

複合ポータルラーメン橋の計画および設計

協和設計株式会社 ○田中 俊光
赤木 昌詩
成田 将典

論文要旨

本稿は、橋長約 43m の複合ポータルラーメン鋼桁橋の詳細設計事例報告である。交差道路の建築限界を確保するため、交差区間での最大桁高は 1.7m に制約される。そのため、支間中央部の正曲げを低減し、低桁高で構成可能な同形式を採用した。支承・伸縮装置を省略したジョイントレス化により 3 割程度のコスト縮減も可能である。一方で適用可能な条件に制約が有り、接合部での鋼材の錯綜、施工手順等に配慮が必要なため、留意事項を整理した。

キーワード：複合ポータルラーメン橋、橋台部ジョイントレス構造、門型ラーメン構造

まえがき

複合ポータルラーメン橋は、鋼桁と RC 橋台を剛結した構造である。断面力の低減、上下部一体となって地震力に抵抗することにより耐震性の向上の効果がある。また、橋台部のジョイントレス化により維持管理作業の軽減、コスト縮減にも有効である。本橋梁は、最大桁高に制約が有り、支間中央部の正曲げを低減できる複合ポータルラーメン鋼桁橋を採用した。

上下部工の一体化による合理化が図れる一方、橋長、曲線・斜角等の適用条件の制約がある。また、鋼桁から下部工への断面力の伝達、接合部での干渉チェック、施工手順の設計への影響などの留意点について報告する。

1. 橋梁概要

(1) 設計条件

本橋梁の設計条件を表-1 に、概略図を図-1 および図-2 に示す。

表-1 設計条件表

重要度区分・地域区分	B種の橋・A2地域
地盤種別	I種地盤
幅員構成	13.900m(全幅), 13.000m(有効幅員)
橋長	42.750m
平面曲線	R=∞
斜角	75°
上部工形式	鋼桁(主桁本数5本)
下部工・基礎工形式	A1: 逆T式橋台・直接基礎 A2: 逆T式橋台・場所打ち杭φ1500

