

## 首都圏にある超高層キャンパスの地震防災に関する研究(その 5) 既往の研究と大地震による建築設備の被害状況の調査

正会員 田中 孝<sup>\*1</sup> 同 大橋一正<sup>\*2</sup>  
同 村田博道<sup>\*3</sup> 同 萩原啓太<sup>\*4</sup>  
同 西川豊宏<sup>\*5</sup> 同 鈴木仁治<sup>\*4</sup>

超高層建築 建築設備 地震被害調査  
地震被害予測

### 1. はじめに

近年、日本国内では兵庫県南部地震(1995年1月17日)、新潟県中越地震(2004年10月23日)などの巨大地震により、大規模な被害が発生した。このような状況を踏まえ、内閣府中央防災会議では今後30年間の首都圏直下地震の発生確率を70%、海溝型巨大地震は東海地震が86%、東南海地震が60%といずれも高い発生確率を算出し、巨大地震発生が切迫していることを指摘している。

巨大地震が切迫するなか超高層建築である工学院大学新宿校舎(以降 本学)の建築設備における地震防災対策や震災時の機能維持、対応計画は十分とはいえない。

本研究の一部として、本学における建築設備の地震リスク及び耐震性能を評価し地震防災対策の検討、立案することが目的である。本報は、超高層建築における建築設備の被害予測より被害の傾向を明確にする。

### 2. 既往の研究

表1には既往の研究結果を示す。文献<sup>註1)</sup>を調査した結果本研究に関連すると考えられる文献を8件確認した。

文献1)阪神大震災による建築設備の被害状況の分析より、耐震性能を確保するための対策事項を提案している。

文献2)信頼性理論を用い、設備システムの機能性を予測し、耐震対策を検討、提案している。

文献3)建物の耐震診断を行うにあたり、据付の強化クラス、設備機能確保の強化グレード等を総合的に診断するための、各種設備診断における考え方について述べている。

文献4)建物、機器の耐力損傷価値等の計算前提条件よりSRM手法を用いて、既存建物の地震リスクを定量的に評価している。また、現状と複数の耐震対策を施したケースでの条件付地震リスク及び年間のリスクを評価し、対策案の効果を比較している。

文献5)SRM手法を用いて総合病院を対象に地震による治療機能の損傷確率を評価し、複数の耐震対策の効果を比較している。

文献6)SRM手法を用いて既存建物をモデルに現状と複数の対策実施後の地震リスクを定量的に評価し、SRM評価手法の効用、実用上の課題を整理している。

文献7)標準的な事務所ビルを対象に地震による物損と営業停止に伴う営業損失を評価し、複数の耐震対策の効果を比較している。

文献8)地震後でも機能を確保し稼働し続けることが要求される重要施設のうち新聞印刷工場をモデルに、SRM手法を用いて地震リスクの定量評価を行い、震災対策の

効果を推定している。

文献を調査した結果、地震リスク評価に関する研究は、兵庫県南部地震以降SRM手法を用いた地震リスクの低減効果、年間リスク評価に関する研究が進められていた。しかし、超高層建築と教育施設に関する建築設備の耐震診断・対策、地震リスク評価に関する研究は確認できなかった。

### 3. 大地震による建築設備の被害調査

本報は、巨大地震発生により数日間建物内で生活することを想定し、その際必要とされる建築設備の被害を調査した。

まず生命を維持するため飲料水、トイレ洗浄水の確保は必須である。また超高層建築では、窓を開閉できず空気環境の悪化が考えられるため、空調設備も対象とした。電気設備は、ポンプや空調機器の動力源となるため、同様に対象とした。以降本報では、兵庫県南部地震と新潟県中越地震による給排水衛生設備、空調設備、電気設備に関する被害を文献にて調査した。

表2には、大地震による建築設備の被害状況を示す。給排水衛生設備の被害は、スロッシングによる高置水槽、受水槽の天板・側板及び配管取付け部の破損、地盤不同沈下による各種(給水、排水、消火)配管引込み部の折損であった。またこれらの被害は漏水を併発している。

