

第2章 点検・検査および調査

2.1 点検・検査の重要性

橋梁は維持管理により計画どおりの供用が可能となるのであり、適切な維持・管理なしでは、その橋梁の寿命を十分に生かすことはできない。橋梁の長期にわたる安全性や耐久性を確保するためには、定期的に点検・検査することが重要である。そのためには、点検・検査の体制を合理的に決定することが必要である。

点検・検査の目的には大きく分けて次の3つのものがある。

(1) 橋梁の安全性の確保と延命化

現在、道路橋と鉄道橋を合わせて約65万橋が供用されており、これらの橋梁が健全であるかどうか、さらに各橋梁の延命化を図ることは社会資本の整備という観点から重要な要素である。

安全性からみると、落橋のような事故が生じた場合には、一般交通に支障をきたすばかりか第三者に危険を及ぼす恐れもあり、安全性の確保は当然ながら重要な要素である。また、点検・検査で安全性が確保されるということは、そのみならず、交通止めや交通規制による経済的、社会的な著しい損失を避けることにもつながる。

したがって、点検・検査により損傷をできるだけ早期に発見し、適切な補修や補強を行うことは、安全な供用を確保する面から重要であるとともに、その橋の寿命を延ばすことにも有効である。この意味で点検・検査の実施は必要不可欠と言える。

なお、長い年月の間には、台風、洪水、地震等により予期せぬ変状をきたすこともある。この場合には、定期的な点検とは別に異常時の点検を実施し、変状箇所の確認と補強・補修を行わなければならない。これは安全性の確認と今後橋梁を長期間にわたり使用していくための当然の処置である。

(2) 経済性の追求

点検・検査を合理的に行い、適切な補修や補強を行って既設橋の寿命を延ばすことは経済性の面でも有利なこととなる。

経済性に関しては、橋梁のイニシャルコスト（建設費）と維持管理にかかるランニングコストとのトータルコストで考えることが重要である。つまり、このトータルコストをできるだけ少なくすることが必要である。

橋梁の点検、検査および補修補強がトータルコスト的な考えにおいていかに重要であるかは、ニューヨークの橋梁技術者レポート“Spanning the 21st Century”¹⁾においてよりわかりやすい形で説明されている（図-2.1）。一般的な

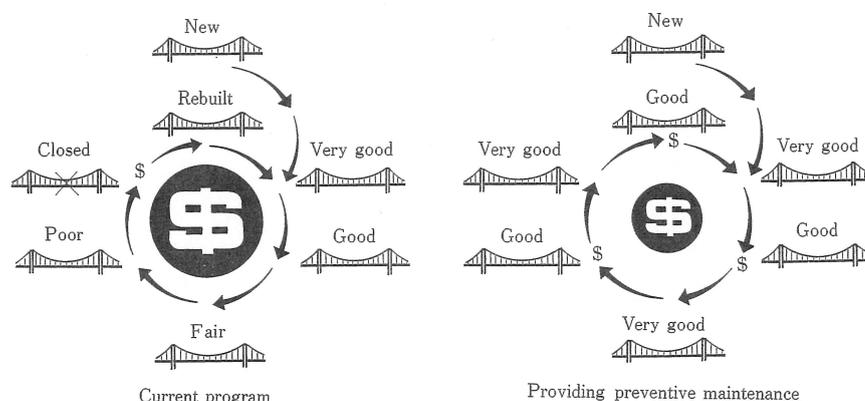


図-2.1 トータルコストを考慮した場合の維持管理の重要性

橋梁においては、点検・検査および補修・補強を適切に行うことは、そのときに一時的な費用がかかっても、それを怠り新設橋に架け換えるよりは長い目でみるとトータルコストは少なくなるということである。これは、直接的な費用に関してのみのことであり、先に述べた供用の中断による間接的な経済的損失まで考えた場合には、その差はさらに大きくなり経済性の面においても点検・検査を含めた維持管理が重要であることがわかる。

(3) 技術の向上

点検・検査を実施し、そのデータを蓄積、分析することは点検・検査や補修・補強に関する合理的な維持管理技術の確立に有用なことである。

さらに、それを設計にフィードバックすることにより、質の高い、より良い橋梁構造物を計画そして建設することが可能となる。つまり、データの蓄積、分析により欠陥や損傷の少ない橋梁の建設が可能であり、橋梁の耐久性の向上につながることもなる。

2.2 点検・検査の現状と課題点

点検・検査においては、どのような能力を有する者が (Who)、どのような劣化、損傷を対象に (What)、どの部位を (Where)、どのような時期あるいは間隔で (When)、どのような方法 (How) により実施するかといった点検・検査体制の確立が重要である。従来の点検・検査は、鉄道橋の場合を除き、鋼部材の塗膜劣化や伸縮装置、支承、鉄筋コンクリート床版など走行性能の確保を重点とした部材を主な対象としたものであって、鋼部材の疲労き裂、腐食の発生などといった損傷に関しては必ずしも十分とは言えない面もあった。また、老朽化した構造物の増大、供用条件の高度化などの要因が日増しに厳しくなっており、点検・検査の内容についても疲労損傷度、耐荷性能などをより定量的に評価できるような詳細な内容が要求されるようになってきている。このようなことから、現在、橋梁の点検・検査を含む維持管理体制について、建設省をはじめ各管理機関でその要領が整理されつつある。また、点検業務における点検員の技能向上を図るための手法に関する検討も行われるようになってきている。

ここでは、橋梁上部構造本体を対象とした場合の点検・検査における今後の課題点を国内、国外における最近の動向を含め述べることにする。

(1) 点検・検査の目的

点検・検査においては、何を目的として検査を実施するのかを明確にすることが重要である。橋梁の安全性に直ちに大きな影響を与える損傷・異常を発見するために行うのか、損傷を比較的初期の段階から発見し、その程度の把握、原因の究明を行い、補修・補強の要否およびその程度と時期を判断するために行うのか、それぞれの目的に応じ点検・検査の方法、内容およびその頻度は異なったものとなる。例えば、前者で対象とするような損傷は、橋梁全体に現れる異常なたわみ・音の発生、部材の破断、大規模な変形、沈下、移動などであり、これらについては、路面上、橋梁下あるいは検査路からの調査で確認が可能である。後者に関しては、疲労き裂、座屈変形、高力ボルト・リベット破断および緩み、腐食などが考えられるが、これらについては部材局部あるいは接合部における損傷として発生していることが多い。そのため損傷を確認するには部材に接近しての点検・検査が必要である。

(2) 点検・検査者の資格および教育

点検・検査の結果がそれを行った各人の個人差により大きく異なるようでは信頼性の高い結果は得られない。また、点検・検査は橋梁構造や材料について十分な知識と経験を持った者が行うことで信頼性の高い結果を得ることができる。したがって、少なくとも橋梁構造および点検・検査に関する基礎的な知識を有した者により点検・検査が実施されることが必要である。

アメリカの道路橋を対象とした AASHTO の “Manual for Maintenance Inspection of Bridges²⁾” では橋の検査は次のような資格を有する者が責任技術者として行わなければならないとされている。

表-2.1 トレーニングプログラムの一例 (抜粋)

BRIDGE SAFETY INSPECTOR TRAINING PROGRAM

Conducted by Michael Baker, Jr., Inc. The Pennsylvania Department of Transportation

COURSE #9 SCHEDULE February 23, 1987 through March 11, 1987

<i>MONDAY, FEBRUARY 23, 1987</i>		<i>MONDAY, MARCH 2, 1987</i>	
1:00-1:15	Call to Order, Opening Remarks by the Department, Introduction and Orientation	1:00-2:15	Review First Week's Work
1:15-1:45	Purpose and Objectives of Bridge Inspection	2:30-3:15	General, Reinforced & Prestressed Concrete Structures- Inspection Data and Recording Procedures
	BRIDGE TYPES AND COMPONENTS	3:15-4:30	Characteristic Problems and Evaluation of Reinforced Concrete Bridges (Case Study Part I)
1:45-2:30	Bridge Types-Identification & Behavior	<i>TUESDAY, MARCH 3, 1987</i>	
2:45-3:30	Superstructure Types & Components, Part I	8:00-9:00	Concrete Case Study, Part II
3:30-4:30	Superstructure Types & Components, Part II	9:15-10:45	Characteristic Problems and Evaluations of Prestressed Concrete Bridge (Video Tape)
<i>TUESDAY, FEBRUARY 24, 1987</i>		10:45-11:45	BMS, Part IV
8:00-8:30	Substructure Types & Components		INSPECTION AND RATING OF STEEL BRIDGES
8:30-9:30	Review Bridge Types & Components	12:45-1:15	I-Beam Stringer Bridges
	MATERIALS OF CONSTRUCTION	1:15-2:00	Multi-Girder Bridges, Welded & Riveted
9:45-10:15	Introduction to Material Properties	2:15-3:00	BMS, Part V
10:15-10:45	Physical & Mechanical Properties of Steel and Wrought Iron	3:00-3:30	Girder & Floorbeam Systems
10:45-11:45	Physical & Mechanical Properties of Reinforced & Prestressed Concrete (Part I)	<i>TUESDAY, MARCH 3, 1987</i>	
12:45-1:15	Deterioration of Reinforced Concrete	3:30-4:00	Bracing & Diaphragms
1:15-1:45	Physical & Mechanical Properties of Timber	4:00-4:30	Bearings
1:45-2:15	Deterioration of Prestressed Concrete	<i>WEDNESDAY, MARCH 4, 1987</i>	
<i>TUESDAY, FEBRUARY 24, 1987</i>		8:00-9:15	Steel Bridge Case Study, Part I
2:30-3:15	Deterioration of Timber	9:30-10:15	Steel Bridge Case Study, Part II
3:15-4:30	Deterioration of Steel & Wrought Iron	10:15-11:15	Steel Trusses, Part I
<i>WEDNESDAY, FEBRUARY 25, 1987</i>		11:15-11:45	Inspection Data & Recording Procedures for Steel Bridges
8:00-9:15	Organization, Duties & Responsibilities of the Inspection Team	12:45-1:45	BMS, Part VI
9:30-10:30	Safety Practices	1:45-2:30	Truss Bridges, Part II
10:30-11:45	Preparation for Inspection-Tools and Equipment	2:45-4:00	Fatigue in Steel Bridges
12:45-1:45	Systematic Inspection Procedures	4:00-4:30	BMS Wrap-Up
1:45-2:30	Introduction to Rating Procedures, Part I	<i>THURSDAY, MARCH 5, 1987</i>	
2:45-4:00	Introduction to Rating Procedures, Part II	8:00-9:15	Inspection & Rating of Timber Bridges
4:00-4:30	Standard Inspection Forms	9:30-11:45	Classroom Bridge Inspection Exercise
<i>THURSDAY, FEBRUARY 26, 1987</i>		12:45-1:15	Field Trip Preparation and Instructions
8:00-9:15	Appraisal Ratings	1:15-4:30	Field Trip-Concrete Bridge Inspection
9:30-10:15	Introduction to the Bridge Management System (BMS)	<i>FRIDAY, MARCH 6, 1987</i>	
	BRIDGE STRUCTURES	8:00-9:15	Review Field Trip, Bridge No. 1
10:15-11:15	Characteristic Problems and Evaluation of Substructure Units	9:30-11:45	Review Field Trip, Bridge No. 2
11:15-11:45	Substructure Inspection Data and Recording Procedures	<i>MONDAY, MARCH 9, 1987</i>	
	ROADWAY & WATERWAY	1:00-1:30	Field Trip Preparations
12:45-2:15	Inspection, Rating & Appraisal of Waterways	1:30-4:30	Field Trip-Steel Bridge Inspection
2:30-3:30	Introduction to BMS and Form D-491, Part II	<i>TUESDAY, MARCH 10, 1987</i>	
3:30-4:30	Inspection and Rating of Approach Roadways (Alignment and Safety Appurtenances)	8:00-9:30	Review Field Trip, Bridge No. 1
<i>FRIDAY, FEBRUARY 27, 1987</i>		9:45-10:45	Review Field Trip, Bridge No. 2
	ROADWAY AND WATERWAY	10:45-11:45	Inspection & Rating of Culverts
8:00-8:45	BMS, Part III	12:45-2:15	Sample Test
8:45-9:30	Approach and Underpass Roadway-Safety Appurtenances	2:30-4:30	Sample Test Discussion
	BRIDGE DECKS & WEARING SURFACES	<i>WEDNESDAY, MARCH 11, 1987</i>	
9:45-11:15	Inspection and Rating of Bridge Decks	8:00-9:30	*Test, Part I
11:15-11:45	Joint Systems	9:45-11:15	*Test, Part II
		11:15-11:30	Discussion
			*From Color Slides of Structures

- ・登録されている Professional Engineer.
- ・州の法律に従って Professional Engineer として資格認定されること.
- ・橋の検査について 10 年以上の経験があり、かつ “Bridge Inspector’s Training Manual” に基づいたトレーニングコースを終了していること.

