

# 鋼床版細幅箱桁の設計と施工

## Design and Construction of the Less-stiffened Box Girder

矢ヶ部 彰\*  
Akira YAKABE

### Summary

The steel deck box girders in OE33 division have the characteristics below:

- ・ Because of adopting the less-stiffened box girder, manufacturing costs are reduced compared with the conventional box girders.
- ・ At Shiba River crossing(P12 ~ P13), the cantilever erection methods are adopted without bents or temporary structures in the river for environmental reasons. Unless the construction is executed in the flood period, the schedule is shortened.

キーワード：鋼床版、細幅箱桁、片持ち式架設、トラベラクレーン、架設時耐風安定性

### 1. はじめに

本橋は高速埼玉新都心線の見沼田圃地区に位置する、OE33工区の3径間連続鋼床版細幅箱桁橋である。橋長は345m、スパン構成は104.2+135+104.2mであり、中央径間において一級河川芝川を渡河する。(図-1)

本橋を含む高速大宮線の見沼田圃地区高架橋は、当初計画では往復4車線で計画されたが、当面の交通需要を考慮し、将来の拡幅に対応できる暫定2車線(標準有効幅員：12.5m)で整備した。

更に、同高架橋は田園地域に位置することから、高架下の約1.8kmにわたってビオトープが整備されると共

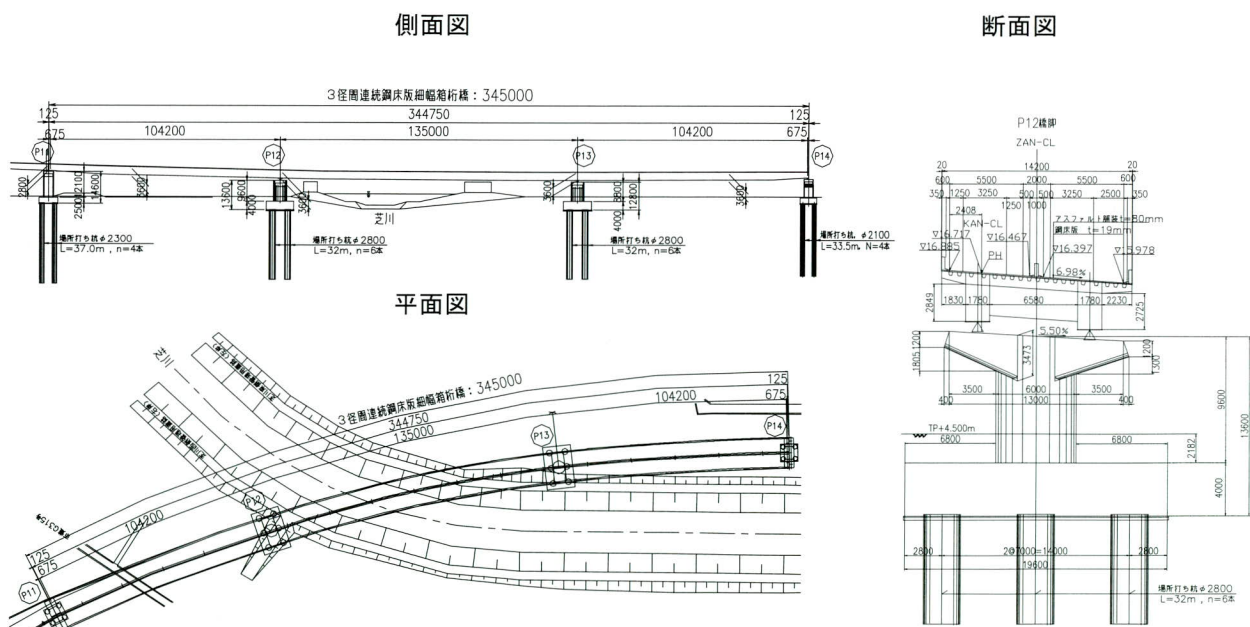


図-1 構造一般図

\*1 生産本部千葉工場生産設計グループ課長

に、周辺環境と構造物の調和に配慮した景観設計を実施している。

本橋の設計上の特徴として、細幅箱桁の採用により工場製作コストを削減したことがあげられる。

また、架設上の特徴として、芝川渡河部の中央径間においてトラベラクレーンを使用した片持ち式架設を実施することにより、①河川内の仮設設備の構築を省略して環境負荷を低減、②同部の架設を出水期に実施して架設工程を短縮、などがあげられる。

