

道路構造物の健全性評価のための調査・点検技術

(財) 阪神高速道路管理技術センター 正会員 石崎 嘉明

1. はじめに

わが国における自動車保有率¹⁾は1955年から徐々に増加傾向にあり、1960年頃から急激に増加し現在においてもその傾向は継続されている。一方、建設省では「道路整備五箇年計画」が昭和29年に策定され本格的な道路整備が開始されてきた。こうした中で道路橋の建設年次を見ると1970年頃から急激に増加し1975年をピークに減少傾向となっている。その結果、現在の架橋状況²⁾をみるとおよそ13万橋を数え総延長7,800Kmにおよんでいる。特に首都圏や京阪神、名古屋地区の都市内道路においては自動車の過密化が進み、1963年頃から主に高架道路が建設された。このような都市内道路においては、供用後35年を経過する橋梁も見られ、また、交通量の増大に伴い高架道路橋の健全度においては厳しい状況下にある。これら高架道路橋の損傷状況の実態と実施されている道路構造物の点検技術について紹介し、いくつかの課題について取りまとめたものである。

2. 構造物の点検

わが国の道路橋数は、図-1²⁾の形式別橋梁数および橋梁延長や図-2²⁾の建設年次別橋梁数のとおりで、1960年頃から急激に増加している。その内容は鋼橋の増加が著しいが1975年を境に減少傾向にある。また、コンクリート橋においては1960年からPC橋梁が増加傾向にある。

