

設計用地震動の設定位置に関する検討

正会員 ○ 吉田 望*
同 篠原 秀明*
 澤田 純男**

地震基盤 工学的基盤 地震動増幅
設計用地震動

1 はじめに

設計に用いる地震動は過去の地震で観測された波形が用いられたり、理論的な考察に基づいて作成されたりする。後者の場合には、小地震合成法の様に対象となるサイトの地表の地震動を直接求める方法と、断層から地震基盤、工学的基盤、地表と波動の伝播する段階を追ってそれぞれの部分で波動を作る方法がある。本論では最後のケースについて検討する。この場合、設計用の地震動を工学的基盤における解放基盤複合波として設定し、表層ではその半分を基盤からの入射波として表層のみの解析を行うのが一般的である。これは、工学的基盤の入射波は表層の有無に影響されないと考えられるためであると考えられる

ところで、筆者らはこのような考え方に問題があることを示した¹⁾。すなわち、地震基盤から地表までを一体として解いたときと、工学的基盤を解放基盤として入射波を求め、表層地盤に入力したケースで大きな差があった。本論では、その対策法について考える。

2 解析モデルと問題点¹⁾

前報¹⁾と同様、八戸市のサイト²⁾を対象とする。表 1 に地盤のモデルを示す。ここで、地震基盤は 13 層、工学的基盤は 11 層、表層は 1～10 層で、その上部を表の備考欄に R, E, S で示している。また、これらはそれぞれの位置を表す添え字としても用いられる。

図 1 は地表までを一体としたケース (Continuous) と工学的基盤で分離したケース (Separate) の増幅比を比較している。後者のケースでは分離した各ケースの増幅比も示している。各ケースの積が点線で表されており、一体解析の実線と比べると、全体系の 1 次モード (0.4Hz) のピークは全くなく、また、3 次モード (1.5Hz) のピークは明瞭には現れていない等の差が見える。これらの周波数は構造物の設計でも重要な領域であり、問題といえる。

3 新しい設定方法

図 2 に解析領域と入力波の設定方法を模式的に示す。○で囲んだのが入力波で矢印はその波動がどこから持って来られたかを示す。上に解析ケース名が示されており、Continuous と Separate は既に説明した。新に二つの解析方法を考えた。Case 1 はまず一体解析で得られた地表の波動を表層モデルに入力し、得られた工学的基盤の入射波を

表1 地盤モデル (文献2)に加筆)

No.	h (m)	V_s (m/s)	ρ (t/m ³)	Q 値	備考
1	2.0	107	1.80	14	S
2	4.0	176	1.80	13	
3	6.5	201	1.90	12	
4	9.0	193	1.90	12	
5	15.5	239	1.70	12	
6	22.0	234	1.70	9	
7	32.0	248	1.80	7	
8	40.0	309	1.80	7	
9	50.0	378	1.80	7	
10	180.0	379	1.70	100	
11	360.0	690	2.00	100	E
12	380.0	1100	2.10	100	
13		2800	2.50	200	R

h : 下端深さ, V_s : せん断波速度, ρ : 質量密度

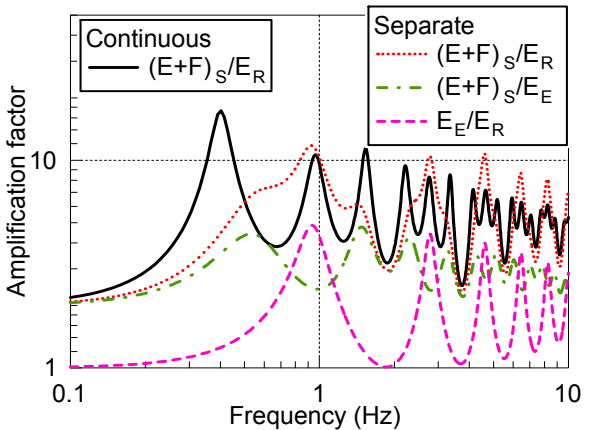


図1 増幅比の比較 (E+F は複合波, E は入射波)

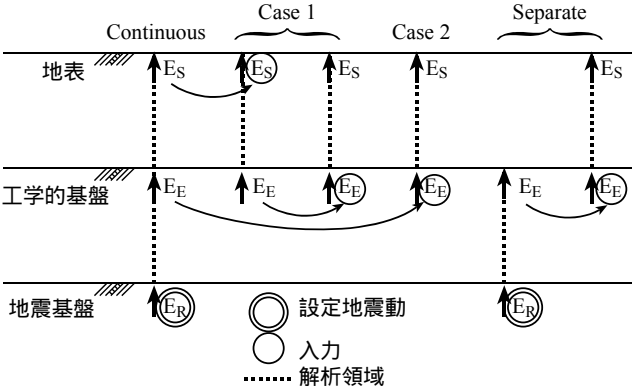


図2 波動の設定位置

再度表層モデルの入射波として非線形も考慮して解析する。Case 2 は一体解析で得られた工学的基盤の入射波を表層モデルに入力する。

4 解析結果と考察

図 3 に弾性のケースに対する増幅比を比較して示す。Continuous, Case 1, Case 2 の線はほとんど重なっており、新しく設定した方法の再現性がよいことが分かる。なお、Case 1 は弾性のケースでは理論的にも元の値と一致する。また、Case 2 が一致しているのは工学的基盤の下部で再反射して上昇してくる波動の影響がほとんど無いことを示している。表 1 に示した地盤では工学的基盤以深の減衰は相当小さいが、それにも拘わらず一体解析の結果と一致していることから、多くのケースでは工学的基盤より下部で反射して再度上昇してくる波動の影響は無視できると考えられる。なお、地震基盤からの反射が無視できないのは前項の検討から明らかであるが、その影響は入力に用いた地震動の中に含まれていると考えられる。

