

鋼道路橋のトラフリブを有する鋼床版を対象とした
デッキプレート貫通型き裂の検出のための調査要領（案）

目次

1 章	総則	
1.1	適用の範囲	1
1.2	引用規格	1
1.3	調査手順	2
1.4	調査の体制	3
2 章	机上調査(STEP-1)	
2.1	机上調査の目的	4
2.2	机上調査の方法と項目	4
2.3	机上調査の結果の評価	4
3 章	概略調査(STEP-2)	
3.1	概略調査の目的	6
3.2	概略調査の方法	6
3.3	概略調査の項目	7
3.4	概略調査結果の評価	12
4 章	簡易調査(STEP-3)	
4.1	簡易調査の目的	13
4.2	簡易調査の方法	13
4.3	簡易調査の項目	14
5 章	詳細調査(STEP-4)	
5.1	詳細調査の目的	19
5.2	詳細調査の対象	19
5.3	詳細調査の方法	20

5.4	目視調査	-----	22
5.4.1	目視調査の手順	-----	22
5.4.2	目視調査の方法	-----	22
5.5	溶接形状の確認	-----	25
5.6	トラフリップ内部の堆積物等の確認	-----	25
5.7	板厚の調査	-----	26
5.8	非破壊検査手法による調査	-----	27
5.8.1	磁粉探傷法による調査	-----	27
5.8.2	超音波探傷法による調査	-----	27
6 章	非破壊検査の実施方法		
6.1	非破壊検査の対象き裂と適用条件	-----	28
6.2	磁粉探傷試験	-----	29
6.2.1	一般	-----	29
6.2.2	磁粉探傷試験の手順	-----	30
6.2.3	磁粉探傷試験の結果の記録	-----	31
6.3	超音波探傷試験	-----	32
6.3.1	一般	-----	32
6.3.2	超音波探傷試験の手順と方法	-----	35
6.3.3	超音波探傷試験の結果の評価	-----	36
6.3.4	超音波探傷試験の結果の記録	-----	38
6.4	調査箇所の養生	-----	39
6.5	その他の調査	-----	40

参考文献

参考：調査結果等の報告様式の例

1 章. 総則

1.1 適用の範囲

- (1) 本要領は、鋼道路橋の鋼床版の疲労き裂に着目した損傷調査に適用する。
- (2) 本要領の対象とする鋼床版は、以下を基本とする。
- 1) 「道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 平成14年3月 (社)日本道路協会」の「8.4 鋼床版」の規定に従う鋼床版のうち、閉断面リブを有するもの。
 - 2) 1)と類似の構造形式の鋼床版のうち閉断面リブを有するもの

本要領に基づく鋼床版調査は、近年、重交通路線にある道路橋のうち閉断面リブで補剛された鋼床版で報告されている疲労によるき裂損傷の発見を主たる目的として行うものであり、これまでの実橋における様々な調査で得られた知見をもとに定めている。

このため、特殊な形式の床版やこれまで同種のき裂が発見されていない鋼床版に対する適用性については明確でなく適用可能な範囲を限定したものである。

また、本要領による調査は、自動車荷重の繰り返し载荷の影響による疲労き裂の効率的な発見を目的に限定したものであり、道路管理者によって形式等にかかわらず一律に実施される、日常点検や定期点検、臨時点検などの基本的な点検体系とは別のものであり、本調査によってそれらの機能を代替えるものではない。

したがって、本要領による調査の実施有無にかかわらず、各道路管理者が定める通常の点検・調査は確実に行われることが前提である。

1.2 引用規格

本要領では、必要に応じて次に掲げる規格を引用する。これらの引用規格のうちで発行年を付記してあるものは、記載の年の版だけが本要領の引用規格であり、その後の改正版・追記は適用しない。

道路橋示方書・同解説 平成14年3月 (社)日本道路協会

鋼道路橋の疲労設計指針 平成14年3月 (社)日本道路協会

鋼道路橋溶接部の超音波自動探傷検査要領・同解説

平成14年3月 国土交通省 国総研資料第30号

1.3 調査手順

調査は、次の4段階に分けて実施することを基本とする。

- 1) 机上調査 (Step-1)
- 2) 概略調査 (Step-2)
- 3) 簡易調査 (Step-3)
- 4) 詳細調査 (Step-4)

本要領では、効率的にき裂発生危険性の高い鋼床版および部位の抽出を行うために、4つの段階に分けて調査することを基本とした。(図-解 1.1 参照)。

なお、実際の調査では現地の状況や収集可能な資料によっては、ここに示す4段階で行わずいくつかの調査を並行して行う方が効率的な場合もあると考えられる。そのためここに示す各段階の構成や内容はあくまで目安であり、調査対象や現地状況に応じて適切なものとなるよう計画することのがよい。

なお、本要領では、調査報告の後に実施される、不具合箇所に対する補修・補強については範囲外とした。

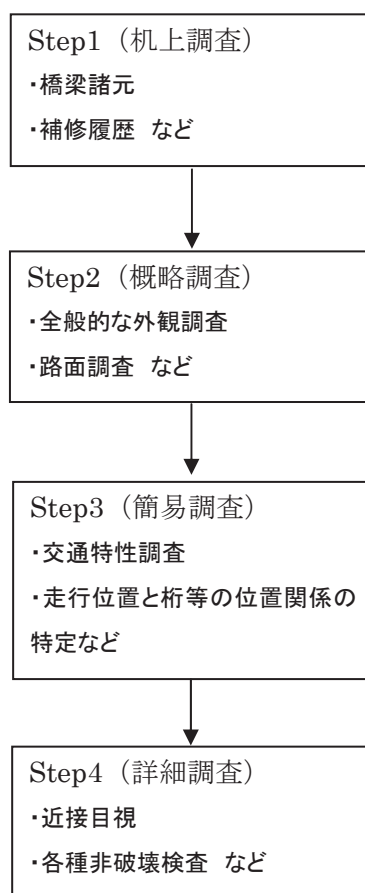


図-解 1.1 段階調査の手順

1.4 調査の体制

本要領による調査の実施にあたっては、適切な技術力を有するものによる。

道路橋の鋼床版の疲労き裂を検出するためには、各段階の調査にあたって、道路橋の構造や設計、鋼部材の疲労、各段階で用いる検査手法や機器等に関して十分な知識や経験を有するものが従事することが確実性の面で有効である。

ただし、これらの資質や実施体制を一概に示すことは現段階では困難であることから、ここでは単に「適切な技術力」とした。

なお、調査の中で非破壊検査を実施する場合において、当該検査手法に関して公的資格や業界団体の資格制度がある場合には、それらを保有する者によることを原則とする。また有資格の検査技術者による場合でも単に資格を保有しているだけでなく、鋼構造の設計製作に関する知識や道路橋の溶接継手部に対する検査の経験を有するものが従事することでより確実な調査が行える。

2 章 机上調査(Step1)

2.1 机上調査の目的

机上調査は、鋼床版橋梁の中からデッキ貫通き裂を生じる可能性の高い橋梁を抽出する目的で行う。

道路橋では、地盤が軟弱な臨海部や橋梁の平面線形や橋脚位置が制約を受ける都市内など条件によっては膨大な数の鋼床版が建設されていることがある。これらの全てに対して溶接部のき裂調査を一律に行うことは効率的でなく調査の優先順位付けの観点からも望ましくない。このため本要領では、現地調査に先立ってよりき裂発生危険性の高いものを主として図面等の文書類から事前にできるだけ抽出することとした。

2.2 机上調査の方法と項目

机上調査では、次の文書等について調査を行うものとする。

- 1) 橋梁台帳などによる基本情報の調査（諸元や建設時期、適用基準など）
- 2) 設計図書等（設計計算書、設計図面、製作図（溶接条件や形式、構造詳細）など）
- 3) 製作・施工記録（架設方法、仮設・架設部材や資機材の情報）
- 4) 点検・補修補強に関する資料（点検調書、補修補強工事（舗装含む）の記録など）
- 5) 架橋環境条件に関する資料（センサ等交通量、載荷試験や応力測定等の実績）

2.3 机上調査の結果の評価

机上調査では、収集された資料から総合的に判断して、疲労き裂発生可能性の高い橋梁の抽出を行う。このとき特に次の項目について着目する。

- 1) 鋼床版の構造諸元
- 2) 大型車の通行台数（供用開始以来の累積）
- 3) 舗装の更新や補修履歴（回数・位置・内容）
- 4) 過去のき裂損傷の有無とその内容

現在のところ、自動車荷重の繰返しに対する鋼床版の疲労耐久性上の優劣については明確な基準がなく、道路橋に対して疲労設計が一律導入されたのに合わせて示された技術基準類や指針（「道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 平成14年3月（社）日本道路協会」「鋼道路橋の疲労設計指針 平成14年3月（社）日本道路協会」）においても過去の損傷実績と最新の研究成果からより疲労耐久性に優れると考えられる構造詳細などの条件を抽出したものとなっている。

そのため、疲労き裂発生危険性の大小を明確に差別化して抽出することは現時点では困難であり、鋼床版の構造や大型車交通や舗装の劣化の状況などからより危険性が高いと考えられるものを抽出し、優先的に次段階の調査を行うことが合理的である。

なお、これまでの研究によって次の条件に合致する鋼床版において、デッキプレート貫

通型のき裂をはじめとする閉断面リブの溶接部に関係のあるき裂損傷が多く発見されている。

したがって、これらの条件に合致、あるいは類似の鋼床版を有する橋梁、および過去に鋼床版に限らず自動車荷重の繰り返しに起因する疑いのある疲労損傷の発見された橋梁については相対的に優先度が高いと考えられる。

①鋼床版の構造諸元に次の条件に合致するものが用いられている。

- ・デッキプレート厚 12mm
- ・トラフリブの厚さ 6mm または 8mm

②供用開始以来の 1 車線あたりの累積大型車交通量が 2000 万台以上であること。

③舗装の更新履歴があるか、または舗装の補修履歴が多いこと。

（特に特定の位置の車線方向にポットホールの発生や連続的なひびわれが報告されている場合は優先度が高い）

なお、この段階では個別の径間までの特定は行わず、上記条件により多く合致する橋梁を絞り込むにとどめる。これは、デッキプレート厚が 12mm を超えるものについても非破壊検査（超音波探傷試験）によってデッキプレート方向へのき裂が検出された事例があることと、多径間連続の橋梁においてデッキプレート貫通き裂の発生位置について橋軸方向に特段の傾向が見出せていないことによる。

3 章 概略調査(Step2)

3.1 概略調査の目的

概略調査は、机上調査（Step1）で抽出された橋梁に対して、デッキプレート貫通き裂の発生の可能性のより高い橋梁および径間の抽出を行うことを目的とする。

デッキプレート貫通き裂の発生の有無を確認するためには、最終的にはデッキプレートとトラフリブの溶接部に近接しての超音波探傷試験などの非破壊検査，あるいは舗装の部分撤去など，いずれも足場や電源等の資機材の準備や交通規制などが必要となる。そのため比較的大規模な橋梁が多い供用中の鋼床版橋梁に対して，これらの調査を行うためにはあらかじめ調査対象径間などをより限定した領域に対象部位を絞り込むことが効率的，経済的に調査を行うためには不可欠である。

3.2 概略調査の方法

概略調査は，路上からの外観目視によることを基本とする。

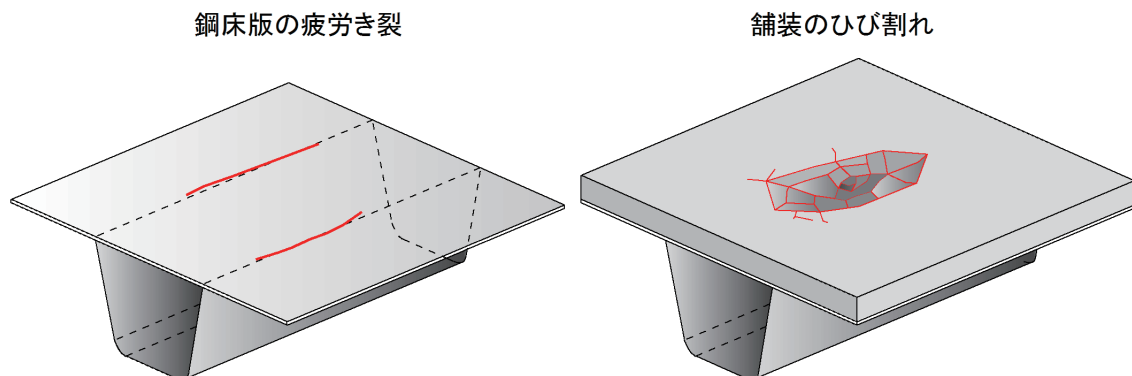
概略調査は，実際の交通実態や舗装の損傷等の外観状況からデッキプレート貫通き裂発生の可能性の高い径間を絞り込むものであり、路上からの外観目視調査によることを基本とする。なお、桁下からの鋼床版裏面を容易に視認することができる架橋条件の場合には裏面からの目視調査もあわせて行うのがよい。

