

## 1. 土木構造物の点検

道路、橋梁、トンネル、ダム、共同溝や上下水道施設等、土木構造物の構築には、毎年何十兆円もの資金が投じられている。

土木構造物が機能を全うするためには、定期的な点検や補修が欠かせない。財政危機の折、延命による更新サイクルの延長も求められている。

安全安心を確保しつつ延命化を達成するためには、土木構造物の状態を常に把握している必要がある。土木構造物のコンディションを定量化したデータベースの構築である。

構造物全体の漏れのない点検、点検部位の正確な表記、診断結果の定量的な把握、特定部位の欠損兆候の追跡調査、安全で効率的な点検作業を達

成するためには、点検システムの自動化、ロボット化が不可欠である。

このシリーズで紹介した点検ロボットの例として、シリーズ④の海洋構造物保守ロボットや水中探査ロボット、⑤の架線やパイプシステム検査ロボット、⑥の管路や床下点検ロボットがある。

今回は橋梁を例として、点検する部位へのアプローチと点検作業のロボット化への展望を紹介する。

## 2. 点検対象へのアプローチ

土木構造物を点検するロボットに求められる基本的な機能は、点検や補修を行う部位へのアクセス手段と診断を行う部位を観察・計測する技術である。

表2-1 橋梁点検・補修支援システム

点検部位へのアクセス手段		構造
1 車両搭載方式	搭乗式	多関節アームの先端にゴンドラや作業足場を装備し点検や補修作業を行う。専用機械と汎用高所作業車を使用する。
	非搭乗式	多関節アームの先端にデジタルカメラを装備したロボット橋梁点検車。打音検査装置等の装備も可能。遠隔操作で点検を行う。ロボット型では検査部位を自動的に走査できる。
2 吊下げ式足場	常設型	橋梁下部に点検・補修用足場を常設
	設置型	橋上に設置した装置からアームを橋下まで延伸して橋床下面の点検を行う。
3 簡易型吊下げ装置	構造物に添架する	橋上に設置または橋の欄干に固定をした伸縮棒等の先にカメラシステム等を装備
	ポータブル式	伸縮棒や継棒先にカメラや検査装置を装備した組立式点検装置。橋梁点検専用開発したものと同高所・狭所点検用汎用道具がある。
4 地上に設置したカメラから遠隔撮像		橋桁下の河床などを自走可能なロボットに高性能カメラを設置して遠隔撮像。カメラ方位の自動走査により橋床下等の全域を計画的・網羅的に目視、撮像、画像解析により欠損を抽出する。
5 移動型点検ロボット		磁石やバキューム式の壁面歩行や天井歩行ロボット等があるが、研究の途上である。
6 その他		損傷箇所・状況・程度の定量評価を行うための諸法

工場等のように固定的、反復的な作業では点検対象部位へのアクセスは容易であるが、屋外の構造物の場合には、構造に対応するアクセスの経路や手段が多様で、自動化には個々のケースでの工夫が求められる。橋梁の点検には、桁橋、トラス橋、アーチ橋、吊り橋等の構造と、鋼橋、コンクリート橋等、材料による多様な条件が求められる。

アクセスロボットには、点検対象の多様な構造に合わせた動きの自律的な判断が求められているが、現段階では、作業の一部のロボット化に留まっている。

計測技術に関しては、データ処理や判定も含めた自動化が進んでいる。取得した表面映像から欠損部位を発見するための情報処理システム、打音や探査装置等による内部の点検、排水性舗装の目詰まりやコンクリート等の機能劣化計測等がある。

アクセスと計測の技術を組み合わせたロボットの出現が待たれている。

表2-1が橋梁点検を例とした点検部位へのアクセス手段である。

### 3. 橋梁点検用機械

#### 3.1 車両搭載方式（橋梁点検車）

##### 3.1.1 搭乗式

橋梁点検車による橋梁下部などの点検や補修は、垂直・水平動作を行うブームやアームのリンク機構の先に作業台を装備して作業者が作業姿勢のまま搭乗するか或いは点検装置を装備することとなる。ロボット点検車は、点検部位への装置や



