

鉄道橋における複合ラーメン構造の合理化と 適用性に関する研究

学位論文内容の要旨

本研究は、従来の水平力分散ゴム支承を用いた連続合成桁構造に比較して、中間支点部および剛結部構造の合理化により鉄道橋として、初期コスト縮減のみならず供用後の維持管理の省力化を含めコストパフォーマンスに優れた複合ラーメン橋の合理的な適用を主たる目的としている。

経済性の追求と耐震性の向上を目指して、鋼連続桁橋の中間支点で鋼(上部工)とコンクリート(下部工)を一体とした構造(上下部一体構造)の研究及び構造形式の採用が行われており、上下部一体構造には以下の利点がある。

- (1) 中間支点部の支承をなくし、建設費を縮減できる。
- (2) 中間支点部の支承がなくなることで維持管理費を縮減できる。
- (3) 上部工下部工が一体になることで、上下部全体で地震に抵抗するので、従来構造に比べ耐震性を向上できる。また、落橋しにくい構造になる。
- (4) コンクリートラーメン橋に比べ、上部工自重が軽いので、下部工・基礎の寸法を縮小できる。
- (5) 支承がないため、スレンダーな形状となり、景観に優れた構造になる。

上記のように、合理的な複合ラーメン橋を鉄道橋として一般的に適用するために、上部工からの断面力を明確に RC 橋脚に伝達できる構造を確立することが最も重要な課題であり、隅角部の構造については、製作の省力化、十分な耐力・耐久性を有することとともに施工の省力化も求められる。

このような背景のなか、鉄道橋においても耐震性、経済性に優れた複合ラーメン橋採用のメリット、必要性が高まりつつあり、本橋梁形式の現状を踏まえ、今後、鉄道用複合ラーメン橋として、これまでの中小スパンのみでなく支間 80~100m 程度の長大スパンへの適用や複数径間への採用を考慮した一般的な適用を行う上で、桁方式と比較し合理化・経済化に関する検討が必要である。

そのため、コスト縮減を目的とした合理化案として、複合ラーメン橋剛結部への充填コンクリートの合成評価に関する検討を行い、実橋測定とその解析結果から鋼と軽量骨材コンクリートの合成効果により中間支点部の断面力を低減することによる経済化が可能であることを示している。

さらに、鋼箱桁と RC 柱の剛結部に用いるアンカービーム定着構造の耐荷性能を検討する目的で、結合部近傍を取り出した部分モデル弾塑性 FEM 解析によるパラメータスタディを行い、中間支点結合部の応力分布特性や応力伝達性状に及ぼす RC 柱主鉄筋の隅角部充填コンクリート内定着の影響、アンカービーム充填長さの影響、隅角部内充填コンクリートに軽量コンクリートを用いた場合の結合部の応力性状などを示し、本剛結方式の合理的化とその適用についての提案も行っている。

以上の成果は、鉄道橋におけるアンカービーム剛結方式複合ラーメン橋の合理的な適用が可能と

なり、実務設計を行う上で有益な情報を提供するものである。

本論文の構成と内容を以下に示す。

第1章では、複合構造の発展の経過と現状を鉄道橋について説明するとともに複合ラーメン橋の合理的な適用と開発への経過を説明し、本研究の目的と概要を示している。

第2章では、橋脚高さ、地盤条件、設計震度等をパラメータとし、主に水平力分散ゴム支承による桁方式との経済比較を行い適用範囲の定量的評価、複数径間への適用拡大への検討、桁方式との競争力向上のための中間支点部の鋼材重量軽減の方策の検討を行い、鉄道橋における複合ラーメン橋の合理的な適用のための方策を示している。

第3章では、スパンによる桁断面に適した剛結方式を提案し、その方式についてさらなる中間支点部の経済化を目的とし、剛結部の充填コンクリートを軽量骨材コンクリートとした場合について、実橋測定を基にした合成効果の解析的検討を行い複合ラーメン橋中間支点部における鋼材重量軽減の方策としての妥当性を示している。

第4章では、第3章における実橋測定と3次元有限要素解析により鋼と軽量骨材コンクリートの合成効果により中間支点部の断面力低減が判明したことから、鋼と軽量骨材コンクリートの合成効果の前提条件となる軽量骨材コンクリートと鋼部材に設置するジベルのせん断耐荷力特性、平面保持の成立性、ひび割れ性状および疲労特性に関し実験的検討を行い、鋼と軽量骨材コンクリートの合成挙動について明らかにしている。

第5章では、長大スパンを有する鉄道用複合ラーメン橋を対象に、剛結部に用いるアンカービーム定着構造の耐荷性能を検討する目的で、ズームアップモデル弾塑性 FEM 解析によるパラメータスタディを行い、中間支点結合部の応力分布特性や応力伝達性状に及ぼす RC 柱主鉄筋の隅角部充填コンクリート内定着の影響、アンカービーム充填長さの影響、隅角部内充填コンクリートに軽量コンクリートを用いた場合の結合部の応力性状などを示し、アンカービーム剛結方式の合理化とその適用が可能であることを示している。

