

1-17 地震リスクマネジメントを用いた南海地震時 RC 構造物のリスクの算定

高知高専建設システム工学科 吉川 正昭

愛媛大学工学部 ○小松 隆

1. はじめに

リスクマネジメントは、地震リスクを定量的な情報として記述し、費用効率の高い対策を選定するための支援ツールといえる。その基礎理論は、確率・統計学であり、GIS やエキスパートシステムなどの先端技術である。そして、地震工学、地震学、構造工学などのさまざまな分野の工学技術に肉付けされた実用的なツールとして体系化されたものである。ここでは、地震リスクマネジメント SRM(Seismic Risk Management)について、既往の手法(信頼性理論)をまとめる。次いで、地震リスクマネジメント手法を用いて、対象地域を高知、兵庫、東京の3地域にしぼり、構造形式(RC 構造)、地上階数(4階、8階)と地盤特性(堅固な第1種、軟弱な第3種)を変えて地震リスク(損失被害額)を算出し考察を加える。

2. 地震リスクマネジメントの概要

地震リスクは、「損失の発生確率と損失の積、すなわち損失期待値」と定義される。この定義は狭義のリスクのことである。詳細なリスクマネジメントは広義のリスクを用いて実行されるので、ここではこれを用いる。

リスクマネジメントは(Risk Management)、以下の3つの段階 i, ii, iii から構成される。

- i. リスクの識別と分析を行い、損失の大きさと発生確率を評価する。
- ii. リスクを低減する方策を検討し、リスク低減の未処理分に対して保有か、転嫁か、それとも回避かの方策を立てる。
- iii. 方策の実行

次に、狭義のリスクの定義を Fig.1 の概略図で考える。横軸に損失の発生確率 P 、縦軸に損失の大きさ C をとり、リスク R の等高線が示されている。 $R = P \times C$ だから双曲線になり、同じ曲線状では同一のリスクとなる。リスクマネジメント^{1),2)}とは、損失を未然に最小に抑えるための危機管理であるから、Fig.1 に示した現状のリスクの位置を何らかの方策により左下の位置へ移動させることである。すなわちリスクの低減(Risk Mitigation)である。リスクを低減方向に移動させるには、リスクが損失の発生確率 P と C の積であることから、 P を左へ移動させる(予防)対策と C を下へ移動させる(軽減)対策を組み合わせることになる。

3. 地震リスクマネジメントの方法

段階 i では、対象施設の情報が必要である。“対象施設に求められる機能は何か”、“その機能が失われるとなぜ困るのか”をつかむ。機能が失われる状態が、被害形態(損傷モード)である。主要な被害形態を漏れなく抽出し、それぞれの発生確率と損失の大きさを算定する。段階 ii では、耐震性の向上のための方策を立てる。方策実行後における施設のリスクを算定し、事前、事後のリスクを比較検討する。段階 iii は、方策の評価と決定である。方策を実行したときの効果を定量的に評価し、最適案を決定する。

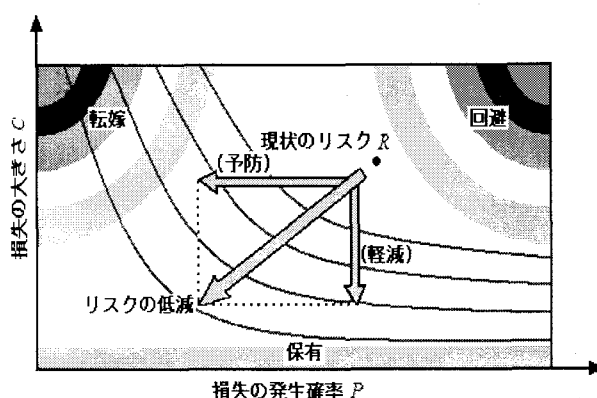


Fig.1 地震リスクの概念図

4. 解析条件

対象地域を Table 1 に示すように3地域とし、対象構造物を4階 RC と8階 RC の2種類とする。地盤は、良い地盤と悪い地盤の2種類とし、想定地震を来たるべき南海地震クラス($M=8.4, R=100\text{km}$)とした。なお、構造形式は、現行基準に適合した構造(耐震構造 A)、現行基準より躯体耐力と剛性を20%増した構造(耐震

構造 B)，および，免震構造(免震構造 A)の 3 タイプ ③とした。また，構造物の耐用年数は 50 年とする。なお，検討ケースを Table 2 に示す。

5. 解析結果および考察

解析結果として，初期建設費と地震リスク，およびライフサイクルコスト，そして想定地震(M=8.4・R=100km)での地震リスク評価についてまとめた。その結果を Table 3 に示す。

5.1 検討地域による影響

地盤特性と地上階数が同じものを抽出し，高知・兵庫・東京の 3 地域について地震リスクを比較する。すなわち，検討地域のみによる影響について考察する。その結果，地震リスクは過去の地震の発生頻度や規模による影響を受けるため，大きさは次のようになることが分かった。 東京>兵庫>高知

