

# 円山川橋における水平変位調整工の採用について

大成建設株式会社 正会員 ○山崎 紀彦  
 大成建設株式会社 正会員 利波 宗典  
 大成建設株式会社 正会員 弓家 猛

## 1. はじめに

円山川橋は、和田山八鹿道路工事（一般国道 483 号北近畿豊岡自動車道）の最も起点側に位置する設計施工一括発注方式の橋梁工事である。本橋梁を設計する上で、大きな特徴である多径間連続ラーメン構造および 4% の縦断線形に対し、水平変位調整という手法で対処した。本報告は、その設計の思想と施工方法について述べるものである。

## 2. 工事概要

工事名称：和田山八鹿道路円山川橋工事  
 発注者：国土交通省近畿地方整備局  
 施工場所：（自）兵庫県朝来市和田山町加都地先  
 （至）兵庫県朝来市和田山町枚田地先  
 工期：平成 20 年 3 月 15 日  
 ～平成 23 年 11 月 30 日  
 設計施工：大成建設株式会社  
 契約形態：総価契約単価合意方式の試行工事

契約形態：高度技術提案型（Ⅱ型）の試行工事  
 道路規格：第 1 種第 3 級（B 規格） $V=80\text{km/h}$   
 橋 長：678m  
 上部形式：PC3 径間連続箱桁橋  
 PC7 径間連続ラーメン箱桁橋  
 下部形式：A1 橋台（直接基礎）、P1, P3 橋脚（場所打ち杭  $\phi 1.2\text{m}$ ）、P2, P4, P5 橋脚（直接基礎）、P6～P9 橋脚（大口径深礎杭  $\phi 10.0\text{m}$ ）、A2 橋台（深礎杭  $\phi 2.0\text{m}$ ）  
 支 間 割：3 径間部 46.0+42.0+40.25m  
 7 径間部 44.1+91.0+2@85.0  
 +91.0+95.0+54.95m

和田山八鹿道路は、北近畿豊岡自動車道の一部を形成する高規格幹線道路である。本工事は、当該路線の始点部に位置し、国道 312 号線、一級河川円山川、JR 播但線、県道物部養父線等を横過する全橋長 678m の連続高架橋である（図-1, 2）。

