

氏名	加藤敏明
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第1807号
学位授与の日付	平成11年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科土木工学専攻
学位論文題目	鋼管・コンクリート複合構造高橋脚の弾塑性挙動と耐震安全性照査法に関する研究 (主査)
論文調査委員	教授 家村浩和 教授 土岐憲三 教授 小野紘一

論文内容の要旨

本研究は、急峻な山岳部において最近建設され始めている高橋脚の耐震設計上の諸問題について検討した後、新しく開発した鋼管・コンクリート複合構造高橋脚の弾塑性挙動と破壊モード、鋼管のじん性への寄与等を実験や解析から明らかにし、大規模地震時における耐震安全性の照査法を提案したものであり、全体で7章から構成されている。

第1章は序論であり、過去の地震による構造物の被害と耐震設計法の変遷について述べ、本研究の背景、意義、概要と目的および論文構成を示している。

第2章では、まず高橋脚を有する高架橋の動特性について考察している。一例として、山岳部を通過する多径間PCラーメン橋を取り上げ、高次振動モードの影響を考慮する必要があること、塑性ヒンジの発生箇所が未確定であること及び軸力変動の影響についても考慮しなければならない場合もあることについて述べている。

次に、従来の高橋脚において多く採用されてきた中空RC断面橋脚の耐震設計上の問題点を取り上げている。すなわち、中空であることによるコンクリートの拘束効果が弱点であること、曲げ変形の増大に伴いせん断変形の影響が出ることに注意する必要があることなどについて述べている。

さらに、従来の中空RC断面の耐震設計上及び施工上の問題点を解決するために、新しく開発した鋼管・コンクリート複合構造橋脚の基本概念と構造特性及び研究課題について説明している。同構造は、鉄筋コンクリート断面内に鋼管を配した、いわゆる被覆形鋼管コンクリート構造であり、加えて、帯鉄筋に高強度鋼より線のらせん巻き構造を採用し、補強効果を向上させているものである。

第3章では、鋼管・コンクリート複合構造橋脚の弾塑性挙動、破壊課程、鋼管及び高強度鋼より線帯鉄筋のせん断力負担等を明らかにするため、曲げ破壊先行型の供試体とせん断破壊先行型の供試体を用いた静的交番載荷模型実験を行っている。曲げ破壊先行型の供試体を用いた実験による荷重-変位関係より、耐震安全性照査基準となる許容塑性率を検討している。また、実験結果とファイバーモデルによる解析結果との比較考察を行っている。せん断破壊先行型の供試体を用いた実験からは、鋼管と帯鉄筋の負担するせん断力を検討している。

次に大地震時の損傷度、震災後の残留変位を直接観察するために、ハイブリッド地震応答実験を行い、実地震波による動的応答レベルと損傷度の関係、大変形後の残留変位について検討している。

第4章では、実験では解明できなかった鋼管の付着メカニズムと曲げおよびせん断耐力との関係、高強度鋼より線帯鉄筋の横拘束効果を調べるため、供試体をモデルとした三次元有限要素解析を行っている。まず鋼管とコンクリート間の付着強度をパラメータとした解析結果と実験の水平荷重-変位関係を比較検討し、付着特性が曲げ挙動に与える影響について考察している。次に鋼管の軸方向ひずみおよびせん断ひずみより、それぞれ鋼管の曲げ強度に対する累加メカニズム、鋼管の負担するせん断力を検討している。

第5章では、第3章の実験結果及び第4章の解析結果を基に、鋼管のせん断力負担等について考察を進め、本構造に適合

したせん断耐力式を提案している。また鋼管の付着特性を考慮したモーメントー曲率関係式を示すとともに、塑性ヒンジ部の耐震安全性照査基準として、許容曲率塑性率を示している。加えて今後の高耐震機能橋脚開発の方向について新しく提案している。

第6章では、具体的な高橋脚を有する高架橋に本研究成果を適用し、その動特性を明確にするとともに、今回提案した設計手法と照査手法の有用性を示している。また鋼管・コンクリート複合構造橋脚の耐震安全性を具体的に検討している。

第7章では、本論文成果をまとめるとともに、今後の課題と展望を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、新しく開発した鋼管・コンクリート複合構造高橋脚の弾塑性領域における構造特性を、載荷実験や数値解析から究明し、その結果に基づき、同型式構造の設計法および耐震安全性の評価手法を提案したものであり、得られた主な成果は次のように要約される。

- (1) 高橋脚の構造型式としては、従来より中空断面鉄筋コンクリート構造が主に採用されて来たが、今回、耐震性および施工性に優れる鋼管・コンクリート複合構造型式を新たに開発した。この型式は、鉄筋コンクリート断面内に鋼管を配し、せん断耐力とじん性の向上を図るとともに、帯鉄筋に高強度鋼より線をスパイラル状に配して、両特性の補強効果を高めている。
- (2) せん断スパン比4の複合構造橋脚模型の静的交番載荷実験から、変位ー復元力曲線において、最大耐力に達した後、繰り返し載荷毎に耐力が漸減する結果が得られた。この劣化特性は、中空断面RC橋脚模型の耐力の低下が急激であるのに比べて、変形性能に富むものである。同種の模型を用いてハイブリッド地震応答載荷実験を行った結果、最大応答塑性率が9を越えても、安定した履歴復元力特性を示し、残留変位も柱高の1/100を下回った。このことから、複合構造高橋脚の高い耐震性が立証された。
- (3) 実験で採用した複合構造橋脚模型を対象として、材料非線形モデルおよび鋼管とコンクリートの付着モデルを有する3次元有限要素解析を行った。その結果、付着が切断された後は、RC部と鋼管部分の累加方式により、全体系としての強度を推定できること、ならびに鋼管のせん断力負担は平均で $80\text{N}/\text{mm}^2$ 程度であることなどが判明した。
- (4) 実験および解析の結果から、せん断耐力式およびモーメントー曲率関係式を開発し、耐震安全性の評価基準として許容曲率塑性率を提案した。これらの成果を基に、想定される地震動に対する高橋脚の耐震安全性を具体的に検討した。

以上要するに本論文は、新しく開発した鋼管・コンクリート複合構造高橋脚の弾塑性挙動を明らかにするとともに、耐震安全性の照査法を提案したものであり、その成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また平成11年1月7日、論文内容とそれに関連した項目について試問を行った結果、合格と認めた。