

# 千曲川流域における補修を必要とする橋梁点検調査 2

永藤 壽宮\*

## A Second Survey of the Bridges That Needs Maintenance on Chikumagawa-river Basin

NAGATO Toshimiya\*

It is generally proposed to set aim 200 years as span of fatigue design. It is significant to keep the good condition of bridge for a long time.

This study investigates present inspection of charge and maintenance. We experiment about some examples of actual bridges with a crack. We report second these researches on Chikumagawa-river Basin.

キーワード：橋梁，補修，維持管理

### 1. はじめに

橋梁等の構造物は、建設されると使用されるようになり、その年月と共に老朽化してゆくものである。そして、使用期間中に作用する荷重の増大、周囲の環境変化の影響による構造部材の品質の低下等により、その構造物の寿命は著しく変化するものである。しかし、その寿命は欠陥や変状がその橋梁にとって致命的になる前に発見し、適切な補修を行えば、大幅な長寿命化が可能となる。

最近、疲労設計における寿命の設定として、200年を目標に置くことが提案されている。長寿命橋梁を実現することは社会的にも経済的にも有意義な事である。

本研究では現在補修が必要な橋梁を、中信（長野県中部）地域内を対象に、長野県土木部や中信地域の関係市町村などの関係部署の基礎資料を参考に外観調査を行なった。

### 2. 維持管理の概要

維持管理は、点検と補修とに分けられる。両者の作業の流れは図1に示す様に先ず点検（通常，特別，異常時点検）を行い、それにより変状の有無，補修の必要，不必要を判断する。

### 3. 点検

#### 3-1 概要

- (1) 橋梁損傷等の異常の発見
- (2) 安全で円滑な交通確保の問題点の把握
- (3) 橋梁及びその橋梁下の不法占用等の調査及び指導，取り締まり等

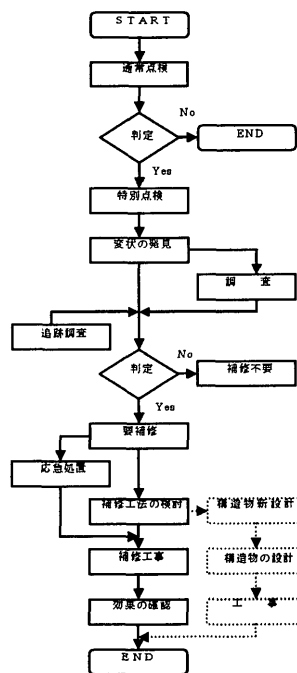


図-1 維持管理の作業手順

\* 長野工業高等専門学校環境都市工学科助教授  
原稿受付 2004年5月20日

## 4. 補修工法

### 4-1 RC床版

#### (1) 疲労破壊…繰り返し荷重による破壊.

床版下面にクラックが入り、それが床版上面に貫通しながら次第に網目状にまで発展して抜け落ちる場合がある。

### 4-2 鋼橋

#### (1) 鋼橋部材の維持修繕

鋼橋の主要な部材に異常が生じた場合は、橋梁の崩壊につながる可能性もあるので早急な対応を必要とする。

### 4-3 コンクリート橋

#### (1) コンクリート橋部材の維持修繕

コンクリート橋に現れる異常には、ひびわれ、剥離、鉄筋露出、豆板、漏水などがある。ひびわれの原因としては、アルカリ骨材反応、鉄筋量の不足、コンクリートの強度不足、断面不足、鉄筋の腐食膨張、自動車荷重の増大等が考えられる。

### 4-4 伸縮装置

#### (1) 伸縮装置の維持修繕

伸縮装置は輪荷重の衝撃を直接繰り返し受けるため、最も損傷しやすい部材であり、また補強が困難でもある。従って、損傷箇所を発見した場合には、早期に補修する必要がある。

