「高周波衝撃弾性波法」による非破壊調査システムの開発

株式会社　テクノコンサルタント
取締役会長　　伊東　修
関東地区営業所所長　　石川常夫

弊社は、1980 年 3 月有限会社　伊東測量設計として創立しました。その後業容発展と共に 1993 年 3 月総合建設コンサルタントとして株式会社テクノコンサルタントに社名変更し、現在に至っております。

土木建設設計、地質調査、各種構造部の点検診断、地形用地の測量、電磁波レーダー調査、地中レーダー調査、超音波探傷試験、超音波パルス反射法などによる見えないところを診る技術による調査を主とする事業を総合建設コンサルタントとして『地域社会への貢献』をモットーとして推進してまいりました。

最近、大型化している自然災害への危機意識に伴い防災対策から過去の建設した建造物の適正な品質評価が要求されています。そのために既存のコンクリート構造物、鋼構造物、転石、浮石、岩盤等を破壊や掘削などの表面から直接観察することができない部分を特別の処理することなく、調査することが必要です。これらの要求に応えるために弾性波の高周波成分の伝搬特性、選択特性を利用して調査対象物の表面から、また、介在構造物の表面から地中部分の深さや大きさ等計上、寸法、内部の亀裂の位置や幅、先端位置などを簡便に把握できる非破壊調査システム（オーリス）です。

また建造物の杭や基礎工事は施工業者の提供する材料表やデータでしか確認できませんでした。工事終了時にこのシステムで調査することにより設計通りに施工されているかかが第三者の目で確認できます。非破壊調査で安心安全の暮らしを提供できるようになります。弊社の使命である地球環境を十分にみつめ、安心安全な社会へ貢献したい。

1　技術概要

非破壊調査システム（高周波衝撃弾性波法）とは、構造物や転石、岩盤などを物理的破壊や掘削調査することなく衝撃弾性波法で高感度センサーと鋼製ハンマーを用いて波形を解析します。発信側に衝撃弾性波法により打撃を用い、受信側に高周波数域の共振周波数を持つ圧電センサー（AE センサー）持ち入り。このシステムにより高い指向性と明確な振幅の反射波系を得ることができる。これによりフーチング又は橋台、橋脚の天端に測点を設置し、その下の基礎杭の亀裂などの損傷位置や先端部位置を得られた反射波の伝播時間及び弾性波速度か

ら検知が可能になった。

この技術はコンクリート構造物や基礎杭などに発生したひび割れ、（0.3mm 以上）損傷の有無や先端位置の確認（コンクリート構造物 70.0M 鋼構造物 160.0M）の実績や矢板の深度、損傷、岩盤転石の亀裂や根入れの調査を行うために開発された先端技術証明を受けた非破壊調査システムです。

最近ではPCオシロスコープの採用によりグランドアンカーの健全性やコンクリートを伝播する弾性波速度を計測することによって健全性を評価する手法の1つとして適用を広げています。構造物の維持管理のための点検、診断技術として調査実績が増えています。

2　技術の特徴

（1）理論的背景

構造物に衝撃を与えると応力が波動の形（応力は）で構造物内部に伝わり、構造物の端部、断面変更部、材質の変更部等剛性の変化部で反射波が発生する。しかし、実際に構造部に亀裂などの不連続面があると不連続面で波の周波数の大きさと不連続面の動的剛性及び幅の組み合わせによって波の伝搬特性が変化し、不連続面の幅の大きさによって、通過、反射する波が周波数で選択される。これを周波数選択特性、亀裂幅が数ミリ程度のような損傷の探査には高い周波数による検知が必要であり、IT で扱うような低い周波数 Vp2-4KHz では亀裂部を通過し検知できない。本システムは反射波の中から亀裂幅に応じた特定の周波数範囲を選択して反射成分を抽出する高周波領域の応力における強い指向性と表面波の著しい減衰特性を利用して形状寸法を検知する。

