

# 衝撃弾性波によるロックアンカの非破壊試験

衝撃弾性波理論に基づくロックアンカの健全性評価

## Nondestructive Test of Rock Anchors based on the Impact Elastic Wave Method

Integrity Evaluation of Rock Anchors based on the Impact Elastic Wave Method

(土木建築部 水力G)

地下発電所などの大規模な地下空洞の周辺にはロックアンカが設置され、空洞安定に寄与している。ロックアンカの健全性は一般的に引抜試験の結果により評価されているが、費用が高額で手間がかかる。この解消を狙い、室内試験と高周波衝撃弾性波理論に基づく現地での非破壊試験の結果を用いた健全性評価手法の確立に取り組み、実用化の目途がついた。

(Hydro Power Group, Civil and Architectural Engineering Department)

Rock anchors are placed around large underground spaces of underground power stations, etc., and they contribute to the stability of these spaces. Integrity evaluations of rock anchors are generally performed based on pull-out tests, which, unfortunately, cost time and money. In order to solve this problem, we have developed an integrity evaluation method using the results of indoor tests and nondestructive on-site tests based on the high-frequency impact elastic wave method, and the prospect of practical application is now in sight.

### 1 はじめに

法面や地下空洞の安定性を高めるために設置されるロックアンカは、地下水の侵入による発錆や応力腐食を原因とした断面欠損による破断、また鋼材のリラクゼーション(注)による導入力の低下など、経年とともに健全性の低下が懸念される。一般的にこれらの調査には引き抜き試験が用いられるが、仮設を含めた試験設備が大規模になり、費用も高額となることから、簡易な非破壊試験による健全性評価手法の確立が望まれている。

一方、既設コンクリート杭の健全性は高周波衝撃弾性理論に基づいて調査および評価が行われている。この手法のロックアンカ健全性評価への適用を着想し、実際の地下発電所に施工されたロックアンカを対象に現地試験を行った。その結果と室内試験より得た試験データを合わせて用い解析・評価を行った。その結果、評価手法の確立と実用化に向けた展望が大きく開けた。

(注)：応力緩和、ひずみ一定条件下で応力が時間と共に減少する現象

### 2 技術概要

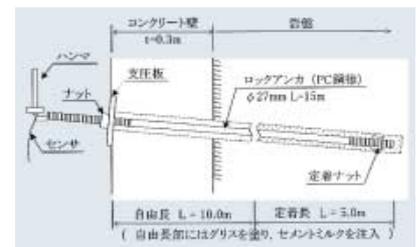
高周波衝撃弾性波法とは、主にコンクリート構造物を対象として先端位置(深度)や内部亀裂を探知する非破壊探査法<sup>(1)</sup>である。受振センサを設置した調査対象物をハンマで打撃して衝撃弾性波を発生させ、その波形や伝搬速度を計測する。波形の計測は、高周波帯域の共振周波数特性を持つセンサで行い、フィルター機能により最も卓越して反射する特定の周波数範囲<sup>(2)</sup>を選択し受信する。高周波の高い指向性と構造物表面での高い減衰特性を利用して、構造物端部や亀裂からの反射波を正確に計測できる。

### 3 調査概要

調査を行った地下発電所は高さ21.3m、幅22.4m、長さ60.7mの蒲鉾状空洞である。調査を行ったロックアンカはPC鋼棒(直径 27mm) PC鋼より線(直径17.8mm 19本より)である。高周波衝撃弾性波法を用いてロックアンカの長さの確認と断面欠損および破断の有無を調査した。一方、評価に必要な基礎データとして、既存のロックアンカと同様の材料を用いた室内試験により、緊張力、拘束状態を変化させて鋼材の弾性波伝播速度を求めた。

### 4 現地調査の実施

PC鋼棒の余長頭部およびPC鋼より線の定着具の錆びを除去した後にセンサをパテ材で取付け、その近傍をハンマで打撃し、弾性波を発生させてその反射波を計測した。写真-1に現地調査の状況を、第1図にPC鋼棒の調査模式図を示す。