本稿では、鋼床版細幅箱桁の採用に至る橋梁形式の比較検討の経緯、およびトラベラクレーンを使用した片持ち式架設工法に絡む施工検討について報告する。

## 2. 鋼床版箱桁の構造検討

### (1) 構造概要および諸条件

本橋の設計諸元を表-1に示す。本橋は芝川に対して斜め方向に渡河することから、中央径間のスパン長は135mとなる。一方、芝川堤防上の管理道路の建築限界を確保するために、桁高は3.6m以下に制限され、支間長に比して著しく低い桁高とする必要がある。

以上の設計条件をクリアするために、軽量なため、長支間橋梁・地盤条件の悪い地域の橋梁・桁高制限がある橋梁、などに対して有利な鋼床版箱桁を採用した。

### (2) 工場製作コストの比較

近年、鋼橋のコスト削減策として、細幅箱桁、合理化鋼床版橋などが提案されている。本橋では実施設計に先立って、これらの組み合わせをパラメータとして試設計を行い、工場製作コストの検討を行った。なお、試設計は本橋を幅員一定の直線直橋に置換して行っている。

#### 2)ー1. 桁高を一定とした検討

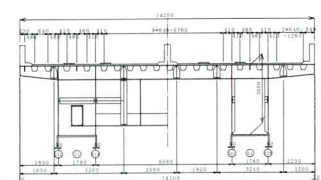
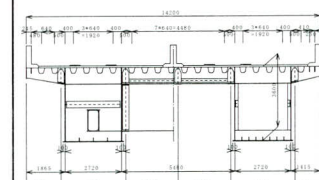
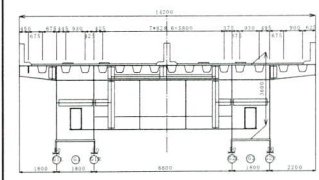
桁高を一定(3.6m)として工場製作コスト(材料・製作・塗装)を検討した。検討結果を表-2に示す。

従来型の鋼床版箱桁である第2案に比べて、先に述べたコスト削減策を取り入れた第1案(従来型鋼床版+細幅箱桁)と第3案(合理化鋼床版+細幅箱桁)がコスト面で優れる結果となった。これは箱桁の細幅化(図-2)に伴って、①下フランジが厚板化→②縦リブ・横リブ

表-1 設計諸元

構造形式	3径間連続鋼床版細幅箱桁	
線形	幅員	16.166m~14.200m
	平面線形	R=570m~A=365~R=∞
	縦断線形	i=3.0%  i=0.3%
橋格	B活荷重	
主要材料	SM400, SM490Y, SM570	
橋長	345m	
支間長	104.2+135.0+104.2m	
適用図書	道路橋示方書・同解説 I 共通編 II 鋼橋編, 2002.3 鋼道路橋の疲労設計指針, 2002.3 橋梁構造物設計要領(首都高速道路公団)平成15年	

表-2 工場製作コストの比較(桁高を一定とした場合)

		第1案	第2案	第3案
断面図				
	主桁	形式 桁高 主要材質	細幅箱桁 3.6m(一定) SM490Y・SM570	従来型箱桁 3.6m(一定) SM490Y・SM570
鋼床版	形式	従来型鋼床版		合理化鋼床版
	デッキプレート厚	12		18
	縦リブ断面	URib-320×260×6		URib-450×330×9
	横リブ間隔	2.5m		5m
工場製作費	鋼重	1.00	0.96	1.08
	材料費	1.00	0.96	1.13
	工場製作費	1.00	1.06	1.00
	工場塗装費	1.00	1.10	0.96
	工場原価	1.00	1.04	1.02
	評価	◎	△	○

