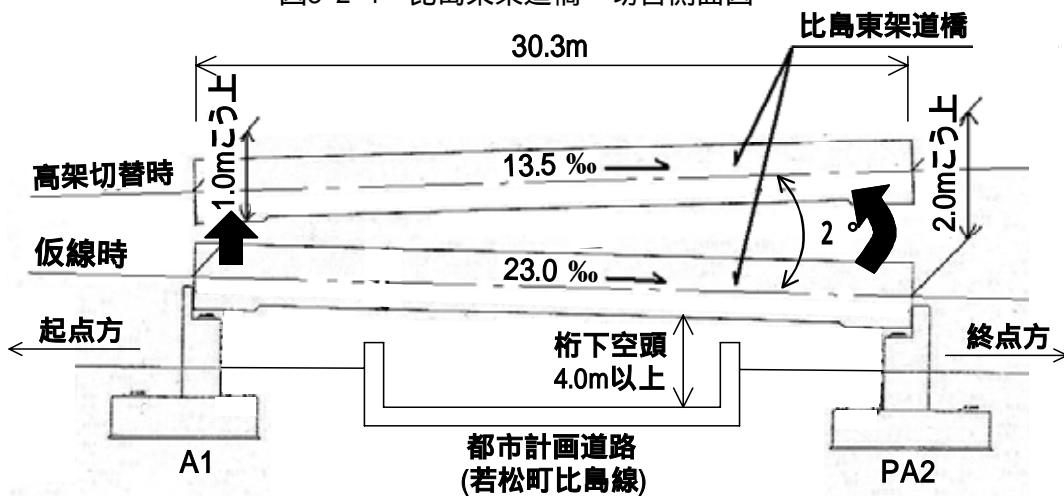


1)架道橋の構造選定

a. 現地概況

本現場は、切替部に架道橋を施工する特異な構造となっている。図3-2-4に切替部の側面図を示す。高架切替後の縦断勾配は、仮線時23.0‰の下り勾配から約2度上がり13.5‰の上り勾配となり、高架線と仮線の高低差は最大2.0m、必要こう上量は架道橋起点方で1.0m、終点方で2.0mとなった。また、平面線形では、起点方で1.0m、終点方で2.8m西側に横移動が必要となった。

図3-2-4 比島東架道橋 切替側面図



b. 桁種別及び桁形状の検討

高架切替前に交差道路の供用開始を行うため、条件を満たす架道橋の桁種別を表3-2-2に示す5種より検討した。交差道路との桁下空頭は仮線時に4.0m必要で、PCI形桁やH鋼埋込桁では板厚が大きくなり、空頭の確保が不可能であった。続いて、経済性ではランガー橋が劣り、保守性においては、今後の維持管理と騒音の面で鋼下路桁が不適である。

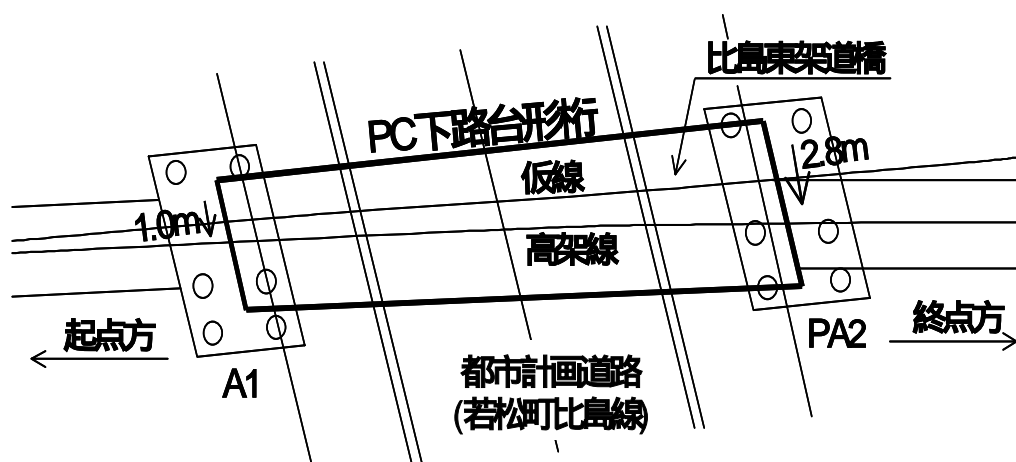
以上の検討より、桁種別は、所定の空頭を確保できて経済性に優れた「PC下路桁」とした。

表3-2-2 桁種別の選定

桁種別	空頭確保	経済性	保守性	評価
PCランガー橋		×		
PC下路桁				
鋼下路桁			×	
PCI形桁	×			×
H鋼埋込桁	×			×

また、同桁において、一晩で桁のこう上と横移動の同時施工が可能か検討した結果、仮線と計画線の2線が載った横移動が不要な幅広のPC下路台形桁(以下、PC桁とする)構造を採用した(図3-2-5)。

図3-2-5 比島東架道橋 平面図



2) 営業線下での重量台形桁架設

a. 一括こう上案と事前こう上案の比較検討

高架切替当夜には、電気設備の撤去復旧や試運転列車の運行等、当初計画に無い作業があり、実際の桁こう上施工可能時間は1時間弱であった。そのため、PC桁を一括こう上する本計画と別に、PC桁を事前こう上する案を検討し、両者の比較を行った。

表3-2-3 一括こう上と事前こう上の比較

こう上案	施工性	安定性	定時運行の確保	評価
一括こう上			×	×
事前こう上				

一括こう上案は、切替当夜の作業量が膨大で、施工性と安全性に問題があり、また線閉間合の大幅な拡大が必要と考えられた。一方、事前こう上案では切替当夜に短時間施工が可能のため、高架開業日から列車の定時運行を確保でき、施工リスクも低い。以上の検討の結果、当初一括こう上案からPC桁を事前こう上するよう、計画の見直しを行った。

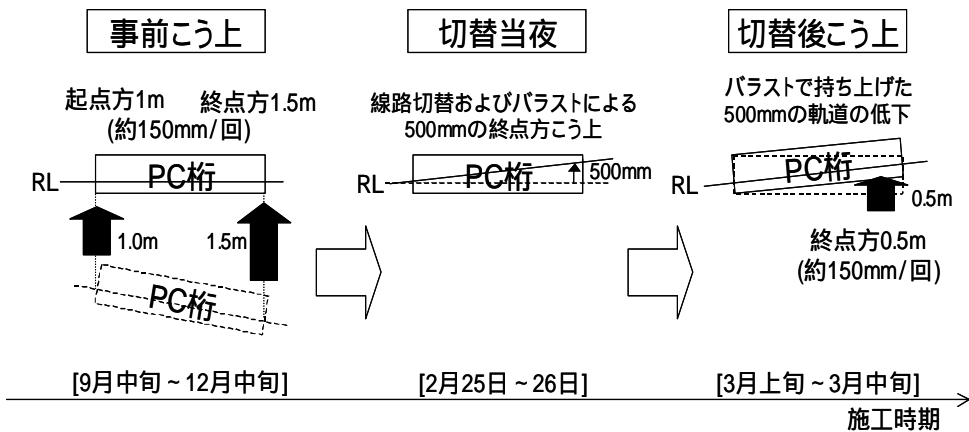
b. PC 桁ごう上計画の検討

PC 桁の事前ごう上にあたり、関係各所と軌道ごう上を含む計画の検討を行った。

現場付近は住宅街であり、夜間作業回数は週 2 回までという制約を受けた。また、事前ごう上により切替部から 150m 終点方の比島踏切で車両通行止めが発生するため、その期間も地域住民に配慮し最小とする必要があった。

以上を踏まえ、複数の軌道線形でごう上パターンを作成し、PC 桁のごう上計画を検討した。その結果、PC 桁起点方は 1m 全て、終点方は 1.5m まで事前ごう上した後、切替当夜は、PC 桁終点方残り 0.5m のごう上分をバラスト厚で確保して線路切替を行い、高架切替後に軌道低下と終点方のごう上を行う 2 段階施工とした(図 3-2-6)。

図3-2-6 PC 桁の 2 段階施工



1 晩の施工量は、軌道ごう上量に合わせ 150mm とし、酷暑期を過ぎた 9 月中旬から 12 月中旬の月曜・木曜の計 28 晩で、軌道・踏切・電気等を含んだ PC 桁の事前ごう上を終える計画とした。決定した軌道ごう上計画を図 3-2-7 に示す。

c. 桁ごう上作業中の安定性検討

本 PC 桁は営業線上の桁であるため、桁ごう上作業中の安定性、特に地震時に対する安定性の確保が求められた。PC 桁に作用する荷重として桁自重・列車荷重・バラスト荷重等を考え、起点方より荷重の大きい PC 桁終点方について、反力の集計結果を表 3-2-4 に示す。なお、水平力については地震の影響を加味し、設計震度  $k=0.20$  として算定を行い、仮支承部の安定及び PC 桁の偏倚について検討した。