ここで、責任技術者は現場での検査、結果の分析、確認された損傷に対する補修補強方法の提案などに対して責任を持つこととしている。また、点検を行う班の班長の資格として、免許を有した技術者、または教育課程をおさめた 5 年の経験を有する技術者となっており、免許を所持していない班長は広範囲にわたる教育課程を受けなければならないとしている。教育課程としては、トレーニングコースが定期的に行われており³⁾、そのマニュアルは FHWA より発行されている。この教育課程の目標は、

- ・各人を橋梁検査員になるように教育する。
- ・選ばれた一部の検査員に指導員としての教育を受けさせること。
- ・教育を受けていない各人がその能力を延ばすための第一段階としての教育課程を作り上げること。
- ・他の機関に対しての模範となり、かつ基準となる教育課程を開発すること。

等である。トレーニングにおけるプログラムの一例を表-2.1 に示す。橋梁構造に関する基礎知識、材料とその劣化および劣化に関する検査方法、検査結果の評価および報告の方法、ケーススタディをも含んだ広範囲にわたる知識を約 2 週間の日程で習得することを目的としたプログラムとなっている。

表-2.2 は建設省の橋梁点検要領（案）に示されている点検者の資格を示したものである⁴⁾。点検員の資格を建設技

表-2.2 点検員の資格（建設省 橋梁点検要領(案)）

7.2.3 点検員の資格

橋梁の定期点検を業務委託により行なう場合は次の各号の規定のいずれかに合致する点検員を 1 名以上配置するものとする。

- (イ) 大学卒業後 5 年以上の実務経験を有する者
- (ロ) 短大・高専卒業後 8 年以上の実務経験を有する者
- (ハ) 高校卒業後 11 年以上の実務経験を有する者
- (ニ) 前項(イ)~(ハ)と同等以上の能力を有する者

〔解説〕 ここでは、定期点検員の資格を建設技術に関する経験年数により定めた。しかし、点検作業の成果は、点検員の判断によるところが大きいため、点検員は、これらの資格を満たすとともに、橋梁に関して十分な知識と実務経験を有する者とするのが望ましい。

7.2.2 点検作業班の編成人員

1 橋当たり（橋梁点検車 1 台当たり）の点検作業班の編成人員は、表-7 を参考に定めるものとする。

表-7 点検作業班の編成人員

	橋梁点検車	その他の施設
点 検 員	1 人 ^{注1)}	1 人 ^{注2)}
点 検 補 助 員	2 人 ^{注1)}	2 人 ^{注2)}
点 検 車 運 転 員	1 人 ^{注1)}	—
交 通 整 理 員	注 3)	—

注 1) 橋梁点検車：点検に必要な作業範囲や交通状況等、各橋梁毎及び点検使用機種毎の条件を十分考慮して編成人員を決定する。

注 2) その他の施設：検査路、はしご、舟、塗装時足場利用の場合であり、現地条件や点検方法（項目、器具等）を考慮して編成人員を決定する。

注 3) 交通整理員：交通整理員は、道路工事保安施設設置基準（案）に基づき橋梁毎の交通条件を考慮して編成人員を決定する。

〔解説〕 ここで規定した定期点検作業班の編成人員は、定期点検の作業実態に基づき定められたものであり、一つの参考的な値を示すものである。したがって、定期点検の実施にあたっては、この値を参考に現地状況等を考慮して、編成人員を定めるのが良い。

術に関する経験年数により定めたものとなっているが、点検員の教育、研修に関しては言及されていない。また、橋梁点検員の公的機関による資格認定制度に関しても特に記述されていない。

点検の成果は、点検員の判断によるところが大である。最近各管理機関において点検・検査に関する講習会や実橋での実地訓練を含めた具体的な教育などが行われるようになってきたが、よりの確かな判断を得るため、さらには成果に対する点検員の個人差を少なくするためにも、今後、アメリカにおける資格制度、教育システムの導入を検討していくことが必要と思われる。とりわけ道路橋における疲労損傷については比較的最近の問題であり、従来、塗膜の劣化、鉄筋コンクリート床版の損傷あるいは伸縮装置、支承の損傷といった内容を点検・検査の主目的としてきた担当者にとっては経験の少ない損傷と言える。したがって、疲労現象に関する基礎的な知識、損傷事例（損傷の発生しやすい部位とその原因）およびその検査方法に関してのマニュアルを整備し教育を行っていくことが重要と思われる。

(3) 点検・検査の頻度

点検・検査の頻度の設定は、損傷をできるだけ早期に発見し、かつ損傷が軽微なうちに補修・補強を実施するうえで重要である。また、たとえ損傷の発生を見逃したとしても次の点検・検査までには重大事故につながらないというような点検・検査周期に関する考え方も必要である。

表-2.3は、建設省の橋梁点検要領（案）で示されている点検の種類を示したものである⁴⁾。通常点検、定期点検、異常時点検についてその方法と頻度、対象とする部材についての記載がなされている。通常点検は損傷の早期発見を目的として、道路の日常巡回を行うのに合わせて実施することとしている。この点検は、路上のパトロールカーによる点検と路下の徒歩による点検とに分かれている。定期点検は橋梁の保全を図るために定期的実施するものであり、徒歩による遠望目視点検と点検車あるいは工事用足場から部材に接近して行う近接目視点検とに分かれている。また、その頻度に関しては遠望点検が1回/2年程度、近接点検が1回/10年程度で実施することとしている。なお、近接点検では全部材を対象として目視調査を行い、必要に応じて点検機械器具を使用するものとしている。表-2.4は鉄道橋における検査の種別、検査手順および健全度判定区分を示したものである⁵⁾。検査は全般検査と個別検査からなり、全般検査における定期検査については1回/2年程度の間隔で実施することとしている。また、個別検査については全般検査で変状が発見された構造物について、健全度の判定区分でAランクの構造物と判断されたものについて行う検査としている。

諸外国の現状について検査機構と検査員、検査の種類をまとめたものを表-2.5に示す⁶⁾。アメリカでは1967年に発生したシルバー橋の落橋事故が契機となり、検査点検基準や橋梁台帳の整備が進められ、1970年にAASHTOにより「橋梁の維持管理マニュアル」がとりまとめられた。その後1974年に第2版、1978年に第3版と改訂され現在に至っている。この維持点検マニュアルは、道路橋の現況状態の判定、補修を必要とするかどうかの判定および点検手順の統一を図るための基準として作成されている。検査の内容と頻度に関しては、当該橋の経年数、通行状況、保守状況、判明している欠陥の程度により異なるとしているが、定期検査については資格を持った検査員により2年に1度の周期で行うこととなっている。なお、点検の運用管理については各州それぞれの維持管理システムや点検プログラムに従い行われており、FHWAは毎年、点検プログラムを調査し、点検員の質、手順、報告および荷重制限の実態を調査している。ドイツのDINにおいては橋梁技術者の監督のもとでトレーニングされた点検員によって実施される基本点検を簡易検査（全般点検）と重要点検（本検査）および特別検査に分けている。通常時に点検できない箇所を含めて全部材について実施する重要点検については、6年に1度実施することとなっている。表-2.6はDINに規定されている各点検の内容を示したものである⁷⁾。また、イギリスにおいても主要検査と呼ばれる構造物の全体を対象とした詳細調査を6年以内に実施することとしている。

以上述べたように、各国の実情に合わせてそれぞれの点検検査の種類とその頻度が決められている。いずれにしても点検検査の頻度、程度に関しては、点検検査において対象とする損傷の種類あるいは損傷の発生部位とその進行の程度に応じ、常に橋梁を安全な状態で使用することが可能となるように設定されるべきものと考えられる。また、対象

表-2.3 点検の種類 (建設省 橋梁点検要領(案))

		点検頻度と方法				異常時点検
		通常点検		定期点検		
点検方法	路上	路下	遠望	近接	目的に応じて	
		パトロールカーを原則として、必要に応じて徒歩で行う。	徒歩を原則とする。	徒歩を原則とし、必要に応じてボート等で行う。		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。
頻度	道路巡回要領(要)による		1回/2年程度	1回/10年程度		
対象部材	上部工	○	○	○	○	目的に応じて
	下部工	—	○	○	○	
	支承	—	—	○	○	
	高欄	○	—	○	○	
	防護柵	○	—	○	○	
	地覆	○	—	○	○	
	縁石	○	—	○	○	
	中央分離帯	○	—	○	○	
	舗装	○	—	○	○	
	伸縮装置	○	—	○	○	
	排水施設	○	○	○	○	
	落橋防止装置	—	—	○	○	
	点検施設	—	—	○	○	
	遮音施設	○	—	—	○	
	照明施設	○	—	—	○	
	標識	○	—	—	○	
袖擁壁	—	○	○	○		
添架物	—	—	—	○		

注) 表中の記号は以下のことを意味している。
 ○印は必ず点検を行う。
 —印は点検可能な場合に行う。

- (1) 通常点検
全橋梁を対象とする。
- (2) 定期点検
原則として橋長 15 m 以上の全橋梁を対象とし、その他の橋梁についても必要に応じてその対象とする。
- (3) 異常時点検
地震、台風、集中豪雨、豪雪等の異常時に、点検が必要と判断される橋梁を対象とする。