等の補剛構造の簡素化→③補剛構造に付随する添接板等の部材が削減、により製作費と塗装費が軽減されたためである。

一方、合理化鋼床版を採用した第3案と従来鋼床版を採用した第1案を比較すると、コスト面では後者が優れる結果となった。

この最大の要因は、合理化鋼床版橋の第3案の鋼重が第1案に比べて8%大きくなったことにある。①本橋の支間長（135m）が合理化鋼床版橋の最適支間長（80m

程度）を大きく超過している、②桁高が制限された（3.6m）、③合理化鋼床版の床版自重が従来型鋼床版のそれに比べて大きい、などが複合的に作用した結果と考えられる。

なお、第1案は中間支点を除くと40mm以下の板厚でデッキと下フランジの断面構成が可能であり、現場継ぎ手は中間支点を除いてHTB継ぎ手とすることが可能である。

## 2)ー2. 桁高を変断面（2.8m～3.6m）とした検討

次に、支間長が大きい橋梁で一般的に採用される変断面桁（桁高：2.8～3.6m）として工場製作コスト（材料・製作・塗装）を検討した。検討結果を表-3に示す。

なお、各種の比較は、前述の第1案（桁高一定、従来型鋼床版+細幅箱桁）を基準（1.0）としている。

桁高を一定とした場合と同様、従来型の鋼床版箱桁である第2案に比べて、コスト削減策を取り入れた第1案（従来型鋼床版+細幅箱桁）と第3案（合理化鋼床版+細幅箱桁）がコスト面で優れる結果となった。

一方、第1案と第3案を比較すると、桁高を一定とした場合とは異なって、合理化鋼床版を採用した第3案がコスト面で優れる結果となった。この最大の要因は、①材片数が従来鋼床版に比べて少ないことが、工場製作費の削減に効果的に作用した、②材片数が少ないことと変断面桁の採用が相まって塗装面積が削減された、などが複合的に作用した結果と考えられる。

ただし、本橋の桁高は支間長に比べて著しく低いこと

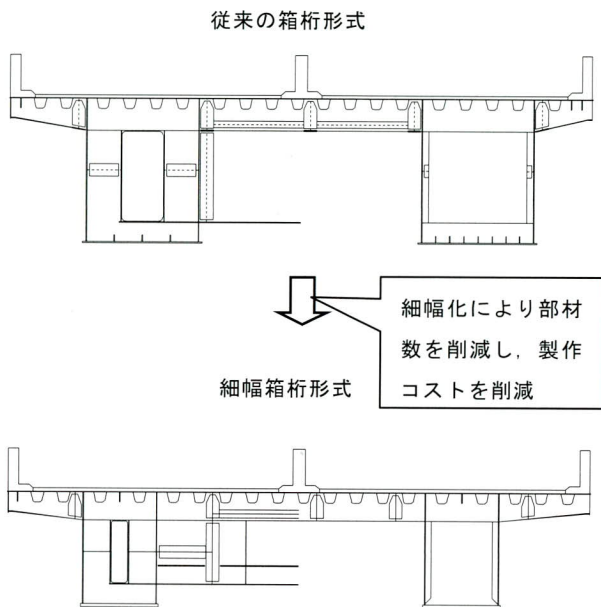
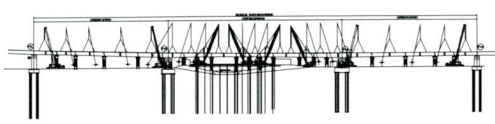
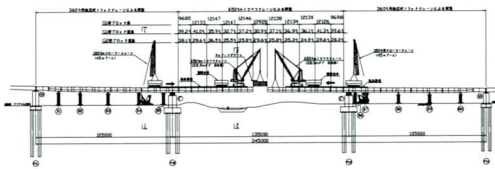


図-2 細幅箱桁によるコスト削減

表-3 工場製作コストの比較（桁高を変断面とした場合）

		第1案	第2案	第3案
断面図				
主桁	形式	細幅箱桁	従来型箱桁	細幅箱桁
	桁高	2.8m～3.6m（変断面）		
主要材質		SM490・SM490Y・SM570		
鋼床版	形式	従来型鋼床版		合理化鋼床版
	デッキプレート厚	12		18
	縦リブ断面	URib-320×260×6		URib-450×330×9
	横リブ間隔	2.5m		5m
鋼重		1.03	1.06	1.10
工場製作費	材料費	1.05	1.03	1.09
	工場製作費	1.12	1.26	1.04
	工場塗装費	0.94	1.04	0.91
	工場原価	1.08	1.17	1.03
	評価	○	△	◎

表-4 架設工法の比較

	側面図	概要	河川部の 施工時期	河川環境 への影響	経済性	評価
第 1 案	<p>中央径間：栈橋+クレーンベント架設</p> <p>側径間：クレーンベント架設</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>側径間をクレーンベント架設</li> <li>渇水期に河川部に仮栈橋を構築</li> <li>栈橋上の自走式クレーンにて桁の架設を実施</li> </ul>	渇水期に 限定	栈橋およ びベント の杭施工 時に濁流 水が発生	1.00	△
第 2 案	<p>中央径間トラベラークレーン片持ち式架設</p> <p>側径間：クレーンベント架設</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>側径間をクレーンベント架設</li> <li>中央径間を片持ち架設</li> <li>トラベラークレーンを2台使用して両側から架設</li> </ul>	限定され ない	河川への 影響は無 い	0.95	○