図3-2-7 起点方切替部 軌道こう上計画

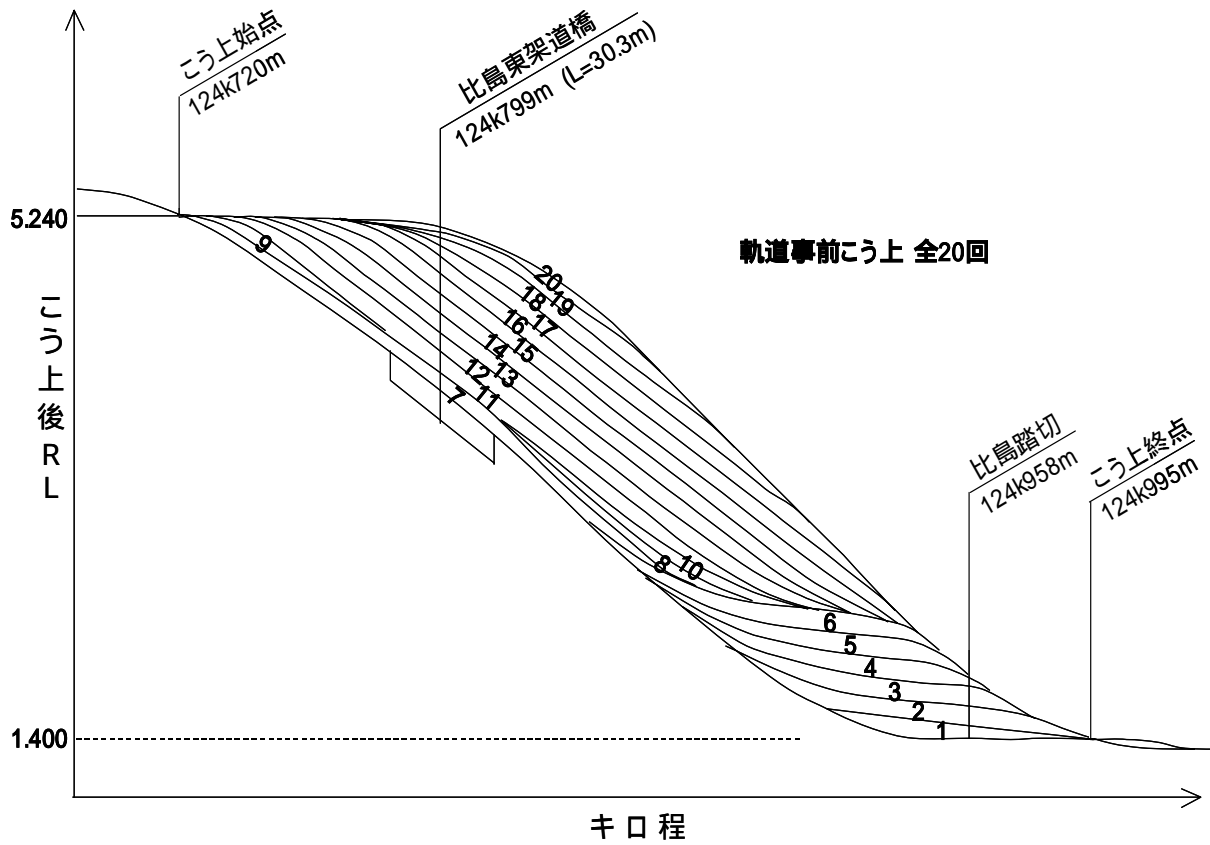


表3-2-4 PC桁終点方 反力集計表

		単位	PA2				
			左側		右側		
			供用時	ジャッキアップ時	供用時	ジャッキアップ時	
常時	鉛直力	kN	2,944.2	2,377.0	3,432.3	2,667.5	
	水平力	橋軸直角方向	kN	-	-	-	-
		橋軸方向	kN	176.7	47.5	227.4	53.4
地震時	鉛直力	kN	2,944.2	2,377.0	3,432.3	2,667.5	
	水平力	橋軸直角方向	kN	569.6	237.7	660.5	266.8
		橋軸方向	kN	626.6	285.2	726.6	320.1

## a) 仮支承部の検討

PC桁のジャッキアップ中にかかる鉛直力は、最大でPA2右側の2,667.5kNとなり、150t油圧ジャッキを左右2台ずつ起終点で計8台使用してことう上した。鉛直力の仮支持を、図3-2-8に示す鉄箱ブロックと鉄板構造で検討した結果、最大自立高さは1.054mとなった(表3-2-5)。

そのため、本鉄箱を巻き込んだ橋台コンクリートの増し打ちを、起点方で2回、終点方で3回計画した。転倒に対する安全率は、1.5以上を確保した。また、滑動に対しては、水平力/鉛直力が最も大きいPA2左側で0.213となり、鋼と鋼の摩擦係数0.35よりも低く、滑動しないことを確認した。

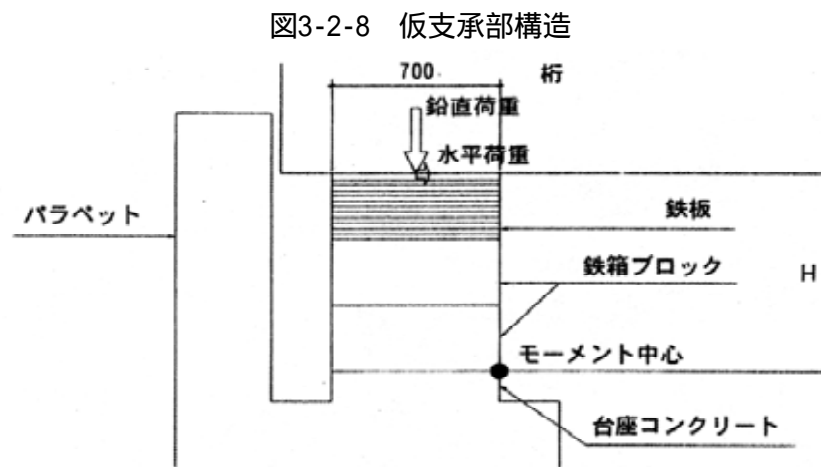


表3-2-5 仮支承部 転倒・滑動に対する安定性検討

	単位	PA2	
		左側	右側
鉛直力	kN	2,944.2	3,432.3
水平力(橋軸方向)	kN	626.6	726.6
最大自立高さ	m	1.054	1.054
転倒モーメント	kN・m	660.4	765.8
抵抗モーメント	kN・m	1,030.5	1,201.3
安全率	-	1.560	1.569
水平力/鉛直力	-	0.213	0.212

## b) PC桁偏倚の検討

鋼角ストッパーが設置できない状況において、異常時の偏倚に対応するため、橋軸直角方向・橋軸方向のそれぞれに独立した移動制限装置を設けた。



橋軸直角方向

地震時における橋軸直角方向の最大の水平力は、A1側で1,046.1kN、PA2側で1,230.2kNであった。これに対し、図3-2-9に示すように下部工に反力を取ったPC鋼棒を緊張して変位に対応する装置を検討した(表3-2-6)。PC鋼棒の径・本数をそれぞれ計算した結果、A1側で 32 を 2本、PA2側で 36 を 2本使用した。

図3-2-9 橋軸直角方向の移動制限装置(PC鋼棒緊張方式)

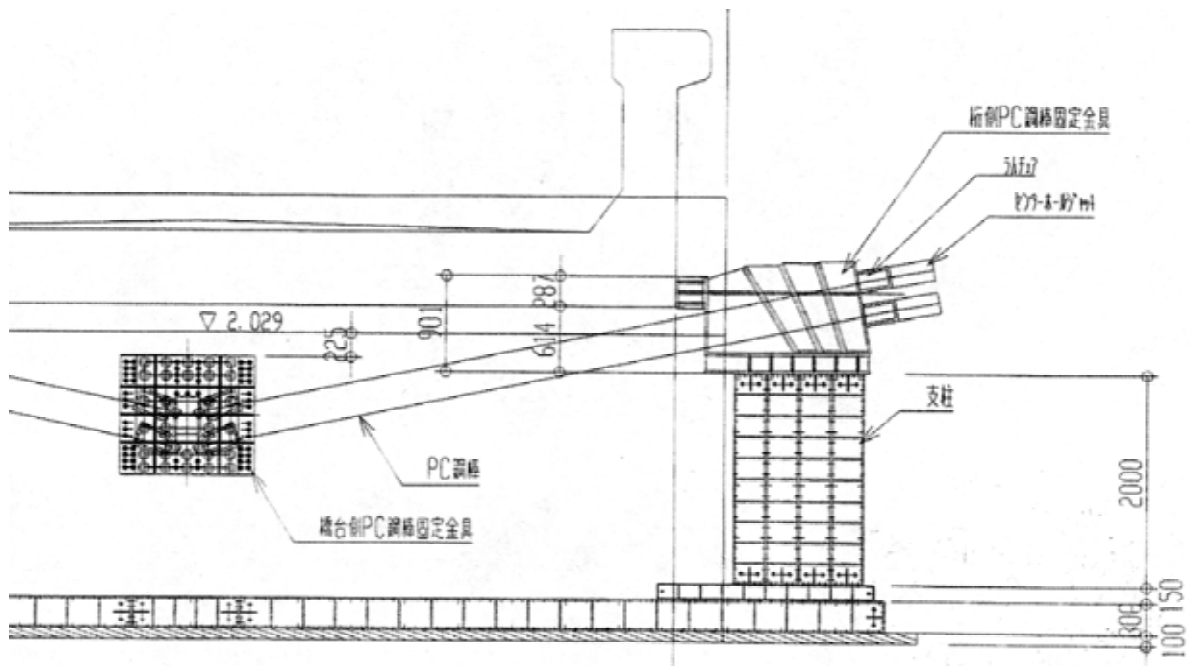


表3-2-6 PC鋼棒径・本数の検討

	単位	A1側	PA2側
水平力	kN	1,046.1	1,230.2
PC鋼棒の最大角度	度	28	32
鋼棒の緊張力	kN	1,184.8	1,450.6
鋼棒の種類	-	32ゲビンデスタープ 2本	36ゲビンデスタープ 2本
引張強度(Pu)	kN	869.0	1,099.0
1本当たりの緊張力	kN	592.4	725.3
許容緊張力(0.7Pu)	kN	608.3	769.3
判定		OK	OK

### 橋軸方向

供用時に予想される橋軸方向の水平力に対しては、基本的に桁の起終点4箇所から油圧ジャッキで桁に荷重をかけ固定する「油圧ジャッキ挟み込み方式」とした。ただし、PC桁終点端のこう上量が1.2mを超えた時は、反力台となるパラペットよりもPC桁下端が上になりジャッキの設置ができないため、以降のこう上は、PC縦梁の内外両側に2本のPC鋼棒を通して起点方に設置したセンターホールジャッキで緊張力をかけてPC桁を固定する「PC鋼棒緊張方式」とした。

橋軸方向の移動制限装置  
(PC鋼棒緊張方式)



### c) こう上における情報化施工管理

前述のハード対策に加え、PC桁にポテンシオメーター、PC鋼棒にロードセルを取り付け、桁の変位とPC鋼棒の緊張力を、現場事務所内で常時管理する体制を取った。測定は、施工期間中24時間を通して行い、PC桁の許容変位7mm及びPC鋼棒緊張力変動10%を基準値として、異常発生時に関係者に電話が繋がるシステムを構築した。