表1 既往の研究

文献	対象物件	調査項目		評価・診断項目
		a	b	
1)	防災拠点活動施設, 病院等			耐震対策
2)	防災拠点活動施設等			信頼性
3)	官庁施設			部位診断, 機能診断
4)	インテリジェントビル			地震リスクの低減効果 年間リスク評価
5)	総合病院			地震リスクの低減効果
6)	OA化対応ビル			地震リスクの低減効果 年間リスク評価
	総合病院			地震リスクの低減効果
7)	事務所ビル			地震リスクの低減効果 年間リスク評価
8)	新聞印刷工場			地震リスクの低減効果
本研究	教育施設			耐震診断・対策 地震リスク評価

a)耐震診断・対策 b)地震リスク評価

電気設備の被害は、機器類のずれ・落下や制御盤、配電盤の転倒が多く、停電や漏電を併発した。また、機器類の機能喪失だけでなく、警報の誤発報等システムの故障や複合的要因による小火も発生した。

空調設備の被害は、機器取付け部の破損による移動・転倒に伴い冷温水管が破損し、漏水につながった場合や加速度に追従できずダクトチャンバが変形、破損し、脱落する被害が多数発生した。

#### 4. 超高層建築における建築設備の被害予測

文献によると阪神淡路大震災の激震地<sup>参文 14)</sup>では 24F で 800[gal]程度の応答を観測している。大阪市内<sup>参文 15,16,17)</sup>でも 30F 前後で 200~300[gal]程度の応答が観測されており、上層階で大きな応答を示すことが考えられる。

超高層建築の構造特性から建築設備の被害は、表 2 に挙げた高置水槽や空調機器、分電盤等構造体にアンカボルトを用い固定する機器類において支持・固定部分が破損し、移動、転倒することが考えられる。また、層間変形に追従できず立て配管にて接合部が損傷・破断する危険性がある。

表 2 大地震による建築設備の被害状況

地震	兵庫県南部地震 <sup>参文 9, 10, 11)</sup>	新潟県中越地震 <sup>参文 12, 13)</sup>
年代	1995 年 1 月 17 日(5 時 46 分)	2004 年 10 月 23 日(17 時 56 分)
規模	M7.3(震度 7)	M6.3(震度 7)
給排水衛生設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>高置水槽、受水槽の天板、側板の破損</li> <li>地盤不同沈下による配管(給水、排水、消火)引込み部折損と漏水</li> <li>ポンプのフレキシブル継手からの漏水</li> <li>停電による湧水、汚水ポンプの停止と地下設備機器の水没</li> <li>エキスパンション部での配管破断と漏水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>受水槽の天板及び巾間切り接合部の亀裂</li> <li>パネル形水槽の側板の抜け</li> <li>受水槽、高置水槽における配管接合部での破断(貯湯槽においても同様の被害が発生)</li> <li>取付けリボルト折損、置基礎未固定による給水管基礎の変位</li> </ul>
電気設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電機本体の防振ゴムの劣化、ストッパ不足による移動と接続配管の破断</li> <li>電圧制御基盤損傷による制御不能とそれに伴う非常用発電機の異常停止</li> <li>エレベータ制御盤の転倒</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋外キュービクルの傾斜</li> <li>配電盤の転倒</li> <li>照明及びルーバの落下</li> <li>自家発電機の機能障害</li> </ul>
空調設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>空調機の転倒</li> <li>空調屋外機の転倒と脚部の損傷</li> <li>冷温水管の枝分岐部における破損とそれに伴う漏水</li> <li>接続ダクトの揺れによるファンキヤンパス継手の破断</li> <li>FCU 傾倒による漏水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>空調機の転倒</li> <li>機器本体の配管取付け部の破断と漏水、冷媒ガスの漏れ</li> <li>天井カセット形室内機の脱落</li> <li>ダクトの脱落・破損</li> <li>吹出(吸込)口のずれ、落下</li> </ul>

表 3 給排水衛生設備における被害と対策

	被害	対策
給排水衛生設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>高置・中間水槽における天板、側板の破損</li> <li>配管取付け部での破断</li> <li>取付けリボルトの折損</li> <li>置基礎の移動による給水管の変位</li> <li>立て管接合部の損傷・破断</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高置・中間水槽の天板、側板補強</li> <li>緊急遮断弁の設置</li> <li>水槽本体への蛇口の設置</li> </ul>

