

活断層と建物被害の情報に基づく歴史被害地震の断層モデル構築に関する研究
A study for constructing source model of historical earthquakes
based on information of active faults and building damage

○吾妻 崇・松島信一・市村 強・野澤 貴

○Takashi AZUMA, Shinichi MATSUSHIMA, Tsuyoshi ICHIMURA, Takashi NOZAWA

Most of source faults of historical earthquakes are not well-documented on their locations, geometries, and rupture processes, though those magnitude and location of epicenter were estimated by analysis of the historical records of the distribution of damaged buildings. Determining the source fault model is much important to evaluate the level of the strong ground motion from inland active fault in order to reduce the damage from them in the future. In this study, we focus on the most major parameter for the occurrence of strong ground motion and severe damage of buildings by comparing historical record of the building damage and result of simulation using source fault model based on the geological information of active faults and ground conditions through the case study of the 1847 Zenkoji earthquake, in Nagano, central Japan.

1. 研究目的

活断層で発生したと思われる歴史地震については、被害の分布の程度は調査され、地震規模と震央位置は推定されているものの、震源断層の位置、形状、破壊過程などはわかっていない場合が多い。内陸の活断層を震源として発生した歴史地震の情報を将来の被害軽減に役立てるためには、地震規模と推定震央位置だけでなく、いざ地震が発生した場合に被害が大きくなる活断層近傍の強震動を予測するための断層モデルが必要となる。

本研究では、歴史地震記録に基づいて断層モデルを構築する際に必要となる知見を得るために、活断層情報と被害情報が比較的詳細に調べられている1847年善光寺地震(M7.1)について、被害分布から地震発生時の建物強度を考慮した建物被害シミュレーションを実施し、断層破壊過程を推定することを目的とする。

2. 研究方法

本研究では、歴史地震の震源断層であったとされる活断層の地形学的・地質学的情報に基づき断層モデルを想定し、そこから発生する地震動による建物被害をシミュレーション計算する。その計算結果を、実際の被害記録と照合して感度解析を行なうことによって、想定したモデルおよび破壊過程の確からしさを検証するとともに、この手法において重要となるパラメータを抽出する。

震源破壊過程を推定する際には、特に被害集中地域での地盤増幅特性が重要となるため、地震発生当時の地盤情報が必要である。地盤情報については、既存の地盤情報を利用するほか、現地にて微動観測を行い、詳細な情報を収集する。また、地震発生当時の建物の耐力に関する情報が必要となるが、これについては既存文献に基づくほか、複数のケースについて検討を行い、得られた推定結果の推定誤差について検討する。

3. 震源断層モデルの設定

断層長と地表地震断層の位置は、活断層研究会編(1991)に基づいた。断層長は全体が約42kmになる。断層の一般走向は同文献に示されている地表地震断層の端点同士を結んだ直線の方向(N32°E)としたが、地表の断層線は東へ突出した弧を描いている。この分布形状にできるだけ合わせるため、断層を北部・中央部・南部に3区分し、中央部のみ断層浅部の傾斜角を低角にするモデルを設定した(図1)。すなわち、長野盆地の堆積盆の基底深度に相当すると思われる深度6kmを境に、それより深部では全区間において断層面の傾斜角を50度(西傾斜)とするが、浅部では30度(西傾斜)を基本とするものの中央部では18.7度(西傾斜)とした。この中央部の傾斜角は、断層面の深部・浅部境界(断層面の傾斜角が変化する点)と中央部の地表地震断層の出現位置を結ぶ

