

モノレールカーの振動と軌道けた精度の関係について

On the Vibration of Monorail Car Forced by the Undulation of Its Track Beam

佐 川 健*
Ken Sagawa

内 容 梗 概

HITACHI-ALWEG モノレールカーの振動に関し、犬山モノレールカーの上下、左右振動の伝達率の周波数特性の計算を行ない、また区間振動試験の振動加速度波形のペリオドグラムと、軌道けた表面の凹凸の形状のスペクトルより伝達率を求め対比した。計算結果と解析結果は比較的よく一致し、モノレールカーの振動はけたの凹凸、変形によって誘起されることを示した。

犬山モノレール線最高速度 40km/h までを対象にすれば、起振源の振幅は上下振動に対して約 1 mm、左右振動に対して 0.3mm 程度、また伝達率は上下振動に対して 1.2~2.0c/s で 0.07 g/mm 程度、左右振動については約 2 c/s で 0.1~0.2g/mm 程度である。

これらの結果から周波数特性と軌道けた表面の形状より各速度における振動状態は推定できると考えられ、さらに高速になった場合の振動状態について検討を加えた。

1. 緒 言

新しい交通機関の一つと考えられる跨座式HITACHI-ALWEGモノレールカーが、昭和37年3月21日、名古屋市近郊犬山に名古屋鉄道ラインパークモノレール線として全線1.4kmの単線で運転を開始した。実用モノレールカーとしてはイタリアのトリノ市に次いで世界で2番目のものである。

この跨座式モノレールカーについて、はじめに上下振動と左右振動の理論計算を行ない伝達率の周波数特性を求め、次に開通に先だって3月14日に行なった区間振動試験における車体床面の振動加速度と軌道けたの精度すなわちけた表面の基準面に対する凹凸より伝達率を求めて対比し、これらの結果からモノレールカーの振動について検討した。以下これらについて述べる。

2. モノレールカーの振動の理論計算

2.1 モノレールカーの振動系

第1図はHITACHI-ALWEGモノレールカーの構造図を、第2図はその走り装置を示したものである。車体の荷重を負担する走行車輪2輪と案内および安定車輪各2輪計6輪の空気タイヤが中空長方形断面の軌道けたにまたがって、それぞれけた面に接している。

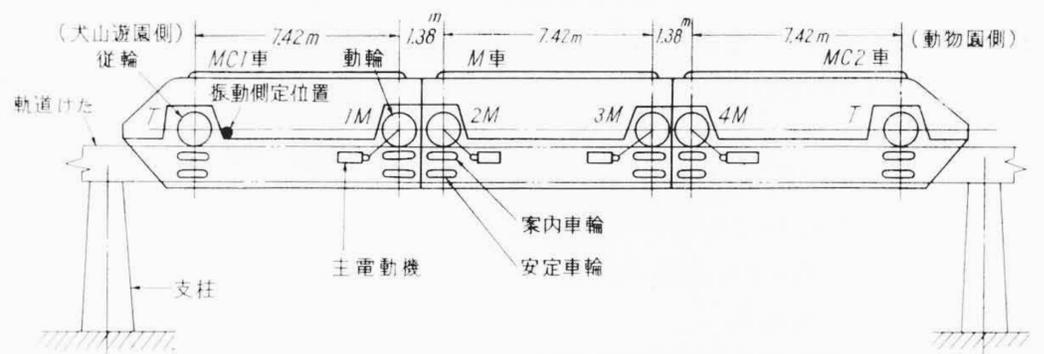
上下方向に対しては、走行車輪が水平軸ばりを介し車体に結合され、またこの水平軸ばりとL形に結合されている垂直軸ばりがあり、この軸ばり下端に空気バネがあって軸ばり端と車体間を弾性結合している。また、案内、安定輪の横方向の弾性によって車体と軌道側面との間は直接的に結合されている。

左右方向に対しては、案内、安定輪がその押付機構とそのゴムバネを介し車体と結合しており、また、走行車輪の横方向の弾性によって車体と軌道とは直接的に結合されている。

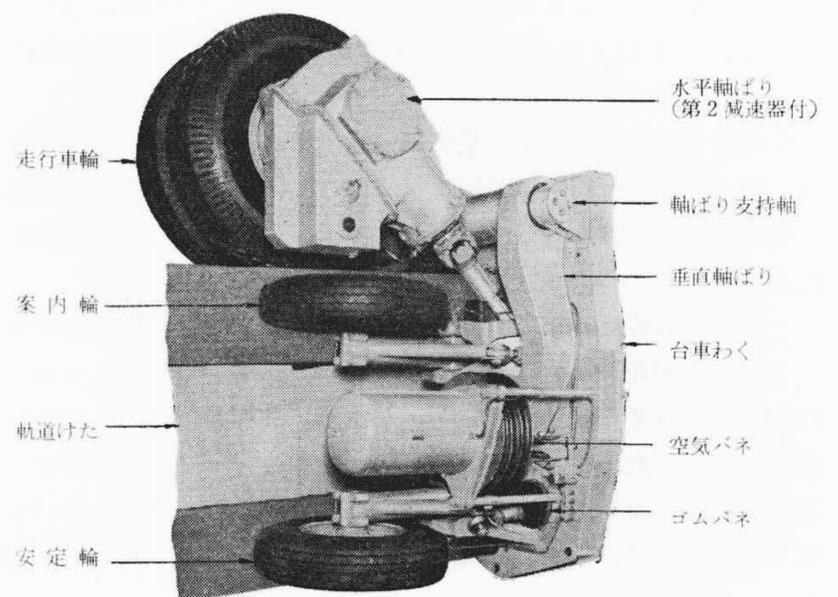
前後方向に対しては、走行車輪、案内、安定輪の前後方向の弾性によって車体と軌道とは直接的に結合されている。

モノレールカーは車体を剛体とすれば、車体は自由度6、前後の走り装置は軸ばりの回転の自由度各1があり、また案内、安定輪とその押付機構の質量を無視すれば、結局モノレールカーは全体として8個の自由度をもっている。ここでは、これらの振動形のうち互いに分離され、振動乗心地の問題として普通考慮される上下振動と左右振動についてのみ解析することにする。