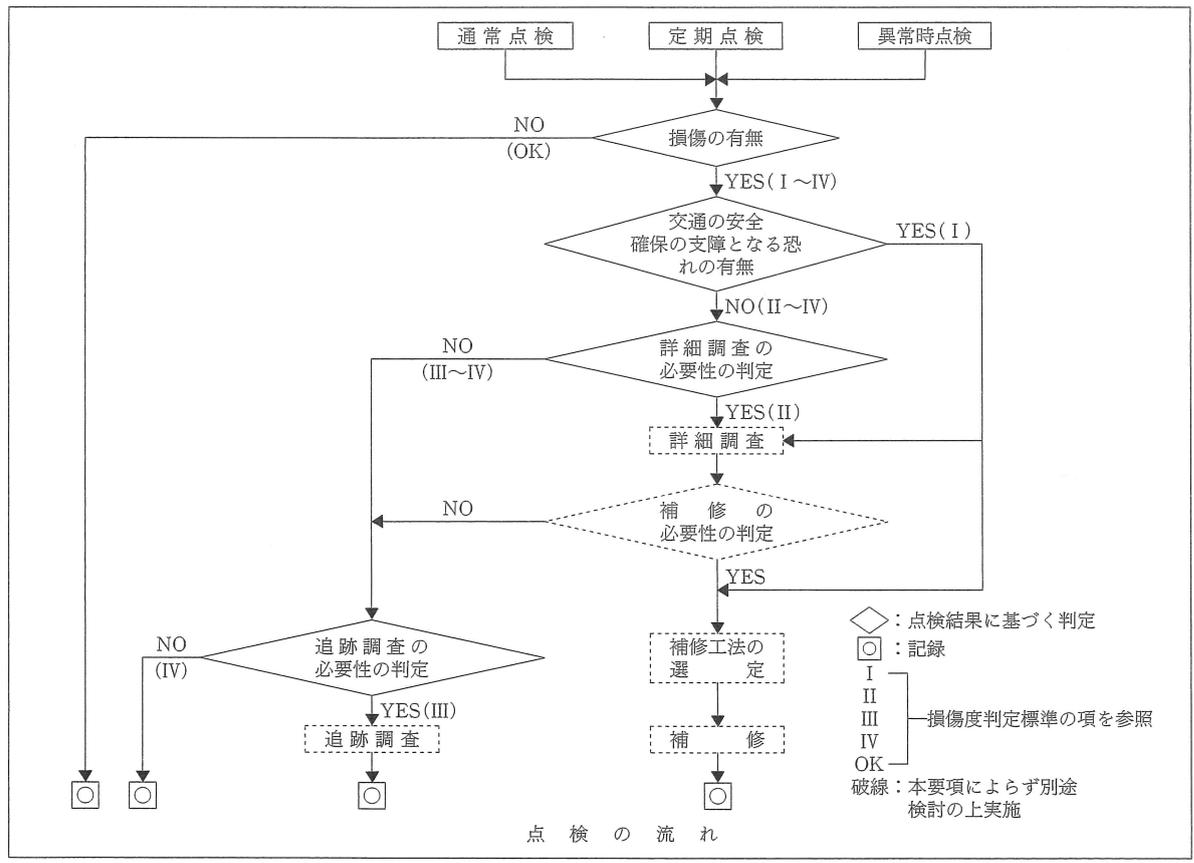
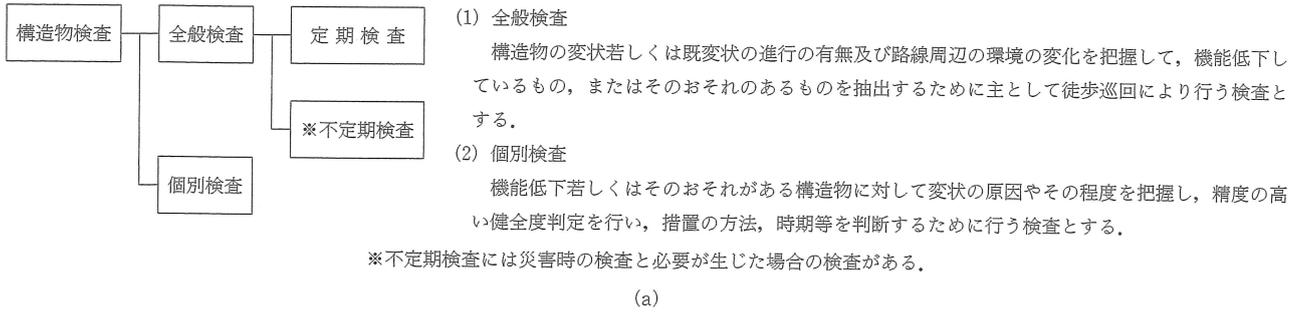
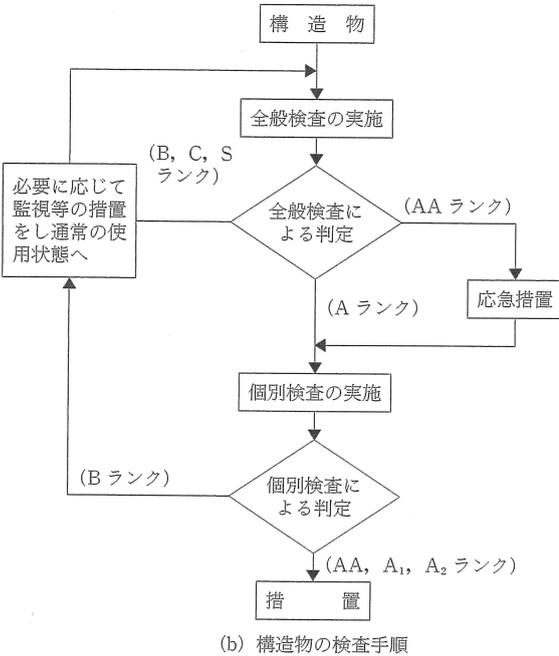


表-2.4 鉄道橋における検査の種類と検査手順



建造物の検査手順は下図のとおりとする。



(c) 健全度判定区分

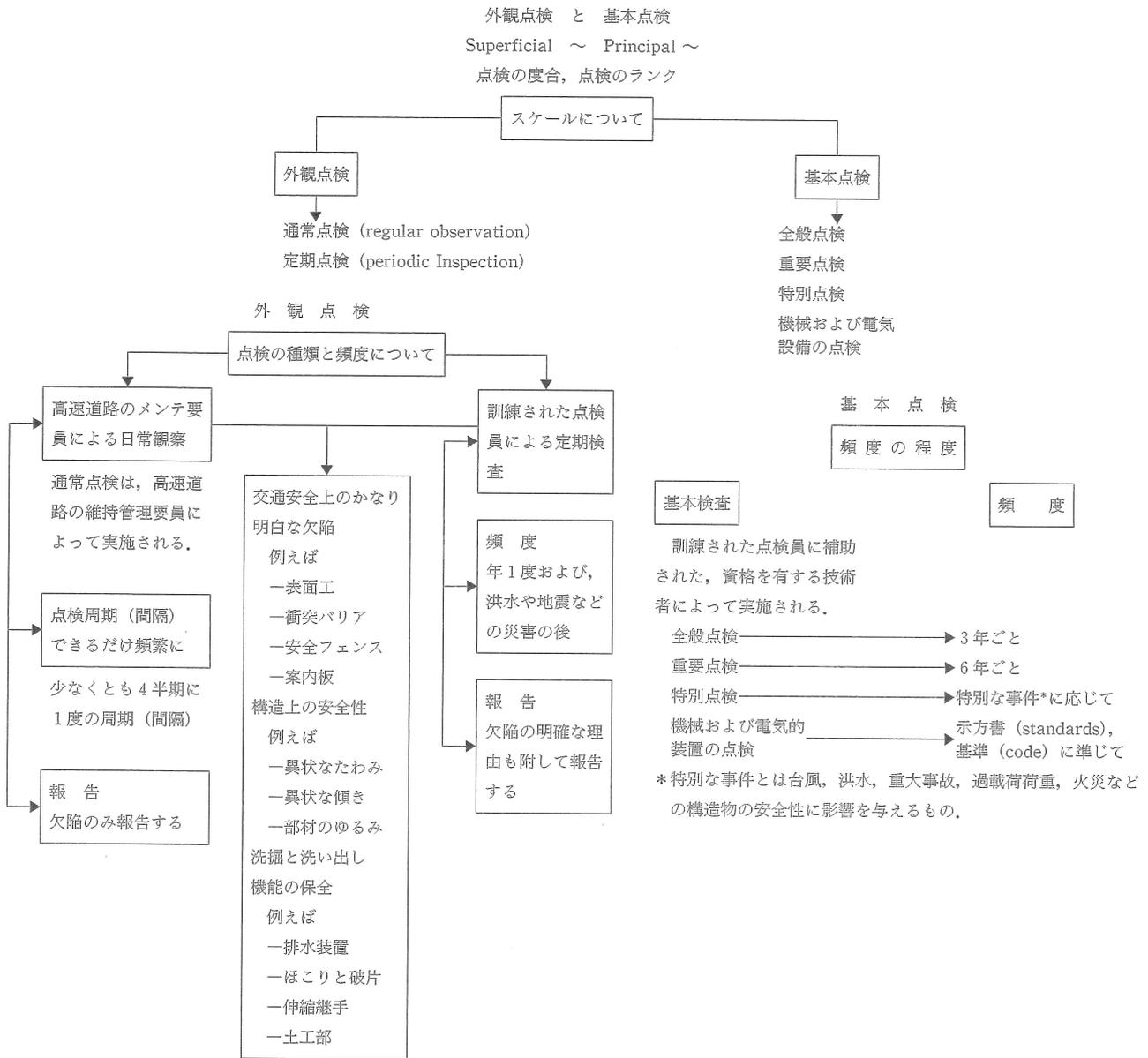
判定区分	運転保安等に対する影響	変状の程度	措置
AA	危険	重大	直ちに措置
A ₁	早晚脅かす 異常外力の作用時危険	変状が進行し、機能低下も進行	早急に措置
A ₂	将来脅かす	変状が進行し、機能低下のおそれ	必要な時期に措置
B	進行すればAランクになる	進行すればAランクになる	監視（必要に応じて措置）
C	現状では影響なし	軽微	重点的に検査
S	影響なし	健全	

橋梁（橋梁群）の設置されている環境、使用状況等によって適切に設定することが必要である。例えば、アメリカのペンシルベニア州交通局の橋梁点検では、点検の程度を次回の点検まで橋梁の安全性を保証するのに必要な水準と定義している。疲労き裂のように損傷の初期段階ではその進行速度は遅いが、き裂の成長に伴い進行速度が加速されるような損傷に関しては、損傷の初期段階において対処することが望ましく、そのためには極力周期が短く、かつ詳細な点検が必要である。破壊力学の手法を用い、検知可能なき裂寸法（通常数 mm オーダーのき裂長さ）から限界寸法に達するまでの寿命（時間）を推定することにより、最終破壊を生じる前にき裂を発見し得る検査周期を設定することも考えられる。これに対し、腐食のようにその進行が比較的緩慢であり、かつ外観上、比較的容易に確認が可能であるような損傷に対しては、疲労き裂に対するような点検の程度、頻度は必ずしも必要としないが、塗装の塗替え時には、腐食の発生の有無とその程度に関して的確に把握することが重要である。なお、点検の頻度を設定するうえでそのアクセス方法として何を用いるかは費用の面で重要な要因となる。足場の設置を前提とするのか、検査車の利用を考えるのか、あるいは現状の検査路・桁下からの遠望検査を考えるのかなどアクセスの手段により点検・検査の費用は異なる。

