

。日本技術開発(株) 正員 高松 重則
建設省土木研究所 正員 川島 一彦
国土庁 正員 木全 俊雄

1. はじめに

地盤の応答を求めるために「SHAKE」に代表される1次元波動論に立脚し、等価線形化法を用いた解析法がよく用いられる。この方法では、基盤の有無にかかわらず、半無限弾性体の1点の地震動を与えることにより他の任意の点の地震動を計算することが出来る。地震応答解析では、基盤での地震動を必要とし、地表面で観測された実測地震動加速度記録をもとに、基盤地震動を計算する際に、SHAKEが用いられる場合が多い。この際に、解析モデルによっては、計算で求めた基盤にスパイク状のパルスが混り、最大加速度が異状に大きくなる場合がある。本小文は、数値計算を行なう際の高振動数側の遮断振動数に着目し、地表→基盤の加速度を計算する際の、計算結果の安定性について試算した結果を報告するものである。

2. 解析に用いた地盤モデル、および入力地震動

地表面加速度から基盤加速度を計算するために図-1に示す3種類の地盤モデルを想定した。これらはいずれも実在の地盤をもとにし、計算に便利なよう簡略化したものであり、表層地盤の固有周期 T_q (微小ひずみ時)は0.27, 1.08, 1.34秒である。また、地表面に作用させる入力地震動は、開北橋周辺地盤記録(1978年 宮城県沖地震)、伊達橋周辺地盤記録(1978年宮城県沖地震)、新石狩大橋周辺地盤記録(1968年十勝沖地震)の3波形を選んだ。これらは、いずれもSMAC-B2強震計により得られた記録を土木研究所の標準数値化システムにより数値化したものである。

解析ケースは表-1に示す通りであり、これら3種類の地盤モデルおよび3種類の入力地震動に対してSHAKEの高振動数側の遮断振動数 f_c を10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 25 Hzの4段階に変化させ、地表面加速度から基盤加速度を計算した。

3. 遮断振動数 f_c の影響

図-2は、基盤加速度にスパイク状のノイズが生じた例(ケース D8)を示したものであり、最大加速度は285 galとなっている。一般に、地中の最大加速度は地表の最大加速度よりも小さいのが普通であるが、このようなスパイク状のノイズが生じると、見かけ上基盤の最大加速度が非常に大きく求められる。

図-3は、各地盤モデルにおいて、高振動数側の遮断振動数 f_c を変化させた場合の基盤面での最大加速度 $a_{max}^{BR}[\text{gal}]$ 、地表面での最大加速度 $a_{max}^{GS}[\text{gal}]$ の比 $a_{max}^{BR} / a_{max}^{GS}$ を表わしたものである。これによれば、地盤モデル1の場合には、各波形ともに $a_{max}^{BR} / a_{max}^{GS}$ はいずれも1.0以下であり、また f_c によらずに変化しない。これに対して、地盤モデル2、3の場合には、 f_c の増加につれて $a_{max}^{BR} / a_{max}^{GS}$ は次第に大きくなり、地盤モデル3に伊達橋記録を作用させた例($f_c = 25 \text{ Hz}$)では、この比は2.8にもなっている。ただし、このような傾向は入力地震波で異なり、開北橋および伊達橋記録を入力した場合には顕著であるが、新石狩大橋記録を入力した場合にはそれ程大きくない。図4は計算に用いた3種類の地盤モデルの増幅率(基盤→地表面)を示したものである。これによれば、地盤モデル2、3では、周期0.05~0.1秒の増幅率は非常に小さいのに対して、地盤モデル1では、これらよりも大きく1.0前後となっている。一方、図5は3種類の地表面加速度の応答スペクトルを示したものであり、固有周期0.05~0.1秒の範囲では、新石狩大橋記録は他の2波形のように加速度成分を有していないことがわかる。以上をまとめると、i) 0.05~0.1秒の範囲において地盤の増幅度がきわめて小さく、また、ii) 地表面で与えた地震動加速度波形がこの周期領域においてある程度の成分を有している場合に、図2に示した

ようなスパイク状のサイズが生じると考えられる。したがって、このような場合には、高振動数側の遮断振動数を小さくする等の配慮をする必要がある。ただし、この場合には、計算された基礎地震動の高振動数側の成分が遮断されている訳であるから、記録の利用に際しては、この点に十分注意する必要がある。