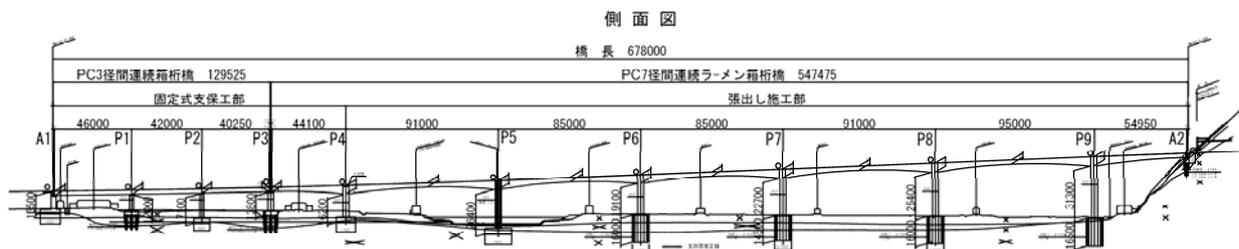


図-1 全体一般図

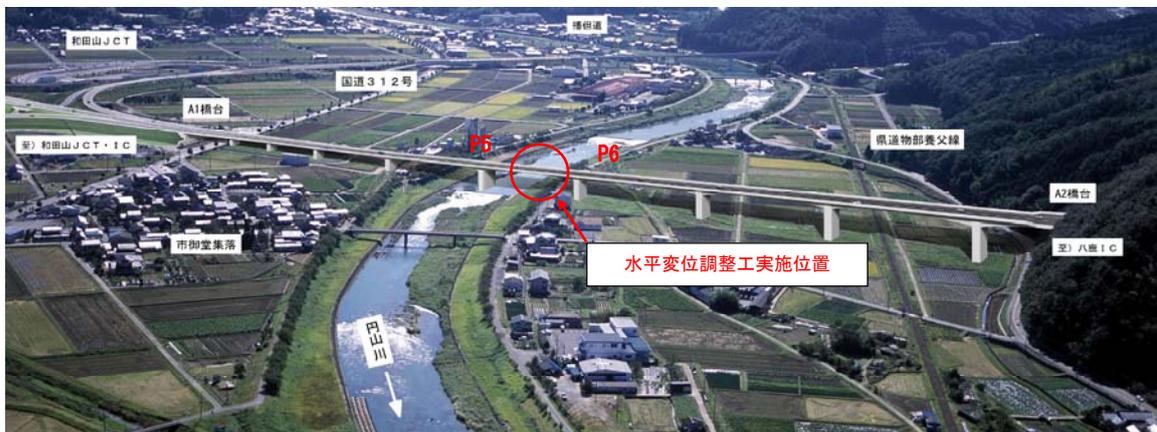


図-2 橋梁完成図

キーワード PC 上部工, 7 径間連続ラーメン箱桁橋, 設計, 施工, 水平変位調整

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)土木本部プロジェクト部 TEL 03-5381-5076

### 3. 実施設計の考え方

#### (1) 構造系全体に対する設計の考え方

本工事は、設計・施工一括発注方式の試行工事であり、受注後、実施設計を行っている。実施設計において、諸条件を満たすように橋脚の位置や下部工と上部工の結合条件を決定し、施工ステップに合わせて逐次解析を行った。その際、本橋梁の特徴である7径間連続ラーメン構造と4%の縦断線形が下部工に大きな影響を与えることが判明した。

本橋梁は、和田山ジャンクションよりトンネルに繋がる区間であり、縦断線形として4%を確保する必要がある。また、耐震性および維持管理の低減を図ることを目的として、下部工と上部工の結合条件をラーメン構造としている。このため、構造系完成後には、クリープ・乾燥収縮により、高さの低いP5橋脚に大きな負担がかかる事となる。この問題を解決するため、クリープ・乾燥収縮による影響を構造系完成前に、水平変位を強制的に与えることにより取り除くことを考えた(図-3, 4)。

具体的には、P5-P6橋脚間の中央閉合前(構造系完成前)に油圧ジャッキにより水平力8000kNを導入し、P5橋脚の将来の変形と反対方向に強制水平変位を与えることとした。

