

東京理科大学理工学部 正員 田村 浩一
国鉄 鉄道技術研究所 正員 口川 慎一

1. まえがき； 環境保全対策のうえから、列車走行時に起る地盤振動をより軽減し、また振動の予測技術を確立するには社会的にも重要な課題の一つである。本試験は図-1の如き模型橋を造りけたう式で、荷重、支承架の条件を定めて、起振機にかけた強制力を作用させ構造物、振動特性と地盤振動との相関性を検討し振動対策、基礎設計を得ようとしたものである。

2. 試験概要； 構造の型式として単純げん（T型、スラブ橋）とラーメン式とし、前者に於ては支承E、鉄筋（ $5 \times 5 \times 2.5 \text{ cm}$ ）、フレンハット（ $5 \times 5 \times 0.8 \text{ cm}$ ）A（2枚重ね）、B（4枚重ね）の3種に分け、ラーメンは単純げん2種をそれぞれPC鋼構によじて剛結し行つた。起振機は計圧中央に固定し各型式を載せた位置で底面が不平坦な方向に加振し（1～50 Hz）、その都度構造物の変形と、橋脚直角に基礎から離れ 50 m までの地盤上測定で振動を測定した。

3. 試験結果； 加振範囲に分けて構造物、基礎等は「單純げんの場合」、柱部で1つ橋脚で2つあり、橋脚のものは橋脚半径/10を上に一致す。⁽¹⁾

ラーメンでは柱と橋脚の基礎等は一致し、柱直、T柱（両端2箇所）を除きいずれも基礎等は1/10あり。⁽²⁾ 柱の基礎等は剛性が低いほど、ばね定数が大きいほど振動数が低い。⁽³⁾ 桥脚基礎の振動レベルは、橋脚の基礎等を除けば、ラーメン、鉄筋、T柱等、順に振幅は小さくなる、橋脚の基礎等ではその傾りでない。地盤上の測定等⁽⁴⁾

同じ加振条件でも測定上によって共振曲線の模様は異なり、⁽⁵⁾ 振幅も距離的に一定の領域ではあるが、加振方向、振動数加速度に影響された傾向を示す。⁽⁶⁾ 特に鉄筋、橋脚方向加振では振動数に依らず距離的に顕著な $\pi - \theta$ が現出した。図-2は柱加振時の地盤上の測定別の共振曲線で、曲線の番号の数字は離れを示してある。この場合の橋脚基礎の基礎等は10、16 Hz附近において、地盤のそれは至れり外れ $\pi - \theta$ が現出される。⁽⁷⁾ 地盤の振幅は柱のほど複雑な傾向を示している。図-3は各柱間直加振時（30 Hz）の各地盤の振幅を示したもので、柱も10 m地盤で顕著な $\pi - \theta$ を形成している例を示す。

4. 地盤の動特性； 模型橋附近における自然微動を観測した結果、3～4.5 Hz、10～11 Hz、13.5～14 Hz、17～18 Hz、9.4箇所に $\pi - \theta$ ～スパクトルの卓越値が認められた。この地盤、地質構造は表層のロード層（厚2.3 m, $T_3 = 150 \text{ sec}$ ）以下砂礫層（厚0.8 m, $T_3 = 230 \text{ sec}$ ）砂礫層（厚4.9 m, $T_3 = 430 \text{ sec}$ ）、シルト层、細砂層（厚11.4 m, $T_3 = 230 \text{ sec}$ ）

sec ），碎石・粗砂層（厚24.6 m, $T_3 = 430 \text{ sec}$ ）等の互層となり成る。⁽⁸⁾ 不透水層が最も存在する地下構造と帶状微動の關係について論じた著者等の研究結果が本地震にて適用可能とされ、力学的性質の構成と地盤、固有振動数との関係はつきのように、地盤は3層以上を水岩層、S波相当速度として上層から170, 290,

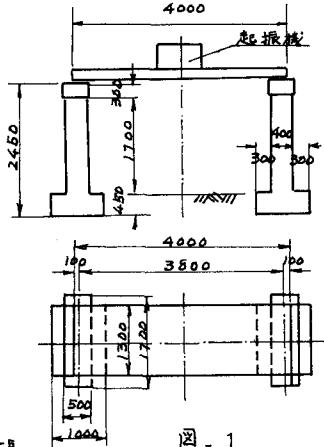


図-1

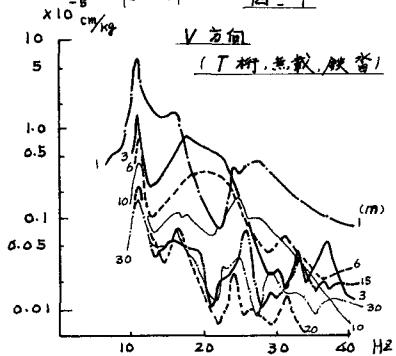


図-2 地盤の共振曲線

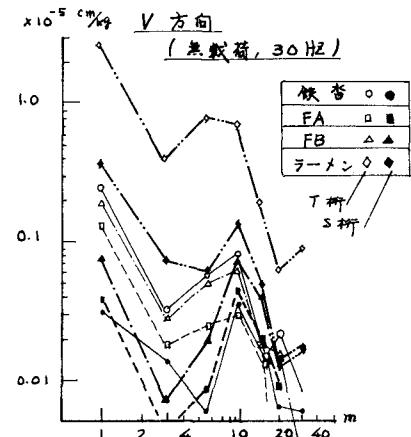


図-3 距離減衰

440 "sec が得られ、固有振動数として $\pm 1/4$
の半周期として 13.8 Hz 、半周期、半周期を l_0
半周期として 3.4 Hz が得られ算越値と割合一致す
る。また 17 Hz 附近の算越値に対しては表層の
半周期、半周期 10.5 Hz 附近のものは計測して
は、シルト土の層は軟い砂層としてそれを
考慮して実測、計算用の土壤反射率に上部振動数
を加え 17.8 Hz 、 10.1 Hz が得られ割合を
測定のピークと一致する。

