

論文の内容の要旨

氏名：中 島 博 敬

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：メタルグリッド筋を用いた鉄筋コンクリート部材の補強法に関する研究

我が国の社会資本施設のほとんどは高度経済成長期（1954年～1973年）に建設され、その施設が50年以上経過して老朽化が進行し、それらを維持するための補修・補強技術の開発や維持管理手法の構築が重要な課題となっている。社会資本施設の中でも道路施設は、地方生活圏および主要な都市圏域を結ぶ重要な施設であり、経済発展に大きく寄与するものである。とくに、道路施設の中でも老朽化が著しいのが橋梁であり、地方公共団体では橋梁を点検し、健全性の判定区分を行い、優先順位の高い橋梁および部位を100年間維持するための維持管理計画および予算を立て、毎年、平準化した予算で計画的に修繕を行う「道路橋長寿命化修繕計画」が取り組まれている。これによると、道路橋の部位の中で最も損傷が著しいのはコンクリート橋やRC床版であり、維持修繕費の50%に及んでいる地方公共団体も多い。したがって、コンクリート橋およびRC床版の修繕（補修・補強）において、決められた時間内に強度を発揮し、低コストで長寿命化が図れる材料や補修・補強技術が望まれている。一方、建設業就業者の減少は著しく、建設産業における労働者不足は深刻な問題となっている。さらに、建設業就業者の高齢化の進行が著しく、次世代への技術継承も大きな課題となっている。このような問題や課題に対して、国土交通省では、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取り組みとして「i-Construction（建設現場の生産性革命）」が進められている。よって、道路橋RC床版の長寿命化を図る補修・補強技術においても「i-Construction」の方針を取り入れた新材料や補強技術の開発が急務である。

一方、橋梁部材のなかで最も損傷が著しいコンクリート部材やRC床版を対象に、長寿命化が図られ、「i-Construction」を取り入れた新材料および限られた時間内に施工を可能とする材料を選択し、長寿命化について、実験による検証が必要となる。コンクリート部材やRC床版の補修・補強材料としては、鉄筋に替わる引張補強材としてメタルグリッド筋が開発されている。また、補修・補強材においては8時間および36時間施工を対象としたモルタルおよびコンクリート材、さらに、ひび割れ補修やコンクリートとの打ち継ぎ部を強化するために浸透性接着剤や付着用接着剤が用いられている。しかし、これらの材料については各種材料試験を実施し、既に市販されているものの、これらの材料の組み合わせによる補修・補強後の効果の検証はほとんど実施されていないのが現状である。

そこで本研究では、コンクリート部材およびRC床版の補強技術において、メタルグリッド筋および2種類の接着剤を用いて8時間あるいは36時間施工を対象とした低弾性PCMやSFRCを用いた増厚補強技術をRCはり部材については静荷重実験を行い、耐荷力性能を検証する。また、RC床版については輪荷重走行疲労実験を実施し、耐疲労性の検証を行い、それぞれの補強技術について実用性を評価する。また、これらの補修・補強法が「i-Construction」の方針に適合するかについても、実橋RC床版での実施工を基に評価し、地方自治体が管理する橋梁の長寿命化対策への一助としたい。

本論文は8章で構成されており、各章の主要点を以下に示す。

第1章「序 論」では、道路橋の老朽化に対する予防保全型維持管理手法について述べる。とくに、劣化が著しいコンクリート橋やRC床版に対する補修・補強技術について既往の研究について述べるとともに、国土交通省が推奨する「i-Construction」の方針の必要性についても述べ、本論文の位置づけを論じる。

第2章「道路橋RC床版の現状および予防保全型維持管理」では、地方公共団体が管理する橋梁数が我が国の橋梁数の90%を占めることから、低コストで長寿命化が図れる予防保全型維持管理計画を述べる。また、建設労働者不足を改善するために、国土交通省が示すi-Constructionに対応するための新材料および補修・補強の提案の必要性を述べる。道路橋の中で損傷および劣化が著しい部位はRC床版であり、コンクリート橋を含むコンクリート部材の橋梁定期点検要領に示す健全度の判定区分ごとに補修・補強対策を述べる。補修・補強法においては、鉄筋に替わるメタルグリッド筋及び補修・補強材を用いた新工法についての必要性を述べる。また、設計基準（道路橋示方書・同解説）の変遷に伴う耐荷力性能との差異に対する補強の必要性を論じる。

