

氏 名	まつ だ よし ふみ 松 田 好 史
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論工博第 3836 号
学位授与の日付	平成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	コンクリートセグメントと鋼より線を用いた耐震補強に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 宮川豊章 教授 田村 武 教授 朝倉俊弘

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、既設 RC 柱の耐震補強において柱外周に巻き立てて用いている鋼板等の補強材が、日常点検や大規模地震発生時の臨時点検において維持管理上の妨げとなっている場合があることに着目し、コンクリートセグメントと鋼より線を用いた新しい耐震補強法を提案し、これに関する一連の研究を取りまとめたものである。論文は 6 章からなっている。

第 1 章は緒論であり、本論文の背景と目的を示している。

第 2 章では、既設建造物の維持管理の現況と耐震補強の現況について、具体事例を挙げながらそれぞれの課題について要約し、維持管理に配慮した新しい耐震補強方法を提案している。新しい耐震補強方法は、既設 RC 柱の側面にかまぼこ状のコンクリートセグメント（以下「セグメント」と記す）を設置し、その外周にスパイラル状に加工した亜鉛めっき鋼より線（以下「鋼より線」と記す）をアンボンド横拘束筋として巻き立て補強する方法で、第 3 章以下で実験的および解析的検討を加えている。

第 3 章では、本提案の耐震補強に加え既往の耐震補強工法による縮小試験体を作製して正負交番載荷試験を実施し変形性能の比較を行っている。さらに非線形有限要素解析を行い、実験結果との対比を行い、解析的検討の妥当性について検証している。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 本提案により補強した柱のじん性率は、鋼板巻き立て補強工法に代表される既往の補強方法によるじん性率と比較して同等以上で、曲げ破壊の変形性能に富む破壊性状を示すことを明らかにした。
- (2) 既設 RC 柱に生じたひび割れはセグメント表面に伝播し両者のひび割れ形状は概ね一致していることを明らかにした。大規模地震発生時の臨時点検においては、セグメント表面に生じたひび割れを目視で確認することにより既設 RC 柱の損傷の把握が容易に実施できることを確認した。
- (3) 変形性能については、既往の研究成果を用いて、鋼より線の円周方向引張力によって生じる拘束効果を考慮した変形性能評価式を提案した。
- (4) セグメント形状の差による拘束力の差が変形性能に与える影響は小さく、施工性や経済性の点からは扁平セグメントが有利であることを明らかにした。
- (5) 非線形有限要素解析は、実験結果との対比において荷重—変位関係を概ね適切に表現できており、本補強方法の挙動を把握する上で有効な手段であることを確認した。

第 4 章では、セグメントの形状および鋼より線のシステムについて検討を加えている。セグメントの形状について解析および実物大実験を行い、施工性や経済性に配慮した合理的なセグメント形状を提案している。また、鋼より線の継手や端部定着の方法に関して、新たな提案を行っている。さらに、鋼より線の耐食性に関する既往の研究成果を参考に鋼より線の耐用年数を推定している。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 円弧部半径や端部厚さを変えたセグメントの実物大模型実験結果から、セグメントが支圧破壊する荷重の大きさは、円弧部半径が大きくなる程小さくなり、端部厚さが小さくなる程小さくなる傾向を明らかにした。経済性や施工性を勘案す

ると扁平セグメントは十分に実用的であることを明らかにした。

- (2) 鋼より線のひずみ分布は、セグメント上ではほぼ一定でありアンボンド効果で分散している傾向を確認した。
- (3) 鋼より線の継手については、新たに開発した曲線用巻付グリップが全強継手として使用できることを確認した。
- (4) セグメントと鋼より線との間の摩擦力の大きさは250N程度であり、鋼より線とセグメントが密着した状態になるためには、施工時において、鋼より線には1200~1300N以上の緊張力を導入するようになれば良いことを明らかにした。
- (5) 亜鉛めっき鋼より線の耐食性については、直近の長期大気暴露試験から得られた腐食速度のデータを用いて、亜鉛めっき鋼より線の平均亜鉛付着量を約400 g/m²とした場合、耐用年数は田園地域で約90年となることを確認した。

