

*sukumno bridge*

# 宿茂高架橋(鋼上部工)工事

日本道路公団四国支社大洲工事事務所  
株式会社 巴コーポレーション

# JACK UP TURN-Method *SUKUMO*

## 工事概要

宿茂高架橋は松山自動車道の愛媛県内子町に位置し、急峻な谷に架かる4径間連続鋼2主桁橋です。本橋の架設には、ジャッキアップ回転架設工法というこれまでにないアイデアを取り入れた工法を用いています。

この工法は鋼桁を橋脚に添ってジャッキにより順次縦組立てし、組立て完了後ワイヤロープにより回転し架設するもので、山岳の深い渓谷に橋を架ける場合に適しています。

この他にも宿茂高架橋では、現状で製作・施工可能なさまざまな新しい技術を取り入れ、鋼橋の経済性と合理化を目指しています。

### 本橋の特徴

1. 複合ラーメン橋の採用 (中間支点をRC橋脚と剛結)
2. 場所打ちPC床版の採用  
橋軸直角方向 : PRC 設計 SWPR19-1T25.4ctc500 \ 橋軸方向 : RC設計
3. 耐候性鋼材裸使用(最大板厚 72mm)
4. 主桁フランジへのLPプレートの採用(最大テーパ率 : 3.7mm/m)
5. LPプレートへのHTB接合の採用
6. 併用継手の採用(フランジ : 現場溶接、ウェブ : HTB接合)
7. ジャッキアップ回転架設工法の採用