## 3) 桁こう上の施工結果

### a. 事前こう上の施工

PC桁の事前こう上は、計画通り遅延無く全10回(150mm×10回)行い、12月上旬にはPC桁起点方1m、終点方1.5mのこう上が完了した。桁のこう上作業は、すぐ後に軌道こう上が控えているため、桁こう上から移動制限装置の固定までを約2時間という短い間合いで行う必要があったが、

地切りに慎重を期した初回の桁こう上時を除いてすべて時間内で終わることができた。

施工上の注意点として、作業中の左右油圧ジャッキのこう上量が異なることが最も危険であると考えた。そのため、左右のジャッキ変位量が1cm進むごとに声合わせをしながらこう上を行うことで、こう上量の食い違いをほぼ無くすことができた。また、ロックナットをこう上に合わせて締め付けることで、ジャッキの不意な落下を防止することができた。

PC桁 ジャッキアップ施工

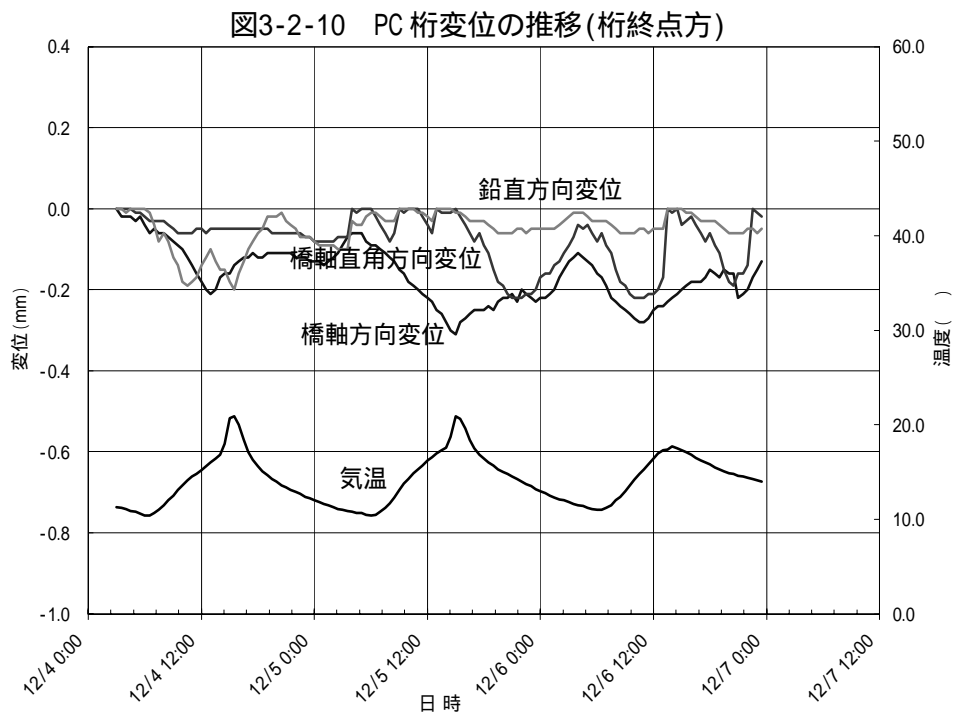


b. 高架切替当夜の施工及び以降の桁ごう上の施工

高架切替当夜は、PC 桁事前ごう上の実施により大幅に作業量が減少し、25t ラフタークレーン 2 台による相吊りで、無事線路切替が完了した。切替時にバラストで持ち上げていた軌道は、切替後、残り 3 回の PC 桁終点方のごう上(150mm×3 回)で低下させ、2 段階施工を無事終えることができた。

c. 緊張力・変位計測の結果

桁ごう上に伴う情報化施工管理の結果を次に示す。まず PC 鋼棒の緊張力は、全施工期間を通して±2%程度であり、大きな変動は見られなかった。また、PC 桁の変位量(図 3-2-10)は、橋軸方向変位が若干大きいものの、最大でも 0.3mm 程度であり、それ以上上昇傾向にないことから特に問題ないと考えられた。同時に計測した気温の変動と比較するとほぼ同傾向にあり、温度変化による変動が主原因であると考えられた。



4) 考察

今回の PC 桁架設、ごう上計画及び台形桁の安定性の検討で得られた事柄を考察すると、以下のとおりである。

ア. PC 桁のごう上を、当初検討していた一夜の線閉間合いでの一括ごう上から、高架切替前に PC 桁を事前ごう上する 2 段階施工としたことで、施工リスクが大幅に軽減し、結果、営業線下での桁架設という難しい課題に対し、無事故でこれを完遂することができた。

イ.地震時に対する列車走行安定性を確保するために、設計震度を  $k=0.20$  として設計水平力を算出し、PC 桁の移動制限装置の設計を行った。変位量は、施工期間中を通して最大で  $0.3\text{mm}$  程度とごく僅かであり、十分な効果を得ることができた。

ウ.PC 桁自体の変位及び PC 桁仮固定にかかる緊張力を情報化施工管理し、異常発生時に即応できる体制を整えたことで、万全を期してこう上に臨むことができた。線路切替後のこう上を含めて施工中に大きな地震もなく、列車の運行を支障することは無かった。

(7)旅客通路切り替え

旧高知駅は、線路南側に位置し、旅客は、南側にある改札から駅構内へアクセスしていた。本事業では、駅北側からアクセスできるように北口に駅前広場を設け、新駅舎開業と同時に使用開始する計画であった。しかし、切り替え当初の利用者の動線を考えると、従来どおり南側からアクセスする人が多いと考えられたため、南側から旧ホーム部を抜け新駅舎へ至るアクセス通路を切り替え当夜に設置することが必要となった。

設置するアクセス通路は、新駅コンコースの入り口幅が  $18.0\text{m}$  と広いこと、また朝夕のラッシュ時の混乱を避けることから、通路幅を  $15.0\text{m}$  とする計画とした。

アクセス通路を設置するためには、既設ホーム撤去、盛土、舗装の各作業が必要であり、切り替え当夜の作業間合い約 6 時間のみですべての作業を完了させることが困難であると想定された。検討の結果、切り替え当夜は、盛土及び舗装の作業を行い、既設ホーム撤去については、事前に施工しておいて、撤去部は、合板で仮復旧させた(P27 の新聞記事参照)。

図3-2-11 アクセス通路計画平面(高知駅)

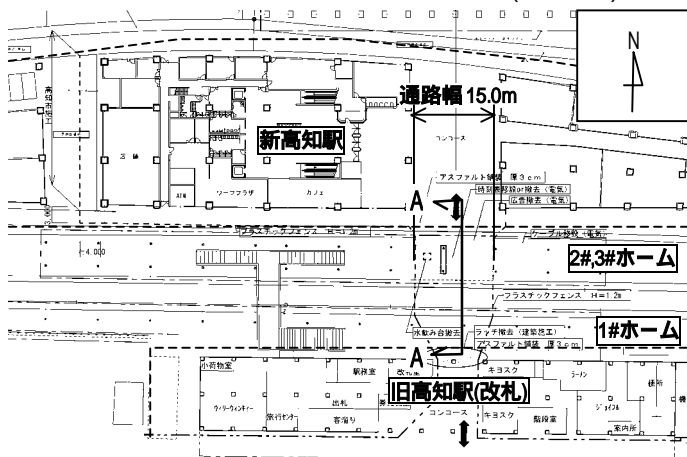
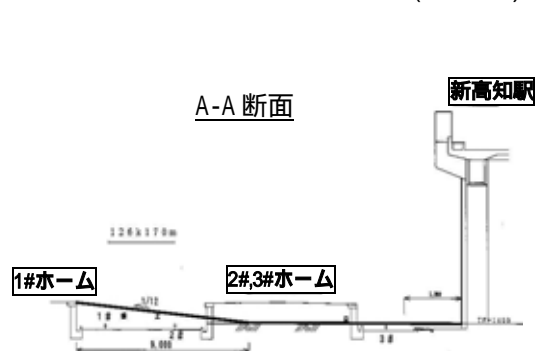


図3-2-12 アクセス通路断面図(高知駅)



支障物等について電気、駅、運転と綿密な打合せを繰り返した結果、切替前6日間の夜間作業を行うことで既設ホーム撤去及び仮復旧作業を完成させることができた。

既設ホーム撤去後の仮復旧ホーム(高知駅)



切替当夜作業状況(高知駅部)



表3-2-7 切替当夜の工事

切替当夜工事		2月25日			2月26日							
		22	23	0	1	2	3	4	5	6		
建築工事	準備作業 ラッチ撤去(5箇所) コンパネ建物封鎖(h=1.8・L=6.0m) 万能板仮囲い 看板設置											
	点検・片付け											
土木工事	1・2番線間・2番ホーム 準備作業 22:00~23:00 工事用車両進入路設置 構内設備撤去 仮設ホーム撤去 重機搬入 盛土材搬入 路盤敷均し・転圧整地 アスファルト舗装 安全さく設置(単管造・カラーバリケード張) 片付け			23:00 1・2番線路閉鎖工事着手								
	2・3番ホーム・3番線 準備作業 21:30~22:10	22:12		3番線路閉鎖工事着手								
	3番線レール撤去 工事用車両進入路設置 構内設備撤去 重機搬入 盛土材搬入 路盤敷均し・転圧整地 アスファルト舗装 安全さく設置(単管造・カラーバリケード張) 片付け											

(8)線路切り替え

図 3-2-13、図 3-2-14に起終点切り替え地点断面図を示す。周辺道路状況は、起点方には片側2車線道路が交差しているのに対して、終点方は、住宅密集地で十分な道路がない状況であった。軌道移設作業は、起点方作業が延長も長く横移動量も大きいことから人力作業で行うには、多くの作業時間を要することが予想された。このためクレーンを用いて軌きょうを移設することで作業時間短縮を図った。

起点方周辺道路状況



図3-2-13 起点方切り替え地点(124k812m)

