

新名神高速道路 八幡ジャンクションLランプ2号橋の設計・施工

極東興和(株)		○坂井 三将
極東興和(株)		佐藤 政治
極東興和(株)		坂口 寛
極東興和(株)	正会員	倉富 芳朗

キーワード：連続箱桁橋，曲線橋，外ケーブル

1. はじめに

Lランプ2号橋は、新名神高速道路八幡ジャンクション内のランプ部に固定式支保工にて架橋するP R C 5 径間連続箱桁橋である。本橋の平面曲率半径は $R = 80 \text{ m}$ と非常に小さく、1支間あたりの最大交角が34度の曲線橋であった。そのため、設計では曲線の影響を考慮した断面力の算出や平面線形に起因する水平腹圧力の影響を考慮した検討を行った。また、外ケーブルの配置では曲率半径の影響が大きく、ジャッキとP C 鋼材が干渉することが懸念されたため、この取り扱いについて曲線の影響を考慮したP C ケーブルの配置を検討した。現場施工では、平面曲線の影響を考慮した緊張計算を行い、緊張管理を行った。

本稿は、このような平面曲率半径が非常に小さな曲線橋における設計・施工で実施した検討や留意点について報告する。

2. 工事概要

本工事は、A1側からの3分割（A1-P1, P1-P3, P3-A2）で固定式支保工にて施工を行う。

工事概要を以下に、断面図を図-1、平面図および側面図を図-2、図-3に示す。

工事名：八幡ジャンクションLランプ2号橋他4橋
(P C 上部工) 工事

発注者：西日本高速道路株式会社 関西支社

構造形式：P R C 5 径間連続箱桁橋

橋長：209.0m

支間長：46.4m+48.5m+39.0m+32.0m+39.9m

有効幅員：7.0m (左路肩2.5m+車線3.5m+右路肩1.0m)

桁高：3.0m

縦断勾配：4.5%~3.247%

横断勾配：8.0%~0.8%

活荷重：B活荷重

平面線形： $R=80\text{m}$ (円曲線)，

$R=80\sim A=60$ (緩和曲線)

