

混合構造高架橋（CFTラーメン高架橋）の構造と設計

松尾橋梁(株) 西村 剛* (株)レールウェイエンジニアリング 保坂鐵矢
 日本鉄道建設公団 林 孝治 中央復建コンサルタンツ(株) 中原正人

1. はじめに

構造選定は耐久性、耐震性、経済性のみならず、構造物建設時には近接走行する列車乗客への安全性確保のための架設施工性や供用後の列車走行に伴う鉄道騒音を含めたコスト評価も忘れてはならない要因である。本稿で報告する駅高架橋(ラーメン構造)は梁等をSRC構造、柱はCFT(Concrete-Filled Tubular steel)構造¹⁾を用いた新しいタイプの混合構造で、鉄筋コンクリート構造やSRC構造に比べて施工工数の低減、工期短縮等が可能となり、構造的、経済性等々を含めたトータルコスト縮減に寄与できる構造である。九州新幹線新水俣駅を例に構造、および設計概要を報告する。

2. 設計概要

(1) 柱 - 梁隅角部の設計

梁(SRC構造)と柱(CFT柱)の剛節点となる隅角部は軸力、曲げ、せん断を伝達する構造であるため、従来、鉄道橋で用いていた構造と異なる応力伝達機能を考慮した。この隅角構造は、梁と柱の鋼部材と鉄筋コンクリートの断面力が円滑に伝達できるようにSRC構造とした。構造ディテールは3項参照。異種構造の節点であるラーメン構造隅角部は、常時および中規模地震(L₁地震)については列車走行が可能な構造であることから有害なひび割れの生じない健全な構造として耐力評価、兵庫県南部沖地震相当の大地震(L₂)に対してはコンクリートを無視した鋼断面で落橋しない構造、つまりライフライン確保の前提構造とした。設計当時は大地震対応の設計手法が定まっていなかったため暫定手法を用いているが、新しく制定された耐震設計²⁾でも耐力的に問題がない構造となっている。

(2) 梁支間中央部の設計

梁はI断面溶接構造に鉄筋コンクリートで被覆したSRC構造であることから、コンクリートを鋼断面にヤング係数で変換した合成桁方式で断面を設定した。構造ディテールは3項参照。

(3) CFT柱の設計

CFT柱の曲げ耐力を終局ひずみ0.6%を用いた。このことにより、鉄筋コンクリートの0.2%ひずみ、箱断面充填鋼管0.35%ひずみに比べて、鋼管のコンクリート拘束効果を構造耐力に評価した。

3. 構造

(1) CFT柱構造

CFT構造はコンクリートを閉塞した円形あるいは矩形鋼製断面に充填し、鋼とコンクリートとが一体となって外力に抵抗する構造である。その主な特徴は下記の通りである。

鋼管とコンクリートの合成効果により大きな耐力が得られる。

優れた変形性能を有する。

断面のコンパクト化による高架下利用に優位である。

鋼管が鉄筋および型わくを兼ね、構造的・施工性に優れる。

工期の短縮、作業安全性の向上等、急速施工や列車近接作業等に適する構造である。

(2) 梁と柱の接合：隅角部の構造

鉄道の標準的な門型鋼ラーメンは箱断面の梁と柱からなり、隅角部に大きなアール形状のハンチを有し、梁の腹板とフランジが柱に連続して連結する構造を用いている。しかし、柱に円形鋼管柱を用いた鋼ラーメンは柱にフランジリブ付きのGコラムを用い応力伝達を円滑にする構造を用いている。

当該構造のようなSRC梁とCFT柱からなるラーメン高架橋はこれまでに例が無いため、鉄筋コンクリートで被覆されたSRC梁と鋼が露出したCFT柱の隅角部構造は、鋼部材のみならずSRC梁の鉄筋とコンクリートの断面力をCFT柱に円滑に伝達することが必要である。本隅角部構造ディテールは図-1に示すようにCFT柱の外周に孔明きキーワード 複合構造物、混合構造高架橋、CFT柱、SRC梁、隅角部、孔明き鋼板ジベル

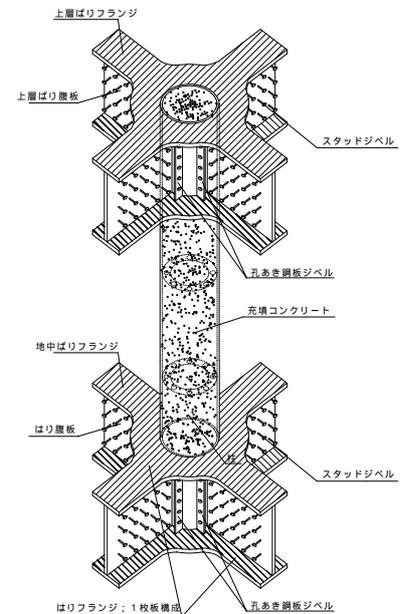


図-1 CFT隅角部構造概要

連絡先：*〒590-0977 大阪府堺市大浜西町3番地 TEL:0722-23-2691 , FAX:0722-23-2690

鋼板ジベルを、SRC梁との連結のために梁と同断面のビームを突出させビーム腹板にはスタッドジベル設け、そしてCFT柱と一体化したSRC構造とした。そして、梁の鋼部材とCFT柱の鋼管との連結を梁フランジが鋼管外周に設けたリング状の連結材と、腹板が鋼管柱とFP溶接で連結した構造で鋼部材、鉄筋、そしてコンクリートも応力伝達部材となる構造とした。なお、応力の輻輳する隅角部のCFT柱内面には孔明き鋼板ジベルを配置し耐力やダクティリティの向上を考慮した。