### 4-5 支承部

#### (1) 支承部の維持修繕

支承は、橋梁の上部工と下部工をつなぐ重要な部分である。このため、支承には、ごみや、異物が入らないよう、また錆が発生しないよう日常の管理を行なわなければならない。

### 4-6 下部構造

#### (1) 基礎の維持修繕

橋脚、橋台の損傷には、その躯体の異常と基礎の異常とがあり多くの場合が、基礎の異常によって発生している。

#### (2) 橋脚、橋台の躯体の維持修繕

橋脚、橋台の躯体は、上部工と基礎の間にあり、上部工の荷重増加や基礎の異常による影響を受けやすい。

## 5. 塗装

鋼橋の塗装は、部材の保全と美観のために行うが、年月の経過と共に劣化し、変質、変色、割れ、ふくれ、はがれが生じ表面に錆が生じてくる。そのため、

塗装が当初の機能を保っているかを点検し、必要に応じて塗り替えを実施しなければならない。

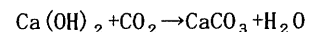
## 6. アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応とは、セメント中に含まれている反応性骨材が、高濃度のアルカリ溶液と接触することにより、ナトリウムイオン (Na<sup>+</sup>)、カリウムイオン (K<sup>+</sup>) が骨材中に浸透します、その際非晶質を溶解し、このとき、カルシウムイオン (Ca<sup>++</sup>) は、シリカとの反応性から骨材中に浸透できない種の水ガラスを生成する。

生成した水ガラスは骨材表面に溶出する。ここで、カルシウムイオンとの接触によって水ガラスがゲル化する反応を起こし、骨材内部での水ガラスの生成と表面でのゲル化を繰り返されるこの現象によりゲル層が生成される。ゲル層の一部はカルシウムイオンと反応し(ポゾラン反応)カルシウムシリケートとなるが、ゲル層中にカルシウムイオンは浸透できないため消費されてしまうことはなく、コンクリート中には、アルカリ骨材反応を起こす物質が残る続けるのである、生成したゲル層が、水を吸収して膨張する、この膨張が繰り返すことによりコンクリートを押し出し剥離や剥落といったコンクリート破壊を招くこととなる。

## 7. 炭酸化 (中性化)

老朽化した橋梁によく白い氷柱状のものがみられるが、これは炭酸カルシウム (CaCO<sub>3</sub>) である。これは、セメントの水和によって生じた水酸化カルシウム (Ca(OH)<sub>2</sub>) が空気中の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) と化合し、炭酸カルシウムに変化する現象であり炭酸化 (carbonation) という。これは、セメント硬化体に二酸化炭素が作用し、これが孔隔水溶液中に溶解込み、次式に従って水酸化カルシウムと反応するものである。



孔隔水溶液は初めは強アルカリ性であるから、生成する炭酸カルシウムは固体として析出する。このためカルシウムイオン (Ca<sup>2+</sup>) の濃度が低下するので、水和により生成していた固体の水酸化カルシウムは、濃度低下分だけ、孔隔水溶液中に溶解する。

以上の過程が繰り返されて、二酸化炭素によるセメント硬化体の炭酸化が進行するこのために孔隔水のpHが低下するので中性化とも呼ばれている。コンクリートが中性化すると鉄筋が活性状態となり、腐食しやすくなる。したがって、コンクリート練りませ時におけるコンクリート中の塩化物の含

有量はRC示方書で制限されている。また中性化を防ぐ一般的な方法としてはかぶりを大きくするなどである。

## 8. 凍害

コンクリート中の自由水は凍結する際に約9%の体積膨張を起こす。体積膨張した水分は拘束され、膨張圧となって、コンクリートを破壊する、破壊によって表面のモルタルをはじきだすことがある。これらの現象を総称して凍害という。