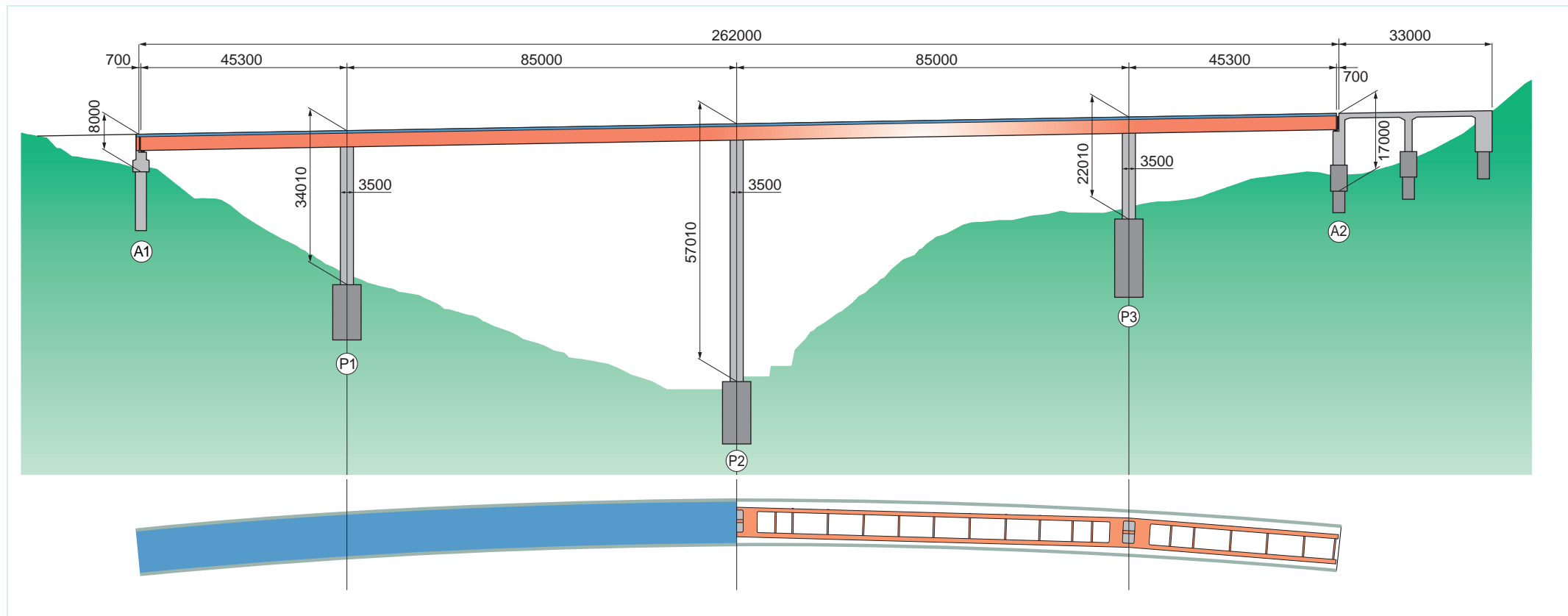
### 架設工法の特徴

1. 高橋脚を有する上部工架設に最適です。
2. 架設する橋梁の隣接部が送り出しヤードとして計画しにくい場合に有効な工法です。
3. 高所作業を極力少なくした工法です。
4. 少数主桁橋の架設に適しています。

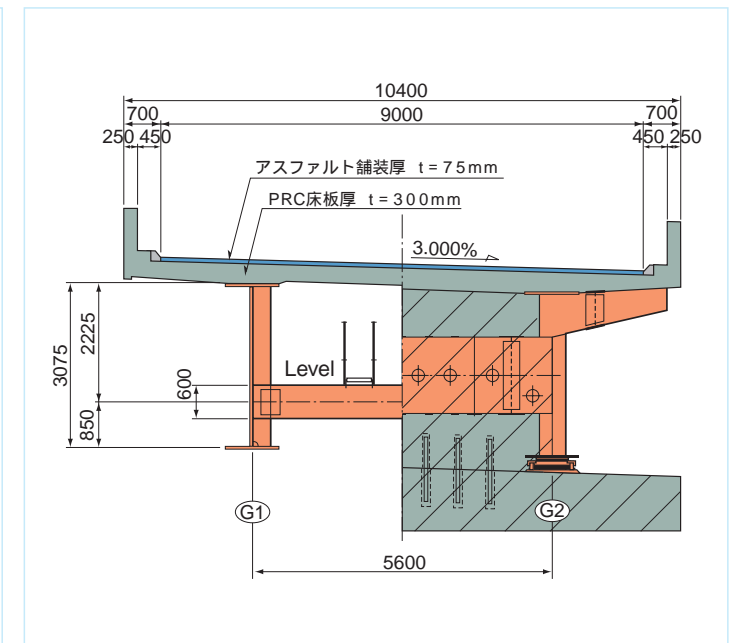
### 設計条件

道路規格	第1種 第3級 B規格
設計速度	80km/h
設計荷重	B活荷重
橋梁形式	4径間連続複合ラーメン鋼2主桁橋 (非合成桁)
橋長	262.0m
支間	45.3m + 85.0m + 85.0m + 45.3m
有効幅員	9.0m
線形要素	平面線形 R=1400m 縦断線形 1.9%

