

1.はじめに

都市の地震被害を低減する対策の一つとして、既存建物の耐震補強は非常に重要な対策に挙げられる。しかし、個々の地域、あるいは建物にとって効率的な防災対策を立てることは難しい。そのため、定量的にリスクを評価し、適切な、リスク・マネージメントを施すことが重要になってくる。

そこで本研究では、以下に示す理論を用いて、Fortran , Infomatix SIS(地理情報処理システム)のソフトを用いて、東京都を対象とした地震リスク・マネージメントに関する研究をする。

2.本研究の流れ

地震リスク解析の流れを以下の図で示す。まず、地震の規模、震源のタイプを選択し、震源データからハザード分析を行う。そして被害推定(木造、非木造の全損率、全壊率の推定)を行う事で、地域の推定損害額を求める。その値を用いて、東京都の推定損害額を算出する。その後、各耐震投資策の中から、費用対効果が得られる対策を決定する。

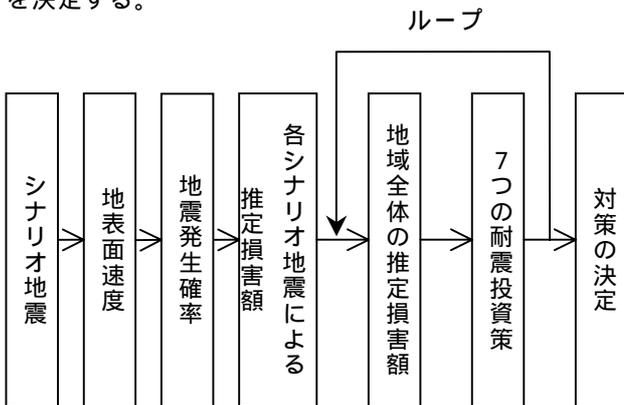


図1 地震リスク解析の流れ

2.1 シナリオ地震

2.1 シナリオ地震

本研究では、考慮する地震を、破壊面が設定出来ないものと、出来るものの2種類に分類し、更に破壊面の設定が出来るものは断層破壊によるものと、海溝付近で起こるものとに分類している。

a) 破壊面の設定出来ないシナリオ地震

まず、破壊面が設定できないものの場合、(1)式に示す Gutenberg-Richter 式に従い、時間的、空間的にランダムに発生すると仮定する。

$$\log N(M) = A - b \times M \quad (1)$$

N(M) : マグニチュード M 以上の発生頻度

A : 余震活動全体の活発さを表すパラメータ

b : 係数

地震の発生周期は、地震発生頻度の逆数として評価する。マグニチュード M から M+ M 迄の範囲の地震発生頻度は次式の様になる。

$$N(M) - N(M+ M) = 10^{A - b \times M} - 10^{A - b \times (M+ M)} \quad (2)$$

b) 断層破壊による震源データ

本システムでは断層モデルとして、東京都直下型地震、多摩直下型地震、関東大地震、南関東地域直下 M7.0、南関東地域直下 M8.0、荒川断層、荒川断層延長、神縄・国府津 - 松田断層等の 21 個の断層を考慮した。これらの断層の規模を松田<sup>2)</sup>による(3)式から逆算する。L(km)は断層長さをあらわしている。

$$\log L(\text{km}) = 0.6M - 2.9 \quad (3)$$

また各断層の発生周期は、断層が一回の地震で断層変位 d(m)を平均変位速度  $s_R(\text{m}/\text{年})$ で割ることで評価する。一回の地震ですれる距離は(3)式に示す松田<sup>2)</sup>による式で評価する。

$$\log d(m) = 0.6M - 4.0 \quad (4)$$

c) 海溝付近で起こる大規模な地震の震源データ

地震規模のクラス分けは、マグニチュード 0.5 刻みで M6.8 ~ M7.2 (M7.0 クラス)、M7.3 ~ M7.6 (M7.5 クラス)、M7.8 以上 (M8.0 クラス)とする。

2.2 地震発生確率の評価方法

破壊面の設定出来ない地震や、前回の地震発生年が不明な活断層については、地震はランダムに発生するものとして、ポアソン仮定に従って発生確率を評価する。ある地震に対しての周期  $T_0$  とすると今後 T 年間の間に地震が発生する確率は次式で表される。

$$P(T) = 1 - \exp(-T/T_0) \quad (5)$$

一方その震源が直前に活動した時期が明らかな場合、発生周期を確率変数として取り扱い、発生確率を評価する。

ここで、発生確率は BPT(Brown Passage Time)分布によるものとする。今後 T 年間で活動する条件付確率  $P_n$  は

$$P_n(T_p, T) = 1 - \frac{\Phi(T_p + T)}{\Phi(T_p)} \quad (6)$$

で評価される。信頼度関数  $\Phi(t)$  は

$$\Phi(t) = 1 - \{ \Phi(u_1(t)) + e^{2/\sigma^2} \Phi(-u_2(t)) \} \quad (7)$$

$$u_1 = -1 (t^{1/2} Te^{-1/2} - t^{-1/2} Te^{1/2}) \quad (8)$$

$$u_2 = -1 (t^{1/2} Te^{-1/2} + t^{-1/2} Te^{1/2}) \quad (9)$$

ここで、

$T_e$  : 平均活動間隔

$T_p$  : 最新活動からの経過時間

: 活動間隔のばらつきの変動係数 (ここでは  $0.24^3$ )