（2）技術的特徴

①高い調査精度

基礎杭や構造物の形状寸法、微細な内部亀裂を対象物の表面から推定長さに対して±５％の調査誤差の高い精度で調査できる。

②フーチング直下の基礎杭調査

フーチングや地中梁などが介在するする基礎杭の微細な亀裂位置や杭長を調査する。

③多様な調査対象物

コンクリート構造物、鋼構造物、木杭、転石、岩盤、グランドアンカー等の調査ができる。

（3）取得した認証及び登録

①財団法人先端建設技術センターによる技術審査証明　1997 年取得

②財団法人国土開発技術研究センターの建設技術開発奨励賞（現国土技術開発賞）受賞

2000 年

③NETIS 登録*

高度交通省により運営されている新技術情報提供システムで民間企業により開発された新技術に関する情報を共有、提供するためのデータベースに登録

＊NETIS とは

公共事業が抱えている様々な問題点を解決すると共に、優れた技術を持

つ企業をサポートし、更なる新技術開発を促進するために国土交通省が取り組んでいる「公共工事等における技術活用システム」が 1998 年より整備された。適用区分ごとに分けられた新技術に係る情報を全国の地方整備局や工事事務所で共有し、優れた技術に関しては、各公団や地方自治体の公共事業全般に利用される。2001 年よりインターネット上で一般に公開されており、法人個人を問わず誰でも自由に閲覧する事ができる。

3　本システムの調査対象

（1）効果を発揮する調査対象

＊フーチングなど既存の構造物が介在する場合でも調査が可能

＊調査深度 1.0M から調査可能です。コンクリート構造物では 70.0M 鋼管、矢板では 160.0M の実績があり、深度、損傷、先端位置の調が査可能

＊形状寸法、支障物調査

＊地中部分あるいは水中部分の見えない構造物の形状、寸法も調査が可能

例えばシールド工事等で支障となる残置鋼矢板や、基体杭などの位置や長さの調査や健全度、損傷調査

＊構造物の定期的な保守点検で健全度を調査

＊地震などで被害を受けた構造物・特定内部の亀裂などを調査

＊リニュアル支援

＊土木あるいは建築の既存構造物の寸法形状調査と損傷度調査

＊図面の紛失などで寸法や基礎位置や不明な地下部分等　探査、調査

＊転石、転石、浮石の地中部分の寸法形状、割れ目を調査

＊岩盤斜面など岩盤内部亀裂深さ等の状況を調査

＊コンクリート構造物、場所打ち杭、PHC 杭、RC 杭、PC 杭、ケーソン、ダム堤体等の損傷が先端部確認調査

＊鋼構造物、護岸鋼矢板、H 型鋼、鋼管杭等の損傷、深度、先端部確認調査

＊グランドアンカーPC 鋼棒、PC 銅線の損傷・深度等調査

（2）本システムに不適切な調査対象

現在のシステムでは、次のような調査条件では調査が難しい。当社として近い将来これらの調査も可能にするよう研究中である。

＊深度が１ｍ以下の調査

＊調査面が水位下（水中）の調査

＊構造物が連続していない場合

＊調査面が土や舗装などで覆われている場合

＊強い磁場が発生している場合

＊調査面が湿潤状態の場合

（3）調査の目的

現在主な調査依頼として次のような項目がある。現在調査システムが確立していないが本システムを活かした事例として次のようなことが挙げられる。

・図面のない構造物の寸法調査（橋梁台帳整備）

・既存杭の利用のための健全性調査

・地震被害を受けた構造物の健全性

・耐震設計に伴う構造物の形状寸法調査

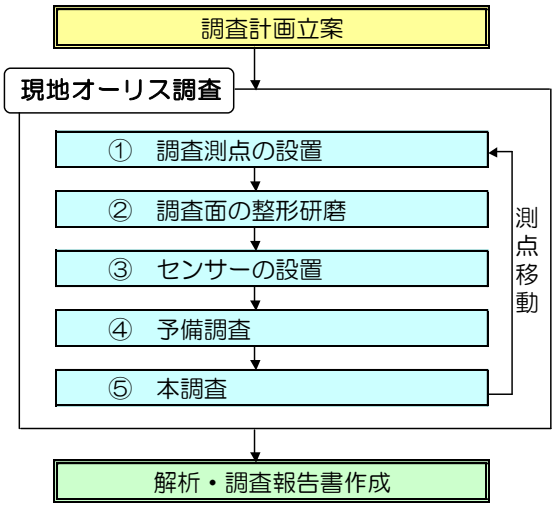
・落石防護設計のための転石（岩盤）調査
・経年変化によるアンカーの健全性調査
・治水事業による河川護岸の矢板調査
・災害防止対策のための砂防ダムの健全性調査
・推進・シールド路線上の残置鋼矢板調査

