

第1編 『鋼道路橋の合理的な維持管理検査についての提言』

(鋼橋技術研究会 維持管理技術研究部会 検査WG)

目 次

1. ま え が き	・・・	1
2. 維持管理検査の現状と問題点	・・・	2
3. 合理的な維持管理検査	・・・	4
3-1 維持管理検査の考え方	・・・	4
3-2 定期検査のインターバル	・・・	6
3-3 検査部位	・・・	10
3-4 検査率	・・・	12
3-5 検査手順	・・・	14
3-6 検査要領	・・・	16
3-6-1 種類と特徴	・・・	16
3-6-2 検査条件	・・・	17
3-7 検査技術者	・・・	18
4. 適用性実験	・・・	19
4-1 実験目的と概要	・・・	19
4-2 実験結果	・・・	19
5. あ と が き	・・・	23

1. まえがき

鋼道路橋の維持管理は、社会資本ストックの充実、長期に亘っての有効的な活用の意味からも近年増々重要な課題となっており、維持補修事業費を見ると、図-1に示されているように2000年には全体公共投資額の30%程度が、予想されている状況である。このような観点からも、維持管理技術の早期確立が望まれており、各関係部署においても、マニュアル的なものが整備されつつある。

鋼橋の損傷としては、舗装・床版のひびわれ・剝離等、床組・主構のクラック・座屈・破断・腐蝕、附属品の腐蝕・クラック・変形等があるが、最近の事例として交通量の増大、車両の大型化、高材質採用に伴う剛性の低下等を原因とした床組・主構のクラックが報告されている。

昭和60年～昭和63年の約3年半鋼橋技術研究会の鋼橋維持管理研究部会検査WGにおいてRC床版を有するプレートガーダー橋について、腐蝕・破断・座屈・クラックの維持管理検査について検討したが、本報では特に疲労クラックを中心として、検査インターバル、検査部位、検査率、検査の方法等について提言する。

検査を行う際の現場条件は、供用中、高所、狭隘部分である以外に塗装が施されているという問題を有しており、検査要領にはその条件を考慮する必要があった。そこで、塗装を施した供試体を製作し、クラックを生ぜしめ、目視を含めた非破壊検査手法を用いて適用性実験を行い欠陥検出性能を調査した。

本報はその結果を踏まえた提言である。

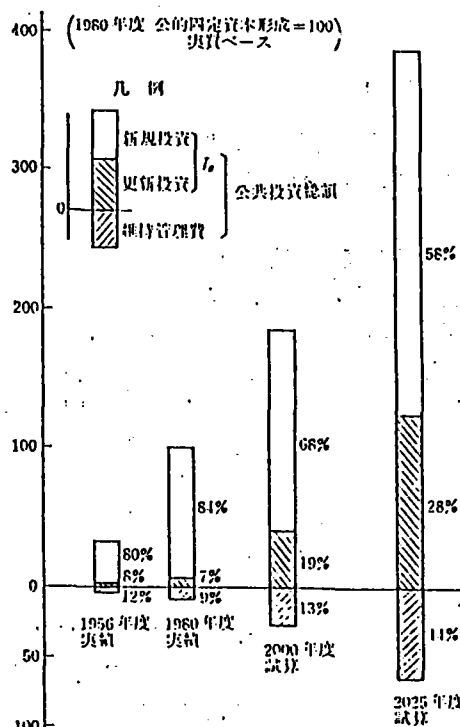


図-1 公共投資総額

(注) 1. 国土庁計画・調査局試算。
 2. 上水道、下水道、廃棄物、都市公園、住宅、保健医療、社会福祉、教育、道路、国鉄、港湾、造船、治水、海岸、農漁、林業、漁業の花川であり、用地費は除く。
 3. 今後の λ の伸びが実質年3%の場合の試算値である。
 4. (%)は公共投資総額に占める比率である。

2. 維持管理検査の現状と問題点

維持管理検査の重要性に対する認識が、国内のみならず国際的にも高まっており、維持管理検査の現状や問題点に関する多くのレポートが国内外に発表されている。この中で日本を含めた先進国における維持管理検査の現状と問題点についての概略を以下に示す。

(1) 維持管理検査のシステム化

システムチックな維持管理を目指して、管理基準のマニュアル化、橋梁データのデータベース化、維持管理全般の電算化が進められている。

日本の主な管理機関では、点検レベルでのマニュアルは一応作成されているものの、検査についてはその内容が多岐に渡ることもあり、まだマニュアル化は成されていないようである。部材や材料別の検査の方法や検査結果に対応した処置の方法を明示したマニュアルの作成が望まれている。

また日本においては、橋梁データのデータベース化はまだ始まったばかりであるが、既設橋梁のデータをいかに早くデータベース化し、システム全体の内容の充実を図るかが課題となっている。

(2) 非破壊検査技術の開発

橋梁の供用に支障を与えないで現況を把握する手段として、各種の非破壊検査技術が開発されている。

日本においても、赤外線や放射線、磁力線、超音波等を利用した損傷探査技術が開発されており、また、それらとロボットやコンピュータを組み合わせた損傷探査技術の開発も進められている。しかし、現状では検査精度、適用範囲などに問題も残されている。

(3) 検査員の資格制度及び教育システムの確立

アメリカでは橋梁検査をコンサルタントに委託することが多いようであるが、検査員の資格を法律で定めたり、検査員の教育システムの確立に力を入れるなど、検査内容を充実させるための努力がなされている。

日本においても、主な管理機関では検査をコンサルタントなどの民間に委託する傾向になっており、検査員の資格制度及び教育システムの確立が急務となっている。

今後はさらに、検査の瑕疵責任の取扱いやそれに伴う保険制度の検討が必要になってくると考えられる。

(4) 予防的維持管理に対する原資の確保

維持管理に関する費用が年々増加する傾向にあるのは国際的に共通であり、その原資を安定的に確保する方法を各国とも模索している状況である。先進国の中でも西ドイツは、橋梁の維持費用の償却金額計算基準が定められており、原資の確保のための国民のコンセンサスは得られやすい状況になっている。

今、維持管理に適正な費用を支出することが、将来の大きな維持費用の発生を防ぐのだという、予防的維持管理の重要性を説明するようなものが日本においても望まれ、そのためには橋梁の設計上の寿命の設定や適正な年額保全費用の設定が必要である。

3. 合理的な維持管理検査

3-1 維持管理検査の考え方

鋼橋の維持管理について、現状は、必ずしも十分な状態にあるとは言えない。一方、鋼橋は経年による老朽、劣化が避けられないが、現状を認識したうえで、その合理的、経済的な維持管理検査手法を確立し、常に橋梁の状態を正しく把握することにより、その長期的な有効活用を図ることが急務になっている。

