

## 石狩低地東縁断層帯の地震を想定した強震動評価

地震調査委員会では、石狩低地東縁断層帯について、その位置及び形態、過去と将来の活動等に関する評価結果を「石狩低地東縁断層帯の長期評価について」(地震調査委員会, 2003a; 以下「長期評価」という)<sup>4</sup>としてまとめ、公表している。今回、この評価を踏まえ、同断層帯の地震を想定した強震動評価を行ったので以下に報告する。

### 1 想定する震源断層

石狩低地東縁断層帯は、北海道美唄(びばい)市から勇払(ゆうふつ)郡早来(はやきた)町に至る石狩低地東縁断層帯主部(以下「断層帯主部」という)と千歳市から苫小牧市に至る石狩低地東縁断層帯南部からなる。強震動評価を行う上での震源断層モデルは「長期評価」で活動性が高いと評価されている「断層帯主部」の範囲とした。

「断層帯主部」の地表トレースは北端部で北北東 - 南南西方向、南端部で北北西 - 南南東方向に変化する弧状をなし、「断層帯主部」の両端点の距離は 66km で、断層の東側が西側に対して相対的に隆起する逆断層である(図 1 参照)。「長期評価」では、「断層帯主部」全体を 1 つの活動区間としており、この断層が活動した場合の地震規模はマグニチュード 7.8 で、地震発生 of 長期確率には幅がある<sup>5</sup>が、その最大値をとると今後 30 年間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中では高い<sup>6</sup>グループに属する。

本報告では「長期評価」に基づき、上記の「断層帯主部」に対応する弧状の地表トレースの中に段丘面の変位から想定される 2 箇所 of 平均的なずれの速度のピークが認められることから、図 1 に示すように屈曲した震源断層モデルを想定し、大きさの異なる南北 2 つ of アスペリティ<sup>7</sup>を想定した。また、震源断層モデルの傾斜角は、微小地震の震源分布から 45 度(東傾斜)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、北 of アスペリティ(第 1 アスペリティ)の北下端に位置するケース 1 と南 of アスペリティ(第 2 アスペリティ)の南下端に位置するケース 2 と北 of アスペリティ(第 1 アスペリティ)の南下端に位置するケース 3 を設定し、破壊開始点の違いによる予測結果の違いを評価した。

<sup>4</sup> 地震調査委員会(2003a)：石狩低地東縁断層帯の長期評価(平成 15 年 11 月 12 日公表)

<sup>5</sup> 0.05%~6%

<sup>6</sup> 「長期評価」では 3%以上：「高い」、3%~0.1%：「やや高い」と表記している。

<sup>7</sup> 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 that 大きい領域)。

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、アスペリティ及び破壊開始点の位置を図2に示す。また、今回はこの他に試行ケースとして、アスペリティ面積の設定手法の比較検討を行う目的で、これまでの「レシピ」<sup>8</sup>による方法とは別に既往の研究成果等を参考にしてアスペリティ面積を決定したケース4を設定した(説明文2.2参照)。なお、ケース4は試行ケースであるため、最大速度分布を予測するのにとどめ震度の評価は行っていない。

## 2 用いた地下構造モデルと震度予測の方法

一般的に、地震波は、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<sup>9</sup>から上の工学的基盤<sup>10</sup>までの地盤構造(以下「深い地盤構造」という)の影響及び工学的基盤から地表に分布する地盤構造(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、石狩低地東縁断層帯の震源断層を含む強震動評価を行う範囲において地下構造モデルを作成した。

工学的基盤より下の「深い地盤構造」のモデルの作成にあたっては、各種物理探査結果、ボーリング調査及び物理検層の結果、地質資料等の情報の収集・整理を行い、5kmごとの地質断面図から地質構造(地層の三次元分布)モデルの補完修正を行った。これらを基に地質構造と速度層構造の対比を行った上で三次元地下構造モデルを作成した。この結果を見ると、日高山脈から西に向けて地震基盤は深くなるが、南北軸を持つ高まりも見られる(図3参照)。地表に「深い地盤構造」(工学的基盤より硬い)に相当する地層が露出している山地丘陵部などについては、地表からの深さに応じた風化による速度層区分を併せて行った。一方、工学的基盤( $V_p=1.8\text{km/s}$ ,  $V_s=480\text{m/s}$ )より上の「浅い地盤構造」のモデルについては、地盤調査データが少ない上に偏在していることから地形分類データに基づいて概略評価している。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を図4に示した。評価範囲内では、千歳市から滝川市にかけてと札幌市の北部から石狩湾にかけて及び苫小牧市の東部の沿岸域において増幅率が高い傾向が認められる。設定した震源断層モデルと地下構造モデルに基づき、評価範囲について約 $1\text{km}^2$ のメッシュごとに強震動予測を行った。

