

## 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、雰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技術等の維持管理技術を確立することを目的とする。

検討の結果、アスファルト上面から RC 床版の劣化損傷を検出する適切な分析法を提案した。また、RC 床版の内部拘束効果と凍結融解作用に着目した試験では、RC 床版で確認されている水平層状クラックの再現が見られず、他の条件も加わることによる可能性が示唆された。

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、雰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。

ここで、RC 部材の劣化損傷に関しては、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の解明に向けた試験的検討を実施す

る。

### 2. 劣化損傷の実態

北海道にある国道橋では、昭和 63 年から橋梁定期点検が実施され、現在までに同一橋梁において複数回の点検実績がある。このデータより、劣化要因として、交通荷重、塩害、凍害と中性化に、損傷種別として、腐食、塗装劣化、ひびわれ、床版ひびわれに着目し、損傷に関するデータのとりまとめを実施した。なお、とりまとめにあたり、現在の点検結果を旧点検要領(案)<sup>1)</sup>により、損傷ランクを読み替えて実施している。

まず、積雪および寒冷地域における橋梁の損傷傾向を把握するため、損傷種別、部材別に損傷ランクを整理した。図-1 に部材別の損傷ランク分布を示す。損傷が多く発生している部材は、主桁、床組、床版、支承等で、悪い状態が多い部材は、床版であることが分かった。次に損傷種類別のランク分布を図-2 に示す。腐食、防食機能劣化、漏水・遊離石灰、床版ひびわれ等が主な損傷と考えられる。特に漏水・遊離石灰においては、状態が悪いものが多いことが分かる。

図-3 と図-4 に、凍害危険度により区分した損傷種類別損傷ランク分布を示す。図-3 より、凍害危険度 1 の地域では、腐食、防食機能の劣化が多く確認されている。ランク II が多い損傷は、腐食、漏水・遊離石灰