表-2.5 諸外国における点検要領

	アメリカ 橋梁維持点検マニュアル AASHTO (1978)	西ドイツ 道路および附属構造物の監視 と検査 DIN 1076 (1988)	イギリス 構造物の点検に関する技術 規程 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	ベルギー 道路橋の管理に関する規 定 建設省 橋梁局
目的	道路橋の物理的状態の判定とか、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は発生した欠陥を的確に知り、それにより、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うした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、幹線道路の上下部にあるすべてをいう。 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。	道路橋を最適な状態で維持し、使用に対する安全性を確保するための管理を系統的に行うための規定を策定し、管理技術者に対し助力を与えることを目的とする。
検査機構は検査員	〔検査員の資格〕 ○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。	〔検査員〕 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	〔機構〕 ○地方管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らが検査する。 ○当局の橋梁技術者は検査のすべての状況の通告、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。	〔機構〕 地方建設局 ↓ 工事事務所長 → 検査官 ○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。	管理機関 (点検および実行) 橋梁局管理センター (考察、まとめ) ↔ 橋梁局 I, II (特殊点検研究) 管理人—構造物の検査に専任する土木技術者
検査の種類	(検査の程度と頻度) 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。 (定期検査) ○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。 (検査項目) ○橋梁取付部 ○水路 ○橋台・橋脚 ○ベント ○縦桁 ○鋼桁 ○コンクリート桁 ○支承 ○伸縮 ○床版 ○縁石、歩道、高欄、防護壁 ○トラス (鋼製) ○ (木製) ○可動橋、吊橋 ○標識、添架物 ○美観、その他	(構造物監視) ○通常検査—3か月ごと ○定期的検査—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 状態—沈下、傾斜、亀裂、変形 (本検査)—6年ごと ○簡易検査で決められた全項目 ○接近が困難な構造物材、すべての溶接継手、リベット、高力ボルト (特別検査) 大型暴風、大規模洪水、重大な交通事故なら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 (荷重試験) 必要に応じて実施し、計算値との比較を行う。 (検査項目) ○交通標識、防護板等の破損欠陥 ○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	(表面検査) 通常管理検査 (一般検査) チェックリスト BE10 に基づき技師による検査—2年以内 (主要検査)—6年以内 構造物の全部分の詳細検査、地方管制官へ報告 (特別検査) ○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 ○鋳鉄構造物に対して6か月以内の検査 (検査項目) ○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)	(継続点検) 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。 (定期点検) 定期点検、構造物リストの作成 ○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。 (精密監察) ○初回詳細監察 供用開始前または開始直後できるだけ早く実施。 ○保証期限末の点検または監察 ○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。 (重点点検および特別点検) 局長が決定する検査で計測器の設置を含む (検査項目) ○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	(通常点検) 目視による点検一月に数回 重要な欠陥が発見された場合は、一般点検で行う。 (定期点検) ○毎年の測量による点検 (移動、変形) ○2年ごとに行う構造物の一般点検 (特殊点検) ○材料特性や局部的欠陥の発見 ○重大な欠陥や異常が認められたもの、 ○難しい補修工事 ○吊りケーブルのような特殊部材 (一般点検項目) 欠陥便覧 (付録3) による ○変形、振動、移動 ○地盤、水 ○コンクリート ○プレストレストコンクリート ○鋼桁 ○支承 ○伸縮装置 ○舗装 ○各種安全装置 ○排水

表-2.6 ドイツにおける点検内容



(4) 点検・検査における対象部位

橋梁のどの部位にどのような損傷が発生するのかを想定して、それぞれの損傷に対して重点的に点検・検査する部位を設定しておくことが効率的な点検・検査を行ううえで重要である。図-2.2に疲労損傷を対象とした場合の点検・検査における着目部位を損傷の種類別にまとめた事例を示す。それぞれの損傷の形態は発生部位と密接な関連があることから、既存の損傷事例を分類整理することにより各損傷に対する着目部位を設定することが可能である。また、損傷の種類、あるいは損傷の発生する部位によっては定期的な検査とは別に抜き取り的な検査を行い損傷の早期発見をすることも必要である。図-2.3は腐食事例を収集、整理し、橋梁形式別に腐食の発生しやすい部位を示したもの(腐食マップと呼ぶ)である⁸⁾。橋梁の点検において、どのような部位を重点的に点検したらよいかを具体的に点検員に伝えることにより効果的な点検が可能となる。また、マップに示された各腐食部位の代表的な腐食状況を事例集として作成しておき視覚的に点検員に示すことも有効な手段となる。

点検・検査シートについては、着目部位ごとにチェックが行えるように作成し、わかりやすいフォームで検査員に示すことが必要である。このような点に着目して作成された点検・検査シートの一例を図-2.4に示す^{5),9)}。

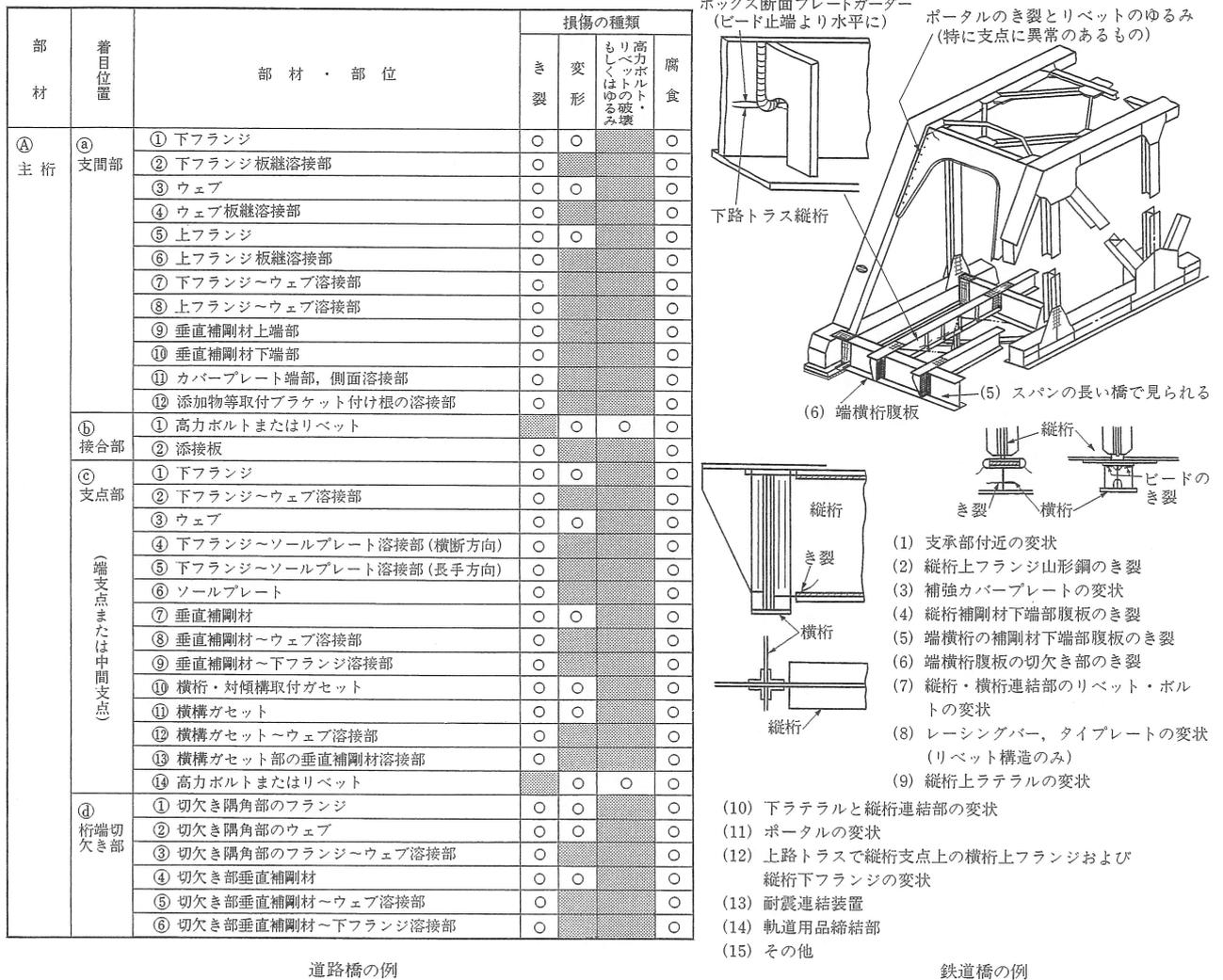
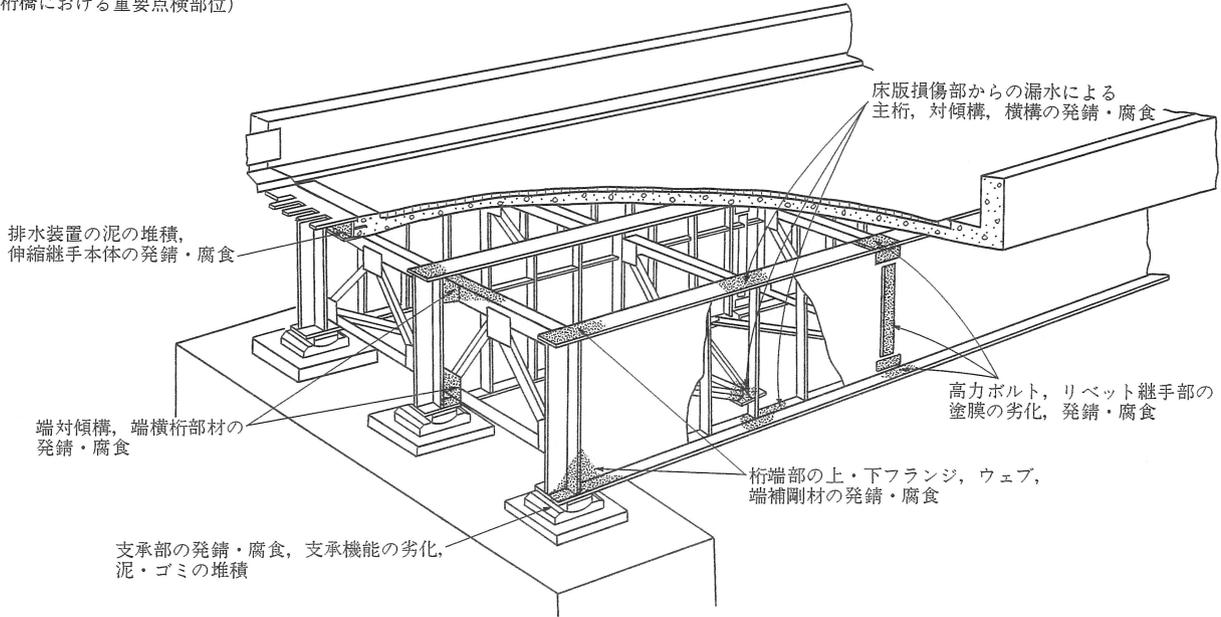


