

RC 構造－複合構造の混合構造ラーメン高架橋接合部の非線形 FEM 解析による照査

北武コンサルタント株式会社	正会員	○坂口 淳一
九州旅客鉄道株式会社	非会員	桑原 大亮
J R 九州コンサルタンツ株式会社	正会員	村田 信之
	正会員	飯星 智博

1. はじめに

熊本駅部高架橋（以後、本構造物と呼ぶ）は、施工中に大規模な地震を被災したが、大きな被害もなく無事、平成 30 年 3 月 17 日に全線開業を迎えた。当初、本構造物は RC ラーメン構造による 1 期－2 期の 2 段階による段階施工で計画されたが、工期短縮を目的に 2 期施工部の構造を RC 構造から鋼・コンクリート複合構造に変更した。そのため、RC 構造として 1 期施工部を構築した後に、複合構造の 2 期施工部を構築して 1 期施工部と一体化する混合構造のラーメン高架橋となり、他に類を見ない構造形式となった。本構造物の設計においては、1 期施工部と 2 期施工部の接合部について、一体性を検証するために非線形 FEM 解析を用いて照査した。本稿では、その検討内容を報告する。

2. 構造概要

高架橋の軌道階平面図を図-1 に横断面図を図-2 に示す。2 期施工部の上層の鋼・コンクリート合成梁は、図-3 に示すとおり、箱形の鋼断面にコンクリートを充填した SC 梁と RC スラブとを、頭付きスタッドにより合成した部材である。段階施工において、RC 構造同士の接合であれば、接合部で RC 部材を打継いで一体化できるが、本構造物では、RC 構造と複合構造を図-3 に示す SRC 構造とした応力伝達領域により一体化を図った。なお、2 期施工の柱は、円形断面の CFT 構造である。

2 期施工部上層の鋼・コンクリート合成梁は、ずれ止めにより RC スラブと SC 梁が一体化していると仮定し、曲げ耐力を平面保持の仮定の下に算出した。一方、せん断耐力は、SC 梁の鋼断面に対して算出した。

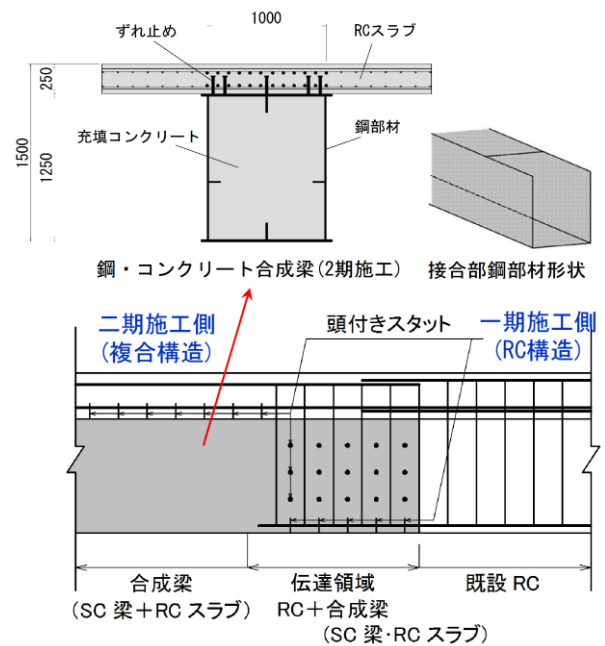


図-3 2 期施工側上層合成梁断面および接合部

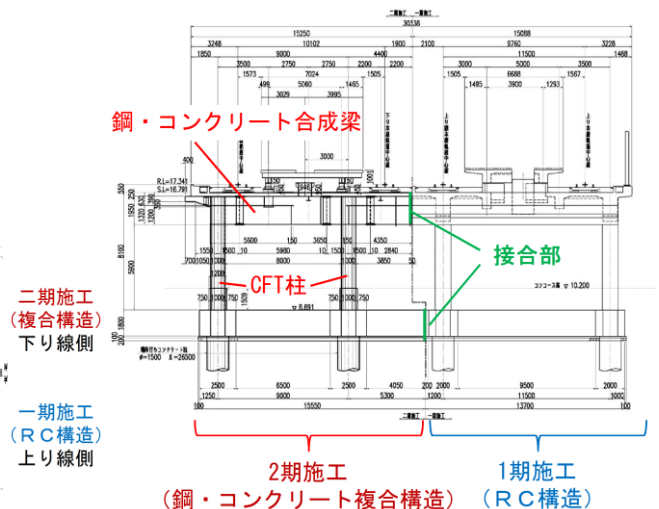


図-2 横断面図

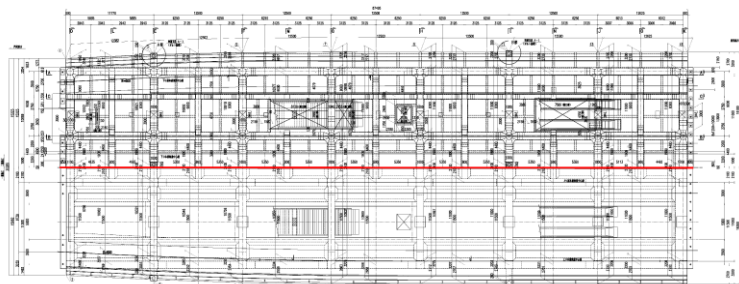


図-1 軌道階平面図

キーワード 混合構造，接合部，頭付きスタッド，非線形 FEM 解析

連絡先 〒062-0020 北海道札幌市豊平区月寒中央通 7 丁目 4-7 北武コンサルタント(株) TEL011-851-3181

3. 接合部の照査

接合部の照査に用いた2次元非線形FEM解析モデルを、図-4に示す。別途実施した本構造物全体モデルによるL2地震時に対する検討から得られた接合部周辺の断面力分布を、図示した接合部の部分モデルに再現し、接合部が破壊に至るまで荷重倍率を増加させた。解析モデルには、鉄筋およびコンクリート、鋼部材の材料非線形性を考慮するとともに、ずれ止め位置には頭付きスタッドのせん断力-ずれ変位関係による非線形バネを配置して、ずれ止めによるせん断力の伝達を再現した。検討ケースは、曲げモーメントの分布の方向による2ケースとし、2期施工側の端部で下側引張となるCase1と、上側引張となるCase2について実施した。

