

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・診断技術や寿命予測技術等を含めた維持管理技術を確立することを目的とする。

積雪寒冷環境下における橋梁の点検・診断技術の提案について、RC 床版全面打換え工事のある橋梁を活用し、上面からの2種類の非破壊調査を実施し、健全性を評価するとともに、対象 RC 床版の代表断面を切断し、非破壊調査との整合度について分析を実施した。

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縮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、損傷を目視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橋梁の戦略的維持管理計

画を立てるために RC 床版の寿命予測技術の開発を実施する。

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

北海道開発局の協力を得て、RC 床版全面打換えとなる床版の劣化損傷状況について現地調査を行い、床版上面から調査可能な手法に関する検討を実施した。

現地調査では、本課題である打音法の他、電磁波法による非破壊点検調査を行って、その結果より想定される損傷程度を整理した。

次に、調査した床版を運搬可能な大きさに切断して、研究チームの実験敷地内に搬送し、打音法による調査の信頼性向上のため、聴診器による打音収録を行って波形分析を実施した。加えて、現地調査を含めた非破壊調査の評価を行うため、RC 床版を切断し、断面観察を行って、調査結果との比較を行った。

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。表-1 に補修概要を示す。

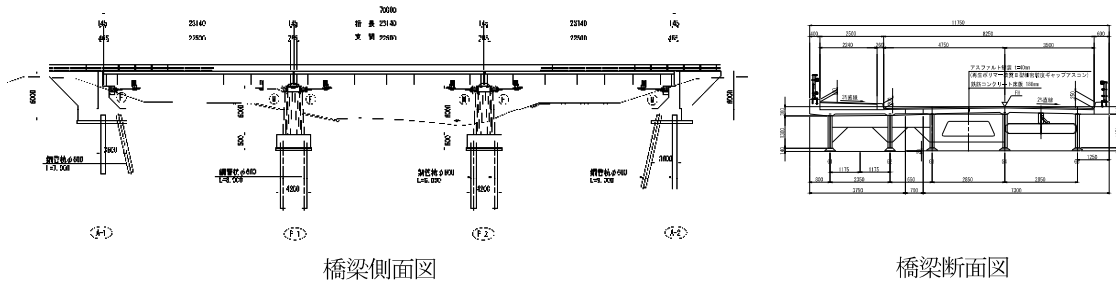


図-1 橋梁一般図

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%



写真-1 現地調査の様子 (舗装上面からの打音)

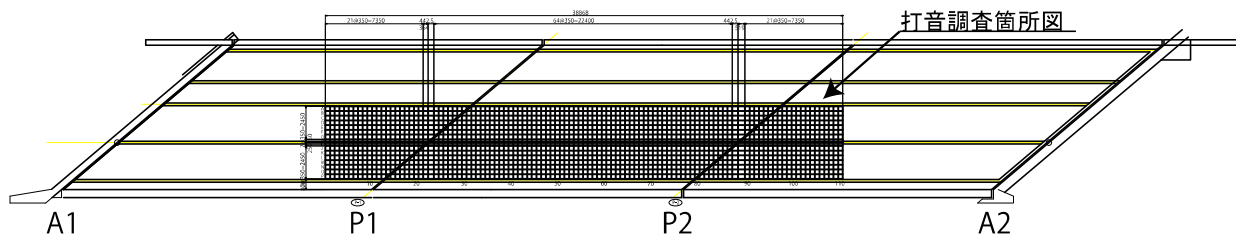


図-2 打音照査箇所

調査を実施する RC 床版は、昭和 39 年鋼道路橋示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 現地調査手法

RC 床版撤去前に現地で、打音法および電磁波法による非破壊点検を実施した。

a) 打音法

この調査方法は、北海道開発局の定期パトロール時にも実施している、一般的な床版上面点検手法の一つである。本手法は、経験的手法といわれており、点検対象物により、打撃音、反発の感触等が異なるため、現地での打撃を繰り返し、点検者個人による判定基準の再評価を行って、状態の良し悪しを経験的(統計的)に判断する手法といえる。

今回使用したハンマーは、橋梁定期点検で用いられる、全長 378(mm)、頭径 12.4(mm)のもので、頭部は、

硬度 50° ~55°、重量 113g の炭素鋼(1055C)である。写真-1 に示すような状態で点検しており、入力点検者によりばらつきが生じるが、頭部は床版から概ね 70cm 程度のところから振り下ろして打撃している。