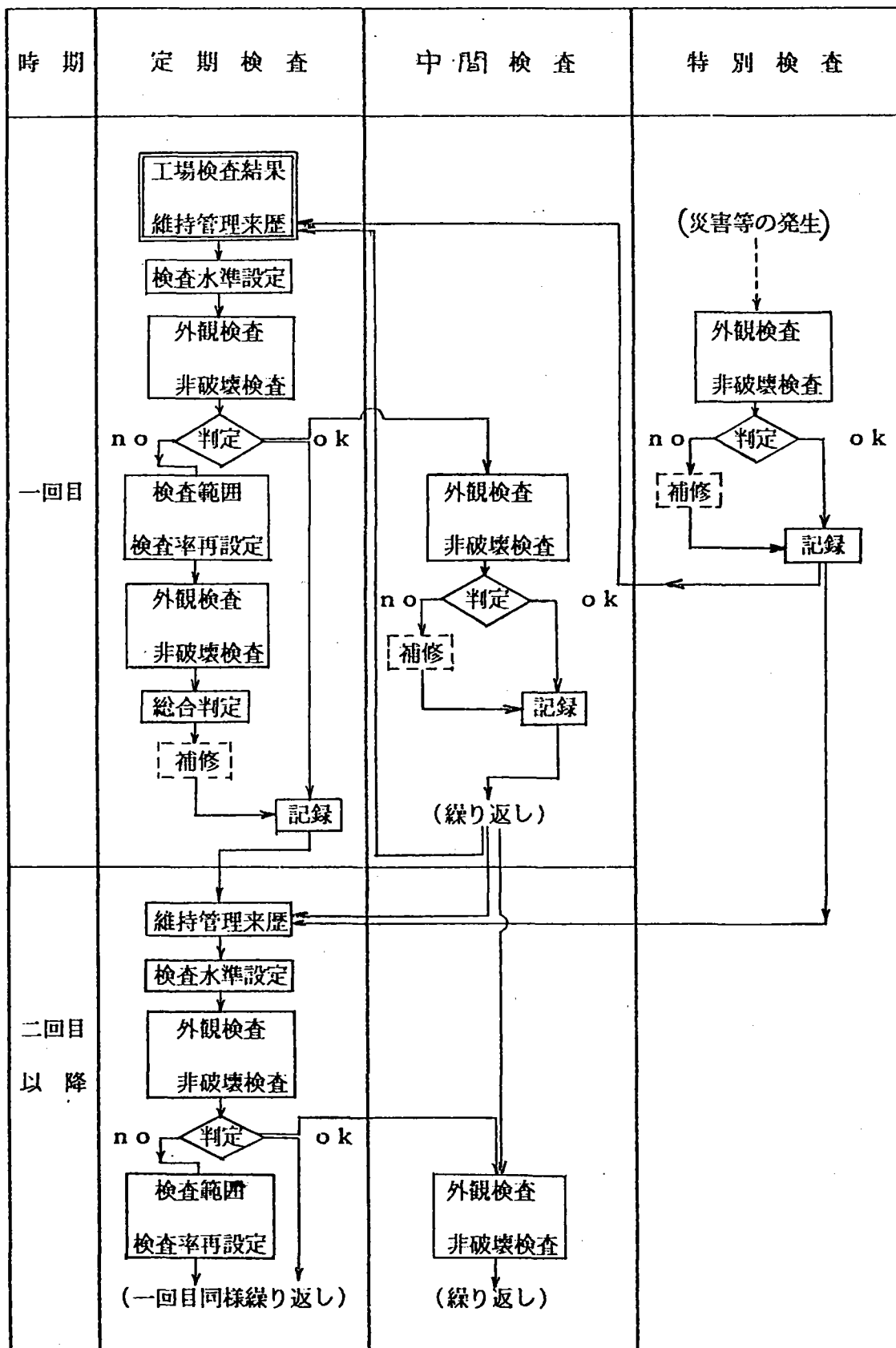
維持管理検査は、現在供用中の橋梁について、その健全性を何んらかの方法で確認し、必要に応じて、その寿命を延ばすために必要とする情報を得ることを目的とする検査である。鋼橋（主としてI桁並列橋）について、過去における損傷事例の発生状況を調べると、経年数により、損傷の発生部位や頻度が大きく左右され、また、損傷はある特定の部位（例えば、支点部、対傾構取付け部）などに多く見られることがわかる。従って、維持管理検査は、その効率および信頼性を高めるために、損傷事例をもとにしてその対象箇所を選定し、損傷頻度に応じてその検査率を変えるなど抜取り検査手法を用いて実施することが合理的であり、当グループでは、後述するように、経年数に応じた検査水準および検査手順などを設定した。

検査手順については目視による外観検査を主体的に行なうことにし、損傷事例（クラック、座屈、破断、腐食など）のうち、クラックについては目視で認められた場合にかぎり、さらに非破壊検査手法を適用して、その大きさ、状況などを調査する事にした。

なお、維持管理検査は通常下記の三種類に分けることが出来、その検査手順を表-1に示す。

- | | |
|---------|--|
| 1. 定期検査 | 供用開始後の経年数に応じて、所定のインターバルで定期的に行なう検査 |
| 2. 中間検査 | 定期検査時に発見された補修不要と判断された損傷のうち、クラックのように、経年的に欠陥が進展する可能性の有るものについて、つぎの定期検査まで継続的に追跡し確認する目的で行なう検査 |
| 3. 特別検査 | 突発的な災害、事故により損傷したと推定される場合に、その都度行なう検査 |

表-1 維持管理検査手順



3-2 定期検査のインターバル

維持管理検査を合理的に行なうため、検査時期（インターバル）は、橋梁の供用環境、経済性などを考慮して決める必要がある。

供用環境は設計当時の仕様、経年数、架設場所の気象、交通の状態、維持管理体制などである。

経済性は検査に伴う費用である。維持管理検査を行なう場合、すでに検査路等の検査用設備が設置されている場合はよいが、一般の国・県道の橋梁においては点検用車両を用意したり、足場を設置したりする必要が生ずることがある。また検査路等が設置されている場合でも、検査機材の調達に費用を要する場合がある。

このように検査時期は、対象部位、検査の程度、費用、手法などとも関連して決定する必要がある。したがって足場等を必要とする全面的検査については、表-4、表-5などに示されている内外の定期点検の頻度を参考にし、また国内の橋梁の塗装間隔が7~10年あたりにあることも考えあわせ、そのインターバルを原則6年とし、ほぼ定期的に実施される補修塗装の際にその足場を利用することで行なうことを提案した。

また、橋梁の定期検査の内容・程度は、その経年数に応じて変えるのがよいとする考えから、検査水準とインターバルとの関係を表-3に示すように提案した。

表-2 検査水準と検査インターバル

経年数	検査水準	定期検査インターバル
6年以下	I	6年目に1回実施
6~12年以下	II	12年目に1回実施
12~24年以下	III	6年毎に実施
24年超	IV	6年毎に実施

表中の検査水準I~IVのそれぞれについては3-4で述べるとおり、I...IVの順に検査の内容が詳細になるものとしている。

検査のインターバルの決定に際しては、交通量と作用応力との関係すなわち疲労クラックの進展時間から推定して設定することも一つの方法である。実荷重下における橋梁部材の疲労寿命を算定する方法はまだ確立されていないが、いくつかの仮定にもとずいて主桁の対傾構取付部のスチフナー溶接部における、疲労クラックの進展速度の試算を行なったので、表-3に結果を示す。試算によれば、長さ0.6 mmのクラックが20 mmに進展して目視による発見が可能になるには、6年を要するとの結果が得られており、6年毎程度に定期検査を実施することは一応意義のあることと考えられる。