ような面を図面上で設定して、その傾斜角を求めた。強震動を計算する際の断層面上の断層深度は2kmとする。

アスペリティは北部・中央部・南部のそれぞれ深部（6km 以深）に配置し、総面積に比例して中央部のアスペリティ面積が北部・南部の3倍となるように設定した（表1）。

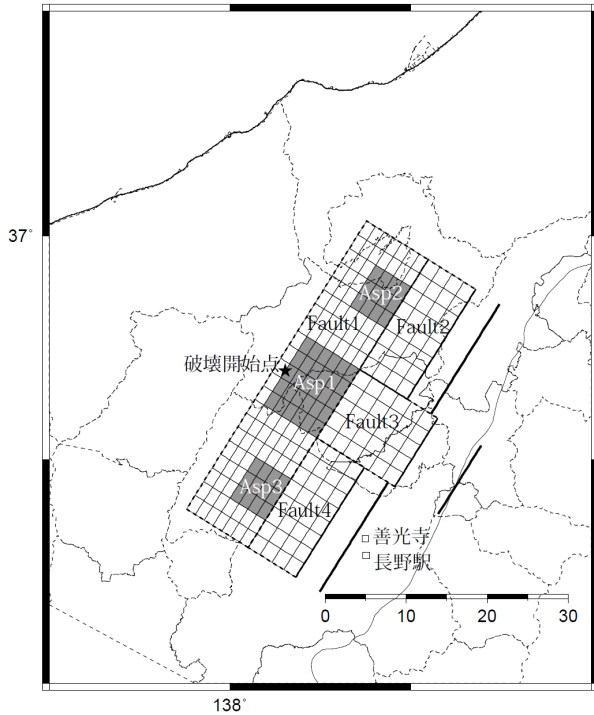


図1 本研究において提案する1847年善光寺地震の断層モデル

4. 地盤モデルの設定と建物被害シミュレーション

地震動計算に用いる地盤モデルについては、初期段階の計算としては、防災科学技術研究所が公表している J-SHIS の地盤モデルを使用する。J-SHIS 地盤モデルの、特に表層部分の高精度化をはかるために善光寺と長野駅の間の地域で微動観測を行った（松島・伊東, 2016）。今後、この情報と併せて長野県が作成した地盤構造なども参考に、必要に応じて修正した地盤モデルを用いた計算を行う必要がある。

上述した断層モデルおよび J-SHIS 地盤モデルを用いた強震動シミュレーションのための試解析を行っている。後に建物被害シミュレーションを実施するために、強震動シミュレーションで対象とする最大周波数は 2Hz もしくは 2.5Hz としている。今後、建物被害シミュレーションの計算結果

