

既存木造軸組構法住宅の経年劣化 Aged Degradation of Existence Timber Frame House

辻川 誠（辻川設計一級建築士事務所）

Makoto Tsujikawa

The quake resistance of the existing timber frame house decreases by the aged deterioration of the building. The architectural engineer in charge of a seismic evaluation must grasp a deterioration state of the building. A purpose of this study is to obtain information about the deterioration of the existing timber frame house. At first I showed an example about deterioration of the wooden member of the existing timber frame house and the deterioration of the foundation structure. Then, I carried out the concrete strength investigation about the foundation structure of the store combination house. This building was built with a timber frame house in 1968. As a result of investigation, the concrete strength was very different depending on the investigation positions. This investigation was carried out as a study session for architectural engineers.

Keyword: architectural engineer, timber frame house, degradation, seismic evaluation, house investigation

1. はじめに

既存木造軸組構法住宅(以下「既存木造住宅」という)の耐震診断を行う際、建物の経年劣化調査は大変重要な項目である。木造住宅の耐震診断指針¹⁾では、建物の耐力はその劣化度に応じて低減することになっており、建物の劣化状態を把握することが耐震診断を行う際に必要となる。また、劣化は材料の違いから上部構造の木造部分と下部構造の基礎部分とで異なった特徴を有する。本研究の目的は、①建築士が既存木造住宅の耐震診断及び耐震改修を行うにあたり、診断対象の建物の仕様及び劣化の状況を理解するための情報の提示、②建築士の勉強会として既存建物調査を実施し、今後の診断業務に役立つ情報を得ること、の二つである。尚、本研究には筆者が第18回木質構造研究会技術発表会²⁾及び第19回木質構造研究会技術発表会³⁾で発表した内容を含む。

2. 既存木造住宅耐震診断の劣化調査

既存木造住宅耐震診断における劣化調査は、主に目視調査が中心となっている。理由としては、診断時には耐震改修の実施の有無が決定していないことが多い。仕上げを剥がすような調査は調査後の修繕に多くの費用を要することになり、実施することが困難であることによる。調査部位は建物の外周部の調査と建物の内部の調査及び小屋裏や床下から小屋組及び床組部の調査が行われる。耐震部材である筋かいのサイズや取り付け仕様および各種面材の状況も小屋裏及び床下から確認する。小屋裏の

調査(図1)は一般に和室の天袋(図2)から調査する事が多いが、洋室のクローゼット及びユニットバスの点検口で確認出来る場合もある。2階床下の調査(図3)も和室の天袋から調査する。1階床下の調査は床下収納(図4)及び和室荒板のシロアリ駆除侵入口を使用する。非住宅の建物の場合には天井に点検口を設けることもあるが、住宅の場合は主に既設の点検口を利用することが多い。診断ではこのような部位から調査を行うが、調査で床下を見渡せる範囲は狭い。また、昭和50年代以降に建った建物や増改築を行った部分では断熱材が張られていることが多く、小屋裏等から建物全体を確認する事は非常に困難である。一部の目視情報から劣化を推定することとなる。



図1 小屋裏の調査



図2 天袋からの調査



図3 2階床下の調査



図4 床下収納からの調査

3. 既存木造住宅の上部構造の劣化

既存木造住宅の耐震性に影響する上部構造の構造材の劣化は、①シロアリや甲虫類による食害と②木材腐朽菌による劣化が上げられる。図5は小屋裏の調査での写真で、垂木が食害されている例である。垂木には、かなり大きな断面欠損が生じており、部材の強度への影響が少なくないと考えられる。図6は浴室の壁内部の腐朽である。濃い黒褐色を呈している。また、木材の繊維方向と直交する割れが入っており、木片をさわるとフカフカに柔らかい状態であった。このような浴室の劣化は多くの建物で確認される。尚、この建物では腰壁はブロック積みとなっていた。

