

旧耐震木造住宅の地震対策

— 安価な住宅耐震改修技術の普及と地震被害軽減 —

名古屋工業大学大学院教授 高度防災工学研究センター長

井戸田 秀 樹

1. 木造住宅耐震化の現状

1995年の阪神淡路大震災以降、木造住宅の耐震化が叫ばれて久しい。「建築物の耐震改修の促進に関する法律（耐震改修促進法）」に基づく国の基本方針では、2030年までに耐震性が不十分な住宅をおおむね解消することを目標として耐震化促進が図られている¹⁾。これを受け、各自治体では特に耐震性能が低いとされている既存不適格木造住宅を対象とした補助制度をはじめ、木造住宅の耐震改修を促進するためのさまざまな取り組みがなされている^{2, 3)}。しかし、多くの県では耐震改修実施件数を伸ばすことができておらず、目標に到達可能なペースで実施されている県はほとんどない。

こうした状況の中、南海トラフ巨大地震の震源域に最も近い大都市と、自動車をはじめとした産業集積地を抱える愛知県では、来たる巨大地震に備えて建築物の耐震化促進と地震被害軽減を目的とした産官学連携の協議会「愛知建築地震災害軽減システム研究協議会（減災協議会）」⁴⁾が2004年に発足した。減災協議会の取り組みは、耐震化推進のための技術的な支援、地震防災に関わる啓発や人材育成など幅広いが、この中でも協議会で開発・評価した、木造住宅を安価で合理的に耐震化する技術は本質を理解す

る建築士などから強い支持を受け、現在までに適用範囲をより拡大するとともに、工法活用のための図書⁵⁾を毎年更新するなど技術情報の充実が図られてきた。しかし工法開発から10年以上が経過した現在でも、全国はおろか愛知県内でも未だにこの新しい工法が広く普及しているとは言い難い状況である。

2. 木造住宅の安価な耐震改修工法

まずは減災協議会で開発・評価されている木造住宅の安価な耐震改修技術について説明する。耐震改修を安価に実施するための技術は以下の2点に集約される。

(1) 耐震診断の精度を向上させること

耐震改修に先立ち、既存不適格木造住宅の耐震性能を評価するため耐震診断を実施する必要がある。耐震診断の方法には最も簡易に診断が可能な一般診断法から、現地調査による耐震要素の現状を反映させる精密診断法まで、いくつかの診断法がある⁶⁾。初期診断には、診断プログラム（Wee）で使われている一般診断法（略算法）が用いられるが、簡便な反面診断精度のばらつきが大きい。図-1（a）は横軸に真の評点、縦軸に一般診断法によって計算された評点を示す。真の評点とは、対象建物の倒壊実験等に

よって得られる保有耐力に対応した評点であり、現実的には知ることは不可能である。診断法によって求められた評点が真の評点を超えた場合には危険側の評価となるため、ばらつきの大きい診断法では計算された診断値が真の値を超えないようになり厳しめに算出される傾向がある。一方、診断精度を上げると図-1（b）のようにばらつきが小さくなり、下限値が上昇する。したがって、多くの場合精密診断によって得られた評点は真の評点に近づくため、一般診断法によって得られた評点よりも高くなる場合が多い。初期診断の評点が高くなれば、改修後の目標評点までの距離が小さくなり、改修箇所が減って工事も合理化できる。これが、診断精度を上げることが合理的で安価な改修につながる理由である。

(2) 耐震改修専用工法を用いること

耐震改修工事には、新築とは全く異なる改修専用工法が提案されている⁵⁾。図-2は実用化されている耐震改修専用工法の一例である。例えば、構造用合板を用いた面材耐力壁の場合、通常の工法では図-2（a）に示すように土台から梁まで全面に構造用合板を釘で打ちつける。新築でこの工法を用いることには何の問題もないが、耐震改修でこの工法を用いると施工のために床と天井の一部を撤

