

VI-133

壁式高架橋における電柱の振動特性(その2)

- 振動試験結果のシミュレーション -

(株) 福山コンサルタント 正 貝 中野 聡

J R 東日本 高崎支社 猿谷 應司

J R 東日本 高崎支社 山上 多美雄

1. はじめに

複合構造物において付属構造物の振動が問題となる場合その原因としては、主構造物との共振あるいは、外力との共振などが考えられる。上越新幹線の壁式高架橋上の電柱において、その異常振動の発生原因は列車荷重の卓越振動と電柱の共振であることを列車走行時の振動測定試験とその現象分析の結果から推測している。¹⁾ ここでは、さらに高架橋および電柱の振動モデルを用いた数値シミュレーションによって、さきの推測の検証を行い、電柱の振動によるBGバンドの破断を理論的に考察した。

2. 高架橋の全体系モデルによる振動性状の把握

解析モデルは図-1に示す壁式高架橋全体系の多質点バネマス系振動モデルを用いた。まず電柱と高架橋の共振の可能性の有無を確認するために固有値解析を行った。電柱の一次と高架橋の一次の固有振動モードを図-2に示し、さらに、列車走行時の実測振動モードを図-3に示すが、電柱と高架橋の固有振動数は十分離れており、実測の振動モードと一致する電柱の一次の振動モードでは、高架橋の各部分はまったく振動しておらず、両者の共振がないことが確認できる。さらに、実測振動モードでは、スラブのたわみと電柱の位相を比較すると、最大応答発生時において約90度のずれが確認でき、これからも列車荷重の卓越振動と電柱の振動は共振状態に近いことがうかがえる。

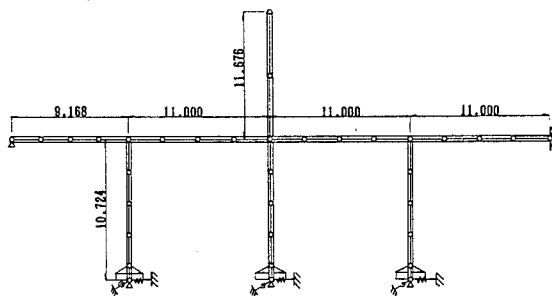
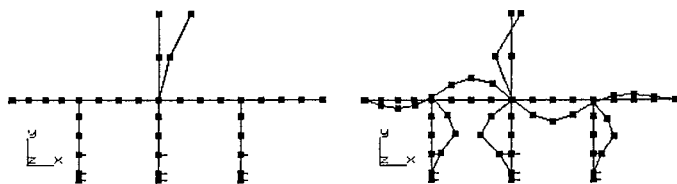


図-1 解析モデル



a) 電柱の1次の振動モード(2.07Hz)

b) 高架橋の1次の振動モード(12.7Hz)

図-2 解析振動モード

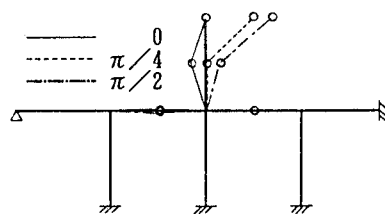


図-3 実測振動モード(列車通過時)

3. 応答解析に用いる電柱の振動モデルについて

電柱と高架橋との共振は生じないことが確認できたことから、列車荷重による電柱の応答計算は図-4に示す様な電柱部分のみを取り出した振動モデルを考えた。なお、このモデルにおける電柱基礎部分の回転バネは高架橋の梁や柱の剛性により電柱の回転を拘束するものと考え高架橋に活荷重が作用した場合の電柱付根に生じるモーメントと回転角の関係から逆算した。さらに電柱天端には、GW支持点の重量効果あるいは拘束効果によるバネが存在し、そのバネ定数を電柱の実測固有振動数から逆算し、振動モデルの天端に作用させている。