(3) ジベル構造

CFT構造は鋼とコンクリートとを一体化させるためにジベル等を必要しない構造である。SRC梁と充填鋼管の断面力が輻輳する隅角部や柱基部には、ジベルを配置することにより鋼とコンクリートとが一体挙動を行い応力分散が可能であることが報告³⁾されていること等から、孔明き鋼板ジベルを用いた。同ジベルはコンクリート打設前の補剛効果と打設後にジベル効果が期待でき、かつ、ずれ定数が小さい剛ジベルである。

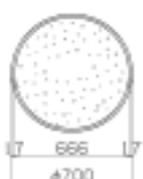
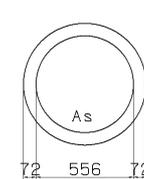
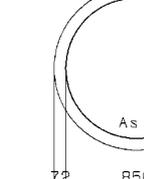
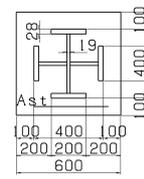
(4) 梁と柱との連結フランジ形状

梁と柱との交点であるラーメン隅角部は、応力が集中する輻輳した区間であるため応力集中の生じにくい構造として、(2)項に前述した、SRC梁の鋼部材、軸方向鉄筋、そしてコンクリートの部材力が円滑かつ迅速に伝達する構造として図-1に示すように鋼管柱の周囲にリング状の連結板を設け梁・鋼部材と連結する同断面ビームを突出した蛸足形状の応力伝達し易いシンプルな構造とした。

4. 柱部材の検討

表-1にCFT柱、円形RC柱、および矩形SRC柱について同程度の耐力をもつ断面の検討結果を示す。CFT柱と同径(700mm)の円形RC柱で計算した場合、D32が51本(鉄筋間隔34mm)配置となり(ケース2)現実的な配筋を考えると1000mm、D32が24本(鉄筋間隔112mm)配置となる(ケース3)。また、SRC矩形断面は600mm角の断面でフランジにt=28mmの十字鉄骨を有する断面となる(ケース4)。表中の鋼材比よりCFT柱は他構造に比べて大きな耐力を有する部材である。表中の鋼材は断面算定上の軸方向の鋼材に、帯鉄筋を考慮した概略鋼材量および鋼材比も表中に示している。これより、鉄筋加工・組立て、型枠等の施工工数の減少を考慮すると鋼材量の差は十分カバーでき、かつ、最も鋼材量の少ないケース3は断面が大きくなることから高架下利用等、3(1)項の特徴を加味するとケース1の有用性が評価できた。

表-1 柱断面比較

		ケース1：CFT柱	ケース2：円形RC柱	ケース3：円形RC柱	ケース4：矩形SRC柱
断面					
コンクリート： $f'_{ck}=27$ (N/mm ²)					
鋼材	材質	SM490Y	SD390	SD390	SM490Y, SD390
	鋼材 (mm ²)	36477	D32-51 = 36859 帯鉄筋 D19@100mm	D32-24 = 17345 帯鉄筋 D19@125mm	35472 (鋼材) + 23127 (鉄筋 D32-32) = 58599 帯鉄筋 D16@150mm
	鋼材比	1.00	1.05	0.5	1.6
			1.2 (帯鉄筋考慮)	0.7 (帯鉄筋考慮)	1.7 (帯鉄筋考慮)

5. おわりに

CFT構造を用いた橋脚(たとえば、北幹・観法寺 Bv)や合成構造桁橋(たとえば、北幹・北陸道 Bv⁴)は実用化している。当該区間で用いた混合構造はこれらの実績を踏まえて採用した構造で、耐久性、耐震性、架設施工性等の優位性を有する。異種構造の節点である隅角部の構造は当該構造を検証しながら、よりシンプルで応力伝達が円滑に成る合理的な構造ディテールとしたいと考えている。同種の構造の設計に参考になれば幸いである

参考文献

- 1) 運輸省監修、鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造物 平成10年7月
- 2) 運輸省監修、鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 平成11年10月
- 3) 保坂、光木、鈴木、市川、コンクリート充填した鋼管トラスの開発、橋梁と基礎、2002-8、pp31-35
- 4) 保坂、加藤、小林、コンクリート充填鋼管連続合成・複合橋梁の研究とその実用化、橋梁と基礎、2002-1、pp35-44