

# 10. 高速道路床版コンクリート調査ロボットの研究

㈱銭高組：岡崎 登

## 1. まえがき

現実の問題として、一部の高速道路などについては、その老朽化が限界状況にきているのが現状といわれている。

このような公共的社会資本の老朽化に対し、維持補修を主として背おうべき立場にある建設業界を取巻く経済、社会環境は大きく変わりつつある。それは財政事情による公共投資予算の抑制傾向、わが国の高令化、高学歴化の急速な進展に伴う良質な建設労働力確保の制約、社会価値観の変化や労働安全衛生面など克服すべき数多くの課題を抱えている。

こうした課題を解決する手段として、土木・建築分野においても自動化の特殊性や、現場的制約条件を克服するため産業ロボットに代表される高度なメカトロニクスの導入が試みられるようになってきた。筆者は、このような動向の中で、最近緊急度が高まっている高速道路橋、新幹線などの高架橋など鉄筋コンクリート構造物を対象とした、老朽化の進捗度ならびに補修の必要度を調査診断するロボット・システムについて日本産業ロボット工業会、鉄筋コンクリート構造物老朽化診断作業安全自動化モデル策定研究専門委員会の一員とし、各位の協力によって以下、(高速道路床版コンクリート調査診断ロボット)の基本的概念構想(その1)を纏め得たことを発表する。

## 2. 研究の目的と対象

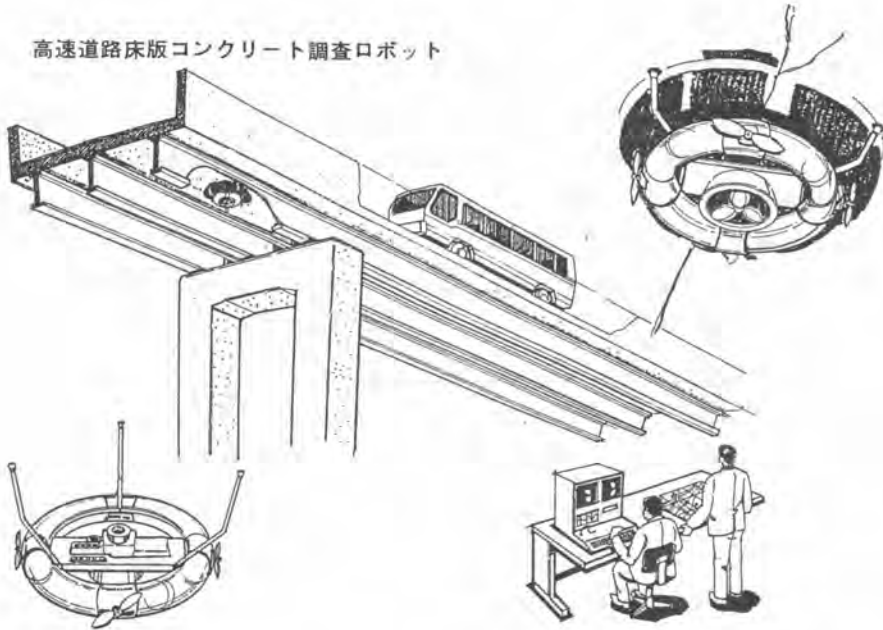
近時、高速道路床版コンクリートの老朽化による、「ひびわれ」現象が叫ばれ、一部補修工事がひんぱんに行われている。これらの橋梁、高架橋の施設が一時的にでも供用を停止したり、交通規制することは社会的に困難な状況下にある。

従って、この調査診断は一般に高所作業となり、調査精度も高度なものが要求される。従来は仮設足場を必要とするため、調査員の安全確保、並びに測定調査に長時間を要するなど、数多くの欠点があった。よって、これらの要因を解決する目的で現場的計測の自動化と、計測対象物への移手段に重点をおいた。

