

学位論文題名

定着金物を用いた連続繊維シートによる
鉄筋コンクリート部材の補強に関する研究

学位論文内容の要旨

環境への負荷低減は、すべての産業や社会構造に共通な課題であり、社会資本整備においてもこれを考慮することが求められている。環境負荷低減を考慮した場合、建物の機能性、経済性を改善し継続して使用することが、建替えよりも遥かに有利になることは明らかであり、この観点からも、近年建築物のリノベーションが注目されている所以がある。

鉄筋コンクリート(以下、RC)構造物の補強法としては、既に多くの工法が提案されているが、連続繊維シートを用いる部材補強工法は、鋼材やコンクリートと比較し軽量で高強度であるため、現場での施工性が良好で、なお且つ補強による部材断面のボリューム増が少ないという極めて優れた特性を有している。

しかしながら、周知のように連続繊維シートを用いた補強工法は、柱あるいは梁に巻き付け、部材の耐力や、靱性を改善するものであるが、実際の建築物の柱には壁が、梁には床スラブが取付いているため、「連続繊維シートを巻き付け、躯体に定着・固定する際に困難を伴う」のが一般的である。このため既往のこの種の補強工法においては、連続繊維シート端部を、それぞれ独自の方法により部材に定着し擬似閉鎖型とする方法をとっている。勿論、その補強効果については実験により確認されているものの、明確な応力伝達機構に基づく設計手法にまで言及した研究成果は極めて少ないのが現状である。

本論文は、種々の連続繊維シート素材のうち建築分野において使用量が多い炭素繊維シート(以下、CFシート)を取り上げ、それを用いた疑似閉鎖型補強工法において補強効果や耐力性能に影響を及ぼすCFシート端部定着方法に着目し、効率が良く安定した補強効果が得られる独自の端部定着方法を提案するとともに、その定着方法を用い補強した部材の耐力評価方法を明らかにしたものである。

本論文は全5章より構成されており各章の内容を以下に略述する。

第1章は「序論」であり、研究の背景と現状における問題点を指摘し、既往の研究を概観した上で、本研究の位置付けを明確にすると共に、研究の目的を示した。具体的には、高強度の連続繊維シートは、非閉鎖型の補強においてその端部の定着方法が重要である。

従来の簡易な平鋼や山形鋼による固定方法は、理論の構築が不十分であること、また従来の耐震補強方法以外に適用範囲を広げるためには、明解な応力伝達機構を持つ定着金物の開発と、定着耐力の評価方法を示す必要があることを明らかにした。

第2章は、「連続繊維シート端部定着部における力学的挙動」と題して、連続繊維シートは含浸樹脂硬化前であれば成形の自由度が高いこと、ある程度の定着長が必要なことに着目し、成形性の自由度が高い鋳鋼を用いた部材への定着方向が異なる2種類の定着金物を提案した。提案した定着金物は連続繊維シートを定着する部分が部材を補強する部分と独立し、かつ有効な定着長が十分に確保できることが特徴である。この金物を用いた定着部は、従来の金物を用いた場合に比べ定着耐力の評価法が明快であり、人為的な要因による定着耐力の差異も生じにくいという利点を有することを論じ、端部定着したCFシートの引張試験から定着金物の曲率半径、CFシート補強量の上限を明らかにすると同時に、CFシートとの定着性状等を検証し、本定着金物の有効性を明らかにした。

第3章は、「非閉鎖型補強を適用したRC柱部材の力学的性能」と題し、第二章で提案した2種類の定着金物を組み合わせて、三方向に壁を有する柱部材のせん断補強を行い、実大スケールに近い柱断面にて構造実験を行った。柱部材には、曲げモーメントとせん断力の他に軸方向力が作用するため、地震時における部材の強度と靱性を確保するためには、せん断補強効果だけでなく、せん断力と直交方向の拘束効果が重要である。この実験結果より、本定着金物を用いて疑似閉鎖型としたせん断補強方法は、従来のCFシートによる閉鎖型補強と同等以上のせん断補強効果があり、周方向への応力伝達による部材断面拘束が可能であることを明らかにした。

第4章は、「定着金物と連続繊維シートを用い補強した既存RC造梁の力学的性能」と題し、梁部材への適用例と耐力の評価法を示している。まず、既存梁に設けられたあと施工開孔部のせん断補強に適用した。この場合、スラブや小梁が付く梁を外側から施工するため、限られた範囲で開孔部を補強する必要がある。第二章で提案した定着金物は、折り返し部分でCFシートの定着を確保しているため、躯体面に接するCFシートを補強材として確実に利用できる。そのため狭小な部分でのせん断補強に効果を発揮する。しかし、あと施工開孔により圧縮束が形成されにくくなるため、十分なせん断補強効果が期待できない。そこで、横拘束された円形鋼管がより高い圧縮強度を発揮することを利用して、CFシートと鋼管によるせん断補強のメカニズムを提案し、まずは簡易なプリズム型試験によって、その効果を明らかにした。それを実大の梁試験体に適用して構造実験を行い、CFシートと鋼管によるせん断補強の相乗効果を確認した。ここでは、提案したメカニズムに基づき、鋼管の効果を考慮した開孔梁のせん断耐力式を提案した。