3.3 概略調査の項目

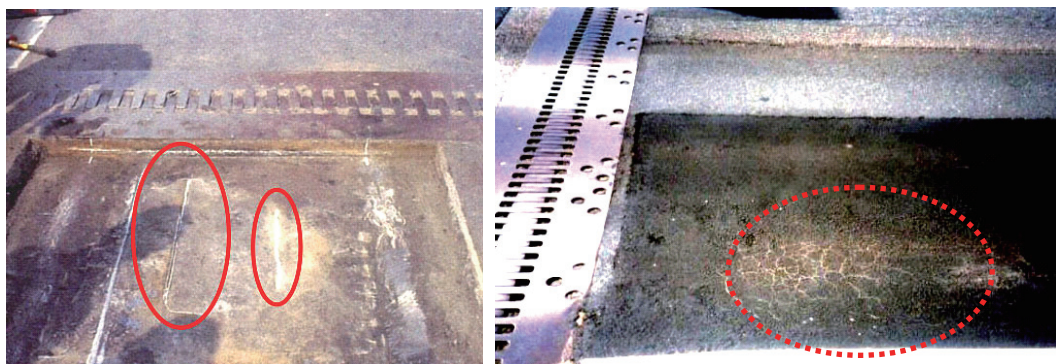
- (1) 概略調査では、主として舗装の変状に着目し、それぞれの特徴を把握する。
- (2) 概略調査で把握された舗装の変状毎に、その位置や状況を記録する。
 - 1) 蜘蛛の巣状（または細かい格子状）のひびわれ
 - 2) 舗装の局所的な陥没
 - 3) 車線方向に一致する縦に連続的にのびるひびわれ
 - 4) 車線方向に規則的に現れる局所的なひびわれ
 - 5) 著しい轍ばれおよびポットホールが発生状況（補修痕含む）

これまでにデッキプレート貫通き裂が報告されている橋梁では、いずれも舗装劣化が著しい傾向がみられており、舗装の劣化が著しい径間ではデッキプレート貫通き裂やその他の鋼床版のデッキプレートとの溶接線に関わるき裂損傷が生じる可能性が高いものと考えられる。

- 1) 2) 蜘蛛の巣状（または細かい格子状）に舗装のひびわれ、舗装面の局所的な陥没
デッキプレートに貫通き裂が生じるとその位置の直上を車輪が通過するとデッキプレートが局所的に変形することから路面が陥没したり、舗装面には蜘蛛の巣状（または細かい格子状）のひびわれが形成されることがある。



図解 3.3-1 デッキプレート貫通き裂と舗装のひび割れ



a) 鋼床版の疲労き裂

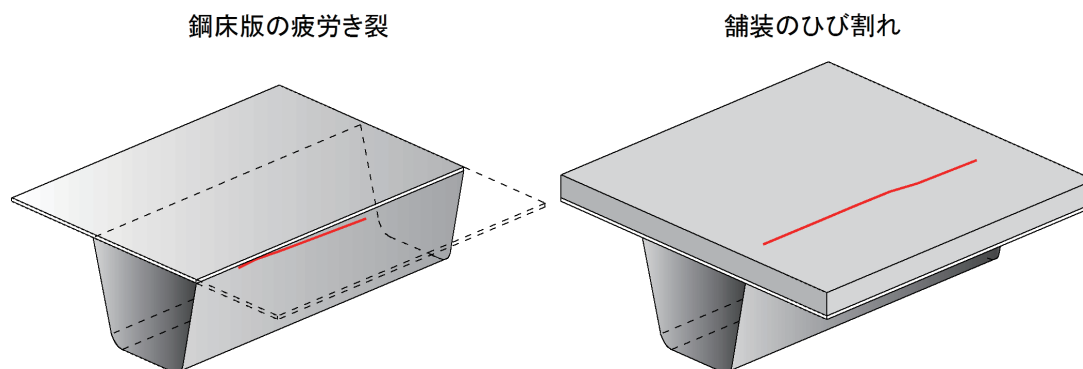
b) 蜘蛛の巣状のひび割れの例

写真解 3.3-1 デッキプレート貫通き裂と舗装のひび割れ

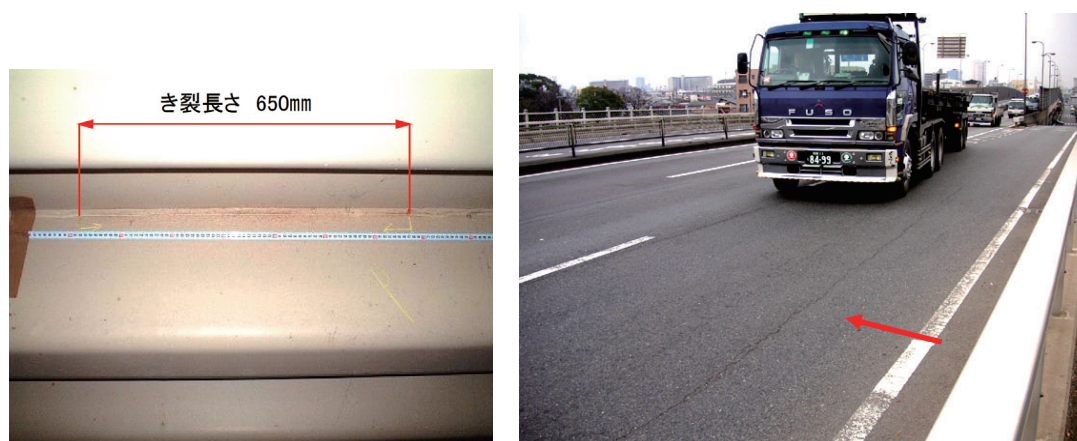
- 3) 車線方向に一致する縦に連続的にのびるひびわれ

トラフリブとデッキプレートの縦方向溶接継手でビード貫通型のき裂がのびると、トラフリブのウェブ位置におけるデッキプレートの変形が大きくなるため、き裂位置に近い舗装面にウェブ位置近傍で長く車線方向に伸びるひびわれが現れることがある。

なお、この段階の調査では、鋼床版の構造やリブの正確な位置が分かっていないことがある。その場合には単なる舗装割れか鋼床版のきれつを生じているのかは断定できない。ここではき裂の位置（車線との関係、車輪通過位置との関係、橋軸方向の発生位置など）を把握して記録する。



図解 3.3-2 ビード貫通き裂と舗装のひび割れ



a) 鋼床版のビード貫通き裂

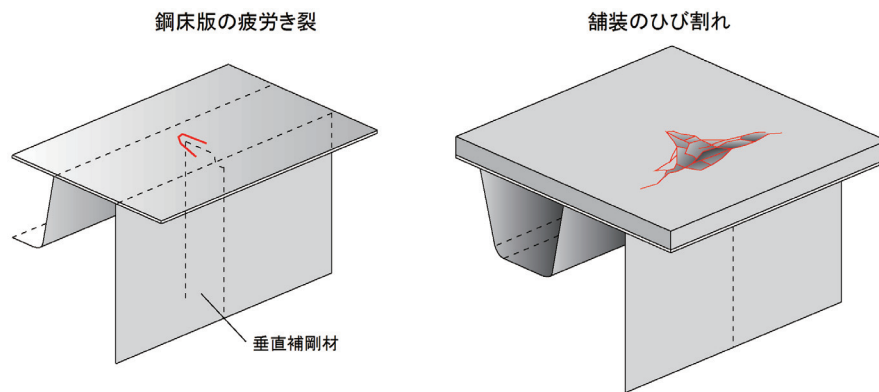
b) 舗装のひび割れの例

写真解 3.3-2 ビード貫通き裂と舗装のひび割れ

4) 車線方向に規則的に現れる局部的なひびわれ

鋼床版の主げた位置では、主げたの垂直補剛材が鋼床版裏面に溶接されている箇所があり、その位置から鋼床版に向かうき裂が発生すると、車輪の通過に伴う鋼床版の変形が大きくなり舗装にひび割れが生じることがある。

なお、この段階の調査では、鋼床版裏面の主げたウェブおよび垂直補剛材の正確な位置が分かっていないことがある。その場合には単なる舗装割れか鋼床版のきれつを生じているのかは断定できない。ここではき裂の位置（車線との関係、車輪通過位置との関係、橋軸方向の発生位置・間隔など）を把握して記録する。



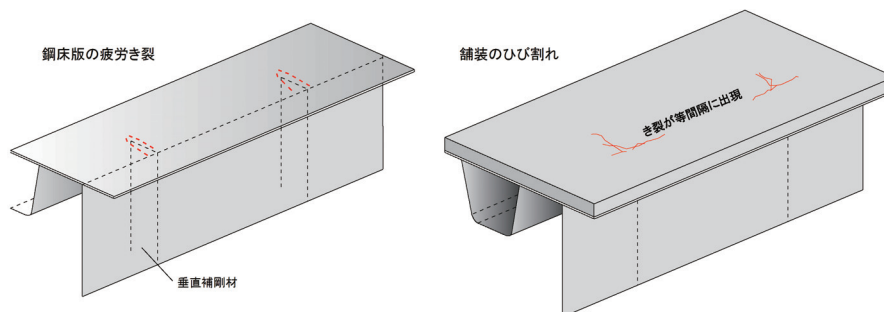
図解 3.3-3 デッキプレート貫通き裂と舗装のひび割れ



a) 鋼床版の疲労き裂

b) 舗装のひび割れ

写真解 3.3-3 デッキプレート貫通き裂と舗装のひび割れ



図解 3.3-4 ビードき裂と舗装のひび割れ



a) 鋼床版の疲労き裂

b) 舗装のひび割れ

写真解 3.3-4 ビードき裂と舗装のひび割れ

5) 著しい轍ぼれおよびポットホールの発生状況（補修痕含む）

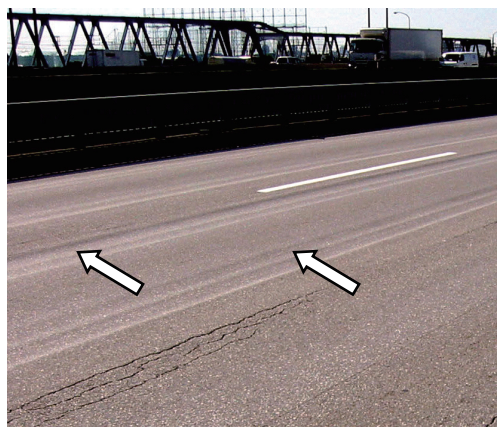
著しいわだち掘れを生じると、舗装の輪荷重の分散効果が損なわれ、鋼床版にとってはより厳しい疲労環境となる。また大型車の車輪通過位置が分散せず、ほぼ同じ位置に載荷が繰り返されることも疲労環境の厳しさを増す要因となる。

そのため、大型車混入率が高い重交通路線において、大型車の車輪位置に一致する著しいわだち掘れが生じている場合には、少なくともその車線位置の鋼床版は厳しい荷重環境になっており、ひびわれが確認できなくてもトラフリブウェブ位置でデッキプレート貫通き裂やビードき裂がすでに発生しているか、相対的に発生の可能性が高い条件といえる。

同様に、幅員方向に同じ位置で車輪通過ラインに沿ってポットホールが繰り返し発生しているか補修を繰り返している場合にも当該位置の鋼床版で疲労き裂が生じる可能性は相対的に高いといえる。

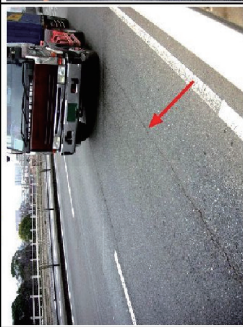
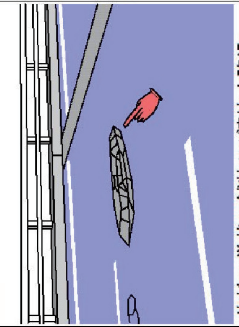
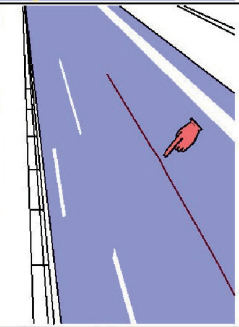
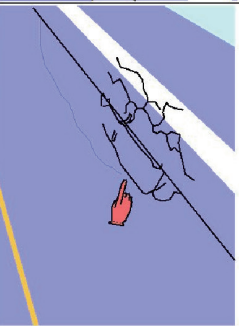
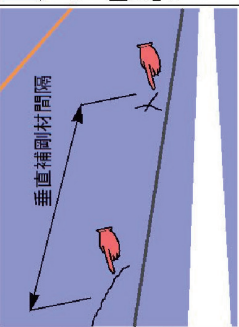
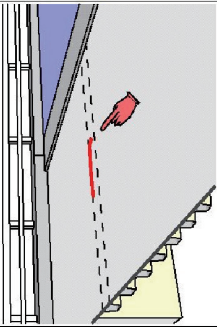
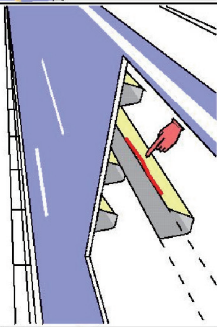
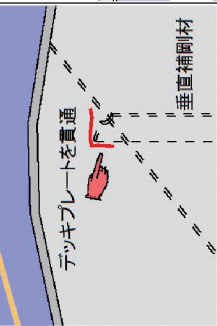
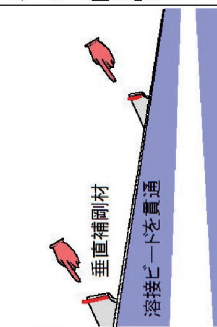
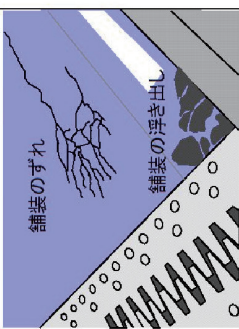
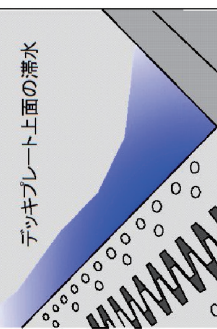


