

中央防災会議
「東南海、南海地震等に関する専門調査会」
(第5回)

説 明 資 料

平成14年6月12日
中央防災会議事務局

1. 微地形区分と表層地盤の平均S波速度の検討

1. 手法とデータ収集領域

中央防災会議「東海地震に関する専門調査委員会」での松岡・翠川（1994）の方式に従った手法を採り、関東および中部地域に加えて、近畿以西等の地域のPS検層データを収集し、微地形区分を見直すとともに、表層30mの平均S波速度（AVS）の経験式を求めることとしたい。

2. 微地形区分の見直し

- (1) 今回新たに対象領域として加えた近畿以西などの地域について、最近の地質図などを参考に、松岡・翠川（1994）の微地形区分について、地質の区域分けの見直しを行った。
- (2) 松岡・翠川（1994）の微地形区分のうち、「他の地形（沖積・洪積）」について地質図等と比較し、「新第三紀」、「中生代」、「火山」、「他の地形」に再分類した。なお、新たに加えた「火山」は、第四紀の火山地域である。
- (3) この結果、微地形区分を、「古生代」、「中生代」、「古第三紀」、「新第三紀」、「他の地形」、「丘陵地」、「砂礫台地」、「ローム台地」、「扇状地」、「砂州・砂丘」、「谷底平野」、「自然堤防」、「デルタ・後背湿地（ $D > 0.5$ ）」、「デルタ・後背湿地（ $D \leq 0.5$ ）」、「人工改変地」、「埋立地・干拓地」、「火山」の17種類とした。図1に、修正前の微地形区分の分布図を、図2に、上記の修正を加えた微地形区分の分布図を示す。

3. 今回収集したPS検層データによる微地形区分ごとの平均S波速度

今回、近畿以西等で収集した深度30mを超えるPS検層データ全てについて、表層30m区間の平均S波速度を求めた。PS検層を実施した場所の微地形区分ごとに、平均S波速度と標高の関係を図3～図16に示した。なお、新たに設定した微地形区分「火山」については、「他の地形」と同一図面に示した。

各図の上図は、関東以西のデータ全てを地域ごとに色分けして示したものであり、下図は、関東・中部地域のデータのみを示したものである。いずれの図にも中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」で決めた微地形区分とAVSとの関係式を示してある。

今後、各都府県が実施した強震動予測とも照らし合わせながら、微地形区分ごとに地質の地域特性も考慮して適切な回帰式を検討することとしたい。

【参考】表層地盤の平均S波速度の検討

松岡・翠川(1994)による微地形区分ごとのAVSの経験式は、次のとおりである。

$$\text{Log AVS} = a + b \cdot \text{Log H} + c \cdot \text{Log D} \pm \dots \dots \dots \text{①}$$

- ここで、AVS ; 表層30mの平均S波速度の推定値
H ; 標高(m)
D ; 主要河川からの距離(km)
a, b, c ; 係数(各微地形区分ごと)
 σ ; 標準偏差(各微地形区分ごと)

中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」では、関東、中部地域におけるPS検層データなどを収集し、微地形区分と表層30mの平均S波速度(AVS)の関係を①式で整理し、①式の各係数を表1のように求めた。

表 1 微地形区分ごとの平均S波速度 (AVS) の経験式の係数一覧表

[μ 式]

コード	微地形区分	a	b	c		
3 ~ 5	古生代・中生代・古第三紀	2.90	0.00	0.00	0.15	
6	新第三紀	2.53	0.00	0.00	0.07	
7	他の地形	2.20	0.13	0.00	0.15	200 < AVS < 350
8	丘陵地	2.51	0.00	0.00	0.16	
9	砂礫台地	2.48	0.00	0.00	0.14	
10	ローム台地	2.09	0.23	0.00	0.10	200 < AVS < 400
11	扇状地	2.49	0.00	0.00	0.10	
12	砂州・砂丘	2.31	0.00	0.00	0.12	
13	谷底平野	2.08	0.19	0.00	0.15	162 < AVS < 300
14	自然堤防	2.06	0.26	0.00	0.14	162 < AVS < 400
15	後背湿地・デルタ (D > 0.5)	2.27	0.00	0.19	0.13	AVS < 250
16	後背湿地・デルタ (D 0.5)	2.21	0.00	0.00	0.11	
17	人工改変地	2.39	0.00	0.00	0.14	
18	埋立地・干拓地	2.23	0.00	0.00	0.19	
21	火山	2.20	0.13	0.00	0.15	200 < AVS < 350

[式]

コード	微地形区分	a	b	c		
3 ~ 5	古生代・中生代・古第三紀	2.75	0.00	0.00		
6	新第三紀	2.46	0.00	0.00		
7	他の地形	2.05	0.13	0.00	145 < AVS < 250	
8	丘陵地	2.35	0.00	0.00		
9	砂礫台地	2.34	0.00	0.00		
10	ローム台地	1.99	0.23	0.00	160 < AVS < 320	
11	扇状地	2.39	0.00	0.00		
12	砂州・砂丘	2.19	0.00	0.00		
13	谷底平野	1.93	0.19	0.00	125 < AVS < 210	
14	自然堤防	1.92	0.26	0.00	125 < AVS < 290	
15	後背湿地・デルタ (D > 0.5)	2.14	0.00	0.19	AVS < 200	
16	後背湿地・デルタ (D 0.5)	2.10	0.00	0.00		
17	人工改変地	2.25	0.00	0.00		
18	埋立地・干拓地	2.04	0.00	0.00		
21	火山	2.05	0.13	0.00	145 < AVS < 250	

$$\log AVS = a + b \log H + c \log D \pm$$

AVS : 地表から深さ 30m までの平均 S 波速度

H : 標高 (m)

