

1. 序論

鉄道吊橋は強度、耐久的に安全であると共に、使用状態に対しての限界状態を充足していることが大切である。前者は鉄道吊橋の強度、疲労、局部的な破壊につながる使用限界状態であり、橋梁本体の問題であると考えられる。後者は吊橋上を通過する列車、自動車の走行安定性に関する安全度と歩行者の忍限度としての使用限界と考えられる。この後者の問題について、昭和38年度以来東京大学交通研究室では継続的に研究を行ってきたが、これを整理すると次のようになる。

2. 吊荷重によって生じる吊橋の変形、加速度が、列車走行安定性におよぼす影響

吊によって吊橋が振動する時、その上に敷設された軌道と列車が走行する場合の脱線に対する走行安定性について、二種類の模型振動台を作製し、一連の模型実験を行ってきた。初期に使用した振動台は、吊に対する吊橋の応答と考慮して上下、左右方向に任意の周期、振幅をもって正弦波の振動を与えるように設計され、これにより吊橋上を走行する車輛をモデル化したものである。

振動台上に敷設された軌道長17mの軌道の上に、各模型の二軸電車と速度0~45% c の範囲で走行させ、脱線に対する走行安定性を検討した。実験の結果によれば、軌道が吊橋の低次の固有振動数で鉛直方向に振動する場合の車輛運動は比較的安定であるが、軌道が水平方向に振動する場合には、静止した軌道上の車輛の運動とは異なり、車輛にはローリング動が発生し、これが走行安定性、特に脱線に対して影響を与えることが解明された。

図-1はこの実験結果の一例を示したものである。

実験から確かめられた軌道水平方向の振動の影響とともに解明するため、理論解析を通じて車輛運動のシミュレーションを行い、車輛の各振動モードに対する走行時の応答を検討した結果、図-2に示すように軌道が水平方向に振動する場合の車輛の安定性は軌道の水平方向の振動数や振幅のほかに、列車の走行速度によっても影響されることが明らかとなった。

以上の研究結果から水平方向の振動が吊橋軌道上の車輛走行安定性に与える影響を明らかにすることが判明したので、さらに定量的に検討し、高速時の乗り心地も含めて軌道水平方向に対する安定性を解明するため、高性能の

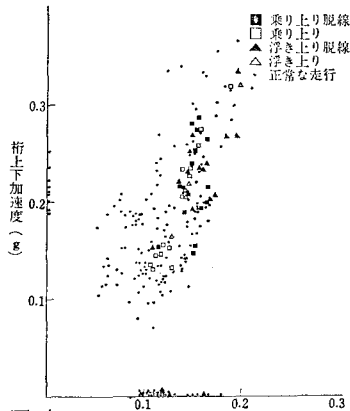


図-1 軌道の水平・鉛直方向の加速度と脱線に対する限界

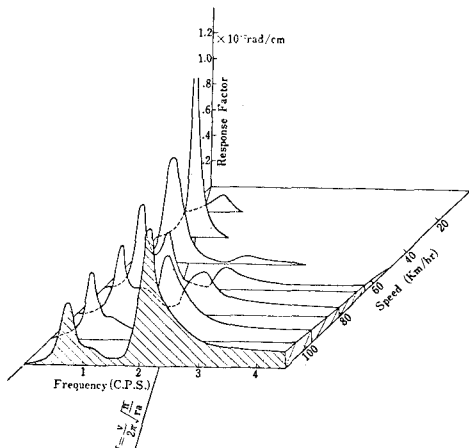


図-2 走行速度が車輛のヨーイングにおよぼす影響(理論値)

模型軌道振動台を作製した。この振動台は長さの相似律を各とし、軌道長36mを有するもので、油圧およびバネ機構を用いて水平方向に $0.1 \sim 10$ cycle の範囲の正弦波で加振することができる。車輛振動の測定は車輛に取り付けに計器からの出力を牽引車に搭載したFM送信機に伝え、受信機で傍受し、磁気テープに記録させる方法を用いている。この研究結果については現在整理検討中である。

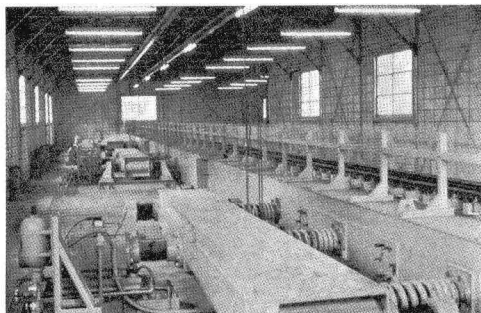


写真-1 振動台

列車の走行安定性に影響を与える吊橋の変形は上記の水平、鉛直方向のたわみ変形のほかに、吊橋塔基部の角折れや勾配、補剛桁の遊間などが考えられる。これらについては本回公団で現在詳細な検討が行なわれているが、このような角折れ部をなくすための一案として、図-3に示すような連続二重吊橋を検討した。

