

## 様式第 11 別紙 2

### 建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書

- (1) 課 題 名：既存不適格木造住宅の耐震化率を飛躍的に向上させる改修促進のための総合技術の開発
- (2) 研 究 期 間：平成 27～28 年度
- (3) 交 付 申 請 者 名：井戸田 秀樹（国立大学法人名古屋工業大学・教授）
- (4) 研 究 代 表 者 名：井戸田 秀樹（国立大学法人名古屋工業大学・教授）
- (5) 共 同 研 究 者 名：秀島 栄三（国立大学法人名古屋工業大学・教授）  
森 保宏（国立大学法人名古屋大学・教授）
- (6) 補助金交付総額：42,550,000 円
- (7) 技術研究開発の目的

安価で合理的な耐震改修工法および住宅所有者の意思決定のための説明ツールを開発し、それらの技術を武器として建築士・設計士が行政や地域と連携しながら住宅の耐震化率を向上させていくための総合的な技術の開発。

本技術開発は 4 つの個別研究開発項目から構成される。以下、各個別研究開発ごとに目的を述べる。

#### 1. 個別研究開発項目（1）：「有開口面材耐力壁」の大幅仕様拡大と性能評価実験

安価で汎用性が高く、維持管理にも優れた耐震改修工法として開発された「有開口面材耐力壁」はすでに愛知県内で 2,500 棟を越える実績があるが、仕様が限定されているため既存建物の多様性への対応が弱点となっている。そこで本研究開発では、現在運用している 18 仕様を大幅に拡大し、他県も含めて対象建物を大幅に増やすことを目的とする。

#### 2. 個別研究開発項目（2）：リフォーム、維持管理とリンクした合理的設計・施工方法の体系化

安価で合理的な耐震改修工法を活用するためには、その長所を活かした設計方法と施工方法を建築士、設計士、現場技術者に正しく伝えることが極めて重要である。ここでは、より安価に必要な性能を満足するための提案工法の設計・施工のルールを体系化するとともに、住宅の内外装のリフォームと開発工法を融合させた合理的で維持管理に優れた技術を設計士に供することを目的とする。

#### 3. 個別研究開発項目（3）：南海トラフ巨大地震に対する全壊確率の計算とリスク情報の整理

本個別研究開発項目では、木造住宅の安全性を定量的に説明するために必要なリスク情報の整理を行う。木造住宅の安全性について、「わがこと感」を持って理解することのできるリスク情報として木造住宅所有者に提供することができれば、耐震改修に向けた住宅所有者のその気を強力に後押しできよう。ここでは、全国 600 万余の 250m メッシュを対象に、南海トラフの巨大地震の可能性を含む今後 30 年間の地震ハザードおよび地盤

情報をメッシュ毎に整理し、過去の地震被害に基づく被害率曲線を参考としながら時刻歴応答解析結果に基づく損傷度関数を用いて、各メッシュにおける木造住宅の耐震診断評点と生命のリスク、全壊のリスク、避難生活のリスク、損失のリスクといった地震リスクとの関係の評価を目的とする。

#### 4. 個別研究開発項目（4）：住宅所有者をその気にさせるための意思決定支援ツールと説明技術の開発

自宅の耐震性能に不安を持つ住宅所有者をその気にさせるには、実感を伴った形で自分のこととして地震リスクを理解すること、耐震改修工事の費用対効果について納得できること、工事内容を十分理解すること、の3点をわかりやすく説明することが必要である。そのための情報を（1）～（3）の個別研究開発項目の成果に基づいて整理し、パンフレットと Web 上で閲覧できる体験型のホームページの作成を目的とする。