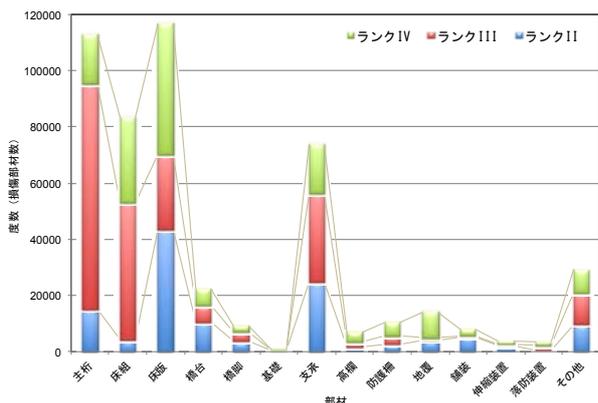


図-1 部材別損傷ランク分布

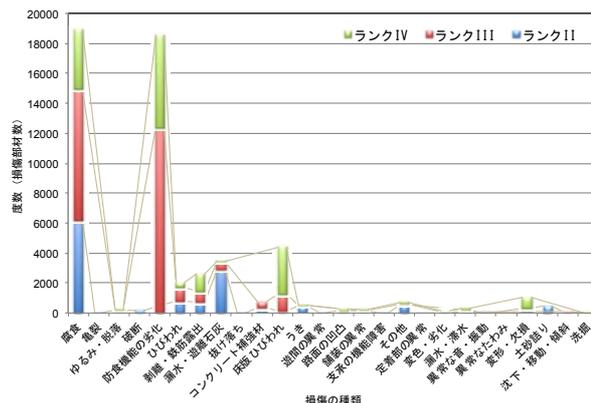


図-3 損傷種類別損傷ランク分布（凍害危険度 1 のみ）

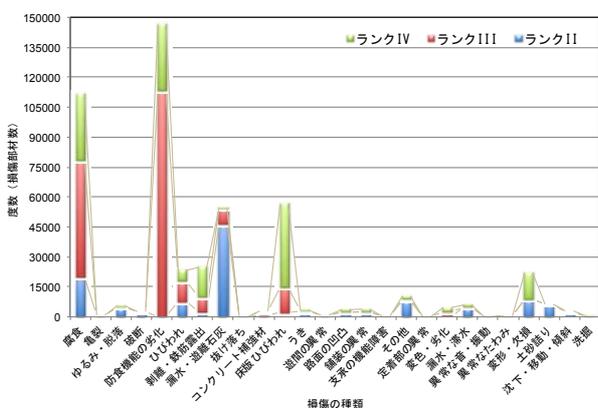


図-2 損傷種類別損傷ランク分布

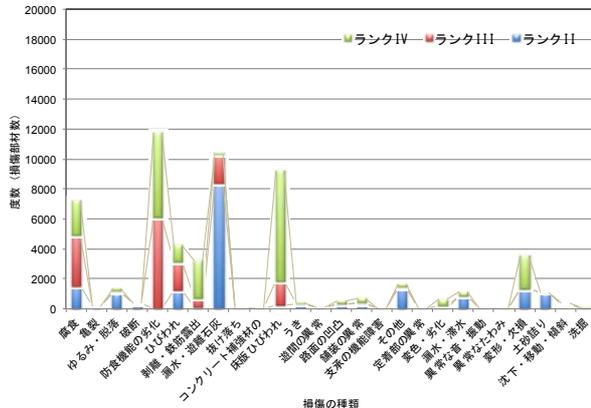


図-4 損傷種類別損傷ランク分布（凍害危険度 5 のみ）

である。図-4 より、凍害危険度 5 の地域でも腐食や防食機能の劣化が多く確認されているもの、漏水・遊離石灰や床版ひびわれも多く確認されている。特にランク II に着目すると漏水・遊離石灰の損傷が最も多く確認され、凍害の影響が内在されている可能性が示唆された。

交通荷重による影響を分析するため床版の損傷に着目し、対象橋梁の大型車交通量の累積交通量をセンサスデータにより整理し、交通量毎の損傷ランクについてとりまとめた結果を図-5 に示す。交通量毎に確認される度数が異なるため、交通量に対する影響を確認する目的で各ランクの割合により整理している。なお、使用した交通量データは S52 以降 H17 センサスデータまでである。

図に示すように交通量が増加するとランク IV の占める割合が減少傾向となり、ランク III やランク II の悪い損傷ランクが増加する傾向が確認できる。ここでは、床版補修に合わせた累積交通量の補正作業は行っていない。

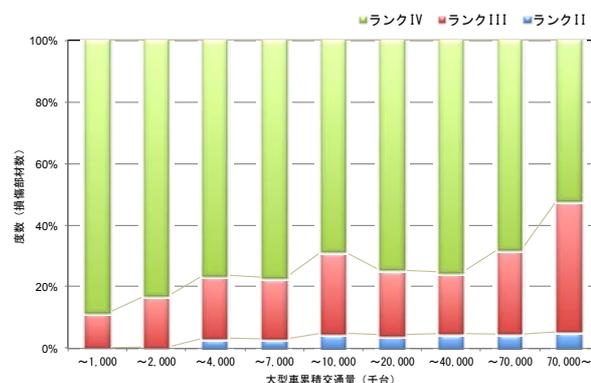


図-5 累積大型車交通量と床版の損傷ランク分布

### 3. RC 床版の損傷

RC 床版においては、アスファルト舗装下において上面の劣化損傷が進行し、骨材とモルタルに分離するような損傷が顕在化しており、これらに対する予防および補修対策工に対する研究が進められているところである。しかし、コンクリート床版内において水平クラックが層状に発生する損傷も確認され損傷検知法や対策工の早期確立が急がれている。森ら<sup>2)</sup>の研究では、



写真-1 床版損傷 (左; 上面劣化損傷、右; 内部劣化損傷)

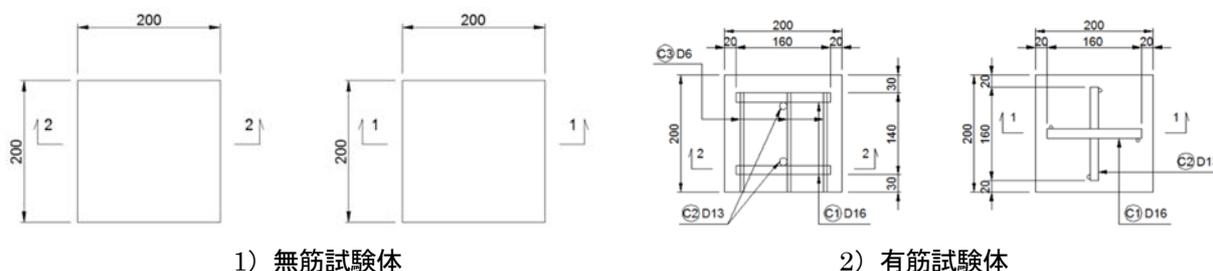


図-6 試験体



写真-2 試験体応力導入状況

このような損傷は鉄筋腐食やアルカリシリカ反応によるひび割れ発生が先行し、凍結防止剤成分による化学的な劣化の関与が示唆されたことを報告している。凍結の環境影響による砂利化による RC 床版上面の損傷が健全化している北海道においても写真-1 に示すような層状の水平クラックが確認されたことを受け、無視できない損傷形態であるものと想定されることから、水平クラックの発生プロセスについて基礎的試験を行った。

