

高架橋の機能に及ぼす地震動の影響

建設省土木研究所 正員 栗林 栄一
 " " " 〇飯田 裕
 建設省中国地方建設局 " 堀田 富三
 建設省土木研究所 市川 秀樹

まえがき

高い橋脚をもつ橋など長大橋においては地震時に生ずる変形が比較的大きくなるものと考えられる。ときにはこの変形が橋の機能に影響を与えることもあり得る。ここでは、本州四国連絡橋として計画されている道路鉄道併用高架橋の地震時の列車走行性に関連して行なった解析計算結果について報告する。

1. 車両振動のシミュレーション¹⁾

地震時の橋上における鉄道車両の脱線に対する安全性を検討するためにシミュレーションが行なわれた。以下その概要を説明する。車両を図-1に示す力学モデルに置き換える。モデルのばねには一定の伸縮限界を越えると剛性が高くなる非線形硬化ばねが想定されている。当初静止していた軌道が正弦運動を開始するものと仮定し、モデルの輪軸に水平方向の正弦変位を与える。正弦変位は5波連続するものとし、輪重 $P_1, P_2 (\geq 0)$ 、横圧 Q の経時応答を求める。脱線の判定基準には $Q/P_i (i=1, 2)$ を用い、 $Q/P_2 > 2 (Q > 0)$ または $Q/P_1 < -2 (Q < 0)$ なるとき脱線するものと考えている。正弦変位の振幅、振動数を種々変化させて計算することにより図-2に示すような脱線に対する限界曲線が得られる。図-2は、正弦変位の振幅と振動数の関係が曲線より上方の領域に属するときには脱線が生じ、下方の領域に属するときは安全に走行することを示している。

2. 高架橋の地震時の変形に関する解析

(1) 解析計算の概要

対象とした橋は、本州四国連絡橋番の州高架橋計画設計案である。高架橋の併用区間は、全長約3 kmに及び、ダブルデックの3径間連続トラス橋10連からなる。橋脚には壁式RC橋脚、基礎にはくい基礎が用いられている。解析は、代表的な区間として、橋脚高さ55 m、くい長30 m、支

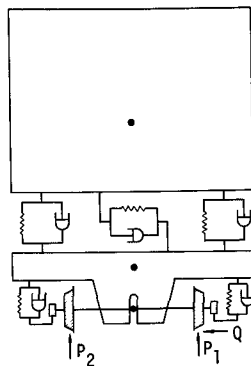


Fig. 1 IDEALIZED RAILWAY VEHICLE

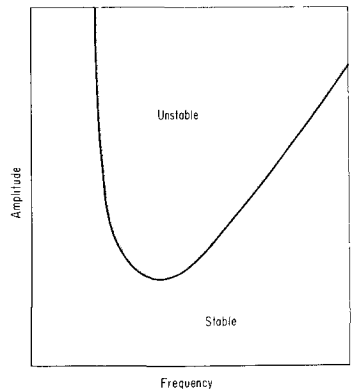


Fig. 2 STABILITY CURVE AS TO DERAILMENT

間3@120mの高架橋Aおよび橋脚高さ35m、く11長60m、支間3@100mの高架橋B各1連上下部全体について行った。図-3に高架橋Aの一般図を示す。く11基礎で支持される橋においては、く11基礎をばねに置き換し、橋をばねに支持された構造系として解析することができ。ここでは、く11と地盤の相互作用のモデルとして、このばねモデルの外、2次元有限要素モデルを用いた解析を行った。すなわち、く11は比較的柔軟性に富む構造とみなせるので、その横変形抵抗を無視する。ある11は、く11基礎の部分だけ地盤が改良され剛性が高くなっているものと考えてモデル化を行った。高架橋の橋軸直角方向の解析における力字モデルを図-4に示す。このモデルは、支持条件を若干変えることにより、有限要素モデル、ばねモデルの11ずれのく11基礎-地盤系モデルに対しても共通に用いられる。高架橋Aのく11基礎-地盤系の有限要素モデルを図-5に示す。基礎は、く11先端下方