全体一般図



標準断面



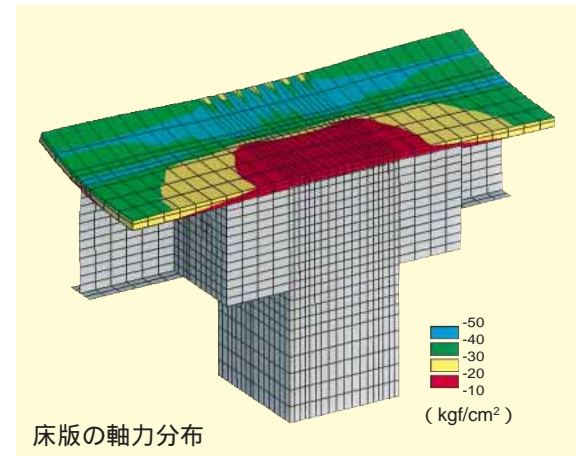
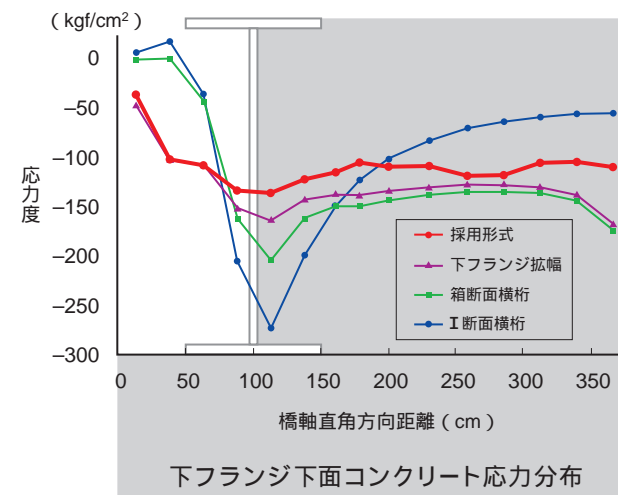
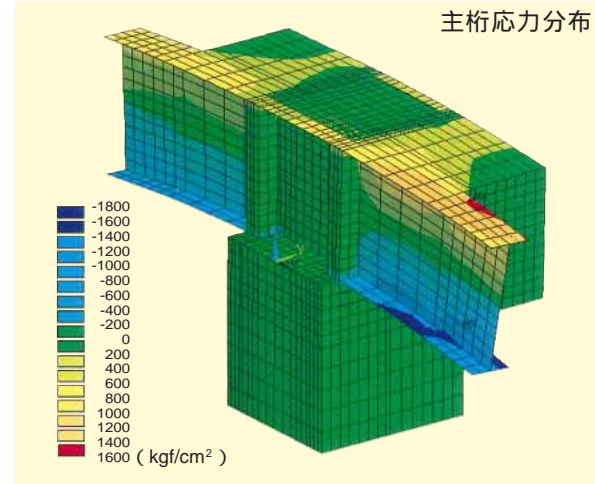
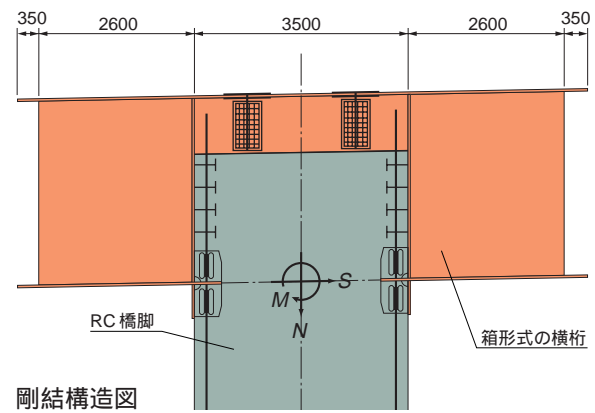


## 設計

### 剛結構造

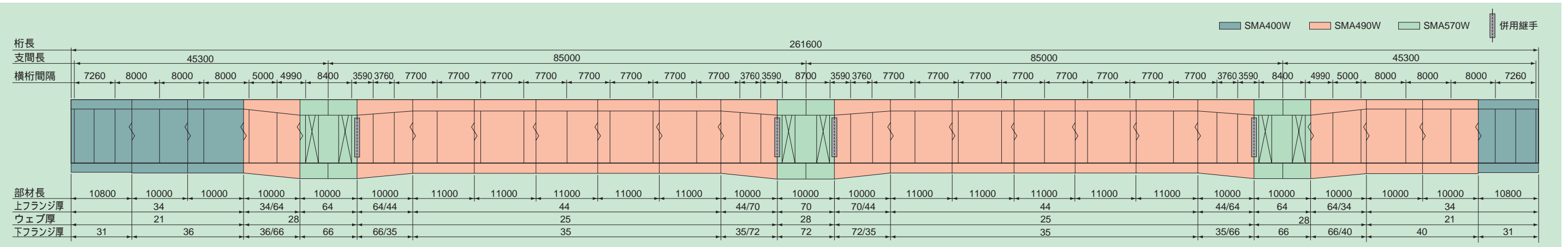
主桁間隔の広い2主桁橋については、断面力が主桁近傍に集中するため、主桁直下のコンクリート応力が非常に大きくなります。コンクリート応力を低減するために種々の構造に対して立体FEM解析による検討を行っています。