凍害に影響を及ぼす要因としては、凍結融解作用が多く受ける、水分が供給されやすい、コンクリート自体の耐凍害性が低いなどが挙げられる。

気象条件では、最低気温、日射量、凍結融解の回数などを考慮する。また、塩害や中性化などと複合し劣化が促進されることもある。

次に凍結融解の繰り返し作用するコンクリートの耐久性（対凍害性）を向上させる方法としては、

- ①AE剤などの空気連行剤を使用してエントレインドエアを適正量（粗骨材の寸法に応じて3～6%程度）連行させる。
- ②水セメント比を小さくして緻密な組織コンクリートにする。
- ③吸水率の小さい骨材にする。

コンクリートの耐凍害性を向上させる間接的な対策としては、構造物が凍結融解作用うけないように断熱、暖房計画をする、融雪水等でコンクリートが局部的に漏れないように設計上の配慮（水切り、水勾配）する、浸透性吸水防止材を塗布しコンクリートの表面に塗布含浸させコンクリート表層部に吸水防止層を形成する、これにより外部からの水の侵入などを抑制する。

これらの対策により凍害によって起こるコンクリート破壊を防ぐ必要がある。

## 9. 塩害

塩害とは、コンクリート中の鋼材の腐食塩化物イオン存在により促進される、腐食生成の体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を起こしたり、鋼材の断面減少などを伴い、構造物の性能が低下する事である。

塩害の起こる原因としては、海水や凍結防止剤のように構造物の外部環境から供給される場合と、コンクリート製造時に材料から供給される場合がある。寒冷地環境においては塩化物イオンの侵入が早くなる傾向がある。そのためコンクリート中の鋼材の腐食に関して、コンクリートおよび鉄筋の腐食速

度は大きくなる。塩害劣化の形態は、鋼材表面が塩化物イオンに破壊されることで腐食が開始され、鋼材の腐食により、ひび割れや剥離が生じるこのような劣化現象が起きると、塩化物イオン、水、酸素の鋼材への供給が促進されるため、腐食が加速的に進行するため部分的にひどい破壊が起る。

ひび割れパターンは、

- ①鋼材からコンクリートの表面に1本のひび割れ
- ②鋼材からコンクリートの表面に向かって、2本のひび割れ（このひび割れが進行すると剥離が生じる）
- ③鉄筋と鉄筋の結ぶ方向に進展するひび割れ（このひび割れが進行すると広範囲のかぶりコンクリートの剥離を生じる）

塩害に対する補修は、段階毎に補修方法がことなり初期の補修では、外観から見ると、まだひび割れが発生してない状態。しかしコンクリート中の鉄筋近接では、塩化物イオン量が増加しているので、劣化因子の遮断を優先的に検討する。進展期（鉄筋腐食が継続的に発生し、腐食ひび割に至る段階）コンクリートのひび割れが見える状態では、劣化因子の遮断だけでは十分な補修効果期待できないため、鉄筋腐食の進行速度を抑制する工法が優先する。加速期（腐食ひび割れが発生以降、急速に腐食が進行する段階。）ひび割れによる剥離などがある状態では、浮きを生じたコンクリートの除去や、鉄筋腐食の進行を抑制する工法を優先させる。必要に応じて表面被覆を併用するなどによる補修を行う必要がある。

特にここ長野県においては、塩化物イオンを含んでいる大量の融雪剤を撒布しており、凍結・融解やアルカリ骨材反応、中性化などが相まって、これらが、複合的に橋梁の上部・下部にわたって損傷を受けている。

またそれらひび割れから浸透水となって、染み込み、損傷を拡大している事例も多く散見されている。

本稿では、千曲川流域に架橋されている補修を必要とする橋梁の中で、これら幾つかの損傷を受けている原因の明確化を目的として、その観点から実例を挙げて考察してみることにする。

