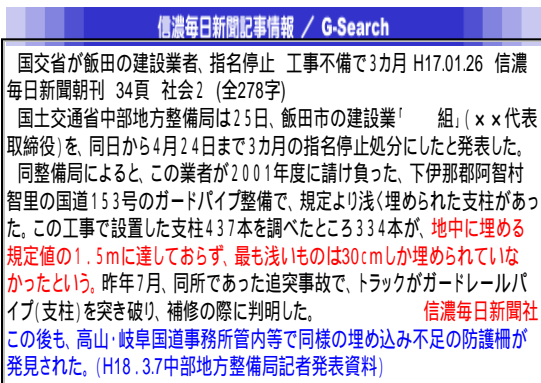


# 防護柵支柱根入れ長検査装置の開発

中部地方整備局 中部技術事務所 品質調査課 品質検査係長 成瀬 佳明

## 1. 現状とこれまでの経緯及び課題

昨今、落橋防止アンカーボルト長不足や耐震偽装の問題等、不可視部の施工不良やデータ改ざんの問題が、社会的に取りざたされている。安全な社会資本を形成する



ため、工事完成時の確認が困難である不可視部において、適切な検査・管理が求められている。防護柵に於いては支柱が設計通り埋設されていれば必要な強度が確保され、正常な機能が保たれる。しかし根入れ長が短い場合は、少ない外力で簡単に破壊される。

中部地方整備局は、緊急に非破壊で効率よく防護柵支柱の根入れ長を検査する装置を開発するよう中部技術事務所に対して要請を行った。これに応えるべく簡便迅速に

検査できる装置の開発を実施した。

表 - 1 各種調査手法と現場での適用性比較表

調査手法	調査対象	現場での適用性
電磁波	RC構造物のかぶり厚・橋脚の巻立て厚	かぶり厚
衝撃弾性波	アンカーボルト等の根入れ長さ・RC空洞	支柱長 可能
超音波	ロックボルト等の根入れ長さ・溶接部疲労	支柱長 可能
電位差	RC構造物の鉄筋配置状況	鉄筋位置・かぶり厚

## 2. 開発・検討の概要

### 2.1 調査手法の選定

防護柵支柱の埋込み深さを非破壊調査により検査するにあたり、対象が金属製のパイプ構造であることを踏まえ、現場での適用性を検討した。適用可能な技術が考えられるものは、電磁波・衝撃弾性波・超音波・電位差がある。各種調査手法について比較検討した結果を表 1 に示す。この表から現場での調査可能な手法として衝撃弾性波法及び超音波法を選出し、その操作性等に対する比較を行った。その結果、衝撃弾性波法は調査時間が短い・軽量・全長を直読可能・必要人数が少ない・操作が簡単であるが、超音波法より精度が劣る。一方、超音波法は精度が高い・傷の位置が確認できる・設置状況に支配されないが、接触媒質を使用するためマーキング作業が必要・波形の読み取りには、技術者が必要となる等の特徴があった。図 1 が衝撃弾性波法の表示画面、図 2 は超音波法の表示画面である。超音波法の表示画面の方が複雑な波形となっている。