### 2・1 基本と概念

- 1) 鉄筋コンクリート構造物の老朽化調査診断の範囲を明らかにする。
- 2) 対象鉄筋コンクリート構造物の調査診断カ所、項目を明らかにする。
- 3) 現状の調査診断方法から問題点を抽出し明らかにする。
- 4) 研究の重点としては、
  - a) 調査診断の省力化
  - b) 調査診断の安全化
  - c) 高性能、インテリジェント化
  - d) 操作性、取扱性に優れたもの。
  - e) 経済性や採算性を考慮しながら志向する。
- 5) 調査診断ロボット・システムについて概念設計構想モデルを提示する。
- 6) 今後の研究開発課題を設定する。

高速道路床版コンクリート調査ロボット



Designed by Dr. N. OKAZAKI

## 2・2 調査対象の範囲

- 1) 現場計測データの収集手段の自動化を第一義とする。
- 2) 鉄筋コンクリート高架橋のうち、スラブ下面、パラペット外壁面とする。
- 3) 鉄筋コンクリートひびわれの物理計測
- 4) 鉄筋コンクリートひびわれのパターン計測
- 5) 上記計測のための移動方式の採用

## 2・3 システム構成の基本

- 1) 非破壊、非接触で検出、測定する。
- 2) 画像処理(C・C・Dカメラ計測)をシステム化する。
- 3) 高所作業であるため、ロボット化する。

本研究構想の骨子としては、上記1)2)3)のシステムを考慮した。空中学上移動型ロボット診断方式を概念構想とした。

## 3. 道路橋床版コンクリートの調査診断ロボットの概念設計

空中浮上移動型診断ロボットの基本的概念および特性

- ① 空中移動式を採用することによって、自由度が大である。
- ② 高所ほどメリットが大である。
- ③ 計測、移動が遠隔制御
- ④ 新方式である。

### 3・1 空中浮上移動型診断ロボットの技術構成

本方式は、調査診断の対象構造物のあらゆる条件下で利用できることを意図し構想したものであ

る。高架橋は平坦地ばかりでなく、山間部、河川、海上など地形条件の所に建設されている。これらのすべての場所で利用できる汎用性の高い移動方式は空中浮上が望ましい。

空中移動方式でも種々な方式が考えられるが、本構想では従来なかったチューブ型のHeガスフロート（バルーン）による空中移動ロボットを提案する。図-1に示す概念構想は、浮力の利用により搭載された機器重量を支え、小さな動力で空中における自由な移動を可能にした調査診断方式である。なお、本計測診断環境の悪い高所あるいは橋梁下、足場条件の悪い山間部などにおいても、リモートコントロール操作による自動計測に有効である。

### 3・2 特徴

本方式の特徴とする所は、計測ユニット部の本体重量とHeガスフロートの浮力を等しくするか、本体重量を数100g程度重くすることによって、仮にブースターの電源系統が故障で停止し、計測ユニット本体が落下を始めても緩やかに降下するだけであるから危険は少なく、安全性にも優れている。なお、具体的には、本体を軽量化するには全体を小型化することも重要である。

よって、浮力用フローのHeガス体積は、計測ユニット部本体重量に比例するため、計測ユニット部の装備部品の小型軽量化、それに、構造材、筐体材のAl合金、エンジニアリングプラスチックなどの新素材の活用により軽量化を図る必要がある。

#### 主要構成部の特徴と説明

検査ユニット部（浮上筐体）の特徴

- 1) センサー（C・C・Dカメラによる受信）と半導体レーザー（送信）から構成され、ギヤードモータ④駆動により、シャフト⑤上を移動走査する。
- 2) 筐体浮力フロートは、筐体重量（C・C・Dカメラ、ブースター等総重量）と等しい浮力の体積を持つフロートとし、浮力媒体はHeガスを充填する。形状は小型化するため円形状とし材質は比重の軽いプラスチック材が望ましい。
- 3) 位置決めのパットは、独立気泡型吸着パット3個を有し、パットの内部には球面キャストを内蔵。移動時は、浮力ブースター出力を下げることにより、キャストが突出し、測定時は、（走査時）にはブースター出力を下げることにより、キャスト部が沈み静止圧着により位置決めが可能。
- 4) 浮力補助ブースターは走査時に於いての風速等を考慮して、浮力コントロールが可能なシステムとする。
- 5) コントロールユニットは電動車移動が可能な構造とし検出された信号を記録するデータ処理装置、モニターTV、コントローラー、電波等の構成とする。