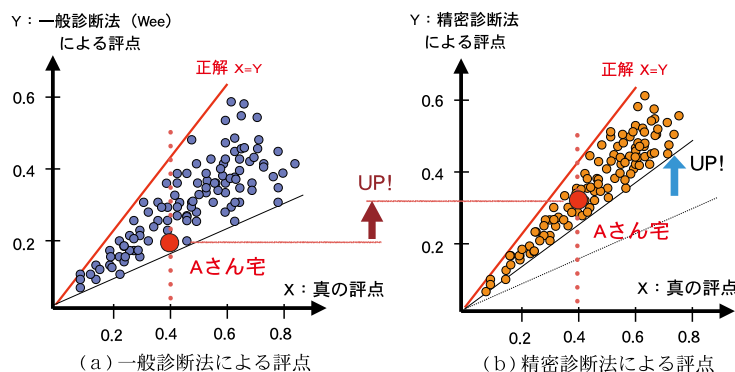


図-1 一般診断法と精密診断法による評点のばらつき

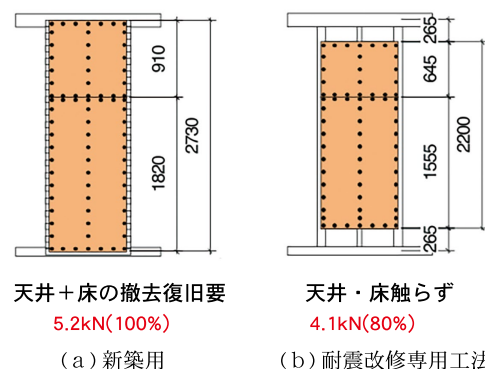


図-2 一般的な面材耐力壁（新築用）と耐震改修専用工法

表－１ 仕上げを極力触らずに耐力要素を付加できる減災協議会の部分合板張工法（一例）⁵⁾

百の位		A-100大壁 構造用合板 厚 9mm				A-200大壁 構造用合板 厚 12mm						
十の位		10 半間	30 上下あき半間	60 押入半間	70 開口	10 半間	20 1間	30 上下あき半間	40 上下あき1間	60 押入半間	70 開口	80 開口1間
一の位	1裏棧あり	A-111 $\alpha=1.0$ 厚9 @150	A-131 $\alpha=0.8$ 厚9 @150	A-161 $\alpha=0.6$ 厚9 @150		A-222力 $\alpha=0.9$ A-222マ $\alpha=0.7$ A-222タ $\alpha=0.7$			A-241 (旧A-244) $\alpha=0.7$ 厚12 @100			
	2裏棧あり 間柱なし	A-112 $\alpha=0.8$ 厚9 @150	A-111力 $\alpha=1.0$ A-111マ $\alpha=0.8$ A-111タ $\alpha=0.8$			A-222 $\alpha=0.9$ 厚12 @100	A-232 $\alpha=1.0$ 厚12 @100		A-242 $\alpha=0.6$ 厚12 @100			
	3裏棧なし	A-113 $\alpha=0.7$ 厚9 @100			A-173 $\alpha=0.6$ 厚9 @100	A-213 $\alpha=1.0$ 厚12 @100	A-223 $\alpha=0.4$ 厚12 @100	A-233 $\alpha=0.7$ 厚12 @100	A-244 (新) $\alpha=0.5$ 厚12 @100	A-263 $\alpha=0.35$ 厚12 @100	A-273 $\alpha=0.9$ 厚12 @100	
	4その他		A-134 A-111と同等 厚9 @150			A-213力 $\alpha=1.0$ A-213マ $\alpha=0.8$ A-213タ $\alpha=0.8$		A-234 $\alpha=1.0$ 厚12 @100	A-233力 $\alpha=0.7$ A-233マ $\alpha=0.5$ A-233タ $\alpha=0.5$		A-274 $\alpha=0.4$ (0.2) 厚12 @100	A-284 $\alpha=0.3$ 厚12 @100

