

### 3.2.2.3 建物被害調査に関する教育・訓練システムの開発

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務の目的

災害発生後の建物被害調査は、その結果が被災者への各種生活再建支援策の基準となるため、調査の迅速性のみならず、公平性が求められる。本プロジェクトでは、東日本大震災をはじめとした過去の地震災害の経験や教訓をもとに、効果的な調査員の教育・訓練プログラムを開発することを目的とする。

##### (b) 平成25年度業務目的

###### 1) 建物被害調査システムの検討

非木造を中心とする建物被害調査システムの検討をおこなう。特に2)と連携しながら、高層建物を対象とした被害調査方法の検討をおこなう。さらに、調査の客観性を評価するために、サブプロ②とも連携して、実験における健全度モニタリングの計測結果から得られた建物の構造的損傷程度を参照しながら、建物被害調査システムにおける建物被災度の評価方法に関する課題を抽出する。

###### 2) 建物被害調査員に対する研修・訓練プログラムの設計

モバイル訓練支援ツールを活用し非木造を中心とする建物被害調査研修・訓練プログラムの設計をおこなう。研修・訓練の対象は、自治体職員および建設業者や管理組合など建物被害に関連する業界の関係者を対象として、役割分担を考慮しながら、それぞれに適したプログラムの設計をおこなう。

##### (c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
富士常葉大学大学院環境防災研究科	教授	田中聡	
富士常葉大学大学院環境防災研究科	教授	重川希志依	
富士常葉大学大学院環境防災研究科	講師	河本尋子	

#### (2) 平成25年度の成果

##### (a) 業務の要約

###### 1) 建物被害調査システムの検討

- ・高層建物を対象とした建物被害調査システムの検討
- ・「中心市街地における効果的な災害対応能力向上のための教育・訓練システムの開発」と連携し、新宿駅西口地域における防災訓練を事例としたシステムの試作
- ・サブプロ2と連携し、センサーによるモニタリングと目視調査の併用による建物被災度評価法の課題検討

###### 2) 建物被害調査員に対する研修・訓練プログラムの設計

- ・モバイル訓練支援ツールを活用した非木造を中心とする建物被害調査研修・訓練プログラムの設計
- ・建物管理者およびフロア安全防護班を対象とした研修・訓練の実施

(b) 業務の成果

1) 建物被害調査システムの検討

a) 非木造建物の被害調査方法の検討

昨年度は、非木造集合住宅を対象として東日本大震災における関連業界団体の被害調査活動について実態調査を行った。その結果、発災直後から住宅管理会社等による建物被害調査が組織的に実施されていたが、調査で得られた情報はその後実施される応急危険度判定調査や被害認定調査に殆ど活用されていないことも明らかとなった。これは、応急危険度判定調査の内容が被害認定調査に活用されていないことも共通しており、調査の時期、主体および目的がそれぞれ異なることに起因していると考えられる。一方、表1に示すように、災害対応の各フェーズで実施される主な建物調査の方法は目視調査を基本としており、その多くの調査において被害部位とその位置や範囲および被害程度を確認する必要があるため、それらの共通情報をその後実施される建物調査へ継承することによる調査の効率化や情報の蓄積による信頼性の向上が期待される。また、行政職員や建築専門家の数は限られているため、災害対応の初動期における建物入居者等の非建築専門家が建物被害を確認し、その情報を蓄積して後の建築専門家等による調査において活用できるようにする視点が重要である。

表1 災害対応の各フェーズで実施される主な調査と調査情報の継承・蓄積可能性

災害対応フェーズ	初動期	緊急対応期	復旧期	復興期
期間の目安	発災直後から数時間	発災当日から数日間	発災後数週間から数カ月	発災後数カ月から数年
主な調査者	建物入居者 建物管理者	建築専門家 (応急危険度判定調査) 建物管理者等 自治体職員(被害認定調査) 鑑定人(地震保険損害査定調査)	建築専門家 (被災度区分判定調査) 学識経験者等	建築専門家等
調査目的	救出・救助 2次災害防止 被害状況の把握 使用性の判断	2次災害防止 被害状況の把握 罹災証明発行(被害認定調査) 保険金支払(地震保険損害査定調査)	補修可否判断、復旧計画 (被災度区分判定調査) 原因究明、対策	補修・補強設計、施工
調査方法	目視調査	目視調査+簡単な計測	目視調査+計測+解析	目視調査+計測+解析
継承・蓄積可能な情報	被害部位・位置・範囲 被害状況	被害部位・位置・範囲 被害状況 被害程度(危険性)	被害部位・位置・範囲 被害状況 被害程度(補修可能性)	修繕履歴

b) 高層建物入居者による建物被害調査システムの検討

今年度は、発災直後から数時間の災害対応初動期における建物入居者による建物被害確認、情報の集約および建物管理者への情報伝達の部分に焦点を絞り、多数の入居者がいる高層テナントビルを対象とした具体的な調査フォーマットおよび携帯情報端末を用いた調