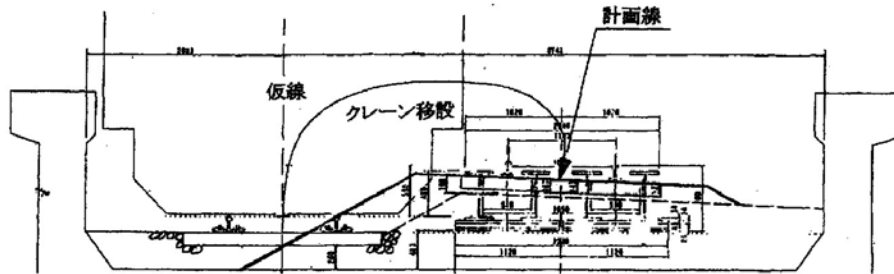
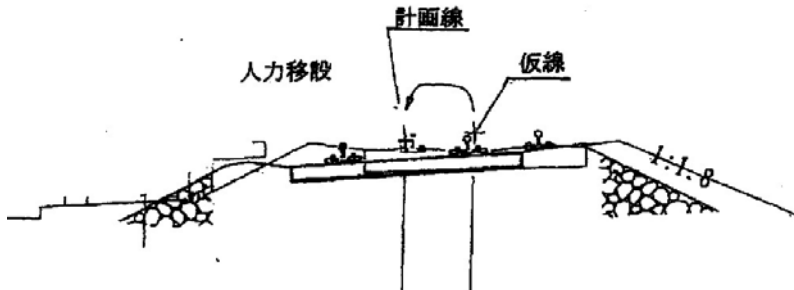


図3-2-14 終点方切り替え地点(128k805m)



また、道床補充及びマルタイによるつき固め作業は、切り替えを担当する保線区に常時配備されている鉄製トロ(ホッパー型)2 編成、マルタイ 1 台で実施することを基本に計画した。鉄製トロ(ホッパー型)は、起終点両側から1 編成ずつ投入し、マルタイは、クレーン作業により先に軌道移設作業が完了する起点方のつき固め作業後、終点方へ移動し作業する運用計画とした。

起点方線路移設状況



起点方の線路閉鎖工事間合いは、下り最終特急をバス代行することで1時間の拡大間合いを確保し、6時間20分とした。実施は、クレーンによる軌道移設作業、マルチ作業ともに予定終了時間よりも早く終了し、支障なく起終点とも切り替え作業を完了した。

