

東京大学大学院

学生員 篠 泉

東電設計

正 員 大角恒雄

東京大学生産技術研究所

正 員 片山恒雄

1. まえがき 強震記録から地震動特性を抽出する研究が多く行なわれている。その1つにマグニチュード M 、震央距離 Δ 等をパラメータとした統計解析があるが、使用データの質と量、回帰モデルの違いによって予測値は異なることが普通で、実際、日米の解析結果に差があることが指摘されている。¹⁾そこで、記録の追加による使用データセットの変化、地盤条件を考慮した回帰モデルの使用、記録補正によるデータの質の変化、が統計解析結果に及ぼす影響を検討した。

2. 地盤条件の扱い方とデータの追加 最大加速度に関する統計解析は地震動の平均的特性を知る1つの方法である。日本の強震記録に関する解析としては建設省土木研究所による回帰分析が代表的であるが、²⁾地盤種別ごとにデータを分けて重回帰分析を行なっている。そのためにデータの少ない種別では回帰式の信頼性が問題となるし、観測地点のまわりの局所的条件を表わすにすぎない地盤種別ごとに M 、 Δ に対する係数が異なってしまう矛盾が生じる。そこで地盤条件と層別因子として取り込んだ回帰モデルを採用した。このため地盤種別によって M 、 Δ の係数が違うことなくデータ全体を考慮した回帰式と得ることができた。解析に使用したデータは、土研の使用した301成分に宮城県沖地震の記録等と追加し $M=6.1 \sim 7.4$ のデータの割合を増やした723成分である。(301成分に関する解析は佐伯ら³⁾が報告している。)表1に得られた回帰式と参考に723成分の地盤別の回帰式、301成分の回帰式を示した。データの追加により層別因子のモデルでは重相関係数は変わらないが、地盤別分析の重相関係数は変化し、データの追加の多い第1種では大きくなった。図1に $M=6, 7, 8$ 、第1種4種における各モデルの予測値を Δ に対して表わした。301成分の場合モデルの違いにより予測値の距離減衰特性は大きく異なるが、723成分では同じような傾向をもつことがわかる。

3. 応答スペクトルに及ぼす強震記録の補正の影響 強震記録は適切な補正を施して誤差を取り除かなければならない。日本の強震記録の多くを提供しているSMAC-B2型強震計の記録の補正法はいくつか提案されているが、図2に示したのは後藤らと川島らの補正フィルターの振幅特性である。^{4,5)}ただし高域遮断振動数はともに10Hz、低域遮断振動数は後藤らの場合0.15Hz、川島らの場合0.30Hzとした。強震記録の補正が加速度応答スペクトルに及ぼす影響を調べるために、SMAC-B2型強震計で得られた水平38成分について未補正記録と補正記録の両方から応答スペクトルを計算した。未補正記録の応答スペクトルを SA_0 、後藤らの方法で補正した記録の応答スペクトルを SA_1 、川島らの方法で補正した記録の応答スペクトルを SA_2 とする。各記録につき、 SA_1/SA_0 、 SA_2/SA_0 を計算し、38成分の平均値と標準偏差を18の固有周期に対して示したのが図3である。短い固有周期で計器特性の補正により応答値は大きくなり長い周期では誤差除去により応答値が小さくなること、川島らのフィルターは1/3秒でカットしてしまうために長周期での低減が著しいこと、補正効果の大きい周期では補正の影響は波の特性によりばらつくことがわかった。

4. 日米の予測応答スペクトルの比較 Hudson は日米の応答スペクトル統計解析結果に類似性を認めながらも重大な相違のあることを指摘した。¹⁾図4に、日米ともにデータの多い $M=6.1 \sim 6.7$ 、 $\Delta=20 \sim 60$ km、Alluvium^{6,7)}における両国の予測スペクトルを示した。日本は片山ら、米国はTrifunacらの解析結果を用いた。米予測値は日本より概ね2,3倍大きいことがわかる。両国の予測値が異なる原因の1つとして、日本の場合未補正記録の応答スペクトルを使用したのに対し、米国の場合適当な補正を施した記録の応答スペクトルを解析に用いたことが考えられる。上記3.の結果と日本の予測スペクトルに集めることによって(後藤らの方法により補正した場合

の結果を使った), 近似的に日本の補正記録の応答スペクトルの統計解析結果とみなし図4に示したが, 短周期では米国と同程度の応答レベルになることがわかる。したがって, 短い固有周期での日米応答値の違いはある程度記録補正の有無によるといえる。米国の場合使用データの半分が1971年San Fernando地震の際得られた記録であり, 日米の比較は日本の平均的スペクトルと米国の特定の地震の地震波の特性を比較的強く反映したスペクトルを比べたことになるのかもしれない。補正の有無で説明できないより長周期における日米の相違は, このため生じたとも考えられる。