表-3 疲労クラック進展速度試算表

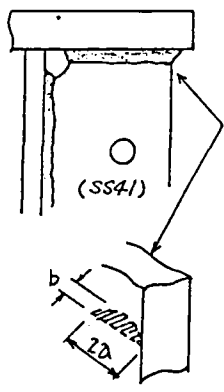
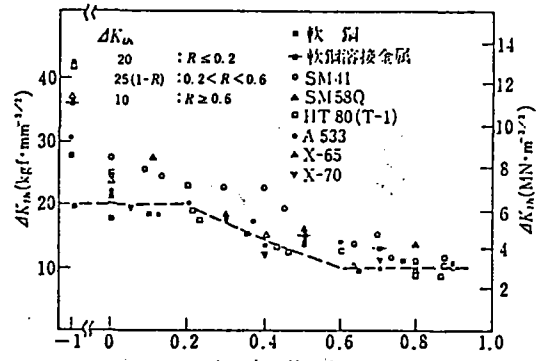
評価モデル	疲労クラック発生評価	疲労クラック進展速度試算結果
<p>対象部位</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対傾構取合補剛材の上フランジ側溶接部端部 (材質41Kgf/mm²クラ) ・半楕円切欠き形状 b=0.3mm 2a=0.6mm ・補剛材幅 100mm ,スラップ 35 R 	<ul style="list-style-type: none"> ・評価式 (満足する時クラック発生) $\Delta KI \geq \Delta K_{th}$. . . ① ΔKI ; 応力拡大係数KIの変動幅 (Kgf/mm^{3/2}) ΔK_{th}; ΔKIの下限値 ΔKIはWES2805 『溶接継手のせい性破壊に対する欠陥の評価方法』より $b/a \approx 1$ の場合 $\Delta KI \approx \Delta \sigma \sqrt{\pi \cdot a} = 23.3 \text{Kgf/mm}^{3/2}$ ΔK_{th} は下図より $R=-0.43$の時 $\Delta K_{th} = 20 \text{Kgf/mm}^{3/2}$ ∴ $\Delta KI \geq \Delta K_{th}$ 従ってこの場合クラックは発生する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・評価式 (パリスの進展則) $da/dN = C(\Delta KI)^m$. . . ② da/dN ; クラック伝播速度 a ; クラックの寸法 C, m ; 材料定数 軟鋼の場合 $m \approx 4$ $C \approx 5.5 \times 10^{-12}$ $\Delta KI \approx 23.3 \text{Kgf/mm}^{3/2}$ ②式より初期欠陥長さ($a_0=0.6\text{mm}$)が溶接部全線(a_n)に進展するまでの応力繰返し数 N は②式より $N = \frac{1}{C(\Delta KI)^m} (a_n - a_0)$ $= \frac{1}{6.2 \times 10^5 \times (65-0.6)}$ $= 3.97 \times 10^7 \text{ (回)}$ 実例から溶接部全線破断するのに20年経過したと仮定すると長さ20mm ($a_n=20$)まで進展する経年数は上式より 6年程度となる。
<p>応力条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作用応力 (床版タワミ、主桁タワミ差部材偏心等) ・応力変動幅 $\Delta \sigma$; 14 ~ 24Kgf/mm² 最大値24Kgf/mm²採用 ・応力値 (変動幅の70%を圧縮応力と仮定) $-16.8 \sim 7.2 \text{Kgf/mm}^2$ ・応力比 $R = -0.43$ 	<p>軟鋼及び低合金鋼の ΔK_{th} に及ぼす R の影響</p>	

表-4 国内各機関の点検マニュアル

	建設省 橋梁点検要領(案) S.63.7	首都高速 土木構造物点検要領 S.57.3	阪神高速 道路構造物の点検標準 S.60.9	道路公団 点検の手引(案) S.58.6
目的	橋梁点検は、道路維持管理業務の一環として、管理する橋梁の現状を把握し、異常及び損傷を早期に発見することにより安全・態に維持し、修繕するため、道路の状況な円滑な交通を確保するとともに、合理的な橋梁の維持管理のための資料を得ることを目的とする。	点検は、構造物を常に良好な状態に保つために、構造物の損傷を早期に発見することを目的とする。	この道路構造物の点検標準は、阪神高速道路を構成する種々の構造物のうち一般的な土木構造物の調査を含む点検の標準を示すものである。従って点検の実施にあたっては、道路構造特性、供用年数、交通条件及び位置する環境条件を十分配慮のうえ適切な点検を行うよう心掛けなければならない。	道路の点検は、一般の交通および第三者に支障を及ぼさないよう道路を常時良好な状態に維持し、並びに道路の利用状況を的確に把握し、評価・判定することを目的とする。
検査機構 または 検査員	[検査員の資格] ○大学卒業後5年以上の実務経験者 ○短大・高専卒業後8年以上の実務経験者 ○高校卒業後11年以上の実務経験者 ○前項と同等以上の能力を有する者		[検査員の資格] ○日常点検の場合 ・大学卒業後3年以上の道路構造物に関する実務経験者 ・短大卒業後5年以上の道路構造物に関する実務経験者 ・高等学校卒業後8年以上の道路構造物に関する実務経験者 ・前項と同等以上の能力を有する者 ○定期点検あるいは臨時点検の場合 ・大学卒業後5年以上の道路構造物に関する実務経験者 ・短大卒業後7年以上の道路構造物に関する実務経験者 ・高等学校卒業後10年以上の道路構造物に関する実務経験者 ・前項と同等以上の能力を有する者	
検査の種類	(通常点検) 道路の日常巡回を行う際に併せて実施する橋梁の目視点検。 路上…バトロールカーを原則として、必要に応じて徒歩で行う。 路下…徒歩を原則とする。 頻度-道路巡回要領(案)による (定期点検) 目視及び簡易な点検機械・器具により行う定期的な点検。 遠望…徒歩を原則とし、必要に応じてボート等で行う。-2年に1回程度 近接…点検車あるいは工事用足場を原則とし、必要に応じてボート等で行う。-10年に1回程度 (異常時点検) 地震、台風、集中豪雨、豪雪等の災害が発生した場合もしくはそのおそれがある場合と、異常が発見されたときに、主に橋梁の安全性を確保するために行う点検。 頻度-必要に応じて (検査項目) ○上部工 ○伸縮装置 ○下部工 ○排水施設 ○支承 ○落橋防止装置 ○高欄 ○点検施設 ○防護柵 ○遮音施設 ○地覆 ○照明施設 ○縁石 ○標識 ○中央分離帯 ○袖擁壁 ○舗装 ○添架物	(日常点検) 高速道路上および高架下からバトロールカーにて、高速道路全体を目視および車上感覚によって日常行う点検。 (定期点検) 構造物を初め定められた点検計画に基づき、細部にわたって行う点検。 (臨時点検) 異常事態により損傷が生じた場合、あるいはそれが予感される場合に、これらに対処するため臨時に行う点検。	(日常点検) 高速道路上(路上)または高架下(路下)から行う点検であり、損傷を早期に発見し、必要な対策を講ずることによって、交通の安全、円滑の確保および第三者に対する障害の除去を図ることを主体とし、加えて、道路構造物の良好な保全のために日常的に行う点検。 路上、路下-週1回、月1回、年1回 (定期点検) 道路構造物の健全度を把握し、機能低下の原因となる損傷の早期発見と評価ならびに追跡のために写真撮影または道路構造物に接近して定期的に行う点検。 頻度-年1回 写真、梁上、足場上-5~7年に1回 (臨時点検) 外的な異常事態や重大な損傷が生じた場合あるいはそれが予測される場合、これらに対処し損傷の拡大を防止するために行う点検、ならびに他の点検結果の評価または確認、補修の要否の決定、補修方法の調査や検討等の種々の目的により必要に応じて臨時に行う点検。 頻度-必要に応じて (検査項目) ○コンクリート構造物 ○付属構造物 ○鋼構造物 ○排水施設 ○床版 ○非常口 ○舗装 ○遮音壁 ○伸縮継手 ○危険防止柵 ○構造物沈下	(日常点検) 車から視認できる範囲の道路の状況、ならびに道路の利用状況の日常的な点検。 -1日1回 (定期点検) 徒歩にて構造物に可能な限り接近して行う定期的な点検。 定期点検A…管理区間全体の構造物の状況の全般的な点検 -年1回 定期点検B…個々の構造物の状況の細部にわたっての点検 -年1回 (臨時点検) 日常点検または定期点検を補完するため、必要に応じて行う臨時的な点検。 -必要の都度

