

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 小林 將志

本論文では、東北地方太平洋沖地震において、東北新幹線の複数のRCラーメン高架橋が、ブロック端部の柱頭部で集中的に損傷した点に着目し、被災建造物の損傷状況の分析と再現解析を行った。その結果、損傷した建造物は、比較的大きな回転モードの水平応答を受けた可能性が有ることを示し、耐震補強を継続して取り組むことの有効性を示している。

さらに、既設RC柱の耐震補強を合理的に進めることを目的に、補強鋼材の配置間隔を断面高さの1/2以上の間隔とした補強試験体を製作し、載荷試験を実施した。その結果、一定の補強効果が確認できたことから、補強鋼材を任意の位置に配置した場合の耐震性能の評価手法を提案し、耐震補強を合理的に進めるための新たな知見を示している。

本論文は、第1章から第7章で構成されている。各章の概要は以下の通りである。

第1章は序論であり、本研究の対象である既設RCラーメン高架橋の柱部材に対する耐震補強工法の背景となっている過去の地震被害による鉄道RC高架橋の被害、耐震設計の変遷と既往の設計法について述べるとともに、本論文の構成について紹介している。

第2章は、鉄道建造物のRC建造物を中心に、せん断破壊先行型部材により構成された耐震性能の低い建造物の破壊メカニズムについて概説し、部材のせん断耐力と、部材の変形性能の評価を適切に行うことにより、建造物の耐震性能を把握することができることを説明している。

第3章では、東北地方太平洋沖地震において、曲げ破壊先行型のRCラーメン高架橋の柱部材が、梁柱接合部の柱部材基部コンクリートが全断面で落下する損傷や、比較的広い範囲でブロックの端部柱に損傷が集中するような被害が見られた。そのため、近隣地震計の地震動の観測値、耐震性能の解析結果、平面変形モードの推定結果を重ねて損傷原因を推定し、従来の耐震補強を継続的に実施すべきかどうかを検証した。その結果、東北地方太平洋沖地震により大きな損傷を生じたり、比較的広い範囲でブロック端部のみが著しく損傷した建造物は、ブロック端部ラーメンがブロック重心を回転中心とするような回転変形モードの地震応答を受け、端部ラーメンの柱上端から $2h$ (h :断面高さ)程度の帯鉄筋が疎な区間で終局変位 δ_n を超すような曲げ変形を起こして損傷が発生したものと推察された。しかし、推定された応答値は、これまでの耐震補強において想定してきた範囲内であることから、従来の耐震補強を継続することにより、効果が発揮できるものと考えられることを示した。

第4章では、東北地方太平洋沖地震の際のJR東日本の復旧に対する取組みを例に、これまで開発されてきた耐震補強工法が早期復旧において有効に機能したことを示したことを紹介した。その一方で、高架下を店舗等に利用しているラーメン高架橋においては、RC柱の耐震補強を行う際、建物内の既存設備、床スラブなど撤去・復旧が困難な支障物が柱端部の外周に設置されている場合に、耐震補強工事の進捗を妨げる要因となっている現状を踏まえ、支障物が配置されている範囲の補強鋼材の間隔を広げても、一定の耐震性能を確保できるような補強工法の開発が望まれている現状にあることを示した。

第5章では、せん断補強鋼材を柱外周に配置して四隅で定着する耐震補強方法において、梁または柱部材の中間において、せん断補強鋼材の配置間隔を断面高さ h の $1/2$ 以上の間隔で設定した場合のせん断破壊により損傷する範囲とせん断耐力について実験により確認した結果、補強鋼材の配置間隔を $h/2$ よりも大きく設定しても、一定量以上の補強鋼材を拡大区間以外の区間に配置することにより、せん断耐力を増加させる効果を付与することなどを明らかにし、部材中間に拡大区間を設けざるを得ないようなせん断破壊モードの既設RC柱部材を、曲げ破壊モードの破壊形態へと改良し、一定の変形性能を付与することができることを示した。

第6章では、せん断補強鋼材を柱外周に配置して四隅で定着する耐震補強方法において、柱基部の塑性ヒンジとなる領域のせん断補強鋼材の配置間隔を断面高さの $1/2$ 以上に広げた試験体の地震時の破壊性状と変形性能について実験により確認した。その結果、無補強の状態ではせん断破壊モードの補強RC柱の試験体に対して、塑性ヒンジ領域の補強鋼材の配置間隔を $0.5h \sim 1.3h$ 程度に拡大した場合でも、一定量以上の集中補強鋼材を拡大区間に配置することにより、せん断ひび割れが生じるような損傷を拡大区間内の比較的狭い範囲で発生するように制御できることなどを示した。これより、塑性ヒンジ領域に拡大区間を設けざるを得ないようなせん断破壊モードの既設RC柱部材を、曲げ破壊モードの破壊形態へと改良し、一定の変形性能を付与することができることを示した。

第7章はまとめであり、本論文の概要、本論文により得られた成果を示すとともに、今後の研究における課題について取りまとめた。