

## 信頼される鋼橋の実現に向けて 健全度評価の現状と未来

座長	小西 拓洋	(一財)首都高速道路技術センター
話題提供者	村越 潤	(独)土木研究所
	若林 登	首都高速道路(株)
	高木 千太郎	(公財)東京都道路整備保全公社
	野澤 伸一郎	東日本旅客鉄道(株)
	船越 博行	オリエンタルコンサルタンツ(株)

日 時	平成25年 9月4日(水)	16:15-18:15
場 所	日本大学 津田沼キャンパス	
教 室	37号館 302号室	(会場名: I-2)

土木学会鋼構造委員会

# 信頼される鋼橋の実現に向けて 一健全度評価の現状と未来一

## 直轄橋梁の点検の概要

(独)土木研究所 CAESAR  
村越 潤

## 標準的な点検の体系

- 通常点検
  - ・ 日常の巡回(道路パトローカー内から目視を主体に実施)
- 定期点検
  - ・ 定期的損傷把握(近接目視を基本とし、目的に応じて点検機械・器具を使用)
    - 詳細調査
      - ・ 損傷原因・程度をより詳細な把握
    - 追跡調査
      - ・ 損傷の進行状況の把握
- 中間点検
  - ・ 定期点検を補う(中間年)
- 特定点検
  - ・ 塩害等の特定事象を対象
    - 「コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領(案)」(平成16年3月)
- 異常時点検
  - ・ 地震、台風等の災害時、予期されなかった異常の発生時
    - 「鉄製橋脚隅角部の疲労損傷臨時点検要領」(平成14年5月)
    - 「PCT桁橋の間詰めコンクリート点検要領(案)」(平成15年1月)

## 橋梁定期点検の概要

直轄国道の橋梁点検は、「橋梁定期点検要領(案)」(平成16年3月)に基づき実施

- 点検頻度
  - ・ 供用2年以内に初回点検を実施。2回目以降は、原則5年以内に実施
- 点検項目及び方法
  - ・ 近接目視を主に、必要に応じて簡易な点検機械・器具(非破壊検査機器を含む)を用いて行うことを基本
  - ・ 損傷の種類として26項目を対象。
    - 鋼 : 腐食、き裂、ゆるみ、脱落、破断等
    - コンクリート: ひびわれ、剝離、鉄筋露出、床版ひびわれ等
    - 共通 : 異常な音・振動、異常なたわみ、土砂詰り、沈下等
- 点検体制
  - ・ 橋梁に関して十分な知識と実務経験を有する者が実施

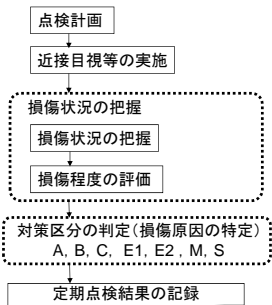
## 橋梁定期点検の概要

- 損傷の程度の評価
  - 「損傷評価基準」に基づき、要素毎、損傷種類毎に5区分(a, b, c, d, e)で評価

- 対策区分の判定
  - 「対策区分判定要領」を参考にしながら、部材、損傷種類毎の対策区分について7区分により判定を行い、損傷の状況、原因、進行可能性、区分判定の理由等の必要な所見を記録

- <判定に際して必要な情報>
- 【構造に関わる事項】
    - ・ 構造形式、規模、構造の特徴
  - 【設計・製作・施工の各条件に関わる事項】
    - ・ 設計年次、適用示方書、架設年次
    - ・ 使用材料の特性
  - 【使用条件に関わる事項】
    - ・ 交通量、大型車混入率・橋梁の周辺環境・架橋条件
    - ・ 維持管理の状況(凍結防止剤の散布など)
  - 【各種の履歴に関わる事項】
    - ・ 橋梁の災害履歴、補修・補強履歴

### 定期点検の概略のフロー



## 損傷程度の評価区分の例

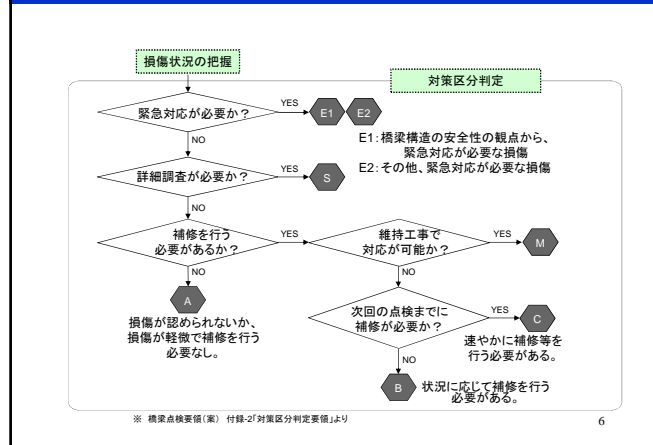
区分		一般的状況	
		損傷の深さ	損傷の面積
a	b	小	小
c	d	小	大
e	e	大	大

