

京都大学大学院 学生会員 ○大沢一郎

京都大学工学部 正会員 亀田弘行

京都大学工学部 正会員 杉戸真太

1. まえがき 構造物の耐震設計における動的応答解析の入力地震動について、後藤・亀田・杉戸¹⁾により非常過程による強震地震動のモデル化およびマグニチュード(M)、震央距離(Δ)が与えられた場合の地震動の予測モデルが提案されている。しかしこのモデルの適用に際しては用いたデータの範囲内で議論すべきであり、工学的に重要な大M, 小 Δ のデータは少なくそのまま用いることができず、また震源を点ではなくある程度の大きさを持つものとして考慮する必要がある²⁾。以上の理由から本研究では震源断層を分割し、Mの小さな地震動の重ね合わせとして大規模近距離型の地震動の予測方法を提案し、地震動波形の予測を行なった。

2. 震源分割モデルの設定 本モデルは非定常強震地震動予測モデルを基に設定するため²⁾、震源の分割数は非定常パワースペクトルとMの関係より決定した。ここではMが1だけ小さな地震動から予測する方法を示す。Mの差が1の地震の振動数ごとの加速度パワーを比較すると、振動数によりばらつきがみられるが強度の大きな1~2 Hz付近の振動数が地震動全体に与える影響を考慮し、分割数は5とした。すなわちマグニチュードがMの地震動の予測は、マグニチュードがM-1(M')の地震動を5つ重ね合わせるにより行なう。重ね合わせる方法はM'の地震の非定常パワースペクトルを5つ、ある一定時間 Δt ずつずらして重ねてMのそれと最大値を等しくするようにした(図1)。最適な Δt も振動数により異なるのは不合理であるのでスペクトル強度の大きな1~2 Hz付近の Δt を採用すると次式のようなMと Δt の関係が得られる。

$$\Delta t = 0.015 \times 10^{0.27M} \text{ (sec)}$$

本モデルの妥当性の検討にあたって、震源の破壊方向と観測地点の位置関係はランダムであると仮定し、M, Δ の地震動とM(M-1), Δ の地震動を Δt ずつずらし重ね合わせたものとの比較をM=6.5~7.5(M'=5.5~6.5)の範囲で行なった。加速度波形(図2)では立ち上がり部分における高振動数成分の卓越、主要動から減衰過程に至る低振動数成分の漸増がみられる。また1自由度弾塑性系の非弾性応答(降伏変位, 全履歴エネルギー)についても両モデルの値は平均的に一致している(図3)。さらに加速度の継続時間³⁾(d_{90})についても良く一致しており(図4)本モデルの妥当性が示されている。

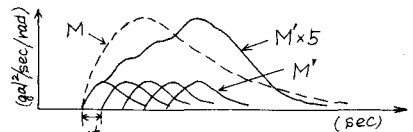
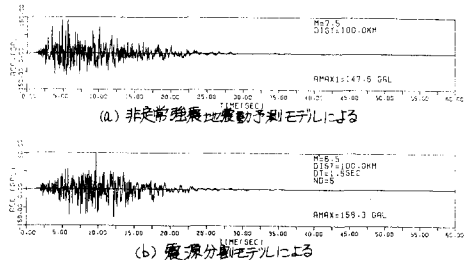
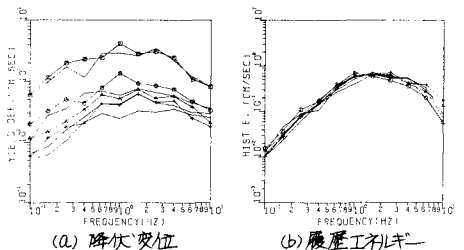
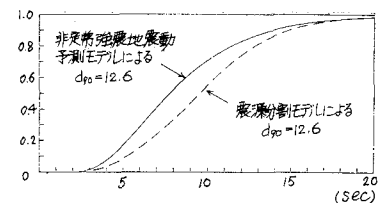


図1 非定常パワースペクトル重ね合わせ模式図

図2 加速度波形による比較(M=7.5, M'=6.5, $\Delta=100$ km)図3 弾塑性応答による比較(M=7.5, M'=6.5, $\Delta=100$ km, 粘性率1, 3, 5, 7, 印付: 震源分割モデルによる, 印なし: 非定常強震地震動予測モデルによる)図4 加速度パワー累積曲線による比較(M=7.5, M'=6.5, $\Delta=100$ km)

3. 震源分割モデルによる地震動予測 震源断層の破壊方向を考慮に入れてモデル化する場合、震源の大きさを定める必要があるため断層の長さに相当するパラメータ l を導入する。

$$l = n \times v_R \times \Delta t \quad (\text{km})$$

(v_R : 断層の破壊速度 km/sec, n : 震源分割数)