から、第1案と第3案で変断面桁を採用する場合にはデッキと下フランジの厚肉化が避けられず、下フランジの現場継ぎ手は全てを現場溶接とする必要がある。

2)ー3. 本橋で採用した構造

以上の結果を踏まえて、桁高一定の“従来鋼床版+細幅箱桁”構造を採用した。主な採用理由は次のとおり。

- ① 工場製作コストが最も優れている。
- ② 片持ち式架設に有利なHTB継ぎ手（溶接継ぎ手に比べて架設サイクルを短縮）を採用できる。

3. トラベラークレーンによる片持ち式架設

(1) 架設工法の選定

本橋の架設工法の選定にあたって、表-4に示す2案

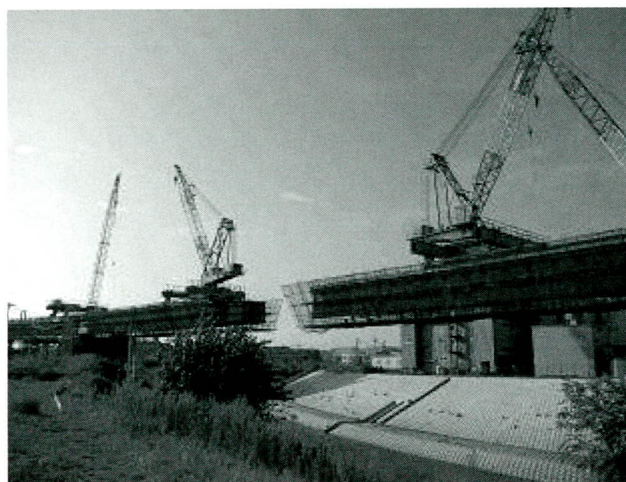


写真-1 架設状況（4パネル張り出し）

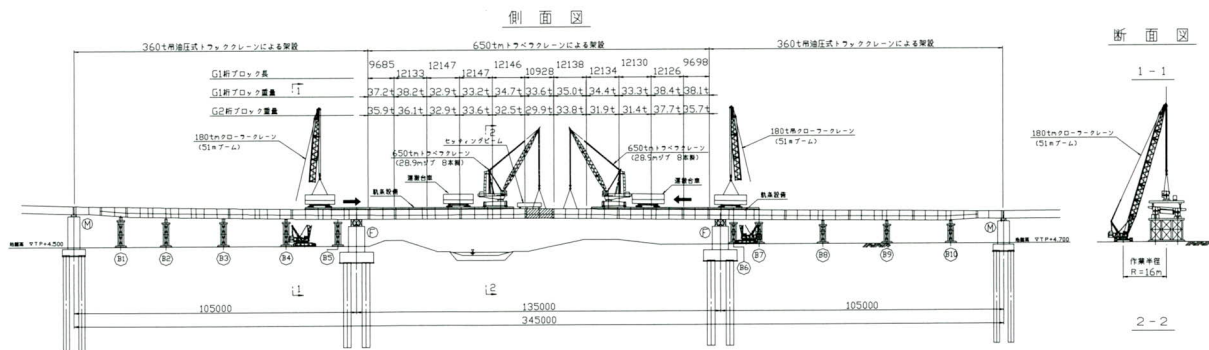
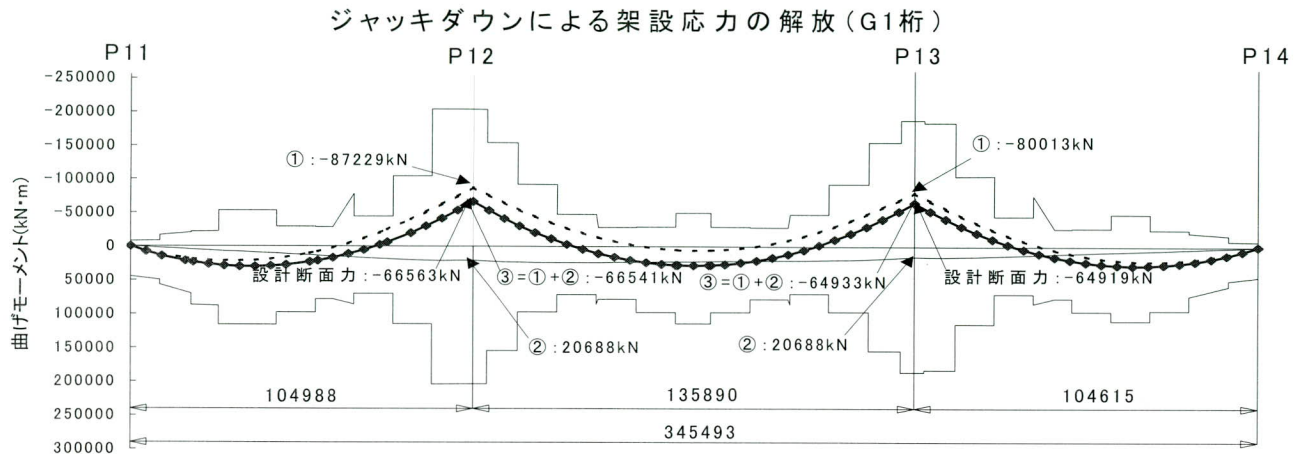