４　非破壊調査システムのフロー

非破壊調査システムのフローは次のようになる。

（１）調査計画立案
（２）非破壊調査
　①　調査測点の設置
　②　調査面の整形研磨
　③　センサーの設置
　④　予備調査
　⑤　本調査
（３）解析・調査報告書作成

調査システムのフロー図



５　調査事例

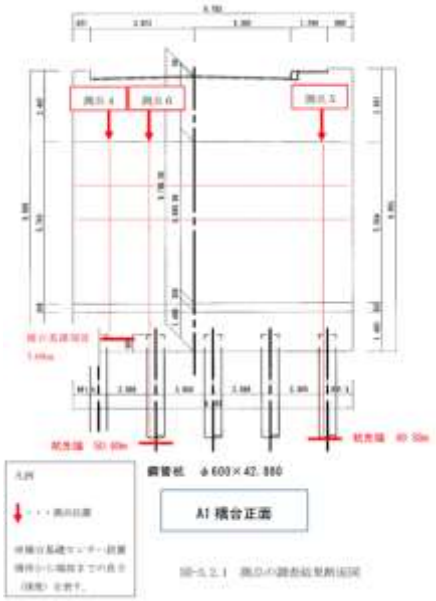
（１）橋梁基礎杭調査（大分県）

橋梁補修設計を目的とする橋台沓座からの基礎杭の形状・寸法調査

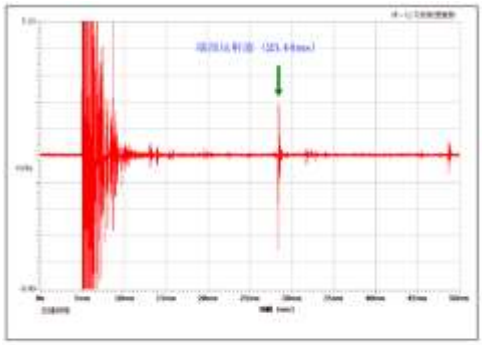
対象構造物

本システムによる調査状況

調査した橋梁の断面図



測点の調査で得た波形



調査結果

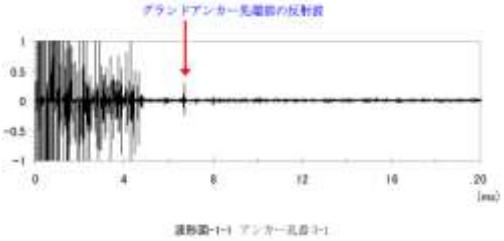
長沓座天端から約 50 メートルの鋼管杭を確認できた。

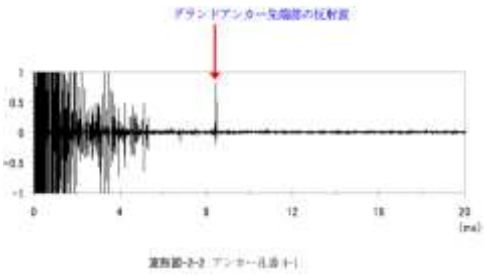
（２）道路法面強度のためのグラウンドアンカー（PC 鋼より線）（大分県）

グラウンドアンカーの深度及び損傷度調査以前に施工されたアンカーの深度の測定及び損傷度の有無の調査

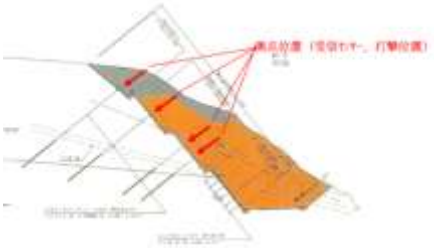
調査対象物

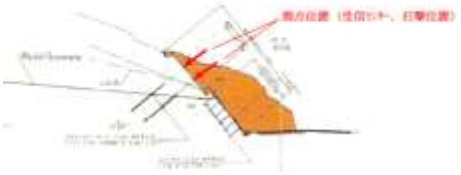
調査波形図





アンカーの横断図





調査結果

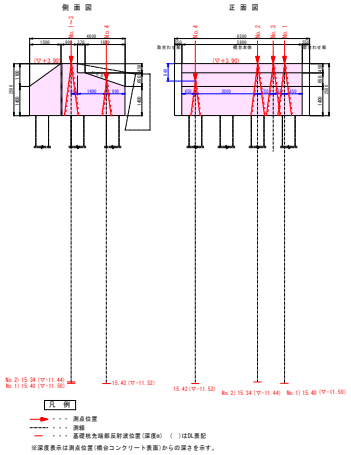
アンカー長約 13～21 メートルで健全性が確保されていることを確認できた。

（３）可動橋の鋼管杭の配置及び杭長調査

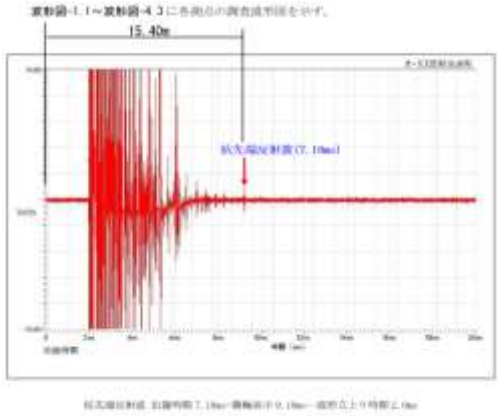
回収設計施工された可動橋の橋台天端コンクリート上面からの鋼管杭の配置及び杭長の調査（大分県）