写真3.1 搭乗型の車載式橋梁点検車例

表3-1 車載式橋梁点検車の機能展開例

機能	車両種類	作業台に作業者が搭乗					非搭乗		備考
		A	B	C タダノ	D	E	F 注5	ロボット 点検車	
自動展開・格納		○	○	○	○	○	○	○	
バケットの水平維持機能		○	○	○	○	○	○	○	
緩起動・緩停止			○	○				○	
車幅飛出し防止機能				○				○	作業範囲
ブーム干渉防止装置				○				○	作業範囲、下面接触
障害回避機能								○	赤外線、超音波センサ等
その他安全装置	注1							○	
イージーオペレーション	注2							○	千葉工業大学
操作支援シミュレータ	注2							○	千葉工業大学
非搭乗							○	○	
点検領域自動走査						○	○	○	経年変化定点調査等
カメラ装備	注3					○	○	○	カメラ遠隔操縦機能
ケレン、塗装等多機能化	注4				△	○		○	

注1：走行速度警報装置，車体傾斜警報装置，過負荷防止装置，安全走行，インターホン等

注2：多リンクの操縦による先端の位置決めを1本の操作レバーで行える。先端建設技術センターの支援で開発

注3：簡易型モニター式橋梁点検車

注4：「△」はトンネル壁面点検，清掃等，ベースマシンを生かした異分野への用途展開

注5：ナカモト，エルムデータ，帝国設計事務所，北海道立工業試験場，三洋技研工業が開発と運営

作業台のアクセスが自動化されている。

ベースマシンは汎用の高所作業車が用いられているが、防音壁などの高いフェンスを乗り越えるための長いアームを持つ機械もある。車両搭載方式による橋梁点検には、点検時には車線規制が必要となるが大型橋梁の定期点検や詳細な点検実施が可能となる。

多自由度なリンク機構を有する橋梁点検車両の操縦系に4自由度モノレバーを用いたイーザーオペレーション化、操作支援シミュレータ、手先制御演算装置等の開発も行われている。ロボットに近い機能を有する機械の実現である。

### 3.1.2 非搭乗式

橋梁点検車の電動式多関節自在アーム先端にカメラや打音検査装置等の点検器具を装着して橋梁裏面の点検を自動的に行う橋梁点検ロボットがある。点検結果は、点検車上の点検室で監視、収録する(写真3.2)。



写真3.2 橋梁点検ロボット

### 3.1.3 橋梁点検車のロボット化展開

橋梁点検車の作業台に人が搭乗し目視点検するのに代わり、カメラによる点検、作業台の移動軌跡制御や障害回避等を行う、未来型の「ロボット点検車」実現に向けた機能研究が進んでいる。「ロボット点検車」では、オペレータ1人で、安全、安価に橋梁下面の損傷状況画像を得ることが可能となる。表3-1に、「ロボット点検車」に向けた橋梁点検車の機能展開例を示す。

## 3.2 吊下げ式作業台による橋梁点検

### 3.2.1 固定型と移動型作業台

橋梁点検車を用いた点検では一車線の交通規制

が必要となるが、作業台を橋梁の高欄、桁、トラス等で吊下げれば、点検・補修時に車両を橋上に留めておく必要がなくなる。高欄、桁、トラス等に足場に代わる専用の走行レールを装備する移動足場もある。足場の場所替えが不要で道路規制は作業台の設置と撤去時のみとなり、渋滞による経済損失が大幅に低減する(図3-1参照)。

### 3.2.2 専用作業台

瀬戸大橋、明石海峡大橋等の長大橋では、橋梁下部に保守用の通路や軌道等が常設されており点検足場の連続的な移動が可能であるが、一般の橋梁では、設置コスト、保守通路用空間の確保が課題となり実現は難しい(写真3.3)。



