

首都圏に建つ超高層キャンパスと地域連携による地震防災に関する研究（その5）

都心高層キャンパスの地震リスクマネジメントに関する研究

正会員 ○長澤 徳明*
同 久田 嘉章**

超高層建築 地震応答解析 損失率曲線 被害率曲線 リスクマネジメント

1. はじめに

近年、様々な大規模地震の切迫性により事業継続マネジメントなどのリスクマネジメントが注目されてきている。本報ではその3で示した大学棟をテストケースとし、首都圏の高層ビルで業務を行うビジネスモデルを想定したシナリオ地震による地震防災リスクを評価し、合理的な地震リスクマネジメント手法で得られた結果を報告する。

2. 地震リスク分析

地震リスク分析においては、活断層で発生する内陸型地震と沈み込むプレート境界やプレート内で発生する海溝型地震を細分化し、これらの地震タイプ別に想定地震を設定した上で、想定地震に発生確率を与えて日本全域の地震活動を表現する方法論¹⁾が、現在一般に用いられている。その中で今回は首都直下地震と東海地震の二つの地震を使用することとした。

3. 想定地震動と分析対象建物のモデル化

想定地震波についてはその2の首都直下地震を参考に作成した(図1)地震波と大成建設技術センターより提供していただいた東海地震波を使用した。また地中での加速度被害を無視することは出来ないので、大学棟地下に設置された観測機により観測された3つの地震波を用いて地下1階から地下6階の最大加速度比率を求め加速度を設定した。

解析モデルは、構造設計書を元に作成した大学棟を30質点等価せん断モデルとして地震応答解析を行なった結果を用いた。

4. 被害損失予測モデル

4. 1. 再調達価格の設定

再調達価格とは対象物と同等の物を今手に入れようとしたときにかかる金額のことである。大学棟には大きく分けて建物自体の再調達価格と建物内の家具・什器類の再調達価格の二つに分けることができる。さらに建物自体の再調達価格は構造部材、非構造部材、加速度依存型非構造部材(電気・空調・給排水設備)に分けられる。大学棟の価格はKDN街区ビル新築工事の請負代金内訳書、再調達価格の指標として建設物価²⁾(表1)を使用し

た。それぞれの部材などの再調達価格の値はB6F-30階個別に大学施設の関係者への調査や元の価格などを基に割り振った。求めた再調達価格を表2にて示す。

4. 2. 被害率曲線

被害率曲線は想定地震による地震応答解析で得られた結果から被害発生確率を算出するものであり、構造部材および非構造部材については最大層間変形角(rad)、加速度依存型非構造部材および家具・什器類³⁾については最大床加速度(a/g)を用いて被害発生確率を算出する。今回、構造や設備機器の破壊後の運動性は考えていない。

被害率曲線(図2)を描くための標準偏差や中央値、建物の構造種別による損傷度合い Slight(小破)、Moderate(中破)、Extensive(大破)、Complete(倒壊)を評価しているデータはアメリカ合衆国のFEMA(連邦危機管理庁)が提供している災害評価システムHAZUS⁴⁾を使用した。(図2、3、4共に全て震源1での25階の構造部材での算出方法を例として示す。)

5. 損失率曲線

損失曲線(図3)は被害率曲線によって算出された各被害発生確率(小破、中破、大破、倒壊)に被害・損失比率(DCR:Damage Cost Ratio)を掛け合わせ、損失率を算出した値を一つの曲線にしたものである。このDCRの定値はHAZUS(表3)を参考にした。そして、損失率に各階の再調達価格を乗じることで各階の予想損失額が導かれる。

6. 予想損失額

一番被害の大きかった首都直下地震震源1の予想損失額が総額約18億円、東海地震の予想損失額は総額約4億5千万円となった。詳細は図5にて示す。

7. リスクの軽減

リスクマネジメントの手段⁵⁾はいろいろあるが、今回は大学棟にオイルダンパーを入れ、地震リスクを軽減する手法をとった。大学棟にダンパーを入れたモデルは昨年度のその4⁶⁾のモデルを参考に応答解析を行った。解析結果を図6に示す。オイルダンパーを入れた予想損失額(表4)はそれぞれの地震波より約1~3億円ほど下がった。配置本数は図6に示す。なお今回はオイルダンパーの工

事費・材料費などを考慮していない。

8. まとめ

今回は大学棟の地下の加速度被害の考慮から始まり、大学棟の構造・非構造・設備機器・家具・什器類の再調達価格の設定、被害率・損失率曲線、オイルダンパーによるリスクの軽減など主に直接被害についてのリスクマネジメント手法を提案した。今後の展開として、横軸を時系列としたライフサイクルコスト評価を行うことで大学棟の地震対策への投資効果の評価や、災害リスクファイナンスとして被害発生後の復興費用や経済損失など間接被害を軽減するための手法を組み合わせ、より深いリスクマネジメント手法が提案できることになると考えられる。

謝辞

本研究は、文部科学省の学術フロンティア事業「工学院大学地震防災・環境研究センター」、および国土交通省の建設技術研究開発助成「首都圏震災時における帰宅困難者・ボランティアと地域住民・自治体との協働による減災研究」による研究助成により行われました。そして大成建設技術センターの吉村智昭さんより提供していただいた東海地震波を使用しました。最後に2007年度工学院大学修士課程卒業の青山敬士氏には多くの時間をさいていただき多大なるご協力をいただきました。ここに記し感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 独立行政法人建築研究所：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 建築研究資料No.104 2006年10月
- 2) 財団法人建設物価調査会：構造別平均指数 平成7年1月号, 月刊建設物価
- 3) 株式会社岡村製作所：オカムラ 2008 電子カタログ <http://dpm-okamura.medialgalaxy.ne.jp/catalog/>
- 4) FEMA: HAZUS HAZUS99 Technical Manual chapter5, 1999
- 5) 多々納祐一：地震リスク管理と被害評価, 土木学会地震災害マネジメントセミナー、第7回, pp.11-20
- 6) 星幸男他：首都圏にある超高層キャンパスの地震防災対策に関する研究(その4)、日本建築学会大会学術講演概論集 B-2, p.619-620, 2007

