

I - A313

鋼桁とRC橋脚の剛結構造における設計法の課題について

日本道路公団 試験研究所 橋梁研究室 正会員 井ヶ瀬 良 則

同 上 正会員 長 谷 俊 彦

同 上 正会員 安 松 敏 雄

1. まえがき

高速道路の鋼橋において、鋼桁とRC橋脚を剛結することにより、上部工たわみの低減、下部工工費の軽減、耐久性、耐震性に優れた構造が可能となり、コストの削減が図れる新しい構造形式の採用が増加している。JHの高速道路において、これまで数橋が施工されており^{(*)1), (*)2), (*)3)}、種々異なる剛結構造形式を採用している。今後、本構造形式の標準化を図るために最適な構造形式と設計手法の確立が必要であるため、施工橋梁の構造上・設計上の特徴を整理し、今後の本剛結構造実用化に向けた課題について述べる。

2. 剛結構造形式及び設計手法

鋼桁とRC橋脚のプレストレスを用いない剛結構造形式における応力の伝達機構としては、引張力に対しては鋼桁からスタッドジベルによりコンクリートを介して鉄筋に伝達されRC橋脚に伝達し、圧縮力に対しては鋼桁からコンクリートの支圧応力としてRC橋脚に伝達することが基本である。

①接合部の基本構造

接合部は中間支点部に鋼桁伝達部材として横桁、横梁等を設け、下フランジにRC橋脚の主鉄筋を貫通させ、接合部の充填コンクリートに定着させる構造を基本とする。RC橋脚への軸力伝達は横梁下フランジからそのまま橋脚へコンクリートの圧縮応力として伝達する。曲げモーメントについては、引張力は、横梁から接合部充填コンクリートに定着された橋脚柱主鉄筋へ伝達し、圧縮力については、下フランジ面から橋脚コンクリートに支圧応力として伝達する。せん断力については、下フランジ下面に溶植したスタッドジベルから橋脚コンクリートにせん断応力として伝達する。

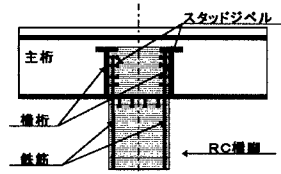


図1 基本構造概全図

②鉋桁形式の接合構造

鉋桁形式における接合構造は、図1の構造を基本とした。しかしながら、鉋桁内で接合部を構成した場合、橋脚主鉄筋の貫通孔によるフランジ厚の増加や、横桁に対する充填コンクリート打設時の側圧により横桁部材の補強が生じるために、図2に示すように横桁をコンクリートで包み込む構造になることも十分考慮しながら設計することが必要である。

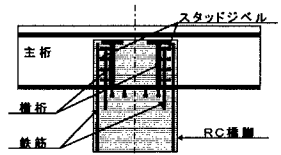


図2 鉋桁（横桁）形式

③箱桁形式の接合構造

箱桁構造についても、基本的に横桁を設けて橋脚鉄筋を定着する図3の方法としたが、主鉄筋量が多く下フランジの貫通孔が非常に多くなる場合には、図4のように下フランジを切り欠いてダイヤフラムや支圧板を設置する形式や、RC橋脚主鉄筋の定着長が短くなる場合は図5のように鋼製柱をRC橋脚に埋め込む形式を比較検討するものとした。なお、箱桁形式における剛結構造形式選定フローを図6のとおり作成した。

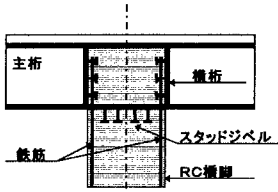


図3 箱桁（鉄筋定着）形式

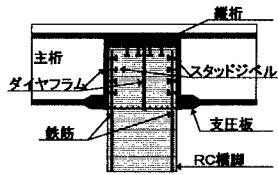


図4 箱桁（下フランジ支圧板）形式

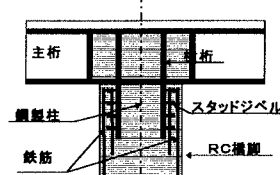


図5 箱桁（鋼製柱）形式

3. 剛結構造接合部の設計方針

①耐震設計の基本

本構造における設計の基本としては、大規模地震時に橋梁全体構造が十分な耐震性能を有し、かつ、接合部を塑性化させない構造とすることである。今までに実施された鋼桁とRC橋脚の剛結構造の模型試験において

キーワード：複合構造、鋼上部工、RC橋脚、剛結構造、スタッドジベル

〒194-0035 東京都町田市忠生 1-4-1 日本道路公団 試験研究所 橋梁研究室 TEL0427-91-1621, FAX91-8650

は、接合部では破壊していないためにその破壊形態や挙動を把握できていないことから、まず接合部では塑性化させないことを基本とした。そして、橋梁全体の耐震性能評価において、鋼桁が降伏に達しないことが望ましいが、全体系の動的解析により鋼桁を降伏させないように過度の桁断面アップを行うと鋼重が大きく増加して不合理な設計となることや、現状の動的解析手法として上部工の床版合成効果を考慮した非線形解析モデル化の手法など未解明な部分が多く、その耐震評価法については未だ確立されたものがないのが現状である。