千曲川下流から上流に向かって調査を実施してきた。その後半部分の考察とする。

## 10. 橋梁実例とその考察

### 10-1 境橋における現況調査

#### (1) はじめに

写真1の本橋は、県道166号線で東部町と北御代田村の間に建設された架橋である。

#### (2) 概観調査

写真2で観察されるように橋梁の取り付け部に大きなひび割れが生じている。

このひび割れの原因は、写真3の①部分は、踏み掛け石への取り付け部の支持力低下のためによりひび割れが生じたと思う。

次に②部分のひび割れは、①のひび割れから車両の荷重によりコールドジョイント部に沿って、せん断破壊が起き、さらに浸水作用によってひび割れが増大したと思う。

コールドジョイントとは、二層以上にコンクリートを打ち込む場合、何らかの理由で上層と下層が一体化しない状態となって、打ち重ねた部分に不連続な面が生じることである。

そして、③のように、垂直方向に曲げ破壊によるひび割れが生じたと考える。のひび割れから水分が浸入して、鉄筋を錆びさせたり、炭酸化によってエフロッセンスが析出したと推測できる。

以上の結果から、橋台と上部構造との隙間が不均一になり、これを放置すると伸縮継目に支障をきたす恐れがある。

応急処置としては、ひび割れ部にモルタルや樹脂を注入して修正するのが妥当だと考える。しかし長期的にみると伸縮装置に重大な損傷を与える可能性が高く、非常に危険である。補修作業としては、その損傷部をはつり修復すべきだと思う。

床版のアスファルト舗装部分に大きな亀裂が数箇所見られ、床版の裏部分(写真4)にエフロッセンスが多く発生している。

エフロッセンスとは、モルタルやコンクリートに水分が浸透し、コンクリート中の水分を溶かし、その後表面に移動し乾燥に伴い析出するものである。

舗装部分に亀裂が生じると床版のコンクリート部分に塩害や中性化などの影響が起これ、コンクリート内部の鋼材に腐食の可能性が出る。この床版の補修作業としては、これ以上床版に、水分を浸透させないためにも防水処理やアスファルト舗装をし直す必要がある