本橋では、剛結部横桁に箱形式を採用することで主桁からの応力を分散させ、橋脚への均等な断面力の伝達を図っています。



剛結部の床版へのプレストレス導入効果を立体FEM解析により確認しています。  
張出部についてはプレストレスの導入効果がみられるものの、剛結構造を有する主桁間ではその効果が小さくなるため、RC床版として設計を行っています。

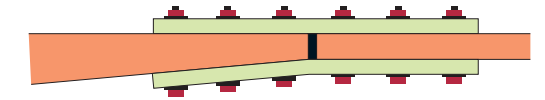
### 断面構成図



### LPプレート

中間支点付近の急激な曲げモーメントの変化に対して効果的な断面諸元となるLPプレートをフランジに採用しています。

現場継手としてHTB接合を採用しています。

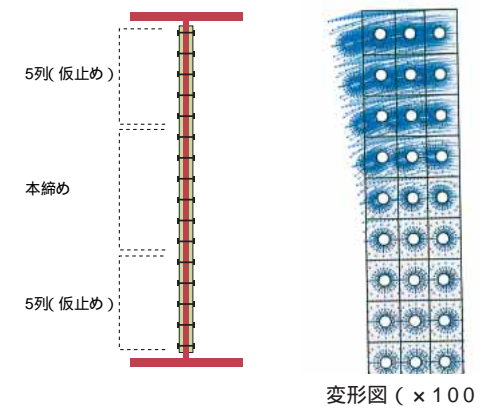


最大テーパ率 3.7mm/m (1-LP1000×72/35×10000)

### 併用継手

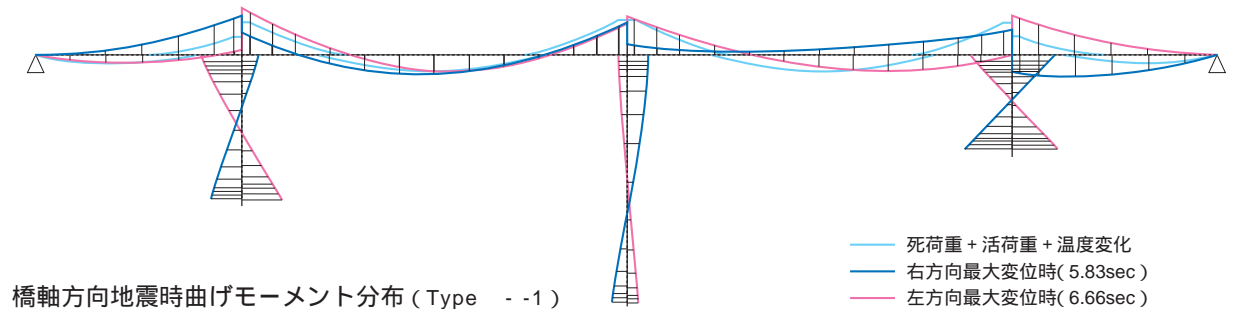
フランジ厚が50mm以上の現場継手箇所については、フランジを現場溶接、ウェブをHTB接合とする併用継手を採用しています。施工方法は、初めにウェブHTBを締付けたのち、フランジを現場溶接します。本工事では、現場溶接時の熱ひずみを解放するため、フランジより5列のHTBを仮止め状態とし、溶接完了後本締めを行います。

併用継手の採用にあたり、溶接施工試験より得られた熱ひずみ量を基にウェブ側変形の影響範囲を弾塑性有限変位解析により確認しています。



### 耐震検討

時刻歴応答解析により橋脚基部の先行塑性化および上部構造への影響を確認しています。上部構造は、断面決定状態の死荷重+活荷重+温度変化の曲げモーメントに対して、中間支点付近の曲げモーメントの変化がゆるやかな分布となるため、断面抵抗が小さくなる相反部が降伏する結果となり、端支間の2ブロックの断面アップを行っています。