図-3 中央径間の架設一般図



- ①：片持ち状態の曲げモーメント
- ②：ジャッキダウンにより導入される正曲げモーメント
- ③：①+②（応力解放後の曲げモーメント）

図-4 ジャッキダウンによる架設応力の開放

の工法の比較を行い、トラベラクレーン片持ち式工法（第2案）を採用した。

片持ち架設は、側径間の主桁架設と鋼床版の仮置きを完了した後に、同部をカウンターウエイトとして中央径間の桁を兩岸から約70m張出して実施した。架設の一般図を図-3に、架設ステップを図-5に示す。なお、中央径間の部材の供給および架設作業は、橋上に設置した軌条上を移動する、トラベラクレーン（650tfm）と自走式の運搬台車を使用して行った。（写真-1）

本工法の採用により、芝川河川内での仮設設備（ベント、仮棧橋、杭、等）の構築を省略して河川環境への負荷の軽減を図ると共に、同部の架設を出水期に実施して全体工程の短縮を図った。

## （2）架設時の応力照査と中間支点のジャッキダウン

ベント設備を省略して中央径間の片持ち架設を実施するため、桁の張り出し量は最大で約70mとなった。このため、主橋体の応力照査を実施した。

なお、主橋体の断面構成は、主桁の片持ち架設完了後に側床版と中床版の現場継ぎ手（横シームのHTB締め付・縦シームの現場溶接）の施工（連結）を行うため、前死荷重（鋼重）に対する抵抗断面を主桁のみとし、後死荷重（橋面工自重）と活荷重に対する抵抗断面を全断面（主桁+側床版+中床版）として実施した。

応力照査の結果を述べる。

① 桁張り出し最大時：主桁と架設機材（トラベラクレーン、自走台車、軌条）の自重が作用するが、特別な補強を施さなくとも、架設応力度は許容応力度を超過しない（図-4：①）

② 架設完了時：片持ち架設の応力が残留した状態で桁が完成する場合、中間支付近では常時の発生応力度が許容応力度を大きく超過する。また、同応力度を許容応力度以下とするには、中間支付近の下フランジ厚を100mm以上とする必要がある。

このため、①主桁の閉合前に中間支点のジャッキアップ（1.8m）を実施→②同状態で主桁を閉合→③中間支点のジャッキダウンを実施、の手順を踏んで、片持ち架設の応力解放を図った。（図-4：③）

これにより、主橋体に対して特別な補強を施さずに、片持ち架設を実施することが可能となった。

## （3）片持ち架設中の形状管理

片持ち架設中の桁の形状は、全ての架設ステップで橋軸方向および橋軸直角方向の桁勾配が、トラベラクレーンの旋回可能限界勾配（2%）以下となるように計画すると共に、架設中は桁の形状管理を実施した。