表-5 諸外国の検査マニュアル

	アメリカ 橋梁維持点検マニュアル AASHTO (1978)	西ドイツ 道路及び附属構造物の監視と検査 DIN 1076 (1983)	イギリス 構造物の点検に関する技術覚書 運輸省 道路管理局	フランス 構造物の点検・維持に関する技術指針 道路交通局
目的	道路橋の物理的状态の判定あるいは補修を必要とするかどうかの判断および検査手順を統一するための基準作成を目的とする。	構造物の定期的な監視および検査によって発生した欠陥を適確に知り、責任機関ないし保守機関が大きな損害の発生前あるいは通行安全性の毀損前にそれらの欠陥を取り除きうるようにすることを目的とする。	構造物の検査について情報と指示を与えることを目的とする。 ここでいう構造物とは、幹線道路の上下部すべてをいう。 私有の橋梁、上記道路を跨ぐ鉄道橋、および河川上の開閉橋は除く。	構造物の安全を確保するため、その状態および使用条件を系統的に細心に監視し、必要な時期に最も経済的に維持・補修を行って使用できる状態を維持することが必要である。本指針は構造物の監視および維持に関する原則と形態を定めることを目的とする。
検査機構 または 検査員	<p>[検査員の資格]</p> <ul style="list-style-type: none"> 技術者として正式な登録者 技術者として登録されうる資格があると認められた者 橋梁検査の責任者として10年以上の経験があり、橋梁検査員訓練マニュアルに基づく総合的な実習課程を終了した者。 	<p>[検査員]</p> <p>構造物の静力学的状態および構造的状態をも判定しうる専門技術者</p>	<p>[機構]</p> <ul style="list-style-type: none"> 地方官制官がその地方の当該構造物の検査を所掌 国鉄とロンドン交通局の線路の中の幹線道路、自動車道路の中の構造物は彼等が検査する。 当局の橋梁技術部は検査の全ての状況の通告、検査方法の明示、保全に関する情報収集、経験事項の報告等の機能を有する。 	<p>[機構]</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD A[地方建設局] --> B[工事事務所長] A --> C[検査官] </pre> </div> <ul style="list-style-type: none"> 管内の構造物の点検維持を構造物管轄部の技師を通じて行う責任がある。 必要に応じ委託する。
検査の種類	<p>(検査の程度と頻度)</p> <p>当該橋の経年数、通行特徴、保守状況、判明している欠陥の程度により異なる。場合により中間点検を実施する。</p> <p>(定期検査)</p> <ul style="list-style-type: none"> 資格をもった検査員により2年に1回 検査時期は1年中で最も好ましい時期を選ぶ。 検査は単に存在すると思われる欠陥の探索だけでなく予想される問題をも包含する。 <p>(検査項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> 橋梁取付部 水路 橋台・橋脚 ベント 縦桁 主桁 コンクリート桁 支承 伸縮装置(継手) 床版 緑石、歩道、高欄、防護施設 トラス(鋼製) 〃(木製) 可動橋、吊橋 標識、添架物 美観、その他 	<p>(構造物監視)</p> <ul style="list-style-type: none"> 通常検査 - 3ヶ月ごと 定期検査 - 年1回 (簡易検査) - 3年ごと 荷重容量 - 計算上の想定との一致の確認 <p>状態 - 沈下、傾斜、亀裂、変形</p> <p>(本検査) - 6年毎</p> <ul style="list-style-type: none"> 簡易検査で決められた全項目 接近が困難な構造物材、全ての溶接継手、リベット、高力ボルト <p>(特別検査)</p> <p>大型暴風、大規模洪水、重大な交通事故並びに構造物の存続に影響を及ぼすその他の事象の発生後、構造物監視からそれが必要と考えられた場合</p> <p>(荷重試験)</p> <p>必要に応じて実施し、変形や伸びを測定し、計算値との比較を行う。</p> <p>(検査項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> 交通標識、防護板等の破損欠落 高欄、防音壁等の破損 舗装の破損、排水、伸縮装置等の破損 上・下部構造物の衝撃破損、部材の外れ、たれ下り、異常変形、亀裂、割れ等 橋台部の道路沈下、その他 	<p>(表面検査)</p> <p>通常管理検査</p> <p>(一般検査)</p> <p>チェックリストB E10に基き技師による検査</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2年以内 (主要検査) - 6年以内 <p>構造物の全部分の詳細調査、地方官制官へ報告</p> <p>(特別検査)</p> <ul style="list-style-type: none"> 表面検査から判明した特別な状況で行うもの 地盤沈下や河川氾濫後の基礎 重量制限を条件としての検査 鑄鉄構造物に対して6ヶ月以内の検査 <p>(検査項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> 洗掘 排水・防水 鉄構 (腐蝕、リベット、ボルトの弛み、溶接部のクラック、塗装むら、座屈、変形) RCとPC構造物 (コンクリートの割れ、かぶり不足、クラック等) レンガアーチ コルゲートメタル構造物 歩道橋、標識および橋梁備品 桁下空間 箱桁橋(内部検査) 	<p>(継続点検)</p> <p>継続点検の責任者は地区工事事務所長であり、事務所の係員全員で実施する。</p> <p>(定期点検)</p> <p>定期点検、構造物リストの作成</p> <ul style="list-style-type: none"> 年次点検(年1回) 詳細点検 - 原則として5年ごとに有資格者によって行う。 <p>(精密観察)</p> <ul style="list-style-type: none"> 初回詳細観察 供用開始前または開始直後できるだけ早く実施。 保証期限末の点検又は監察 特別監察 継続点検、年次点検で発見された重大な異常を追求するために行う。 <p>(重点点検及び特別点検)</p> <p>局長が決定する検査で計測器の設置を含む</p> <p>(検査項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> 基礎および支承 構造物の周辺部および付帯施設 橋梁(石造橋、コンクリート橋、PC橋、メタル橋) 隧道 その他構造物

出典：土木学会関西支部、既存橋梁の耐荷力と耐久性、昭和60年7月

3-3 検査部位

検査対象部位をその検査率とともに、表-6 に示す。

検査部位を決めるにあたっては、まず支点上と中間部に大別した上で、主桁一般部、対傾構・横桁・横構一般部、主桁と対傾構取合い上部、同下部、主桁と横桁取合い部、横構取合い部というブロックに分けた。検査部位の詳細は、それぞれのブロックについて上下フランジ、ウェブ、スティフナー、ガセット、リブプレートなどの部材名と、溶接部、添接部、一般部といった部位で特定した。また、溶接部については、表中の対象位置図に示すように、溶接線にそった検査範囲を定量的に定めた。

