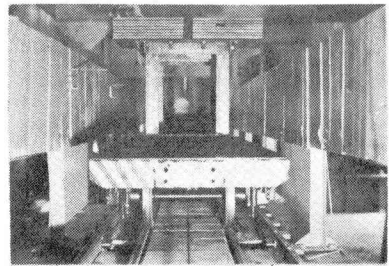


東京大学工学部土木教室		正員	八十島義之助
全	上	〃	松本 嘉司
全	上	学生	西岡 隆
全	上	〃	○ 藤澤 伸光

概 説

吊橋のように剛性の乏しい橋梁を鉄道橋として使用する場合、多くの問題が生じるものと思われるが、その一つとして軌道の振動が車両の走行安定性に及ぼす影響があげられる。この問題を解明するために、筆者らは長さ17mの振動台上に縮尺 $\frac{1}{50}$ の軌道を敷設し、模型の車両を用いて実験を行ってきた。^{*} その結果によれば



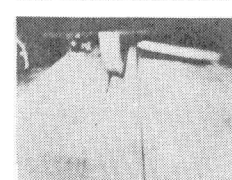
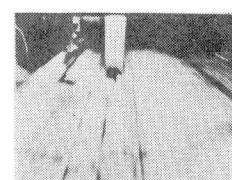
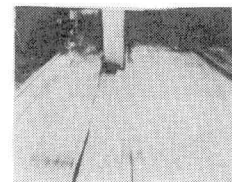
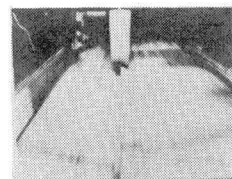
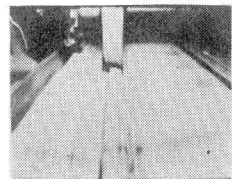
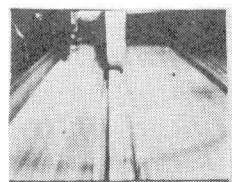
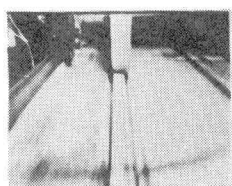
振動台及び 模型車両

1. 軌道の上下動の影響はあまり大きくないが、軌道の左右動は、車両の走行安定性に大きな影響を与える。
 2. 実験では、異なった3種類の脱線が生じた。この3種類の脱線とその特徴は次の通りである。
 - 乗り上げ脱線 他の脱線に比べて急激に生じ、車輪フランジがレール側面を乗り上げて生じる脱線
 - 浮き上げ脱線 バネ上重の激しい動揺を伴わず、ロッキングの早い時期に車輪が浮き上げて生じる脱線
 - 転覆脱線 バネ上重の激しいローリングによって、左右の車輪が交互に浮き上げ、(ロッキング)転倒に至る脱線
 3. 実験の結果に関する限り、転覆脱線の限界が最も低いように思われた。
- 等のことが、ほぼ明らかとなった。転覆脱線は通常の軌道では見られない脱線形態であることや、上記3の点から、これを重要であると考え、その原因となるロッキングやバネ上重のローリングについて研究した結果、ある程度の結果を得たので、ここに報告する。さらに、この結果は、将来 通常の軌道上の問題にも応用できるように思われる。

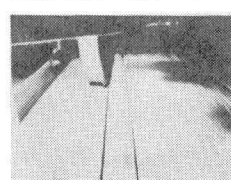
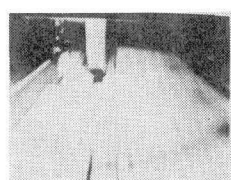
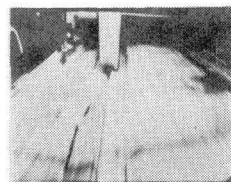
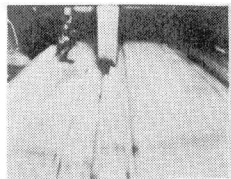
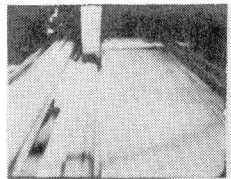
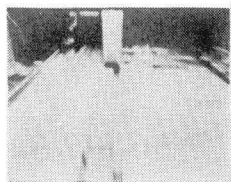
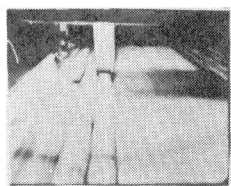
各種要因のローリングに与える影響

