

## - 4 地震対策の普及を目的とした

### 地震リスク・マネジメント技術の実用化

#### Seismic Risk Management Technology to Promote Earthquake Preparedness of Buildings

(研究期間 平成 17 年度)

住宅・都市研究グループ

Dept. of Housing and Urban Planning

高橋雄司

Yuji Takahashi

This study aims at the practical application of the seismic risk management methodology I proposed in the previous studies. For that sake, I conduct case studies that demonstrate the life-cycle cost effectiveness of earthquake preparations applied to various kinds of buildings in Tokyo. The LCC analyses take into account multiple seismic sources around the buildings, which are specified based on the latest seismic model constructed by the Headquarters of Earthquake Research Promotion. I also utilize current practical simulation models in the time-history based scenario analysis from a fault rupture to damage costs. On the other hand, I develop the computer program for LCC estimation, which performs the scenario analyses by the Limit Strength method. It requires less input data and provides faster computations than time-history analysis does. The program is equipped with the latest models required to LCC computation: seismic source models, attenuation relationship for response spectra, soil conditions all over Japan, damage models and so on. It is very useful in demonstrating the advantage of earthquake preparedness to building owners.

#### 【研究目的及び経過】

強度 / 靱性向上、制振、免震などの地震対策を普及させるためには、それらの効果を建物所有者に説明する必要がある。本研究者は、建物所有者に地震対策の効果を説明するための、地震リスク・マネジメント手法を開発してきた<sup>1)-3)</sup>。地震リスク分析には、関連研究分野（地震学、地盤工学、構造工学など）の最新の知見を導入できる。これにより、地震対策を検討する建物所有者に対して、合理的な判断材料を提供できる。

開発された地震リスク・マネジメント手法を用いて、地震対策に初期投資することのメリットを検証した<sup>2), 3)</sup>。これらの事例研究では、地震危険度の高い地域として、宮城および高知に建物が建つと仮定した。地震リスク分析には、時刻歴解析を伴う詳細な手法を利用した。

建物所有者に対して、より安価かつ迅速に地震リスク分析結果を提供する手法が有用である。本研究者は、時刻歴解析の代わりに、限界耐力計算法を利用する簡便な地震リスク分析手法を提案した<sup>4)</sup>。

本研究では、時刻歴解析による地震リスク分析の適用事例として、東京に各種建物が建つと仮定して、地震対策の効果を検証する。また、限界耐力計算法に基づく簡易地震リスク分析プログラムを開発する。

1 年間（平成 17 年度）の研究期間において、上記の研究目的を達成することが出来た。以下に、研究内容と研究結果を記す。

#### 【研究内容】

##### (1) 東京の建物を対象とした事例研究<sup>5), 6)</sup>

本研究者は既に、地震危険度の高い地域として宮城および高知における事例研究を実施し、地震対策の効果を検証した<sup>2), 3)</sup>。各事例研究では、海溝型地震（宮城県沖地震、南海地震）を考慮して地震リスクを分析した。

本研究では、各種建物が東京に建つと仮定して、地震対策の効果を検証する（図 1 の）。地震リスク分析には、地震調査研究推進本部の長期評価部会による震源モデルに基づいて、海溝型地震だけでなく活断層や震源を特定できない地震も考慮する（表 1）。また、強震動評価については、強震動評価部会による手法を利用する。

各種建物・各種地震対策について、6 件の事例研究を実施した<sup>5), 6)</sup>。図 2 には、対象建物の一例を示す<sup>6)</sup>。粘弾性ダンパーを用いて改修された共同住宅であり、その改修の効果を検討する。



図 1 建物位置と断層帯



図 2 対象建物

表 1 地震リスク分析に考慮した震源域

震源域名	$M_w$	確率モデル	$T$ (年)		$t_0$ (年)
関東平野北西縁断層帯主部	7.4	BPT	21500	0.24	505
立川断層帯	6.7	BPT	12500	0.24	16500
神縄・国府津・松田断層帯	6.8	BPT	1050	0.24	780
大正型関東地震	7.9	BPT	219.7	0.21	81.3
南関東地震	7.2	ポアソン	23.8	---	---
フィリピン海プレート $M_w$ 5.0	5.0	ポアソン	0.268	---	---
フィリピン海プレート $M_w$ 6.0	6.0	ポアソン	2.07	---	---
不特定活断層 $M_f$ 5.0	4.98	ポアソン	1.62	---	---
不特定活断層 $M_f$ 6.0	5.76	ポアソン	12.8	---	---
不特定活断層 $M_f$ 7.0	6.45	ポアソン	102	---	---

