

積雪寒冷地に対応した橋梁点検評価等維持管理技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：寒地構造チーム、寒地技術推進室

研究担当者：西 弘明、今野久志、岡田慎哉、佐藤 京、表 真也
澤松俊寿、横山博之、中村直久、高玉波夫、宮本修司

【要旨】

積雪および寒冷地域に架設されている橋梁は、霧囲気温度の高低差が大きく、積雪による長期乾湿の繰り返しを受けるなど、厳しい環境条件下に置かれていることから、複合劣化過程の特殊性による損傷発生や劣化進行度合いに特異性を有していると考えられる。

本研究では、積雪および寒冷環境下における橋梁の劣化損傷の形態、要因、進行度合いなどを橋梁点検や損傷事例より明らかにするとともに、劣化損傷特性に応じた点検・診断技術を含めた維持管理技術を確立することを目的とする。

平成 25 年度は、積雪寒冷環境下における橋梁の点検・診断技術について、RC 床版全面打換えて取得した旧床版を活用し、上面から非破壊調査を実施し、健全性を評価するとともに、取得データの分析手法と損傷評価の可能性について検討を実施した。

キーワード：RC 部材、橋梁点検、RC 床版損傷、劣化損傷メカニズム

1. はじめに

厳しい経済状況の下で公共事業の一層のコスト削減と品質を確保するには、その地域の条件にあった技術を用い、規格を適切に設定することが必要である。供用中の橋梁の多くは高度経済成長期に建設され、建設後数十年を経過していることから、今後維持管理費が急増することは明らかであり、これまで以上に効率的な維持管理が求められる。また、北海道は全国的にみて極めて特殊な気象特性を有する地域であり、架設されている橋梁に対しては、霧囲気温度の高低差が大きく、積雪による長期乾湿の繰り返しを受けるなど、厳しい環境条件下に置かれていることから、劣化損傷状況の特殊性による複合損傷発生の複雑さや劣化進行度合いに特異性を有していると考えられる。

しかしながら、RC 部材の劣化損傷は、結果としての現象を確認出来ているものの、そのメカニズムは解明されておらず、目視損傷が確認出来ない部材においては、戦略的維持保全対策が出来ないのが現状である。

本研究では、積雪寒冷環境下における橋梁の劣化損傷形態を橋梁定期点検結果等により整理・分析を実施するとともに、RC 床版の上面損傷に対する合理的な日常点検手法を確立するための技術開発を実施する。また、積雪および寒冷環境下における RC 床版に特徴的な

劣化損傷のメカニズムを解明する。

2. 目視困難な床版上面評価のための非破壊調査

2. 1 調査検討の概要

RC 床版の劣化損傷は、アスファルト舗装下において進行するため、道路管理者は、損傷の疑われるアスファルト舗装の打音検査により日常点検を実施している。この点検手法は、劣化損傷の程度により打撃音、反発の程度等が異なることに着目した経験的手法であるため、精度を高めるには点検と評価の経験が必要不可欠な手法である。

本検討では、北海道開発局の協力を得て、RC 床版全面打換えとなった切出し床版を対象に、日常点検による RC 床版損傷評価を目的とした打音調査法の信頼性向上のための試験を実施した。その取得データの分析結果を報告するものである。

2. 1. 1 対象橋梁

調査対象とした橋梁の一般図を図-1 に、諸元を表-1 に示す。対象橋梁は、高度経済成長期の 1965 年に架橋され、供用後 47 年後の床版打ち換えまでの間に、床版の鋼板接着補強や歩道拡幅が行われている。

調査を実施する RC 床版は、昭和 39 年鋼道路橋示

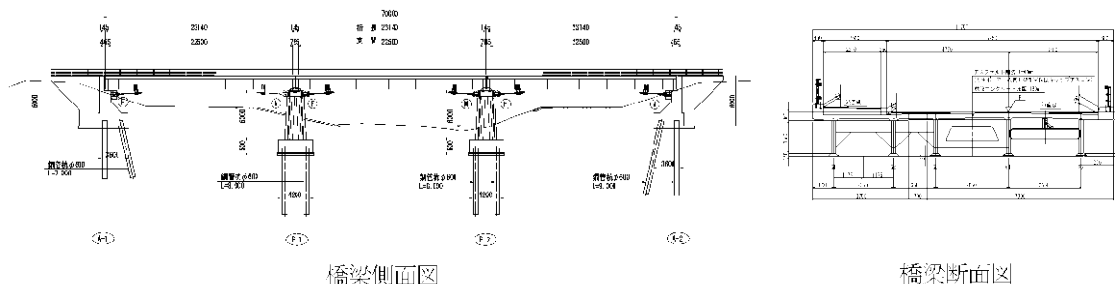


図-1 橋梁一般図

表-1 対象橋梁概要

橋長	L=70.00m
幅員	8.25m (車道) +2.50m (歩道)
橋梁形式	上部：3連単純非合成鉄桁 下部：逆T式橋台、壁式橋脚
活荷重	TL-20 (1等橋)
適用基準	昭和39年鋼道路橋示方書
主な補修履歴	昭和62年 鋼板接着+増し桁 平成元年 歩道拡幅 平成19年 床版防水
路面勾配	横断；拌み勾配2%

