

京都大学防災研究所 正員 清野純史
 京都大学防災研究所 正員 土岐憲三
 京都大学防災研究所 正員 佐藤忠信

1. まえがき 著者らはすでに、統計的手法を用いて微小地震波形からグリーン関数を作成し、これを断層モデルによって重ね合せて設計地震動とする方法¹⁾²⁾を提案しているが、本研究では統計的グリーン関数の作成プロセスでの高周波部分の検討、ならびに、観測点ごとに求めた設計用地震動の相互比較を行い、合わせて設計用地震動としての妥当性を検証することを目的としている。

2. 統計的グリーン関数の高周波領域に関する検討

図-1は、微小地震から設計用地震動を合成するまでのflow-chartを示したものである。まず、自己回帰-移動平均(AR-MA)過程を用いて観測点ごとに多数の微小地震変位波形の統計解析を行い、このようにして求めた波形(以後これを統計的グリーン関数と呼ぶ)を断層面上の破壊過程に従って重ね合わせる。相似則としては地震モーメントの比を用いるが、微小地震と大地震の応力降下量の比が平均で300倍程度異なっているため、統計的グリーン関数の振幅をこの倍率だけ増幅させたものを小地震動とし、これを重ね合せに用いた。

図-2は地震モーメント(マグニチュードとも対応がとれる)ごとのスペクトルを表したものである。Geller³⁾らによって示された相似則は地震モーメントの比で定められるので、小地震動を重ね合せて大地震動を発生させる場合、スペクトルで見ると高周波部分は図中のABラインに沿って重ね合されることになり、高周波成分が極端に減少してしまう。

本研究の重ね合せは図-3のように行なわれる。まず、図中A'B'に沿って応力降下量の相違量だけスペクトルを持ち上げる。次に、B'C'の経路に沿って重ね合せが行われる。しかし、ここで問題となるのは、A'B'に沿ってスペクトルを持ち上げる時にノイズとして含まれる高周波成分を強調しすぎてしまう点である。したがって、ノイズ部分を遮断させるための基準を設けなければならない。ここでは、加速度記録を処理する時に用いられている遮断振動数を決定する方法⁴⁾と同様な方法を用いた。すなわち、高域遮断振動数と最大加速度との関係から、最大加速度が急激に増加する直前をもって遮断振動数と考えた。

図-4は、観測点別の統計的グリーン関数を微分して得た加速度波形の最大加速度を遮断振動数に対してプロットした図である。マグニチュードは1.8、震央距離は上賀茂、阿武山、妙見に対しては10km、六甲に対しては30kmとしている。図から、遮断振動数が高くなるにつれて最大振幅が大きくなっていくこと、どの地点でも15~20Hzの所でフラットな領域が現れているように見えることがわかる。高周波成分のどこまでが実際に意味のある信号なのかを判断することは非常に困難であるが、この図から10数Hz~20Hzあたりが妥当であると考え、遮断振動数を15Hzとした。

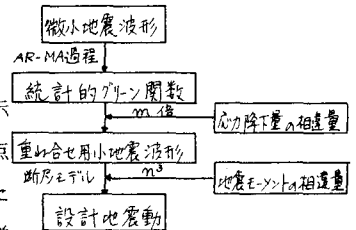


図-1 設計地震動作成までの手順

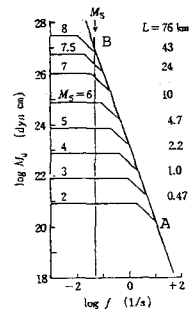


図-2 地震波のスペクトル³⁾

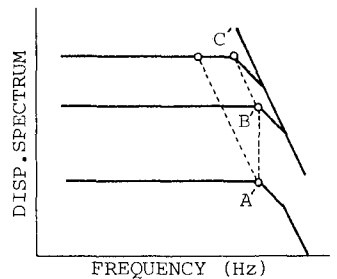


図-3 重ね合せ経路

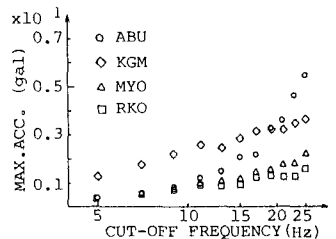


図-4 最大加速度と遮断振動数の関係

3. 設計地震動の特性

このような補正を経て求めたグリーン関数を上述の手順で重ね合せて合成した波形が図-5(a)(b)(c)である。マグニチュードは多数の記録が得られているサンフェルナンド地震と同じ 6.4、震央距離は 10km, 30km, 50km の 3つを考えた。また、設計用地震動の対象地点は、上賀茂、阿武山、妙見の 3地点である。まず、これらの記録の最大加速度に注目してみると、とくに震央距離の短い所で大きな違いが現れている。図-6は $M=6.4$ のサンフェルナンド地震に対する震央距離と最大加速度の関係とともに、上記 3地点と六甲の、合わせて 4地点の記録をプロットしたものである。ただし、六甲については震央距離 30km の記録だけである。興味深いことは、震央距離が長い所では最大加速度の分布は地点の違いに対してそれほど幅をもたず、その分布も既往の地震の最大加速度の分布特性と良い一致を示しているのに対して、震央距離の短い 10km の所ではその差が顕著であることである。すなわち、震央距離の短い所では想定した断層の広がりの影響が現れるためであり、従来から提案されているアテニュエーション則を用いて一意的に近距離の最大加速度を推定することは困難であることを示している。したがって、震央距離が短くマグニチュードが大きな地震動を予測するためには、本研究のような地点別の解析が必然的に必要になってくる。