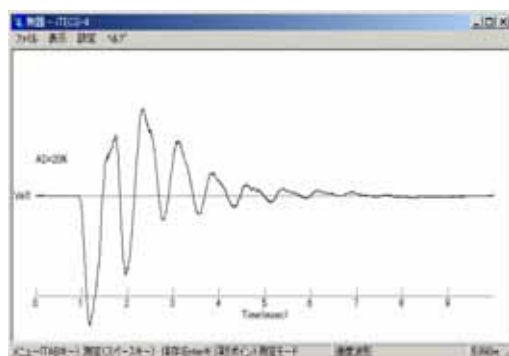


図 - 1 衝撃弾性波法の表示画面

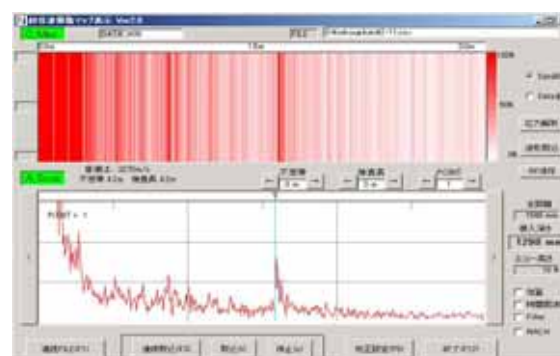


図 - 2 超音波法の表示画面

## 2.2 採用した調査手法と検査装置の構成及び原理

前項を踏まえると精度においては超音波法の方が上回っているが、衝撃弾性波法の方が波形の読み取り不要・数値直読可能・マーキング不要・接触媒質が不要・拭き取り不要等といった利点を多く持つ。調査手法を決めるにあたり、多量の検体を効率良く検査する必要があることから今回は衝撃弾性波法を採用し、さらなる精度向上・軽量化に向け装置開発に取り組んだ。本装置は、図 3 に示すように、支柱に吸着可能な磁石付き加速度センサー・ハンマー・アンプ内蔵の検査装置本体で構成し現場で軽快に活用できることを目指したものである。

検査原理は図 4 にあるようにハンマーの打撃によって弾性波（縦波）を支柱に与え、波動が支柱を 1 往復する時間を測定し、この値に弾性波速度等を掛けることによって支柱の長さを算出するものである。

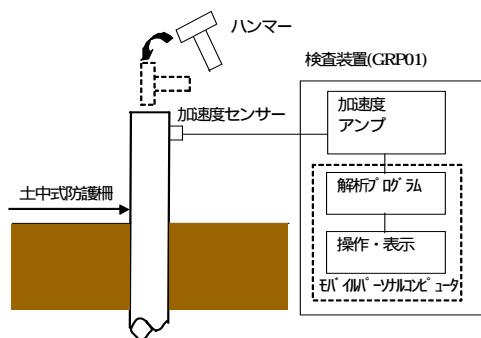


図 3 検査システム構成図

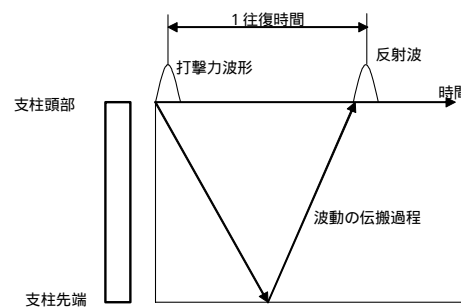


図 4 検査原理のイメージ図

## 2.3 検査技術の性能と問題点の整理及び検討

開発にあたり衝撃弾性波法の性能及び現場における適用性を検証するため、埋込み深さを変えた実物大の模擬防護柵を使用し、埋込み深さや地盤の拘束状態等を変化させて設置した防護柵支柱根入れの深さを調査し問題点を整理した。

支柱のタイプについては、最も施工実績数量が多く現場を代表する支柱として、円柱標準タイプ及びコンクリート根巻きタイプの 2 種類で検討した。なお、超音波法との並行調査も行い、その比較・検討を行った。

### 2.4 現場適用調査と運用体制の検討

実際の道路に設置されている土中防護柵支柱を対象に開発した検査装置と超音波法で並行して調査し基本的な性能（埋込み深さが不足の特定）や現場適用性の調査を行った。運用体制の検討は、事前に中部技術事務所構内に操作講習・検証用として長さを変えた防護柵支柱を設置し、本検査装置を使用しながら実際に現場作業に従事する一般技術者を対象として、マニュアルによる講習会（取扱指導）を行った。さらに検査装置について、問題点を抽出し検討を加え、改良を行った。

