

## 論文審査の結果の要旨

氏名：小 野 晃 良

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：取替 RC 床版の耐荷力・耐疲労性の評価および施工技術に関する研究

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

我が国の橋梁数は、2022 年現在で 73 万橋が供用されている。その多くは、1960 年代の高度経済成長期に建設され、既に 50 年以上が経過している橋梁は 32%以上に達し、年々増加することになる。老朽化した橋梁や寿命に達した橋梁の維持更新費用は年々増加し、これを管理する地方自治体の財政的な負担が大きくなっていくことが懸念される。国土交通省は、事後保全対策から、橋梁点検を実施し、損傷が軽微な段階で計画的に修繕する予防保全型維持管理計画へと政策転換を行った。2009 年から都道府県庁および政令都市で橋長 15m 以上の橋梁を対象に「道路橋長寿命化修繕計画策定事業」が開始された。その後、市町村全ての自治体で「道路橋長寿命化修繕計画」が実施されている。2014 年発行の橋梁定期点検要領では、橋長 2.0m 以上の全ての橋梁を対象に修繕計画が実施されている。

1994 年以降の道路橋示方書・同解説（以下、道示とする）の改定に伴う B 活荷重に対応するために補強が施されている。しかし、老朽化が著しい RC 床版の補強対策においては、補強後の RC 床版に再劣化が生じ、取替を余儀なくされる事例もある。再劣化の多くは、床版内部の水平ひび割れ、補修・補強コンクリートとの打ち継ぎ界面のはく離などが多く、長寿命化修繕計画では数回の補強サイクルが計画されているものの、実際には既設 RC 床版の損傷が著しくなることから、2 次補強が困難な橋梁も多いのが現状である。

既存の劣化した床版は、プレキャスト PC 床版を中心に取替工事が進められている。プレキャスト PC 床版を並列して一体化する取替床版は、高速道路を中心に開発されている場合が多く、製作技術も高度で限られた製作工場で作成され、設置においても高度な技術が要求されている。

我が国の橋梁数約 73 万橋の内、地方自治体が管理する橋梁は 66 万橋以上であり、道示に規定される 1 等橋（活荷重 20tf (196kN)）や B 活荷重（25tf (245kN)）で設計された橋梁だけでなく、2 等橋（14tf (137.2kN)）や A 活荷重（17.5tf (171.5kN)）で設計された橋梁も多く供用されている。交通量の少ない地方自治体の橋梁取替床版においても、既往の取替床版は交通量に関係なく PC 構造のプレキャスト床版が採用されることが多いが、建設地域のコンクリート二次製品を製作出来る工場で製造が可能な RC 構造の取替床版が望ましい。これは、国土交通省において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）」が進められているが、道路橋 RC 床版の取替 RC 床版の開発を行うことは「i-Construction」の方針を十分に満足できるものと期待できる。

そこで本研究では、地方自治体が管理する橋梁の取替床版を対象に、架設地域に最も近い、地元コンクリートによる設計、地域に所在するコンクリート二次製品工場で作成し、地域建設企業が施工可能な RC 構造としたプレキャスト RC 床版および施工法の提案を行うものである。

本研究では、鉄筋端部を鍛造加工し、主筋に三角形の突起、配力筋には円形の突起を設けた継手構造を開発した。これらの材料試験の引抜試験を行い、継手長を明らかにするとともに間詰部の形状を検討した。

次に、RC 床版の軸直角方向および軸直角方向と軸方向の 2 方向に継手構造を有する間詰部を設け、輪荷重走行荷重実験より最大耐荷力を明らかにし、輪荷重走行疲労実験より耐疲労性を評価することで実用性を検証した。さらに、間詰部界面のはく離に伴うひび割れの発生を抑制する技術の提案、取替 RC 床版の寿命推定の提案および実橋における施工技術についても提案するとともに、取替 RC 床版が

「i-Construction」の方針に適合するかについて、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道路橋 RC 床版の取替工事における設計・製作・施工法の一助とする。

本論文は、全 9 章で構成されており、以下に各章ごとの要点を述べる。

第 1 章「序論」では、社会インフラの老朽化の現状と道路橋 RC 床版維持管理の概要を述べている。また、老朽化や再劣化する RC 床版の取替工事を対象とした本提案する取替 RC 床版の必要性および実用化のための各種実験による性能評価からの実用性についても述べ、本提案する取替 RC 床版の性能評価に関する検証、施工の合理化・省力化、安全施工等についての位置付けを論じている。

