

武蔵工業大学 土木工学科 正員 星谷 勝
同上 学生員 〇草野直幹

I. 緒言

現在の耐震設計では、いままでに記録された地震入力波を、一自由層系構造モデルを通して最大応答スペクトルを求め、各地震波の最大加速度で正規化し、等価な応答スペクトル群とみなし、平均化している。しかし、最大加速度で正規化した応答スペクトルが地震動の継続時間、スペクトル特性等の影響を十分考慮しているとは限らない。本研究では、応答スペクトルの正規化、平均化に用いる地震動強さを表わす、最も合理的なパラメータについて考察する。

II. 基礎的考察

応答スペクトルは、地震波の動特性（マグニチュード、最大加速度、震源深さ、震央距離、継続時間、地盤性状等）と構造物の動特性（固有周期、減衰性）の各要因が複雑に関連していると考えられる。つまり、これらの各要因を含んで、

$$S_A(\text{応答スペクトル}) = f\{(\text{構造動特性}) \cdot (\text{地震動特性})\} \quad (A)$$

なる関数で表わされよう。

(A)式を地震動強さを表わすあるパラメータを用いて、正規化すれば、

$$S_A = \alpha \cdot S \quad (B)$$

と表わされる。ここで、 α が地震動強さを表わすパラメータであり、 S は α によって正規化された応答スペクトルである。

(B)式の様に表わした場合、パラメータ α は(A)式の各要因の中で、地震動特性の要因をなるべく多く含んだものが好ましく、したがって、 S に関しては、地震動特性の要因を除外して、構造動特性の要因だけの関数とするものが多い。このことを満足する合理的なパラメータ(α)を定量的に把握・評価する条件としては、

(a) 正規化応答スペクトル(S)曲線の標本分散値及び信頼区間を最小とするもの。

(b) 正規化応答スペクトル(S)と地震動強さパラメータ(α)の相関係数を最小とするもの。

を考へる。

すなわち、条件(a)は正規化応答スペクトルのバラツキを減らさば、地震動特性の要因が十分除外されているかどうかを示し、条件(b)は、地震動特性の要因と構造動特性の要因が十分に分離されているかどうかを示すものである。したがって、これらの条件を満足するパラメータが得られれば、それによって正規化された応答スペクトルは、等価な一群とみられ、平均化することも有意とほらう。ここでは、現在あるパラメータを比較するか、合理的な最適パラメータを検出すること及び新しく作成することも本研究における今後の重要な課題である。

III. 地震動強さを表わすパラメータの比較検討

III-1. 使用データ

土木研究所資料¹⁾の国内地震記録の中から、最大加速度200gal以下、継続時間30秒までの水平成分のうち、本研究の目的から、最大加速度、継続時間の値が偏っていない。適当なバラツキを持つ19成分を選んて用いた。また、地震計の設置場所は地盤、地盤状況は沖積層ローム、シルトが多い。

III-2. 比較・検討したパラメータ

現在、地震動強さを示す代表的なパラメータと思われるものを、次の三種類取り上げた。

(1) 絶対最大加速度 \ddot{Y}_{max}

(2) 自乗平方根平均強度 Ir.m.s.

(3) 自乗平方根強度 I

ここで、(2) は JENNING²⁾ により提案されたもので、次式で定義される。

$$Ir.m.s. = \sqrt{\frac{1}{T_d} \int_0^{T_d} (\ddot{y})^2 dt}$$

T_d: 継続時間

(3) は JAGADISH³⁾ の提案したものを修正したものである。定義式は、

$$I = \sqrt{\int_0^{T_d} (\ddot{y}) dt}$$

である。なお耐震設計上よく使われる Housner⁴⁾ のパラメータは、ここで言うパラメータと性能を異にするので取り上げてはいない。

III-3. 解析結果

上記のデータをを用いて、地震動強さを表わすパラメータ \ddot{Y}_{max} , Ir.m.s., I の値を計算し、それによって正規化された応答スペクトルとの関係と相関係数を Fig 1, Fig 2, Fig 3 に示す。また構造動特性の固有周期 (T_0), 減衰率 (β) は $T_0 = 1.0$ sec, $\beta = 0.02$, $\beta = 0.20$ について示してある。ここで、パラメータの計算にあたって、地震動の継続時間は記録通りを用いるが、継続時間をどこまで採用するかは検討の余地がある。

これらの結果から、前に述べた最適パラメータの条件 (b) について評価すれば、パラメータ \ddot{Y}_{max} の相関係数が、他の二つのパラメータに較べてかなり高い値を示しており、 \ddot{Y}_{max} と S_A/\ddot{Y}_{max} が独立とは言えない。したがって、応答スペクトルの正規化、平均化に用いるパラメータとしては不適当ではまいかとと思われる。Ir.m.s. と I に関しては、 $T_0 = 1.0$ では I が Ir.m.s. より少し良い値を示しているが、固有周期の値によって、変化しているので、今回の結果からはどちらが良いとも言えない。