写真解 3. 3-5 舗装の剥離によるポットホール（右は矢印部分の拡大）



写真解 3. 3-6 走行位置のわだち掘れ

表解-3.3.1 1 舗装の劣化とその箇所を確認された鋼床版の損傷

トラブリブとデッキプレート溶接部		主桁の垂直補剛材上端部		⑤ 桁端部の舗装ずれと滞水
① デッキプレート貫通き裂	② 溶接ビード貫通き裂	③ デッキプレート貫通き裂	④ ビードき裂	
				
				
- 蜘蛛の巣状の舗装ひび割れと陥没 - 頻繁な舗装補修痕	トラブリブ溶接線に沿ったひび割れ	垂直補剛材位置での亀甲状ひび割れ	垂直補剛材間隔に一致したひび割れ	
				  

舗装のひび割れと鋼床版の損傷

3.4 概略調査結果の評価

概略では、鋼床版のき裂発生の可能性については評価せず、3.3によって該当する舗装の変状が確認された径間をき裂発生の可能性が高い径間として抽出する。

この段階の調査では、主に舗装路面の性状だけに着目しており、鋼床版構造とそれらの位置関係や交通特性などの情報が十分に得られていない。したがって単なる舗装の変状か鋼床版のきれつを生じた結果としての変状であるかの断定は困難である。特に舗装の更新や補修の方法が適切でなかったり、その後の交通荷重の条件が厳しい場合には著しい舗装の損傷が鋼床版裏面の構造と関係なく局部的に現れることも多い。

そのためここでは、舗装変状の種類や性状、位置（車線との関係、車輪通過位置との関係、橋軸方向の発生位置・間隔など）を把握して記録するにとどめ、径間全体を鋼床版に関連する疲労き裂損傷の生じる可能性の高い条件があるものとして抽出する。

4 章 簡易調査(Step3)

4.1 簡易調査の目的

簡易調査は、概略調査（Step2）までで抽出された径間を有する橋梁に対して、デッキプレート貫通き裂の発生の可能性の評価と、非破壊検査などの詳細調査を行う部位の絞り込みを行うことを目的とする。

デッキプレート貫通き裂の発生の有無を確認するためには、最終的にはデッキプレートとトラフリブの溶接部に近接しての超音波探傷試験などの非破壊検査あるいは橋面舗装の一部撤去による確認が必要となる。

しかし、膨大な溶接線についてこれらの調査を広く行うことは、塗膜や舗装の除去とその回復のために供用性への影響やコストの面で一般的には現実的でなく、調査対象部位をできるだけ正確に絞り込む必要がある。そのため簡易調査(Step3)として、概略調査(Step2)までで、き裂発生の可能性が高い状態であると抽出された橋（あるいは径間）について、実際の交通状況、車両走行位置、舗装の損傷位置、トラフリブや主げたなどの構造部材の位置などの関係を確認し、デッキプレート貫通き裂の発生する可能性の高い箇所をより詳細に絞り込む。

なお、この段階では次の段階で行う非破壊検査や塗膜除去・復旧の方法、調査や作業のための各部位への具体的なアプローチの方法、資機材の搬入や電源の確保など、点検計画の作成に必要な情報の把握も行うことになる。

4.2 簡易調査の方法

簡易調査は、外観目視、交通実態調査、図面と実橋の現地照合作業を基本とする。

4.3 簡易調査の項目

簡易調査では表 4.3-1 の項目を調査することを基本とする。

表 4.3-1 簡易調査の項目と報告例

調査項目		調査方法例	調査報告例
交通実態	交通量	道路交通センサス BWIMデータ 簡易交通調査	大型車交通量(台/日・車線)
	大型車混入率	道路交通センサス 簡易交通調査	大型車混入率(%)
	積載物	BWIMデータ 簡易交通量調査	車両重量頻度分布 港湾荷役/鋼荷役/その他
	車線内の分配	目視	特定車線の通行が多い/少ない
	輪荷重位置	目視	特定位置の走行が多い/少ない
	路線環境	目視	港湾/主要国道/代替路線の有無など
	路線環境	目視	港湾/主要国道/代替路線の有無など
橋梁諸元	竣工年	台帳・目視	○年(供用20年以上/20年未満)
	縦リブ形状	一般図など ・目視	閉断面リブ/開断面など
	デッキプレート厚		△mm(12mm未満/12mm以上)
	縦リブ厚		□mm(6mm/8mm)
	継手の種類		溶接継手
	補修履歴	台帳・目視	鋼床版、舗装等の補修履歴
舗装	ひび割れ	目視	・輪荷重走行位置付近に蜘蛛の巣状の舗装ひび割れあり
			・輪荷重走行位置付近に縦リブに沿った舗装ひび割れあり
			・損傷位置直上の舗装が劣化
			・垂直補合材の等間隔で損傷位置直上の舗装が劣化
			・その他
主げた	腐食	目視	腐食あり/なし
伸縮装置	土砂詰まり・段差の有無など	目視	
その他	騒音・振動	体感	
桁内部へのアプローチ	接近性	目視	容易/はしごが必要/高所作業車が必要/足場等が必要

簡易調査では、これまで得られている知見から自動車荷重の繰り返しに起因する鋼床版の疲労損傷の発生と関係が深いと考えられる項目について調査する。

(1) 交通実態調査

道路橋の交通環境については、全国で道路交通センサスが行われているが、調査対象橋梁と一致したデータは得られていないことも多く、交差点による分合流などで交通状況が直近のセンサスデータとは一致しない場合もある。また、鋼床版の疲労き裂の可能性の高い位置を絞り込むには車種タイプ毎の交通量や走行位置の特徴などの情報が有用である。

そのため、簡易調査では、現地で当該橋梁あるいは径間の実際の交通特性を把握する。

交通荷重特性の計測には、路上に計器を設置して直接重量を計測する方法や、橋本体に多くのひずみゲージ等を設置しての Bridge-Weigh-In-Motion 手法が開発されており、比較的高い精度で軸重頻度などの交通荷重特性の把握ができる。ただし、本調査では通行車両の種類、積載物、走行車線・位置などについての概略が把握できればよい。

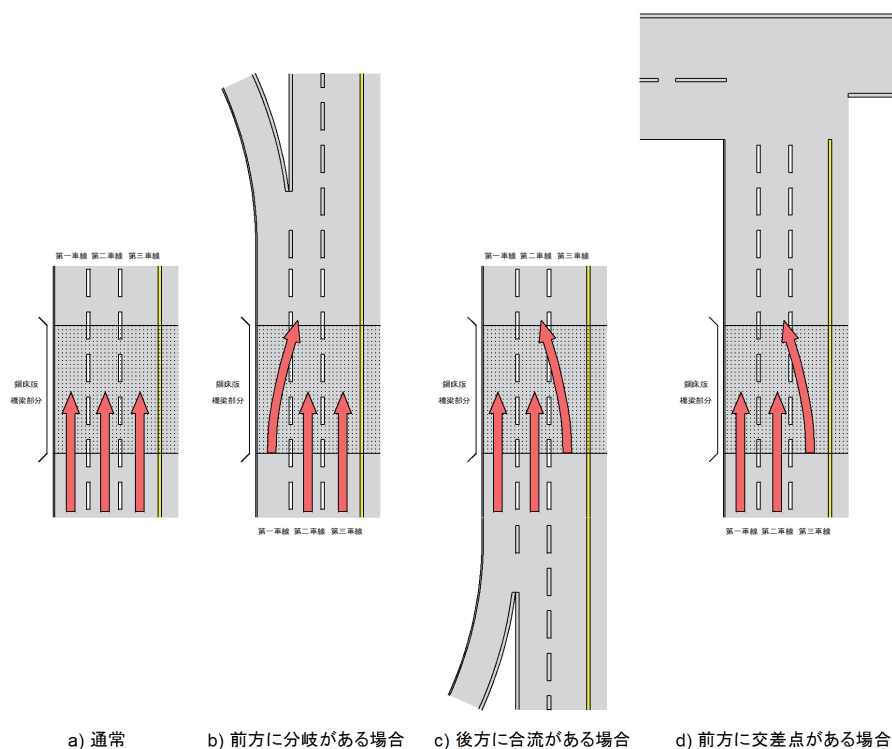
【参考 簡易交通実態調査】

計測機器等の設置を行わず交通荷重実態を推計する方法については現在定まった方法はない。しかし疲労耐久性に支配的な影響を及ぼすと考えられる軸重の大きな車両の台数や混入の程度、走行位置の特性などは現地で路上監視するだけでもある程度の把握は行える場合もあると考えられるため、ここでは具体的な調査方法については特定しない。

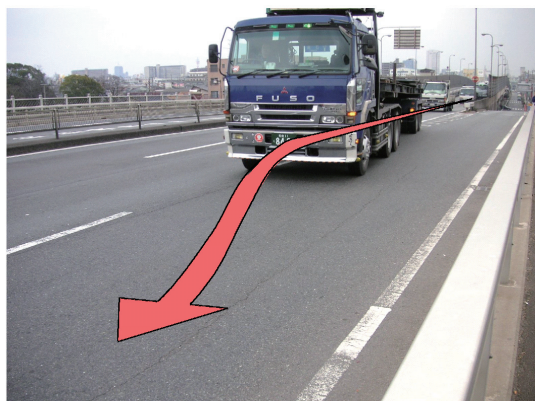
以下に、路上観察による方法で把握する場合の例と留意点を示す。

①ビデオカメラの利用

近年の小型ビデオカメラの性能向上により、路上でのビデオ画像の記録によって、交通量、車種構成、車両走行位置、車線変更の有無、渋滞状況、速度特性（走行速度や加減速位置）等の把握が可能である。



図解 4.3-1 橋梁の前後での道路事情にみる大型車走行の傾向の一例



写真解 4.3-1 橋梁の後方に合流がある場合の大型車の車線変更例



写真解 4.3-2 橋梁の前方に交差点がある場合の第二車線への大型車の集中例

②目視観測による交通特性の推定

疲労耐久性に関わる大型車の混入率や重量分布特性の推定に参考となる大型車両の車種構成は、車型別に目視観測で計数し、過去の様々な路線での交通実態調査結果と対比するだけでもある程度推定することが可能である。

特に、鉄鋼材料を運搬するトレーラー土砂運搬のダンプトラック、生コン運搬用コンクリートミキサー車、ラフタークレーンなどの重量車両は積載状況や車型から軸重や総重量の推定が比較的容易である。また積載物が視認できないコンテナの場合は、荷役の関係から過積載は相対的に少ないと考えられ定格満載状態で評価することで概ね安全側に評価できる場合が多い。



