

橋りょうは列車通過の際車両荷重によってたわむ。そのたわみ曲線は橋台および橋脚上では折れ角もしくは曲率の大きな凸部を形成する。従って車両はこのような角折れを通過するとき上向き慣性力を受け、軸重は減少し、車体は上下振動を誘発される。車両の走行安全性および乗客の乗り心地の観点から、この折れ角はどの程度におさえるべきかは、橋りょう設計上の大きな問題である。特に、本四連絡橋のように、長径間吊橋の主塔付近では、列車荷重の他に自動車荷重や温度変化も伴って、これまでにない大きな鉛直方向の角折れの出現が予想される。また、同時に、風荷重によって水平方向の角折れも発生する可能性は大きい。鉄道技術研究所では、このような角折れ現象に対して、実物の $1/5$ 模型車両による実験を行い検討を進めてきた。ここでは、本四連絡吊橋に生じると考えられる折れ角現象に注目し、その実験結果と、それに対する理論計算結果を示すに比ぶる。

(I) 実験概要

模型線路の軌間は、狭軌の $1/5$ ($1067/5 = 213.5 \text{ mm}$) とし、図-1 に示すような連続する4個の折れ角(鉛直 $\alpha = 10\%$ 、水平 $\beta = 5\%$)を設定した。また、折れ角と折れ角のスパンは 2 m (実物換算 10 m) とした。実験の対象とした車両は、ワラー型式の2段リンク付2軸車であり、ほぼ実物の $1/5$ の縮尺になっている。車輪のスプークには歪ゲージを貼布し輪重と横圧が測定できるようになっている。また、車体には、6個の加速度計が取り付けられ、上下動、左右動、ピッチングやローリングなどが求められる。これらの測定信号は小型のF.M.送信機によって地上記録装置へ導かれる。

(II) 実験結果

角折れ区間を走行した車両の動的応答をオシログラフに描かせ

た一例は図-2 のとおりである。車体の上下加速度と輪重の波形には、4個の角折れに従って、それぞれ4回の変動が見られるが、横圧と左右加速度はかなり複雑な運動をしているのがわかる。

車体の上下加速度の最大値を複振幅でえがいた一例は図-3 に、輪重減少率の

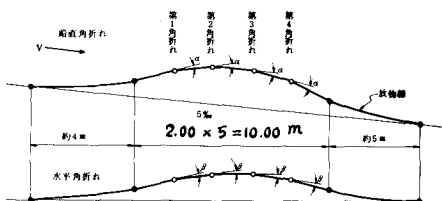


図-1 角折れ区間の軌道形状

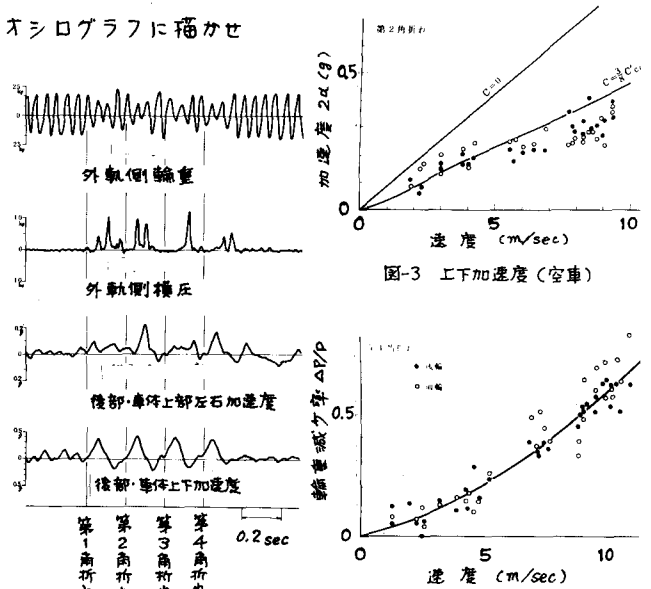


図-2 空車時の記録波形例
($V=10.1 \text{ m/sec}$ [実車 81 km/h])

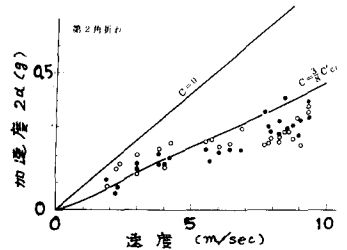


図-3 上下加速度(空車)

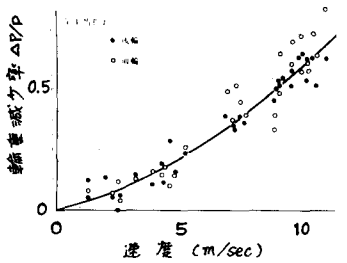


図-4 輪重減少率(積車)

