

東京都立大学 正 ○ 長嶋文雄
 同 学 末田俊久
 同 正 伊藤文人

1. まえがき 橋梁上を鉄道車両が走行するときの地震動等に対する走行安全性の照査は通常両者間の相互作用を無視して行なわれる。これは問題をいたずらに複雑化させることを避けたいもので、個々の系については非常に精度の良い応答解析が可能であるという利点がある。本報告は上記のような照査手法を用いる上での一資料とすることを目的とし、橋梁上に車両を満載した状態で橋梁の両支点を同位相の正弦波で強制振動させたときの相互作用力の影響を検討したものである。

2. 連成系モデル 筆者等の検討¹⁾によれば、橋桁中間部を走行する車両のヨーインク角は非常に小さく、また走行速度による影響も顕著ではないことより連成系モデルとしては Fig. 1 に示すように半車体²⁾を静止状態で橋桁に満載し、強制変位に対する橋桁車軸位置の横変位と各半車体の走行安全性(脱線係数、輪重抜け)等の検討を行なうことにした。橋梁については Table 1 に示すような実橋に則した諸元を有する5種を考え、減衰は Inglis タイプを用いた。各橋梁は等価な動特性を有する単独梁に置換した。Fig. 2 は橋桁の質量に対する車両の質量の比を明示したもので、実線は橋桁全質量に対する全車両質量の比、破線は1車両長当りのものである。スパン 130 m のトラス橋では $\gamma = 0.3$ 程度であり、5 ケースの中で一番大きな値を示している。

3. シミュレーション結果と考察 連成系による応答計算とともに、車両に対する等価質量 m_e を付加した単独梁3種 ($m_e = 0.2985$: 車軸と台車, $m_e = 1.539$: 全車体の $1/2$, $m_e = 2.7795$: 全車体質量 [ts/m]) の計算も平行して行なった。

Fig. 3 は固有値解析結果(橋梁 1 次、2 次)であり、橋梁単独の場合に対する等価質量系と連成系(C.S.)の固有振動数の変化をパーセント表示したものであるが、質量比と密接な関係があることが判る。連成系に於ける固有振動数の変化は等価質量系の場合と比べて 30~40 m クラスではいわゆる車両のばね下質量と車両全質量の $1/2$ との中間に近く、130 m では全質量を付加した場合よりも固有振動数が低下している。Fig. 4 (a),(b) は入力波の振動数がそれぞれ 1, 2 Hz のときの橋桁中央に一番近い車両の車軸位置の横変位の最大応答値について連成系に対する等価質量系の応答値の比を明示したものである。130 m の橋梁に 1 Hz の入力をした場合、等価質量系に於ける応答変位がいずれの場合も連成系による応答変位より大きいのは興味深い。相互作用力の影響の定性的な傾向は橋軸方向に 1 車両長さを考えれば簡略化した連成系モデル (Fig. 5) でも把握できる。Fig. 6 (a~e) の実線は車両、橋梁ともに 1 自由度のモデルの連成系の絶対変位(強制項のみ)

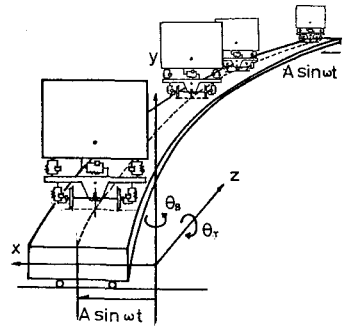


Fig. 1 Coupling model

NO.	SPAN (m)	WEIGHT (t)	TYPE	NATURAL FREQUENCY		DAMPING COEFFICIENT	INGLIS TYPE DAMPING CONSTANT
				1st (Hz)	SYMMETRY		
1	30	275	COMPOSITE GIRDER B.	4.247		0.02	1.067
2	40	410	COMPOSITE GIRDER B.	3.006		0.015	0.5666
3	130	900	TRUSS	0.7296	6.566 (2nd)	0.015	0.1375
4	380	10 300	SUSPENSION SIDE S. B.	0.2012	1.811 (2nd)	0.01	0.02583
5	876	23 750	SUSPENSION CENTER S. B.	0.07376	0.6639 (2nd) 1.844 (3rd)	0.01	0.009269