一方、図-3³⁾のように都市内高速道路である阪神高速道路の年度別供用延長および交通量推移表をみると供用延長の増加と通行台数の増加は比例していることが分かる。

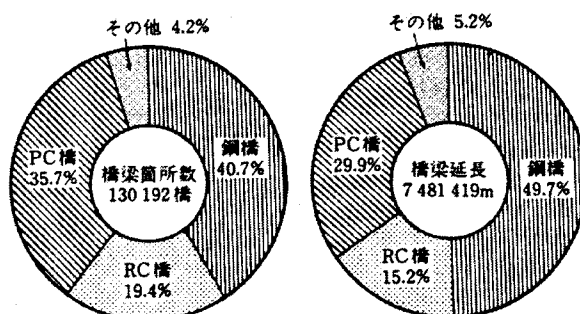


図-1 形式別橋梁数および橋梁延長

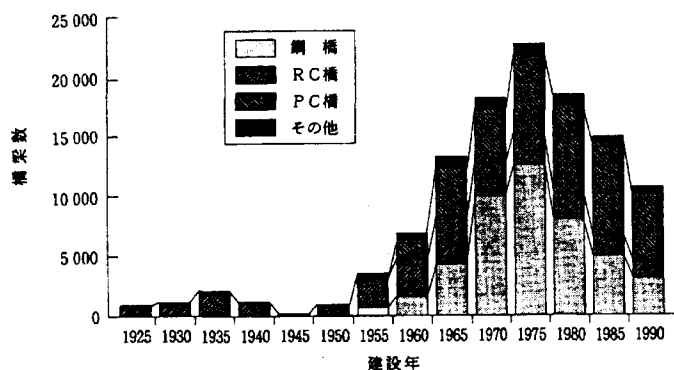


図-2 建設年次別橋梁数

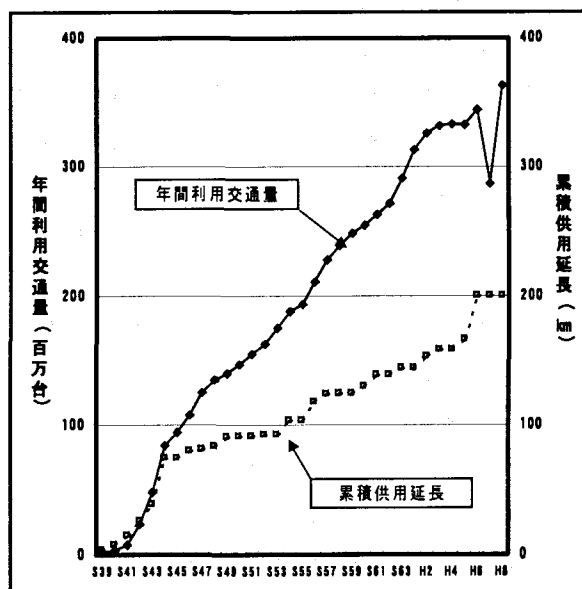


図-3 阪神高速道路の年度別供用延長および交通量推移表

キーワード：構造物点検、点検技術、維持管理、道路構造物、ロボット

連絡先：財団法人 阪神高速道路管理技術センター Tel：06-6244-6055 Fax：06-6244-9612

〒541-0054 大阪市中央区南本町4-5-7 東亜ビル内

今日ではまさに車社会となっており、産業やレジャー、日常生活に至るまで欠かすことのできないものとなっており、道路の重要性についても言うまでもない。また、一方では供用年度の違いや交通量の増大によって構造物が損傷していることも事実である。これらの土木構造物を永く使用するにあたり維持管理していく上で点検が必要となる。現在行われている道路構造物の点検技術について述べる。

2-1 点検の種別および方法

道路管理者においては、供用している橋梁の現状を把握し、良好な状態を保ち安全・円滑な交通の確保、および第三者への障害の防止を図り、合理的な橋梁の維持管理を目的として構造物の点検を実施している。

構造物点検の一般的な種別としては、日常や定期点検、および異常時の点検などに分類されており、阪神高速道路⁵⁾の場合は、日常点検、定期点検、臨時点検に分類され下記のように実施されている。

2-1-1 日常点検

日常点検は、日常的に実施するもので、道路構造物全般を対象としており、その方法は次のとおりに分かれる。

(1) 路上点検

路上点検は、点検車により点検できる速度で高速道路上を走行しながら、舗装、伸縮継手および付属構造物などを中心に、目視または車上感覚により点検を行うものである。

(2) 路下点検

路下点検は、高架下から徒歩により目視によって行うもので、高架下から見える全ての構造物を対象に行う点検である。

(3) 検査路・検査車点検

検査路・検査車点検は、高架道路構造物に設置してある検査路や検査車を利用して、そこから見える全ての構造物を対象にして行う点検である。

2-1-2 定期点検

定期点検は、道路構造物を数年に1度といった程度で定期的に点検するものであり、点検作業車や作業足場を利用して対象構造物に接近し、目視、たたき点検、または簡単な計測により行う点検である。現在実施されている定期点検は次のとおりである。

(1) 上下部工点検

上下部工点検は、上部工と下部工の構造物を点検するものである。

(2) はり上点検

はり上点検は、橋脚のはり上面にある構造物の点検を行うもので、支承、伸縮装置、落橋防止装置などを対象に点検するものである。

2-1-3 臨時点検

臨時点検は、道路構造物の維持管理を行う上で、日常点検および定期点検だけではその内容などが不十分と判断される場合に、適宜それらを補完するために実施する点検である。臨時点検はその目的に応じて、自然災害や突発的な事故に際して実施される「災害時点検」および「事故時点検」、また日常点検および定期点検で発見された損傷に対する対策を検討するために実施される「追跡・詳細点検」、ならびにこれら以外で必要に応じて適宜実施される「特別点検」に分類される。

2-2 点検技術者

道路構造物の点検に当たっては、構造物に何らかの損傷が発見された場合、点検員の初期判断によるところが大きいので、構造および損傷に関しての知識と実務経験を熟知した点検技術者が携わる必要があることから各管理者は点検項目に合わせて資格を規定している。

2-3 点検から補修までのフローチャート

阪神高速道路における点検から補修までの標準的な流れを図-4⁶⁾の点検から補修までのフローチャートに示す。ここでは、各点検が実施され構造物に損傷が発見された場合、その損傷度によって2つの流れに分けられる。損傷度が緊急補修を必要とされる④ランクの場合は、応急補修や臨時点検の実施、さらに緊急補修工事の実施がなされる。一方、それ以外の損傷については、工種毎に整理し、そのデータを保全情報システム⁷⁾に入力する。これらの点検結果を総合的に判断し補修計画、補修方法が策定されている。

2-4 判定基準

損傷度の判定は、各構造物が持つ機能や特性を理解した上で行う必要があり、機能性、耐荷力、耐久性などの観点から判断されている。判定区分は表-1の定期点検の判定基準のとおり5段階からなり、④、A、B、C、OKからなるもので損傷度の高いものからなっている。