写真3.3 専用作業台

### 3.2.3 既設構造を活用した汎用移動作業台

箱桁およびI桁のフランジ面をレールとして代用することで専用のレールが設置されていない橋梁でも移動式の作業台として使用可能な装置も存在する(写真3.4, 3.5)。

### 3.2.4 磁石車輪作業台

吊下げ型の作業台は手軽に運用できる反面、風に揺れる欠点がある。揺れ防止策として、磁力で壁面に吸着し揺れを防ぐ磁石車輪を装備した作業台がある。

磁石車輪には、希土類ネオジム磁石が内蔵され、1車輪あたり最高2500Nの力で常に壁面に吸着する。操舵が可能で、上下左右、斜め方向、垂直材、斜材・水平材用対応可能である(写真



図3-1 橋梁点検車と吊下げ式の橋梁点検装置



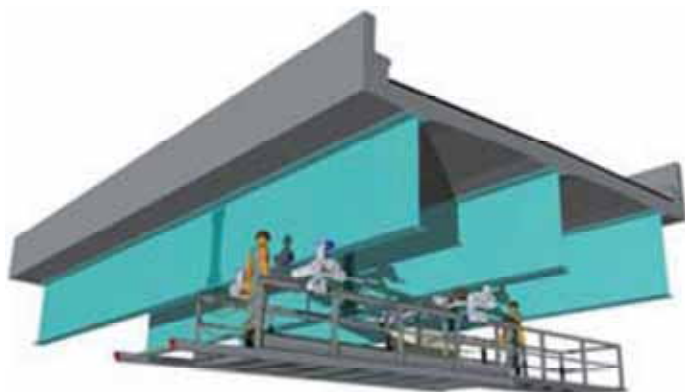


写真3.4 吊下げ型汎用作業台



写真3.5 吊下げ作業台の設置



写真3.6 磁石車輪作業台

3.6)。

### 3.2.5 移動作業台と塗装ロボット

橋梁点検車の作業台に、ケレン&塗装ロボットを搭載すれば、塗装作業のロボット化が実現する。写真3.7は、箱桁形式の橋梁の塗替塗装を効率的に実施することを目的に開発されたロボットで、回転ブラシ・塗装ロール・これらを支持する多関節アームと台車で構成されている。

塗装ロボットが作業台上を動き、点検車が橋梁上を走行する直角方向の動きを組合せ、箱桁面の全体を自動塗装する。ロボットの使用で人力の10人分、1日500㎡の自動塗装が可能である。

ロボットは、塗装ロールや回転ブラシの塗装面との最適な角度関係を保持するために、起伏、旋回、伸縮、屈曲、回転の5自由度多関節アーム等

を持っている。

## 3.3 吊下げ型橋梁点検装置

### 3.3.1 吊下げ型非搭乗遠隔診断方式

吊下げ型橋梁点検装置は、従来の橋梁点検車点検方法の問題点である使用時の道路占有幅を極小小さくすることを目的に開発されたものである。装置の小型化、作業性、安全性から技術者が搭乗しない遠隔操作方法が主流である。

表3-2に吊下げ型橋梁点検装置仕様例を示す。アームやロッドにカメラやセンサを装備して橋梁下面の全域を走査する構造となっている。走査、撮像・点検、収録が自動化された装置を「ロボット」と呼称している。