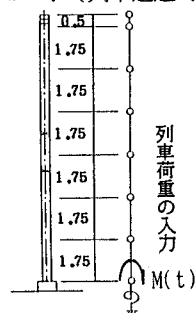


図-4 電柱の振動モデル

また応答計算に用いる入力荷重は、実測した電柱付根の回転角の波形が 図-5に示す様に軸重のインパルス列における隣接する 4車軸と同周期であることから、モデルの付根位置に実測と同程度の大きさの回転角を生じさせるモーメント荷重を正弦波入力した。

4. 応答値のシミュレーションについて

振動モデルを用いたシミュレーションの代表例としてGW支持点固定状態における列車速度と応答変位量の関係を 図-6 に示す。図中□印の点が実測値であるが、この様に振動の予測値は実測値と良く一致していることがわかる。さらに、シミュレーション結果からは、列車速度が上昇し、列車荷重の卓越振動数が電柱の固有振動数と一致する速度

までは変位振幅は滑らかに増大し、最大では実測値の約2倍の振幅となる。しかしながら、それ以上の列車速度ではふたたび振幅は減少することがわかる。なお、電柱の減衰定数は電柱天端の実測変位波形の残響を用い、対数減衰率を算出し、その結果から約3.0%を用いた。次に、これらの結果を基にして、BGバンド破断時のバンドの応力度の予測を行った。予測は電柱の応答変位量のシミュレーションを行い、その応答変位量を弾性梁理論を用いてモデル化したBGバンドおよびGW腕金に作用させることによって算出した。その結果として列車速度とBGバンドの応力度の関係を 図-7に示す。図中△印の点は破断直後に同じ状態を再現して測定したバンドの応力度であるが、予測値は実測値と良く一致しており、最大応答時（列車速度約 240km/h）でバンドの応力度は500MPa（BGバンドはSS41材）を上回ることから、かなり高応力レベルの疲労破壊あるいは、最大応答付近での破断であることが推定できる。

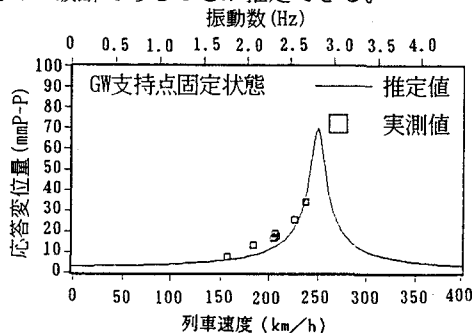


図 -6 列車速度と応答変位量の関係

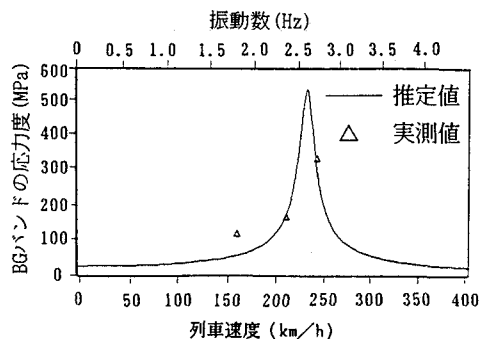


図 -7 列車速度とバンドの応力度の関係

5. おわりに

この様に電柱と列車荷重の卓越振動との共振を考慮すると、BGバンドが破断に至った応力度状態は理論的に説明することができた。さらにその対策としては ① 電柱の固有振動数と列車速度の卓越振動数との分離（電柱の剛性を高め、固有振動数をずらす対策） ② BGバンドの構造改良（強度の増大、応力の分散等）を考えている。なお本調査で判明した動的特性については、今後、鉄道構造物に限らず道路橋上に建植される標識柱、照明灯あるいはビル屋上の鉄塔など付属構造物の設計に際しても検討すべき課題であると言えよう。最後に本試験および解析について多大なご指導を頂いた（財）鉄道総合技術研究所 西村昭彦主任研究員に謝意を表します。

参考文献

- (1) 丸山,小池,町田;壁式高架橋における電柱の振動特性(その1) 土木学会 第45回年次学術講演会 平成2年 9月