橋梁の点検，損傷度判定と補修の関連性

協和コンサルタンツ　正会員　鈴木亜沙子
茨城大学工学部　正会員　横山　功一
茨城大学工学部　正会員　原田　隆郎

１．はじめに

近年，橋梁の老朽化が進んでおり，適切かつ的確な維持管理の重要性が高まっている．建設省や日本道路公団，JR 等の各機関において，独自の方法で点検および損傷度判定と補修が行われているが，その中でも建設省の橋梁点検および損傷度判定に関しては補修･補強との結びつきが悪いなどの問題点が挙げられている [1)]．そこで本研究では，橋梁維持管理の流れの中で，点検項目及び損傷度判定についての問題点を整理し，損傷メカニズムの分類および橋梁点検データの分析を行うことにより，補修工法を考慮した損傷度判定を提案した．

２．建設省における橋梁点検の現状と問題点

現在，建設省において橋梁の点検および損傷度判定の指針となっている点検要領は，昭和 63 年に土木研究所を中心にまとめられた橋梁点検要領（案）[2)] であり，ここではこれに着目した．

（１）橋梁点検要領（案）における損傷度判定の概要

損傷度の判定は，各部材ごとに，損傷の種類や状態，部材の重要度，損傷の進行状況を総合的に判断して行うものとなっている．具体的には，損傷の位置やパターン（X），損傷の深さ（Y），損傷の拡がり（Z）の 3 つの要因に対して，それぞれ各損傷がどの程度であるかを表１に示すように大，中，小で判定すれば，あとは機械的に表 2，表 3 に示すような損傷度が決定されるようなシステムになっている．さらに，1 部材に複数の種類の損傷がある場合には，損傷種類ごとの判定結果のうち，もっとも厳しい判定結果をその部材の判定結果としている．

表１　損傷度判定基準（床版ひびわれの場合）

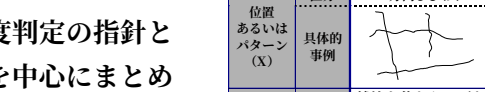
		損傷が耐荷力，耐久性に与える影響		
		大	中	小
位置あるいはパターン（X）	区分	二方向ひびわれ	―	一方向ひびわれ
	具体的事例		―	
深さ（Y）	区分	錆汁を伴なうひびわれ，またはひびわれ幅大．	漏水を伴なうひびわれ，またはひびわれ幅中．	ひびわれのみで，ひびわれ幅小．
	具体的事例	ひびわれに沿って鉄筋の錆汁が認められる．	ひびわれに沿って漏水や遊離石灰が発生．または幅 0.3 ㎜未満，0.2 ㎜以上である．	ひびわれのみ．または幅 0.2 ㎜未満である．
拡がり（Z）	区分	ひびわれ最小間隔：小	―	ひびわれ最小間隔：大
	具体的事例	最小間隔 50 ㎝未満である．	―	最小間隔 50 ㎝以上である．

表２　損傷度判定区分（床版ひびわれの場合）

X	Y	Z	全部材	X	Y	Z	全部材
大	大	大	II	小	大	大	III
		小	II			小	III
	中	大	II		中	大	III
		小	III			小	IV
	小	大	III		小	大	IV
		小	IV			小	IV

表３　損傷度判定標準

判定区分	一般的状況
I	損傷が著しく，交通の安全確保の支障となる恐れがある．
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，その程度を記録する必要がある．
O.K	点検の結果から，損傷は認められない．

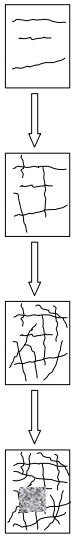
（２）損傷度判定の問題点の整理

この橋梁点検と損傷度判定は，各損傷に対する今後の対策が具体的に提示されていない．そのため，点検と損傷度判定が保全を行っていくためのものではなく，危険度を判断するためだけのものとなってしまっており，維持管理という観点から考えてふさわしくないと考えられる．また，1 部材に複数の損傷があった場合，損傷ごとに判定を下し，部材の中でもっとも厳しい判定をその部材の損傷度としているため，実際の損傷の程度と損傷度判定の結果に矛盾が生じる場合がある．これらの問題点から，表面的に現れる損傷だけをみて損傷の種類を選定するのではなく，その損傷が生じたメカニズムを考えなければならない．そして，点検結果から，より具体的な維持管理作業を提示することができるような損傷度判定が必要である．