調査箇所は、図-2 のハッチングで示すように、対象橋梁の片側車線中央径間とその前後を合わせて約 40m × 6m の範囲である。その範囲内に 35cm メッシュを設定し、1760 箇所の状態を確認した。

b) 電磁波法

この調査方法は、調査対象物に向けて発信した電磁波が電氣的性質の異なる境界面で電磁波を反射する特性を利用して、反射波の走時および波形の極性から、目的の状態となっている位置や深度を探る手法である。結果の品質は測定データを解析する技術力に大きく依存する手法であり、本調査目的に対する適用性は、精査されていないものの、打音の補助や点検費用の低減の可能性があり採用した。

本調査においては、電磁波を受発信するアンテナ数

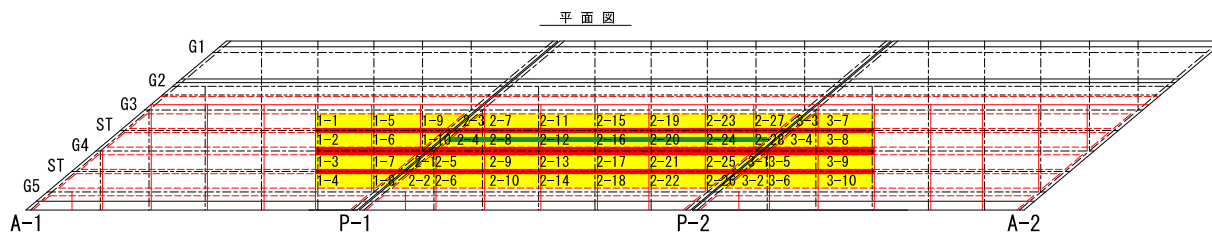


図-3 RC床版撤去箇所



写真-2 撤去床版の一例 (パネル No. 2-14)

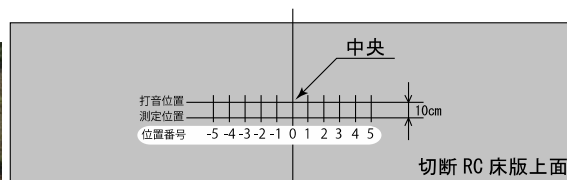
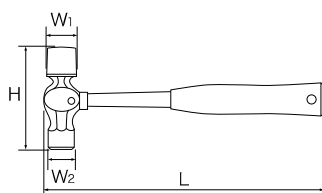


図-4 打音測定位置図



頭部 質量(g)	L (mm)	W1 (mm)	W2 (mm)	H (mm)	全質量 (g)
453	315	32	30	114	730

図-5 ハンマー概要 (W1側が鉄、W2側が樹脂)

を増加させ、地中空洞調査や埋設物状況評価において信頼性が向上させた機器を用いて調査を実施している。また、作業が短時間で調査が終了することから、打音法とは異なりRC床版全面に対して調査を行った。

2. 1. 3 撤去床版を用いた打音の振動特性調査

現地調査で打音法を適用した範囲を運搬可能な大きさに切断し、当チームの敷地内に搬送した。図-3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す。写真-2は撤去したRC床版の一例である。この撤去床版を対象として、聴診器による打音収録を行った。用いたハンマーの概要を図-4に示す。測定では、通常の打音検査では調査員の聴覚をもって判断していることから、医療用に開発されている聴診器をそのまま用いて、データ化を行った。接触部中央に15mmの音響センサーを有し、外界からの雑音を消去するフィルターを用いて、20~500Hz帯域を増幅させ収録するシステムとなっている。また、聴診器はBluetooth通信ができ、直接PCにデータを保存できるため、現地調査の機動性を確保できる利点がある。

