

自治体・地域と連携した大規模災害時における超高層建築の減災対策

久田嘉章・村上正浩（工学院大学）、柴山明寛・滝澤 修（独立行政法人 情報通信研究機構）

アブストラクト

震災等の大規模災害が発生した場合、大人数の滞在者を抱える超高層建築では、地震によるエレベーター停止や通信手段の途絶などの厳しい状況のなかで、同時多発する被害状況を速やかに把握し、適切な減災対応が求められている。そのためには自治体や周辺地域と連携して、ビル内および周辺地域を結ぶ緊急時の情報通信網の事前準備も重要になる。本解説では震災を対象とした大規模災害時における超高層建物の現状と問題点を紹介し、次に新宿駅西口に位置する25階の超高層建築である工学院大学新宿校舎を中心として、様々な減災のための新しい試みを紹介する。

1. はじめに

震災等の大規模災害が発生した場合、公的機関による救援活動（公助）が望まれるが、直後には速やかな対応は期待できないため、自らの努力（自助）に加えて地域住民や事業者と連携（共助）による情報共有と減災対応が重要になる。特に大人数の滞在者を抱える超高層建築では、地震によるエレベーター停止や通信手段の途絶などの厳しい状況のなかで、同時多発する被害状況を速やかに把握し、適切な減災対応が求められている。具体的には自助としての初期消火活動、傷病者や要援護者の救援救護や搬送、閉じ込め者の救出、建物内外の情報収集と全体象の把握、デマやパニック防止のための適切な館内放送、一斉避難の回避などの避難誘導、滞留者や不明者の安否確認、殺到する問い合わせへ対応、帰宅支援や帰宅困難者への対策、出入口の管理や流入者への対応などである。加えて公助としての災害ボランティアや施設・資機材の提供など地域への貢献も期待されている。こうした膨大な減災活動を実行するには建物自身の減災対策を実施し、実践的なマニュアル作成や図上演習・防災訓練の実施が必要となる。加えて自治体や地域との連携体制を整備し、ビル内および周辺地域を結ぶ緊急時の情報通信網も重要になる。本解説ではまず震災時を中心とした大規模災害時における超高層建物の現状と問題点を紹介し、次に減災のための様々な新しい試みを事例とともに紹介する。

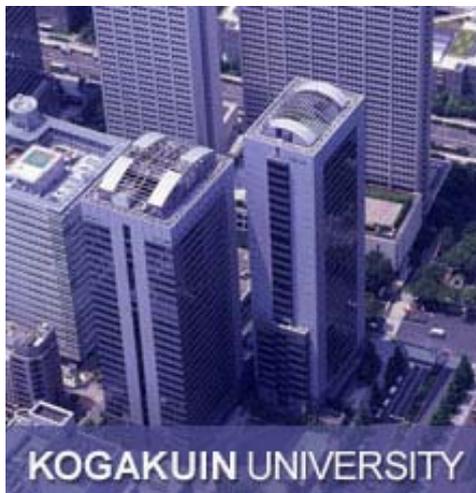


写真1 新宿駅西口に位置する工学院大学新宿校舎（写真の右上側建物）

2. 大規模災害時における超高層建築の現状と問題点

従来、超高層建築（建築基準法では高さ60mを超える建築）では高度な耐震設計が行われており、通常の建物より耐震性能は高いと考えられていた。従って主要な災害対策は火災であった。火災の場合、防災センターは火災報知機や煙探知機で直ぐに発生場所を特定でき、かつ電源や非

常用エレベーター、外部への通報なども正常に機能することが期待できる。このため自衛消防組織による防火活動や、初期消火・避難訓練などが超高層建築の主たる減災対策となっている。

一方、震災の場合、超高層建築では当初は想定されていなかった様々な問題点が指摘されており、予想される被害状況やその対策も火災とは全く異なったものとなる。まず想定される地震動は、当初考えていたよりも大きな破壊力を持ち、甚大な被害を受ける可能性があることが明らかになっている。すなわち、1995年兵庫県南部地震において神戸市で観測された活断層近傍の衝撃的な地震動（指向性パルスと呼ばれる）や、1999年台湾・集集地震の台中市で観測された地表断層出現による地盤の大変形（フリグステップと呼ばれる）、2003年十勝沖地震において石油タンクの火災が発生した苫小牧市で観測された継続時間の長い（長周期地震動と呼ばれる）など、従来の耐震設計では想定外の地震動に対する再検討が必要となっている（例えば文献^{1),2)}。様々な検討によると最悪条件を除き超高層建築が倒壊に至る危険性は少ないものの、想定以上の長時間にわたる大きな揺れにより、天井の落下、スプリンクラーの破損（水害の発生）、什器などの転倒、間仕切り壁やドアの変形やそれによる閉じ込めの発生、ライフライン設備の損傷などによる長期間に及ぶ建物機能の停止などの可能性が指摘されている。

