

入力地震動の継続時間が一自由度系のエネルギー応答に及ぼす影響について

徳島大学 工学部 正員 平尾 潔
 阿南工業高等専門学校 正員 笹田 修司
 徳島大学 大学院 学生員 ○ 益井 淳一

1. まえがき 強震下における構造物の非弾性応答に関する関心が高まる中、これに関連して、近年、履歴吸収エネルギー及び入力エネルギーに関する研究が盛んに行われ、各エネルギー応答値と構造特性との定性的な関係はかなり明らかとなってきた。そこで、本研究では、構造特性を組織的に変化させた広範なBi-linear型一自由度系に対するエネルギー応答を中心に、入力地震動の周波数特性ならびに継続時間が各応答値に及ぼす影響について若干の比較検討を行った。

2. 入力地震動 本研究では、道路橋示方書・同解説V耐震設計編の平均加速度応答スペクトルを目標とし、表1に示すような、地盤種別GC、マグニチュードMと震央距離 Δ の組合せ、及び強震部の継続時間 T_s が異なる12個の模擬地震動を作成した。図1は、3種地盤(GC=3)に対する模擬地震動No.7~12のフーリエスペクトルを示したものであり、マグニチュードMと震央距離 Δ の組合せ、及び、強震部の継続時間 T_s によってスペクトル特性に差がみられる。

3. エネルギー応答の基本式 1質点系モデルに地震動 \ddot{x}_0 が $t=t_0$ で入力してから、ある時間 t_n までのエネルギー応答に関する基本式は、運動方程式を積分することにより、式(1)のように表される。

$$M \int_{t_0}^{t_n} \ddot{X} \dot{X} dt + C \int_{t_0}^{t_n} \dot{X} \dot{X} dt + \int_{x_0}^{x_n} Q(x) dx = -M \int_{t_0}^{t_n} \ddot{x}_0 \dot{X} dt \quad (1)$$

式中の、 X 、 \dot{X} 、 \ddot{X} はそれぞれ相対変位、相対速度、相対加速度であり、 M は質量、 C は減衰係数、 $Q(x)$ は復元力である。なお、本解析では、各時刻における X 、 \dot{X} 、 \ddot{X} 等の応答値は線形加速度法により求め、式(1)の積分には台形公式を用いた。また、系の復元力特性としては、Bi-linear型モデルを用い、構造特性パラメータとしては、固有周期 T_k 、減衰定数 h 、弾塑性剛性比 k_p 、及び降伏強度比 R を選び、 T_k については、0.1~10秒の範囲を、対数軸上で等分した24通りの値、減衰定数 h については、2.5%、5%、7.5%、 k_p については、0.0、0.25、0.5、及び R については、0.25、

表1

EQ number	M · Δ	GC	T_t (sec)	T_s (sec)	P_t (gal ² ·sec)
No. 1	[A]	1	20.48	2.87	93495
No. 2	[A]	1	〃	1.44	28382
No. 3	[B]	1	40.96	4.39	132807
No. 4	[B]	1	〃	2.20	40194
No. 5	[C]	1	81.92	9.25	191974
No. 6	[C]	1	〃	4.63	77449
No. 7	[A]	3	20.48	2.87	110610
No. 8	[A]	3	〃	1.44	40251
No. 9	[B]	3	40.96	4.39	156859
No. 10	[B]	3	〃	2.20	53756
No. 11	[C]	3	81.92	9.25	208534
No. 12	[C]	3	〃	4.63	91972

(M · Δ) = [A] : M=5.4~6.0, and Δ =20~59km
 (M · Δ) = [B] : M=6.1~6.7, and Δ =60~119km
 (M · Δ) = [C] : M=7.5~7.9, and Δ =200~405km
 GC=Ground Condition, T_t =total duration
 T_s =duration of strong motion, P_t =total power

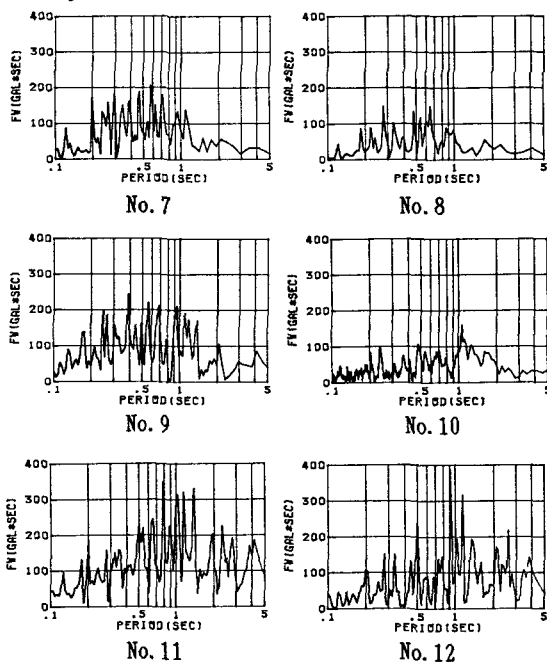


図1

0.5, 0.75 の値を用いて解析した。

4. 解析結果 本研究では、表1に示した各地震動の周波数特性ならびに継続時間の相違が、弾性最大速度及びエネルギー応答値に及ぼす影響について比較検討した。詳細については、発表会当日報告することとし、ここでは、3種地盤に対する各地震動No.7~12の弾性最大速度(V_{max})を図2に、単位質量当りの弾性入力エネルギー(E_{ie})、等価速度 $\sqrt{2E_{ie}}$ と弾性最大速度との比($\sqrt{2E_{ie}}/V_{max}$)、 $R=0.25$, $p=0$ に対する履歴吸収エネルギー(E_{hp})、及び等価速度 $\sqrt{2E_{hp}}$ と弾性最大速度との比($\sqrt{2E_{hp}}/V_{max}$)を図3にそれぞれ