とする)

: 標準正規分布の累積確率分布関数

とする。

### 2.3 被害推定

次に震源これらの震源データを基に、内閣府防災部門の地震被害想定支援マニュアル<sup>1)</sup>を参考にする。そして、被害関数から村尾<sup>2)</sup>らに従い、築年代別、構造別による全壊率を求める。全壊した際の、損失額の評価は、単位面積あたり表 3-1 の値をとるものとする。

### 3.対策

表 3-1 構造種別と損失額

構造種別	損失額
木造	5.16
RC造	4.57
S造	7.63
軽量鉄骨造	7.63

単位(万円/㎡)

表 3-2 構造種別と費用

	木造	非木造
新築・ 建替え	15	30
改修	1	4

単位(万円/㎡)

表 3-3 耐震対策

	対 策
Case (0)	何も策をとらない
Case (1)	1959年以前の木造を非木造に建替える
Case (2)	1959年以前の木造を耐震改修する
Case (3)	1960～1980年の木造を非木造に建替える
Case (4)	1960～1980年の木造を耐震改修する
Case (5)	1980年以前のRC造を改修する
Case (6)	1980年以前の軽量鉄骨造を耐震改修する

以上の結果をもとに清家<sup>5)</sup>らにならぬ、表 3-3 のような耐震策について費用対効果を求める。建替え、改修にかかる費用は、表 3-2 の値を用いる。

耐震投資を行った場合と、行わない場合の地震発生後の期待損失額の差を算出し、その値から耐震投資費用を引くと耐震投資の効果が求められる。値が正の値をとれば、投資効果はあったと認められ、またその差が大きい程、耐震投資は、より効果的であったと判断出来る。

### 4.結果

本研究では、23区を対象として、損失期待値が最も低い対策を算出し、表示させた。

結果としては、非木造の多い地域では、非木造の耐震改修を、木造の密集している地域では、木造を非木造に建替える事が一番損失を少なくする事を意味している。

### 5.今後の展開

今回の研究では、23区を対象として、耐震対策に関する、地震リスク・マネージメントを行った。

図 4-1 は、費用を考慮していないので、最善の策ではあるが、費用対効果が得られているかが分からない。

より精度の高い研究をするには、被害を詳細に求めたり、保険等も考慮するなどし、また、関東地方や、日本全国を対象に評価出来るような、リスク・マネージメント・システムが必要となってくる。

図 4-1 23 区の損失期待値

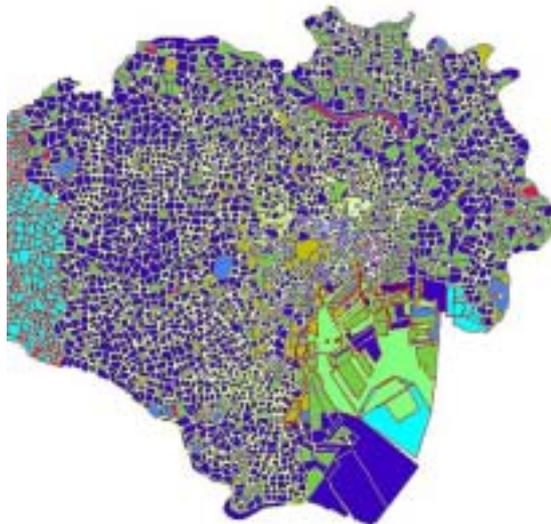


表 4-1 対策と丁町目数

23区内丁町目数	Case (0)	Case (1)	Case (2)
3119	40	2136	3
Case (3)	Case (4)	Case (5)	Case (6)
14	270	270	655

### 【参考文献】

- 1) 内閣府防災部門、地震被害想定支援マニュアル
- 2) 村尾・山崎自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数、日本建築学会構造系論文集第527号、2000年1月
- 3) 宇賀田健:シナリオ地震による日本全国の地震危険度評価、日本建築学会構造系論文集No541,2001.3PP96-103
- 4) 地震調査研究推進本部地震調査委員会:長期的な地震発生確率の評価手法について、2001.3  
<http://www.jishin.go.jp/main/>
- 5) 清家規、多賀直恒:経済的尺度に基づく地震防災行政における意思決定法に関する考察 PP235-236
- 6) 兼森孝:定量的リスク分析法
- 7) 阿知波正道、水谷守:損害保険ポートフォリオ算定法
- 8) 水谷守、吉田伸一:広域に存在する施設群に対する地震リスク評価(基本的方法論)
- 9) 吉田伸一、今塚善勝、水谷守:広域に存在する施設群に対する地震リスク評価(地震ハザード評価)
- 10) 阿知波正道、水谷守:広域に存在する施設群に対する地震リスク評価(損害ポートフォリオ解析)