

第 部門

モノレール PC 軌道桁の車両走行振動計測

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎
 神戸大学大学院 学生員 ○ Doan Quang Vu
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 谷 直彦

神戸大学大学院 正会員 金 哲佑
 大阪府茨木土木事務所 正会員 藤本 裕昭

1. はじめに ゴム支承や桁長 28m の PC 軌道桁を使用する際に、支点上の鉛直変位やたわみ量が増大し、振動特性が変化することから、走行車両の乗り心地への影響が懸念される。現在、ゴム支承や新規標準 PC 軌道桁は安全性を確認するための実証実験を行っているところであり、供用区間での実証を行うことができない。したがって、各条件での振動解析を行い、それらの乗り心地への影響を確認している¹⁾。そこで、本研究では、乗り心地照査を行うにあたっての振動解析を検証するため、PC 軌道桁の走行車両による振動計測を行うとともに、軌道面の凹凸計測を実施する。さらに、車両振動実測記録から乗り心地評価を実験的に行う。

2. 計測概要

2.1 対象橋梁 PC 桁のスパン長 20.2m で、コンクリート強度は $E_{c1}=3.5 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$ (桁) と $E_{c2}=2.65 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$ (橋脚) である。路面凹凸計測は前後の径間を含めて 3 径間を対象とする。

2.2 振動計測 Fig.1 に実験概要図を示す。車両走行試験では、桁中央の振動加速度と鉛直たわみを計測する。また、試験車両(試運転 4 両編成、乗客なし)の 2 両目後輪で車軸および床面に 3 方向の加速度計を設置し計測する。なお、車両側と桁下側の間は無線による同期計測を実施する。走行実験は上下線走行各 4 回、計 8 回実施する。

2.3 路面凹凸計測 路面凹凸計測は P227 ~ P230 の 3 径間を対象とする。凹凸計測は Fig.2 に示す通り、走行面・案内面・安定面それぞれ 2 測線、計 6 測線で行う。計測では車両にレーザー変位計を設置し、1km/h で定速度走行(前進・後退各 3 回、計 6 回)させてサンプリング周波数 200Hz にて計測する。また、センサー設置治具の関係上、走行面のみ車両の前後輪間中央位置で計測し、案内面、安定面は車両中心位置から 1300mm オフセットを取っている。なお、凹凸計測箇所は列車のタイヤ位置を対象とする。さらに P227 ~ P230 間の伸縮装置 4 か所について、遊間および段差計測を実施する。計測は専用のノギスおよびデプスゲージを用いて実施する。結果は起点側を基準とし終点側の相対差を計測する。

3. 計測結果 代表的な計測結果を示す。

3.1 振動計測 動的計測は下り線の桁(G1)で行われ、車両が下り線の桁を走行する場合と上り線(G2)を走行する場合の桁振動を計測する。モノレール車両 1 両目が P227 に進入してから、4 両目が P230 から退出するまでの桁と車両の振動を考慮する。

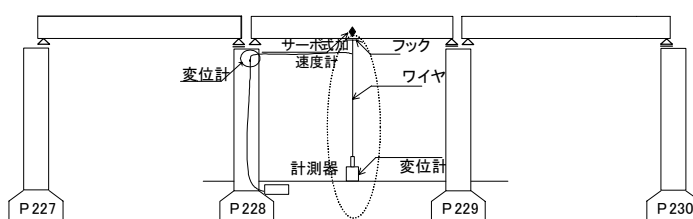
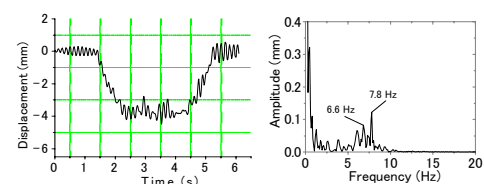


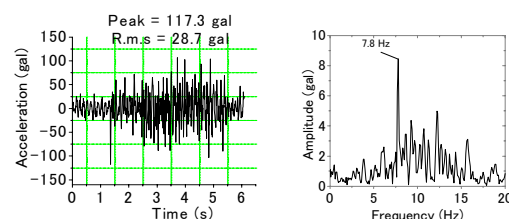
Fig.1 PC 桁振動実験



Fig.2 路面凹凸計測



(a) 鉛直変位



(b) 鉛直加速度

Fig.3 G1 桁上走行時の G1 桁の中央点の応答

3.1.1 桁振動計測 Fig.3 に車両が G1 桁を走行する場合の G1 桁中央点の変位と加速度を示す。Fig.3(a)に示すように、最大変位はおおよそ 4mm である。Fig.3(b)に桁中央点の加速度を示す。モノレール車両が隣接径間上を走行するときも、対象径間の G1 桁中央点が振動することが分かる。このことから解析による検討においては、隣接径間までモデル化する必要があることを示唆する。FFT 解析結果については、変位応答と加速度応答ともに 7.8Hz で卓越することが分かる。Fig.4 に車両が G2 桁上を走行する場合の結果を示す。Fig.4(a)に示すようにモノレール車両が G2 桁上を走行するにもかかわらず、G1 桁中央点に大きい動的変位が計測されており、片振幅はおおよそ 2.5mm である。加速度応答に関しては、Fig.4(b)に示すように、変位と同様の現象が計測される。この現象の原因として橋脚のロッキング振動が考えられる。また車両が G2 桁上を走行する場合、G1 中央点の変位および加速度応答はともに 7.0Hz で卓越周波数をもつことが分かる。