示す。なお、図3における右側の図は継続時間がエネルギー応答値に及ぼす影響を定量的に評価するための基礎的な試みとして、継続時間と関係の深い全パワーPtに注目し、No.9を基準として左側の結果を各地震動のPtで正規化したものである。

5. まとめ 弾性最大速度 V_{max} のように、地震動継続中の任意時刻における応答の最大値は、建造物の周期特性と関係し、入力地震動の周波数特性の影響を大きく受ける。これに対し、弾性入力エネルギー E_{ie} 、及び履歴吸収エネルギー E_{hp} のように、各時刻における応答値が累積される形のものでは、周波数特性の影響とともに継続時間の影響も大きく受ける。これに関連して、等価速度 $\sqrt{2E_{ie}}$ 、及び $\sqrt{2E_{hp}}$ の V_{max} に対する比、 $\sqrt{2E_{ie}}/V_{max}$ 、 $\sqrt{2E_{hp}}/V_{max}$ では、 V_{max} 、 E_{ie} 、及び E_{hp} に含まれる周波数特性の影響が相殺され、継続時間の影響による量的な差は残るものの、入力地震動による周波数特性の相違は殆どみられなくなる。また、周波数特性が類似な入力地震動であれば、その全パワーと建造物のエネルギー応答値との間には密接な関係がみられる。

参考文献 1) 沢田・平尾:目標応答スペクトルに合致する模擬地震動の一作成方法,第17回地震工学研究発表会,講演概要,1983年7月, 2) 平尾・沢田・笹田・成行:強震下における一自由度系の履歴吸収エネルギーと弾性応答値との関係について,土木学会論文集,第368号/I-5,1986年4月

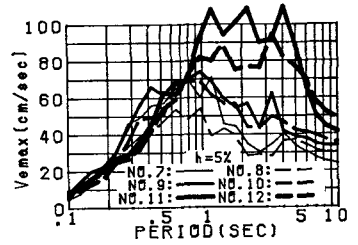


図2

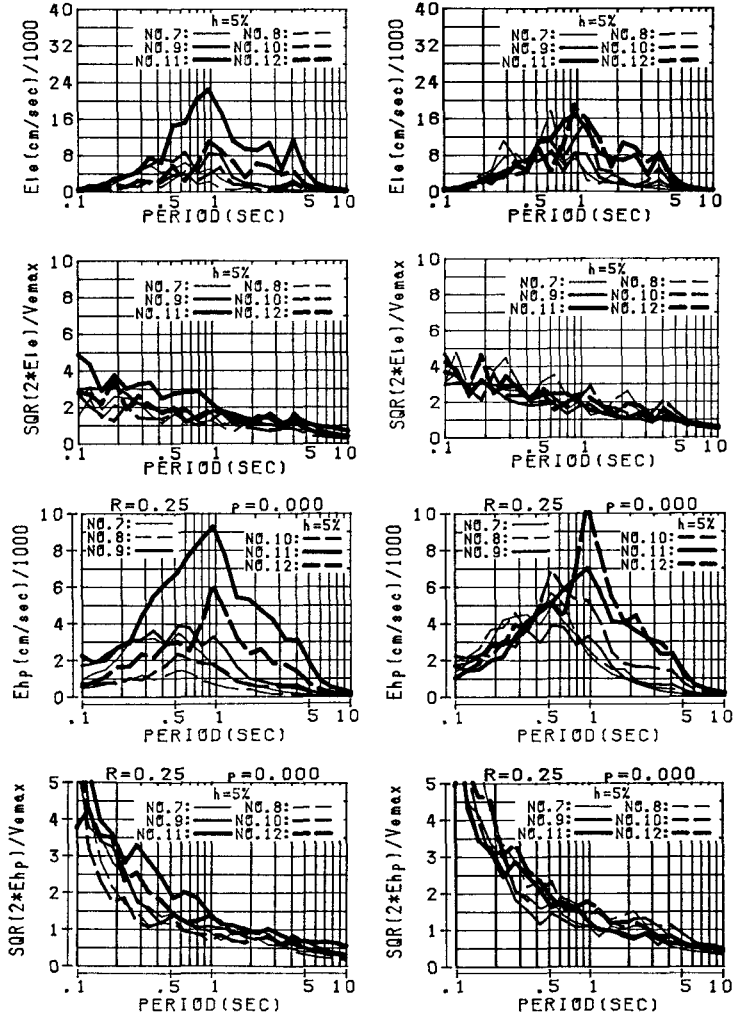


図3