

建設省土木研究所

正員 岩崎 敏男

正員 川島 一彦

(株)応用地質調査事務所 ○正員 山本 正典

1. まえがき

伊達橋の橋脚上およびその近傍の地盤上においては、1965年以来、SMAC-BZ型強震計による強震観測が行なわれており、“1978年宮城県沖地震”の際にも記録が得られている。本報告は、橋脚と地盤の動的特性に関する研究の一環として、伊達橋においてこれまでに観測された地震記録について、その波形特性、伝達特性の検討を行なったものである。

2. 観測地点と強震記録

伊達橋は、福島県伊達郡伊達町の一般国道伊達～霊山線と阿武隈川の交差点に架かる橋長288m、幅員7mの4径間連続鋼ワーレントラス橋である。中央のP2橋脚が固定支承、その他(LA, P1, P3, RA)が可動支承となっている。強震計は、P2橋脚天端に一台と、橋から約400m離れた中学校校庭に一台設置されている。

今回の解析対象とした記録の得られ

た地震は、表-1に示した計15個である。同表には、各地震の諸元に併せて、観測された記録の最大振巾を示している。一方、図-1は、これらの地震の震央位置と観測点位置を示したものである。図-2、図-3には、記録波形の中から、No.10とNo.15のものを例として示した。なお、図-3の記録は、“1978年宮城県沖地震”の際のものであるが、地盤上の記録は得られていない。

3. 解析結果

表-1に示した各記録の最大振巾より、橋軸方向(LG)、橋軸直角方向(TR)および上下方向(UD)ごとに、橋脚と地盤の最大加速度の関係について示したものが図-4である。同図には、各成分の両者の関係を、最小二乗法により直線近似したものを併せて示した。成分の違いによる地盤～橋脚間の増巾度の違いが明らかであり、特にTR成分の増巾度大きい。

次に、各記録ごとにパワースペクトルを算出し、成分ごとのアンサンブル平均を求めた。ところで、アンサンブル平均の算出法としては様々な方法が考えられるが、ここでは、4通りの方法を用いて比較してみた。各アンサンブル平均 $\bar{S}_1$, $\bar{S}_2$, $\bar{S}_3$, $\bar{S}_4$ は、次式のように求めた。

$$\bar{S}_1 = \frac{\sum_{k=1}^n S_k}{n}$$

$$\bar{S}_2 = \frac{\sum_{k=1}^n S_k^2}{n}$$

$$\bar{S}_3 = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{S_k}{(S_{max})_k}}{n}$$

$$\bar{S}_4 = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{S_k}{(S_{max})_k} \cdot (A_{max})_k}{n}$$

表-1 伊達橋で観測された地震の一覧

No.	Epicentral Region	Date	Depth (km)	Magnitude	Epicentral Distance (km)	Maximum Acceleration (gal)					
						Ground			Pier		
						LG.	TR.	UD	LG.	TR.	UD
1	OFF KINKAZAN	JAN.17,1967	30	6.3	150	41.2	32.9	10.0	31.6	58.1	10.6
2	CENTRAL SAITAMA PREF.	JUL. 1,1968	50	6.1	225	14.4	7.8	3.6	11.9	18.9	6.4
3	OFF MIYAGI PREF.	JUL. 5,1968	50	6.4	165	43.2	36.5	16.8	41.1	44.4	10.0
4	OFF MIYAGI PREF.	JUL.27,1968	40	4.6	175	43.6	38.7	14.4	41.6	51.8	11.3
5	SOUTHERN IWATE PREF.	OCT.18,1969	130	5.8	190	17.5	11.2	3.8	12.0	25.4	4.3
6	OFF FUKUSHIMA PREF.	FEB.15,1970	50	5.1	100	37.3	24.0	8.7	-	-	-
7	SE AKITA PREF.	OCT.16,1970	0	6.2	155	45.9	21.8	8.6	30.0	45.2	9.2
8	OFF FUKUSHIMA PREF.	MAR.22,1971	10	5.4	145	12.4	9.9	5.2	8.3	17.3	3.0
9	OFF MIYAGI PREF.	APR. 5,1971	50	6.0	160	34.8	18.4	5.0	24.1	38.6	5.6
10	OFF FUKUSHIMA PREF.	SEP. 8,1971	40	5.5	120	16.1	11.2	4.4	12.5	25.6	5.4
11	OFF HACHIOJIMA	FEB.29,1972	70	7.1	510	43.2	32.3	8.0	40.6	-	11.4
12	OFF MIYAGI PREF.	SEP.25,1972	50	5.5	150	27.5	22.1	5.4	14.2	32.3	5.3
13	R OFF HACHIOJIMA	DEC. 4,1972	50	7.2	505	28.5	20.6	8.3	33.5	35.4	6.5
14	S OFF CHUBU	MAR. 7,1978	440	7.6	670	143.6	121.5	23.9	67.3	163.4	18.5
15	OFF MIYAGI PREF.	JUN.12,1978	40	7.4	150	-	-	-	734.7	403.8	113.5