3.1.2 車両振動計測 Fig.5(a)にモノレール車両 2 両目の鉛直加速度、Fig.5(b)に水平加速度を示す。図より鉛直加速度 (r.m.s = 51.7 gal) は水平加速度 (r.m.s = 27.0 gal) より 2 倍近く大きくなっていることが分かる。

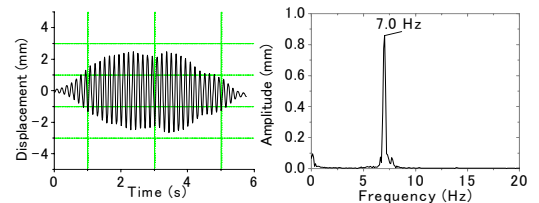
3.1.3 乗り心地評価 4 回計測した走行車両加速度を用いて、ISO-2631^{2), 3)}に基づいて走行車両の乗り心地評価を行う。Fig.6 に示すように鉛直方向については、不快限界時間は約 1 時間、水平方向については、不快限界時間は約 2.5 時間であることが分かる。今回対象とした大阪モノレールの場合、最大乗車時間は約 40 分であることより、乗り心地の問題は生じないと考えられる。

3.2 路面凹凸計測結果 実測路面凹凸の一例を Fig.7 に示す。案内面と安定面に比べて、走行面凹凸の変動が大きいことが分かる。これは車両鉛直加速度が水平加速度より大きくなる一因と考えられる。

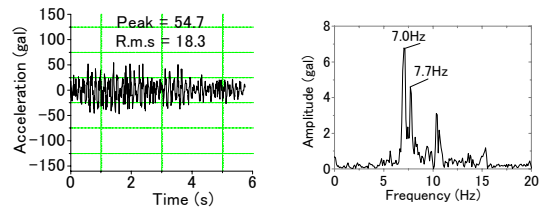
4. 今後の課題 実測によって、車両が G2 桁上を走行する場合でも、G1 桁中央点に大きい揺れが計測された。その原因の一つとして、橋脚のロッキング振動があげられるが具体的な原因分析は今後の検討課題である。

【参考文献】

- 1) 川谷充郎, 金哲佑, Doan Quang Vu, 藤本裕昭, 谷直彦: 跨座型モノレール PC 軌道桁上走行車両の乗り心地評価, 土木学会第 63 回年次学術講演会, I-593, 2008.9.
- 2) ISO(1985), Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration-Part 1:General requirements, ISO2631/1.
- 3) ISO(1989), Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration-Part 2:Continuous and shock-Induced vibration in buildings (1 to 80Hz), ISO2631/2.

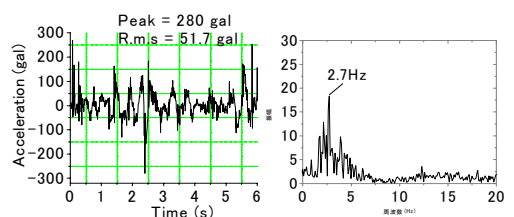


(a) 鉛直変位

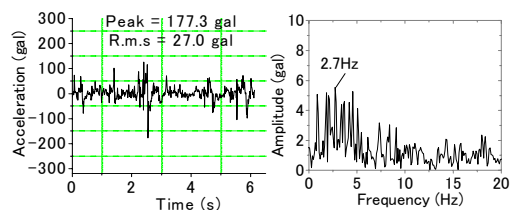


(b) 鉛直加速度

Fig.4 G2 桁上走行時の G1 桁の中央点の応答



(a) 鉛直加速度



(b) 水平加速度

Fig.5 車両の加速度

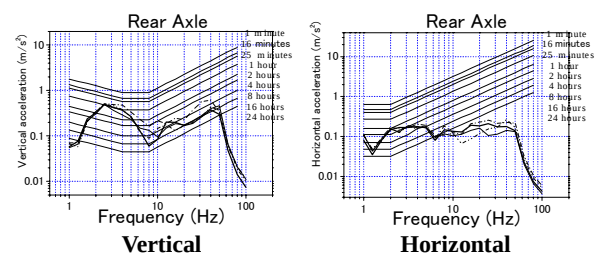


Fig.6 走行車両の乗り心地評価

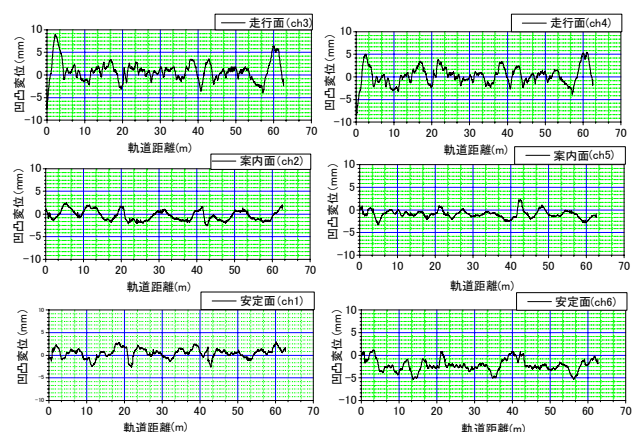


Fig.7 路面凹凸