

新技術開発探訪

防護柵支柱根入れ長さ検査装置の開発

1. 安全と人命を守るため

安全・安心に資する公共施設を構築するためには、工事完成時の確認が困難である不可視部分の適切な管理、検査が不可欠である。

ガードレールなどの防護柵においては、この不可視部分である支柱の土中への根入れ長さが設計どおりに適正に確保されることが重要である。

根入れ長さが短い場合には車両衝突時の安全性確保に重大な懸念が生ずる。



某日、工事現場において防護柵支柱の根入れ長さが連続して不足するものが発見されたことから緊急に、現在設置されている莫大な数の防護柵支柱の根入れ長さを調査する必要性が生じた。

このため当事務所では簡単、迅速に根入れ長さの確認ができる装置の開発に着手した。

2. 開発・検討の概要

(1) 調査手法の比較検討

防護柵支柱の根入れ長さを非破壊調査により検査するに当たっては、対象が金属製のパイプ構造であることを踏まえ、現場での適用性の検討を行った。技術的に適用可能な手法としては電磁波・衝撃弾性波・超音波・電位差が考えられる。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が可能な手法として超音波法および衝撃弾性波法を選出、その操作性等に対する比較を行った。結果として超音波法は

表―1 各種調査手法と適用性比較表

調査手法	調査対象	適用性	可否
超音波法	ロックボルト長	支柱可	○
衝撃弾性波法	アンカーボルト長	支柱可	○
電磁波法	橋脚の巻立て厚等	被厚	×
電位差法	鉄筋配置状況	配筋	×

精度が高く、傷の位置も確認でき、コンクリート根巻きによる設置箇所でも計測できる等利点も多いが、接触媒質を使用するためマーキング作業が必要なうえ波形の読み取りには、専門技術者が必要となる等の煩雑さがあった。一方、衝撃弾性波法は調査時間が短い、軽量、全長を直読可能、必要人数が少ないなど操作は簡単であるが、超音波法より測定精度が劣っていた。

図-1の左が衝撃弾性波法、右が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。

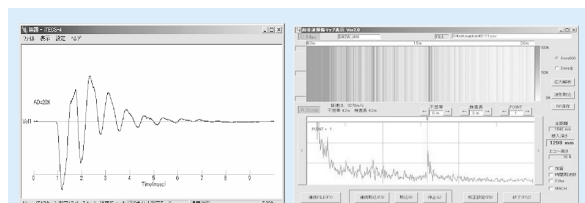


図-1 調査可能2手法表示画面

(2) 採用手法と装置の構成・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が不要、数値の直読が可能、マーキングが不要、接触媒質が不要、拭き取りが不要等といった多くの利点を持つ。調査手法を決めるに当たり、多量の検体を簡単な操作で効率良く測定する必要があることから、今回は衝撃弾性波法を採用。さらなる精度向上・軽量化に向け装置開発に取り組んだ。

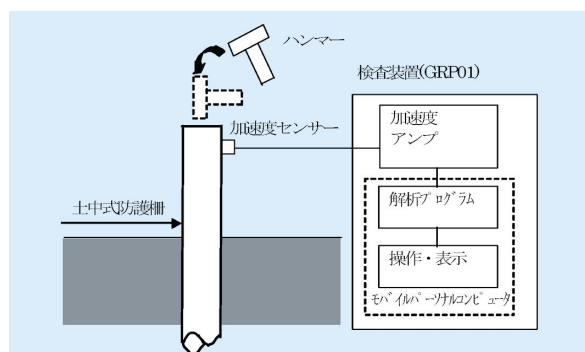


図-2 システム構成図

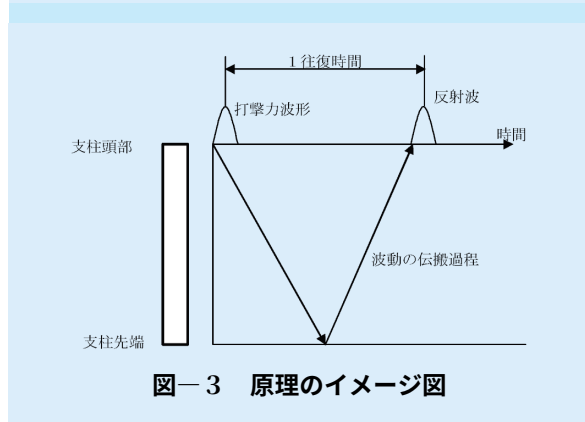


図-3 原理のイメージ図

本装置は、図-2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

きることをめざしたものである。

測定原理は図-3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乗ずることによって支柱の長さを算出するものである。

(3) 現場適用の検証課題

開発に当たり衝撃弾性波法の性能および現場における適用性を検証するため、根入れの長さや地盤の拘束状態等を変化させた実物大の模擬防護柵を設置した。それを使用して、それぞれの防護柵支柱根入れの長さを測定し問題点の整理を行った。

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、円柱標準タイプおよびコンクリート根巻きタイプの2種類で検討した。なお、超音波タイプの装置との並行測定も行い、その比較・検討も行った。

(4) 性能調査と運用体制等の検討

実際の道路に設置されている土中防護柵支柱を対象に、今回開発した検査装置と超音波装置で並行して測定しながら基本的な性能（根入れの長さが不足したものの特定）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. 検討結果および現場の適用性

(1) 性能評価・課題整理・精度向上

① 衝撃弾性波法の性能評価

- 1) 支柱管内に詰まっている土によって弾性波速度が低下し、結果的に長めの測定結果となる。高さ1.0m程度であれば、約20%程度長くなる。
- 2) 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。

