

(70) 橋梁の耐震設計における水平2方向地震力の影響

(株) 長大 ○矢部 正明
 建設省土木研究所 川島 一秀
 建設省土木研究所 長谷川 金二

1. まえがき

現行の道路橋示方書は、橋軸方向および橋軸直角方向の水平2方向に地震力を別々に作用させて、それぞれの方角に対して独立に安全性を照査している。しかし、地震動は必ず水平2方向成分を有しており、橋に対しては水平地震力は2方向同時に作用している。本報告は、水平2方向地震力の影響を簡単な試算により検討した結果を中間的にとりまとめたものである。

2. 解析対象橋および解析手法

解析対象橋は、図1に示すような橋長111.0m(35.0m+41.0m+35.0m)の3径間連続橋であり、橋脚高さを4.4m(以下、B1と呼ぶ)、8.8m(同、B2)および13.2m(同、B3)と変化させた計3ゲ-スの連続橋である。支承はP8橋脚上で固定支承であり、その他の橋脚上で可動支承である。橋軸直角方向の解析では連続橋を図1(b)に示すような線形骨組構造物としてモデル化し、橋軸方向の解析では固定支承を有するP8橋脚および上部構造からなる図1(a)に示すような線形骨組構造物としてモデル化した。なお、減衰定数は0.05とした。表1は各ゲ-スの1次固有周期を示したものである。

解析には、表2に示すように地盤上で観測された水平2方向成分からなる計10記録を入力地震動として用いた。地震動の入力方向としては、ある1記録に対して、その水平2方向成分をそれぞれ橋軸直角方向および橋軸方向に入力した場合と、逆に、それぞれ橋軸方向および橋軸直角方向に入力した場合の2通りとした。

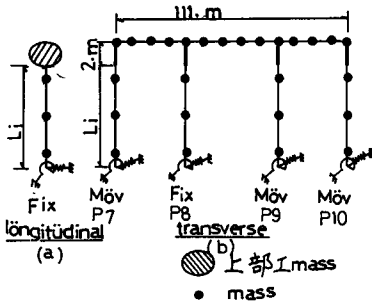


図1 解析対象橋の力学モデル

表1 各ゲ-スの1次固有周期

Bridge	Li m	first period	
		LG	TR
B 1	4.4	0.30	0.24
B 2	8.8	0.41	0.31
B 3	13.2	0.61	0.38

表2 入力地震動一覧表

波形NO.	地震名	マグニ ユドM	震央距離 d (km)	記録場所	方向	周期
WAVE 1	1973年 宮城県沖地震	7.4	80	開北浦周辺地盤上	LG	363.0
					TR	413.5
WAVE 2	1968年 十勝沖地震	7.9	155	幌満橋周辺地盤上	LG	112.6
					TR	87.4
WAVE 3	1983年 日本海中部地震	7.7	165	七峰橋周辺地盤上	HA	394.8
					HB	399.3
WAVE 4	1968年 日向灘沖地震	7.5	100	板島橋周辺地盤上	LG	196.3
					TR	216.4
WAVE 5	1968年 十勝沖地震	7.9	175	八戸港	E-W	202.3
					N-S	266.0
WAVE 6	1968年 十勝沖地震	7.9	315	新石狩大橋 周辺地盤上	E-W	187.0
					N-S	188.7
WAVE 7	1983年 日本海中部地震	7.7	110	津軽大橋 周辺地盤上	LG	276.6
					TR	237.9
WAVE 8	1968年 愛媛県西部沿岸	6.6	10	板島橋周辺地盤上	LG	594.4
					TR	615.4
WAVE 9	1971年 千葉県北部	5.2	9.5	鹿島試験所	HA	66.2
					HB	216.9
WAVE 0	1975年 愛知 岐阜県境	5.3	33.0	新八幡橋	HA	180.4
					HB	275.4

3. 水平2方向地震力の影響係数

本報告では固定支承を有するP8橋脚の支承に作用するせん断力および橋脚基部に生じる曲げ応力度に着目し

て水平2方向地震の影響を検討した。橋軸直交方向を対象とした解析から得られるせん断力および曲げ応力度をそれぞれ $F_{TR}(t)$ および $\sigma_{TR}(t)$ 、橋軸方向を対象とした解析から得られるせん断力および曲げ応力度をそれぞれ $F_{LG}(t)$ および $\sigma_{LG}(t)$ とすると、水平2方向地震動を同時に作用させたときのせん断力 $F(t)$ 、および曲げ応力度 $\sigma(t)$ は次式で与えられる。

