

東京大学 学生員 ○川崎 勝幸
 東京大学 正員 藤野 陽三
 茨城大学 正員 井上 涼介

1. まえがき 近来、構造物の大型化、長大化が進み、その固有周期も1～数秒へと範囲が広がる傾向にあり耐震工学に於いてもやや長周期帯域の地震動に対する関心が高まっている。そこで本研究では、気象庁一倍変位強震計の記録を用いてやや長周期の地震動の減衰特性について調べ、さらにこの帯域の地震動記録として従来あまり使用されていなかった強震記録（加速度記録）の、この帯域での使用妥当性を検討した。尚、本研究で用いた記録は、1963年から1981年までの40個の地震におけるもので地震月報に記載されているものである。

2. 距離減衰式の検討 従来、日本に於いて地震の規模を示すものとして、気象庁マグニチュード M_J が挙げられるがこれは、坪井の式¹⁾

$$M_J = \text{Log } A + 1.73 \text{Log } \Delta - 0.83$$

A ; 最大振幅 (μ) , Δ ; 震央距離 (km)

により算出されるもので、この式はマグニチュードがあたえられた場合の震央距離と最大振幅の関係を示す距離減衰式とみなすこともできる。この距離減衰式は、関数形として

$$A = A_0 \cdot \Delta^{-n}$$

の形式をしている。この関数形の場合広い範囲の震央距離に対しては、適用が難しいことが指摘されており²⁾坪井の式を用いて実際に計算を行ってみると、(Table.1) 工学的に重要である震央距離が100 km以下では M_J の方が大きいことがわかる。即ちこの震央距離の範囲では坪井の式では、地震動を過大に評価していることになる。そこで、波動の粘性等を考慮に入れた新しい関数形

$$A = A_0 \cdot \Delta^{-n} \cdot e^{-k\Delta} \quad \text{---- (1)}$$

n ; 幾何減衰に関する量

k ; 媒質の粘性等に関する量

を仮定し、対象としている40個の地震各々に対し回帰分析により、各係数 (A_0 , n , k) を求めたうえで、坪井の式を用いた場合とこの新しい関数形を用いた場合につき、実際の一倍変位強震計の記録値との分散を各地震について比較すると、後者の方が減衰式として良い相関を示すことが明らかとなった。

3. スケールアウトしていない記録から求めた標準距離減衰式 上記の様な新しい関数形を用いた場合減衰式として良い相関を示すことが明らかとなったが、この減衰式の特性を考慮し、マグニチュードをパラメーターに加えて

$$M = \text{Log } A + a \text{Log } \Delta + b \Delta + c$$

Δ の範囲 (km)	($M - M_J$) の平均	(2)- 式の場合
$\Delta < 100$	-0.070	-0.035
$100 < \Delta < 200$	0.040	0.012
$200 < \Delta < 300$	0.066	0.021
$300 < \Delta < 500$	0.060	0.013
$500 < \Delta < 1000$	0.011	0.004
$1000 < \Delta$	-0.132	-0.031

Table.1 距離を限定した場合の偏差
坪井の式 と 式 (2)

の関数形を仮定し各係数 (a, b, c) を決定することで標準距離減衰式を求めてみた。即ち (a, b) については、回帰分析により求め、c については、震央距離 500 Km で坪井の式から算出されるマグニチュードと一致する様に定めた。これは、坪井の式から得られる減衰式と式-1 の関数形を持つ減衰式は、震央距離 500 km 付近でどの地震に於いてもその減衰曲線が交差していることを根拠とした。この結果標準距離減衰式として

$$M = \log A + 1.52 \log \Delta + 0.00031 \Delta - 0.42 \quad (2)$$

が得られた。この式を用いて先と同じ様に距離を限定した場合の偏差を求めると (Table. 1), 坪井の式を用いた場合より偏差が小さいことがわかる。坪井の式から得られる振幅と上減衰式から得られる振幅の比較を Fig. 1 にしめす。

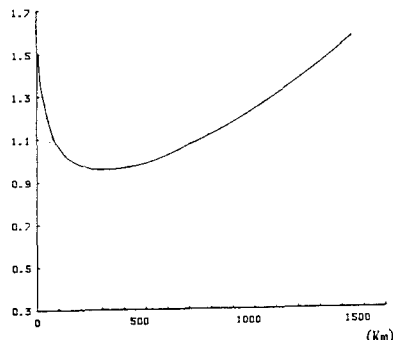


Fig. 1 坪井の式による振幅/式-(2) による振幅

4. 強震記録の使用妥当性の検討 やや長周期帯域の地震

動を比較的精度良く記録するものとして、一倍変位強震計を代表とする気象庁地震観測網が挙げられる。この地震計の固有周期が6秒であることを考える上記帯域の地震動成分を良く反映していることは明白であるが、大規模地震に於いて震央距離の小さいところではスケールアウトすることがある。これに対しSMACを始めとする強震記録は、大規模地震でも記録が存在し、一倍変位強震計の上記欠点を補う意味で使用価値は高い。しかしながら、記録計としての固有周期が0.1秒前後であることを考えると上記帯域の地震動記録としての使用妥当性には疑問点がある。強震記録に含まれる主な誤差としては、原記録における基線の不安定性に起因するもの、長周期帯域での感度低下に因るものが挙げられる。そこで、基線の補正がなされていないものに対してはこれを行い、その後、計器特性及び高振動数域と低振動数域のフィルタリングを同時に行い、得られた補正強震記録を一自由度系の運動方程式

$$\ddot{u} + 2h\omega \dot{u} + \omega^2 u = -\ddot{u}_g$$

に入力することにより、一倍変位強震計の応答値を求め、この応答値と、地震月報に記載されている実際の一倍変位強震計の記録値とを比較することにより、この帯域に於ける強震記録の使用妥当性を検討した。両者の関係を Fig. 1 に示すが、相関係数が0.8, 前者をLog Y, 後者をLog Xとしたときの直線回帰式が

$$\log Y = 0.68 \log X + 1.36$$

となり強震記録のある程度使用妥当性が認められると同時に、地震の規模が大きくなるに従い両者の差異が小さくなることが明らかとなった。これは、地震の規模が大きくなると強震記録の中にも長周期成分が、多く含まれていることが考えられる。

5. まとめ やや長周期帯域の地震動に関し、標準距離減衰式が得られた。また、この帯域に於いて、大規模地震に於ける強震記録の使用妥当性が認められた。

参考文献 1) 坪井忠二; 地震動の最大振幅から地震の規模Mを定めることについて, 地震2, 7, 185 193, 1954 2) 村松郁栄; Magnitudeの定義式について, 地震2, 17, 210~221, 1964

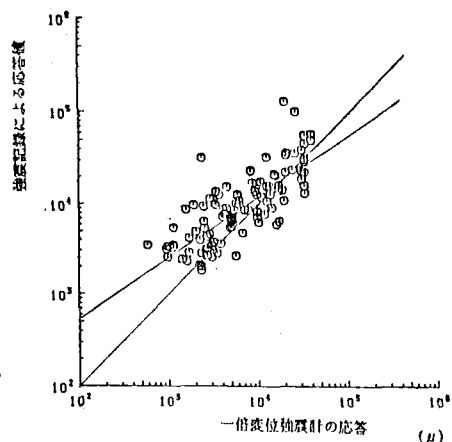


Fig. 2 強震記録による応答値と
一倍変位強震計の応答との関係