さらに超高層建築の生命線であるエレベーターや非常電源・非常時通信などにも大きな問題点がある。超高層建築のエレベーターには地震時管制運転装置が設置されており、地震センサーによる揺れを感じると自動停止し、管理会社による点検を経ないと復旧することができない。さらに強い揺れを感知した場合や、ドアの接触など安全装置が起動した場合、エレベーターは緊急停止し、閉じ込めが発生する可能性がある。2005年千葉県北西部地震(M6.0)では首都圏で約64,000台のエレベーターが停止し、うち78台で閉じ込めが発生した。小規模地震であったにもかかわらず救出時間は平均で約50分、最大で約170分を要した³⁾。内閣府・中央防災会議によると東京湾北部地震(M7.3)が生じた場合、約30万台のエレベーターが停止し、最大で13000人の閉じ込めが発生すると予測している⁴⁾。その際、電話の輻輳や交通網の寸断などにより救出には最大で数日は要すると考えられ、空調が停止し、水・食料の無い状態では生命が危険に晒される可能性がある。さらに復旧までには数日～数週間以上かかるため、事業者は業務機能が停止し、高層マンションの高層階では生活が不可能となる大勢の住民が発生する（高層難民と呼ばれている）。一方、電源や通信に関しては、超高層建築には商用電源が遮断された場合に備え、非常用エレベーターや非常照明、火災報知機、非常放送、誘導灯、排煙設備などを稼動するための非常電源が義務付けられている。但し、通常の稼働時間は全館避難に要する1～2時間程度であり、その後は全ての電源を失い、高層階で閉じ込めや重症者が発生した場合の対応は非常に困難になる。一方、非常電話の設置も義務付けられているが、通常は全館でも1～2回線程度であり、同時多発の被害が生じた場合、館内通話は不可能となる。また当然ながら電話の輻輳や交通網の寸断により、外部からの救援も絶望的である。

一方、超高層建築では防災センターの設置、自衛消防組織の整備や防災訓練の実施が義務付けられているが、主な対象は火災であったため、震災を想定した体制の整備は殆ど進んでいない(今年度、震災時の応急活動を想定した体制作りや訓練を義務付けるよう消防法がようやく改正された)。震災の場合、火災・負傷・閉じ込め・パニック・スプリンクラー破損など多くの被害が同時多発で発生するため、まず各フロアで組織的な状況把握と発災対応が必要になる。この場合、

現在広く行われている火災を想定した避難訓練は殆ど役に立たない。避難した後では、高層階で閉じ込めや重傷者が存在しても連絡方法や駆けつける手段が無いためである。さらに、防災センターでは膨大な被災情報や問い合わせへの対応などでマヒ状態となり、加えて部外者である警備員には責任を伴う重要な意思決定は行えない。従って膨大な情報を収集整理し、意思決定を行う組織の長（または代行者）による災害対策本部を組織し、設置場所や資機材を確保することが必須となる。

最後に、超高層建築は通常、都心近くに位置するため、震災時には館内の帰宅困難者に加え、膨大な数の駅前滞留者や流入者などへの対策も必要になる。内閣府では首都圏直下地震を想定して都心から郊外へ一斉に帰宅した場合、幹線道路が大渋滞になると想定しており、滞在者を建物内にしばらくは留めておくことを推奨している⁵⁾。しかしながら多くの超高層建築ではスペースの制約などから滞在者のための部屋の確保や備蓄品（水・食料・トイレなど）が不足しているのが現状である。また駅前滞留者の避難誘導や、交通状態や帰宅先の被災情報の収集や提供を行うためには自治体や地域との連携体制を組織化する必要がある。しかしながら、連携体制を必要な非常電源や通信網の確保などは殆ど進んでいないのが現状である。

3. 自治体・地域と連携した超高層建築の減災対策例

次に自治体や地域と連携した超高層建築の減災対策の最近の取り組みを紹介したい。先駆的な例として、大丸有地区（東京都千代田区大手町・丸の内・有楽町：約 4,000 社の企業と 24 万人の就業人口）の東京駅周辺防災隣組がある。三菱地所を中心とする企業間の共助により地域防災情報システムの導入による情報共有体制の整備や、帰宅困難者や周辺地区からの流入者のための支援場所の開設や誘導、要援護者の救護、地域継続計画（District Continuity Plan）などの幅広い活動を行っている。