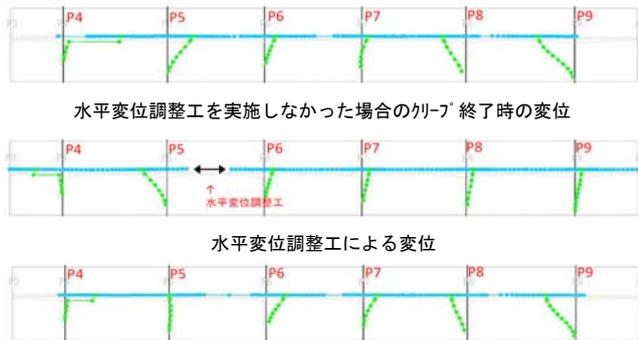


図-3 水平変位調整工の効果を示す変位図

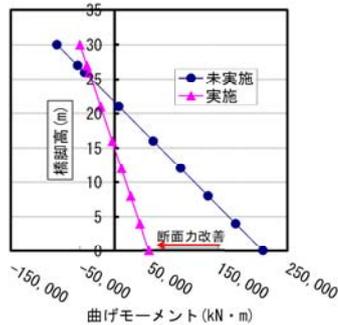


図-4 P5橋脚における水平変位調整工の効果

#### (2) 水平力導入部に対する設計の考え方

全体系の解析においてP5-P6橋脚間の中央閉合前に水平力を8000kN導入することにより、P5橋脚への負担が軽減されることが確認できた。

8000kNの水平力をかけた状態で中央閉合部を施工するため、P5張出施工部の10BL先端とP6張出施工部の10BL先端に、新たに反力壁を設けるものとした。

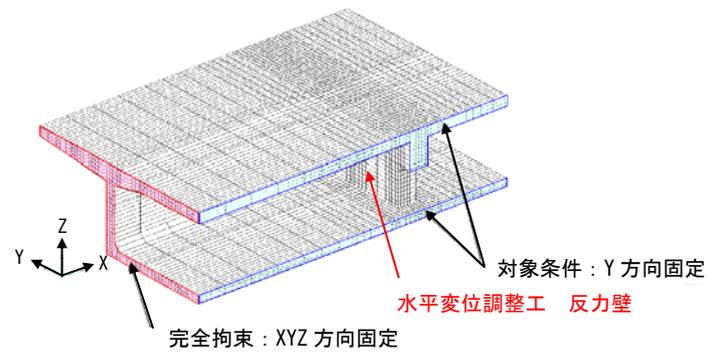


図-5 反力壁解析モデル図

反力壁については、全体系の構造解析とは別に、局部的な力に対して、FEM解析を行い、その配筋方法と安全性を確認した(図-5, 6)。

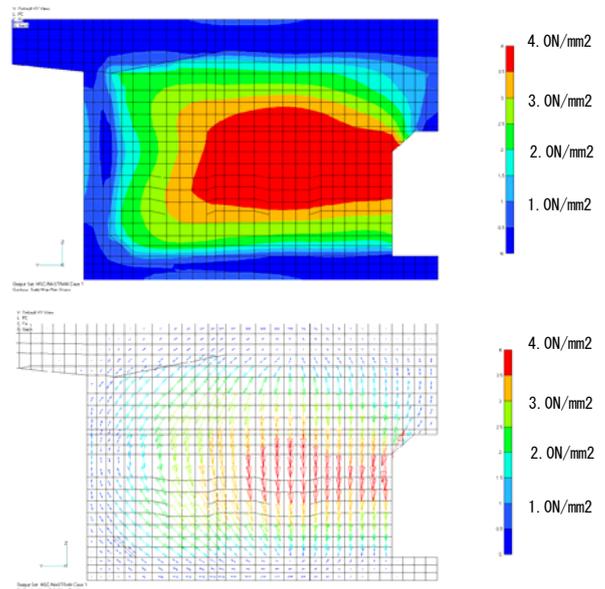


図-6 解析結果 主応力コンター図: 反力壁

FEM解析の結果より、水平力を導入する反対側の面に鉛直方向にD22@250-3段、水平方向にD19@250-1段の配置が必要となった。

また、支圧部背面に発生する引張応力に対しても、格子状の鉄筋を配置する方針とした。

## 4. 施工方法

### (1) 施工ステップ

水平変位を導入するにあたり、下記のステップを踏み、所定の導入力と変形を与えるものとする(図-7)。