そして、大規模地震に対して鋼桁が1次降伏を若干超えた程度では、橋梁としての機能の回復生、緊急避難や緊急車両の通行性に対して致命的な障害にはつながりにくいことや、現状では鋼桁を全く降伏させない設計は困難であることから鋼桁降伏の取り扱いについては現段階では定義していない。今後、耐震性能評価法についての確立が望まれるところである。

②接合部の設計法

接合部構造の設計は、現状では断面力の伝達機構が十分解明されているとは言えず、鋼部材とコンクリート部材各々が抵抗断面となるよう設計している。そのため、接合部の断面力の伝達機構を明らかにし、より合理的な設計手法を確立するためには接合内部を破壊させる静的載荷試験やFEM解析により検討を実施していく必要がある。以下に現状の設計方法について説明し、今後の検討課題を述べる。

<スタッドジベルの設計>

スタッドジベルの設計は「道路橋示方書Ⅱ9.5 ずれ止め」によっているが、この規定は合成桁を対象としたものであり、剛結構造の接合部に用いる場合に許容応力度も含めたスタッドジベルの最適本数の決定方法についての更なる検討が望まれる。また、スタッドの配置方法についても、均等配置と分散位置が考えられるが、現在の設計においてはほとんどが均等配置としているがFEM解析を用いて分散させた設計もある。以上のように最適な配置方法の確立に向けた試験研究を実施していく必要がある。

<せん断遅れ現象>

また、中間橋脚部でアンバランスモーメントが大きくなるようなラーメン構造では主桁フランジ部にせん断遅れ現象^{*2)}が発生することがあるため、設計時の照査項目としている。また、鋼2主桁橋のように主桁間隔が大きい場合に横桁に均等は位置した場合、主桁近傍のスタッドジベルに応力が集中する。

<RC橋脚主鉄筋の定着>

RC橋脚主鉄筋の接合を考える場合、接合部の鉄筋定着については、道路橋示方書Ⅲ（コンクリート編）の鉄筋許容応力度による定着長計算式で求まる l_a にRC橋脚断面の有効高の $1/2$ を合わせた長さを確保するのが望ましい。しかし、有効高 $1/2$ が接合部内で確保できない場合は、許容応力度によらず降伏強度による定着長計算式で求まる $l_{a'}$ のみを確保することとし、更に l_a のみ確保される場合は、図7に示すように主鉄筋とスタッドジベルをラップさせ、帯鉄筋を配置することにより応力伝達を円滑にすることが必要である。この構造においては、剛結構造部の模型による破壊試験^{*3)}で接合部が安全であることを確認している。

4. おわりに

鋼桁とRC橋脚の剛結構造は、今後、JHの高速道路鋼橋の標準形式となる鋼2主桁橋や、IC及びJCTランプ橋等の曲線橋において、これまでの支那部構造にかわる構造形式として採用され、その効果がおおいに期待される。本文で述べた設計上の課題については、JH試験研究所において、今後も接合部最適構造及び設計法の合理化、耐震評価法の確立に向けて更なる研究を行っていく予定である。

<参考文献>

- *1) 湯川保之他：鋼桁とRC橋脚を剛結した複合ラーメン橋剛結部の曲げ耐力と変形性能、第51回年次学術講演会講演概要集平成8年9月
- *2) 飯東義夫他：川之江東JCT・Cランプ橋の鋼桁-RC橋脚剛結部の設計について、第52回年次学術講演会講演概要集平成9年9月
- *3) 松井、湯川、和田他：複合ラーメン橋-鋼桁-RC脚剛結部の構造と力学性状について、土木学会構造工学論文集Vol.43A,P1367-1374(1997-3)

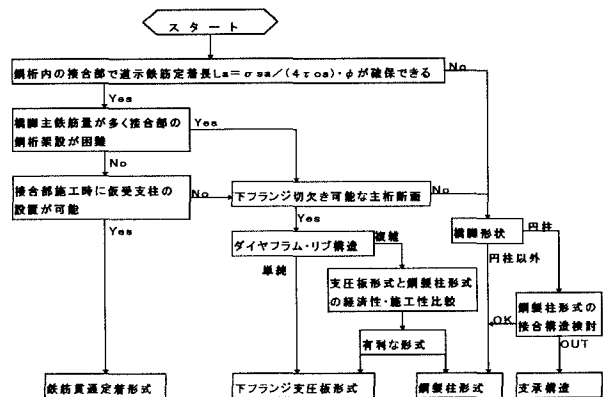


図6 箱桁剛結構造接合形式選定フロー

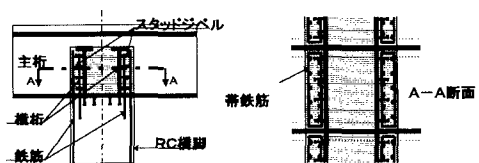


図7 剛結構造接合部配筋例