

I-39 模擬地震波による鋼ラーメン構造の耐震性能評価の可能性

高知工科大学 学生員 ○福岡弘次
高知工科大学 フェロー 藤澤伸光

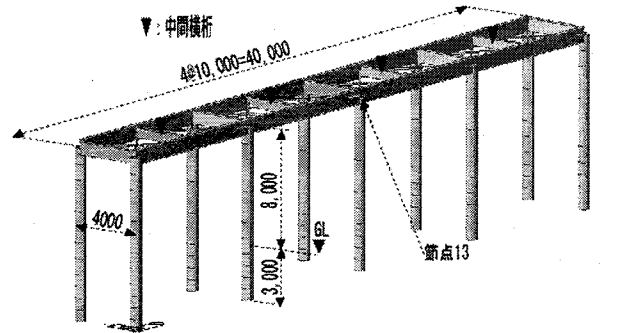
1. はじめに 道路橋示方書耐震設計編では、レベル2地震振動に対する動的解析では位相特性の違い等によって応答値に差異が生じることがあるため、入力する地震動を3波程度用いるのがよいとされている。

今回、ある鋼ラーメン橋梁の耐震設計を行うにあたり示方書の記述に従って3つの地震波を用いて動的解析を行ったところ、振幅調整した加速度波形を用いているにも拘らず、3波に対する応答変位の差が非常に大きくなった。このようにばらつきが大きい場合でも3波の平均を用いればよいかどうか、そもそも3波とすることに合理的根拠があるのかなど、現行の示方書の記述には疑問がないとは言えない。多くの地震波を使用して動的解析を行えばよいことは明らかであるが、多数の地震波を準備するのは、一般の設計者にとっては必ずしも容易ではない。

そこで、多数の地震波を用いる代わりに、同一のスペクトルから異なった多数の地震波を作り、その模擬地震波による時刻歴応答解析から耐震性能を照査できるかどうかについて基本的な検討を行った。

2. 対象構造と地震波 解析の対象とした構造は、図-1に示すような連続ラーメン橋梁である。なお床版、防護柵は質量として主桁に付加しただけで、剛性は評価していない。オリジナルの地震波として使用したのは、タイプ1ではプレート型である1968年の日向灘地震(図-2)、タイプ2では直下型の1995年の兵庫県南部地震波(図-3)である。共にⅡ種地盤で計測した値である。オリジナルの波を用いて道路橋示方書に沿って動的解析を行った。得られた最大変位を表-1に示す。今回対象としている構造では、橋軸方向よりも橋軸直角方向の方が厳しいので、以下、本研究では橋軸直角方向地震のみを対象とする。

3. 地震波生成方法 元の波をフーリエ変換し、絶対値を一定としたまま実部と虚部の位相角をランダムにして、逆フーリエ変換して地震波を生成した。図-4に生成された波を示す。全ての位相角をランダムにした結果、元の地震波と全く異なった波形の波となっている。この波で動的解析を行った結果、非常に小さな応答しか生じなかった。



	H	B	tw	tf
主桁(H型)	900	300	16	30
横桁(H型)	800	300	12	20
中間横梁(H型)	588	300	14	26
アングル(L型)	100	100	8	8

	Φ	t
柱脚(杭)	609	12.7

単位(mm)

図-1 対象構造物と部材寸法

表-1 オリジナル地震波による最大変位(橋直)

タイプ	節点	荷重	DX (mm)	DY (mm)	DZ (mm)
タイプⅠ	13	TR-T1-1(all)	0.000392	91.85414	1.09673
	13	TR-T1-2(all)	0.000454	91.27747	1.092438
	13	TR-T1-3(all)	0.00028	89.48225	1.087785
タイプⅡ	13	TR-T2-1(all)	0.001819	165.6665	1.240911
	13	TR-T2-2(all)	0.002248	136.5194	1.190949
	13	TR-T2-3(all)	0.001873	176.8123	1.269267

タイプⅠ	節点	平均変位
	13	90.87128767

タイプⅡ	節点	平均変位
	13	159.6660823

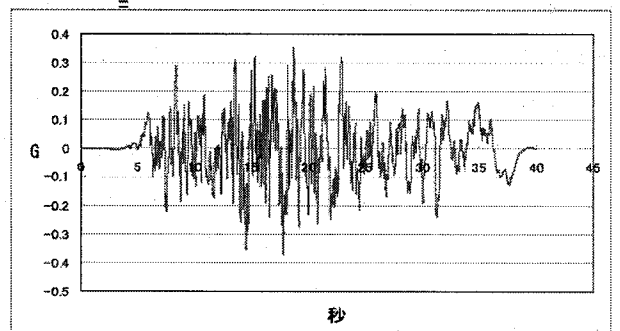


図-2 T1-II-1 1968年日向灘地震波

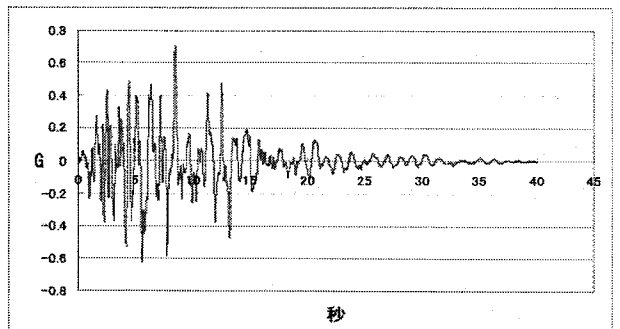


図-3 T2-II-1 1995年 兵庫県南部地震波

ランダムな位相角では地震波を模擬できない理由を明らかにするため、オリジナルの T1、T2 の地震波の周波数が隣接する成分の位相差を調べてみた結果を図-5、図-6 に示す。理由は明らかでないが、実際の地震波の位相にはある程度の規則性があり、T2 の位相差は平均して 60° 、T1 は 150° 程度となっていることが分かる。そこで T1 では 150° に $\pm 90^\circ$ のランダムな変動、T2 では 60° に $\pm 10^\circ$ のランダムな変動を与えることにした。生成された波形の例を図-7、図-8 に示す。

