

高山・大原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、高山・大原（たかやま・おっばら）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「高山・大原断層帯の評価」（地震調査委員会，2003a；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

高山・大原断層帯は、岐阜県北部の高山市、およびその周辺市町村に分布する断層帯で、ほぼ北東－南西方向に並走する多数の断層からなる。これらの断層のうち、高山市から郡上（ぐじょう）市に至る長さ約48kmの高山断層帯、吉城（よしき）郡国府（こくふ）町から大野郡荘川（しょうかわ）村に至る長さ約27kmの国府断層帯、および大野郡高根村から下呂市に至る長さ約24kmの猪之鼻（いののはな）断層帯について長期評価がなされている。これらの断層帯はいずれも右横ずれが卓越する複数の断層からなっており、それぞれの断層帯が1つの区間として活動する可能性がある。今後30年以内の地震発生確率は、高山断層帯で0.7%、国府断層帯でほぼ0－5%であり、国府断層帯は、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グループに属することになる。猪之鼻断層帯については、将来の地震発生の可能性は不明とされている。

本報告では、「長期評価」に基づき、3つの断層帯を個別に扱うこととし、各断層帯の震源断層位置を図1のように設定した。そして、震源断層の面積が最も大きい高山断層帯について3ケース、国府断層帯と猪之鼻断層帯について、それぞれ1ケースの合計5ケースの震源断層モデルを想定した。各ケースにおける震源断層の形状、アスペリティおよび破壊開始点の位置を図2に示す。高山断層帯については、震源断層の面積が比較的大きいため、アスペリティ⁴を2つとし、「長期評価」により平均的なずれの速度が比較的大きいと推測された断層帯北東端部に大きいアスペリティを、断層帯中央部に小さいアスペリティを配置した。破壊開始点は、断層帯北東端部のアスペリティの北東下端と中央部のアスペリティの南西下端の2ケース（ケース1、ケース2）とした。さらに、同断層帯については、断層帯の近傍にあり「詳細法」による強震動評価範囲内で人口が最も多い高山市に対する影響が大きくなる可能性があるケースとして、断層帯南西端部に大きいアスペリティを、中央部に小さいアスペリティを配置し、破壊開始点を南西端部のアスペリティの南西下端としたケース（ケース3）も想定した。国府断層帯については、震源断層の面積が比較的小さいため、アスペリティを1つとし、「長期評価」による平均的なずれの速度が比較的大きいと推測された断層帯中央部に配置した。破壊開始点はアスペリティの中央下端とした。猪之鼻断層帯については、震源断層の面積が比較的小さく、平均的なずれの速度等の情報に乏しいことから、平均的なケースとして、1つのアスペリティを断層帯中

⁴ 震源断層の中で特に強い地震波を生成する領域（すべり量や応力降下量が大い領域）。

中央部に配置し、破壊開始点をアスペリティの中央下端とした。震源断層パラメータの一覧を表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⁵から上の工学的基盤⁶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、高山・大原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、地質資料等の情報収集、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、これと速度層構造と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（図3参照）によると、砺波平野から金沢平野にかけて、および松本盆地周辺で地震基盤の深い地域が見られる。一方、「浅い地盤構造」の地下構造モデルについては、地盤調査データが乏しいことからモデルを作成せず、地形分類に基づいて経験的に算定される増幅率を用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（図4参照）をみると、富山平野や金沢平野の沿岸部で増幅率が高くなっている。また、高山市などの位置する断層帯周辺では、1.2程度となっている。

3 予想される強震動

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1km²のメッシュで強震動予測を行った。図5-1、図5-2に、高山断層帯の地震を想定した場合の地表における震度分布図を示す。ケース1、およびケース3では、断層帯中央部に設置したアスペリティの周辺地域において震度6強以上(赤色)が予測された。これは、同地域が破壊進行方向に位置することによるディレクティビティ効果⁷と、同地域の「深い地盤構造」による増幅効果（図3参照）が主たる要因であると考えられる。一方、ケース2では、破壊開始点周辺のごく一部の地域で震度6強以上と予測されたが、ケース1、ケース3と同様にディレクティビティ効果が強く現れると予想される断層帯北東部周辺の地域では、地震基盤が比較的浅く、「深い地盤構造」による増幅が小さいため、最大で震度6弱(橙色)と予測された。震源断層に近い高山市では、ケース1、ケース2では、震度5強(黄色)から震度6弱、またケース3では、南部のごく一部の地域で震度6強以上と予測された。図5-3に、国府断層帯、および猪之鼻断層帯の地震を想定した場合の地表における震度分布図を示す。これらの断層帯周辺地域では、震源断層の規模が高山断層帯に比べて小さ

⁵ S波速度3km/s程度の堅硬な岩盤。

⁶ 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、300m/s～700m/s程度である。

⁷ 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）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らない。