橋軸方向地震時曲げモーメント分布 (Type - 1)

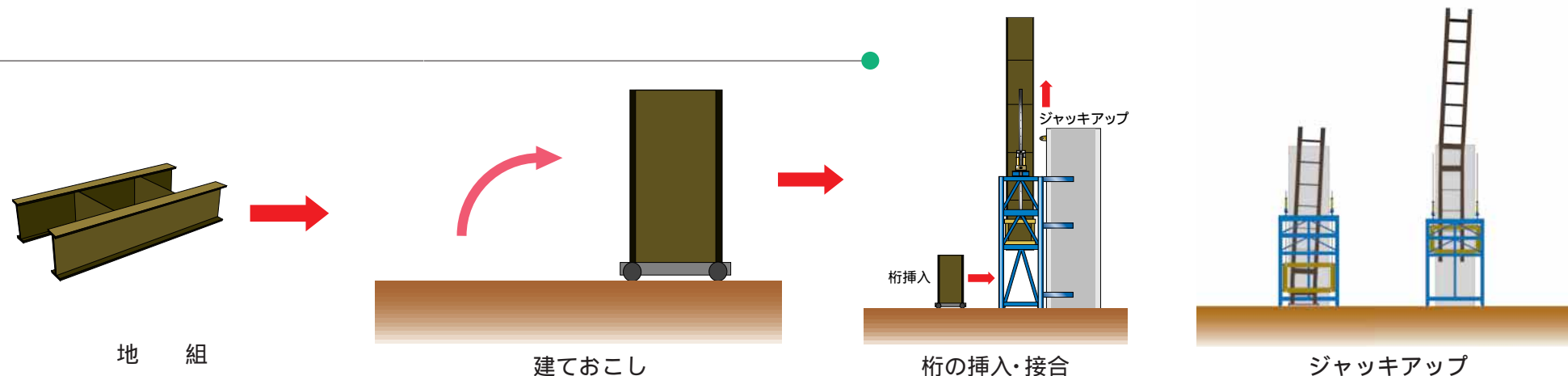
— 死荷重 + 活荷重 + 温度変化  
— 右方向最大変位時 (5.83sec)  
— 左方向最大変位時 (6.66sec)

# JACK UP TURN-Method

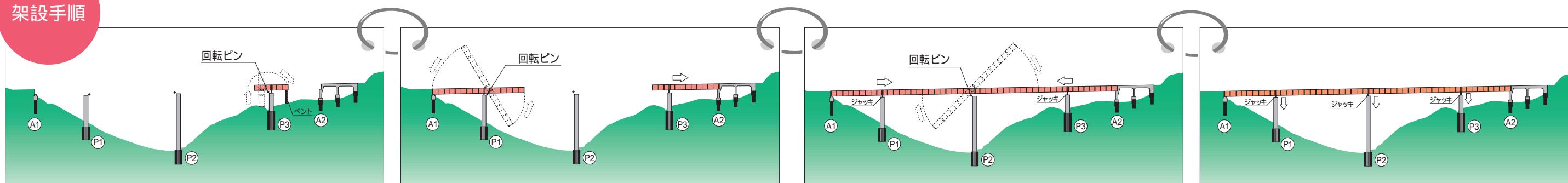
## 架 設

### ジャッキアップ手順

ジャッキアップ回転架設工法はP1、P2橋脚基部に設置したジャッキアップ設備 P3 橋脚は桁回転のみ)により、主桁の建おこし後、桁の挿入・接合を行い橋脚に沿って鉛直方向にジャッキアップ等の一連の作業を繰り返し、橋脚頂部の回転ピンを中心にした鉛直面内の回転を行い架設する工法です。



### 架設手順



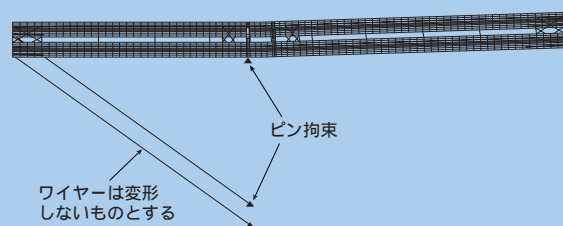
P3橋脚の3ブロックを架設し、現場溶接後回転させます。その後、A2側3ブロックをトラッククレーンで架設、閉合したのちA2橋台側へセットバックします。