## 3. 検討結果及び開発装置の適用性について

### 3.1 検査技術の性能と問題点の整理及び精度向上めざし

#### (1) 衝撃弾性波法の性能評価

管内土によって弾性波速度が低下し、結果的に長めの調査結果となる。高さ 1.0m 程度であれば、約 20%程度長くなる。

打込み状態が強固であると周面抵抗(支柱と地盤の摩擦)によって波動が減衰し、支柱先端からの反射波が確認されない場合がある。

管の曲がりや傷は調査結果に大きな影響を与えない。

コンクリート根巻きの場合、弾性波が支柱先端に到達しない可能性がある。この場合、支柱の埋め込み深さの調査が困難となる。

## (2) 超音波法の性能評価

今回の実験条件の全てのケースで調査が可能で、精度についても3%以内で非常に良かった。しかし操作性と所要時間は衝撃弾性波法と比較すると操作が多く、時間は長くなった。

## (3) 衝撃弾性波の精度向上めざし

衝撃弾性波による従来方式(ピーク検知)の処理手順によると埋設部分の周面抵抗が弾性波動の伝搬過程に及ぼす影響を確認している。周面抵抗により、真値より長めの調査結果になることから、その影響を受けにくい立ち上がり検知方法の採用と、周面抵抗による粘性減衰補正を加えることで、精度が向上し支柱全長の±10%程度となった。図5はピーク検知と立ち上がり検知を見比べた場合の加速度波形模式図であり、算出方法は打撃力波形と反射波形の立ち上がり又はピークを検知して波動の到達時間を推定し自動計算するもので、時間は明らかにピーク検知の方が長くなっている。表2に支柱の長さやピーク検知、立ち上がり検知による調査の結果を示す。

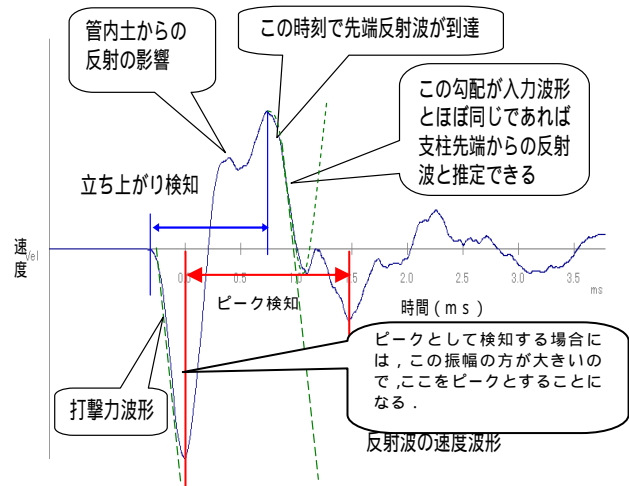


図 - 5 加速度波形模式図

表 - 2 ピーク検知と立ち上がり検知 単位(m)

支柱長さ	埋設長	ピーク検知	立ち上がり検知	
			補正前	補正後
1.7	1	2.02	2	1.76
2	1.3	2.43	2.14	1.98
2.2	1.5	2.72 or 3.63	2.37	2.25
2.5	1.8	2.8 or 3.79	2.63	2.52

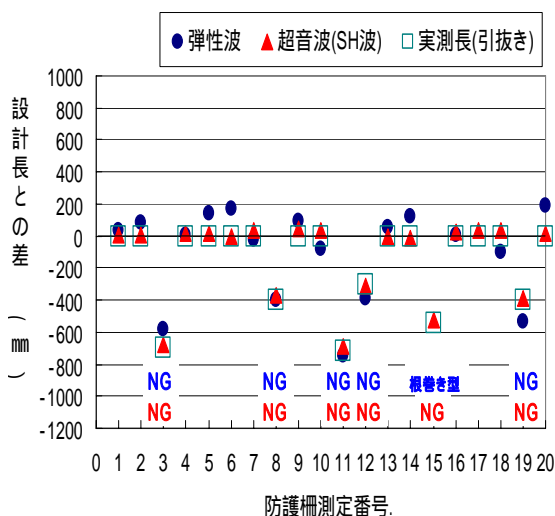


図 - 6 現地調査での検証結果

## 3.2 現場適用調査等の結果

実際の道路に設置されている土中防護柵支柱を対象に弾性波及び超音(SH)波・実測値による調査結果を図6に示す。ここで言うNGは設計値より10%以上短い場合を示す。本検査装置で埋め込み不足(根巻き以外)と判定された箇所は、調査後に実施した引抜き実測結果から短いと判定された箇所とほとんど一致した。これにより極端に短いものを抽出する検査装置としての有効性を確認でき、現場における適用性は十分あることが判明した。





