

## 論文審査の結果の要旨

氏名：吉 岡 泰 邦

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橋梁 RC 部材の補修・補強に関する実験的研究

審査委員：(主 査) 教 授 水 口 和 彦

(副 査) 教 授 澤 野 利 章

教 授 師 橋 憲 貴

名誉教授 阿 部 忠

日本の社会資本施設の多くは高度経済成長期に建設され、建設後 50 年を経過する施設が加速度的に増加して老朽化が進んでおり、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をつなぐ重要な施設であり、将来にわたって十分な機能や性能を維持する必要がある。中でも道路橋は劣化損傷が著しく、国土交通省をはじめとする道路管理機関では橋梁の点検、調査結果から損傷程度の評価、対策区分の判定、健全性の診断を行い、優先順位を決めて、損傷が軽微な段階で、低コストで、毎年平準化した予算で修繕する予防保全型維持管理計画、すなわち「道路橋長寿命化修繕計画」を立案し、修繕に取り組まれている。一方、建設業就業者数は減少し労働者不足が深刻な問題であり、さらに建設業就業者の高齢化が顕著であり、次世代への技術継承も課題となっている。このような背景を受けて、国土交通省では、「ICT の全面的な活用（ICT 土工）」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、より一層魅力ある建設現場を目指す取り組みである「i-Construction」が進められている。よって、道路橋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工法の開発が急務である。

本論文では、道路橋のコンクリート部材において、はり、床版、柱を対象とした供試体に、鉄筋の代替材料として新たに開発したメタルグリッド筋を適用し、既設 RC 部との界面にはエポキシ樹脂系接着剤を塗布し、充填材にはポリマーセメントモルタルや鋼繊維補強コンクリートを用いた増厚補強を施し、耐荷力性能や耐疲労性の検証を行った。また、これらの増厚補強工法を実際の現場に適用した事例も示し、「i-Construction」の施策目的の一つである建設現場での生産性向上に合致した材料、補強工法であることを示すことで、橋梁の長寿命化対策の推進に寄与したいと考える。

本論文は 9 章で構成されており、各章の要旨を以下に示す。

第 1 章「序論」では、社会資本施設の老朽化の現状と課題、「予防保全」の考え方に基づくメンテナンスサイクル構築の重要性、その上で補修・補強技術の開発の必要性を述べている。そこで、「i-Construction」の取り組み方針の一つである「鉄筋のプレハブ化」に合致した新材料であるメタルグリッド筋を補強材として適用することで、補強増厚を薄くできるとともに、施工の省力化も図れることを述べるとともに、本提案する補強法について、性能評価に関する検証、施工の合理化・省力化等についての位置付けを論じている。

第 2 章「道路橋の RC 部材の現状および予防保全型維持管理」では、我が国の橋梁の現状と課題を述べるとともに、建設業界が抱えている就業者の減少や高齢化問題について述べている。また、予防保全型維持管理計画の実施フローを示し、道路橋長寿命化修繕計画の概念について述べ、橋梁点検要領における損傷区分や健全性の判定区分などについて述べている。そして、コンクリート部材および RC 床版の損傷状況および補修・補強技術と課題について取りまとめたうえで、新たな補修・補強材料であるメタルグリッド筋の提案を行っている。

第 3 章「メタルグリッド筋の材料特性」では、RC はりおよび RC 床版などの RC 部材の補修・補強

に用いる鉄筋の代替材料として新たに開発したメタルグリッドについて述べている。まず、メタルグリッド筋の開発経緯を示し、その形状、製作方法決定までの過程を述べるとともに、メタルグリッド筋の特徴を示している。そして、引張強度、付着強度などの各種材料試験から材料特性値を明らかにしている。これらの結果より、一面加工されたメタルグリッド筋は鉄筋 1 方向分の増厚層が不要となることから、死荷重の軽減やコストの縮減効果、さらには施工の合理化・省力化に大きく貢献でき、国土交通省の政策にも合致した材料であることを示している。

第 4 章「メタルグリッド筋を用いた RC はりの PCM 増厚補強における耐荷力性能」では、RC はりに板厚 9mm のメタルグリッド筋を適用し、ポリマーセメントモルタル（以下、PCM）による吹付け補強範囲等を変化させた供試体を製作して、補強範囲の違いによる補強効果の変化、継手の有無による補強強度の差異等の確認を行い、メタルグリッド筋の有用性を評価している。さらに、板厚 4.5mm のメタルグリッド筋を用いて、鋼板種類、防錆種類の違いによる補強効果の差異についての検証を行った結果、十分な補強効果を有することを示した。

