

接着系あと施工アンカー劣化状況の検査方法に関する確認実験

首都高技術株式会社
首都高速道路株式会社
株式会社国際建設技術研究所
株式会社国際建設技術研究所

正会員
正会員
正会員
正会員

○布施 光弘
伊藤 稔
小椋 紀彦
西 弘

1. はじめに

コンクリート塊の落下事故が社会問題となり主要構造部材の維持管理の重要性が注目された．一方，落下現象に対するリスクを保有する構造は主要構造部材だけではなく，接着系あと施工アンカー（以下，アンカーと称す．）などの非構造部材にも同様にリスクが保有されている¹⁾．首都高速道路では一部のトンネルにおいて天井板を支えているアンカーに「接着系あと施工アンカー」が使用されている．通常行われている点検方法は，接近目視や触診・打音検査によるものであり，これらの方法では，アンカー接着部の劣化状況を，数値的指標等にて判断することは極めて難しく，客観的な判定が可能な検査方法の確立が急務である．筆者らは，アンカーの劣化状況を非破壊にて検査可能であることを確認するために，実物を模擬した試験体を製作し実験を行った．

2. 実験概要

2.1 試験体の概要

試験体は，アンカーにより支えられた天井板を有するトンネルの構造を参考に，天井板の吊り材と覆工との固定部分をモデル化した鉄筋コンクリート版を製作し，吊り金具とアンカーについては実物のものを使用した．アンカーの種類は，吊金具のうち最も使用頻度が高い「セメント系アンカー」を対象とし，アンカー接着部の劣化程度は定着長の調整より再現した．試験体の概要を図-1 に示す．

2.2 試験方法

測定方法は，対象箇所が局所的であることから，作業性や実用性に優れた，弾性波法の一種である「衝撃弾性波法」を用いることとした．現地での測定は，衝撃弾性波法にて原波形データを収録する．収録したデータは，高速フーリエ変換を行って周波数特性を確認し，机上にて着目する周波数帯や卓越周波数を分析した．これら得られたデータから，有効な計測手法やセンサ等を選定し，ウェーブレット変換を行って時間領域にも着目した評価を行った．

2.3 衝撃弾性波法と使用機器

衝撃弾性波法とは，ハンマーなどにより測定対象物表面を打撃して弾性波を発生させ，これを受振子で測定する手法である．物理的な打撃によるために，一般には 20kHz 以下の超音波域よりも低い周波数成分の多い波を使用することになる．受振子で捉えた反射エコーや波の周波数，位相などを分析することにより，部材厚さ，内部欠陥，空洞の有無などを距離等で測定する方法である．使用機器を表-1 に示す．

表-1 使用機器一覧表

機器名	仕 様
波形収録装置	マルチハイコーダ
センサ	加速度センサ，AEセンサ，マイクロフォンの3種類
インパクト	スプリングロッド付き鋼球を3種類
	・ 鋼球径：19.7mm，接触時間84.7μs，上限周波数14.8kHz
	・ 鋼球径： 9.6mm，接触時間41.3μs，上限周波数30.3kHz
	・ 鋼球径： 4.7mm，接触時間20.2μs，上限周波数61.9kHz

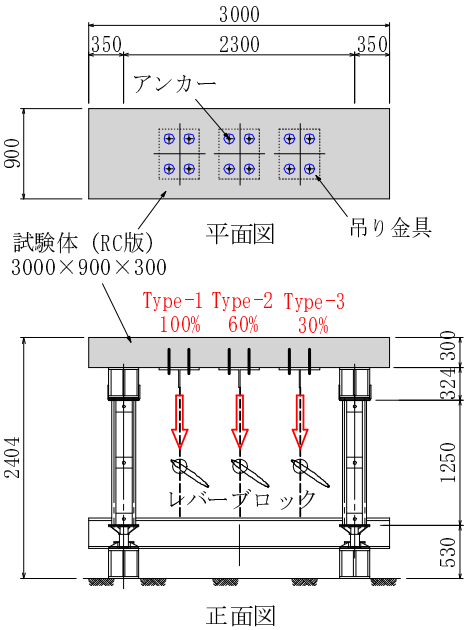


図-1 試験体概要図

キーワード 接着系あと施工アンカー，衝撃弾性波法，高速フーリエ変換，ウェーブレット変換
連絡先 〒104-0041 東京都中央区新富 1-1-3 首都高技術(株) 構造管理部 管理第二課 TEL 03-3552-6831

2.4 検討項目

検討項目及び検討の目的、種類を表-2 に示す。アンカー接着部の劣化状況は接着剤の充填量にて再現し、100～30%の3種類を検討項目とした。測定方法に着目した条件では、インパクト（鋼球）の大きさ、吊り金具に作用する張力の有無、使用するセンサ3種類の適応性、インパクトの打撃位置とセンサ位置とした。