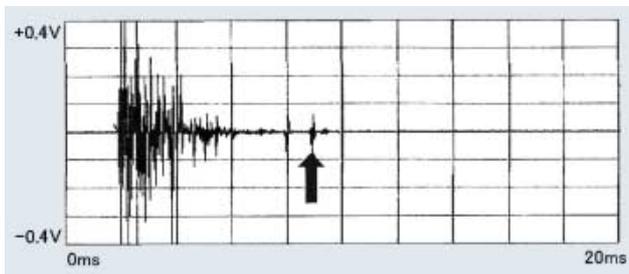
第1図 PC鋼棒での調査模式図



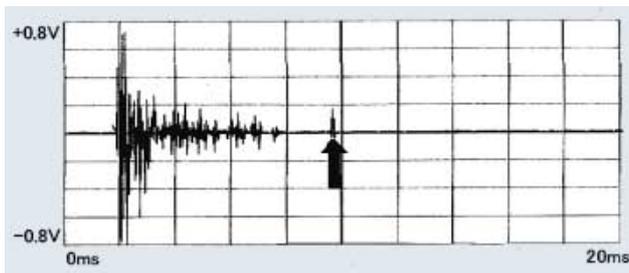
写真-1 地下発電所の壁面での作業状況

## 5 現地調査の結果

第2図にPC鋼棒の、第3図にPC鋼より線の調査波形図を例示する。波形図中央の矢印位置には非常に明瞭な再現性のある反射波を検知することができた。この反射波は試験体の先端、もしくは断面が1/2以上欠損した面で反射した弾性波が計測されたもので、試験体の全長L、反射波出現までの伝搬時間 t、弾性波速度Vpの間には次式の様な関係が成り立つ。L=Vp × t/2(式-1)。第2図(PC鋼棒)での反射波の伝播時間は t=6.998ms、第3図(PC鋼より線)は t=7.721msとなる。1試験体に対してハンマ打撃を数回行い、その反射波計図から再現性の高い反射波の伝播時間3つを平均して評価に用いた。



第2図 反射波形図(PC鋼棒)



第3図 反射波形図(PC鋼より線)

## 6 解析・評価

解析・評価は第4図に示す解析評価フローに従い実施した。評価に用いた弾性波速度は、緊張力、拘束状態(グラウト注入状態)を変化させて行った室内試験結果を基に第1表のように設定した。このフローにおける1~4次評価で、健全と評価されなかった試験体については、設計長の途中で破断もしくは1/2以上の断面欠損があると判断し、不健全と評価した。さらに、健全と評価したロックアンカについても、緊張力の低下、注入材の充填不足の可能性を評価した。

解析・評価の結果、第2図に例示したPC鋼棒は全長が15.45mで設計長の15.0mに対して+3.0%、第3図に例示したPC鋼より線は全長が15.27mで設計長の15.0mに対して+1.8%であり、いずれのロックアンカも健全であると評価した。なお、解析評価したロックアンカの一部を対象に現地で引き抜き試験を実施し、その妥当性を確認している。

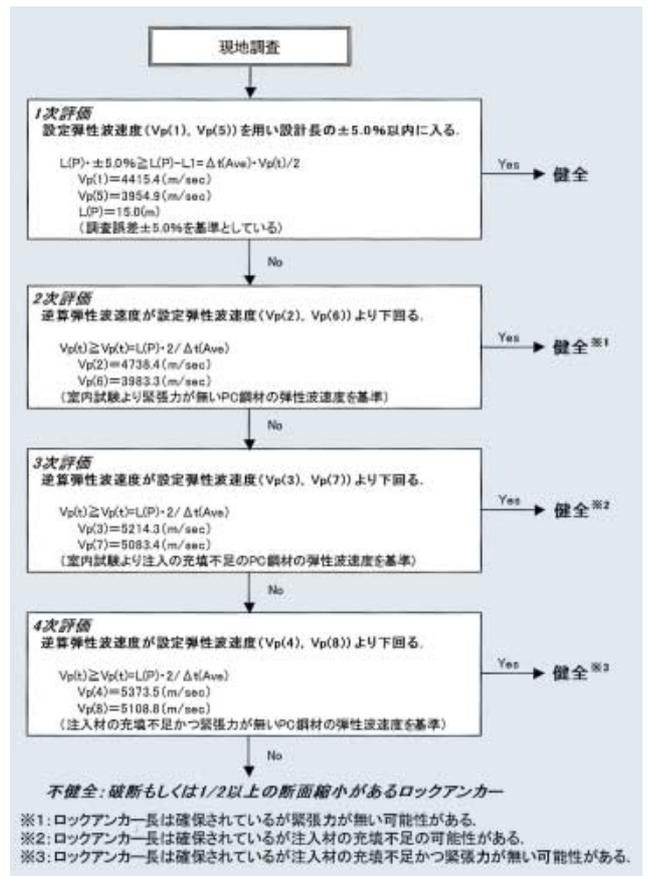
## 7 まとめ

今回の試行により高周波衝撃弾性波法によるロックアンカの健全性調査手法の適用可能性と実用性を検証できた。

今後さらにデータの蓄積を重ね本手法の有効性や汎用性を検証するとともに、非破壊試験によるロックアンカの健全性評価手法の確立を目指す。

第1表 設定弾性波速度一覧

種別	充填注入状態	設計緊張力	設定弾性波速度
PC鋼棒	注入材充填	294(kN)	Vp(1):4415.4(m/sec)
		α(kN)	Vp(2):4738.4(m/sec)
	注入材充填不足	294(kN)	Vp(3):5214.3(m/sec)
		α(kN)	Vp(4):5373.5(m/sec)
PC鋼より線	注入材充填	147(kN)	Vp(5):3954.9(m/sec)
		α(kN)	Vp(6):3983.3(m/sec)
	注入材充填不足	147(kN)	Vp(7):5083.4(m/sec)
		α(kN)	Vp(8):5108.8(m/sec)



第4図 健全性評価フロー

### 【参考文献】

- (財)先端建設技術センターオーリス(非破壊探査システム)先端建設技術審査証明報告書平成9年3月17日。
- 特許庁:特許第2877759号、青木あすなる建設(株)杭または構造物の動的診断方法、平成11年1月22日取得。



執筆者 / 上原史洋  
Uehara.Fumihiko@chuden.co.jp