#### 5. 建築設備の被害に対する対策

建築設備の被害予測結果を基に、超高層建築にて給排水衛生設備の被害を予測し、対策を検討した結果を表 3 に示すように天板、側板の補強に加え、配管取付け部に緊急遮断弁を設置することで、最低限水槽内の水は確保することができ、蛇口より給水することができる。従って、今後地震時の利用方法を明確にし、地震防災対策を検討することでより効果的な利用が可能になると考えられる。

#### 6. まとめ

本報では、既往の研究より超高層建築と教育施設に関する建築設備の耐震診断・対策、地震リスク評価に関する研究が無いことを確認し、目的の一つである建築設備の地震リスク評価及び耐震性能の評価を行うことが有効であることを確認した。また、直下地震による被害状況と構造特性より、上層階にて大きい応答を示し、加速度により機器類が被害を被る可能性があるといえる。

次報では、本学における首都直下地震による時刻歴応答解析結果を基に、建築設備の被害を予測し、地震防災対策の必要性を明確にする。

#### 【参考文献】

- 木内：「阪神大震災設備被害の教訓と耐震性対策への考察」空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 1995 年
- 木内：「建築設備耐震対策における機能性に関する考察」日本建築学会大会学術講演梗概集 1996 年
- 木内：「建築設備耐震診断に関する考察」空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 1997 年
- 水谷、小倉 他：「地震リスクマネージメント(SRM)手法による耐震対策の定量評価(その 1~3)」日本建築学会大会学術講演梗概集 1996 年
- 樋口、中村 他：「地震リスクマネージメント手法による総合病院の機能損傷評価」日本建築学会大会学術講演梗概集 1997 年
- 中村、高橋 他：「地震リスクマネージメント手法による地震リスクの定量評価(その 1~3)」空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 1997 年
- 中村、高橋 他：「地震リスクマネージメント(SRM)手法による事務所ビルの地震被害の定量評価(その 1~2)」日本建築学会大会学術講演梗概集 1998 年
- 高橋、中村 他：「地震リスクマネージメント(SRM)手法による重要施設の震災対策の定量評価」日本建築学会大会学術講演梗概集 1999 年
- 日本機械学会：「阪神・淡路大震災での機械設備の被害調査写真集」
- 鹿島建設(株)：「平成 7 年兵庫県南部地震被害調査報告書(第二報)」
- 空気調和・衛生工学会：「空気調和・衛生工学/1996 第 70 巻第 10 号」
- 日本建築学会：「2004 年 10 月 23 日新潟県中越地震災害調査報告書」
- 給排水設備研究会：「給排水設備研究/2005 第 22 巻第 3 号」
- 此上、野畑 他：「兵庫県南部地震における鉄骨造建物の地震応答」日本建築学会大会学術講演梗概集 1996 年
- 宮久保、日下部 他：「1995 年兵庫県南部地震に対する高層建物の弾塑性地震応答解析」日本建築学会大会学術講演梗概集 1996 年
- 前林、辻 他：「1995 年兵庫県南部地震における超高層建築の応答」日本建築学会大会学術講演梗概集 1997 年
- 中原、吉岡 他：「兵庫県南部地震における梅田センタービルの地震観測記録とシミュレーション解析」日本建築学会大会学術講演梗概集 1997 年

#### 【註】

- 研究対象は、1995 年~2006 年の日本建築学会大会学術講演梗概集及び空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集にて掲載された文献である。
- 直下型地震を対象とし、1995 年~2006 年における日本建築学会大会学術講演梗概集に掲載された文献を調査した結果である。

#### 【謝辞】

本研究は、文部科学省の学術フロンティア事業の「工学院大学地震防災・環境研究センター」による研究助成により行われました。

\*1 (有)タナカ建築設備

\*2 工学院大学建築学科 教授 博士(工学)

\*3 (株)森村設計

\*4 工学院大学大学院

\*5 工学院大学大学院 博士課程(株)ノエル

TANAKA Building Equipment Corp.

Prof.,Dept.of Architecture,Kogakuin Univ.,Dr.Eng.

P.T.Morimura&Associates,Ltd.

Graduate School,Kogakuin Univ.

Graduate School,Kogakuin Uni"Noel Co,Ltd."