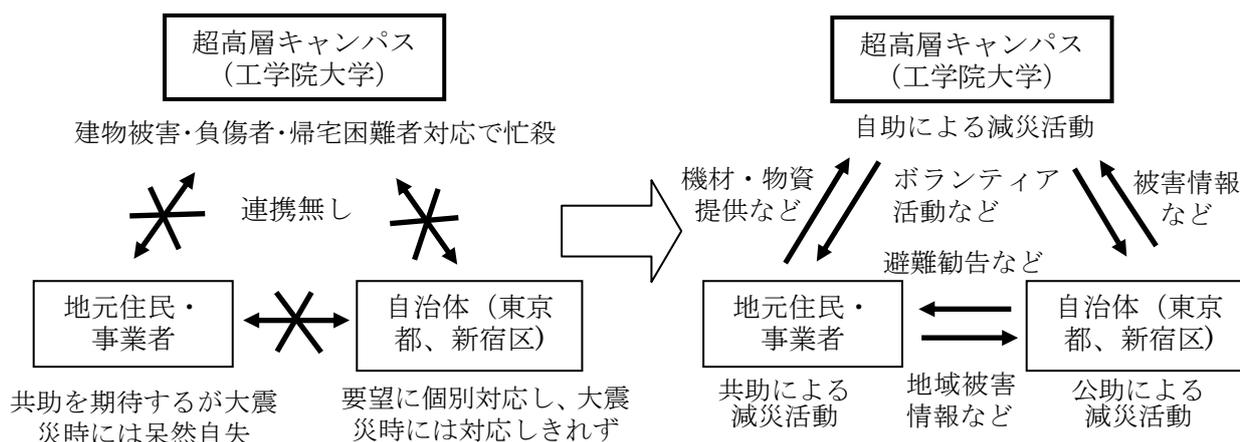


図1 工学院大学・自治体・地域における従来の震災時状況(左)と現在の連携体制への取り組み(右)

一方、新宿駅周辺地域では工学院大学（学生数約 6500 人、専任教職員数約 280 人）は東京都や新宿区、地域住民などと連携した防災対策に取り組んでいる。当大学には都心（新宿）と郊外（八王子）に二つのキャンパスがあり、新宿駅西口に位置する新宿校舎（鉄骨造 28 階、写真 1）には最大で約 3,000 名の学生・教職員が滞在している。大規模地震が発生した場合、建築や設備、

負傷などの直接被害に加え、授業停止などによる間接被害が発生する可能性があり、さらに新宿駅周辺は大きな被害が予想されている人口稠密な繁華街や住宅地、高層マンション群などがあり、震災時に最大で17万人を超える駅前滞留者が発生する可能性が指摘されている。従って震災直後には新宿校舎だけでなく、周辺地域でも初期消火や怪我人、災害時要援護者の救済、駅前滞留者の広域避難場所への誘導など、様々な地域活動も期待されている。そこで工学院大学では図1に示すように、ハード（構造・設備・通信整備など）とソフト（緊急対応組織、マニュアル・備蓄整備、防災訓練、安否確認体制の構築など）による自助による減災対策に加え、自治体（東京都、新宿区）および地域（事業者、商店街、住民）と連携した公助・共助による減災対策に取り組んでいる⁶⁾。ここでは緊急時対応体制の構築などソフト面での対策を紹介したい。

図2に工学院大学で取り組んでいる震災など大規模災害時を想定した減災体制を構築するためのPDCAサイクルを示す。まず、①大学理事会のもとに理事や各学部教職員、外部アドバイザーなどで構成される地震防災タスクフォースを結成し、大学や周辺地域の置かれている現状（震災時被害想定、備蓄品、マニュアルなど）を確認した。さらに理事長・学長をトップとする緊急時対応組織（災害対策本部）を組織化し、図上演習や防災訓練を実施するなど当該年度の方針を決定した。次に、②防災ワークショップを数回開催し、館内各フロアの危険な物・場所（落下物や閉じ込めの可能性ある場所など）、役に立つ物（消火器、消火栓、非常電話、備蓄品など）、安全な場所などを表示するフロア点検マップを作成した。また、③緊急時対応組織の構成員による地震直後（現場対応、メンバー参集など）、地震後1～2時間後（情報収集、火災・重傷者対応など）、地震後数時間後（安否確認、帰宅困難者・流入者対応など）の各フェーズを想定した図上演習訓練を実施した。さらに、新宿校舎の全教職員・学生参加による震災時を想定した発災対応型訓練を実施した。最後に、④訓練報告・反省会を行い、対応体制やマニュアルの改善、備蓄品の見直しなどを行い、次年度の新たなサイクルを開始することになる。