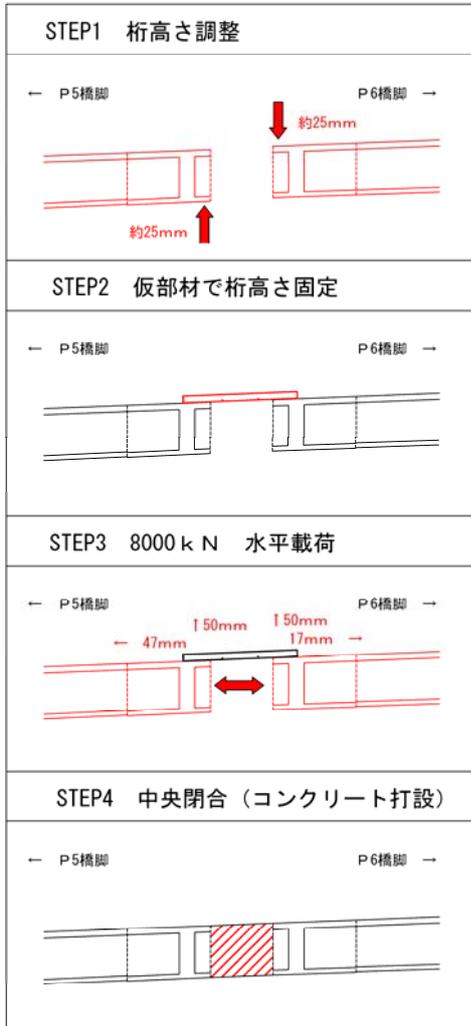


図-7 施工ステップ図

### (2) 桁高さ調整工

設計上、水平力を 8000kN 導入すると、P5 および P6 桁先端に下記に示す変形が生じる(表-1)。

	変位集計表		単位mm
	鉛直変位	水平変位	備考
P5先端変位	↑77mm	←47mm	
P6先端変位	↑24mm	17mm→	

注) ↑：上方、←：起点側、→：終点側

STEP-1 は、P5 と P6 の桁先端の変形量の差異により仮設材に大きなせん断力が加わるのを防ぐための措置である。

調整方法としては、P5 桁側に固定しているトラベラーに反力を取り、P6 側の桁先端を約 500kN の力で約 25mm ずつ上下変形させる(図-8)(写真-1)。

この作業により、水平力を 8000kN 導入した際、P5、P6 の桁先端に生じる鉛直方向の変形量がほぼ同量となる。

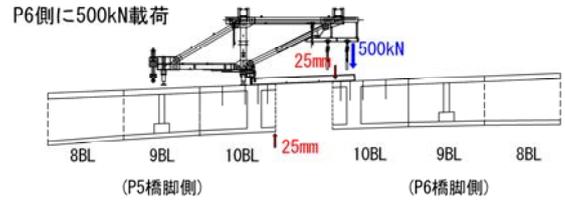


図-8 桁高さ調整要領図



写真-1 桁高さ調整要領

### (3) 仮設部材による固定工

桁に初期変形を与えた後、移動作業車に使用したレールを前方に移動し、P5 と P6 の桁同士を固定する。固定は桁に埋め込んだ PC 鋼材に、1 か所あたり約 300kN の導入力を与えてレールと桁を剛結することで行う(図-9)。

