

東京理科大学理工学部 正員 田村 浩一
国鉄構造物設計事務所 正員 ○ 西村 昭彦

1. 実験概要； けたと支持するシューのバネ定数の変化がけたの振動性状および地盤振動に与える影響を測定するため、鉄道技術研究所構内に図-3に示す模型橋脚を設置し、その上に図-2に示す、剛性の異なる2種類の鉄筋コンクリート模型けたを置いて、起振機による強制振動試験を行なった。橋脚を設置した地盤は図-1に示すように、厚さ85cmの表土の下に1m程の関東ローム層があり、その下深さ10mまではN値が40~50の砂しき層となっている。弾性波速度は表層およびローム層でP波が300m/s, S波が150m/s, その下の砂しき層でP波が730m/s, S波が430m/sの値を示している。またそれより求めたポアソン比, 剛性率(kg/cm^2), ヤング率(kg/cm^2)は表土およびローム層で0.333, 370, 1000, 砂しき層で2.234, 4300, 10600となっている。強制振動試験は、2種類のけたともスパン中央に小型起振機を設置し、振動数は1~40Hzで行なった。

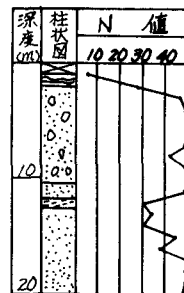


図1 土質柱状図

2. 模型橋りよう； 試験の対象となるけたは、東北新幹線スラブ軌道用単丁げたとバラスト軌道用単丁げたであり、次の条件で縮小し断面を決定した。(1) けたのスパンは1/4とする。(2) 単純に支持された原型と模型の一次固有振動数が等しくなるようにFEを定める。その結果得られた2種類のけたの断面を図-2に示す。鉄筋はいずれもD10を使用した。橋脚は高さを実物の1/4としたが、橋脚の安定計算から断面が決定され、実物と共振振動数はあっていない。また支承は鉄板 $5^{\text{cm}} \times 5^{\text{cm}}$ 厚2.5cm, フレシパッドは $5^{\text{cm}} \times 5^{\text{cm}}$ ゴム厚8mmの形状のものを2枚重ね(表-1中のフレシパッドA), 4枚重ね(同フレシパッドB)として用いた。

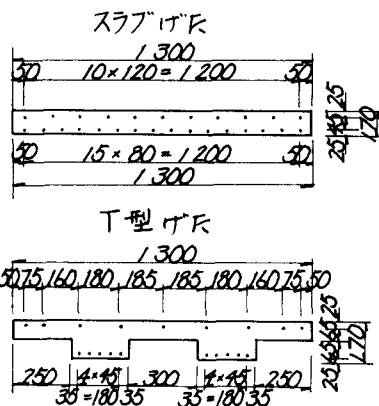


図2 けた断面図

3. 実験結果； スラブげた, T型げたともに強制振動試験を行なった。起振方向は鉛直および水平方向(橋軸, 橋軸直角)の3方向とし、さらにけた上に荷重(けた自重の1/2の砂袋)を等分布状に載荷した場合の試験と、けたと橋脚をボルトで締めつけ剛結としたラーメン構造の試験も行なった。強制振動試験の測定は加速度計(けたおよび橋脚はゲージ式加速度計2g-max, 新興通信製, 地盤上はサーボ型加速度計, 明石製作所製)により行なった。橋りよりの計器の配置を図-3に示す。地盤は橋軸直角方向に橋脚端から1, 3, 6, 10, 15, 20mに配置した。鉛直方向の試験から得られた結果を表-1に示す。これで見ると、スラブ桁, T型けたともシューの違いによるけた中央の振幅にはさほど差はみられないが、橋台の振幅はフレシパッドシューの方が小さい。減衰定数はシューのバネ定数が小さくなるにしたがって大きくなる。地盤1m付近の振幅はばね定数が小さくなるにしたがって小さくなる傾向にあった。なおけたの振動モードは曲げ振動であった。

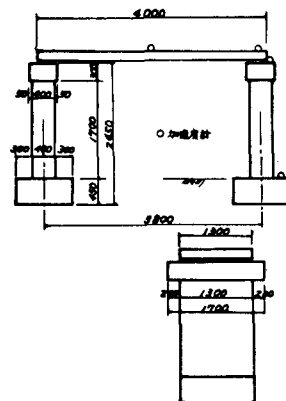


図3 計器配置図

4. カサモデル； けたの強制振動の解析モデルとして図-4に示すようなモデルを仮定した。橋脚は土のば

ね(図中**カ**)に支えらる剛体とし、けたは質点に分割し、各質点の間は曲げ剛性をもつはりで連結した。またシュールはばね(図中**カ**)とした。橋脚およびけたの各質点は鉛直方向のみ動くものとした。計算は固有振動数、固有モードを求めるモーダルアナリシスにより5次固有振動数まで求めた。また減衰は速度に比例するものとした。