３．損傷の進展過程を考慮した損傷度判定および補修対策の提案（ＲＣ床版を例として）

前述の問題点を踏まえた損傷度判定および補修対策の提案を行うが，本研究では橋梁の各構成部材のうち、検証データの関

表４　RC 床版における損傷度判定の提案

損傷の進展過程	小 ← → 大		
 ①一方向ひびわれの発生	床版ひびわれ 位置:小 深さ:小 拡がり:小 【I】	床版ひびわれ 位置:小 深さ:中 拡がり:小 【III】	床版ひびわれ 位置:小 深さ:大 拡がり:小 【V】
②ひびわれの二方向化	床版ひびわれ 位置:小 深さ:小 拡がり:大 【II】	床版ひびわれ 位置:小 深さ:中 拡がり:大 【III】	床版ひびわれ 位置:小 深さ:大 拡がり:大 【V】
	床版ひびわれ 位置:大 深さ:小 拡がり:小 【II】	床版ひびわれ 位置:大 深さ:中 拡がり:小 【III】	床版ひびわれ 位置:大 深さ:大 拡がり:小 【V】
③二方向ひびわれの発達と亀甲状化	床版ひびわれ 位置:大 深さ:大 拡がり:小 【IV】	床版ひびわれ 位置:大 深さ:中 拡がり:大 【IV】	床版ひびわれ 位置:大 深さ:大 拡がり:大 【VI】
④ひびわれの貫通･遊離石灰の発生	遊離石灰 拡がり:小 【III】		遊離石灰 拡がり:大 【IV】
⑤角落ち･ひびわれのスリット化	剥離･鉄筋露出 深さ:小 拡がり:小 【IV】		剥離･鉄筋露出 深さ:小 拡がり:大 【IV】
⑥剥離･鉄筋露出	剥離･鉄筋露出 深さ:大 拡がり:小 【VI】		剥離･鉄筋露出 深さ:大 拡がり:大 【VI】
⑦コンクリートの抜け落ち			抜け落ち 深さ:大 【VII】

キーワード：橋梁，維持管理，点検，損傷度判定，補修工法
連絡先：〒316-8511　日立市中成沢町 4-12-1　TEL：0294-38-5172　FAX：0294-38-5268

係からRC床版をモデル部材として取り上げることとした．なお，RC床版に関する点検および損傷度判定は，各機関において実用的なレベルのマニュアルが取りまとめられている．

（１）損傷の進展過程を考慮した損傷度判定の提案

RC床版に発生する損傷は，床版ひびわれ，遊離石灰，剥離･鉄筋露出，抜け落ちの4種類がある．本研究ではこれらの損傷の進展過程を各種文献[3]から設定し，橋梁点検で得られる点検データを，縦軸が損傷の進展過程（時間的な流れ），横軸が各損傷段階の程度（点検データの大，中，小）で表されるマトリックスで整理した（表4）．つまり，個々の損傷を別々に判定するのではなく，損傷メカニズム（損傷過程および原因）を考慮し，RC 床版に発生する各損傷の相互関係を踏まえた判定マトリックスを提案した．

（２）補修対策の提案

表4で提案した損傷度判定にもとづき，損傷状況による補修対策を設定した．それぞれの損傷の状態からその原因を考慮し，7段階の損傷度判定に対応する補修方法を表5に示すように具体的に提示した．

表５　補修方法の分類

判定区分	対　　策
Ⅰ	軽微な損傷段階であるので，追跡調査を行う．
Ⅱ	ひびわれが内部まで進行していないことから，樹脂注入あるいはシーリングを行う．
Ⅲ	鉄筋の錆は生じていないものの，内部の損傷があると考えられるので，損傷部分をはつり，新しいコンクリートを打設する．
Ⅳ	耐荷力不足の可能性も考えられるので，Ⅲの対策を行った上で，さらに耐荷力の詳細調査をし，必要に応じて補強工法を行う．
Ⅴ	鉄筋に錆が生じているので，損傷部分をはつり，洗浄および防錆処理をしてから新しいコンクリートを打設する．
Ⅵ	耐荷力不足の可能性も考えられるので，Ⅴの対策を行った上で，さらに耐荷力の詳細調査をし，必要に応じて補強工法を行う．
Ⅶ	損傷が進展しているので，部分打換えを行う．