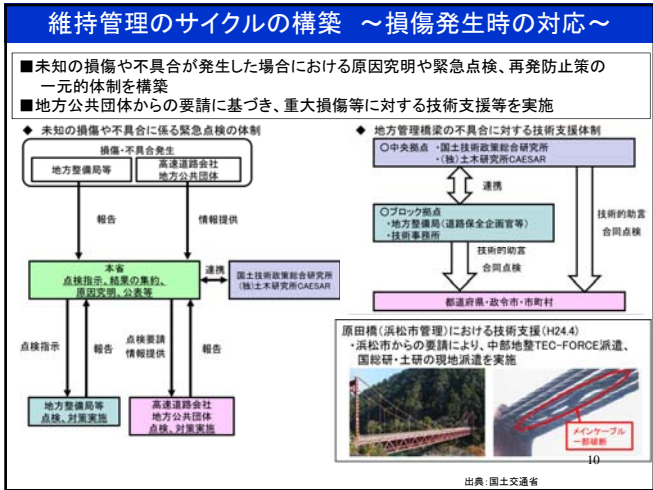
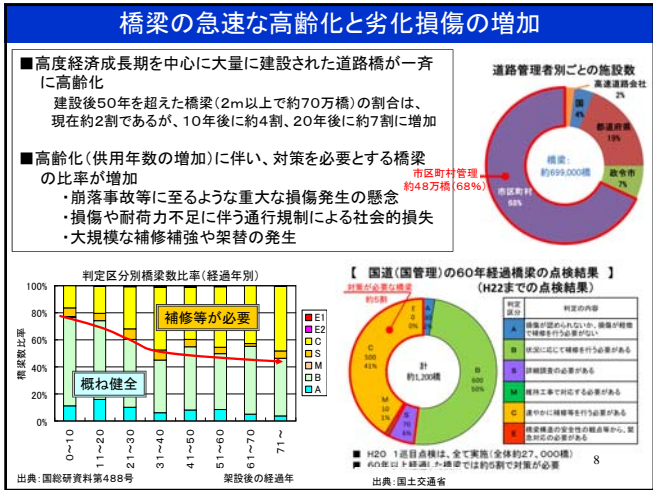
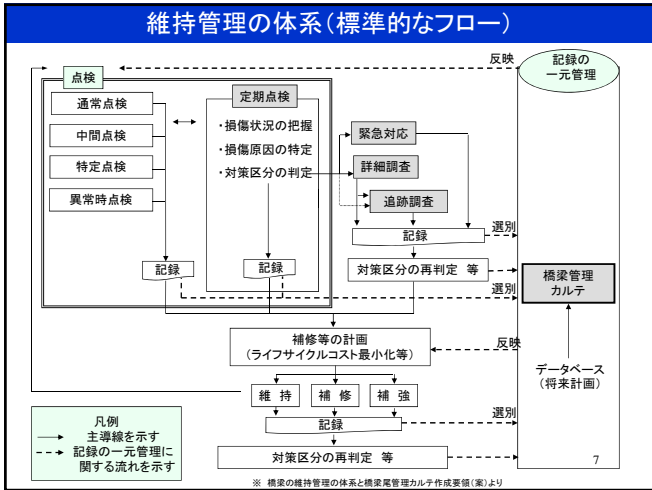
  

床版ひびわれ		
区分	ひびわれ幅に着目した程度	ひび割れ間隔に着目した程度
a	〔ひびわれ間隔と性状〕 ひびわれは主として1方向のみで、最小ひびわれ間隔が概ね1.0m以上 〔ひびわれ幅〕 最大ひびわれ幅が0.05mm以下(ヘアークラック程度)	
b	〔ひびわれ間隔と性状〕 1.0m~0.5m、1方向が主で直交方向は従、かつ格子状でない 〔ひびわれ幅〕 0.1mm以下が主であるが、一部に0.1mm以上も存在する	
c	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.5m程度、格子状直前のもの 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以下が主であるが、一部に0.2mm以上も存在する	
d	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.5m~0.2m、格子状に発生 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以上が目立ち部分的な角落ちもみられる	
e	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.2m以下、格子状に発生 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以上がかなり目立ち連続的な角落ちが生じている	

※橋梁定期点検要領(案) 付録-1「損傷評価基準」より

## 対策区分の判定





### 損傷事例から学ぶ教訓

土木技術者の  
地方情報誌  
土木技術資料  
CIVIL ENGINEERING JOURNAL

国総研・現場管理者と  
共同で、損傷・対応事  
例に関する情報を提供

【現場に学ぶメンテナンスの掲載実績】

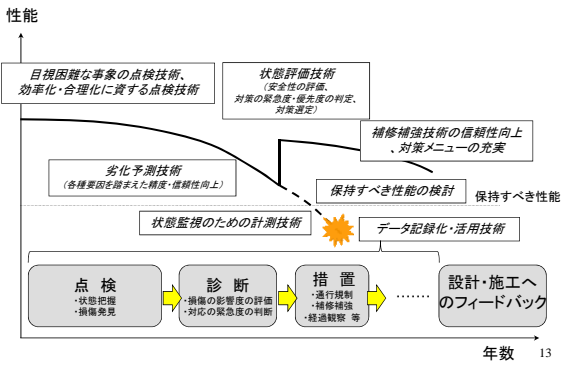
- 21年 8月 現場からの警鐘 ~ 深刻化する劣化・損傷の実態と教訓 ~ 鋼トラス橋のコンクリート埋込み部材の腐食への対応事例
- 21年 10月 鋼部材の疲労き裂について(その1) - 道路橋の主桁 -
- 21年 12月 鋼部材の疲労き裂について(その2) - 鋼製橋脚隅角部 -
- 22年 7月 吊橋ケーブルの安全対策 - PCアーチ橋の事例 -
- 23年 1月 橋脚基礎の洗掘への対応事例
- 23年 3月 橋台基礎の洗掘への対応事例
- 23年 5月 軸方向鉄筋にSD490を用いるRC中空断面橋脚の耐震性について
- 23年 8月 鋼部材の疲労き裂について(その3) - 鋼床版 -
- 23年 11月 アルカリ骨材反応により劣化した橋台の補修事例
- 23年 12月 橋台基礎の震災復旧対応事例
- 24年 2月 地震により変形したゴム支承の震災復旧対応事例
- 24年 5月 PC鋼材の腐食損傷への対応事例 - 妙高大橋のグラウト未充填と鋼材腐食の調査 -
- 24年 8月 橋脚基礎の洗掘への緊急復旧対応事例
- 25年 1月 ギャップ部補強吊り部材脱落の対応事例
- 25年 6月 アルカリ骨材反応が生じたPC橋の調査、診断と対応事例

11



必要な研究開発 ～維持管理の信頼性向上、合理化に向けた技術～

維持管理の信頼性を向上させる技術、負担を軽減する技術の開発が必要不可欠



必要な研究開発 ～維持管理の信頼性向上、合理化に向けた技術～

<点検>

- ・目視できない重要部位の劣化損傷を確実に捉えることのできる技術  
例) コンクリート内部の鋼材、鋼部材の腐食  
ケーブル定着部の腐食、  
目視困難部位の劣化損傷 (RC床版内部、鋼床版のデッキ進展き裂など)
- ・近接しにくい重要部位の劣化損傷を効率的に把握することのできる技術  
例) 近接手段を要しない遠隔・非接触の状態把握技術