計画では、①5パネル張り出し（STEP-2）までの間は、中間支点のジャッキアップ量を閉合時の計画値より小さ

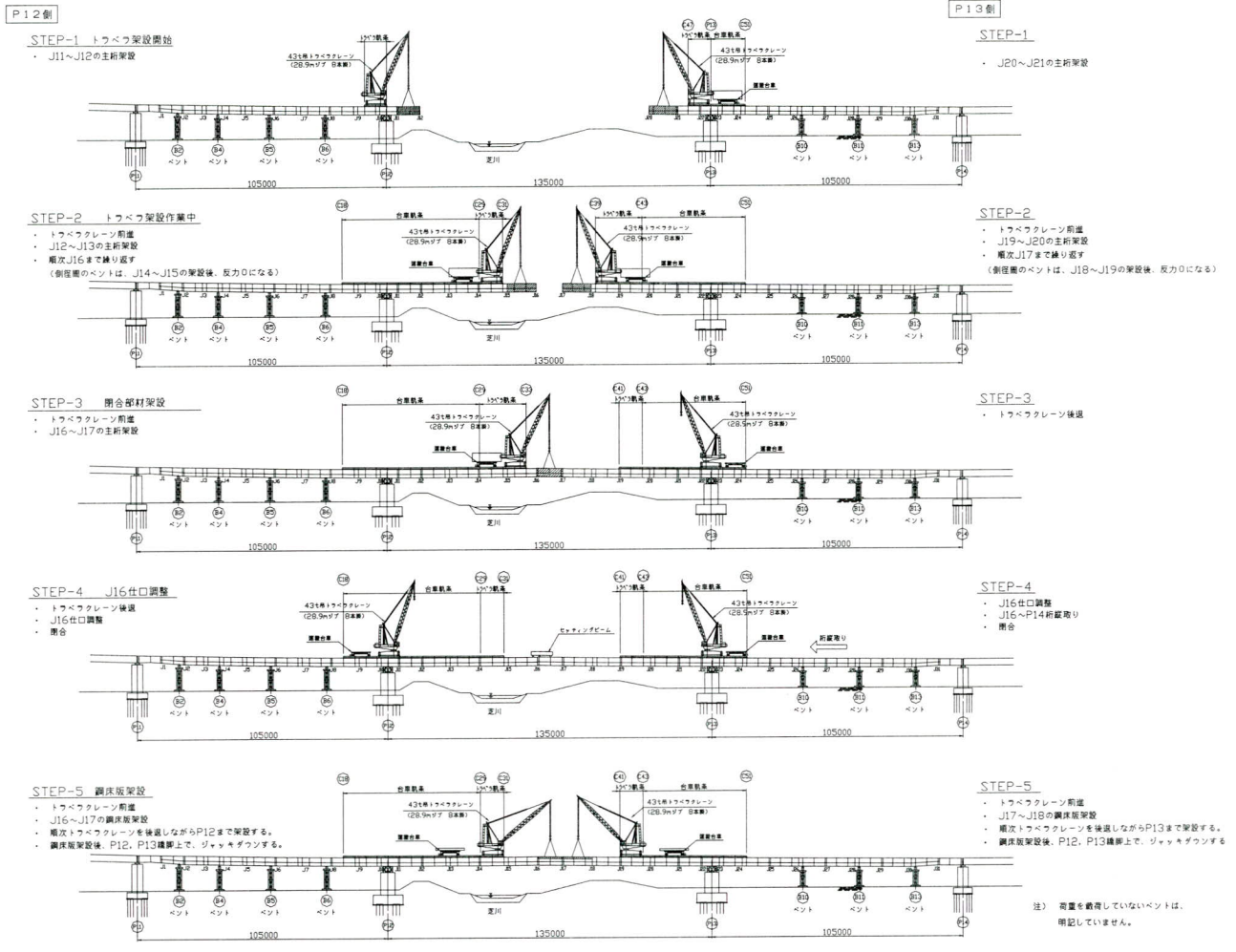


図-5 中央径間の架設ステップ図

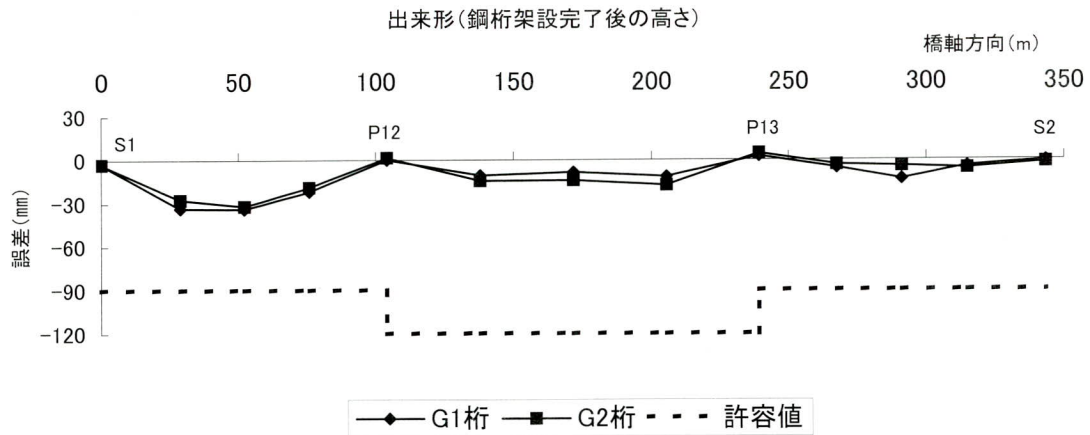


図-6 高さの出来形 (誤差)

