

鋼床版における疲労・腐食損傷の非破壊診断手法と 対策優先度に関する研究

塚本, 成昭

<https://doi.org/10.15017/1785404>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 塚本 成昭

論 文 名 : 鋼床版における疲労・腐食損傷の非破壊診断手法と対策優先度に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

平成24年12月2日に発生した中央自動車道笹子トンネルの天井の崩落事故では、9人が犠牲となり、我が国の老朽化した社会インフラの安全性に警鐘を鳴らすこととなった。この事故を契機に、一般国民にも社会インフラの老朽化の現状や維持管理の重要性が認識され、構造物の安全性の確保が強く要請されるようになった。道路構造物の損傷数については、高度経済成長時に建設された老朽化した構造物の増加にともない今後も増加すると言われているが、この構造物を適切に維持管理していくための予算を継続的に確保することが困難な状況にある。また、我が国の労働人口の減少・高齢化に伴って、道路構造物の維持管理に従事する熟練技術者や労働力が減少していくなどの問題がある。

都市内高架橋における道路構造物には、鋼床版を用いた鋼箱桁橋が数多く採用されている。高度経済成長時に建設された鋼床版については、設計時には想定していない交通車両の大型化や交通量の増大にともない、これまで数多くの疲労損傷が発見され、その数は年々増加している。また、鋼橋の桁端部では、漏水等に起因する典型的な腐食損傷も多数報告されている。このような疲労や腐食による劣化現象に伴う橋梁の老朽化に対して、交通車両の走行安全性を継続的に確保するための経済的かつ効率的な維持管理手法の確立が急務とされている。しかし、維持管理レベルが比較的高い高速道路の都市内高架橋であっても、加速度的に増加する損傷に対して、継続的に適切な対策を講じることは、維持管理に関する予算、対策時間、設計・補修人員等の維持管理資源の制約により、今後、さらに困難になることが懸念されている。

そこで、本研究では鋼床版を対象として、その経済的かつ効率的な鋼床版の維持管理手法を検討した。この検討では、鋼床版の維持管理サイクルの根幹となる点検・診断に着目し、効率的な鋼床版の検査手法を提案した。また、検査の結果検出された損傷に対して、合理的に補修の是非を判定する手法を提案した。これらの手法を用いることで、補修すべき損傷を選別することが可能となり、経済的かつ効率的な維持管理に寄与できる。このように本研究では、鋼床版の維持管理するための限りある維持管理資源（予算、時間、人員）を有効に活用するための合理的な対策優先度の考え方や手法を提案することを目的としている。

本論文は、第1章から第8章で構成されている。各章の概要は、以下のとおりである。

第1章では、序論として鋼床版の疲労および腐食損傷の非破壊診断と対策優先度について研究の目的を述べた。また、鋼床版のデッキプレート貫通き裂の検査手法およびデッキプレートの腐食損傷事例について述べ、本論文の構成について示した。

第2章では、鋼床版に発生した典型的な疲労・腐食損傷を例示し、それぞれの損傷状況およびその対策方法の事例を示した。

第3章では、鋼床版の維持管理の根幹である点検の基本となる近接目視検査について述べるとともに、鋼床版の点検の課題を示した。また、近接目視検査にて発見された損傷に対する非破壊検査手法についても示した。

第4章では、鋼床版の疲労損傷の中で最も重大な損傷であるデッキプレート貫通き裂を効率的かつ高精度に検査するための渦流探傷法と超音波探傷法を併用した検査法を提案した。渦流探傷法による手法では、スクリーニング検査の位置づけで、舗装上から鋼床版デッキプレート貫通き裂の検査法を提案した。ここでは、非接触検査が可能な渦流探傷法に着目し、舗装厚相当の非接触量において検査できる手法を検討した。また、この検査手法を搭載した自走式鋼床版検査装置を用いた検査を実橋で実施し、この検査手法の実用性を検証した。超音波探傷法による手法では、従来の超音波探傷法と比較して塗膜の除去を必要とせず、検査結果の記録性が高く、かつ高い検査精度が期待できるフェイズドアレイ超音波探傷法を用いた検査法を提案した。ここでは、塗膜が検出精度に及ぼす影響の検討、き裂を導入した試験体を用いた検出試験を行い、デッキプレートの貫通き裂を検出するための検討を行った。また、フェイズドアレイ超音波探傷検査の実用性は、実橋に発生したデッキプレート貫通き裂を対象としたフェイズドアレイによる探傷結果と実際のき裂の疲労破面を比較・検討することで検証した。

第5章では、鋼床版のUリブに発生した疲労き裂の対策優先度を従来のき裂発見時のき裂長さではなく、き裂の進展速度に着目したき裂進展予測手法を提案した。ここでは、き裂先端の応力拡大係数 K を直接計測可能な K 値ゲージに着目し、鋼床版で発生した実際の疲労き裂に対しこのゲージを用いてき裂進展予測を行うとともに、実進展量と比較した。さらに、点検時にき裂の進展性を評価することを目的に、計測時間を10分程度に短縮することや、接着剤を用いず K 値ゲージを設置する手法を用いることで、き裂の進展速度に着目した疲労き裂の進展性診断を実現可能とするシステムを構築した。

第6章では、デッキプレートの腐食損傷の非破壊検査手法について検討した。また、実橋からサンプリングした腐食損傷を受けたデッキプレート表面形状を回帰樹分析することで、同種の腐食形態を有する領域に分割し、その各領域における平均腐食深さと最大腐食深さの関係を定量的に明らかにした。また、デッキプレートに腐食損傷を有するバルブリーブ鋼床版モデルの有限要素応力解析を実施し、腐食したデッキプレートにおける走行面の応力性状を明らかにした上でその疲労耐久性を評価した。

第7章では、第4章から第6章で得られた結果から、効率的な鋼床版の検査方法を提案するとともに、鋼床版の維持管理するための限られた維持管理資源（予算、時間、人員）を有効に活用するための疲労と腐食による損傷に対する対策優先度を提案した。

第8章では、本論文の総括として、各章で得られた結論を要約するとともに、今後の課題や展望についてまとめた。