

東京大学 工学部 正員 松本嘉司
 同上 正員 大嶋孝二
 同上 ○学生員 橋本 渉一

1. 概説

車輛運動に関する研究は、古くから自励振動である蛇行動についての研究が進められて来た。さらに長大吊橋を鉄道併用橋とする計画が契機となり、振動軌道上の車輛運動が研究されて来た。本研究は風荷重を受け、さらに軌道が振動する場合の鉄道車輛の運動を解明することを目的としている。風荷重のシミュレーションとして、傾斜軌道による模型車輛の走行実験を行なった。

2. 傾斜軌道の理論

吊橋軌道上で走行車輛に風荷重が作用する場合のシミュレーションとして、振動台上の軌道面を傾斜させる方法がある。横風作用時には、車輛に、抗力 D 、揚力 L 、重心回りモーメント M が作用する。

$$\left. \begin{aligned} D &= C_D \frac{\rho}{2} S \cdot u^2 \\ L &= C_L \frac{\rho}{2} S \cdot u^2 \\ M &= C_M \frac{\rho}{2} S \cdot H \cdot u^2 \end{aligned} \right\} (1)$$

ここに、 C_D —抗力係数 u —風速
 C_L —揚力係数 H —車体高さ
 C_M —モーメント係数 S —水平方向投影面積
 ρ —空気密度 と表わせる。

軌道面を傾斜させて上記と同じ外力を発生させる。(図-1) ここでは、軌道傾斜 α 、車体重量 P 、車体重心変位 l を、水平軌道の走行時から変化させることにより、 D 、 L 、 M を発生させる。これらの関係は以下の式で表わせる。

$$\left. \begin{aligned} P \cos \alpha &= W - L \\ P l \sin \alpha &= M \\ P \sin \alpha &= D \end{aligned} \right\} (2)$$

(2)を変形すると $\tan \alpha = \frac{D}{W-L}$ ここで $\frac{C_L}{C_D} = \frac{L}{D} = \beta$,

$$\left. \begin{aligned} P &= \sqrt{(W-L)^2 + D^2} \\ l &= \frac{M}{W-L} \end{aligned} \right\} (3)$$

$\frac{C_M}{C_D} = \frac{M}{D H} = r$, $\frac{D}{W} = n$ とおくと (3) は $\tan \alpha = \frac{n}{1-\beta n}$ となる。今回の実験では $\alpha=0.1$
 $\beta=0.5$
 $r=0.5$

$$\left. \begin{aligned} P &= W \sqrt{(1-\beta n)^2 + n^2} \\ l &= \frac{r n}{1-\beta n} \end{aligned} \right\} (4)$$

とした。即ち、 $n=0.09524$, $P=0.95713W$, $\frac{l}{H}=0.05$ の値を用いて実験を行なった。実験車輛は3種類(ワラ型1段リンク、ワラ型2段リンク、木キ型)を用いて行なった。