アームやロッドは、伸縮・旋回機能を有するかアームやロッド上をカメラやセンサが移動する仕組みとなっている。

### 3.3.2 桁下診断システム

歩道に設置可能な小型サイズのシステム。簡易的な装置により橋梁下面の点検・調査を行う。

橋梁下部に吊下げた水平アームにカメラを装着して橋梁下面の点検を行う。

カメラが水平アーム上を移動、カメラ用雲台が鉛直軸360°回転、上下首振を行い、支承部、下部工側面・天端、桁下フランジの上面などの撮像



写真3.7 箱桁塗装ロボット

表3-2 吊下げ型橋梁点検装置仕様例

診断装置	機能	備考
橋梁点検ハンガー	アルミ製点検ハンガーを橋床端部に設置、河床にも設置可能	住軽日軽エンジニアリング
桁下診断システム	橋上に制御ボックスを設置し、高欄を越えて橋下に像装置を差込む	住友重機械工業
ポータブル式の簡易橋梁点検装置	継ぎ足し棒（水平用、垂直用）、カメラ、手元モニターで構成、高欄にセットし橋横に吊下げる	国土交通省中部地方整備局／タダノ
簡易橋梁点検装置：下面チェッカー	橋上に台車を設置し、高欄を越えて橋下に像装置を差込む。垂直棒、水平棒、カメラ、手元モニターで構成	川田工業 更に小型・軽量化したポータブル型の手動下面点検装置もある

を行う。

住友重機械工業、住重試験検査による共同開発で、NETIS（SK-010029-A）に登録されている（写真3.8～3.10）。

### 3.4 本四で活躍しているロボット

#### 3.4.1 橋梁保守ロボットを支える移動台車

70万といわれている国内の橋梁を効率的・客観的に点検・評価を行うために、橋梁保守（点検・補修）ロボットの開発が必要とされている。特に

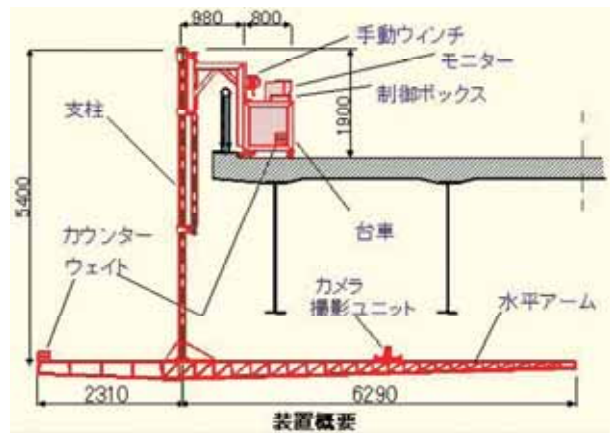


写真3.8 桁下診断システム

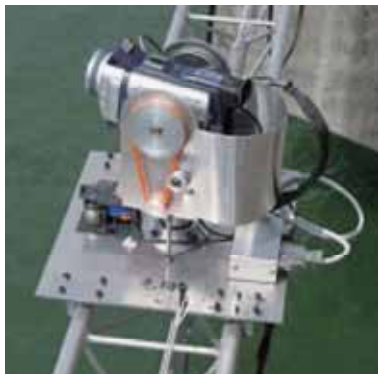


写真3.9 撮影装置



写真3.10 横桁，下部工側面画像



写真3.11 ケーブル作業車

補修に人手を要する本州四国連絡橋を対象に多くのロボットが開発された。

長大橋では、構造物や設備の保守を、安全で効率的に実施するための専用通路、点検補修用作業車などが整備されており、ロボット化に際しては、センシングや作業システムが主課題となる。点検補修用作業車は、桁外面作業車、桁内面作業車、ケーブル作業車など158台が設置されている。作業車は、軽量化を目的にアルミニウム合金を用いている（写真3.11）。

### 3.4.2 鋼ケーソン壁面清掃ロボット

鋼ケーソンの腐食防止（電着工法）を行う前作業として、橋鋼製ケーソンの錆や海中中部外面の付着生物の除去をダイバーに代わり実施する。ケーソン壁面清掃装置は、モーターを内蔵した磁石車輪により、18,000N（4輪あたり）の力で鋼ケーソン壁面に吸着し、前後、左右、旋回動作で自走しながら、前方に備えた高圧の噴射器により壁面を清掃する。カメラ、距離計、水深計、光ジャイロによる位置計測装置によりロボットの位置と姿勢を認識し、地上から遠隔操作する。本装置の使用で、ダイバーによる人力施工の10倍以上、清掃の品質も改善された（写真3.12）。