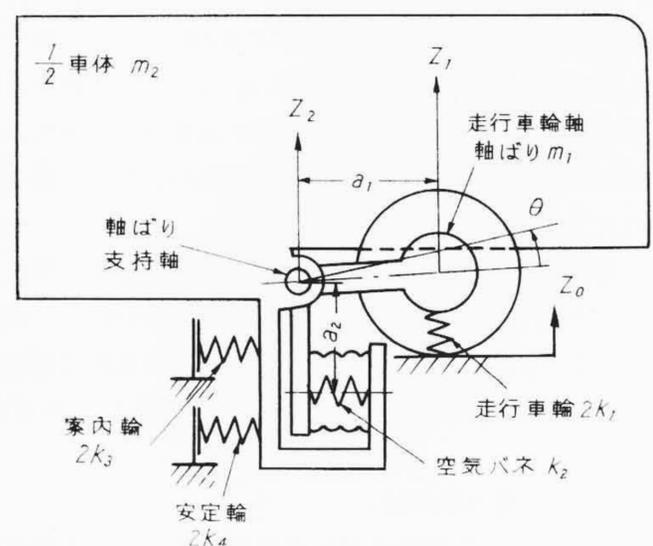
* 日立製作所笠戸工場



第1図 HITACHI-ALWEGモノレールカーの構造図



第2図 走り装置



第3図 上下振動の振動系

2.2 上下振動の周波数特性

モノレールカーを上下振動に対してモデル化すると、振動系は第3図のように表わすことができる。図中に示す使用文字の意味を次に示す。

- k_1 : 走行車輪の上下方向のバネ定数で、空気タイヤの半径方向のバネ定数
- k_2 : 空気バネのバネ定数
- k_3 : 案内車輪の上下方向のバネ定数で空気タイヤのいわゆる横方向のバネ定数
- k_4 : 安定車輪の上下方向のバネ定数で、空気タイヤのいわゆる横方向のバネ定数
- m_1 : 走行車輪、軸ばりの質量を軸ばり支持軸周りについて考えすべて走行車輪軸位置に置き換えた等価質量
- m_2 : 軸ばり支持軸当たりの車体の質量
- a_1 : 軸ばり支持軸より走行車輪軸までの水平距離
- a_2 : 軸ばり支持軸より空気バネの軸ばり端中心位置までの長さ
- Z_0 : 軌道けた走行面の上下方向の強制変位振幅上方正
- Z_1 : 走行車輪軸の上下方向の変位振幅上方正 ($Z_1 = Z_2 - a_1 \theta$)
- Z_2 : 車体 (軸ばり支持軸) の上下方向の変位振幅上方正
- θ : 軸ばりのその支持軸周りの回転角変位時計方向正

これらによって上下振動の運動方程式を求めると次式となる。

$$(m_2 + m_1) \ddot{Z}_2 + \{2k_1 + \varepsilon(2k_3 + 2k_4)\} Z_2 - m_1 a_1 \ddot{\theta} - 2k_1 a_1 \theta = 2k_1 Z_0 \dots\dots\dots (1)$$

$$-m_1 a_1 \ddot{Z}_2 - 2k_1 a_1 Z_2 + m_1 a_1^2 \ddot{\theta} + (k_1 a_1^2 + k_2 a_2^2) \theta = -2k_1 a_1 Z_0 \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 ε は空気タイヤが転動時、横方向にクリープあるいはすべりを起こすために、車輪軸側の変位がそのまま空気タイヤの横変形にはならないのでこれを補正するための係数で、その値は、 $1 \geq \varepsilon \geq 0$ である。 $\varepsilon=1$ はクリープ、すべりのない場合を、 $\varepsilon=0$ は完全にすべっている場合をあらわす。

周波数特性を計算した結果が第4図、第5図である。第4図は車体、第5図は走行車輪軸の伝達率 (ここにいう伝達率は振動加速度と強制変位との比をもって表わす) を示したもので、次の基礎数値によった。

$$2k_1 = 360.0 \text{ kg/mm}, k_2 = 33.0 \text{ kg/mm}, 2k_3 = 2k_4 = 44.0 \text{ kg/mm}, m_1 g = 1.00 \text{ t}, m_2 g = 9.00 \text{ t}, a_1 = 0.665 \text{ m}, a_2 = 0.945 \text{ m}, \varepsilon = 0, 1$$

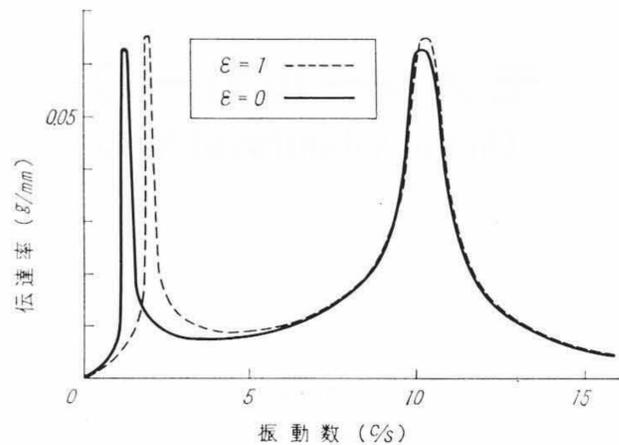
なお、(1) (2) 式には減衰項がないが、これは積極的に与えた減衰機構がないため、ここではモノレールカーがバネとしてゴム製品を使用しており、減衰はゴムの内部減衰によるものとしてバネ定数 k を複素バネ定数 $k(1+0.1j)$ と仮定する。ここに $j = \sqrt{-1}$ である。

モノレールカーの上下振動の振動系は道路車両の振動系とだいたい同じで、空気バネと走行車輪の空気タイヤのバネ定数比は空気タイヤのバネ定数を車輪位置に換算すれば 0.2 程度の値で鉄道車両の 0.5~1.0 に比べると小さく、道路車両に近い。また鉄道車両の台車バネ間重量と対応される走行車輪軸に関する重量が同程度である。このため一般的な傾向として伝達率は走行車輪の振動を主体とした二次の共振点で大きくなる。