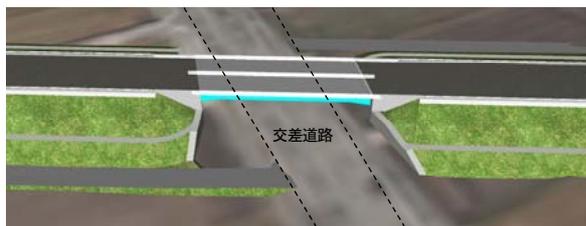


図-1 CIMによる統合モデル

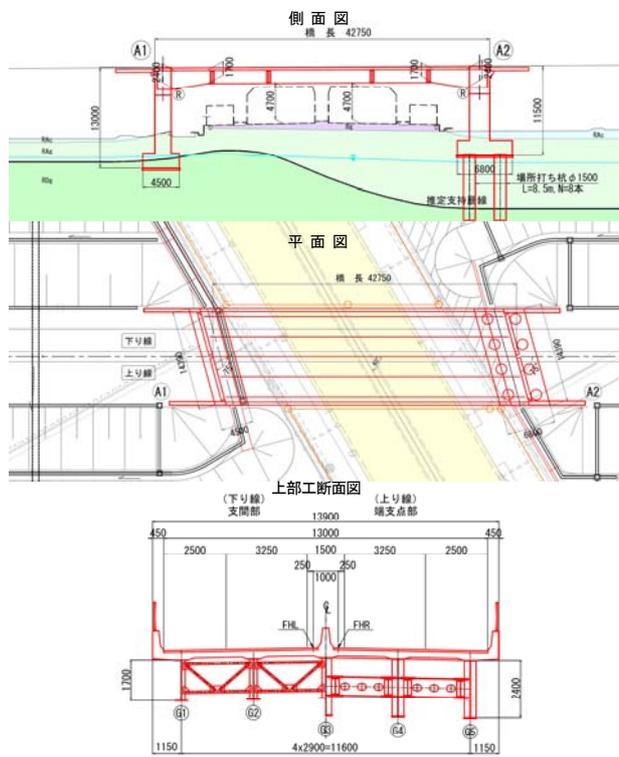


図-2 橋梁一般図

(2) 上部工形式

支承形式の鋼桁橋、PC コンボ橋に、剛結構造である複合ポータルラーメン鋼桁橋を加えて LCC を比較した。比較の結果、LCC で 3 割程度経済的となる複合ポータルラーメン橋を採用した。



図-3 LCCの比較結果

2. 設計概要

(1) 橋台部ジョイントレス構造の適用性

橋台部ジョイントレス構造として、「①門型ラーメン構造、②インテグラルアバット構造」が挙げられる。それぞれの特徴は以下の通りである。

①門型ラーメン構造：橋台の躯体及び基礎の剛性により上部構造に生じる変形を拘束する構造形式

②インテグラルアバット構造：橋台基礎の変形により上部構造に生じる変形に追随する構造形式

インテグラルアバット構造は、橋長、橋台高および背面地盤の液状化の有無等制約条件が多いため、本橋梁には適用できない。そのため、門型ラーメン構造を採用した。構造選定フローを図-5に示す。

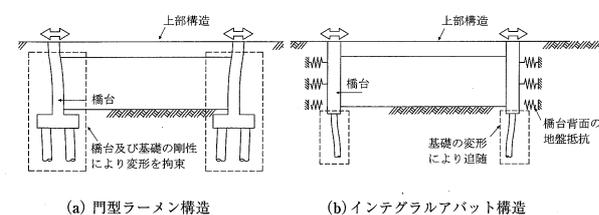


図-4 橋台部ジョイントレス構造の概要¹⁾

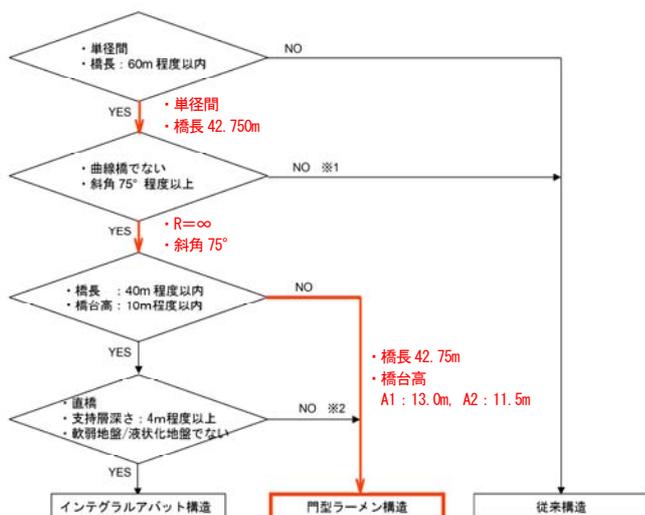


図-5 構造選定フロー²⁾

(2) 接合の形式と断面力の伝達

鋼桁と橋台との接合部における断面力の伝達方式としては、孔あき鋼板ジベル、スタッド等が用いられる。本橋梁では、「H29 道路橋示方書 IV下部構造編 7.8.3」に規定されたスタッドによる接合を採用した。曲げモーメント、軸力、せん断力のスタッドによる鋼桁からの伝達は、下記の通りである。