<診断>

- ・点検～詳細調査～診断までの対応の方法論の構築
- ・劣化損傷を受けた橋・部材の耐力の評価手法
- ・状態把握の状況・信頼性に応じた対応方法 (リスクの評価、状態監視等)

# 首都高速道路における点検・健全度評価

首都高速道路(株) 正会員 若林 登

## 1. 首都高速道路の鋼構造物の現状

首都高速道路は昭和 37 年に京橋～芝浦間を最初に供用開始してから 50 年が経過し、現在の供用延長は 301.3km である。平成 25 年 3 月末現在で供用開始から 40 年以上経過した路線が 34%、30 年以上が 52% を占め、構造物の高齢化が進行していること、構造種別に関しては鋼橋が 66% を占めることから、安全・安心・快適な首都高速道路ネットワークを提供するうえで、高齢化した鋼構造物の維持管理は重要な課題である。

## 2. 点検・健全度評価の現状

首都高速道路の構造物の点検は独自に定めた「構造物等点検要領」に基づいて実施される。点検は、表-1 に示すように、日常点検、定期点検、臨時点検に大きく分けられ、点検内容によりさらに細かく分類される。また、発見された損傷は、表-2 に基づきランクが判定され、必要な対応を実施する。

表-1 点検種別

点検種別		点検名	点検概要	点検頻度
日常点検	巡回点検	高速上巡回点検	パトロールカーによる巡回	2~3回/週
		高架下巡回点検	//	1回/月
		交通パトロール	交通管理員が巡回	1回/2時間
	徒歩点検	高速上徒歩点検		1回/5年
		高架下徒歩点検		2回/年(第三者被害想定箇所) 1回/2年(その他)
定期点検	接近点検	構造物接近点検	高所作業車を使用	1回/5年
			補修工事用足場を使用	1回/年(トンネル内大型標識) 足場設置時
	機器点検	舗装点検		1回/2年
		土工部空洞調査		1回/5年
	供用時点検	供用前点検		供用開始前
		供用後点検		供用開始1ヶ月~1年後
	損傷箇所追跡点検			
臨時点検	異常時点検		地震、暴風雨等発生時	
	類似構造物点検		事故発生類似箇所	
	特別点検		必要に応じて	

表-2 損傷ランク

Aランク	緊急対応が必要な損傷(構造物の安全性、第三者被害)
Bランク	計画的に補修が必要な損傷
Cランク	損傷が軽微なため対応は不要(損傷は記録する)
Dランク	損傷なし(点検実施の事実を記録する)

筆者が担当する鋼構造物の疲労損傷(亀裂)は、高所作業車、工事用足場等を使用し、5年に1回の頻度で行う構造物接近点検により発見される。点検では、まず目視で鋼材表面の塗膜割れを検出し、塗膜を除去後、磁粉探傷試験により亀裂の有無、位置、長さを確認する。疲労亀裂は進行性の損傷であり、全てがBランクまたはAランクとして判定され、以下に示す亀裂の性状に応じて対策の優先順位、実施時期が決定される。

- ・ 亀裂の発生位置(主部材か、二次部材か)
- ・ 亀裂の進展経路(溶接ビード内か、母材進展の有無・可能性)
- ・ 亀裂の長さ

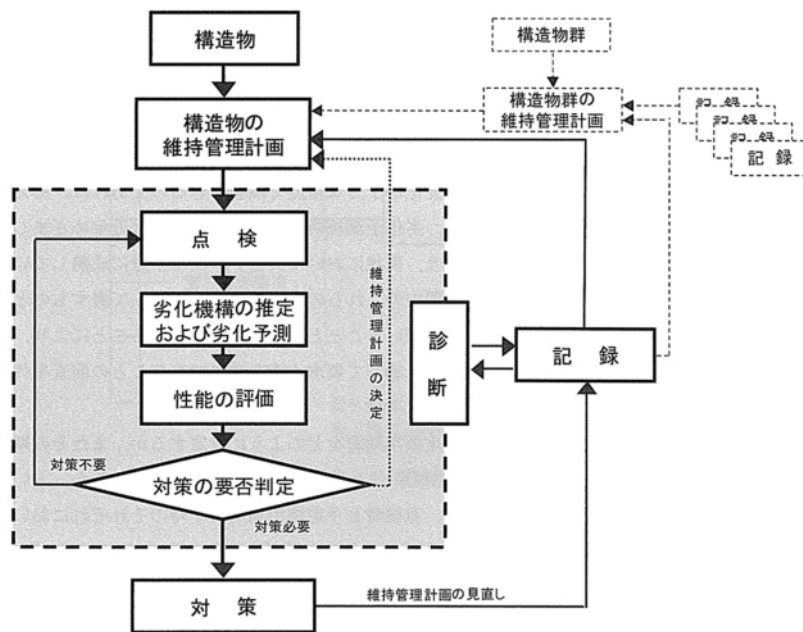
キーワード 鋼構造物, 点検, 健全度評価

連絡先 〒100-8930 千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路(株)保全・交通部鋼構造物疲労対策課 TEL 03-3539-9544



図－１ 塗膜割れ（左）と磁粉探傷試験で確認された疲労亀裂（右）

図－２に一般的な構造物の維持管理手順を示す。健全度は、構造物に定められた要求性能に対し、点検結果に基づく構造物の保有性能により評価されるものであり、健全度評価（図中では、性能の評価）に基づき対策の必要性が判断される。これに対し、首都高速道路の場合、現場で損傷を発見した点検員が損傷ランクの一次判定を行い、点検員からの報告を受けた点検、補修・補強を担当する部署が二次判定を行い、損傷ランクが確定する。損傷ランクを判定する際、発生原因、進行性などの性状が既知の損傷であれば、要求性能と保有性能による厳密な健全度評価は行わず、これまでに蓄積、伝承された知見に基づき対策の必要性を判断しているのが現状である。



図－２ 維持管理手順<sup>1)</sup>

### 3. 点検の質の確保・向上

首都高速道路では点検の質を確保・向上させるため、点検業務を実施する首都高技術(株)、(一財)首都高速道路技術センターと一体でさまざまな取組み、技術開発を行っている。以下にその一部を紹介する。