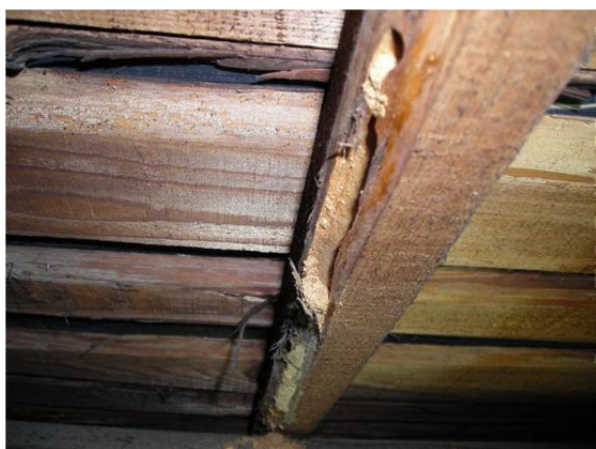


図5 垂木の虫害²⁾



図6 木材の腐朽

図7はシロアリによる被害である。柱・土台・筋かき が被害を受けており構造耐力上、問題がある。また、柱直下の土台の被害は調査の際に見受けられるが地震時に柱が土台から踏み外す恐れがある。シロアリの被害は地震時に大きな力を受ける柱脚周辺に発生することが多く、耐震改修時に補強が必要である。図8は木製の雨戸と戸袋に開けられた穴で、建物が存する地元地域(山梨県山間部)ではキツツキが開けたものと言われている。

このほか、外壁の調査では主に建物の外部からの目視

調査が行われる。外壁仕上げがラスモルタル塗り壁の場合はひび割れの有無の調査を行い、クラックスケールでひび割れの大きさを測定する。モルタルのひび割れは雨水の浸入により外壁下地材や構造材を痛める恐れがある。



図7 シロアリの食害



図8 雨戸に開けられた穴²⁾



図9 外壁の状態²⁾

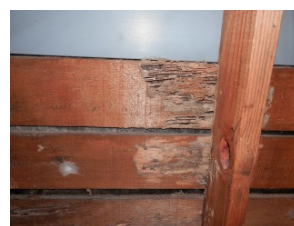


図10 木ズリ間柱の被害²⁾

また、パルハンマーなどを使用し仕上げの浮きの有無について調査を行う。外観上は内外装ともに、特に目立った劣化が確認出来ない場合(図9)でも改修の際に仕上げ材を剥がすとシロアリの被害が確認されることもある。図10は図9の室内側の写真であるが木ズリ及び間柱にシロアリの被害が認められる。外観だけで壁体内の劣化を推定することには限界がある。仕上げを剥がして初めて劣化の全貌が明らかになるのが現実である。その他の劣化事例として、軒樋から壁体内へ雨水が浸入した場合、破損した樋からあふれた雨水が外壁に掛かった場合で壁

体内の劣化が確認されている。

シロアリの被害や木材の腐朽の生じた部材は補修が必要である。既存木造住宅の場合、部材断面が小さいため、部分的な補修よりも、部材全体の交換が一般的である。交換した部材と既存部材との取り合い部分の金物等による補強が重要である。

部材の乾燥収縮による接合部の緩みや接合部に金物が設置されていない部位が発見されることがある。これらについても建物全体の一体性を損ねる可能性があり、金物等による補強を行うことが望ましい。

4. 既存木造住宅の基礎構造の劣化

4.1. 既存木造住宅の基礎構造の特徴

図 11 は 1 階床下での基礎調査の様子である。床下の調査は基礎形式の確認、ひび割れなどの基礎の劣化の確認、根がらみ貫の設置状況の確認を行う。また、布基礎がどのように廻っているかなど、補強設計に参考となる情報を得ることも出来る。図 12 は基礎掘削調査の様子である。この調査は建物外周部の基礎立ち上がり部の調査を行う際に合わせて実施し、基礎の深さ、礎盤の有無を確認する。また、布基礎の場合には鉄筋探査機により鉄筋の有無を確認する。既存木造住宅の基礎は、ベタ基礎、布基礎、玉石基礎などがある。基礎の材料として大谷石を用いた基礎やブロック基礎も見受けられる。新耐震基準前に建てられた既存木造住宅では、無筋コンクリート造布基礎が多く、図 13 の右側のような礎盤のない I 型基礎も多い。この場合は、図 14 のように L 型の鉄筋コンクリート基礎を抱き合わせて補強する。