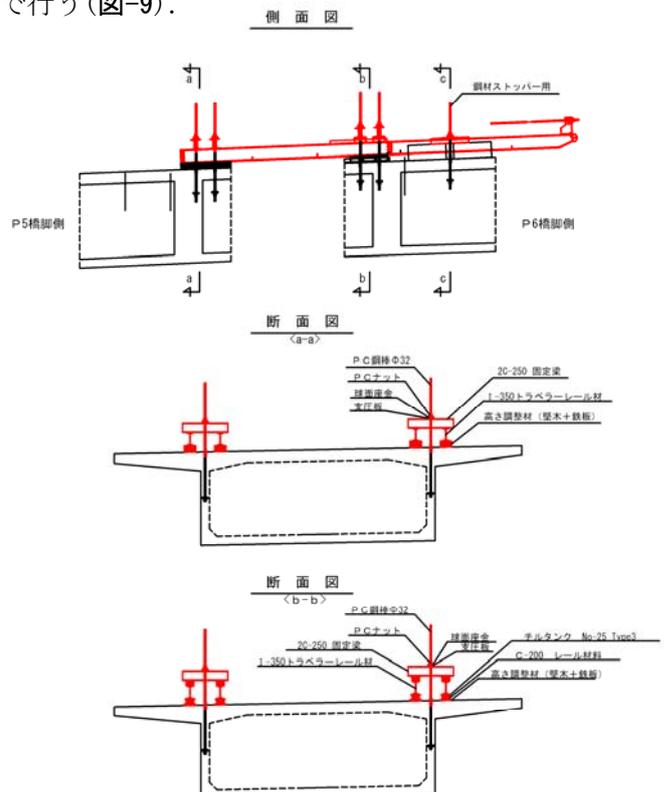


図-9 桁固定要領図

水平力導入中には、表-1にあるように水平方向に64mm(47+17)変位が生じる。水平方向の変位を拘束しないよう、P6桁側は、チルトタンクを用いたローラー構造としている。

#### (4) 水平変位の導入工

水平変位を導入するにあたり、図-10に示す仮設材を設置する(写真-2)。

本構造の検討にあたっては、水平変位導入後、非常に狭所な空間で中央閉合工を実施する必要がある。このため、仮設材の軽減短尺化および作業空間の確保を重視し、部材を決定した。

また、水平変位導入後には、その状態を保持する必要があるため、使用する5000kNジャッキにはリングナットがあり、ジャッキストロークを固定することができるものを選定した(写真-3)。

