

鉄道車両と架設工事桁の3次元連成応答に関する研究

芝浦工業大学大学院 学生員 ○服部 洋介
 芝浦工業大学大学院 早坂 康志
 （株）東京鉄骨橋梁 正生員 星川 正明
 芝浦工業大学 正会員 松浦 章夫

1. 序論

都市空間の有効利用や交通の円滑化を図る手段として立体交差がある。立体交差化工事に使用される仮設の工事桁は、構造上単純な造りをしているものも多く、たわみ易いなどの初歩的な問題を生じることがある。また、過去に行われた列車と工事桁の動的相互作用に関する検討では平面モデルが用いられていたため、橋軸回りのねじりや、橋軸直角方向の変形の影響はあまり考慮されていない。従って本研究では、3次元モデルを用いて工事桁の支間長を変化させ、走行速度を変化させることで列車の走行安全性について検討を行う。

2. 鉄道車両と構造物の連成運動

構造物の応答と鉄道車両の運動を連成させた場合、通常の有限要素法では、節点間を移動する荷重の評価に困難を伴うことが多い。従って本研究の解析手法では、軌道を表す要素に作用する車両の輪重、横圧及びねじりモーメントを、節点荷重及び節点モーメントとして要素を構成する2つの節点に配分する方法を採用し、節点間を移動する荷重に関する問題の解決を図った。

要素の車輪軸位置に作用する鉛直方向荷重 P 、水平方向荷重 Q 及びねじりモーメント T は各輪重、各横圧の合力として定義する。

ここで図-1に示すように、 P_A 、 P_B は輪重、 Q_A 、 Q_B は横圧であり、 R_{DA} 、 R_{DB} 、 R_{LV} は部材中立軸とA側、B側レールとの距離を表す。次に、 P 、 Q 及び T を分配するために使用する形状関数を設定する。

これより、要素に作用する鉛直方向、水平方向荷重及びねじりモーメントを、形状関数を用いて節点 i 、 j に作用する節点荷重、節点モーメントに変換する。それらはベクトルの形で与えられる。

これらの置換作業を行い、最終的に得られた各々の荷重を各々の節点に対して足し合わせたものが構造物の強制入力となる。

3. 車両の力学モデル

本研究で用いる車両モデルは、1車両あたり31自由度を有する3次元モデルとし、1つの車体、2つの台車枠、4つの車輪軸で構成されている。図-2に車両の力学

モデルの概要図を示す。車体、台車枠の自由度はそれぞれ重心位置で上下、左右方向、ローリング、ピッチング、ヨーイングの5自由度を有し、車輪軸は重心位置で上下、左右方向、ローリング、ヨーイングの4自由度を有する。

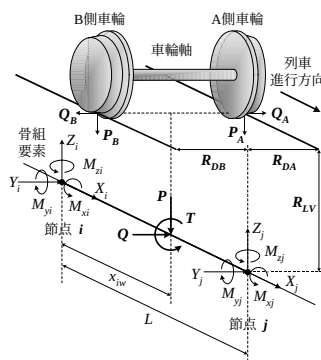


図-1 車輪・レール間モデル

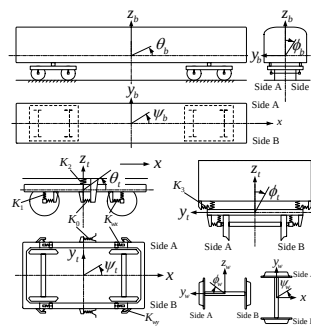


図-2 車両の力学モデル

4. 解析対象橋梁と解析モデル

解析モデルは図-3に示す。解析対象橋梁には、T社M線の立体交差化工事で平成12年に使用された工事桁の内、支間長8mの単純縦桁10連部を選定した。これを図-4に示すように、立体骨組みモデルとし、総節点数310、総要素数344で構成されている。モデルの総自由度は1696である。また、支間長6m、10mの解析モデルも作成し、支間長8mのモデルとの比較・検討を行う。

走行する列車は在来線車両6両編成として下り線を走行するものとする。

5. 解析結果と考察

第6支間中央（節点30）の速度別たわみ最大値を図-5に示す。支間長8mの桁のたわみ限度は、走行速度100km/hまでは10mmで限度値内にある。

また支間長6m、10mにおけるたわみ限度はそれぞれ7.5mm、12.5mmである。支間長6mにおいては限度値内にあるが、支間長10mにおいては、いずれの速度においても限度値を超えている。

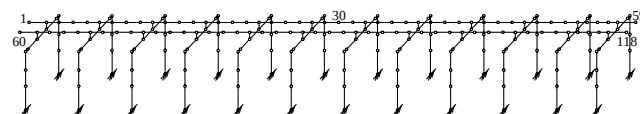


図-3 解析モデル

キーワード 動的相互作用, 走行安全, 工事桁

連絡先 〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 芝浦工業大学工学部土木工学科 TEL 03-5476-3047