図3-2-15 起点方線路切り替え工事概要図

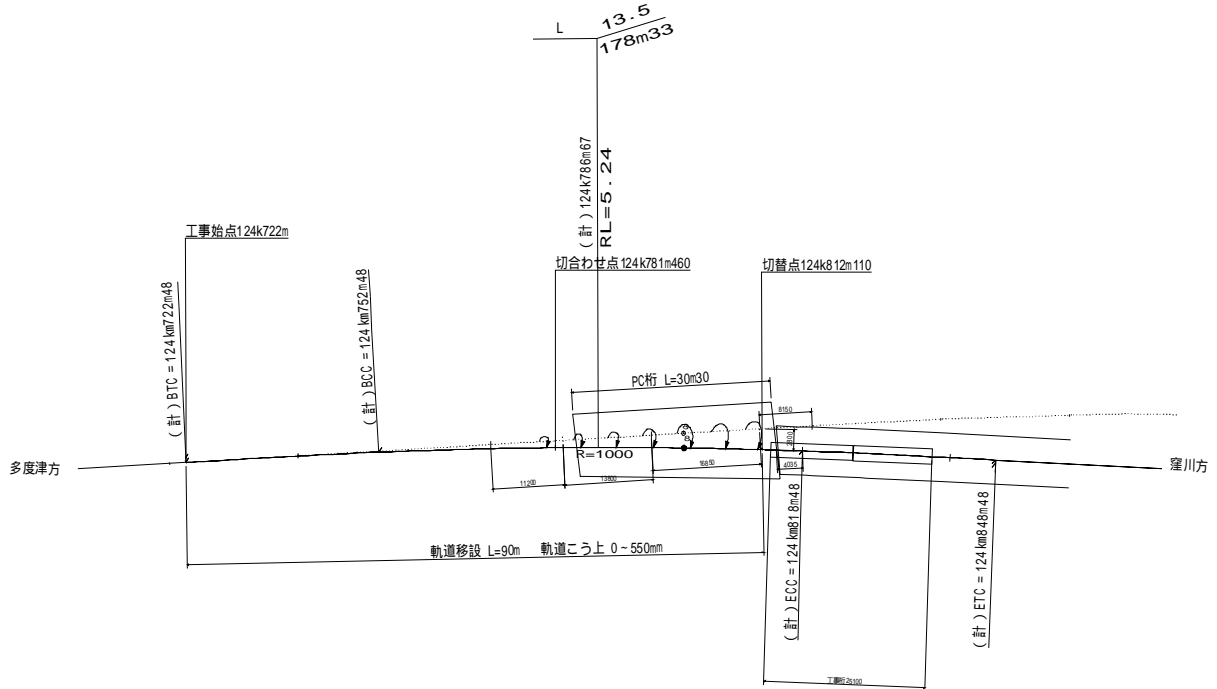


図3-2-16 起点方線路切り替え工事工程

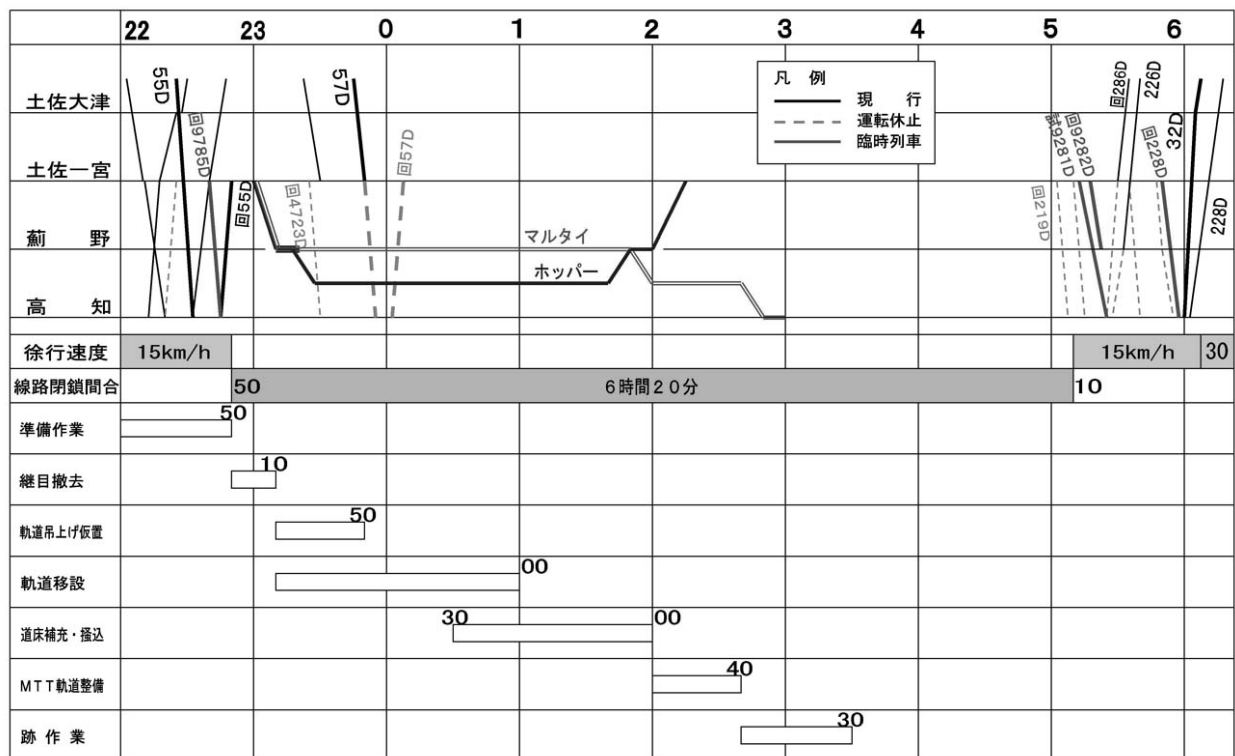


図3-2-17 終点方線路切り替え工事概要図

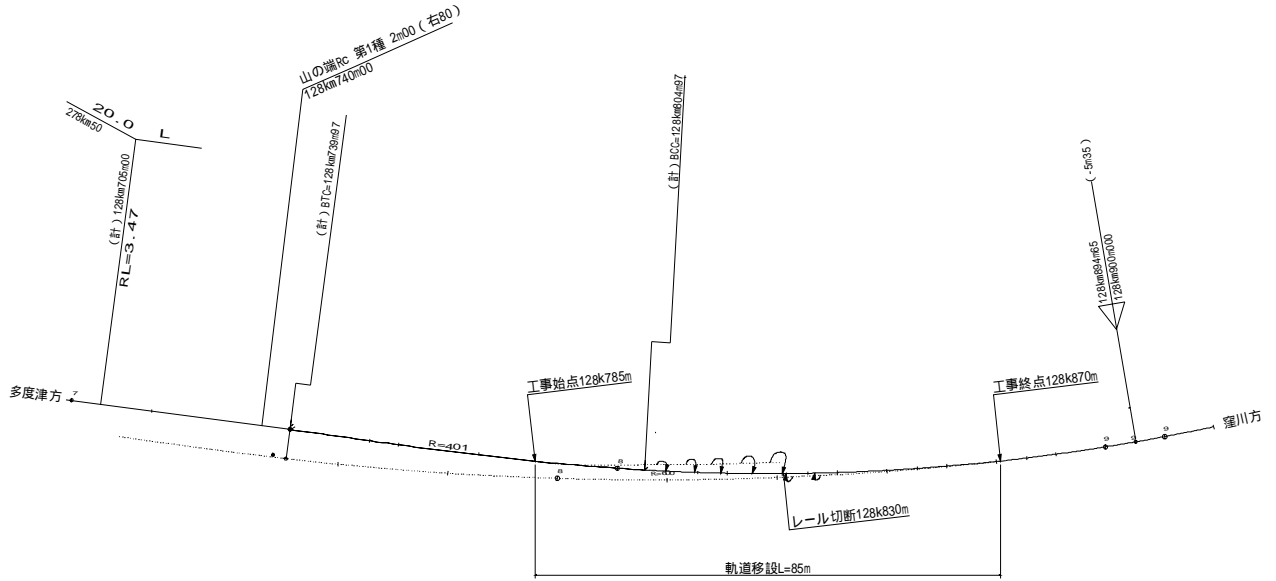
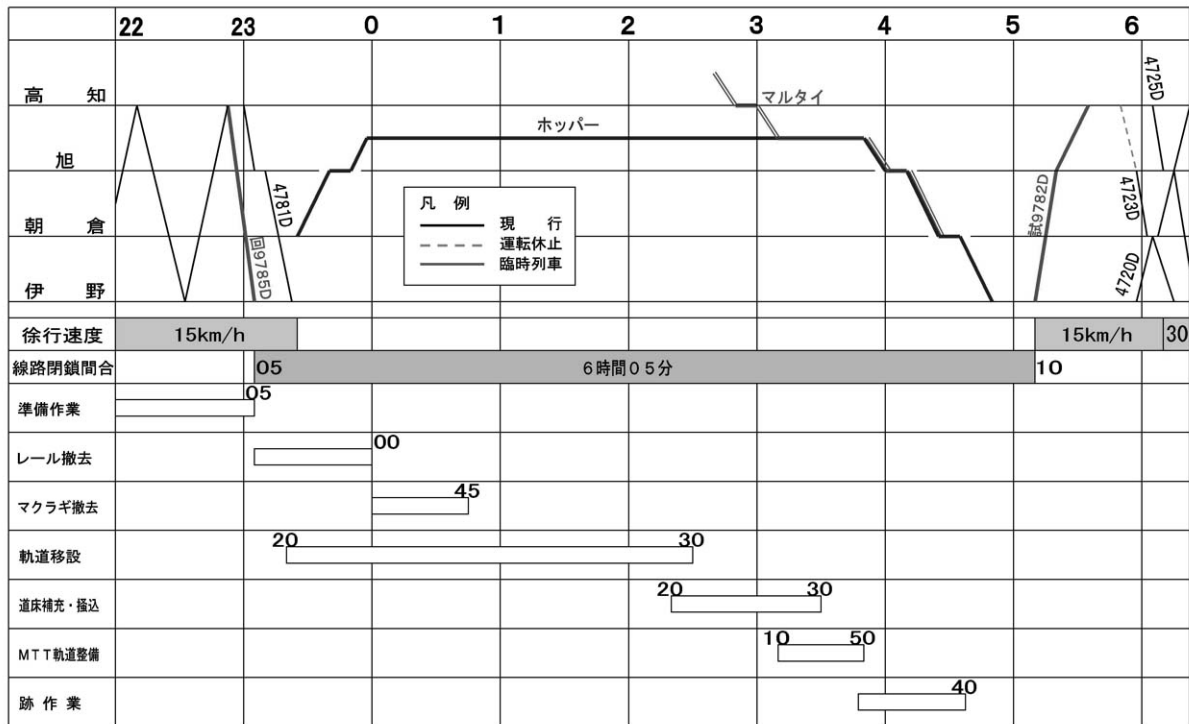


図3-2-18 終点方線路切り替え工事工程





## 2-2 建築・設備関係工事

## (1)高知駅

## 1)基本計画

## a.コンセプト

- ・地域の『核』として、交通機能だけではなく商業施設等の付加価値を生む駅
- ・地域の『顔』として、「高知らしさ」を表現する駅
- ・地域の資産(ストック)となる、色褪せない駅
- ・新しい駅のあり方や新しい技術の情報を発信する駅

## b.デザイン

大屋根を含めた高知駅のデザインについては、「JR 四国高知駅舎景観検討委員会」が組織され、「高知らしさ」をいかに表現するかという命題が議論された。森林県高知のアイデンティティとして「高知産の杉を積極的に使用する」という素材での表現は、県の要望もあり、早い段階でのコンセンサスを得られ、高架に付加される大屋根などの構造物を、高知県産の杉集成材で構成するアイデアが提案された。

鉄道高架をすっぽりと覆う大屋根のデザインは、主要構造を木造とし、駅前広場から柱が立ち上がる今までに例を見ない大架構造である。このデザイン案は、大屋根と駅が一体の建築物となり、建築基準法の耐火建築物としての制約を木造でクリアしなければならないこと、四国旅客鉄道株式会社敷地外の駅前広場(道路)上に、柱・屋根の構造物が建築されることなど、法令上で多くの問題があることが懸念されたが、「新しいもの」、「初めての形式のもの」に挑戦する精神こそが明治維新を切り開いた土佐の風土であり、「高知らしさ」を表現する駅にふさわしいということでもとまった。

## 2)実施設計

## a.配置計画

駅舎の配置計画は駅前広場との一体を重視し、内部が透けて人々の動きが見える仕組みで賑わいを演出し、中央コンコースは扉を設けず高知らしい開放的なしつらえとした。また、中央コンコースとラチ内部はできるだけ壁をつくらないで内外が一体となる空間をつくることに配慮した。

## b.ファサード

南面(正面)は、大屋根を全面開放とし、鉄骨躯体を見せることで躍動感を表現するとともに、列車の往来や木構造の木の模様が街側から見え、「都市装置」、「地域のランドマーク」としての駅を演出した。動きのある南面に対して、整然としたSRC造の柱が立ち並ぶ北面は間口60mの大屋根が「おおあじ」な景観にならないように三段に分節化し、北面中央には、通風やディーゼルの排気を考慮したルーバーを設けた。

## c. 構造

大屋根は、アーチを高知県産杉集成材、木の弱点を補うため下弦材を鉄骨としてハイブリッド構造とした。なお、南側高架上のアーチくびれ部は曲げ応力が大きいため鉄骨を採用した。駅舎部分は高架躯体(土木構造物)を主構造とし、2階フロアは高架柱に鉄骨梁を架けて構成した。

## 3) 工事概要

- ・ 規模：地上3階(3階=ホーム階)
- ・ 構造：【大屋根】混構造(北口キャノピー：SRC造、大屋根：木造及び鉄骨造)  
【駅舎】鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)
- ・ 用途：駅施設、商業施設(飲食、物販)
- ・ 最高高さ：約23.3m
- ・ 延床面積：約3,296.8m<sup>2</sup>
- ・ 主要仕上材
  - 屋根：チタン亜鉛合金板 t=0.7mm、杉野地板 t=50mm
  - 外壁：押出成形セメント板 t=75mm、アルミ積層複合板
  - 天井：アルミスパンドレル
  - 床：遠心成形PC板 t=25mm

## 4) 諸設備

## a. 給排水衛生設備

トイレ設備(ラチ内、ラチ外に各1箇所)

- ・ 一般トイレ(ベビーチェア、ベビーシート)
- ・ 身体障害者用トイレ(車いす対応洋便器、オストメイト、多目的シート)

給水設備

- ・ 水道直結直圧方式

排水設備

- ・ 分流式下水道接続

## b. 空気調和設備

空冷ヒートポンプユニット

- ・ ビル用マルチ、天井埋込カセット型他

換気装置

- ・ 駅事務室等居室部：全熱交換器
- ・ 便所等：第3種換気

c. 昇降設備

乗用エレベーター

- ・機械室レスロープ式(身障者対応) 15人乗り

エスカレーター

- ・昇降可逆式(800型) 6,750人/h

d. 消火設備

屋内消火栓設備、消火器

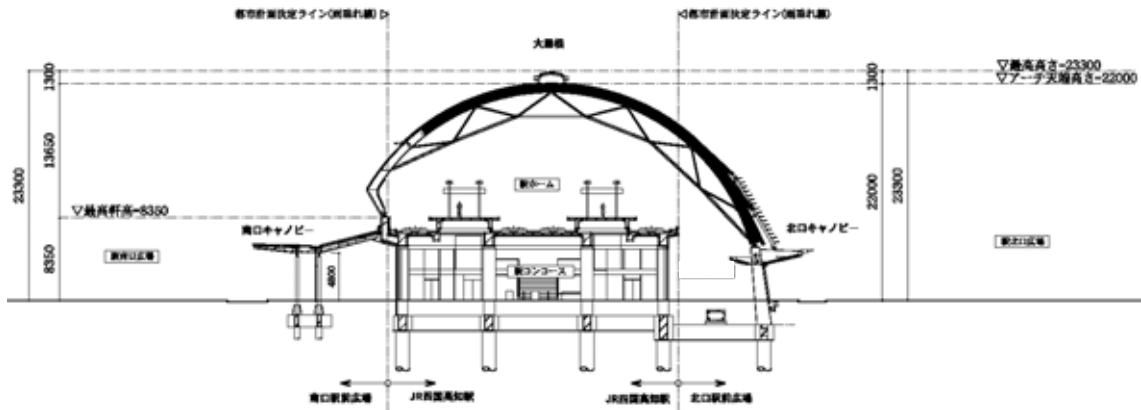
e. その他設備

授乳室(給湯設備設置)

券売装置(都市型券売装置)

自動改札装置(有人通路開閉機併用)