$$F(t) = \sqrt{(F_{TR}(t))^2 + (F_{LG}(t))^2} \quad \text{----- (1)}$$

$$\sigma(t) = \sigma_{LG}(t) \pm \sigma_{TR}(t) \quad \text{----- (2)}$$

ここでは水平2方向成分の影響係数を、地震動を橋軸直交方向あるいは橋軸方向の1方向だけに作用させたときの最大応答値に対する、水平2方向地震動を同時に作用させたときの最大応答値の比として定義した。せん断力および曲げ応力度における水平2方向成分の影響係数をそれぞれ f_{TR} および f_{LG} とすると、影響係数 f および η は次式で与えられる。

$$f_{TR} = \frac{|F(t)|_{\max \text{ for } t}}{|F_{TR}(t)|_{\max \text{ for } t}} \quad \text{----- (3)}$$

$$f_{LG} = \frac{|F(t)|_{\max \text{ for } t}}{|F_{LG}(t)|_{\max \text{ for } t}} \quad \text{----- (4)}$$

$$\eta_{TR} = \frac{|\sigma(t)|_{\max \text{ for } t}}{|\sigma_{TR}(t)|_{\max \text{ for } t}} \quad \text{----- (5)}$$

$$\eta_{LG} = \frac{|\sigma(t)|_{\max \text{ for } t}}{|\sigma_{LG}(t)|_{\max \text{ for } t}} \quad \text{----- (6)}$$

ここで影響係数 f および η の添え字 TR および LG はそれぞれ橋軸直交方向および橋軸方向の1方向だけに地震動を作用させたときの最大応答値を基準とした影響係数であることを示しており、 $\max \text{ for } t$ は時間 t に対する最大値を示している。

4. 計算結果

図2(a)および(b)は、それぞれ影響係数 f_{TR} および η_{TR} と1次固有周期の比 T_{LG}/T_{TR} との関係を示したものである。影響係数 f_{TR} および η_{TR} は、1.0から1.0.0までの範囲でばらついており、1次固有周期の比との相関は特に見られない。図3(a)および(b)は、それぞれ影響係数 f_{LG} および η_{LG} と1次固有周期の比 T_{LG}/T_{TR} との関係を示したものである。影響係数 f_{LG} および η_{LG} は 1.0から1.2までの範囲に集中しているが、1次固有周期の比との相関は特に見られない。

図4(a)および(b)は、それぞれ影響係数 f_{TR} および η_{TR} と1次固有周期に対する加速度応答スペクトルの比 $S_A(T_{LG})/S_A(T_{TR})$ との関係を示したものである。これによれば、加速度応答スペクトルの比が大きくなるほど影響係数 f_{TR} および η_{TR} も大きくなる傾向がある。最小2乗法により、この関係を1次式で求めると次のようになる。

$$f_{TR} = 0.140 + 2.427 S_A(T_{LG})/S_A(T_{TR}) \quad \text{----- (7)}$$

$$\eta_{TR} = 0.609 + 4.380 S_A(T_{LG})/S_A(T_{TR}) \quad \text{----- (8)}$$

ここで式(7)および(8)の相関係数はそれぞれ0.960および0.984である。図5(a)および(b)は、それぞれ影響係数 f_{LG} および η_{LG} と1次固有周期に対する加速度応答スペクトルの比 $S_A(T_{LG})/S_A(T_{TR})$ との関係を示したものである。加速度応答スペクトルの比が大きくなるほど影響係数 f_{LG} および η_{LG} は小さくなり、1.0に漸近していく傾向がある。

図6(a)および(b)は、それぞれ影響係数 f_{TR} および η_{TR} と1次固有周期に対する変位応答スペクトルの比 $S_D(T_{LG})/S_D(T_{TR})$ との関係を示したものである。変位応答スペクトルの比が大きくなるほど影響係数 f_{TR} およ

だが ζ_{TR} も大きくなる傾向がある。最小2乗法により、この関係を1次式で求めると次のようになる。

$$f_{TR} = 0.608 + 0.999 S_D(T_{LG}) / S_D(T_{TR}) \quad \text{----- (9)}$$

$$\zeta_{TR} = 0.948 + 2.088 S_D(T_{LG}) / S_D(T_{TR}) \quad \text{----- (10)}$$

ここで式(9)および(10)の相関係数はそれぞれ0.779および0.925である。図7(a)および(b)は、それぞれ影響係数 f_{LG} および ζ_{LG} と1次固有周期に対する変位応答スペクトルの比との関係を示したものである。変位応答スペクトルの比が大きくなるほど影響係数 f_{LG} および ζ_{LG} は小さくなり、1.0に漸近していく傾向がある。