写真3.12 ケーソン壁面清掃ロボット

## 3.5 その他の橋梁保守ロボット

### 3.5.1 橋梁点検ロボット（東日本高速道路㈱他）

敷設したレール上を、橋梁点検ロボットが遠隔操作により走行し、カメラで撮影する。



写真3.13 ロボットによる点検状況



写真3.14 点検システム



写真3.15 橋梁点検ロボット

この点検手法は橋梁施工時にレールを設置するのみであり、検査路が不要となり経費面・景観面でのメリットがある。小型・軽量であり現場への持ち込みが容易である。

カメラで収録した画像は、継続的点検（定点観測）が容易で、客観的判定が可能となる。カメラのズーム機能で、床版などの0.1mm～0.2mm幅のクラックも認識可能である。

同様の橋梁点検ロボットが、中日本高速道路により開発されている（写真3.13～3.15）。



### 3.5.2 橋梁点検ロボット (株東洋ハイメック)

高速道路の下部フランジをレールとして活用して走行する。ロボットに搭載したカメラで撮影した動画像は無線で送信され、点検員がモニターでリアルタイムに点検できる。

「危険作業代行型ロボット」として開発された(写真3.16)。



写真3.16 橋梁点検ロボット



写真3.17 リモート式自走ロボットによる橋梁点検

### 3.5.3 リモート式自走ロボットによる橋梁点検

高速道路の下部フランジをレールとして活用して走行する。ロボットは、橋梁下部のフランジ構造を鼓状の車輪で挟みこむ形で橋梁に密着し走行する。

撮像した映像は、無線で地上に送られ、リアルタイムな観察、データ収録が可能である(写真3.17, 表3-3)。

### 3.5.4 走査型吸盤を用いた2足壁面歩行ロボット ((独)産業技術総合研究所)

真空ポンプ、バッテリー、CPU、通信装置を搭載した自律型壁面歩行ロボット。1充電で30分程度の歩行が可能。各足の裏についた走査型吸盤で壁面に吸着する。走査型吸盤は壁面に亀裂や溝があっても吸着可能であり、かつ吸引空気量が少なくすむため、小型(長さ30cm)、軽量(12kg)の壁面歩行ロボットを実現することができた。橋梁点検など幅広い応用が考えられる。

走査型吸盤とは、多数の吸盤を順次切り替えて真空ポンプと接続するシステムである(写真3.18)。



写真3.18 自立型(PHSタイプ)WACROS-SC

表3-3 リモート式自走ロボット仕様

項目		仕様
対象構造物		鋼桁橋, 鋼は個桁橋, その他フランジを有する構造物
適応フランジ		板幅: 250mm~, 板厚: 10mm~
必要クリアランス		取付フランジに対し上下50mm
寸法	ベースユニット	W340mm×H250mm×D150mm
	カメラ	W1500mm×H1000mm×D150mm
重量		ベース: 10kg, カメラ: 5kg (ポール, アームを含む)
走行性能		走行速度: 14m/min, 連続運転: 8時間
撮像性能	画像	カラー出力, 有効画素数: 38万
	ズーム	光学式: 25倍, デジタル式: 12倍
	旋回・俯仰	旋回: ±180°, 俯仰: -70°~+100°
駆動電源		DC36Vバッテリー

写真3.19 ケレン・塗装ロボット



走行速度	0～10m/min
磁石車輪保持力	100kgf/輪×3輪, 計300kgf
塗装速度	5～10m/min
塗装幅	250mm
ケレン	4種
電源	AC100V

