

論文審査の結果の要旨

氏名：佐々木 茂隆

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：荷重分布型伸縮装置を取付けした道路橋 RC 床版の耐疲労性評価に関する研究

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

我が国の橋長 2.0m 以上の橋梁は、約 73 万橋が現在供用されている。なかでも高度経済成長期に建設された橋梁は、建設後 50 年以上が経過し、老朽化が進行している。橋梁部材のなかでも RC 床版上に設置されている伸縮装置は車両の輪荷重を直接支持する部材であることから、最も損傷が著しい部材とされている。道路橋 RC 床版の主な損傷原因は、大型車両の交通量増大に伴う疲労損傷であるが、近年、建設地域の環境条件も RC 床版の損傷に大きく影響している。このような道路橋の損傷に対しては、橋梁の架け替えや大規模修繕が実施されているが、長期間に及ぶ車両の交通規制を必要とするため、地域の経済にも大きく影響する。また、これらの橋梁に対して、一斉に架け替えを行った場合には、橋梁を管理する自治体は膨大な費用により破綻も余儀なくされる。

以上のことから、国土交通省道路局では 2007 年に道路橋定期点検要領(案)を策定し、これに基づいて都道府県および政令都市では、一斉に橋長 15m 以上の橋梁を対象とした点検が開始された。また、2009 年には都道府県および政令都市において、道路橋長寿命化修繕計画を立案し、損傷の著しい緊急対応の必要な橋梁の大規模修繕および計画的な修繕が実施された。さらに、2011 年には市町村においても橋梁点検および橋梁点検に基づく修繕計画が立案され、計画的な修繕が実施されている。その後、2014 年、2019 年に橋梁点検要領が改訂され、定期点検は、5 年に 1 回の頻度で実施されている。

橋梁点検における橋梁部材の中で最も損傷が著しい部位は RC 床版であるが、とくに伸縮装置付近の損傷が著しい。この原因の 1 つに大型車両が伸縮装置を通過する際に発生する荷重変動による衝撃荷重の影響が考えられる。よって、大型車両の荷重変動が RC 床版に及ぼす影響および伸縮装置の耐荷力性能を検証する必要がある。

伸縮装置自体も大型車両の荷重変動によって大きな衝撃を受けることで装置の破損や既設 RC 床版の損傷事例も多く、現在、道路橋長寿命化修繕計画の中で計画的に取替工事が進められているが、現状では事後的な修繕が多い。伸縮装置は荷重支持型伸縮装置、突き合わせ型伸縮装置および埋設型伸縮装置に分類され、各企業において特徴のある伸縮装置が開発されている。荷重支持型や突き合わせ型は交通量の多い道路橋に使用され、埋設型は交通量の少ない道路橋や騒音規制の厳しい地域に採用されている。

従来型の荷重支持型伸縮装置は、伸縮装置部の鋼板に骨組み鉄筋が溶接されている。また、設置においては旧伸縮装置を撤去した後、縦方向のアンカー筋を打ち込み、伸縮装置の骨組み鉄筋と溶接後、超速硬コンクリートを打ち込みしている。しかしながら、伸縮装置設置後は輪荷重の設置面から応力が 45 度で分布し、縦筋であるアンカー筋を介して既設床版に作用することから、輪荷重直下の範囲において損傷が著しい。

このような問題を解決できる新構造として、従来型伸縮装置に荷重分布鋼板を設けた荷重分布型伸縮装置が開発された。荷重分布型伸縮装置は、伸縮装置の骨組み鉄筋の下面全面に荷重分布鋼板を設けた構造であり、設置面から 45 度で分布した輪荷重は、荷重分布鋼板を介して既設 RC 床版の広範囲に分布させる特長がある。しかし、この装置の実用性については、伸縮装置に作用する荷重変動および衝

撃にも耐えうる耐荷力性能が必要となる。

そこで本研究は、従来型伸縮装置と従来型伸縮装置に荷重分布鋼板を設けた伸縮装置について、RC はりに設置した供試体を用いた静荷重実験による耐荷力性能評価、定点疲労実験による耐疲労性評価、RC 床版に設置した供試体を用いた輪荷重走行疲労実験による耐疲労性評価から荷重分布鋼板設置の効果を評価するとともに実用性を評価し、地方自治体が管理する橋梁用伸縮装置の設置における設計法・施工技術および維持管理の一助とする。

本論文は、全8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、伸縮装置の段差や路面の凹凸を大型車両が通過した際に発生する荷重変動が RC 床版に及ぼす影響について述べている。また、荷重変動が発生する要因となる伸縮装置に関する構造的な特徴や問題点を述べることで、本研究の目的である荷重変動を考慮した輪荷重走行振動疲労試験による検証の必要性ならびに、対応策として新たな伸縮装置の開発の重要性を示し、本研究の位置づけを論じている。