第5章では、鋼より線のアンボンド効果について評価を行うため縮小試験体を作製し、鋼より線のアンボンド効果に関する実験的および解析的評価を行い、変形性能等に与える影響について考察している。また、本提案により補強した実構造物において、気温の変動がセグメントと鋼より線の相対挙動に与える影響を約1. 間測定し、その成果を施工時の鋼より線の緊張力管理に反映させている。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 鋼より線のアンボンド効果は変形性能に対しては顕著ではないが、鋼より線の円周方向ひずみにおいては平均的に分散化されていることを確認した。
- (2) 1年間の気温変動に伴う鋼より線張力の経時変化は、温度や施工のばらつき等の影響が複合した複雑な挙動をしているが、夏季に増加し冬季に減少していることを明らかにした。
- (3) 鋼より線の全体的な挙動としては、年変化でセグメント中央測点平均値で1000N程度、日変化で450N程度の変動幅であることを明らかにした。
- (4) 温度変化の年変動や日変動の影響によるセグメントと鋼より線の相対挙動の結果として、年間概ね1450N程度の変動が鋼より線に生じることを明らかにした。鋼より線が緩まないためには施工時における鋼より線の緊張力として、概ね1450N以上の緊張力を導入しておけば良いことを明らかにした。

第6章では、各章で得られた結論を総括している。また、耐震補強に係わる維持管理のシナリオとして、耐震補強されたRC柱において将来想定される変状や維持管理に対する現時点の取組みと今後の課題を展望している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、既設RC柱の耐震補強において柱外周に巻き立てて用いている鋼板等の補強材が、日常点検や大規模地震発生時の臨時点検において維持管理上の妨げとなっている場合があることに着目し、コンクリートセグメントと鋼より線を用いた維持管理に配慮した耐震補強法を提案し、補強柱の変形性能や合理的なセグメント形状のみならず施工管理上の留意点を明らかにしている。主な成果は以下のとおりである。

1. 本提案により補強された柱のじん性率は、鋼板巻立て補強工法に代表される既往の補強方法によるじん性率と比較して同等以上で、変形性能に富む曲げ破壊性状を示すことを明らかにした。また、既設RC柱に生じたひび割れはセグメント表面に伝播し両者のひび割れ形状は概ね一致していることを明らかにした。したがって、大規模地震発生時の臨時点検においては、セグメント表面に生じたひび割れを目視で確認することにより既設RC柱の損傷の把握が容易に実施できることとなる。さらに、変形性能については、既往の研究成果を用いて、鋼より線の円周方向引張力によって生じる拘束効果を考慮した変形性能評価式を提案した。
2. 円弧部半径や端部厚さを変えたセグメントの実物大模型実験結果から、セグメントが支圧破壊する荷重の大きさは、円弧部半径が大きくなる程小さくなり、端部厚さが小さくなる程小さくなる傾向を明らかにした。経済性や施工性を勘案すると扁平セグメントは十分に実用的であることを明らかにした。さらに、鋼より線の継手については、新たに開発した曲線用巻付グリップが全強継手として使用できることを確認した。
3. 温度変化の年変動や日変動の影響によるセグメントと鋼より線の相対挙動の結果として、年間概ね1450N程度の変動が鋼より線に生じることを明らかにした。鋼より線が緩まないためには施工時における鋼より線の緊張力として、概ね1450N以上の緊張力を導入しておけば良いことを明らかにした。
4. 亜鉛めっき鋼より線の耐食性については、直近の長期大気暴露試験から得られた腐食速度のデータを用いて、亜鉛めっ

き鋼より線の平均亜鉛付着量を約400 g/m²とした場合、耐用年数は田園地域で約90年であることを確認した。

以上要するに、本論文は既設 RC 柱の耐震補強において維持管理の視点が重要であることを指摘し、点検や補修などの維持管理の妨げとならないような耐震補強方法を提案し、縮小試験体を用いた交番載荷試験を行い変形性能やひび割れ視認性を明らかにするとともに、セグメントの合理的な形状や鋼より線の継手や定着および緊張力管理などの施工管理上の課題を解決したものであり、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17年2月21日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。