初めに、車両に関する各種の要因がローリングに与える影響を実験的に調べてみた。種々の条件の下で、車両を振動台上に停車させ、振動台を左右方向に振動させて、その時の車体のローリング回転角を測定した。回転角は、車体の両側に取り付けた変位計の出力の差を、自作のアナログ式加減算器によって取り出し、 $\theta \approx 0$ であるから $\Delta \ln \theta \approx \theta$ として計算した。実験にあたっては実験計画法を用いたが、装置の都合で、各要因を完全に独立に変化させることはできなかった。また、振動台の加速度がローリングに影響を与えることは明白であるが、一応要因として取り上げた。使用した模型車両はチラー型である。結果の分散分散表を次に示す。表から明らかなように、積載状態によって、軌

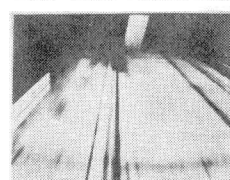
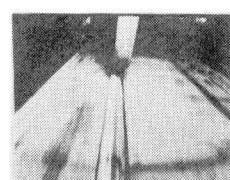
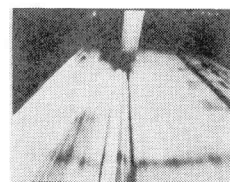
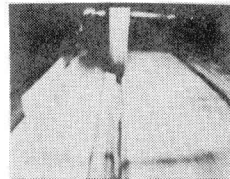
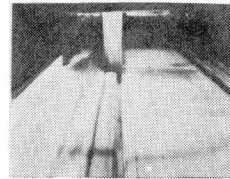
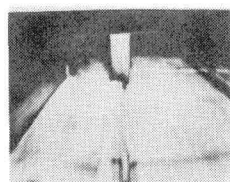
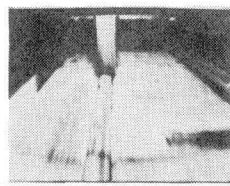
^{*} 吊橋軌道とその車両走行安定性に関する研究 第1,2,3,4中間報告 八十島義之助
(日本鉄道建設公団への委託研究報告)



乗り上り脱線



浮き上り脱線



転覆脱線

道の振動に対する貨車の応答は著しく異なる。次に車輛に関する要因を一定とした時の振動解析の加速度とローリングの関係を調べた結果を図に示す。ローリングが最大および最小となる場合についてのみ示したが、いずれの場合も両者の関係は、ほぼ直線的であることがわかる。これについては、さらに回帰分析

チラー型の分散分析表

要 因	平方和	df	分 散	分散比
荷重の重さ	0.0002037	1	0.0002037	27.53**
桁左右加速度	0.0005148	3	0.0001716	23.19**
重心の高さ	0.0000725	1	0.0000725	9.80*
荷重の偏心	0.0000443	1	0.0000443	5.99*
誤 差	0.0000664	9	0.0000074	