#### (1) 点検員の技量確保・向上

点検の質の確保・向上は、見落としを減らすこと、損傷に対する的確な判定を意味し、現場で点検を実施する点検員の技量が重要である。首都高速道路では、平成14年以降、点検業務に従事する点検員を対象に点検講習会と点検員資格認定試験を実施している。講習会で点検要領の内容、首都高速道路の構造物に関する基本的知識、各種構造物の特徴・損傷事例・点検項目・点検方法、最新の事例などについて習得し、講習会後に実施する試験に合格し、点検員資格の認定を受けた者でなければ首都高速道路の点検業務に従事することはできない。なお、点検員資格の有効期間は3年で、3年経過後は再び講習会と試験を受けなければならない。

## (2) ポールカメラ

桁高の高い箱桁内部や高所作業車による接近が困難な箇所の点検を行うため、長さ 8 m のポールの先端にビデオカメラを取付け、遠隔操作ができるポールカメラを開発した。カメラは疲労亀裂発生の可能性を示す塗膜割れを検出するのに十分な解像度を有している。



図-3 ハイポールカメラ

## (3) 狭隘部用磁粉探傷装置

疲労亀裂は、接近目視により塗膜割れを検出し、磁粉探傷試験により確認される。しかし、部材が複雑あるいは密に配置された箇所や、支承高さの低い桁下空間などでは、従来の磁化器を使用できないため、磁化器の小型化、形状最適化、軽量化を図った。



図-4 狭隘部用磁粉探傷装置

## (4) SAUT

鋼床版のデッキプレートとトラフリブの溶接部のルートを起点に発生し、デッキプレートを貫通する方向に進展するデッキ貫通亀裂は、舗装に変状を生じ、車両の走行性に影響を与える要注意の損傷であるが、トラフリブの内側に発生するので目視点検で見えるのは不可能で、トラフリブ外側のデッキプレート下面からの超音波探傷試験が現状では最も有効な検出方法である。しかし、一般的な手探傷では点検の効率、記録性に課題があるので、デッキ貫通亀裂を効率的に検出、記録できる SAUT (Semi-Automatic Ultrasonic Testing, 半自動超音波探傷装置および探傷方法) を開発し、現在では鋼床版の点検に欠かせない技術となっている。

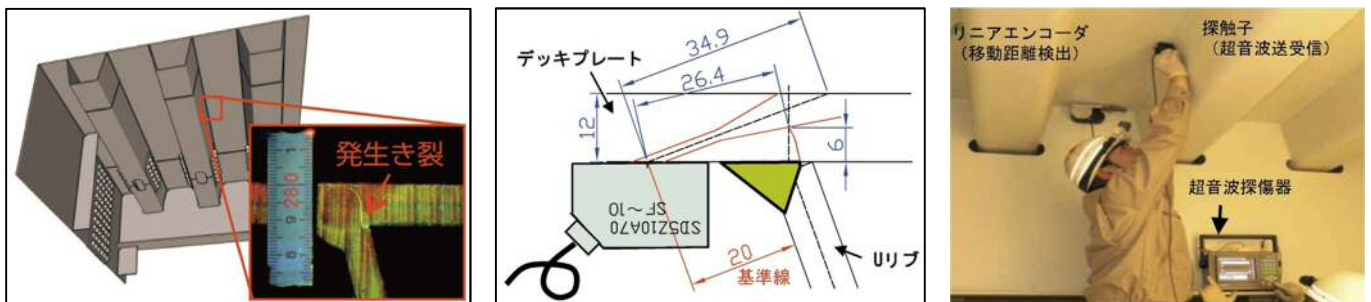


図-5 SAUT

## 参考文献

- 1) 土木学会：2007年制定コンクリート標準示方書[維持管理編]

平成 25 年度・土木学会全国大会研究討論会  
信頼される鋼橋の実現に向けて  
～ 健全度評価の現状と未来～

公益財団法人 東京都道路整備保全公社・首都高速道路技術センター 正会員 高木 千太郎

道路や鉄道と河川、湖、運河、海峡、道路、鉄道などが交差する箇所が多くは、利便性の向上のために橋が架かっている。橋は空間を跨ぐ構造物であることから、著しい損傷による本体の崩落や損傷部分の剥離や抜け落ち等が発生すると大惨事となる可能性が高く、国内外において近年このような事故が続出している。橋の構造は、車や鉄道などの車両、人などを直接支えている上部構造、上部構造が必要な空間を保つための下部構造、上部構造と下部構造に必要な機能を補完している付属物などによって構成され、橋を利用する人々の安全を常に保つように設計・施工し、管理することが基本となっている。このように人々の生活に欠かすことのできない橋の必要な機能を保ち続けるには、橋がどのような損傷が発生し、発生した損傷が構造に与える影響、損傷の進行度、新たな損傷発生の可能性を的確に診断することが求められている。橋の診断は、第一に橋の全体、次に構成する部材を点検(調査)し、点検の結果によって定量的な損傷程度や健全度の診断を行う。橋の点検、診断する時には、「点検・診断の要領」を規定しそれに基づいて行なうことが一般的で道路橋の場合は、国土交通省が示している「橋梁定期点検要領(案)」、地方自治体や各高速道路(株)が独自で規定した「橋梁点検要領」、鉄道橋の場合は、「維持管理標準」、港湾構造物の場合は、「港湾施設の維持管理技術マニュアル」などを基本としている。ここで、国内の多くの地方自治体が行っている橋梁の点検と健全度診断について紹介する。

1. 橋梁点検の種類と方法

地方自治体の点検は、平成 19 年に策定された「橋梁長寿命修繕計画策定事業」以降、全ての管理橋梁を対象に実施することとして進められてきている。橋梁の点検は、一般的に通常点検、定期点検橋、異常時点検の 3 つに区別されて行なっている。通常点検とは、日々の状態確認であることから路上確認を主として道路パトロールと併用して行なわれ、3 日に 1 度程度の頻度で行なっている。定期点検は、橋梁の損傷状況を把握し、健全性(損傷)の判定を行なうために、自治体の管理実態に合わせて頻度を定め、定期的実施するもので多くの自治体は 5 年に 1 度の頻度で概略点検と詳細点検に区分して行っている。異常時点検(臨時点検)とは、台風、地震などの天災発災時や車両衝突時などに行なわれる緊急点検であることから、短時間に安全性や使用性を判断することとしている。ここにあげた各種の点検において最も重要なのは、人であれば定期検診にあたる定期点検である。定期点検における概略点検とは、数多くの対象橋梁を点検するために複数径間ある場合代表径間を対象として地上から遠望目視できる範囲で双眼鏡等を併用して視認によって行なうものとしている。ここで問題となるのは、代