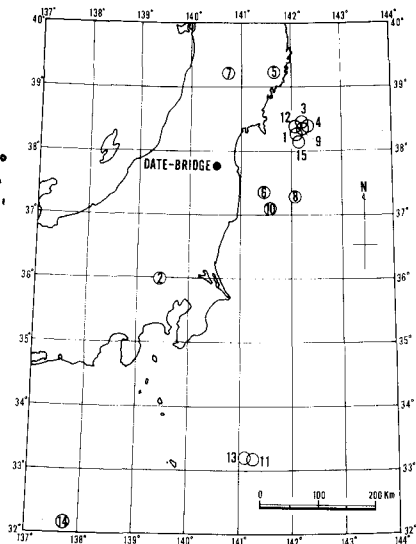


図-1 震央および観測点位置図

ただし、上式の $(S_{max})_R$ は、各パワースペクトル S_R の最大ピークの値、 $(A_{max})_R$ は各記録波形の最大加速度の値、 n は記録数である。また、 S_R 、 S'_R は各記録のパワースペクトルおよび規準化したパワースペクトルであるが、次式により求められる。

$$S_R = \int_{-\infty}^{\infty} C_R \cdot e^{i\omega t} dt \quad S'_R = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{C_R}{C_R(\omega)} \cdot e^{i\omega t} dt$$

ここに、 C_R は自己相関関数である。図-5に、TR成分について求めたこれらのアンサンブル平均を示した。なお、同図の縦軸(パワースペクトル密度)のスケールは任意である。この結果で特徴的なのは、 $\bar{S}_2$ と $\bar{S}_3$ がよく似ていることである。

また、図-6には、橋脚および地盤のパワースペクトルから求めた地盤～橋脚間の伝達関数を、LG成分とTR成分について示した。なお、同図中のパワースペクトルは、上記 $\bar{S}_i$ である。

4. まとめ

以上の結果から、次のような点の特徴として挙げられる。

- ①地盤～橋脚間の最大加速度の増巾率は、TR成分が大きい。
- ②4種類のアンサンブル平均を比較すると、 $\bar{S}_1$ はエネルギーの大きい地震のスペクトルに支配されるのに対し、 $\bar{S}_2$ と $\bar{S}_3$ は規準化したものであるためよく似た形状を示し、各記録のスペクトルをよりよく反映している。 $\bar{S}_4$ は、規準化したうえ、加速度値により重みをつけたものだが、 $\bar{S}_1$ と規準化したスペクトル($\bar{S}_2$ 、 $\bar{S}_3$)の中間的な形状となっている。
- ③伝達関数は、TR成分の増巾率が大きく、上記①と一致した傾向を示している。

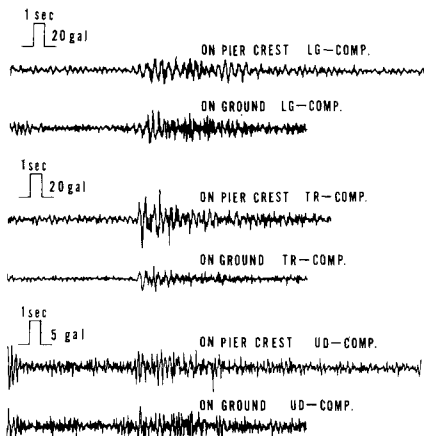


図-2 波形例(1) 地震No.10

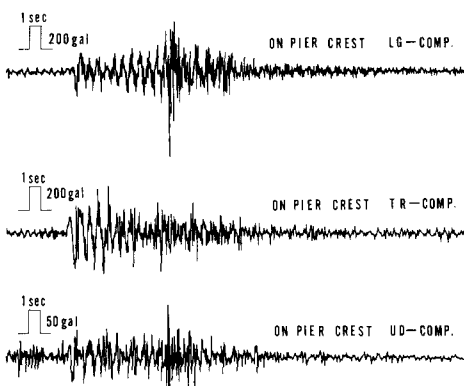


図-3 波形例(2) 地震No.15

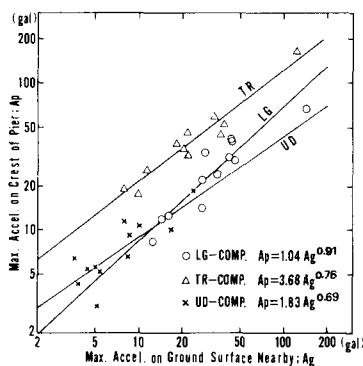


図-4 地盤～橋脚間の最大加速度の増巾率

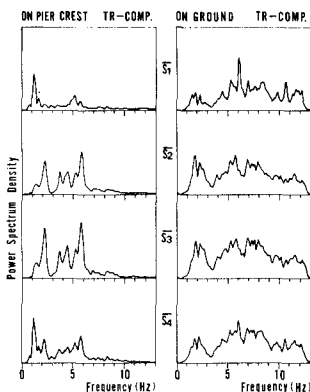


図-5 平均パワースペクトル一覧(TR成分)

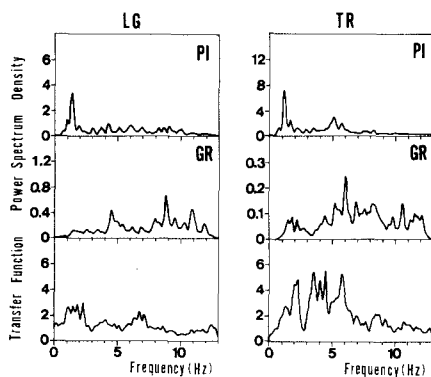


図-6 パワースペクトルおよび伝達関数

参考文献

- 1) 岩崎, 川島, 常田(1978), "1978年6月宮城県沖地震調査概報", 土木研究所資料第1422号
- 2) 川島, 殿内(1979), "強震記録を用いた関北橋の動的特性", 土木学会第34回年次学術講演会講演概要集