去・復旧しなければならず、この仕上げの撤去・復旧に多大なコストと手間が発生する。一方、耐震改修専用法は、図－2（b）に示すように、構造用合板を床と天井の間だけに施工し、床・天井を撤去せずに耐震要素を付加する工法である。図－2（b）の場合、新築の工法のように構造用合板が土台と梁に届いていないため、強度は新築の工法よりも低い。実験によってこの耐力壁を評価すると、新築の工法の80%程度の耐力となる。一方、施工のための工事費用は天井・床の撤去・復旧を伴わないため、新築の工法の3分の1程度となる。この壁を2箇所施工すれば、天井床壊して1箇所施工するよりも安価で高い性能が確保できる。これが、耐震改修専用法を用いると改修工事が安価にできる理由である。

耐震改修専用法にはこのほかにも、換気扇のような大きな開口を持つものや、真壁の柱のチリの部分に土壁を全く落とさずに真壁の形で面材を施工できる工法など、現在60種類の工法が実験に基づいて評価・実用化されており⁵⁾、すべて西日本を中心とした24の府県で行政の補助対象工法として認められている。表－1は58種類のうち、真壁の形で構造用合板を施工するタイプ20種類のみを示したものである。いずれのタイプも天井、床、長押、押入の中段等を解体せずに施工だけでなく、構造用合板を横使いしたもの、間柱や合板のつなぎ材等がないものなど、すべて実験に基づいて設計耐力が与えられている。なお、これらの耐震改修専用法は減災協議会によって全350ページの手引きにまとめられ、公開されている⁵⁾。

3. 高知県における飛躍的な耐震改修実績の背景

減災協議会で開発・評価された木造住宅の安価な耐震改修技術の全国への普及は高知県から始まった。高知県では、2011年頃から年間600軒前後の実績を誇る耐震改修先進県であったが、インターネットで減災協議会の工法を知った関係者が協議会に連絡し、より合理的な耐震改修工事を普及させたいとの希望から、2013年8月に最初の安価な耐震改修講習会を高知市で開催した^{*1}。この低コスト工法講習会を契機として高知県内では減災協議会の工法が急速に普及し、県内の耐震改修実績は2015年に822軒、その後1,227軒(2016年)、1,568軒(2017年)、1,903軒(2018年)と急伸した。

減災協議会の安価な耐震改修技術の普及がこの劇的な耐震改修実績の要因の一つであることは間違いないが、その背景を調査していくと新しい技術の普及と耐震改修の促進に向けて高知県は関係者間の連携に着目したさまざまな取り組みを展開していることが明らかとなってきた。それら高知県の取り組みを以下に紹介する。

(1) 合理的で質の高い耐震改修工事を実施できる事業者の育成

低コスト工法講習会は高知県主催の形で2013年以降毎年開催しているが、それ以外にも高知県直営、あるいは建築関連団体への委託によってきわめて多数回の講習会が開催されている⁷⁾。特に2018年までの5年間では、平均年間12回を超える講習会が開催されている。直営の講習会では、安価な耐震改修工法を

学んだ建築担当の行政職員が自ら講師を務めたり、技術を習得している実務者に講師を依頼する形で運営がなされている。こうした技術習得の機会を豊富に提供することで、新規事業参入の事業者数が増えて耐震改修の需要増に十分応えられる体制が整うことになる。

(2) 関係者間の連携の促進

高知県では低コスト工法講習会を受講した業者を登録・公開し、低コストで改修できる業者を知りたいという県民の需要に応じているが、工務店の登録にあたっては連携する耐震診断員の存在が必須となっており、またその登録業者数も他県と比べて圧倒的に多い⁷⁾。これは、高知県において建築士と工務店のマッチングが進んでおり、耐震診断員の登録要件と相まって合理的で質の高い設計・施工の実施体制が整っていると見ることができる。