### 10-2 大杭橋における現況調査

#### (1) はじめに

写真6に示す大杭橋は、吊橋で小諸市に架橋され

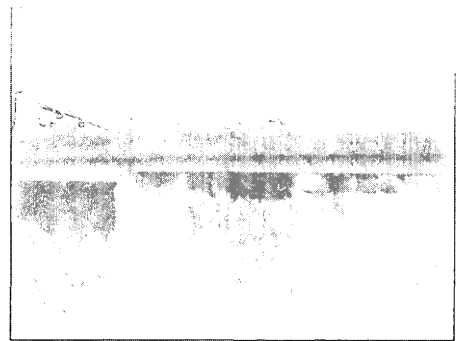


写真1

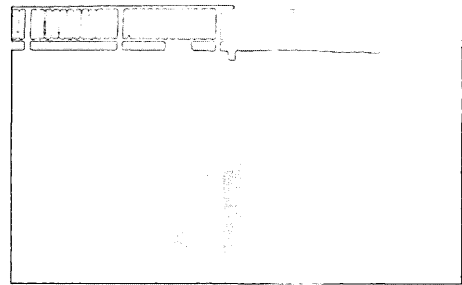


写真2

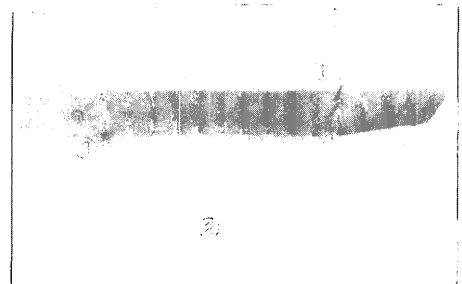


写真3

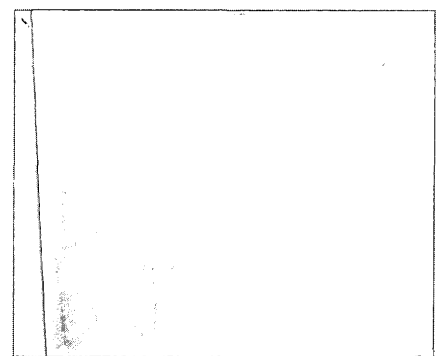


写真4

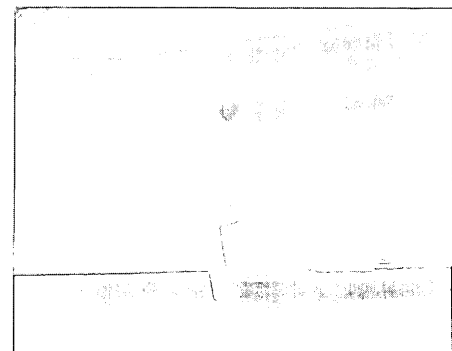


写真5

ており、破損箇所には上部構造と橋脚に見られた。

## (2) 概観調査

橋脚部の写真7や写真8の橋脚については地震などによる橋脚の不等沈下により橋脚の一部が沈み、その反対側のコンクリートが引っ張られひび割れが発生したか、もしくは洪水による岩石などの漂流物がぶつかった事によりひび割れが起きたと考えられる。このまま放置しておく、さらにひび割れが大きくなってしまふので補修が必要です。

写真9のように橋脚の柱の根元部分だけにひび割れが発生していた。この原因を考えると、洪水による水位の上昇で橋脚にかなりの水圧がかかり、それによりせん断力が生じ柱の上流側にひび割れが発生した。

ひび割れの補修工法は、防水性、耐久性を向上させることを目的として行われる工法で、ひび割れの発生原因やひび割れ幅の大小などによって表面塗布工法、注入工法、充填工法など使い分ける必要がある。

取り付け部の写真10のように取り付け部や壊れやすい隅の部分が経年劣化に加え凍結融解作用の繰り返しにより、コンクリートにひび割れが発生した。そして、このまま放置されたのが原因となり、鉄筋が錆びてしまいこのように破損してしまったと考えられる。

この破損箇所の補修については、鉄筋が腐食していると思われるので、鉄筋の錆落しを十分に行い鉄筋の防錆処理を行った後、ポリマーセメントモルタルなどで断面修復を行う必要がある。

上記のひび割れは同じ橋脚に発生していて両方とも補修が必要であるが、この橋梁は吊橋構造であり、この橋脚は補強として作られたものと思われる。よって、他に破損箇所などがあつた場合、ひび割れが発生したことについては問題ではあるが、過度の荷重がかかっていないとすると、補修をする優先順位としては高いものではないことがわかる。

舗装部分には写真11のような多数の隙間や破損箇所が見られ、歩行者や自動車に対して安全性に欠けていることがわかる。また、舗装部分がアスファルトではなく木で舗装されていたことから、構造的に自動車に対して設計されているか疑問である。よって、早急に点検し補修または、橋をかけ直すことを考えなくてはならない。

