

高速道路橋コンクリート床版の長寿命化技術に関する研究

長谷, 俊彦 / NAGATANI, Toshihiko

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

344

(発行年 / Year)

2023-03-24

(学位授与番号 / Degree Number)

32675乙第255号

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2023-03-24

(学位名 / Degree Name)

博士(工学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00026670>

博士学位論文
論文内容の要旨および審査結果の要旨

氏名	長谷 俊彦
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	第 834 号
学位授与の日付	2023 年 3 月 24 日
学位授与の要件	本学学位規則第 5 条第 1 項(2)該当者(乙)
論文審査委員	主査 教授 溝渕 利明 副査 教授 山本 佳士 副査 教授 内田 大介 副査（学外）名古屋大学教授 中村 光

高速道路橋コンクリート床版の長寿命化技術に関する研究

1. 論文内容の要旨

本研究は、高速道路橋のコンクリート床版における長寿命化技術に関する要求性能の観点から、各種コンクリート床版の耐久性能について実物大床版供試体を用いた輪荷重走行試験を実施し、床版の損傷過程を模擬するとともに、劣化損傷原因の究明、補修・補強工法の適用性の検討、性能評価試験方法や疲労強度の推定方法の提案、既設 RC 床版の補修・補強に対する延命効果について検討を行った。また、長期保全の観点からコンクリート床版の維持管理について将来的に床版取替え工事の増加が見込まれる PC 床版の点検・診断に着目し、車両走行計測による効率化・高度化を検討するために、漏洩磁束法による PC 鋼材の破断検知のための計測技術及び診断技術について検討を行った。

本研究では、RC 床版において上面打換え補修における適用区分、上面増厚工法における端部施工方法の改善、増厚床版再劣化に対する補修技術の開発と効果検証の適用性について評価を行った。また、PC 床版においては疲労耐久性の性能評価方法の確立及び維持管理の効率化を図るために、PC 鋼材の非破壊検査法の適用性について検討を行った。それらの結果から、高速道路橋のコンクリート床版において輪荷重走行試験に基づく要求性能事項及び性能評価法に関する技術的知見を示すとともに、床版の性能を長期的に持続させる長寿命化技術を導入するための技術基準の策定及び維持管理における PDCA サイクルの改善、効率化による生産性向上について示唆した。

本論文は 1 章から 9 章で構成され、各章の概要は以下のとおりである。

第 1 章「序論」では、我が国のインフラ維持管理の現状について、人口減少やインフラ老朽化の現状、国土交通省のインフラ維持管理計画などの動向について述べるとともに、高速

道路橋のコンクリート床版の維持管理を取り巻く環境の現状について整理を行い、本論文の目的と意義、論文構成を示した。

第2章「高速道路橋コンクリート床版における現状と課題」では、道路橋コンクリート床版における設計基準の変遷、国内の上面増厚工法の変遷を調査し、コンクリート床版の健全度評価法の現状と高速道路橋コンクリート床版の劣化変状への対策状況について、既往の研究の整理を行うとともに、課題の抽出を行った。また、高速道路リニューアル工事の床版取替えにおける長寿命化対策の現状やコンクリート床版の維持管理サイクルの現状を踏まえて、コンクリート床版の長寿命化技術に関する課題抽出を行った。

第3章「床版上面打換えの施工方法による検討」では、道路橋の既設RC床版のコンクリート上面打換えによる断面修復工法に着目し、はつり取りと表面処理の組合せによる断面修復後の付着性能について評価を行った。具体的には、はつり工具を用いる場合の部分的な断面修復について、はつり取りと断面修復の組合せ、断面修復材の種類、接着剤塗布などの対策の組合せにより、断面修復後の付着強度の比較による適用範囲の検討を行った。また、上面打換えの施工方法について部分打換え、パネル単位での打換え、実橋撤去床版の打換えによる断面修復後の疲労耐久性の検討を行うため、輪荷重走行試験による検討を行うとともに疲労強度の推定による検討を行った。

第4章「上面増厚床版施工目地部の延命化対策に関する検討」では、高速道路橋の既設RC床版において、鋼繊維補強コンクリートにより上面増厚補強された床版が補強工事から数年後に増厚がはく離する劣化損傷が多発する事象が顕在化したため、増厚床版の劣化損傷について、実橋の調査・分析により劣化要因の推定を行い、その推定要因を模擬した上面増厚床版供試体を製作し、輪荷重走行疲労試験による検討を行った。ここでは、実橋の上面増厚床版と同様の剥離損傷を再現するため、劣化損傷を誘発する原因の特定を行った。また、早期劣化に対する抑制対策を施した増厚床版の耐久性に関する効果確認のために、比較検証実験を行った。この結果から、上面増厚工法の施工時において劣化損傷を抑制する標準的な対策工法を提案した。また、提案した対策工法を規準化するために、対策工法の耐久性を照査する試験方法を提案した。

第5章「上面増厚床版における再劣化補修後の実橋調査」では、上面増厚床版の再劣化損傷に対する補修対策を実施した実橋の追跡調査を行い、実橋における補修効果の確認を行った。調査対象は、上面増厚補強後にはく離損傷した床版及び床版上面のSFRCに変状が発生した部位、上面増厚補強実施後にはく離損傷が発生した部位に樹脂注入による補修を行った箇所、塩害や凍結融解により上面が劣化した増厚床版の抜本的な劣化補修工法として実施されたビニロン繊維補強コンクリートによる部分打換え工法を実施した箇所について実橋調査を行った。