調査対象物

可動橋横断図



調査波形図



調査結果

杭配置 W1.50、L1.70

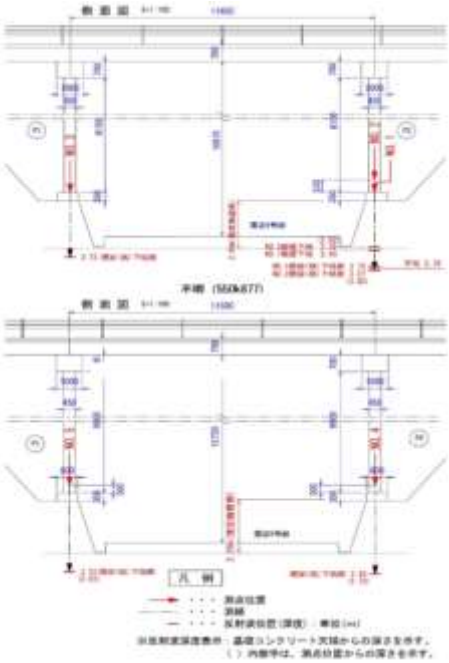
天端から約 15.50 メートルの鋼管杭長を確認できた。

（４）パイルベント橋脚側面から鋼管基礎杭の調査（愛媛県）

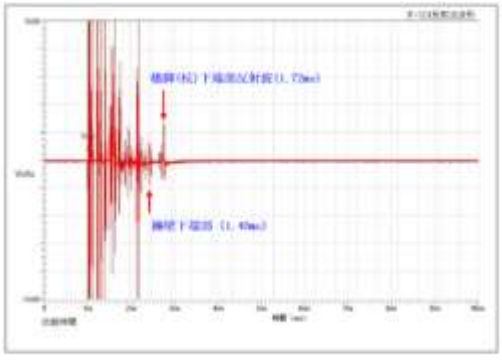
補修設計後の農道橋のパイルベント橋脚側面から鋼管基礎杭の形状および寸法調査

調査対象物

横断図



調査で得た波形図



調査結果

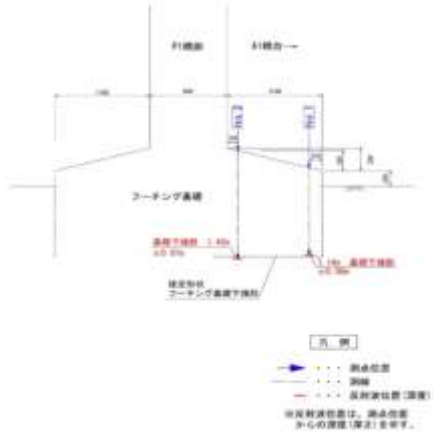
基礎天端から約 2.7～3.4 メートルの鋼管杭長を確認できた。

（５）橋脚の形状・寸法調査

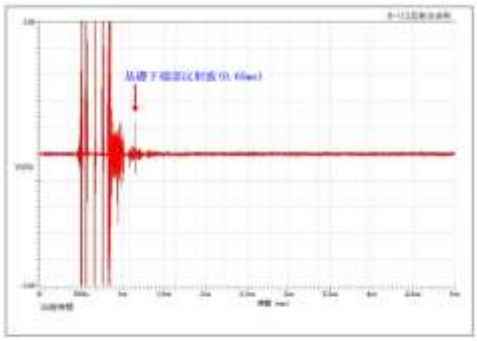
補修設計施工されたフーチングのある橋脚の形状および寸法の調査（島根県）

調査状況及び構造物

横断図



調査波形図



調査結果

フーチング上面から 1.1 から 1.4 メートルのフーチング基礎が確認できた。

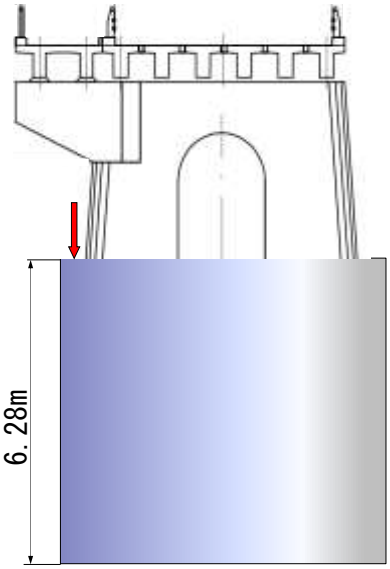
（６）橋脚ケーソン深度調査

橋梁の耐震補強設計に当たり不明な基礎深度調査（山口県）

調査状況及び構造物

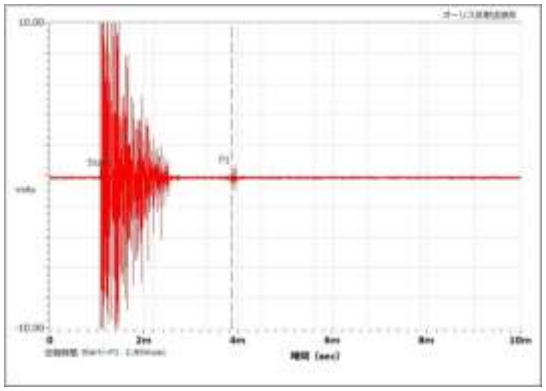
調査状況

調査対象物の横断図