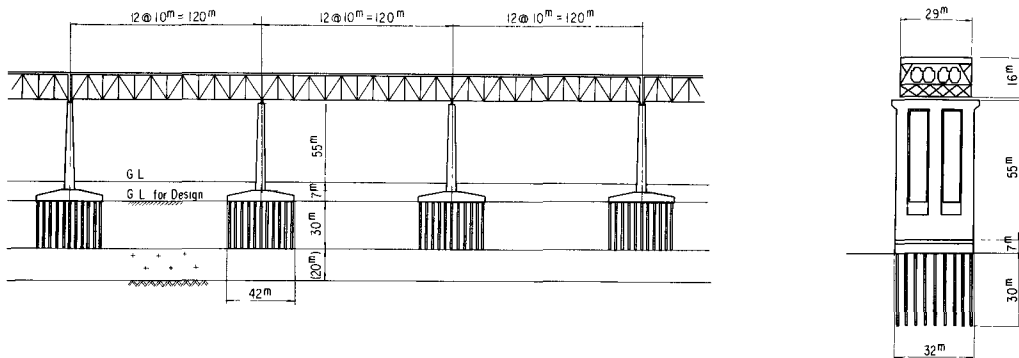


Fig. 3 GENERAL VIEW OF BRIDGE "A"

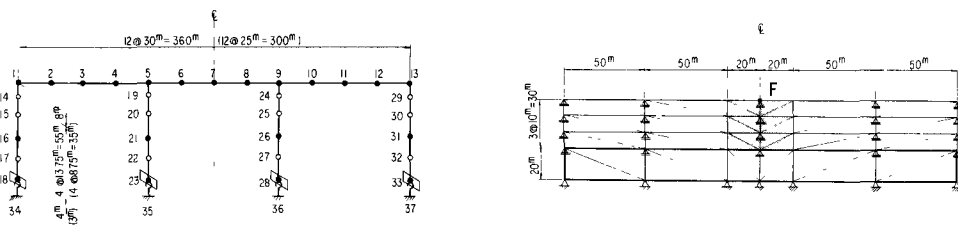


Fig. 5 FINITE ELEMENT IDEALIZATION OF SOIL-FOUNDATION SYSTEM

Fig. 4 IDEALIZED BRIDGE IN THE TRANSVERSE DIRECTION

Table 1 PROPERTIES OF FINITE ELEMENTS

(a) YOUNG'S MODULUS ($\times 10^4 t/m^2$)

ELEMENT	GROUND OF BRIDGE "A"						GROUND OF BRIDGE "B"	
	NEGLECTING LATERAL RIGIDITY OF PILES			CONSIDERING LATERAL RIGIDITY OF PILES			NEGLECTING PILES	CONSIDERING PILES
	CASE A1	CASE A2	CASE A3	CASE A4	CASE A5	CASE A6	CASE B1	CASE B2
	1.12	0.56	2.24	1.12	0.56	2.24	1.12	1.12
	1.12	0.56	2.24	12.10	11.60	13.20	1.12	12.10
	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

(b) UNIT WEIGHT $\gamma = 2.0 t/m^3$ and POISSON'S RATIO $\nu = 0.3$ for every element in every case

20mに想定されている。有限要素モデルを用いた解析では、まずより基礎-地盤系の応答解析を実施し、図-5中F点で示される、地表面フーチング位置における加速度を求める。つぎにそれを改めて地震入力としてフーチングより上方部分の解析を行なっている。減衰定数は、有限要素モデルについては20%、橋脚、桁についてはそれぞれ5%、2%とした。