写真解 4.3-3 ビデオカメラによる調査



写真解 4.3-4 目視による簡易交通量調査



写真解 4.3-5 港湾荷役の多い交通状況例



写真解 4.3-6 鉄鋼荷役の多い交通状況例

表解 4.3-1 コンテナ1つあたりの積載量（参考）

分類	12フィートコンテナ	20フィートコンテナ	40フィートコンテナ
積載量	5,000kg	24,000kg	32,000kg
			



写真解 4.3-7

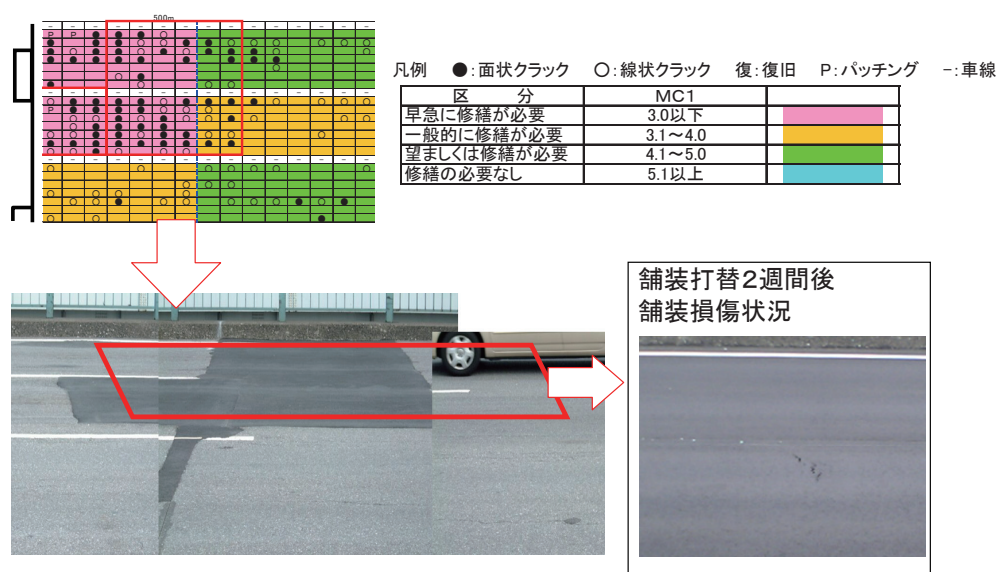
鉄鋼コイル（最大重量約 450kN）

(3) 舗装劣化状況

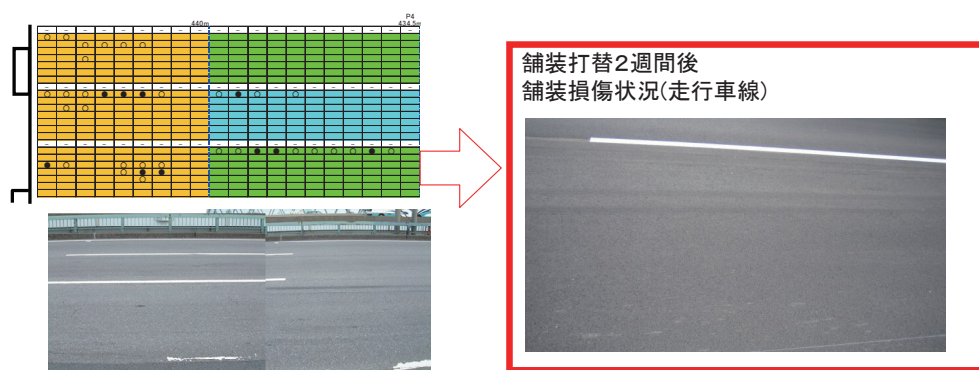
簡易調査では、非破壊検査や舗装除去によるき裂調査の対象箇所を選定するため、舗装の劣化状況について主げた位置などの橋の構造部位や車両走行位置との対比できるような劣化形態とその位置を把握する。

このとき、特に交通実態が厳しい橋梁では、過去に頻繁に舗装補修がされている場合があるため補修履歴と補修痕からその内容や位置も把握する。

実際に観測された舗装劣化の状況の例を示す。



図一解 4.3-2 舗装補修後の損傷状況【例1】



図一解 4.3-3 舗装補修後の損傷状況【例2】

(4) その他の変状

伸縮装置の段差や伸縮装置背面の防水機能の低下は、輪荷重の動的作用の増大や腐食による板厚現象などで鋼床版の疲労耐久性に悪影響を及ぼす可能性がある。このように簡易調査では、鋼床版に関わりのある事項について橋梁全般の状況についても可能な限り把握する。

主な着目項目には次のものがある。

①伸縮装置の状況

- ・取り付けボルトの破損，脱落
- ・遊間部における土砂等の堆積
- ・フィンガーの破損，破断，変形
- ・伸縮装置背面の舗装劣化
- ・伸縮装置本体の緩み，逸脱
- ・車両走行時における異音 等

②排水装置

- ・排水桷の土砂等による閉塞
- ・排水管の脱落，欠損，腐食
- ・舗装表面や桁内部における滞水 等

③騒音，振動

④周辺環境

⑤桁内部へのアプローチ方法など次ステップの調査のための必要事項

詳細調査では，箱桁内部や鋼床版裏面で溶接部に近接しての調査が必要となる。簡易調査で現地調査を行う際に箱桁内部などへのアプローチの可否について，接近性やマンホールの位置などについて調査しておくことが合理的である。

5 章. 詳細調査 (Step-4)

5.1 詳細調査の目的

詳細調査は、簡易調査で抽出された鋼床版について、疲労き裂の発生の有無を確認することを目的とする。

簡易調査までで、外観目視や文書資料の分析などから疲労き裂が既に発生しているか、発生する可能性が高い鋼床版の絞り込みが行われている。そのため詳細調査ではこれらに対して具体的に疲労損傷の発生の有無を確認するとともに、今後の補修補強など当該橋梁の維持管理計画の策定に必要情報を得る。また調査結果で得られた情報から、簡易調査までで対象から除外したものについてき裂発生危険性が少ないとの判断が妥当かどうかについて再評価し、必要に応じて詳細調査の対象として選定し直すこともある。

5.2 鋼床版調査の対象

(1) 鋼床版の調査対象は、図-3.1 に示すように、縦リブとデッキプレートとの溶接線を中心に、ウェブとデッキの溶接線、デッキとダイヤフラムとの溶接線、縦リブとダイヤフラムの溶接線、縦リブ工場突き合わせ溶接線、垂直補合材とデッキとの溶接線など鋼床版裏面近傍にある溶接線の全てとする。

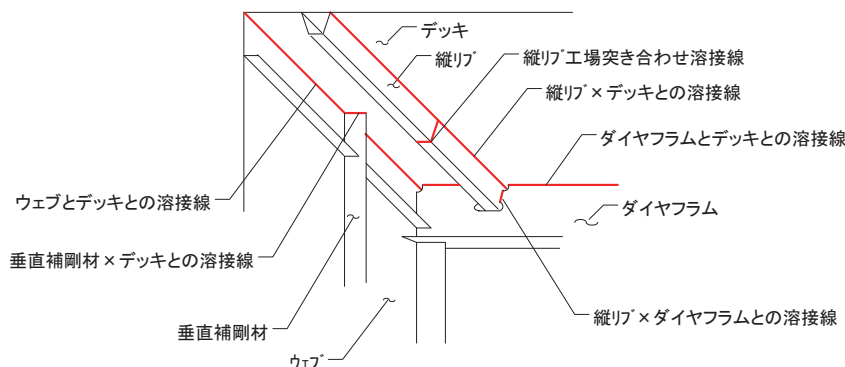


図-5.2-1 点検対象の溶接線の例

(2) 簡易調査までに抽出された径間・部位の鋼床版範囲のうち、大型車の輪荷重通過位置に一致するか近傍にある縦リブおよび主げたウェブに関わる溶接線を優先的に実施し、き裂が確認された場合には順次周辺に調査対象範囲を拡大する。

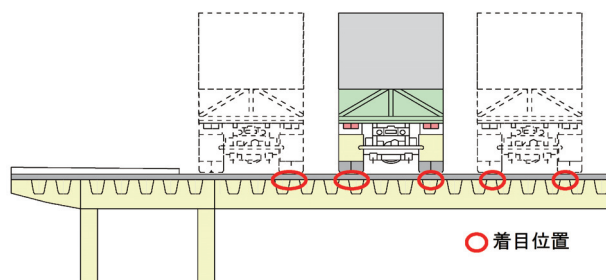
(1)

これまでの事例によると、疲労亀裂は縦リブとデッキプレートとの溶接線に発生しているため、点検は、まず縦リブとデッキプレートとの溶接線に対して実施するが、疲労亀裂が確認された場合はその他の溶接線に対しても点検を行い、さらに追跡調査も行う必要がある。

(2)

車線位置、主桁位置、横桁横リブ位置、縦リブ配置が記された平面図などを用意し、簡易

調査までに特定された優先度の高い鋼床版パネルの大型車の車輪が通行する位置の縦リブを特定する。



図ー解 5.2-1 縦リブとデッキプレートの溶接部における疲労損傷の調査着目位置の例

5.3 詳細調査の方法

詳細調査は、デッキプレートに関わるき裂損傷の有無の確認を以下の方法より一部または全てを適宜選択して行う。

- (1) 鋼床版裏面からの目視調査（適宜舗装は除去）
- (2) 磁粉探傷法や超音波探傷法などの非破壊検査手法（適宜塗装は除去）
- (3) 舗装を除去しての鋼床版上面からの調査（目視、非破壊検査）
- (4) その他の調査

(1) デッキプレート貫通き裂以外の鋼床版溶接部のき裂は、鋼床版の裏面で開口することが多く視認が可能である。ただし鋼床版の溶接部は外観性状が平滑でない場合も多く、塗膜厚さも均一でない。そのため著しい錆び汁の漏出や大きな開口がなければ塗膜割れの有無だけではき裂の有無を断定することは困難である。とくに塗膜割れがなくてもき裂が生じている場合もあるため周辺の状況などにも注意して、疑わしい場合には塗膜を除去して調査することが必要である。

(2) 鋼床版の溶接部のき裂は、開口してもビード形状が平滑でない場合も多く大きく開口しない場合も多いため塗膜を除去しても、目視だけでは確実な検出は困難である。そのため疑わしい場合には磁粉探傷試験による確認を行うことが必要である。

詳細な方法については6章に示す。

また、デッキプレート貫通き裂は、鋼床版裏面に開口しないため目視や磁粉探傷法による検出は困難である。またデッキプレートとトラフリップの縦溶接部からデッキプレート表面に向かって進展するき裂がデッキプレート上面に到達・貫通して開口するまでは、仮に舗装を除去して鋼床版表面を暴露しても目視や磁粉探傷試験では検知することができない。

しかし、このような場合にもある程度デッキプレート内部を進展したき裂を適切な方法で超音波探傷試験を行うことで検知することができる場合があるため、発生が疑われる部位では鋼床版裏面から超音波探傷試験法によって検知を試みるのがよい。

詳細な方法については6章に示す。

(3) 鋼床版のデッキプレートとトラフリブの縦溶接からデッキプレート表面に向かうき裂は進展すると最終的にデッキプレート上面に到達して貫通き裂となると考えられる。

デッキプレート表面に開口したき裂は、舗装を除去することで目視や磁粉探傷試験による確認ができるようになる。ただし舗装を一部撤去しての路上からの調査は交通に与える影響が極めて大きく、裏面からの調査などで十分に疑わしい部位を絞り込んだ後に行うのがよい。詳細な方法については6章に示す。

(4) デッキプレート内部を進展して上面側に開口するき裂を進展途中で検知することは困難であるが、例えば、貫通き裂を生じた鋼床版では路面からの浸入水や舗装材料がトラフリブ内に堆積や滞水することがある。このような場合にはトラフリブへの打音検査で振動特性などの応答が健全状態と異なってきたり、温度昇降の特性が健全部と異なり赤外線カメラで相違が検知できることもある。

このように詳細調査では最終的にき裂の有無や進展の状況をできるだけ正確に把握する目的から状況に応じて、磁粉探傷試験や超音波探傷試験方法以外の検知できる可能性の高い手法も併用するのがよい。

主な検査手法で対象となる亀裂と適用条件について表-解 3.2 に示す。

表-解 5.3-1 検査手法の対象亀裂と適用条件

検査手法	対象亀裂				適用条件		
	デッキ貫通亀裂	ビード貫通	垂直補剛材とデッキの溶接	縦リブと横リブの交差部	足場	橋面検査時舗装除	検査時塗膜除去
舗装状況観察	くもの巣(格子)状の舗装割れ	Uリブウェブ上の舗装縦割れ	主桁ウェブ上のわだちと舗装割れ	—	不要	不要	不要
交通状況観察	大型車荷重混入率・大型車高頻度通行車線						
損傷部	目視	亀裂有無	塗膜割れ有無	塗膜割れ有無	必要(箱桁内部は桁高さによる)	必要	必要
観察	計測	位置・長さ	ビード形状・長さ	ビード形状・長さ			
PT,MT		亀裂有無・長さ	亀裂有無・長さ	亀裂有無・長さ			
UT	クリーピング	亀裂有無	溶接溶込み深さ	—			
	直射	—	亀裂有無?	—			
	斜角	亀裂深さ	—	亀裂深さ			
	SH	亀裂有無	溶接溶込み深さ	—			
	TOFD	—	亀裂深さ?	—			
	アレイ	?	?	?			
渦流探傷	亀裂有無	—	—	—			
打音	リブ内滞水有無	—	—	—	不要	不要	不要
赤外線	リブ内滞水有無	—	—	—			
荷重車応力計測	デッキ下面ひずみ	Uリブ側面ひずみ	溶接止端部応力集中	溶接止端部応力集中	必要(箱桁内部は桁高さによる)	必要	必要
応力頻度計測	応力頻度	応力頻度	応力頻度	応力頻度			

