

インターロッキング式配筋橋脚を有する鋼5径間連続複合ラーメン2主鈎桁橋の設計

日本道路公団九州支社 正会員 西川孝一※1
日本道路公団九州支社 正会員 立川一彦※1

八千代エンジニアリング(株) 正会員 上田浩章※2
八千代エンジニアリング(株) 正会員 中田裕士※2

1. はじめに

鋼2主鈎桁橋は、耐久性・耐荷性に優れるPC床版の採用により、主鈎本数の減、および構造の簡素化が図れ、施工の省力化が可能なることから、近年採用が増加している。また、最近インターロッキング式配筋橋脚(以下、「ILP」と呼ぶ)が耐震性・施工性に優れる配筋方法として注目され、採用され始めている。この両者の特長を活かして、上部工と下部工を剛結するラーメン構造は、支承形式の連続桁橋と比べ、中間支点部の支承が不要となることから、維持管理の軽減が可能である。

本稿はこの鋼桁とRC橋脚(ILP)の異種部材を剛結させる構造を検討し、鋼2主鈎ラーメン橋として設計した橋梁について、その検討内容と結果について報告するものである。

2. 構造形式の選定

2-1. ラーメン構造

本橋は東九州自動車道に計画される橋長228.5mの鋼5径間連続複合ラーメン橋である(図-1)。本橋は耐震設計上の土質定数が零となる液状化層上に建設される。道示規定により免震支承の採用は困難であるため、当初は分散支

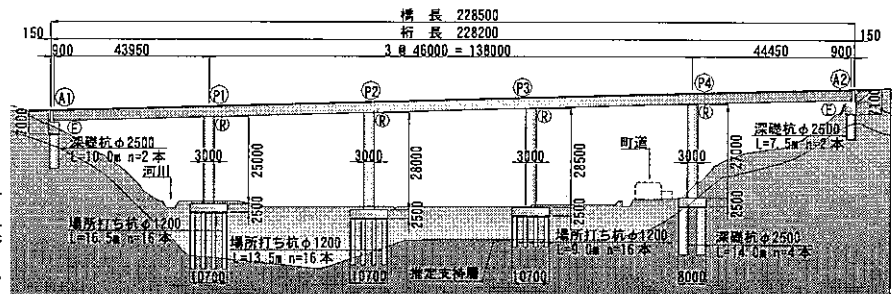


図-1 側面図

承を用いる連続桁橋(以下、分散構造)として計画されたが、次の課題を有していた。

- (1) P1橋脚は交差条件により基礎形状が制限されるため、橋脚耐力を上げられない。
- (2) P4橋脚は山の麓に位置し、地盤剛性が大きく、地震力が集中する。このため、柱主鉄筋はD51-2段以上となり、支承及び基礎工費が増大する。

これらの課題に対処するため、地震力を橋脚の上下端で負担できるラーメン構造の採用を計画した。比較の結果、本構造は、分散構造と比べて、以下のメリットが得られた(表-1)。

- (1) 橋脚の橋軸方向幅が薄くなって耐力が下がることにより、基礎形状の縮小が可能となる。
- (2) 鋼重は約5%重くなるが、支承数が少なく、約10%の上部工費縮減が可能である。また、下部・基礎工を含めた全体工費は約9%経済的である。

2-2. 剛結構造

本橋の剛結部には、図-2の模式図に示すとおり、主桁・横桁の各ウェブに取り付けた孔あき鋼板(以下、PBL)であるダイヤフラム、垂直補剛材などによって一体化した構造を採用した。これは、従来の横桁にスタッドジベルを配置していた構造と比べ、以下の利点を有している。

- (1) スタッドの代わりにPBLを配置し、ずれ止めとして用いることにより、剛なジベルでせん断力に抵抗することができ、作用力の分散が可能である。

表-1 分散構造とラーメン構造の比較

	分散構造						ラーメン構造					
	A1	P1	P2	P3	P4	A2	A1	P1	P2	P3	P4	A2
模式図												
設計結果	項目						項目					
	上部工鋼重 (ton)						上部工鋼重 (ton)					
	456.2 (1.00)						479 (1.05)					
経済性 (経費込み)	地震時橋台位置移動量 (mm)						地震時橋台位置移動量 (mm)					
	720 (1.73)						415 (1.00)					
	橋脚橋軸方向幅 (mm)						橋脚橋軸方向幅 (mm)					
	3560 (1.17)						3000 (1.00)					
経済性 (経費込み)	上部工 重 (単位)						上部工 重 (単位)					
	467,000 (1.10)						424,000 (1.00)					
	下部工 重 (単位)						下部工 重 (単位)					
	241,000 (1.08)						224,000 (1.00)					
	全施工費 (単位)						全施工費 (単位)					
	708,000 (1.09)						648,000 (1.00)					

(2) 主桁・横桁及びPBLでRC橋脚を拘束する構造とし、帯鉄筋、中間拘束筋の役割を代用させることにより、剛結部内のせん断防止筋を省略できるため、施工性が向上する。

