

工学的基盤以深の地下構造が地震応答解析に与える影響

東北学院大学工学部 ○宇佐美 亮介，佐々木 毅史，吉田 望

1 はじめに

工学的基盤は，地域の基盤に相当する地盤で，広い範囲に広がっており，表層とのインピーダンス比の大きい層として認識されている（例えば土岐¹⁾）。そのため，工学的基盤から表層に入射する波は地域では変わらないとされ，多くの設計指針では工学的基盤で設計用地震動を設定している（例えば道路橋示方書，建築基準法）。また，ある地点の地震観測から工学的基盤の入射波を求め，これを他地点の入力に用いるような計算は実務で広く行われている。

ところで，筆者の一人は，事例解析により工学的基盤以深の地盤構造が地表の応答に影響を与えることを示した²⁾。これは，工学的基盤が，地震波を完全に反射するという意味での基盤として働いていないこと，そのため，工学的基盤より下方に伝播し，再び表層にあがってくる波が無視できない可能性があるからである。とすれば，工学的基盤で入射波を与えても，それ以深の地盤構造により表層の応答が影響を受ける可能性がある事になる。本報告ではケーススタディによりこれを確認した結果を報告する。

2 解析条件

2.1 地盤モデル

基本モデルとして，以前に検討²⁾した，翠川・小林により同定された八戸市の地盤構造³⁾を用いる。表1に地盤構造を示す。ここで， h は層下端深さ， V_s はせん断波速度， ρ は密度， Q は Q 値である。前報同様， $V_s=2800\text{m/s}$ の層（第13層）を地震基盤とする。また，工学的基盤は多くの設計指針で用いられる値が $300 \sim 400\text{m/s}$ であることを勘案し， $V_s=378\text{m/s}$ の層（第9層）と設定する。

ケーススタディでは，10層目のせん断波速度と層厚をパラメータとする。せん断波速度は，極端なケースを想定することにし，小さい方は $V_s=200\text{m/s}$ ，大きい方は 700m/s とする。また，これらの層の層厚は，5, 50, 100m とする。さらに，それ以深は $V_s=3000\text{cm/s}$ の地震基盤とする。表2に解析ケース名とパラメータをまとめて示す。なお，これ以外に表1に示した基本モデルの解析も行うが，以下ではこれを基本ケースとして引用する。

2.2 計算手法

解析は一次元地震応答解析プログラム DYNEQ⁴⁾を用いて行う。なお，非線形性は考慮せず，地盤はすべて弾性とし，せん断弾性定数は ρ と V_s より算出し，減衰定数は Q 値より算出する。なお，解析では10層より下に半無限の地震基盤があるとし，減衰定数は考慮しない。

まず，前報同様，表1の地震基盤に図1の地震波（1983年日本海中部地震，不老不死サイト観測波。岩盤サイト）を解法基盤複合波として作用させ，工学的基盤位置の入射波を取りだし，これをケーススタディの各地盤の工学的基盤に入力する。

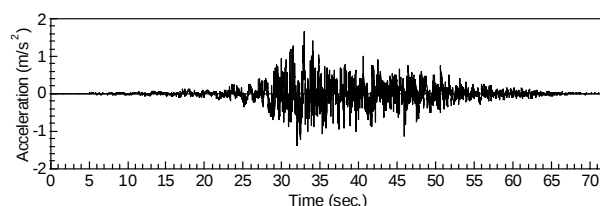


図1 入力地震波

表1 地盤モデル

No.	h (m)	V_s (m/s)	ρ (t/m^3)	Q	備考
1	2.0	107	1.80	14	
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	EB2
10	180.0	379	1.70	100	
11	360.0	690	2.00	100	EB1
12	380.0	1100	2.10	100	
13		2800	2.50	200	SB

