

学 位 論 文 題 名

緊張力を導入した連続繊維シートによる
鉄筋コンクリート桁の補修に関する研究

学位論文内容の要旨

近年、メンテナンスフリーと言われてきたコンクリートも、塩害、凍害あるいはひび割れなどの劣化現象が生じ、美観のみならず、耐久性にも問題が及んでいる。さらに建設当時想定されていた交通量に比べて、大きな重量交通の増加により、耐力の補強が必要な構造物も少なくない。阪神淡路大震災により引き起こされた損傷を契機に、コンクリート構造物の設計基準の見直しが行われ、既存の状態では新設計基準を満たすことが出来ない構造物に対して順次補強が行われている。このように構造的問題と耐久性の両面から、既存コンクリート構造物の補修が必要な状況となっている。

本論文では、様々な補修補強工法が存在する中で、構造物の耐荷力および耐久性の向上に対して有効性を発揮する連続繊維シート接着工法に着目した。軽量で高強度という特性を有する連続繊維シートは、補修補強材料として今後さらに使用が期待される建設材料である。

連続繊維シートによりコンクリート構造物を効果的に補修するためには、連続繊維シートとコンクリートが一体となって挙動する必要がある、連続繊維シートとコンクリートの付着力が重要な問題となる。

本論文では、コンクリートと連続繊維シートとの付着力について、連続繊維シート面上に加圧力を与えて、付着力の向上を図り、補修工法にこれを活用している。まず初めに付着力試験によって加圧による付着力向上のメカニズム解明と、付着力算定式の誘導を行っている。緊張力を導入した連続繊維シートによって補修を行った鉄筋コンクリート桁の載荷試験から、曲げ耐荷性状およびせん断耐荷性状の向上についての算定を行い、連続繊維シートとコンクリートとの付着力向上の重要性と、提案している補修工法の有効性の評価を行っている。

第1章の序論では、本研究の背景とその目的について述べ、連続繊維シートに関する既往の研究を示すと共に、連続繊維の開発およびその発展の歴史を紹介し土木構造物への適用について触れている。

第2章では、付着力向上の具体的方法と、付着力について明らかにしている。エポキシ系接着剤を連続繊維シートに含浸させ、接着剤が硬化し連続繊維シートとコンクリートとの一体化を図った状態で、接着面上全面に等分布荷重を加圧し、付着力を向上させる方法

を明らかにしている。

付着力試験は変位速度制御による一軸引張試験を行い、その結果から加圧することによる付着力向上とその有効性を明らかにし、その特性は、付着力は引張剛性が増加するのに比例して向上すること、加圧力によって有効付着長が長くなること、さらに接着幅 80mm 以上では一定の単位幅付着力が得られるが、それより狭い接着幅では単位幅付着力が変化し、その変化割合は加圧力の大きさにより異なることなどを明らかにしている。

加圧力を与えることによる付着力向上のメカニズムは、加圧力により有効付着長の増加と接着界面の強度が増加することにより説明できることが判った。これらの実験結果から、連続繊維シートとコンクリートと付着力の算定式を提案している。

第3章では、連続繊維シートを用いた鉄筋コンクリート桁の曲げ補強について述べている。連続繊維シートに加圧を与える方法として、鉄筋コンクリート桁下面を下に凸となる放物線形状にし、その放物線部分に沿ってプレストレスを導入した連続繊維シートを接着することにより、放物線コンクリート面に上向きに作用する等分布荷重を発生させ、コンクリートとの付着力向上を図り、同時に曲げおよびせん断力に対する補強を行うものである。曲げひび割れ発生荷重、最大曲げ耐力が向上することを鉄筋コンクリート桁の載荷試験により明らかにしている。

曲げ引張破壊を生じるように設計された鉄筋コンクリート桁において、連続繊維シートを導入した緊張力などの条件により、連続繊維シートの剥離をとまなう曲げ破壊、コンクリート上部の圧縮破壊あるいは連続繊維シートの破断により終局状態に至ることを、試験と解析計算によりその考慮を行っている。実用的には、補修を行った鉄筋コンクリート桁の曲げ耐力の算定は、連続繊維シートを考慮するにとることにより、プレストレスコンクリート桁の耐力算定と同様の手法を用いることができることが判った。

第4章では、連続繊維シートを用いた鉄筋コンクリート桁のせん断補強について述べている。曲げ補強の場合と同様の方法により加圧をコンクリート面に与え、プレストレスを桁に導入している。プレストレスによりせん断に対する補強効果が向上することを明らかにしている。

せん断耐力の算定は、連続繊維シートによるせん断補強分担、せん断補強筋による分担などを加算することにより可能である。すなわちトラス作用により分担される耐力、トラス作用以外により分担される耐力およびプレストレスにより分担される耐力を累加することにより算定が可能であることを明らかにしている。

第5章では、第2章から第4章までの研究成果についてとりまとめ、結論を述べるとともに、今後の課題も含め総括している。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	佐 伯	昇
副 査	教 授	友 澤	史 紀
副 査	教 授	大 沼	博 志
副 査	助教授	堀 口	敬