査ツールを検討した。具体的には、3.2.2.2の研究「中心市街地における効果的な災害対応能力向上のための教育・訓練システムの開発」と連携して新宿駅西口地域における総合防災訓練のプラットフォームを活用することを前提に、工学院大学新宿校舎高層棟(28階建)を事例として調査方法を検討した。

新宿西口地域の高層建物では、各テナントの安全防護班が、建物の安全確認をおこなうとともに、被害調査も行うことを計画している。調査結果はフロアごとに集計し、防災センターで建物全体を集計し、建物の損傷程度を判断する。調査を担当する各テナントの安全防護班の担当者は、建物に関する専門知識がない場合も多い。そこでこれら多くの建物に関する専門知識がない人でも調査が可能であり、その結果を集計、蓄積することによって、調査精度の向上をはかる仕組みの構築が、解決すべき課題となった。

この課題の解決に、以下のような仕組みを構築した。

i) 建物被害の目視調査において必要な情報項目は、損傷が発生した場所、損傷の種類、損傷の状況(程度、長さ、面積)の3点である。これらの情報は建物の平面図に書き込むことが可能であるため、建物平面図を基本フォーマットとした。

ii) 調査結果に基づく建物の使用性の判断など、建物の状況を迅速に判断するためには、それぞれの部位の損傷状況を数値化して表現する必要がある。そこでまず、建物の層間変形に依存する代表部位(壁、柱、扉、窓・ガラス)を構造体の損傷との関連性が高いカテゴリⅠ、床応答加速度に依存する代表部位(天井、照明器具、設備機器、家具)を室内安全性や機能性との関連性が高いカテゴリⅡ、その他テナント特有の被害部位をカテゴリⅢとして区分した。さらに各部位の被害を有無の二値で表現し、建物に関する専門知識がない人でも調査可能なくみとした。なお、カテゴリⅠとⅡの設定に際しては文献[1]などを参考にした。

iii) 建物被害の確認対象は全て室内から目視可能な部位に限定した。

以上のような検討をもとに開発した調査シートを図1に示す。フロアおよび建物での集計には、テナントごとに記入した調査シート(図1)における各部位の被害の有無を転記し、それらを集約したフロア全体の被害の有無および各カテゴリで被害有とした項目数を集計欄に記入するフロア集計シート、さらに建物全体で集計する建物集計シートを用いる設計とした(図2)。