本システムにより、吸引する空気量が少なくても吸着可能になり、真空ポンプおよびバッテリーのロボット上への搭載が可能になった。

また、数個の吸盤が空気漏れを起こしても他の吸盤の吸着力にはあまり影響を及ぼさないため、クラックのある壁面などにも吸着することができる。

### 3.5.5 鋼橋柱ケレン・塗装ロボット

磁力で壁面に吸着し全車輪操舵により磁性体壁面を自在に移動する（写真3.19）。

塗装ユニットを搭載し、足場不要の塗装工法を実現。作業速度は、人力施工の約10倍程度。関連技術として、水中作業ロボット「鋼ケーソンスケール剥離機械」がある（本州四国連絡高速道路－技術情報参照）。

### 3.5.6 天井点検・塗装ロボット（蜘蛛型） （大阪大学工学部）

昆虫は地面を歩く時には6本の脚で歩行し、場合に応じて2本の脚を「腕」として用いることによって物を持ち運んだりすることができる。リムメカニズムロボットとは、この昆虫の腕と脚の機能を併せ持つ「肢（リム）」という概念からヒントを得て、考え出されたロボットである。「肢」の機能をロボットに持たせることによって、次項が可能となる。



写真3.20 蜘蛛型ロボット

- (1) 作業する腕と移動する脚の状況に応じた使い分け
- (2) 2つの機能の統合による構成要素の小型少量化

リムメカニズムロボット「ASTERISK」（写真3.20）は1本につき4自由度を持った「肢」を6本持っていて、それぞれに肢が胴体を中心に放射状に60 [deg] 間隔に配置されている。そのため、全方向に対して、同程度の作業領域を持つ。ロボットのデザインは表裏にも対称になっているため、転倒した時でも脚を反転させることで容易に復帰することが可能である。

ASTERISKには以下の各種のセンサが搭載さ

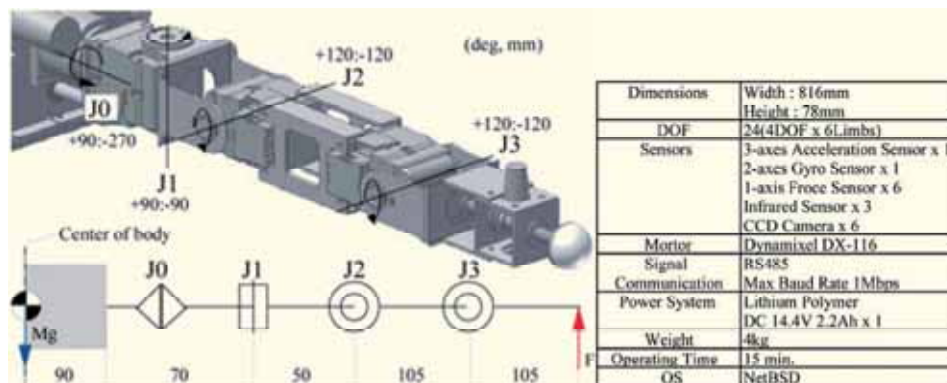


図3-2 蜘蛛型ロボット構成



れている（図3-2）。

- (1) 全肢先にある力センサにより、肢が押されているか引かれているかを検知する。
- (2) 3本の肢先にある赤外線センサにより、熱源を探索する。
- (3) 胴体にある加速度センサ、ジャイロセンサにより、胴体の傾きを検知する。
- (4) 3本の肢先の無線カメラ、胴体に装備したWebカメラにより画像を取得する。

#### 4. 非破壊検査諸法

橋梁の状態を定量的に把握するために、点検ロボットには各種のセンサを搭載するが、表4-1に、橋梁点検に用いられる各種非破壊検査の手法を例示した。ロボットへの搭載には、大きさ、重量、電源容量等の課題があるが、技術革新によりロボットに搭載可能なセンサの領域が拡大している。

