

1978年宮城県沖地震による低層家屋の被害に関する統計的解析

京都大学大学院 学生員 C.Scawthorn
 京都大学工学部 正員 家村浩和

京都大学工学部 正員 山田善一
 京都大学大学院 学生員 〇明田 修

1. はじめに

都市域における震害予測やそれに対する対策を考えるに当たって、地震動パラメータ(最大加速度など)と構造物被害の関係を定量的に明らかにする必要がある。しかしながら、現在までに提案された関係式にはその精度や解析方法には検討すべき事項が多い。そこで、本研究では、1978年6月の宮城県沖地震に着目し、被害の著しかった仙台市において、加速度応答スペクトルと木造住家被害率との相関関係を統計的手法を用いて解析した。

2. データ

(a)被害率 仙台市の被害調査報告¹⁾より住家の被害率を算出し、Fig. 1に示す。ここでは、被害住家の90%が大被害地域に存在するという仮定を用いた。また、計算は次の定義に基づいた。

$$\text{住家被害率}(DR_{BDMG}) = \frac{\text{被害家屋数}}{\text{地域の全戸数}}$$

$$\text{住家全壊率}(DR_{BDST}) = \frac{\text{全壊家屋数}}{\text{地域の全戸数}}$$

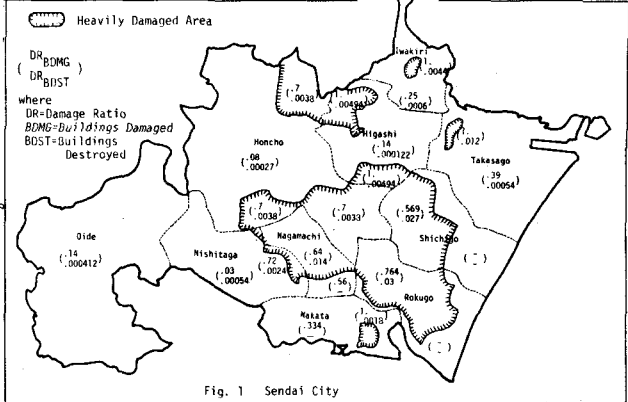


Fig. 1 Sendai City

(b)加速度応答スペクトル まず最初に仙台市の数地点における最大加速度を岩崎ら²⁾及び Trifunacら³⁾の推定式により計算した。報告されている震源を用いて計算すると、実測値に比べて極端に小さい値となったので、これを実際に適合させるべく、新たに震源を70 km仙台よりに仮定して計算をし直した。これをTable. 1に示すが、Trifunacの式による推定値はほぼ実測値と一致した。次に、仙台市の3地点において、Trifunacの式から仮定の震源を用いて計算した加速度応答スペクトルとその実測値とを比較した。⁷⁾これらはいずれもよく合致したが、その一例をFig. 2に示す。したがって、Trifunacの式及び仮定の震源を用いて計算した各地域における加速度応答スペクトルはほぼ実際に近い値を与えているものと考えられる。

Table 1. Comparison of Recorded and Predicted Maximum Ground Accelerations, Miyagi-Oki EQ (gals)

Location	Predicted A_{max} using R	Recorded A_{max} N-S E-W		Predicted A_{max} using artificial epicenter	
		N-S	E-W	N-S	E-W
Sendai R=15km					
Tohoku Univ.	57-67	45-49	240 190	100-136	183-190
Sumitomo Seimei	57-67	45-49	250 230	100-136	183-190
JNR	57-67	45-49	440 240	100-136	183-190
Shiogama R=100km	62-74	49-54	266 288	110-155	230-253
Ishinomaki R=80km	71-88	63-68	200 294	122-176	228-325

Ref. (4)

Key: A B A: Predicted using Iwasaki regression (2)
 B: Predicted using Trifunac regression (3)
 Both values are range for rock - alluvium.

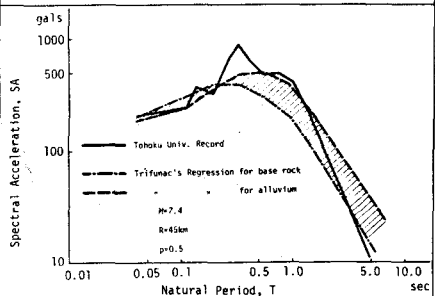


Fig. 2 Tohoku Univ. Spectral Acceleration Record

3. データの解析

(a)被害率と被害額との関係 仙台市の被害報告¹⁾の回帰分析を行なって式を得た。

$$\text{¥(被害額:億円)} = 0.5 + 0.434 \times (\text{全壊家屋数}) + 0.0053 \times (\text{被害家屋数}) \quad \text{相関係数 } r = 0.998$$

