

VI-189 新幹線列車の走行に伴う構造物の共振について

J R西日本 福岡支社 正〇中谷 茂喜 神野 嘉希
柴野 茂臣 山本 聡

1. まえがき

非破壊試験方法として列車走行時に橋脚の振動を測定し、その波形から、基礎杭の変状、フーチングの欠陥、躯体のひびわれ、洗掘等を調べているが、一部の橋りように於て共振現象の現れているものがある。それらに対する取組みについて述べてみたい。

2. 振動測定の方法

橋脚の天端に上下、左右、前後の3成分のサーボ型加速度計を設置し、列車通過時の振動を変位波形として記録する。持ち帰ったデータは周波数分析器にかけ、2次周期の読取等波形に対する考察を行い、健全度判定の資料としている。（図-1参照）

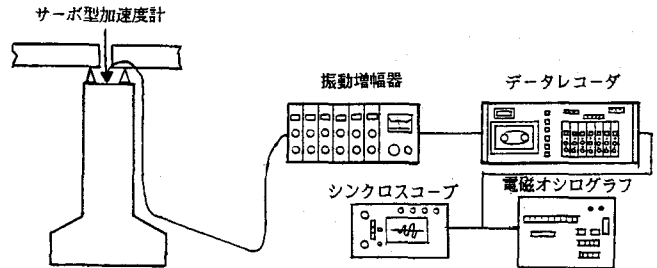


図-1 測定ブロックダイアグラム

3. 共振現象について

新幹線の場合、基礎部、躯体とも建設時は十分な施工管理が行われ、大きな変状はほとんど見当たらないが一部の橋りように於て列車の荷重周期と同調し、共振する現象が発生している。荷重の周期は桁のスパンにより異なるが、一般的には隣接車両同志の2つのボギーが荷重単位となり、そのサイクルは25mである。（図-2参照）この関係をグラフにすると図-3で表される。この荷重周期と一致する固有周期をもった橋りようは共振することになる。新幹線の場合はボギー間隔が一定

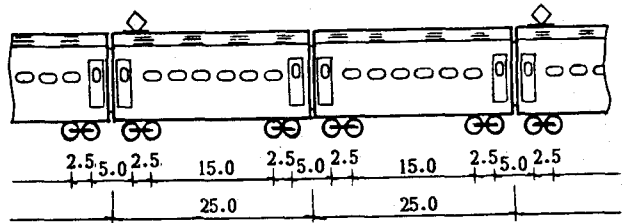
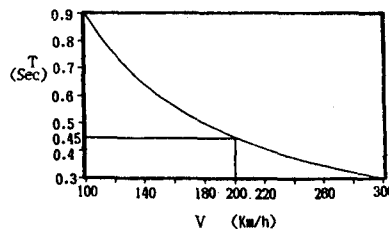


図-2 新幹線車両の車軸配置



$$T = \frac{3.6L}{V} \quad \text{--- (1)}$$

T : 荷重周期 (Sec)

V : 列車速度 (Km/h)

L : 車両長 (25m)

図-3 列車速度と荷重周期の関係

固有周期 T

$$T = \frac{3.6L}{V} \quad \text{--- (2)}$$

のため共振しやすい荷重条件と云える。それぞれの橋りようの固有周期は、列車通過後の自由振動部分の周期からあらかじめ予測が可能である。（図-4参照）

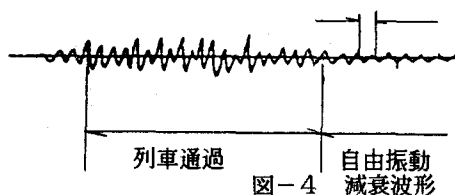


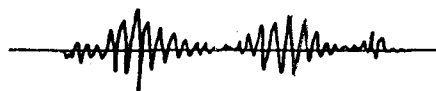
図-4 自由振動減衰波形

V : 共振する列車速度

T : 読み取った周期

L : 荷重周期 (=車両長25m)

したがって、なかなか減衰せず、列車運転速度域に固有周期を持った橋りように対しては共振した時に生ずる最大振幅をとらえて、健全度に対する確認を行う必要がある。測定データの一例を示す。図



$$T = \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega_2} \quad \text{---(3)}$$

T : うなり周期

ω_1 : 固有周期の角速度 (rad/sec)

ω_2 : 車両25mピッチによる振動角速度 (rad/sec)

図-5 うなり波形

-5はうなり現象が現れたもので式(3)より周期を求める事により、共振する列車速度を予測する事が出来る。図-6は共振したデータ

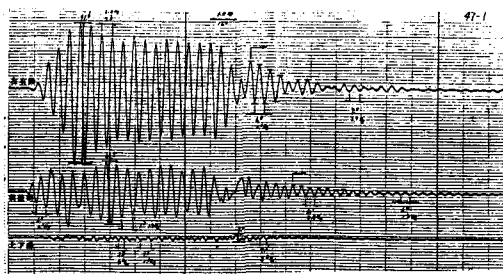


図-6 共振している波形

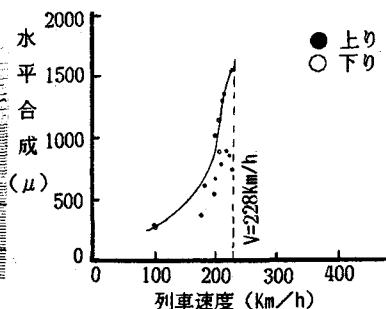


図-7 推定共振速度

でこの橋りよの最大振幅をとらえている。図-7は過去の測定データをもとに共振速度を推定したものであるが、当橋りようにおいては、実列車の測定で得られた共振速度と概ね一致した。これらの共振現象は、桁のたわみにおいても発生するので過去のたわみ測定データを分析中である。

4. 構造物に対する影響度

共振した場合は通常よりかなり大きい振幅となるため、主に次の点について検討が必要となる。

- (1) 橋脚の変位による過大応力。
- (2) 上シューと下シューの動的な相対変位による支承部疲労。
- (3) シュー、ストッパーの各個撃破。
- (4) 桁の過大応力及び疲労。

過去のデータでは橋脚天端の最大振幅1.1m/m程度であり、追跡検査でも今の所変状は発生していない。

5. 今後の取組み

高速化により、荷重周期が短くなるため、共振する構造物が増えて来る事が予測される。したがって今後さらに、高速運転(270Km/h)のデータ収集を行い、共振に対する健全度の検討を行い必要により対策を実施するなど『安全、正確な輸送の提供』に努めたい。

<参考文献>

- 1) 小坪清真：『土木振動学』 森北出版(1973)
- 2) 小堀為雄：『応用土木振動学』 森北出版(1974)
- 3) 『構造物設計標準』 日本国有鉄道(1983)