

## 論文の内容の要旨

論文題目 補強鉄筋を柱外周に配置する既設RC柱の耐震補強工法の開発

氏名 津吉毅

1995年1月17日の阪神淡路大震災では、山陽新幹線、東海道本線などの鉄道構造物も、RCラーメン高架橋の柱のせん断破壊による崩壊など大きな被害を受けた。その被害をうけ、運輸省から各鉄道事業者に、同省「鉄道施設耐震構造検討委員会（委員長：松本嘉司東京理科大学教授）」で策定された「既存の鉄道構造物に係る耐震補強の緊急措置」に基づき、鉄道構造物の耐震補強に関する通達が出され、平成8年度以降、緊急耐震補強工事が鋭意進められている。

緊急耐震補強の一項目として、鉄道のRCラーメン高架橋柱、RCラーメン橋台の柱で、せん断先行破壊となる柱が対象とされており、主として鋼板巻き補強工法により、柱のせん断補強、変形性能の向上が図られている。一方、鉄道高架橋では、特に都市部ではその高架下を店舗、事務所等として利用している箇所が多い。また、鋼板巻き工法では一般的にはクレーンによる架設を行うがクレーンが進入できないような狭隘箇所も存在する。そのような箇所においては、鋼板巻き工法を採用するためには、支障物の移転や店舗等の休業補償の問題もあり、非常に多くの労力とコストを必要とするため、耐震補強を進めるにあたり大きなネックとなっている。平成11年度末現在、JR、私鉄等を含

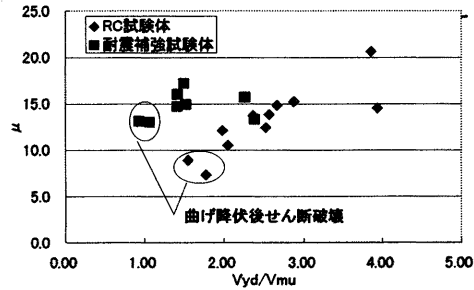
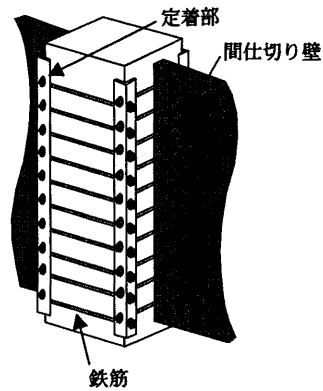


図-1 新しい耐震補強工法概要図 図-2 耐力比とじん性率の関係

め補強の終了した柱約 43,000 本に対して、高架下を利用している箇所でも補強が必要にもかかわらず未施工となっている柱が約 30,000 本存在する。そのため、そのような高架下を利用している箇所でも、人力で、比較的容易に施工できる新しい耐震補強工法の開発が、鉄道構造物全体の耐震性能を確保するために非常に重要な課題となっていた。

そこで、狭隘箇所でも容易に施工できることを目的とした図-1に示すような新しい耐震補強工法を開発することとした。この工法は、補強鉄筋を柱の外周に配置し、柱の四隅で定着するものであり、材料が鉄筋と山形鋼等のみであるため、人力施工が可能なるものである。新しい耐震補強工法に必要となる、「大地震に対して崩壊しない」性能として、具体的には、部材じん性率を 10 程度以上確保できることとした。これは、既設構造物の降伏震度、阪神淡路大震災の被害解析結果、新設構造物設計標準との整合性を考慮し定めたものである。

次に、耐震補強工法による補強効果を確認するために、写真-1, 2に示すような補強試験体を用いて静的正負交番載荷試験を行った。図-2は、曲げ・せん断耐力比 ( $V_{yd}/V_{mu}$ ) とじん性率 ( $\mu$ ) の実験結果である。図-2に示すように、せん断先行破壊となる柱が、本工法による補強により、耐力比 ( $V_{yd}/V_{mu}$ ) を 1.0 以上とするとじん性率 10 以上、また、耐力比 ( $V_{yd}/V_{mu}$ ) を 1.4 以上とすると破壊性状が安定した曲げ破壊となり、じん性率 15 以上の大きな変形性能が得られる結果となった。また、施工の簡便性を考え、定着部を軸方向に分割した場合、補強鉄筋と柱面に隙間がある場合 (いずれも写真-2) の実験も行い、いずれも補強効果にはほとんど影響がないことを示した。次に、本工法では補強鉄筋を柱外周に配置しているが、その効果について検討

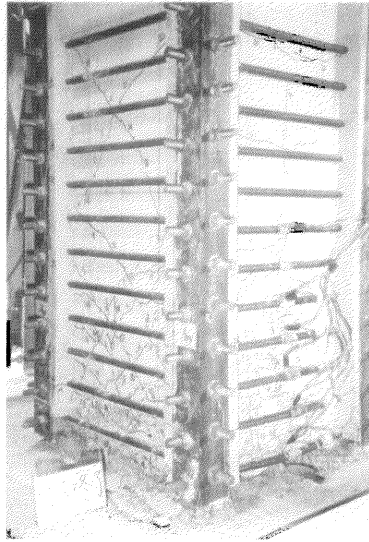


写真-1 実験状況 (その1)