(2) 簡易地震リスク分析プログラムの開発<sup>7)</sup>

本研究では、限界耐力計算を利用した簡易地震リスク分析<sup>4)</sup>を実施するためのプログラムを開発する。このプログラムには、日本全国の震源モデルを装備する。各震源における断層破壊による損失は、シナリオ解析によって算定する。建物位置での地震動（応答スペクトル）を設定するための距離減衰式をプログラムに導入する。応答スペクトルの地盤増幅を考慮するために、日本全国の地盤データも格納する。建物位置での応答スペクトルと、建物の構造モデルから設定された耐力曲線から、限界耐力計算に基づいて建物応答を予測する。建物応答を被害モデルに適用することで、建物の損失を算出する。

【研究結果】

(1) 東京の建物を対象とした事例研究<sup>6)</sup>

図 2 の共同住宅について、供用期間 ( $t_{life}$ ) と期待 LCC ( $E[C_L]$ ) の関係を計算した (図 3)。この図より、粘弾性ダンパーによって改修することで初期費用 0.5 億円が掛かるが、使用期間が 4.5 年以上の場合、その期待 LCC が無改修のそれを下回ることがわかる。供用期間 30 年を想定している本共同住宅では、改修に初期投資しておくことで、住宅所有者が総支出を軽減できる。

図 3 の期待 LCC に加えて、(その計算過程である) 各断層破壊からのシナリオ解析の結果も提示できる。建物所有者に対して、適切な地震対策に投資することのメリットを合理的に説明できる。

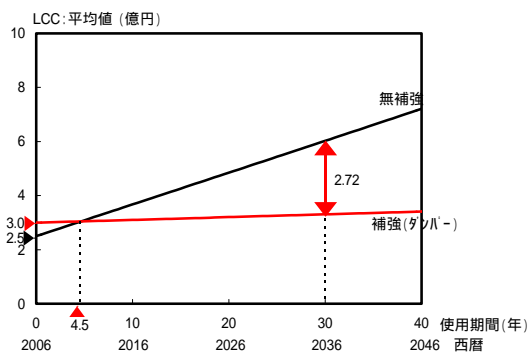
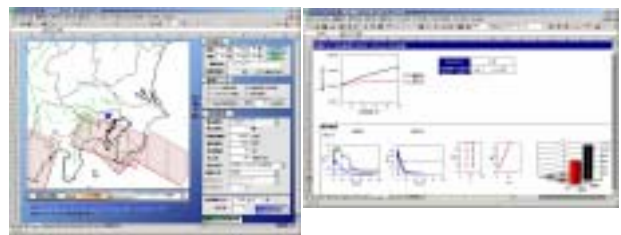


図 3 供用期間 - 期待 LCC

(2) 簡易地震リスク分析プログラムの開発<sup>7)</sup>

プログラムには、国土技術政策総合研究所の震源モデルを組み込んだ。各震源域からの応答スペクトルを設定する距離減衰式を導入した。国土数値情報による地形分類が内蔵されており、それに応じて、応答スペクトルの地盤増幅が考慮される。入力された構造モデル（耐力曲線、刺激関数）に対して限界耐力計算を実行し、建物応答を算出する。建物応答を被害額に変換する被害モデルを入力できる。構造モデルや被害モデルが手元にない場合にも概算できるよう、デフォルト値として標準的なモデルを呼び出す機能も備えた。図 4 は、入力および出力画面である。算出された地震リスクに加えて、各断層破壊によるシナリオ解析の結果も表示される。

この簡易プログラムでは、時刻歴解析に比べて、迅速に地震リスク分析を実行できる。初期段階での検討や建物所有者への説明など、幅広い利用が期待される。



(a) データ入力画面 (b) 結果出力画面

図 4 簡易地震リスク分析プログラム

【参考文献】

- 1) Takahashi, Y., Der Kiureghian, A. and Ang, A.H-S., "Life-cycle cost analysis based on a renewal model of earthquake occurrences", *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, Vol. 33, pp. 859-880, 2004.6
- 2) 高橋雄司・正木信男・穴原一範・五十田博「地震危険度の高い地域の建物を対象とした地震リスク・マネジメント」日本建築学会構造系論文集、第 591 号、pp.25-33、2005.5
- 3) 地震リスク・マネジメント研究会「地震対策の普及を目的とした地震リスク・マネジメント技術の実用化」建築研究資料 第 103 号、独立行政法人建築研究所、2005.7
- 4) 高橋雄司「簡易シミュレーションによる建築物の地震リスク分析」構造工学論文集 Vol.50B、pp.453-463、2004.3
- 5) 高橋雄司ほか「地震リスク・マネジメント技術を活用した地震対策の効果検証(その 13)~(その 22)」日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、2006.9(投稿)
- 6) Takahashi, Y., Yasuno, S., Nishiuchi, K. and Yamaguchi, K., "Seismic risk management of an urban building considering multiple seismic sources", *Proceedings of 8th National Conference on Earthquake Engineering*, San Francisco, 2006.4
- 7) 坪田正紀ほか「限界耐力計算法を活用した簡易地震 LCC 分析プログラムの開発」日本建築学会技術報告集、第 24 号、2006.12(投稿査読中)