図3-2-19 高知駅南北方向断面図



5) 大屋根の施工

a. 施工計画検討

設計段階での大屋根の想定建て方計画は、全ての部材をアーチ上部にて組み立てる単材架設案であり、それを具体的に検討した結果、次のような問題点が判明した。

部材数が多く揚重フック数がクリティカルとなり、工程的に厳しく危険度も大きくなる。

現場溶接・現場グラウト(集成材・鉄骨トラス支承部防火グラウト)がアーチ上部作業であり天候の影響を受けやすい。

大屋根が円弧形状であるとともに、トラスが丸鋼管の部材のため、建て方時の精度管理・計測用測点の設定が難しい。

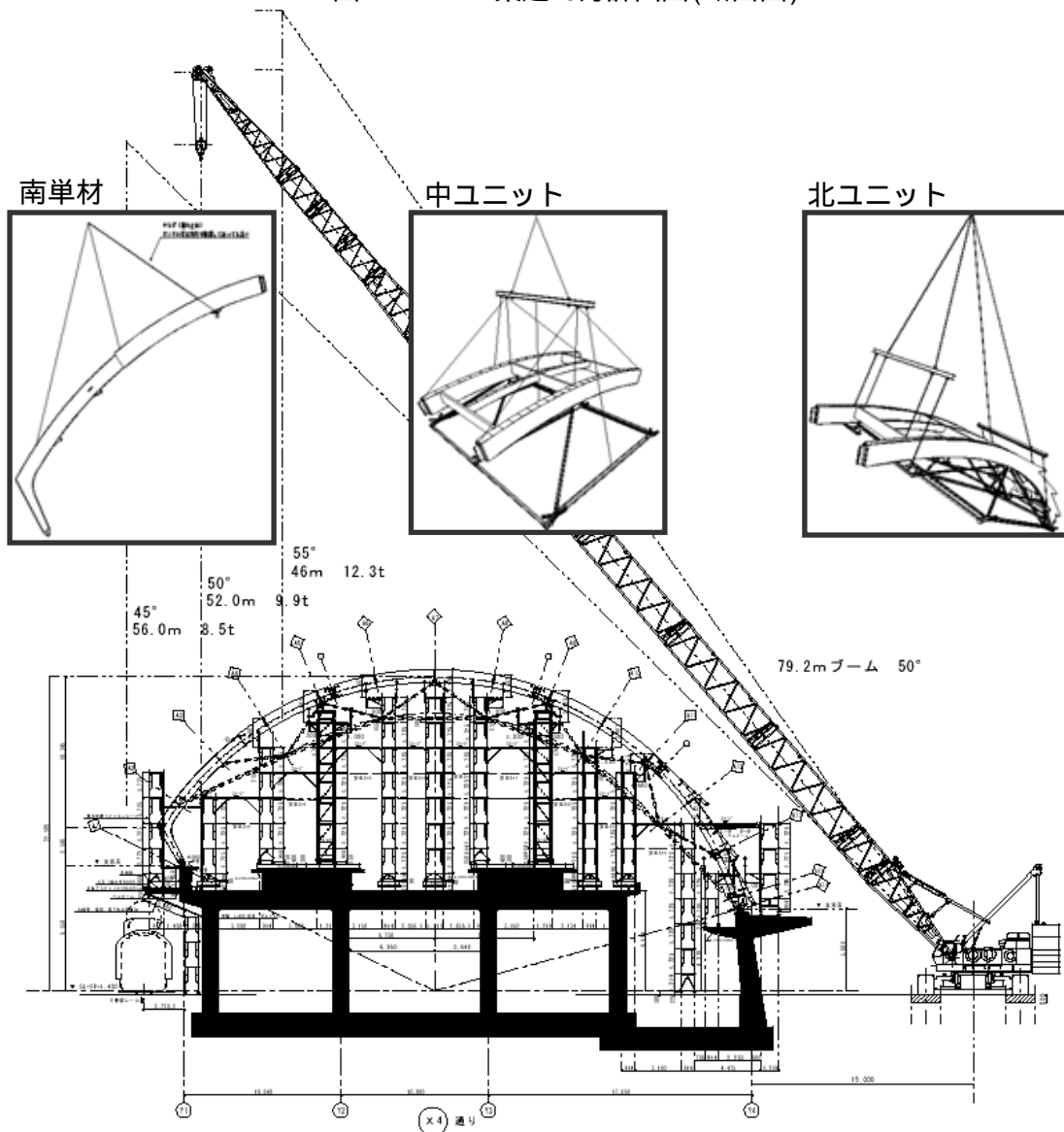
また、外的要因として、先行工程である高架躯体の遅れなどによって、当初計画より約1.5ヶ月の工期短縮を余儀なくされたことをふまえ、諸問題を解決すべく、建て方を次の3案に絞った上で、関係者で協議を進めた。

- A 案 上弦材のみ地組 その他単材架設
- B 案 上弦材3分割 上・下・斜材ユニット地組
- C 案 上弦材2分割 上弦材地組み・斜材ユニット地組

これら3案のうち、B案が最も優れていたが、その揚重作業半径が最大である南ユニットを軽量化し揚重コストを抑えた折衷案のD案を採用案とした。

平面的建て方手順は、1フレームとして北ユニット、南単材を架設し、精度確保の上で中央ユニットの架設を実施した。また、大屋根全体としては、各々のユニットの施工誤差を吸収すべく、中央部分より施工を行い、大屋根妻側へと順次施工する手順とした。各フレーム間を繋ぐ斜材については、施工精度の関係上、単材架設とした。

図3-2-20 D案建て方計画図(断面図)



b. 施工管理

地組み精度確保

ユニット化された部材をアーチ上で正しく簡便にセットするには、地組み時の精度を上げる必要がある。当工事においては、 $\pm 5\text{mm}$  を地組み時管理限界とし、三次元測定器を用い精度管理を行った。

地組み状況



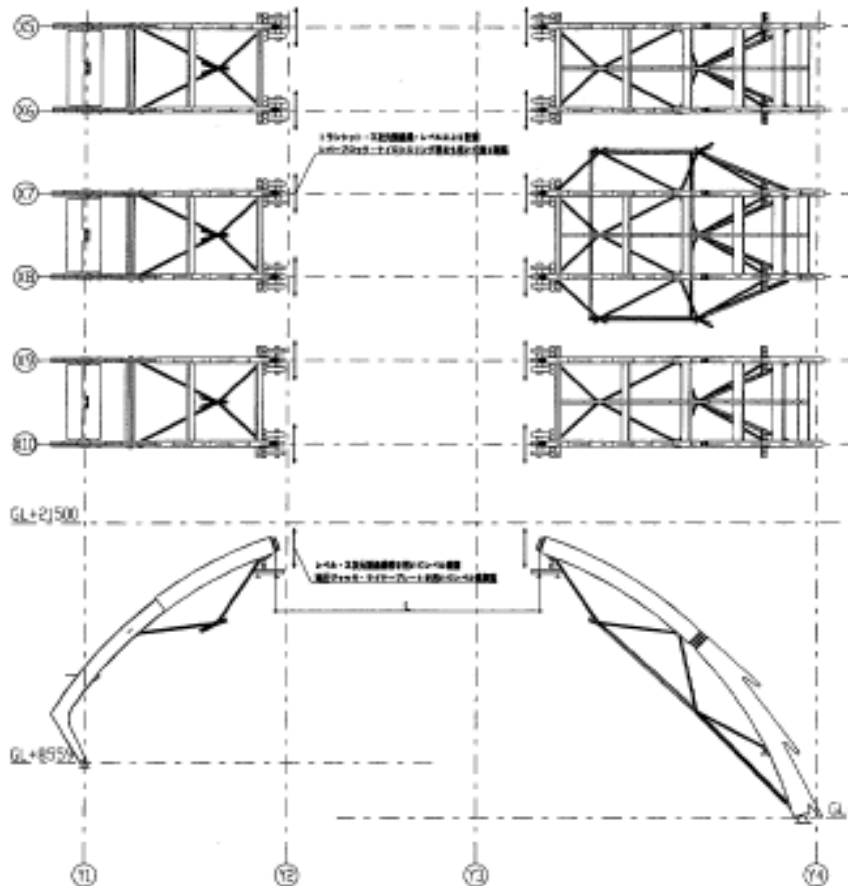
測定状況



建て方精度確保

大屋根ユニットの建て方時の管理ポイントとしては、南・北両ユニット頂部のスパン間距離、及び頂部レベルのみとした。

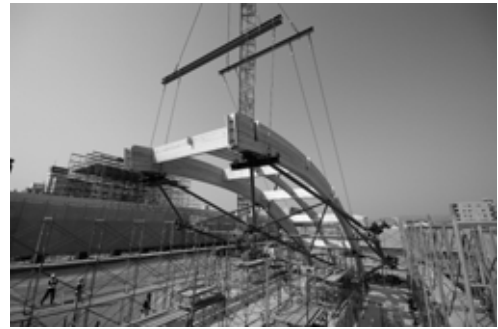
図3-2-21 建て方調整計画図



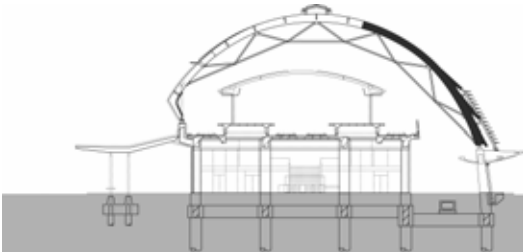
施工状況

- . 北側ユニット設置。頂部レベルの調整
- . 南単材の設置（夜間）。レベル・スパンの調整
- . 中央ユニット設置。最終調整
- . 次スパンの施工

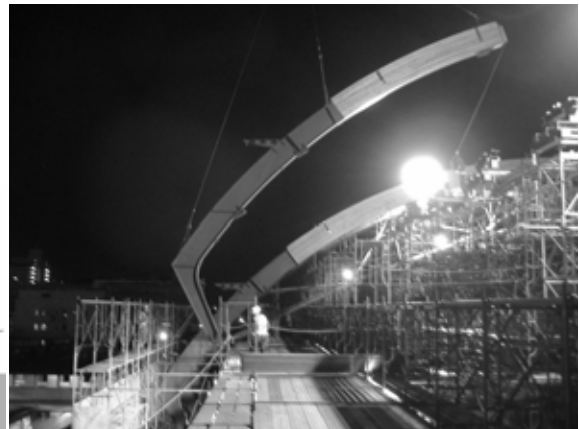
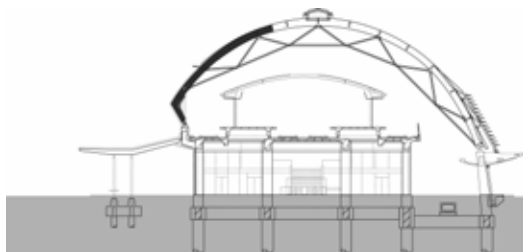
地組みユニット揚重状況