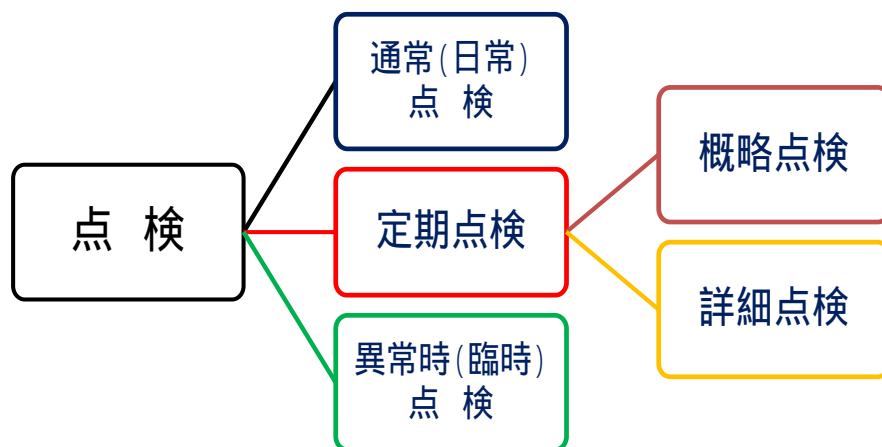


図-1 橋梁点検の種類



表的径間の選定である。各径間に損傷程度に差異がある場合は、最も損傷の著しい径間を選定するとなっているが、著しい差異の無い場合は、最も点検の容易な径間を選定しても良いとしている。遠望目視によって代表的径間を選定することは非常に困難であること、それを的確に行うには対象橋梁において起こりうる損傷や橋梁構造に関する知識と経験が必要不可欠である。詳細点検は、全ての部材に発生している損傷を詳細に把握することを目的とし、対象部材に触れる程度まで接近して目視する点検である。点検の対象としている損傷は、先に示した国の点検要領と同様な 26 種類としている場合が多い。定期点検において対象となる部材は、概略点検が路上（高欄、防護柵）、路面（地覆、舗装、伸縮装置）を近接目視でその他は遠望目視、詳細点検が上部工、下部工、支承等が近接目視点検に変わる。また、概略点検における鋼部材は、腐食を中心に、コンクリート部材は、ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰が中心となる。路上の施設は、確実に目視で行えるが、路上からの把握が困難な場合の多い主要部材は的確に点検できているのか大きな不安がある。また、詳細点検の基本である近接目視点検は、全ての部材に肌がふれるほど接近することが必要条件でこれには点検車両や足場等を併用し、多大な費用と時間が必要となる。このような条件での点検作業は、地方自治体の職員には行った経験もなく、損傷の確認も困難であることから点検自体を外部委託する団体が多く、私のこれまでの経験から点検の方法や点検の結果を十分に理解し指導監督している地方自治体、特に市町村は少ないのではない

材料	損傷の種類		材料	損傷の種類	
鋼	01	腐食	その他	13	遊間の異常
	02	亀裂		14	路面の凹凸
	03	ゆるみ・脱落		15	舗装の異常
	04	破断		16	支承の機能障害
	05	防食機能の劣化		17	その他
コンクリート	06	ひびわれ	共通	18	定着部の異常
	07	剥離・鉄筋露出		19	変色・劣化
	08	漏水・遊離石灰		20	漏水・滞水
	09	抜け落ち		21	異常な音・振動
	10	コンクリート補強材の損傷		22	異常なたわみ
	11	床版のひび割れ		23	変形・欠損
	12	浮き		24	土砂詰まり
				25	沈下・移動・傾斜
				26	洗掘

図-2 使用材料別損傷の種類

かと判断している。本年 4 月に公表された国土交通省資料によると、全国地方自治体において橋長 15m 以上の橋梁点検達成率が 90%を超えているが的確な点検を行っているのか大きな疑問を感じている。

## 2. 橋梁の健全度診断

このようにして個別の橋梁を現地で目視外観を主体として点検し、その結果によって損傷の種類、程度、進行度、橋梁構造及び部材に与える影響等を勘案して健全度を診断する。健全度診断は、個別橋梁ごとに判断するが、第一に対象橋梁を幾つかのゾーンに区分けし、区分けされた範囲ごとに 26 種類の損傷を基本として損

傷割合を算出し、第二に算出した損傷別の割合から全体に置き換えて評価結果として取りまとめる。概略点検における健全度ランクは、3つの区分け（例えば、良好、軽度、重度）、詳細点検の健全度ランクは、5つの区分け（例えば、A,B,C,D,E）して判定する自治体が多い。

区分	概念	一般的状況
A	良好	損傷が特に認められない
B	ほぼ良好	損傷が小さい
C	軽度	損傷がある
D	顕著	損傷が大きい
E	深刻	損傷が非常に大きい

図-3 健全度区分と損傷状況

点検者及び統括責任者の主観で行われ、管理者側の個別橋梁へ確認行為が少ないことが多いことから、健全度診断結果に対する点検実施者の責任感の少なさからか誤った健全度診断となっている場合が多い。例えば、概略点検の鋼部材における代表的損傷となっている腐食判定を事例に考えてみる。鋼部材の腐食とはどのような状態となっていて、どの部分が腐食すると大きな問題となるのか分かなければ、図-4 に示した状況から推測

してランク分けを行うことになる。主要部材の腐食は、それも大きな問題に発展することの多い主構造端部の腐食や断面欠損事例、腐食と疲労亀裂の関係、大きな事故に繋がる可能性のある斜材や垂直材等の埋め込み部等の診断はそれらの知識が無ければ困難である。また、目視外観と併用して板厚測定やたたき点検を行わなければ、内在する損傷や進行性の腐食を判断し、次の点検までの対策を講じることは不可能に近い。多くの地方自治体の橋梁を現地で確認し、健全度診断結果を見て感じるのはこのままの状態

