

中央防災会議
「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する
専門調査会」
(第3回)

強震動・津波等の推計手法について

平成 16 年 5 月 12 日

中央防災会議事務局

目 次

1．強震動の推計	2
1．1．想定震源の断層パラメタ及びアスペリティについて	2
1．2．地盤構造モデルの構築	4
1．2．1．表層地盤モデルの構築	4
1．2．2．深部地盤モデルの構築	4
1．2．3．地盤モデル構築に用いる資料	5
1．3．強震動の推計手法について	5
1．4．長周期地震動の推計に係る基本的な考え方	5
2．津波の推計手法について	6
2．1．津波の推計に係るモデルの構築	6
2．2．津波の推計手法	6
2．3．想定震源域と津波の波源域	7
3．推計結果のまとめ方について	8
3．1．予防対策用	8
3．2．応急対策用	8
4．被害想定の基本となる考え方	9

1. 強震動の推計

強震動の推計に際しては、過去の事例を参考として震源パラメタに関する相似則等に基づいて震源の特性を設定し、多くの物理探査データ、ボーリングデータ、および地質データに基づいて構築した深部および浅部地盤構造モデルを用い、物理モデルに基づいた計算手法によることを基本とし、予測結果は、過去の地震の震度分布、経験的手法による震度等との比較をとおしたキャリブレーションにより妥当性を検証する。

1.1. 想定震源の断層パラメタ及びアスペリティについて

(1) 地震モーメント (M_0) およびマグニチュード

地震モーメント (M_0) は、断層の長さ L と幅 b との比に応じて、円形クラック、楕円クラック、矩形断層の式等を用いて、 C を係数として、断層の総面積 (S) と平均応力降下量 ($\Delta\sigma$) との関係により推定する。

$$M_0 = C\Delta\sigma S^{3/2}$$

地震モーメントと断層面積は、想定地震の断層パラメタのうち基本的なマクロ的パラメタである。これらの想定にあたっては、過去の地震の解析結果を参照しながら、それぞれの領域での過去の地震による震度分布と予測試算結果との比較により修正する。このとき、地震モーメントと断層面積は上記関係式によりパラメタ間の整合性を保証する。

マグニチュード (モーメントマグニチュード M_w) は定義式により算定する。

$$\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$$

(2) 平均変位量 (D)

断層全体での平均変位量 (D) は地震モーメントの定義式により算定する。 μ は剛性率で、 $\mu = \rho V_s^2$ である (ρ は密度、 V_s は S 波速度)。

$$M_0 = \mu DS$$

(3) 小断層による断層の近似

震源断層は 0.1 度 \times 0.1 度程度の小断層により近似する。プレート間地震については、太平洋プレート上面に震源域をおく。プレート内地震については、発震機構解を参照する。

(4) アスペリティの配置

アスペリティの配置は、過去の地震の解析結果に基づいて設定し、過去の地

震の震度分布等により調整する。アスペリティの位置に関しては、十勝沖や三陸沖に発生する地震について、アスペリティの位置は地震に依らず共通しているとする研究成果を参照する。

(5) アスペリティの面積

アスペリティの総面積は、過去の地震の解析事例を参考にし、断層面積の 20 ~ 30%程度を基本とする。

(6) 断層のセグメント分け

震源断層がセグメントに分割される時は、セグメントの面積に応じて各セグメントに1つあるいは2つアスペリティをおく。

(7) 走向、傾斜及びすべり角

プレート境界地震については、断層の走向、傾斜はプレート境界面により設定し、すべり角はGPS観測の解析結果を参照して設定する。

プレート内地震については、断層の走向、傾斜、すべり角は発震機構解を参照して設定する。

波形計算に際しては、波形計算結果が極端なものにならないように対処するため、断層のすべり角に乱数を用いて ± 30 度程度の範囲で揺らぎを与えることも検討する。

(8) アスペリティの地震モーメント、変位量、応力降下量

アスペリティの応力降下量はアスペリティモデルに基づいて入倉レシピに準じて設定する。アスペリティの平均変位量は断層全体の平均変位量の2倍程度とする。アスペリティの地震モーメントはアスペリティ面積と変位量から算定する。

(9) アスペリティ以外の領域(背景領域)でのパラメタ

アスペリティ以外の領域(背景領域)の地震モーメントは、全体の地震モーメントとアスペリティ全体の地震モーメントとの差となる。変位量は地震モーメントと面積から算定する。応力降下量は地震モーメントと面積から算定する。

