

I-426 地震動速度の繰返し特性に関する研究

建設省土木研究所 正会員 福岡 浩明

" " 佐々木 康

" " 田村 敬一

1. まえがき 地盤及び土構造物の地震時挙動には、地盤内で発生するせん断ひずみの影響が強い。また、地震動継続時間内の地震動最大値よりも地盤の地震時安定性を検討する上では、繰返し特性の影響が大きい場合も多い。液化現象を例としても、地盤内のせん断ひずみの繰返しの累積が現象の程度を表現するという研究¹⁾²⁾もある。地盤内でのせん断ひずみ(γ)は、水平地表速度記録(V_{surf})と地盤のせん断波速度(V_s)を使用して、重複反射理論より(1)式のように表わすことが可能である³⁾。

$$\gamma(z, t) = \{V_{surf}(t+z/V_s) - V_{surf}(t-z/V_s)\} / 2 \cdot V_s \quad (1)$$

そのため地表速度記録の繰返し特性と地盤のせん断波速度が整理されてあれば、地盤内のせん断ひずみの繰返し特性が把握できる。本報告は、地盤上で観測された水平加速度記録を振動数領域で一回数値積分した速度記録に関して、その繰返し特性の検討を行ったものである。

2. 繰返し低減係数の定義 図-1に示すように速度波形が零線と交わった瞬間から次の零線と交わるまでの半波を一回の繰返しと定義し、半波間のピーク値を $v_p(N)$ とする。ピーク値を大きい順にカウントすると $N=1$ の場合の $v_p(1)$ は一般的な最大速度 v_{max} であり、 v_{max} に関しては、実用的な推定式が提案されている⁴⁾。 $v_p(N)$ の数値を v_{max} で正規化した場合の速度の低減係数(η_v)を次式で定義する。

$$v_p(N) = v_{max} \cdot \eta_v(N) \quad (2)$$

強震記録は水平面内のある直交する2成分を記録したものであるため、今回の繰返し特性の検討には水平2成分記録を合成した最大値を対象とした⁵⁾。

また、記録の精度・周期特性上、総繰返し回数に近

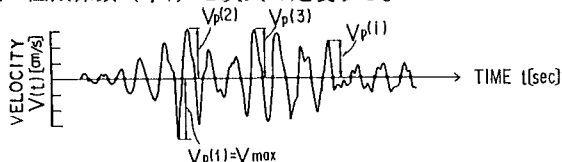
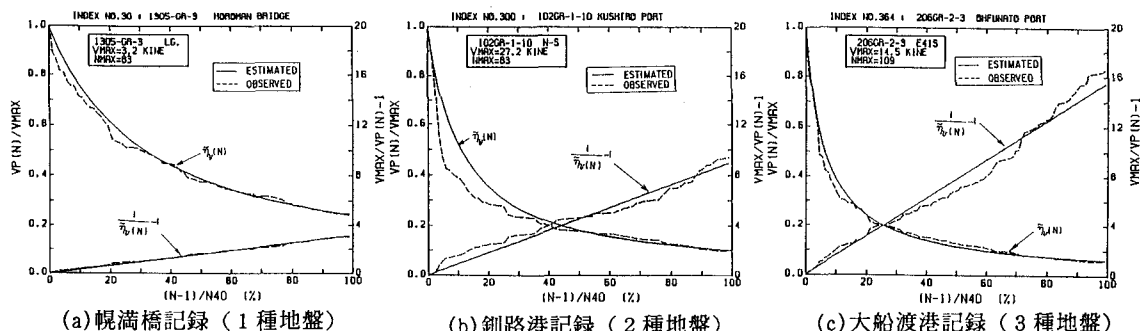


図-1 速度波形の繰返し特性の定義

い部分の非常に小さい $v_p(N)$ は工学的意味があまりないと判断されるため、解析対象範囲を総繰返し回数の40%とした。

3. 繰返し回数と低減係数の関係 繰返し回数(N)と低減係数($\eta_v(N)$)の関係の一例として代表的地盤種別毎の値を図-2に示す。ここで、1, 2, 3種地盤は道路橋示方書(耐震設計編)の1, 2+3, 4種地盤に対応する。次に、既往の197組の強震記録より低減係数を検討した。各繰返し回数に対する低減係数の平均値を地盤種別毎に比較すると図-3となる。平均的な低減の傾向は、地盤種別間の差が小さく、単調に減少して $N=25$ 回で0.30~0.35程度、 $N=50$ 回で0.15~0.25程度となる事がわかる。

図-2 繰返し回数(N)と繰返し低減係数(η_v)の関係

4. 繰返し低減係数の推定 繰返し回数(N)と低減係数($\eta_v(N)$)の関係を次式と仮定する。

$$\eta_v(N) = \{1 + \alpha (N - 1)\}^{-1} \quad (3)$$

(3)式中の係数 α は、低減の程度を表現する指標となる。また(3)式を変形すると(4)式となる。

$$\eta_v(N)^{-1} - 1 = \alpha (N - 1) \quad (4)$$

図-2中に(4)式をもとに最小自乗法により決定した係数 α による推定値と記録値とを比較する。推定式は概ね低減の傾向を近似できる。図-3に示したように地盤種別の平均的な低減傾向は大きく異ならないため、全ての記録に対して平均すると上式中の係数 α は0.10程度となる。