表-1 定期点検の判定基準

判定区分	損傷状況
④	道路構造物の機能低下を招き、安全かつ円滑な交通の確保に支障をきたす恐れ、また第三者への影響が大であると考えられ、緊急に補修の必要がある場合
A	損傷が著しく早急に補修する必要がある場合
B	損傷があり状況に応じて補修する必要がある場合
C	損傷が軽微である場合
OK	上記以外の場合

3. 構造物の損傷状況

近年、構造物の損傷状況は、補修補強などの事例集^{8, 9)}や計画・設計・施工上の観点から損傷メカニズムが解明されたものまで¹⁰⁾報告されている。このような文献を見ると、構造全体から各部材および損傷内容に至るまで種々多様な損傷発生していることが分かる。ここに、コンクリート構造物および鋼構造物の損傷について述べる。

3-1 コンクリート構造物の損傷

コンクリート構造物は道路構造物にとって非常に多く使用されている材料である。コンクリート橋脚や床版をはじめとし、PCやRCでの上部工構造においてまで様々に使用されている。コンクリート構造物の代表的な損傷は、ひびわれ、はく離、欠落、空洞、豆板、漏水などが挙げられる。また、塩害やアルカリ骨材反応によるものまでである。また、塩害環境下におかれた構造物¹¹⁾については軽微な損傷において補修しないと再劣化の比率が高い結果が出ている。

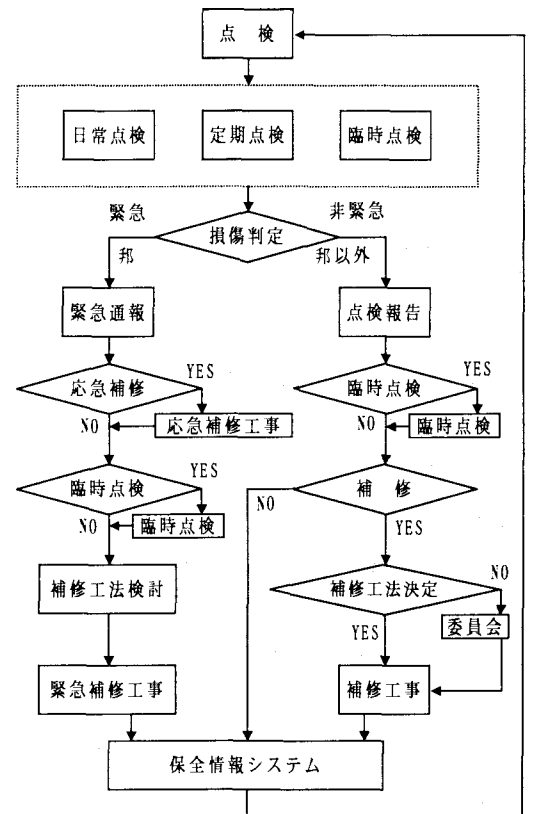


図-4 点検から補修までのフローチャート

3-2 鋼構造物の損傷^{8, 12, 13)}

鋼構造物は、鋼材の品質が安定しており加工においても比較的自由にでき、明石大橋から標識柱まで種々多様な構造物に使用されている。鋼構造物においてもコンクリート構造物同様に損傷は発生している。特に、鋼材の弱点であるさび、腐食については最も多いようである。また、疲労についての損傷はウェブギャップ部をはじめ溶接部のわれなどが挙げられる。

このようにコンクリート構造物、および鋼構造物の損傷は各部位部材に発生しており、その設置された場所や環境条件、あるいは施工条件や使用条件によって影響が大きく左右しているものと考えられる。今後の道路構造物を維持管理していく上で、点検というものは不可欠であり後世に引き継ぐ最も重要なポストといえる。

4. 点検手法と取組み

点検手法については、2-1点検の種別および方法で述べたとおりである。しかし、定期点検においては構造物に接近目視、あるいはたたき点検や簡易な計測を実施するもので、構造物に接近する方法として点検作業車や梯子車などを使用して実施している。また、都市内道路においては高架下が駐車場や公園などに有効利用されていることや、道路や鉄道といった公共施設および河川や海上などに位置している区間がある。このような場所において、構造物の点検を実施する場合には、保安設備が伴い点検費用が増大となる。さらに21世紀においては、少子化や高齢化となることが避けられないことから、これらの点検内容を維持し、点検費の削減とともに診断精度の向上や効率化、安全性に富んだ点検手法が必要となる。現在これらの損傷について行われている点検手法と昨今話題となっている点検技術について述べる。