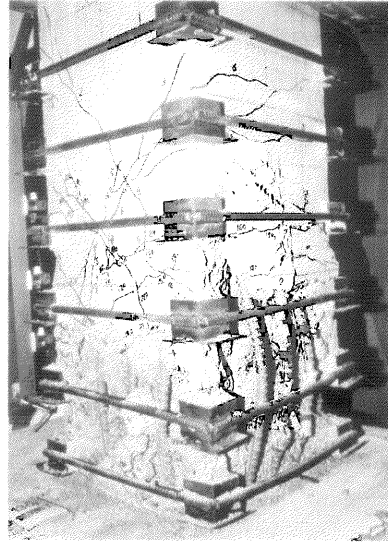


写真-2 実験状況 (その2)

するため、通常の断面内に帯鉄筋を配置したRC柱の実験結果と比較検討を行った。図-2には、RCの試験結果を合わせて示した。このように、新しい工法によれば、通常のRC柱よりも少ない鉄筋量で、同等以上の変形性能が確保できることを示した。これは、補強鉄筋を柱の外周に配置する今回の補強方法によると、せん断抵抗側の補強鉄筋のひずみが斜めひび割れ位置で局所化しないために、くり返し载荷によるひび割れの閉合をせん断補強鉄筋が妨げにくいいため、コアコンクリートの劣化が少なく、結果的に通常のRCよりも少ない補強鉄筋量で同等の変形性能を得ることができるものと推察された。

次に、本工法の実構造物への適用とその評価について述べる。本工法を実構造物に適用するにあたり、その設計は簡便であることが望ましい。したがって、死荷重時の軸圧縮応力度を  $2.94 \text{ (N/mm}^2\text{)}$  以下という適用範囲を示したうえで、塑性ヒンジ区間の必要耐力比 ( $V_{yd}/V_{mu}$ ) を 1.5 以上とすることで、部材じん性率が 10 以上確保でき、大規模地震に対しても崩壊しない性能を得られるという簡易な設計手法を示した。すなわち、耐力比 ( $V_{yd}/V_{mu}$ ) を 1.5 以上とする条件のみから簡易に補強鉄筋量を算出できる設計手法を示し、それに基づき設計施工の手引きを作成した。写真-3, 4は、実構造物への適用例である。写真-3は高架下を信号機器室として利用しているため、鋼板巻き施工を採用するためには膨大な移設費用が必要となること、写真-4は同じく鋼

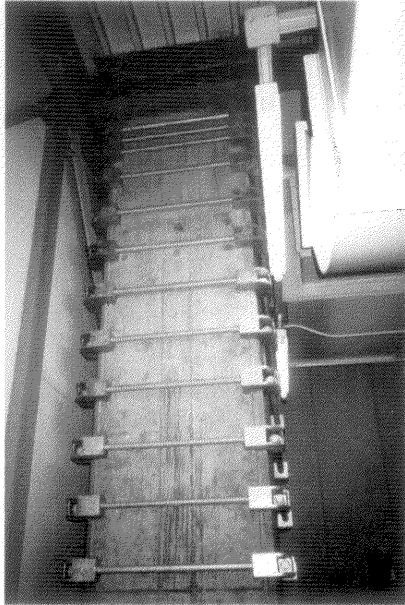


写真-3 実施工例 (その1)

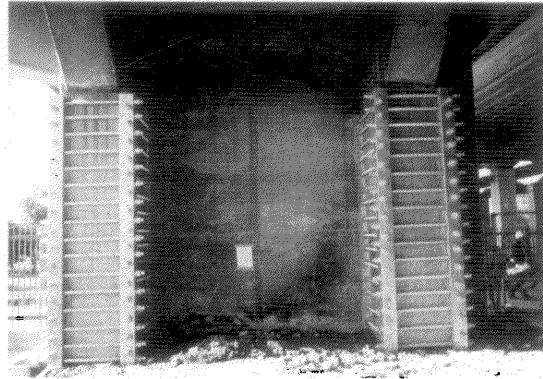


写真-4 実施工例 (その2)

板巻き補強を実施するためには柱と接合しているRC壁を全面撤去する必要があることから新しい工法を用いた。これらの施工実績を既往の工法と比較すると、クレーン作業の可能な通常の条件下での鋼板巻き工法と比較した場合には、若干工事費は高めとなる。ただし、店舗のリニューアルにあわせて行った、通常のクレーン架設を行えなかった鋼板巻き補強工事の実績と比較すると、工事費のみでも今回の新しい方法のほうが安価であり、耐震補強工事のための支障物撤去・復旧等を考慮すると約5割程度のコストダウンが達成できた。また、施工性については、プレキャスト製の定着部を用いた場合（写真-3）には、通常の条件下での鋼板巻き工法と同等以上の施工スピードを確保することができた。ただし、場所打ち工法を用いる場合（写真-4）には、定着部モルタル注入のための型枠設置等に多大な時間を要しており、今後とも施工性向上のための改善が必要である。

平成11年末現在、この新しい耐震補強工法により14本の柱の補強を終了しており、平成12年度には42本の柱で補強を計画している。高架下利用箇所は、耐震補強工事のネックとなっていたが、本工法の開発により徐々にその補強が進み、結果として鉄道高架橋の耐震安全性の向上に大きく寄与できるものと確信するものである。