(3) 実効性のある補助金制度の確立

高知県では耐震改修工事だけでなく、耐震改修設計にも補助金の制度がある。2009年に耐震改修設計費の補助制度が制定されたときから耐震改修設計には精密診断法が義務づけられており、建築士は改修工事実施の有無にかかわらず設計に対する報酬が保証され、安心して診断精度の向上や低コスト化の工夫に業務としての時間を充てることができる。工事費用を安価にすれば、住宅所有者の経済的負担も減少し工事成約率の向上につながるため、建築士にとっては低コスト化に向けた努力がさらなる営業拡大へのインセンティブとなる。総工事費の数%を設計報酬とする新築の考え方を耐震改修

表－２　低コスト工法講習会開催実績

開催年	開催県数	開催回数	受講者数（人）	県別開催回数（回）
2013	1	1	200	香川県（18）、愛知県（17）、石川県（16）、兵庫県
2014	5	5	830	（16）、鳥取県（16）、愛媛県（15）、和歌山県（14）、
2015	5	5	590	高知県（14）、佐賀県（13）、福井県（12）、長野県
2016	11	14	1,900	（11）、富山県（10）、広島県（9）、宮崎県（9）、滋
2017	15	19	1,835	賀県（8）、熊本県（8）、群馬県（7）、山口県（7）、
2018	15	32	2,076	山梨県（6）、三重県（6）、徳島県（5）、岡山県（4）、
2019	17	41	2,059	京都府（3）、青森県（2）、茨城県（2）、東京都（2）、静
2020	20	24	1,194	岡県（1）、大阪府（1）、大分県（1）、長崎県（1）
2021	20	26	1,296	
2022	25	42	1,371	
2023	22	43	1,416	

に持ち込むと、住宅所有者の負担を減らすべく努力をすればするほど設計報酬が減るという矛盾に直面する。安価な耐震改修工事の実現に対する設計士の報酬確保は、耐震化促進において不可欠である。

こうした設計に対する補助金制度の効果によって、高知県の改修工事費は他県と比較してかなり安価に抑えられている⁷⁾。さらには、改修工事費の平均的金額にほぼ匹敵する全額補助の制度が用意されており、住宅所有者はほとんど経済的負担を負うことなく耐震改修工事を実施できる状況が実現している。このように、補助制度が耐震改修促進に対して実効性の高い制度設計となっていることが飛躍的な実績につながっている⁷⁾。

（４）住宅所有者への積極的な働きかけ

耐震改修工事実施の最終的な意思決定は住宅所有者に委ねられている。住宅所有者の意思決定には、耐震改修に関わる関係者が連携して所有者に直接働きかけることが効果的である⁸⁾。高知県では、住宅所有者の啓発のために退役職員を戸別訪問要員として再雇用したり、行政・設計士・町内会が連携した住宅所有者への働きかけが積極的に実施されている。また、ラジオスポットをはじめとしたメディアからの情報発信も頻繁に行われており、所有者の負担減と相まって大きな効果につながっている⁹⁾。

４．全国への安価な耐震改修技術の普及に向けた取り組みと課題

高知県では飛躍的な耐震改修促進のきっかけの一つとなった低コスト工法であるが、残念ながら高知に続く地域はまだ現れていない。表－２は2013年から現在に至るまでの低コスト工法講習会開

催実績である。コロナ禍の影響を受けるまでは年間約2,000名の建築士・大工・行政担当者らに安価な耐震改修技術を講習している。木造住宅の耐震改修に意欲的な県は講習会の開催回数も多く、香川県、鳥取県、石川県では近年耐震改修軒数の増加が見られるがまだ高知県には大きく及ばないのが実状である。

前章で紹介した高知県の取り組みと改修軒数の伸び悩み県とを比較すると、改修促進に向けた課題が浮き上がってくる。

（１）耐震改修技術の習得における課題

新技術の技術講習会を多数回開催し、技術習得の機会を豊富に提供することは重要であるが、アンケートからは、工事を開始して壁・床等の仕上げの一部を壊すことで初めて分かる構造や劣化への対応、図面がない住宅への対処等、教科書や講習会ではあまり触れられない実務内容について知識・経験不足を感じるという意見が挙がっている¹⁰⁾。こうした課題に対応するためには、技術講習会参加の機会を増やすだけでなく、実務レベルでの成功事例を共有することでお互いのスキルアップにつながる建築士・工務店・大工のネットワークを活用していくことが効果的である。