調査を行った切断RC床版は、図-3の緑色の線があるパネルである。これは、非破壊調査の評価のため、切断する面に合わせて決定している。

調査は、図-4に示すようにパネル中央より橋軸方向

前後に10cm間隔で11点の打点位置を定め、打点より橋軸直角方向に10cmはなれた位置で聴診器を密着させ打音を収録した。

2. 1. 4 調査結果と床版劣化損傷状態比較

図-3に緑色実線で示した断面をカッターで切断し、非破壊調査で判定した結果と現状を比較して、調査手法による違いや特性等について分析した。

2. 2 調査結果

2. 2. 1 現地調査結果

舗装上面からの床版の非破壊調査の結果を図-6と図-7に示す。図-7に示している黄色の枠内が、打音法による調査範囲を示している。

調査の評価については、打音法では調査結果を明確な異音認められる部分(赤:明確な浮き)、健全な打音が認められる部分(青:健全)および両者の中間の部分(黄:中位)に分類した。また、電磁波を用いた手法では上側鉄筋よりも上方の範囲、すなわちかぶりコンクリートにおいて電磁波に異常な反射が認められる範囲(赤:床版上部劣化)、上側鉄筋よりも下方の範囲において電磁波に異常な反射が認められる範囲(紫:床版内部劣化)に分類した。なお、図-7には上面補修を行なった箇所を水色で示している。

a) 打音法

調査箇所1760点のうち、202点がアスファルト舗装

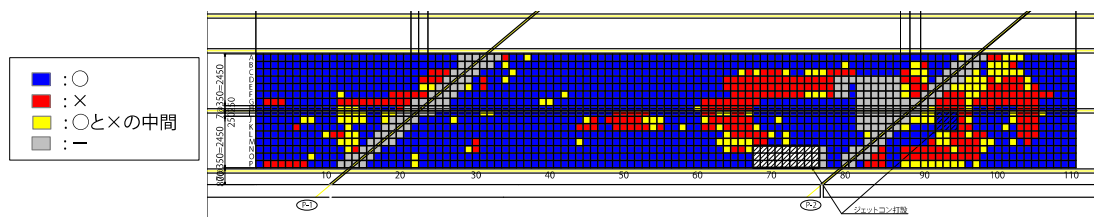


図-6 打音法による調査結果

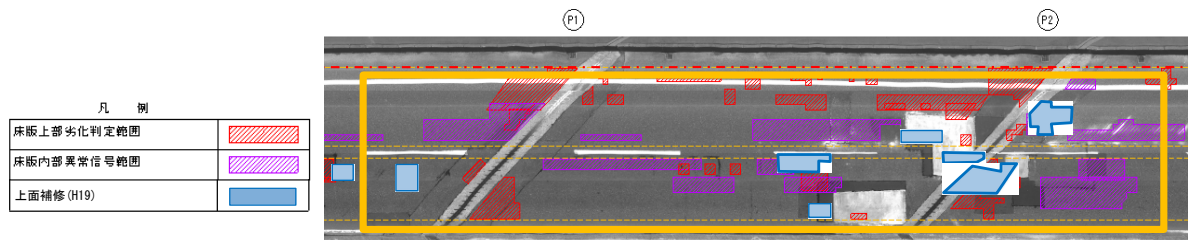


図-7 電磁波法による調査結果

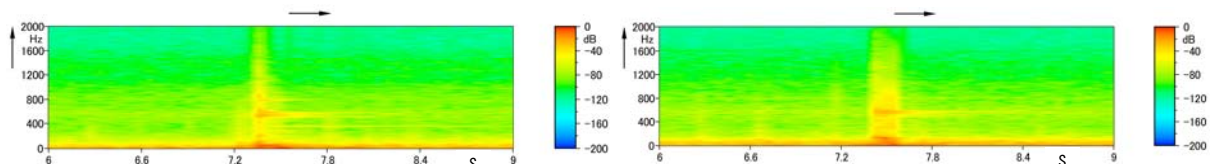


図-8 No.2-16 打音振動の時間-周波数解析(左; 打音位置-1、右; 打音位置 0)

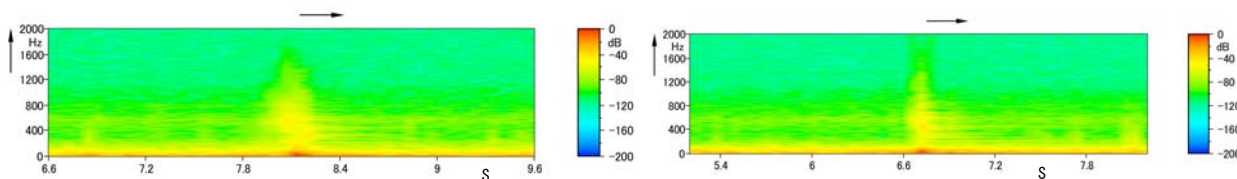


図-9 No.2-20 打音振動の時間-周波数解析(左; 打音位置 5、右; 打音位置 0)