: 推奨される検査手法

5.4 目視調査

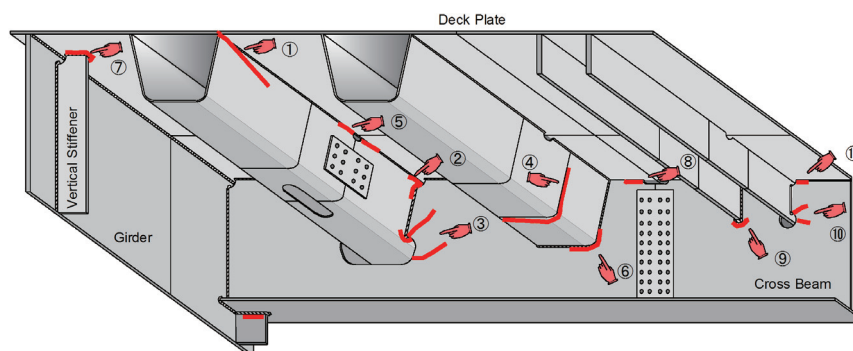
5.4.1 目視調査の手順

- (1) 目視調査は、塗膜われ、局部的な錆の発生、および溶接仕上げ状況について検査する。
- (2) 目視調査は、縦リブの溶接線全長およびその周辺の母材を範囲の標準として、以下の手順により実施する。ただし、この範囲を越えて疲労亀裂の発生が疑われる場合は、適宜その範囲を拡大する。
- ① 対象範囲への近接目視により塗膜割れの有無を調査する。
 - ② 調査箇所・範囲が特定できるよう塗膜割れ等の変状の有無に関わらず写真等に記録する。
 - ③ 塗膜われが認められた場合は、われの範囲（長さ）を計測する。
 - ④ 油性ペン等により、われの位置がわかるようマーキングを行い、部位や測定長さなどが特定できるように写真等で記録する。
 - ⑤ われの発生位置、長さ、溶接ビードとの位置関係、近傍でみられる局部的な錆びや塗膜の変状など調査箇所の状態の詳細をスケッチ等で記録する。

- (1) 溶接部などの疲労亀裂に関連する塗装の損傷としては、「塗膜のわれ」以外に「錆の発生」が考えられるので、これらを目視検査の検査項目とした。
- (2) 検査範囲は、大型車の車輪通行位置の縦リブ位置を全長調査することを原則とするが、車線数が多くある場合や調査期間が限られる場合には、上り車線（積荷が重いと思われる車線）の走行車線（大型車の多い車線）の車輪位置を選択して調査する。また、当該検査範囲周辺に疲労耐久性が著しく劣る継手があるなどき裂の発生が懸念される溶接部が認められる場合は、その溶接部周辺についても調査する。

5.4.2 目視調査の方法

詳細調査で行う目視調査では、図－5.4-1 に示す鋼床版の代表的な疲労損傷の発生箇所について、適切な方法でき裂の有無を直接視認して確認する。



図－5.4-1 代表的な鋼床版の疲労損傷

詳細調査では、膨大な鋼床版の溶接線から優先度の高いものから順次調査を進めることが効率的である。また大型車の輪荷重の載荷位置以外の場所についてもこれまで報告されている様々な鋼床版のき裂形態を理解して優先着目部位以外についても可能な範囲で広く

注意するのがよい。

1) 縦リブとデッキプレートとの溶接線

【損傷①】 縦リブとデッキプレートとの溶接線

この部位で、溶接ルート部からデッキプレート内部を上面に向かって進展するき裂は下面からの目視調査では直接確認できないが、溶接ビードを破断させる方向に進展するき裂は、塗膜割れや錆の発生で発見できることが多い。

なお塗膜割れのみでき裂を伴わない場合もあるため、疑わしい塗膜割れについては、スクレーパーなどにより塗膜を部分的に除去して確認する必要がある。このとき必要に応じて磁粉探傷試験や超音波探傷試験を行うことでより確実に判定ができる。

【損傷⑤】

輪荷重直下または近傍にあたるスカラップ位置ではき裂を生じている場合がある。特にスカラップの開口が大きい場合は注意が必要である。

2) デッキプレートとダイヤフラムとの溶接線

【損傷⑧】 横リブ現場継手部のスカラップ周辺

損傷⑤と同様に、主に輪荷重直下にスカラップが位置する場合に発生のおそれがあるものである。特にスカラップ長が大きい場合については注意しなければならない。

3) 縦リブとダイヤフラムの溶接線

【損傷②】 縦リブと横リブ交差部の上側スカラップの縦リブ側

横リブの面内曲げの影響に加えて、輪荷重の移動による面外の曲げが作用する部位であり、輪荷重直下の縦リブと横リブ（または横桁）交差部を優先的に調査するのがよい。

また、図－解 3. 2 に示すように、ビード性状が平滑でなかったり、塗膜厚さ均一でないなどにより塗膜割れを生じていることも多いため、き裂の確認は慎重に行う必要がある。

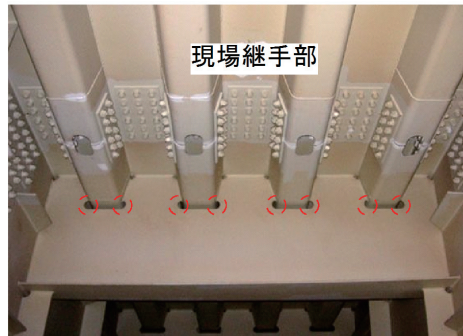


写真解 5. 4-1 塗膜割れの事例（非破壊検査の結果、疲労損傷なし）

【損傷③】 縦リブと横リブ交差部の下側スリット周辺

損傷②と同様に、輪荷重直下の縦リブと横リブ交差部に多くみられる。また、この種の疲労損傷のうち、縦リブ側の溶接止端部に発生する疲労き裂は、縦リブの現場高力ボルト

接合部に設けられる防錆用の密閉ダイヤフラムの拘束が大きな影響を与える可能性が指摘⁷⁾されており、縦リブの現場高力ボルト接合部に隣接する交差部については、特に慎重に調査する必要がある。



写真解 5. 4-2 交差部下側スリット部の着目部

【損傷⑥】 縦リブと端横リブ（または端横桁）の溶接部

対象箇所が少ないため、調査対象となった橋梁の端横リブ（または端横桁）との溶接部の全数を目視調査することが望ましい。

5) 縦リブ工場突き合わせ溶接線

【損傷④】 縦リブ現場溶接継手部

主に輪荷重直下に位置する縦リブどうしの突合せ溶接に発生する。縦リブ支間が大きい場合は溶接部の応力も高くき裂発生の可能性が相対的に高くなるため、縦リブ支間が2,500mmを超えるような長支間では特に注意が必要である。

6) 垂直補剛材とデッキとの溶接線

【損傷⑦】 主桁垂直補剛材上端部とデッキプレート下面との溶接部

主桁ウェブ位置と輪荷重位置が一致している場合に発生が見られる。このため簡易調査で特定した輪荷重走行位置と鋼床版裏面構造の位置関係を比較し、主げたウェブ位置と一致するか極近傍にある場合には特に注意して調査する必要がある。

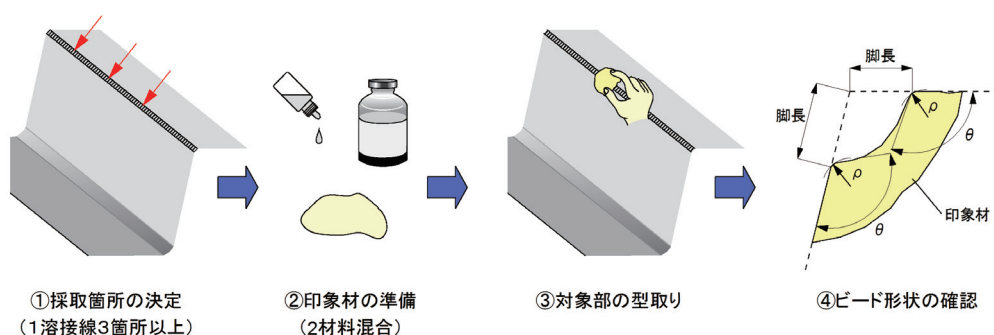
なお主桁ウェブ位置と輪荷重位置が一致すると橋軸方向に同じ条件の垂直補剛材があるため、一箇所でも発見されると橋梁全長にわたって同様のき裂が既に発生しているか、今後発生する可能性が高いといえる。

5.5 溶接形状の確認

溶接部のビード形状の確認を行うため、印象材などを用いて溶接部の型取りを行う。

溶接ビードの形状（脚長， ρ ， θ など）は，溶接部の疲労耐久性と関係が深く，必要に応じて印象材（型取り材）などを用いて溶接部の型取りを行い，ビード形状の確認を行うのがよい。

印象材は，歯科医などが使用する主に2材料混合型のシリコン系やラバー系の型取り材料である。現場にて混合の上，可使時間内に対象部に押しつけて型を取る。型を取った印象材は持ち帰り，溶接ビードの形状確認を行う（図一解 5.5-1 参照）。



図解 5.5-1 印象材による溶接ビード形状の確認要領

5.6 トラフリブ内部の堆積物等の確認

閉断面縦リブ内部に土砂等の流入や滞水の有無を確認する。

縦リブ（トラフリブ）とデッキプレート溶接部のルート部からデッキプレートの板厚方向に進展する疲労損傷（デッキプレート貫通型き裂）が発生した場合，縦リブ内部に土砂や泥水，アスファルト成分の粘土などが流入している可能性が高い（図一解 3.5 参照）。したがって，縦リブ内部の堆積物の有無を調べることは，デッキプレート貫通型き裂の有無を調べるための有用な方法と言える。

内部状況の確認には，①打音検査、②超音波法、③赤外線カメラによる縦リブ表面温度計測などの方法が一般に有効である。探傷方法の詳細は6章による。



写真解 5.6-1 健全なトラフリブ内部（左）とデッキプレート貫通型き裂が発生したトラフリブ内部（右）

5.7 板厚の調査

デッキプレート上面の腐食による減厚の有無を確認する。

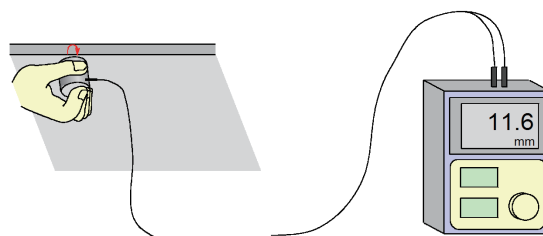
鋼床版の疲労損傷のうち、デッキプレート貫通型き裂は、デッキプレートの板厚が小さい場合により発生しやすいと考えられる。

そのためデッキプレート板厚が小さい鋼床版のみならず、床版上面への滞水などで腐食を生じ板厚が減少した部位のデッキプレートでは相対的にデッキプレート貫通型き裂が生じやすい条件となっている可能性がある。そのため詳細調査ではデッキプレートの板厚が腐食により減少していないかどうかの確認を行う。

板厚計測には、超音波板厚計を用いることができる。(図解 5.7-1 参照)。

板厚測定は、簡易調査で舗装の損傷がある部位など鋼床版の劣化が疑われる部位に対して縦リブ間の複数の断面で行うのがよい。

板厚測定は、超音波板厚計の他、超音波垂直探傷法による方法もある。



図解 5.7-1 超音波板厚計による板厚測定

5.8 非破壊検査手法による調査

5.8.1 磁粉探傷法による調査

- (1) 目視調査によって、疲労損傷の発生と疑われる塗膜割れを確認した場合は、磁粉探傷試験を行って、疲労損傷の有無を確認することを原則とする。
- (2) 磁粉探傷法による調査は、6.2による。

桁内調査の目視調査において、疲労損傷の発生と疑われる塗膜割れを確認した場合は、当該箇所の塗膜を除去し、磁粉探傷試験を行うことを原則とする。一般に桁内や鋼床版路下などの暗所での作業となるため、紫外線探傷灯を使用して蛍光発光させる湿式蛍光磁粉探傷とするのが望ましい。

磁粉探傷試験によってき裂などの疲労損傷が確認された場合は、損傷部位を蛍光発光させた写真を撮影するとともに、き裂長の確認や、試験位置、部位、などを記録するものとする。

5.8.2 超音波探傷法による調査

- (1) 縦リブ溶接部のルート部からデッキプレート板厚方向に進展する疲労損傷（デッキプレート貫通き裂）の有無を確認するため、超音波探傷試験を実施することを原則とする。
- (2) 超音波探傷法による調査は、6.3による。

詳細調査では、縦リブ溶接部のルート部におけるデッキプレート貫通型のき裂の有無を確認するため、超音波探傷試験を行うことを原則とする。探傷方法については、6章に示される方法に従うものとする。

6 章. 非破壊検査の実施方法

6.1 非破壊検査の対象き裂と適用条件(適用部位(位置))

鋼床版の損傷調査に用いられる代表的な非破壊検査手法を以下に示す。

溶接各部およびその周辺の表面および表面に近い部位に発生しているき裂の検出および長さ測定の調査には磁粉探傷試験を適用する。磁粉探傷試験による調査は 6.2 によるものとし、湿式蛍光磁粉探傷試験を適用するのが望ましい。

溶接の内部に発生または進展しているき裂の検出および長さや深さの測定の調査には超音波探傷試験を適用する。超音波探傷試験による調査は 6.3 による。

ここでは、現時点で鋼床版の疲労き裂を対象に行われた実績などから一般的な対応について示した。

湿式蛍光磁粉探傷試験は、鋼材などの磁性体の表面きずを磁気エネルギーを利用して磁気吸引作用によりきずに磁粉が吸着する原理を利用してきずを検出するものである。磁気エネルギーは、鋼材などの磁性体の表面および表面に近い部位のみ磁化させることができるため、表面および表面に近い部位に発生しているき裂の検出および長さ測定の調査に適している。