P1橋脚の8ブロックをジャッキアップ回転工法により架設します。架設後、A1橋台側へ桁をセットバックします。

P2橋脚の11ブロックをジャッキアップ回転工法により架設します。P1、P3側の桁を移動し全桁を閉合します。

各橋脚であらかじめジャッキアップしておき、閉合後ジャッキダウンし所定のカンバー値とします。

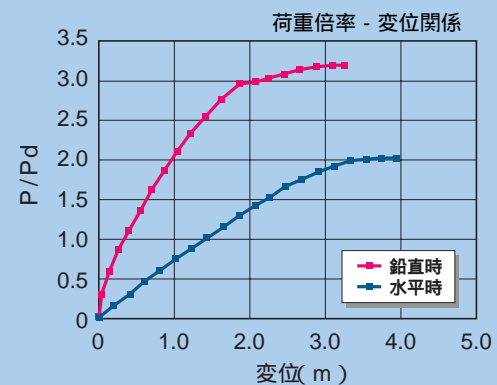
### 座屈安定性



ジャッキアップ回転架設工法の架設系断面力は、直立状態の軸力最大から、回転するにつれてせん断力と曲げモーメントが加わり、回転完了時に曲げモーメント最大となります。架設時安定性を確認するため、軸力最大となる直立状態と曲げモーメント最大となる水平状態の架設系に対して、弾塑性有限変位解析を行っています。

#### 【結果】

荷重倍率 - 変位関係より、基本荷重 (直立時:  $P_d = \text{死荷重} + \text{風荷重}$ 、水平時:  $P_d = \text{死荷重}$ ) に対する安全率は2倍以上あることを確認しています。架設時補強横構は、桁閉合ブロックと風荷重時の水平変位を抑制するために回転ピン付近に配置しています。

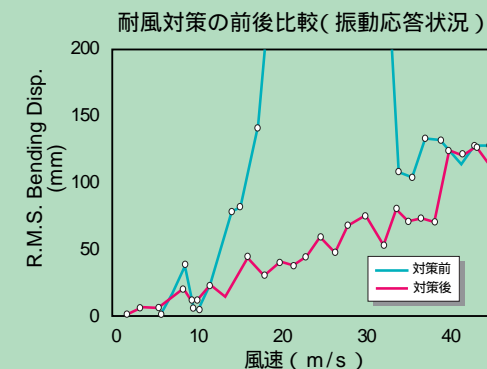


### 耐風安定性

風洞実験の結果、橋軸方向( 偏角0 前後 )からの20m前後の風速により桁断面の弱軸方向となる面外方向の渦励振が観測されました。

#### 【結果】

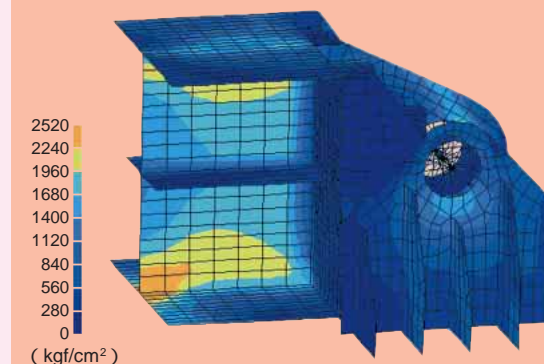
制振対策としてロープを張ることは地形上困難なため、耐風対策として桁先端部10m程度の範囲に防護ネットを張ることで面外方向の振動が抑えられることがわかりました。