①曲げモーメント：上フランジ上側および下フランジ下側のスタッドにより伝達

②軸力：下フランジ下側のスタッドにより伝達

③せん断力：ウェブ両側のスタッドにより伝達

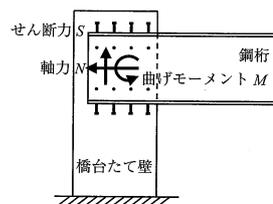


図-6 接合部の断面力¹⁾

(3) 解析モデル

本橋梁は、上下部一体構造であることから、断面力の算出は主桁、横桁、橋台を一体とした立体骨組みモデルにより解析した。

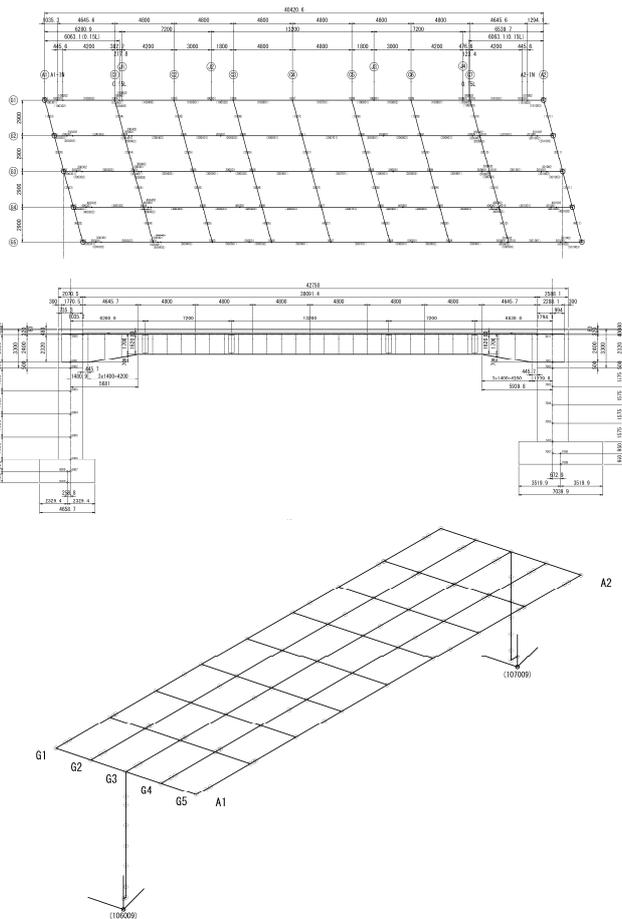


図-7 解析モデル

(4) 荷重ケース

本橋梁で考慮した荷重の組合せを表-2に示す。

作用の組合せ	設計状況の区分	荷重組合せ係数 γ_p と荷重係数 γ_q の値															
		D		L		PS, CR, SH		E, HP, U		TH		TF		SW		EQ	
①	D	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-
②	D+L	1.00	1.05	1.00	1.25	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
③	D+TH	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-
④	D+L+TH	1.00	1.05	0.95	1.25	1.00	1.05	1.00	1.05	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
⑤	D+TH+EQ	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00
⑥	D+EQ	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00
⑦	D+EQ	1.00	1.05	-	-	1.00	1.05	1.00	1.05	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00

死荷重 (D)	活荷重 (L)	プレストレス力 (PS)
コンクリートのクリープの影響 (CR)	コンクリートの乾燥収縮の影響 (SH)	土圧 (E)
水圧 (HP)	浮力又は橋圧力 (U)	温度変化の影響 (TH)
温度差の影響 (TF)	雪荷重 (SW)	地震の影響 (EQ)

表-2 荷重の組合せ

(5) 解析ステップ

各施工段階で構造系が変化するため、施工手順を考慮した以下5つのステップで解析した。

STEP1 下部工施工時

STEP2 鋼桁架設時 : 端部剛結前, 合成前

STEP3 剛結部打設時 : 端部剛結前, 合成前

STEP4 床版施工時 : 端部剛結後, 合成前

STEP5 完成時 : 端部剛結後, 合成後

(橋面工, 背面土圧, 活荷重, 地震荷重)