4. 計算結果: 以上の力学モデルにより計算した結果を図-5、表-1に示す。けたの曲げ剛性の算出にあたっては、下側鉄筋のかぶり2cmはひびわれが入ったとして断面二次モーメントの計算には考慮しなかった。しかし、けたの重量には考慮してある。また、ヤング率はテストピースの圧縮試験から求めた $2.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ とした。数値はT型けた $5.426 \times 10^9 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$ 、スラブけた $1.143 \times 10^9 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$ である。フレキシバッドのばね定数はT型けたで $A=10\text{ t/cm}$ 、 $B=5.0\text{ t/cm}$ 、スラブけたで $A=8\text{ t/cm}$ 、 $B=4\text{ t/cm}$ を使用した。土のばね定数としては、弾性波速度より求めた $E=1000 \text{ kg/cm}^2$ を $1/2$ して E_0 とし $\lambda = 0.4 \times E_0 \times B_v^{3/2}$ (B_v : 基礎の換算幅 $B_v = \sqrt{A_b}$) から求めたものを使用した。また、図-5 (b)の共振曲線からわかるように、橋脚の一次共振振動数は16 Hz付近と考えられることから、これに一致させるため、土の振動付加質量としては、橋脚の底面積と同面積で厚さ1.25mのものを考慮した。この結果スラブけたの方はかなりの精度で結果を一致させることができたが、T型けたの方は共振振動数にやや差があった。また表-1にあげた減衰定数は1次の共振点におけるものであり、橋脚の振動が卓越するモード(モード解析では3次モード、16 Hz付近)では減衰定数を大きくした。図-5の計算値は3次以上のモードは減衰定数を0.15として求めたものである。以上の結果より判明したことは、(1)橋脚の動きはシュールのばね定数が小さくなるにしたがつて減少すること。(2)その減衰効果はけたの剛性が高いほど大きいこと。(3)減衰定数は高次モードは大きくなる傾向にあること等である。しかし、上記解析では地盤への影響が解明されていないので、今後、有限要素法などにより地盤振動の解析を進めていかなければならない。この実験は国鉄の技術課題で実施したもので、御指導をいただいた鉄道技術研究所構造物、地質研究室、実験を担当された東京第三工務局技術管理課、福山コンサルタントの皆様には、厚く御礼申し上げます。

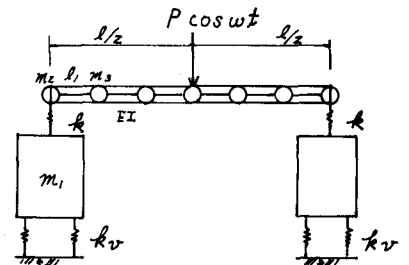


図4 力学モデル

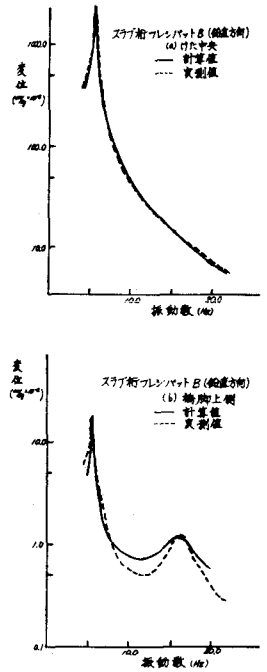


図5 共振曲線

表-1 計算結果

けた型式	載荷荷重	シュール型式	強制振動試験結果							計算結果			
			共振振動数(Hz)	振幅 ($\times 10^{-4}$ mm)			伝達率 C/B	減衰定数	共振振動数(Hz)	振幅 ($\times 10^{-4}$ mm)		減衰定数	
				A けた中央	B けた端部	C 橋台				けた中央	橋台		
スラブ桁	無	鉄シュール	6.21	238.09	2.24	2.06	0.78	0.013	6.00	241.7	2.25	0.020	
		フレキシバッドA	5.65	169.04	—	1.52	—	0.017	5.75	210.5	1.86	0.025	
		フレキシバッドB	5.49	214.11	29.98	1.72	0.06	0.024	5.50	221.3	1.83	0.025	
T型けた	無	鉄シュール	11.11	37.46	1.44	2.18	1.51	0.015	11.05	36.7	2.35	0.030	
		フレキシバッドA	9.22	40.48	7.59	0.98	0.13	0.029	10.00	42.4	2.09	0.030	
		フレキシバッドB	9.15	40.01	11.08	1.10	0.10	0.036	8.85	43.1	1.57	0.035	