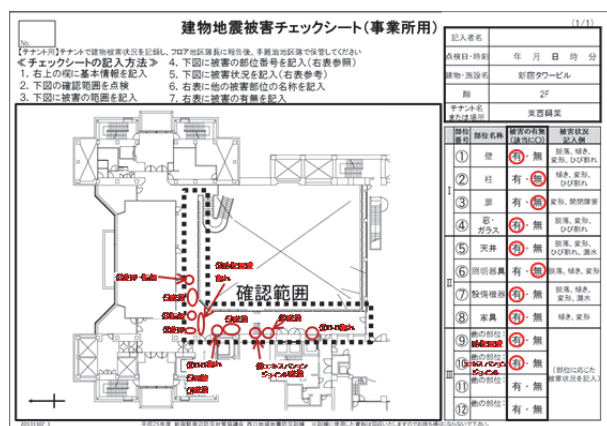


図1 開発した調査シート

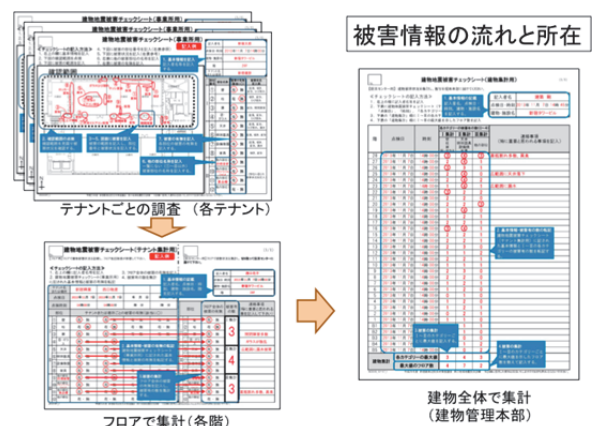


図2 被害情報の流れ

## 2) 建物被害調査員に対する研修・訓練プログラムの設計

1)で検討した調査システムのコンセプトを、新宿駅西口地域地震防災訓練で使用するために、調査員に対する研修・訓練プログラムを開発した。

1)で検討した調査システムは紙ベースのしくみで、平面図さえ準備すればすぐに実行可能という簡便性を重視した基本システムである。一方で、図1に示される平面図の情報だけでは、一見で各部位の被害の状況を理解することは難しい。さらに、多層階（工学院大学新宿校舎高層棟の場合、地上28階地下5階）すべての平面図が防災センターで収集されても、紙ベースの情報では一覧性に欠け、建物全体の状況把握は困難となるなどの、課題が考えられる。そこで、これらの課題を克服するために携帯情報端末(iPad)を活用したモバイル訓練支援ツールを構築した。

まず、損傷が発生した場所の情報については、携帯情報端末に平面図を取り込み、携帯端末の平面図上に位置をプロットする。さらに、損傷の種類と損傷の状況は、携帯端末で損傷箇所の写真を撮影し、その上にこれらの情報を手書きで記入する。この被害写真と平面図上の被害位置のプロットをリンクすることにより、携帯情報端末上で被害情報を一元化する。さらに各テナントで調査された被害情報は、有線または無線で防災センターのサーバーに送信する。防災センターのサーバーでは、フロアごとの被害情報を集計するとともに、各フロアの被害図面や写真を参照し、被災状況を判断する(図3)。



図3 モバイル訓練支援ツール

この仕組みを使って訓練・研修プログラムを検討した。

訓練の流れと建物被害調査システムの適用範囲を図4に示す。発災直後の場面を想定した訓練では、28階建ての工学院大学新宿校舎の一部を使用し、2階と地下1階にそれぞれテナントを設定してテナントごとに自衛消防隊の地区隊を編成して建物被害の確認と集約をおこなう。建物被害の確認は、地区隊長指揮の下、3人1組の安全防護班が各テナントに掲示された10枚の建物被害写真を確認し、1名がデジタルカメラで撮影、1名が紙版チェックシートを用いた被害の記録、もう1名は携帯情報端末(iPad)を用いた被害の記録をおこなう。さらに、情報連絡班がフロア単位で建物被害情報を集約して1階防災センターの本部隊へ伝達する。訓練では、テナントで建物被害調査を担当した安全防護班の3人が

被害状況を話し合っ確認した上で、被害箇所の写真を班長が撮影し、紙のチェックシートと携帯情報端末に各々担当者1名が記録することとした。

平成25年度新宿駅西口地域地震防災訓練は、11月7日に実施された。主催は新宿駅周辺防災対策協議会、建物被害確認訓練への参加者は12名であった（写真1）。

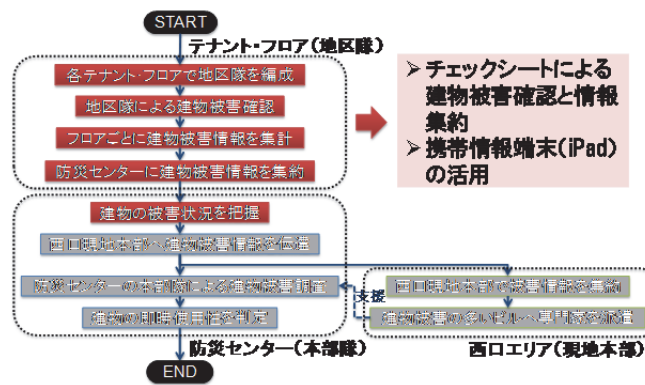


図4 研修プログラムのフロー

写真1 訓練の様子

図5に2階テナントの訓練におけるチェックシートを用いた建物被害確認結果、および2階テナントの携帯情報端末ツールを用いた建物被害と位置情報の入力結果を示す。チェックシートの記入や iPad への入力が概ねできており、建物被害調査システムの有効性を確認することができた。チェックシートの手書き図面は、判読が難しい。iPad は図面や写真の判読は容易であるが、写真への記入時に反応が鈍いなど、システム上の改善点が明らかになった。