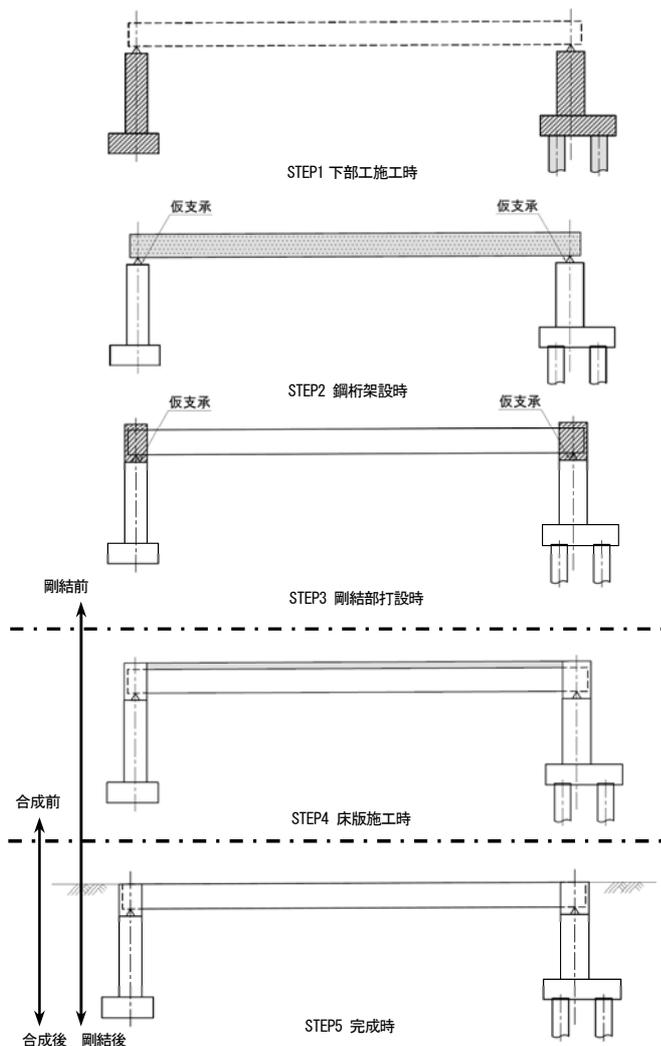


図-8 解析ステップ

(6) 偶発作用(レベル2地震動)に対する照査

本橋梁は、中間層(Rag層)が液状化するため、レベル2地震動に対する安全性を照査する必要がある。そのため、静的な地震力を増加させて、変位との関係から橋全体系の非線形挙動を評価するプッシュオーバー解析により、堅壁と杭基礎の安全性を確認した。

図-10より、レベル2地震時の設計水平震度と比べて堅壁が終局する際の震度は大きく、十分な耐力を有している。また、レベル2地震時に全ての杭が降伏に至らず、基礎の安全性を確保していることも確認した。

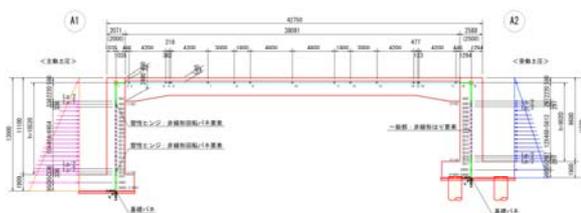


図-9 プッシュオーバー解析モデル

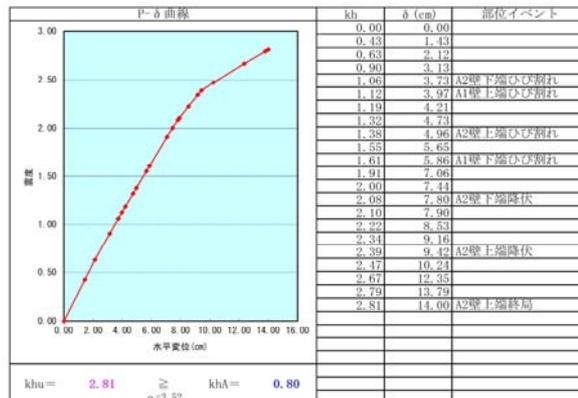


図-10 レベル2地震時における堅壁の安全性

3. 接合部の配慮事項

(1) 接合部を剛結する時期

架設方法はトラッククレーンベント架設を採用しているが、ベント撤去と剛結部のコンクリート施工の順序により、隅角部の断面力が大きく異なる。以下A, Bの手順を想定し、図-12の通り隅角部の発生断面力が小さいAを採用する。