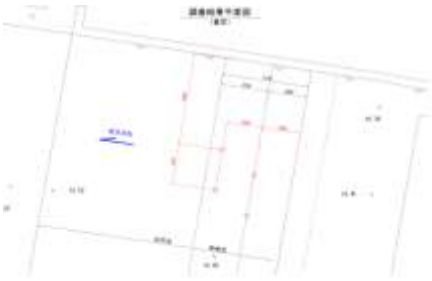


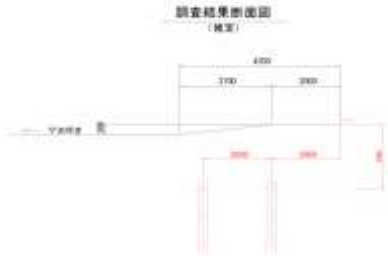
調査対象外観図

調査形図



調査結果断面図





調査結果

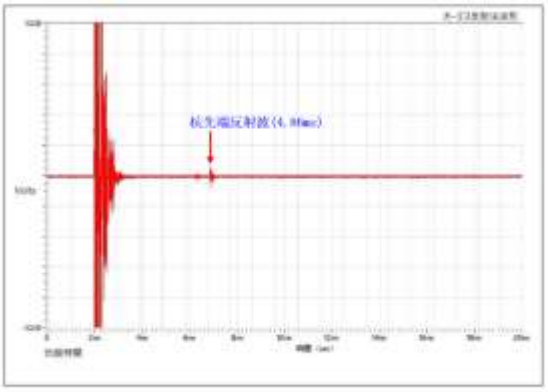
　ケーソン基礎深度約 6.3 メートルを確認できた。

（7）取水堰本体基礎杭の調査

　取水堰を改修設計するための本体工天端コンクリート上面から基礎杭の配置及び杭長の調査（福岡県）

調査状況

調査波形図



波形図-1.1　測点 No.1

調査結果

　鋼管杭長天端から約 6.7～10ｍに杭配置 W2.5m、L2.0ｍを確認できた。

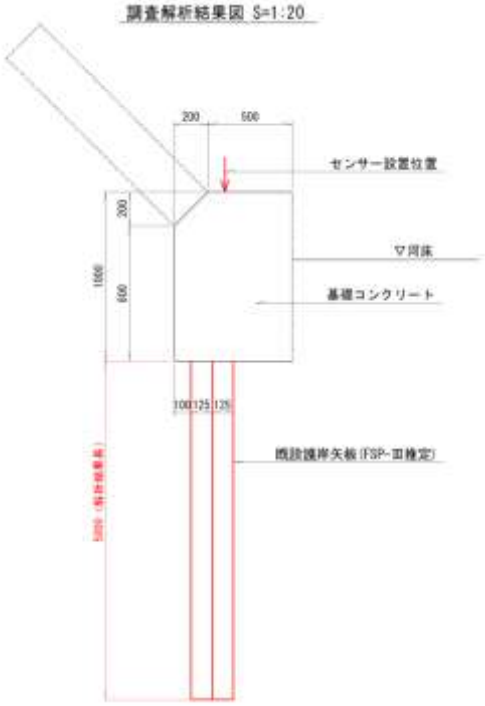
（８）矢板護岸根入れ長の調査

　橋脚補強工事のための矢板護岸笠コンクリートの天端から鋼矢板の根入れ長の調査

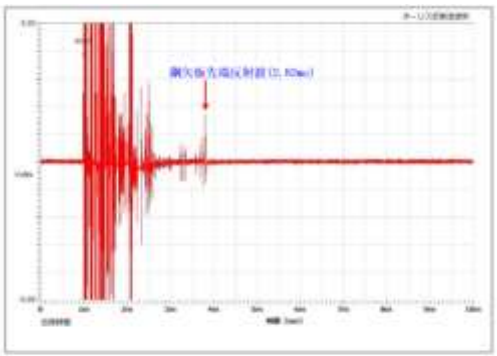
（大分県）

調査対象構造物及び調査状況

調査解析結果図



調査波形図



波形図-2.1　測点 No.2

調査結果

笠コンクリート天端から約 5.0 メートルに矢板根入れ長を確認できた。

（９）護岸擁壁の調査

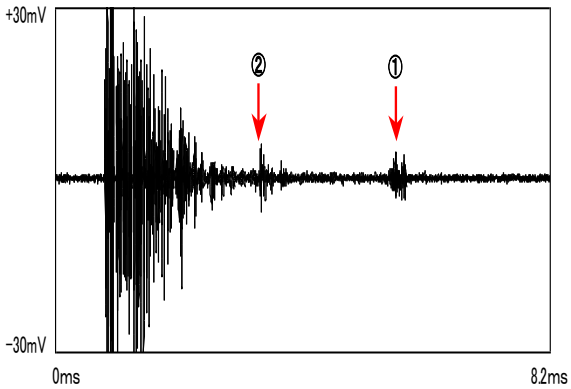
中越地震により被害を受けた護岸擁壁の健全性調査

（その後、調査結果を目視にて確認）

（新潟県）

調査構造物

調査波形図



調査結果

