

光ファイバセンシング技術を用いた高架橋 PC 桁の計測について

東日本旅客鉄道株式会社 高崎土木技術センター 鈴木 誠治
 東日本旅客鉄道株式会社 高崎土木技術センター 正会員 原田 悟
 東鉄工業株式会社 土木エンジニアリング部 ○正会員 瀬下 孝雄
 東鉄工業株式会社 土木エンジニアリング部 正会員 西島 和男

1. はじめに

鉄道近接工事にともない、列車の安全運行を確保するために軌道変位、近接構造物の計測を行う必要がある。列車の走行安全性に直接影響を及ぼす軌道面変状量の計測は連続的、かつ自動的に計測できる変位自動測定器等を使用することが原則となっている。ここでは光ファイバセンシング技術を用いた計測装置(DIMRO システム)を開発し、これまでに JIS 規格振動・衝撃試験をクリアし、PC 枕木に設置して軌道の変位計測(静的)を実施してきた。ここでは鉄道高架橋 PC 桁での計測結果(動的)について報告する。

2. DIMRO システムの特徴

DIMRO システムは長体構造物(鉄道軌道、橋梁、トンネルなど)の鉛直変位と水平変位を同時に計測(静的、動的)するシステムである。

- 1) 高い信頼性
落雷や電磁誘導など、電磁気影響を受けない
- 2) 静的・動的計測が可能
サンプリング速度は1秒に1~1000回
- 3) 長期の屋外計測が可能
計測装置外装に耐候性塗料を施し温度変化に対し安定計測ができる
- 4) 高い耐振動・耐衝撃性能
鉄道信号保安部品振動試験、衝撃試験クリア
- 5) 50mにわたる計測が可能
1ユニットで50mあたり鉛直・水平計測が可能

3. DIMRO センサ概要

DIMRO センサは1本5mのステンレス内管外側にFBGセンサを4方向に1.0m間隔で貼付け、水平、垂直方向の計測を行う。計測原理は配置されているFBGへの入出力波長を計測し、波長をひずみに変換し変位を算出するものである。変位は単純梁構造の計算により算出している。

光ファイバセンサ

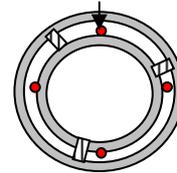


図-1 センサ構造



写真-1 計測センサ

4. 高架橋 PC 桁の計測

計測センサは高架橋 PC 桁の下り線に1本5mのセンサ(φ=60.5mm)を取付金具にて床板と固定し、桁両端部は不動点として、30mの桁を長期連続計測した。(写真-2、3、4)センサの端部から光ファイバーで高架橋下にある計測装置に配線し、電車が通過時のPC桁の変位を計測した。サンプリング速度は400回/秒、計測車両は8両編成である。

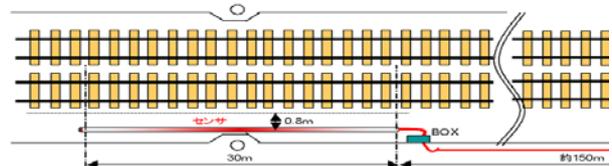
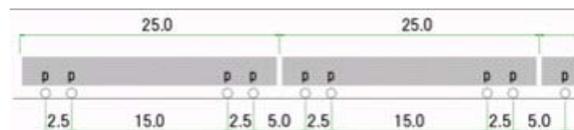


図-2 計測平面図



図中の数値は軸距(m)を示す。

図-3 列車モデル



写真-2 センサ端部



写真-3 センサ中間部



写真-4 取付金具

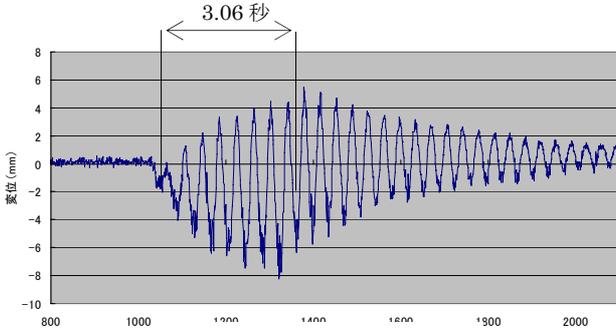
キーワード: 光ファイバ FBG 桁計測 固有振動数
 連絡先: 〒160-8589 東京都新宿区信濃町 34

東鉄工業株式会社土木本部土木エンジニアリング部
 TEL 03-5369-7621

5. 計測結果

通過列車と最寄駅に停車する列車の速度により桁中央部の振幅変位は下図のような結果となり、軸輪の通過に伴う桁の変位が計測できた。これはドップラー計測による計測値と概ね一致し桁の動的計測が可能であることが確認できた。

