

氏 名 THARACHAI PHONGTHON
クラチャイ ボントン
 学位の種類 博士 (工 学)
 学位記番号 工 博 第 2311 号
 学位授与の日付 平成 15 年 9 月 24 日
 学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
 研究科・専攻 工学研究科土木システム工学専攻
 学位論文題目 Bridge life extension technologies
 (橋梁の延命技術に関する研究)

論文調査委員 (主査) 教授 小野 紘 一 教授 田村 武 教授 宮川 豊章

論 文 内 容 の 要 旨

世界各地に存在するコンクリート橋は、周辺環境の変化、規制荷重の変化や過積載による損傷、施工不良や設計不良などのために、構造性能が不十分となってきている。橋梁の曲げ部材に対しては、過去様々な補強工法が行われてきたが、このうち欠損した曲げ部材の下縁に鋼板を接着する補強工法は、70年代半ばから多くの橋梁で実施されてきている。また近年では、炭素やガラスを原材料とする板状やシート状の一方繊維強化プラスチック (CFRP, GFRP) が登場し、鋼板の代替として用いられている。この繊維強化材料は、鋼材に比べて環境耐久性が高く、施工しやすいという長所を有するため、土木分野で大いに注目を浴びている。

よって本研究では、鋼板接着工法および炭素繊維シート (CFS) 接着工法について、研究室実験および現場実験を通して詳細に検討を行っている。また RC 構造部材に対する疲労モデルを用いて、非破戒評価法を提案している。

第一章は序論であり、研究背景、既往の研究、論文の構成について示している。

第二章では、補強材からコンクリート界面に伝達される応力の遷移について、実験および数値解析により検討している。まず鋼板接着について、コンクリートブロックを用いた引張試験による検討を行っている。その結果、板幅とコンクリートブロック幅の比が付着応力に影響を与えること、接着鋼板の有効付着長は、剛性すなわち弾性係数および幅、厚さに左右されることなど明らかにしている。これより、短い区間で応力を完全に伝達するためには、板厚が小さくかつ弾性係数も小さい鋼板を使用すべきであることを明らかにしている。また CFS 補強については、含浸プライマーによる表面下処理の効果に焦点を当て、鋼板同様の実験を行った結果、含浸プライマーの養生時間が付着強度に影響を与えることなどを明らかにしている。

第三章では、単純荷重を受けるコンクリート構造に対して、鋼板接着工法と CFS 接着工法の 2 種類の接着工法の評価を実験的に行っている。その結果鋼板接着工法では、アンカーボルトは接着時の仮止めだけでなく、鋼板の剥離を防ぐために必要であることを明らかにしている。また CFS 補強では、含浸プライマーを用いることでコンクリートの付着特性が向上し、耐荷力が上昇すること、また含浸プライマーの効果は、接着面積が大きくなるほど期待できるところなどを明らかにしている。

第四章では、繰返し荷重下における接着補強されたコンクリート構造の挙動について検討を行っている。その結果、接着補強を行った場合、補強材が鉄筋の応力を低減するため、補強梁の疲労寿命を延ばすことを明らかにしている。また CFS 接着工法では、初期の補強を行った部材や過渡な損傷を受けた部材においても、良好な補強効果を発揮することを明らかにしている。またアンカーボルトを有する鋼板接着部材では、アンカーボルト周辺の応力集中により急速に破壊に達するため、ボルト周辺の応力集中を考慮すべきであることを提言している。また固有振動数測定による補強効果評価法は、簡便であり信頼性を有することを明らかにしている。

第五章では、無補強供試体、無損傷で CFS 補強した供試体、損傷後 CFS 補強した供試体について、寿命を予測する劣化

モデルを提案している。その結果、提案したモデルが曲げ部材の基本的な疲労損傷挙動を精度よく追跡できることを明らかにしている。

第六章では、それぞれの補強工法を実橋に適用し、補強効果を評価するため補強前後において各種非破壊試験を行っている。その結果、両補強材は断面に有効に作用すること、CFSは鋼板よりも施工が容易であり、施工も短期間に終了できることなどを明らかにしている。また、固有振動数による剛性変化の測定は、簡便で交通規制を最小限にとどめることができ、曲げ変位の測定よりも有効であることを明らかとしている。またCFS補強において、表面の下処理により無数のクラックが補修され、計算値以上の剛性の増加が期待できることを明らかにしている。

第七章では、鋼板補強された実橋に対して赤外線サーモグラフィによる補強材の状態観測を行っている。その結果、周辺環境の影響に十分注意する必要があるが、剥離部分の検知が行える可能性があることを明らかとしている。

最後に第八章では、本研究の結論と今後の展望と課題を示している。

論文審査の結果の要旨

日本の高架道路は交通量や過積載車輛の増加、設計や施工の要因も相乗して劣化の進行が早く短命化が懸念されており、補修・補強を含む維持管理費の増大を招いている。諸外国においても同様の現象が発生している。道路、特に高架や橋梁の延命化は、道路社会資本を健全に維持するために重要な課題である。橋梁の延命化対策実施のためには、構造物や構造部材の現有耐力の把握と寿命予測、これらをバックアップするデータ、延命のための適切な補修・補強技術およびこれらに要する原資の総合が必要である。

本研究は鉄筋コンクリート床版を対象として鋼板や炭素繊維シート接着による補強方法の有効性、疲労モデルによる損傷予測、固有周期測定や赤外線サーモグラフィのモニタリングへの適用性などについて研究したものであり、得られた主な結果は以下の通りである。

1. 鉄筋コンクリート床版（RC床版）やRC梁は鋼板接着や炭素繊維シート（CFS）接着補強によって静的な耐力や靱性を十分に向上できる。とくに浸透性のプライマーを用いるとCFS補強効果はさらに向上する。
2. CFS補強はRC床版や梁の疲労強度を増大させ、部材の延命に効果的である。また、補強された道路橋床版の寿命予測手法を提案している。
3. 鋼板接着補強されたRC床版やRC梁では、とくに高レベルの繰り返し荷重下において仮設用アンカーボルト孔周辺の応力集中や床版からの鋼板の剥離などにより、補強耐力に問題が発生する可能性がある。
4. コンクリート部材の補強工法として鋼板接着とCFS接着工法を施工面で比較すると、施工の難易度や工期の点でCFS工法が有利である。
5. 構造部材の劣化指標の一つとしての剛性の変動は、部材の固有周期の変動として把握することが可能である。
6. 鋼板やCFSのRC床版やRC梁への接着状況は、赤外線サーモグラフィによって検知可能である。

以上、本論文は道路橋床版の延命化技術の向上と新しい管理手法を開発したものであり学術上、実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15年7月24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。