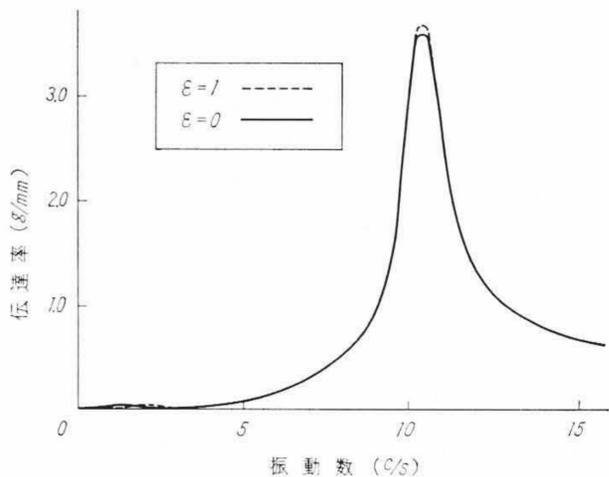
案内、安定輪は押し付けられているが、第4,5図から考えると、押し付けていることの影響は一次の振動のみあらわれ、二次の振動にはほとんどあらわれないと考えられる。一次の振動は低速より高速になるに従って $\varepsilon=1$ の特性より 0 の特性へと移行し共振振動数が下降する。

2.3 左右振動の周波数特性

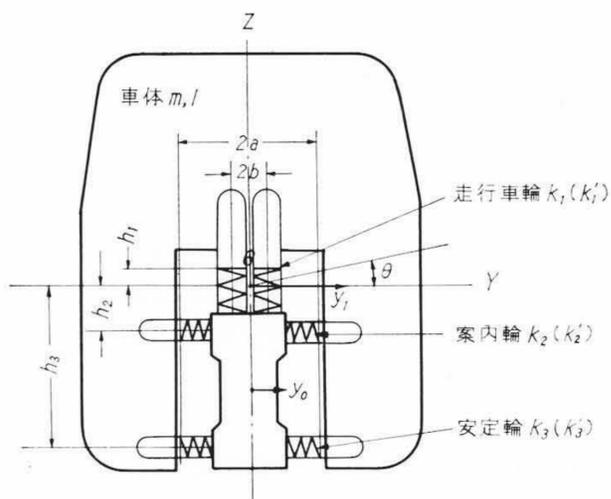
モノレールカーを左右振動に対してモデル化すると、振動系は第6図のように表わすことができる。図中に示す文字の意味は次のとお



第4図 車体の上下振動周波数特性



第5図 走行車輪の上下振動周波数特性



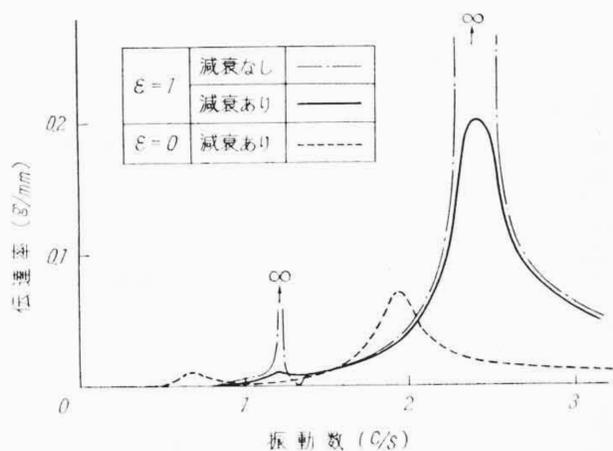
第6図 左右振動の振動系

りである。

- k_1 : 走行車輪の半径方向のバネ定数
- k_1' : 同上横方向のバネ定数
- k_2 : 案内輪の半径方向のバネ定数
- k_2' : 同上横方向のバネ定数
- k_3 : 安定輪の半径方向のバネ定数
- k_3' : 同上横方向のバネ定数
- m : 車体の質量。ただし1走り装置当たりの質量
- I : 車体の重心を通る前後軸周りの慣性モーメント
- $2a$: 左右両案内輪の空気タイヤ有効高さ位置間の距離
- $2b$: 走行車輪2輪のそれぞれの中心間の距離
- h_1 : 車体の重心から走行車輪有効高さ位置までの距離
- h_2 : 車体の重心から案内輪の中心までの垂直距離
- h_3 : 車体の重心から安定輪の中心までの垂直距離
- y_0 : 軌道けた案内安定面について左右方向の強制変位振幅
- y_1 : 車体の重心の横方向の変位
- θ : 車体の重心を通る前後軸周りの回転角変位

これらによって左右振動の運動方程式を求めると次式となる。

$$m \ddot{y}_1 + 2(\varepsilon k_1' + k_2 + k_3) y_1 + 2(k_2 h_2 + k_3 h_3 - \varepsilon k_1' h_1) \theta = 2(\varepsilon k_1' + k_2 + k_3) y_0 \dots\dots\dots (3)$$



第7図 車体の左右振動の周波数特性

$$2(k_2 h_2 + k_3 h_3 - \varepsilon k_1' h_1) y_1 + I \ddot{\theta} + 2\{k_1 b^2 + k_2 h_2^2 + k_3 h_3^2 + \varepsilon(k_1' h_1^2 + k_2' a^2 + k_3' a^2)\} \theta = 2(k_2 h_2 + k_3 h_3 - \varepsilon k_1' h_1) y_0 \dots (4)$$

なお、式中 ε は上下振動の場合と同じ考えの係数である。周波数特性を次に示す基礎数値で求めることにする。

$k_1 = 180 \text{ kg/mm}$, $k_1' = 50 \text{ kg/mm}$, $k_2 = 26.5 \text{ kg/mm}$,
 $k_2' = 11 \text{ kg/mm}$, $k_3 = 17.5 \text{ kg/mm}$, $k_3' = 11 \text{ kg/mm}$,
 $mg = 8.25 \text{ t}$, $I = 1.423 \text{ t} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2$, $a = 0.38 \text{ m}$, $b = 0.199 \text{ m}$,
 $h_1 = 0.3 \text{ m}$, $h_2 = 0.3 \text{ m}$, $h_3 = 1.3 \text{ m}$

なお上下振動の場合と同様バネ定数 k を $k(1+0.1j)$ と仮定する。(3)(4)式より y_1 , θ を求め、これより床面付近の位置を規定し車体の重心より 0.6 m 上がった位置の左右振動を $(y_1 - 0.6\theta)$ によって計算し、これより伝達率を求める第7図が得られる。