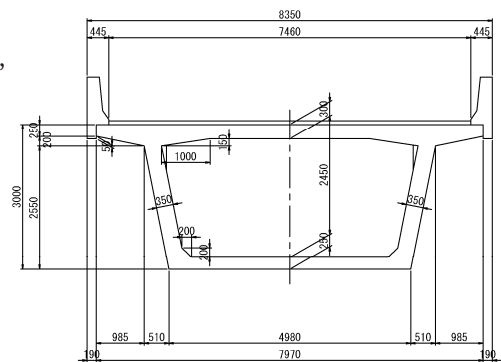


図-1 標準断面図

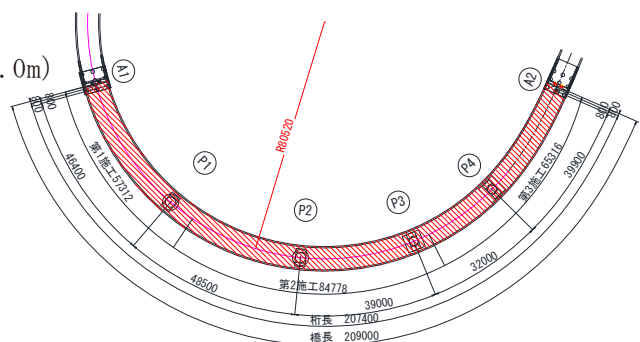


図-2 平面図

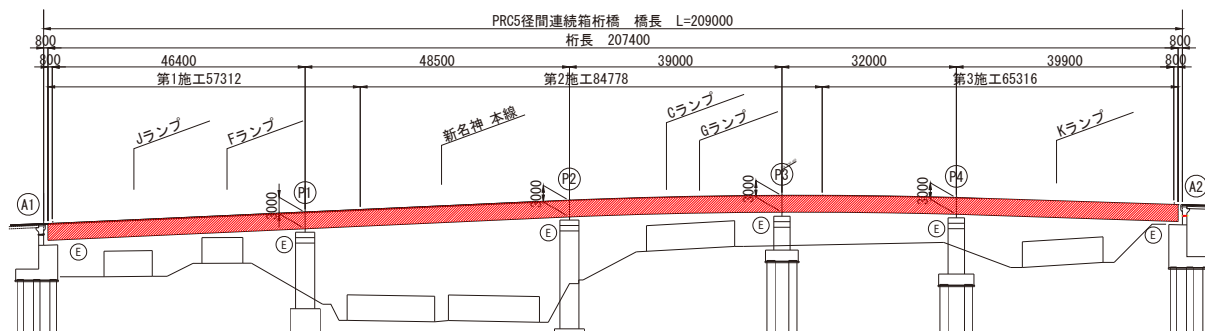


図-3 側面図

3. 曲線を考慮した断面力の算出

前述したように、本橋の1支間あたりの最大交角は30度以上であり、道路橋示方書Ⅲ¹⁾ 15.3(2)の規定では曲線の影響を考慮した構造解析が必要であるため、時間依存変形(クリープ・乾燥収縮)を除く自重・橋面荷重・活荷重・プレストレス2次力による断面力は、立体格子解析により算出した(図-4)。時間依存変形については、平面骨組解析を用いて算出した。平面骨組解析および立体格子解析に用いた主方向のモデル化は、上部構造中心線上で設定し断面力を算出した(図-5)。また、立体格子解析に用いる横方向要素は剛部材とし、上下部工の支持条件は水平方向・鉛直方向ともにバネ支持とした。

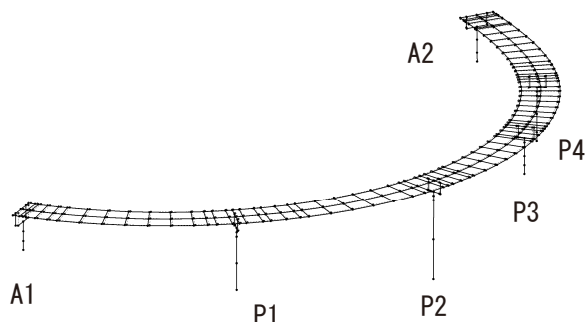


図-4 格子解析モデル

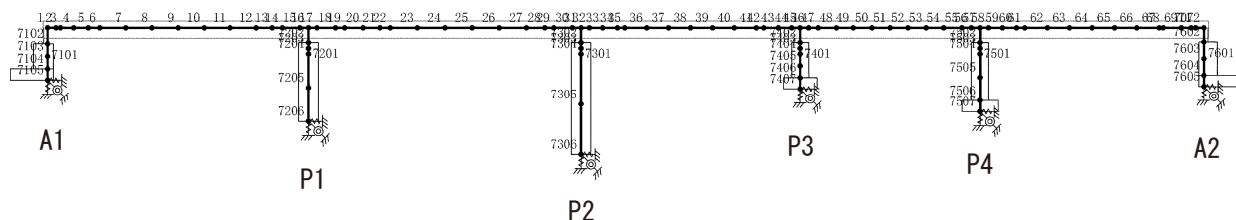


図-5 骨組解析モデル

4. 腹圧力を考慮した横方向の設計

道路橋示方書によると曲線橋の横方向の設計では、平面曲線に起因する水平腹圧力の影響を考慮する必要がある。本橋は内・外ケーブルを併用した鋼材配置としており、内ケーブルの水平力に伴う発生断面力の算出方法については、コンクリート道路橋設計便覧²⁾に具体的な検討方法が示されているが、外ケーブルによる水平腹圧力について定式化されたものがないため、FEM解析を用いて外ケーブルによる水平腹圧力の解析を行った。解析は、外ケーブル本数が最も多く、かつ支間長が最も長いP1～P3の2径間を対象として行い(図-6)、与える外力としては外ケーブル緊張力が最も大きい予備ケーブル緊張時の偏向分力とした。このようにして求めたP1～P3径間における各設計断面での最大曲げモーメントおよび最大軸力を横方向の計算に考慮し、横締めPC鋼材配置を検討した。検討の結果、水平腹圧力を考慮しない場合のPC鋼材(1S21.8)の配置間隔は625mmであるが、水平腹圧力を考慮すると配置間隔が500mmとなり必要プレストレス量は増加した。また、曲線の内側と外側で水平腹圧力の大きさが異なるため、ケーブル配置形状が断面非対称となった(図-7)。