について、被害記録との比較に基づく感度解析を行う予定である。

謝辞

本研究は、平成 26 年度と平成 27 年度に京都大学防災研究所と東京大学地震研究所の拠点間連携共同研究で採択された課題として実施しているものである。

表1 地震動計算で用いた断層パラメータ

断層パラメータ	設定方法	想定善光寺地震	モデル	
断層帯原点		提案モデル		
		北緯33° 39'		
		東経130° 19'		
活断層長さ L	善光寺地震モデル	42 km		
気象庁マグニチュード M_{JMA}		7.7		
地震モーメント M_0	入倉・三宅(2000)による	5.22E+19 N·m		
モーメントマグニチュード M_w	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.1		
断層モデル原点	地中の断層モデル原点位置	北緯33° 39' 23.4"		
		東経130° 18' 33"		
断層モデル上端深さ	S波速度を参考に設定	2 km	メッシュ数	
断層モデル長さ L_{model}	地表断層長さと同じ	42 km	21	
断層モデル幅 W_{model}	Smodel/地震発生層厚さ(969/14.7)	23.1 km	13.12	
断層モデル面積 S_{model}	$S = 42 \times 14 + 16 \times 8 + 2 \times 10 + 12.5$	969 km ²	21 × 13.12	
走向 θ	長期詳細の原点を結ぶ方向	N 212° E		
傾斜角 ϕ	平均傾斜角(6km以深は50°、6km以浅は30° または18.7°)	39.6°		
すべり角 γ	逆断層	-90°		
静的応力降下量 $\Delta\sigma$	$\Delta\sigma = 7 \cdot 16 \cdot M_0 \cdot R^{-3}$	4.2 MPa		
平均すべり量 D	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	2.0 m		
剛性率 μ	$\mu = \rho \cdot \beta^2$	2.71E+10 N/m ²		
密度 ρ	震源における密度	2650.0 kg/m ³		
S波速度 β	震源におけるS波速度	3.2 km/s		
破壊伝播速度 V_r	$V_r = 0.72 \cdot \beta$ (Geller(1976)より)	2.3 km/s		
短周期レベル	$A = 2.46 \cdot 10^{17} \cdot M_0^{1.5}$	1.98E+19 N·m/s ²		
1 アスペリティ	実効応力 $\sigma_a = 4\sigma_s = 7 \cdot 16 \cdot M_0 / (r^3 \cdot R)$	18.4 MPa	長さ×幅	メッシュ数
	総面積 $S_a = \pi r^2, r = 7 \pi / 4 \cdot M_0 / (A \cdot R) \cdot \beta^2$	221.7 km ²	22km × 10 km	11 × 5
	平均すべり量 $D_a = r \cdot D$	4.0 m		
	地震モーメント $M_{0a} = \mu \cdot S_a \cdot D_a$	2.41E+19 N·m	1アスペリティ	
青葉領域	面積 $S_b = S - S_a$	747.3 km ²	749	
	地震モーメント $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$	2.82E+19 N·m		
	平均すべり量 $D_b = M_{0b} / (\mu \cdot S_b)$	1.4 m		
	実効応力 $\sigma_{ab} = (D_b / W_b) \cdot (\pi^{1/2} \cdot D_b) \cdot r \cdot \Sigma_0^{-1} \cdot \sigma_s$	4.2 MPa	長さ×幅	メッシュ数
第1アスペリティ	面積	アスペリティ総面積を比例して配分(3/5)	133 km ²	10 km × 12 km
	地震モーメント	アスペリティの面積の1.5乗に比例して配分	1.74E+19 N·m	5 × 6
	平均すべり量	$D_{a1} = (r_1 \Sigma_0^{-1}) \cdot D_a$	4.8 m	
	実効応力	$\sigma_{a1} = \sigma_a$	18.4 MPa	
第2アスペリティ	面積	アスペリティ総面積を比例して配分(1/5)	44.3 km ²	6 km × 8 km
	地震モーメント	アスペリティの面積の1.5乗に比例して配分	3.34E+18 N·m	3 × 4
	平均すべり量	$D_{a2} = (r_2 \Sigma_0^{-1}) \cdot D_a$	2.8 m	
	実効応力	$\sigma_{a2} = \sigma_a$	18.4 MPa	
第3アスペリティ	面積	アスペリティ総面積を比例して配分(1/5)	44.3 km ²	6 km × 8 km
	地震モーメント	アスペリティの面積の1.5乗に比例して配分	3.34E+18 N·m	3 × 4
	平均すべり量	$D_{a3} = (r_3 \Sigma_0^{-1}) \cdot D_a$	2.8 m	
	実効応力	$\sigma_{a3} = \sigma_a$	18.4 MPa	1アスペリティ
青葉領域	面積	$S_b = S - S_a$	747.4 km ²	753
	地震モーメント	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$	2.82E+19 N·m	
	平均すべり量	$D_b = M_{0b} / (\mu \cdot S_b)$	1.4 m	
	実効応力	$\sigma_{ab} = (D_b / W_b) \cdot (\pi^{1/2} \cdot D_b) \cdot r \cdot \Sigma_0^{-1} \cdot \sigma_s$	2.7 MPa	

参考文献

- 活断層研究会編：新編日本の活断層 -分布図と資料-, 東京大学出版会, 1991.
- 松島・伊東：1847年善光寺地震における地震動と建物被害の関係把握のための表層地盤構造の推定, 京都大学防災研究所研究発表講演会, E21, 2016.