最大値は図-4に示されているが、ほぼ速度に比例しているのがわかる。図-3, 4の中の実線は理論曲線であるが、よく実験値の傾向をつかんでいるのがわかる。これらの模型実験で得られた結論の主なものとして、(1)車体上下加速度の最大値は10 m/sec (実車80 km/h)で空車の時、0.7 g, 積車で0.5 gである。(2)車体左右加速度はほぼ速度に比例し、最大約0.5 gを示す。(3)輪重減少率の最大値はそのほとんどが0.7以下である。(4)横圧は速度に比例しており、最大値は約25 kg (実車換算3.1 t)で、その作用時間は0.03~0.2 secである。(5)脱線係数のほとんどは0.8以下であり、特に、積車の場合はその最大値は0.48である。

(III) 理論計算結果

模型実験を対象として、図-5のようなばね上質量 m_s とばね下質量 m_u とそれらを結ぶばね k と粘性ダッシュポット c からなるモデルを考えた。角折れ部の軌道の軌跡としては、角折れの始点と終点でそれぞれの区間外の直線と z_1 , $\dot{z}_1$ と $\ddot{z}_1$ が連続に結ばれる

$$z_1(x) = a \left\{ x/\tau - (1/\pi) \sin(\pi x/\tau) \right\}$$

なる曲線で近似できるとした。このような仮定にもとづいて車体加速度(2 α)と輪重減少率($\Delta P/P$)の限度による角折れ長さ L ($=\tau V$)の変化に対する限界角折れ量が計算された。図-9はそれを示すものである。また連続する4個の折れ角を走行する貨車の車体加速度の応答は図-7のようになるが、2m(実物換算10m)間隔で4個連続して配置された角折れは個々に存在する1個の角折れで十分近似できることがわかる。一方、図-6のようなボギー車モデルについて新幹線車両を入力して同じ角折れ軌道を走行させたシュミレーションは図-8に示されている。これから、固有振動数の低い車両は連続する角折れの影響を顕著にうけることがわかる。

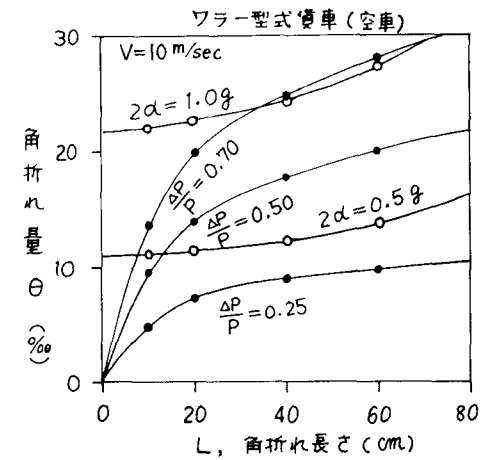


図-9 角折れ長さ L と角折れ量の関係

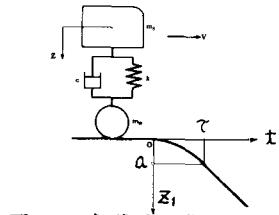


図-5 1軸車両モデル

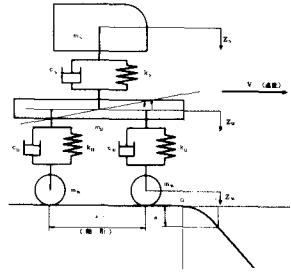


図-6 ボギー車モデル

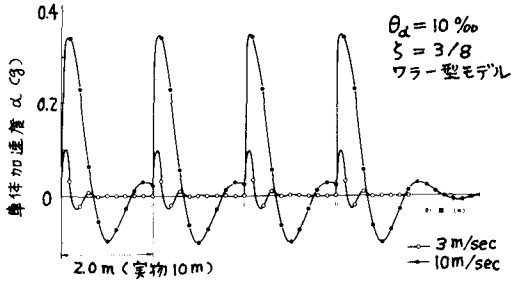


図-7 連続する4個の角折れを走行する模型貨車の加速度応答

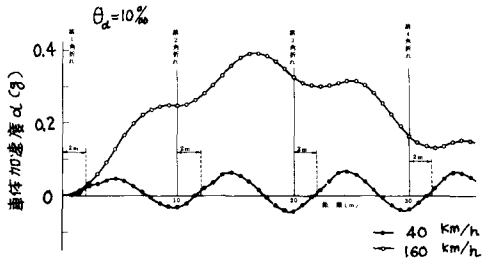


図-8 連続する4個の角折れを走行するボギー車の加速度応答 (車両は新幹線車両モデル、角折れ長さ $L=2.0$ mの場合)