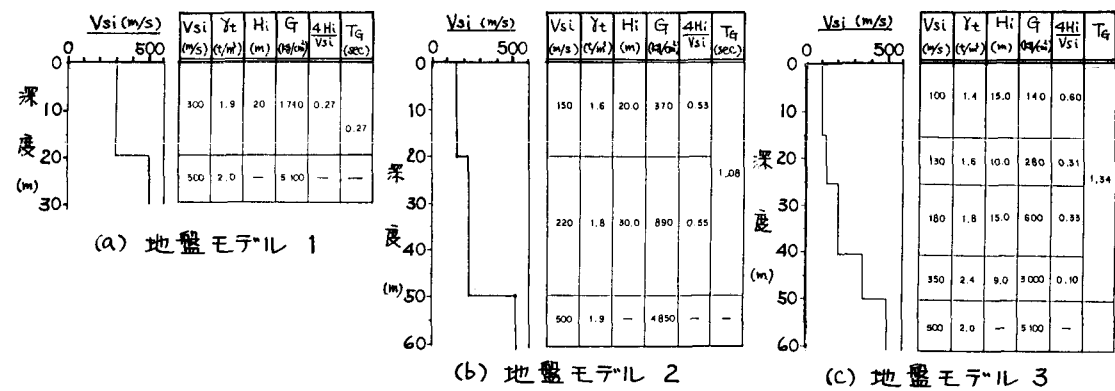


図-1 試算に用いた地盤の一次元モデル

表-1 解析ケース

ケース No.	入力波形	地盤モデル	f _c (Hz)	ケース No.	入力波形	地盤モデル	f _c (Hz)
K1	開北橋記録	1	10	D1	伊達橋記録	1	10
K2			15	D2			15
K3			20	D3			20
K4			25	D4			25
K5	開北橋記録	2	10	D5	伊達橋記録	2	10
K6			15	D6			15
K7			20	D7			20
K8			25	D8			25
K9	開北橋記録	3	10	D9	伊達橋記録	3	10
K10			15	D10			15
K11			20	D11			20
K12			25	D12			25

図-2 (a) 地表面

(a) 地表面

図-2 (b) 基礎

(b) 基礎

図-2 地表面において地震動を与え、基礎の地震動を計算した一例（ケース D8）

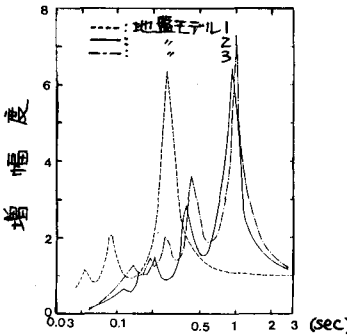
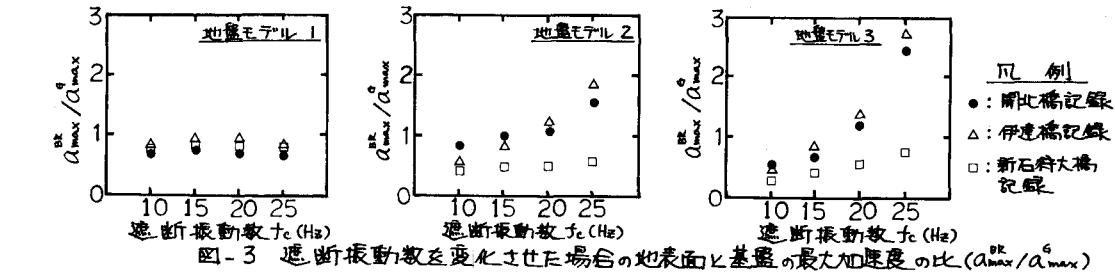


図-4 試算に用いた地盤モデルの基礎→地表面の伝達関数(絶対値)

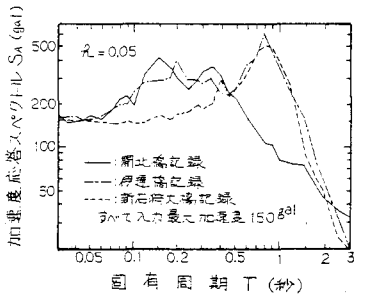


図-5 地表面で入力した加速度波形の応答スペクトル S_R (k=0.05)