

関西大学工学部 正会員 ○三上市藏
東京工業大学工学部 正会員 三木千壽
憐東洋情報システム 正会員 田中成典

1. まえがき 近年、鋼道路橋において、疲労が原因であると考えられる亀裂の発生が見受けられるようになった。疲労に対する安全対策は適切な疲労設計指針を確立することが先決であるが、荷重条件や製作方法のばらつきに加え、設計方法や細部構造がまだ完全であるとはいえないのが現状であるため、ある程度の検査体制の確保は必要である。^{1) 2)} 本研究では、過去の損傷事例^{1) - 8)} を参考にして、疲労亀裂の点検から補修方法選定に至るエキスパート・システム（以下、ES）を構築することを試みる。

2. 疲労損傷事例の収集と知識の整理 ESの対象として、鋼道路橋（桁橋、トラス橋、アーチ橋およびラーメン橋）上部構造の溶接構造に発生する疲労亀裂を選んだ。過去の損傷事例を文献^{7) 8)} に基づき、他の文献^{1) - 6)} も参照しながら、90ケース収集した。結果は表-1のように整理した。

橋梁の基本項目として、「構造形式」、「桁形式」、「平面形」を考え、それぞれ定められた項目に沿って記述されてある。疲労損傷の場所に関する情報は、「損傷構造」、「損傷部分」、「溶接種類」、「継手種類」、「損傷要素」に分けて整理した。まず、スケルトンとして疲労亀裂の発生場所を「損傷構造」に記述し、そこで接合されている2つの要素を「損傷部分」で、接合に採用されている溶接の種類を「溶接種類」で、損傷部分の継手構造を「継手種類」で明示し、損傷部分の要素のうち疲労亀裂が発生している当該要素を「損傷要素」で特定する。

次に、損傷要因を作用力など外的要因から分類して、これを「損傷要因レベル1」欄に記述した。さらに、応力のレベルからみた損傷要因を分類して、「損傷要因レベル2」欄に示した。疲労亀裂の原因となる損傷部分に作用する力⁸⁾ を考え、項目を「作用力」欄に記述した。この作用力によって発生する亀裂の様式が考えられ、これを「亀裂様式」欄に書いた。そして、亀裂の方向を「亀裂方向」欄に、実施された補修の方法を「補修方法」欄に、それぞれ記入し、損傷の詳細な状況を補足的に「損傷状況」欄に記入した。その他、当該橋梁の架設時期と、架設から疲労亀裂発見までの年数をそれぞれ「架設年度」欄と「発見年数」欄に記入した。「備考」にはその他のメモを書き、参考文献番号と参照ページまたは参照番号を示した。

3. 点検から補修に至る流れ 鋼道路橋の疲労損傷に関する点検から補修に至る維持管理業務の流れは図-1のように考えることができる。このうち、網掛け部分を3つのESとして構築する。第1のESでは、構

表-1 鋼道路橋の疲労損傷事例

番号	橋梁名 (国名)	構造形式	桁形式	平面形	損傷構造	損傷部分	溶接種類	継手種類	損傷要素	損傷要因	
										レベル1	レベル2
1)	橋梁名不明 (日本)	単純橋	ランガー	直橋	吊材と補脚桁の連結部	ガセットプレート補脚桁下フランジ	隅肉溶接	T継手	補脚桁上フランジ	風による振動	応力集中
2)	橋梁名不明 (日本)	単純橋	ランガー	直橋	吊材端部	吊材腹板吊材フランジ	隅肉溶接	T継手	吊材腹板	風による振動	応力集中
3)	橋梁名不明 (日本)	連続橋	上路アーチ	直橋	支材と補脚桁の連結部	補脚桁腹板補脚桁下フランジ	隅肉溶接	T継手	補脚桁腹板	活荷重の作用 ディテールの不適性	2次応力
4)	橋梁名不明 (日本)	単純橋	上路アーチ	直橋	支材と補脚桁の連結部	ガセットプレート補脚桁下フランジ	隅肉溶接	T継手	ガセットプレート	ディテールの不適性	2次応力
87)	BELLE FOURCHE RIVER BRIDGE (米国)	連続橋	合成箱桁	直橋	ダイヤフラムと主桁の連結部	主桁腹板垂直補脚材	隅肉溶接	T継手	隅肉溶接	ディテールの不適性	2次応力の応力集中
88)	BELLE FOURCHE RIVER BRIDGE (米国)	連続橋	合成箱桁	直橋	ダイヤフラムと主桁の連結部	主桁上フランジ垂直補脚材	隅肉溶接	T継手	隅肉溶接	ディテールの不適性	2次応力の応力集中
89)	国道29号鎌馬下橋 (日本)	単純橋	ランガー	直橋	吊材と補脚桁の連結部	ガセットプレート補脚桁上フランジ	隅肉溶接	T継手	補脚桁上フランジ	風による振動	応力集中
90)	BRIDGE 51.5 WINDERMERE DIVISION (米国)	単純橋	プレートガーダー	直橋	縦桁と横桁の交差部	縦桁下フランジ横桁腹板	隅肉溶接	T継手	縦桁下フランジ	2次の変形	2次応力の応力集中