(2) 解析計算の結果

解析計算は、橋軸方向、橋軸直角方向の両方向について行なった。ここでは、橋軸直角方向の結果を示す。表-1に有限要素モデルの計算条件を示す。図-6に基礎入力として越前沖地震(1963年3月27日, M=6.9)の岩屋記録($\Delta=153$ km)のN-S成分($\ddot{x}_{max}=22$ gal)を用いた場合の地表面フーチング位置における加速度波形を示す。またこれから計算した地震応答スペクトルを図-7に示す。ケースA1の高架橋の変位経時応答を図-8に示す。高架橋AおよびBの解析結果をそれぞれ表-2, 表-3に示す。表中モデル1は有限要素モデルを用いた解析, モ

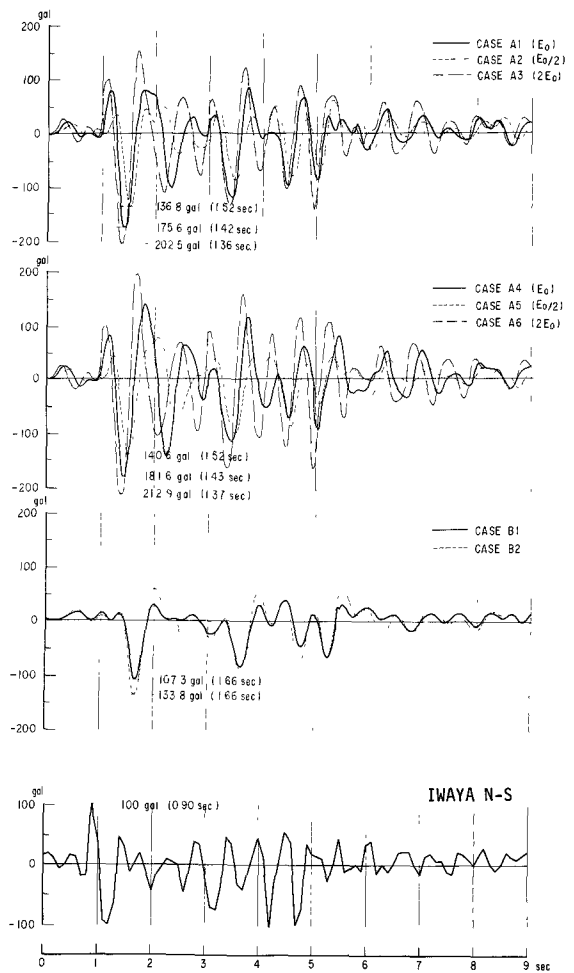


Fig.6 TIME HISTORY OF ACCELERATION

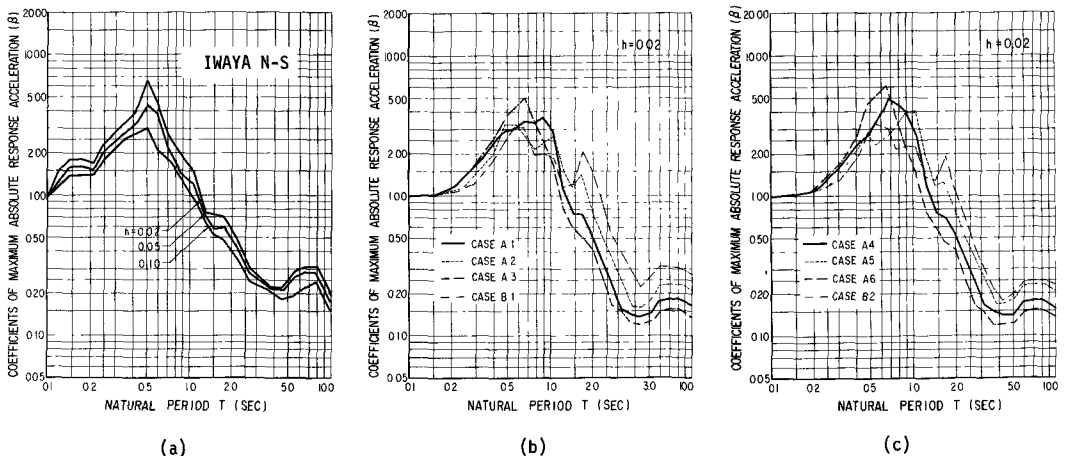


Fig.7 RESPONSE SPECTRA

デル2 はばねモデルを用いた解析を意味する。

結論

対象とした高架橋においては、基礎に100galの地震入力を想定した場合、上部構造の橋軸直角方向に約10cm程度の変位が生じることが予想される。またこの場合の振動数は約1c/sと予想される。橋上における地震時の列車脱線に対する安全性を確認するには、車両振動のシミュレーションと合わせ、さらに詳細な検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 門崎高架橋の列車走行性の検討, 土木学会本州四国支部橋耐震研究会資料