これらの部位の設定に先立って、既設橋梁における損傷(クラック、座屈、破断、腐食など)の発生状況を調べた。それによると、あらゆる部位に何らかの損傷が発生しているものの、頻度の多寡には傾向が見られた。とくに、クラックについては、図-2 に示すように部材間の溶接部、取合い部での発生が多い。検査部位の設定にあたっては、これらを考慮の上、損傷の多発箇所を重点的に細分化した。

なお、床版、伸縮継手、沓、および高力ボルトは、今後別に検討することとし、ここに報告する検査要領の対象外とした。

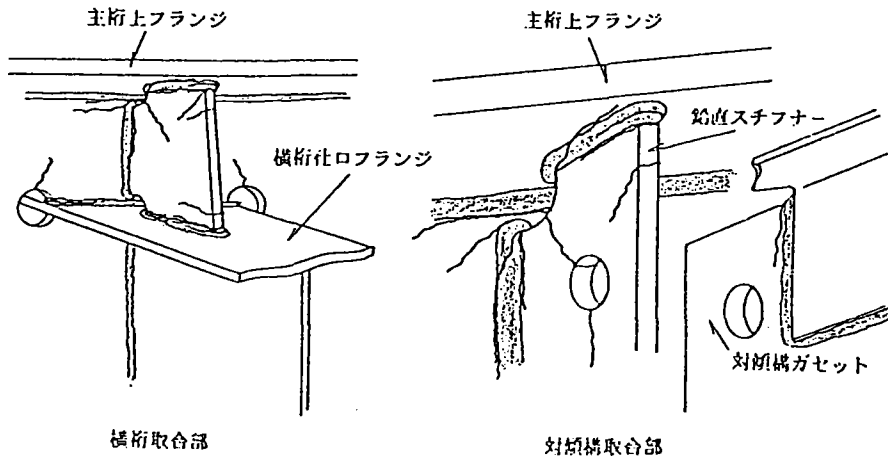


図-2 クラックの発生パターン

3-4 検査率

鋼道路橋の損傷は突発的な災害等を除けば、種々の損傷が徐々に進行するものであり、定期的で系統的な維持管理が行われていれば、突然落橋するまで異常が認識されないという事は考えられない。従って検査部位をあらかじめ定めておき、計画的な検査を行えば必ずしも全箇所100%検査をしなくても橋梁の健全性評価は可能であると考えられる。

この様な考え方で、経年数や損傷事象、部位毎に表-6の様検査率を設定した。検査率は、部位毎(ロット毎)に25、50、100%としており空欄は、その検査水準では検査しないことを意味している。又、支点上は中間部に比べて損傷頻度が高いこと、対象部位が少ないこと、比較的接近し易いことを考慮して各損傷事象ともに100%検査を原則とした。又、抜取検査のロット合否判定基準として、1箇所でも欠陥が発見されればそのロットは不合格として全数検査することとした。

次にこのような抜取検査が検査の信頼性や橋梁の健全性評価にどのような意味をもつかについて、次に示す試算モデルにより考察してみる。

- ・対象部位；中間対傾構取合い補剛材の上フランジ溶接部近傍
- ・対象事象；左図に示すようなクラック
- ・箇所数；3主桁で合計24格点とし、1格点当り4事象となる。

従ってロットの大きさNは、 $24 \times 4 = 96$ となる。

- ・サンプル数(n)；検査率25%・・・ $n = 24$

検査率50%・・・ $n = 48$

検査率75%・・・ $n = 72$ (参考)

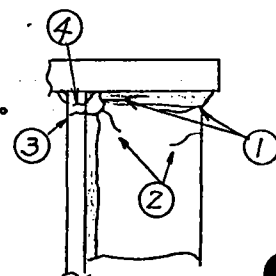


図-3

抜取検査は、検査の結果得られる品質限界をあらかじめ決めておいて、抜取方式が設計されるものであるが、既設橋梁の検査の場合、許容される欠陥不良率は必ずしも明確ではない。従って、本検査要領では目標許容不良率を定めずに検査率を設定しているので、この検査率で行った場合、結果としてどのような不良率になるかも検討してみる。尚、不良率とはロットの大きさNに対して存在又は残存する欠陥数の割合を示す。

一般に不良率pである大きさNのロットから、任意にn個のサンプルを抜取ったとき、そのサンプル中にr個の不良が現われる確率p(r)は、超幾何分布の場合の式を用いて

計算される。 $r = 0$ の場合、 $p(0)$ の値は直ちにロット合格率を意味する。 $r > 0$ の場合は全数検査となるが、この確率は $D(0) = 1 - p(0)$ となる。

図-4に不良率 p を0~20%と変化させた場合の $D(0)$ のグラフと、 $P = 5\%$ 及び10%の場合の $D(0)$ の値を示す。

検査率 (%)	D(0) (%)	
	p=5%	p=10%
① 25	76	95
② 50	97	100
③ 75	100	100

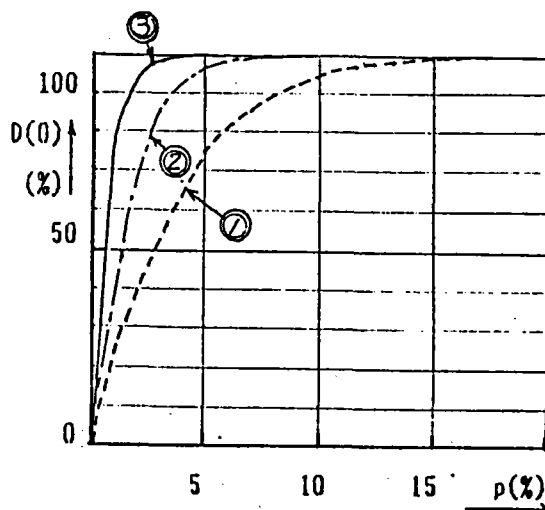


図-4 抜取検査試算結果

上表で $P = 5\%$ の場合、検査率25%でも76%の確率で全数検査を行うこととなる。このことは次のような仮定を設けた場合、検査の信頼性や、結果として得られる橋梁の健全性の度合は76%であると言える。

- 即ち、
- ・長さ20mm以上のクラックを欠陥とし、これの外観検査による検出率は100%とする。
 - ・20mm未満のクラックが残存していても橋梁の健全性には影響ないものとする。
 - ・検出された欠陥は完全に補修されるものとする。

これらの仮定の逆を危険率とすれば、危険率が0の場合（実際は有り得ないが）100%検査が行われた場合の信頼度や健全度は100%であると言っても良いと考えられる。

次に抜取検査の結果の不良率を考える。対象橋梁は1橋であるから図-4のグラフより、検査率は25%で $p \geq 15\%$ の場合、100%近い確率で全数検査されるので上記仮定により不良率は0%になる。 $p < 15\%$ の場合では最大15%の不良率即ち、 $96 \times 0.15 = 15$ 個の欠陥が残ることがあり得ることとなる。検査率50%の場合では $p < 8\%$ の場合で最大約8個が僅かではあるが残ることとなる。

検査率25%は検査水準IIの場合であり、経年数6年超12年以下の橋梁が対象である70%以上の信頼度や健全度が得られれば大きな問題はないものと考えられるが、ロットの大きさやサンプル数及び上記危険率によって変化するので、種々のケースで検証しておく必要はあると考える。