超音波探傷試験は、送信した超音波がきずにより反射し戻って来る原理を利用してきずを検出するものである。超音波は、比較的減衰せず鋼材中を伝搬することができ、きずで反射する特徴を有しているため、反射してくる超音波の位置や強さを調査することにより、内部に発生または進展しているき裂の検出および長さや深さの測定の調査に適している。

なお、非破壊検査手法についてはここに挙げた以外の原理等によるものも研究開発が各方面で行われつつあり、超音波探傷試験についても本要領で示す以外の様々な仕様の機器や手法が研究されている。そのため非破壊検査手法の採用にあたっては最新の技術動向にも注意をはらい、探傷しようとする条件と目的に応じて本要領に示す以外の方法についても検討を行うのがよい。

例えば、独立行政法人土木研究所では、デッキプレート貫通き裂を鋼床版裏面から検出するための超音波探傷試験方法について、斜角法（90° 縦波斜角探触子による方法（「クリーニング波法」）、70° 斜角探触子による方法、横波臨界角探触子による方法）、表面 SH 波法）について比較検討を行い、検出性能に差が見られるものの、いずれの方式によっても適切に実施することである程度デッキプレートを貫通する方向に進展するき裂の発生を補足できることが明らかにされている。

本要領(案)では、本共同研究で実地に評価を実施した斜角法（90° 縦波斜角探触子による方法と 70° 斜角探触子を組合せたによる方法）について示す。

6.2 磁粉探傷試験

6.2.1 一般

鋼床版のデッキプレートとUリブの溶接部においてデッキプレートの板厚方向に進展するき裂（デッキプレート貫通型き裂）の検出のための超音波探傷試験の方法や次によることを標準とする。

(1)原則として J I S に定める関連規格を適用する。

(2)従事検査技術者は、J I S または日本非破壊検査協会が定める適当な資格を有するものとする。

(3)使用する機器は、調査箇所の構造、探傷条件などを考慮し、適切な仕様のものを選定する。このとき感度調整用試験片は、材質および塗装を、検査対象と同一の仕様としたものを用いるのを原則とする。

目視調査では発見が不可能な、デッキプレート貫通型き裂の検出は超音波探傷試験による非破壊検査手法によることを基本とした。

ただし、デッキプレート貫通型き裂の検出性については、未解明な部分があるなど現時点では技術的に必ずしも十分には確立していないが、ある程度検出する方法が明らかにされている。また探傷条件に対する現場での種々の制約条件（探傷姿勢、ビード性状、ルート部性状、振動など）も探傷精度に影響する。そのため個々に示す方法を標準としつつも各探傷条件に応じて適切な調査となるよう慎重に実施する必要がある。

(1)超音波探傷試験の実施にあたっては、以下の J I S に定められる規格および標準を適用するものとする。

1) JIZ Z 2344-1993 「金属材料のパルス反射法による超音波探傷試験方法通則」

2) JIZ Z 2345-1994 「超音波探傷試験用標準試験片」

(2)超音波探傷試験を行おうとする者は、以下の技量資格を有するものとする。

3) JIS Z 2305「非破壊試験－技術者の資格及び認証」による超音波探傷試験レベル3，もしくは、日本非破壊検査協会 NDIS 0601 による超音波検査3種以上の技量資格を有する者。

4) 上記の有資格者の指揮下にあるレベル2もしくは2種の技量資格を有する者。

(3)図解 6.3-1 に示す方法（90 度縦波斜角探触子及び 70 度斜角探触子）を用いて縦リブとデッキプレート溶接部におけるデッキプレート板厚方向のき裂深さを測定する場合、検査機材には、以下の製品またはこれと同等以上の性能を有する機材を使用する。

なお、図解 6.3-1 に示すとおり、90 度縦波斜角探触子による方法では、デッキプレート母材方向へ進展が認められるある深さ以上のき裂の有無だけを検出するには比較的容易で合理的な方法であるが、原理上きずの深さの判断は困難である。また本要領（案）では示していないが表面 SH 波法も初期段階のき裂の検出性には優れることからデッキプレート内部に向かう初期段階のき裂の有無の判断には併用すると調査精度の向上が期待できる。

6.2.2 磁粉探傷試験の手順

磁粉探傷試験は、以下の手順により実施することを標準とする。

- (1) 検査対象箇所において、検査範囲＋約 20 mm程度の領域の塗膜をすべて除去し、溶接形状や溶接仕上げ状況を写真撮影する。
- (2) 塗膜を除去した範囲に対し、磁粉探傷試験を実施し、磁粉指示模様の有無を検査する。
- (3) 磁粉指示模様が認められた場合は、その状況を写真撮影する。
- (4) 写真撮影は、調査位置、寸法等を明記した上で行うとともに、き裂指示模様の有無が確認できる探傷状況を示すものと通常の外観状況が正確に対比できるよう両方の写真を撮影する。
- (5) 磁粉指示模様の位置、長さ、方向、形態などを調査し、記録する。
- (6) 磁粉指示模様が不明確で、疲労き裂と認められない場合には、溶接部をグラインダーで削り、磁粉指示模様を確認するものとする。
- (7) き裂ではなく、表面欠陥と思われる磁粉指示模様についても同様に写真撮影を行い、その寸法、位置、形態などを記録する。
- (8) 検査面の養生後の状況を写真撮影する。

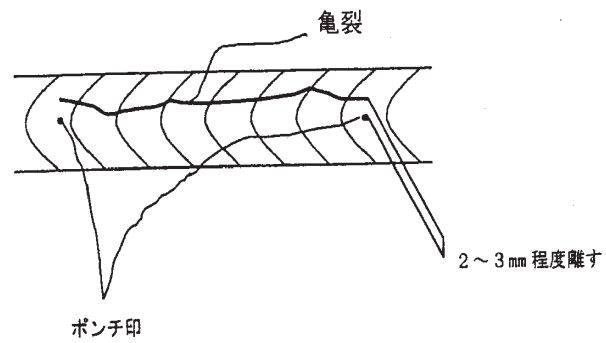
(1) 磁粉探傷試験においては、き裂先端が確認出来る範囲まで塗膜を除去し、き裂の全体の状態が正確に把握できるようにしなければならない。

このとき、検査箇所表面に付着している汚れや油ならびに除去した塗膜片などは確実に除去するなど、適切な方法による前処理を行わなければならない。なお、塗膜の除去にあたっては開口部を除去した塗膜片でふさぐことのないように注意する必要がある。

塗膜の除去による調査範囲の設定において溶接ビード幅等の範囲が不明確な場合には、少なくとも溶接部の板厚幅以上の範囲を含む領域を検査範囲に設定するなど、き裂が発生しやすい領域を確実に含むように注意が必要である。

(4) 磁粉指示模様の接写については、き裂指示模様のサイズが対比できるようにスケールを設置して撮影するのがよい。蛍光磁粉模様を撮影する場合、適切な光学フィルターを用いて適切な色調の磁粉模様が得られるようにして撮影する。撮影アングルは、塗膜剥離部を含む接写 1 枚とする。ただし、き裂の発生部位が複数ある場合など、1 枚では撮影出来ない場合は必要枚数撮影しなければならない。

磁粉探傷試験によってき裂が認められた場合は、以後のき裂進展調査のためき裂両端にポンチにて印を打刻するなどで先端位置が次の調査時にわかるようにするとともに、それらが写し込まれた写真を撮影する。なお、ポンチによる打刻を行う場合には、き裂直上から若干離れた位置でかつき裂周辺の部材・部位に悪影響のないように配慮しなければならない（図解 6.2-1 参照）。



図解 6.2-1 き裂先端の明示

6.2.3 磁粉探傷試験の結果の記録

磁粉探傷試験の結果は、以下の項目について記入および写真を添付する。

- ①検査の範囲
- ②損傷概要
- ③磁粉探傷試験結果（検査部近影・指示模様等）

6.3 超音波探傷試験

6.3.1 一般

鋼床版のデッキプレートとUリブの溶接部においてデッキプレートの板厚方向に進展するき裂（デッキプレート貫通型き裂）の検出のための超音波探傷試験の方法や次によることを標準とする。

(1)原則として J I S に定める関連規格を適用する。

(2)従事検査技術者は、J I S または日本非破壊検査協会が定める適当な資格を有するものとする。

(3)使用する機器は、調査箇所の構造、探傷条件などを考慮し、適切な仕様のものを選定する。このとき感度調整用試験片は、材質および塗装を、検査対象と同一の仕様としたものを用いるのを原則とする。

目視調査では発見が不可能な、デッキプレート貫通型クラックの検出は超音波探傷試験による非破壊検査手法によることを基本とした。

ただし、デッキプレート貫通型き裂の検出性については、未解明な部分があるなど現時点では技術的に必ずしも十分には確立していないが、ある程度検出する方法が明らかにされている。また探傷条件に対する現場での種々の制約条件（探傷姿勢、ビード性状、ルート部性状、振動など）も探傷精度に影響する。そのため個々に示す方法を標準としつつも各探傷条件に応じて適切な調査となるよう慎重に実施する必要がある。

(1)超音波探傷試験の実施にあたっては、以下の J I S に定められる規格および標準を適用するものとする。

1) JIZ Z 2344-1993 「金属材料のパルス反射法による超音波探傷試験方法通則」

2) JIZ Z 2345-1994 「超音波探傷試験用標準試験片」

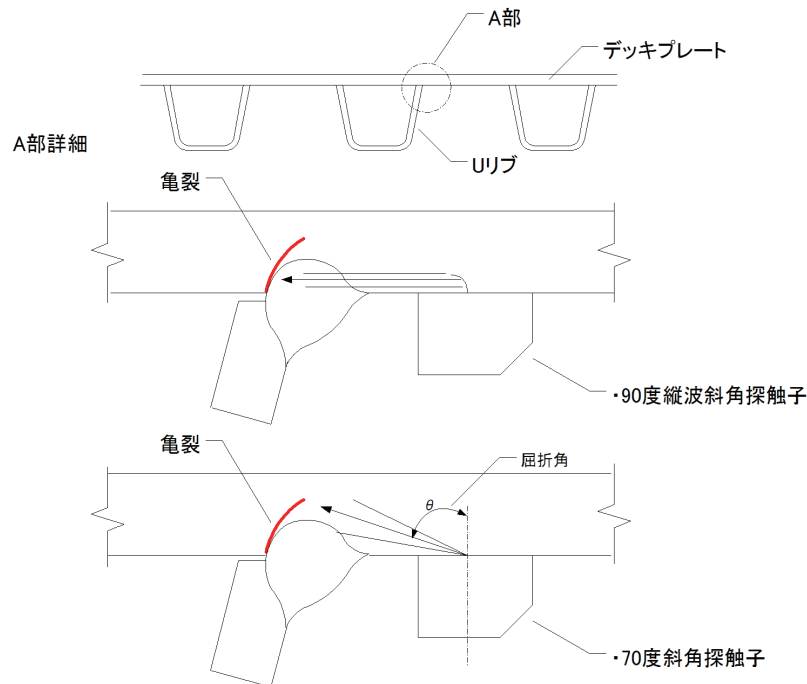
(2)超音波探傷試験を行おうとする者は、以下の技量資格を有するものとする。

3) JIS Z 2305「非破壊試験－技術者の資格及び認証」による超音波探傷試験レベル3，もしくは、日本非破壊検査協会 NDIS 0601 による超音波検査3種以上の技量資格を有する者。

4) 上記の有資格者の指揮下にあるレベル2もしくは2種の技量資格を有する者。

(3)図解 6.3-1 に示す方法（90 度縦波斜角探触子及び 70 度斜角探触子）を用いて縦リブとデッキプレート溶接部におけるデッキプレート板厚方向のき裂深さを測定する場合、検査機材には、以下の製品またはこれと同等以上の性能を有する機材を使用する。

なお、図解 6.3-1 に示すとおり、90 度縦波斜角探触子による方法では、デッキプレート母材方向へ進展が認められるある深さ以上のき裂の有無だけを検出するには比較的容易で合理的な方法であるが、原理上きずの深さの判断は困難である。また本要領（案）では示していないが表面 SH 波法も初期段階のき裂の検出性には優れることからデッキプレート内部に向かう初期段階のき裂の有無の判断には併用すると調査精度の向上が期待できる。



図解 6.3-1 き裂深さ測定要領

5) 超音波探傷器

JIZ Z 3060-2002 附属書 1 (規定) 「超音波探傷装置の機能及び性能」 に示す性能を満足するもので、90 度縦波斜角探傷及び 70 度斜角探傷に適した超音波探傷器を選定する。超音波探傷器は、A スコープ波形を記憶することができる形式のものが望ましい。

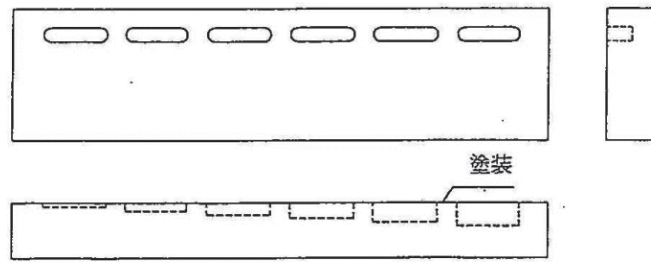
5) 探触子

- ・ 90 度縦波斜角探触子 ; 5 C 1 0 × 5 L A D 9 0 (二振動子形)
- ・ 70 度斜角探触子 ; 5 C 1 0 × 1 0 A 7 0 (接近限界距離: 8 mm 以下)