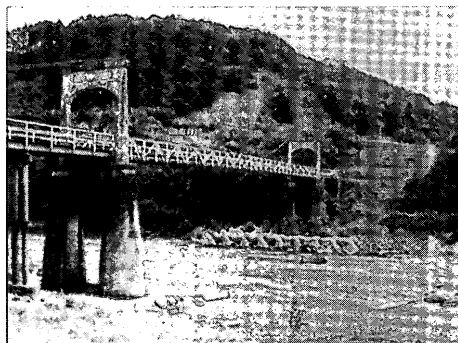


写真6

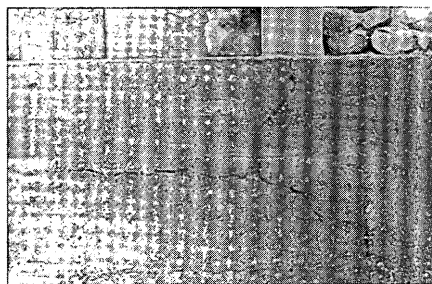


写真7

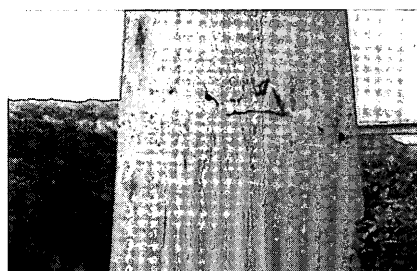


写真8

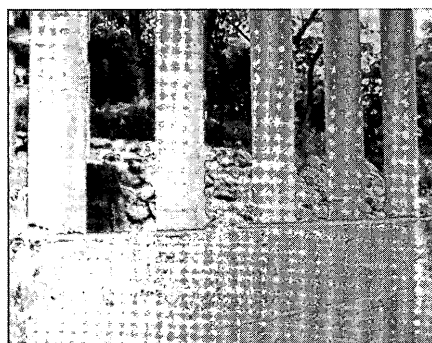


写真9



写真10



写真11

### 10-3 佐久橋における現況調査

#### (1) はじめに

写真 12 は地方道78号線に建設された佐久橋である。

#### (2) 概観調査

写真 13 は、橋脚部分の写真である。橋脚支承部の耐荷力不足による圧壊が見られる。この橋梁は3本主桁構造となっているが、どの桁の支承部にも圧壊が生じている。

写真 14 のように他の橋脚にも横方向ひび割れが現れている。このような現象は打ち継ぎの施工不良によるコールドジョイントが起こっている。またさらにその打ち継ぎ目のひび割れに、上からの浸透水により鉄筋を錆びさせ、中性化によってエフロレッセンスが析出したと考えられる。コンクリート内部では中性化が進み、膨張して表面が剥がれ落ちている。

また、この橋脚の上部は、風化作用により剥がれ落ちている部分もある。落ちがさらに続き、亀裂が増大し破壊に至る可能性がある。

対策工法については、本来なら建て直しをするべきだが、応急処置として、破損部をコンクリートではつり、また新しいコンクリートを打設し、必要に応じて、鉄板を巻きかたて補修すべきだと考えられる。

写真 15 は、桁の写真である。断面の支持力不足による、せん断ひび割れ、曲げモーメントによるひび割れが見られる。

写真 16 のようにコンクリート中に水分が浸透できる状態が続いたためにコンクリートの中性化が起こり、その浸透水がエフロレッセンスとなり白く析出し、表面に現れたと考えられる箇所もあった。

変色しているのは、浸透した水がコンクリート中の鉄筋を錆びさせたためだと推測できる。

写真 17 は桁の写真である。桁の支承端部はひび割れがひどく、剥がれ落ちている部分が多く見られる。この状態だと、せん断力に抵抗する鉄筋が腐食している可能性が高く、このままでは大変危険である。