3-5 検査手順

事前設定した部位毎の検査率により検査を実施するわけであるが、新設橋梁と異なり既設橋梁では、積年の塵芥の付着が予想されるし又、基本的に塗膜があることが検査の前提条件となる。これと種々の工場環境条件および実験により検証されたことを考慮し、検査は目視による外観検査を中心として行ない、特に疲労クラックのような損傷の場合には、その存在と程度を確認する目的で非破壊検査手法を併用する手順を提案する。表-7.にこの場合の手順を示す。

実験結果によれば、20mmを越えるような疲労クラックの場合、塗膜にもクラックが追従して発生し、これは目視による確認が可能である。当然塗膜にクラックを発生させないような微小クラックの存在もありうるがこれは、直ちに悪影響を及ぼすものでないとして次回の検査時に発見されることを期待しておくものとする。従って、まず目視により図-2に示すようなクラック発生パターンを基準にして、塗膜上の何らかの異常を検出することに重点をおくべきと考えた。

塗装橋梁の場合、橋梁の延命化のため塗膜は不可欠のものであり、不用意に活膜をはく離すべきではないと考える。従って目視検出後、非破壊検査は原則として塗膜上から行なう必要がある。実験によれば乾燥固化膜厚400μm程度の場合、探傷感度を約20dB上げれば超音波探傷適用は可能である。

この他、簡易渦流探傷法も塗膜上からの適用が可能につき、特に超音波探傷の適用が困難な部位には有効である。ただしこの適用に当ってはまわし溶接部等では信頼性が落ちるので適用しない方がよい。

いづれにしても塗膜上からの非破壊検査を行なうに先だって、膜厚と塗り替え来歴は確認しておくべきである。

表-7 検査手順

検査手順	要領	備考
<p>① 検査部位設定</p> <p>↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> 表-6による。 	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理経歴、足場条件を考慮
<p>② 検査準備</p> <p>↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> 検査部位の清掃、検査機器の段取 投光機の携帯 	
<p>③ 外観検査</p> <p>↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> 損傷発生パターンを参考に目視チェック 	<ul style="list-style-type: none"> ワイヤーブラシ等による清掃、投光機による照度調整
<p>④ 判定</p> <p>異常なし → END</p> <p>有り ↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> 汚れ以外の異常を全て記録 塗膜の亀裂の場合寸法形状を記録 	
<p>⑤ 膜厚測定</p> <p>↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> 塗装系と膜厚を記録 	<ul style="list-style-type: none"> 膜厚が1mmを超える場合は別途規定する。
<p>⑥ 非破壊検査</p> <p>↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> 超音波探傷による 必要に応じて簡易ETを併用 	
<p>⑦ 判定</p> <p>欠陥なし → END</p> <p>↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> 欠陥指示長さ、範囲記録 	
<p>⑧ 塗膜ハクリ</p> <p>↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> 塗膜ハクリについては管理者と協議して決定 ハクリは化学溶剤による 	
<p>⑨ 非破壊検査</p> <p>↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> 磁粉探傷法による 部位的に不可の場合簡易ET又はPTを適用 	
<p>⑩ 判定</p> <p>↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> 欠陥の寸法、形状を記録 	
<p>⑪ 検査報告書作成</p> <p>(処置等協議へ)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 検査率と検出率より全体の残存欠陥率の推定 	

3-6 検査要領

3-6-1 種類と特徴

第4章に述べる適用性実験において用いた各種非破壊検査の仕組と特徴を表-8に示す。

表-8 各種非破壊検査の仕組と特徴

種類	しくみ	特徴
V T 目視試験	<ul style="list-style-type: none"> 検査者自身の目により、構造物の状況、変化を外観的に観察するもの 	<ul style="list-style-type: none"> その構造物の全体的な判断が可能 軽備な器具にて検査が行え作業性に勝れる 内在する欠陥については検出不可で、検査者の技量に左右されやすく客観的な検査を必要とされる
P T 浸透探傷試験	<ul style="list-style-type: none"> 表面に開口した割れ欠陥などを検出するもので、浸透液を表面上に吹きつけ、欠陥部に浸透させ、現像液を用いて欠陥部に残っている浸透液を吸出して欠陥の位置大きさを知るもの 	<ul style="list-style-type: none"> 軽備な器具で検査が行え、作業性が勝れる 内在する欠陥については検出不可 表面粗さの程度によっては判別が困難である
U T 超音波探傷試験	<ul style="list-style-type: none"> 超音波を探触子によって母材表面より伝播させ、その反射波（エコー）をブラウン管上で観測し欠陥の位置、大きさを検出するもの 	<ul style="list-style-type: none"> 高度な判定技術者が必要 欠陥の状態によっては検出困難
E T 過流探傷試験（簡易式）	<ul style="list-style-type: none"> 金属などの導体に交流を流したコイルを近接させ健全部と欠陥部とのコイルに誘起される電圧、電流の変化を利用して欠陥を検出するもの 	<ul style="list-style-type: none"> 軽備な器具で検出が行え、作業性が優れている 指示の大きさから欠陥の寸法をある程度推定することができる 材質変化、形状変化により欠陥指示に影響がある
M T 磁粉探傷試験	<ul style="list-style-type: none"> 部材に低圧大電流を流し磁力線を発生させ、欠陥付近の磁力線の乱れを利用し欠陥の位置、大きさを検出するもの 	<ul style="list-style-type: none"> 表面及び表面近傍の内部欠陥が検出可能 表面から離れた内部欠陥部は検出しにくい 表面の凹凸が甚だしい場合は結果の判断を誤りやすい
T G 赤外線熱画像撮影	<ul style="list-style-type: none"> 部材を過熱し、欠陥部の熱電導の不連続性による温度変化を熱画像処理し、欠陥の位置大きさを知るもの 	<ul style="list-style-type: none"> 複雑な構造部での判断が難しい 検査範囲が狭く、作業性が悪い