着目点は、コンクリート床版内部に水平ひび割れが発生するメカニズムとその再現手法の確立である。

### 3.1 試験概要

対象としたクラックは、コンクリート構造物内部で生じている水平ひび割れであることから、内部応力によるものと仮定し、水平ひび割れを再現する方法として、試験体の側面に拘束圧を加えて、上下方向のみに

力が逃げる方法による再現を試みた。

#### 3.1.1 試験体

##### (1) 試験体寸法

本試験では、図-6 に示す縦 200mm×横 200mm×厚さ 200mm の立方体のコンクリートブロックを用いて凍結融解試験を実施した。シリーズによっては主筋に D16、配力筋に D13 の鉄筋を埋設している。

本試験では、凍害劣化面を床版上面と設定した。したがって、側面からの水の浸透を抑止するために、エポキシ塗装（コンクリート用中塗りエポキシ塗装）を行った後、アルミテープを用いてコーティングを実施した。なお、ひび割れを再現する試験体には、深さ 100mm までコンクリート側面に包帯を巻きつけ、水が浸透しやすい加工を施している。

##### (2) 床版内部応力の再現

内部応力を再現するために、試験体側面に鋼板

表-1 試験体条件および数量

凡例	外部拘束	導入圧力 (N/mm <sup>2</sup> )	水条件	模擬ひび 割れ	鉄筋の 有無	凍結融解 サイクル数	試験体数	備考
N	無	0	有	無	無	劣化程度 3	3	コントロールケース
2.5-D-N-N-3	有	2.5	無	無	無	劣化程度 3	3	水の影響なし
0-W-N-N-1	有	0	有	無	無	劣化程度 1	3	ロッドにゲージ 8 枚
0-W-N-N-2						劣化程度 2	3	
0-W-N-N-3						劣化程度 3	3	
2.5-W-N-N-1	有	2.5	有	無	無	劣化程度 1	3	ロッドにゲージ 8 枚
2.5-W-N-N-2						劣化程度 2	3	
2.5-W-N-N-3						劣化程度 3	3	
5.0-W-N-N-1	有	5	有	無	無	劣化程度 1	3	ロッドにゲージ 8 枚
5.0-W-N-N-2						劣化程度 2	3	
5.0-W-N-N-3						劣化程度 3	3	
0-W-C-N-1	有	0	有	有	無	劣化程度 1	3	
0-W-C-N-2						劣化程度 2	3	
0-W-C-N-3						劣化程度 3	3	
0-W-N-R-1	有	0	有	無	有	劣化程度 1	3	
0-W-N-R-2						劣化程度 2	3	
0-W-N-R-3						劣化程度 3	3	
温度測定用ダミー	無	0	有	無	無	—	1	

合 計 52 体

(225mm×225mm×t25mm) を用いて圧縮力を導入した。圧縮力の維持は、ボルト (M16 (細目)) を用いて行っている。なお、試験体への圧縮力は 3 水準とし、i : 0N/mm<sup>2</sup>、ii : 2.5N/mm<sup>2</sup> および iii : 5.0N/mm<sup>2</sup> としている。圧縮応力を変えることで、水平ひび割れの発生に与える影響について検討を行った。なお、試験体側面より均等に応力を導入するにあたり、使用コンクリートのポアソン比を測定し、一般化フックの法則 式 (1) に値を代入し導入軸力を算出した。

$$\varepsilon_{11} = \frac{1}{E} \{ \sigma_{11} - \nu(\sigma_{22} + \sigma_{33}) \} \quad \text{式(1)}$$