(10) 破壊開始点と破壊伝播速度

破壊開始点は、過去の地震の解析結果を参照して、アスペリティの外側に設定する。破壊伝播速度は過去の解析結果を参照し、S波速度の70%程度を基本とする。

(11) f_{max}

f_{max} は 6Hz 程度を基本とする。

1.2. 地盤構造モデルの構築

強震動の推計に係る地盤構造は地表から S 波速度 700m/s 層(ここでは工学的基盤と呼ぶ)までの浅部地盤と、S 波速度 700m/s 層から S 波速度 3,000m/s 層(ここでは地震基盤と呼ぶ)までの深部地盤に分けてモデルを構築する。地震基盤より深い構造は、震源決定に用いられている球殻構造、自然地震の記録を用いたトモグラフィ解析結果等を参照する。地震基盤より浅い地盤構造モデルの強震動計算に対する妥当性は、自然地震の観測記録や物理探査データの解析から得られる観測値とモデル計算値との比較により、広い周期帯で検証することとする。

1.2.1. 表層地盤モデルの構築

工学的基盤より浅部の構造については、PS 検層結果、ボーリング調査結果、地質構造解析結果を参考に 1km メッシュごとにモデルを作成する。この際に、信頼できる 30m 以深の掘進長のボーリングデータが 5 本以上あるメッシュでは、ボーリング調査結果を参考にした速度構造を定め、そうでないメッシュについては、松岡・翠川(1994)の方法に従い求められた新たな関係式から推定した表層 30m 平均 S 波速度の平均値 - (標準偏差) の値と等しくなるよう、速度構造を修正する。ボーリング調査結果の得られないメッシュの速度構造については、類似の地層およ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る。

非線形特性に関連する地盤パラメタである剛性率および減衰定数のひずみ依存性については室内動的試験結果を整理してモデル化する。

1.2.2. 深部地盤モデルの構築

工学的基盤から地震基盤までの速度構造については、弾性波探査、微動アレイ探査、深層ボーリング調査により得られる成果から、各層の平均的速度を求め、各速度層の境界深さを内挿により求め、3次元構造モデルを作成する。その際、反射法探査および地質構造解析、重力異常分布等のデータを参照する。

1.2.3. 地盤モデル構築に用いる資料

浅部地盤構造モデルの作成にあたっては、ボーリング調査結果を用い、微地形区分の見直しを実施し、微地形区分ごとの S 波速度と標高あるいは河川からの距離との関係を求める。

深部地盤構造モデルの作成にあたっては、弾性波探査結果、微動アレイ探査結果、深層ボーリング調査結果を用い、必要に応じて反射法探査結果および地質構造、重力以上分布等を参照する。

地盤構造モデルの検証にあたっては、Knet、KiKnet、気象庁等の自然地震観測記録および微動アレイ探査による表面波位相速度データを用いる。

1.3. 強震動の推計手法について

地震による揺れの強さは、地震の発生する諸条件等によりそれぞれ特徴が異なると予想される。本検討においては、地震の発生様態を反映するため、震源特性に基づいた予測手法の 1 つである統計的グリーン関数法を用いた強震波形計算による推計を基本とする。震源断層を近似する各小断層ごとに、発震機構解に応じた振幅の SV 波と SH 波を与え、震源小断層から球殻地下構造モデルを用いて波線理論的に地震基盤に入射し、地震基盤からは入射角を考慮した 1 次元線形応答計算により工学的基盤での波形を計算し、これを全ての小断層について合成する。工学的基盤から地表までは鉛直入射とし、非線形効果を考慮した 1 次元応答計算により地表での地震動を求める。推計結果は過去の地震による震度分布、経験的手法との比較を行い、必要に応じて経験的手法を取り入れ総合的に評価する。

1.4. 長周期地震動の推計に係る基本的な考え方

表層のやわらかい地層が厚い地域においては、地震の規模が大きくなると、表層地盤の固有周期に相当する長周期の強震動振幅が大きくなり、高層ビル、タンク等への影響が心配される。長周期地震動については、長周期地震動により大きな影響を受けると想定される地域を対象として、長周期振幅が脅威となると想定される地震について、長周期地震動の振幅や卓越周期等の検討を試みることとする。長周期地震動の推計にあたっては、過去の地震で得られた長周期地震動記録、特に 2003 年十勝沖地震の観測記録を活用する。その際、長周期地震動の振幅および卓越周期と地盤構造との関係に留意する。