表-2 試験手法と解析方法

取得データ	試験方法	解析方法
打撃力	重錘落下試験	機械インピーダンス法 ¹⁾ 、 波形解析 (遅延時間、反 発度)
入出力比、減 衰率	衝撃弾性波試験	パワー伝送比解析、周波 数応答解析、周波数スペ クトル解析

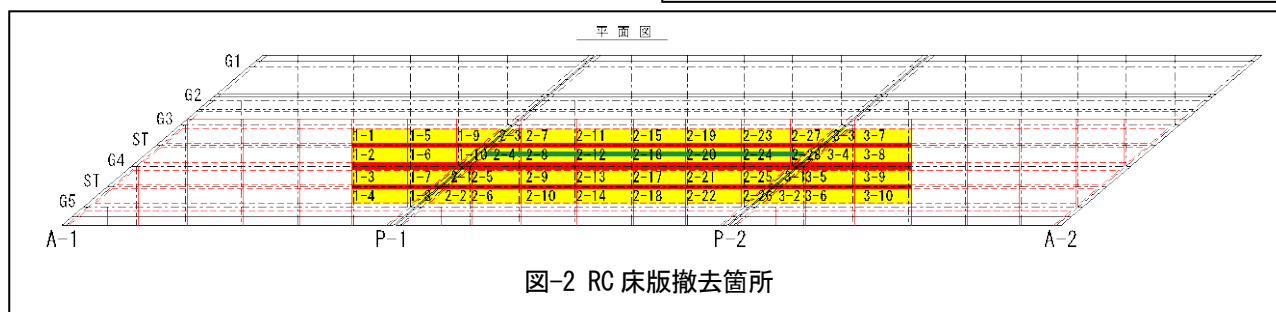


図-2 RC床版撤去箇所

方書により設計されており、床版厚は18cm、鉄筋は丸鋼を使用していて、主鉄筋に比べ配力鉄筋が極めて少ない。昭和62年には、配力鉄筋方向の補強のため下面鋼板接着が行われている。

2. 1. 2 取得データの検討

日常点検で実施可能な調査法においては、アスファルトとRCの複合部材の応答から健全性を把握している。客観的な指標による調査手法を開発するためには、打撃に対する複合部材の反力生成過程あるいは反力の大きさを取得し評価する必要がある。打撃により複合部材を調査する場合、調査対象物に強度の弱層がある場合には、その弱層の影響を受け、入力された衝撃より伝搬する波動より生成される力の一部が、引張り応力となって応力波動が反射し、応答で得られる反力が低下するものと考えられ、打撃力のピークが小さく、継続時間が長くなると想定される。そこで、表-2に示すような取得データ別に、最適と考えられる試験およ

び解析方法を設定した。

2. 1. 3 撤去床版を用いた打音の振動特性調査

図-2には、切断した床版パネルを識別するための「径間番号-番号」と撤去した床版の位置を示している。この中より、各パネルの切断面と舗装の状態、および打音検査により、「概ね健全」、「損傷が否定できない」、「概ね不健全」の区分となるようなパネルを選定した。概ね健全と判定したパネルは、図-2に示すようにP-1側に近くに位置する2-9のパネルである。損傷が否定できないと判定したパネルは、P-1とP-2の径間中央に位置している2-17のパネルである。概ね不健全としたパネルは、2-20のパネルで損傷が否定できないとした2-17より走行車線中央に近く、過年度の調査でRC床版の内部損傷が確認されているパネルである。これらの床版上面を図-3、4、5に示す。以下、2-9を供試体A、2-17を供試体B、2-20を供試体Cとする。



図-3 供試体 A (パネル 2-09)



図-4 供試体 B (パネル 2-17)



図-5 供試体 C (パネル 2-20)

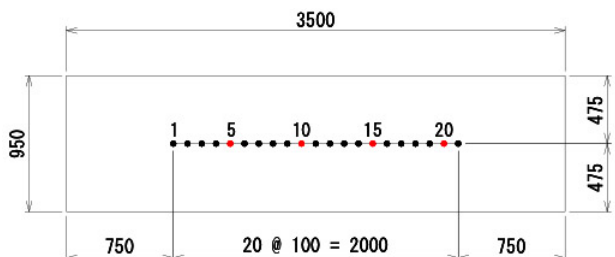


図-6 測定点の配置 (供試体 A, B)