い1.6mとする→②閉合時（STEP-3）にジャッキアップ量を計画値の1.8mに増やす、の手順を踏んで、全ての架設ステップで桁勾配が2%以下となるよう制御した。

また、架設途上の形状管理では、桁のたわみ量の実測値と計画値の誤差を±5%以内とした。なお、各架設ステップの計画値は、架設機材などの重量を忠実に反映した骨組み解析により求めた。

図-6に、鋼桁架設完了時の高さの出来形を示す。鋼桁架設完了時の高さの出来形は、誤差が最大で許容値の37%（スパン：104.2m、最大誤差：34mm、許容誤差：90mm）以内であり、高い精度を確保することができた。

### （5）片持ち架設時の動的耐風安定性の検討

片持ち架設中の耐風安定性の検討は、道路橋耐風設計便覧に基づいて実施した。ここでは、同便覧に基づく判定で照査が必要と判断された「たわみ渦励振」に関する検討について報告する。

照査風速は、実際の架設期間を上回る6ヶ月（実際の

架設期間は2ヶ月）として求め、17.7m/sとした。なお、架橋地点付近の過去の最大風速（10分間平均風速）は14m/s（統計期間：1977/12～2005/08）<sup>2)</sup>であり、照査風速はこれを上回っている。

片持ち架設時の渦励振に対する耐風安定性の検討結果を表-5に示す。検討は全架設ステップを対象とし、渦励振の発現風速を上部工の固有周期により制御する方法を採用した、なお、固有周期は、①トラベラクレーンの位置、②側径間のベント支持の有無、により制御した。