3. 実験結果と考察

高速フーリエ変換及びウェーブレット変換による解析結果では、以下に示す傾向が得られた。

- (1) 接着剤の充填量の違いによって卓越周波数付近の広がり範囲に差が生じることが示された。
- (2) インパクトは大きい鋼球径のものより小さい鋼球径の方が明確な波形が検出された。
- (3) インパクトの小さい鋼球径（4.7mm）の打撃による測定では、AE センサ及び加速度センサにおいて、接着剤の充填度が100%以外では、40kHz 付近の卓越周波数の振動時間が長い傾向を示している（表-3）。
- (4) AE センサまたは加速度センサでは、接着剤の充填状況に応じて、最大振幅値に達するまでの時間や最大振幅値以降の振幅の減衰傾向に差が認められている。
- (5) 加速度センサと AE センサの結果では、打撃方法により大きな違いは認められないことから、加速度センサと AE センサとも適用可能であると考えられる。
- (6) マイクロフォンでは、スペクトルが異なる傾向を示しており、他のセンサとの比較が困難である結果となっている。
- (7) 以上の結果から、アンカー接着剤の劣化程度の検査方法として、今回行った「衝撃弾性波法」は、適用可能であると考えられる。

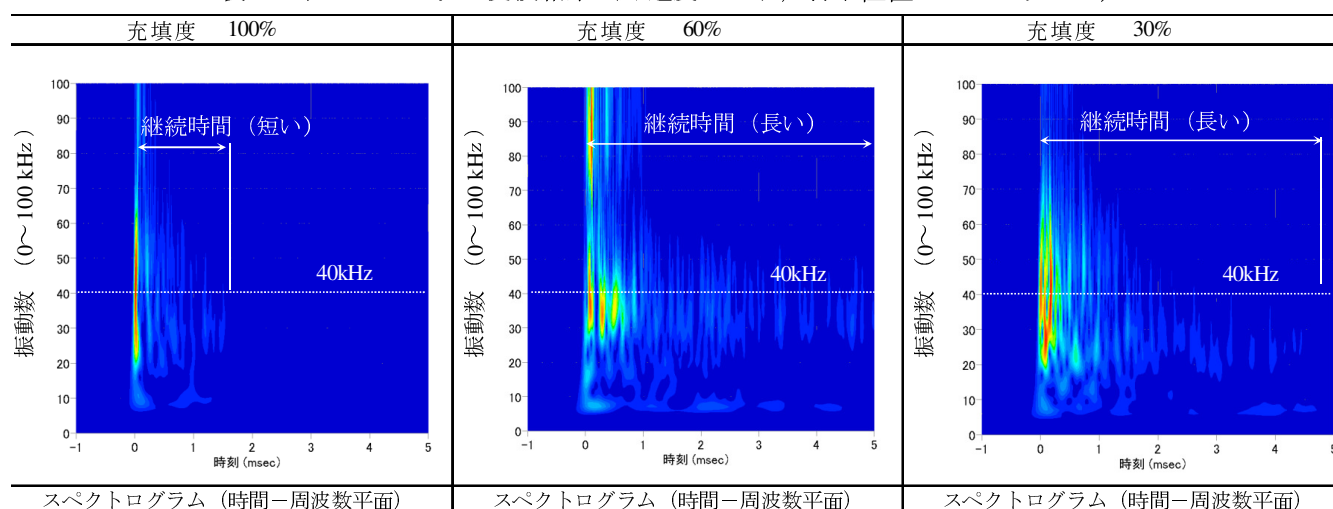
4. おわりに

今回の実験より、充填量の違いによって卓越周波数付近の広がり範囲に違いが認められることから、今後、卓越周波数の減衰に着目した分析と、実験の結果を踏まえ、現地での確認測定を行う予定である。

表-2 検討項目

検討項目	目的	種類
アンカー接着部の劣化状況	充填量100%, 60%, 30%の条件で波形および周波数にどのような傾向が認められるかを検証する。	Type-1: 充填量100%
		Type-2: 充填量 60%
		Type-3: 充填量 30%
インパクト	径の異なる鋼球を3種類使用し、適用可能な大きさを検討する。	鋼球径: 11mm
		鋼球径: 6.4mm
		鋼球径: 3.2mm
張 力	吊り金具に作用する張力の有無による影響を検証する。	吊り金具無し
		吊り金具取付（張力無し）
		吊り金具取付（張力有り）
センサ	加速度センサ、AEセンサ、マイクrofオンの適応性を検証する。	加速度センサ
		AEセンサ
		マイクrofオン
打撃位置とセンサ位置	打撃位置とセンサの設置位置による影響を検証する。	コンクリートを打撃し、アンカーにセンサを設置
		アンカーを打撃し、コンクリートにセンサを設置

表-3 ウェーブレット変換結果（加速度センサ、打撃位置：コンクリート）



参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ：中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故関連情報，
http://www.mlit.go.jp/road/road_tk1_000033.html