第 5 章「メタルグリッド筋を用いた下面増厚補強 RC 床版における耐疲労性の評価」では、RC 床版の PCM 吹付け下面増厚補強法において、引張補強材にワイヤーメッシュおよび新たに開発した展張格子筋、格子筋の 2 タイプのメタルグリッド筋を用いた PCM 下面増厚補強した供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を実施し、無補強の RC 床版およびワイヤーメッシュを配置した供試体を基準に補強効果および耐疲労性の検証を行っている。また、増厚界面での付着性を高めるために、既設 RC 床版下面に接着剤を塗布して、メタルグリッド筋を配置した PCM 下面増厚補強法における補強効果および耐疲労性を検証し、道路橋 RC 床版の下面増厚補強における引張補強材および接着剤を塗布した下面増厚補強法についての有用性を示している。

第 6 章「メタルグリッド筋を配置した SFRC 上面増厚補強法による RC 床版の耐疲労性の評価」では、RC 床版の SFRC 上面増厚補強法において、鉄筋に替わる引張補強材として 2 タイプのメタルグリッド筋を用いた SFRC 上面増厚補強法を提案し、耐疲労性の評価を検証している。耐疲労性の評価は、2002 年改定の道示に準拠して製作した 1/2 モデルの RC 床版供試体および引張補強材である鉄筋と同等な特性を有するワイヤーメッシュ筋を配置した供試体、それぞれを基準に本提案する 2 タイプのメタルグリッド筋を配置した SFRC 上面増厚した RC 供試体に輪荷重走行疲労試験を実施している。さらに、補強法において、既設 RC 床版と増厚部の界面に接着剤を塗布した補強法についても同様の実験を行い、接着剤塗布が耐疲労性の向上に大きく影響を及ぼすことを示した。

第 7 章「応力履歴を与えた RC 柱にメタルグリッド筋（展張格子筋）を配置した接着剤塗布型 NSM 増厚補強法の耐荷力性能」では、コンクリート製橋脚をモデル化した RC 柱に、圧縮荷重載荷により橋梁定期点検要領に示す健全性の判定区分 IV に相当するひび割れが発生するように応力履歴を与え、ひび割れ補修に接着剤を注入する。補強においては、応力履歴を与えた RC 柱の側面に浸透性接着剤と付着用の高耐久型エポキシ系接着剤を塗布し、展張型のメタルグリッド筋を配置し、流動性無収縮ポリマーセメントモルタルで増厚補強した場合の RC 柱の耐荷力性能および補強効果を検証している。これら展張格子筋を配置した接着剤塗布型増厚補強法の有効性を検証することで地方公共団体が管理する橋梁下部工の橋脚や RC 柱の維持補修・補強法における一助としている。

第 8 章「メタルグリッド筋を用いた RC 部材の補強技術」では、老朽化に伴う補強や道示に規定されている活荷重への耐荷力向上のための RC 部材の補強技術について、メタルグリッド筋を配置し、浸透性接着剤、付着用接着剤を塗布して、PCM 吹付け又は SFRC 舗装による増厚補強を実橋梁に適用した結果、メタルグリッド筋を用いた接着剤塗布型 PCM 吹付け又は SFRC 増厚補強法は、国土交通省が推奨する i-Construction（建設現場の生産性革命）施策に貢献できるプレキャスト化工法として、合理化施工が可能な補修・補強工法であることを示している。

第 9 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、設計基準の改定に伴う耐荷力不足、環境条件による部材損傷に伴う耐荷力性能の低下など橋梁 RC 部材の維持管理に大きな影響を及ぼす諸問題に対して、メタルグリッドを用いた接着剤塗布型 PCM（又は SFRC）増厚補強工法は、有効な補強工法であることを明らかにするとともに、メタルグリッド筋の適用は、国土交通省が推奨する「i-Construction（建設現場の生産革命）」における鉄筋のプレハブ化に合致した材料であり、橋梁 RC 部材の維持管理の発展に大きく寄与するものと評価できる。

よって本論文は、博士（工学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

令 和 5 年 3 月 2 日