学 位 論 文 題 名

緊張力を導入した連続繊維シートによる 鉄筋コンクリート桁の補修に関する研究

近年、半永久的と言われてきたコンクリートも、気象作用あるいは内部欠陥などによる劣化現象が生じ、美観のみならず、耐久性にも問題が及んでいる。さらに建設当時想定されていた交通量に比べて、大きな重量交通の増加により、耐力の補強が必要な構造物も少なくない。このように構造的な問題と耐久性の両面から、既存コンクリート構造物の補修が必要な状況となっている。

本論文では、様々な補修工法が存在する中で、構造物の耐荷力および耐久性の向上に対して有効性を発揮する連続繊維シート接着工法に着目している。軽量で高強度という特性を有する連続繊維シートは、補修補強材料として今後さらに使用が期待される建設材料である。

連続繊維シートによりコンクリート構造物を効果的に補修するためには、連続繊維シートとコンクリートが一体となって挙動する必要がある、連続繊維シートとコンクリートの付着力が重要な問題であり、多くの研究がある。

本論文では、コンクリートと連続繊維シートとの付着力について、連続繊維シート面上に加圧力を与えて、付着力の向上を図り、補修工法においてこの有効性を活用している。付着力試験によって加圧による付着力向上のメカニズム解明と、付着力算定式の誘導を行い、さらに実構造物の補修に対応するために、緊張力を導入した連続繊維シートによって補修を行った鉄筋コンクリート桁の載荷試験を行い、曲げ耐荷性状およびせん断耐荷性状の向上について算定、照査し、連続繊維シートとコンクリートとの付着力向上の重要性と、提案している補修工法の有効性の評価を行っている。

初めに、連続繊維シートに関する既往の研究を示すと共に、連続繊維の開発およびその発展の歴史および土木構造物への適用について触れ、本研究の位置付けおよび目的を明らかにし、次の3つの新しい知見を得ている。

第1は、付着力向上の具体的方法と、付着力について明らかにしている。エポキシ系接着剤を連続繊維シートに含浸させ、接着剤が硬化し連続繊維シートとコンクリートとの一

体化を図った状態で、接着面上の全面に等分布荷重を加圧することによって、付着力を向上させる新しい方法を提案している。

この付着力試験方法は変位速度制御による一軸引張試験により行い、この結果から付着力は引張剛性が増加するのに比例して向上すること、加圧力によって有効付着長が長くなること、さらに接着幅 80mm 以上では一定の単位幅当たりの付着力が得られるが、それより狭い接着幅では単位幅当たりの付着力が変化し、その変化割合は加圧力の大きさにより異なることなどを明らかにしている。

加圧力を与えることによる付着力向上のメカニズムは、加圧力により有効付着長の増加と Mohr-Coulomb の破壊理論の適用により接着界面の強度が増加することにより説明できること、またこれらの実験結果をまとめ、連続繊維シートとコンクリートと付着力の算定式を提案している。

第2は、連続繊維シートを用いた鉄筋コンクリート桁の曲げ補強について述べている。連続繊維シートに加圧を与える方法として、鉄筋コンクリート桁下面を下に凸となる放物線形状にし、その放物線部分に沿ってプレストレスを導入した連続繊維シートを接着することにより、コンクリート面に上向きに作用する等分布荷重を発生させ、コンクリートとの付着力向上を図り、同時に荷重によって生ずる曲げおよびせん断力の低減をさせるものである。曲げひび割れ発生荷重、最大曲げ耐力が向上することを鉄筋コンクリート桁の載荷試験により明らかにしている。

曲げ破壊を生じるように設計された鉄筋コンクリート供試体を用いて実験を行った結果、連続繊維シートの断面積あるいは導入した緊張力などの条件により、連続繊維シートの剥離をともなう曲げ破壊、コンクリート上部の圧縮破壊あるいは連続繊維シートの破断による終局状態について、実験および解析により明らかにしている。実用的には、連続繊維シートの定着などを所定の条件にすることによって、連続繊維シートにより補修を行った鉄筋コンクリート桁の曲げ耐力の算定は、連続繊維シートを鉄筋と等価にすることにより、プレストレスコンクリート桁の耐力算定と同様の手法を用いることができることを明らかにしている。

第3は、連続繊維シートを用いた鉄筋コンクリート桁のせん断補強について述べている。曲げ補強の場合と同様の方法により加圧をコンクリート面に与え、プレストレスを桁に導入している。プレストレスによりせん断に対する補強効果が解析に対応して向上することを明らかにしている。せん断耐力の算定は、連続繊維シートを考慮して、トラス作用により分担される耐力、トラス作用以外により分担される耐力およびプレストレスにより分担される耐力を累加することにより算定が可能であることを明らかにしている。

これを要するに、著者は、連続繊維シートによる鉄筋コンクリートの補修補強工法について、加圧力による付着力の向上を図り、その付着力式の構築を行い、これを活用して緊張力を導入した連続繊維シートを鉄筋コンクリート桁に接着して補修する新工法を確立し、曲げおよびせん断耐力向上に新知見を得たものであり、コンクリート構造学に対して貢献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。