健全性を 3 段階で評価

半年後、対策工に伴い目視確認を実施。

調査結果で得た結果と同等位置にひび割れを確認した。

目視結果

（10）巨石の根入れ調査

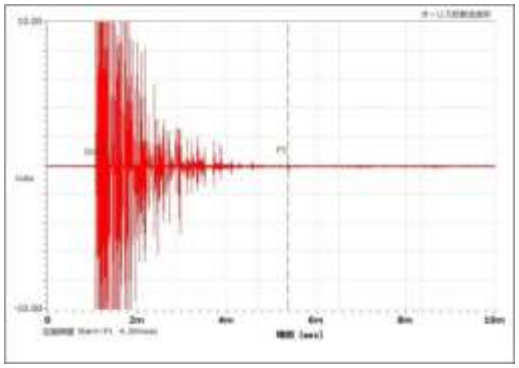
防護検討のための転石の形状および根入れの調査（佐賀県）

巨石（転石）の防護検討に伴う地中部の形状、根入れ長及び亀裂調査

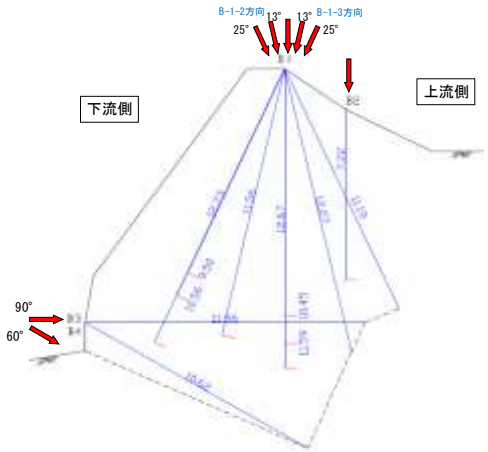
調査対象の転石

調査状況

調査波形図



調査結果による転石の形状および根入れ



調査結果

5 断面による形状、根入れ及び亀裂位置

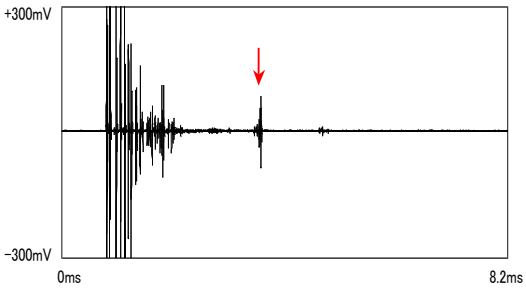
根入れ長約 6～15 メートルを確認できた。

（11）砂防ダム形状寸法調査

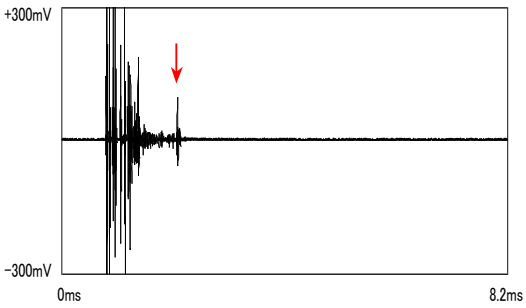
既存の砂防ダムの堤高の調査（山口県）

対象構造物

調査波形図 1



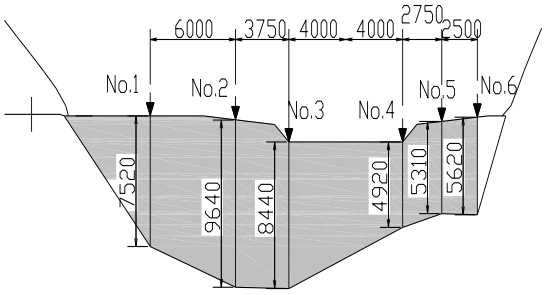
調査波形図 2



調査結果

今回の調査により砂防ダムの正面図を作成できた。

調査結果による正面図



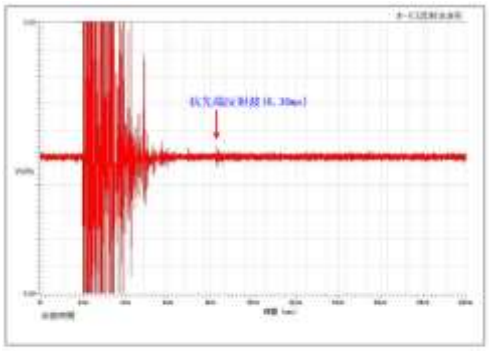
（12）クレーン基礎杭調査

設置された横浜港荷揚げクレーンの根入れ及び基礎杭長の調査（神奈川県）

調査対象構造物外観

調査状況