図 11 1 階床下の調査³⁾

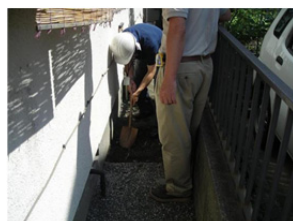


図 12 基礎掘削調査³⁾

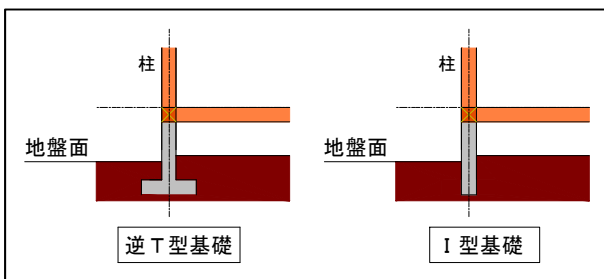


図 13 既存建物の基礎形状

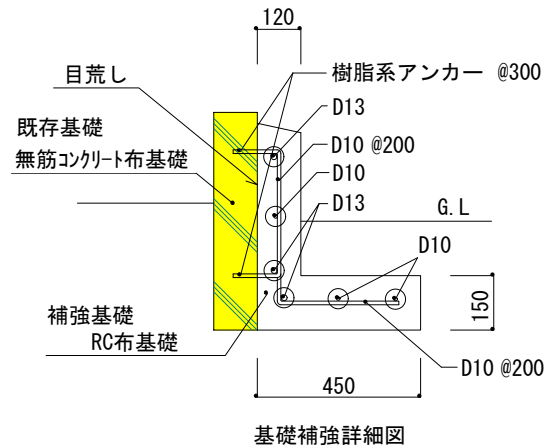


図 14 基礎補強詳細図 I 型基礎補強例

4.2. 基礎の劣化及びコンクリート強度

無筋コンクリート基礎の劣化にひび割れ(図 15)がある。床下換気口部分のひび割れは比較的によく確認される。また、基礎が割れてしまっている場合も見られる。ひび割れの調査は図 16 のようにクラックスケールにより測定するのが一般的である。この際に、基礎側面にモルタル仕上げがされている場合は、モルタル表面のみのひび割れか、躯体までひび割れが及んでいるのかを判断する必要がある。鉄筋コンクリート布基礎の場合は目立ったひび割れが生じていることは希である。床東部分については、礎石の割れや床束の浮きなどが見られる。尚、コンクリートの劣化はコンクリート強度に影響を及ぼす可能性があり、劣化が著しい場合は補強改修が望ましい。コンクリート強度の推定法は①設計図書のコンクリート強度、②テストハンマーによる推定、③コンクリートコアによる圧縮強度試験などがある。設計図書のコンクリート強度については、図面自体が存在しないことも多い。



図 15 基礎のひび割れ³⁾



図 16 クラック測定³⁾

図 17 はテストハンマーである。テストハンマーによる調査(図 18) はコンクリート面にテストハンマーによる打撃を与え、その反発値よりコンクリート強度を推定するものである。そのため、モルタル等の仕上げがされている部位での調査は不可能である。建物外周部の基礎立ち上がり部は通常モルタル仕上げが施されているため、基礎に仕上げが施されていない建物の内側からの調査(図 18)が必要になる。コンクリートコアによる圧縮強度試験は実際の建物から試験体を取り、圧縮試験及び中性化試験を行うものであり精度が高いが、コア抜き及び試験に費用が嵩む。また、既存木造住宅の基礎は基礎断面

が比較的小規模であり、コア抜きに伴う基礎の断面欠損により基礎躯体を痛めることが心配されており、あまり行われていない。学校建築など建物規模及び基礎断面の大きな建物ではコア抜き調査を行う場合がある。



図 17 テストハンマー³⁾ 図 18 テストハンマー調査

5. 解体予定建物を利用した建物調査

5.1. 調査概要

この調査では、解体予定の建物を利用して外壁及び内壁の引きはがし調査及びコンクリートコアによる基礎コンクリートの圧縮強度試験を行った。図 19 が調査対象建物である。昭和 43 年築の木造在来軸組構法住宅 2 階建てで 1 階は店舗として利用されていたものである。この年代の建物は新耐震基準(昭和 56 年 6 月)前に建てられたものであり、耐震診断及び耐震改修の対象となっている。