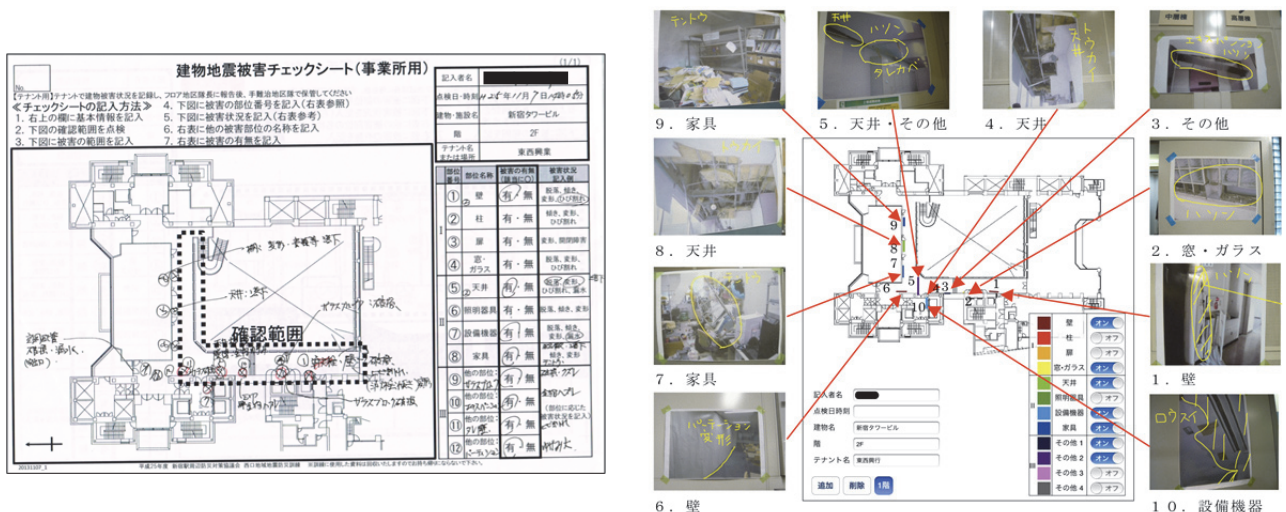


図5 チェックシートおよび携帯情報端末を用いた建物被害の記入結果

### 3) サブプロ②との連携による非木造建物の建物被災度評価方法の課題に関する検討

一般的に建物の被害調査は、場合損傷を受けた箇所を目視で確認し、その損壊程度を計

測し、建物全体への影響を評価する。調査する部位は、安全性能を評価する柱や梁などの構造体と、使用性能を評価する天井や内装などの非構造部材や仕上げ材に分けられる。しかし実際の建物の構造体は、さまざまな部材に覆われており、構造体のどこにどの程度の被害が発生したのかを正確に特定することは難しい。1)の調査システムの検討で開発した調査シートで評価できる構造体の損傷はかなり大規模な損傷であり、それ以下の実際の損傷とどの程度符合するのかは明らかになっていない。そのため、より正確な建物の被災度の評価には、どのように構造体の損傷を把握するかという課題の解決が必要である。この課題を解決するために、サブプロ②と連携してセンサーを使ったモニタリングシステムとの共同による被災度評価方法に関する基本的な整理を行った。

センサーを使ったモニタリングは、主として加速度や変位を計測して、建物の振動中の挙動の変化から損傷程度を推定しようとするもので、構造体の損傷推定が可能である。サブプロ2の鉄骨高層建物の振動実験結果の初期的な解析から、モニタリングシステムからえられたデータによる建物の損傷推定と、実際の損傷発生状況はおおむね符合するとの報告があり、十分な事前準備が可能であれば、構造体の損傷状況を把握することは可能であることが明らかになった。一方で意味あるデータを得るために準備しなければならないシステムは高価で複雑であるため、センサーの数を減らした場合の損傷推定精度の検討が必要である。

一方モニタリングシステムでは、非構造部材や仕上げ材などの損傷を把握することは難しい。これらの使用性能の評価に関する調査には、本研究で開発した目視調査のシステムが有効である。そこで非木造建物の被災度評価は、センサーのモニタリングによる損傷推定と、被害発生後の目視による被害把握の2つを組み合わせ、評価する仕組みを検討する必要がある。今年度のサブプロ2の鉄骨造高層建物の実験が年末の実施であったため、その解析はまだ初期段階であり、センサーのどの情報と目視のどの情報をどのように組み合わせるかという点については、次年度以降の課題となった。

### (c) 結論ならびに今後の課題

平成25年度は、非木造建物の被害調査について、新宿駅西口地域地震防災訓練を事例として、調査システムの検討をおこなうとともに、調査員の研修・訓練プログラムを試作し、試行した。また、サブプロ2との連携によって、非木造建物の被災度評価方法についての課題の基本的な整理をおこなった。