を続けていく限り点検率は上がっても事故発生の確率は右肩上がりです。この課題を解決するには、現状の点検から健全度診断における欠けている部分を調べ、望ましい点検・健全度診断要領を策定すると同時に、行政技術職員の維持管理に関する技術レベルアップや点検・健全度診断技術者に対する権限付与と誤った診断を行った場合の罰則規定の適用を早急に行うべきである。

全国の管理橋梁に対して、点検率をあげることが成果でなく、適切な点検・健全度診断を行うことで安全性を向上させることが成果であると全ての管理者が認識し、必要な部分には多額の費用と時間をまずは割くべきであるとする。

このままの状態を続けていく限り点検率は上がっても事故発生の確率は右肩上がりです。この課題を解決するには、現状の点検から健全度診断における欠けている部分を調べ、望ましい点検・健全度診断要領を策定すると同時に、行政技術職員の維持管理に関する技術レベルアップや点検・健全度診断技術者に対する権限付与と誤った診断を行った場合の罰則規定の適用を早急に行うべきである。

全国の管理橋梁に対して、点検率をあげることが成果でなく、適切な点検・健全度診断を行うことで安全性を向上させることが成果であると全ての管理者が認識し、必要な部分には多額の費用と時間をまずは割くべきであるとする。

区分	一般的状況
A	損傷なし
B	錆びは表面的であり、著しい板厚の現象は視認できない。
C	錆びは表面的であり、著しい板厚の減少は視認できないが、着目部分の全体的に錆びているか、着目部分に拡がりある発錆箇所が複数ある。
D	鋼材表面に著しい膨張が生じているか、明らかな板厚減少が視認できるが局部的である。
E	鋼材表面に著しい膨張が生じているか、明らかな板厚減少が視認でき、着目部分の全体に錆が生じているか、着目部分に拡がりある発錆箇所が複数ある。

図-4 鋼部材の腐食損傷に対する健全度ランクと損傷状況

このままの状態を続けていく限り点検率は上がっても事故発生の確率は右肩上がりです。この課題を解決するには、現状の点検から健全度診断における欠けている部分を調べ、望ましい点検・健全度診断要領を策定すると同時に、行政技術職員の維持管理に関する技術レベルアップや点検・健全度診断技術者に対する権限付与と誤った診断を行った場合の罰則規定の適用を早急に行うべきである。

全国の管理橋梁に対して、点検率をあげることが成果でなく、適切な点検・健全度診断を行うことで安全性を向上させることが成果であると全ての管理者が認識し、必要な部分には多額の費用と時間をまずは割くべきであるとする。

参考文献

- ・道路橋に関する基礎データ収集要領（案）平成 19 年 5 月：国土交通省国土技術政策総合研究所

信頼される鋼橋の実現に向けて  
～ 健全度評価の現状と未来 ～

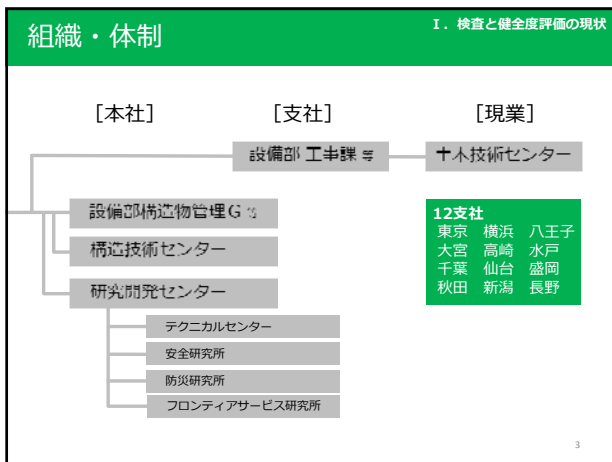
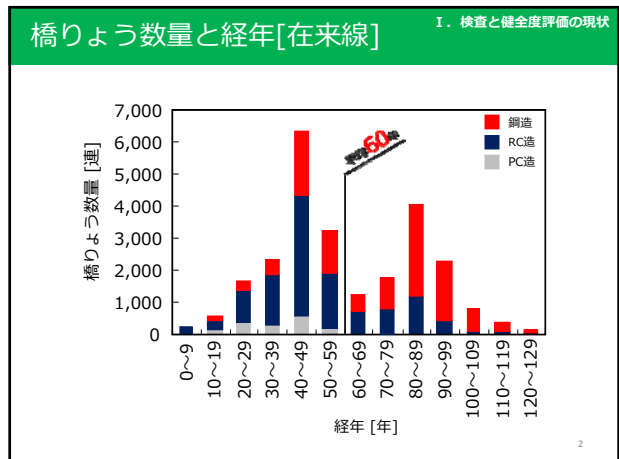
# 鉄道構造物の健全度評価

contents

- I. 検査と健全度評価の現状
- II. 検査と健全度評価の課題
- III. 検査と健全度評価の合理化

平成25年 9月4日

東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター  
野澤 伸一郎



### I. 検査と健全度評価の現状

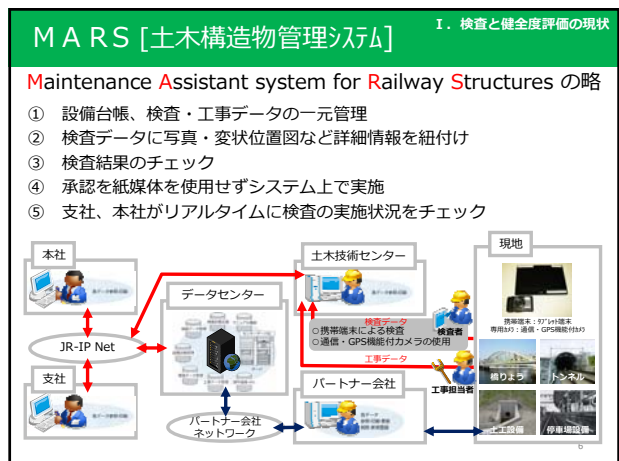
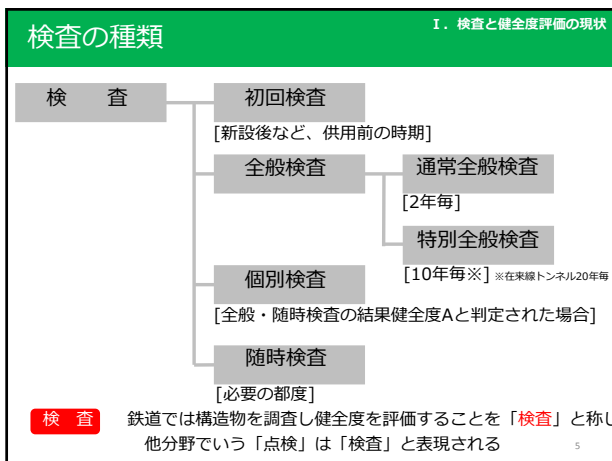
#### 検査基準の整備

