

I - B 247

山梨リニア実験線側壁ビームの動的応答

鉄道総合技術研究所 正会員 四十九勇治
 鉄道総合技術研究所 正会員 曾我部正道
 鉄道総合技術研究所 正会員 橋本 渉一
 鉄道総合技術研究所 正会員 涌井 一

1. はじめに 山梨リニア実験線のガイドウェイには側壁ビーム方式、側壁パネル方式、直付け方式の3種類が存在する。ここでは特に、図1に示す側壁ビーム方式¹⁾を取り上げ論ずることとする。本方式では、現地ヤードで生産されたPC製中空はり（長さ12.6m、高さ1.3m、幅0.65m）の表面に、地上コイルを精度良く埋め込み、これを架設機械を用いて「両端支持のはり」として敷設していく。両端支承部の間隔は9.9mで、スパン中央には水平方向の剛性を補う中間支承が設けられている。本方式のメリットは、両端支承部の微調整により、超高速鉄道の乗心地を支配する軌道の長波長精度を容易に確保・維持できる点にある。

本研究では、この側壁ビームの動的挙動を、実車走行試験及び数値解析により検討した。
 2. 検討方法 側壁ビームの動的応答を検討するために、図2に示す浮上車両（MLX01型第1編成）を用いて約60回の走行試験を実施した。図3に測定位置図を示す。水平方向変位に影響を及ぼす列車風荷重については、図に示す6ヶ所で風圧測定を行った。側壁ビーム本体については、たわみ測定を行った。

検証解析には、線路構造物の汎用構造解析プログラムDIARIST（Dynamic and Impact Analysis for Railway Structure）を用いた。側壁ビームは、図4に示すように、側壁ビーム本体を3次元梁要素で、両端の支承部と中間支承部を3次元スカラーバネ要素でそれぞれモデル化した。列車荷重は動的相互作用を考慮しない荷重列として考慮した（図2）。列車風荷重については、測定値に基づき荷重列を用いてモデル化した。これら荷重列は移動荷重として3次元梁要素によるビームモデル上で等速走行する。

3. 検討結果

3.1 固有振動数及び減衰定数 水平方向については、14Hzの固有振動が卓越していることが分かった。ただし後述するように、この振動モードには、両端支承部の回転によるビーム全体の剛体変形が大きく寄与している。水平方向の減衰定数については、残留波形より3%程度であることが分かった。

鉛直方向については、40Hzの固有振動が卓越していることが分かった。設計では、鉛直固有振動数は25Hz程度を想定しており、鉛直剛性は設計の2倍以上あると考えられる。これは、地上コイル等の非構造部材の影響によると思われる。鉛直方向の減衰定数については、算定することができなかった。

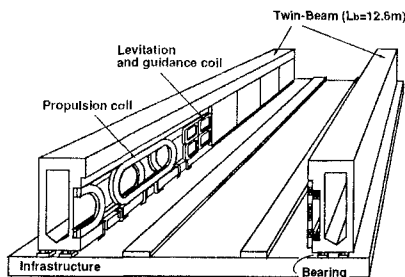


図1 側壁ビーム方式の概念図

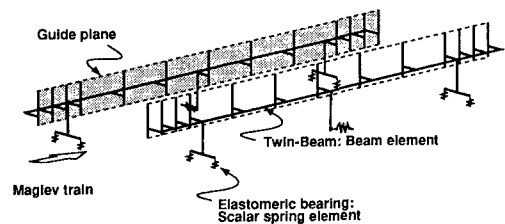


図4 側壁ビームの解析モデル

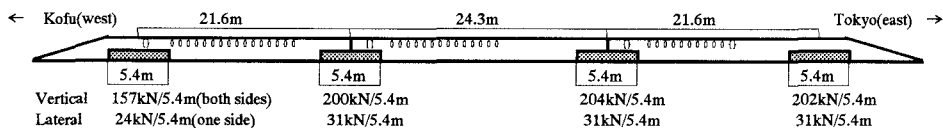


図2 山梨実験線浮上列車第1編成(MLX001)

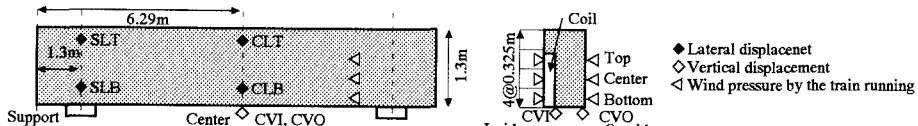


図3 側壁ビームの測定位置

キーワード：超電導磁気浮上式鉄道、ガイドウェイ構造物、動的応答、動的解析、列車風荷重
 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7279 FAX 042-573-7472

