

木造住宅の耐震診断法の建築技術者向け訓練 Training of Seismic Diagnosis Method of Wooden House for Architectural Engineers

辻川 誠 (辻川設計一級建築士事務所)

Makoto Tsujikawa

首都直下型地震及び南海トラフ巨大地震の発生が危惧される中、木造住宅の耐震化は喫緊の課題と位置づけられており、木造住宅の耐震診断及び耐震改修に携わる建築技術者の育成は重要と考える。耐震技術者への研修には座学による耐震診断の概要を学ぶもの、耐震診断計算の演習、耐震診断調査の実務訓練などが考えられ、これらを組み合わせることで、実務に必要とされる知識が得られるものとする。特に建物調査が耐震診断を行う上で非常に重要な位置を占める。このため建物調査を重視した研修の実例を示すこととした。ここでは既存建物を使用した建物の調査実習を取り上げており、座学による講習においても調査で得られる情報を盛り込んでいる。

キーワード：建築技術者、訓練事例、木造住宅、耐震診断、建物調査

1. はじめに

首都直下型地震及び南海トラフ巨大地震の発生が危惧される中、平成 25 年 11 月には耐震改修促進法が改正され、建築物の耐震改修が急がれている。木造住宅の耐震化も例外ではない。耐震改修は阪神淡路大震災の被害を教訓に比較的近年になってから行われるようになったものであり、既存住宅の耐震改修に不慣れな技術者も少なくない。木造住宅の耐震診断及び耐震改修が適切に行われるためには、耐震診断及び耐震改修に携わる設計技術者及び施工技術者の技能向上は重要と考えられる。さて木造住宅の建築に携わる建築技術者は、小規模な設計事務所や工務店などに所属している場合が少なくない。そのため、研修内容によっては自社における OJT ではなく、行政や設計事務所団体などが企画する講習会の機会を利用してスキルアップを目指すことも多い。ここでは、木造住宅の耐震診断法の普及啓発に向けた取り組みの現状を概観するとともに、木造住宅の耐震診断及び耐震改修に関する建築技術者向けの訓練の実践について、実際の訓練事例をもとに考察する。

2. 木造住宅の耐震診断に関する訓練

木造住宅の耐震診断指針は、一般財団法人日本建築防災協会編「木造住宅の耐震診断と補強方法」¹⁾以下、診断指針と言う」が使用されることが多い。この指針の解説は同協会主催の講習会が行われており、木造住宅の耐震診断を行っている建築技術者はこれを受講していることが多い。但し、実際の診断実務では現場の状況に即した判断や診断建物の特徴を把握した上で適切に診断法を適用する必要がある、実務に直結した内容の訓練の実施

が望まれる。そして、この訓練は実務で得られた情報を元に構築される必要があり、通常は講習会の形で受講者へ提供することになる。

さて、この講習会は「座学型の講習と体験型の講習」に大別できる。表 1 に実際に行われた講習会について示す。

表 1 講習会の形態

座学型の講習
① 木造住宅の耐震診断法の講習
② 一般診断法と精密診断法の演習
体験型の講習
③ 振動台体験研修
④ 実際の建築物を使用した耐震診断調査実習



写真 1 建築技術者向け講習

座学型の講習①の木造住宅の耐震診断法の講習は耐

震診断法に関し、診断指針での力学的な考え方や調査方法などを総合的に解説する。写真1は座学型講習会の様子である。座学型の講習②の一般診断法と精密診断法の演習では座学型の講習①で学んだ知識を活用して、モデル住宅の耐震診断計算を手計算で行い、診断の流れを掴むとともに診断の計算が出来るようにする。体験型の講習③の振動台体験研修は大地震の揺れを体験し、耐震改修の重要性を体感してもらう。④の実際の建築物を使用した耐震診断調査実習では実際に耐震診断の調査を行い、調査のノウハウを修得する。以上が各講習の概要と目的であるが、特に耐震診断のような業務は新築とは異なり、既に存在している建物を相手にするため、診断対象建物がどのような建物であるかを情報収集することは診断を行う上で大変重要となる。また、建築基準法第6条に規定される四号建築物が診断の対象となることから、耐震診断を担当する建築技術者は意匠系や施工系の建築士であることが多いと考えられる。このため、受講者は構造設計に不慣れなことが多い。しかしながら、耐震診断では必要耐力の算定や建物耐力の算定など、建築構造学に立脚した技術が用いられる。したがって、これらの技術を修得することが耐震診断を行う上で必要である。その上で、耐震診断の手法を実際の建物の診断においてどのように適用していくべきかについて理解することが重要である。耐震診断の手法と建物の調査は表裏一体のものとして捕らえる必要があるだろう。