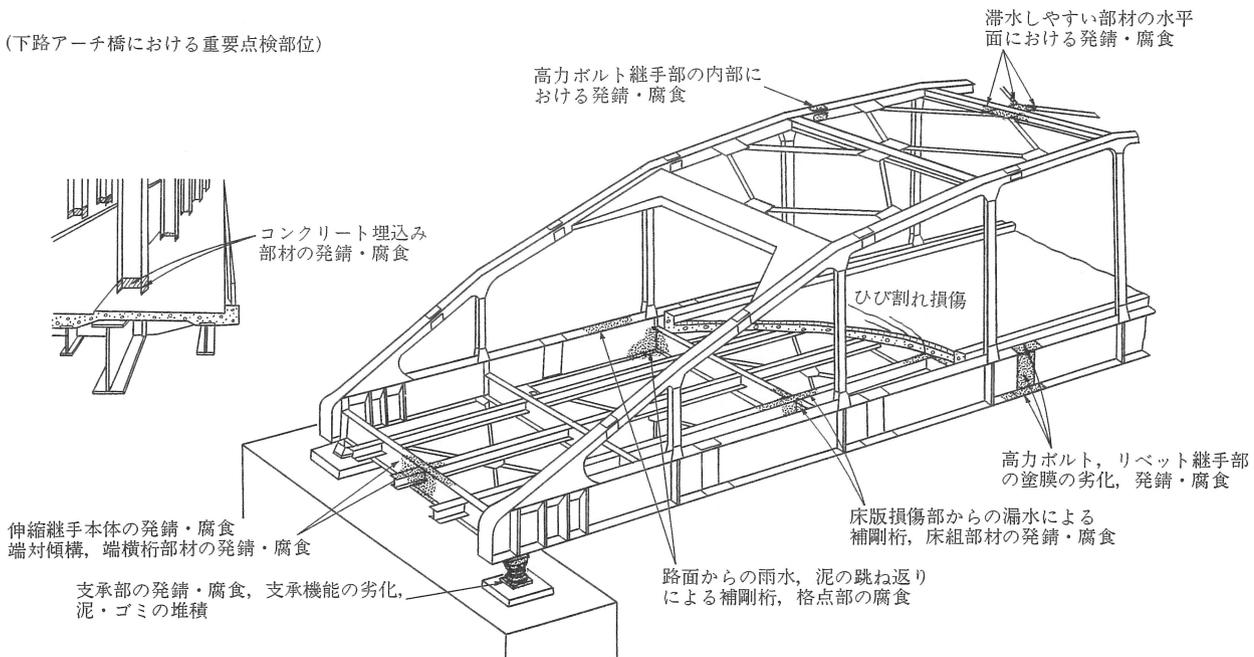
図-2.2 損傷の種類と点検部位

(鈹桁橋における重要点検部位)



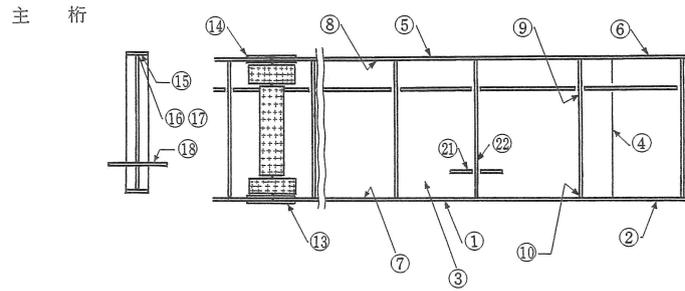
注：海岸地域に位置する橋梁に関しては、主桁内側面，対傾構，横桁，横構部材の発錆・腐食をチェックすること。

(下路アーチ橋における重要点検部位)



注1：海岸地域に位置する橋梁に関しては、床組部材の発錆・腐食をチェックすること。

図-2.3 腐食マップの一例



損傷のスケッチ等

--	--

部材	着目部位	記号	部材・部位	チェック	記号
主桁	支間部	①	下フランジ		
		②	下フランジ板継溶接部		
		③	ウェブ		
		④	ウェブ板継溶接部		
		⑤	上フランジ		
		⑥	上フランジ板継溶接部		
		⑦	下フランジ～ウェブ溶接部		
		⑧	上フランジ～ウェブ溶接部		
		⑨	垂直補剛材上端部		
		⑩	垂直補剛材下端部		
		⑪	カバープレート端部，側面溶接部		
		⑫	添加物等取付ブラケット付け根の溶接部		
	接合部	⑬	高力ボルトまたはリベット		
		⑭	添接版		
	対傾構取付部	⑮	垂直補剛材上端溶接部		
		⑯	垂直補剛材上端スカーラップ部		
		⑰	上フランジとウェブとの溶接部		
		⑱	ガセット		
		⑲	垂直補剛材の高力ボルト，リベット孔		
	横構取付部		横桁ガセット		
		横構ガセット～ウェブ溶接部			
		横構ガセット部の垂直補剛材溶接部			
		高力ボルトまたはリベット			
対傾構	部材		上弦材		
			下弦材		
縦桁取付部	縦桁		斜材		
			交差部		
縦桁(増設も含む)	部材		端部フランジ切欠き部		
			その他溶接部，その他部材		
横構	部材		横構		

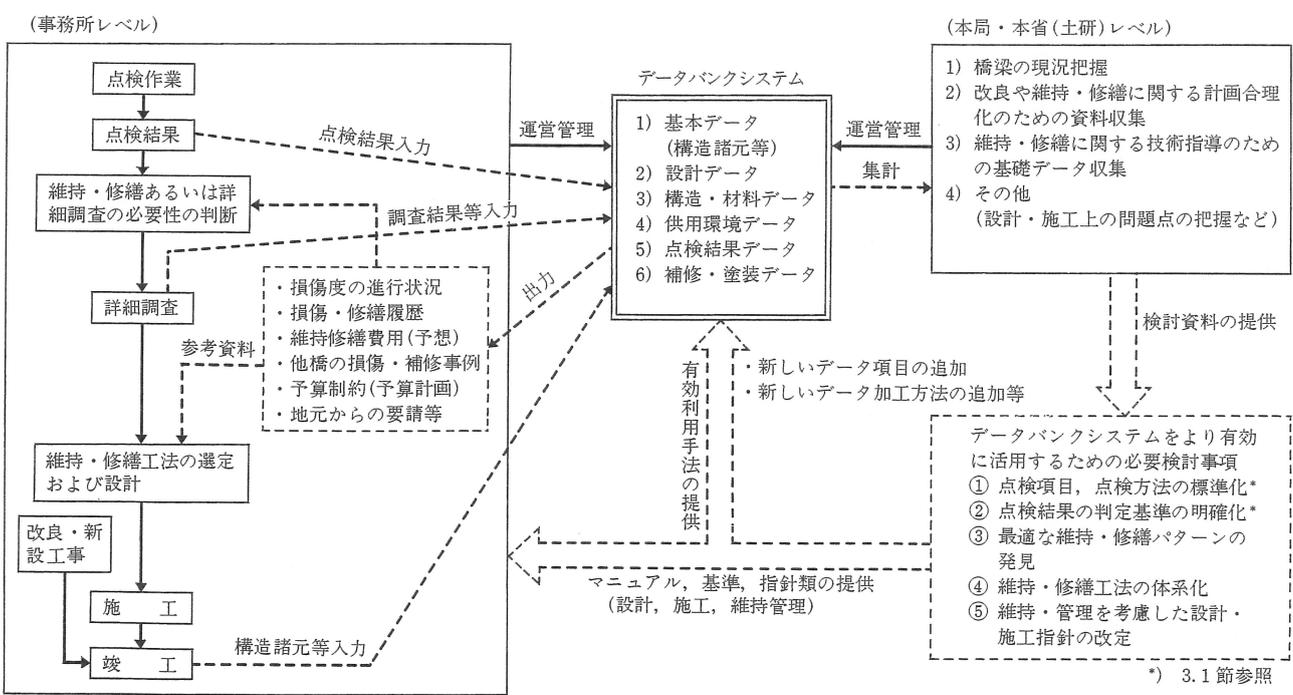
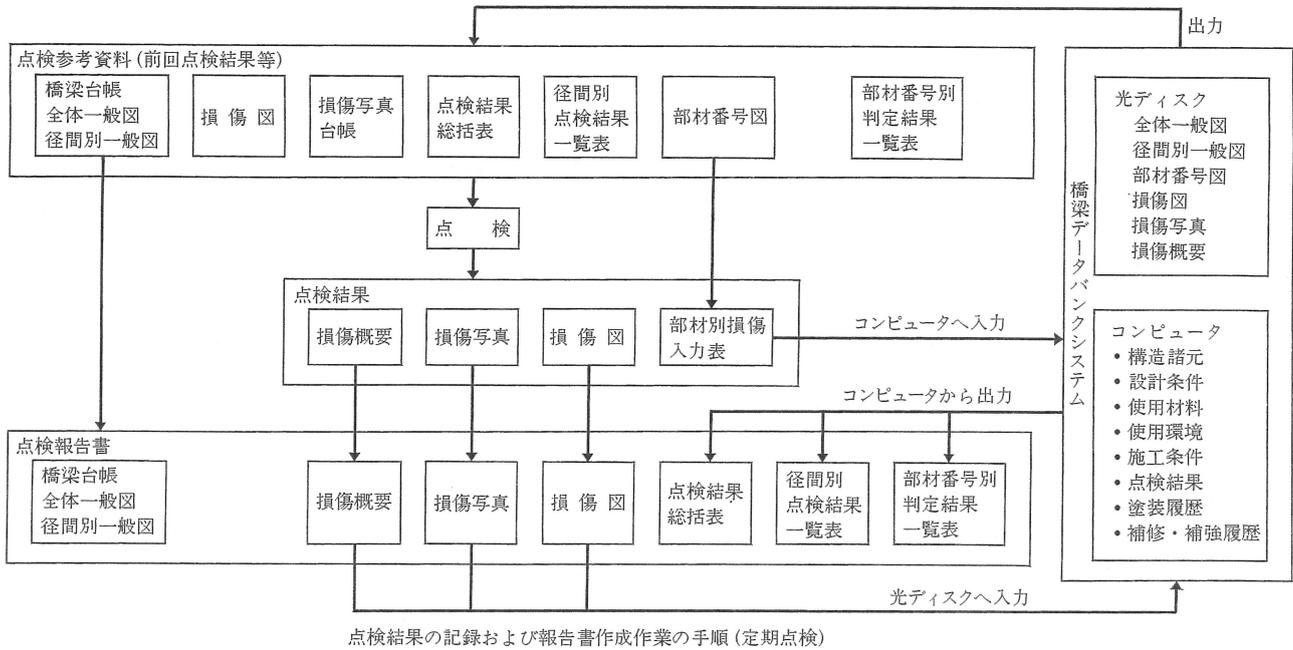
- 凡例
- ✓ : 点検済み 異常なし
 - : 点検済み 異常あり
 - im : 点検不可能
 - : 該当する部材がない
- K……………き裂あり
 H……………変形あり
 B(R)…ボルト(リベット)の破壊
 ・ゆるみあり
 F……………腐食あり

図-2.4 点検・検査シートの一例

(5) 点検・検査要領の統一とデータベース化

現在、各管理機関において、それぞれ別個の点検・検査の要領が作成されており、点検の内容や方法などの細かい部分で多少異なったものとなっている。管理する橋梁の使用条件、使用環境あるいは重要度などの相違から管理方法もそれに応じたものに決めざるを得ないが、教育システムや資格制度等の確立といった面からは、点検・検査の要領を統一するのが望ましい。