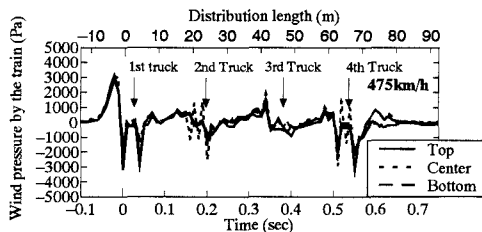


図5 列車風圧の時系列波形

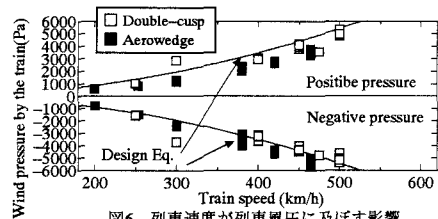
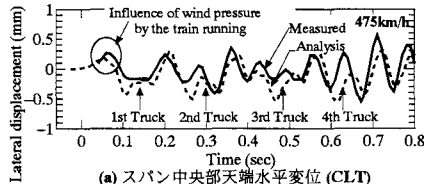
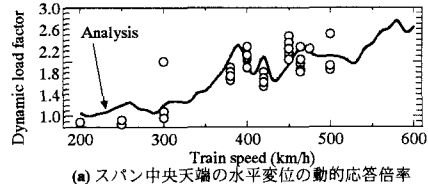


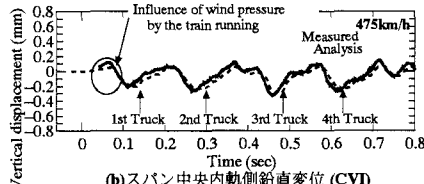
図6 列車速度が列車風圧に及ぼす影響



(a) スパン中央部先端水平変位 (CLT)



(a) スパン中央部先端の水平変位の動的応答倍率



(b) スパン中央内軌側鉛直変位 (CVI)

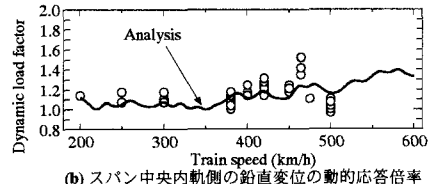


図8 列車速度と動的応答倍率の関係

3. 2 列車風圧荷重 図5に側壁ビームに生じる水平方向列車風圧の時系列波形を示す。各波形は、内側測定値から外側測定値を既に減じてある値であり、これに高さを乗ずれば側壁面にかかる等分布荷重が得られる。高さ方向に関しては、ややBottomが低く、Centerが最も高くなる傾向にある。列車進行方向に関しては、最初に列車先頭部で圧縮された空気により正圧（ガイドウェイを外に押し広げようとする力）が生じ、各台車が通過する際には逆に負圧が生じる。設計ではピーク値の持続長さを15mと仮定しているが、実際の荷重波形の分布長（5m）と比較すると、かなり余裕のある値であるといえる。

図6にCenterにおける列車速度と最大列車風圧の関係を示す。設計では、正風圧の最大値を式(1)で算出し、これを負側にも準用している。

$$P = 1/2 \rho V^2 C_p \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 P :風圧(kgf/m²) ρ :空気密度=1/8(kgf s/m⁴) V :列車速度(m/s) C_p :列車風圧係数 0.46

測定された列車風圧係数は車頭先頭形状により異なるが、ダブルカスプ型で0.41(正圧)と0.44(負圧)、エアロウェッジ型で0.33と(正圧), 0.53(負圧)で、比較的設計値と近い値であった。

3. 3 側壁ビームの動的応答 図7に側壁ビームの動的応答の時系列波形を示す。水平方向では、最初に列車風圧荷重の影響を受け、その後は各台車の載荷より振動する。鉛直方向も同様である。

図8に列車速度と側壁ビームの動的応答倍率の関係を示す。水平方向に関しては、解析上は水平方向1次モードに対する2次共振が速度540km/h付近で生じる。測定値も似た傾向となっている。鉛直方向に関しては、測定値が一部解析値を上回るが、これはガイドウェイの狂い等の影響であると思われる。測定された変位の最大値は、水平・鉛直とも設計値の半分程度であり、側壁ビームは十分な安全性を有していることが分かった。また別途、コンクリートひずみも測定したが、やはり安全性については問題無い値であった。

4. まとめ ①列車風圧荷重を実証的に検討し、その分布長は十分に余裕があること、ピーク値は設計式によりほぼ正確に評価できていることを確認した。②側壁ビームの動的な挙動は、解析によりほぼ説明できること、側壁ビームは高速列車荷重下でも、十分な安全性を有していることが分かった。

現在、車両と構造物との動的相互作用を考慮した解析²⁾を実施中であり、別の機会に報告を行いたいと考えている。

謝辞 リニアPT、山梨実験センターの皆様には試験の計画、実施に当たり多くのご助言、ご指導を頂きました。また現地測定にあたり、(株)テス 熊崎弘氏には多大なるご助力を頂きました。ここに深甚に謝意を表します。なお、本件は国庫補助を受けて実施されました。

文献 1) 涌井一、鳥取誠一、松本信之、奥田広之、渡辺忠朋：側壁ビーム方式ガイドウェイの構造と動的応答特性、鉄道総研報告、vol.5, No.1, pp.25-33, 1991.1. 2) 曾我部正道、古川敦、松本信之、涌井一、田辺誠：超電導磁気浮上列車とガイドウェイ構造物との動的相互作用解析、鉄道技術連合シンポジウム講演論文集、pp.175-180, 1994.12