

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 津吉 毅

国民生活の交通基盤として不可欠な鉄道構造物の耐震補強は、緊急を要する社会事業であり、事業者の負担のもとに進められている。1980年以前に設計施工された鉄筋コンクリートラーメン高架橋の中には、巨大地震に対する耐震性能に劣る構造が含まれており、新幹線などの主要ルートの補強工事は、特に急がれる。この中で、桁下空間を既に商業活動等で利用している個所は都市部を中心に多数あり、現実問題として補強工事に伴う立ち退きや一時退避を求めることが極めて難しい。このような状況下の補強対象高架橋は3万本を超えるが、その殆どは、重機を伴う既往の耐震補強工法では補強できないのである。本研究は、桁下空間が既に商業利用されている状況下でも、重機類を使用せず、限定された空間で少人数により柱を補強できる新工法を発明するとともに、もたらされる耐震性能向上の定量評価と補強設計法を開発し、施工技術指針を通じてこれを実用化する貢献を果たしたものである。

第一章は序論であり、鉄道構造物の耐震性能の現状分析と補強の緊急性について概括し、桁下空間を既に供用している個所の耐震補強工法に求められる要件と、目標補強水準についてまとめている。そして、補強鉄筋を柱外周に配置する既設鉄筋コンクリート柱の耐震補強工法の考案に至った経緯と、この工法の耐震構造工学の観点からみた評価と、設計法の構築に関する基本的な開発戦略について、まとめている。

第二章では、補強鉄筋を外周に配置した柱部材の変形性能に関する実験的検討を行っている。補強鋼材を部材内部に埋め込まない方式(即ち、狭い空間で重機を使用しないでも配置が可能)が本工法の最大の特徴であるが、同時に部材と補強鋼材との間に付着機構が介在しない点が、構造力学上の論点となる。鋼材量と鋼材配置間隔、並びに定着法の詳細を変えた実験を実施し、補強された柱が有するに至った最大変形能を、静的繰り返し載荷実験によって模擬することで、明らかにした。外周部に配置された鋼材は、部材最小寸法の配分程度の配置間隔であっても、有効にせん断破壊を防止できることが明らかとなった。補強鉄筋と既設柱とが直接、接触していないために、既設柱の主鉄筋の横方向へのはらみ出し区間が既往の補強方法よりも長くなる。これは部材の損傷塑性領域を拡大することになるが、同時に損傷が局所化しないために部材のエネルギー吸収能が高まる効果を得ることに成功している。

第三章は、第二章で実験的に得られた部材補強性能の機構分析を、主として補強鋼材に発生する応力の観点から検討したものである。一般の埋め込み鉄筋を用いた部材では、ひび割れと鋼材が交差する領域で、鋼材の塑性変形が局所化する。しかし、本論文の工法ではコンクリートと鋼材との接触が切れているので、鋼材応力は補強鋼材全域にわたってほぼ一様となる。その結果、最大鋼材応力は、降伏強度まで至ることは稀であることを示している。一方、補強鋼材が塑性化しないために、繰り返し荷重下でのコンクリートひび割れ面の再接触を阻

害することがなくなり、鋼材を埋め込んだ柱と比較して、繰り返し作用に伴うコンクリート側の損傷の蓄積が少なくなるといった、効果が発揮されることが解明された。

第四章では、第二、三章の検討を構造工学の観点から一般化して、実用化に結びつけるための技術的課題の解決を論じている。補強効果を達成される変形能で定量化する方法を提示し、任意の既設鉄筋コンクリート柱の諸元と境界条件に対応した補強設計・計画法(補強材の間隔、直径、鋼材強度の選定、工事手順)を提案している。これを複数の既設鉄筋コンクリート鉄道高架橋に適用し、設計段階から耐震補強の実施工までの一連のプロセスを、コストの観点も含めて分析した。開発目標として設定した商業利用空間での耐震補強工事の実現を、本設計法と工法が果たし得ることを実証した。

第5章は結論であり、本研究の成果を総括・取りまとめ、適用範囲を明確に示した上で、今後の技術開発項目と改良点について言及している。

交通基盤の安全性向上の重要性と緊急度は、1995年の阪神淡路大震災の被災経験で社会的にも再認識された。国税の投入を受けて、道路交通基盤の多くが補強工事を完了しつつある反面、鉄道交通基盤の耐震補強は、民間事業者の責任の元に行われている。厳しい制約条件の元に、低コストで必要にして十分な既設構造の耐震補強を与える工法としては、本論文による補強鋼材の外周配置の方法が、現時点では唯一に近い工法となっている。本研究の成果は、構造部材の新たな補強システム的一端を開くものであるとともに、緊急の社会的要請に応えるものであり、社会基盤工学の発展に寄与すること大である。よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。