#### (8) 技術研究開発の内容と成果

各個別研究開発ごとに内容と成果を述べる。

##### 1. 個別研究開発項目（1）：「有開口面材耐力壁」の大幅仕様拡大と性能評価実験

ヒアリング調査に基づき、「有開口面材耐力壁」の全国展開を目的とした仕様拡大のための性能評価実験を実施した。実験の概要は下記の通りである。

実験実施日時：平成 27 年 11 月 16 日（月）～11 月 27 日（金）

平成 28 年 3 月 3 日（月）～4 月 8 日（金）

実験実施場所：国立大学法人名古屋工業大学建築系構造実験室

実験実施者：国立大学法人名古屋工業大学大学院 井戸田秀樹

試験体総数は 38 体、「有開口面材耐力壁」として 29 種の仕様を新たに追加した。追加した仕様の一覧は下記の表 1～4 に赤字で示したものである。

表 1 大壁 9mm 仕様

百の位	A-100 大壁 構造用合板厚 9mm					
	十の位	10 半間	30 上下あき半間	60 押入半間	70 開口半間	80 開口一間
一の位	1 裏棧あり	A-111 ①5.20 ②730 $\alpha=1.0$	A-131 0.8	A-161 0.6		
	2 間柱なし	A-112 ①4.59 ②828 0.88	A-111(カ) 1.0	A-111(マ) 0.8		
	3 裏棧なし	A-113 ①4.26 ②900 0.82			A-173 ①3.78 ②732 0.73	
	4 補強あり		A-134 1.0			

表 2 大壁 12mm 仕様

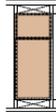
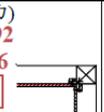
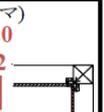
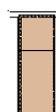
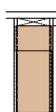
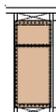
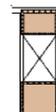
		A-200 大壁 構造用合板厚 12mm				
		10 半間	30 上下あき半間	60 押入半間	70 開口半間	80 開口一間
一の位	1 裏栈あり					
	2 間柱なし		A-232 ①5.76 ②855 1.11 	A-233(力) ①3.92 ②626 0.75 	A-233(マ) ①3.20 ②572 0.62 	
	3 裏栈なし	A-213 1.0 	A-233 0.7 	A-263 0.6 	A-273 0.9 	
	4 補強あり		A-234 ①5.83 ②1002 1.12 		A-274 ①2.86 ②397 0.55 	A-284 ①1.61 ②201 0.31 

表 3 真壁仕様

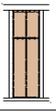
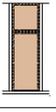
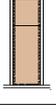
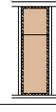
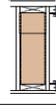
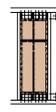
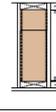
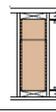
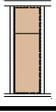
		A-300 真壁 構造用合板厚 9mm			A-400 真壁 構造用合板厚 12mm		
		10 半間	20 1 間	30 上下あき半間	10 半間	20 1 間	30 上下あき半間
一の位	1 裏栈あり	A-311 ①5.00 ②910 1.0 					
	2 間柱なし	A-312 ①4.01 ②901 0.77 				A-422 0.9 	
	3 裏栈なし	A-313 ①3.27 ②863 0.63 			A-413 ①5.70 ②1048 1.10 	A-423 0.4 	A-433 ①4.96 ②781 0.95 
	4 補強あり			A-334 1.0 			
	5 アルミ縦			A-335 0.7 			A-435 0.8 
	6 アルミ四周	A-316 ①4.36 ②982 0.84 	A-326 0.3 			A-426 0.4 	

表 1.4 土壁仕様

百の位	A-800 土壁			
	十の位	10 半間	20 上あき	30 上下あき
一の位	1 標準	A-811 ①4.69 ②636 1.0	A-821 0.5	A-831 0.4
	2 1 隅欠け	A-812 ①3.13 ②482 0.67	A-822 ①2.57 ②416 0.55	
	3 2 隅欠け	A-813 ①3.87 ②538 0.83		
	4 4 隅欠け	A-814 ①2.43 ②237 0.52		
	5 アルミ			A-835 ①3.19 ②474 0.68

また、実験によらない有開口面材耐力壁の評価手法の開発を目的とし、釘のせん断実験に基づく面材耐力壁の荷重変形関係評価手法の開発も実施した。その結果、軸材の繊維方向に対する面材釘のせん断力の作用方向が 0°の場合と 90°の場合の釘せん断実験を実施すれば、有開口面材壁のように任意の釘配列で構造用合板が接合された耐力壁の荷重変形関係を耐力劣化域まで含めて高い精度で評価可能な手法を提案した。

