

警固断層帯（南東部）の地震を想定した強震動評価

地震調査委員会では、警固断層帯について、その位置および形態、過去や将来の活動等に関する評価結果を「警固断層帯の長期評価について」（以下「長期評価」という）としてまとめ、公表している（地震調査委員会, 2007）。一方、2005年福岡県西方沖の地震（M7.0¹）についても、観測記録に基づく強震動評価手法の検証として公表している（地震調査委員会強震動評価部会, 2007, 2008）。今回、これらの報告を踏まえ、断層モデルの設定において、「長期評価」のマグニチュードと整合し、かつ、簡便な手順でパラメータを設定できる手法を用いて強震動評価を行い、その妥当性を検討したので以下に報告する。

1. 想定する震源断層

「長期評価」によれば、警固断層帯は、福岡市東区志賀島（しかのしま）北西沖の玄界灘（げんかいなだ）から博多湾、同市中央区、同市南区、春日市、大野城（おおのじょう）市、太宰府（だざいふ）市を経て、筑紫野（ちくしの）市に至る断層帯である。過去の活動時期の違いから、玄界灘から志賀島付近にかけての2005年の福岡県西方沖の地震の震源域にあたる北西部と、志賀島南方沖の博多湾から筑紫野市の警固断層にあたる南東部に区分される。北西部でごく近い将来に今回評価したような地震が発生する可能性は低いと考えられる。南東部ではマグニチュード7.2程度の地震が発生すると推定され、その際には断層近傍の地表面で、2m程度の左横ずれが生じる可能性があり、今後30年以内の地震発生確率は0.3～6%（基準日：2008年1月1日）と我が国の主要活断層帯の中では高いグループに属することになる。

本報告では、「長期評価」に基づき、警固断層帯南東部に対して強震動評価を行った。評価に用いる断層を警固断層帯南東部の地表トレースに沿って位置させ（図1参照）、アスペリティ²が1つの場合と大きさの異なる2つの場合を想定した。また、震源断層モデルの傾斜角は、断層露頭やトレンチ調査において高角度な断層が確認されていることや、2005年福岡県西方沖の地震後の精密地震観測で、余震分布がほぼ垂直に並んでいることなどから90°に設定した。破壊開始点は、その位置を特定するだけの情報がないため、アスペリティ分布の北西下端あるいは南東下端とした。

以上の震源断層パラメータを表1に、各ケースにおける断層の形状、アスペリティおよび破壊開始点の位置を図2に示す。

1 以後Mとは、気象庁マグニチュードを指すものとする。

2 震源断層面の中で特に強い地震波が発生する領域（すべり量や応力降下量大きい領域）。

3 S波速度 $V_s=3\text{km/s}$ 程度の堅固な岩盤。今回の予測範囲では $V_s=3.1\text{km/s}$ 層の上面に相当する。

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「地震基盤以深の地殻構造」を伝わり、次第に減衰していく。しかし地震波は、地震基盤³から工学的基盤上面までの地盤構造（以下「深い地盤構造」という）の影響および工学的基盤上面から地表付近に分布する表層地盤（以下「浅い地盤構造」という）の、ごく地域的な影響により増幅される。このため、警固断層帯の震源断層を含む強震動評価を行う範囲（図 3 参照）において、これらの地下構造モデルを作成した。「深い地盤構造」に対する地下構造モデルの作成にあたっては、各種物理探査結果、ボーリング調査および物理検層の結果、地形・地質資料等の収集、整理を行った。次に、地質構造（地層の平面及び深さ分布）をモデル化し、これと速度構造との対比を行った上で三次元的に不均質な 0 次モデルを作成した。さらに、観測されたスペクトル比や、中小地震に対してシミュレーションされた波形と観測波形の比較などを通してモデルの修正を行い、1 次モデルを構築した。この結果（図 4、表 2 参照）によると、筑紫平野およびその北東や西方、北九州地域では地震基盤が 1,000m を超える深さとなっている。博多湾およびその周辺では 300m~1,000m 程度の深さとなっている。これらを除く地域では、筑紫山地などの山地が分布しており、堆積層などは非常に薄く、固い地盤となっている。なお、「地震基盤以深の地殻構造」と物性値は、地震観測記録から求められたコンラッド面やモホ面の深さ分布や速度構造等から設定した（表 3 参照）。

「浅い地盤構造」については、強震動評価領域全体としては、ボーリングデータ等の地盤調査データが乏しいので、約 250m メッシュごとの地形・地盤分類（若松・松岡, 2007）に基づいて経験的に算定される増幅率（藤本・翠川, 2006）を用いて評価している。これにより求めた「浅い地盤構造」による最大速度の増幅率（図 5 参照）によると、筑紫平野や福岡市街地等で増幅率が大きい地域が見られる。ここでは、最大速度増幅率および速度と計測震度の経験式（藤本・翠川, 2005）から導かれる震度増分を算出して、これを用いて地表の震度を求めた。さらに、計算領域のうち限定した地域では、ボーリングデータ等の地盤調査に基づく速度構造モデルを作成して等価線形解析を行い、経験的手法との比較を行った。

3. 予想される強震動

図 6 に、それぞれのケースの震度分布を示す。地表の計測震度分布では、いずれのケースにおいても福岡市内の広い範囲で震度 6 強以上、筑紫平野では北東部（筑後川中流域）の広い範囲で震度 6 弱以上、南西部の広い範囲で震度 5 強以上となっている。また、北西側から破壊が開始した場合（ケース 1b、2b）には、破壊の進行方向にあたる筑紫平野北東部の広い範囲で震度 6 強以上が現れている。ただし、この地域では、福岡県西方沖の地震の検証（地震調査委員会強震動評価部会, 2007, 2008）においてもやや過大評価となっており、また工学的基盤上面の計算波形にお