3. 木造住宅の耐震診断法の講習

木造住宅の耐震診断法の講習は診断指針¹⁾の概要の理解とともに、耐震診断調査を行うために必要となる技術の習得が目的となる。実際の調査状況の写真を交え、調査方法や調査項目などを診断計算との関わりについて触れつつ説明を行う。耐震診断法の技術は設計関係の技術者はもとより、施工系の技術者においても重要である。

耐震診断法の講習は行政における耐震診断補助事業にともなう耐震診断技術の普及を目的とするもの、建築士事務所協会などの建築士の団体が行う建築士の技術力向上を目的としたもの、木材関係の組合が行う建築関連講座²⁾として開設される例がある。いずれの場合も講習の形態はプレゼンテーションソフトを利用して行う座学形式とした。図1と図2は2013年7月に実施した講習会で使用したプレゼンテーションの例³⁾である。実際の診断現場で得られた写真を多く使用し、図を挿入するなどして、受講者の理解を助ける工夫を行った。特に現場での調査写真は、今後実務で耐震診断を行う際には参考になると考える。耐震診断の方法は一般に利用されている診断指針¹⁾に示された診断方法の習熟が基本となるが、ここで特に重要となるのは、実務での調査の方法及び調査で得られた情報の診断業務での活用の仕方や注意点である。また、木造建築物は蟻害や木材腐朽菌による生物劣

化を生じることが特徴であり、事例写真を用いて解説を行う。講習会の受講者数は30~40名程度のことが多いが、100名を超える場合もある。



図1 プレゼンテーションの例1³⁾



図2 プレゼンテーションの例2³⁾

講習時間は2時間程度とすることが多い。以下に講習会内容を示す。

【講習会の内容】

- a. 耐震診断法の概要
- b. 耐震診断の調査方法
- c. 報告書のまとめ方
- d. 耐震診断補助事業の説明

この例では耐震診断法の概要及び調査法の他に報告書のまとめ方についても解説を行っている。耐震診断は建物の耐震性を示す上部構造評点を算出することだけが目的ではない。診断結果を施主へ説明するための資料として、また耐震改修に向けた資料という意味でも報告書の作成は重要な意味を持つ。dは行政が主催する講習会の場合に行われることがある。行政における耐震改修補助制度の解説であり解説は行政職員が担当する。講習会の受講者は建築士や実践技術者が対象であり、基本的に修

了考査等を行わないのが普通である。但し、行政が行う耐震診断補助事業における耐震診断業務では、成果物である耐震診断報告書に関し内容のチェックが行われることがある。これらのチェックは耐震技術に詳しい構造エンジニアである建築士が判定員として担当することが多い。報告書における問題点などを判定員どうして意見交換し、ここで取り上げられた問題点などを次回の講習会での説明項目に加える方法により診断技術の向上を目指す。以上の繰り返し(図3)により、受講者の耐震診断結果の精度が向上する。また、報告書の内容も次第に講習会での説明を考慮したものとなり改善されていくものと考える。

