

I-654

等価線形化手法による免震構造物の応答解析について

電力中央研究所	正会員	大島靖樹
電力中央研究所	正会員	平田和太
電力中央研究所		石田勝彦

1. はじめに

免震構造物を設計する上で、地震応答解析の結果が応答目標値を満足していることを確認する必要がある。この時に、免震構造物の応答値を比較的簡単に、しかも精度良く求めることは有益である。本報告では、等価線形化解析法と不規則振動論を組み合わせた手法を提案し、地震動のランダム性を考慮した最大応答値の確率論的評価を行なったので検討結果を報告する。

2. 応答評価手法

今回提案する応答評価法のフローを図-1に示す。図中のピークファクターの推定には(1)式に示すD.E. Cartwright et al.¹⁾の式を用いる。また、等価線形化解析においては設定が問題となる有効振幅係数についても検討する。

$$\eta_{\text{MAX}} = \frac{[\ln(1-\varepsilon^2)]^{1/2} N]^{1/2} + \gamma/2 [\ln(1-\varepsilon^2)]^{1/2} N]^{-1/2}}{(1-\varepsilon^2/2)^{1/2}} \mu_2 \quad (2)$$

3. 有効振幅係数

有効振幅係数については、地盤材料では従来から65%が用いられる事が多かった。免震構造物への適用については、文献2)、3)では1.0を用いることを推奨している。しかしながら、要素の剛性、剛比、降伏力、減衰などの復元力特性や塑性率及び地震動の波形特性の影響によって必ずしも1.0が最適とは限らない。そこで、ここでは非線形解析と有効振幅係数を1.0としたときの等価線形化解析の時刻歴解析結果を比較することにより、その妥当性を検討する。その際、有効振幅係数の設定の仕方による最大応答値の差異と各種要因を総合的に評価することを考え $\delta_{\text{nonlinear}} = \mu \delta_{\text{linear}}$ として μ の統計量を検討する。

解析では、表-1に示す復元力特性を有する免震構造物にホワイトノイズおよび金井・田治見スペクトルから発生させた模擬地震波を入力として与えた。入力レベルを変化させて求めた結果を図-2に示す。この図より有効振幅係数1.0が成立するのは限られた変位レベルの時だけであることがわかる。また、位相の影響により応答変位および μ がかなりばらつく事が判った。参考のために、金井・田治見スペクトルに対する最大応答値と μ の分布について図-3、4に示す。

4. 解析結果

有効振幅係数1.0の時の結果に対する補正係数 μ が求められたので、図-1に示す解析法によって求めた結果と非線形解析結果の比較を表-2に示す。入力地震動のスペクトル特性は、金井・田治見スペクトルとしパラメータは文献4)を参考に定めた。また、非線形解析の結果は位相の影響を除くために、位相をランダムに変化させて作成した50個の模擬地震波を用いて応答解析を行ない最大応答値の期待値を比較している。この結果を見ると、免震構造物の第一周期と入力卓越周期が接近してくると多少誤差が生じる傾向があるものの全体的に比較的精度良く評価されていると考えられる。

5. まとめ

提案した方法が免震構造物に対する地震動のランダム性を考慮した最大応答変位に対して有効であることが確認された。復元力および入力地震動の特性による有効振幅係数、最大応答値の分散評価等が今後の課題と考えられる。

表-1 免震要素特性

ばね定数	減衰定数
$K_1 = 5.49 \times 10^3 \text{ t/cm}$	$h = 0.02$
$K_2 = 1.37 \times 10^3 \text{ t/cm}$	
$f_y = 6810 \text{ ton}$	

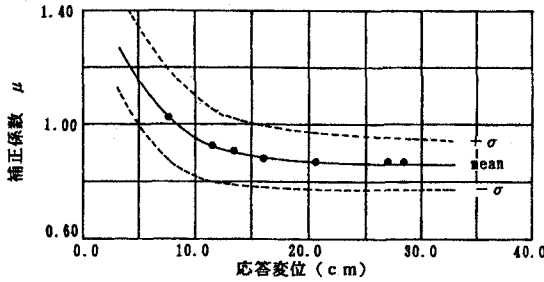


図-2 ホワイトノイズに対する補正係数

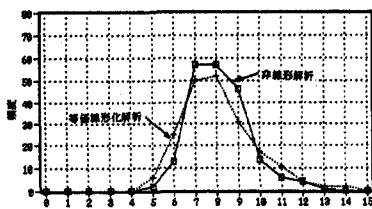


図-3 最大応答変位の分布

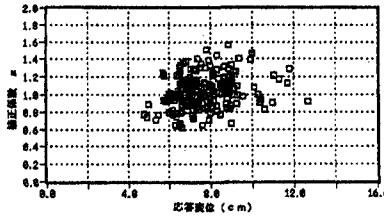


図-4 補正係数の分布

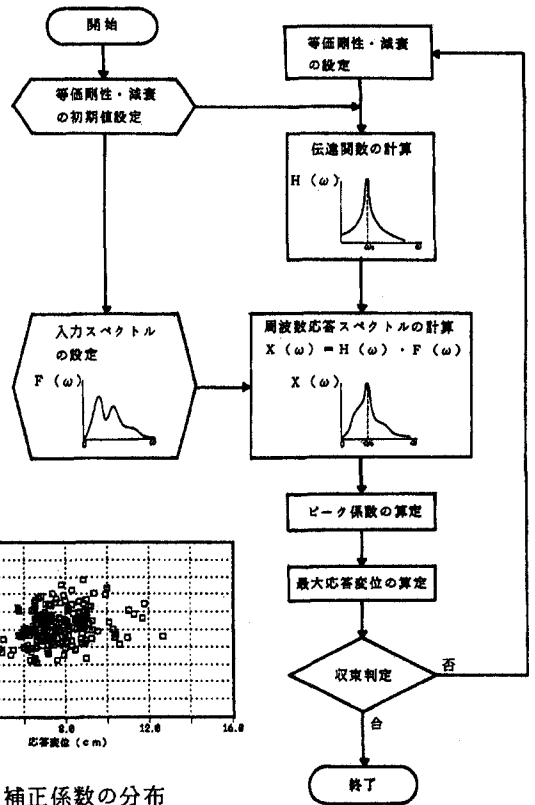


図-1 応答評価のフロー

表-2 応答変位の精度比較 (cm)

fg	S0	非線形解析	本手法	誤差 (%)
5.0	98.85	7.75	7.84	1.2
	175.73	11.54	11.54	0.0
	274.58	16.11	16.09	0.1
2.5	197.70	13.42	13.39	0.2
	351.46	20.61	20.98	1.8
	549.16	28.34	30.04	6.0
1.25	395.40	26.93	28.24	4.9

参考文献

- 1) D.E.Cartwright et al. "The statistical distribution of maxima of a random function". Proc. Roy. Soc. London, Ser. A, Vol. 237, 1956
- 2) 川島他、等価線形化法による免震橋の地震応答解析、土木学会第45回年次学術講演会
- 3) 鈴木他、弾塑性系ダンパーの等価線形化法に関する検討、土木学会第45回年次学術講演会
- 4) 神田他、弾塑性建築構造物の実用的耐震信頼性指標、JCOSSAR'87 論文集