A: ①ベント設置・鋼桁架設, ②ベント撤去, ③コンクリート打設, ④床版コンクリート打設

B: ①ベント設置・鋼桁架設, ②剛結部のコンクリート打設, ③ベント撤去, ④床版コンクリートの打設

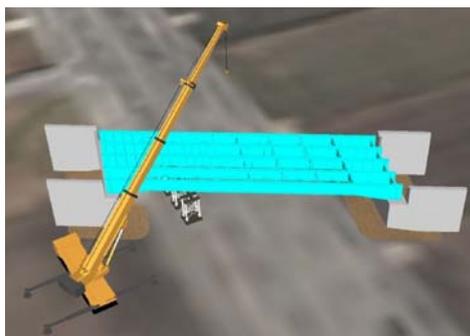


図-11 鋼桁の架設

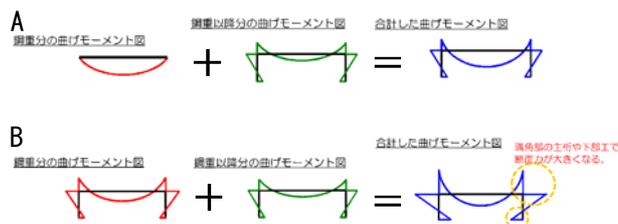
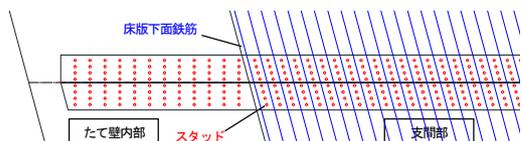
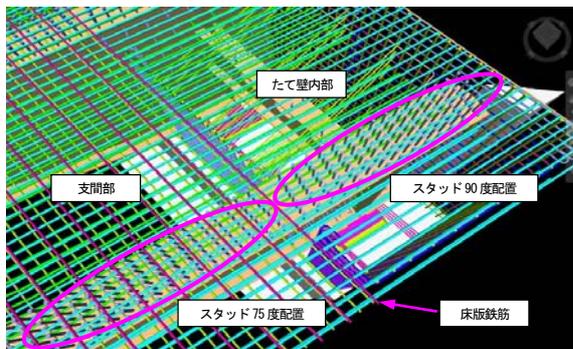


図-12 剛結手順による曲げモーメントの差異³⁾

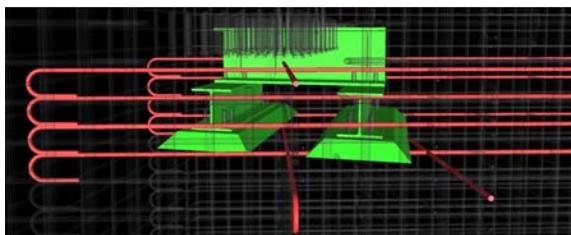
(2) 干渉チェック

接合部は上部工の鋼材, 下部工鉄筋, 剛結までの期間主桁を支持する仮支承などが錯綜する。干渉が懸念されるため, CIM モデルを用いた干渉確認を行った。

確認の結果, 主桁スタッドを 90° で配置した場合, 床版下面鉄筋と干渉するため, 支間部のスタッド設置角度は 75° とした。また, 仮支承との干渉が懸念される鉄筋は, 位置変更等で対応した。