本調査の目的は、耐震診断及び耐震改修の対象となる年代の既存木造住宅の内外装仕様を確認すること、また基礎のコンクリート強度及び劣化の状況を調べることにある。解体予定の建物のため、引きはがしによる調査が可能となり、またコア抜きによる基礎の断面欠損の心配をする必要がない。調査は建築士の勉強会として行った。



図 19 調査建物

図 20 外壁調査

5.2. 内外装の引きはがし調査

外装の調査は、図 20 のように外壁仕上げ材のラスモルタルを引きはがして行った。図 21 はラスモルタルを取り除いた状態である。木ズリは小幅板ではなく、さね加工付きの板が使用されていた。木ズリの取り付け釘は図 22 の上側のものが使用されていた。使用されていた釘は釘長 38mm のものであった。比較のため、下側に N50 釘を並べて撮影している。釘の劣化は若干の錆が出ているが、著しい劣化ではなかった。木造住宅の耐震診断指針¹⁾の壁基準耐力表に示された木ズリ下地用の留め付け釘は N50 が想定されている。今回の調査で確認された釘は釘長 38mm でこれより小さいが、建設当時は、このような釘が使用されていたものと考えている。

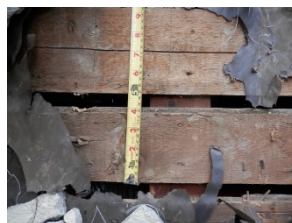


図 21 調査建物

図 22 使用釘と N50

5.3. コンクリートの圧縮強度試験及び中性化試験

コンクリートコアの採取は、図 23 の 1 階平面図(上を北とする)に示すように、建物の基礎立ち上がり部分から 2 箇所採取することとした。一箇所目は建物西側の外壁面でコア No.1 とした。そして二箇所目は建物内部の基礎立ち上がりでコア No.2(図 24)とした。この部位は、新築当時は建物北側外壁面であったが、その後の増築に伴い、現在では建物内の基礎になっている。

試験体のコアの径は通常は 100mm であるが、一般に既存木造住宅の基礎幅は 120mm 程度と小さいため、75mm の径で抜くこととし、試験体の高さ比による補正係数を考慮している。

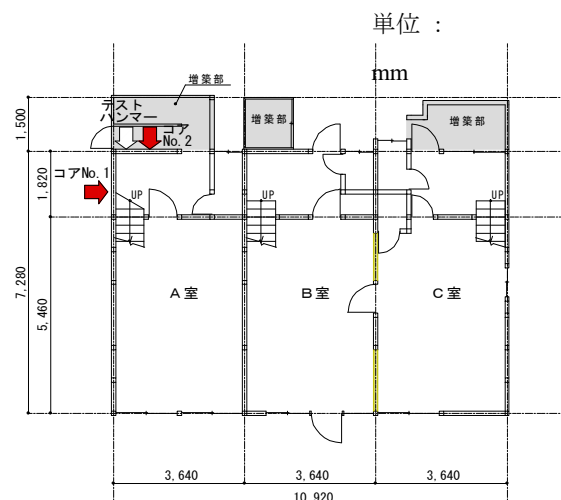


図 23 1 階平面図(コア位置)³⁾



図 24 コア抜き調査(コア No.2)³⁾

次に、試験結果を示す。コンクリートコアによる強度及び中性化試験報告書⁴⁾によれば、コアの圧縮強度試験結果は建物外部から採取したコア No.1 は 9.3 N/mm²、建物内部から採取したコア No.2(図 25)は 32.4N/mm²となり、大きな違いが生じた。

中性化試験は圧縮試験後の試験体の割裂面へフェノールフタレーン溶液を塗布し、その発色により中性化の深さを確認する。中性化深さは表 1 のとおりで、コア No.1(図 26)が 41mm、コア No.2(図 27)は 20mm である。屋外に面するコア No.1 の方がコア No.2 よりも中性化深さが大きくなった。屋外に面した部位は風雨や自動車排気ガス等に曝されていることから、劣化が生じやすい環境にあると言える。



