

三陸沖北部の地震を想定した強震動評価

三陸沖北部の地震に関して地震調査委員会は、「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価」（地震調査委員会，2002；以下「長期評価」という）を公表し、この中で三陸沖北部の地震の想定震源域の位置や発生確率などを示した。今回、この「長期評価」を踏まえて、「海溝型地震の強震動評価のレシピ」に基づいて強震動評価を実施した。

1 想定する震源断層

三陸沖北部の地震は、陸側のプレートの下へ太平洋プレートが沈み込むことに伴って、これら 2 つのプレートの境界面で発生する地震である。「長期評価」によると、次の地震の規模は、過去に発生した地震の規模から M8.0 前後と推定される。「長期評価」による想定震源域の平面図を図 1 に示す。

想定する震源断層のパラメータの設定にあたっては、最新の活動である 1968 年十勝沖地震における断層パラメータ等の既往の解析結果を参照した。しかしながら、1968 年十勝沖地震については、1978 年宮城県沖地震と比べると、解析に使用できる情報が少ないため、一部の震源パラメータについては、「宮城県沖地震を想定した強震動評価」（地震調査委員会，2003a；以下「宮城県沖地震の強震動評価」という）の際に得られた情報を用いて設定した。また、破壊伝播速度については、1968 年十勝沖地震についての既往の解析結果等を参考に、複数の値で計算を行った結果の中で、計算波形が 1968 年十勝沖地震における観測記録と最も調和的となった値を採用した。

設定した震源モデルを図 2 に、震源パラメータを表 1 に示す。

2 用いた地下構造モデル

地震波は、一般的には震源断層から上部マントル層を含む地下を伝わり次第に減衰していく。しかし、地震基盤（地下数 km の深さに分布する堅固な岩盤）より上の地層の影響（以下、「深い地盤構造」という）と地表付近に分布する表層のごく地域的な影響（以下、「浅い地盤構造」という）により増幅される。このため、想定する震源断層を含む強震動評価範囲の地下構造モデルを既存の地下探査データ等により評価した。今回は、想定する震源断層が沖合の深部に位置し、その面積が大きいことより、構築する深い地盤構造モデルも大きなものとなった（図 3 参照）。この結果によると、海底面は東の日本海溝に至るまで緩く傾斜しているが、地震基盤（ $V_p=5.8\text{km/s}$ 層）の傾斜は、海底面の傾斜よりも急であり、その途中の起伏も大きい。陸上部では、青森県の東側において地震基盤が深い。また、浅い地盤構造の影響については、地盤調査データが乏しいことから地形分類に基づいて概略評価している。図 4 に示した最大速度の増幅率の分布図より、八戸市、青森市のごく一部に増幅率の高い地域が見られる。

3 強震動予測計算

本報告では、最新の活動である1968年十勝沖地震より震源パラメータの推定を試みたが、そのための十分な情報が得られなかった。また、想定した震源断層は、沖合の深部に位置し、その面積が大きいことより、構築する深い地盤構造モデルが、「宮城県沖地震の強震動評価」におけるモデルより大きくなるため、そのモデル構築のための情報も十分には得られなかった。上記の理由より、本評価における強震動予測計算としては、「宮城県沖地震の強震動評価」の検討結果を参照し、統計的グリーン関数法³を採用した。

4 予想される強震動

評価範囲内の約1kmグリッドの計算地点毎に、統計的グリーン関数法を用いて「詳細法」による強震動予測計算を行った。図5に地表における震度分布を示す。震源断層に比較的近い八戸市北部から三沢市にかけての広い範囲、およびむつ市北部の一部などで、震度6弱（橙色）となった。震度5強（黄色）となる範囲は、一部の山地を除いた青森県の中東部の広い範囲に及んでいる。

計算された震度分布と1968年十勝沖地震の震度分布との比較により、強震動予測結果を検証した（図6参照）。1968年十勝沖地震において、震度5や震度6の揺れに見舞われた地域（青森県，1969、気象庁，1969）と強震動予測結果とは概ね調和的である。また、1968年の十勝沖地震において八戸、青森、宮古で得られた地表における観測波形と計算波形との比較による強震動予測結果の検証も行った。その結果、特に青森、宮古においては、観測点周辺の地盤の非線形特性を含む局所的な地盤構造が大きく影響しているものとみられ、今回用いた地盤構造モデルや解析手法では、観測波形を十分に再現できなかった。

5 今後に向けて

三陸沖北部の地震を想定した強震動評価にあたっての今後の課題として、次の点が挙げられる。

予測結果の検証として、比較的軟らかい地盤上で得られた観測記録波形と計算波形との比較を行った。このような観測波形には、「宮城県沖地震の強震動評価」で用いられたような工学的基盤における観測波形に比べて、観測点周辺の地盤の非線形特性を含む局所的な地盤構造の影響が含まれ易い。したがって、強震動予測結果と観測波形との比較により震源モデルや計算手法の妥当性について検証するためには、これらの影響をできるだけ正確に評価するためのモデル化方法や計算手法の適用、あるいは浅い地盤構造モデルの高精度化等が必要である。以上の観点から、今後は、観測波形の質の吟味をはじめとして、局所的な地下構造データの充実・活用と共に、計算手法やモデル化手法等の改良に向けて、他の地震の強震動評価・検証も含めて継続的な調査・研究を行っていきたい。