また、点検・検査や補修・補強を実施した場合、その記録を残しておくことは重要なことである。これは、合理的な点検・検査を行っていくうえで貴重な資料となるのみならず、損傷に適合した補修・補強工法の選択や採用時（施工時）の問題点の把握のためにも事例をデータベースとして蓄積することが必要である。また、新設橋の設計にフィ



維持管理業務を中心としたデータベースシステムの位置付け(橋梁データベースシステムに関する基本構想)

図-2.5 橋梁データベースシステムの一例

ードバックすることにより、より良い設計やディテールの採用が可能となる。さらに、橋梁データバンク（データベース）として損傷や構造諸元、その他交通量や橋梁関連情報を収集することにより、管理業務の効率化、迅速化が可能となる。そのためには、多くのデータが必要であり、橋梁管理者がそれぞれ独自の様式をつくるのではなく、同一の情報の形態と処理手順とし、同じデータベース上でそのデータを構築することが望ましい。このような観点からは、点検・検査要領を統一したものとし、その記録に互換性を持たせた様式とすることが有効である。図-2.5は橋梁データバンクに関する手順、基本構想の例を示したものである¹⁰⁾。データベース化において最も重要なことは使用者が何に利用できるのかを明確にしてやることであり、そのためのシステムに対するメンテナンスは必要不可欠なものである。

なお、損傷事例や損傷に対する補修・補強事例については、各管理機関内において処理されることが多い。先にも述べた橋梁のデータベースの構築のためにも、数多くのデータが必要であり、そのためには損傷事例および補修・補強事例に関して、各管理機関間で情報の交換を行い系統的な管理を行っていくことが重要と考えられる。

(6) 点検・検査のためのアクセス手法

点検・検査によりどの程度までの損傷を確認できるかは、そのアクセス手法により異なる。桁下から遠望するような点検では、損傷がすでに大きく進展し、桁全体挙動に異常をきたしているような損傷が対象となる。このような損傷に関しては、交通規制や仮受けなどの緊急対策が必要となり、一般市民の社会生活にまで影響を及ぼすこととなる。また、補修・補強も大掛かりなものとなり経済的な損失は大きい。点検・検査において重要なことは、いかに早期に損傷を発見し適切な処置を施すかであり、このためには点検のサイクルを適正な期間とし、部材により接近した点検が重要である。例えば、部材接合部に発生した微細な疲労き裂に関しては、塗膜面に生じる錆汁として認識される。したがって、遠望からの目視検査ではその検出がほとんど不可能であり接合部に接近した点検が必要となる。また、損傷の詳細調査については、部材に接近することが必要不可欠であることは言うまでもない。

部材へのアクセス手法としては、既存の検査路を利用する、点検車を用いる、足場を新たに設置する、あるいは遠望点検においても双眼鏡を用い細部を点検する等の方法があるが、点検の目的あるいは点検で対象とする損傷の種類とその程度により、どのようなアクセス方法を用いるかを考えることが重要である。

種々のアクセス手法に関しては、2.4「点検・検査設備」で詳述しているので参照されたいが、橋梁の計画、設計段階においても、供用後の点検・検査を考慮しアクセスの容易な構造詳細としておくことが重要である¹¹⁾。図-2.6は橋脚天端から桁下までの空間を確保し支承部近傍の点検を容易にした事例である。このような構造の採用により補修・補強時における仮受け台、ジャッキなどの仮設部材の設置も容易に行うことができる。また、図-2.7に示すように点検員の移動が自由に行われるように桁端部からパラペット前面までの空間を確保する、あるいは箱桁や鋼製橋脚のように閉じられた構造物でも内部の点検が容易に行うことができるようにマンホール、照明設備を適切な位置に設置するなどの工夫も重要である。

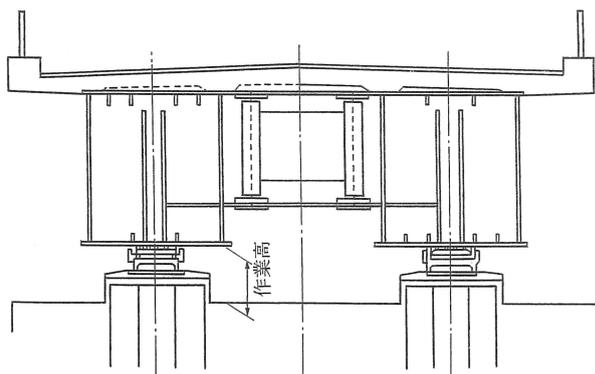


図-2.6 維持管理が容易な橋脚天端の一例

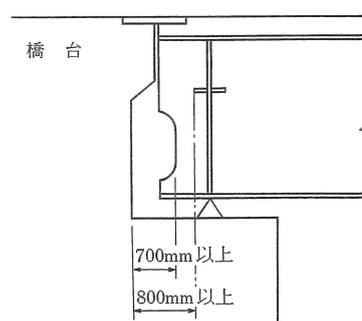


図-2.7 桁端部に空間を確保した事例

2.3 原因調査

疲労き裂、鋼材の腐食、ボルトの遅れ破壊、部材の変形などの損傷については、その損傷程度や進行状態によっては、橋梁としての機能に重大な影響を及ぼすが、一般には損傷を発見してから危険な状態にまで進行するにはかなりの時間を要する。ただし、損傷の見落としや発見の遅れ、損傷部位、構造形式、作用力の大きさ、荷重頻度などにより応急処置の必要度合いは異なるので適切な対応をとる必要はある。このようなことから、損傷の発見後において、各種の調査を実施し、損傷の定量的な評価と損傷原因を適切（全体を把握し、また、目的を明確にする）に分析することにより、最適で経済的な補修・補強方法を採用することが可能である。

詳細調査は一般には、以下の目的で行われる。

- ① 損傷の進行性（応急処置の必要性）の確認
- ② 損傷の定量的な評価
- ③ 損傷原因の把握（全体構造が原因なのか、局所的な構造ディテールが原因か、使用材料の特性か、周辺環境の影響はどうかなど）
- ④ 安全性、耐久性や使用性の確認
- ⑤ 補修・補強計画における材料特性、交通状態、応力レベルなどの把握
- ⑥ 補修・補強計画における工法の評価（補修・補強効果、施工性、経済性など）

特に詳細調査において重要である損傷原因の分析に関しては、

- (a) 力学的要因
 - ・外力 ・応力 ・変位、変形 ・荷重頻度
- (b) 材料要因
 - ・材料の種類 ・機械的性質 ・表面および内部欠陥 ・品質不良
- (c) 環境要因
 - ・温度 ・湿度 ・化学作用（塩分や各種ガスの影響）
- (d) 構造ディテールによる要因
 - ・応力集中 ・水はけ
- (e) 施工上の要因

などの損傷要因とその影響を考察しやすいように整理すると効率的であり、また、損傷要因を直接的要因と間接的要因とに区分することにより、補修・補強計画における目的と対策の関係も整理され、適切な補修・補強対策の選定が可能となる。

最近では、これら損傷原因の分析を行うため、載荷試験などの大掛かりな試験が実橋にて実施されることがあるが、場合によっては目的が不明確であったり、また、試験結果を有効に活用しきれていない場合もある。そこで、損傷原因の分析では、

- ① 調査計画を立てる段階において、その目的と方法を明確にする。
- ② 一般に、損傷原因は単一とは限らず、多数の原因に関連している場合が多い。しかし、それらすべてのウェイトが等しいとは限らないので、主因と副因などのように区別する。
- ③ 損傷原因はなるべく定量的に数値で示す。

などの点に注意を払うことが必要である。なお、疲労損傷および腐食における原因分析手法の詳細に関しては、第4章および第5章を参照されたい。

2.4 点検・検査設備

橋梁の維持管理を効率的に、かつ正確に実施するうえで検査方法の確立および点検・検査設備を整備することは橋梁の維持修繕費が増大している中で重要なことである。特に、通常点検・検査の大半は目視検査となっており、部材を直接近くで観察するのと双眼鏡を用いて見るのとでは、その精度は大きく異なってくる。このため、どれだけ正確な点検を行えるかは、この点検・検査設備によるところが大きい。今後、新設橋の設計段階において目視により精度良く検査が行えるような設備の設置を考えておくことも重要と思われる¹²⁾。

一般に、点検・検査設備として橋梁に設置されている、または使用されているものを表-2.7 に示す。

(1) 点検通路(検査路)

橋梁の点検では、直接目視により検査でき、また、異常部位にすぐに接近できるような設備が必要であり、点検通路が網の目状に配置されているのが理想的である。しかしながら、実際の都市内での高架橋や河川上の橋梁では、建築限界、経済性、外観上の配慮などから図-2.8 や写真-2.1 に示すように設置されている部位が限定されている。このような点検通路は、床版の点検を行ううえではある程度の機能性を発揮するが、疲労損傷や腐食などのように部材に接近して点検を行う必要のある損傷に対しては不十分である。

表-2.7 点検・検査のための設備

点検設備	設置目的
点検通路	・床版、桁内外面の点検 ・支承部などの点検
梯子、タラップ	・点検通路への通路 ・点検箇所への昇降
マンホール	・箱桁や橋脚内への出入口
吊り金具	・点検や塗装の塗替え時の足場設置用治具
エレベータ	・塔内の点検箇所への昇降
作業車	・床版や桁の点検・補修時の移動および足場 ・機材や材料の運搬
テレビカメラを用いた設備	・足場がなく、近接できない箇所への目視点検
移動式作業床	・床版や桁の点検・補修時の足場
点検車	・床版や桁の点検・補修時の移動および足場



写真-2.1 都市内高速道路高架橋の点検通路

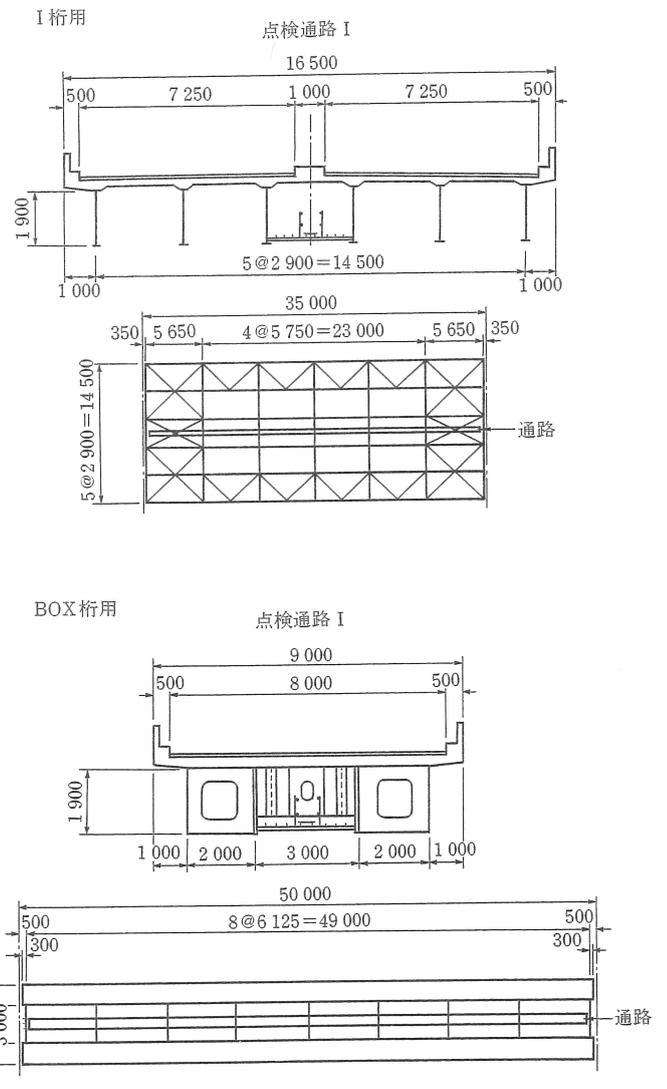


図-2.8 点検通路標準図

このため、点検通路設備が不十分な橋梁では、点検・検査の効率を高めるため既設の桁に点検通路を新たに取り付けることが行われる場合があるが、点検通路を溶接により既設部材に取り付ける際には、施工時の溶接欠陥の発生や溶接部からの疲労き裂の発生に注意を払わなければならない。