表2 パラメータ（10層目の定数）

Case No.	1	2	3	4	5	6
V_s (m/s)	200			700		
層厚 (m)	5	50	100	5	50	100

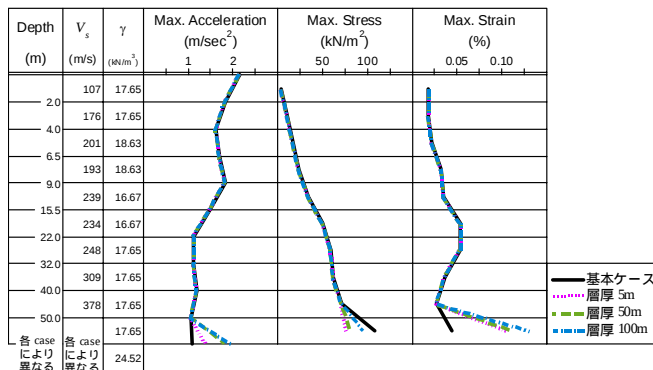


図2 最大応答値の比較（小さい V_s のケース）

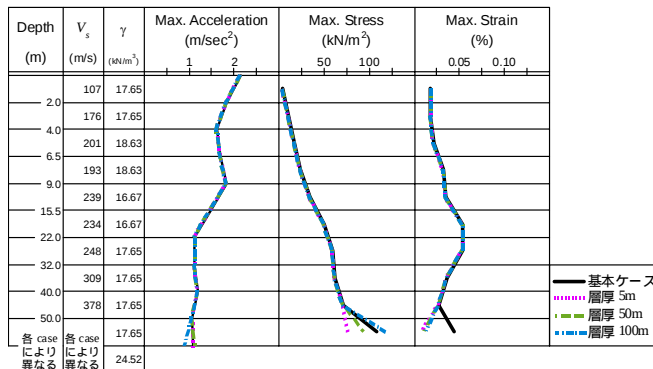


図3 最大応答値の比較（大きい V_s のケース）

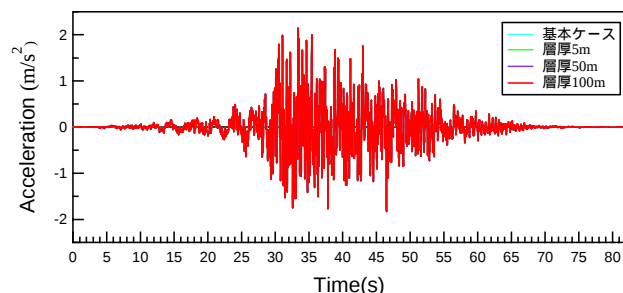


図4 地表の加速度時刻歴の比較（小さい V_s のケース）

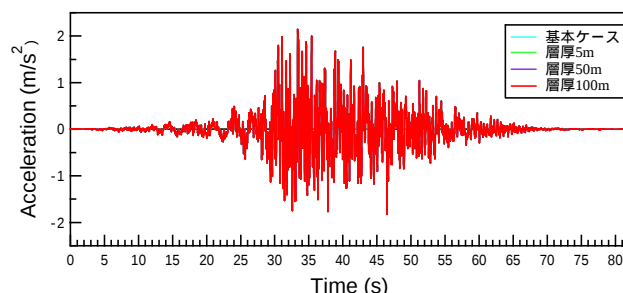


図5 地表の加速度時刻歴の比較（大きい V_s のケース）

3 計算結果と考察

図2に工学的基盤以深に小さい V_s があるケース，図3に大きい V_s があるケースの最大応答値をそれぞれ比較して示す。また，図4と図5には地表の加速度時刻歴を比較して示す。ここで，工学的基盤以深では，ケースごとに層厚が異なるがそれを縮尺を変

え，同じ位置での応答であるように描いていることに注意が必要である。

いずれのケースでも工学的基盤より上では応答は図上で区別できないほど一致している。しかし，工学的基盤以深の応答は差がある。

工学的基盤以深の V_s が小さいときには基本ケースの加速度は小さい。 V_s が小さい層の層厚が厚くなるほど地震基盤の加速度は大きくなる。また，最大応力は小さく，最大ひずみは大きくなるが，パラメータとして設定した層の V_s は一定なので，この区間で増幅はしないということを考えると，層厚の違いに伴うで見かけ上の現象と考えられる。

一方， V_s が大きいときには基本ケースの加速度が一番大きく，その他の加速度は小さい。しかし，その差は， V_s が小さいケースより小さい。

4 まとめ

工学的基盤以深の地盤構造が表層地盤の応答に与える影響を数値解析により検討した。その結果，工学的基盤で入射波を与えるのであれば，表層の応答は工学的基盤以深の地盤構造によらず一定であることが分かった。しかし，工学的基盤以深の応答はかなり異なり，同じ地震による入射波を与えているという意味はない。

参考文献

- 1) 土岐憲三（1981）：構造物の耐震解析，新体系土木工学 11，技報堂出版，250pp.
- 2) 吉田望，篠原秀明，澤田純男，中村晋（2005）：設計用地震動の設定における工学的基盤の意義，土木学会地震工学論文集，第28巻，Paper No. 170
- 3) 翠川三郎，小林啓美（1987）：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，第273号，pp. 43-54
- 4) 吉田望・末富岩雄：DYNEQ A computer program for dynamic response analysis of level ground by equivalent linear method, Version3.25 (September 2004), Revised from Original version (May 1995)