写真 - 1 実機による検査状況

講習用に設置した中部技術事務所構内の防護柵を用いて講習会を中部地整管内職員38名の参加で実施。その時のアンケート結果をグラフ-1に示す。その中で説明会、実習については7割以上が良かった。検査装置については約6割が良いと回答。その主な意見は「大きさが手頃、やり方が判った等」「叩き具合が不明、タッチパネルは壊れやすい等」と回答。その改善対策として叩き直しのメッセージ表示(図7 端朱枠内参照)、タッチパネルの保護シート貼りを行った。

#### 4. まとめ

本検査装置は、多数の対象物から極端に短いものを短時間で効率良く検出することを主眼において開発した。図-7は調査中の画面、一目で埋め込み深さを数字表示。調査の終了時には「結果表示」でデータを確認、調査漏れがないかどうかチェックできる。

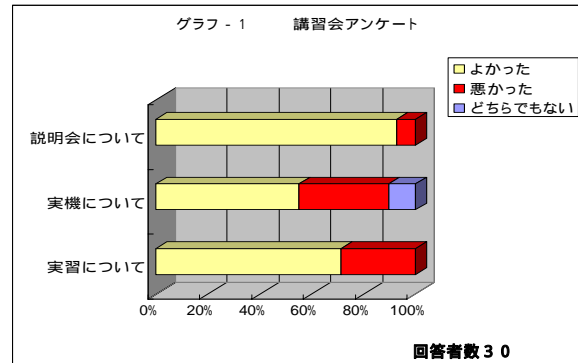
表-4 装置の仕様

(1) 検査範囲(支柱全長)	1.0mから5.0m
(2) 精度	全長に対して±10%以内
(3) 検査時間	0.5分 / 1支柱以内
(4) 電源	内蔵バッテリー
(5) 重さ	1.5kg
(6) 寸法	30cm x 15cm x 10cm
(7) データ記録数	10万回数以上

表3は調査データをExcelファイルに整理したものであり、表4は装置の仕様である。なお、根巻きタイプ等で検査不可能な場所や高い精度が要求される場合は、本文で比較検討した超音波法との併用が望まれる。

今ある危険な防護柵支柱を早急に調べ補修することが「国民の安全・安心な社会」の実現となり、必要不可欠な課題といえる。さらに現在「公共工事における品質確保の促進に関する法律」が施行され、価格と品質で優れた公共工事の調達と適切な審査・評価による品質の確保が求められている。

現在、防護柵の施工についてはビデオ等を使って検査・監督業務を実施しているが、本検査装置を活用して不可視部の出来形確認を行うことでコストの縮減、作業の効率化が図れる事を期待する。



1支柱の調査後、次の支柱へ

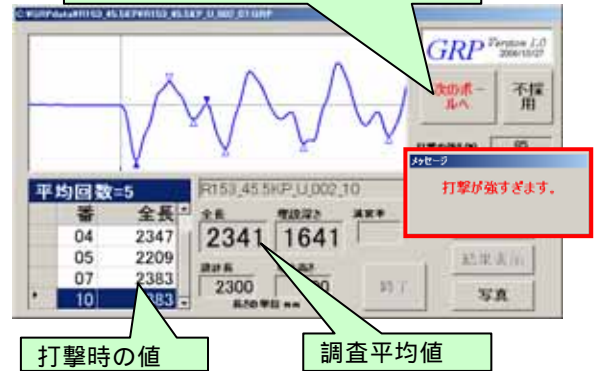


図-7 調査中の画面

表-3 調査結果画面