4-1 高速路面点検車^{14~18)}

日常点検の路上点検というものは、2-1(1)で述べたとおりで、点検員は点検車に乗車し、点検できる速度で高速道路上を走行しながら、舗装、伸縮継手および付属構造物などを中心に、目視または車上感覚により点検を行うものである。また、損傷が発見された場合は点検車を一時停車し点検員が降車して損傷の大きさや状況の記録を行うもので、点検員においては危険にさらされ、また点検員の不足や交通渋滞などが問題となっている。これらを解消するために、カメラで捉えた画像を処理し、ひびわれやポットホールといった損傷を検出し、わだち掘れについては従来あるレーザ光により計測を行うものである。この高速路面点検車はリアルタイムで検出評価することになっている。

4-1-1 システム構成

システムの構成は図-5に示すとおりで、CCDカメラやレーザ投光器および画像処理装置を搭載している。また損傷発見位置を明確にするため、VICSと車輪速センサにより位置情報処理されている。路上点検時に発見された損傷は、日常点検データとして保全情報システムへ入力される仕組みになっている。

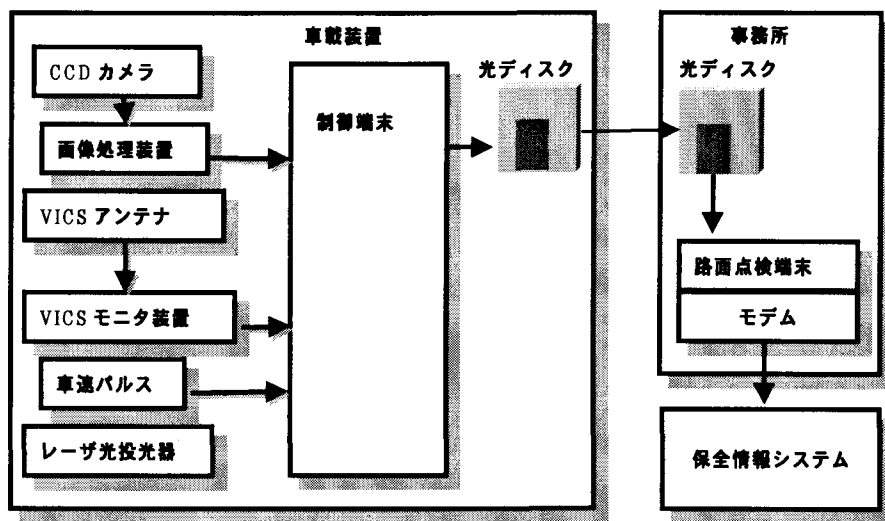


図-5 システム構成図

4-1-2 路面損傷検出処理

路面上に発生するひびわれやポットホールなどの損傷は高速路面点検車に取り付けられたCCDカメラにより画像を収録し図-6の流れのように階調変換処理され区画線などの白ペイント部の抽出と微分画像に分けられる。微分画像をペイント部によってマスクし、残った微分画像に対して面積判定処理や水平プロフィール処理を施して損傷の検出を行うものである。