Table 1 Bridge data

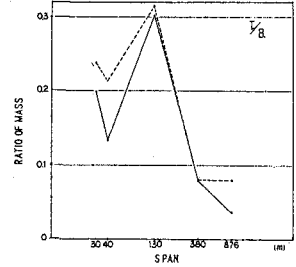


Fig. 2 Mass ratio

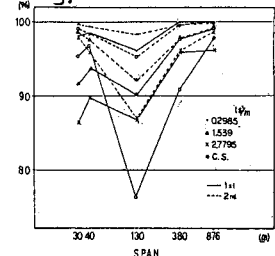


Fig 3 Eigen value

の周波数応答曲線である。車両の固有振動数は1 Hz に設定し、橋梁の振動数は Table 1, No. 1~4 に対する値を用いている。また破線は車両と橋梁それぞれ単独のときの応答曲線である。相互作用力の影響は橋梁に関する曲線④の実線と破線の差となって現われる。応答曲線のピークの平行移動と車両の固有振動数に近い入力振動数帯域で応答曲線の変化が見受けられる。前者は等価な質点を付加させた場合にも同様の現象が起るが後者は連成系の特徴的なものである。特に質量比の大きな130 m (C) の場合に顕著であり、車両が dynamic vibration absorber のような働きをしていることがわかる。Fig. 6 (d) は同じ130 m であるが道路鉄道併用橋のような質量比の小さな場合である。(C) と比べて相互作用力が小さいことがわかる。Fig. 7 は等価質点 ($m_e=27795$) を用いた通常の走行安全性の照査のときに走行安全限界のグラフ上にプロットされる点に連成系のシミュレーション結果を示したものである。この等価質点による方法はかなり良い近似を与えるものと判断される。長大橋については自由振動項が非常に大きくなるので以上のような正弦波入力による検討では不相当であると思われる。

[参考文献] 1) 長嶋他 鉄道車両-橋梁連成系の水平方向に関する動的応答解析, 3日概要集。2) 日本鉄道建設院 本州四国連絡橋の列車走行に関する研究報告(走行分科会)。

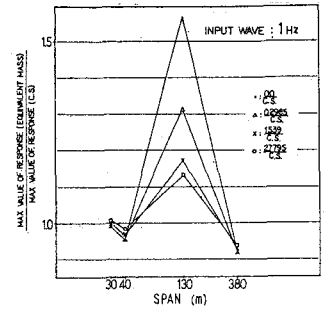


Fig. 4 a

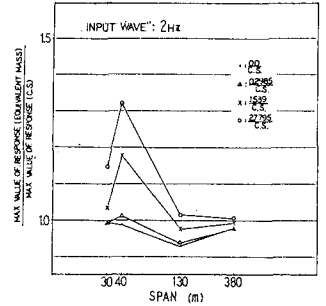


Fig. 4 b

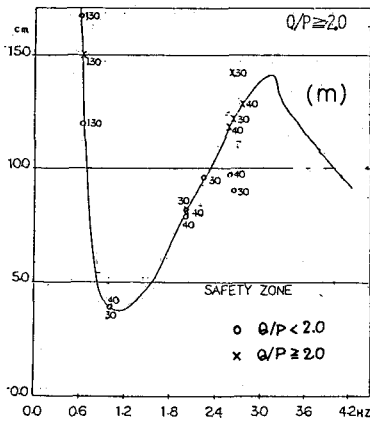


Fig. 7

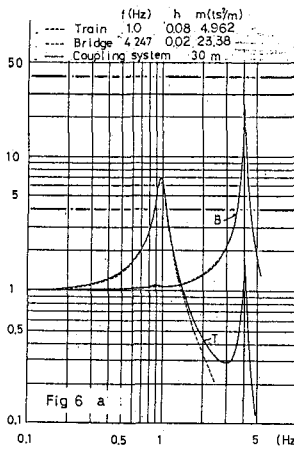


Fig 6 a

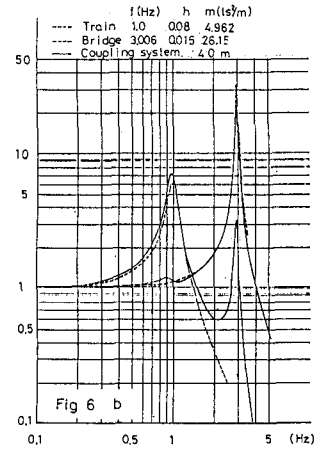


Fig 6 b

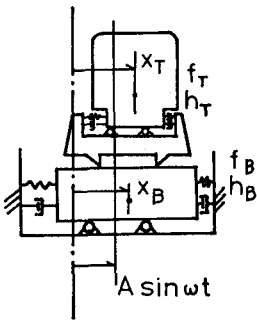


Fig. 5
Coupling model

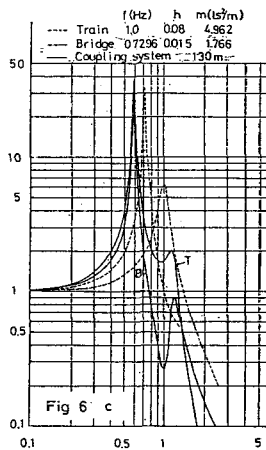


Fig 6 c

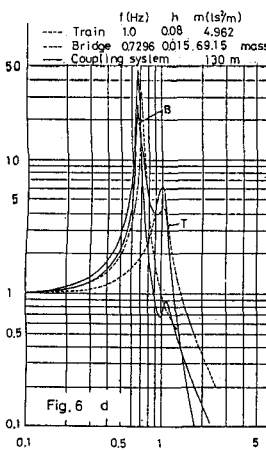


Fig. 6 d

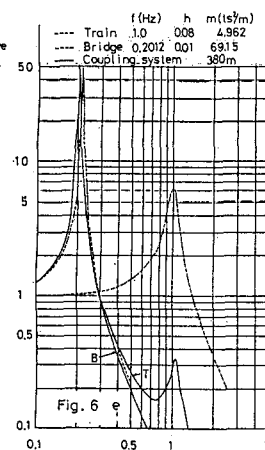


Fig. 6 e