走行時の振動は低速より高速になるに従って $\varepsilon = 1$ の特性より 0 の特性へと移行し、高速になるに従って共振振動数は低くなり、伝達率が低くなる傾向にあることがわかる。 ε は完全に 0 にはならぬと思われるから、2~3c/s の周波数範囲の左右振動が比較的多くあらわれるものと思われる。

なお、1 c/s 前後にあるピークはローリングを、2 c/s 前後にあるピークは左右動を主体とした振動によるものである。

3. モノレールカーの走行時の振動

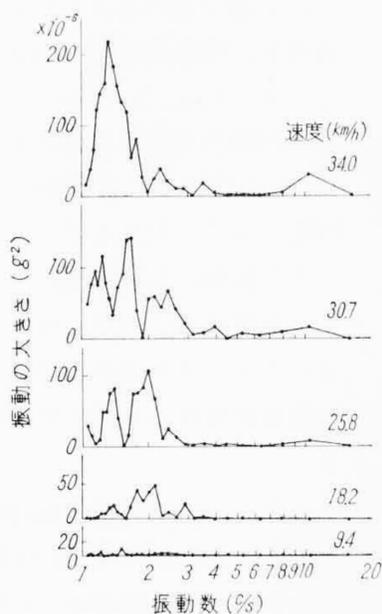
3.1 区間振動試験結果による振動解析

犬山モノレール線における振動試験のうち、区間試験の測定結果から、特に支柱 No. 66 より 64 (けた No. 65, 64) を通過する間の上下、左右および前後方向の振動波形は第8, 9図および第10図に示すとおりである。

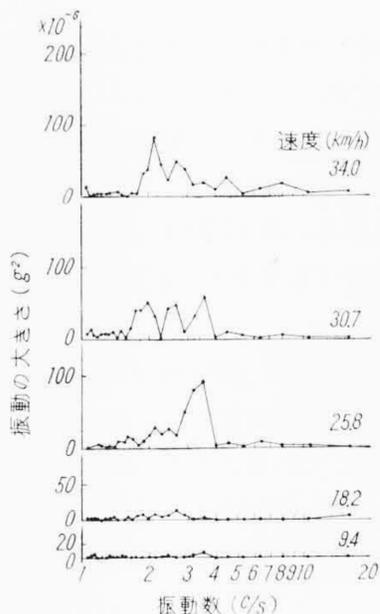
測定は MC1 車先頭側軸ばり支持軸の後方床面で、一般鉄道車両の心皿位置相当の場所 (第1図参照) を選び、上下、左右および前後方向の振動加速度を同時に記録測定した。ここに示した図は一方方向の波形を対比するために、速度順に支柱 No. 66 を起点として各方向別に転載したものである。

使用計器は自家製振動加速度計 (抵抗線ひずみゲージ使用、周波数特性 0~25 c/s まで平坦) 三栄測器製万能ひずみ記録増幅器 (CA602 形) 電磁オシログラフ (100A 形、ガルバ、メータ A-200 形使用) である。