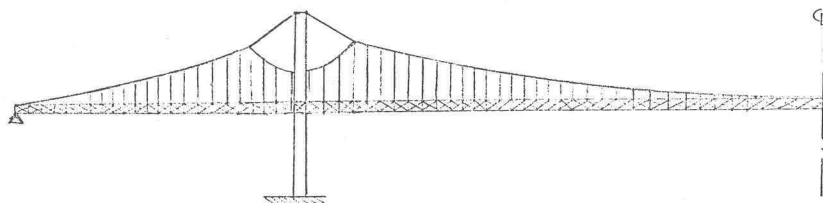


図-3 連続二重吊橋の一般図

試算した結果によれば

- i) 塔基部には支束がないために角折れや変形に対して有利になる。また塔基部に生じたたわみによって、補剛橋の変形の範囲が拡大され、走行路面の変化をゆるやかにする。
 - ii) 従来の連続吊橋に比して、塔基部附近の曲げモーメントは約半に軽減される。
 - iii) 側スパンおよび中間スパンの曲げモーメントの最大値は殆ど変わらない。
 - iv) 副ケーブルと主ケーブルの交差に生ずる曲げモーメントは従来の連続吊橋での値より大きくなるが、側スパンおよび中間スパンの曲げモーメントの最大値を上回る値にはならない。
 - v) 側スパンおよび中間スパンの最大たわみも従来の連続吊橋を上回る値にはならない。
- 等の有利な点が認められる。

またこれと平行に水平角折れがある場合の角折れ通過時の車輛運動を模型車輛を通じて検討した。その結果角折れ通過時に車輛がフランジ拘束力によって連続的に偏倚し、角折れ通過時に横圧はゆるやかに増加するが、輪重には著しい変化が認められないこと、角折れが車輛の運動に与える影響は急激には生じないことなどが確かめられた。

る 吊橋上の車輛に作用する風圧力

風荷重によって生ずる列車走行上の問題の一つに、列車に直接作用する風圧力が考えられる。この問題について、模型車輛を用いて風洞実験を行ない、トラスの充実率、トラスの間隔、迎角、路面の開閉の程度が列車の風圧力に与える影響を検討した。実験は容易に乱れが得られ、かつ現実性の高いトラス内部に置かれた有蓋車、無蓋車を考え、最初にトラス内部の風圧分布による静的空気力を測定し、次に変動风速、および動的空気力の実験を行ない、実験の結果によれば、静的成分については一般にトラスの充実率が增大する程、車輛に対する風圧力は小さくなり、上床部の開床度、トラス幅、迎角などにより変化するが、トラスの存在しない場合に比し、特に危険は認められない。動的成分についてはトラスによって発生した乱れの影響を受け、トラスの充実率が増加するほどその影響は大きくなる傾向が認められた。そのほか上床部を開床にすると揚力がふえること、有蓋車より無蓋車の方の風のめぐる面積に対する風荷重が大きいことが確かめられた。今後定量的な研究を進める必要があると思われる。

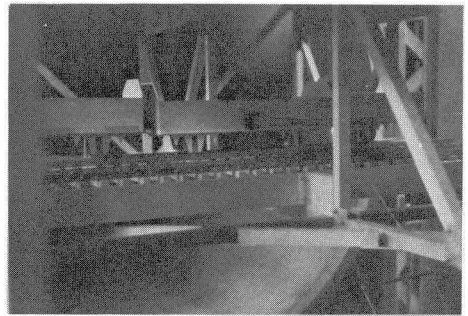


写真-2 風洞内に置かれたトラスと車輛の模型

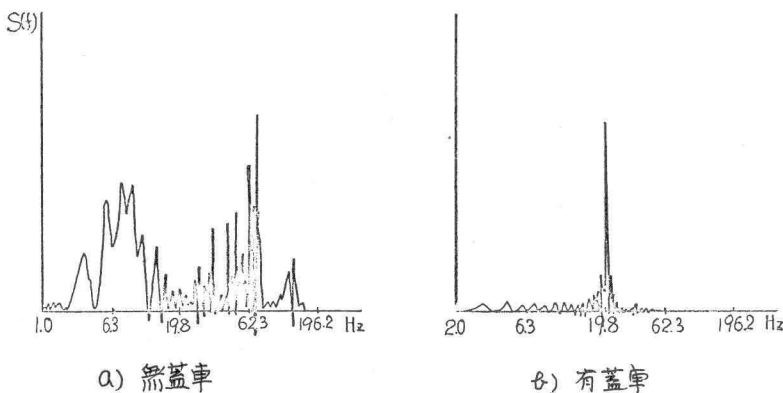


図-4 風圧力による二軸車ローリングのパワースペクトル (风速 11.4 m/sec)