※なお、1) センサー部分のCCDVTTRカメラは、スーパーレンジ型、AF（オートフォーカス）ブロックダイアグラム方式を考えた。すなわち、ひび割の状況を約50～80cmの距離からズームAF（9㉫～27㉫のズーム機種を有したレンズ）を通しC.C.D固体撮像素子に変換し、この情報を画像処理する仕組みとなっている。本カメラの特徴は、ひび割の情報を無段差の距離で広範囲受信できるのが特徴である。（-出所- ミノルタカメラ製品）

- 6) リモートコントロール、計測ユニットの操作はすべてリモコン操作（無線または有線）で行う。

7) コントロールユニットについては地上、または路面上に停車した移動車内に設置し、自動計測データを収録するデータ処理装置、モニターTV、ブースターコントローラは電源などで構成される。収集データの解析、画像処理技術は移動車内に設けてもよいが、専用の解析センターに持ち帰り処理の方が装備の経済性の点から望ましいと思料する。

#### 4. 考案

本方式は、高架橋、スラブ下面の調査診断にとって、自由度と汎用性の高い方式であり、しかも技術的、経済的にも実現性が高い方式である。構造的にはいくつもの変形が考えられるが概念設計構想として最も基本的な形態であると考えている。

無線によるリモートコントロール技術は、現在高度化しており操作性には問題がない。

問題点としては、大量の計測データを無線で送信するか、有線による供給方式を作用するかである。特に、フロート浮上方式だと小型軽量化が欠かせない制約条件である。重いバッテリーを搭載することはまず不可能である。よってI・C送信機を用い太陽電池の利用も考えられるが受光板が大きな面積をしめるため、移動性、作業性を阻害することになる。

従って、本ロボット性が高い機械装置にとって、この駆動源、動力源の内蔵化、および制御における自律性の確保については、さらに再検討を必要とする。

なお、本システムの実現性を優先するならば、動力源の供給は有線ケーブルが好しいと考える。

システムの効果については、①浮上移動方式であるから自由度が大きく、構造物の場所による制約が極めて少ないこと。②上下左右、旋回など、3次元移動が迅速に調査できる。③Heガスフロート(バルーン)方式であるから、移動のための駆動エネルギーが極めて少ない。省エネルギー型である。④高所から低所までの調査が可能、特に、不可能な高所での調査診断に威力を発揮できる。⑤調査診断ばかりではなく、搭載機器のアタッチメントを変えることによって、簡便な補修塗装などにも応用が可能になる。⑥吸着パットの強力化と本方式の組合せによって、更に対象作業項目が大巾に飛躍できる可能性が含まれている。

#### 5. 今後の研究開発課題

これからの研究開発課題について、以下に箇条的に述べる。

- (1) 調査診断の総合化：劣化状況のデータ計測の収集(データベースの構築)の処理、判定まで一貫した調査診断方式の確立が必要である。
- (2) 調査診断システムの構築：a) システムのモジュール化、b) 情報システム通信の高度化
- (3) 要素技術の開発：コンクリート構造物劣化診断のため、特に部材内部の物理的、化学的性状が把握できる非破壊型センサーの開発、高度画像処理技術の開発、データの経時的収集センサーシステムの開発、色差計センサー、超音波センサー、温度センサー。などの開発が重要である。

要は、技術的には実証研究の必要がある。なお、今後の技術的波及性、利用分野での応用性の広さを考慮すれば、積極的研究開発が望まれる構想である。

最後に、本研究を進めるに当って御協力いただいた日本産業ロボット工業会安全自動化策定委員会の各位、ならびに参考資料の提供をいただいた各社に感謝の意を表する。