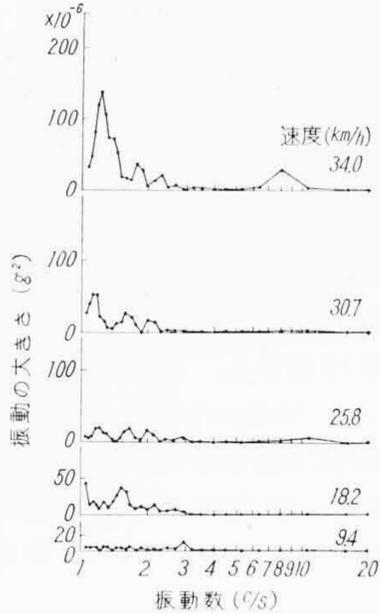
さて上記の波形を 0.0313 秒ごと、



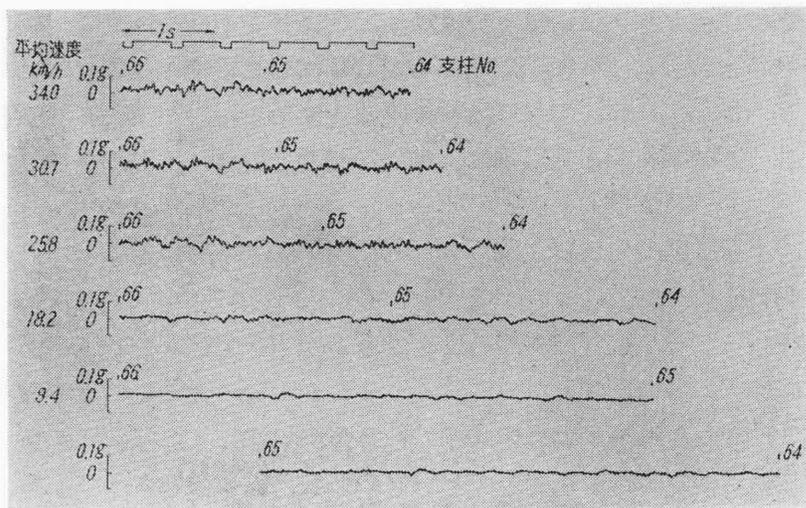
第11図 上下振動ペリオドグラム



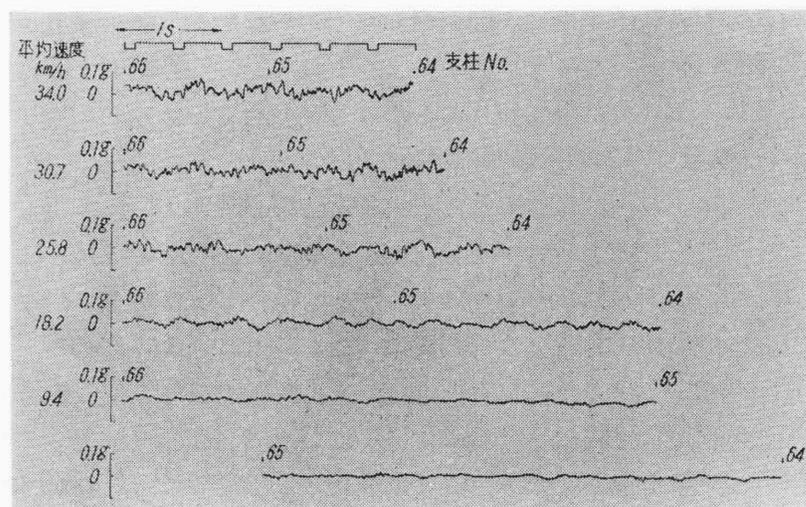
第12図 左右振動ペリオドグラム



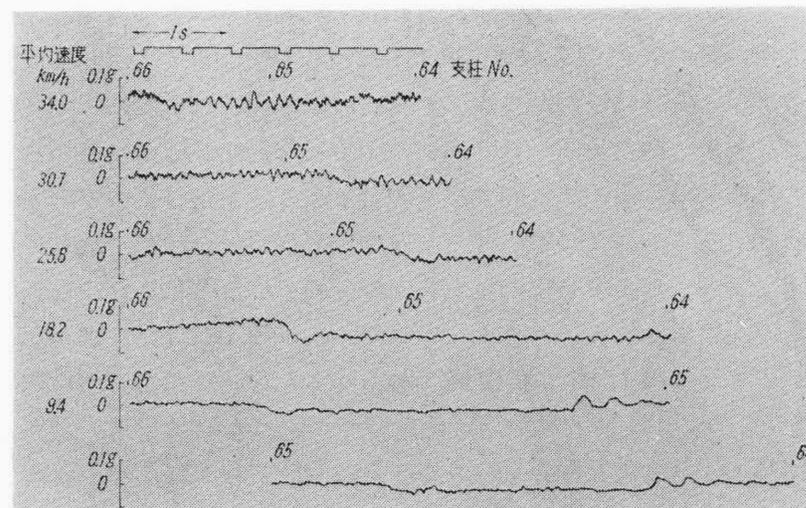
第13図 前後振動ペリオドグラム



第8図 上下振動加速度波形



第9図 左右振動加速度波形



第10図 前後振動加速度波形

実際にはオシログラム紙上で1mmごとにコンパレータによって波形の高さを読み、算術平均の高さを基準にして波形の振幅を求めて時系列とし、これよりペリオドグラムを求めたものが第11, 12図および第13図である。図は横軸に振動数を縦軸に振動の大きさとして振動加速度の二乗をとっている。

上下振動については、30.7 km/h 以下では3 c/s以下にピークが3個所に現われているが、34.0 km/hになると一つの大きなピークになっている。これらのピークより減衰固有振動数が走行速度とともに低下してゆく傾向がみられる。また約10 c/s付近に二次の振動があらわれ、速度とともに大きくなる傾向を示している。左右振動については、各速度についてピークの個数、振動数にあまり明瞭な関係がわからないが、2~4 c/s付近に数個のピークがある。前後振動については、そのピークの個数、振動数が上下振動に非常によく類似しており、上下振動と関係のあることがわかる。これは上下振動の波形の中にはピッチングが含まれており、ピッチングと前後振動が連成している結果現われたものと考えられる。

3.2 軌道けた表面の形状の解析

犬山モノレールけた仕上り寸法の測定結果（鹿島建設によって測定された資料による）のうち、上記振動試験と対応するためにけたNo. 65, 64の走行面の上下方向の形状を示したものが第14図である。図中○印は各けたの両端を結ぶ線を基準にしてけたのキャンバ量を補正して求めたけた表面の位置を示し、実線はこれらの値からフーリエ解析を行ない計算によってけたの表面の形状を求めたものである。けた2スパン30mを1波長として解析したもので、第15図はこのけたNo. 65, 64の走行面上下方向の形状のスペクトルを求めたものである。第16図のスペクトルはけたNo. 66, 65について求めたものである。第15, 16図よりわかることは振幅は二次のものが特に大きく2mm、次に四次のものが大きく1mm程度あることで、これはけたがキャンバをつけて製作されるため、当然のことながら、けた1スパン15mの1波長の振幅が顕著に現われ、次に1/2波長の振幅が比較的大きく現われることを示している。

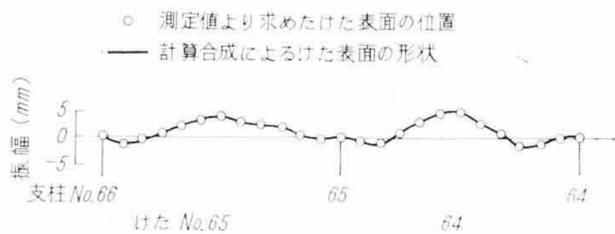
同様に、けたの案内面と安定面の形状から、けたの通りくるいすなわちけたの中心線の左右方向の変位とけたのねじれすなわち回転方向の角変位のスペクトルをけたNo. 65, 64について求めたものがそれぞれ第17図と第18図である。この両図で左右方向の四次は小さいが、ねじりは大きく、五次はその逆になっている。左右方向は0.1~0.3mm程度のものが各波長について分布し、ねじりについては1次が特に大きく四次がこれに次ぎ、2~1/1000程度とみられ、これらを除けばあとは0.4/1000程度のものが各波長について分布していると考えられる。

3.3 走行時における伝達率

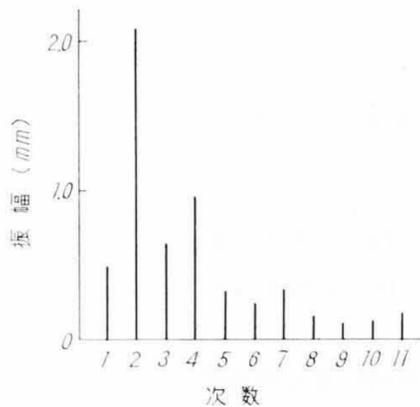
上記のような凹凸が連続しているけたの上を走行するとき、車体に誘起された振動の周波数特性が速度別にペリオドグラムとして求められているので、ペリオドグラムの振動はすべて定常振動によって生じたものと仮定し、これらより各波長に対応した振動の伝達率を求めてみると、第19, 20図が得られる。第19図は上下振動、第20図は左右振動の左右方向の変位に対する伝達率を速度と振動数、波長の関係において示したものである。