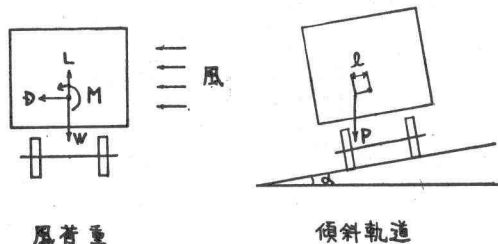


図-1 風荷重と傾斜軌道

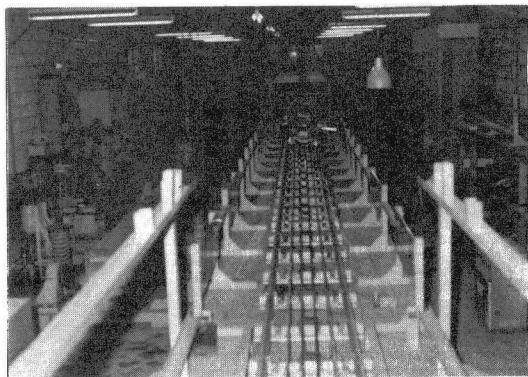


写真-1 振動台上の傾斜軌道

○-4.5%
△-3.0%
×-1.5%
ワラ型 1段リンク 満車 横圧Q 全車重=2mm

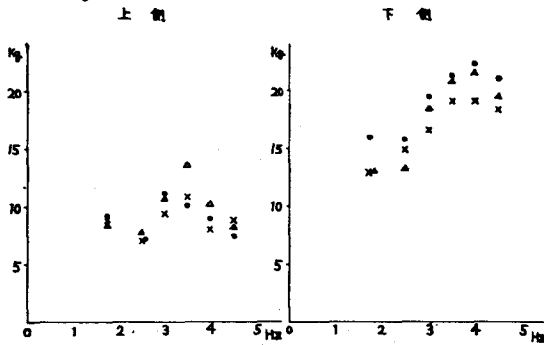


図-2 横圧 Q

○-4.5%
△-3.0%
×-1.5%
ワラ型 1段リンク 満車 輪圧抜け% 全車重=2mm

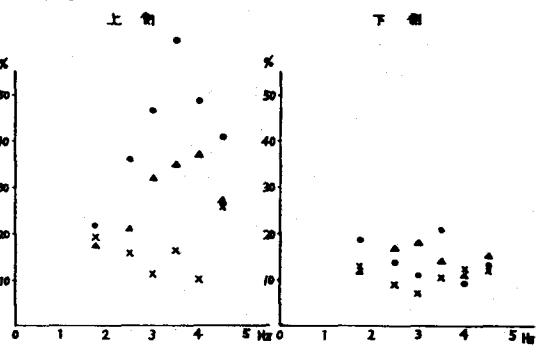


図-3 輪圧抜け %

因みに実車輛が%の傾斜を有する軌道に置かれた場合、即ち、横方向に0.1Gの重力加速度が加わる状態を風荷重に換算すると、表-1のようになり、本実験はかなり厳しい条件であると言える。

3. 傾斜軌道による実験結果

ワラ型1段リンク満車の実験結果を示す。上側、下側とは、傾斜軌道における上側軌条、下側軌条を示す。横圧Q(図-2)は、下側の値が常に上側の値よりも大きく、高速になる程大きくなる。上側の値は速度との相関関係が認められない。上側・下側とも共振央が認められる。輪圧抜け% (図-3) は、明らかに上側の方が大きく、また高速になる程大きく、共振央でのピークが認められる。下側では、振動数変化によっても、速度変化によっても、変化は認められずば一定である。脱線係数% (図-4) は、輪圧の小さい上側が大きく、共振央でのピークが認められるが、走行速度との相関関係は認めにくい。高速では安定している。下側では、共振央での僅かなピークが見られ、走行速度によっても変化は小さく、安定している。軌道加速度を100 galとした時の車体加速度(水平方向、垂直方向、車体側面)を図-5に示す。3.5Hz(実車換算1.6Hz)の共振央のモードは車体の高心ローリングが卓越している。低振動数に於ては、車体の低心ローリングのモードが卓越した共振央の存在が予想される。共振央未満では、停止時より高速走行になるにつれ、加速度が増加するが、共振央以上では必ずしもそうではない。これは興味ある現象である。

実車輛	載荷状態	風速(m/s)
ワラ-1	空	22.9
	満載	41.7
木キ-350	空	39.0
	満載	65.0
ナハ-10	空	22.3
	満員	28.1

○-4.5%
△-3.0%
×-1.5%
ワラ型 1段リンク 満車 脱線係数% 全車重=2mm

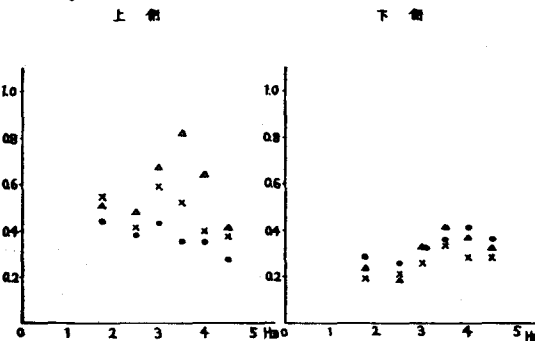


図-4 脱線係数 %

ワラ型 1段リンク 満車 加速度
○-4.5%
△-3.0%
×-1.5%
○-0%
車体横 水平方向
車体縦 垂直方向

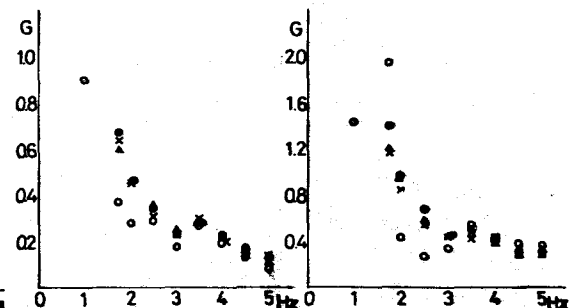


図-5 車体横加速度 G