The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	上面増厚を施した道路橋RC床版における非破壊検査による損傷評価とその活用に関する研究
Author(s)	鈴木, 真
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/73575
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　鈴木　真　　）	
論文題名	上面増厚を施した道路橋RC床版における非破壊検査による損傷評価とその活用に関する研究

論文内容の要旨

現在，わが国では，高速道路における大規模更新・大規模修繕事業が進行中であり，特に，輪荷重の繰り返しによる疲労損傷を受けやすい道路橋RC床版に対する補修・補強のために膨大な予算が必要となっている。現在供用されているRC床版の多くは，既に疲労耐久性の向上を目的として上面増厚による補強が施されているが，増厚部と既設コンクリートとの間に水平ひび割れが生じたのち，路面にポットホールなどの重大損傷が顕在化する事例が後を絶たない。合理的で効率的な今後の維持管理に向けては，外観目視による点検では把握が困難な床版内部の状況を適切に評価し，できるだけ早期に必要な措置を講じるための仕組みづくりが急務となっている。

上記の背景のもと本研究では，上面増厚を施したRC床版を対象として，その代表的な内部損傷として増厚部と既設コンクリートとの境界に生じる水平ひび割れを「剥離ひび割れ」，また，上下段鉄筋に沿って面的な広がりを持つ水平ひび割れを「腐食ひび割れ」と定義し，これらを適確に検出するための非破壊検査手法を検討した。さらに，以後の対策への損傷評価結果の活用方法について検討を加えた。本論文は以下の9章から構成されている。

第1章は序論であり，本研究の背景，目的，論文の構成を述べるとともに，本研究の位置付けを記した。

第2章では，事例を踏まえてRC床版の損傷と原因について整理するとともに，床版特有の損傷形態としての水平ひび割れの発生メカニズムについて述べた。続いて，床版上下面から水平ひび割れを検出するための非破壊検査手法として，既往の研究に基づき衝撃弾性波法および電磁パルス法を選定した。

第3章では，水平ひび割れの評価方法としての衝撃弾性波法および電磁パルス法の適用性の確認を目的として，水平ひび割れを模擬的に設定したコンクリート板供試体に対して基礎的な実験を行い，原理的には，衝撃弾性波法により最外縁に位置する水平ひび割れまでの深さの把握が可能であり，さらに電磁パルス法を併用すれば「剥離ひび割れ」あるいは「腐食ひび割れ」の識別が可能であることを明らかにした。

第4章では，衝撃弾性波法による水平ひび割れのさらなる評価精度の向上を目的とし，弾性波入力条件に着目した供試体実験を行なった。具体的には，コンクリート表面における鋼球による打撃力，および打撃点とセンサとの間隔をパラメータとして変化させた計測を行い，スペクトルピークが明瞭になる条件を明確にした。

第5章では，電磁パルス法での水平ひび割れの種類の識別精度の向上に資する情報を得る目的で，電磁力により鉄筋が加振された床版の振動メカニズムを解明するための供試体実験および衝撃応答解析を行なった。ここでは，電磁力によって床版表面と水平ひび割れとの間の板部材にたわみ共振が励起されることを確認するとともに，かぶりの大きさ，鉄筋径，あるいは電磁力の大きさが床版の振動挙動に与える影響を明らかにした。また，電磁パルス法による水平ひび割れの検出には，評価指標として波形エネルギー値が有効であることを示した。

第6章では，第4章および第5章で得られた成果を踏まえて，各非破壊検査手法の実構造物に対する適用性を把握するため実験的検討を行なった。具体的には，実橋から切り出した損傷を有する上面増厚補強RC床版を供試体として使用し，損傷状態の異なる箇所に計測点を設定して，各手法による計測を実施した。その結果，水平ひび割れの発生状況と非破壊評価の結果とは良い対応を示し，各手法の現場適用性が確認できた。また，実際の床版での計測を想定し，床版上面または下面から，あるいは可能であれば床版の上下両面から計測した結果を効果的に組み合わせることによって，水平ひび割れの有無や種類の判定を精度良く行うための非破壊調査システムを提案した。

第7章では，非破壊検査により「剥離ひび割れ」が検出されたRC床版への補強対策として，「剥離ひび割れ」部を高圧水で洗浄したのち樹脂を注入して，増厚部と既設コンクリート床版の一体化を図る方法について検討を行った。具体的には基礎実験供試体および実橋からの切出し床版において施工性の確認を行うと共に，供試体での静的および動的せん断実験により，補強箇所の接着性能および疲労耐久性を明らかにした。

第8章では，提案する補修工法を採用した場合における非破壊検査手法による品質管理手法の提案を行った。

第9章では，本研究で得られた成果を総括するとともに，今後の課題を提示し，本研究の結論とした。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　鈴木　真　）	
論文審査担当者	（職）　氏　名 主 査　教授　鎌田　敏郎 副 査　教授　乾　徹 副 査　准教授　堤　成一郎（大阪大学接合科学研究所）