〔参考文献〕 1) Hudson: A Comparison of Strong Motion Earthquake Data Banks for Japan and the Western United States, Proc. 8th WCEE, 1980, 2) 建設省土木研究所: 新耐震設計法(第), 土木研究所資料, 第1185号, 1977, 3) 佐伯, 片山, 若山: わが国の地震上で得られた加速度記録の特性, 第32回土木学会年次学術講演会, 1977, 4) 後藤, 尾田, 杉戸, 今面: デジタルフィルターによるSMAC-B₂加速度計記録の補正について, 土木学会論文報告集, 第277号, 1978 5) 川島・高木: SMAC型強震計記録から求めた地震動変位の

の精度, 第36回土木学会年次学術講演会, 1981
6) 片山, 若山, 佐伯: 地震動加速度応答スペクトルの統計と角平均, 土木学会論文報告集, 第275号, 1978. 7) Trifunac・Anderson: Preliminary Empirical Models for Scaling Absolute Acceleration Spectra, Report No. CE 77-03, Department of Civil Engineering, Univ. of Southern California, 1977

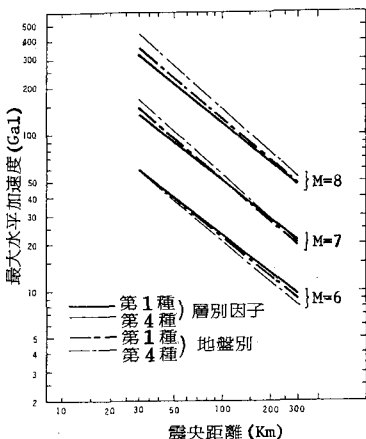


図1(a) 最大加速度の減衰曲線, 7 2 3成分

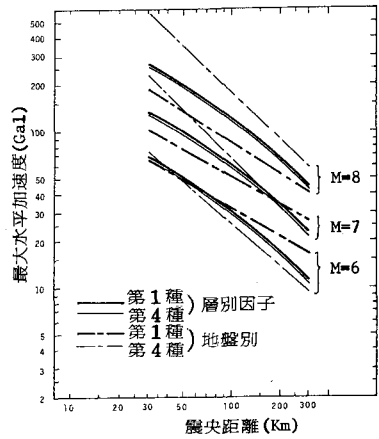


図1(b) 最大加速度の減衰曲線, 3 0 1成分

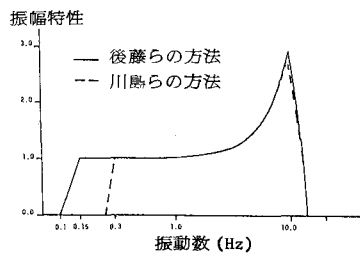


図2 SMAC-B₂ 強震計の補正フィルター

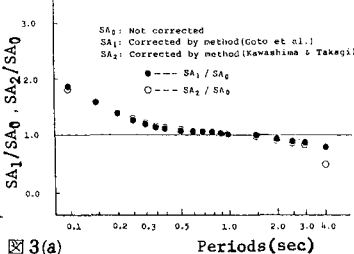


図3(a) 応答スペクトル (SA) の2手法による補正効果 (平均値)

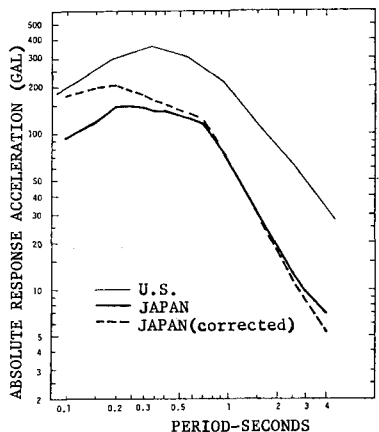


図4 補正効果を近似的に考慮したスペクトル (M=6.1-6.7, Δ=20-40 Km, Alluvium)

表1 回帰式 (各係数)

使用地震回帰データの種類	α	β	γ	重相関係数
723	8.04			
1 層別因子	8.09	0.353	-0.937	0.62
2 地盤別	9.18			
3 地盤別	8.04			
4 地盤別	6.85	0.373	-0.866	0.59
1 層別因子	6.75	0.351	-0.793	0.60
2 地盤別	14.8	0.318	-0.829	0.62
3 地盤別	4.45	0.420	-0.722	0.67
4 地盤別	17.6			
1 層別因子	19.5	0.279	-0.773	0.62
2 地盤別	19.2			
3 地盤別	17.1			
4 地盤別	28.5	0.207	-0.598	0.48
1 層別因子	13.2	0.330	-0.806	0.59
2 地盤別	32.1	0.254	-0.757	0.61
3 地盤別	6.47	0.423	-0.777	0.72
4 地盤別				

α, β, γ は $A_{max} = \alpha 10^{(\beta T + \gamma)}$ の各係数である。

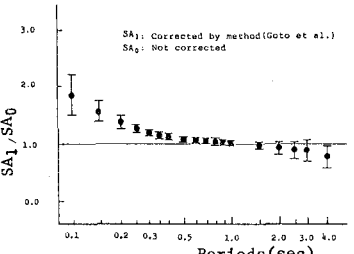


図3(b) 応答スペクトル (SA) の補正による増幅の割合 (平均値 ± 標準偏差)