(2) 作業車

写真-2.2 や写真-2.3 に示すような点検作業車は本州四国連絡橋や海峡部を跨ぐ長大橋あるいは山間部の大型トラス橋等に用いられている。このような作業車の設置は昭和30年代に鉄道橋において実施されたのち、本格的には昭和40年代後半の関門橋から行われた。

作業車の大きさや能力は、作業車の役割を単に橋体の点検のみに限定するか、点検および補修作業用として用いるかなどの機能性により、あるいは橋体のどの部位にどれだけ接近させるかにより決定される。また、作業車の設置台数は各径間ごとに1台の設置が標準的であるが、瀬戸大橋などのように長径間橋梁では作業効率から2台設置することもある。各径間当り1台ずつ設置する大きな理由は、作業車が橋脚を通過するのが困難なためであるが、片品川橋などのように橋脚をクリアして他の径間に移動できるような構造を有した作業車もある。

また、最近では、都市内高架橋においても写真-2.4 に示すような点検作業車が設置されるようになってきている¹³⁾。検査を主目的として取り付けられたものであり、積載重量として人員5名(70kgf×5)、荷物200kgfと限定したうえで、移動における動力源を作業員の手動式としている。

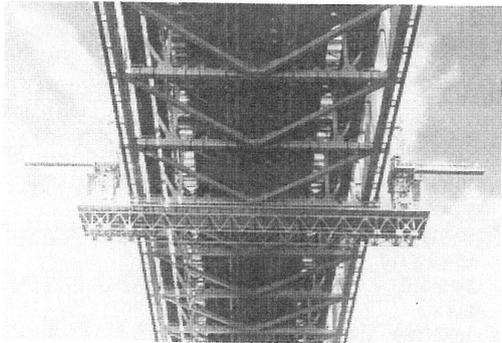


写真-2.2 海上大型橋梁における外面作業車

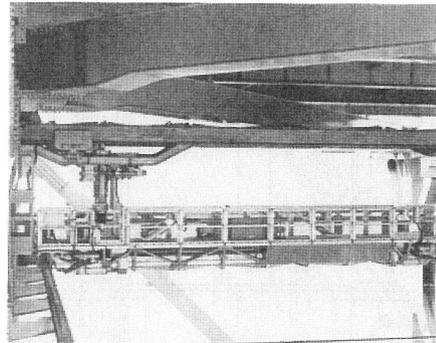
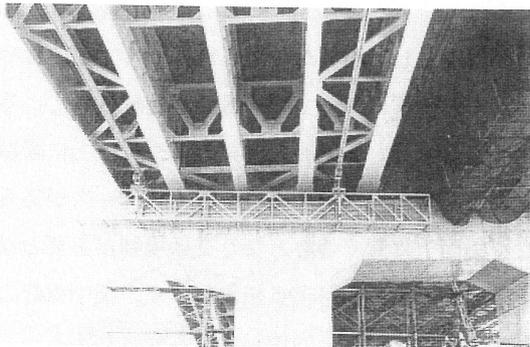
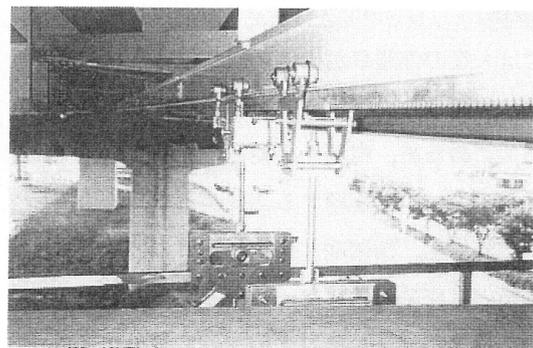


写真-2.3 海上大型橋梁における内面作業車



(a) 全景



(b) 走行装置とレール

写真-2.4 都市内高架橋における移動点検作業車

(3) マンホール

箱桁、塔および橋脚内への点検作業のための出入口として一般にマンホールが設けられている。その大きさは図-2.9に示すように600×400程度の長孔を標準としており、蓋を閉めることにより密閉構造としている。しかしながら、点検・検査器具の搬入・搬出についてもこのマンホールを使用することから設計段階では可能な限りマンホールを大きくし、作業の効率化に配慮することも必要である。なお、箱桁の下フランジにおけるマンホールのように蓋を上下に開閉するような構造においては、鋼製の蓋の開け閉めに多大な労力が必要になることがあり、このような場合には適当な防錆処置を行ったうえでアルミ製の軽量の蓋を取り付けるなどの配慮も必要である。

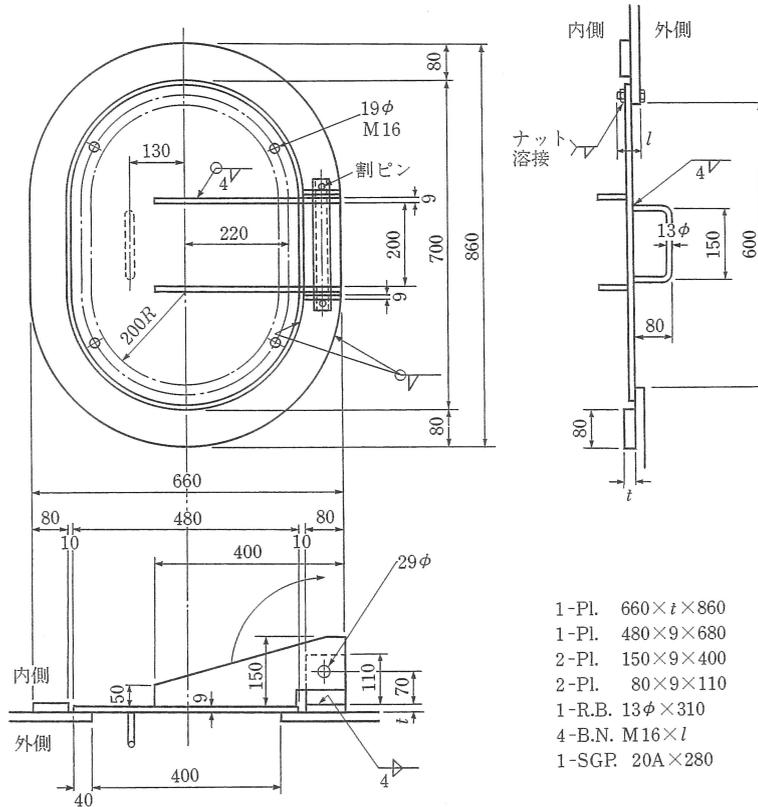


図-2.9 マンホールの一般的な構造

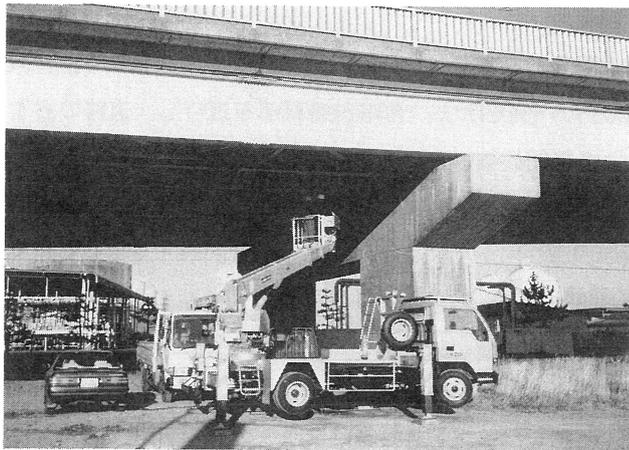
(4) 電源設備

長大橋では大型の作業車が橋体に取り付けられ、これらの動力源として電気が使用されている。このため、点検時の検査機器の電源はこの作業車の電源から分電すればよいが、一般橋梁においては、電源が配線されていることはほとんどない。このため、電源を必要とする検査機器を使用する場合には、発電機を橋梁の下や橋面上に設置し、検査箇所まで電源ケーブルを配線する必要がある。都市内高架橋など桁下に発電機や機材を置くスペースがある場合には問題ないが、河川上、山間部、海峡部などの橋梁では、機材を橋面上に置くこととなり交通規制が必要となる。

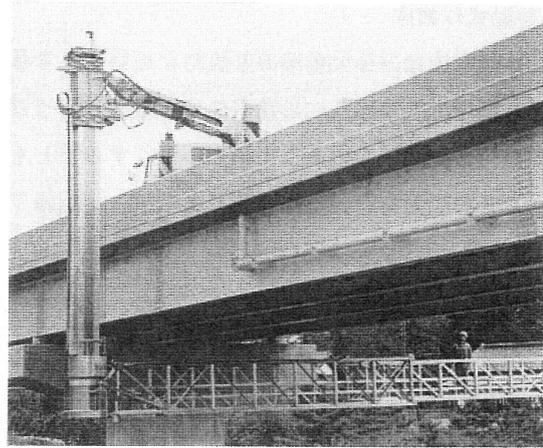
また、箱桁内は密閉構造になっているため、昼間でも内部は暗闇である。目視点検において、懐中電灯の明かりのみではその作業性が低下し疲労き裂などの微小な損傷が発見できず検査精度に問題が生じる恐れがある。このことから、箱桁内に電灯設備を用意するとともに、点検作業用の電源設備を設けるのが望ましい。

(5) 点検車

点検車は、写真-2.5に示すように点検設備のない橋梁や部分的な点検設備しか設けられていない橋梁の点検・検査を行うために用いられている。桁下へのアプローチが可能である場合は点検車を桁下に設置するが、桁下にスペースがない場合には橋面に点検車を設置することとなり交通規制が必要となる。また、橋面上から桁下の検査が行えるような点検車は普及されておらず、検査が必要になった場合の確保に困難を伴う場合もある。



(a) 桁下からの点検・検査



(b) 橋面上からの点検・検査

写真-2.5 点検車を用いた点検・検査

(6) テレビカメラを用いた点検装置

目視検査の手段として、図-2.10 に示すような伸縮ロッドとテレビカメラを備えた点検装置を利用する場合があります¹⁴⁾。検査部位の空間が狭く、接近が不可能な場合には有効な手段である。テレビカメラを用いた点検装置ではないが、目視や検査機器による点検が困難である小閉断面部材内部を点検する方法として工業用内視鏡（ファイバースコープ）を利用する方法がある。強度上問題とならない程度の小孔を部材に設け、この孔から内視鏡を部材内部に挿入し点検を行うものである。