いて、観測波形には見られない長周期成分が卓越していることから、「深い地盤構造」モデルも含めて再検討が必要と考えられる。

強震動予測結果の検証として、震源断層からの最短距離と最大速度の予測結果との関係を既存の距離減衰式（司・翠川, 1999）と比較した（図 7 参照）。いずれのケースについても距離減衰式と比べるとやや小さい結果となっている。この要因として、この地域の地震基盤までの深さが比較的浅いため、増幅率が小さくなっていることが考えられる。これは、山崎断層帯の強震動評価（地震調査委員会, 2005）においても同様の例が挙げられている。

上記のことから、今回新たな手法として設定した巨視的断層モデルと微視的断層モデルによる強震動予測結果は、おおよそ妥当なものと考えられる。

なお、本計算手法の基本的部分の検証としては、ここで用いた手法と同様の手法により平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震（地震予知総合研究振興会, 1999）、平成 12 年（2000 年）鳥取県西部地震（地震調査委員会強震動評価部会, 2002）、平成 15 年（2003 年）十勝沖地震（地震調査委員会強震動評価部会, 2004）、2005 年福岡県西方沖の地震（地震調査委員会強震動評価部会, 2008）の観測記録に基づき検証が行われており、それぞれの評価結果で震度分布や観測記録を説明できることが確認されている。

また、ボーリングデータによる詳細な浅い地盤構造のモデル化を行った限定領域において非線形効果を考慮した強震動計算を実施したが、部分的に、非線形効果の大きい領域においては、従来手法による結果とやや異なった結果となっていることが分かった。

4. 今後に向けて

震源断層形状やアスペリティ、破壊開始点の位置、さらにマグニチュードの算定方法などの精度向上においては、現状、確定的に取り扱えない震源断層パラメータの違いによる強震動予測結果のばらつきの大さをケース分けによって把握しておくことが強震動評価および判断を行う上で非常に重要であり、併せて活断層調査や深部物理探査等の調査結果の蓄積および震源断層パラメータの経験式の検討など、継続的な調査研究が必要である。

一方、強震動予測の精度をさらに高めていくためには、精度の高い地下構造モデル（特に「深い地盤構造」および「浅い地盤構造」のモデル）の構築が必要である。このうち、深い地盤構造の高精度化（1次モデル化）については、全国1次地下構造モデル構築の試み（額額・他, 2008）を一層推進する必要がある。また、「浅い地盤構造」モデルの計測震度への影響については、今回の検討で、これまでの微地形区分による増幅率を用いて経験式から算出する方法とボーリング調査データに基づいて非線形性を考慮した次元地震応答計算による方法とで、計測震度に明らかな差異が認められる地点もあった。今後「浅い地盤構造」の非線形性の影響について

さらに検討を進めていく必要があるが、この計算が適用できるモデルの構築にはボーリングデータ等の膨大な量の詳細な地盤構造データが必要である。各府省・自治体・関係機関等に散在しているボーリングデータ等を効率的に収集してデータベース化を行う仕組み作りも、検証と併せて予測精度の向上のための課題であり、科学技術振興調整費による「統合化地下構造データベースの構築」のプロジェクト（藤原, 2007）などの成果が期待される。さらに、構築した三次元地下構造モデルの検証を含め、強震動予測手法の検証を行うためには、2005年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく検討（地震調査委員会強震動評価部会, 2007, 2008）のように、K-NET および KiK-net 観測網、気象庁や自治体震度計観測網による強震記録が不可欠である。さらに、「浅い地盤構造」の検証にはより多くの強震観測点が必要であり、今後の一層の充実が期待される。

参考文献（アルファベット順）

- 藤本一雄・翠川三郎 (2005) : 近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法, 地域安全学会論文集, No.7, 241-246.
- 藤本一雄・翠川三郎 (2006) : 近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均 S 波速度の関係, 日本地震工学会論文集, Vol.6, No.1, 11-22.
- 藤原広行 (2007) : 統合化地下構造データベースの構築に向けて, シンポジウム「統合化地下構造データベースの構築に向けて」予稿集, 9-22.
- 地震調査委員会 (2005) : 山崎断層帯の地震を想定した強震動評価について (平成 17 年 1 月 31 日公表) .
- 地震調査委員会 (2007) : 警固 (けご) 断層帯の長期評価について (平成 19 年 3 月 19 日公表) .
- 地震調査委員会強震動評価部会 (2002) : 鳥取県西部地震の観測記録を利用した強震動評価手法の検証について (平成 14 年 10 月 31 日公表) .
- 地震調査委員会強震動評価部会 (2004) : 2003 年十勝沖地震の観測記録を利用した強震動予測手法の検証について (平成 16 年 12 月 20 日公表) .
- 地震調査委員会強震動評価部会 (2007) : 2005 年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検証について (中間報告) (平成 19 年 3 月 19 日公表) .
- 地震調査委員会強震動評価部会 (2008) : 2005 年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検証について (平成 20 年 4 月 11 日公表) .
- 地震予知総合研究振興会地震調査研究センター (1999) : 平成 10 年度科学技術庁委託「強震動評価手法のレビューと事例的検討」報告書, 603-715.
- 瀨瀬一起・三宅弘恵・引間和人 (2008) : 全国 1 次地下構造モデル構築の現状, 第 2 回シンポジウム「統合化地下構造データベースの構築」予稿集, 63-64.
- 司宏俊・翠川三郎 (1999) : 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第 523 号, 63-70.

若松加寿江・松岡昌志 (2007) : 九州の地形・地盤分類 250m メッシュマップの構築, 日本地震工学会大会－2007 梗概集, 102-103.