2．津波の推計手法について

津波の推計に際しては、強震動の推計の際と同様に、過去の事例を参考として津波高さによるインバージョン手法等により津波を発生させる断層領域と変位量を設定し、海底地形、陸地地形、粗度係数モデルを用い、物理モデルに基づいた計算手法によることを基本とし、予測結果は、過去の地震の津波および遡上分布との比較をとおしたキャリブレーションにより妥当性を検証する。

2．1．津波の推計に係るモデルの構築

津波の推計に必要なモデルは以下のとおり作成する。

(1) 海底地形

海底地形デジタルデータ、海の基本図、海図を数値化したデータを用いて、深海部では 1,350m メッシュで、沿岸に近づくにつれて、450m メッシュ、150m メッシュとし、沿岸では 50m メッシュでモデルを作成する。

(2) 陸地地形

50m メッシュデジタル標高データを用いる。河川河床および堤防については、横断測量結果を用いてモデル化する。

(3) 海岸構造物

各県の位置図および一覧表により、海岸構造物の位置と高さを整理し、メッシュの境界に配置する。

(4) 粗度係数

津波遡上における摩擦項は土地利用に基づいてマンシングの粗度係数で与える。

2．2．津波の推計手法

津波を発生させる断層領域と変位量は、過去の地震による津波高さの最大値を用いたインバージョン手法により、過去に経験した津波高さを再現できるように設定する。この推定された断層領域と変位に基づいて地殻変動量を計算し、計算された変動量を初期水位として与える。

津波の伝播は、深い海域においては線形長波理論により、また、浅い海域においては海底での摩擦および移流を考慮した非線形長波理論により、陸上への遡上も含めて差分法で計算を行う。海岸構造物および堤防は差分格子の境界に設定する。陸上の遡上部分においては、家屋等の障害物の効果は粗度係数で表現する。

津波計算にあたっては、経年地殻変動、地震時地殻変動、潮位を考慮する。

2.3. 津波を発生させる断層領域

津波は、強震動を発生させる断層領域（震源域）での急激な断層の変位のみではなく、それよりもやや緩やかな断層の変位に伴う海底の地殻変動によっても発生するため、津波を発生させる断層領域は、過去の事例から見ても、震源域よりも広いことがある。津波を発生させる断層領域については、強震動の震源域よりもやや外側に拡張するケースを含めて検討する。

3．推計結果のまとめ方について

3．1．予防対策用

予防対策の観点からは、発生のおそれのある全ての地震に対して地震対策を検討する必要がある。このことから、想定する地震について計算される強震動および津波について、全てを重ね合わせその最大値による被害を想定し検討する。

なお、ここでは、将来発生のおそれのある地震を対象としていることから、地震が発生した場合の被害の甚大さを考慮すると、発生した地震による揺れの強さおよび津波高さそのものを検討の対象とすることが妥当であり、地震の発生確率を用いた震度等の推計は行わないこととする。

3．2．応急対策用

応急対策の観点からは、実際に地震が発生したときの具体的対応を検討する必要があり、それぞれの地域で、地震発生からの経過時間を踏まえた被害の発生と拡大、それに対する防災対策のシナリオを検討することが重要である。このことから、応急対策の検討においては、異なる被害の特徴をもつ個々の地震について個別に検討する。

4 . 被害想定の基本となる考え方

被害想定は、地震防災対策を定量的かつ具体的に検討する上で、大変重要な検討材料であることから、本専門調査会においても、日本海溝・千島海溝周辺で発生する海溝型地震により想定される被害を可能な限り定量的に把握することが必要であると考えます。

このため、本専門調査会では、「東海地震対策専門調査会」、「東南海、南海地震等に関する専門調査会」で検討された被害想定手法を準用することにより、地震の揺れの強さや津波による浸水深、液状化、火災、急傾斜地崩壊などによる人的被害（死者数、重軽傷者数）、建物被害（全壊棟数、半壊棟数）、経済被害（直接被害、間接被害）、その他、避難者数、ライフラインの被害等について、可能な限り定量的な被害想定を実施し、定量的な検討が困難な場合でも定性的な検討を実施する予定。