### 回転ピン取付部の安全性

直立時の回転ピン取付部には、曲げモーメントと鉛直荷重による2軸応力状態となります。取付部の安全性を確認するため、部分的なFEM解析を行っています。

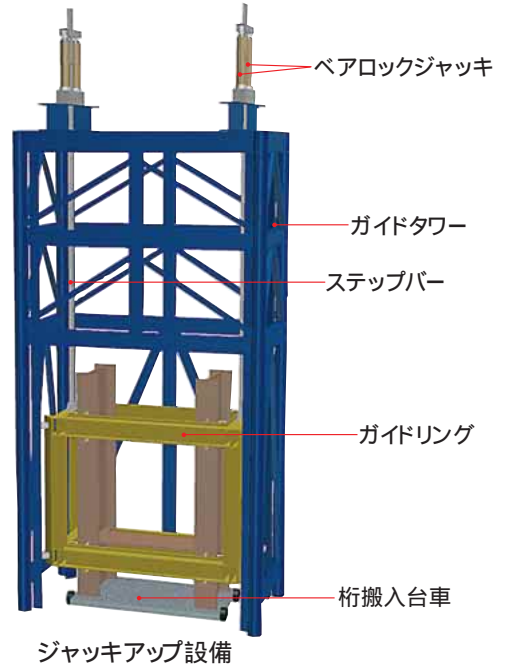
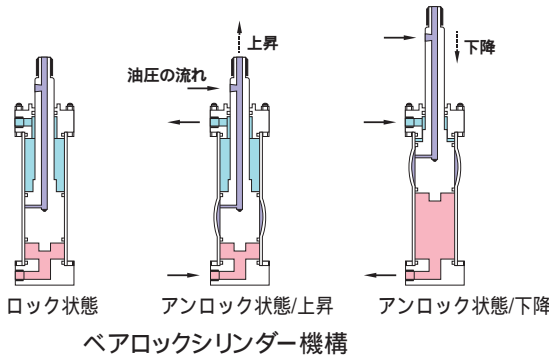
【結果】 主応力  $\sigma_1 = 2237 \text{ kgf/cm}^2$ 、  
Mises応力  $\sigma_m = 2520 \text{ kgf/cm}^2$   
の結果より安全と判断しています。  
材質は SMA490BW:  $\sigma_y = 3600 \text{ kgf/cm}^2$   
を使用しています。



## ジャッキアップ設備

ジャッキアップ設備は、ベアロックジャッキシステム、ガイドタワー、ガイドリングおよび桁搬入台車により構成されています。

**ベアロックジャッキシステム**  
 2基のベアロックジャッキとステップバーを組み合わせ、リフトアップするジャッキアップシステムです。ベアロックジャッキは、油圧シリンダーのシリンダーチューブに圧力を加えてチューブが弾性変形をする性質を利用したメカニカルロック装置となっており、圧力をかけない状態でもロック機能を有するフェイルセーフ構造となっています。



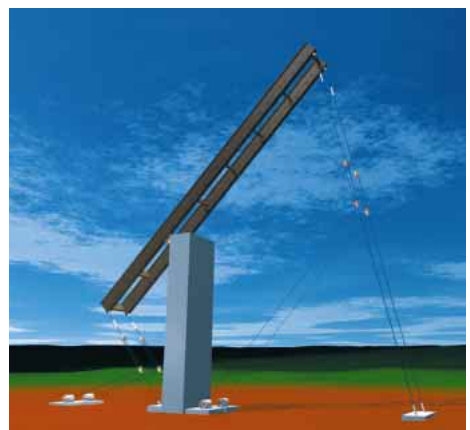
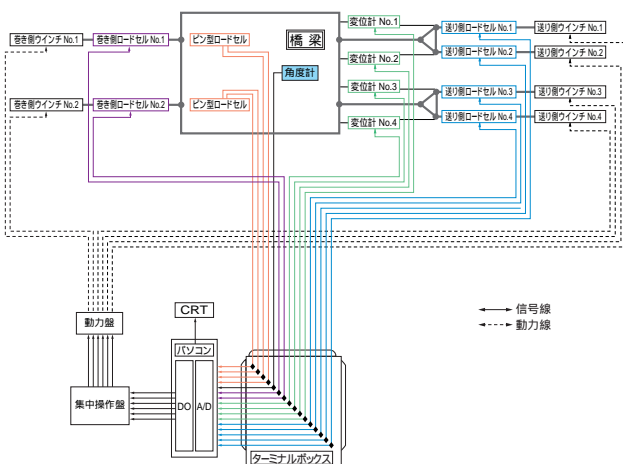
**ガイドタワー・ガイドリング**  
 ガイドタワーは、ジャッキアップ時の反力フレームです。桁はガイドリング内に抱え込まれ、ガイドタワーに設置されたレールに沿って上昇します。