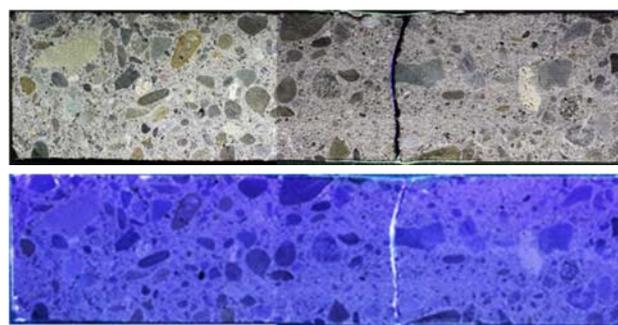
導入荷重は 2.5N/mm<sup>2</sup> の場合、1 回目 82kN、2 回目 100kN とした。5.0N/mm<sup>2</sup> の場合は、1 回目 164kN、2 回目 200kN としている。なお、導入応力 0N/mm<sup>2</sup> の場合はトルクレンチを用いて 5N・m で締め付けを行った。試験体への導入状況を写真-2 に示す。また、実施した試験体数を表-1 に示す。

### 3.2 試験結果

凍結融解のサイクル時間は、-20℃で 17 時間 30 分、20℃で 6 時間 30 分を 1 サイクルとしている。また、試験体内部温度から、1 サイクルが 1 凍結融解回数となることを確認している。

#### 1) 内部の劣化観察

蛍光エポキシ樹脂を用いた微細ひび割れ観察法を用いて、内部の劣化を確認した。本法は、低粘度のエポキシ樹脂に蛍光染料を主剤の 1% 混合したものを



←上面側 下面側→

写真-3 コア試験体状況 (0-W-N-N-1-1)

いて、そのエポキシ樹脂に試験体を浸漬した後、真空脱泡を 1 時間行う方法である。クリート試験体の中央より採取した φ50mm のコアを試験体とした。

エポキシ樹脂が硬化した後、中央を切断し紫外線ライトを用いて浸透状況を確認した。

コア試験体の状況の一例を写真-3 に示す。ここで示した 1 体において水平ひび割れが確認できたものの、すべての試験体で層状の水平ひび割れの発生は確認されなかった。

## 4. 目視困難な床版上面評価のための非破壊調査

### 4.1 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

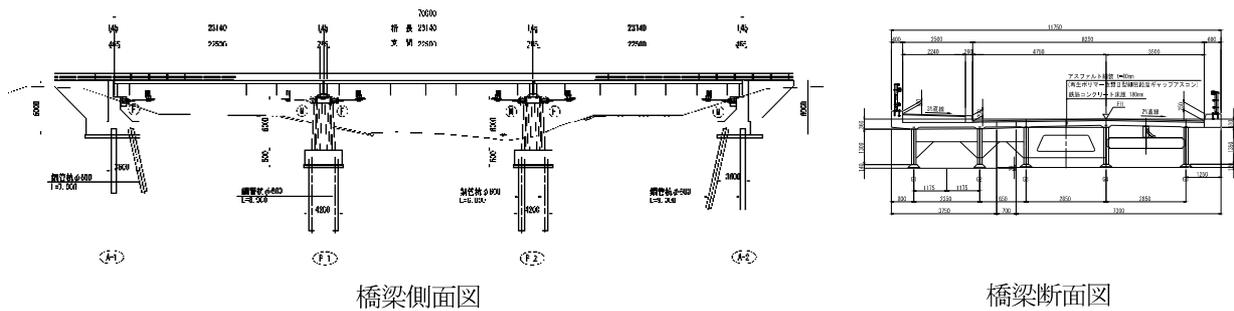


図-7 橋梁一般図

表-3 対象橋梁諸元

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；拜み勾配2%



写真-3 現地調査の様子（舗装上面からの打音）

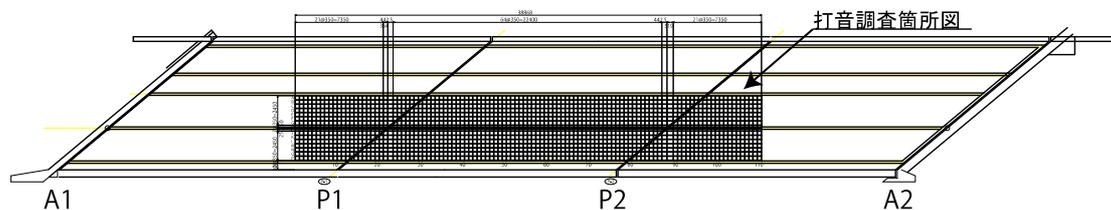


図-8 打音調査箇所

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。

北海道開発局の協力を得て、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、打音法その他、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、衝撃弾性波等を測定しその結果を用いて検討を実施した。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。