5. まとめ

予備連続橋を対象とした2方向地震力の影響を検討した結果をまとめると次のようになる。

- 1) 連続橋に水平2方向地震力が同時に作用する場合、その応答値は橋軸方向に作用する地震力による応答が支配的であるため、橋軸直交方向の応答値を基準とした影響係数 f_{TR} および ζ_{TR} が橋軸方向の応答値を基準とした影響係数 f_{LG} および ζ_{LG} に比べて大きい値を示しても特に問題にはならないと考えられる。
- 2) 2方向地震力の影響係数は、構造系の振動特性を示す固有周期には依存しない。
- 3) 2方向地震力の影響係数は、入力地震動の応答スペクトルと相関がある。

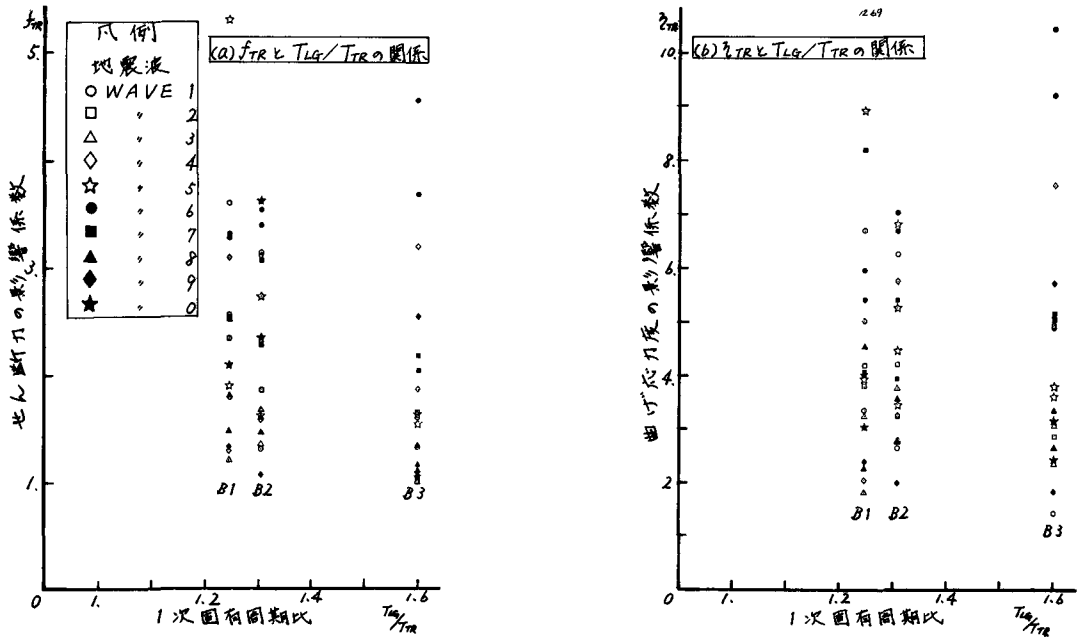


図2 影響係数と1次固有周期比との関係

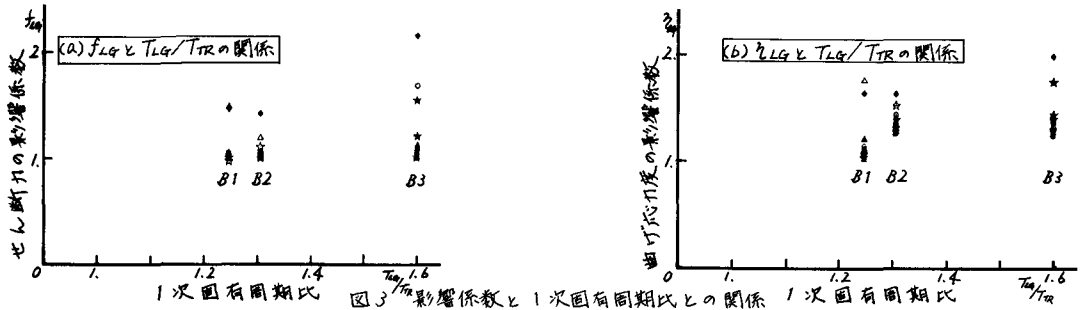


図3 影響係数と1次固有周期比との関係