第2章「橋梁および道路橋伸縮装置の現状」では、伸縮装置の現状について、老朽化による RC 床版の劣化および損傷事例を示したうえで、橋梁点検要領に示す点検と損傷区分について述べている。また、本研究で用いる大型車両の荷重変動について既往の研究を調査し、荷重変動が RC 床版に及ぼす影響を示す。さらに、現在橋梁に設置されている伸縮装置の現状についても調査し、荷重変動の影響を考慮し耐疲労性向上を目的とした伸縮装置の骨組み鉄筋の下面全面に荷重分布鋼板を設け、設置面から 45 度で分布した輪荷重が、荷重分布鋼板を介して既設 RC 床版の広範囲に荷重を分布させる特長を有した新構造である荷重分布型伸縮装置の必要性について論じている。

第3章「荷重分布型伸縮装置を設置した RC はりの静荷重実験による耐荷力性能」では、荷重分布型伸縮装置の実用性を評価するために、伸縮装置を設置しない同一寸法を有する RC はり、従来型の伸縮装置を設置した RC はり、荷重分布型伸縮装置を設置した RC はりおよび2種類の接着剤を使用して荷重分布型伸縮装置を設置した RC はりの計4タイプの静荷重実験による最大耐荷力、たわみ・ひずみの関係および破壊状況、および付着面の付着強度を検証している。さらに、試験終了後に建研式引張試験を実施し、接着剤塗布による界面の付着性状について検証している。

第4章「荷重分布型伸縮装置を設置した RC はりの定点疲労実験における耐疲労性の評価」では、交通量の多い一般国道や地方道での設置においては、長期間の使用と設計荷重以上の衝撃を含む荷重が連続的に作用することから、定点疲労実験による耐疲労性を検証する必要があると考え、突き合わせタイプの荷重分布型伸縮装置の実用性を評価するために静荷重実験による耐荷力を基に、定点疲労実験を実施し、耐疲労性を検証している。実験に用いる供試体には、従来型伸縮装置を設置した RC はり、荷重分布型伸縮装置を設置した RC はりおよび荷重分布型伸縮装置の設置において2種類の接着剤を用いて設置した RC はりの3タイプとし、従来型伸縮装置を設置した RC はりの繰り返し回数を基に耐疲労性を評価している。

第5章「伸縮装置を設置した RC はりの静的耐荷力および修正 Goodman の関係式を用いた耐疲労性の評価」では、従来型伸縮装置と2タイプ(接着剤あり、接着剤なし)の荷重分布型伸縮装置を設置した RC はりを用いて、静荷重実験による耐荷力と定点疲労実験による繰り返し回数を実験より評価している。

耐疲労性の評価においては、関口らは荷重支持型および突き合わせ型伸縮装置を設置した RC 床版の輪荷重走行疲労実験を行っており、東京都の環状8号線の RC 床版の残存疲労耐久性の検討で得られた推定値 $m=4.0$ を適用している。しかし、東京都は交通量が多く、道路橋示方書・同解説に規定する大型車両の計画交通量では評価できないと考えられ、関口らの伸縮装置を設置した RC 床版の輪荷重走行疲労実験より得られた S-N 曲線の傾きの逆数の絶対値 $m=4.0$ を適用して算出した繰り返し回数および修正 Goodman の関係式から得られた荷重比補正係数 CR' を考慮した等価繰り返し回数を算定し、新たに鋼製伸縮装置を設置した RC 部材の S-N 曲線式を提案および整合性を検証している。さらに、本実験から得られた構造特性(たわみ、ひずみ、

破壊状況)を基に、荷重分布型伸縮装置の実用性を評価している。

第6章「輪荷重走行疲労実験による荷重分布型伸縮装置を設置した RC 床版の耐疲労性の評価」では、深水が提案する特許番号第 6567920 号、発明の名称：道路橋の伸縮装置および道路橋の伸縮装置の施工法に示す、荷重分散型伸縮装置の耐荷力性能および耐疲労性の向上を目的として新構造を提案および荷重分布型伸縮装置を設置した RC 床版を用いて輪荷重走行疲労実験を実施し、耐疲労性能、構造特性および破壊状況を検証し、耐疲労性の評価を行っている。実験供試体には、高さ 90mm、幅 800mm の伸縮装置を 2 体設置(幅 1,600mm)した場合と高さ 90mm、長さ 1,600mm の伸縮装置を設置し、伸縮装置の継手部上を輪荷重が走行した場合の耐疲労性を評価している。実験においては、床版張出部のたわみが 4.0mm に達するまで輪荷重走行疲労実験を実施し、耐疲労性を評価した。

第7章「荷重分布型伸縮装置の実橋における製作・施工技術」では、実橋への適用事例として設置した荷重分布型伸縮装置について、製作にあたっての寸法、使用材料、製作手順および、設置した際の荷重分布型伸縮装置の施工技術について論じている。

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、将来の展望について論じている。

以上より、本論文より得られた各実験における荷重分布型伸縮装置の耐疲労性・耐荷力性能の知見は、大型車両や過積載車両が伸縮装置の段差や路面の凹凸を通過した際に発生する荷重変動が伸縮装置および RC 床版に及ぼす影響を明らかにしたものである。荷重分布型伸縮装置の耐荷力性能を明らかにすることで、段差の発生しにくい伸縮装置としての実用性を示唆したことは、地方公共団体が管理する道路橋 RC 床版および伸縮装置の維持管理業務の発展に大きく寄与するものであり、この成果は、生産工学、特に土木工学に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 6 年 3 月 7 日