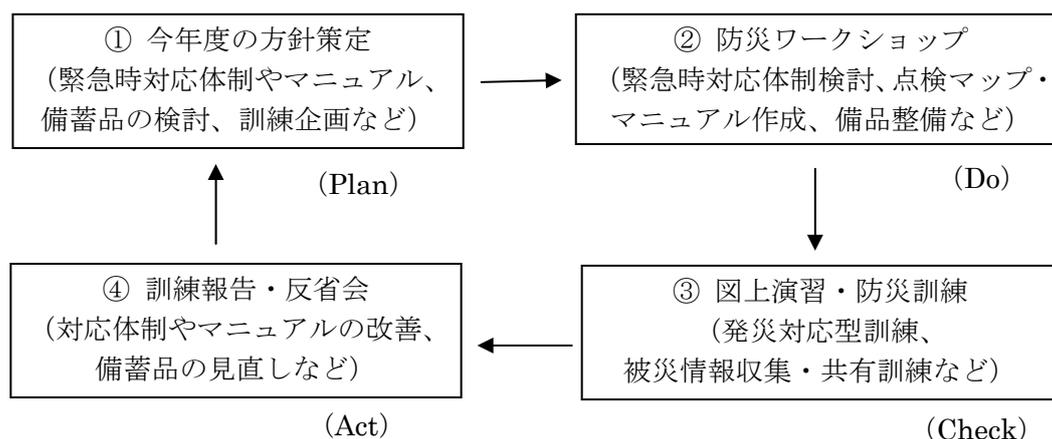


図2 大規模震災を想定した減災体制構築のためのPDCAサイクル

発災対応型の地震防災訓練として、2007年12月に実施した新宿校舎の事例を紹介する。まず地震発生により、緊急地震速報による危険箇所からの退避行動を促す館内放送を合図に訓練を開始した。上層階各フロアでは写真2に示すように火災発生による訓練用の煙をたき、負傷者役の学生が廊下に倒れていたり、看板表示による火災や閉じ込めの発生など、様々な仮定の被災状況

を発生させた。各フロアで教職員と学生が協働して被災への応急対応を行った後、フロア責任者が点検を実施し、学部事務室にて情報を集約し、防災センター（または災害対策本部）への通報を行った（写真3・4）。その後で低層階への避難訓練を行い、参加学生の安否確認訓練を行った。一方、理事長・学長をトップとする災害対策本部は2階に設置され、学内各所から続々と入手される災害情報から被災全体像を把握し、対応方針の決定、学長による館内放送、重傷者や火災、安否確認、帰宅困難者・流入者などにさまざまな対応を行うなど、発災直後を想定した緊急対応訓練を実施した（写真5）。校舎内の非常用通信として無線と非常電話、IP電話の3回線を準備したが、災害対策本部への通話が集中し、輻輳による通信障害が発生した。加えて本部受付は膨大な駆けつけ情報が滞留するボトルネックとなり、被害全体像の把握が遅れ、最重要情報である火災発生と重傷者の確認にも遅れが生じるなど、多くの課題が明らかになった。訓練終了後、直ちに理事長や学長も交えた反省会を行い、組織変更や備蓄品拡充などの改善が行われた。一方、1階アトリウムや広場など低層階では、新宿消防署の協力でAEDや三角巾など応急救助の訓練や、起震車による地震動体験、炊き出し訓練などを行う体験型防災訓練も行い、多くの学生が参加した。



写真2 発災対応型訓練の様子
(訓練煙の発生と負傷者役の学生、)



写真3 発災対応型訓練の様子(学部責任者
による非常電話を用いた状況報告)



写真4 防災センターにおける
非常電話利用による状況把握



写真5 災害対策本部の設置と情報収集と
意思決定の様子

一方、工学院大学は地元自治体（東京都、新宿区）や地域住民・事業者と連携した対応体制の構築や防災訓練も行っている。地域住民との連携では、2007年から新宿区東戸山・小石川地区の住民と協働した防災マップ作りや発災対応型防災訓練を実施している。一方、自治体や事業者と連携では、2007年に新宿駅周辺滞留者対策訓練協議会が設立され、2008年には東京都・新宿区・地元事業者との協働による新宿駅前滞留者対策訓練を実施した。工学院大学では新宿校舎内に災害対策本部を設置し、学内の被災状況の把握、新宿西口現地対策本部との連携、1階アトリウムへ災害時要援護者の受入れなどを行った。訓練の成果として、各事業者による自助（耐震対策、備蓄、帰宅困難者対策など）、地域連携による共助（情報の収集や共有、ボランティア活動など）、自治体による共助（警察・消防、広域情報など）の役割を明確にし、協働体制確立のための新宿ルールを策定している。また地域情報を共有するための防災拠点の重要性が明らかとなり、新宿区との協定により新宿校舎1階アトリウムに地域防災拠点を設置し、スペースの確保や災害時非常電話の増設など資機材の整備を行っている。