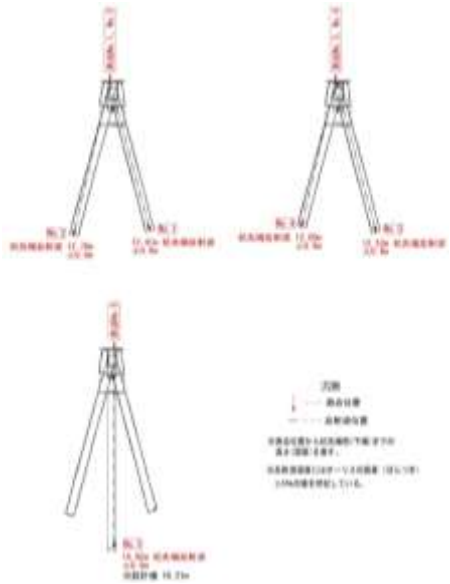
調査波形図



調査結果

今回の調査で鋼管杭長が基礎天端から約 12.0～12.7 メートルにあることを確認できた。

調査結果図



おわりに

以上「高周波衝撃弾性波法」による非破壊調査システムでの 11 の事例を紹介しました。

長寿命化に耐える建物・構造物をつくるためには土台の強固さが求めら

れます。当社の非破壊調査システムは見えないところを見る技術である。

建設時期が古く図面の存在しない構造物の寸法調査や健全性調査、地震被害を受けた構造物の健全性調査、落成防護のための転石や岩盤の調査、災害防止対策のための砂防ダムの健全性調査など応用範囲の拡大の要求は益々高くなると思われます。

それと共に大型化する自然災害の増加や構造物の劣化に伴う安全性の評価やその精度の向上など解決すべき課題も複雑化し多様化する傾向にあります。このような建造物の長寿命化及び安全安心な暮らしを支えるための社会ニーズに応えて研究開発を進めたいと考えております。

問い合わせ先
株式会社　テクノコンサルタント
代表者　代表取締役　甲斐　猛
住所　　〒870-0108　大分県大分市三佐一丁目 5 番 14 号
TEL：097-527-5111
FAX：097-527-3911
Mail：tcn-consul@kaw.bbiq.jp

石川常夫（いしかわ　つねお）