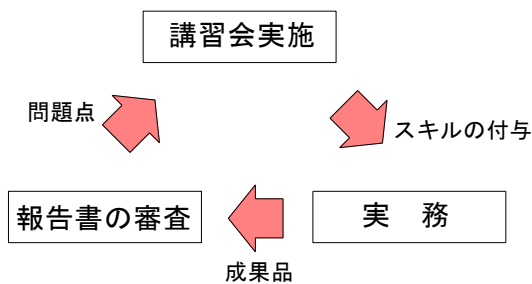


図3 講習会と実務との関係

4. 一般診断法と精密診断法の演習

耐震診断業務は多くの場合で、診断ソフトを使用することになる。診断ソフトは一般財団法人日本建築防災協会の Wee2012⁴⁾の他、同協会の木造住宅耐震診断プログラム評価制度の評価プログラムがある。また、個人で一般診断の計算用エクセルシートを用意することがある。通常は手計算を行うケースは少ないが、ソフトはデータさえ入力すれば、自動的に結果が出力される。しかし、計算内容を理解しないと正しい運用は出来ない。たとえ簡単なモデル住宅でも実際に手計算で計算の流れを追うことは耐震診断法の理解の助けになる。また、このように建物を手計算で解析することは構造設計事務所での新人教育にはよく行われてきた手法と言える。さて、一般に講習会時間は2時間半程度であることが多い。このため、計算演習に用いる建物モデルは比較的小規模のものをを用いる。但し、実際の建物の診断において注意しなければならない項目を可能な限り盛り込むこととした。以下に講習会での使用機器類を示す。

【講習に用意する機器類】

- ・プレゼンテーションソフト(プロジェクター使用)
- ・配付資料
- ・電卓、筆記用具

診断において注意しなければならない事項としては以下に示す項目を考慮した。

【診断において注意しなければならない事項】

- イ. 下屋を有する建物とする
- ロ. 耐力要素の耐力算入の可否についての判断を問うものとする

イ. は、下屋を有する建物の場合、必要耐力の算定や、接合部低減係数の算定において総二階の建物とは異なった扱いが必要な場合があり、これを解説するために必要と判断した。ロ. は、鉛直構面内に存する壁等の耐力算入の可否については現場調査から得られる情報により判断することが必要であり、演習において取り上げておくべき事項と考えた。初めて耐震診断を行う際に間違えやすい項目をできるだけ取り入れて解説することとした。

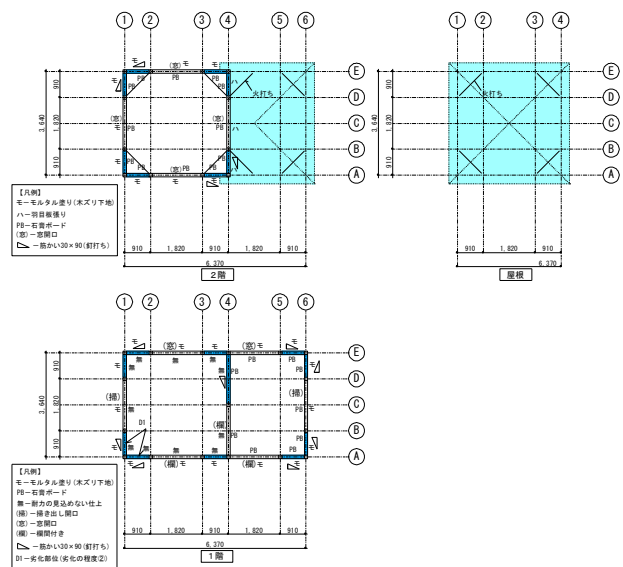


図4 診断建物の平面図

図4は講習会の演習で使用した平面図である。2階が部分二階となっており、下屋を有するプランである。外壁仕上げも複数設定し、耐力算入の可否を問うものとした。また、構造材の劣化についても取り扱う必要があるため、劣化を想定した設問としている。講習時間は限られているため、建物規模を最小限の建物としていることは既に述べたが、同様の理由により、演習は計算穴埋め問題形式とし、電卓を使用しながら全て手計算で行う。演習は耐震診断計算の手順に従い順次計算を進め、上部構造評点(診断結果)が算出されるまでを行うが、初めて耐震診断の計算を行う受講者が多いため、一つ一つ確認しながら進んでいく。また、項目ごとに計算内容の説明を行うとともに実務調査との関連を含めた解説を行う。図5は2014年7月に実施した一般診断法の講習用の穴埋めシートの例⁵⁾である。穴埋め部は項目ごとに満遍なく設定する。尚、穴埋めシートは講習会開始時に受講者に配布する。

平成24年6月 耐震診断技術者講習会

●壁耐力の算定 (階別と階高層平均計算)