図 25 コンクリートコア(コア No.2)³⁾

表 1 コンクリート圧縮強度と中性化深さ⁴⁾

記号	供試体の寸法		高さの比	断面積 mm ²	最大荷重 kN	補正前 圧縮強度 N/mm ²	補正係数	補正後 圧縮強度 N/mm ²	中性化深さ mm	
	平均直径 mm	平均高さ mm							筒元	筒先
No.1	76.5	110.0	1.44	4596	45	9.8	0.953	9.3	29.0	41.0
									2mm研磨	8mm研磨
									屋外→屋内	
No.2	76.5	122.0	1.59	4596	154	33.5	0.967	32.4	20.0	20.0
									3mm研磨	3mm研磨
									屋内→屋内	

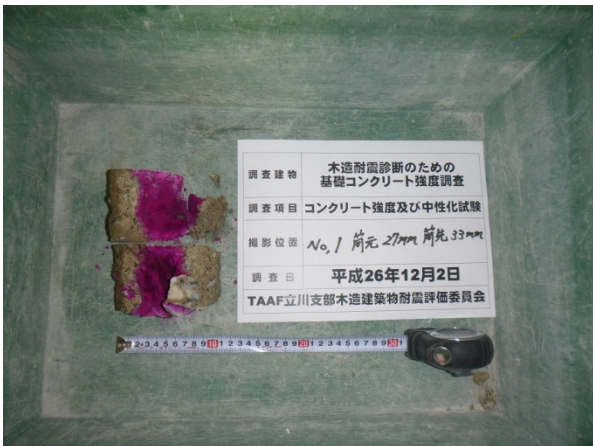


図 26 コアの中性化試験・コア No.1

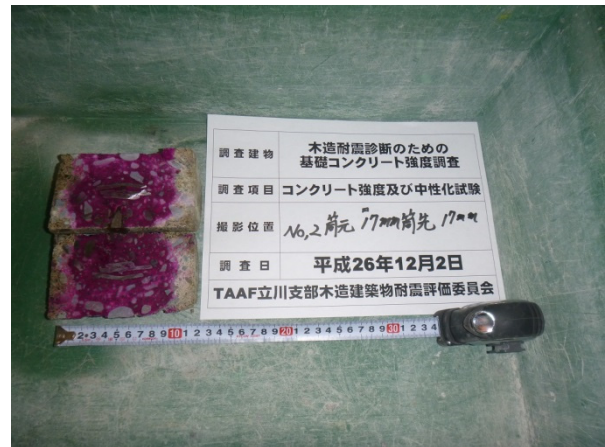


図 27 コアの中性化試験・コア No.2³⁾

今回の実験では、圧縮強度及び中性化の進行の両方について、コア No.2 よりもコア No.1 の方が大幅に劣っているという結果となった。基礎コンクリートの品質は建物全体で均一ではないということになる。補強設計の際にはこのことに十分配慮する必要がある。

5.4. テストハンマーによる調査

参考にコア No.2 の近くでテストハンマーによる調査(図 28)を行った。調査は比較的平滑な面を選ぶようにした。テストハンマーは縦横とも 3cm 以上の間隔を空けて合計 20 箇所打診して、平均値からコンクリート圧縮強度を推定する⁵⁾。算定式は日本材料学会式の(1)による。材齢係数は 1.0 とした。

$$F = (-18.0 + 1.27 \times Ro) \times \alpha \quad (1)^5$$

ここで F : テストハンマー強度(N/mm²)

Ro : 基準反発度 (20 回測定の平均値)

α : 材齢係数



図 28 テストハンマーによる調査³⁾

テストハンマーによる調査の 20 回測定の平均値は 31.95 であった。このため、コンクリートの圧縮強度は $F=22.58 \text{ N/mm}^2$ となった。また、経年により表面の中性

化が進んでいる場合は補正係数⁶⁾を考慮する方法がある。テストハンマーによるコンクリート強度は、建築分野においては参考値として扱うのが一般的である。しかしながら、テストハンマーによる調査は測定部位ごとのコンクリート固さのバラツキなどを確認するためには有効であると考えられる。調査結果は表面の微妙な凹凸やテストハンマーの押し込み速度でも誤差を持った結果を生ずる。試験前にアンビルによるテストハンマーの精度確認を行うとともに、テストハンマーの押し込み速度にも十分に配慮する必要がある。測定結果には調査者の個人差が出やすいと考えられる。