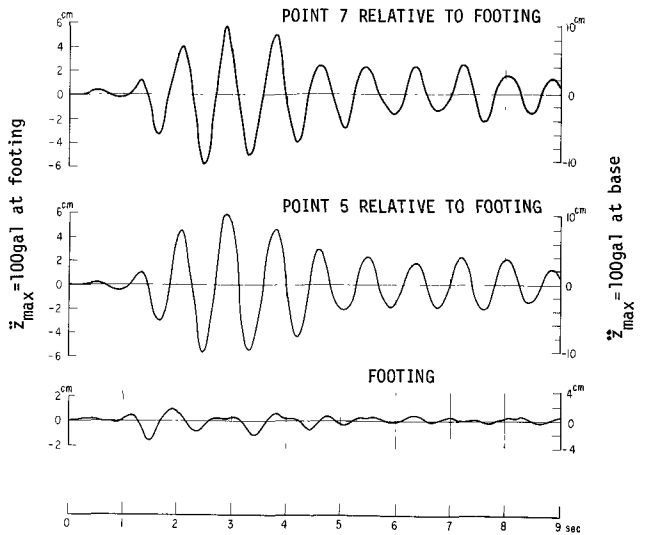


Fig.8 TIME HISTORY OF DISPLACEMENT IN THE TRANSVERSE DIRECTION (CASE A1)

Table 2 MAXIMUM HORIZONTAL DISPLACEMENT IN THE TRANSVERSE DIRECTION (BRIDGE "A") (cm)

MODEL	METHOD OF ANALYSIS	CASE	POINT				
			1	5	7	18	23
1	NUMERICAL INTEGRATION METHOD	A1	5.56	6.07	6.01	0	0
		A4	7.15	7.74	7.62	0	0
	RESPONSE SPECTRUM METHOD	A1	5.68	6.52	6.51	0	0
		A2	3.82	4.38	4.41	0	0
		A3	5.35	6.13	6.16	0	0
		A4	7.12	8.17	8.15	0	0
		A5	5.78	6.63	6.62	0	0
A6	5.31	6.08	6.14	0	0		
T*	6.78	7.78	7.79	0	0		
2	N.I.METHOD	T*	8.59	9.97	10.81	1.11	1.28
	R.S.METHOD	T*	7.87	9.25	9.63	0.96	1.15

$\ddot{z}_{max}=100gal$ at footing

*: SHIN-ISHIKARIOHASHI E-W OF TOKACHIOKI EARTHQUAKE

Table 3 MAXIMUM HORIZONTAL DISPLACEMENT IN THE TRANSVERSE DIRECTION (BRIDGE "B") (cm)

MODEL	METHOD OF ANALYSIS	CASE	POINT				
			1	5	7	18	23
1	NUMERICAL INTEGRATION METHOD	B1	5.20	5.83	5.98	0	0
		B2	6.76	7.62	7.83	0	0
	RESPONSE SPECTRUM METHOD	B1	5.06	5.59	5.73	0	0
		B2	6.39	7.05	7.22	0	0
T*	8.44	9.32	9.54	0	0		
2	N.I.METHOD	T*	11.74	12.52	12.85	1.33	1.40
	R.S.METHOD	T*	11.92	13.02	13.29	1.33	1.46

$\ddot{z}_{max}=100gal$ at footing

*: SHIN-ISHIKARIOHASHI E-W OF TOKACHIOKI EARTHQUAKE