なお、地表の計測震度は、これまでと同様に経験式による簡便な方法を用いているが、今回試行的に「浅い地盤構造」の計測震度への影響評価を行うため、限定した領域でボーリング調査データから作成した地盤構造モデルを用いて一次元地震応答計算により地表の地震波形から震度を求め、簡便な方法によるものとの比較を行った

<sup>8</sup> 「活断層で発生する地震の強震動評価レシピ」地震調査委員会(2004b)を指す。詳細は本評価の付録参照。

<sup>9</sup> 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  $V_s=3.3\text{km/s}$  層の上面に相当する。

<sup>10</sup> 建築や土木等の工学分野で、構造物を設計するとき、地震動設定の基礎とする良好な地盤のことで、そのS波速度は、構造物の種類や地盤の状況によって異なるが、多くの場合、 $300\text{m/s} \sim 700\text{m/s}$ 程度である。今回の予測範囲では  $V_s=480\text{m/s}$ 層の上面に相当する。

(説明文5.4参照)。

### 3 予想される強震動

図5 - 1 ~ 3にそれぞれのケースの震度分布を示す。断層の地表トレースより西側に最大速度の増幅率の高い地域が分布しているため(図4参照)これに呼応して震度の大きい部分が認められる。北側の第1アスペリティの北下端に破壊開始点が設定されているケース1では、破壊進行方向線上付近に位置する断層地表トレースの南側の苫小牧市付近まで震度6強以上の分布が認められる。これは、ディレクティブティ効果<sup>11</sup>とともに、この地域が厚い堆積層(「深い地盤構造」)の影響によるやや長周期成分の増幅と低地を形成する表層の「浅い地盤構造」における短周期成分の増幅が重なる部分にあたっているためと考えられる(図5 - 1参照)。南側のアスペリティの南下端に破壊開始点が設定されているケース2では、第1アスペリティの西側を中心に震度6強以上が分布し(図5 - 2参照)第1アスペリティの南下端に破壊開始点が設定されているケース3でもケース2とほぼ同様な震度分布を示している(図5 - 3参照)。いずれのケースでも震源断層から離れている札幌市北東部において震度6強以上と予測されたが、これは、厚い堆積層(「深い地盤構造」)の影響により、やや長周期の地震動が増幅されたものと考えられる。また、ケース2, 3ではケース1に比べて北方に震度の大きい地域が認められ、震度6弱が滝川市の北方まで達している。

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)の曲線と比べた(図6参照)。強震動予測値は、全体的に距離減衰式の曲線と概ね良い対応を示している。

なお、計算手法の検証としては、ここで用いた手法と同様の手法により兵庫県南部地震の強震動評価(地震予知総合研究振興会, 1999)<sup>12</sup>及び鳥取県西部地震の強震動評価(地震調査委員会強震動評価部会, 2002)<sup>13</sup>を行っており、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。

### 4 今後に向けて

本断層帯における強震動評価では、震源断層モデルのうち破壊開始点の位置を特定するだけの情報がなかったため破壊開始点の位置を変えた3つのケースで強震動予測を行い、その違いを検討した。アスペリティと破壊開始点の位置は、地表の地震動

---

<sup>11</sup> 断層破壊がS波の伝播速度に近い速度で伝播することにより、破壊の進行方向では地震波が重なり合い、結果としてその振幅が大きくなる(パルスが鋭くなる)効果。一方、破壊の進行と逆の方向では、地震波は重なり合わず、その振幅は大きくなる。

<sup>12</sup> 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。

<sup>13</sup> 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15年10月31日公表)

に大きな影響を与えることがこれまでに報告されている(地震調査委員会,2003b<sup>14</sup>, 2003c<sup>15</sup>, 2004a<sup>16</sup>)。このように、現状において確定的に取り扱えない震源断層パラメータに対しては、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き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・判断を行う上で非常に重要であり、併せて活断層の調査研究により、震源断層パラメータを絞り込む取り組みが重要である。

また、従来の「レシピ」に基づいてアスペリティ面積を決定した場合、今回のように断層面積の大きな震源断層では、断層面積に対するアスペリティ面積の比率がこれまでの研究事例より過大となる傾向があり(説明文 2.2 参照)、予測結果に影響を与える可能性がある。したがって、各パラメータ間の整合性が図られる算出式及び適用限界等「レシピ」の改良に向けた検討が必要である。