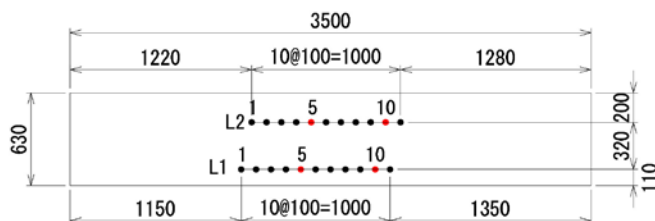


図-7 測定点の配置 (供試体 C)



図-8 重錘

供試体 A、B は、図-6 に示すように供試体の中央に 2m、供試体 C は、図-7 に示す 2 ライン 1m の側線を設定し、10cm 間隔で測定点を設けた。重錘落下試験は、図-8、表-3 に示す重錘 5 種類を用いて、各測点 1 回打撃により、2ms 以上、 $1\mu\text{s}$ のサンプリングで重錘に設置している加速度計で打撃力を計測した。衝撃弾性波試験は、質量の小さい重錘 No. c を用いて、打撃位置に隣接する測定位置に加速度計を設置して、5ms 以上、 $10\mu\text{s}$ のサンプリングで打撃力と応答振動測定をした。なお、重錘 b は、表-3 に示した試験では用いていない。

2. 2 調査結果

2. 2. 2 撤去床版を用いた打音の振動特性調査

本報告では、衝撃弾性波試験による結果とその分析について示す。まず、試験状況を図-9 に示す。重錘 No. c (ハンマ) の打撃で衝撃を入力し、加速度計により応答を計測する。また、重錘に内设したセンサーで入力値を計測している。

図-10 は、各測定位置でのパワー伝送比と減衰率の

表-3 使用重錘と質量

重錘 No	質量(kg)	重錘落下試験	衝撃弾性波試験
01	1.21	○	—
02	1.59	○	—
03	2.09	○	—
04	2.39	○	—
a	5.6	○	—
b	0.38	—	—
c	0.05	—	○