#### 4. 2 対象橋梁

調査対象とした橋梁の一般図を図-7に、諸元を表-3

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。

#### 4. 3 現地調査手法

RC床版撤去前に現地にて、打音法および電磁波法による非破壊調査を実施した。

##### (1) 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

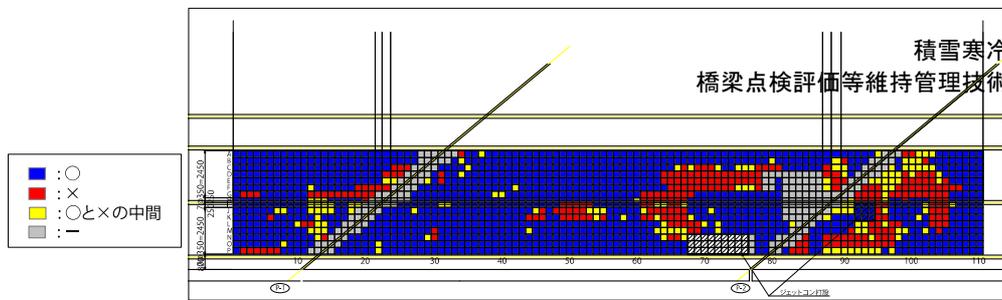


図-9 打音法による調査結果

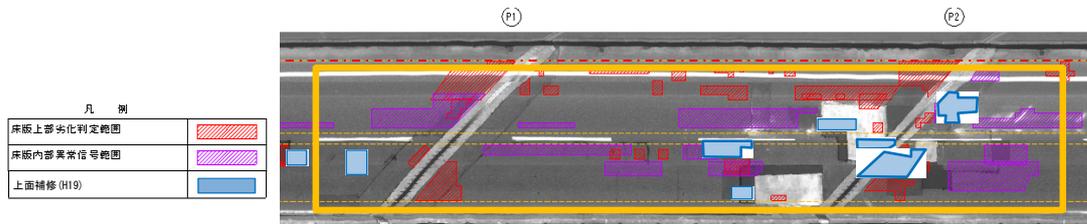


図-10 電磁波法による調査結果

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は、橋梁定期点検で用いられる、全長 378mm、頭径 12.4mm のもので、頭部は、硬度 50°～55°、重量 113g の炭素鋼(1055C)である。写真-3 に示すような状態で点検しており、入力は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-8 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。

#### (2) 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を向上させた機器を用いて調査を実施している。また、調査作業が短時間で終了することから、打音法とは異なり RC 床版全面に対して調査を行った。

#### 4. 4 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-9 と

図-10 に示す。図-10 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が認められる部分(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-10 には上面補修が行なわれた箇所を水色で示している。

#### (1) 打音法

調査箇所 1760 点のうち、202 点がアスファルト舗装ではないため、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的な傾向はない。

#### (2) 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。

#### (3) 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

表-4 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	重錐落下試験	機械インピーダンス法 <sup>3)</sup> 、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

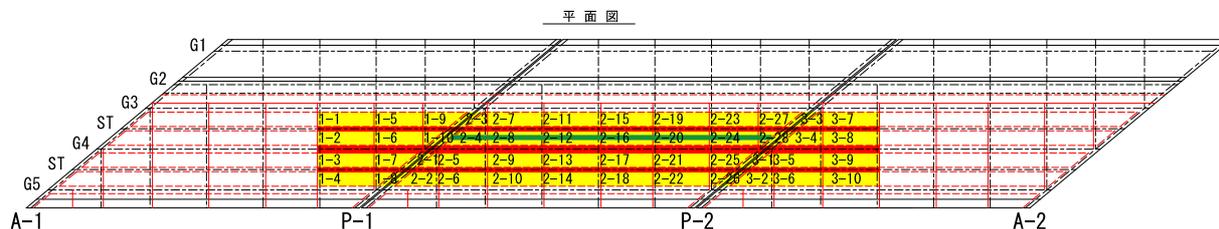


図-11 RC床版撤去箇所



図-12 供試体 A (パネル 2-09)

図-13 供試体 B (パネル 2-17)

図-14 供試体 C (パネル 2-20)

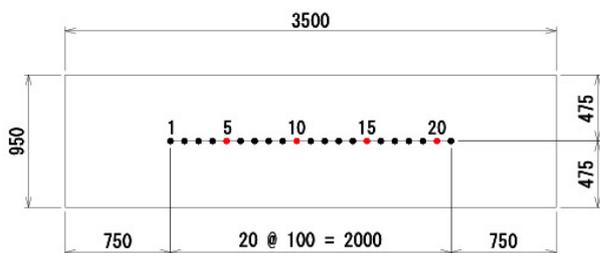


図-15 測定点の配置 (供試体 A, B)