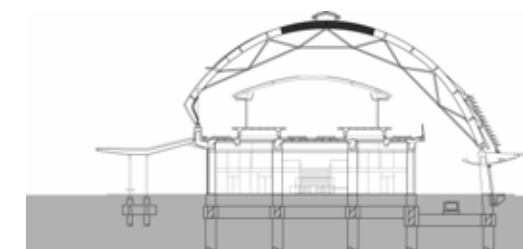
. 北側ユニットの建て方状況



. 南側ユニットの建て方状況



. 中央部ユニットの建て方状況



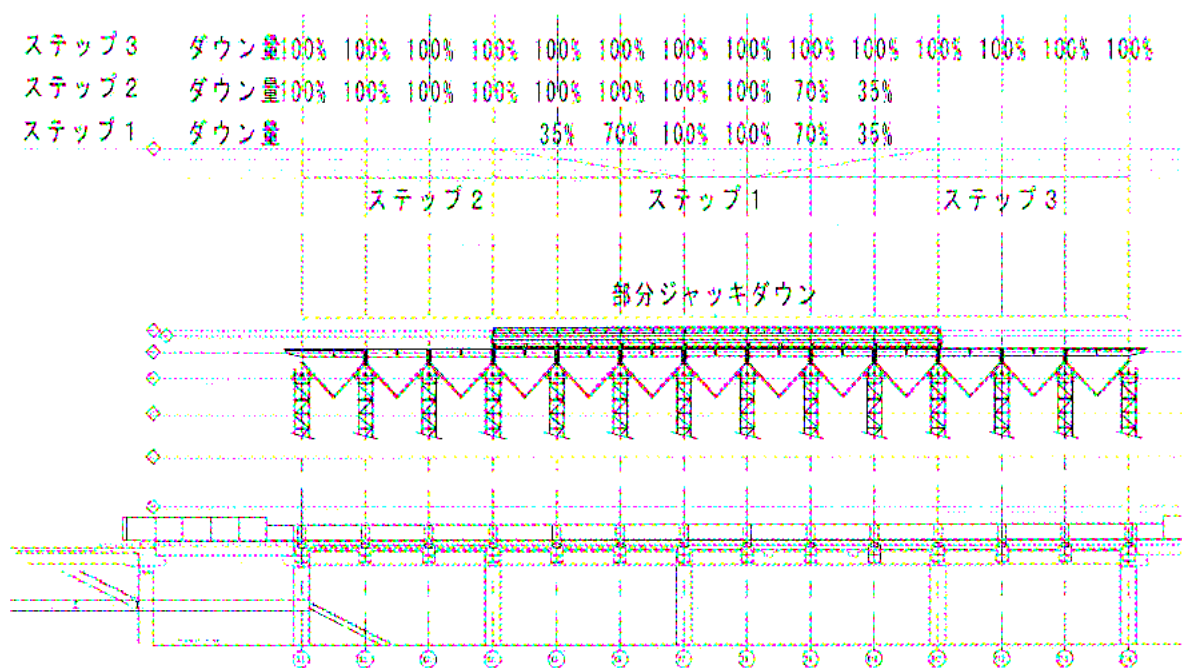
### ジャッキダウン

当初、一斉ジャッキダウンにて計画していたが、工期的に非常に厳しい状況下であったため、部分ジャッキダウンに計画変更し、3ステップで実施した。最終ダウン量は、設計計算値の約1/3の11mmであり、良好な結果が得られた。

### 施工結果

地組み精度の向上により、ユニット建て方時に想定していたアーチ上部での作業も半減し、地組みサイクル12日、建て方施工日60日(実働45日)で無事建て方を終えることができた。

図3-2-22 ジャッキダウン ステップ図



### 完成した高知駅舎



## (2)入明駅、円行寺口駅

## 1)基本計画

軌道と並行に走る前面道路の東西両方から高架駅を挟むように、風雨を避けるための屋根と壁を備えた2つの階段と、エレベーター1基でアクセスできるようにした。ホーム上には20mの旅客上屋を含め、総延長90mの転落防止柵を設けた。転落防止柵は、高さを2mにして、目隠し壁を兼用させた。階段の屋根裏と旅客上屋の屋根裏と壁、転落防止柵の支柱に至るまで、あらゆる場所に高知県産の杉を積極的に用いて、高知が森林県であることをアピールするとともに、利用者に木材の持つ暖かさを感じてもらえるようにした。

## 2)実施設計

森林県とあわせて、雨(台風)の多いことでもよく知られている高知県において完成後のメンテナンスを考えた場合、風雨に曝される外部に木材を使用することに疑問符がついた。都市側と鉄道側との思惑に隔たりがあり、結論が出るまでには時間を要したが、最終的には鉄道側の強い要望で外部の柱を鉄骨に変更した。その分、階段や転落防止柵の鉄骨柱に挟まれる壁材には、乳白色のポリカーボネート樹脂中空板を使用して、重苦しさを解消させた。内部になる階段の屋根裏、旅客上屋の屋根裏と壁には、当初計画のとおり高知県産の杉を使用した。

## 3)工事概要

- ・規 模：地上2階(2階=ホーム階)
- ・構 造：鉄骨造(ホームは、鉄筋コンクリート造)
- ・用 途：駅施設
- ・最高高さ：約11.5m
- ・延床面積：【入明駅】 約188.8㎡  
                  【円行寺口駅】約173.1㎡
- ・主要仕上材
  - 屋根：亜鉛合金板 t=0.6mm
  - 外壁：押出中空セメント板 t=20mm、ポリカーボネート樹脂中空板 t=10mm
  - 天井：杉板 t=15mm(軒裏)
  - 床：磁気質タイル t=13mm



4) 諸設備

a. 昇降設備

乗用エレベーター：機械室レスロープ式(身障者対応) 11人乗り

b. その他設備

券売装置(簡易型券売装置)

完成した駅舎



2-3 軌道関係工事

高架の軌道構造は、高知駅の分岐部分と起終点方の高架切り替え区間を除く全区間において、四国旅客鉄道株式会社で初めてとなる「D型弾性マクラギ直結軌道(以下「D型弾直」)」を採用した。

D型弾直



(1) 軌道構造

弾性マクラギ直結軌道とは、マクラギ下に取り付けた防振箱の中に合成ゴムを設置し、その周囲をコンクリートで固定した構造である。D型弾直の特長は、マクラギを被覆する弾性材が交換可能なこと、レール下側と外側のみコンクリートをてん充することである。図3-2-23にD型弾直の構造を示す。

図3-2-23 D型弾直・構造

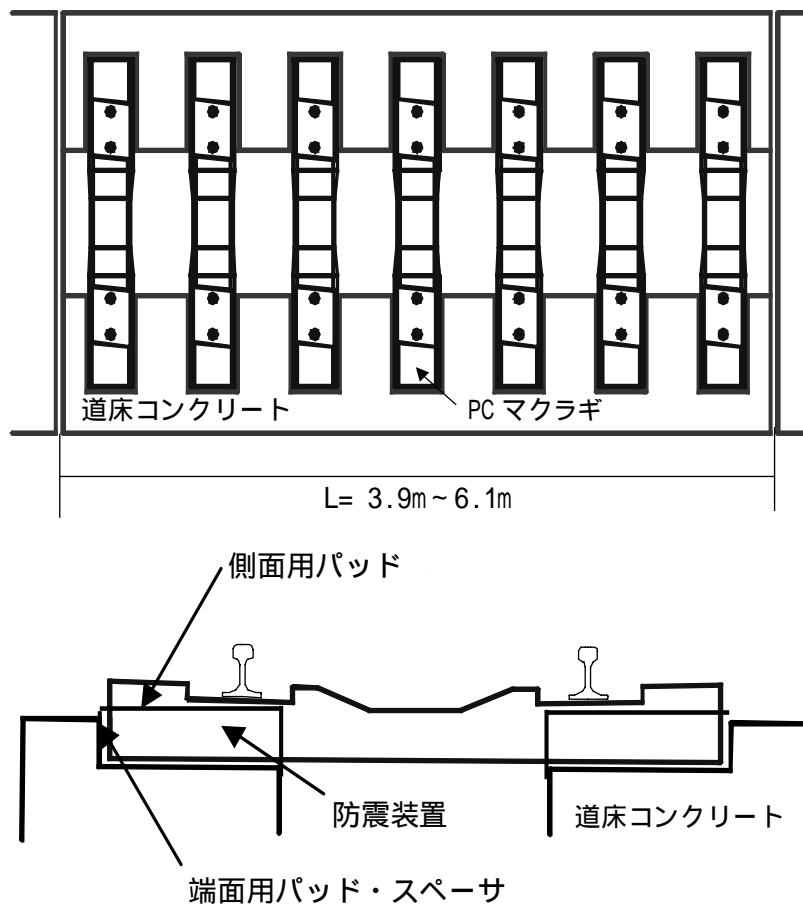


表3-2-8にD型弾直の規格・諸元を示す。

道床コンクリートは、狭隘な箇所での施工となるため、財団法人鉄道総合技術研究所で開発された従来のものより鉄筋量を減らし、補強繊維「バルチップ M7」(繊維長 30mm)を混入することで、施工性の向上とひび割れの防止対策を講じた。

表3-2-9に道床コンクリートの配合条件を示す。

道床コンクリートの最小厚さは、設計上 80mm であり、施工においてもこれを確保した。

表3-2-8 D型弾直規格・諸元

項目	規格・諸元	
キ口程	土讃線 124k859.1m ~ 128k573.5m L=4,517.76m	
線形	R= : 2,597.72m	R=1200 : 313.31m R=400 : 674.98m R=600 : 208.20m R=800 : 237.62m
レール	50N	
PC マクラギ マクラギ標準間隔	特殊型特殊区間用 700mm	
締結装置 調整余裕	50kgN レール用 D型弾直軌道用 高低 23(ばね受台で 10mm、姿勢変化で 13mm) 左右 -8, 16	
標準緊締トルク	40N・m	
マクラギパット	材質：SBR ステンレス板付	
防振装置	長さ 600mm × 幅 356mm × 高さ 138mm 材質：ポリプロピレン製	

