

建築年代を考慮した疲労応答スペクトル強度を用いた金沢市における 木造構造物地震被害予測

東京工業大学大学院 学生会員○今井哲治

金沢大学大学院 正会員 村田 晶

同 フェロー 北浦 勝

同 正会員 宮島昌克

1. はじめに

一般に地震動の破壊力を示す指標として、計測震度等が用いられている。しかし、これらの指標は地震動により構造物が何回揺らされ、疲労がどのくらい蓄積されたかという地震動の繰り返しによる影響を十分に考慮していない。特に2004年新潟県中越地震では本震後の余震によって木造構造物の破壊が拡大した。そこで本研究では、既往の研究により提案した木造構造物の建築年代構成、強震時の剛性低下および応答振幅の繰り返しを考慮した指標である疲労応答スペクトル強度(FSI)を用い、様々な強震観測記録を入力とした地震応答解析結果から地震動破壊力指標の評価および木造構造物被害関数の構築を試みる。また、これらによって得られた木造構造物被害関数を森本・富樫断層を起震断層とする金沢市内の想定地震動による木造構造物被害に適用し、震源パラメータの違いと木造構造物の建築年代分布が被害程度の違いにどのように影響を及ぼすかを考察する。

2. 木造構造物地震被害関数の構築

新潟県中越地震における川口町における解析モデルを用いて、木造構造物被害関数の構築を試みる。木造構造物被害関数構築に用いる入力地震動は兵庫県南部地震、鳥取県西部地震、新潟県中越地震などの観測記録、計42地点である。ここで解析に用いる波形としては、水平2方向のうち最大となるものを用いる。また、解析被害率は次式で定義する。

$$\begin{aligned} \text{解析被害率} &= 1/10 \text{ (rad) を超えるモデルの存在割合} \\ &+ 1/30 \text{ (rad) を超えるモデルの存在割合}/2 \quad \dots (1) \end{aligned}$$

被害関数は筆者らが提案した疲労応答スペクトル強度(FSI)に対象地域の木造構造物建築年代構成による固有周期の存在確率 p_i を考慮した FSI' 値¹⁾を用いる。ここで対象地域の木造構造物建築年代構成については、総務省統計局が公表している住宅・土地統計調査における市町村別建築年代構成²⁾を用いる。以上より木造構造物の建築年代構成を考慮した疲労速度応答スペクトル強度($FSIv$)値は以下の式(1)のように定義される。

$$FSIv' = \int_{\xi}^{\xi} p_i \int_{0.01S_v}^{S_v} C_{S_v} S_v^2 dS_v dt \quad \dots (2)$$

ここで、 p_i は対象地域の木造建物建築年代構成による固有周期の存在確率、 S_v は速度応答スペクトル、 C_{S_v} は各応答レベルでの繰り返し回数、および ξ は建築年代ごとの周期範囲とする。式(2)を用いて建築年代ごとの各周期範囲での被害との相関から適切な周期範囲を求め、 $FSIv'$ 値による建築年代別の解析被害関数を構築する。被害との相関についてはロジスティック関数を用いた回帰曲線に対する、最小自乗誤差より求める。建築年代別の解析被害関数を図-1に示す。図に示すように、指標値 $FSIv'$ と被害率の関係は建築年代を問わず高い相関を有していることがわかる。また、建築年代の違いにより被害率が大きく変化しており、1960年以前と1981年以降の構造物では、およそ3倍程度の被害差が生じるといえる。

3. 金沢市における木造構造物地震被害予測

3.1 想定地震動

金沢市内に被害を及ぼした地震としては1799年寛政金沢地震が良く知られているが、比較的近年に発生した石川県内の地震としては、1948年福井地震、1985年能登半島沖地震、1993年能登半島沖地震、2007年能登半島地震などがあり、今後いつ金沢市に大規模な被害をもたらすような地震が発生してもおかしくない状況である。また、金沢市は戦災を免れた街であり、他の都市に比べて、古い木造構造物が多く存在している。さらに金沢市には森本・富樫断層が走っており、この断層が破壊した場合には大規模な被害を受けることが予想される。

本章では構築した木造構造物被害関数を用いて、地震時における金沢市の木造構造物の被害を推定する。なお、地震被害の推定において使用する想定地震の波形は、防災科学技術研究所が詳細法により求めた工学的基盤における速度波形³⁾を用いる。レシピで提示されている断層は6ケースあり、断層面の傾斜角は、60°、45°、30°の3通りのうち、傾斜角45°のケースについてはアスペリティの位置を南端にしたケース1a、中央に配置し深さを変化させたケース1b~1dを設定す