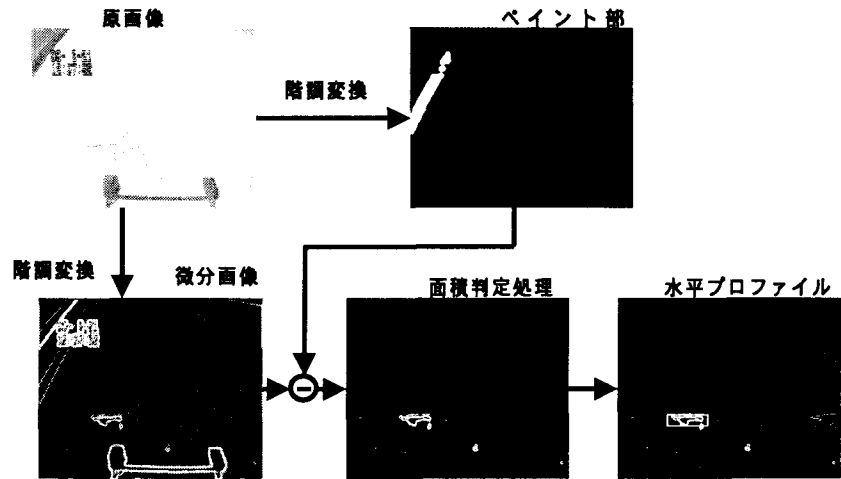


図-6 損傷検出処理手順

4-1-3 わだち掘れ計測

舗装路面のわだち掘れ計測は、図-7のように搭載しているレーザ投光器により路面にレーザを照射し、これをCCDカメラによりレーザ光のひずみを計測するものである。

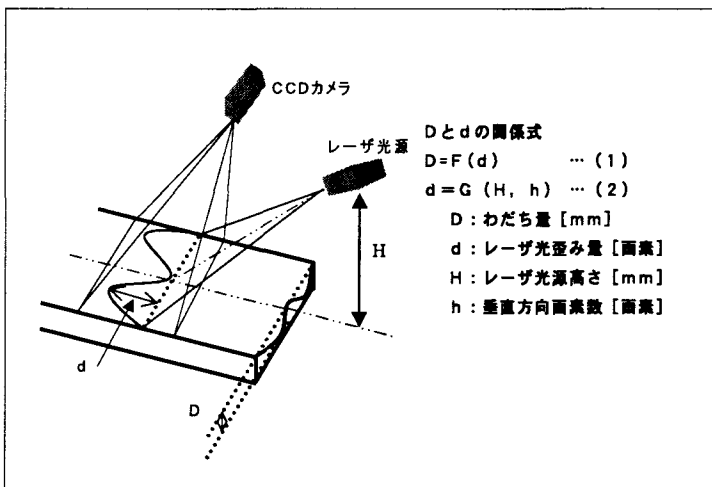


図-7 光切断法計測原理

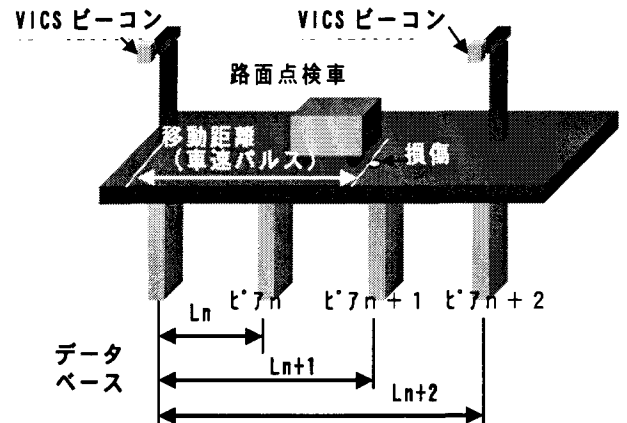


図-8 位置情報処理概要

4-1-4 位置情報処理

図-8はVICSビーコンを用いた位置情報の概要について示したものである。このVICSビーコンを受信しながら点検を行い、受信した各ビーコンのID番号と損傷検出時の車速パルスの値から、地図データベースを用いて損傷位置の橋脚番号を求めることができるものである。

4-2 高所点検車両^{19, 20)}

高所点検車両は、都市内で高架道路を対象に橋体部分や橋脚上などの点検調査作業を地上部から安全かつ効率的に実施する構造物点検を目的として開発されたものである。この高所点検車両は、高架下の狭隘な場所に対応できるように2トン車両をベースにコンパクト化を図り、運転室と操作室および格納室に分けられ、そのシステムについて述べる。

4-2-1 高所点検機構

車両に搭載している高所点検機構は、図-9のように地上高さ15m伸長可能な多段式伸縮ポールの機能を有し、またその頂部においては、1~3m伸縮する水平アームからなるものである。本機構は360度回転可能で先端部の点検用カメラは3CCDデジタルカメラとなっている。また、カメラ台は左右180度、上下90度の回転が可能で照明および集音マイクが併設されている。