さらに、工学的に意味のある応答スペクトルを、震央距離 30km の記録について地点別に表したものが図-7である。全体的に短周期にいく程応答量が大きくなる傾向があり、周期 1秒以降の上賀茂の応答を除いてほぼ同じような傾向を示している。応答のピークは 0.08~0.07秒の所に 1つ、2.0~4.0秒の所に 1つ見られる。前者のピークは遮断振動数によるものと考えられ、実際に予想される応答として考慮すべきかどうかは疑問が残る。2つめのピークは $M=6.4$ として考えられる断層モデルの諸元（ライズタイム、断層長さ、断層幅、破壊速度）から考えられるスペクトルの山に対応するものと考えられる。予想される応答の最大値としてはどの地点に対しても周期 0.1~0.3秒あたりで 300~600 gal が考えられる。この図は震央距離が 30km のものだけであるが、10km の応答量はこれより大きくなっている。

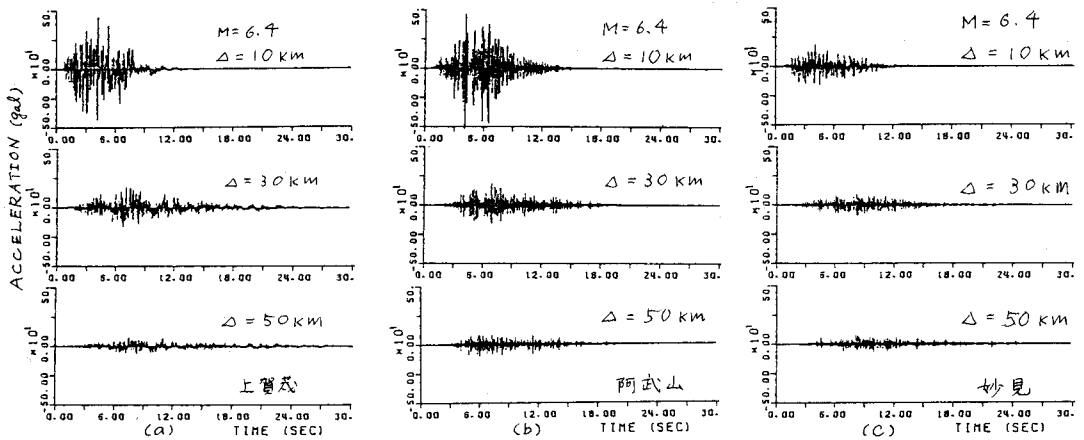


図-5 合成した加速度波形 (a) 上賀茂(KGM) (b) 阿武山(ABU) (c) 妙見(MYO)

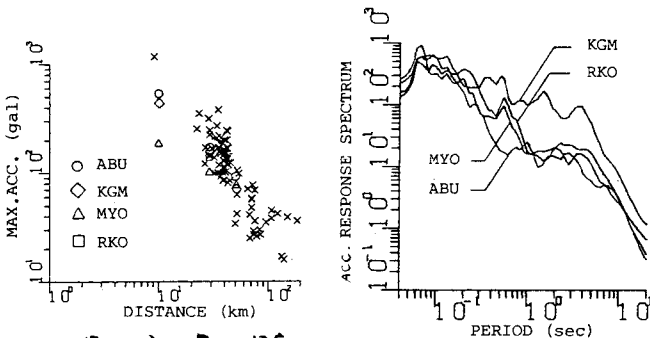


図-6 震央距離と最大加速度

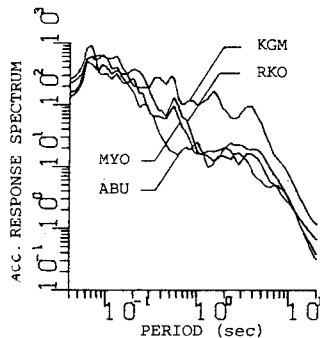


図-7 応答スペクトル(加速度)

参考文献

- 1) 土岐・清野・佐藤：第17回地震工学研究会講演概要集、pp.57~60
- 2) 清野・土岐・佐藤：第38回年次学術講演会概要集、pp.823~824
- 3) Geller: Scaling Relation for Earthquake Source Parameter, BSSA, 1976
- 4) 後藤・亀田他：土木学会論文報告集、第 277号、1978、pp.57~69