

砺波平野断層帯・呉羽山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、砺波平野断層帯および呉羽山断層帯について、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「砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の評価」(地震調査委員会, 2002b; 以下「長期評価」という)としてまとめ、公表している。今回、この報告を踏まえ、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

砺波平野断層帯は、砺波平野北西縁の富山県高岡市から西礪波郡(にしとなみぐん)福光町に至る砺波平野断層帯西部(長さ約26km)と、砺波平野南東縁の富山県砺波市から東礪波郡平村(たいらむら)に至る砺波平野断層帯東部(長さ約30km)からなる。また、呉羽山断層帯は富山平野の婦負郡(ねいぐん)八尾町(やつおまち)から富山市を経て富山湾まで達している(長さ22km以上)(図1)。砺波平野断層帯東部は、断層の東側が西側に対し相対的に隆起し、砺波平野断層帯西部および呉羽山断層帯は、断層の西側が東側に対し相対的に隆起する逆断層である。それぞれは、全体が1つの区間として活動する可能性がある。

本報告では「長期評価」に基づき、地震発生の長期確率の最大値をとった場合に上記の中で最も確率が高い砺波平野断層帯東部について2通り、次に確率が高い砺波平野断層帯西部について1通り、砺波平野断層帯と比べれば地震発生の長期確率が低く評価されているが、地震が発生した場合に富山市市街や高岡市市街への影響が大きいと考えられる呉羽山断層帯について1通り、合計4通りのケース(断層モデル)を想定した。

それぞれの断層面の傾斜については、断層形態が逆断層であることと、物理探査の結果等を考慮し、45度と想定した。いずれの断層モデルについてもその長さが比較的短いことより、アスペリティ⁴はそれぞれの断層モデルに1つとすることを基本としたが、砺波平野断層帯東部については、アスペリティが2つとなるモデルも想定した。断層の平均変位量が比較的大きいところが推定できる砺波平野断層帯(東部、西部)については、その位置にアスペリティを配置し、破壊開始点はアスペリティの下端隅に設定した。呉羽山断層帯については、上記のような情報が得られていないことより、アスペリティは断層の中央に配置し、破壊開始点はそのアスペリティの中央下端とした。

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。

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)および地表付近に分布する表層地盤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、砺波平野断層帯および呉羽山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、これらの地下構造モデルを評価

⁴ 震源断層の中で特にすべり量が大きい領域(強い地震波を生成する)。

した。深い地盤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、地質資料等の情報の収集、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、地質構造と速度構造の対比を行った上で速度構造モデルを作成した。この結果（図3）によると、富山湾沖合より砺波平野を経て金沢平野、さらにその沖合にかけて、地震基盤が谷状に深くなっている。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。これにより求めた浅い地盤構造による最大地動の増幅率でみると、評価範囲内では、富山平野の沿岸部や金沢平野の沿岸部が増幅率の高い地域となっている（図4参照）。

3 予想される強震動

設定した震源断層と地下構造の評価結果に基づき、評価範囲について約1kmサイズのメッシュで強震動予測を行った。

図5-1に砺波平野断層帯東部の地震を想定した場合の震度分布を示す。アスペリティが1つのモデルの結果と2つのモデルの結果を比較しているが、震度分布に大きな相違は無く、断層の直上およびその周辺の一部の地域において震度6弱の揺れが予測された。図5-2には、砺波平野断層帯西部および呉羽山断層帯の地震を想定した場合の震度分布を示す。砺波平野断層帯西部では、アスペリティに近く、地表における増幅率が高い金沢平野の広い範囲で震度6弱、その一部では震度6強以上の揺れが予測された。呉羽山断層帯では破壊開始点がアスペリティの中央下端にあることにより、ディレクティブティ効果⁵によってアスペリティ直上付近の地震動が大きくなり、さらに堆積層が厚く（深い地盤構造）、表層における増幅率も高いことより、高岡市から富山市にかけた広い範囲で震度6強以上の揺れが予測された。

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予測結果の関係を既存の距離減衰式（司・翠川，1999）と比べた（図6）。全体的に予測結果は距離減衰式と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）⁶およ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）⁷を行っており、それぞれの評価結果が震度分布や観測記録を説明できることを確認している。

⁵ 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あい、結果としてその振幅が大きくなる（パルスが鋭くなる）。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らない。