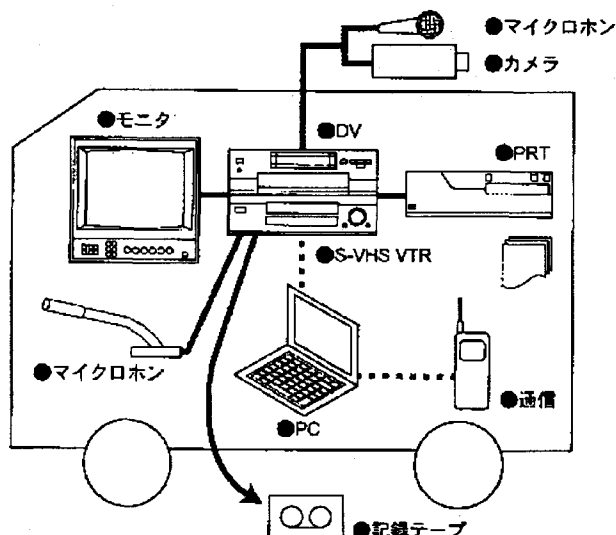


図-10 点検データ記録システム

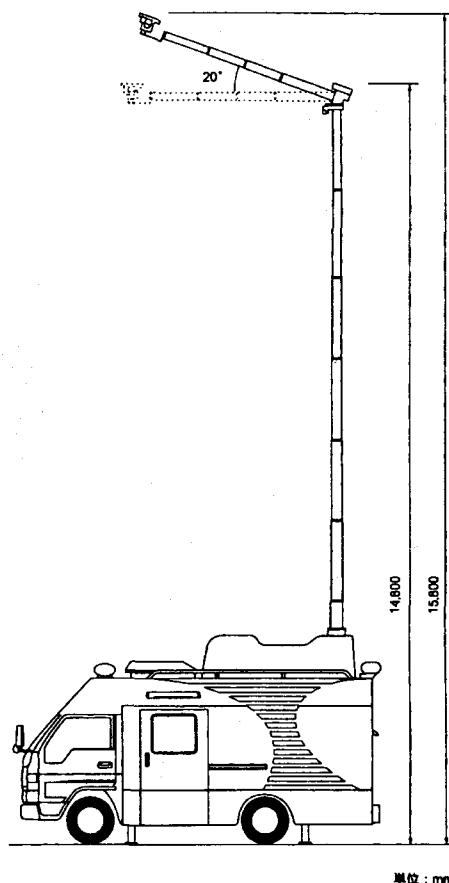


図-9 高所点検車両側面外観図

4-2-2 画像表示とデータ表示

操作室の画像モニタは点検用カメラから画像データ表示され、必要に応じてDV方式S-VHS方式にデータを記録することができるものである。デジタルデータはプリントアウトやパソコンへの出力が可能であり通信機器に接続すれば基地等にデータを送信することができる。

道路構造物の最近の点検事例について2例紹介したが、いづれにおいても最新機器を取り入れた研究・開発がなされた成果であり、今後における活躍が望まれるところである。

5. 維持管理における課題

道路構造物の点検について一連の流れを列記してみたが、設計基準の変遷や交通量の増大さらに施工条件などにより構造物形式や材料に係わらず損傷が発生している。損傷においては、その損傷メカニズムの解明や損傷発生箇所における施工時へのフィードバックがなされ改善が図られているところである。しかしながら、新材料の使用や新工法の導入など未知なものも今後多く使用されることも考えられる。道路構造物は道路利用者や沿道住民にとって安全で快適な走行ができることが重要で、また半永久構造物でなければならない。道路構造物を見ると生き物のようである。それは、暑くなると構造物はのびるし、寒いと縮まる。また、放っておくと小さな病気（損傷）でも大病（橋の架替え）になってしまうこともある。点検とは一種のホームドクターの役目を果たすもので、早期発見し対応できるセクションであると考えられる。次に今後における課題を整理してみた。

5-1 点検機器の開発

道路構造物の建設は、豊かな社会を営む上でこれからも伸長をたどると考えられる。また建設後、年数のたつものも多くなり、架け替えも考えられるが、現在の保有数が減少することは考えられない。これらを如何に維持管理し、また点検費の削減や効率的、および合理的な点検を行っていくかが今後の大きな課題となる。ある橋梁においてはモニタリング手法で行われる場合もあるが、道路構造物の大半がオーダーメイドになっていることや、設置された環境条件などによっても大きく異なることもある。このようなカテゴリーを取り入れた点検機器の開発が望まれるところである。

5-1-1 点検ロボット^{21), 22)}

都市内構造物の定期点検費用は、高架下の状況から梯子車などの点検車および高速道路や一般道路における交通規制などに伴い仮設備費が必要となる。これらの仮設備費を軽減するにあたり点検ロボットの開発が進められているので紹介する。この点検ロボットは遠隔操作ができる無線を利用し、駆動および制御が可能でCCDカメラを搭載したもので、性能は次のとおりである。