3-6-2. 検査条件

適用性実験の条件から、非破壊検査を鋼橋現場に適用する場合の検査条件を求め、表-9『非破壊検査を現場に適用する場合の検査条件』に記述した。

表-9 非破壊検査を現場に適用する場合の検査条件

検査手 法	
項目	渦流探傷(ET)
使用装置	<ul style="list-style-type: none"> 使用装置及び探傷方法 渦流探傷装置工 (被検体全面に0調整) 又隔識別: 指針80%止
探傷条件	<ul style="list-style-type: none"> 標準探傷装置工 (被検体各部に0調整) 探傷減度: 10dB 又隔識別: 指針80%以上
現場に適用する場合の検査条件	<ul style="list-style-type: none"> 形状急変部、剛直部 端部5mm程度の範囲は適用しない。 健全部における巻置の調整は溶接ビードの被検査出部毎に実施する。 70-75の保持はホルダー等を用い、一定の取置とする。
項目	超音波探傷(UF)
使用装置	<ul style="list-style-type: none"> 使用装置及び材料 探傷装置 超音波探傷装置 (探頭: 斜角探頭(70°)) 探頭材質: 7075-T6アルミ 試験機: RB4-No1
探傷条件	<ul style="list-style-type: none"> 探傷方法 磁化は極間式連続法 (探頭斜角法(70°)) 探傷減度: 調整後10dBUP 又隔識別: 5dB以下
現場に適用する場合の検査条件	<ul style="list-style-type: none"> 前処理はウエス拭き取り程度とする。 塗膜の浮きは無い事を前提とする。 塗膜の凹凸は無く、対比試験片には被験体と同一の塗膜施行が望ましい。(塗膜施行の対比試験片を使用した場合には探傷減度起現定通りとす)
項目	磁粉探傷(MP)
使用装置	<ul style="list-style-type: none"> 使用装置及び材料 (極間式磁探傷器) 磁粉: 湿式黒色磁粉
探傷条件	<ul style="list-style-type: none"> 探傷方法 磁化は極間式連続法
現場に適用する場合の検査条件	<ul style="list-style-type: none"> 前処理として塗膜表面の汚水、及び塗膜脱落部の除膜除去をする。 観察に照明、手鏡を用いる。
項目	浸透探傷(PT)
使用装置	<ul style="list-style-type: none"> 溶剤除去性染色浸透探傷試験探傷剤
探傷条件	<ul style="list-style-type: none"> 探傷方法 (浸透時間 10分) 現象 10分
現場に適用する場合の検査条件	<ul style="list-style-type: none"> 前処理としてクレンジング、特に塗膜の剥離部に停止溜りしている汚水を除去する。 相対湿度が高い時季(梅雨時等)は局部加熱も実施する等乾燥処理をする。 被験体表面湿度が15℃以下でない時節を特定する。(15℃以下の場合は確認試験もする)
項目	目視(VT)
使用装置	<ul style="list-style-type: none"> 使用装置 (懐中電灯、手鏡) 拡大鏡、手鏡
探傷条件	<ul style="list-style-type: none"> 探傷方法 (被検体表面への接近 (~20cm程度)) 観察角度: 垂直近接
現場に適用する場合の検査条件	<ul style="list-style-type: none"> 前処理として汚水、ウエス拭き取りによる汚水も無く、照明、手鏡を用い、被検面を十分に観察角度及び距離を確保する。 必要に応じ、拡大鏡を用いる。

3-7 検査技術者

維持管理検査における検査技術者の資格や資質等については、表-4に見られるように整備されつつあるが、特に鋼溶接構造物における疲労クラックの検査に従事する検査技術者の資質という観点で述べてみる。

3-5項で述べたように、維持管理検査は目視による外観検査と非破壊検査の併用によって行われる。従って両方についての経験、技量を同時に有する検査技術者であることが望ましいが、特に非破壊検査については特別の資格と経験が必要であるため、管理監督者側で技術者を養成するには種々問題があると考えられる。このような場合には、第三者の検査機関に委託する方法が考えられる。表-10に少なくとも具備すべきと考えられる資質を示す。

表-10 検査技術者の資質

外観検査	非破壊検査
<ul style="list-style-type: none"> ・ 検査マニュアルに従って検査計画立案が出来ること ・ 鋼橋における損傷事象と発生部位についての知識 ・ 鋼橋についての一般知識 ・ 鋼橋塗装についての一般知識 ・ 溶接欠陥についての一般知識 	<ul style="list-style-type: none"> ・ PT, MT, UTの非破壊検査資格 ・ 鋼橋についての一般知識 ・ 溶接欠陥についての一般知識 ・ 疲労クラックについての一般知識（発生特性等）

4. 適用性実験

(1) 実験目的と概要

疲労割れ、SR割れ、人工クラックの試験体により非破壊検査の欠陥検出性能を調査し、その結果により非破壊検査要領のマニュアルを整備することを目的とする。

検査手法は従来形非破壊検査と特殊試験技術の赤外線画像撮影(*)を採用した。

試験内容及び試験体形状は表-II『試験片及び適用試験項目』による。

*：赤外線画像撮影は物体表面より放射される赤外線をセンサーにて検知し、表面の温度分布を定量的に測定する方式である。

即ち健全部とクラック等欠陥部では温度差を生じるので、これをとらえて不良箇所を検出する手法である。

(2) 実験結果

各種検査手法毎（目視、浸透探傷、磁粉探傷、超音波探傷、渦流探傷、赤外線画像撮影）の検査条件、実験結果及び評価を表-13『非破壊検査適用性総括表』と『各非破壊検査手法による検出性の比較』に記述した。

表 - 非破壊検査適用性実験結果総括表

区分	項目	検査手法					
		目視 (VT)	浸透探傷 (PT)	磁粉探傷 (MT)	超音波探傷 (UT)	渦流探傷 (ET)	赤外線画像撮影 (IR)
検査条件	使用装置 探傷条件	・検中電燈	・溶剤除去性染色浸透探傷剤 試験探傷剤	・磁石式磁気探傷器 黒色磁粉 蛍光磁粉	・超音波探傷装置 探傷時 斜角探傷子 (45, 60, 70) 探傷条件 7MHz (75%) 対比試験片 RB4-No1 (t49, φ1.9寸) 欠陥指示長 (10dBトーン法) 1線	・渦流探傷装置 健全部で指針を0にセット 1.80%以上を割れ時 渦流探傷装置 75-76試験片より割れ1/10 17前後、健全部で0にセット 1.80%以上を割れ時 (10dB)	・サーモグラフィ装置 ドライヤーにて試験体表面を加熱、冷却時温度分布を観察し、70mm以内を赤色化にて割れを識別
実験結果	塗膜の腐蝕 欠陥検出性能差 (工欠陥試験体)	・全く進展性が無い人工欠陥は塗膜により完全に検出できなくなる。	・適用せず。	・入り口は亀裂幅が広く、塗膜がなければ通常MTは適用できまい。	・塗膜により探傷感度は低下するが、感度補正により問題なく適用できる。	・塗膜の影響は小さく、探傷性能は良好	・塗膜の有無は欠陥識別に影響しない。但し、熱伝導は塗膜の有無により差が出る。
	塗膜の腐蝕 欠陥検出性能差 (疲労亀裂試験体)	・停留電裂に塗装を施した場合、検出できなくなるが、進展した場合、塗膜の割れとして識別できる場合がある。	・亀裂進展後塗膜の亀裂部に適用した結果検出は可能であった。但し、微細亀裂は塗膜の亀裂と識別できない。	・塗膜の存在は表面での漏れ感度を低下させる。微細亀裂の検出感度を低下させる。 また塗膜の亀裂は磁粉の内滑り流しを阻害し、欠陥の識別性を低下させる。	・塗膜により感度の低下を来すが、感度補正により欠陥検出性能に問題は無い。	・塗膜による感度低下が原因と見られる指示長さのずれが大きい。	・適用せず。
	塗膜の腐蝕 欠陥検出性能差 (SR割れ試験体)	・塗膜の有無にかかわらず目視では検出できる。	・適用せず。	・塗膜により検出不可であった。	・塗膜により欠陥の識別は不可であった。	・適用不可 溶接金属が母材と異なる場合、透磁率、誘電率の両者の変化が大きく欠陥の識別は不可	・適用せず。
	塗膜の腐蝕 適用性評価 (優良不可)	・進展性亀裂の検出に、関係手法として塗膜亀裂検出が考えられ、VTは適用性は可	・適用性は目視と同等。	・塗膜による検出感度の低下は塗膜の亀裂による識別性の低下はあるが、適用性は良好	・感度調整に用いる対比試験片に塗膜を施すことで基本的に問題はなくなり適用性は良好	・端部の探傷不可範囲は狭いが、適用性は優	・試験視野面積と画素数との相対関係で識別できる欠陥は決まり、非特長性の点では適用性可と見られるが、表面凹凸、凹凸、観察角度、及び環境温度等外乱因子が多く、適用性の評価は現状と見なす。