造形式、桁形式、平面形から、該当する損傷事例にみられる損傷構造を捜し出し、これを点検すべき構造部分としてリストアップする。第2のESでは、このリストに基づいて点検・調査を行い、損傷が発見された場合、損傷構造、損傷部分、溶接種類、継手種類、損傷要素を入力して、損傷要因と作用力を推定する。第3のESでは、補修が必要性的な場合、推定結果の損傷要因と作用力と、別の情報（亀裂様式、亀裂方向）から、補修方法を選定する。補修の必要性を判定するには損傷程度が重要な因子となるが、損傷程度の判定に関して広く認められている知識がないため、今回は省略した。経年も、損傷程度と密接な関係があるが、的確な知識が得られないので取り入れなかった。

4. あとがき 本研究では、過去の90の損傷事例を収集し、点検リストの提示、損傷要因と作用力の推定、補修方法の選定に至るESを構築するために知識ベースとして整理した。この事例の中には、詳細に検討すれば必ずしも適切でない事例が見つかるかもしれないが、それらは除かれるべきである。また、最近の疲労損傷と補修の事例を追加するとともに、事例にみられないが知識として持つべきケースを仮想の事例として知識ベースに記述することも必要であろう。本研究は昭和62年度文部省科学研究費（課題番号62850083、研究代表者 三木千壽）の補助を受けた。足立誠君（現在、日匠設計）と山本信彦君（現在、大日本コンサルtant ㈱）には、関西大学工学部土木工学科の卒業研究として協力して頂いた。ここに記して深謝するものである。

参考文献 1) 三木・Fisher: 橋梁と基礎, Vol.17, No.8, 1983.8. 2) 西川: 道路, 1985.7. 3) 西川: 橋梁と基礎, Vol.17, No.8, 1983.8. 4) 鋼構造委員会疲労変状調査小委員会: 土木学会論文集, No.368, 1986.4. 5) Fisher・阿部・三木: 鋼橋の疲労と破壊—ケーススタディー, 建設図書, 1987. 6) 阪神高速道路における土木構造物補修事例集, 阪神高速道路公団保全施設部, (財)阪神高速道路管理技術センター, 1982.7. 7) 福岡: 東京工業大学卒業論文, 1987.3. 8) 三木・坂野・館石・福岡: 土木学会論文集, 1988.

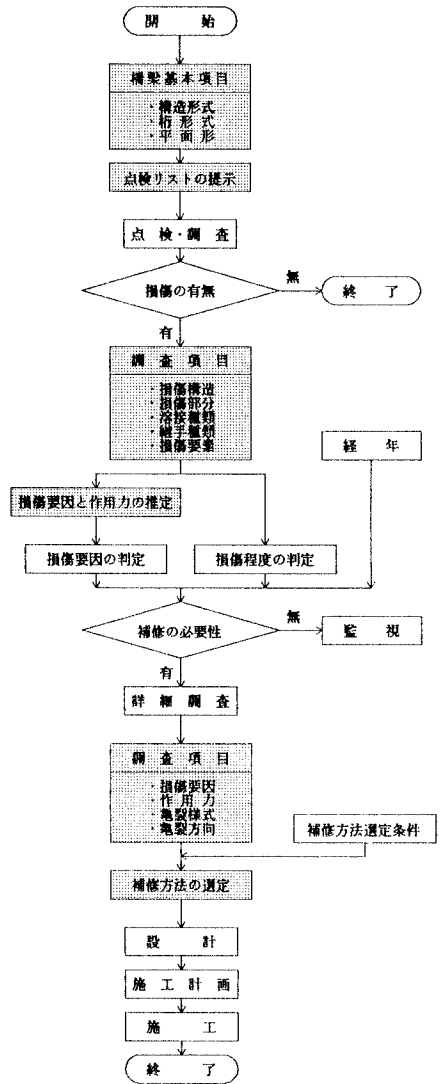


図-1 鋼道路橋の疲労損傷に関する点検から補修までの流れ

作用力	亀裂様式	亀裂方向	補修方法	損傷状況	架設年度	発見年数	備考	参考文献
T継手の作用力②	d	溶接に垂直な亀裂	補修方法不明	隅内溶接端部近傍から発生	1965年	18年以内		3) p.21
T継手の作用力②	c	溶接に平行な亀裂	ケーブルによる吊材相互の緊結再溶接	隅内溶接ビード近傍に発生 吊材腹板貫通	1980年	3年以内		3) p.21
T継手の作用力③	f	溶接に垂直な亀裂	ストップホール 添接板	補脚桁下フランジ切欠き部の補脚桁腹板 下フランジ隅内溶接端部から発生	1963年	20年以内	補脚桁下フランジ切欠き構造 支点付近	3) p.21
T継手の作用力④	f	垂直な亀裂	補修方法不明	ガセットプレート端部から発生 補脚桁下フランジに進展	1963年	18年以内	接触方向水平力が伝達不適当 横中央部	3) p.21
T継手の作用力③	b	溶接に平行な亀裂	ストップホール フランジと補脚材を溶接	溶接ビードに発生	1968年	18年		5) p.278 7) #74
T継手の作用力③	b	溶接に平行な亀裂	ストップホール フランジと補脚材を溶接	溶接ビードに発生	1968年	18年		5) p.278 7) #74
T継手の作用力②	d	溶接に平行な亀裂	補修方法不明	隅内溶接端部近傍に発生	架設年度 不明	発見年数 不明		7) #75
T継手の作用力②	f	斜め下方に亀裂	ストップホール	スカーラップから発生 縦桁腹板に進展	1970年	5年	縦桁下フランジが不連続	7) #32