次に、表層が非線形挙動をする場合を考える。入力地震動には 1983 年日本海中部地震の際不老不死で得られた波形 (EW 成分) を非線形性が大きく現れるように、そのまま地震基盤への入射波であると設定した。また、解析は等価線形法により、第 9 層までの非線形性は福武らによる砂の動的変形特性を用いた。第 10 層以深は弾性のままとした。

図 4 に加速度のスペクトル比を示す。弾性解析と同様分離解析では 0.4Hz のピークは表現できていない。また、提案した二つの方法はいずれもほとんど一致している。これらを一体解析と比較すると、1Hz 付近のピークの減少、2Hz 付近のピーク周波数が一致していない。しかし、分離解析と比較すれば一致度は優れている。

応答に与える影響を見るために、地表の加速度波形から求めた応答スペクトルを図 5 に比較して示す。分離解析では 1 秒より長周期側で一体解析との差が見られるが提案法では 1Hz 付近で若干差が見られるとはいえ、一体解析との一致度は非常によい。

5 まとめ

地震基盤から地表までを一体として解析するのに比べて、工学的基盤で二つに分けて解析する従来の方法では再現性は悪いが、ここで示した二つの方法では再現性は格段に改善された。これらより、地震動を工学的基盤で設定する際にもそれより上に表層があるということを意識しておくことが重要であることが分かった。なお、工学的基盤以深で反射して再び地表に上がってくる波動の影響が無視できるのなら、ここで示した二つの方法は同じ結果を与えると考えられるので、どちらを用いても構

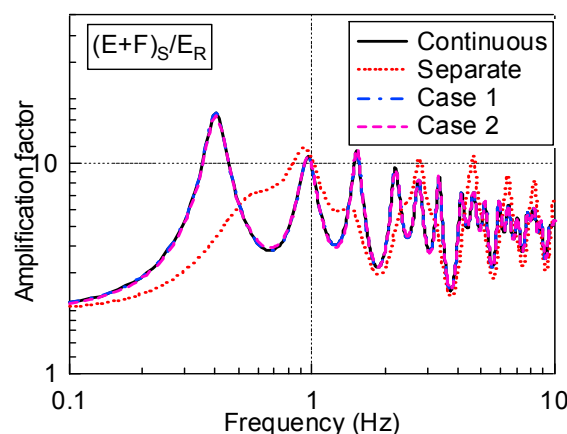


図3 増幅比の比較 (弾性解析)

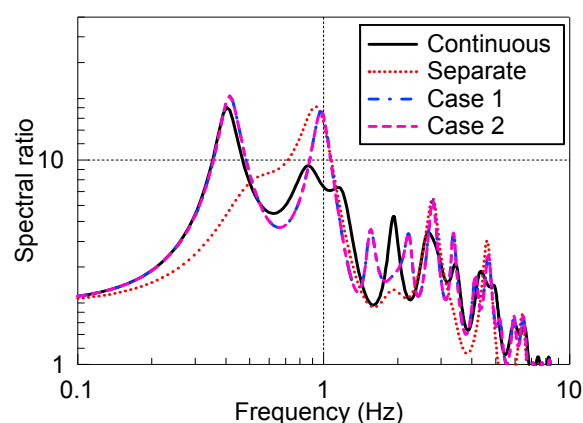


図4 スペクトル比の比較 (非線形解析)

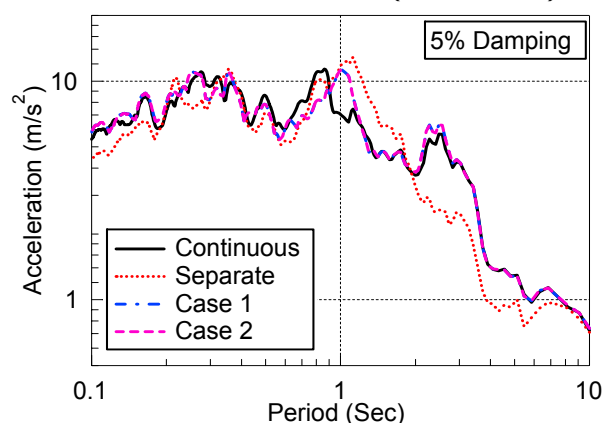


図5 応答スペクトルの比較

わない。なお、本研究は「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」に基づいて実施したものである。

参考文献

- 1) 吉田望, 篠原秀明, 中村晋 (2003): 表層地震動計算における大深度地盤の影響, 日本地震工学会・大会 - 2003 梗概集, pp. 372-373
- 2) 翠川三郎, 小林啓美 (1978): 地震動の地震基盤からの入射波スペクトルの性質, 日本建築学会論文報告集, No. 273, pp. 43-54