(b)被害率と加速度応答スペクトルとの関係 各地域の被害率(Fig.1)を、上記の方法で算出した各地域の加速度応答スペクトル(SA)の種々の周期に対する値(及びそれらの合成値)に、種々の回帰式(linear, semi-log, log-log, etc.)を用いて回帰させ、相関を調べた。その結果次の事項が判明した。

- 1) 被害率とSAの関係を表わす式として、log-log式が最も適切である。
- 2) 被害率に対して、 $[SA]_{0.75}$ (固有周期0.75秒のSA値)と $[SA]_{0.04-7.5}$ (固有周期0.04秒から7.5秒までのSAの平均値)がよい相関を示す。しかし、 $[SA]_{0.04-7.5}$ は使用上計算が複雑なので $[SA]_{0.75}$ を用いた。

log-logによる回帰分析結果は次のようになった。

宮城県沖地震 (n=17) (仙台市のデータ)	$DR_{BDMG} = 1.813 ([SA]_{0.75})^{1.744}$	相関係数 $r = 0.75$ $r = 0.69$
	$DR_{BDMG} = 0.02045 ([SA]_{0.75})^{2.525}$	
日本の他の地震 ⁵⁾ (n=21)	$DR_{BDMG} = 0.825 ([SA]_{0.75})^{1.1035}$	$r = 0.56$
宮城県沖及び他の地震 (n=38)	$DR_{BDMG} = 1.208 ([SA]_{0.75})^{1.324}$	$r = 0.69$

ただし、nはサンプル数である。以上の DR_{BDMG} の曲線をFig.3に示す。

(C) Damage Cost Factor (損害指数) 被害の評価のカウンターの尺度として、Damage Cost Factor (DCF) を考える。これは、次のように定義される。

$$DCF = \frac{\text{被害修復費}}{\text{建物の価格}}$$

上の(a)(b)の解析結果から、DCFを導いた。

$$DCF = 0.07456 ([SA]_{0.75})^{1.697}$$

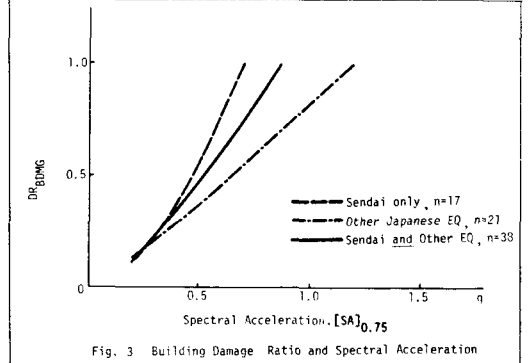


Fig. 3 Building Damage Ratio and Spectral Acceleration

ここでは、建物だけの被害を考えている。また、1m²当りの家屋の価格を10万円とした。

4. 考察及び結論

固有周期0.75秒付近の加速度応答スペクトルと被害率との相関が良かった理由として、家屋の固有周期が振動を受けやすくなる0.75秒当りに近づくことがあげられる。このことは竹山らの研究⁶⁾でも述べられている。また筆者らも、最初0.2~0.5秒であった家屋の固有周期が振動によりすぐに増加して0.75秒に近づいていくことを、剛度劣化の計算により確かめた。また、それに加えて、今回の地震では被害の大きかった沖積層の地盤卓越周期が0.7秒~0.8秒であり⁴⁾家屋との間の共振も推測できる。

本研究では、被害率やDamage Cost Factorを加速度応答スペクトルから評価することを考えたが、これらは都市防災対策に重要な意味を持つであろう。また、Damage Cost Factorが最適設計に有用であることも見逃してはならない。

References: 1) 仙台中興宮町本部, 「宮城県沖地震による一般住家の被害実態調査(中間報告)」, 1978年7月。 2) Iwasaki, T. et al, "Statistical Analysis of Strong-Motion Acceleration Records", 9th Jt. Mtg., US-Japan Panel on Wind and Seismic Effects, Tokyo, 1977. 3) Trifunac, M.D. et al, "Preliminary Empirical Models for Scaling Absolute Acceleration Spectra", U.South. Calif., Dept. Civ. Engg., CE-77-03, 1977. 4) 鋼板課 兼部, 「1978年宮城県沖地震の被害調査報告」, 1978年8月。 5) Scawthorn, C. et al, "Seismic Risk Analysis of Urban Regions", 5th Japan EQ Engg. Symposium, Tokyo, 1978. 6) Takeyama, K. et al, "Behavior and Design of Wooden Buildings Subjected to Earthquake", 2 World Conf. EQ Engrg., Tokyo, 1960. 7) 明田地, "Statistical Relationships for Low-Rise Building Damage due to the Miyagi-Oki Earthquake of June 12, 1973", 1977年2月。