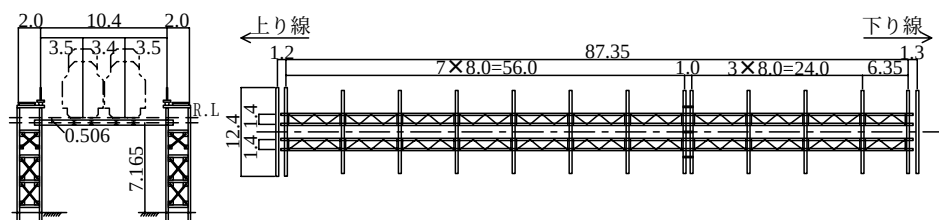


図-4 解析対象橋梁 T社M線工事桁

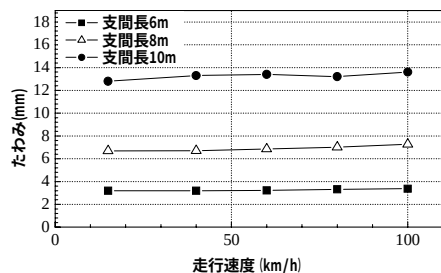


図-5 節点30たわみ最大値

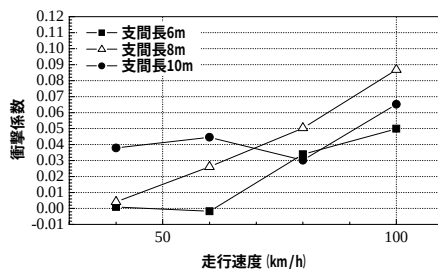


図-6 節点30動的増加率

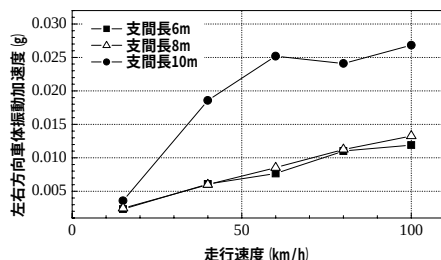


図-7 左右方向車体振動加速度最大値

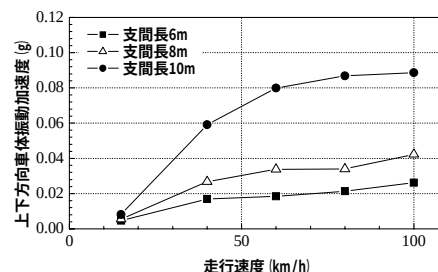


図-8 上下方向車体振動加速度最大値

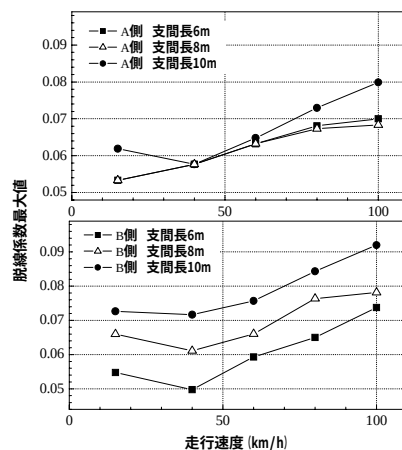


図-9 脱線係数最大値

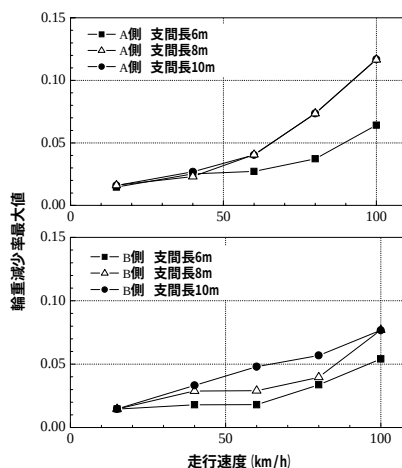


図-10 輪重減少率最大値

図-6に第6支間中央(節点30)の動的増加率を示す。いずれの支間長においても衝撃係数は徐々に増加する傾向を示している。また、100km/h以上で車両と桁の共振による衝撃係数のピークがあるものと予測できる。

1 両目後部の車体左右及び上下振動加速度の速度別最大値を図-7、図-8に示す。車体左右振動加速度は支間長6m、8mと10mとでは、その値に変化が見られる。車体上下振動加速度を見ると、支間長による大きな違いが見られる。

図-5においても同様に支間長によるたわみ量の違いを示していることから、車体上下振動加速度は桁の鉛直たわみと直接的に関係していると考えられる。桁のたわみが大きくなると車体上下振動加速度も大きくなり乗り心地の悪化につながる直接的な原因といえる。

1 両目後台車前輪軸の脱線係数と輪重減少率の最大値を走行速度別にそれぞれ図-9、図-10に示す。A側車輪の脱線係数はいずれの支間長においてもほとんど変化が見られない。また、B側車輪においては、10mの方が若干大きな値を示しているが、全体として限度値である0.8を大きく下回っており、脱線係数に関しては走行安全上の問題点は見られない。

輪重減少率はいずれの支間長においても、A側車輪

とB側車輪で同じような増加の形が見られ、いずれの場合にもB側車輪の方が小さな値となっている。輪重減少率の限度値は0.25であり、いずれの支間長においても100km/h以下で限度値を超えることはない。

6. まとめ

走行速度、支間長を変化させ、工事桁上で列車の走行安全性についての検討を行った。脱線係数など列車の走行安全性に関する値には、大きな変化は見られない。

しかし、支間長による工事桁、車両の鉛直挙動の変化が顕著に見られ、乗り心地に関する影響が示されている。なお、支間長6mにすることで、乗り心地に関する影響を軽減させることができる。2次元における解析においても支間長6mの方が上下振動加速度を減少させることが示されている。

しかし、工費や工事期間といったことを考えると支間長8mでキャンバーの設置などで対応することが現実的で効果があると考えられる。工事桁の長スパン化に関する検討を行うことで、工事桁の構造形式や部材強度などに関する詳細な検討が可能であると考えられる。

本研究では、耐震による影響、疲労による影響を考慮しておらず、今後検討していくことが必要である。