第3章「RC はり・RC 床版の補修・補強に用いる材料」では、本論文で用いるコンクリート部材および RC 床版の補修・補強材で使用するポリマーセメントモルタル（PCM）および鋼繊維補強コンクリート（SFRC）の材料特性について述べた。また、施工時に発生するひび割れ補修や打ち継ぎコンクリートとの付着性を高めるために浸透性接着剤およびエポキシ樹脂系接着剤（付着用接着剤）についての材料特性を示した。とくに、本論文で用いる施工の合理化・省力化が期待される展張格子筋および格子鋼板筋の2種類のメタルグリッド筋の性能を示し、この材料の特徴となる施工の合理化・省力化が図られ i-Construction に対応できる材料であることも論じている。

第4章「メタルグリッド筋を用いた RC はりの接着剤塗布型 PCM 増厚補強法における耐荷力性能の検証」では、第3章で述べた材料を用いてコンクリートはり部材の曲げ・せん断補強に対する補修・補強技術の補強効果を静荷重実験より検証する。曲げ補強には、全長 2,400mm の RC はりを用いて2種類のメタルグリッド筋を配置し、未損傷 RC はりに接着剤塗布型 PCM 吹付け補強を施した供試体およびひび割れ損傷を与え、ひび割れ補修と接着剤塗布型 PCM 吹付け補強を併用した供試体を用いた。せん断補強には、全長 1700mm の RC はりを用いて、曲げ補強と同様の条件で補強した供試体を用いる。実験は静荷重実験を実施し、同一寸法の未補強 RC はりの実験耐荷力と比較し、補強効果および実用性を論じる。

第5章「メタルグリッド筋を用いて接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強した RC 床版の耐疲労性の評価」では、2種類のメタルグリッド筋を配置し接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強を施した RC 床版供試体を用いて、輪荷重走行疲労実験より耐疲労性を評価し、本工法の実用性を評価する。実験供試体は 1994 年改定的设计基準に準拠し、1/2 モデルとした RC 床版上面に厚さ 40mm の SFRC 上面増厚補強を施し、同一寸法を有する未補強 RC 床版の等価走行回数を基準に補強床版の耐疲労性および補強効果を検証し、実用性を評価する。

第6章「メタルグリッド筋に継手構造を設けて接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強した RC 床版の耐疲労性の評価」では、実橋梁の RC 床版にメタルグリッド筋を配置する場合は、鉄筋と同様に継手構造が必要となる。そこで、床版中央に継手構造を設けたメタルグリッド筋を配置して 40mm 厚で SFRC 補強した RC 床版供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を行い、耐疲労性の検証および継手部を設けた SFRC 上面増厚補強法の有用性を検証する。さらに、建研式引張試験を実施して付着性能および母材コンクリートとの一体性について検証し、実用性を評価する。

第7章「展張格子筋を用いた接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強技術」では、第5章より RC 床版の耐疲労性の向上が評価されたメタルグリッド筋（展張格子筋）を用いた接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強法について実施工を行い、施工性および i-Construction への適用性を検証する。本施工では、幅員 7m のうち片側 3.5m、橋長 82.7m の範囲において床版上面の部分補修を行った後、張出し部の負曲げ対策および設計基準である B 活荷重に対応させるために接着剤塗布型 SFRC 上面増厚補強を施した。補強技術においてメタルグリッド筋は設置のみであり、鉄筋配置と比較して施工性、増厚層の減少が図られる工法であり、道路橋 RC 床版の補強法としては我が国最初の補強工事であり、地方公共団体の補強技術の一助とする。

第8章「総括」では、各章における結論を総括して、本論文の主な研究成果をまとめるとともに、将来への展望について論じている。

以上より、本研究で得られた知見は、設計基準の改訂による耐荷力不足、老朽化によるひび割れの発生、海岸線における飛来塩分や直接海水を受けたことによる鉄筋の腐食に伴う断面欠損、発錆によるコンクリートのはく落などの損傷により耐荷力性能の低下など道路橋施設の維持管理業務に多大な影響を及ぼす種々の問題点において、メタルグリッド筋と接着剤を併用することで RC 部材の補強に有効な補強法であることを明らかにするとともに、国土交通省が推奨する「i-Construction（建設現場の生産性革命）」における、コンクリートの生産性の向上を図るための対策の一つとしてメタルグリッド筋は鉄筋のプレハブ化に対応可能な材料であることを明らかにするなど、地方公共団体の補修・補強技術の発展に大きく寄与するものである。