第 2 章「道路橋および取替床版の現状」では、橋梁の現状を述べるとともに、道路橋の部材の中で最も損傷が著しい RC 床版の損傷状況、取替床版の現状についても述べている。また、国土交通省が示す i-Construction 施策の全体最適の導入として、プレキャスト製品や合理化機械継手などの工場製作化が進められている中、本研究で提案する取替 RC 床版が i-Construction 施策に寄与できる合理化機械継手を用いたプレキャスト床版として、合理化施工が可能な床版取り替え工事について論じている。

第 3 章「取替 RC 床版の耐荷力の検証および破壊メカニズム」では、取替 RC 床版の継手構造について主筋および配筋筋突起形状の引張試験を行った結果、継手長 150mm 以上で道示の付着強度を満足することを明らかにした。次に、取替 RC 床版の最大耐荷力および破壊メカニズムを検証するために、2 タイプの間詰部を設けた取替 RC 床版を用いた。実験では輪荷重走行疲労試験機を用いて、1 走行毎に荷重を増加する輪荷重走行荷重実験を行った結果、2 方向に間詰部を設けることで最大耐荷力は 1.04 倍向上し、間詰部が弱点とならないことを確認している。

第 4 章「取替 RC 床版の耐疲労性の検証および破壊メカニズム」では、取替 RC 床版の耐疲労性を検証するため 2 種類の間詰部を設けた取替 RC 床版を用いて、輪荷重走行荷重疲労実験を行い、実験走行回数を作用荷重から得られる等価走行回数を得て検証し、同配合の供試体と比較し約 12 倍の等価走行回数が得られ、1 方向に間詰部を設けた場合、たわみが支間 L の 1/400 となる等価走行回数は 13.2 倍となり、間詰部が弱点とならず耐疲労性が向上することを示している。

第 5 章「輪荷重走行荷重実験における間詰部の開閉幅およびたわみ振幅が耐荷力に及ぼす影響」では、プレキャスト床版と間詰部界面ではく離に伴うひび割れを抑制するために、付着用接着剤である高耐久型エポキシ系接着剤（以下、接着剤）「あり」、「なし」のコンクリート円柱供試体を製作し、直接引張試験による界面の引張強度は 1.18 倍、一面せん断試験におけるせん断強度は 1.21 倍となる結果を得た。次に、プレキャスト床版側面に接着剤「あり」、「なし」の取替 RC 床版供試体を用いて輪荷重走行荷重実験を行い、最大耐荷力に差はないものの、開閉幅を動的に計測した結果、接着剤を塗布することで大幅に開閉幅やたわみの挙動が大幅に抑えられることを示している。

第 6 章「取替 RC 床版間詰部の開閉幅が耐疲労性に及ぼす影響」では、取替 RC 床版における間詰部の接合面ではく離に伴うひび割れの発生を抑制するために、プレキャスト床版側面に接着剤「あり」、「なし」の取替 RC 床版供試体を用いて輪荷重走行荷重疲労実験を行った結果、接着剤を塗布することで等価走行回数は 1.2 倍に向上し、界面の開閉幅は大幅に抑制され、たわみ振幅も約 13%低減されることを示している。

第 7 章「取替 RC 床版の押抜きせん断耐荷力および疲労寿命推定法」では、第 3 章、第 5 章の輪荷重走行荷重実験の結果から最大耐荷力、すなわち押抜きせん断耐荷力を検証し、第 4 章、第 6 章の輪荷重走行荷重実験結果から、松井らが提案する S-N 曲線式の傾きの逆数の絶対値( $m=12.7$ )を適用して得られた等価走行回数より耐疲労性の検証を行った。そして、阿部らが提案する RC 床版の S-N 曲線式との整合性を検証し、間詰部を設けた取替 RC 床版においても既存の RC 床版と同様に寿命推定が可能であることを示している。

第8章「地方自治体が管理する橋梁の床版取替工事における RC 床版の施工技術」では、地方自治体が管理する再劣化した RC 床版を補強するために詳細点検および調査を行い、健全性を評価した上で、再劣化した RC 床版の補強対策を論じている。また、プレキャスト RC 床版の製作から設置および間詰部のコンクリート打ち込みから完成するまでの施工フローを示し、取替 RC 床版設置前後で荷重載荷試験を行い、主桁の変形から取替 RC 床版の効果を示している。

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、道示の改訂による耐荷力不足、再劣化により補強対策が困難な道路橋 RC 床版において、従来は PC 構造とした取替床版が採用されていたが、本提案する取替床版は RC 構造のプレキャスト床版であり、架設地域の二次製品工場で製作し、輸送できることからコストの縮減と工期の短縮が可能となり、橋梁の構造に併せて長寿命化が図られるものと期待できることを示している。これらの設計、製作、施工の一連について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であると考えられ、地方公共団体の取替床版の発展に大きく寄与するものである。

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