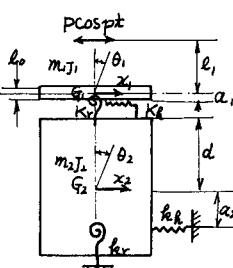


図-4 力学モデル

5. 模型橋の強制振動解析； 橋直加振時の解析は前年度本会において示
されておりので、ここでは橋軸直角の強制振動を扱う。この模擬用時の解析
モデルは図-4に示すように橋上橋脚の2つの剛体成形要素と地盤と地盤
のばねで支持される、半自由度系の剛体のロッキング振動として、半周期
一周期では、橋軸直角には橋脚、橋脚/橋上層と地盤のばねで支えら
れる半自由度、ロッキングとして計算を進める。振動数に応応する各層の
応答計算の結果は図-5の通りで割合実測の値と一致している。ただし地
盤のはねは、同一の層のボルト拘束の載荷試験から求めた工式変形係数 $E_0 = 29.9 \text{ kN/cm}^2$ を基準とし、日本道路公会、下部構造設計指針にて
各成分の反力係数を求め、これを基礎として固有振動数 (f_0) を求め、実
測の共振率 (f_r) から倍増率 ($\Gamma = f_r^2 / f_0^2$) を逆算して動的半周期を求
てある。

6. 波動の性質； 地盤中の波の性質を知るために、鉛直方向に橋軸の位相
速度を調べた結果、両成分とも低の振動数ではほぼ一定値を保つが途中か
ら振動数の增加に伴なって速度は低下し、同時に振動数が一気に推移
する場合を表面波の分散性の例とし、半周期の位相速度加振のそ
の共振位がある。図-6は表層のS波速度を用いて波長とラグ波の周波数を
求めたもので波長は半周期の約1.5倍である。ラグ波は波長の短い極限で
上層より長い極限で下層よりそれがS波の速度に等しくなることが知ら
れていた。橋軸加振の半周期解析の値がまさに遅れた震構成のS波相速度
にも近いこと、波の進行方向に対する振動方向もラグ波と一致すること
から橋軸加振の位相速度を求める(図-6に記入すると $20 \text{ m}, 5 \text{ m}$ が波長の
長、短の極限としてラグ波の性質をよく想わせていること)がうかがえる。
ラグ以外の表面波としてレイレイ波があり波速はS波より小さく二
つの波も表層のある場合は分散が起り、波長の短いときは表層の、また長い
ときは下層のレイレイ波に近くしてかねて水であります。分散の模様から
鉛直波よりうちはレイレイ波と判断される。図-7は鉛直加振時にはレイ
レイ波が主体となり他の実体波を発生するとき等、上下層にこれまで得られた
表面波とS波速度を用いて組合せた下部振動数と干渉の起る位置の関係を調
べたところ各振動数が発生したピークの位置と割合一致した。文献：1) 表
復一郎ほか；地下構造と震時微動の関係について、物探第27卷第5号 2) 土木学会；土木技術者への振動強度

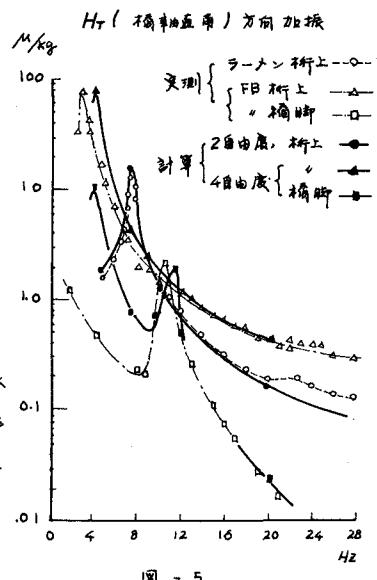


図-5

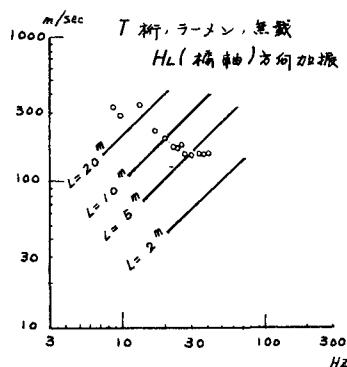
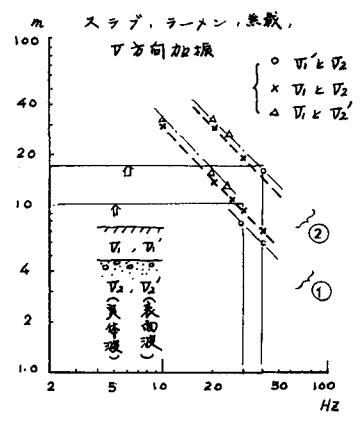


図-6 位相速度とラグ波の速度



↑印は距離減衰曲線のピーク位置

図-7 振動数と干渉の位置