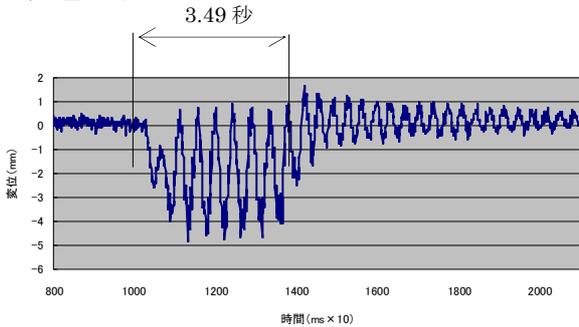
1) 高速列車



図—4 高速列車

- ・ 列車速度は軸輪の距離より
 $V=(200-5)/3.06 \times 3600=229 \text{ km/h}$
- ・ 振動周波数は 8 回のピーク振副より
 $T=8/3.06=2.61 \text{ Hz}$

2) 低速列車

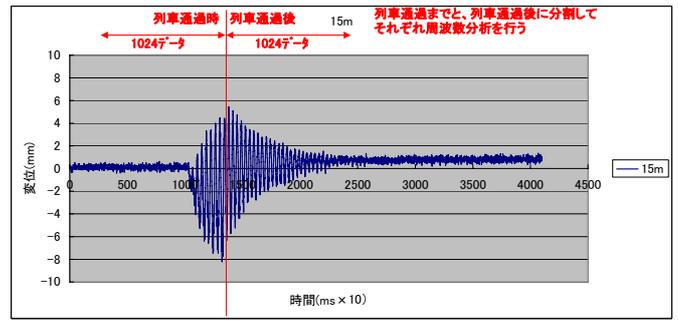


図—5 低速列車

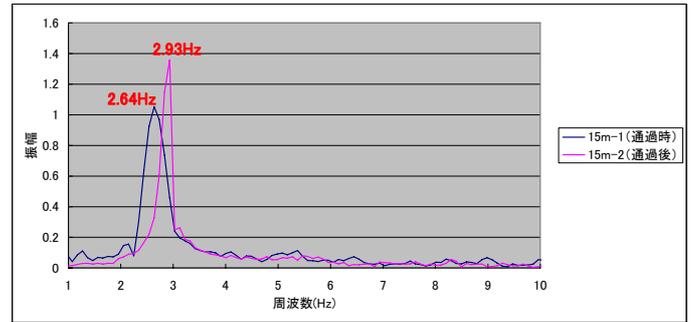
- ・ 同様に
 $V=201 \text{ km/h}$ $T=8/3.49=2.29 \text{ Hz}$

6. 桁周波数の分析

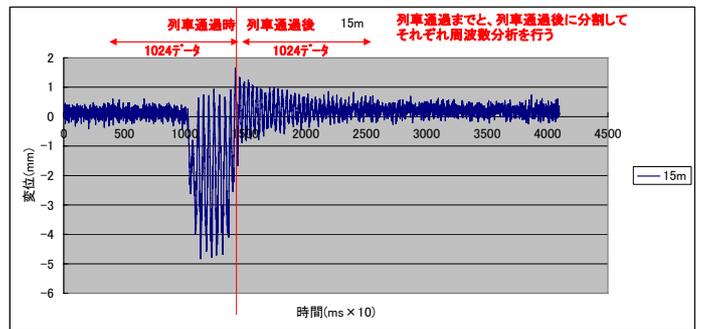
列車の速度により桁振幅に違いが見られたためフーリエ解析を行い列車通過時と通過後の周波数分析を行った。列車通過時は速度、荷重により振幅変位は変わるが、通過後、桁の固有振動数が 2.93Hz と確認できた。また、高速列車の振幅が大きいのは桁固有振動数と通過時の列車による振動数が近いため共振により桁の振幅が大きくなったものと推定される。(図-7 および図-9)



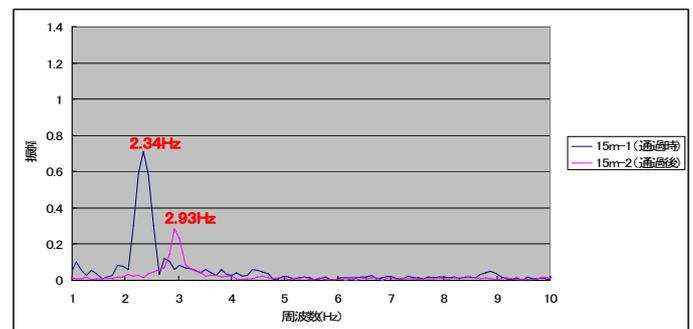
図—6 高速列車波形



図—7 高速列車周波数



図—8 低速列車波形



図—9 低速列車周波数

一般的に構造物の健全度診断は衝撃試験による劣化診断が行われており、劣化に伴い固有振動数が低下することが知られている。DIMRO センサは鉄道、道路車両を利用して桁のたわみ、固有振動数が同時に計測できることにより、今後、精度の高い計測の可能性があると思われる。

7. さいごに

今回の DIMRO システムの開発及び計測、解析に多大な協力と御指導を頂きました NTT インフラネット株の関係皆様に感謝いたします。