³ 経験的に得られた特性を有する要素波を想定する断層の破壊過程に応じて足し合わせる方法。半経験的な方法のひとつ。レシビ参照。

また、海溝型地震を想定した強震動評価に共通した今後の課題として、以下の点が挙げられる。

本報告では、「宮城県沖地震の強震動評価」の検討結果を参考に、「詳細法」の強震動予測計算方法として、ハイブリッド合成法⁴ではなく、統計的グリーン関数法を採用した。しかし、ハイブリッド合成法は、広い周波数帯域の強震動予測を行うためには有効な手法であり、内陸で発生する活断層型の地震の強震動評価においては、評価範囲が狭いため、既に実用化されている。また、1995年兵庫県南部地震以降、地震観測網が飛躍的に拡充され、近年の地震では、強震動予測手法や震源パラメータの検証に適した観測記録が得られてきている。今後は、このような地震に対する強震動評価の検証を通じて、海溝型地震の強震動評価における計算結果の精度向上に向けて、深い地盤構造モデルの高精度化、震源モデルの改良、およびハイブリッド合成法の適用を含めた計算手法の改良について検討していきたい。

最後に、他の地震に対する強震動評価にも共通な課題として、次の点が挙げられる。

アスペリティの位置や個数、あるいは破壊開始点の位置は、地表の地震動に大きな影響を与えることが既に報告されている（地震調査委員会,2003b⁵, 地震調査委員会,2003c⁶）。本報告では、震源特性としての破壊伝播速度を再評価するためのパラメータスタディを通じて、破壊伝播速度が、計算波形や応答スペクトル形状に影響を与えることがわかった。震源パラメータによる強震動予測結果のばらつきについて把握することは、強震動予測結果に対する評価・判断を行う上で非常に重要である。これについては、本報告の結果も踏まえ、今後、他の地震、他の地域の強震動評価においても検討を重ねていきたい。

⁴ ハイブリッド合成法は、長周期成分を理論的方法、短周期成分を統計的グリーン関数法によりそれぞれ計算し、接続周期付近でフィルター処理（マッチングフィルター）を施した上でそれらを合成し広帯域地震動を評価する方法。レシピ参照。

⁵ 地震調査委員会(2003b)：森本・富樫断層帯の地震を想定した強震動評価（平成15年3月12日公表、平成15年3月20日訂正）

⁶ 地震調査委員会(2003c)：布田川・日奈久断層帯の地震を想定した強震動評価（平成15年7月31日公表）

表 1 震源パラメータ

項目	三陸沖北部	
断層位置	図 2 参照	
走向	図 2 参照	
傾斜角	図 2 参照	
断層長さ	図 2 参照	
断層幅	図 2 参照	
断層面積	16844 km ²	
断層上端深さ	図 2 参照	
破壊開始点	過去の地震の破壊開始点	
破壊伝播形式	放射状	
静的応力降下量 (円形クラック)	3.9 MPa	
地震モーメント	3.50E+21 N・m	
モーメントマグニチュード	8.3	
剛性率	4.68E+10 N/m ²	
平均すべり量	444 cm	
S波速度	3.9 km/s	
破壊伝播速度	2.5 km/s	
短周期レベル	1.88E+20 N・m/s ²	
全 ア ス ペ リ テ ィ	地震モーメント	6.23E+20 N・m
	面積	1500 km ²
	平均すべり量	888 cm
	静的応力降下量	44.3 MPa
	短周期レベル	1.88E+20 N・m/s ²
第 1 ア ス ペ リ テ ィ	面積	900 km ²
	平均すべり量	1056 cm
	地震モーメント	4.45E+20 N・m
	実効応力	34.0 MPa
	短周期レベル	1.12E+20 N・m/s ²
第 2 ア ス ペ リ テ ィ	面積	400 km ²
	平均すべり量	704 cm
	地震モーメント	1.32E+20 N・m
	実効応力	34.0 MPa
	短周期レベル	7.45E+19 N・m/s ²
第 3 ア ス ペ リ テ ィ	面積	200 km ²
	平均すべり量	498 cm
	地震モーメント	4.66E+19 N・m
	実効応力	85.0 MPa
	短周期レベル	1.32E+20 N・m/s ²
背 景 領 域	地震モーメント	2.88E+21 N・m
	面積	15344 km ²
	平均すべり量	4.01E+02 cm
	実効応力	5.0 MPa
	短周期レベル	6.84E+19 N・m/s ²

*アスペリティとは、震源断層の中で強い地震波を生成する領域のこと。