1940 年生まれ。古河電池株式会社生産管理部を経て、1960 年株式会社サンゴに入社。新製品開発部においてスチールファイバー使用のトンネル補強材や建築用床材の開発に従事。1993 年取締役に就任。その後神奈川県の委託を受け、東京大学指導の基に日本鋼管、清水建設と共同開発で使用済みペットボトル再利用した短繊維を使用した錆びないコンクリート補強材の開発に成功。顧問を経て 2017 年より現職。

ホームページ読者からのメール

「あるべき姿の海外調達」記事を読んで

会社名不明　Ｔさんから（2016 年 4 月）

掲載記事を、興味深く読ませて頂きました。3 月 28 日の記事にある海外調達と国内調達との違いで２項の品質から７項の為替変動までは、海外取引先への指導で改善できたり、買う側の認識変更やリスクマネジメントで対応ができる事項だと思います。しかしながら１項の系列取引や最後の文化や習慣の相違は、ご指摘のように、日本が特殊なので容易には対応できないものですね。歴史や長い年月の取引習慣という慣性があるため解決にはやはり相当の時間がかかるのではないでしょうか。下請け取引のような取引関係のなかで、売手は「公式な約束はないけど、買手から注文が入るのは当たり前」と考え、買手は「発注先にたいする多少の無理は通るもの」というようなグローバルに見たら不健全な相互依存は、時期はわかりませんが、最終的にはなくなってゆくのではないでしょうか。もう、30 年近く前の話ですが、ＮＩＣＳという言葉がはやっていたころ、ある大手の役職者がアジア海外取引先の対応を、日本の下請け企業と違って「気の利かない連中だ」のようなコメントをしていました。

いまでもこのような発言をする人は、どこかにいるのでしょうか。