（２）関係者間連携における課題

（１）で実例を挙げたとおり、耐震改修では工事開始後の状況変更が頻発し、その都度改修設計や評点の変更が必要となる。行政によっては、こうした変更の度に申請や判定のやり直しを求められるなど、設計士の行政手続きの煩雑さが大きな負担となっている。一方、行政側からは耐震改修費用が高額なこと、住宅所有者の地震への危機意識が低いことなどが、耐震改修促進を阻む要因となっているとの指摘がある¹⁰⁾。こうした課題の解

決には耐震改修工事の本質を関係者間で共有し、耐震改修の促進という共通の目的に向けてお互いの役割分担を明確にすることが重要である。

５．まとめ

木造住宅の安価な耐震改修技術を紹介し、その普及と社会実装の実情および今後の課題について解説した。2024年元旦に発生した能登半島地震では古い木造住宅が倒壊し、多くの尊い命が失われた。地震災害が発生するたびに木造住宅の耐震化がクローズアップされるが、この課題は1995年の阪神淡路大震災以降、地震防災の最優先課題として継続的に取り組んできたはずである。相変わらずの地震被害の様相を見るたび、本稿で指摘したような住宅耐震化の課題の本質的な解決が強く求められていることを痛感する。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：住宅・建築物の耐震化について、国土交通省HP（参照2024.5.25）<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001726323.pdf>
 - 2) 浅見美穂、児玉達朗、定行まり子：政令指定都市における木造住宅の耐震改修関連制度の調査－居住者の生活と地域防災の視点からみた住宅の維持管理に関する研究その3－、日本建築学会大会学術講演梗概集、建築社会システム、pp. 99-100, 2017
 - 3) 佐藤一郎、星野広美、神谷友子：これまでの愛知県における防災まちづくり施策の評価と今後の展開について その1 木造住宅耐震診断・耐震改修補助事業について、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅲ、pp. 341-342, 2012
 - 4) 愛知建築地震災害軽減システム研究協議会HP（参照2024.5.25）<http://www.aichi-gensai.jp/index.html>
 - 5) 愛知建築地震災害軽減システム研究協議会：木造住宅 低コスト 耐震補強の手引き（2023年度版）（参照2024.5.25）<http://www.aichi-gensai.jp/guidebook.html>
 - 6) 一助 日本建築防災協会：2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法、2019
 - 7) 河内 遼、井戸田秀樹：高知県における木造住宅の耐震改修促進に向けた関係者間連携促進策に関する調査、地域安全学会論文集No. 37、pp. 109-115, 2020. 11
 - 8) 川端寛文：地域コミュニティを対象にした防災まちづくりマネジメントシステムの開発に関する研究、日本建築学会計画系論文集 第73巻 第631号、pp. 1899-1906, 2008. 9
 - 9) 川端寛文、井戸田秀樹、花井勉：高知県における既存不適格木造住宅の耐震改修促進に関する調査、日本建築学会技術報告集 第25巻 第59号、135-140, 2019年2月
 - 10) 河内 遼、井戸田秀樹：関係者間連携に着目した木造住宅の耐震改修促進に向けた5つの提案、日本建築学会計画系論文集、Vol. 802、pp. 2504-2514, 2022. 12
- * 1 愛知県の協議会の工法を県外に普及するにあたっては、名古屋工業大学高度防災工学研究センターが受け皿となり、大学の社会貢献事業として講習会を開催している。講習会名は「木造住宅の耐震リフォーム達人塾」、2024年3月時点で、全国30の都府県で255回の講習会を開催し、総受講者数は約14,700名である。