第19図から、25.8 km/hにおいて1.9 c/s、30.7 km/hにおいて1.7 c/s、34.0 km/hにおいて1.5 c/sと速度が大きくなるに従って、相対的に伝達率の大きい振動数が低下していることがわかる。これは案内、安定輪のクリープあるいはすべりのために生じた現象で、低速より高速になるに従って減衰固有振動数が下降する傾向にあることを示している。

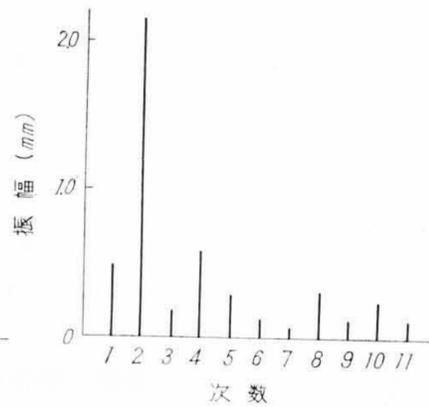
34.0 km/hのペリオドグラムのピークが1.33 c/sで大きくあらわれていたが、これはけた走行面の波長7.5mの振幅が比較的大きく、



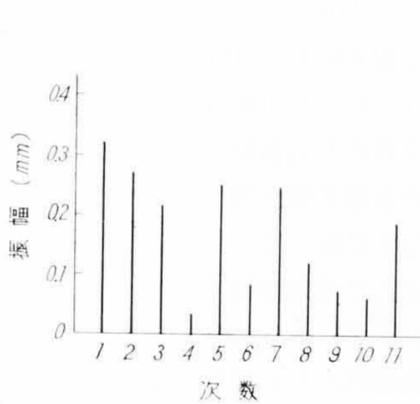
第14図 軌道けた走行面の形状



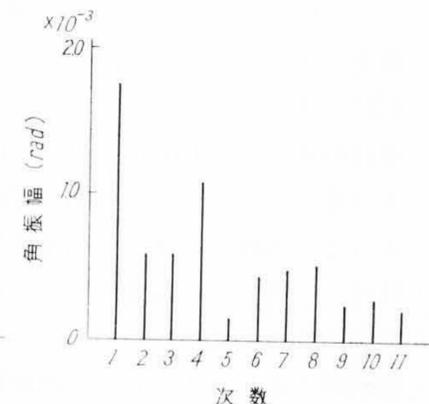
第15図 けた走行面上下方向の形状のスペクトル (けた No. 65, 64)



第16図 けた走行面上下方向の形状のスペクトル (けた No. 66, 65)



第17図 けたの通りくるいのスペクトル (けた No. 65, 64)



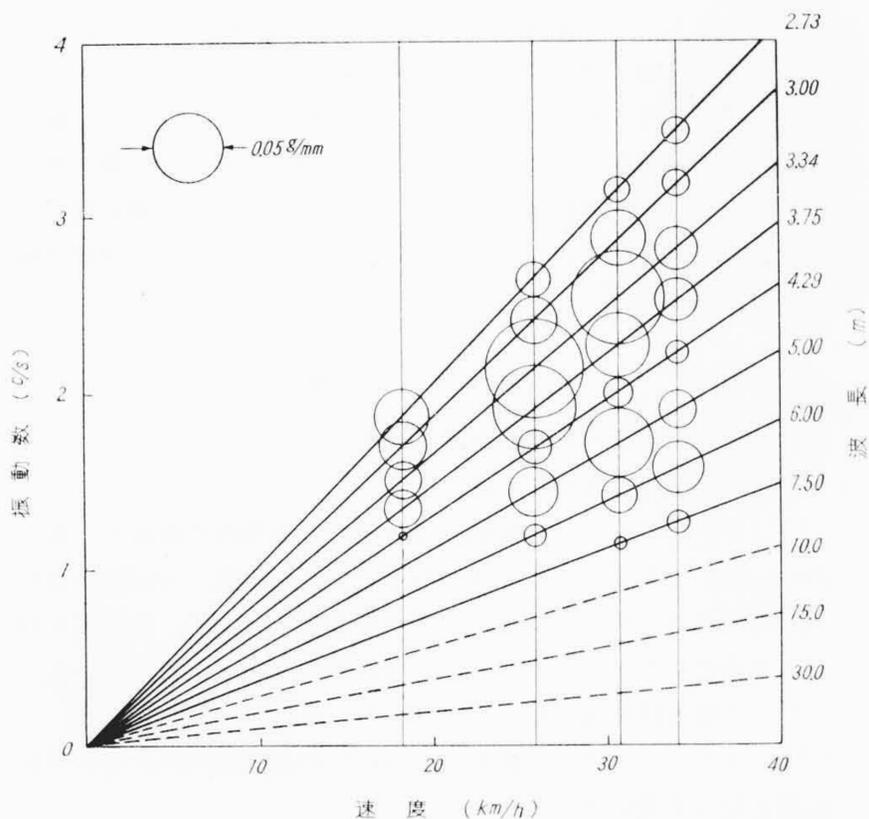
第18図 けたのねじり変形のスペクトル (けた No. 65, 64)