第5章は、「研究の総括と今後の研究課題」と題し、各章で得られた知見について総括し、本研究の結論と今後の研究課題について述べている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 上 田 正 生
副 査 教 授 緑 川 光 正
副 査 教 授 後 藤 康 明

学 位 論 文 題 名

定着金物を用いた連続繊維シートによる 鉄筋コンクリート部材の補強に関する研究

建築分野において多用される連続繊維シートを用いた既存コンクリート部材の補強工法は、連続繊維シートを柱あるいは梁に巻きつけることにより、部材の耐力や靱性能の改善を図るものであるが、実際の建築物の柱には壁が、梁には床スラブが取り付けられているため、連続繊維シートをこれらの部材に巻き付けて躯体に定着・固定する際には、施工上かなりの困難を伴うのが一般的である。

本論文は、種々の連続繊維シート素材のうちでも使用頻度が高い炭素繊維シート（以下 CF シートと略記）を用いた疑似閉鎖型補強工法を対象とし、本工法において補強効果や耐力性能に大きな影響を及ぼす「施工性に優れた独自の新しい端部定着方法」を提案し、更にこの定着方法によって補強された部材の耐力評価方法を明らかにしたもので、全 5 章から構成されている。

第 1 章は「序論」であり、研究の背景と現状における問題点を指摘し、既往の研究を概観した上で、本研究の位置付けを明確にすると共に、研究の目的を示している。具体的には、高強度の連続繊維シートは、非閉鎖型の補強においてその端部の定着方法が重要であり、従来の簡易な平鋼や山形鋼による固定方法は、理論の構築が不十分であること、また従来の耐震補強方法以外に適用範囲を広げるためには、明解な応力伝達機構を持つ定着金物の開発と、定着耐力の評価方法を示す必要があることを明らかにしている。

第 2 章は、「連続繊維シート端部定着部における力学的挙動」と題して、連続繊維シートは含浸樹脂硬化前であれば成形の自由度が高いこと、ある程度の定着長が必要なことに着目し、成形性の自由度が高い鋳鋼を用いた部材への定着方向が異なる 2 種類の定着金物の提案について記述している。提案された定着金物は連続繊維シートを定着する部分が部材を補強する部分と独立し、かつ有効な定着長が十分に確保できることが特徴である。この金物を用いた定着部は、従来の金物を用いた場合に比べ定着耐力の評価法が明快であり、人為的な要因による定着耐力の差異も生じにくいという利点を有することを論じ、端部定着した CF シートの引張試験から定着金物の曲率半径、CF シート補強量の上限を明らかにすると同時に、CF シートとの定着性状等を検証し、本定着金物の有効性を明らかにしている。

第 3 章は、「非閉鎖型補強を適用した RC 柱部材の力学的性能」と題し、第 2 章で提案した 2 種類の定着金物を組み合わせて、三方向に壁を有する柱部材のせん断補強を行い、実大スケールに近い柱断面にて構造実験を行っている。柱部材には、曲げモーメントとせん断力の他に軸方向力が作用す

るため、地震時における部材の強度と靱性を確保するためには、せん断補強効果だけではなく、せん断力と直交方向の拘束効果が重要となるが、この実験結果より、本定着金物を用いて疑似閉鎖型としたせん断補強方法は、従来のCFシートによる閉鎖型補強と同等以上のせん断補強効果があり、周方向への応力伝達による部材断面拘束が可能であることを明らかにしている。

第4章は、「定着金物と連続繊維シートを用い補強した既存RC造梁の力学的性能」と題し、梁部材への適用例と耐力の評価法を示している。まず、既存梁に設けられたあと施工開孔部のせん断補強に適用している。この場合、スラブや小梁が付く梁を外側から施工するため、限られた範囲で開孔部を補強する必要がある。第2章で提案された定着金物は、折り返し部分でCFシートの定着を確保しているため、躯体面に接するCFシートを補強材として確実に利用できる。そのため狭小な部分でのせん断補強に効果を発揮する。しかし、あと施工開孔により圧縮束が形成されにくくなるため、十分なせん断補強効果が期待できない。そこで、横拘束された円形鋼管がより高い圧縮強度を発揮することを利用して、CFシートと鋼管によるせん断補強のメカニズムを提案し、まずは簡易なブリズム型試験によって、その効果を明らかにしている。次にそれを実大の梁試験体に適用して構造実験を行い、CFシートと鋼管によるせん断補強の相乗効果を確認し、更に提案したメカニズムに基づいて鋼管の効果を考慮した開孔梁のせん断耐力式を導き、その妥当性の検証を行っている。

第5章は、「研究の総括と今後の研究課題」と題し、各章で得られた知見について総括し、本研究の結論と今後の研究課題について述べている。

これを要するに、著者は、既存建築物のコンクリート部材の補強のために多用される連続炭素繊維シートを対象として、独創的な定着金具を用いた新しい端部定着工法を開発した上で、この工法によって補強された部材の耐力評価方法を提案しており、更に実験結果との比較によってその適合性を検証したものであり、コンクリート構造学に寄与するところ大なるものがある。よって著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。