表4.11 階別は訂正

階	階高	壁の種類	壁高層平均 (M/m)	壁高層平均 (kN/m)	壁高層平均 (kN)	壁高層平均 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)
1	3.2	モルタル塗り	3.2	3.2	0.221	0.91	1.01	0.89	0.89
		面かい 30×90							
		石膏ボード							
		石膏ボード							
2	3.2	モルタル塗り	3.2	3.2	0.241	1.00	3.10	2.10	2.10
		面かい 30×90							
		石膏ボード							
		石膏ボード							
3	3.2	モルタル塗り	3.2	3.2	0.221	0.91	1.01	0.89	0.89
		面かい 30×90							
		石膏ボード							
		石膏ボード							
4	3.2	モルタル塗り	3.2	3.2	0.241	0.91	1.00	3.17	2.17
		面かい 30×90							
		石膏ボード							
		石膏ボード							
5	3.2	モルタル塗り	3.2	3.2	0.250	0.91	0.96	6.00	6.00
		面かい 30×90							
		石膏ボード							
		石膏ボード							

図5 穴埋め用配布シート⁵⁾

下層階分の階高層平均壁と階高層平均壁耐力

階	壁	階高	壁耐力 (kN)	壁耐力 (kN)	壁耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)	耐力 (kN)		
1A-1A	7	2.80	640	0.91	0.35	1.0	1.0	0.89	203.84	0		
1B-2B	3	4.72	3524	0.91	0.27	1.0	1.0	1.07	232.96	847.97		
3A-4A	3	4.72	3524	0.91	0.27	1.0	1.0	1.07	232.96	0		
3B-4B	7	2.80	640	0.91	0.35	1.0	1.0	0.89	203.84	751.49		
合計										3.93	873.60	1588.95

壁仕様一覧 (配布資料P-3) P-61 表4.12

耐力 = 2.80 × 0.91 × 0.35 × 1.0 = 0.89
 耐力 = 640 × 0.91 × 0.35 × 1.0 = 203.84

図6 プレゼンテーションの例1⁶⁾



図7 プレゼンテーションの例2⁵⁾

プレゼンテーションの例⁶⁾である。穴埋めシートの内容に対し、項目ごとに説明を加えている。図7は2014年7月に実施した一般診断法講習のプレゼンテーションの例⁵⁾で、穴埋め問題を解きながら、要所で写真を使用した詳細な解説を施した。この方法であれば講習時間についても無理のないものとなる。特に行政が主催する講習会では計算演習を講習に組み込むように依頼される事がある。

5. 振動台体験研修

ここでは表1に体験型の講習として示した振動台体験研修の事例を報告する。独立行政法人都市再生機構の技術研究所の特別公開を利用して、耐震診断技術者の振動台体験研修を行った。2005年～2011年の間4度実施したが、写真2は2010年5月に研修を実施した際に撮影したものである。上述の技術研究所には阪神・淡路大震災を起こした兵庫県南部地震の揺れを実際に記録された地震波を利用して三次元6自由度で高性能に再現できる振動台⁷⁾がある。研修参加者がこの振動台に乗ることで、大地震の揺れの大きさを実感してもらい、自身の今後の耐震改修業務への参考にしてもらおうという狙いである。研修会参加者は設計事務所団体に所属する建築士を中心に、施工系技術者も含めたものとなった。阪神大震災において多くの既存木造住宅を倒壊させた地震動とはどのようなものなのかを実感できる機会となろう。また、能登半島地震などの他の地震との揺れの違いなども体験することができ、地震動といってもいろいろな揺れ方が存在することが理解できて参考になる。研修後、設計系の技術者の感想は、「想像以上の揺れの大きさだった」というもの、「倒壊を免れた建物はこれほどの揺れに耐えられたのは驚きだ」、という意見。施工系の技術者からは「補強の重要性を感じた」、という意見がみられた。総じて、想像していた以上の揺れに、しっかりとした補強計画をたてなければならぬこと、また手抜かりのない工事の必要性を感じた参加者が多かった。技術者の姿勢を改めて問い直すものとなったと言えよう。