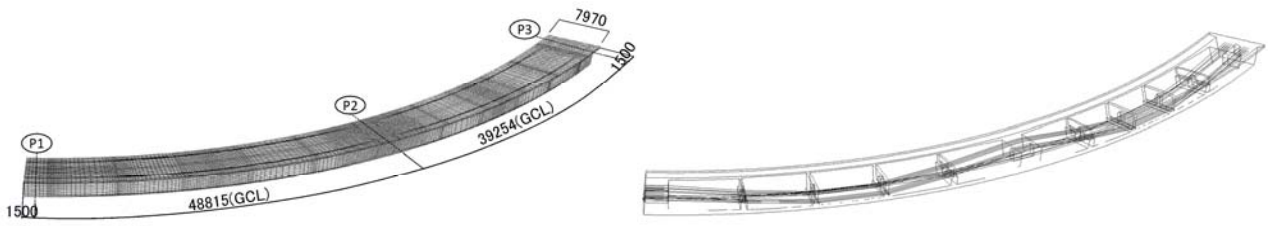


図-6 解析モデル (左: 全体図, 右: 外ケーブル形状図)

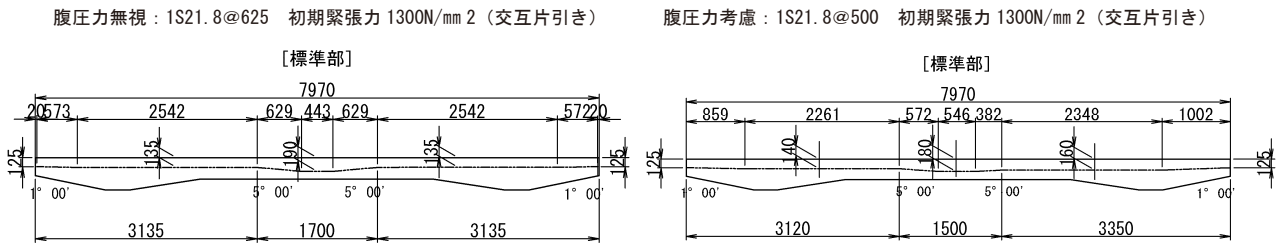


図-7 床版横締め配置図の比較

5. 外ケーブルの配置計画

本橋の鋼材配置は、維持管理性向上の観点から外ケーブルを最大配置とし不足分のプレストレス力を内ケーブルで補うよう設計している。しかしながら、本橋は箱桁内空幅が狭小であり、さらに平面曲率半径の小さな橋梁であるため、ジャッキとPC鋼材が曲線の影響により干渉することが懸念された。そこで、ジャッキとPC鋼材の取り合いについて曲線の影響を考慮した確認を行った。外ケーブルを各施工区で両引き緊張とした方が経済性の観点では有利なため、両引き緊張とした場合と片引き緊張とした場合の両方で確認を行った。確認の結果、両引き緊張とした場合、あと施工側の外ケーブルを緊張する際に、緊張ジャッキと先行施工側の外ケーブルが干渉し緊張作業が不可能であることが判明した(図-8, 図-9)。そのため、本橋においては第1施工区のみ両引き緊張とし、第2施工区以降においては終点側からの片引き緊張として外ケーブルの配置計画を行うことにした(図-10)。

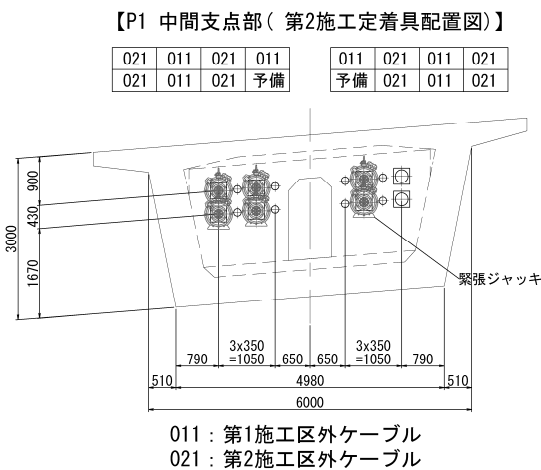


図-8 P1 中間支点部 (起点側)