90 度縦波斜角探触子は、不感帯が短くなるように二振動子形の探触子を用いるものとする。また、70 度斜角探触子によってエコー高さを測定する場合、超音波探触子の接近限界距離が大きいほどき裂深さを過小評価することになるため、70 度斜角探触子の接近限界距離は 8 mm 以下とする。

6) 接触媒質 CMC ペーストもしくはグリセリンペースト

また、基準感度の調整には、以下に示す深さ (0.5/1.0/1.5/2.0/4.0/6.0mm) が異なるスリットを加工した対比試験片を使用する。試験片には、試験対象の鋼床版と同一の材質および塗装仕様を施したものをを用いることを原則とする。



- ・ 材質：試験対象橋梁の材質に準じる。
- ・ 塗装：試験対象橋梁の塗装仕様，塗膜厚に準じる。

図解 6.3-2 感度調整用試験片

6.3.2 超音波探傷試験の手順と方法

超音波探傷試験は、以下の手順および方法により実施することを標準とする。

(1) 調査対象箇所において、調査範囲+約 20 mm 程度の領域の塗膜をすべて除去し、溶接形状や溶接仕上げ状況を写真撮影する。

(2) 塗膜を除去した範囲に対し、超音波探傷試験を実施し、き裂の有無や位置について評価する。

(3) 探傷に先立って、機器の調整を行う。

1) 時間軸の調整

90 度縦波斜角探触子は、STB-N1（もしくは STB-A1）標準試験片（25mm 板厚）、70 度斜角探触子は STB-A3（もしくは STB-A1）標準試験片を用いて、それぞれ時間軸を 50mm に調整する。

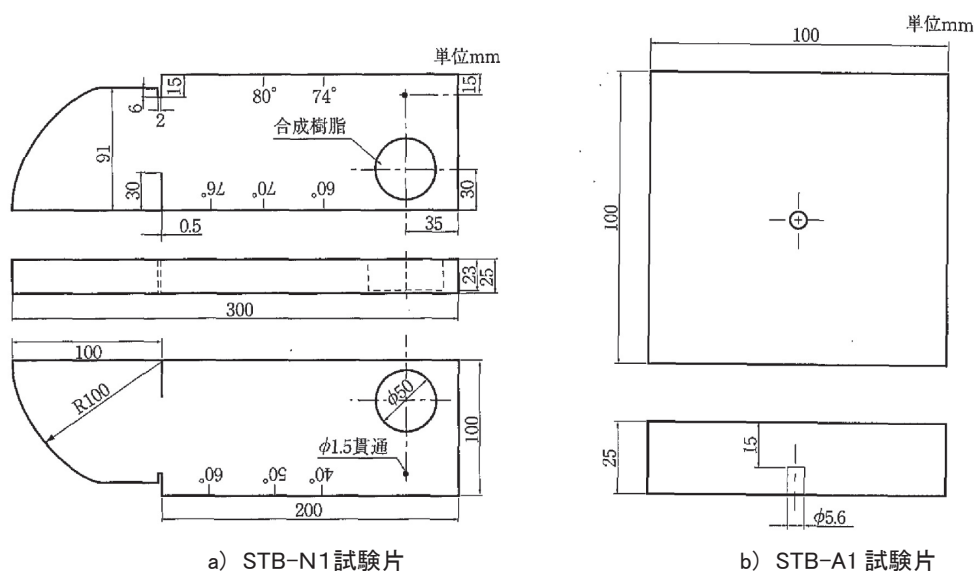


図 6.3-1 標準試験片

2) 探傷感度の補正

検査範囲の代表的な箇所の塗装膜厚を測定する。塗膜厚さによって対比試験体で設定した基準感度との差異がある場合には、V 透過法によって探傷感度を補正する。

(4) 首振り走査、ジグザグ走査および横方向走査法で走査する。

(4) 検査の対象とする疲労き裂は、トラフリブの隅肉溶接部のルート部から鋼床版のデッキプレートの板厚方向に進展する疲労き裂であるが、デッキプレートとトラフリブの溶接部を割る方向に進展するき裂やデッキプレート下面側の母材やトラフリブ母材に進展するき裂の発生も考えられる。したがって、超音波探傷試験に当たっては、きずの見落としのないようにき裂の位置と進展する方向性に留意して、首振り走査、ジグザグ走査および横方向走査を組み合わせ探触子を走査しなければならない。

なお、走査範囲は、90 度縦波斜角探触子の場合で探触子接近限界から後方へ 15mm の範囲を走査する

6.3.3 超音波探傷試験の結果の評価

超音波探傷試験の内部きずの評価は次によることを標準とする。(90 度縦波斜角探触子による場合)

(1) 検出レベル

エコー高さが 50%を越え、指示長さが 10mm 以上のものをき裂評価の対象とする。

(2) 感度調整

ビーム路程が 15mm の位置となる探触子位置において探傷感度を調整し、探傷時も同一条件においてエコー高さを測定する。

(3) 指示長さ

ビーム路程が 15mm となる探触子位置において探触子を左右走査し、50%を越えるエコー高さの探触子の移動距離を 1mm 単位で測定する。

(4) き裂深さの評価

デッキプレート下面からの探傷で検出したエコー高さに応じて、表 6.3-1 によりき裂深さを評価する。

表 6-3-1 き裂深さの評価基準(90 度縦波斜角探触子)

エコー高さ	き裂深さ
50%未満	き裂なし
50～80%	2mm未満
80%以上	2mm以上

(5) き裂位置の評価

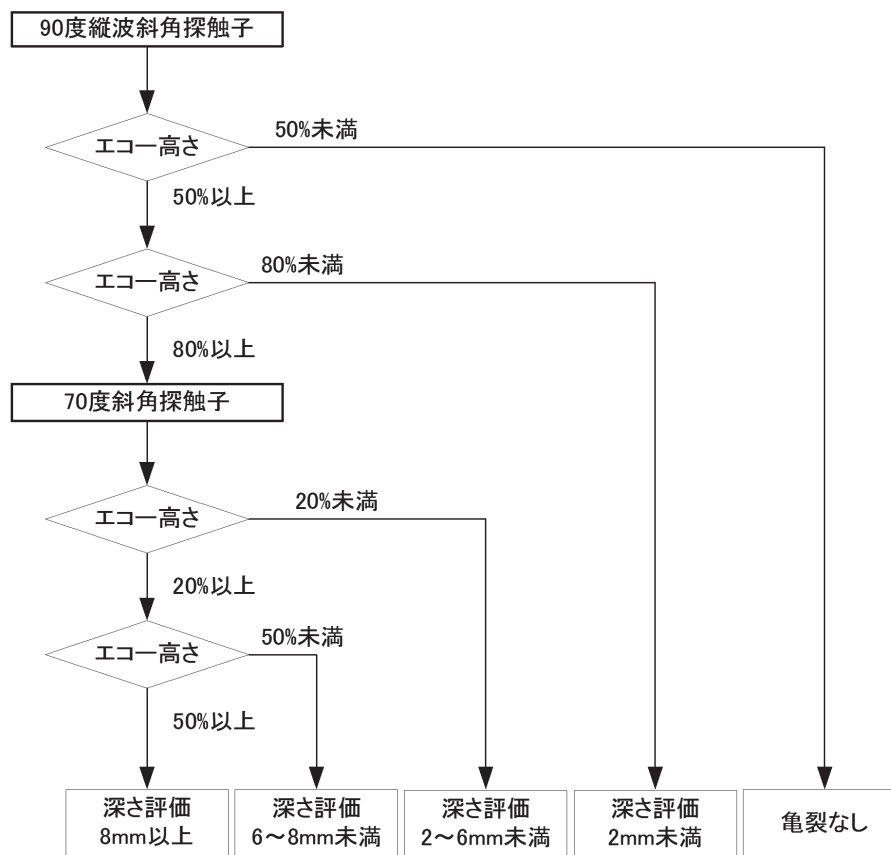
橋軸方向の位置は最寄りのブラケットまたは横リブからき裂端部までの距離で表す。幅員方向の位置は、溶接ビードの止端部から探触子前面までの距離、ビーム路程および溶接脚長より算出する。

(4)き裂の初期状態（2mm 未満）の検出には、表面SH波法も有効であり、90 度縦波斜角法で初期き裂が疑われる場合は、表面SH波法による確認を併用することが望ましい。

90 度縦波斜角探触子による方法では、原理上深いき裂の深さ計測には適さない面がある。そのため 90 度縦波斜角探触子による方法でエコー高さが 80%以上の場合は、70 度斜角探触子を用いて探傷し、き裂の有無に加えて深さの推定を行うのがよい。この場合検出されたエコー高さに応じて、概ね表解 6.3-1 に示す対応でき裂深さが評価できる。

表解 6.3-1 き裂深さの評価基準（70 度斜角探触子）

エコー高さ	き裂深さ
20%未満	2mm以上～6mm未満
20～50%	6mm以上～8mm未満
50%以上	8mm以上



6.3.4 超音波探傷試験の結果の記録

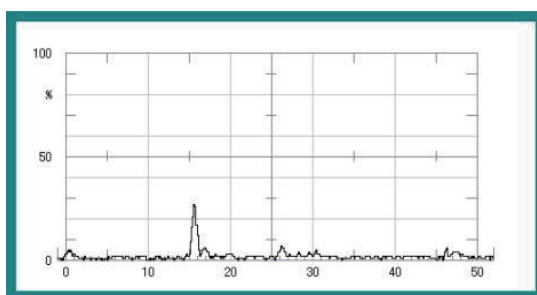
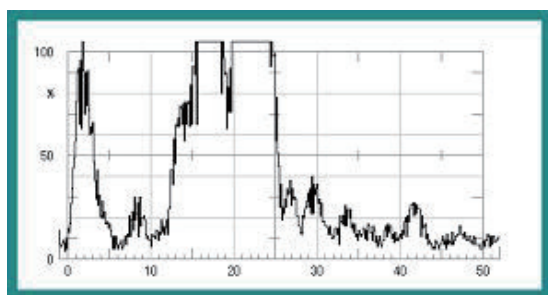
(1)調査範囲および探傷試験結果は、対比試験片での感度調整及びき裂を探傷した場合の代表的なAスコープ波形として記録する。このとき代表的なAスコープ波形は、適当な検査範囲毎にき裂深さの評価に対応して記録することが望ましい。

(2)超音波探傷試験の基準に従い、以下の項目について記録するのがよい。

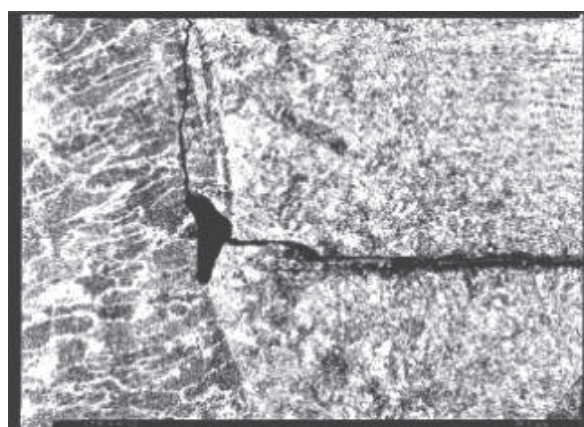
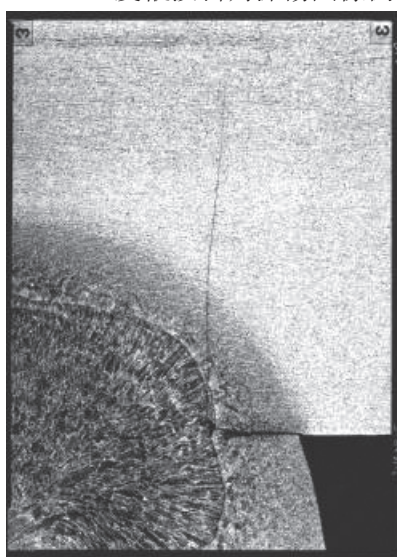
- ①各検査の範囲
- ②超音波探傷試験結果（エコー高さ・き裂深さ評価等）
- ③代表的なAスコープ波形

90 度縦波斜角探触子を用いた探傷では、検出の対象とするき裂と、ルート部のギャップやブローホールなどの溶接きずとの分離判別は難しいが、溶接きずと判別可能な場合は、その旨を記録しなければならない。

移動輪荷重載荷試験におけるトラフリブの隅肉溶接部のルート部から鋼床版のデッキプレートに板厚方向に進展する疲労き裂に対する超音波探傷試験による検出例を、図解 6.3-3～4 に示す。



図解 6.3-3 90 度縦波斜角探傷画像例 (R2R15) 図解 6.3-4 SH 表面波探傷画像例 (R2R15)



写真解 6.3-1 ルート部疲労き裂例 (顕微鏡写真; R2R15) 写真解 6.3-2 ルート部拡大 (R2R15)