さらに図4に示すように震源断層の破壊方向と観測地点との関係(α)を与えることによって、分割してできた5つの小規模地震の震央距離($\Delta_i, i=1\sim 5$)が決まる。各小規模地震を、破壊のおくれおよび波動の伝播による時間おくれを考慮して重ね合わせ発生させた地震動の一例を図6に示す。ここでは $v_R = 3.5$ km/sec, S波速度 $v_S = 5.0$ km/sec, 断層面の傾斜角 $\varphi = 30^\circ$ とした。破壊開始要素の震央距離を Δ_S とすると破壊方向線上($\alpha = 0, \pi$)では $\Delta_S = 0$ の地点より破壊方向にある程度ずれた地点での最大加速度の値が大きくなっており、これは各小規模地震の重ね合わせによる効果が最も大きくあらわれたところであると思われる。また加速度パワー累積曲線(図7)をみてわかるように $\Delta_S = 0$ の場合よりも破壊方向上($\alpha = 0$)での曲線の傾きが急になっており継続時間 d_{90} も短くなり、震源の大きさおよび破壊方向を考慮に入れた効果があらわれている。

4. あとがき 本モデルで使用した震源パラメータ l と実際の断層の大きさとは一致しない。ここでは M に関係なく分割数を5としてモデル化した。Mのレベルと分割数の関係を詳しく調べることで、また震源特性がある程度明らかになっている地震についての研究を進めることなどにより地震学的研究と統計的手法による地震動予測の研究の接近をはかり、さらに信頼性の高いモデルの作成が可能となるであろう。

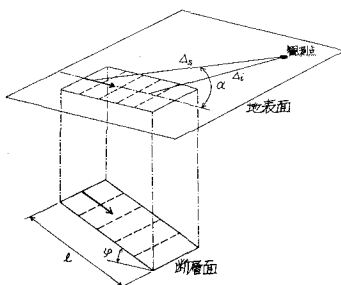


図5 震源分割モデル

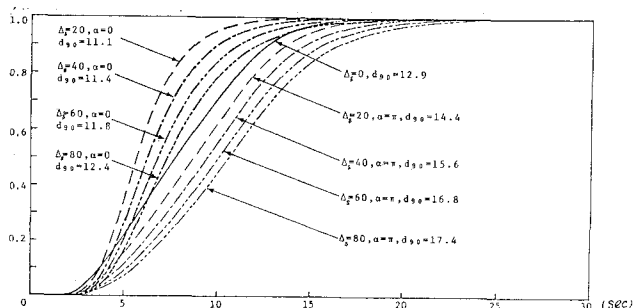


図7 加速度パワー累積曲線 (M=8.0)

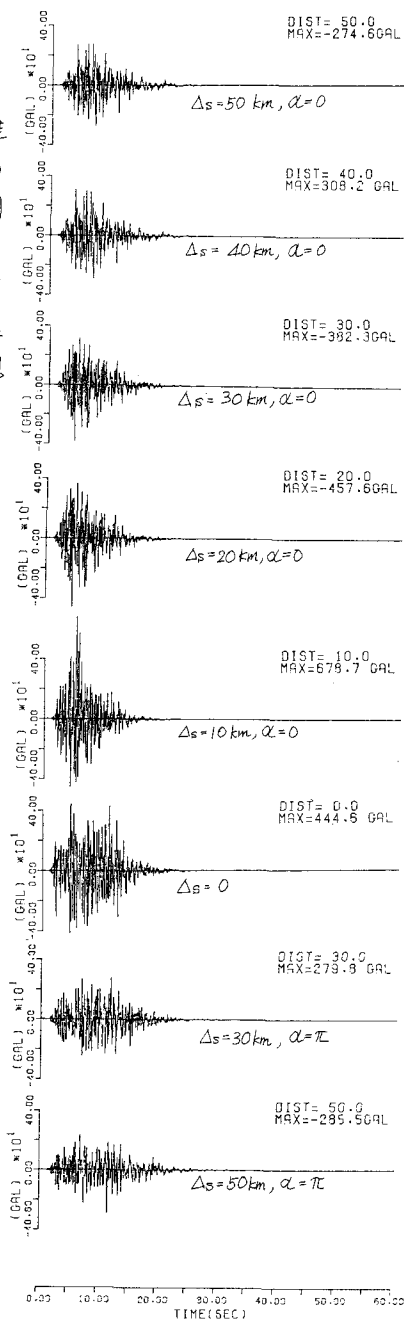


図6 Δ_S の違いによる加速度波形(M=8.0)

参考文献; 1) 後藤・亀田・杉戸: 土木学会論文報告集, 第286号, 昭54.6, pp 37-51. 2) Midorikawa, S., and Kobayashi, H., Proc. of the Second International Conference on Microzonation, vol. II, Nov. 26-Dec. 1, 1978, pp 825-836. 3) R.J. Archuleta, and J.N. Brune, Bull. Seism. Soc. Am., vol. 65, 1975, pp 1059-1071.