第6章では、本研究の結論であり、得られた知見を総括し今後の展望と課題について述べている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 林 川 俊 郎
副 査 教 授 杉 山 隆 文
副 査 教 授 後 藤 康 明
副 査 准教授 松 本 高 志

学 位 論 文 題 名

鉄道橋における複合ラーメン構造の合理化と 適用性に関する研究

鉄道橋では新幹線や在来線等の車両高速走行時に、車輪の転動音やパンタグラフの摺音、風切り音、構造物の振動による発生音等が騒音の原因となることが知られている。鋼桁橋は薄肉鋼板により組み立てられることから、局部振動や環境振動が問題となることがある。また、鋼桁橋は部材接合部における疲労損傷や防食にともなう補修補強による維持管理マネジメントの改善が求められている。鉄道橋では、低騒音構造、建設コスト縮減および維持管理コストの最小化を目指した構造形式の開発が重要な研究課題となっている。

このような背景から、本研究は鋼上部構造と鉄筋コンクリート橋脚・下部構造とを剛に結合した複合ラーメン構造を採用し、アンカービーム定着部の応力特性を明確にし、実務構造設計を行う上で有益な知見を得たものである。

本論文は全6章から構成されており、各章の内容は以下のようである。

第1章では、鉄道橋における複合構造の現状と既往の研究成果をまとめ、本研究の目的と課題を明確に示し、各章の構成について記述している。

第2章では、橋脚高さ、地盤条件、設計震度、支承条件等をパラメータとした試設計を実施し、複合ラーメン橋の比較検討を行っている。剛結部の主桁断面は橋脚高が高く、設計震度が大きい場合には地震時荷重状態で決定される。それ以外の組み合わせでは、常時荷重状態で主桁断面が決定されることを明らかにしている。複合ラーメン橋の剛結部桁内充填材を軽量骨材コンクリートとした場合、その死荷重の減少効果および適切な剛性付加により製作架設コストダウンにつながることを提示している。

第3章では、適用支間による主桁断面に適した剛結方式を提案し、その合成効果を明確に確認している。充填軽量骨材コンクリートの合成効果により、複合ラーメン橋剛結部の剛性が上がり、中間支点部鋼桁フランジの応力度がかなり低減されることを明らかにしている。また、剛結部の充填コンクリートを軽量骨材コンクリートとした場合、複合ラーメン橋中間支点部における鋼材重量低減の方策としての妥当性について検証している。

第4章では、軽量骨材コンクリートと鋼部材に設置するジベルとの合成効果を調べるために、せ

せん断耐荷力特性、平面保持の成立性、ひび割れ性状および疲労特性について検討している。頭付きスタッドおよび馬蹄形ジベルを使用した場合の最大せん断耐力は、普通コンクリートと軽量骨材コンクリートともほぼ同じ値を得たことから、普通コンクリートのせん断耐力設計式が適用できることを提示している。一方、軽量骨材コンクリートを用いた孔あき鋼板ジベルの最大せん断耐力は、普通コンクリートに対する設計値よりも、高い値を示すものの安全性は確保できることを確認している。また、馬蹄形ジベルを用いた鋼桁と軽量骨材コンクリートとの合成梁に静的2点載荷曲げ実験を実施し、合成断面として十分な曲げ耐力を有し、平面保持が成り立つことを明らかにしている。さらに、負曲げを受ける合成梁ではひび割れ間隔およびひび割れ幅ともに問題がないことを確認している。頭付きスタッドおよび馬蹄形ジベルを使用した場合の疲労破壊状態は普通コンクリートと軽量骨材コンクリートとも静的試験結果と同様であることを示している。よって、軽量骨材コンクリートを用いた頭付きスタッドおよび馬蹄形ジベルの疲労強度は普通コンクリートにおけるせん断耐荷力設計式をそのまま適用できることを提示している。

第5章では、長大支間長を有する鉄道用複合ラーメン橋を対象として、鋼箱桁とコンクリート橋脚との剛結部に用いるアンカービーム定着構造の耐荷性能について検討している。大規模地震時におけるコンクリート橋脚主鉄筋の定着長が鋼箱桁隅角部内の充填コンクリートおよびアンカフレームフランジの応力分布性状に与える影響を明らかにしている。また、アンカービーム定着長は橋脚幅の0.75程度確保することが適切であることを論述している。鋼箱桁隅角部内の充填コンクリートの軽量骨材コンクリートを用いた場合には、断面力減少にともなう応力低減効果が現れることから合理的な設計が可能であることを示唆している。

第6章では、各章で明らかとなった内容を要約し、本論文を総括している。

これを要するに、著者は鉄道橋における鋼上部構造と鉄筋コンクリート橋脚とを剛に結合した複合ラーメン橋に新たなアンカービーム定着構造を提示し、実務構造設計を行う上で有益な知見を得たものであり、橋梁工学、鋼構造学、メンテナンス工学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。