- 3) 管の曲がりや傷は調査結果に大きな影響を与えない。
- 4) コンクリート根巻きタイプの場合、弾性波が支柱先端に到達しない可能性がある。この場合、支柱の根入れ長さの調査が困難となる。

② 超音波法の性能評価

今回の実験条件のすべてのケースで測定が可能で、精度についても3%以内で非常に優れていた。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をめざし

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根入れ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、真値より長めの測定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-4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、またはピーク

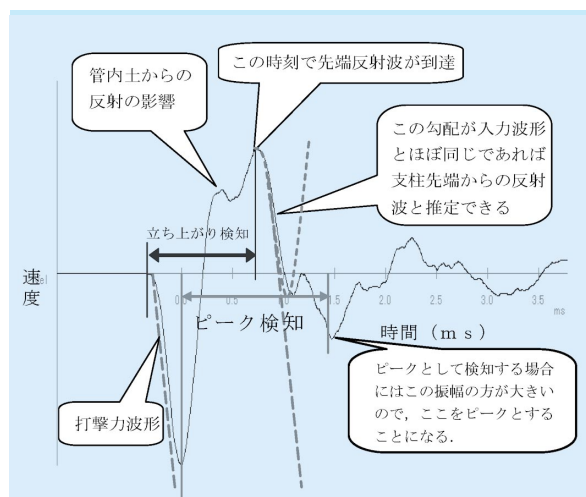


図-4 加速度波形模式図

表-2 ピーク検知と立ち上がり検知

支柱長さ (m)	埋設長 (m)	ピーク検知 (m)	立ち上がり検知(m)	
			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	2.72or3.63	2.37	2.25
2.5	1.8	2.8or3.79	2.63	2.52

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に支柱の長さとのピーク検知、立ち上がり検知による測定の結果を示す。

(2) 現場適用調査・講習会

- ① 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および超音（SH）波・実測値による調査結果を図-5に示す。

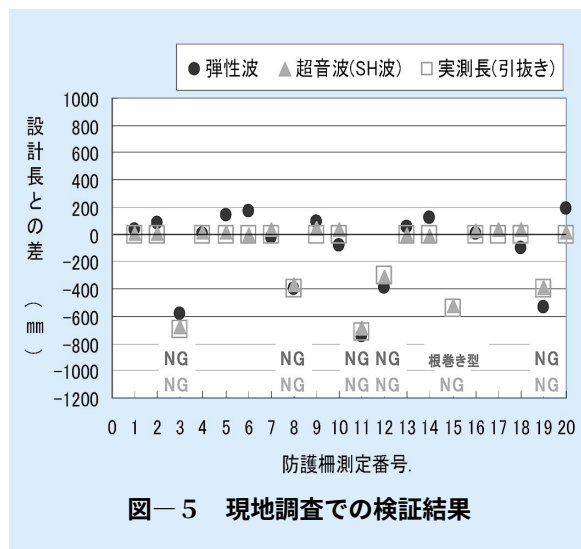


図-5 現地調査での検証結果

図中のNGは設計値より10%以上短い場合を示す。本検査装置で根入れ長さ不足（根巻き以外）と判定された箇所は、測定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。

- ② 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図-6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

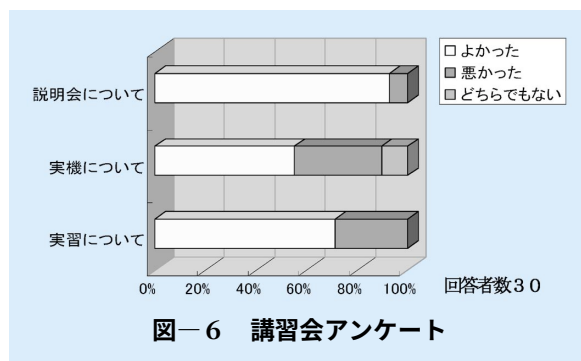


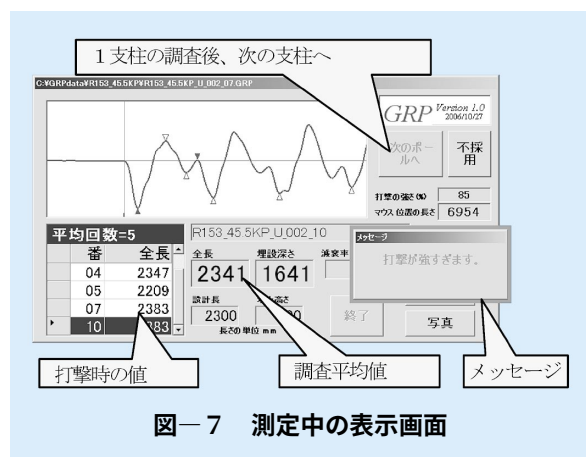
図-6 講習会アンケート

いと回答。その主な意見は「装置の大きさが手頃、操作方法がわかった等」であった、ただし「打撃の強さ程度がわかりづらい、タッチパネルは壊れやすい等」という回答もあった。

その改善策として叩き直しのメッセージ表示(図-7右端参照)、タッチパネルの保護シート貼りをを行っている。

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は測定中の画面である。



一目で埋設深さが確認でき、調査の終了時には「結果表示」を見ることにより調査漏れがないかチェックできる。図-8は調査データをExcelファイルに整理したものである。



表-3は本装置の仕様である。この装置を使用するに当たっては、支柱先端が解放されている土中式のものを対象としている。従って根

巻きタイプ等で測定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。近年「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分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ことを期待する。

また今、現存する「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」の実現へとつながる。このことが必要不可欠な課題であると言えるのではないかと。



中部技術事務所構内にある「技術展示室」にて模型を展示している。支柱の長さを叩くだけで、わかることが体感できるので試していただきたい。