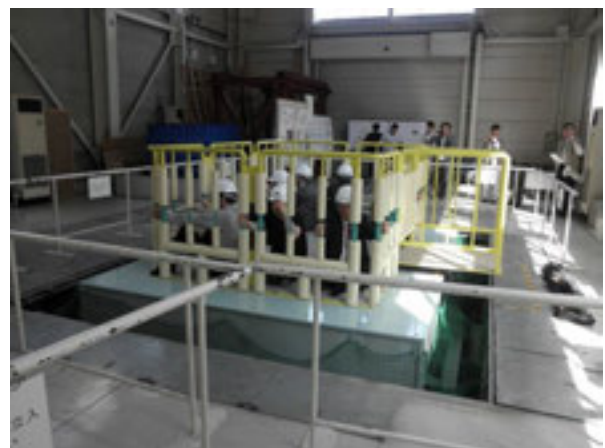


写真2 振動台体験

図6は2010年6月に実施した精密診断法1講習のプ

尚、振動台は大きく揺れるため、乗台には年齢制限などの規定を守るとともに健康面への配慮が必要である。

6. 実際の建築物を使用した耐震診断調査実務研修



写真3 実地調査風景

ここでは表1に体験型の講習として示した実際の建築物を使用した耐震診断調査実習(写真3)の事例を報告する。耐震診断においては、建物の調査は必須であり、正確な耐震診断を実施するためには極めて重要なものである。ここで示すのは、2011年10月に東濃地域木材流通センターで行った、耐震診断実務研修⁸⁾である。講習は2日間とした。1日目に調査法を含む耐震診断法の座学を行った後、現場に入り調査実習を行った。最初に診断法の説明を行ったのは、どのような項目を調査し、それが耐震診断においてどのような意味を持つものなのかを事前に理解しておくことが重要と考えたからである。建物は岐阜県に位置し、伝統構法住宅で一部に江戸時代に新築された部分を含むものであり、非常に古い土塗り壁(写真4)が残っている。そこには木造建築の歴史を垣間見ることができ、大変興味深いものであった。



写真4 古い土塗り壁

表2 講習で使用した機器類

1 日目
<ul style="list-style-type: none"> ・プレゼンテーションソフト(プロジェクター使用) ・配布資料(プレゼンテーションの印刷物・精密診断穴埋めシート) ・調査機具類として、コンベックス、クラックスケール、カメラ、丸鋸、バール、下げ振り(柱の傾斜測定)、水準器、スコップ、投光器、脚立または梯子(天井裏がのぞけるもの)、大型のマイナスイライバーなど(畳を上げるため)、マスク ・筆記用具
2 日目
<ul style="list-style-type: none"> ・プレゼンテーションソフト(プロジェクター使用) ・配布資料(プレゼンテーションの印刷物)

表2に講習で使用した機器類を示す。調査時間は2時間半～3時間を想定し、調査実習は建物内部については間取りの調査、小屋裏の確認、床下の確認、建物の傾斜測定(写真5)及び柱などの部材断面調査を受講者全員に行ってもらった。床下の調査では都合のよい点検口が存在しないため一部床板の解体を伴う調査(写真6)を行った。本建物は伝統構法住宅であるため、伝統構法住宅の耐震診断で重要な調査項目である、柱断面寸法の調査、柱実長及び垂れ壁長さ、玉石基礎の状態に関し調査を実施するとともに解説を行いながらの実習とした。最後に建物の外観調査を行い建物の調査実習を完了した。調査後は、座学講習の会場にもどり、調査データを持ち寄り耐震診断に必要な情報の共有化を行うワークショップを行った。



写真5 調査実習



写真6 床下調査

2日目には調査建物の耐震診断計算と耐震補強例の解説を行い、全講習を完了した。耐震診断法の座学の講習は比較的多く行われているが、現場調査を含む講習は少ない。実際の建物で耐震診断を行うことは耐震診断調査の手順をしっかりと学ぶことができ、実務に直結したスキルを身につけることができるだろう。このような実習は大変有効な研修ではあるが、問題点としては、実習を行う建物の確保が容易でないことが上げられる。時には

解体予定の建物などをうまく利用して実習が行われることもある。このようなことから調査建物が確保された際に、研修を企画することになり、事前に研修予定を立てにくい側面がある。また、床下調査を訓練に含める場合は、受講者の安全のためシロアリ駆除剤の散布歴の確認が欠かせない。