剛結部の設計に際し、孔あきダイヤフラム、横桁の剛度は図-3に示す力の伝達機構に応じて決定した。

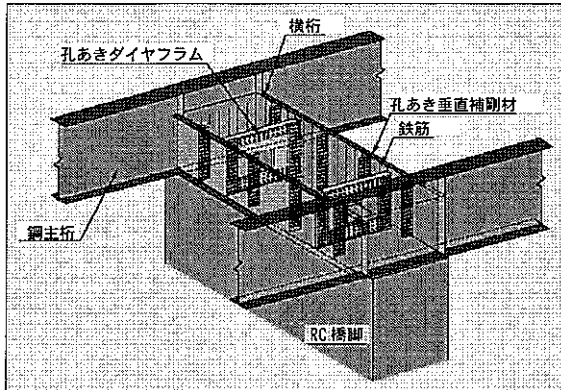


図-2 本設計で採用した剛結部構造 (模式図)

	軸力N	曲げモーメントM	せん断力S
伝達機構図			
伝達経路	経路1 ($\sigma_c \cdot A_s = N/2$) RC橋脚→下フランジ→横桁 ※鋼-コンクリート間の支圧 経路2 ($P_r = N/2$) RC橋脚→コンクリート→孔あきダイヤフラム(孔あき垂直補剛材)→横桁→鋼主桁 ※横桁の曲げ剛性 A_s : 下フランジ支圧面積	引張力 ($P_r = M/D$) RC橋脚→主鉄筋→コンクリート→孔あきダイヤフラム(孔あき垂直補剛材)→横桁→鋼主桁 ※横桁の曲げ剛性 圧縮力 ($P_r = M/2D$, $\sigma_c \cdot A_c = M/2D$) 軸力と同様に経路1,2から伝達 D: 橋脚横軸方向幅	RC橋脚→孔あきダイヤフラム→横桁→鋼主桁 ※2枚の横桁を上下フランジとする合成断面の曲げ剛性

図-3 鋼-RC 橋脚間の力の伝達機構¹⁾

2-3. ILPの採用

本橋はラーメン構造のため、橋脚天端で柱主鉄筋と上部工主桁下フランジが干渉し、柱主鉄筋の切断が生じる(図-4)。また、P1橋脚は河川条件上、基礎形状に制約を受ける。そのため、切断鉄筋の削減、及び基礎形状の縮小を可能にする配筋構造として、ILPを採用した。本構造は複数の円形帯鉄筋を部分的に重ね合わせることで、中間帯鉄筋を用いずに横拘束筋効果が期待できる構造である。耐震性、施工性に優れ、標準的な矩形断面橋脚の配筋を合理化することが可能である。

採用に際しては、従来式配筋構造との比較検討を行った。比較の結果、以下の優位性を確認した(表-2)。

- (1) 切断鉄筋は従来式配筋の60%程度で済む。
- (2) 従来式配筋では中間帯鉄筋D19-7組必要な靱性をD22の円形帯鉄筋3組で確保することが可能である。これにより帯鉄筋量が約半分となる。
- (3) 橋脚の工費は約7%の縮減が可能である。

表-2 従来式配筋橋脚とILPとの比較

		従来配筋式橋脚					インターロッキング式配筋橋脚				
断面図											
鉄筋配置	主鉄筋	横軸: D32@150-44本-2段 直角: D32@150-17本-1段 As=193785mm ² (1.37)					円弧部: D38@151-116本 IL部: D38@151-8本 As=141380mm ² (1.00)				
	費結部切断鉄筋本数	56本					40本				
レベル2地震時	せん断力 P _s	D19@150					D22@150				
	せん断力 P _s	7,570 kN 15,321 kN					6,990 kN 16,107 kN				
概算工費	P1~P4橋脚	単位	数量	単価(千円)	金額(千円)	比率	単位	数量	単価(千円)	金額(千円)	比率
	コンクリート	m ³	2169.7	14.7	31,895	(1.00)	2357.9	14.7	34,661	(1.09)	
	型枠	m ²	2169.7	5.7	12,367	(1.00)	2236.1	5.7	12,745	(1.03)	
	主鉄筋	ton	120.5	84.3	10,167	(1.20)	100.7	84.3	8,489	(1.00)	
	帯鉄筋	ton	128.1	84.3	10,799	(2.22)	57.8	84.3	4,873	(1.00)	
	合計(直工)	千円			65,227	(1.07)			60,768	(1.00)	
評 価		○					◎				

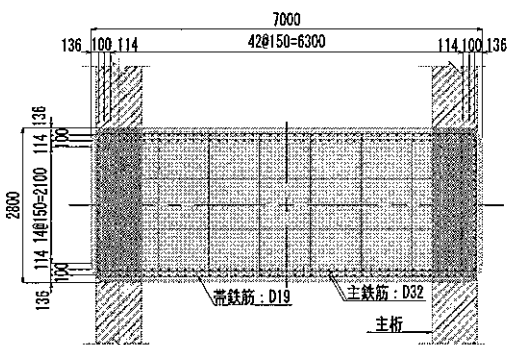


図-4 主桁下フランジと柱主鉄筋の干渉

3. まとめ

本橋はラーメン構造を採用することで耐震性の向上、イニシャルコストおよびライフサイクルコストの低減を図った。また、今回採用したインターロッキング式配筋橋脚は施工事例が少なく、終局変位は実験結果で得た保証塑性率($\mu=6.0$)により算出する方法を採っている²⁾。今後、終局変位の算出方法について検討を進めていく必要があるが、耐震性、施工性に優れることから、将来的には採用事例が増えていくものと予想される。

参考文献

- 1)(財)高速道路技術センター：鋼2主桁橋の剛結構造に関する設計・施工指針(案) 平成13年3月
- 2)日本道路公団 技術部 構造技術課：インターロッキング式配筋構造を有する鉄筋コンクリート橋脚の設計指針(案) 平成15年10月