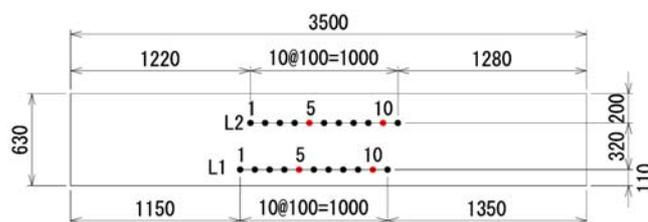


図-16 測定点の配置 (供試体 C)

おむね一致すると思われる。

## 5 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-11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。

日常点検で実施可能な調査法である打音法においては、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。

### 5.1 調査概要

図-11 に示した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。



図-17 重錘

表-5 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-18 衝撃弾性波試験状況

概ね健全と判定したパネルは、図-11 に示すようにP-1 側に位置する 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-12、13、14 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。

供試体 A、B は、図-15 に示すように供試体の中央に 2m、供試体 C は、図-16 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-17、表-5 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、 $1\mu s$  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、 $10\mu s$  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 は用いていない。

## 5. 2 調査結果

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-18 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-19 は、各測定位置でのパワー伝送比と減衰率の関係を示している。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-19 (a) に示す健全と想定した供試体 A では、パワー伝送比が  $-5 \pm 5$  (dB)、減衰率は  $-15 \pm 5$  (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-19 (b) 供試体 B は、(a) で示した供試体 A と同様な傾向を示す計測値がある一方、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ーである。図-19 (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 と供試体 C の測線 L1 は、パワー伝送比が 10 (dB) を超える同様な傾向を示していることから損傷が疑われる。供試体 C の測線 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-20 に示す。ここで、オクターブバンド解析とは、打音点検により点検者の感覚で判断する音色により特徴を区分するものといえる。