4 列車走行に伴って生ずる吊橋の変形 加速度が列車走行安定性にもよる影響

他の橋梁形式と比較して吊橋は剛性が低く、列車荷重のように比較的集中して作用する活荷重が吊橋を走行すれば、水平方向、鉛直方向の変形が生じ、これは列車の走行上の安定性に影響を与えることが考えられる。既に述べた研究結果から、水平方向の吊橋の振動が列車の走行安定性に影響を与えることが明らかであるので、車輛振動系と吊橋振動系との水平方向の相互作用を検討するための研究を行った。研究は理論では解析困難な横圧発生機構と実験から求め、一方実験ではレミュレーションが困難な吊橋の振動系をアナログ計算機によって計算させる方法ととって、すなわち模型振動台上に軌走装置を設置し、各模型車輛を走行させることによって車輛が軌道に与える横圧とアナログ計算機

に入力させ、計算機による吊橋の応答と振動台にフィードバックさせることにより、車輛の運動を検討したものである。実験では車輛十輦分に相当する荷重が橋梁の一處に作用するものと仮定した。その結果車輛から軌道に加えられる水平外力と吊橋に対する外力とに場合には、吊橋の水平方向の応答は極めて小さく、車輛走行安定性に与える影響はほとんど無視できることが明らかとなった。以上の研究は主に列車走行上の脱線に対する限界状態を対象としているが、突如に地についても現在検討を進めている。

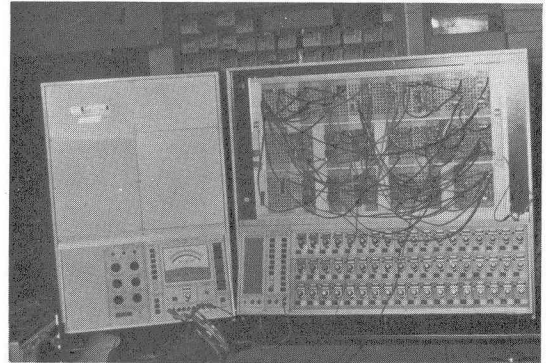


写真-3 アナログ計算機を用いた吊橋のシミュレーター

5 吊橋の変形、加速度が、吊橋を通過する自動車の走行安定性、歩行者の揺れ限度に与える影響

以上の研究は主に鉄道吊橋上と走行する列車車輛の走行安定性に関するものであるが、道路と鉄道との併用吊橋としての使用限界状態は吊橋を利用する自動車や歩行者に対する安全度を含めたものでなければならぬ。吊橋は他の橋梁形式と比較して剛性が低く、外力に対する変形が著しいため、吊橋を利用する人や自動車は、このような変形に対して受ける影響の程度と把握しておく必要があるものと思われる。特に鉄道と道路の併用橋では、列車通過時の自動車の走行安定性や運転者の操縦性等の検討も必要であると思われる。このような問題については各種橋梁形式と考慮して現在研究を行っている。

参考文献

八十島義之助 吊橋軌道とその車輛走行安定性に関する研究 (中間報告ⅠⅡⅢⅣⅤ)

八十島義之助 松本嘉司 伊藤孝 西岡隆 大嶋孝二 吊橋軌道上の車輛走行安定性に関する研究 (第1報)(第2報) 東京大学工学部附属総合試験所年報第22巻昭和39年、第27巻昭和44年

八十島義之助 松本嘉司 西岡隆 EXPERIMENTAL STUDY FOR DERAILMENT ON VIBRATING TRACKS 土木学会論文報告集No164 昭和44年6月

八十島義之助 伊藤孝 西岡隆 SOME PROBLEMS OF SUSPENSION BRIDGES UNDER RUNNING OF RAILWAY VEHICLES 土木学会論文報告集No167 昭和44年7月

西岡隆 軌道の振動と考慮した車輛運動に関する理論的研究 土木学会論文集No172 昭和44年12月
土木学会年次学術講演会における一連の研究報告:

八十島義之助 松本嘉司 西岡隆 藤沢伸光 吊橋軌道とその車輛走行安定性に関する研究(42年)

八十島義之助 松本嘉司 西岡隆 藤沢伸光 振動する軌道上の車輛運動(43年)

八十島義之助 大嶋孝二 塩尻弘雄 軌道の変位と考慮した一輪軸の運動(44年)

松本嘉司 藤沢伸光 鉄道車輛特性値が振動モードに与える影響(44年)

松本嘉司 藤沢伸光 井上夏文 吊橋軌道上の車輛走行運動への転送装置を用いたシミュレーション

松本嘉司 藤沢伸光 中津有策 軌道水平折角通過時の二輪車の運動(45年)