ではないため、対象から除外し、調査箇所は1558点である。各判定の割合は、健全;74.4%、明確な浮き;16.4%、中位;9.2%で、調査箇所では健全と判定された箇所が多かった。床版面の位置で考察すると、桁中央と比較すると伸縮装置側に浮きがあると判定されているものの、走行車線や地覆近傍に変状判定が多いといった共通の傾向はない。

b) 電磁波法

RC床版上面の劣化が疑われた範囲は、内部異状と判定された範囲よりも少なく、外側線近傍か伸縮装置近傍で想定されている。また、内部異状については、床版中央側の走行車線よりも多く想定されている。

c) 調査法での比較

調査方法を比較すると打音法では、浮きと判定されている範囲で、電磁波法では、上面また内部の異状と想定されていることから、異状箇所に関する判定はおおむね一致すると思われる。

2. 2. 2 撤去床版を用いた打音の振動特性調査

ここでは、No. 2-16 と No. 2-20 の結果を示す。各打

音位置で、樹脂頭部により15秒に3回の衝撃を入力し、連続データとして記録した。図-8と図-9はそれぞれの時間-周波数解析の結果を示している。2回目の打撃で入力された記録を図中の中央に示すため、時間軸を水平にずらしている。ここでは、一般的な打音点検で判定する低周波数帯に着目するとともに、卓越した周波数(赤色)が、緩やかに減衰している周波数に着目して考察する。

図-8が対象としたパネルの打音では、特に高音が感じられ、現場調査と同様に舗装を含め、RC床版に異常がないと想定した。時間-周波数解析で確認すると、常時卓越しているノイズを除く、100Hz以下の周波数帯と400Hz以上で卓越し、緩やかに減衰している周波数帯は、ほぼ同時刻に卓越していることが確認できる。それとは異なり、図-9が対象としたパネルの打音では、高音の中に低音が感じられ、余韻では低音がより大きく感じられ、異常があると想定した。時間-周波数解析を確認すると、400Hz以上で卓越し、緩やかに減衰している周波数帯と100Hz以下の周波数帯の卓越時刻が