キーワード 震害指標、疲労応答スペクトル、建築年代、金沢市

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科 TEL 076-234-4655

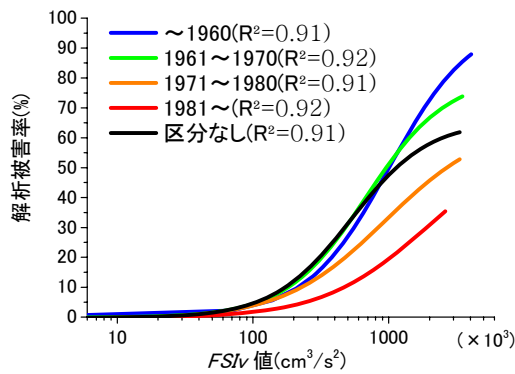


図-1 木造構造物解析被害関数

る。また、傾斜角 60°，30° の場合についてはアスペリティの位置を南端、深さを中央に配置し、それぞれケース 2，3 とする。

3.2 被害予測結果

前章で構築した解析被害関数および、地震応答解析から求められる FSIv 値を用いて、金沢市内 27 地点における木造構造物の被害予測を行う。なお、使用する波形には NS，EW 成分があるが、より安全側に被害予測を行うために、各ケース大きい成分の波形を用いる。各ケースにおける木造構造物の被害予測結果を表-1 に示す。表に示すように各ケースでの予測は大きくばらついており、アスペリティの影響が大きいといえる。6つの断層破壊ケースにおいて最も大きな被害が予想されるのは、ケース 1c であった。このケースでは犀川と浅野川に挟まれた地域で被害が大きい。これは、ケース 1c ではアスペリティが浅く、金沢市に非常に近い位置で断層が破壊していることと、アスペリティ近傍に古い木造構造物の多く存在する地区であったことが要因として挙げられる。また、傾斜角 30° のケースではほとんど被害が発生しない。これらより断層モデル選択には十分注意を払う必要があるといえる。

ここで、上に述べた全ケースを考慮した上での危険度予測を行うため、ここでは全てのケースが同じ確率で発生すると仮定し、それぞれの地区で全ケース被害率の和をとったものを、最大値となった地点の値で除したものを危険度予測の指標値とする。前述の表-1 右に危険度予測結果を示す。表の結果より断層近傍の地区よりやや海側の、沖積層が堆積している地区の危険度が高めとなった。また、地区 7，8 のような比較的古い構造物が多いが台地となっている地区の危険度はそれほど高くないことが分かる。すなわち、今回の解析では建築年代よりも地盤震動による影響の方が高いと考えられる。ただし、地区 3,4 など金沢市中心部においては建築年代の古い構造物が多いことが危険度を高くしていること、海岸部の地区 27 については比較的最近町が構成されているため危険度が低いことから、1981

表-1 被害予測結果

No.	地区	断層ケース(表内の数字は被害率%)						危険度
		1a	1b	1c	1d	2	3	
1	片町・香林坊	19.9	16.2	29.4	6.0	15.4	0.2	0.49
2	長町	29.2	4.7	16.1	2.6	21.1	0.3	0.42
3	尾張・安江町	19.9	31.7	72.6	9.6	16.2	0.1	0.72
4	丸の内	16.1	59.7	82.6	13.3	10.5	0.2	0.79
5	天神・旭町	16.1	27.6	26.4	13.9	6.5	0.3	0.51
6	小立野	17.0	15.5	45.7	10.9	14.7	0.4	0.59
7	増泉・野町	33.3	2.2	2.2	1.4	8.9	0.1	0.27
8	泉野	15.7	4.1	4.3	5.1	16.2	0.1	0.26
9	長坂・平和町	18.9	5.3	26.1	7.7	34.6	0.2	0.52
10	窪	28.1	18.6	21.6	14.3	23.0	0.7	0.60
11	横川・久安	28.7	4.5	15.2	3.0	36.8	0.3	0.50
12	西泉	46.4	18.9	28.9	7.0	40.2	0.3	0.80
13	新神田・入江	11.3	6.9	14.9	3.5	10.8	0.1	0.27
14	藤江	31.3	36.1	53.7	19.3	2.7	0.1	0.78
15	畠田・松村	18.4	19.9	24.6	15.1	4.1	0.6	0.46
16	金石	13.0	21.3	35.3	9.9	3.0	1.2	0.47
17	東山・鳴和	2.7	5.6	23.6	2.9	1.3	0.1	0.20
18	笠舞・本多町	19.3	6.8	19.5	4.4	18.6	0.2	0.39
19	円光寺・富樫	11.9	2.6	15.6	2.1	11.6	0.2	0.25
20	西金沢・八日市	38.8	15.1	20.5	6.8	30.4	0.1	0.63
21	中橋	15.1	27.4	60.9	10.0	21.8	0.3	0.70
22	有松	9.1	17.1	11.4	3.1	9.1	0.2	0.28
23	寺町	6.7	2.8	8.0	1.7	3.6	0.2	0.13
24	広岡・北安江	18.9	32.0	34.7	18.3	6.7	0.2	0.62
25	高柳・田中	30.6	22.3	17.8	16.1	18.8	0.7	0.60
26	元町・浅野本町	24.9	48.0	51.3	27.1	27.6	0.4	1.00
27	鞍月	9.5	9.2	8.4	3.6	3.5	0.3	0.19

年以降に建てられた構造物が多い地域では危険度が十分小さくなることも明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、既往の地震による木造構造物被害と相関の良い指標である FSIv 値を用いて木造構造物被害関数を構築し、その被害関数を用いて森本・富樫断層が破壊した際の金沢市における木造構造物被害予測を行った。本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) アスペリティの位置によって被害様相が大きく異なることが明らかとなった。被害予測を行う際には断層モデル選択には十分注意を払う必要がある。
- 2) 今回の解析では断層近傍の地区よりやや海側の、沖積層が堆積している地区の危険度が高めとなった。また、建築年代よりも地盤震動による影響の方が高いと考えられる。ただし、1981 年以降に建てられた構造物が多い地域では危険度が十分小さくなることから、建築年代による影響のあることも明らかとなった。

謝辞： 本研究で用いた強震記録は K-NET，KiK-net(防災科学技術研究所)，気象庁，JR，関震協提供によるものです。以上の各機関に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 村田晶・北浦勝・宮島昌克・高橋正樹：応答の繰返しを考慮した地震動破壊力指標の新潟県中越地震被害への適用，土木学会地震工学論文集，Vol.28，No.137，2005。
- 2) 総務庁統計局：住宅・土地統計調査
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/index.htm>
- 3) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：森本・富樫断層帯の地震を想定した強震動の評価，2003。