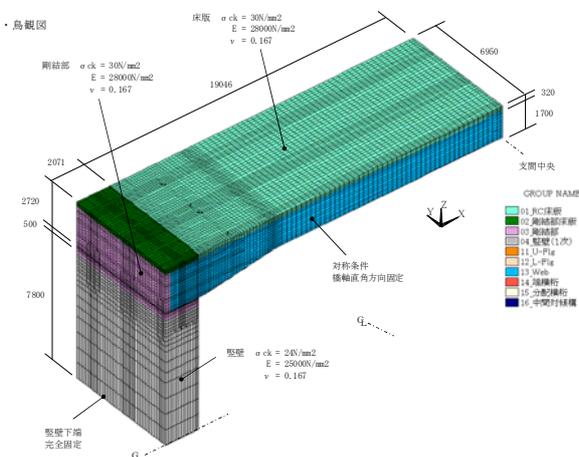
図一 13 接合部の干渉確認結果



図一 14 仮支承と鉄筋との干渉確認結果

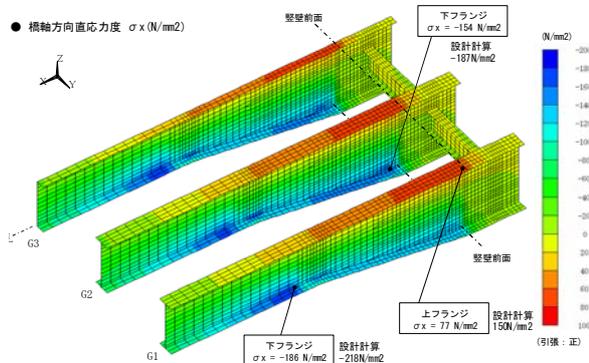
(3) FEM 解析による応力度分布の確認

本橋梁は桁高変化を有し, A1 支点部では必要スタッド本数を配置するため, フランジ幅を拡げている。そのため, FEM 解析を用いて桁高変化部および剛結部のフランジに発生する応力を確認した。



図一 15 FEM 解析モデル

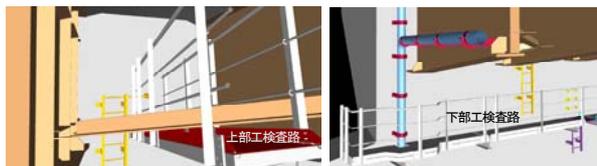
図-16 に, FEM 解析の結果を示す。桁高一定ブロックの下フランジ側, 縦壁前面の上フランジ側および下フランジ側で応力度が最大となる箇所が確認された。いずれも設計計算で算出した応力度より小さいため, 安全側の結果となった。



図一 16 FEM 解析結果

4. 維持管理計画

本橋梁は, 複合ポータルラーメン橋のため支承を設置しない。ただし, 接合部の劣化が懸念されるため, 下部工検査路を設置する。点検・修繕活動は, 上部工検査路, 下部工検査路, 高所作業車を併用して行う計画とした。



図一 17 検査路の設置状況

あとがき

本設計では, 斜角や桁高変化を有し, 中間層に液状化地盤のある橋梁に複合ポータルラーメン橋を採用し, レベル2地震時の照査やFEM解析により, その安全性を確認した。また, 剛結部は部材が錯綜するため, CIM モデルを活用して干渉チェックを行い事前に干渉を回避できた。今後は, 長支間橋梁への適用など適用範囲の拡大が課題である。

最後に, 橋梁詳細設計にあたり多大なご指導・ご助言をいただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- (1) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説IV 下部構造編, H29. 11, pp. 146, 154
- (2) (独)土木研究所: 橋台部ジョイントレス構造における鋼-コンクリート接合構造の設計・施工手法に関する共同研究報告書(その 2) 橋台ジョイントレス構造の設計・施工ガイドライン, H29. 8, pp. 9
- (3) (社)日本橋梁建設協会: 施工と維持管理に配慮した鋼橋設計時の留意点, H26. 6, pp. 82, 83