表3-2-9 道床コンクリートの配合条件

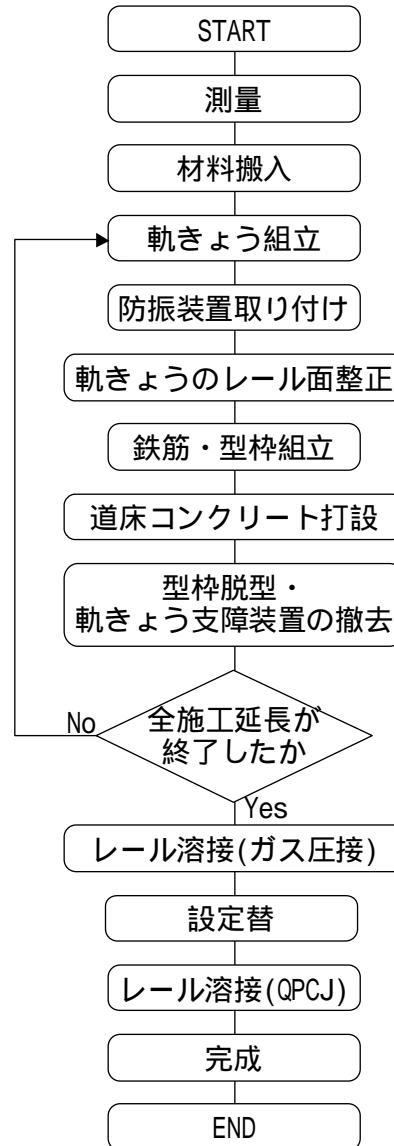
設計強度 (N/mm <sup>2</sup> )	セメント の種類	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラブ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	最大 水セメント比 (%)	補強繊維 混入量 (kg/mm <sup>3</sup> )
24	N	20	15 ± 2.5	4.5 ± 1.5	55	9.1

## (2)施工方法

図3-2-24に本工事の施工順序を示す。

施工は、軌きょう組立後、道床コンクリートの鉄筋・型枠を設置し、コンクリートを打設する。この工程を約 75m ごとに繰り返し、すべての道床コンクリート打設完了後、レールのガス圧接を行い、最後に設定替と QPCJ によるレール溶接を行うのが全体工程となる。

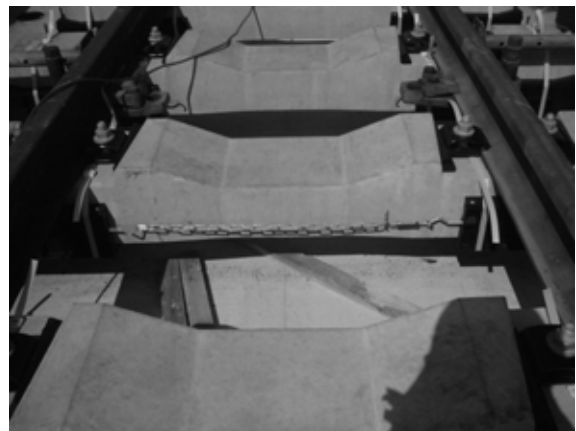
図3-2-24 施工順序図



1) 防振装置取り付け

防振装置の PC マクラギへの固定は、当初 PP バンドを使用した。また、マクラギ端面と防振装置端面パッドを密着させるため、左右の防振装置を PP バンドでタスキ掛けに締め付けた。しかし、この方法では、左右の防振装置を堅固に固定できず、内型枠施工時の横圧で防振装置が外方に押し出され、その結果マクラギ端面と防振装置に隙間が生じた。そこで、左右の防振装置をターンバックルとチェーンで固定する方法に変更した。

防振装置固定状況



## 2) 軌きょうのレール面整正

仮受けした軌きょうのレール面整正は、軌きょう支承装置とパイプサポートで行った。

軌きょう支承装置及びパイプサポートの支持間隔は、レール長手方向に2.5mとした(パイプサポートの反力は地覆で確保した)。曲線部では、レール長手方向に7.5m間隔でパイプサポート支持柱を仮設し、軌きょう整正(特に通り整正)の作業性及び軌きょうの保持力を高めた。

なお、高架橋の高欄は、景観設計によりCFRP(炭素繊維強化プラスチック)製の特殊素材を使用したものとなっているため、軌きょうの保持や型枠組立の際、高欄に荷重を与えることができない条件となった。

パイプサポート支持柱等 設置状況



パイプサポート

パイプサポート支持柱

## 3) 鉄筋・型枠組立

型枠は、当初木材加工のみで組立てていたが、施工現場が狭隘でかつ型枠加工に細工を要したため、当初計画の工程確保が困難な状況となった。そこで、最大のネックとなっていた内外型枠固定の梁を長さ調節できる鉄製のパイプ梁に変更したところ、施工性が向上し、当初計画通りの工程を確保することができた。

内型枠固定梁



外型枠固定梁



#### 4) 道床コンクリート打設

コンクリートへの補強繊維の混入・攪拌は、現場で行った。コンクリートミキサー車のドラムに補強繊維を直接投入し、90秒間高速攪拌した後、打設した。また、打設中、打設後は、レールを半割れボイドで覆い、レール温度の上昇を防いだ。

道床コンクリート打設状況



#### 5) ロングレール設定替

今回使用した50Nレール対応弾直軌道用締結装置は、緊締トルクが $40\text{N}\cdot\text{m}$ と非直結軌道系レール締結装置より小さく、緊解機が使用できないため、トルクレンチで緊締し、溶接レールの重なり箇所は、緊張機で保持緊張を行った状態でQPCJによる二次溶接を行った。最終の仕上げとして、二頭式のトルク検査・締め直し機でレール・マクラギを全数締結した。

設定替完了後、トラックマスターを使用して50cm間隔の検測データを抽出し、それを基に不具合箇所の微調整を行い、軌道の仕上がり精度を上げた。

2 - 4 電気・通信関係工事

電気関係工事は、仮線新設のための支障移転工事、仮線電気工事、高架橋新設のための支障移転工事、高架橋・駅電気設備工事を実施し、平成10年度(1998)から平成20年度(2008)までの11年間にわたる工事となった。電気設備においても、景観を考慮した設備とするため、無電柱化、デザイン、形状、配色等の工夫を行った。また、駅設備は、バリアフリー法(高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律)に合う設備とした。

今回特に工夫した点は、高架上設備のため必要な防鼠対策工法と、過去の水害を考慮した高架下機器室の防災対策工法(地震、水害、火災)である。

(1)電灯電力設備

1)受電設備

高知駅周辺は、地中化区域のため、四国電力株式会社より駅舎・店舗設備用として6.6KV三相3線を2回線、また信号設備用として三相3線1回線を高知駅東線横の高架下に電気室を設け地中ルートで受電した。

2)配電設備

高架上は、景観設計として高圧配電線路を高架ダクト内に高圧ケーブルを布設し無電柱化した。

3)駅設備

照明設備は、昼光利用とし設定時刻により自動的に調光を行う照明制御で省エネを図った。コンコース及びホームの照明は、無電極放電ランプを使用し、メンテナンスフリーで長寿命、高演色な快適性を実現した。

LED式発車時刻標は、観光県高知にふさわしい四国初の日本語と英語のダイヤを交互表示とした。また、ホームの表示器は列車接近注意をフリッカー表示とした。

くじらドームのライトアップは、木造構造の暖かみを演出し、はりまや橋から眺望できるようにした。

表3-2-10 電灯電力設備概要

設 備 種 別	数 量	
配電線路	信号高圧ケーブル	1.4km
	灯力高圧ケーブル	0.5km
受電設備	受電盤	1 式
配電設備	配電盤	2 式
照明設備	各種	1 式
発車時刻標	LED 式	6 面
電気掲示器	各種	1 式

発車時刻標



コンコース照明



大屋根ライトアップ





(2)信号設備

1)信号扱所

信号扱所を駅2階に設け、連動機制御盤、運行表示装置(高知・窪川)を設置している。

2)連動装置

信号機器室は、高知駅東線横の高架下の建物に電気室と併設して設け、第1種継電連動機を設置した。機器室の床高は、水害を考慮し周囲レベルより1.5m高くした。

3)電気信号機

電気信号機は、省エネと視認性を考慮しLEDを採用した。また、出発信号機は、景観を考慮した点検台のないシンプルな構造の信号ビームとした。

表3-2-11 信号設備概要

設 備 種 別		数 量
電気信号機	LED式	19個
中継信号機	灯列式	3個
継電連動機	第1種電気継電	1組
ATS地上子	各種	28個
運行表示装置	高知・窪川	1組
電子閉そく装置	駅装置	1組
CTC制御装置	駅装置	1組

シンプルな構造のビーム



(3)通信設備

1) 駅通信設備

放送設備は、バリアフリー対応として列車の接近案内、接近警告、発車案内、乗車口案内が列車運行状況に合わせて自動放送できるものとした。また、列車接近時は、電光板で「列車が来ます」が点滅し、接近警告を行うことにした。

バリアフリー設備として目の不自由な方でも駅の設備がわかるように、音声チャイムを階段、改札口、駅入口、トイレ入口に設置し、常時その位置を知らせるようにした。また、利用者が操作できる指定席券売機と空席情報端末を券売機コーナーとみどりの窓口に設置し、利用者の利便性を図った。駅の設備は、建物の色とマッチするような配色とした。

2) 通信装置

信号通信機器室に、列車運行に必要な搬送通信装置、電話交換装置、列車無線装置、雨量監視装置、電子閉そく装置等の設備を設置した。

表3-2-12 通信設備概要

設 備	種 類	数 量
通信線路	ケーブル各種	8km
電話機	指令用	11 個
放送設備	自動放送	1 組
監視カメラ	各種	19 個
電気時計	子時計	18 個
座席予約端末装置	各種	4 組
搬送装置	多重化装置	2 組
電話交換装置	デジタル	1 組

旅客誘導チャイム



2-5 高架側道工事

高架側道は、県が工事主体となって整備した。高架側道区域には、仮線区間において仮線に使用する箇所と、高架橋や仮線の工事用道路に使用する箇所がある。

仮線箇所では、高架切替後に踏切撤去と、仮線の軌道や路盤を撤去した後に側道工事を施工した。通常、仮線撤去の工事で防音壁を同時に撤去するが、側道工事の防塵・防音に利用するため、側道工事の中で撤去した。また、工事用道路に使用した箇所では、一部側道を完成させた工区を除いて、交差道路との交通安全上の問題で、高架切替後の踏切を撤去し、交差道路の交通状況に応じて工区を設定して順次施工した。

防音壁撤去状況



別線区間においては、既存道路がある個所で高架工事用の道路に使用した後、既存道路の状態で使用して、高架切替や踏切撤去後に完成断面で施工した。既存道路がない個所では、工事用道路で使用した後、高架切替や踏切撤去後に工事を施工した。

側道工事を施工する際に、ガス、上下水道などと工期調整をして埋設工事を同時に行った。道路排水は、高架排水も含めて周辺の下水道計画に合わせて配管の接続を行っている。

図3-2-25 側道整備工事の流れ