- ①機器の機能 : ・無線による装置の操作および撮影(動画像)の伝送
・20m/min(330mm/sec)の走行速度
- ②機器重量 : 単体で20kg程度
- ③安全対策機能: 落下防止対策および操作員の安全性を考慮
- ④走行機能 : 主桁下フランジを利用して走行する。(フランジ幅や添接板および縦補剛材の回避)
- ⑤落下防止機能: 万が一脱輪しても落下防止機能が働くこと。
- ⑥操作ボックス: ・操作ボックスにより点検機器の走行およびCCDカメラのズーム・チルト機能が可能であること。
・画像制御機能において走行監視映像および点検用映像が可能であること。
・記録が必要な損傷映像は静止画像でPC保存できること。

まだ、試作段階ではあるが今後の活用が望まれるところである。

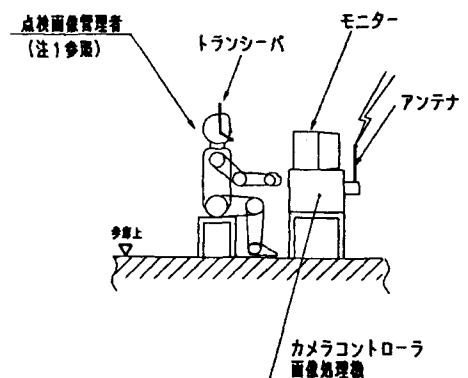
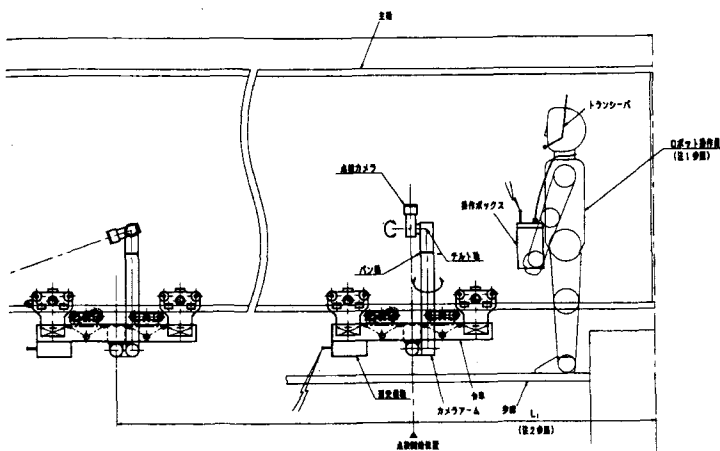
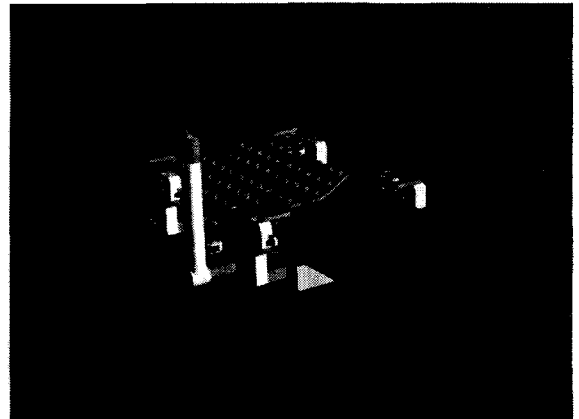


図-15 点検ロボットのイメージ図

5-2 点検技術者の育成

次に点検技術者の育成が挙げられる。大学においては道路構造物の維持管理における学科はあまり聞かれ

ない。また、社会においても計画・設計・施工は同等のようであるが点検という文字は見られない。道路構造物だけを対象に点検項目を列記すると

鋼構造物：主桁、橋脚

コンクリート構造物：P C 桁，R C 桁，橋脚，橋台，擁壁，床版

はり上構造物：支承およびダンパー，落橋防止装置，伸縮装置など

付属構造物：標識構造物，遮音壁，危険防止柵，橋梁検査路，化粧板，排水施設など

が挙げられるが，材料の特性，各部材の機能など様々であり，同箇所複合して配置されている。また，新材料や新構造などの損傷，および補修・補強後に発生した損傷の発見を見逃すことも考えられる。これらを常に熟知し，点検・評価のできる技術者を育成するためには時間と費用が必要となり，技術者の育成に伴う仕組み作りが21世紀に引継ぐ大きな遺産となろう。