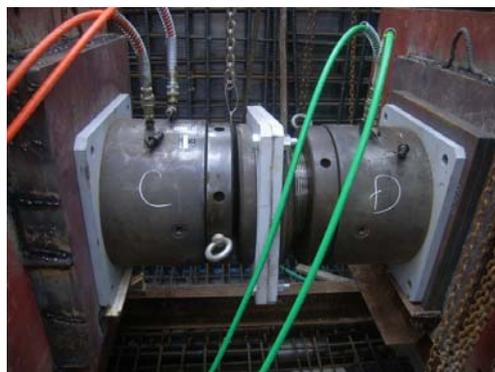


写真-3 水平変位導入設備

このジャッキは、中央閉合ブロックコンクリート打設後、所定の強度が発現した段階で解放する。

#### (5) 水平変位導入後の流れ

水平変位導入後は、下図の流れで順次施工を行う(図-11)。

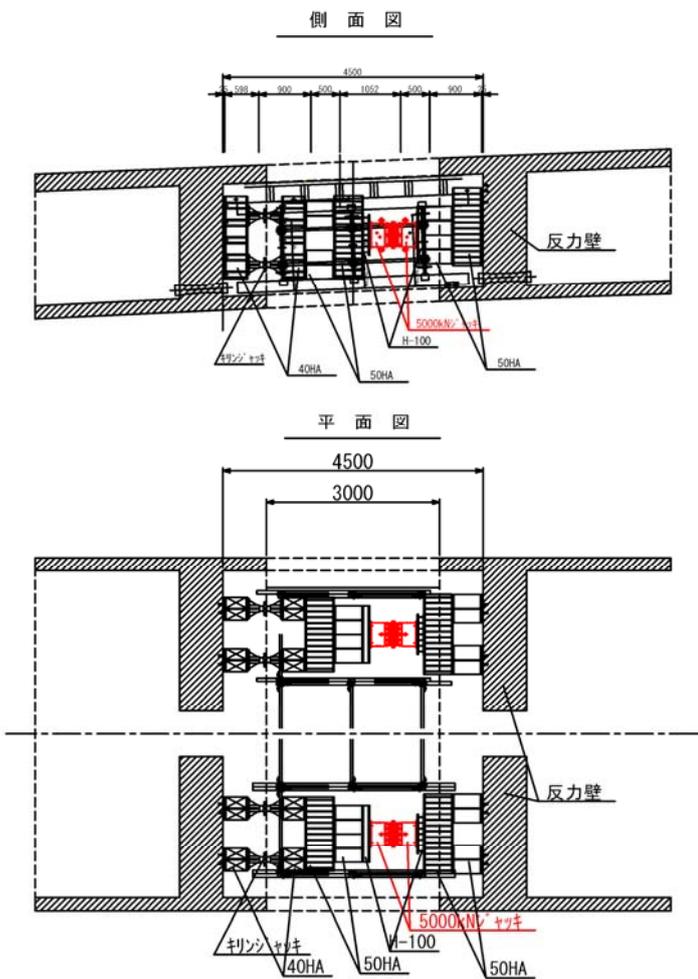


図-10 水平変位導入設備図



写真-2 水平変位導入設備

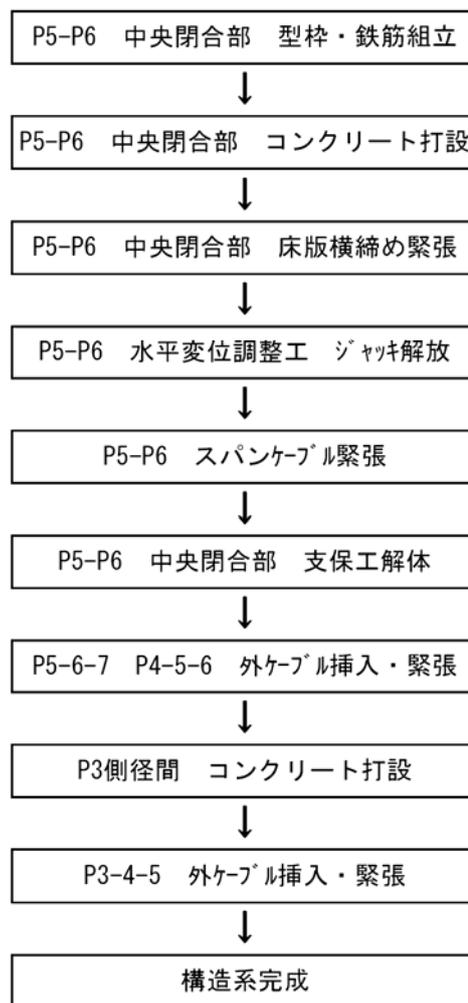


図-11 水平変位導入後の施工ステップ

中央閉合工は、通常的要領で構築を行うが、前述したように、非常に狭所での作業となるため、水平変位導入設備設置前に、型枠および鉄筋、PCシースを仮組する必要がある。また、上床版の支保工を設置するための空間確保にも配慮が必要である(図-12)。

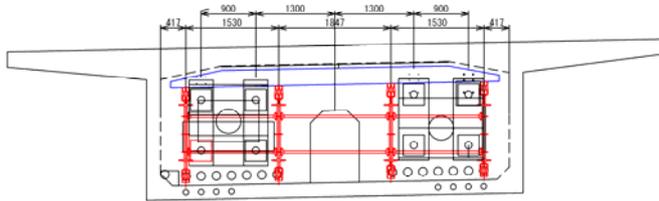


図-12 支保工組立断面図

## 5. 水平変位調整工の管理

水平変位の調整にあたっては、下記の項目に関して管理を行うものとする。

- ・ P5、P6 の桁先端の鉛直および水平変位
- ・ P5、P6 橋脚下端および上端の水平変位
- ・ 5000kN ジャッキの圧力示度およびストローク

管理は、P5、P6 桁先端の鉛直および水平変位と 5000kN ジャッキの圧力計示度を中心に行う(写真-4)。

水平力の載荷は、管理図を用いて 1000kN ずつ加圧して、P5 橋脚および P6 橋脚の基部と頭部の水平変位を測定する。合わせて、各箇所点検も行い、20 分以上の間隔を置いて次のステップに進むこととする。



写真-4 水平変位調整用ポンプ

また、水平変位の導入力および変位を管理する上で、当日の気温を考慮する必要がある。設計では、平均気温 20℃で検討されているため、外気温差による桁の伸縮量を予め算出し、当日の管理に反映させることとした。解析上は、10℃の差で P5 橋脚で 12mm、P6 橋脚で 6mm の水平変位が出ることが分かった。