この橋梁の桁部分は鋼で補修してあるが、巻きかたてている鉄板の腐食状況からもわかるように、老朽化は進んでいる。

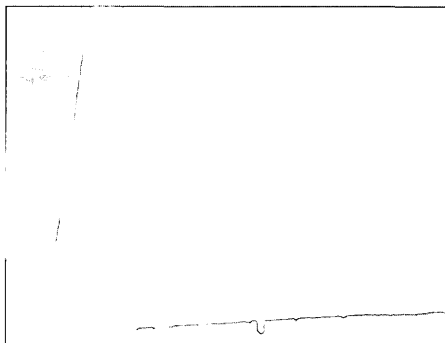


写真 16

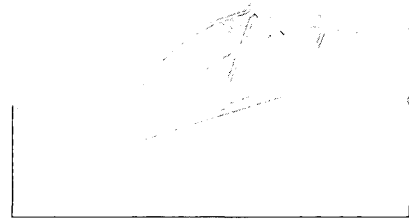


写真 12

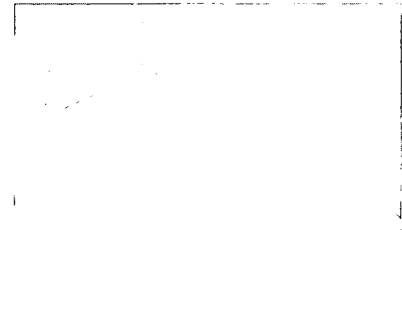


写真 13

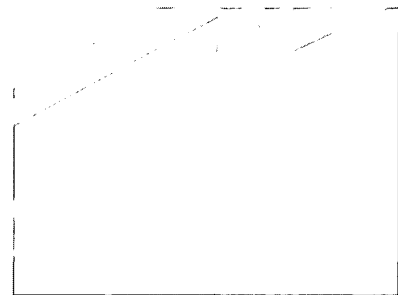


写真 14

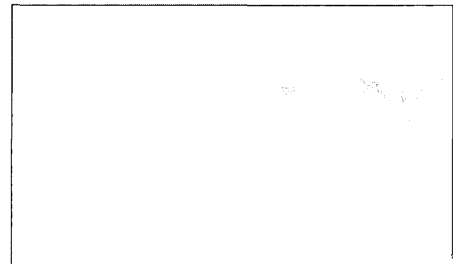


写真 15

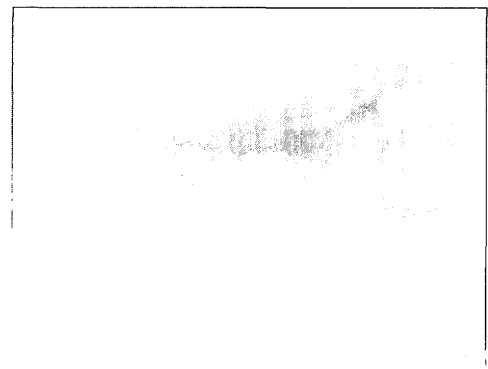


写真 17

表1 損傷度判定表

整理番号	橋梁名	路線名	判定											総合判定	
			上部			防護柵	地覆	舗装	排水装置	下部		支承	伸縮装置		落橋防止
			鋼	コンクリート	床版					鋼	コンクリート				
1	鼠橋	国道18号付近	I	—	I	○	○	○	○	—	○	○	○	×	I
2	古舟橋	地方道65号	I	—	○	○	○	○	I	—	○	I	○	×	I
3	上田橋	地方道77号	○	—	I	○	○	○	○	—	○	I	○	×	I
4	千曲川鉄橋	上田交通別所線鉄道橋	I	—	—	—	—	—	—	—	II	○	○	×	II
5	小牧橋	国道18号付近	I	—	I	○	○	○	○	—	○	I	I	×	I
6	大屋橋	国道152号	○	—	I	○	○	○	○	—	I	○	○	×	I
7	田中橋	地方道81号	○	I	I	I	○	○	I	—	○	○	○	○	I
8	羽毛山橋	県道167号	I	—	○	I	I	○	○	—	○	○	○	○	I
⑨	境橋	県道166号	○	—	I	○	II	II	I	—	I	○	○	○	II
10	大久保橋	地方道40号	○	—	○	○	○	I	○	—	I	○	○	×	I
11	茂登里橋	県道142号	未	—	未	○	○	I	○	—	○	○	○	未	I
⑫	大杭橋	県道142号付近	II	—	III	I	II	×	×	—	III	I	○	×	III
13	宮沢橋	県道142号付近	未	—	未	I	○	I	○	—	I	未	○	未	I
14	中津橋	地方道44号	I	—	○	○	○	II	○	—	II	II	○	×	II
⑮	佐久橋	地方道78号	II	III	II	○	○	○	I	—	III	I	未	×	III
16	御影橋	県道139号付近	—	○	○	○	○	○	○	—	○	I	○	×	I
17	佐久大橋	国道254号	I	—	II	○	○	I	I	—	I	II	I	×	II
18	住吉橋	地方道2号	—	○	○	○	○	I	○	—	○	○	I	×	I
19	三条大橋	国道141号付近	—	○	○	○	○	○	I	—	I	○	○	×	I
20	栄橋	県道437号	○	I	○	×	I	○	I	—	I	未	○	×	I
21	南佐久大橋	国道299号	—	I	I	○	○	I	I	—	II	未	○	×	I
22	下畑橋	国道141号	—	○	I	○	○	I	○	—	○	未	○	×	I
23	宮前橋	国道141号	○	I	I	○	○	○	○	—	I	I	○	×	I