この起振源の大きさの影響がそのまま出ているため、伝達率としては小さいことがわかる。

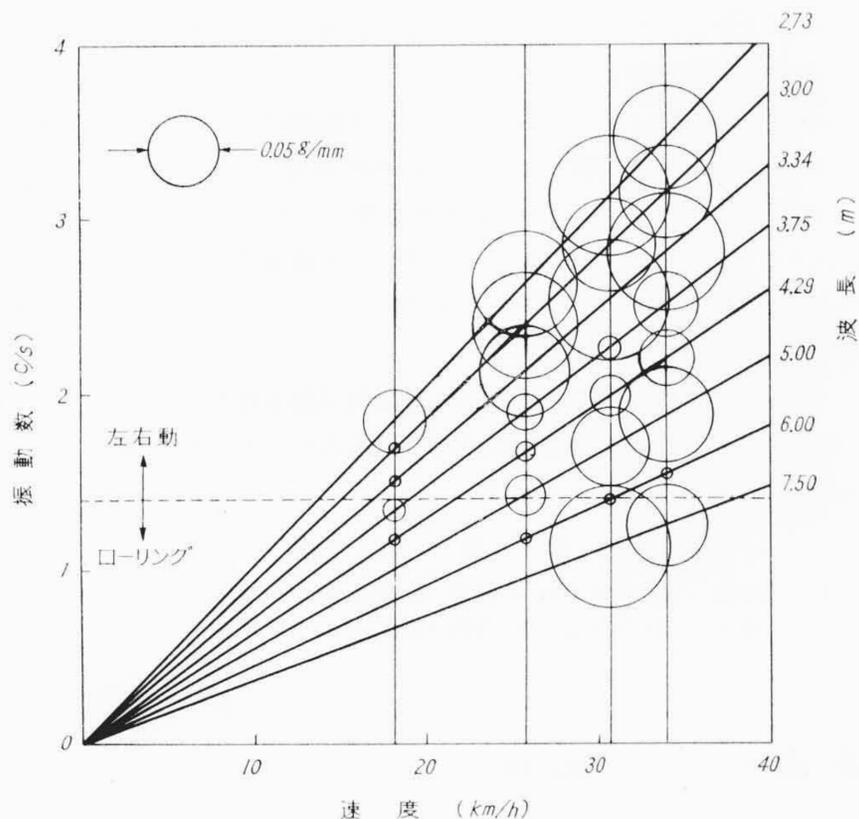
左右振動に関しては、その記録波形中には左右動、ローリング、ヨーイングの三成分が含まれているために第20図のすべてをそのまま受け取ることは問題がある。第7図に示した左右振動の周波数特性から左右動とローリングを主体とした振動形は第20図に示した点線で表わされるから、左右方向の変位に対応するものは2 c/s前後を、回転角変位に対応するものは1 c/s前後のものを取り上げるべきである。したがって波長7.5mの伝達率は大きいこれはむしろ回転角変位に対応させるべきものであると考えられ、この波長7.5mの伝達率は考慮外においてよいと考えられる。この意味から、回転角変位に対する結果は省略する。

上下振動、左右振動いずれの場合についても、34.0 km/h以下という速度においては、波長7.5mより大きい波長について対応すべきペリオドグラムが求められていないが、モノレールカーの伝達率の周波数特性から考えて、10m以上の波長の影響はないと考えられる。

この走行時の結果と伝達率の周波数特性の計算結果とを対応してみると、走行時の減衰固有振動数は計算結果よりやや大きくなる傾向にあるが、伝達率は一応同程度でよく一致している。振動数が大きくあらわれるのは、上下振動に対してはピッチング、左右振動に対してはヨーイングの影響がはいっているためである。



第19図 上下振動の解析結果



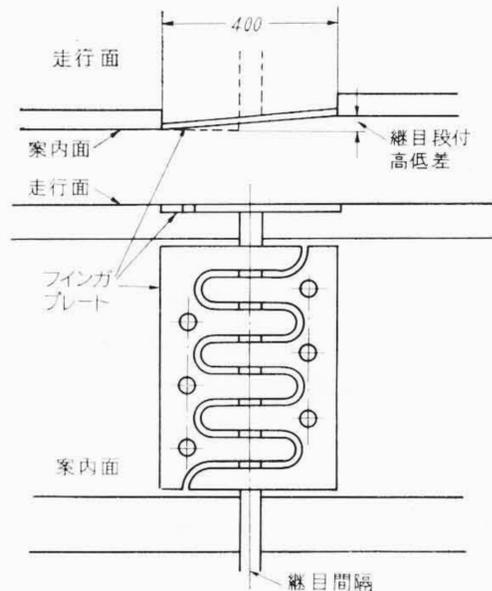
第20図 左右振動の解析結果

4. モノレールカーの振動に関する検討

4.1 振動に影響を及ぼすけたの精度について

振動に影響を及ぼすけたの精度として考えられるものは、けたの製作時のけた表面の凹凸と、これを架設するとき生ずる継目の段付がある。けたは同じ型わくによって成形されるため、けたの表面の凹凸や変形には一つの傾向があらわれ、またけたの継目部には走行面と二つのけた側面のいずれかの面に段付が生じ、これらは避けられない。

はじめに、けた表面の凹凸は前章に示したように上下方向に対しては第15図、第16図、左右方向に対しては第17図で、またローリングに対応するけたの回転に対しては第18図で、これらの振幅がそれぞれ起振源となる。これらの振幅を鉄道車両の場合と比較してみると、鉄道車両では、上下方向については車輪の偏心に0.1mmから0.4mm程度のもの⁽¹⁾があり、また軌条の変形に3mm程度までのものがある⁽²⁾。左右方向は機構上タイヤフランジとレールの間



第21図 けた継目部フィンガプレートと段付状態説明図

第1表 けた案内、安定面継目部の段付 (mm)

	安定面	案内面	案内面	安定面
平均値	2.89	2.29	2.29	2.23
標準偏差	2.53	1.73	1.80	2.45

第2表 けた継目部の段付による左右方向変位と回転角

	左右方向変位	回転角
平均値	0.92 mm	1.68/1,000
標準偏差	0.67 mm	1.82/1,000

に約10mmの間げきがあり、回転方向は左右のレールの状態がまったく同一であるとしても、車輪の左右動により踏面こう配のみによって、1/1000~2/1000程度のものがあらわれる。したがってモノレールカーの起振源の振幅は鉄道車両の起振源に比べて一般には同程度であるが、左右方向に関しては、走り装置の機構上からモノレールカーが鉄道車両より有利であると考えられる。

けた表面の製作精度として設計基準では走行面キャンバ量に対して高低くいを±5mm、けた面の通りくいを±5mm、走行面、案内安定面の回転角については±7/1,000を与えている。けた表面は前記のようなスペクトルを持っており、起振源としては十分基準値内にはいっている。今回の40km/h程度までの速度であればこのけたの製作精度は振動乗心地の面からも十分であるといえる。しかしけたの製作に際しては直接的な値は第14図からも推測されるように十分管理する必要がある。

次にけた継目については、けたを接続するとき走行面が同一平面になるようにけたを接続すると、けたのでき上がり時の変形のため、主として案内面、安定面に段付が生ずる。この段付はフィンガプレートによってある程度緩和される。第21図はけた継目部フィンガプレートと段付状態を示したもので、第1表はフィンガプレート400mm両端における段付の大きさを示した(日立モノレールコンサルタントによる折れ角測定記録の数値より取りまとめた)ものである。ただ一つの継目において、実際に車両に与える影響はけたの中心線の変動である。その左右方向の変位と回転角を求めた結果が第2表である。