以上の検討結果に基づいて、架設時の耐風安定性を確保するために、次の対策を講じることを計画した。

#### ①. 桁の張出が3パネルまでの状態

完成時の支点のみで桁を支持する場合、照査風速以下で鉛直たわみ渦励振が発現する可能性がある。（表-4：着色部）

従って、台風接近、あるいは同じ架設状況が長時間継続する場合は、側径間のベント支持により固有周期を変化させて、渦励振の発現風速を上げる。（図-7、図-8）

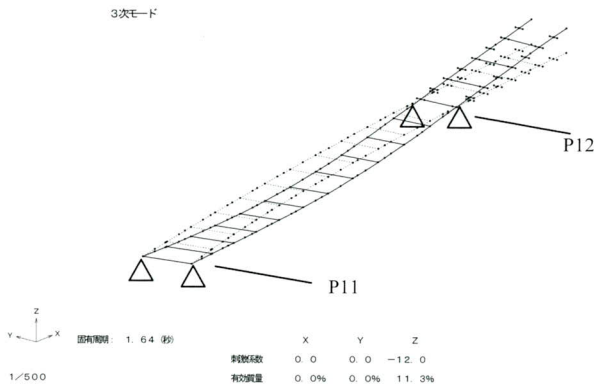


図-7 3パネル張出し（支持点：完成時支点のみ）

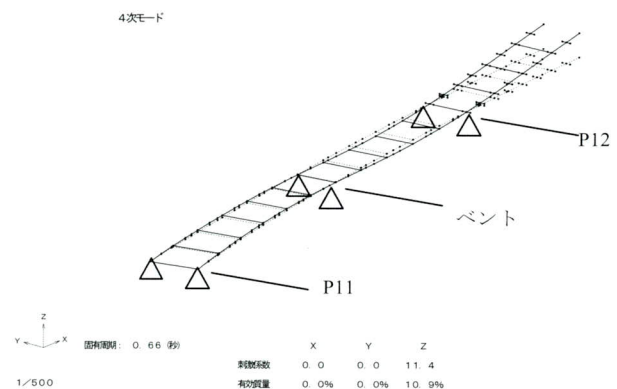


図-8 3パネル張出し（支持点：完成時支点+ベント）

表-5 渦励振に対する耐風安定性の検討結果

張出状況	トラベラ位置	ベントの支持の有無 P11側：B5 P14側：B10	P11側				P14側			
			鉛直たわみ		ねじり		鉛直たわみ		ねじり	
			振動数 $f_n$ (Hz)	発現風速 $U_{cvn}$ (m/s)	振動数 $f_\theta$ (Hz)	発現風速 $U_{cv\theta}$ (m/s)	振動数 $f_n$ (Hz)	発現風速 $U_{cvn}$ (m/s)	振動数 $f_\theta$ (Hz)	発現風速 $U_{cv\theta}$ (m/s)
3パネル	橋脚上	無	0.649	14.4	2.497	36.8	0.658	14.6	2.497	36.8
	先端	有	1.516	33.6	2.487	36.6	1.672	37.0	4.109	60.5
4パネル	橋脚上	無	0.612	13.5	4.136	60.9	0.618	13.7	2.576	37.9
	先端	有	1.268	28.1	3.415	50.3	1.387	30.7	4.151	61.1
5パネル	橋脚上	無	1.315	29.1	2.487	36.6	1.341	29.7	2.577	37.9
	先端	有	0.967	21.4	3.418	50.3	1.064	23.6	3.488	51.4
6パネル	橋脚上	無	1.216	26.9	2.467	36.3	1.235	27.3	0.868	12.8
	先端	有	0.801	17.7	2.897	42.7	2.549	56.4	2.928	43.1
7パネル	橋脚上	無	1.13	25.0	2.441	35.9	1.158	25.6	2.524	37.2
	先端	有	1.087	24.1	2.285	33.6	1.158	25.6	2.523	37.1
8パネル	橋脚上	無	同上				1.073	23.8	2.441	35.9
	先端	有	同上				1.073	23.8	2.292	33.7



写真-2 台風接近時のトラベラクレーンの後退状況  
(5パネル張出し状態)

#### ②. 桁の張出しが4パネル以上の状態

全てのケースで渦励振発現風速が照査風速を上回る。

また、発現風速は、トラベラクレーンが先端付近に位置するケースに比べて、橋脚上のケースが若干大きい。

従って、台風接近、あるいは同じ架設状況が長時間継続する場合は、トラベラクレーンを中間支点上まで後退させる。(写真-2)

実際に、片持ち架設の期間中(7~8月)に2度の台風に見舞われ、①・②の対策を講じた。中でも、2度目は、閉合直前の桁が最も張出した状況下で、台風の中心が架橋地点付近まで接近する事態に至ったが、幸いにも最大瞬間風速が10 m/s程度で収まったため、大きな問題は発生しなかった。

## 4. あとがき

本稿では、鋼床版箱桁に細幅箱桁を採用することによる製作コストの削減、また、トラベラクレーンを使用した片持ち式架設に関する、架設応力の検討・形状管理・耐風安定性の検討を報告した。

以上の検討により、

- ① 支間長に比べて桁高が著しく低い鋼床版箱桁の製作コストについて、一つの傾向が把握できた。
- ② 芝川渡河部の中央径間の架設を、バント等の架設機材を使用しない片持ち式架設(張り出し量:70m)により実施することができた。
- ③ 主橋体に対して特別な補強を施すことなく、片持ち式架設を実施することができた。

などの成果が得られた。

本稿が、今後、同種工事の施工の参考となれば幸いである。

最後に、本工事を進めるにあたり、ご指導、ご協力、ならびにご助言を頂いた、首都高速道路株式会社殿をはじめとした関係各位に厚く御礼を申し上げて、本稿を閉じることとする。

## 参考文献

- 1) 日本橋梁建設協会：新しい鋼橋の誕生Ⅱ、pp9,2004.12
- 2) 気象庁：気象統計情報
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編、2002.3
- 4) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針、2002.3
- 5) 日本道路協会：道路橋耐風設計便覧

2007.2.28 受付

## グラビア写真説明

### 十六面高架橋

本橋は、大和平野を南北に縦貫して京都と和歌山を結ぶ延長約120Kmの高規格幹線道路の京奈和自動車道の中の大和御所道路の区間にあたります。本橋の施工箇所が含まれる天理市二階堂北菅田町~橿原市専用部(7.8km)については、平成18年4月15日に供用開始されました。現在は一部開通ということで無料開放されており、朝夕の通勤時間帯の大幅な時間短縮に貢献しております。一日も早い京奈和自動車道の全線開通が待ち望まれます。

(藤田 弘樹)