表4-1 橋梁点検に用いられる各種非破壊検査例

計測法	評価対象
1 デジタル画像	濃淡補正等を通じてひび割れ部を抽出する
2 赤外線カメラによる温度分布画像法	温度分布画像の統計処理により浮・剥離を抽出する
3 打音法	打撃によるコンクリート表面のたわみ振動を検出して割れや浮きの深さを知る
4 インパクトエコー法（衝撃弾性波）	コンクリートの厚み、表面と平行したひび割れ、空洞、アスファルトとコンクリートの境界・剥離部、グラウトの未充填部を検出する
5 AE（Acoustic Emission）法	固体材料が破壊や変形により弾性エネルギーが解放された時に生じた音波を表面に設置した振動子で受信し、破壊や変形（ひび割れの発生や進展）を検出する
6 超音波トモグラフィ法	PC桁内部の伝播速度の分布から、シーす内部のグラウト充填状況を評価する
7 超音波探傷器	高架橋の落下防止装置に設置された固定アンカーボルトを引き抜かず埋め込み深さを超音波で計測
8 超音波直角回折波法	ひび割れ深さの測定
9 超音波板厚測定	超音波により共振を起こす、板表面と裏面からの超音波の反射波の帰還時間を計測しその差分から板厚を知るなど
10 デジタルX線撮影システム	物体内部の状態を映像化し視覚的に確認する
11 レーダ探査機器	電磁波をコンクリート表面から内部に放射し、探査対象物からの反射波の画像解析し、鉄筋の配筋状態や各種配管パイプ等の位置を非破壊で測定する
12 反発硬度法	コンクリートの圧縮強度をリバウンドハンマーで測定
13 自然電位法	コンクリート構造物中の鋼材が腐食した際に変化する自然電位を計測
14 ドリル法	集塵ドリルにより採取、吸光光度分析によりコンクリート中の全塩分量を測定する
15 加速度（固有振動数）法	桁の加速度の高速フーリエ（FFT）変換で固有振動数の低下率を算出し、桁の健全性を評価する
16 速度法	レーザ・ドプラー速度計を用い、試験車走行時の主桁の速度時刻歴を時間積分し主桁の撓み（変位）を知る
17 光ファイバー計測法（OSMOS/Optical Strand Monitoring System）	光ファイバーを3本撚り（Strand）、主桁、支間中央部に取付け、伸縮量の変化を赤外線の漏洩量の変化とし、走行車両の活荷重により主桁に生じる歪を計測する
18 透気試験装置（Torrent Permeability Tester）	コンクリートの透気性と電気抵抗から密実性を判定、耐久性を評価する
19 打撃応答法	電磁ハンマーの挙動（速度波形、加速度波形）から打撃応答量を測定、対象物のバネ定数を知る
20 軸力計（超音波式、電磁式）	超音波を利用したボルトの伸び測定。電磁力でボルトを振動させる。軸力が増すと共振周波が高くなる
21 その他	歪ゲージ、磁歪応力測定法、疲労センサ