の手法を用いて解析した結果、今回の実験結果に関する限り、両者の関係を一次式で表わすことの妥当性が認められた。

車両の振動

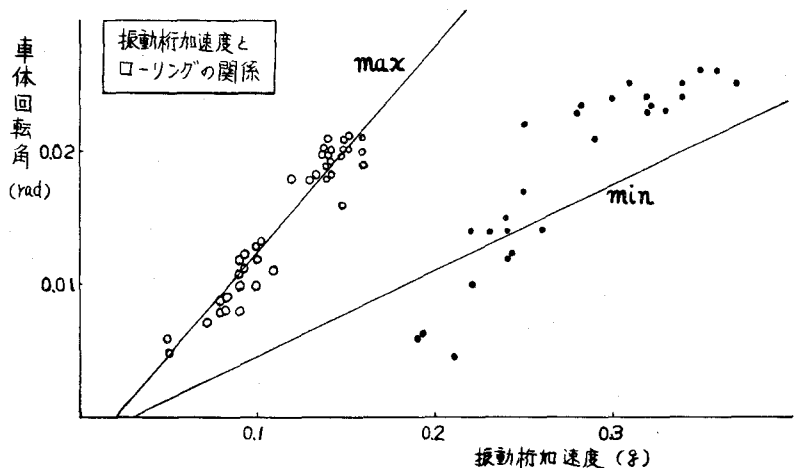
次に車両の振動、主としてローリングについて理論的に解析した結果を示す。解析にあたっては簡単のために、次のような仮定に基づき線型モデルを考えた。

1. 車両停車時を考え、車輪とレールは相対的に変位しないとする。
2. 車体の重心は偏心していないとする。
3. 各バネ、ダンパーは線型とする。

以上の仮定から、5元の線型2階連立微分方程式が導かれるが、5個の式中、2式のみが互いに連成する運動を表わし、残りの3式は互いに独立となる。ローリングに関係するのは前者であるので、以後これについて考察を進める。解を $Ce^{\lambda t}$ (C は積分定数) の形と仮定して、微分方程式に代入すると、振動数を表わす4次の代数方程式が得られる。これに模型車両についての諸値を代入すると、かなり良い値と考えられる。上記の4次方程式の解を満載状態の場合について求めると次のようになった。

$$\lambda = -0.550 \pm 8.70i \quad \text{及び} \quad \lambda = -3.626 \pm 28.70i$$

これより振動数は $8.70 \text{ rad/s} = 1.385 \text{ c/s}$ 及び $28.70 \text{ rad/s} = 4.57 \text{ c/s}$ である。各々の振動数の



場合の振巾比を概算してみると

モード1の時 (1.385 c/s)

$$B/A = 9.721 \times 10^{-3}$$

モード2の時 (4.57 c/s)

$$B/A = -1.9098 \times 10^{-1}$$

但し A: 重心の横変位の振巾

B: 重心回りのローリングの振巾

これよりモード1のモードでは左右動が、モード2のモードではローリングが優勢であることがわかる。また、両モードでは位相が逆である。2つのモードを図式的に示すと右のようになる。回転中心の位置を考えて、これらを各々低心ローリング、高心ローリングと呼ぶことにする。同様に空車の場合の振動数を求めると

低心ローリング 2.87 c/s

高心ローリング 11.72 c/s

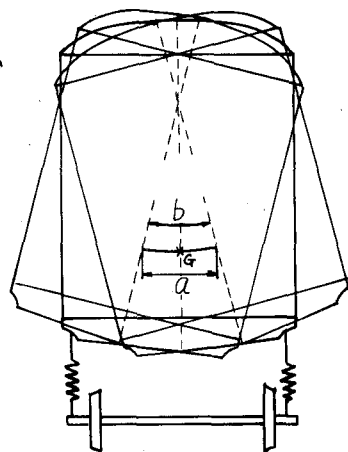
であった。

最後に、脱線時の車輪の様子を写真に示す。これは、模型車両の前輪の運動を16mm ミネ・カメラで撮影したものである。特に興味深いのは、浮き上り脱線と転覆脱線では、車輪と車体の位相関係が逆になっている点で、理論計算と一致するように思われる。なお、速度の効果についても現在、計算中である。

結 論

1. 軌道が左右方向に振動する場合、車体に生じるローリングが車両の走行安定性に大きな影響を及ぼす。
2. 軌道の左右方向の振動加速度と、車体のローリングは、今回実験を行なった範囲では直線的な関係にある。
3. ローリングに関して、積載荷重の重量、積載位置による影響が無視できない。
4. 今回の実験に関する限り、比較的簡単な線型理論による解析が、かなり良く実験結果と一致するように思われる。

高心
ローリング



低心
ローリング