一方、強震動予測の精度をさらに高めていくためには、深部構造探査などによる詳細な三次元地下構造モデル(風化等も勘案した「深い地盤構造」及び「浅い地盤構造」のモデル)の設定が必要である。このうち「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一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調査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り、検証と併せて予測精度の向上のための課題である。

---

<sup>14</sup> 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)

<sup>15</sup> 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)

<sup>16</sup> 地震調査委員会(2004a): 琵琶湖西岸断層帯の地震を想定した強震動評価(平成16年6月21日公表)

表1 石狩低地東縁断層帯の特性化震源モデルのパラメータ

震源特性		パラメータ設定方法	特性化震源モデルのパラメータ	
			北	南
巨視的震源特性	断層位置北端	地震調査委員会 長期評価より	北緯 43° 21'	北緯 42° 58'
			東経141° 50'	東経141° 43'
	断層位置南端		北緯 42° 58'	北緯 42° 44'
			東経141° 43'	東経141° 48'
	走向	図1より	N14° E	N16° W
	傾斜	一般的な逆断層の傾斜角(30~60度)の平均的な値	45°	45°
	すべり角	地震調査委員会 長期評価より	90°	90°
	断層長さ L	図1より	42km	26km
	断層幅 W	気象庁による微小地震の発生分布より	24km	24km
	断層上端深さ d	気象庁による微小地震の発生分布と深部地盤構造より	7km	
	断層面積 S	レシビ1-1(2) S=LW(重なり部分を除く)	1,487km <sup>2</sup>	
	地震モーメント Mo	レシビ(3)式より導出 S=4.24 × 10 <sup>-11</sup> Mo <sup>1/2</sup>	1.23E+20Nm	
	モーメントマグニチュード Mw	logMo=1.5Mw+16.1(金森)	7.33	
	S波速度 Vs	岩崎(2002)によるVp=5.8~6.0km/sとLudwig et al(1970)より	3.5km/s	
平均密度	Ludwig et al(1970)とVpより(表3)	2.8g/cm <sup>3</sup>		
剛性率 μ	μ= Vs <sup>2</sup>	3.4E+10N/m <sup>2</sup>		
平均すべり量 D	レシビ(5)式より導出 Mo=μ DS	2.41m		
短周期レベル A	レシビ(6)式 A=2.46 × 10 <sup>17</sup> × Mo <sup>1/3</sup>	2.64E+19Nm/s <sup>2</sup>		
微視的震源特性	全アスベリティの面積 Sa	Sa= r <sup>2</sup> レシビ(7)式 r=(7/4)Mo/A・R・Vs <sup>2</sup>	656km <sup>2</sup>	
	全アスベリティの平均すべり量 Da	レシビ(10)式 Da=D × 2	4.82m	
	全アスベリティの地震モーメント Moa	レシビ(5)式より導出 Moa=μ DaSa	1.08E+20Nm	
	全アスベリティの実効応力 a	レシビ(15)式より導出 a=(7/16) × Mo/(r <sup>2</sup> × R)	11.9MPa	
	Fmax	地震調査委員会 強震動評価部会より	6Hz	
	ライズタイム tr	レシビ(21)式 tr W/(2 × Vr)	4.77s	
	アスベリティの個数	地震調査委員会 長期評価・強震動評価部会より	1	1
	アスベリティの面積 Sai	入倉・三宅,2001を参照 Sa1:Sa2=16:6	477km <sup>2</sup>	179km <sup>2</sup>
	アスベリティの平均すべり量 Dai	レシビ(14)式 Dai=( i/ i <sup>3</sup> )Da	5.39m	3.30m
	アスベリティの地震モーメント Moai	Moai=μ DaiSai	8.82E+19Nm	2.03E+19Nm
	背景領域の地震モーメント Mob	レシビ(12)式より導出 Mob=Mo-Moa	1.45E+19Nm	
	背景領域の面積 Sb	Sb=S-Sa	831km <sup>2</sup>	
	背景領域のすべり量 Db	レシビ(13)式より導出 Mob=μ DbSb	0.51m	
	背景領域の実効応力 b	レシビ(17)式 b=(Db/Wb)/( (1/2)/Da)・r・ i <sup>3</sup> ・ a	1.0MPa	
その他の震源特性	破壊開始点	レシビ1-3(2)	アスベリティ下端部	
	破壊伝播形式	レシビ1-3(3)	同心円状	
	破壊伝播速度 Vr	レシビ(22)式より導出 Vr=0.72Vs	2.5km/s	