

# 衝撃振動試験の現状と今後の展開

全日本コンサルタント株式会社 技術部  
田邊 隆

## I はじめに

衝撃振動試験は鉄球で構造物を打撃し、その計測波形から固有振動数を求めることにより構造物の健全性を定量的に評価することのできる非破壊検査である。近鉄においては河川内橋脚に対して洗掘等の影響を把握するために利用されており、平成11年集中豪雨で洗掘された近鉄道明寺線大和川橋梁の健全度判定に利用され、その有効性が実証されている。

本稿ではラーメン高架橋を例に挙げ、衝撃振動試験の計測方法をはじめとして固有値解析とその利用方法、災害復旧時への対応、弊社独自の取り組みとして固有振動数を特定する作業の効率化と信頼性向上について報告する。

## II. 衝撃振動試験の概要

### 1. 試験方法

試験は鉄球により構造物を打撃し強制振動させ、その揺れを計測器で計測し、計測した波形を振動数ごとにフーリエ変換という手法で分解し、振動数ごとの振幅量（フーリエスペクトル）を求め、そこから卓越した振動数（固有振動数）を求めるという手順で行うものである。計測状況を写真-1に、計測波形を図-1に示す。

構造物は各々揺れやすい固有振動数を持っており、それは構造物の高さ、重さ、躯体剛性、支持地盤の拘束度（ばね定数）により影響されるものである。そのため、衝撃振動試験は、この固有振動数を継続して計測し、変化があった場合には、躯体および地盤環境の変化（地震による変状、

地盤高の差、基礎洗掘など）と状況を比較することで、目に見えない基礎部分も含めて、構造物の健全度評価を行うことが可能となるものである。また同様に補強後においても固有振動数を比較することで以前と同様の健全度があるかどうかを評価することができる。

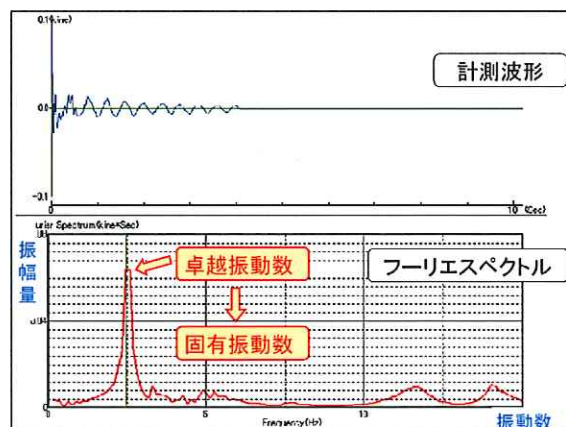


図-1 計測波形

### 2. 固有値解析

衝撃振動試験においては、より詳しく各部位の状況を推定する手法として、固有値解析という手法がある。固有値解析では、計測した固有振動数とその揺れ度合いを説明できる部材の剛性値、地盤ばね値を専用ソフトによるシミュレーション計算により求め、設計値と比較を行う。

#### 2-1 初回検査時における固有値解析

初回検査時では新設構造物の固有値解析で求めた部材剛性と地盤ばねを設計値と比較することで、設計通りの施工となっているか、また地盤の状況が設計と合致しているかということを確認できる。



写真-1 計測状況

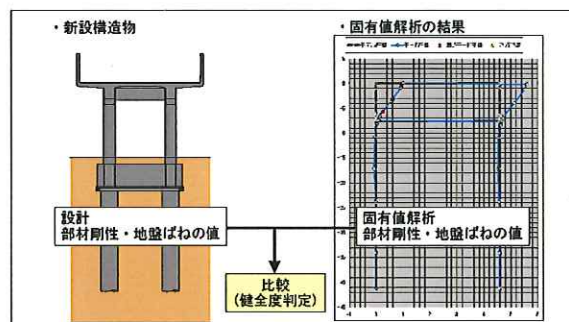


図-2 初回検査時における固有値解析

## 2-2 被災時における固有値解析

被災時においては、目に見える部分に変状がないものの計測で固有振動数が低下している構造物において、地中部の部材剛性・地盤ばねを低下させて固有値解析を行い、解析上の固有振動数と災害後の計測値が一致した場合は、当該構造物では、地中部に損傷を生じた可能性が高いと推定することができる。また補強後に計測や解析を行うことで、以前と同様の健全度があるのかの確認が可能となる。このような形で阪神大震災を初めとした過去の被災事例においても衝撃振動試験は利用されている。