また、相関係数 (ρ) が構造物の固有周期の違いによって、どのように変化しているかを、

Fig 4, Fig 5 に示す。(ただし、 $\beta = 0.02$, と

Fig 1 Correlation: \ddot{Y}_{max} & S_A/\ddot{Y}_{max}
 $T_0 = 1.0$

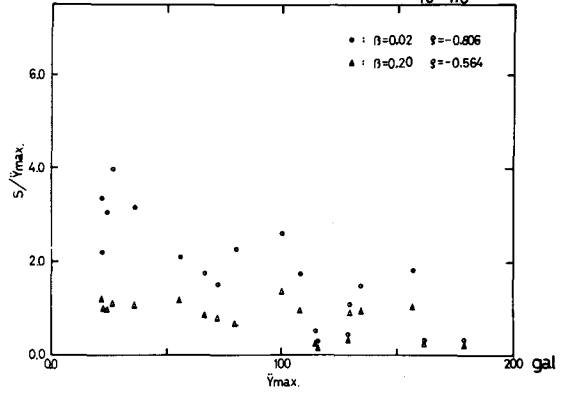


Fig 2 Correlation: I & S_A/I
 $T_0 = 1.0$

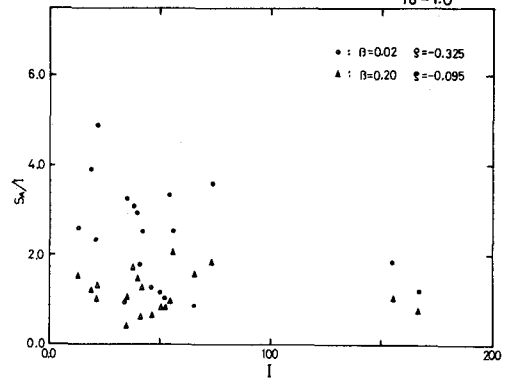
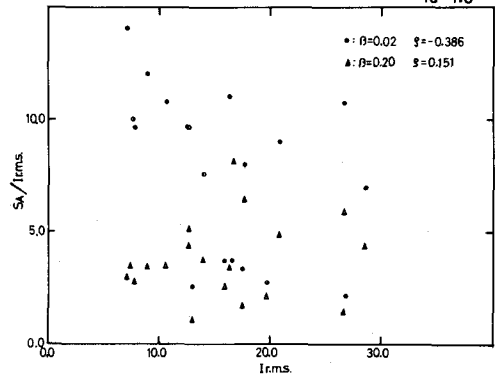


Fig 3 Correlation: Ir.m.s. & $S_A/Ir.m.s.$
 $T_0 = 1.0$



($\beta=0.20$ の場合について示してある。) この結果からも、パラメータ \ddot{Y}_{max} は固有周期 $T_0=0.1 \sim 1.0$ の範囲で、他のパラメータに較べ大きい相関係数値を示している。パラメータ I.r.m.s. は $\beta=0.20$ について落ち着いた値を示しているが、 $\beta=0.02$ の場合は変動が大きい。パラメータ I は固有周期が短いものに対して、大きい値を示しているが、固有周期が長くなるに従って、少なくなる傾向を示している。

Fig. 6 ではパラメータ I と \ddot{Y}_{max} の関係が示してある。I と \ddot{Y}_{max} の相関係数は $\rho=0.597$ である。I と \ddot{Y}_{max} の定義からわかる様に、継続時間の影響が反映されていることを表わしていると思われる。

III-4. 結論

今回行った解析結果から、パラメータ \ddot{Y}_{max} , I.r.m.s., I を総合的に比較検討すれば、データが少数であると最大加速度が 200 gal までであること、継続時間をどうするかほどの問題点があるけれども、上の結果と、さらに耐震設計上の観点から、応答スペクトルの上限値が DRENICK によって理論的に求まる利長を考慮して、自乗平方根強度 I が他の二つのパラメータに較べて好ましいと言える。しかし I も、最適パラメータである条件を十分に満たしたパラメータであるとは、まだ三つのパラメータの比較だけでは断言できない。

IV. 今後の展望

現在考えられているパラメータが、最適パラメータであるべき条件を十分に満たしていないとすれば、今後新しい最適なパラメータを追求する必要がある。II. の基礎的考察で述べたように、地震動強さを表わす最適パラメータは、地震動特性を忠実に適確に把握していることが必要である。したがって、地震のマグニチュード、地盤性状、継続時間、最大加速度、周波数特性等を考慮したものであり、たとえば、これらの要因を変数として、線形または非線形の回帰モデル、多変量分散分析などの統計的的手法を用いることも考えられるであろう。

[参考文献]

- 1) 土木研究所資料 第 317号 1967
- 2) JENNINGS R.C. : SIMULATED EARTHQUAKE MOTIONS FOR DESIGN PURPOSES, WCEE 1969
- 3) JAHADISH K.S. : THE ROOT MEAN SQUARE INTENSITY, Sym. of E.E. 1970
- 4) DRENICKS : FUNCT. ANAL. of EQ. 1968

Fig. 4 ρ - T_0 Relations $\beta=0.02$

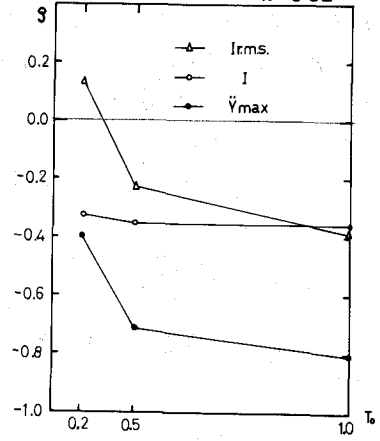


Fig. 5 ρ - T_0 Relations $\beta=0.2$

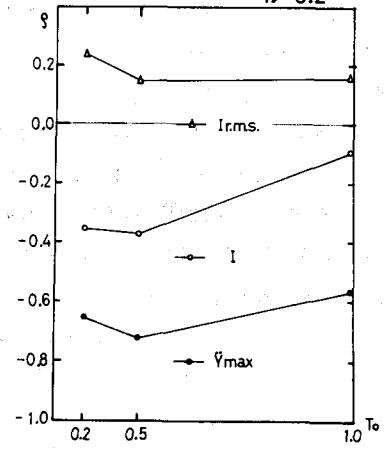


Fig. 6 I - \ddot{Y}_{max} Relations