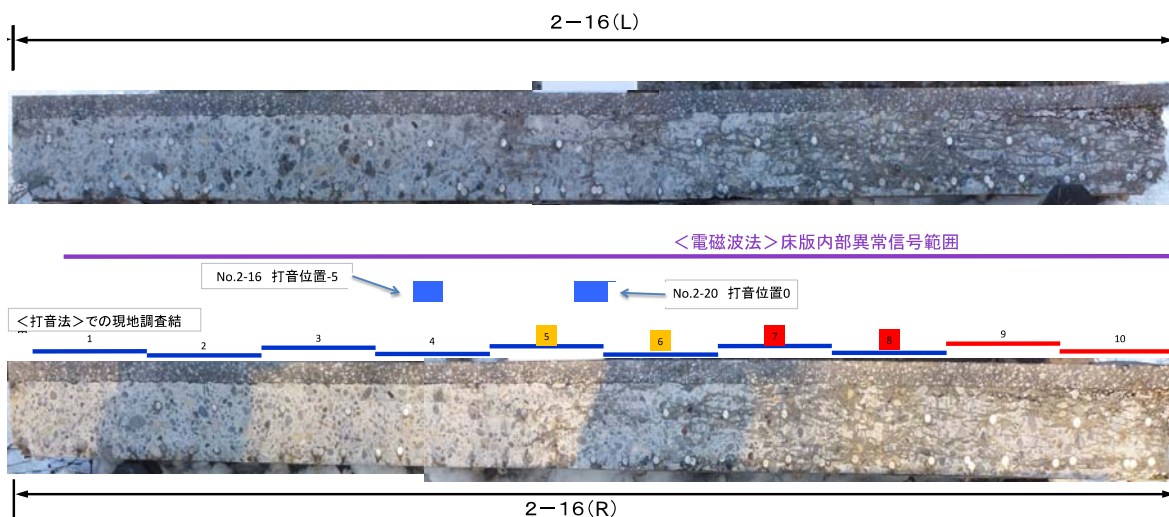


図-10 No.2-16 切断 RC 床版断面と各手法の判定結果比較図

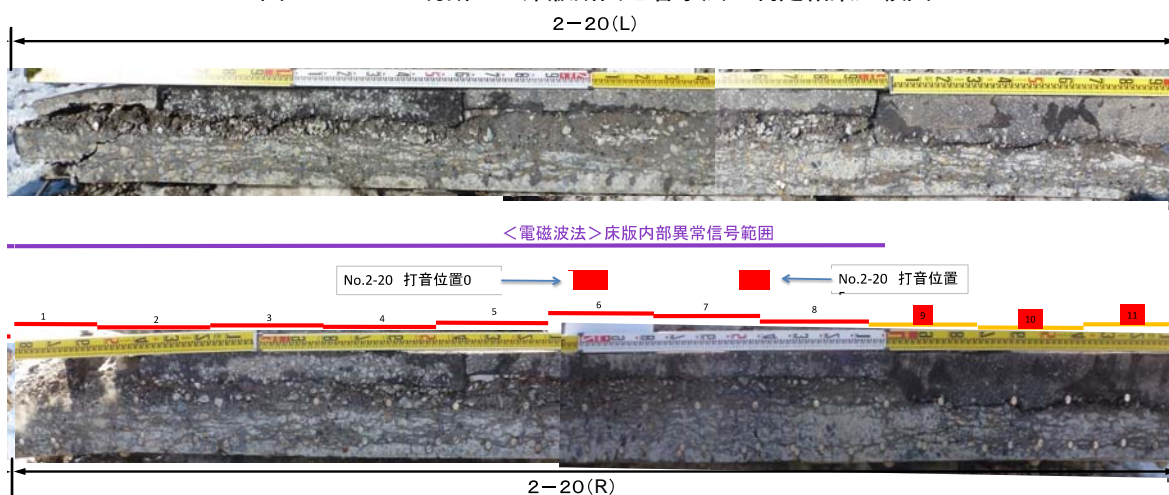


図-11 No.2-20 切断 RC 床版断面と各手法の判定結果比較図

異なっていると同時に、そのパワーの違いも明瞭である。これらによって、低音を感じることができた可能性があると思われる。ここでは、一例のみを掲載しているが、この No. 2-20 の結果は、他の打音位置においても、おおむね同様の傾向を示している。

3. 調査手法の評価

3. 1 対象橋梁の内部状態

図-10 と図-11 に、聴診器で打音を収録した No. 2-16 と No. 2-20 を内部状態の一例として示す。

図-10 の左側は、健全な状態であるが、中央部より右側には層状剥離や下側鉄筋位置での剥離が確認できる。図-11 では、全断面にわたり層状剥離や下側鉄筋位置での剥離が確認でき、健全と確認できる範囲は非常に少ない。

3. 2 各調査結果との比較

図-10 と図-11 には、各調査法による判定を記載している。電磁波法を用いた判定では、紫色で異状判定結果を示し、現地打音法では、各切断面の (R) 側写真直上に実線で、図-6 の判例に合わせた色で判定結果を示している。また、聴診器を用いた調査の一例として示した図-8 と図-9 の位置も図中に示している。

電磁波法では、打音では異常なしと判定した範囲で、内部異常を判定し、実際は床版表面損傷であり位置的な精度が高いとはいえないが、概要把握のための調査法としては良いといえる。打音法での調査は、内部に空隙が確認できる箇所においては良い精度で状態を判定しているが、空隙のない層状剥離の範囲は、劣化損傷を判定できないといえる。また、聴診器で得たデータを解析したものにおいても同様であった。

4. まとめ

RC 床版全面打換えとなる床版の劣化損傷状況について現地調査を行い、床版上面から調査可能な手法に関する検討を実施した結果、打音による調査の有効性が確認できたとともに、データの解析から、簡易な機

器を用いた計測でも客観的に判定できる可能性を確認した。加えて、電磁波法の有効性が確認できた。今後は、調査適用範囲の特定と精度を高めるための分析手法の検討を進め、簡易機器での調査手法の確立と電磁波法を用いた調査の効率化について検討を進める。

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