これらの訓練を通して情報通信にも様々な問題点があることが明らかになり、改善策を実施中である。まずは新宿校舎内の非常時通信であり、現在の非常電話、無線機、IP電話などの多重化を行い、さらに同時多数通話が可能な無線機の導入や、非常時通報を簡略化するためにIP電話に外部入力ボタン（「避難」「火災」など）を設けたシステムを構築中である。一方、直線距離にして約35kmある新宿校舎と八王子キャンパスのバックアップ体制を整備するため、両キャンパスを結ぶ非常時通信網の整備も行っている。長距離間を結ぶ非常時通信手段として衛星通信回線や2.5GHz帯のWiMAX等の技術利用が考えられるが、現状では通信速度やコスト、普及の観点から4.9GHz帯のIEEE802.11Jの長距離無線LANを試験的に導入している。2008年10月現在、試験中ではあるがUDPで8~11Mbps程度の通信速度を確保している。一方、学内での速やかな安否確認の改善としてパッシブ型RFIDの学生証を導入し、実験的な試みとしてアクティブ型RFIDを利用した安否確認、在館者・避難者トレースなどの試みも行っている。

4. おわりに

超高層建築の歴史は新しく、これまでに巨大地震を近くで経験した例は無い。超高層建築に大きな影響を与える長周期地震動（ゆっくりとした長時間の揺れ）の存在は古くから地震動研究者にはよく知られており、海外では1985年メキシコ地震の際にメキシコ市で倒壊した中高層建築の事例なども報告されている。しかしながら社会的に長周期地震動への対策の必要性が広く認知されたのは2003年十勝沖地震による石油タンクの火災が契機であり、その対策はまだ緒についたばかりである。一方、大阪府の被害想定に代表される上町断層など大規模な活断層近傍で発生する指向性パルス（衝撃的で強い破壊力を持つ地震動）や、地表断層によるFRINGINGステップ（断層ずれによる地盤の大変形）など、近年明らかになった想定外の地震動対策はこれからの大きな課題として残されている。超高層建築は立地やアクセスの良さ、利便性、眺望などの魅力的なリターンの裏に大きなリスクを抱えているのが現状である。また現在の超高層建築に求められているのは安全だけでなく、災害時における効果的な緊急対応と災害後の速やかな業務継続を可能とする減災対策である。そのためには建物だけでなく、周辺の街区・地域の速やかな復旧も不可欠となる。自治体や地域との連携体制と、その核となる非常時にも信頼できる通信網を構築する必要性がますます高まっている。

謝辞

工学院大学における震災対策への取組みは、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・ボランティアと自治体・住民との協働による減災研究」をもとに行われました。工学院大学防災訓練では、独立行政法人 情報通信研究機構や総務省消防庁消防大学校 消防研究センターをはじめ多くの関係機関の協力により行われました。新宿駅周辺滞留者対策訓練は、新宿駅周辺滞留者対策訓練協議会を中心に東京都総務局総合防災部および新宿区区長室危機管理課が事務局として訓練企画を行い、協議会会員や周辺町会、教育機関の方々などの協力で実施されました。また地域防災訓練は新宿区長室危機管理課の支援のもと、東戸山・小石川避難運営管理協議会と当地域住民の方々の協力で実施されました。

参考文献

- 1) 久田嘉章、活断層と建築の減災対策、活断層研究、No.28, pp.77-87, 2008
- 2) 土木学会・日本建築学会、海溝型巨大地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐震性向上に関する共同提言、2006
- 3) 国土交通省、千葉県北西部を震源とする地震におけるエレベーターの停止・閉じ込め状況について、2005、http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/07/070729_.html
- 4) 中林一樹、瀬野徹三、首都圏直下型地震と地震被害想定から見た震災像、地学雑誌、116, pp313-324, 2007
- 5) 中央防災会議、帰宅行動シミュレーション結果について、首都直下地震避難対策等専門調査会・第11回・資料2、2008
- 6) 東京都総務局総合防災部、平成19年度駅前滞留者対策訓練報告書、2008