⁶ 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。

⁷ 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。

4 今後に向けて

- ・ 個々の断層について、想定したアスペリティや破壊開始点の位置は、必ずしも確定的なものではない。一方でアスペリティの位置や破壊の伝播方向は、地表の地震動に大きな影響を与えることが報告されている(地震調査委員会(2003b)⁸,地震調査委員会(2003c)⁹)。より精度の高い強震動予測を行うためには、これらの断層パラメータに関する調査研究が重要である。
- ・ 本報告では、上記のアスペリティや破壊開始点位置等の想定を変えたケースの検討は行っていないが、砺波平野断層帯東部についてアスペリティの数を変化させ、その影響を検討した。この結果も踏まえ、強震動予測結果のばらつきについては、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。
- ・ 本報告の評価範囲は地震調査委員会(2003b)⁸における評価範囲と大部分が重なっているが、ここでは、新たな知見をもとに深い地盤構造及び浅い地盤構造の再構築を行った。しかしながら、地下構造に関する情報はまだ十分とは言えず、より精度の高い強震動予測を行うためには、今後もさらに地下構造(深い地盤構造および浅い地盤構造)に関する情報を得る必要がある。

⁸ 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

⁹ 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

表1 震源パラメータ覧

	断層帯 (ケース)	砺波平野断層帯東部		砺波平野断層帯西部	呉羽山断層帯	単位		
		アスペリティ1つ	アスペリティ2つ					
巨視的震源特性	断層総面積	S	552	572	660	[km ²]		
	地震モーメント	M0	1.7E+19	1.8E+19	2.4E+19	[Nm]		
	地震規模	Mw	6.8	6.8	6.9			
	短周期レベル	A	1.4E+19	1.4E+19	1.5E+19	[Nm/s ²]		
	基準点の位置		(北端)~(屈曲点)~(南端)	(北端)~(南端)	(延長北端)~(南端)			
	基準点の北緯		36°39 ~ 36°29 ~ 36°24	36°45 ~ 36°31	36°50 ~ 36°35			
	基準点の東経		137°02 ~ 136°55 ~ 136°56	136°57 ~ 136°50	137°19 ~ 137°08			
	走向	strike	(主)高清水断層N30°E:(副)城端-上梨断層N20°W	N22°W	N30°E			
	傾斜角	dip	(主)45°E	45°W	45°W			
	平均滑り量	D	95	98	114	[cm]		
	滑り方向		東側隆起の逆断層	西側隆起の逆断層	西側隆起の逆断層			
	地震発生層深さ	dep	4~20	4~20	4~20	[km]		
	断層面の長さ	L	地表30km(高清水断層22km:城端-上梨断層8km)	地表約26km	地表約30km	[km]		
	断層面の幅	W	22.6	22.6	22.6	[km]		
	断層面積	S	552	572	660	[km ²]		
微視的震源特性	アスペリティ-1	地震モーメント	M0a	7.4E+18	4.9E+18	8.1E+18	1.2E+19	[Nm]
		面積	Sa	120	80	127	162	[km ²]
		平均滑り量	Da	190	190	197	227	[cm]
		静的応力降下量	a	15	15	15	14	[MPa]
		短周期レベル	A	1.4E+19	1.4E+19	1.4E+19	1.5E+19	[Nm/s ²]
	アスペリティ-2	地震モーメント	M0a	-	2.5E+18	-	-	[Nm]
		面積	Sa	-	40	-	-	[km ²]
		平均滑り量	Da	-	190	-	-	[cm]
		静的応力降下量	a	-	15	-	-	[MPa]
		短周期レベル	A	-	1.4E+19	-	-	[Nm/s ²]
	背景領域	地震モーメント	M0b	9.6E+18	9.6E+18	1.0E+19	1.2E+19	[Nm]
		面積	Sb	432	432	445	498	[km ²]
		平均滑り量	Db	69	69	70	77	[cm]
		実効応力	b	2.6	2.6	2.7	2.8	[MPa]
	その他の震源特性	アスペリティ位置		南	南	南		
アスペリティ深さ			中	中	中			
破壊開始点の深さ			中下	中下	中下			
破壊様式			同心円上					
破壊伝播速度			2.5 (=3.46の72%)			[km/s]		
Fmax			6			[Hz]		
震源時間関数			中村・宮武(2000)による					