注 図中のI～IIIは以下の通りである。

I…軽度の損傷があり、程度を記録する必要があり追跡調査を行う必要がある。

II…損傷が大きく、詳細調査を実施し補修するかどうかの検討を行う必要がある。

III…損傷が著しく交通の安全確保の支障となるおそれがある。

○…点検の結果から、損傷は認められない。

未…確認することが困難である

×…未装置であると思われる。

## 11. 結果と考察

これらの橋梁をまとめて表1に示す。表1に示すⅠ～Ⅳまでの損傷度判定標準は、道路保全技術センターによる耐荷力照査実施要項に定められているもので以下に準じている。

Ⅰ…損傷が著しく交通の安全確保の支障となるおそれがある。

Ⅱ…損傷が大きく、詳細調査を実施し補修するかどうかの検討を行う必要がある。

Ⅲ…損傷が認められ、追跡調査を行う必要がある。

Ⅳ…損傷が認められ、程度を記録する必要がある。

OK…点検の結果から、損傷は認められない。

の5項目からなる。

今回調査した地域には凍害、塩害、中性化の被害が多くみられた。

寒冷地であるこの地域は凍結融解作用を受けやすく、凍害によってコンクリートが膨張し、ひび割れが生じる。そのひび割れから、塩害・中性化を促進させるという複合作用が起こっていると考えた。

その上、冬季に散布される凍結防止剤によって塩害の被害をさらに増大させていくことになる。

また、落橋防止設備のない橋が多く見られた。落橋防止設備とは、橋桁を連結するもので、地震時に橋桁が落下するのを防止する装置である。

地震による、落橋等の重大な損傷を受けないためにも、今、設置されていない橋梁にも設けるべきだと思われる。

そして破損が多い橋梁に共通して言えたことは、ほとんどの橋梁の竣工年が古く、疲労による老化の影響が表れているのが妥当ではないかと感じた。

補修のきっかけとなる点検は目視調査で行われており、目視調査を行う人の経験などで個人差が生じ、それが調査結果として表れる可能性が大きい。

そこで現在画像処理による結果を元に補修の必要、不必要を判断する方法が新たな点検方法として使用され始めている。長野県全体の橋梁を調査した上でデータベースを作成し、経験的に行われている補修作業の一つ一つの要素を確立させ、構造物の補修というものを体系化させることを目指していきたい。

## 12. 謝辞

最後に本研究は、長野県庁土木部及び市町村の関係の皆様のご協力に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) コンクリート構造物の補修ハンドブック編集委員会：コンクリート構造物の補修ハンドブック 技報堂出版
- 2) 小林一輔, 丸 章夫, 立松英信：アルカリ材反応の診断（コンクリート構造物の耐久性シリーズ）森北出版
- 3) 喜多 達夫：中性化（コンクリート構造物の耐久性シリーズ） 技報堂出版
- 4) (財) 建築業協会：コンクリートのひびわれ防止対策 鹿島出版会
- 5) 寺田 章次, 森永 教夫, 菊川 滋：現場技術者のための道路維持管理ポケットブック 山海堂
- 6) 砂川 幸雄：鉄筋コンクリート造の亀裂防止対策 理工学社
- 7) 泉 満明, 近藤 明雅：改訂 橋梁工学（土木系大学講義シリーズ⑩） コロナ社
- 8) 三浦 尚：土木材料学（土木系大学講義シリーズ⑧） コロナ社
- 8) (株) 長野技研：県単橋梁整備工事に伴う橋梁現橋調査
- 9) 小林 一輔：最新コンクリート工学 第3版（最新土木工学シリーズ9） 森北出版