5.5. コンクリート強度と耐力壁補強

今回のコア抜きによるコンクリートの圧縮試験調査⁴⁾では、コア No.1 とコア No.2 とでコンクリート強度に大きな違いが生じた。耐震診断を要する古い既存木造住宅の基礎ではコンクリート強度にはバラツキが生じている場合がある。コンクリート強度の弱い部分に大きな引き抜き力の生ずるあと施工アンカーを設置するとコーン破壊⁷⁾などのコンクリートの破壊(図 29)の心配がある。強い耐力壁で補強する場合には過大な引き抜き力が生じないか、補強計画には十分に注意する必要がある。

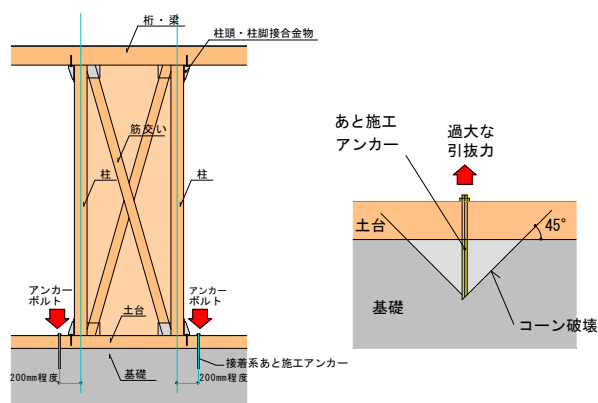


図 29 基礎コンクリートの破壊

6. まとめ

既存木造住宅における、木質構造材の劣化は仕上げ材に覆われているため、目視確認が難しい。改修工事では仕上げを剥がした時に初めて劣化部が見つかることも多い。改修時の工事監理は大変重要であると考えられる。

解体予定建物を利用した建物調査は、日頃より耐震診断の実務を行っている建築士が参加した。診断建物の特徴、劣化の状況などの情報が得られた。コンクリートの

コア抜きによる調査については、専門の調査会社⁴⁾に依頼した。既存木造住宅の耐震診断において、コア抜きによるコンクリート強度試験を行うことは希であり、調査結果は建築技術者にとって参考になるものとする。そして、テストハンマーによる調査は参加した建築士が測定している。建築士が自ら調査を行うことで、基礎の強度の重要性に対する関心が高まるものとする。

本研究においては、現場調査に参加いただいた一般社団法人東京都建築士事務所協会立川支部木造耐震委員会の大久保精則支部長、委員各位及びコア抜き調査に協力いただいた有限会社興友サービスの尾又嘉之氏には大変お世話になった。ここに感謝申し上げる。

参考文献

- [1] 「2012年改定版木造住宅の耐震診断と補強方法」、一般財団法人日本建築防災協会, pp. 21-22 (2012).
- [2] 辻川誠, 原嶋秀樹:「第18回木質構造研究会技術発表会 技術報告集」、木質構造研究会, pp. 47-50 (2014).
- [3] 辻川誠, 内山浩一郎, 杉本重実, 池津淳:「第19回木質構造研究会技術発表会 技術報告集」、木質構造研究会, pp. 1-4 (2015).
- [4] 有限会社興友サービス:「TAAF 立川支部木造耐震委員会木造耐震診断のための基礎調査報告書・コンクリートコアによる強度及び中性化試験報告書」、有限会社興友サービス, pp. 1-5 (2014).
- [5] 「テストハンマーによる強度推定調査の6つのポイント」国土交通省大臣官房技術調査課、独立行政法人土木研究所技術推進本部構造物マネジメント技術チーム, p. 9 (2001).
- [6] 俣野善治:「経年コンクリートのシュミットハンマーによる推定強度とコア強度との関係」、第5回コンクリート工学年次講演会講演論文集, pp. 93-96 (1983).
- [7] 「2001年改定版既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針同解説」、財団法人日本建築防災協会, pp. 38-41 (2001).

(原稿受付 2015/12/24, 受理 2016/3/23)

*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