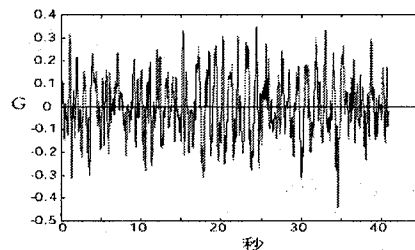


図-4 位相角がランダムな場合

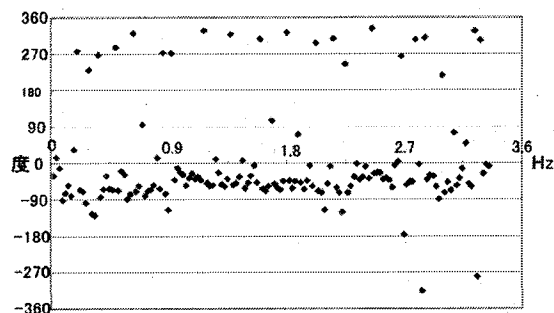


図-5 T1地震波の位相差

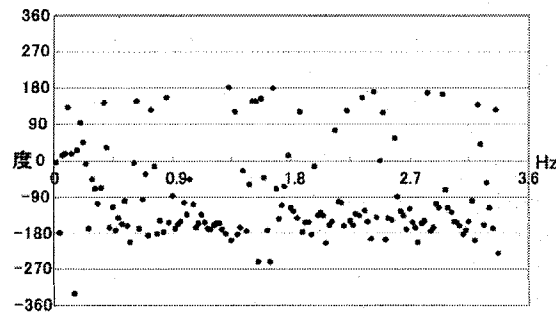


図-6 T2地震波の位相差

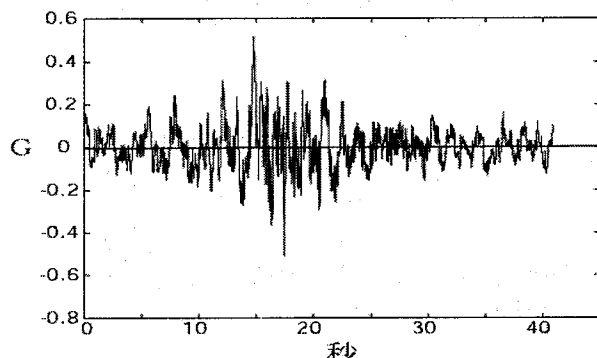


図-7 T1の生成地震波例

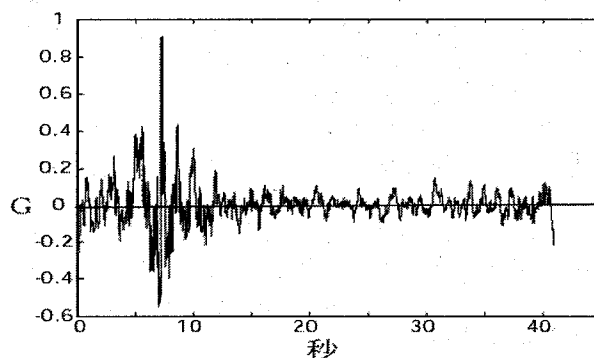


図-8 T2の生成地震波例

図から、オリジナル波に似た波形が生成されていることが分かる。また、最大値がオリジナルの波よりも大きいものや、小さいものを生成することができた。

4. 応答解析結果 T1-1 と T2-1 の模擬地震波を 6 波ずつ生成し、動的解析を行った。得られた最大変位を表-2 に示す。今回生成した模擬波による応答は、概してオリジナルより大きくなっている傾向があるが、T2 ではオリジナルより応答が小さくなる波も生成されている。従って、同一のスペクトルから様々な応答を与える波を作成できることが実証されたと言える。このような波を用いた耐震性能照査の妥当性については、今後検討する予定である。

表-2 生成地震波による最大変位 (橋直)

節点	荷重	DX(mm)	DY(mm)	DZ(mm)
13	TR-T1-1-1	0.000989	113.678612	1.167403
13	TR-T1-1-2	0.000959	124.547503	1.197951
13	TR-T1-1-3	0.111923	136.746635	1.20772
13	TR-T1-1-4	0.00062	119.011053	1.181041
13	TR-T1-1-5	0.000574	114.844556	1.173693
13	TR-T1-1-6	0.000326	91.506815	1.095213
13	オリジナル	0.000392	91.85414	1.09673

タイプ I

タイプ II

13	TR-T2-1-1	0.001337	173.626401	1.246021
13	TR-T2-1-2	0.001835	158.747794	1.219239
13	TR-T2-1-3	0.000847	124.386109	1.187673
13	TR-T2-1-4	0.00119	187.995545	1.276803
13	TR-T2-1-5	0.001656	296.796929	1.402973
13	TR-T2-1-6	0.001032	210.741905	1.298967
13	オリジナル	0.001873	176.8123	1.269267

タイプ I

$$\delta_R = -3.18408 < \delta_{R\bullet}$$

タイプ II

$$\delta_R = 23.93349 < \delta_{R\bullet}$$

5. 結論

1. スペクトルが同一でも、動的解析の結果が大きく異なることがある。
2. 位相角のずれにある程度の規則性を与えると地震波に近い波を生成できる。
3. スペクトルが同一でも、生成された模擬波は様々な応答を与える。