次に係数 α が地震のマグニチュード(M)及び震央距離(Δ :km)によって、どのように変化するかを検討する。

係数 α とM, Δ の関係をプロットしたものが図-4であり、係数 α はM, Δ が大きくなるにしたがい小さくなる

傾向がある。この関係を次式で仮定すると各係数は表-1となる。

$$\alpha(M, \Delta, GC_i) = e_1(GC_i) \cdot 10^{e_2(GC_i)} \cdot M \cdot (\Delta + 30)^{e_3(GC_i)} \quad (5)$$

代表的なM, Δ に対して(5)式による推定を行うと図-5となる。

5. まとめ

本検討により速度記録の繰返し特性は、概ね(3)式の双曲線関数で近似できることが明らかになった。また低減の傾向はデータのばらつきは多いが、マグニチュード・震央距離・地盤種別で推定可能である。

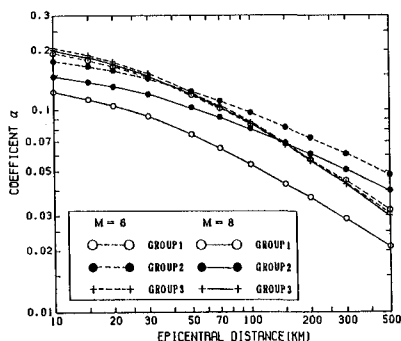


図-5 代表的なM, Δ , 地盤種別組合せと係数 α の関係

【参考文献】

- 1) 佐々木, 増井: 累積せん断ひずみに基づく間隙水圧発生量の算定, 土木学会第43回年次学術講演会
- 2) 佐々木, 増井: 振動台実験における間隙水圧の発生特性, 第23回土質工学研究発表会
- 3) 翠川, 時松: 強震記録から推定した地盤の動的性質と室内実験結果との比較, 第23回土質工学研究発表会
- 4), 5) 建設省土木研究所: 最大地震動および地震応答スペクトルの推定法(その4, 9), 土木研究所資料, 第1993号, 第2282号

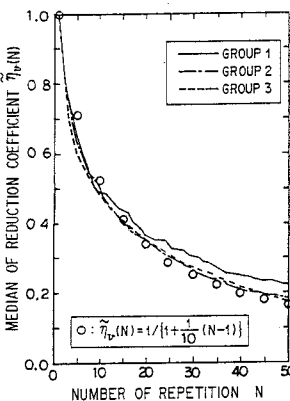
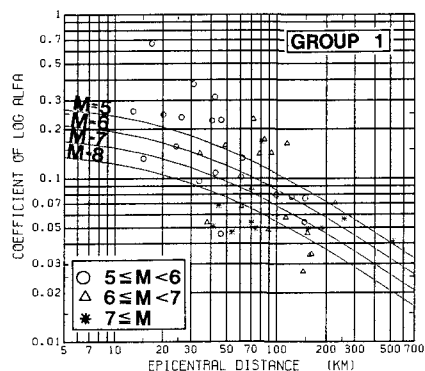
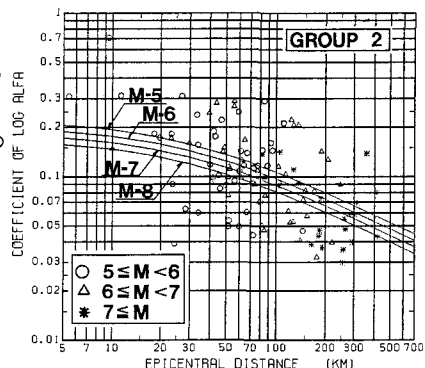


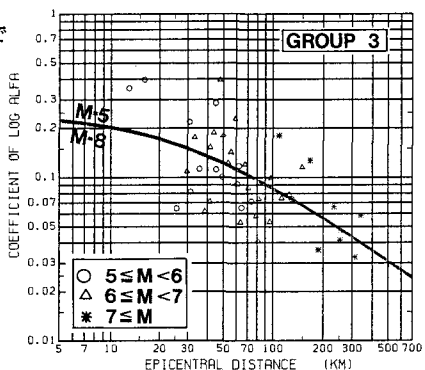
図-3 低減係数の平均値と繰返し回数



(a) 1種地盤



(b) 2種地盤



(c) 3種地盤

図-4 係数 α とM, Δ , 地盤種別の関係

表-1 (5)式中の係数と重相関係数

	係数 e1	係数 e2	係数 e3	重相関係数	標準偏差 σ
1種地盤	9.510	-0.09743	-0.6920	0.659	0.246
2種地盤	1.974	-0.03974	-0.5058	0.551	0.228
3種地盤	2.775	0.005536	-0.7313	0.610	0.221