論文審査の結果の要旨

現在、わが国では、高速道路における大規模更新・大規模修繕事業が進行中であり、特に、輪荷重の繰り返しによる疲労損傷を受けやすい道路橋 RC 床版に対する補修・補強のために膨大な予算が必要となっている。現在供用されている RC 床版の多くは、既に疲労耐久性の向上を目的として上面増厚による補強が施されているが、増厚部と既設コンクリートとの間に水平ひび割れが生じたのち、路面にポットホールなどの重大損傷が顕在化する事例が後を絶たない。合理的で効率的な今後の維持管理に向けては、外観目視による点検では把握が困難な床版内部の状況を適切に評価し、できるだけ早期に必要な措置を講じるための仕組みづくりが急務となっている。

上記の背景のもと本研究では、上面増厚を施した RC 床版を対象として、その代表的な内部損傷として増厚部と既設コンクリートとの境界に生じる水平ひび割れを「剥離ひび割れ」、また、上下段鉄筋に沿って面的な広がりを持つ水平ひび割れを「腐食ひび割れ」と定義し、これらを適確に検出するための非破壊検査手法を検討している。さらに、以後の対策への損傷評価結果の活用方法について検討を加えている。本論文は以下の 9 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景、目的、論文の構成を述べるとともに、本研究の位置付けを記している。

第 2 章では、事例を踏まえて RC 床版の損傷と原因について整理するとともに、床版特有の損傷形態としての水平ひび割れの発生メカニズムについて述べている。続いて、本研究において対象とする上面増厚後に再劣化した RC 床版内部に発生した水平ひび割れを、床版上下面から検出するための非破壊検査手法として、既往の研究に基づき衝撃弾性波法および電磁パルス法を選定している。

第 3 章では、水平ひび割れの評価方法として、第 2 章において抽出した衝撃弾性波法および電磁パルス法の適用性の確認を目的として、上面増厚後に再劣化した RC 床版内部に発生した水平ひび割れを模擬的に設定したコンクリート板供試体に対して基礎的な実験を行っている。原理的には、衝撃弾性波法により水平ひび割れ内の状態に関わらず、最外縁に位置する水平ひび割れまでの深さの把握が可能であり、さらに電磁パルス法を併用すれば、水平ひび割れの有無だけでなく、「剥離ひび割れ」あるいは「腐食ひび割れ」の識別が可能であることを明らかにしている。

第 4 章では、衝撃弾性波法による水平ひび割れのさらなる評価精度の向上を目的とし、弾性波入力条件に着目した供試体実験を行なっている。具体的には、コンクリート表面における鋼球による打撃力、および打撃点とセンサとの間隔をパラメータとして変化させた計測を行い、スペクトルピークが明瞭になる条件を明確にしている。

第 5 章では、電磁パルス法での水平ひび割れの種類の識別精度の向上に資する情報を得る目的で、電磁力により鉄筋が加振された床版の振動メカニズムを解明するための供試体実験および衝撃応答解析を行なっている。ここでは、電磁力によって床版表面と水平ひび割れとの間の板部材にたわみ共振が励起されることを確認するとともに、かぶりの大きさ、鉄筋径、あるいは電磁力の大きさが床版の振動挙動に与える影響を明らかにしている。また、電磁パルス法による水平ひび割れの検出には、評価指標として波形エネルギー値が有効であることを示している。

第 6 章では、第 4 章および第 5 章で得られた成果を踏まえて、各非破壊検査手法の実構造物に対する適用性を把握するため実験的検討を行なっている。具体的には、実橋から切り出した損傷を有する上面増厚補強 RC 床版を供試体と

して使用し、損傷状態の異なる箇所に計測点を設定して、衝撃弾性波法および電磁パルス法による計測を実施している。その結果、非破壊評価の結果は水平ひび割れの発生状況と良い対応を示したことから、各手法の現場適用性が確認されている。また、実際の床版での計測を想定し、衝撃弾性波法および電磁パルス法のそれぞれについて、床版上面または下面から、あるいは可能であれば床版の上下両面から計測を行った結果を効果的に組み合わせることによって、水平ひび割れの有無や種類の判定を精度良く行うための非破壊検査システムを提案している。

第 7 章では、非破壊検査により「剥離ひび割れ」が検出された RC 床版への補修対策として、「剥離ひび割れ」部を高圧水により洗浄したのちに充填材を注入して、増厚部と既設コンクリート床版の一体化を図る方法について検討を行っている。具体的には基礎実験供試体および実橋からの切出し床版において施工性の確認を行うと共に、供試体での静的および動的せん断実験により、補修箇所の接着性能および疲労耐久性を明らかにしている。

第 8 章では、第 7 章で提案している補修工法を適用した実橋梁において、補修の前後で衝撃弾性波法による非破壊検査を実施することが、補修箇所の品質確認に有効であることを示している。

第 9 章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題を提示し、本研究の結論としている。

以上のように、本論文では上面増厚を施した道路橋 RC 床版を対象として、衝撃弾性波法および電磁パルス法を効果的に組み合わせた非破壊検査システムを用いることで、従来、外観目視等では検出が困難であった「剥離ひび割れ」および「腐食ひび割れ」が、それぞれ適確に評価可能であることを見出している。また本論文では、この非破壊検査システムにより「剥離ひび割れ」と判定された場合に有効となる補修工法を新たに提案するとともに、補修箇所の非破壊での品質確認のために衝撃弾性波法が有用であることも明らかにしている。これらの成果は、上面増厚を施した道路橋 RC 床版の今後の計画的維持管理に大いに役立つものと評価できる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。