「コンクリート構造物の劣化診断に関する研究委員会 報告書（コンクリート非破壊検査編）」大学生産技術研究所・生産技術奨励会 他による

## 【出典】

写真3.1	<a href="http://www.rdi-japan.com/record/record_1.html">http://www.rdi-japan.com/record/record_1.html</a>	(株)技術開発研究所
写真3.2	NETIS HK-090007-A <a href="http://www.hkd.meti.go.jp/hokic/hkd_nintei5/teikoku.pdf">http://www.hkd.meti.go.jp/hokic/hkd_nintei5/teikoku.pdf</a>	新技術情報提要システム 北海道経済産業局
図3.1	<a href="http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/kannai2006/06/05.pdf">www.kkr.mlit.go.jp/plan/kannai2006/06/05.pdf</a>	国土交通省近畿地方整備局
写真3.3	<a href="http://www.rdi-japan.com/record/record_1.html">http://www.rdi-japan.com/record/record_1.html</a>	(株)技術開発研究所
写真3.4	<a href="http://www.rdi-japan.com/product/goods1.html">http://www.rdi-japan.com/product/goods1.html</a>	(株)技術開発研究所
写真3.5	<a href="http://www.rdi-japan.com/product/goods1.html">http://www.rdi-japan.com/product/goods1.html</a>	(株)技術開発研究所
写真3.6	<a href="http://www.jb-honshi.co.jp/technology/maintenances.html">http://www.jb-honshi.co.jp/technology/maintenances.html</a>	本州四国連絡高速道路(株)
写真3.7	<a href="http://www.jb-honshi.co.jp/technology/maintenances.html">http://www.jb-honshi.co.jp/technology/maintenances.html</a> <a href="http://www.rdi-japan.com/record/record_3.html">http://www.rdi-japan.com/record/record_3.html</a>	本州四国連絡高速道路(株) (株)技術開発研究所
写真3.8～3.10	NETIS SK-010029-V <a href="http://www.shiei.co.jp/japanese/en_kyoryo.shtml">http://www.shiei.co.jp/japanese/en_kyoryo.shtml</a>	住重試験検査(株)
写真3.11, 3.12	<a href="http://www.jb-honshi.co.jp/technology/maintenances.html">http://www.jb-honshi.co.jp/technology/maintenances.html</a>	本州四国連絡高速道路(株)
写真3.13, 3.14	<a href="http://www.e-nexco.co.jp/more_expressway/wording/popup/maint05.html">http://www.e-nexco.co.jp/more_expressway/wording/popup/maint05.html</a>	東日本高速道路(株)
写真3.15	<a href="http://www.c-nexco-hen.jp/product/1_8.html">http://www.c-nexco-hen.jp/product/1_8.html</a>	中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)
写真3.17	川田技報 Vol.22, 2003 <a href="http://www.ne-con.co.jp/products/conservation.html">http://www.ne-con.co.jp/products/conservation.html</a>	川田工業(株) 保全エンジニアリング研究所
写真3.18	<a href="http://www.aist.go.jp/MEL/soshiki/robot/undo/yano/research.htm">http://www.aist.go.jp/MEL/soshiki/robot/undo/yano/research.htm</a>	(独)産業技術総合研究所
写真3.19	<a href="http://www.rdi-japan.com/product/goods2.html">http://www.rdi-japan.com/product/goods2.html</a>	(株)技術開発研究所
写真3.20, 図3.20	<a href="http://www-arailab.sys.es.osaka-u.ac.jp/research/limbgroup/index.html">http://www-arailab.sys.es.osaka-u.ac.jp/research/limbgroup/index.html</a>	大阪大学 新井健生研究室

## 【参考文献】

・宮崎幸雄・森崎静一「交通規制を伴わない橋梁点検用移動足場の試行」 建設の施工企画 06.09 pp43～48
・「既設橋梁のための点検補修作業用仮設式ノンレール移動足場」(株)技術開発研究所資料
・秋山和夫「橋梁特集—最近の橋梁の架設工法と維持管理機械—長大橋保全用自走式作業足場の開発—韓国の永宗大橋, 康安大橋における事例—」建設の機械化 03.01 pp51～55
・勝俣・枝元・原・中村「橋梁点検ロボットの開発～維持管理業務の合理化に向けて～」 川田技報 Vol.22, 2003 pp90～91
・金山峰健・濱口育子・吉永文英「移動足場(ピアスルー)の開発と川島3号橋への適用」日本橋梁技報 No.18 2005 pp58～64
・戸次和雄, 山本和利, 山浦忠彰, 伊吹公男「簡易型モニター式橋梁点検車」 土木学会年次学術講演会講演概要集第5部50巻 440-441頁1995年 <a href="http://www.taiyokenki.co.jp/shohin/detail.php?item_id=854">http://www.taiyokenki.co.jp/shohin/detail.php?item_id=854</a>

●(株)インロッド・ネット hisatake@inrod-net.com 090-2252-7517