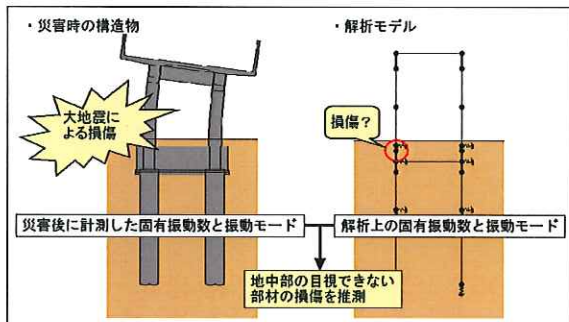


図-3 被災時における固有値解析

## III. 弊社の試験実績

弊社は、近鉄を中心に構造物の初回検査の一環として、主に鉄道高架橋に対して衝撃振動試験を受注、実施し、ラーメン高架橋については99基、橋脚については20基と合わせて119基の計測を実施した。このうち57基について固有値解析を行い、多数の実績を積んでいる。

また弊社では災害復旧時に固有振動数の初期値データをすみやかに確認、比較できるように構造物の診断結果を記録した構造物カルテを作成している。構造物カルテには固有値解析結果のほかセンサーと鉄球打撃の位置を記録しているため、被災後等の再計測時でも効率よく計測でき、また前回のデータとの比較、健全度確認が可能となる。

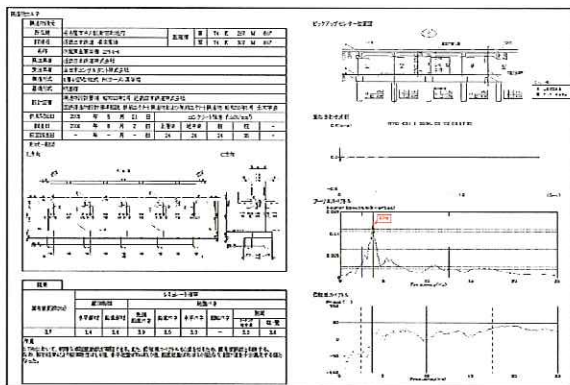


図-4 構造物カルテの一例

## IV. 弊社独自の取り組み

計測時には、当該構造物だけでなくそれに付帯する構造物の揺れを計測したり、当該構造物においても単純振動だけではない複雑な揺れが発生したりし、卓越振動数が複数表示され、固有振動数の特定が困難となる場合がある。そこで固有振動数を特定する作業の効率化と信頼性向上のために、特定した固有振動数の妥当性を判断する手法の検討を弊社独自の取り組みとして実施している。

### 1. 固有振動数と構造物高さの回帰分析

計測データから特殊な条件と考えられるホームを支持する構造物と二層形式の構造物、卓越振動数が不明瞭な構造物を除外して、固有振動数と構造物高さについて回帰分析を行った。結果、図-5に示す回帰式が導かれ、高い相関関係があると判断できた。この回帰式は卓越振動数が複数表示された場合の固有振動数の特定作業や現場で計測結果の妥当性を判断する目安に利用できると考えている。

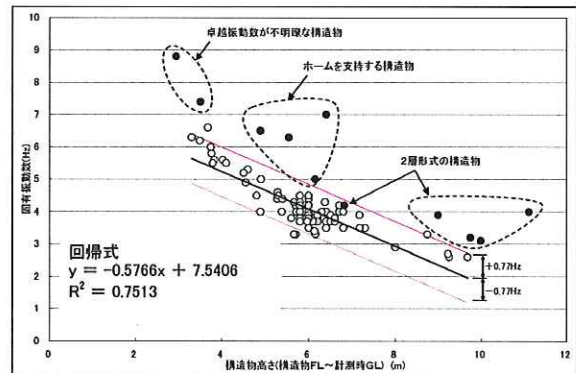


図-5 固有振動数の回帰分析

### 2. その他の手法の検討

その他として、柱の剛性から固有振動数の特定が困難な構造物を判断する手法と三次元モデルによる固有値解析を実施し、振動数特定のための手法を検討した。

## V. おわりに

衝撃振動試験は初回検査時では固有振動数の初期値を計測することにより、今後の維持管理の指標として利用でき、また被災時や補修補強時には目視できない部分(地中部の基礎や鋼板巻き立て補強した柱内部の損傷)を含めた下部工の健全度判定のほか、構造物や支持地盤の補修補強工事の効果確認に利用されており、非常に有用な試験法である。弊社では今後とも実績を重ね、より効率的な試験方法と解析技術の向上、回帰式の信頼性向上に取り組んで参る所存である。