継目部の段付は設計基準を3mmとしているが、第1表より架設上3mmを確保することには相当の困難が伴うものと思われる。しかし実際問題として結果的にあらわれるのは第2表の値で、この値についていえば振動上問題はないと思われる。また段付部において衝撃的に変位3mmを与えた場合、けたには0.3mm程度の変位が各種の波長について分布していると考えられるから、けた面の精度基準に比べ段付3mmは妥当な値といえる。

4.2 モノレールカーの高速化について

前章までの解析結果から、今後高速化された場合のモノレールカーの振動状態についてここで考えてみる。

上下振動については、もし車両、けたともにいまの状態、走行速度を2倍の80km/h程度に上げるものとすれば、波長15mによる起振が、いまの波長7.5mによる起振と同じ関係になる。したがって動揺と呼ばれる振動は起振源の振幅から考え、いまの2倍程度の振動が誘起されることになる。また100km/hにまで速度を上げた場合は波長20mの起振源が問題になるが、いまの15mけたの場合は振幅が小さいと考えられ、80km/h前後の振動よりむしろ減少するものと考えられる。

ここに述べた犬山モノレールカーの場合、上下振動の伝達率が1.2~2.0c/sにおいて、0.07g/mm程度であるから、このままでは80km/hにおいて全振幅0.28gの振動が誘起されることになる。この値は最近の振動級別基準A級の鉄道車両に比べやや大きい、このことは最高速度40km/h、起振源の波長7.5m、振幅1mm程度ということから、特に積極的に減衰機構が与えられていないためにほかならない。したがって今後100km/h程度までの速度でA級を期待する場合、鉄道車両の台車と同じ程度のバネ系にできるだけ近づけ、空気バネに並列にオイルダンパを採用し、伝達率を下げる必要がある。オイルダンパの採用によって伝達率は0.04g/mm程度にまで下げ得るから、十分A級の振動状態を保つことができると考えられる。

左右振動に対しては、起振源が0.3mm程度で、伝達率は大きく見積っても0.2g/mm程度と考えられるから、空気タイヤに異常がないものとして100km/hの高速に至るまでを考えると全振幅0.12g程度の振動状態で走行しうると思われる。したがって現在のけたの精度でも特に大きな振動が発生することはなく、A級の振動状態を保つと考えられる。

前後振動に対しては別な意味から高速になった場合、自動車では当然のことであるが、鉄道車両では考えられない振動が発生する。それは空気タイヤを使用する以上、鉄道車両の軸箱、軸箱守といった形でバネが拘束できないため、モノレールカーのピッチングと前後動が連成する。このため下心ピッチングと上心ピッチングが発生

することになる。一方車体のピッチングは走行車輪の上下方向の振動と連成するため、けた走行面の変形はもちろんのこと空気タイヤの偏心、踏面に生じた永久変形あるいは偏摩耗によって走行車輪は上下方向に起振され、ピッチングとさらに前後動が同時に発生することになる。今後高速化する場合この振動は鉄道車両の乗心地を目標にするならば問題で、空気タイヤの偏心、永久変形、偏摩耗は極力除かれねばならない。

5. 結 言

犬山モノレールカーの振動試験結果を主に述べたが、モノレールカーの振動に関して次のことがいえる。

(1) モノレールカーの振動系は一般の道路車両の振動系と基本的には同じであるが、跨座式の特長である案内、安定輪の押付力、空気タイヤのクリープ、すべりの影響のために、低速より高速になるにしたがって、減衰固有振動数が下降する傾向にある。このことは道路車両の場合と異なっている。

(2) モノレールカーの振動は軌道けたの表面の凹凸、変形が起振源となって発生する。

犬山モノレール線の場合、起振源は、上下振動に対してはけた15mを1波長とする振幅約2mm、 $\frac{1}{2}$ 波長の振幅約1mmのものが大きく、左右振動に対しては各波長について0.1~0.3mm程度のものが分布している。

(3) モノレールカーの伝達率は上下振動については1.2~2.0c/sにおいて、減衰機構なしで0.07g/mm程度、左右振動については約2c/sにおいて0.1~0.2g/mm程度である。

(4) 前後振動についてはピッチングと連成するため、鉄道車両では特に考えられない下心ピッチングと上心ピッチングが発生する。

最後に犬山モノレール線における振動試験を行なうに当たりご尽力いただいた名古屋鉄道株式会社の関係各位に対し厚く御礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 国枝：鉄道業務研究資料 9, No. 10, 22 (昭 27-6)
- (2) 桑江：日立評論 38, 569 (昭 31-4)

Vol. 45

日立評論

No. 10

目 次

- ・住友金属工業株式会社小倉製鉄所および大同製鋼株式会社知多工場納条用二重分塊圧延設備
- ・ボイラ管材のバナジウムアタックに関する研究(第1報)
- ・電子照射用600 keV コッククロフト加速器
- ・最近の新絶縁方式と誘導電動機への応用 (SAシリーズ三相誘導電動機)
- ・日立ハイガレジ
- ・液体変速機用高速度比回転検出装置
- ・大容量石油化学工業用ガス圧縮機
- ・日立温風暖房機HP-20形について
- ・新形ヒューズフリー遮断器について
- ・家庭用換気扇の振動および騒音
- ・計数形微分解析機について
- ・H-43, H-44形高速A-D変換器
- ・シリコンおよびゲルマニウム単結晶薄片の赤外線領域に

おける干渉現象(第2報)

- ・セラミックベンシル管 7554
- ・銅鉄合金について
- ・耐熱アルミ合金および被鋼心耐熱アルミ合金より線の高温特性

交換機特集

- ・第2池袋霞ヶ関局納C61形交換機
- ・AK-19形無ひも中継台
- ・AC-21 連接集線装置
- ・AX-2Dクロスバ交換機の標準化
- ・ストロージャ局用MFセンダ装置の実用化
- ・ホテル用電話交換装置
- ・押ボタン式共電式交換機
- ・改良形C41, 54形交換機
——第2浦和局納クロスバ交換機——

発行所 日立評論社

東京都千代田区丸の内1丁目4番地

取次店 株式会社オーム社書店

振替口座 東京71824番

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地

振替口座 東京20018番