D : 主要河川からの距離 (k m)

: 標準偏差

a, b, c : 微地形区分ごとに与えられる回帰係数

2. 地盤構造モデルの検討

1. 地盤のモデル作成の目的

3次元有限差分法および統計的グリーン関数法による地震動シミュレーションに用いる地震基盤 (V_s 2.9km/s 相当層) 以浅の速度構造を作成することを目的とする。

2. 地盤構造モデル作成に用いたデータ

1) 収集したデータの状況

工学的基盤 ($V_s=700\text{m/s}$) より深部の地盤構造を検討するために、屈折法および反射法探査結果、深いボーリング孔におけるPS検層結果、微動アレイ探査結果および深井戸データなどを収集した。工学的基盤より浅い、いわゆる表層地盤の速度構造を求めるために、多数のボーリングデータとPS検層データを入手した。その入手先は、近畿地方以西などの各府県、JACICおよび、防災科研などである。今回の、東南海地震、南海地震の検討地域の地盤モデル作成のために収集したボーリング本数や地震動計算の対象とする1kmメッシュのメッシュ数などを、表-2に示す。

今回収集したボーリングの本数は、111,986本におよぶ。地震動の計算は、対象領域を1kmメッシュサイズで分割して行うが、各メッシュ毎のボーリング本数、および、PS検層を実施しているボーリング本数の状況を、図17~図20に整理した。

2) V_p と V_s の関係

全てのPS検層データについて V_p と V_s の関係を求め図-21に示す。同図中には、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」で採用した関係式も示している。

3) V_s とN値の関係

PS検層を実施しているボーリング孔について、 V_s とN値の関係を求め、図-22に示す。同図中には、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」で採用した関係式も示している。

3. 作成した地盤モデル

上記の収集データをもとに、速度構造モデルを構築した。なお、深部の速度層モデルを検討するにあたり、屈折法探査や反射法探査の結果をもとに、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」と同様、P波速度5.5km/s層 ($V_s=2.9\text{km/s}$)、4.7km/s層、($V_s=2.4\text{km/s}$)、3.1km/s層 ($V_s=1.4\text{km/s}$)、2.1km/s層 ($V_s=0.7\text{km/s}$)に分類することとした。工学的基盤 ($V_s=0.7\text{km/s}$ 層) 上面深度分布図を図23に、 $V_s=1.4\text{km/s}$ 層の上面深度分布図、 $V_s=2.4\text{km/s}$ 層の上面深度分布図、および、地震基盤 ($V_s=2.9\text{km/s}$ 層) の上面深度分布図をそれぞれ、図24、図25、図26に示す。また、図27に地表及び海底面標高分布図を示す。なお、深部構造モデルについては、南海トラフ周辺での探査が進められており、

それらの結果や気象庁が震源位置決定に使用している速度構造モデルなども参考に改良していく必要がある。

工学的基盤より浅い表層地盤の速度構造モデルについては、ボーリング調査結果などを参考に作成した。ボーリングのないメッシュの速度構造については、類似の地層及び微地形区分を有し、かつそのメッシュから最も近いメッシュのボーリングデータを当てはめた。

3. 表層地盤における強震動波形計算

強震動波形計算は、各想定地震断層モデルについて仮定される破壊開始点、アスペリティモデルそれぞれに対して計算する。

強震波形の計算にあたっては、工学分野での活用も念頭におき、工学的基盤までは、地震学的に想定される振幅スペクトルに確率的な位相を与えて作成する小地震波形をグリーン関数とし、設定された断層モデルに従い波形合成を行う、いわゆる統計的グリーン関数法を用いる。また、地形的な特徴等から地震動が大きくなる特殊な領域に対しては、経験的なサイト特性も利用する。

工学的基盤から地表までの地震波形の計算は多くの強震動波形計算で行われているのと同様に鉛直入射とし、表層地盤の非線形性を踏まえ、非線形応答計算を行う(図 28)。

地盤の非線形特性を考慮する代表的な方法として、時間領域で解析する非線形法と周波数領域で解析する等価線形法があるが、応力—ひずみ特性、残留変位等、地盤の非線形特性を表現でき、より忠実な再現性を得られる非線形法を基本的に用いて計算を行うこととする。

中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」の検討の中では、非線形法のプログラムとして YUSAYUSA-2 (非線形法) の使用を検討したが、最近になって DYNES3D (非線形法) が開発された。DYNES3D は、

① 表層地盤における 3 成分の地震力を同時に考慮できる。

② 地盤材料の非線形特性 (応力—ひずみ特性) を完全に表現した計算ができる。といった特長を有している。このようなことから、非線形計算にあたっては DYNES3D を基本的に使用するが、想定断層モデルの計算の前に、数ヶ所の実地盤で得られた地震動波形について、YUSAYUSA-2、DYNES3D および SHAKE (等価線形法) を用いた波形計算を行い、結果の差異や各手法の特性などを評価した上で、最終的な計算方法の詳細について確定したい。

非線形計算に使用する地盤の動的変形特性試験結果を近畿以西でも収集した (図 29 から図 32)。その結果、動的変形特性に大きな差異が無いことが確認された。図中には、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」で採用した $G/G_0 \sim \gamma$ 曲線、あるいは、 $h \sim \gamma$ 曲線を示しているが、今回の非線形計算で使用すべき特性曲線については、上記の再現計算などを通して検討したい。