##### 鉄道構造物の検査に関する基準の変遷

- S31 建造物保守心得
- S40 建造物検査標準
- S49 土木建造物取替の考え方 **維持管理のハイブリッド的存続**
- S62 土木建造物等保守管理標準
- H13 土木建造物等全般検査マニュアル (JR東日本)
- H18 鉄道構造物等維持管理標準

##### 維持管理技術基準の体系

国	省令	告示	規程	標準	マニュアル
JR東日本	鉄道に関する技術上の基準を定める省令	施設及び車両の定期検査に関する告示	実施基準管理規程	土木施設実施基準	新幹線土木施設実施基準
			土木施設管理規程	土木構造物に関する実施細目	新幹線土木構造物に関する実施細目
			鉄道構造物等設計標準	鉄道構造物等維持管理標準	
				土木構造物等全般検査マニュアル	



### 健全度判定区分の例

I. 検査と健全度評価の現状

健全度	運転保安、旅客および公衆などの安全に対する影響	変状の程度	措置
AA	脅かす	重大	緊急に措置
A	A1 早晚脅かす 異常外力の作用 時危険	進行中の変状等があり、性能低下も進行している	早急に措置
	A2 将来脅かす	性能低下の恐れがある変状等がある	必要な時期に措置
B	進行すれば健全度Aになる	進行すれば健全度Aになる	必要に応じて監視等の措置
C	現状では影響なし	軽微	次回検査時に必要に応じて重点的に調査
S	影響なし	なし	なし

### 検査困難箇所

II. 検査と健全度評価の課題

上横構等が高所・線路上  
床版下面が高所・河川上  
ファイバースコープによる検査

高所・線路上等のため近接による入念な目視・打音検査が困難な箇所

### 検査で捉えにくい変状例

II. 検査と健全度評価の課題

落下物（コンクリート剥落等）  
・遠方のため捉えにくい  
・進行速度が速く捉えにくい

隙間有・3点支持状態  
主桁  
沓  
沓座  
支点のバツキ  
・静的な状況では捉えにくい【列車通過時に発生】

進行速度が速い等のため検査で捉えにくい変状

### 健全度評価が難しい例

II. 検査と健全度評価の課題

変状例	判定基準	判定例
③すみ肉から直角方向のき裂	①カバープレートの側面すみ肉のき裂（溶接補強桁）	A2 (B)
①②すみ肉のき裂	②カバープレートの側面すみ肉のき裂（溶接補強桁以外）	A1 (A2)
④カバープレート端部のき裂	③カバープレートの側面すみ肉から橋軸直角方向のき裂（圧縮側）	A1 (A2)
	④カバープレート端部のき裂	AA (A1)

※( )で示したものは軽度なものについて判定することが可能なもの  
き裂の長さ・列車荷重など多様な要素を考慮

部材だけ、変状だけでは**構造全体の判定できない**

### 検査・健全度評価の課題

II. 検査と健全度評価の課題

**前提** 鋼・コンクリートが材料の橋（構造物）は直ぐ劣化するものではない

**検査・健全度評価の課題**

- ① 検査を行い大丈夫と判断し、次回検査まで保証できることが前提
- ② 検査後に亀裂が急進するものなどは目視と打音検査だけでは困難
- ③ 次回検査まで進展の可能性があるものは理論上はモニタリング等が必要
- ④ モニタリングは測定設備の耐久性、管理方法、設置コスト等が課題
- ⑤ 検査・健全度評価を委託する場合、健全度判定は安全側となる
- ⑥ 大丈夫と判定しても評価されない
- ⑦ 検査・健全度評価は、それに対して責任をとることが必要

### 検査・健全度評価の合理化

III. 検査と健全度評価の合理化

**検査・健全度評価の合理化をめざして**

膨大な設備数量を考えると検査・健全度評価を合理的にしてコストを縮減したい

- ① 検査困難箇所の検査環境の改善
- ② 橋りょうのうちどこが変状しやすいかを考えて検査箇所と項目を絞る「シナリオ検査」の構築
- ③ 目視・打音検査に代わる検査機器の開発・導入
- ④ リタングラーを考慮した健全度評価の確立
- ⑤ ・モニタリング結果をフィルターにかけたり推定する機能の開発  
・モニタリングの信頼性向上と不確実性の除去
- ⑥ 点検・補修トータルの維持管理費用の最小化
- ⑦ 技術継承できる人材配置

### 検査困難箇所の検査

Ⅲ. 検査と健全度評価の合理化

高所作業車による方法 (設置前) → 検査足場による方法 (設置後)

高所作業車及び検査足場により検査環境を改善

13

### シナリオ検査

Ⅲ. 検査と健全度評価の合理化

シナリオ検査 シナリオ（構造物毎の維持管理方針）に基づく構造物管理

経験者の知恵の活用 → 新しい知見の更新

**カルテ整備と活用**

- ① 特別全般検査を活用しカルテを整備
  - ⇒ 全般検査の記録（MARS）の補完的な参考資料（カルテ）
- ② シナリオ（構造物毎の維持管理方針）明確化
  - ⇒ 個々の構造物の特性に応じた個別管理を実施
- ③ 全般検査重点項目をカルテに記載
  - ⇒ 全般検査項目の明確化・可視化