表-13 各非破壊検査手法による検出性の比較

記号
 ○ : 検出可能
 △ : 検出不可
 X : 検出不可
 ⊙ : MTで50%検出率の検出

試験片 No.	非破壊検査手法	試験片 No.	試験片寸法 (mm)	目視試験		超音波探傷試験			UT			同位相探傷	成物探傷	赤外線探傷	
				VT	PT	入射波振動試験			入射波位置指定	ET	MT				TG
						5210x10 A45	5210x10 A60	5210x10 A70							
人	90° (スリット角度 90°試験片)	入射波 No. 10	検査(0.1-0.2)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		入射波 No. 6	検査(0.2-0.5)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		入射波 No. 4	検査(0.5-0.8)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	入射波 No. 2	検査(0.8-0.9)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	工	45° (スリット角度 45°試験片)	入射波 No. 6	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			入射波 No. 4	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
入射波 No. 2			検査(0.2-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
ス	20° (スリット角度 20°試験片)	入射波 No. 6	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		入射波 No. 4	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		入射波 No. 2	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
リ	0° (スリット角度 0°試験片)	入射波 No. 6	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		入射波 No. 4	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		入射波 No. 2	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
ト	No. 2	I面 (表)	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		II面 (裏)	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		I面 (表)	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	II面 (裏)	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	No. 3	I面 (表)	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		II面 (裏)	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
I面 (表)		検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
II面 (裏)	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
検戻し割れ	4	No. 1	検査(0.07)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		No. 2	検査(0.07)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		No. 3	検査(0.07)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
産割れ(割線)	No. 1	1	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	No. 2	2	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	No. 3	3	検査(0.1-0.1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

注1. 使用探傷子で止端部ワケ人エフランク量計(超音波)測定せし。 注3. 検査フランク量を示す。
 注2. 溶接部にて最大幅幅を示し、止端部で又幅幅出た位低下。 注4. 10/7/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15/16/17/18/19/20/21/22/23/24/25/26/27/28/29/30/31/32/33/34/35/36/37/38/39/40/41/42/43/44/45/46/47/48/49/50/51/52/53/54/55/56/57/58/59/60/61/62/63/64/65/66/67/68/69/70/71/72/73/74/75/76/77/78/79/80/81/82/83/84/85/86/87/88/89/90/91/92/93/94/95/96/97/98/99/100/101/102/103/104/105/106/107/108/109/110/111/112/113/114/115/116/117/118/119/120/121/122/123/124/125/126/127/128/129/130/131/132/133/134/135/136/137/138/139/140/141/142/143/144/145/146/147/148/149/150/151/152/153/154/155/156/157/158/159/160/161/162/163/164/165/166/167/168/169/170/171/172/173/174/175/176/177/178/179/180/181/182/183/184/185/186/187/188/189/190/191/192/193/194/195/196/197/198/199/200/201/202/203/204/205/206/207/208/209/210/211/212/213/214/215/216/217/218/219/220/221/222/223/224/225/226/227/228/229/230/231/232/233/234/235/236/237/238/239/240/241/242/243/244/245/246/247/248/249/250/251/252/253/254/255/256/257/258/259/260/261/262/263/264/265/266/267/268/269/270/271/272/273/274/275/276/277/278/279/280/281/282/283/284/285/286/287/288/289/290/291/292/293/294/295/296/297/298/299/300/301/302/303/304/305/306/307/308/309/310/311/312/313/314/315/316/317/318/319/320/321/322/323/324/325/326/327/328/329/330/331/332/333/334/335/336/337/338/339/340/341/342/343/344/345/346/347/348/349/350/351/352/353/354/355/356/357/358/359/360/361/362/363/364/365/366/367/368/369/370/371/372/373/374/375/376/377/378/379/380/381/382/383/384/385/386/387/388/389/390/391/392/393/394/395/396/397/398/399/400/401/402/403/404/405/406/407/408/409/410/411/412/413/414/415/416/417/418/419/420/421/422/423/424/425/426/427/428/429/430/431/432/433/434/435/436/437/438/439/440/441/442/443/444/445/446/447/448/449/450/451/452/453/454/455/456/457/458/459/460/461/462/463/464/465/466/467/468/469/470/471/472/473/474/475/476/477/478/479/480/481/482/483/484/485/486/487/488/489/490/491/492/493/494/495/496/497/498/499/500/501/502/503/504/505/506/507/508/509/510/511/512/513/514/515/516/517/518/519/520/521/522/523/524/525/526/527/528/529/530/531/532/533/534/535/536/537/538/539/540/541/542/543/544/545/546/547/548/549/550/551/552/553/554/555/556/557/558/559/560/561/562/563/564/565/566/567/568/569/570/571/572/573/574/575/576/577/578/579/580/581/582/583/584/585/586/587/588/589/590/591/592/593/594/595/596/597/598/599/600/601/602/603/604/605/606/607/608/609/610/611/612/613/614/615/616/617/618/619/620/621/622/623/624/625/626/627/628/629/630/631/632/633/634/635/636/637/638/639/640/641/642/643/644/645/646/647/648/649/650/651/652/653/654/655/656/657/658/659/660/661/662/663/664/665/666/667/668/669/670/671/672/673/674/675/676/677/678/679/680/681/682/683/684/685/686/687/688/689/690/691/692/693/694/695/696/697/698/699/700/701/702/703/704/705/706/707/708/709/710/711/712/713/714/715/716/717/718/719/720/721/722/723/724/725/726/727/728/729/730/731/732/733/734/735/736/737/738/739/740/741/742/743/744/745/746/747/748/749/750/751/752/753/754/755/756/757/758/759/760/761/762/763/764/765/766/767/768/769/770/771/772/773/774/775/776/777/778/779/780/781/782/783/784/785/786/787/788/789/790/791/792/793/794/795/796/797/798/799/800/801/802/803/804/805/806/807/808/809/810/811/812/813/814/815/816/817/818/819/820/821/822/823/824/825/826/827/828/829/830/831/832/833/834/835/836/837/838/839/840/841/842/843/844/845/846/847/848/849/850/851/852/853/854/855/856/857/858/859/860/861/862/863/864/865/866/867/868/869/870/871/872/873/874/875/876/877/878/879/880/881/882/883/884/885/886/887/888/889/890/891/892/893/894/895/896/897/898/899/900/901/902/903/904/905/906/907/908/909/910/911/912/913/914/915/916/917/918/919/920/921/922/923/924/925/926/927/928/929/930/931/932/933/934/935/936/937/938/939/940/941/942/943/944/945/946/947/948/949/950/951/952/953/954/955/956/957/958/959/960/961/962/963/964/965/966/967/968/969/970/971/972/973/974/975/976/977/978/979/980/981/982/983/984/985/986/987/988/989/990/991/992/993/994/995/996/997/998/999/1000

5. あとがき

目視による外観検査を主体とした維持管理の検査手法を、提言した。

過去の損傷事例より部位を設定し、抜取り検査を適用したこと、また現場条件を再現した適用性実験結果を、反映することにより、合理的な検査手法を提言することができた。

本報は、RC床版を有するプレートガーダー橋のメタル部分を対象としたものとなっているが、その他の部位についても基本的な考え方については適用可能である。

本提言が、これからの維持管理の進め方に少しでも役に立てば幸いである。

最後に、適用性実験を進めるにあたり多大の協力を頂いた、非破壊検査株式会社へ心から感謝の意を表明する。