**桁搬入台車**  
 縦組みした桁をガイドタワー内に挿入するためのサスペンション機能を有する台車です。桁のアンバランス荷重に対する転倒防止装置および桁を所定の位置にセットするための横移動調整装置を備えています。

回転制御は荷重制御で行います。送り側および巻き側ワイヤー張力を計測し、それぞれのウインチをシーケンス制御により、ワイヤー張力を設定した張力管理にあるように制御を行います。すべての制御は、パソコンにより行い、安全のためのオーバーロードリミット、アンダーロードリミット、変位アンバランスリミットの監視も同時に行います。回転状況はディスプレイ上に数値およびグラフィックにて表示されます。

## 回転制御システム

### 制御システム





# 各種 実験

ジャッキアップ回転架設工法の安全性を確認するために  
次のような実験を行っています。

## 風洞実験

2主桁橋の耐風安定性についてはこれまでにほとんど研究事例がなく、またジャッキアップ架設時に桁が60m程空中に突出することから、耐風安定性を確認するため3次元全橋模型を用いた風洞実験を行っています。(横浜国立大学)



## 回転実証実験

桁の回転制御システムの検証、ワイヤリングの安全性、ウインチの操作性、回転ピンへのアンバランス荷重の確認を目的とした回転実証実験を行っています。

(石下試験所)



## 回転ピン載荷実験

本工事で実際に使用する回転ピン構造の荷重特性値を確認するために載荷実験を行っています。鉛直荷重を600tfまで載荷し、荷重ひずみのヒステリシスが線形関係にあることを確認しています。(日本大学)

回転ピンの断面性能  
断面形状 : 240mm  
断面積 : 452.39cm<sup>2</sup>  
断面係数 : 1357.2cm<sup>3</sup>  
材質 : SCM440

位置図



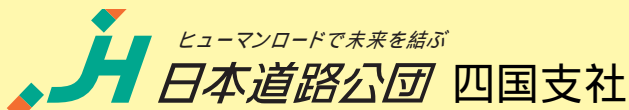
工事箇所 / 愛媛県喜多郡内子町宿茂



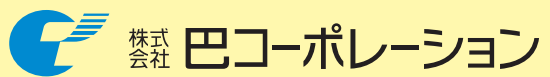
工事工程

	平成10年		平成11年												平成12年		
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
準備・仮設工	■																
ジャッキアップ 回転設備工	P1			■	■	■	■	■	■								
	P2					■	■	■	■	■	■	■	■	■			
	P3			■													
架設工	P1						■	■	■	■							
	P2									■	■	■	■	■			
	P3																
橋脚、剛結部 コンクリート工			■	■	■	■	■						■	■			
床版工																	
付属物工																	
跡片付け																	
備考																	

P3橋脚部回転 P1橋脚部回転 P2橋脚部回転・閉合



大洲工事事務所  
795-0064 愛媛県大洲市東大洲180-1  
TEL 0893-24-1191



本社  
104-0061 東京都中央区銀座6-2-10 合同ビル  
問合せ先：橋梁設計部  
135-0061 東京都江東区豊洲3-4-5  
TEL 03-3533-7971 FAX 03-3533-7979  
URL : http://www.tomoe-corporation.co.jp/

ジャッキアップ回転架設工法の開発 / 山岳橋梁架設技術検討グループ

新日本製鐵株 / 日本鋼管株 / 川崎製鐵株 / 住友金属工業株 / 株神戸製鋼所 / 株バコーポレーション