14

### カルテ（イメージ図）

Ⅲ. 検査と健全度評価の合理化

携帯端末にカルテを表示（イメージ）

### リダンダンシーを考慮した健全度判定区分

Ⅲ. 検査と健全度評価の合理化

**事例** 維持管理標準におけるリダンダンシー（冗長性）適応事例

評価ランク	変状の状態（冗長性）
a'	直接部材・構造物の安全を脅かす著しい性能低下・崩壊につながるもの
b'	連鎖的もしくはある特定の使用条件になった時に構造物の著しい性能低下や崩壊につながるもの
c'	変状が発生しても著しい性能低下や崩壊にはつながらないもの
s'	その継手や部材が崩壊しても構造物全体の強度や性能にあまり影響を与えないもの

長性 進行性	冗	a'	b'	c'	s'
a	A1	A1	A2	A2	
b	A2	B	B	C	
c	B	C	C	C	
s	C	C	C	C	

### 営業列車を使用したモニタリングの例

Ⅲ. 検査と健全度評価の合理化

列車動揺計 営業列車の走行中の振動加速度（列車動揺値）を測定する装置

列車動揺値により、変状を検知し、随時検査等によって原因を特定・措置

**特定される原因**

- ① 軌道変位による場合
- ② 桁の共振による場合
- ③ 支承部の変状による場合 等

列車動揺計による列車動揺値 $\alpha$ (gal)

徐行基準値 0.34gal (測定値)  
整備基準値 0.25gal (換算値)

場所・原因等を特定後、固定のモニタリングをすることになる

17

### 検査設備・付属物

Ⅲ. 検査と健全度評価の合理化

排水樋 → 検査足場

検査よりも**定期的取替**による維持管理が有効な場合がある

完

# コンサルタントから見た 点検・健全度評価

(株)オリエンタルコンサルタンツ  
船越博行

1

## 目 次

1. インフラへの不信感
2. 点検の課題
3. 解決策の例
4. おわりに

2013/8/20

2

## 1. インフラへの不信感

### • 社会インフラにおける数々の事故

- 記憶に新しい
- 笹子トンネル
- 天井板崩落事故
- 2012.12.2



東京都の建設した笹子トンネル、コンクリート製の天井板が半壊し崩落。12月2日深夜、約1kmのトンネル区間

Yomiuri Online より

2013/8/20

3

## 2. 点検の課題

### • 構造物点検における数々の課題

- ①見ない、見えない
- ②見落とす
- ③評価できない

2013/8/20

4

### ①見ない、見えない

- 点検されていない
- 点検の必要性を感じていない
- 遠望のみで近接していない
- 近寄れないので見ていない
- 近寄りにくいので先送りする
- 目視のみでたたくていない
- 見えない箇所
- 見えない損傷

2013/8/20

5

### ①見ない、見えない

- 見えない箇所(箱桁上フランジ上、埋め込まれた部材)
- 見えない損傷(床版上面、亀裂)



鋼箱桁上フランジはきれいだが  
その上(RC床版)の状況は不明

2013/8/20



舗装を剥がして分かる、  
RC床版上面の土砂化

6

## ②見落とす

- 知識・能力不足
- 重要な損傷であるという認識が無い
- 見にくい(小さい、暗い、時間が無い)
- 塗膜などに覆われて分かりにくい
- 見間違える
- 適切な点検方法を取っていない(たたくなど)

2013/8/20

7

## ②見落とす

- 見にくい損傷(鋼桁亀裂)
- たたかない限り分からない(コンクリートの浮き)



2013/8/20

腐食の進展による疲労亀裂

内在するコンクリートの浮き  
→ 面積比15%以上の浮き

8

## ③評価できない

- 知識・能力不足
- 対象とする構造物の種類が多い
- 損傷範囲・程度が多岐に渡る
- 定性的な指標が多い
- 定量的な情報が少ない

2013/8/20

9

## ③評価できない

- 損傷範囲・程度が多岐に渡る(鋼桁腐食)
- 定性的な指標(床版ひび割れ)



2013/8/20

多岐に渡る鋼桁腐食  
桁はそれ程でも無い  
ガセット、支承の腐食が  
進行

ひび割れの程度は、幅、間隔  
1方向、2方向で評価するが、  
全体に渡る場合、局所的な場  
合などがあり、評価に迷う

10

## 課題の整理

- ①見ない、見えない
  - ②見落とす
  - ③評価できない
- a. 予算
  - b. 意識不足
  - c. 制度(要領など)
  - d. 見えない箇所
  - e. 見えない損傷
  - f. 能力
  - g. 責任感
  - h. 定性的な情報

2013/8/20

11

## 3. 課題の解決策

- 我々技術者に解決できるものは？
- a. 予算 → 増やす？
- b. 意識不足 → 知ってもらおう？
- c. 制度(要領など) → 制度・要領改定？
- d. 見えない箇所 → 足場、新設時配慮、計測機器？
- e. 見えない損傷 → 計測機器？
- f. 能力 → 計測機器、人材育成？
- g. 責任感 → 人材育成？
- h. 定性的な情報 → 計測機器、要領改定？

2013/8/20

12

## ①足場、新設時の配慮

- 橋梁点検車の機能改善、新設時の配慮



ダブルデッキのため下層の下面は大型点検車使用不可  
幅員広く足場が無いと近接点検不可



側道橋は点検車のバケットを回せない  
足場が無いと近接点検不可

2013/8/20

13

## ②計測機器など

- 見えない箇所の可視化(床版上面からの探査例)

「スケルカー」が見えないインフラの危険を感知！

最高時速 60km で走行

電磁波レーダーによる床版内部探査

マイクロ波を照射して異常箇所を発見します

道路、護岸の形状を画像

橋梁床版の劣化箇所を発見

埋設物の形状・位置を確認

ジオ・サーチ(株)ホームページより

2013/8/20

14

## ②計測機器など

- 見えない箇所の可視化(桁端など狭い箇所の例)

CCDカメラによる、桁端他、狭い箇所の可視化が可能

課題：広い範囲の画像を得にくい

Kenko Tokina ホームページより

2013/8/20

15

## ②計測機器など

- 見えない箇所の可視化(塗膜下の亀裂探査の例)

渦流探傷試験機

塗膜の下、あるいは表面に出ていない亀裂の探査が可能

日本マテック(株)ホームページより

2013/8/20

16

## 4. おわりに

- 点検・診断に関する課題は、広範囲な問題の結果である。
- 一つ一つ課題を解決していく必要がある。

2013/8/20

17