４．数量化Ⅱ類による損傷度判定マトリックスの妥当性の検証

ここでは，既存橋梁35橋（RC床版パネル数164）の点検データを用いて，点検データ（損傷状況）と損傷度判定の関係を分析した．

数量化Ⅱ類においては，データとして存在する両極の損傷度判定（ⅡとⅣ）を目的変数とし，損傷度判定区分（位置，深さ，拡がり）を説明変数として分析を行った．結果として導出された各損傷の損傷度判定区分の組合せに対するカテゴリスコアを表6に示す．これを用いて，表4で提案した損傷度判定マトリックスの妥当性を検討するため，各損傷度判定Ⅱ～Ⅵに対応する損傷度判定区分の組合せごとにカテゴリスコアを計算した（図1）．結果より，遊離石灰のスコアが突出しているものの，損傷度判定が厳しくなるにしたがって値が右上がりに伸びており，先に提案した損傷度判定マトリックスの判定段階とほぼ同様な傾向にあることが確認できた．

表６　カテゴリスコア結果

項目名	ｶﾃｺﾞﾘｰ名	度数	ｶﾃｺﾞﾘｰｽｺｱ
床版ひびわれ	大大大	2	0.0084
	大大小	1	0.2244
	大中大	4	0.1099
	大中小	1	-0.0564
	大小大	1	-0.0580
	小大小	3	0.0361
	小中小	16	-0.1572
	小小大	5	-0.3860
	なし	15	0.2514
遊離石灰	なし	22	-0.2215
	大	15	0.1881
	小	11	0.1864
剥離･鉄筋露出	大大	10	0.1621
	大小	10	0.3150
	小小	3	-0.5880
	なし	25	-0.1203

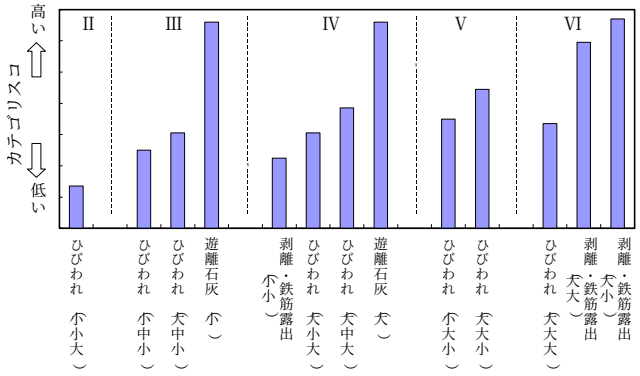


図１　各損傷度判定のカテゴリー数量

５．おわりに

本研究では，橋梁の損傷進展過程および原因の分類と補修･補強工法の整理を行うことによって，損傷のメカニズムを考慮し，補修工法に結びついた損傷度判定を提案した．さらに，実際の橋梁点検データを用いて数量化Ⅱ類分析を行うことで，本研究で提案したRC床版に対する損傷度判定マトリックスの妥当性を確認した．今後は，このような損傷度判定をRC床版以外の橋梁部材にも適用していく他に，損傷のメカニズムを考慮するだけでなく，補修を行うことによる効果を定量化し，現時点で施す対策が橋梁のライフサイクルコストにどのような影響を与えるかを考え，この検討結果も踏まえた補修工法の選定を支援できる損傷度判定にする必要がある．さらに，本研究では収集できなかった補修や点検の履歴データ，および全国各地の橋梁点検データを直接分析することにより，補修方法と結びついた，さらに地方ごとの特色のある損傷度判定手法が提案できると思われる．

【参考文献】

1)　高田秀司：道路橋の損傷に関する実態の把握とその考察，東北大学修士論文，1995.2.
2)　建設省土木研究所：橋梁点検要領（案），土木研究所資料　第2651号，1988.7.
3)　例えば，岡田・今井監修：損傷と補修事例に見る道路橋のメンテナンス，（財）阪神高速道路管理技術センター，1993.3.