図-9 衝撃弾性波試験状況

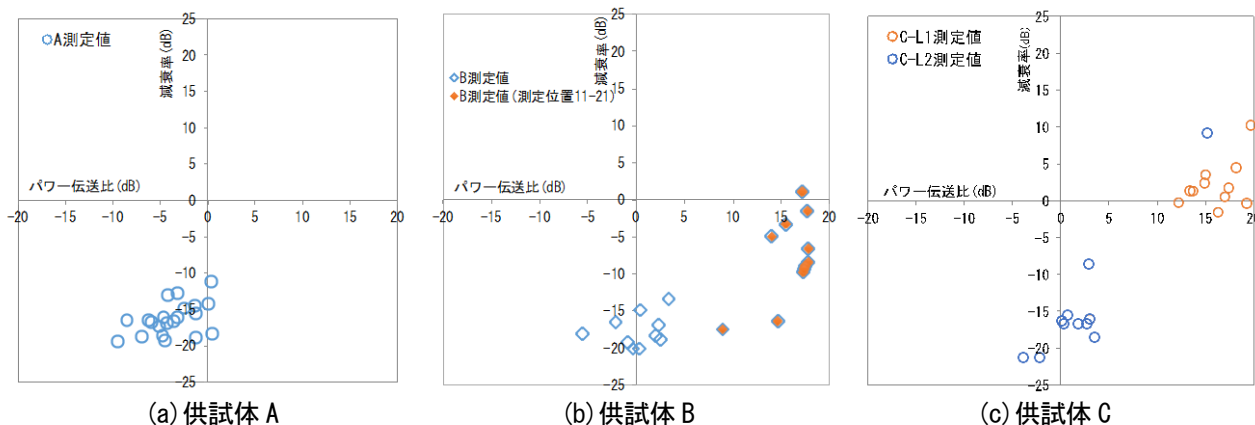


図-10 パワー伝送比と減衰率

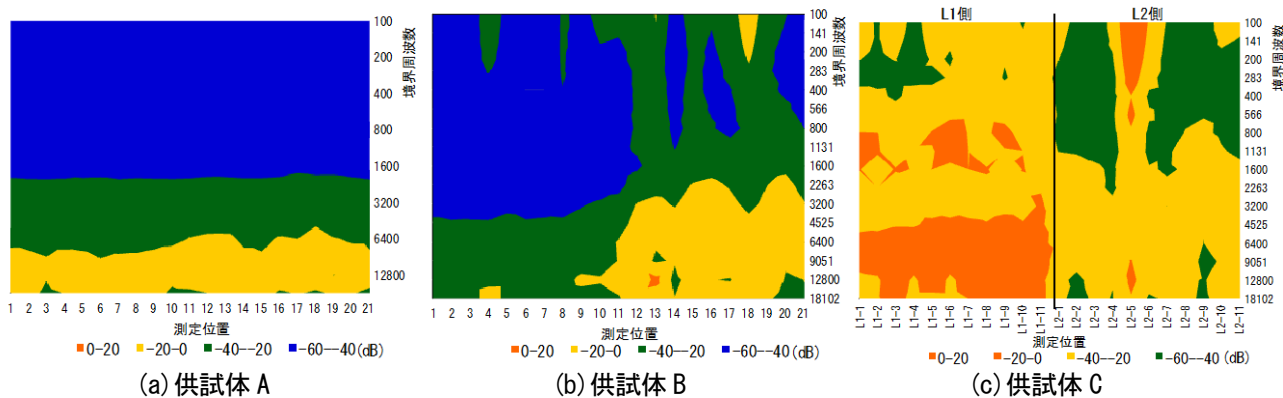


図-11 周波数応答分布

関係を示している。パワー伝送比は、入出力全期間波形のパワーの比により算出し、減衰率は、打撃ピークから 0.5ms 遅れた 0.5ms 間の出力波形パワーを入力全期間波形のパワーで除した値としている。図-10(a)に示す健全と想定した供試体 A では、パワー伝送比が -5 ± 5 (dB)、減衰率は -15 ± 5 (dB)の範囲に分布している。従って、この空間より低いレベルに測定値がある場合には、健全度が高い可能性がある。これに比べて図-10(b)供試体 B は、同一空間にある測定位置がある一方、パワー伝送比が 10 (dB)を超える測定位置がある。それらの多くは、損傷が疑われる測定位置 11~21 を示す橙色のマーカである。図-10(c)供試体 C は、測線によって結果が 2 分している。供試体 B の測定位置 11~21 と測線 L1 は、パワー伝送比が 10 (dB)を超える同様の傾向を示していることから損傷が疑われる。測線 L2 は、供試体 A や B の測定位置 1~10 の減衰率と同程度で、 -15 (dB)以下に測定結果が位置している。次に、1/2 オクターブバンド解析を用いて、各測点で得られた記録のパワー比をコンターで整理した結果を図-11に示す。縦軸は、分析バンドの境界周波数を示し、横軸には、測定位置を示している。また、コンターはパ

ワー比を示しており、パワー比振幅が 1/10 になるように 20dB 毎とした。(a)より供試体 A の全測定位置で概ね同じパワー比で分布している。(b)より供試体 B の測定位置 1~10、11~21 でパワー比の分布に違いがあり、測定位置 1~10 の位置では、供試体 A と同様なパワー比の分布を示し、11~21 では分布が異なり、さらに乱れが確認出来る。図-11(c)では、パワー比のレベルに違いはあるが、供試体 B の測定位置 11~21 と測線 L2 が同様の分布を示していると思われる。しかし、この結果は、パワー伝送比において供試体 B、C で確認された関係と否定的となっている。

4. まとめ

日常点検の打音調査法の信頼性向上を目的として実施した試験より衝撃弾性波法による結果を示した。パワー伝送比や減衰率により損傷箇所を検出できる関係性が示唆され、1/2 オクターブバンド解析を用いると断面状態の変化を示す可能性が示唆された。今後、より多くのデータを収集し、指標値とした各値における損傷との関係を分析する。

RESEARCH FOR DAMAGE APPRAISAL TECHNOLOGY AND THE MAINTENANCE TECNOLOGY FOR THE BRIDGE IN SNOWY, COLD REGIONS

Budged : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2014

Research Team : Structure Research Team,
Cold Region Technology Promotion Division

Author : NISHI Hiroaki, KONNO Hisashi
OKADA Shin-ya, SATO Takashi
OMOTE Shin-ya, SAWAMATSU Toshikazu
YOKOYAMA Hiroyuki, NAKAMURA Naohisa
TAKADAMA Namio, MIYAMOTO Syuji

Abstract: Bridges in snowy, cold regions have peculiar deterioration-damage process due to severe environment such as large amplitude of temperature change and repetitions of dry-wet cycles. The objective of this research is to investigate the deterioration-damage mechanism of bridges under snowy, cold environment based on inspection and case studies, and to develop the inspection, diagnosis and life prediction methods for such environment. For the proposition of inspection and diagnosis method, the deterioration-damage modes observed from periodic inspection were analyzed, and fundamental experiment was conducted in order to establish the rational daily inspection method of upper concrete of RC deck slabs. For the development of life prediction method, field work was carried out in order to reveal the deterioration-damage mechanism with promotion factors which specify to cold and snowy regions.

Key words: RC member, bridge inspection, RC slab damage, deterioration-damage mechanism