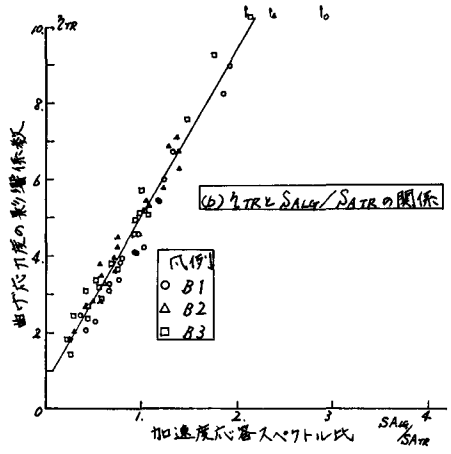
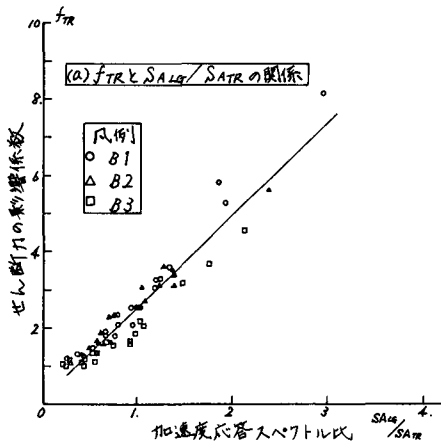


図4 影響係数と加速度応答スペクトル比との関係

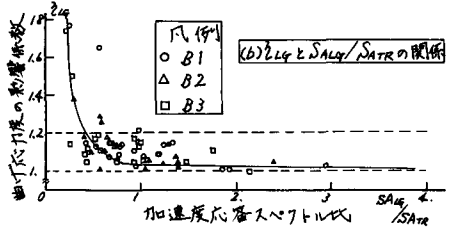
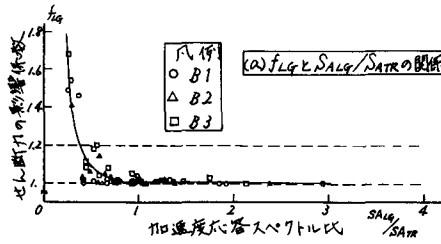


図5 影響係数と加速度応答スペクトル比との関係

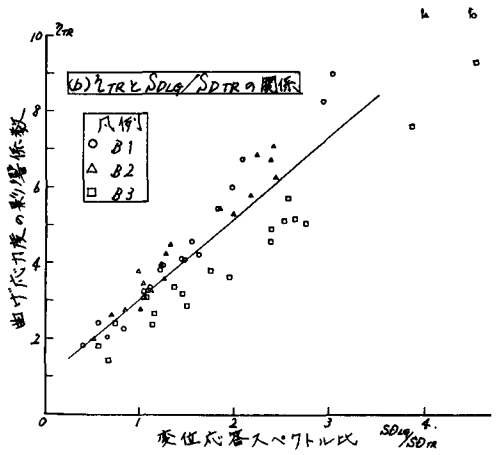
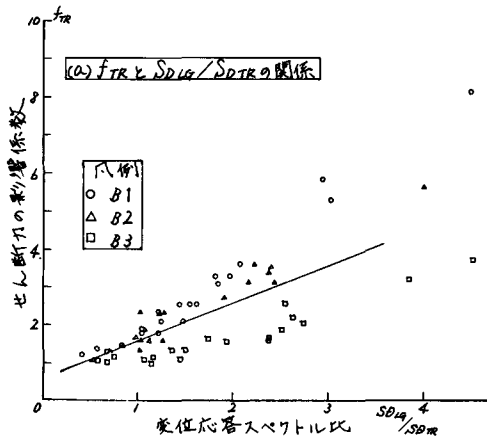


図6 影響係数と変位応答スペクトル比との関係

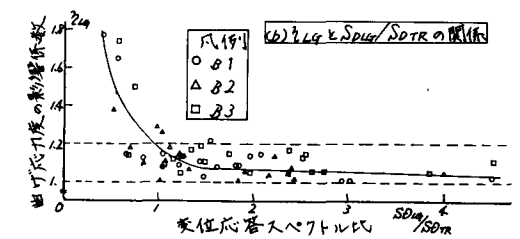
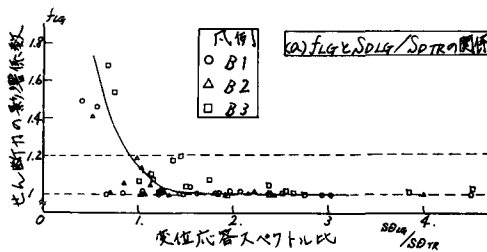


図7 影響係数と変位応答スペクトル比との関係