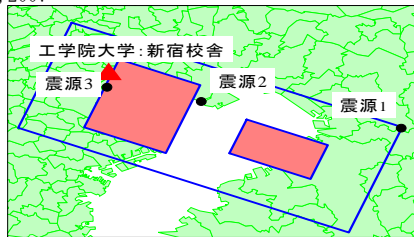


図1 首都直下地震震源図

表1 構造物別物価指数

建築	仮設	土木・地業	躯体	仕上げ
103.356	102.312	104.052	125.280	88.508
設備	電気	衛生	空調	
103.472	101.848	106.488	96.280	

表2 再調達価格

各種部材	構造部材	非構造部材	加速度依存型非構造部材	物内の家具・什器類の再調達価格
再調達価格 単位: 億円	60	44	44	30

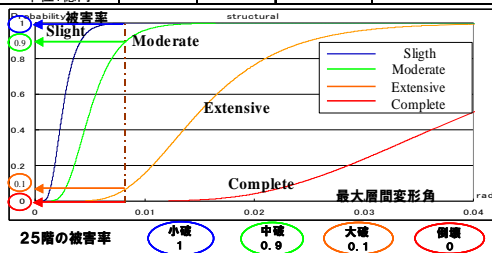


図2 被害率曲線:HAZUS

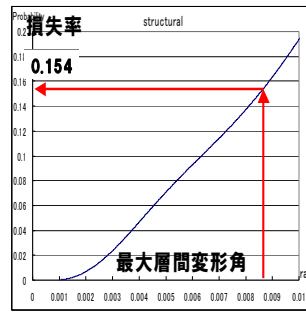


図3 損失率曲線

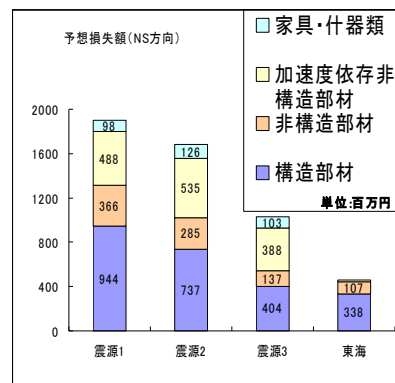
階	最大層間変形角	各階の損失率(被害発生率×DCR)	各階の構造部材損失額
30	0.005525	0.082422	16,490,921
29	0.006452	0.102253	20,458,652
28	0.006993	0.113876	22,784,261
27	0.007576	0.126790	25,368,102
26	0.007874	0.133867	26,784,009
25	0.008696	0.154843	30,980,890
24	0.009824	0.178523	35,718,680
1	0.002809	0.019515	3,924,478
			944,427,976

単位: 百万円

図4 損失率額の算出方法

表3 被害・損失比率

S(小破)	M(中破)	E(大破)	C(倒壊)
0.02	0.10	0.50	1.00



型式	取付角度	個数
30	SD250kN	45度 4
29	SD500kN	45度 4
28	SD500kN	45度 4
27	SD500kN	45度 4
26	SD500kN	45度 4
25	SD750kN	45度 4
24	SD750kN	45度 4
23	SD750kN	45度 4
22	SD750kN	45度 4
21	SD750kN	45度 4
20	SD250kN	45度 4
19	SD250kN	45度 4
18	SD500kN	45度 4
17	SD250kN	45度 4
16	SD500kN	45度 4
15	SD750kN	45度 4
14	SD750kN	45度 4
13	SD750kN	45度 4
12	SD750kN	45度 4
11	SD750kN	45度 4
10	SD750kN	45度 4

図5 分別別の予想損失額

図6 ダンパー配置本数

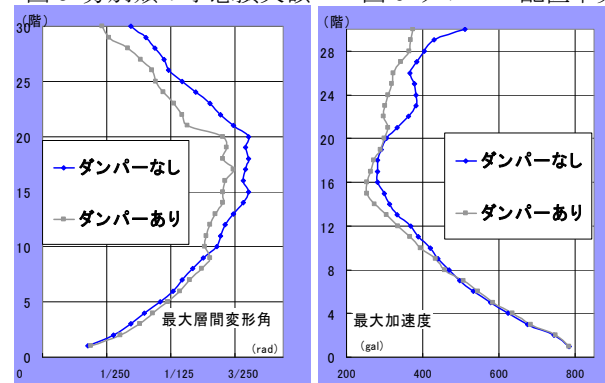


図6 首都直下地震(震源1)ダンパー設置後応答解析結果

表4 予想損失額詳細

ダンパー無し 単位: 百万円	首都直下地震				東海地震
	震源1	震源2	震源3	東海	
構造部材	944	737	404	338	
非構造部材	366	285	137	107	
加速度依存非構造部材	488	535	388	14	
家具・什器類	98	126	103	5	
合計	1,896	1,683	1,032	464	
ダンパー無し 単位: 百万円	首都直下地震				東海地震
	震源1	震源2	震源3	東海	
構造部材	880	693	270	189	
非構造部材	339	266	79	51	
加速度依存非構造部材	464	510	346	7	
家具・什器類	85	115	82	2	
合計	1,768	1,584	777	249	

* 工学院大学大学院工学研究科
** 工学院大学建築学科

*Graduate School of Engineering, Kogakuin University
** Department of Architecture, Kogakuin University