5.2 地盤種別による影響

高知・兵庫・東京の 3 地域について，地上階数が同じものを抽出し，良い地盤と悪い地盤では地震リスクにどう影響するのか考察する。結果として，1 種(堅固)地盤は 3 種(軟弱)地盤に比べて地震リスクが半減することが分かった。

5.4 耐震構造の違いによる影響

全ケースについて比較した結果，どのケースにおいても耐震構造 A，耐震構造 B，免震構造の順に初期投資額が高くなる。しかし，ライフサイクルコストおよび地震リスクは，この順で小さくなることが分かった。

5.5 構造物の規模による影響

それぞれの地域について，構造物の規模(4 階と 8 階)が地震リスクに及ぼす影響について考察する。その結果としては，構造物の規模が大きくなれば，それに伴って地震リスクやライフサイクルコストも大きくなる。また，免震構造を用いると初期費用は高くなるが，地震リスクはほとんど生じないことが分かった。

Table 1 解析条件(対象地域 対象構造物 地盤特性 想定地震)

対象地域	高知、兵庫、東京	
対象構造物	構造形式：RC 構造 地上階数：4 階/8 階 基準床面積：600 m ²	述べ床面積：2400 m ² 、4800 m ² 建物特性：各階の相対変形量は 1.0 とする 耐力情報：すべて標準値を用いる
地盤特性	1 種(堅固)地盤と 3 種(軟弱)地盤の比較	
想定地震	過去の地震レベル：兵庫県南部地震クラス 想定地震：南海地震 (M=8.4,R=100km)	

Table 2 検討ケース

	地盤特性	階数	基準床 床面積	地域
ケース 1	1 種地盤	4 階	600 m ²	高知
ケース 2	3 種地盤	4 階	600 m ²	高知
ケース 3	1 種地盤	8 階	600 m ²	高知
ケース 4	3 種地盤	8 階	600 m ²	高知
ケース 5	1 種地盤	4 階	600 m ²	兵庫
ケース 6	3 種地盤	4 階	600 m ²	兵庫
ケース 7	1 種地盤	8 階	600 m ²	兵庫
ケース 8	3 種地盤	8 階	600 m ²	兵庫
ケース 9	1 種地盤	4 階	600 m ²	東京
ケース 10	3 種地盤	4 階	600 m ²	東京
ケース 11	1 種地盤	8 階	600 m ²	東京
ケース 12	3 種地盤	8 階	600 m ²	東京

Table 3 解析結果(初期建設費・地震リスク・ライフサイクルコストおよび想定地震でのリスク)

(億円)

検討ケース	初期建設費			地震リスク			ライフサイクルコスト			想定地震でのリスク					
	耐 A	耐 B	免震	耐 A	耐 B	免震	耐 A	耐 B	免震	兵庫県南部地震クラス			想定地震		
ケース 1	6.4	6.6	6.8	0.7	0.4	0	30	30	30	6.1	5.1	0.3	0.8	0.4	0
ケース 2	6.4	6.6	6.8	1.0	0.5	0.1	30	30	30	7.7	6.2	0.8	1.4	0.5	0
ケース 3	11.6	11.8	12	1.1	0.7	0.1	59	59	59	11.6	9.5	0.7	1.2	0.6	0
ケース 4	11.6	11.8	12	2.3	1.2	0.1	60	59	58	16.4	12.9	1.6	3.1	1.2	0
ケース 5	6.4	6.6	6.8	1.2	0.7	0.1	30	30	30	6.1	5.1	0.3	0.8	0.4	0
ケース 6	6.4	6.6	6.8	1.8	0.9	0.1	31	30	30	7.7	6.2	0.8	1.4	0.5	0
ケース 7	11.6	11.8	12	1.9	1.2	0.1	60	59	58	11.6	9.5	0.7	1.2	0.6	0
ケース 8	11.6	11.8	12	3.9	2.0	0.1	62	60	58	16.4	12.9	1.6	3.1	1.2	0
ケース 9	6.4	6.6	6.8	1.8	1.1	0.1	31	31	30	6.1	5.1	0.3	0.8	0.4	0
ケース 10	6.4	6.6	6.8	2.7	1.4	0.1	32	31	30	7.7	6.2	0.8	1.4	0.5	0
ケース 11	11.6	11.8	12	2.9	1.9	0.1	61	60	58	11.6	9.5	0.7	1.2	0.6	0
ケース 12	11.6	11.8	12	5.9	3.1	0.2	64	61	58	16.4	12.9	1.6	3.1	1.2	0

参考文献

- 1) 塚田康夫、木村雄一、河村壮一：SRM による免震建物のライフサイクルコスト評価、pp.5-24～pp.5-29
- 2) 星谷勝：地震災害リスクマネジメント、小特集 リスクマネジメント pp.7～pp.13
- 3) 吉川 正昭 他：地震リスクマネジメントに関する研究 高知県地震防災研究会、2004.4