まず調査システムの検討では、昨年度の各種被害調査の比較から、目視調査による被害調査の共通項目を抽出し、それらの項目を非木造高層建物の特性を考慮しカテゴリー化した。さらに建築の専門知識のないテナント入居者でも調査可能なように二値化し、建物全体で集計することによって建物の損傷程度を把握する仕組みを開発した。

調査員の研修・訓練システムでは、調査システムで検討した調査シートをもとに、携帯情報端末上にシステムを構築し、調査データのデジタル化をはかった。研修プログラムは、これらシステムの使用を前提に、新宿駅西口地域地震防災訓練を対象に設計した。新宿駅西口地域地震防災訓練は11月に実施され、テナント調査員による被害調査は、おおむね良好な結果を得た。今年度は、調査開始からデータの集計・評価に至る一連の流れの中の鍵となるパーツの開発であったが、次年度は一連の流れ全体を通したシステム設計を検討

する。

サブプロ 2 との連携による建物被災度評価方法の検討では、センサーによる評価と目視による調査を比較しながら、その組み合わせ方法に関する基本的な整理を行った。今年度のサブプロ 2 の鉄骨造高層建物の実験が年末の実施であったため、初期的な解析の段階であるが、構造体の損傷状況を把握する上でセンサーの情報が活用できることが明らかになった。どの情報をどのように組み合わせるかについては、次年度以降の課題となった。

(d) 引用文献

1) FEMA: HAZUS-MH MR1 ADVANCED ENGINEERING BUILDING MODULE TECHNICAL and USER'S MANUAL, Federal Emergency Management Agency, 2003

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果(発表題目、口頭・ポスター発表の別)	発表者氏名	発表場所(学会等名)	発表時期	国際・国内の別
超高層ビル街における災害時の建物被害確認と情報集約に関する研究(口頭)	鱒沢曜、久田嘉章、田中聡、宮村正光、諏訪仁、飯塚章仁	日本地震工学会大会	2013年11月	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文(論文題目)	発表者氏名	発表場所(雑誌等名)	発表時期	国際・国内の別
Practice on an Education and Training Program to Development of Response Literacy to Earthquake Disaster in a Central Business District in Japan	Yoe Masuzawa, Yoshiaki Hisada, Masahiro Murakami, Jun Shindo, Masamitsu Miyamura, Hitoshi Suwa, Satoshi Tanaka, Kaoru Mizukoshi, Yosuke Nakajima	Journal of Disaster Research, Vol.9 No.2	2014年3月	国際
Development of Training System for Building Damage Assessment Using Actual Buildings	Satoshi Tanaka, Kishie Shigekawa	Journal of Disaster Research, Vol.9 No.2	2014年3月	国際

マスコミ等における報道・掲載

なし

(f) 特許出願, ソフトウェア開発, 仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

## 2) ソフトウェア開発

なし

## 3) 仕様・標準等の策定

なし

### (3) 平成 26 年度業務計画案

#### (a) 建物被害調査システムの設計

平成 25 年度には、高層建物を対象とする建物被害調査 方法の検討をおこない、高層テナントビルを想定した建物被害調査の演習等において適用性を確認した。一方、具体的な建物被害調査システム の設計においては、建物全体の被害把握へつなげる検討が必要となる。そこで平成 26 年度は、平成 25 年度の検討結果をもとに、調査の効率性と拡張性を高める検討を行い、被害調査システムを設計し、「中心市街地における効率的な災害対応能力向上手法に関する研究」 と連携しながら高層建物を対象に検証をおこない、課題を抽出する。さらにサブプロ②と連携すべく、研究運営委員会および研究監視委員会へ出席するとともに、建物に設置されたセンサー情報と目視調査の組み合わせによる建物被害調査方法の基礎的検討をおこなう。

#### (b) 建物被害調査員に対する研修・訓練システムの開発 と試行

平成 25 年度までの成果によって、建物被害調査における調査データの統合に関する課題を整理し、解決策の提案とモバイルツールを活用したプログラムの試作をおこなった。これらによって紙データからデジタルデータへと調査データの統合は実現したものの、新しいシステムであるため調査開始からデータ集計までの一連の流れに基づく研修・訓練システムが必要になる。平成 26 年度は、研修・訓練対象として、ビル管理会社社員や自治体職員とし、モバイル訓練支援ツールを活用した建物被害調査研修・訓練システムの開発と試行を行う。