解析の結果、L2地震時の断面力分布に対して、Case1では倍率4.6倍で、Case2では倍率1.7倍でそれぞれ、1期施工側端部のRC断面で曲げ耐力に至った。このことから、SRC構造とした応力伝達領域よりも先行して、RC部材である1期施工側で破壊に至ることで、接合部の一体性が地震時においても確保されることがわかる。

図-5に、上述の1期施工側断面の曲げ耐力到達時の荷重倍率における、各ケースの軸方向鉄筋方向の鉄筋応力コンター図を示す。図より、鉄筋の応力は1期施工側である図中右端で増加しており、伝達領域の鉄筋応力度は、降伏応力に達していない。

また、応力伝達領域および合成梁の鋼部材（図-3）の応力は、1期施工側の曲げ耐力到達時においても、箱形からU形への形状の変化部における局部的なものを除けば、降伏応力に達していないことが確認された。

上下フランジに配置したずれ止めのせん断力分布を、図-6に示す。図より、ずれ止めに作用するせん断力は、耐力に対して十分に小さいことが確認された。

以上のとおり、接合部周辺は、1期施工側端部のRC断面で破壊することで、応力伝達領域の鉄筋および鋼部材は塑性化には至らず、接合部の一体性がL2地震時においても確保されることが確認された。

4. まとめ

RC構造と複合構造の接合部は、SRC構造とした応力伝達領域を設けて確実に設計断面力を伝達するとともに損傷を発生させない構造とする必要がある、このため、伝達領域長および応力伝達の妥当性は、非線形FEM解析を実施し、検証を行った。実施工においても計算結果と整合が図れるように1期施工部との確実な鉄筋接合やずれ止めの配置に留意した。

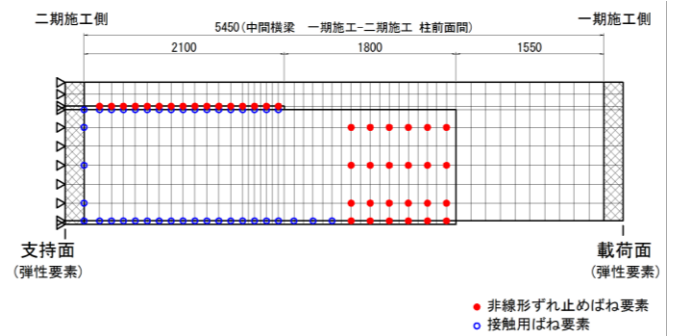
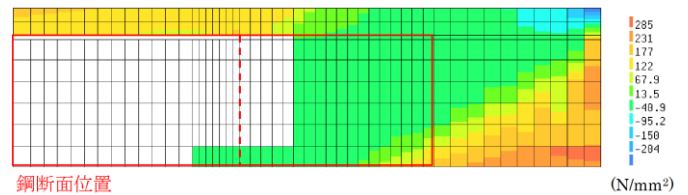
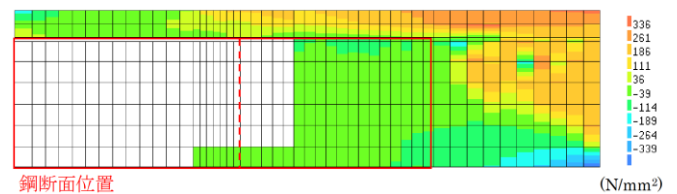


図-4 2次元非線形FEM 解析モデル

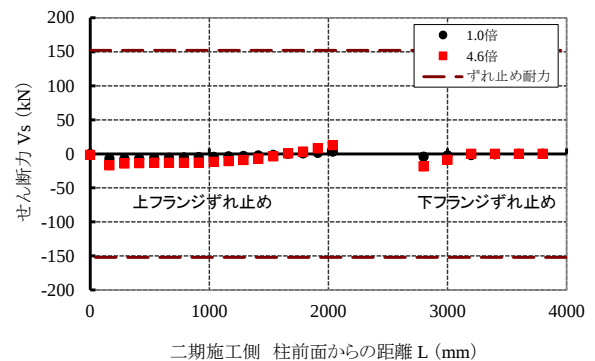


(a) Case1 荷重倍率 4.6 倍時

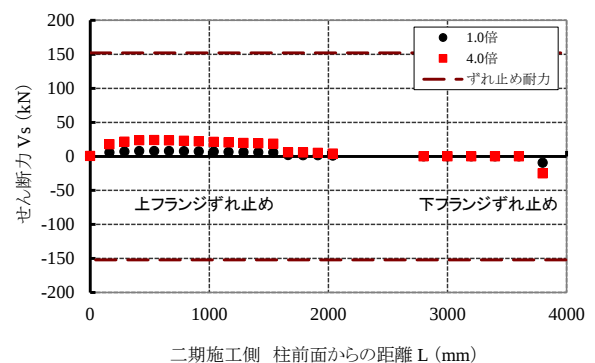


(b) Case2 荷重倍率 1.7 倍時

図-5 鉄筋の応力コンター図（軸方向鉄筋方向）



(a) Case1 上下フランジずれ止め



(b) Case2 上下フランジずれ止め

図-6 ずれ止めのせん断力分布