第6章「PC床版における疲労耐久性評価法の検討」では、PC床版の耐疲労性の評価手法の現状と課題整理を行った第2章の知見を踏まえ、PC床版の輪荷重走行試験による押抜きせん断疲労破壊の結果から、新たな疲労強度推定のための「押抜きせん断破壊の力学モデル」を

提案するとともに、PC床版の疲労破壊結果からPC床版の疲労強度のS-N曲線の検討を行った。

第7章「PC床版のPC鋼材非破壊検査の車両走行計測に関する検討」では、道路橋のPC床版に配置されたPC鋼材に着目し、路面側から漏洩磁束法により効率的に破断検出できる手法への適用拡大を行うため、車両走行による着磁・計測の効率化・高度化による生産性向上を目的とした開発研究を行った。ここでは、大型電磁石を用いた漏洩磁束法の着磁・計測について検討し、大型電磁石をクレーンで吊り上げた状態で人力により移動させて、PC床版内のPC鋼材を着磁させる方法について検討を行った。また、着磁後の漏洩磁束の手動計測を行い、PC床版内部のPC鋼材の破断検出について床版供試体による確認実験を行った。さらに、車両走行計測を行うための計測装置の開発を行い、PC鋼材の着磁・計測において、着磁の条件や着磁後の磁束密度分布による破断検出結果を比較検証し、その適用性について検討を行った。

第8章「コンクリート床版に関する長寿命化技術の展望」では、コンクリート床版に関する長寿命化技術の展望について、本研究の各章の検討結果を踏まえた技術開発の方向性について述べるとともに、高速道路橋のコンクリート床版の長期保全の観点から、既設RC床版における増厚床版や既設RC床版の延命化対策、更新後のPC床版の疲労耐久性評価について、輪荷重走行試験による性能評価技術の展望を示した。

第9章「結論」では、増厚床版の延命化、打換え床版の補修効果、PC床版の耐久性評価の技術、PC床版の点検・診断技術の効率化・高度化の検討結果の総括を行った。また、インフラ構造物を将来に継承する持続可能なコンクリート床版の長寿命化技術の目指す方向性を示した。

2. 審査結果の要旨

本研究は、高速道路橋のコンクリート床版における長寿命化技術に関する要求性能の観点から、実物大床版供試体を用いた輪荷重走行試験により、床版の損傷過程を模擬し、劣化損傷原因の究明、補修・補強工法の適用性の検討、性能評価試験方法及び疲労強度の推定方法の提案、既設RC床版の補修・補強に対する延命効果について検討を行ったものである。また、長期保全の観点からコンクリート床版の維持管理について将来的に床版取替え工事で採用の増加が予想されるPC床版の点検・診断に着目し、車両走行計測による効率化・高度化に関する検討を行っている。特に、PC床版の変状をスクリーニングするため、漏洩磁束法によるPC鋼材の破断検知技術を車両走行計測で実現するための計測技術と診断技術について検討を行っている。

床版上面打換えの施工方法による検討では、断面修復のはつり取りと表面処理による付着強度について、はつり取り方法が打継ぎ界面に及ぼす影響を明確にするとともに、表面処理においてブラスト処理及び接着剤塗布による手法が付着強度の増加及び耐久性向上に効果があることを明らかにしている。また、床版の上段鉄筋より深く断面修復した供試体について輪荷重走行試験を行った結果、恒久的な断面修復として取扱うことが可能であることを明らかにしている。さらに、上面打換えした床版の輪荷重走行試験を実施し、床版上面を部分的に打換えるよりもパネル単位で打換えることで、耐久性が向上し、ビニロン繊維補強コンクリートで打換えることにより、さらに疲労耐久性が向上することを明らかにしている。

上面増厚床版の延命化対策に関する検討では、輪荷重走行試験による施工目地部の施工条件を模擬した劣化再現実験を実施し、はく離損傷の原因を明らかにするとともに、施工目地部の劣化抑制対策について増厚補強の施工端部に浸透性のある接着剤を塗布することで、施工目地部のはく離損傷を抑制できることを確認し、はく離抑制における標準工法として提案している。また、上面増厚床版補修後の実橋調査を行っており、補修後12年経過後も路面変状は認められず、健全な状態を維持していることを確認している。さらに、増厚層の再劣化部に対する打換え補修後の調査も行っており、補修後12年経過した段階においても路面の変状は確認されておらず、補修効果が持続されていることを確認している。

PC床版における疲労耐久性評価法に関する検討では、一方向の疲労強度の性能を評価するために輪荷重走行試験を実施した結果、RCループ継手構造を有するPC床版について十分な疲労耐久性を有していることを確認している。また、本研究ではPC床版の押抜きせん断耐荷力算定式及びS-N曲線の提案を行っている。さらに、PC床版の今後の維持管理業務の生産性向上に向けた非破壊検査技術の活用による点検・診断の効率化や高度化に対して、漏洩磁束法によるPC鋼材の破断検知技術の車両走行計測技術を開発している。

よって、本審査小委員会は全会一致をもって提出論文が博士（工学）の学位に値するという結論に達した。