縦軸は、分析バンドの境界周波数を示し、横軸には、

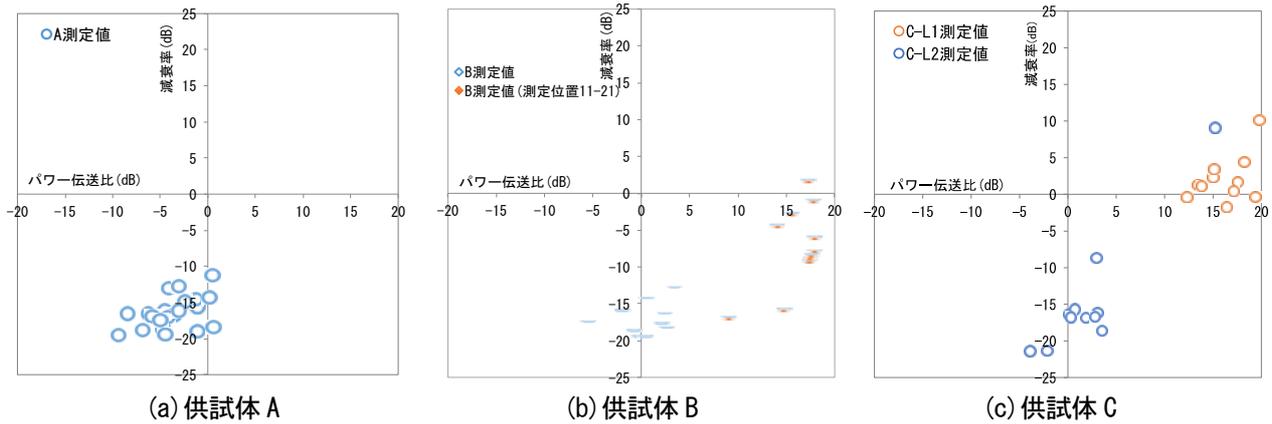


図-19 パワー伝送比と減衰率

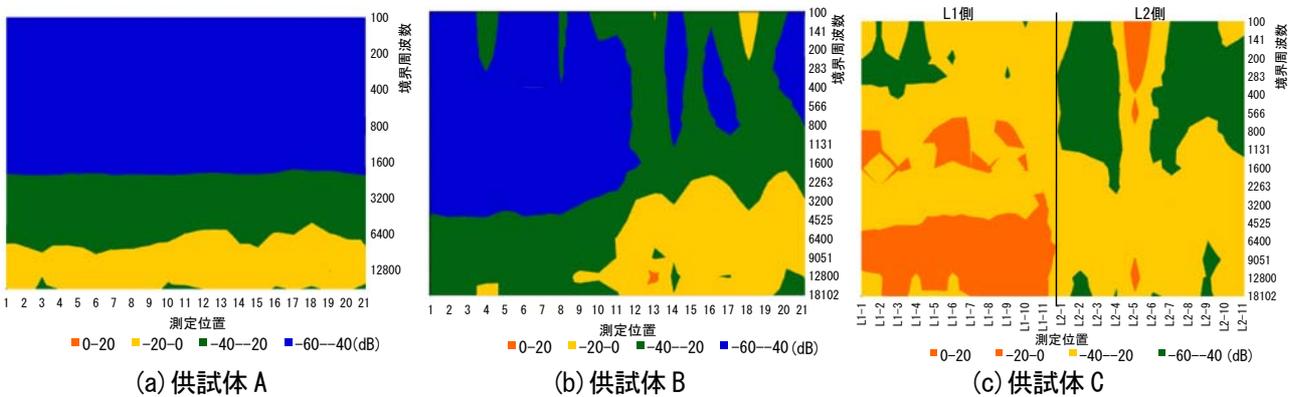


図-20 周波数応答分布

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。図-20 (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。図-20 (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-20 (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 が同様な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。

## 6. 調査手法の評価

### 6. 1 対象橋梁の内部状態

撤去床版で行った打音調査手法および分析方法の評価を行うため図-21 に切断面を示す。(a)から(d)の図中に示した番号は、測定点を示している。

図-21 (a)の供試体 A は想定したように「概ね健全」である。図-21 (b)の供試体 B は、測定位置 11 から 21 にかけて、水平クラック等が確認できることから想定

した「損傷が否定できない」というものと概ね一致する。図-21 (c)においては測定位置 1 から 10 のみならず、全体的に層状クラックが確認できる。また、舗装との剥離と想定される状況であることも想定される。図-21 (d)では、(c)と異なり RC 床版の補修跡とその下面にクラックが発生していることが確認できる。

### 6. 2 各調査結果との比較

図-19 と図-20 に示した各調査法による分析結果と図-21 の断面を比較する。供試体 A では全測定点、供試体 B では測定点 1 から 10 までが、切断面からの評価で劣化のない、または少ない断面であるといえる。これに対して、供試体 B の測定位置 11 から 21 および供試体 C-L1 の 1 から 10 の測点では、舗装下から RC 床版内部に損傷が明確に確認できる状況で、双方のパワー伝送比-減衰率の関係より、パワー伝送比 $-5 \pm 5$  (dB) の範囲、減衰率は $-15 \pm 5$  (dB) は、健全である閾値になる可能性が示された。また、オクターブバンド解析では、隣接する測定位置間の各境界周波数においてパワー比が同値で分布している。これに対して損傷が確認された断面では、隣接する測定位置間の各境界周波数のパワー比が同値とはならず、分布に乱れが確認でき

