

論文名：道路橋床版の補修・補強工法における接着・接合部の破壊機構に関する研究

生産科学研究科 システム科学専攻 安東 祐樹

道路橋はわが国の経済活動を支えてきた重要な交通インフラ施設であるが、その道路橋床版に、初期欠陥、劣化、構造的損傷などに起因する変状が顕在化してきた。これらの変状は、設計当初想定していなかった外力、あるいは、環境や材料による副次的な劣化に起因して発生したもので、設計と実構造物の挙動のかい離により引き起こされるものである。

一方、国や地方の財政状況が厳しく、インフラ施設への公共投資も大幅に削減される中、限られた予算の下で、交通インフラ施設を如何に効率よく性能を保持・向上させ長寿命化を図り得るかが喫緊の課題となっている。

これらの課題を解決するには、実構造物に発生する劣化や損傷などの変状の発生メカニズムを正確に把握し、より合理的な補修・補強対策を講ずる必要がある。本研究では、まず、鉄筋コンクリート（以下、RC）構造部材や鋼構造部材の補修・補強対策における接着・接合部の破壊に至るまでの変位・ひずみ・応力の変化を光学的全視野計測法により面情報として捉えた。つぎに、この全視野計測により得られた結果を有限要素解析（以下、FE 解析）に取り込むことによって接着・接合部の破壊機構を解明し、より合理的な補修・補強技術の開発に資する基礎データを提供することを目的とした。

具体的な研究項目は、①鋼板接着された RC 部材の接着端部のはく離問題、②溶接接合された鋼部材の疲労き裂問題、③鋼・コンクリート合成床版の鋼とコンクリートの付着問題、および、鋼板のジベル接合部のき裂問題である。

本論文の構成は、以下のとおりである。

第 1 章では、序章として、本研究の背景と目的、補修・補強工法における接着・接合技術の問題点ならびに論文構成について述べた。

第 2 章では、本研究の解析方法の基盤となるコンクリートと鉄筋の付着特性、異種材料を接着した場合の付着領域の取り扱い、接着・接合界面の接触モデルの解析への導入方法、および、材料構成則の作成方法について述べた。

第 3 章では、本研究で用いる光学的全視野計測法の概要について述べ、これらの計測機器を用いてコンクリート、および、エポキシ樹脂の物性試験を行い、ひずみゲージによる計測結果の精度を比較した。さらに、RC はりの静的曲げ載荷試験において、ひび割れの発生・進展状況、ひずみ分布などを可視化し、光学的全視野計測法の有効性を示した。

第4章では、鋼板接着 RC 部材の引張破壊試験において、全視野ひずみ計測を実施し、接着幅が異なった場合の接着端部の破壊挙動について検討した。その結果、破壊形式は、鋼板の接着幅がコンクリートの断面幅に近づくにつれ、鋼板のはく離からかぶりコンクリートの破壊に移行することを示すとともに、接着端部の破壊形式の違いは、内部鉄筋とコンクリートとの付着力やコンクリートの断面力の抵抗幅が影響を及ぼすことを明らかにした。さらに、コンクリートと樹脂の接着界面に、この内部鉄筋の付着力と接着幅の関係を節点かい離力として考慮した接触モデルを採用することにより、接着端部の破壊挙動を精度よくシミュレーションできることを示した。

第5章では、第4章で得られた要素レベルでの知見を部材レベルへ拡張した場合の有効性を確認するため、鋼板接着により曲げ補強された RC はりの曲げ載荷試験を対象として FE 解析を実施した。その結果、RC はりのひび割れ発生から、鋼板のはく離、および、破壊に至るまでの挙動を十分な精度でシミュレートできることを示すとともに、提案した本接触モデルの有効性を明らかにした。

第6章では、鋼床版の溶接継手部の疲労き裂対策として、溶接余盛をエポキシ樹脂パテ材で平滑に仕上げる方法、および、その上に炭素繊維シートを接着する方法を考察するとともに、これに基づく溶接継手部の各試験体に対する疲労試験を実施した。その結果、両方法とも疲労耐久性が向上し、さらに後者においては、疲労強度も向上することを明らかにした。

第7章では、鋼・コンクリート合成床版の実挙動が設計計算値よりも変形が大きくなることを非線形 FE 解析により確認するとともに、その原因が、鋼板とコンクリートの接触界面で滑りを生じることにあることを明らかにした。また、鋼板とコンクリートとの接触界面に大型車のタイヤ接地面積以上の空隙があると、鋼板のジベル接合部にき裂が発生する可能性が大きいことを示した。

第8章では、各章の成果を総括して結論とした。

本研究によって、接着・接合部の設計上の問題は、光学的全視野計測と非線形 FE 解析を併用することにより、解決できることを示した。得られた研究成果は、道路橋床版の補修・補強工法における接着・接合部の合理的設計に資する有用な情報を提供するとともに、今後、様々な外的要因により発生する新たな変状の発生メカニズムの解明、および、その対策の有効性確認のために有用な方法であることを示した。