

IV-77 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

東京大学工学部 正員 松本嘉司

同 学員 藤沢伸光

同 学員 〇井上貞文

1. まえがき

長大吊橋軌道上の車輛運動は円錐車輪の仮定の上にクリープカを用いてシミュレーションが行なわれているが、(横圧)↔(車軸)変位間の非線形性がその解決を困難にして、有意な結果は出されていない。この非線形部分を転送装置上に模型車輛を走行させ、その時の横圧を実測することで切り抜け、電子計算機内の吊橋のシミュレーションとオンラインで直結し解析する様試みる。尚、この実験は大編成列車の吊橋軌道上の運動を解析する為の一つの基礎的実験として行、たもうである。

2. 仮定及び計算方法

振動台の性能が横方向に限定されている為、横方向のみ振動のみをとり扱う。吊橋の横振動の方程式としては従来より用いられて来た次式を用いる。

$$\frac{W_L}{g} \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + E I \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{W_L}{g} (v-u) = f(x, t) \quad (\text{補剛桁}), \quad \frac{W_C}{g} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - H u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{W_C}{g} (v-u) = 0 \quad (\text{ケーブル})$$

振動台は常に列車直下の横振動を再現するので $x = Vt$ である。モードアナリシスに依れば、近似的に次の様を解の形を定められる。

$$v = \sum_i q_i \sin \frac{i\pi V}{L} x \quad (\text{補剛桁の変位}) \quad u = \sum_j \psi_j \sin \frac{j\pi V}{L} x \quad (\text{ケーブルの変位})$$

これを用いて次式を各モード独立に計算出来る。

$$\frac{W_L}{g} \frac{d^2 q_i}{dt^2} + \left(\frac{i^2 \pi^2 E I}{L^2} + \frac{W_L}{g} \right) q_i - \frac{W_L}{g} \psi_j = \frac{P(x)}{2} \sin \frac{i\pi V}{L} x, \quad \frac{W_C}{g} \frac{d^2 \psi_j}{dt^2} + \left(\frac{j^2 \pi^2 H u}{L^2} + \frac{W_C}{g} \right) \psi_j - \frac{W_L}{g} q_i = 0$$

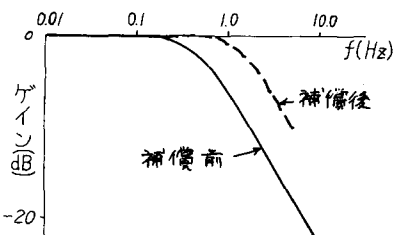
その場合の吊橋の応答は $v = q_i \sin \frac{i\pi V}{L} x$ となる。この式をハイブリッド計算機内でシミュレーションする。即ち、アナログ部では基本振動系を解き、デジタル部で非線形演算である掛算を受け持たせる。次頁の図の様に1/2車輛模型を用いるので相似律に依り、縮尺1/2、加速度1/2、質量1/2とする。

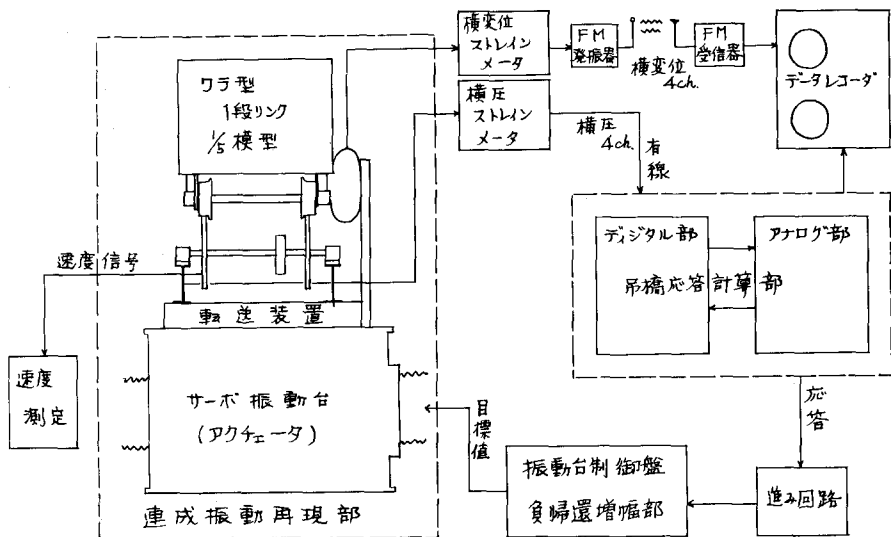
3. 装置及びシステム

ワラ型1段リンク二軸模型車輛、転送装置、サーボ型振動台、ハイブリッド計算機。

この内、サーボ型振動台の周波数応答を測定した。その周波数

特性は右図の様に約0.2Hzより減衰傾向を示し、横圧の振動数約3Hz付近での振幅減衰及び位相遅れが実験の重大な障害となることが予想されたのでハイブリッド計算機からの出力を進み回路に通して応答特性の改善を行った。横圧測定装置として円板軌条の軸受の下にH型鋼を設置し、ストレインゲージにより-20dB

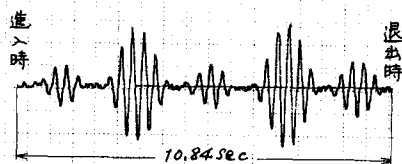




システム全体図

4. 実験結果及び考察

スパン1000mの吊橋の模型として200mスパンの橋を想定した。車輛と橋梁との重量の違いが余りにも大きすぎた為、単一車輛を走行させてみても吊橋の応答は極めて僅かであった。そこで十輜編成の列車を考慮、最も危険な場合として、十輜全体が同じモードで蛇行をしたと仮定し横圧を十倍にして実験を行った。そのうち最も顕著な特徴を持った波形としてモード5の振動を下图に示す。



モード5

$$V = 18.44 \text{ m/s}$$

これは蛇行の周期が約3Hzで、モード5の共振点に近い為、吊橋のモード5での振動形の腹の部分に列車が通りかかったとき、一種のうなり現象を起すものと考えられる。

その他のモードでは振幅は極めて小さいものが多く興味ある結果は得られなかった。車体の振動は連成振動の影響が、包絡線に僅かに見られるのみであった。この様に連成振動が判然としなかつたのは、車送装置の剛性が十分でなかったこと、及び横圧測定用H型鋼が薄過ぎた為に振動台の振動を吸収してしまい、車輛の蛇行動に顕著な影響を与えることが少なくなつた所為と思われる。

今回の実験では吊橋の解析にモード解析を用いて各モードを独立にとり扱って実験を行ったが、数種のモードの重ね合せについても今後扱ってみる必要があるのではなからうか。又、サーボ機構の特性改善、車送装置及びその振動台への取り付け部の補完などが今後実験を進めていく上での課題となるであろう。