そのため、できるだけ外気温の影響を受けない時間帯(7:00~10:00)に作業をすることとした。

## 6. 水平変位調整結果

作業は、平成 23 年 6 月 18 日の 7:00 よりスタートし、11:00 前には終了した。当日の作業時間帯の気温は、19℃~22℃と推移したため、温度補正をする必要はないと判断した。

作業は、予定通り 1000kN ずつ加圧し、変位を確認したが、初期段階では、圧力を保持するために時間をかけて示度を合わせる必要があった。そのため、3000kN まで加圧するのに 1 時間以上を要した。P5 橋脚の頭部における管理図を示す(図-13)。

結果として、変位は若干小さめに出ているが、概ね予定通りの挙動を示した。管理図には、橋脚の剛性や地盤バネの設計上の値との相違等を考慮し、2 割程度のばらつきを想定していた。(2 割のばらつきが出た場合でも、構造系として問題ないことは確認していた。)

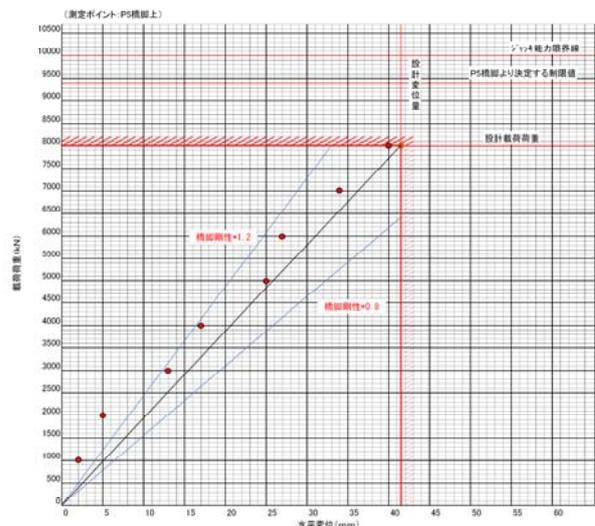


図-13 水平変位調整管理グラフ

## 7. まとめ

ラーメン橋の多径間連続化は、支承・伸縮装置を節減することにより、経済面のみならず、走行性・騒音対策、維持管理面での改善といった多くの利点があり、古くから取り組まれてきた課題である。また、高次不静定構造物である多径間連続ラーメン橋は、高い耐震性能が期待される構造である。P5 橋脚を支承構造とすることにより、橋脚への負担を小さくする構造も考えられるが、非常に大きな支承が必要となるため、工事費が増大する。加えて、河川内

の橋脚であるため、その維持管理の作業性や費用の点で不利となる。ラーメン橋の長大化が望まれる中、構造的な課題を解決するひとつの方策として、コンクリート材料特性に配慮した水平変位調整工は優れた施工方法であるといえる。

#### 参考文献

- 1) (財)高速道路調査会橋梁研究委員会PC多径間ラーメン橋に関する研究班：PC多径間連続ラーメン橋に関する研究報告，プレストレストコンクリート，Vol. 30 No. 6，pp55-61，1988. 11
- 2) 紫桃孝一郎，横尾和嗣，小針征典，塩畑 英俊：既設下部工を有効活用した鋼アーチ橋からPC箱桁橋への橋梁形式変更検討，土木学会東北支部技術研究発表会(平成 18 年度)
- 3) 笠松周悟，干場宏幸，森田秀人，稲原英彦：(仮称)茂辺地高架橋の施工，プレストレストコンクリート，Vol. 48 No. 5，pp53-58，2006. 9
- 4) 間山義樹，笠松周悟，干場宏幸，森田秀人，山崎紀彦，稲原英彦：函館江差自動車道茂辺地高架橋の施工，橋梁と基礎，第 40 卷，第 11 号，pp5-11，2006. 11