また、図-2.11 は、橋脚間に2本のワイヤロープを張り、その上に自在に遠隔操作のできるテレビカメラを搭載したトラベラーを走行させ、地上でモニターを見ながら点検を行うシステムである¹⁵⁾。

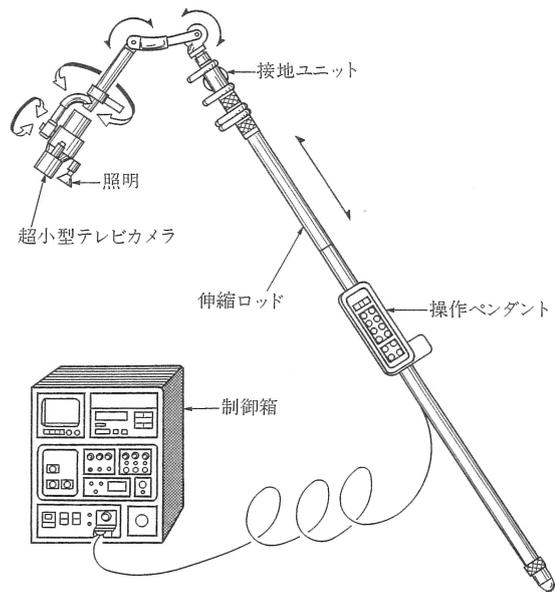


図-2.10 テレビカメラを用いた検査装置

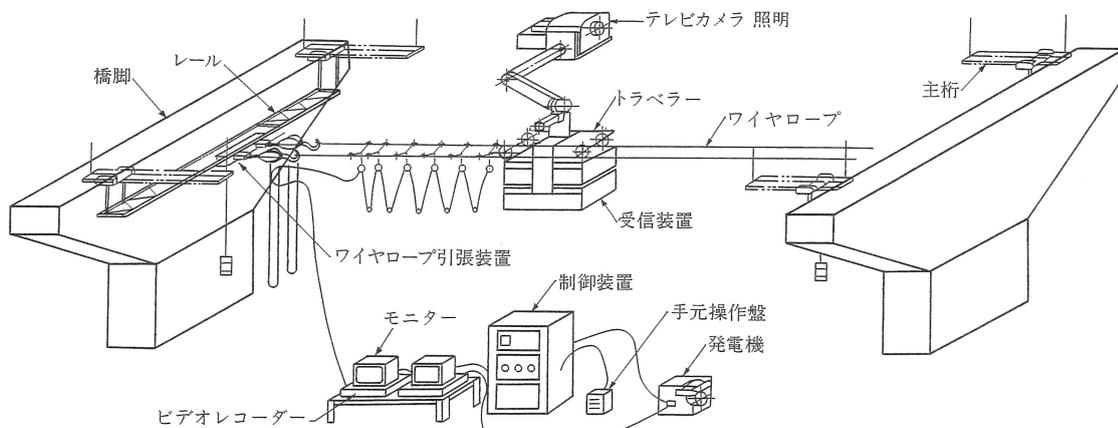


図-2.11 テレビカメラによる橋体点検装置概要図

(7) 移動式作業床

移動式作業床は、長大橋梁の架設時に用いられる移動式防護工を専用のレール設備を設置することなく、一般の既設橋梁に利用できるようにしたものである¹⁶⁾。図-2.12 にその一例を示す。台車が路肩部を走行し、道路の占有幅を車両の通行に支障がないように極力小さくするとともに、多径間橋梁における橋脚をかわしながら、橋全長にわたって移動できる能力を有した作業床である。

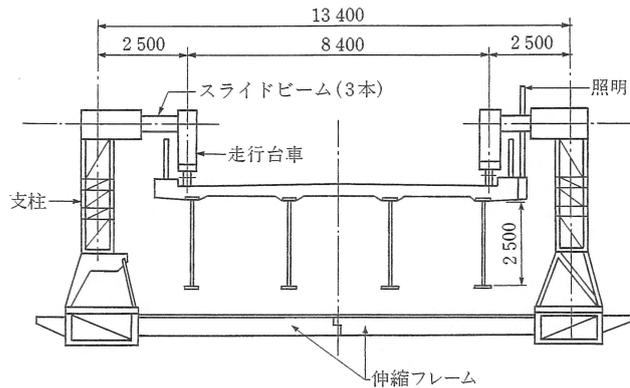


図-2.12 移動式作業床の概要図

(8) 吊り金具

吊り金具は、架設時における足場設置のための治具として、また、点検や塗装の塗替え時の足場設置のための治具として設計段階で位置を決め、橋梁本体に直接取り付けられる。特に、長支間の箱桁では桁高が高く、フランジ幅も広がるために数多くの吊り金具が本体のウェブ面やフランジ面に溶接されることがある。この場合、吊り金具の溶接線の方向や継手形状によっては疲労強度の低い継手となることから、下フランジのように活荷重によって生じる応力が比較的に大きい部位については極力吊り金具を溶接で取り付けることは避けるのが良い。取り付ける場合には疲労の検討を行い吊り金具の取付構造に十分な注意を払う必要がある。

このように、吊り金具はその取付に配慮しない場合には、橋体に疲労損傷を発生させる要因となるばかりでなく、橋体からの突起物であり景観上からもあまり好ましいものではない。しかしながら、現状では足場を支持する吊り用の設備が必要であり、このため、最近では図-2.13 に示すような吊り構造が採用されることもある¹⁷⁾。今後は吊り金具を必要としない足場設備、また、足場を必要としない点検・補修工法の開発が必要と思われる。

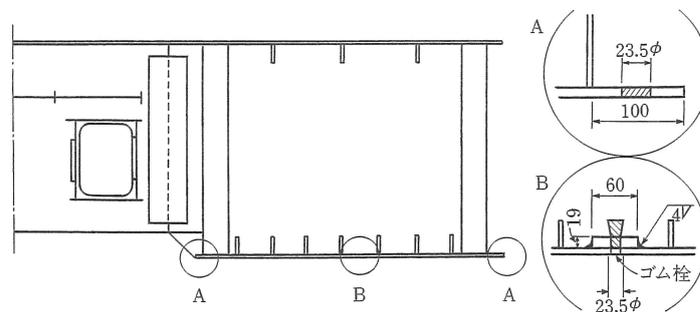


図-2.13 箱桁下フランジの足場用孔

(9) 検査ロボット

コンクリート建築構造物の壁面の点検・検査では、壁面を昇降するロボットにテレビカメラを搭載し、ひび割れの調査を行うシステムや同じく壁面を昇降するロボットに打撃装置と音検出装置とを搭載し、内部の欠陥を調査するシステムが研究・開発され、一部実用化されている。

これに対して、鋼構造物では球形のガスホルダーの壁面を真空密着して移動し、溶接部の超音波探傷による非破壊検査を行うロボットの開発¹⁸⁾、また、パイプラインの管内の点検ロボットとして管内面の目視検査および溶接部の超音波探傷が可能な診断システムを搭載したロボットが開発されている¹⁹⁾。

これらのロボットシステムは、障害物がない面を移動するようなシステムとなっており、これをそのまま複雑なディテールの橋梁の点検ロボットとして使用するのには難しい。また、複雑なディテールの中を移動できるようなロボットの開発にはまだ時間を要することが予想される。そのため、今後はこのような検査ロボットの適用が可能な橋梁構造について検討を行うことも必要と思われる。

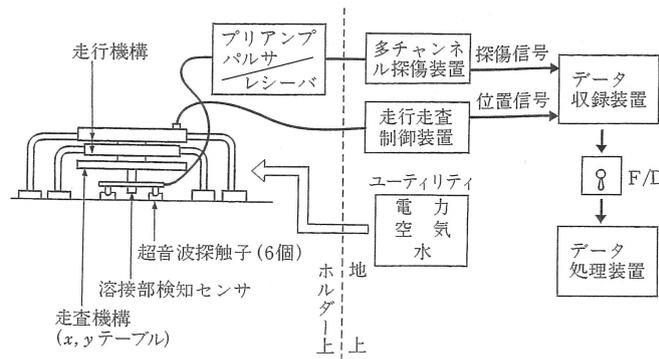


図-2.14 球形ガスホルダー検査ロボットシステム図

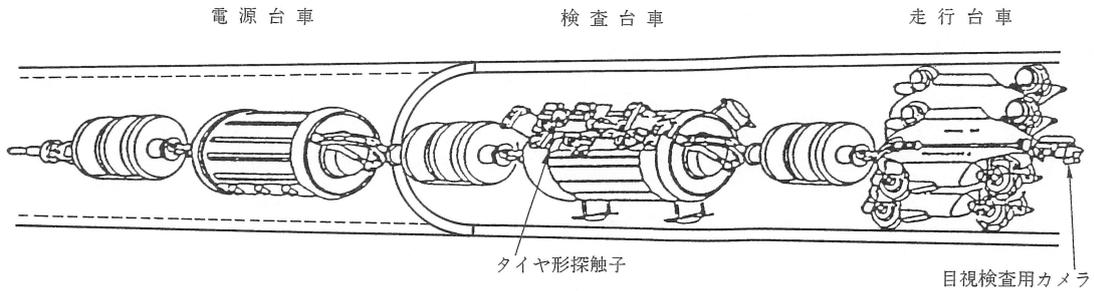


図-2.15 管内点検ロボット

参考文献 (第2章)

- 1) New York City Department of Transportation: SPANNING THE 21ST CENTURY, 1988
- 2) AASHTO: Manual for Maintenance Inspection of Bridges, 1983
- 3) U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bridge Inspector's Training Manual, U.S. Government Printing Office, 1971
- 4) 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, 昭和63年7月
- 5) 土木学会: 建造物保守管理の標準(案)同解説・鋼構造物, 1987.2
- 6) 土木学会関西支部: 既設橋梁の耐荷力と耐久性, 昭和60年7月
- 7) (財)高速道路技術センター: 橋梁の健全度評価及び補強方法に関する調査研究報告書, 昭和63年3月
- 8) 名取 暢・照山 修・橋本和夫・奥島 猛・西川和廣・村越 潤: 鋼橋の腐食事例とその分析, 土木学会第48回年次学術講演会概要集第1部, 1993
- 9) (財)高速道路技術センター: 橋梁の健全度評価及び補強方法に関する調査研究報告書, 平成2年2月
- 10) 建設省土木研究所: 既設橋梁の耐久性評価・向上技術に関する研究 III, 土木研究所資料, 第2682号, 昭和63年12月
- 11) 阪神高速道路公団: 維持管理を考慮した鋼構造物の計画と設計・施工, 昭和60年3月
- 12) 土木学会: 鋼橋の維持管理のための設備, 1987.3
- 13) 茂手木博: I桁橋における移動検査路について, 川田技報, Vol.11, 1992.11
- 14) ㈱本州四国連絡橋エンジニアリング, 三菱重工業㈱: 構造物点検装置 MC-36 型パンフレット
- 15) 三井造船㈱: テレビカメラによる橋体点検装置パンフレット
- 16) 清水功雄・有安輝男: 橋梁用自作作業床の開発, 宮地技報, No.7, 1991
- 17) 北海道における鋼道路橋の設計および施工指針, 1983
- 18) 鍵山一郎: 球形ガスホルダー検査ロボット, 土木学会論文集, No.373/VI-5, 1986.9
- 19) 金原了二: 主要配管ロボットの開発, CXRの技術開発と現況, 1993