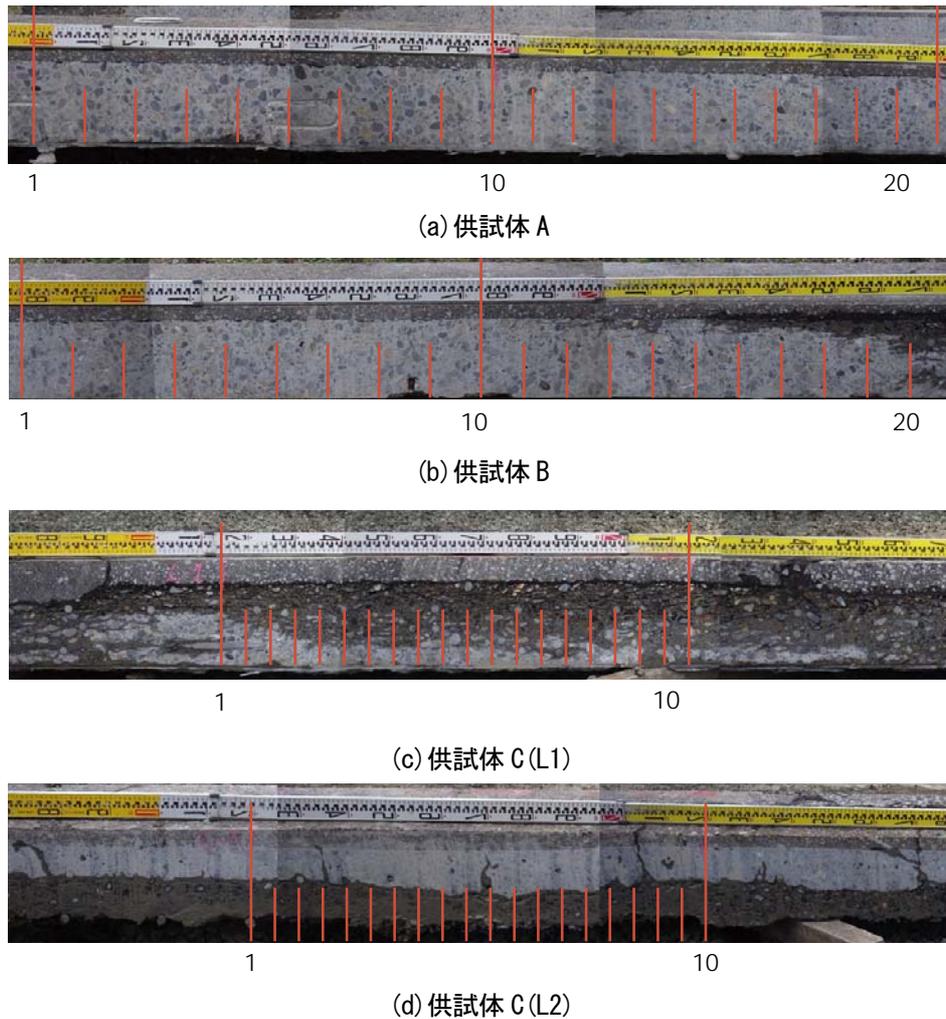


図-21 調査パネルの断面

ることから、この特性より損傷の有無を検出できる可能性が示された。

ただし、供試体 C-L2 のパワー伝送比-減衰率の関係では、供試体 A や供試体 B-10 の結果と同じである。したがって、この分析方法では補修をした断面が舗装直下にある場合には、損傷を検出できない可能性があるといえる。

## 7. まとめ

### 7.1 劣化損傷の実態

北海道開発局で管理されている橋梁点検結果を基に、橋梁の劣化損傷を分析した結果、以下のことが確認された。

- ・橋梁の損傷は、上部工に多い。
- ・鋼橋では、防食機能の劣化や腐食の損傷が多い。
- ・コンクリート橋では、漏水、遊離石灰および床版ひび割れが多い。

・凍害危険度の高い地域で漏水、遊離石灰の損傷が多いことから、凍害の影響が示唆された。

全面打換えとなる RC 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。

### 7.2 RC 床版の劣化損傷メカニズム解明に向けた検討

寒冷地における RC 床版の劣化損傷に対する適切な補修や予防を実施するためにはメカニズムの解明が重要である。本検討では、内部拘束効果と凍結融解の繰り返しにより、その再現を試みた。その結果、拘束解放面への水平クラックが確認されたものの、層状への進展がみられなかったことから、他の条件も加えることによる可能性が確認された。

### 7.3 目視困難な床版上面評価のための非破壊調査

RC 床版上面の日常点検には打音検査手法が適用されている。本手法の信頼性確保のために検査精度の向上について、打撃音や反発の程度、電磁波法による検査手法の適用性を検討した。

その結果、電磁波法による検査の可能性が確認された他に、衝撃的载荷による振動や反発を適切に分析することにより、RC 床版上面の損傷検出の可能性が確認できた。特に人間の聴覚と親和性の高いオクターブバンド解析による内部異常抽出は、損傷状態を精度よく評価できていないが、打音周辺との変状を見極めやすい手法である。

#### 参考文献

- 1) 建設省土木研究所橋梁研究室：橋梁点検要領（案），昭和63年7月，土木研究所資料第2651号，1988. 7.
- 2) 森寛晃，久我龍一郎，小川彰一，久保善司：寒冷地で供用されたRC床版の劣化要因推定，コンクリート工学論文集，第24巻第1号，2006. 1.
- 3) 金田重夫，久保元，久保元樹，境友昭：インピーダンス法によるコンクリート強度推定・原理と誤差，土木学会第65回年次学術講演会講演概要集，V-248，2010.

## 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