6.4 調査箇所の養生

- (1)非破壊検査を行った調査箇所は、磁粉探傷試験終了後は、磁粉の除去を行い、超音波探傷試験終了後は、接触媒質の除去を行う。
- (2)調査箇所は、今後の調査や補修補強等の計画に支障のないよう適切な方法で防錆処理を行うなど保護する。

磁粉探傷試験終了後は磁粉を除去する。また、超音波探傷試験終了後は接触媒質を除去する。検査終了後、検査面の防錆処理を行わなければならない。ただし、本点検後の処置に応じて当該部位を追跡して調査する必要がある場合もあるため、条件に応じて適切な手法で措置するようにしなければならない。

一般には、調査によってき裂等の異常が確認されず、当該部位について定期的な点検が行われるだけとなる場合には所定の仕様による再塗装を行うこととなる。一方、き裂などの異常が確認され、継続的な監視、さらなる調査、補修、補強の措置などが行われる場合には、短期間であれば粘着テープなどによる応急的な防錆処理で保護することもある。

6.5 その他の調査

縦リブ内部の滞水や土砂等の堆積の有無の調査のために、打音法、超音波法、赤外線法を用いる場合には、以下による。

- (1) 関連する J I S 等の規格・標準がある場合にはこれによる。
- (2) 従事技術者に関して、J I S または日本非破壊検査協会が定める関連の技術者資格がある場合にはこれを有するものによる。
- (3) 調査箇所の構造や制約条件などを考慮し、適切な機器を選定する。

縦リブ内部の滞水や土砂等の堆積の有無の調査に用いることができる方法として、打音法、超音波法、赤外線法などがある。

各手法毎に適用可能な条件や調査にあたっての留意点が異なるため、適用しようとする条件と目的に応じて適切な手法を選定する必要がある。

なお非破壊検査手法の技術開発は進展著しく、各方面で新しい手法の開発や機器の能力向上が行われているため調査では所要の目的・条件に適合した技術であればここに示す代表的なものに限らず活用するのがよい。ただし結果の評価にあたっては適用技術の特性を正しく理解して適切な評価を得るようにしなければならない。

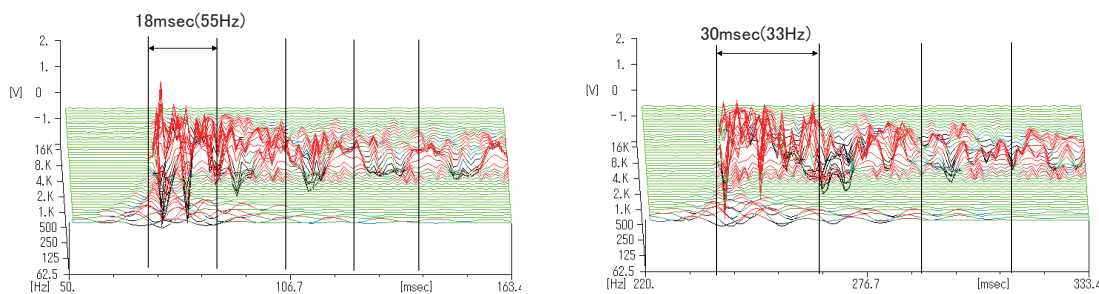
以下にこれまでに実績のある代表的な方法の概要を示す。

1) 打音法

打音法は、縦リブの下フランジをケレンハンマー等により叩いたときの反響音をセンサーで検知し、アンプによって変換したものをパソコンにデータ収録し、解析するものである（図解 5.3 参照）。

変状を絶対評価することは一般に困難であるものの、同一断面内の複数の縦リブを対象に調査を行い、明らかに健全であることが予め分かっているものとの対比によるなど、同条件下で取得されるデータ（反響音）の相対比較により判定することが可能な場合がある。例えば図解 6.7-1 は、同じ形式のリブで滞水がある場合とない場合の打音時の反響音をウェーブレット解析した結果の例である。滞水のある場合には、ない場合と比較して波形のピーク高さが小さくなり減衰も大きくなる傾向がみられる。このように減衰残響が多い（減衰が小さい）場合や周波数がより高いものは健全である可能性が高く、健全部と思われるデータに比べて、残響が小さい（減衰が大きい）場合や周波数がより低い場合には縦リブ内部に滞水や土砂等の堆積の可能性がある。なお、縦リブが腐食によって著しく減肉している場合にも周波数特性が変化する場合があるので注意が必要である。

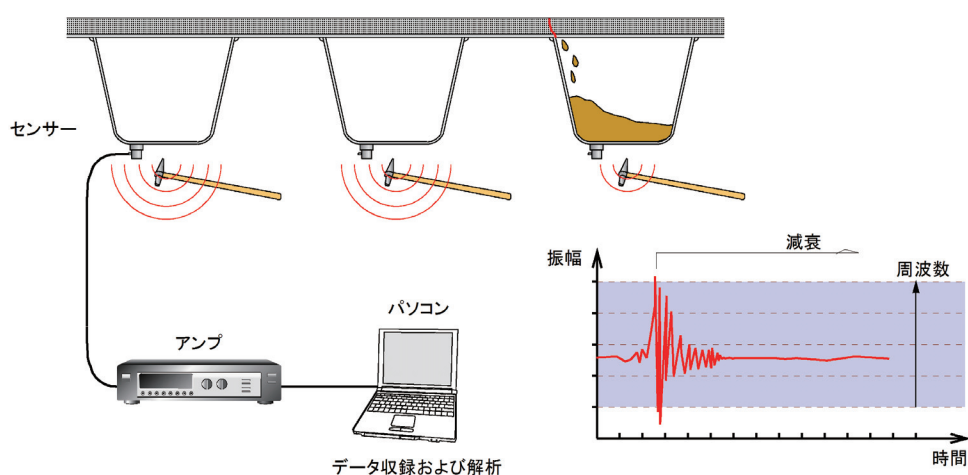
なお、この方法は、比較的容易に実施が可能な反面、一定の状態でハンマリングするのが困難なこと、定量的な判定ができないことなどが課題である。



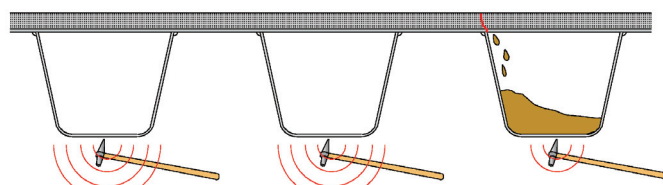
(a) 滞水のないリブの打音結果

(b) 滞水のあるリブの打音結果

図解 6. 7-1 打音反響音のウェーブレット解析結果の例



図解 6. 7-2 打音検査による音波解析方法



図解 6. 7-3 簡易な打音検査方法

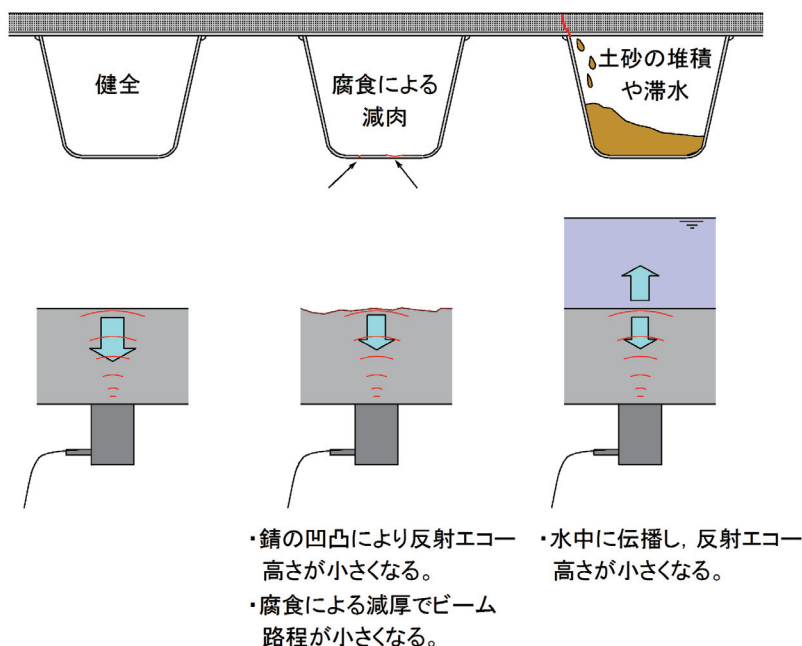
2) 超音波法

超音波法は、縦リブ底面において垂直探傷試験を行い、底面エコーの高さや波形の違いによって縦リブ内面の状況を推定するものである。縦リブ内面に土砂や泥水が存在する場合、反射エコーが減衰しエコー高さが変化することを利用する。また、縦リブ底面に錆が発生している場合や土砂や泥水が堆積している場合は、次のような変化により縦リブ内部の状況がある程度推定できると考えられる（図一解 3. 4. 7 参照）。

腐食：エコーの反射時に散乱が大きくなり、反射エコー高さが小さくなる。減肉がある場合は、エコーのビーム路程が小さくなる。

堆積物や泥水：反射エコー高さが小さくなる。

本法は、容易に実施が可能な反面、測定が点測定であること、測定方法の確立（例えばエコー高さの閾値の設定など）が十分でないことが挙げられる。



図解 6. 3. 4 超音波法による縦リブ内部状況の推定方法

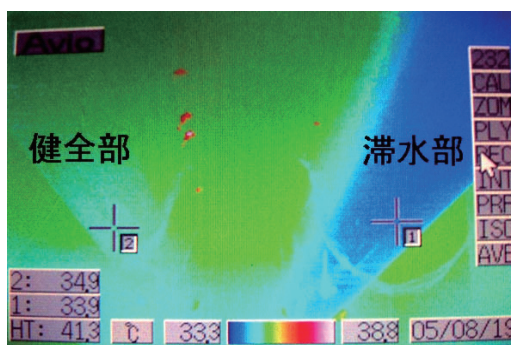
3) 遠赤外線法

遠赤外線カメラ（サーモトレーサ）により、縦リブの表面温度を調査するもので、健全部と損傷部と思われる縦リブ相互の表面温度を比較するものである（図一解 4（1）. 4～図一解 4. 5 参照）。縦リブ内部に土砂等の堆積物がある場合、比熱の違いによって縦リブの温度変化に違いが生じることを利用する。そのため、外気温の変化が大きい場合に有効な方法である。

この方法は、比較的容易に実施が可能である上、鋼床版裏面が撮影できる場所であれば、箱桁内でも足場をかけることなく調査することが可能である。しかしながら、デッキプレートから雨水や土砂などの堆積物が無い場合には、デッキプレート貫通き裂が生じていても、把握ができないことを念頭に調査すべきである。



写真解 6. 7-1 遠赤外線カメラ



写真解 6. 7-2 縦リブ表面温度の違い

- ・ 参考資料
非破壊検査結果報告様式の例

磁粉探傷詳細報告書（磁粉様式-2）

位置				
<table border="1"><tr><td>損傷位置図</td><td>損傷詳細図</td></tr></table>			損傷位置図	損傷詳細図
損傷位置図	損傷詳細図			
内 容				
位置				
<table border="1"><tr><td>損傷位置図</td><td>損傷詳細図</td></tr></table>			損傷位置図	損傷詳細図
損傷位置図	損傷詳細図			

磁粉探傷檢查結果一覽表(磁粉樣式-3)

[illegible]

超音波探傷概要報告書 (UT様式-1)

平成 年 月 日 報告

構造種別					
点検名	点検種別	路線名	点検箇所		
点検請負者	現場点検作業責任者	点検員	点検日(天気)		

(損傷概要図)

断面図

車輪位置

デッキプレート

縦リブ

超音波探傷範囲

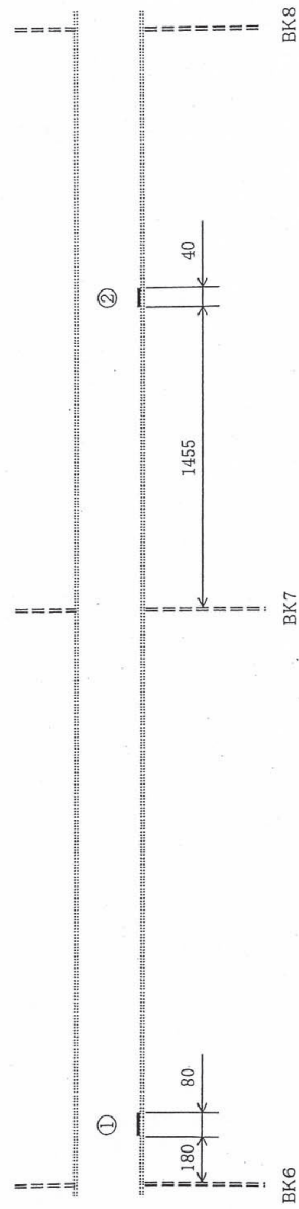
超音波損傷詳細報告書 (UT様式-3)

平成 年 月 日 報告

構造種別		点検種別	路線名	点検箇所
点検名		現場点検(作業責任者)	点検員	点検日(天候)
点検請負者				

亀裂位置詳細図 (記載例)

単位: mm



深さ(d): 貫通

深さ(d): 2mm以上6mm未満