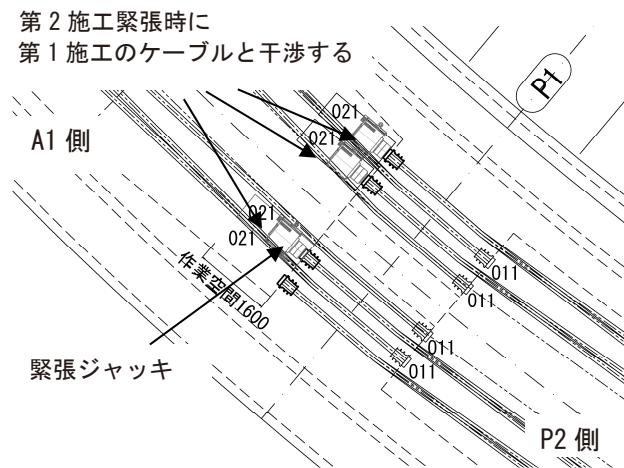


図-9 外ケーブルと緊張ジャッキの取り合い

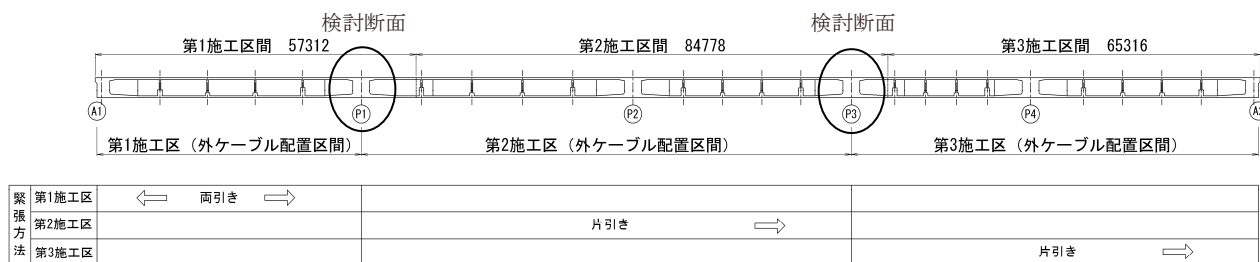


図-10 各施工区の緊張方法

6. 平面線形の影響を考慮した緊張計画

主ケーブルは平面曲線に沿って配置されており、本橋のように平面曲率半径の小さな橋梁は、PC鋼材とシース間の摩擦や角変化による影響を大きく受ける。そのため、内ケーブルの緊張計算を行う際には、平面曲率半径を考慮し、1mあたりの摩擦係数(λ)を割増してプレストレス力を定めた(表-1)。また、各施工区ともにウェブの内側と外側でケーブル長が1割程度異なることから、それぞれのケーブル長で計算を行った。

外ケーブルの緊張計算を行う際には、平面曲率半径の大小に関わらず、一般的に用いられている鉛直面における角変化(α_v)および平面における角変化(α_H)を合成した角変化の近似値(α)を用いて、それぞれの位置に配置されたケーブル長ごとに計算を行った(式-1)。

$$\alpha = \sqrt{\alpha_v^2 + \alpha_H^2} \dots \dots \dots (式-1)$$

表-1 緊張計算で用いる摩擦係数

		単位	平面曲率半径の大きな橋梁	平面曲率半径の小さな橋梁(本橋)
摩擦係数	内ケーブル	1/rad	μ = 0.0, μ = 0.3	μ = 0.0, μ = 0.3
		1/m	λ = 0.004	λ* = 0.00775 (λ* = λ + μ/R)
	外ケーブル	1/rad	μ = 0.3	μ = 0.3
		1/m	λ = 0.0	λ = 0.0

緊張管理の結果、内ケーブルの摩擦係数(μ)は0.06~0.25で推移しており、平面曲率半径の大きな橋梁(摩擦係数λの割増なし)を緊張管理した時のμ値と同程度の値であった。また、外ケーブルの伸び量・荷重計示度は、ともに緊張計算の5.0%の管理値に全て収まっていた。以上のことから、本橋梁におけるプレストレスの導入は適切に行えたものとする。

7. おわりに

本橋は、平面曲率半径が非常に小さな橋梁であり、設計・施工の各段階において曲線による影響を十分に考慮しながら工事を進める必要があった。また、工程を適切に管理し、工期内に無災害で無事完成することができた。今後、本稿が同種橋梁の設計・施工の一助となれば幸いである。

最後に本工事の設計・施工において多大なるご指導、ご協力をいただいた皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書 (I 共通編・III コンクリート橋編) ・同解説, 2012
- 2) 日本道路協会：コンクリート道路橋設計便覧, 1994