7. まとめ

耐震性の低い既存木造住宅の耐震化は喫緊の課題であり、木造住宅の耐震診断技術者の技能向上は重要である。本研究は筆者が行った実務者向け訓練の実践報告である。木造住宅の耐震診断の講習には座学型の講習と体験型の講習が考えられることを示した。木造住宅の耐震診断法の講習では現場調査と耐震診断計算を関連づける説明に心がけた。特に、建物の経年劣化については新築建物には存しない事象であり、実際に生じた劣化事例を用いて耐震診断での取り扱い方を解説するように努めた。また、報告書作成における注意点など実務に直結した内容となるように配慮した。耐震診断の計算演習では一般診断法について行うことが多いが、小規模なモデルを用意し、穴埋め形式の講習とする場合は精密診断法1の講習も可能であった。通常の業務においてはコンピューターソフトを使用する事が一般的なため、穴埋め形式であっても、手計算で計算の流れを掴んでおけば業務を実施する上で支障はないと考える。調査で得られた情報を正しく入力できることが大切である。

振動台による加振実験の体験は設計系技術者及び施工系技術者のいずれにおいても、より確実な耐震補強の必要性を実感するためには大変良い機会となった。耐震診断調査実務研修は実際の建物を調査する研修であり、直ぐに業務に役立つ知識が得られると考える。計算は書籍である程度知識を得られるが、現地調査はどのように調査すれば良いか分からないこともある。実際に調査を体験しておく効果的だろう。耐震診断は計算だけが出来れば良いと言うことはなく、調査が極めて大事なことは言を俟たない。既存建物の調査は耐震診断にとどまらず、建物のインスペクションでも重要な技術となろう。耐震診断調査になれるとともに、既存建物がどのようなものかを理解することが重要である。診断の演習と実務調査の研修を組み合わせた訓練が効果的ではないだろうか。また、講習ではディスカッションが大切と感じた。何気ない質問も次回の講習への貴重な参考となることもある。

訓練に活用できる機会は業務の中にも存在する。調査実務などは生きた教材である。訓練担当者はアンテナを巡らし、このような機会を積極的に活用することで実務

訓練が充実する可能性を持っている。

最後に、耐震診断調査実務研修⁸⁾におきましては講習会を企画されました、協同組合東濃地域木材流通センターの金子一弘氏には調査建物をご用意いただいたことを始め、講習会の準備・設定などさまざまな局面でご協力をいただきました。また、江戸時代の建築図面を見せていただくという大変貴重な経験をさせていただきました。心より感謝いたします。

参考文献

1. 2012年改定版木造住宅の耐震診断と補強方法 2012年6月 一般財団法人日本建築防災協会, 国土交通大臣指定耐震改修支援センター
2. 平成22年度木のまち・木のいえ「木造住宅・建築物等の整備促進に関する調査・普及・技術基盤強化を行う事業」の成果報告書 No.22 国土交通省 http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_fr4_000028.html
3. 辻川誠 平成25年度新宿区耐震診断技術講習会資料 2013年7月 新宿区都市計画部地域整備課
4. 2012年改定版木造住宅の耐震診断と補強方法 一般診断法による診断プログラム(Wec2012 ver.1.0.0) 2012年12月 一般財団法人日本建築防災協会, 国土交通大臣指定耐震改修支援センター
5. 辻川誠 平成26年度新宿区耐震診断技術講習会資料 2014年7月 新宿区都市計画部地域整備課
6. 辻川誠 平成22年度新宿区耐震診断ステップアップ研修 応用編資料 2010年6月 新宿区都市計画部地域整備課
7. 振動台による地震動の再現—三次元振動台実験装置—平成23年特別公開配布資料 2011年5月 独立行政法人都市再生機構 技術研究所
8. 辻川誠 耐震・省エネ等、木造住宅の性能を向上させる技術者育成講習会資料 2011年10月 協同組合東濃地域木材流通センター

(原稿受付 2015/1/16、受理 2015/3/18)

*辻川 誠, 博士(農学)

辻川設計一級建築士事務所, 〒196-0033 東京都昭島市東町
1-8-19 email:tsujikawa@lemon.plala.or.jp
Makoto Tsujikawa, Tsujikawa Design Office, 1-8-19 Azuma-Chou,
Akishima, Tokyo 196-0033