いこと等から、震度6強以上となる範囲はごく限られており、断層帯近傍で概ね震度6弱と予測された。

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6参照)。強震動予測結果は、全体的に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)⁸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)⁹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。

4 今後に向けて

本断層帯の強震動評価にあたり、個々の断層帯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。震源断層の面積が比較的大きい高山断層帯においては、いくつかの情報が得られたので、これらの情報も参考にしてアスペリティの位置や破壊開始点を変えた複数のケースを想定した。また、震源断層の面積が比較的小さい国府断層帯においても、平均的なずれの速度をもとにアスペリティの位置を設定した。なお、震源断層の面積が比較的小さく、情報がほとんど得られなかった猪之鼻断層帯においては、平均的なケースを想定した。より信頼性の高い強震動予測を行うためには、例えば、深部構造探査等、これらの震源断層パラメータをより正確に推定するための継続的な調査研究が必要である。

アスペリティと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報告されている(地震調査委員会, 2003b¹⁰, 2003c¹¹, 2004b)。本報告でも、高山断層帯に対して、複数のケースを想定することにより、これらの影響について検討した。アスペリティと破壊開始点の位置等、情報の不足等により現状において確定的に扱えない震源断層パラメータに対しては、このような震源断層パラメータによる強震動予測結果のばらつきの大きさを把握しておくことが、強震動予測結果に対する評価・判断を行う上では非常に重要である。強震動予測結果のばらつきについては、今後、他の震源断層に対する強震動評価においても検討を重ねていきたい。

また、地下構造に関する情報もまだ十分とは言えず、情報の不足している地域に対する地下構造モデルの作成においては、いくつかの仮定が必要となった。より精度の高い強震動予測を行うためには、中小地震観測記録を用いた手法や深部地盤構造探査などにより、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.

⁹ 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

¹⁰ 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)

¹¹ 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 高山・大原断層帯の震源断層パラメータ

	Case No.		高山断層帯			国府断層帯	猪之鼻断層帯	単位
			ケース1	ケース2	ケース3			
巨視的震源特性	断層総面積	S	672			392	336	[km ²]
	地震モーメント	M0	2.5E+19			8.5E+18	6.3E+18	[Nm]
	地震規模	Mw	6.9			6.6	6.5	
	短周期レベル	A	1.6E+19			1.1E+19	9.8E+18	[Nm/s ²]
	基準点の位置		(北東端) ~ (南西端)			(北東端) ~ (南西端)	(北東端) ~ (南西端)	
	基準点の北緯		36° 09' ~ 35° 52'			36° 12' ~ 36° 03'	36° 03' ~ 35° 56'	
	基準点の東経		137° 24' ~ 137° 00'			137° 14' ~ 137° 00'	137° 30' ~ 137° 17'	
	走向	strike	N50° E			N50° E	N60° E	
	傾斜角	dip	90° (主)			90° (主)	90° (主)	
	平均滑り量	D	115.6			67.5	57.8	[cm]
	滑り方向	rake	右横ずれ			右横ずれ	右横ずれ	
	地震発生層深さ	dep	3~17			3~17	3~17	[km]
	断層面の長さ	L	48 (地表)			28 (地表)	24 (地表)	[km]
	断層面の幅	W	14			14	14	[km]
	断層面積	S	672			392	336	[km ²]
微視的震源特性	地震モーメント	M0a	8.3E+18			3.0E+18	2.0E+18	[Nm]
	面積	Sa	111.1			67.9	52.5	[km ²]
	平均滑り量	Da	231.3			134.9	115.6	[cm]
	静的応力降下量	Δσa	14.2			15.5	15.9	[MPa]
	短周期レベル	A	1.6E+19			1.1E+19	9.8E+18	[Nm/s ²]
	地震モーメント	M0a	4.2E+18			-	-	[Nm]
	面積	Sa	55.5			-	-	[km ²]
	平均滑り量	Da	231.3			-	-	[cm]
	静的応力降下量	Δσa	14.2			-	-	[MPa]
	短周期レベル	A	1.6E+19			-	-	[Nm/s ²]
	地震モーメント	M0b	1.3E+19			5.6E+18	4.3E+18	[Nm]
	面積	Sb	505.4			324.1	283.5	[km ²]
	平均滑り量	Db	77.5			53.3	47.1	[cm]
	実効応力	Σσb	3.3			3.6	3.6	[MPa]
	背景領域							
その他の震源特性	アスペリティ位置		北東端 (1), 中央 (2)	北東端 (1), 中央 (2)	南西端 (1), 中央 (2)	中	中	
	アスペリティ深さ		中	中	中	中	中	
	破壊開始点の深さ		中下 北東端	中下 中央	中下 南西端	中下	中下	
	破壊様式		同心円状			同心円状	同心円状	
	破壊伝播速度		2.5			2.5	2.5	[km/s]
	f max		6			6	6	[Hz]
	震源時間関数		中村・宮武 (2000)			中村・宮武 (2000)	中村・宮武 (2000)	