7. おわりに

本稿は，道路構造物の点検に関する一連の流れと今後の課題を述べてきた。自動車産業をみると半世紀において安全性・走行性・機能性・快適性など大きく進歩したといっても過言ではない。また，これらを支える土木構造物においても同様で，世界最長である明石大橋をはじめとし数々の名橋が建設されてきたことも事実である。しかし維持管理という面においては，長大橋の設計施工に比べてまだまだ技術開発の素材・課題があると考えられる。例えば点検ロボットや既設構造物における劣化予測，さらに自己診断ができる道路構造物の開発などである。増大する社会資本の老朽化や少子化・高齢化などを念頭におき21世紀に向けたさらなる技術開発進展の一助となれば幸甚である。

参考文献

- 1) 大井裕子：道路が歩んだ法の道のり（その2），道路行政セミナー，建設省道路局，2000.7.PP49～55
- 2) 西川和廣：道路橋示方書の性能照査規定化とこれからの橋—耐久性・維持管理関連規定を中心として—第2回鋼構造物とはしに関するシンポジウム論文報告集，土木学会1999.8.31.PP39～48
- 3) 林秀侃，川村勝，金本功：阪神高速道路のR C床版の点検
- 4) 建設省土木研究所：土木研究所資料橋梁点検要領（案），昭和63年7月
- 5) 阪神高速道路公団：道路構造物の点検標準（土木構造物），1997.5
- 6) 中村一平，西岡敬治，垣下賢，金本功：阪神高速道路における鋼構造物の点検，鋼構造論文集第4巻第15号，PP15～28，1997.9
- 7) 一海茂，井口斉，入谷良弘：保全情報システム，技報第11号，阪神高速道路公団監修（財）阪神高速道路管理技術センター，1991
- 8) 道路橋補修・補強編集委員会：道路橋補修・補強工学シリーズ4道路橋補修・補強事例集，山海堂，2000.2.22
- 9) 道路橋保全委員会：ドイツ連邦交通省道路建設局道路橋の補修・補強事例集報告書，土木施工4月臨時増刊，山海堂，1990
- 10) 阪神高速道路公団，（財）阪神高速道路管理技術センター：道路橋R C床版のひび割れ損傷と耐久性，平成3年12月
- 11) 松村英樹：コンクリート構造物の点検・診断の技術的課題，土木技術VOL.54・NO10.PP42～47，1999.10
- 12) 名取暢：鋼橋の腐食事例とその対策・第1回鋼構造物の維持管理に関するシンポジウム資料集，土木学会鋼構造委員会鋼構造物の維持管理権求償委員会PP63～73，平成11年7月30日
- 13) 名取暢：鋼道路橋の疲労設計—疲労設計の導入による設計・構造のイメージの変化—，第2回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集—鋼構造の新技術動向—PP49～61，土木学会鋼構造委員会，1999.8.31
- 14) 川村勝，桃澤宗夫，堀江竜司：DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT INSPECTION VEHICLE FOR ROADSURFACE DAMAGE CHECKING, THE 10TH REAAA CONFERENCE, Road Engineering Association of Asia and Australasia, 2000.9.4
- 15) 杉山功，桃澤宗夫，杉江功，安藤強，堀江竜司：路上点検のシステム化に関する検討，平成6年度全国大会第49回年次学術講演会，土木学会，1994.9
- 16) 山口良弘，関惟忠，桃澤宗夫，堀江竜司：路上点検のシステム化に関する検討（その2），平成7年度全国大会第50回年次学術講演会，土木学会，1995.9
- 17) 石崎嘉明，関惟忠，桃澤宗夫，足立幸郎，堀江竜司：路上点検のシステム化に関する検討（その3），平成8年度全国大会第51回年次学術講演会，土木学会，1997.9
- 18) 石崎嘉明，前川順道，川村勝，桃澤宗夫：路上点検のシステム化に関する検討（その4），平成9年度全国大会第51回年次学術講演会，土木学会，1998.9
- 19) 田村尚美，藤田健，高田恭一：高所点検車両，平成11年度建設機械と施工法シンポジウム論文集PP234～237，（社）日本建設機械化協会，平成11年10月28日
- 20) （財）首都高速道路技術センター：高所点検車パンフレット
- 21) 白尾兼二，石崎嘉明，岡田秀樹：都市内高速道路における新点検手法に関する提案，平成12年度全国大会第55回年次学術講演会，土木学会，2000.9