各試験体の性能を標準仕様からの低減係数を乗じる形でまとめ、これまでのフォーマットに倣って評価シート(図 1)を作成した。尚、コスト評価は愛知建築地震災害軽減システム研究協議会「木造住宅の耐震補強の手引き」の算出方法に従い、各部位価格を用いて標準仕様からの増減により求めている。評価シートはすべて <http://www.aichi-gensai.jp/index.html> で閲覧可。

評価シート 2016 年版

前置	部位	壁	分類	閉鎖型	評価日	平成 29 年 1 月 25 日	評価番号	A-113	
評価技術名称					連絡先	http://www.			
構造用合板補強工法					〒				
大壁「裏打ちなし」					電話	Fax			
概 要	技術概要 建築基準法で壁倍率が指定されている大壁の構造用合板補強から、間柱と継手受材をなくした工法。								
	技術の特徴 ・一般流通品なので取り扱いが容易。						コスト		
	・						サンプル構造		38,574 円/KN
	・						設計見積り例		-
公的機関による技術評価・性能証明					実験実施機関				
機関名					名古屋工業大学				
評価番号					その他				
評価取得日									
適用範囲					写真・図				
構法					木造在来軸組工法				
規模									
基礎・地盤					特になし				
適用部位					内外壁				
その他					特になし				
主要構成部材の仕様									
構造用合板 厚 9mm 以上 大壁									
釘 N50, CN50 @100 以下									
耐震性能									
評価仕様: 直貼大壁仕様									
大壁					壁基準耐力	壁基準剛性			
					3.64 kN/m	511kNrad/m			
A-111 からの低減係数 $\alpha = 0.7$									
大壁 壁基準耐力 $5.2 \times 0.7 = 3.64$									
設計方法									
①柱接合部による低減									
取付部分が健全であること									
②劣化による低減									
取付部分が健全であること									
施工者指定									
特になし									
その他									

大壁 裏打ちなし  
構造用合板 厚 9mm 以上  
釘 N50, CN50 @100mm 以下  
四周打ち

図 1 評価シート例

## 2. 個別研究開発項目（2）：リフォーム、維持管理とリンクした合理的設計・施工方法の体系化

木造住宅の耐震改修とリフォーム工事を併用した事例を集めることで、リフォーム項目とそこに用いられた耐震改修工法との相関を探った。調査はウェブ、雑誌、設計者・工務店事例聞き取り等により行った。

リフォーム雑誌の調査結果では、インテリア工事や外構工事ではなく躯体境界まで工事範囲となる以下の工事に耐震改修併用の可能性があることが分かった。

これらのリフォーム項目と耐震改修工事の相関を結び、これに家主の要望、注意点（備考）を加えたリフォーム併用耐震改修選択表(表 5)を作成した。この選択表は家主へ耐震診断またはその結果報告の折に、設計者が要望調査で用いることを想定している。左の欄を上から聞いていって、要望のある項目からそのリフォーム内容を説明し、その右欄の併用できる耐震改修工法が同時にできることを説明し、改修実施へのきっかけとしてもらうものである。

表 5 リフォーム併用耐震改修選択表

要望	リフォーム工事代表内容	併用耐震改修工法	備考
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 雨漏り，屋根の不陸・見栄えを直したい</li> <li>➤ トップライトを付けて明るくしたい</li> </ul>	屋根リフォーム 瓦屋根の葺き替え。トップライトの設置	軽量屋根＋葺き土無しで屋根の軽量化	合わせて雨漏り経路の補修
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 外装材の劣化があり替えたい</li> <li>➤ 隙間風を防ぎたい</li> </ul>	外装材リフォーム モルタル塗りからサイディング張りへ	外装材下地に耐震壁を設置①，外部から接合部金物補強⑩，基礎のひび割れ補修⑪	合わせて劣化部材の補修・取替え 合わせて断熱リフォーム
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 屋根裏が暑い，部屋が寒い</li> </ul>	断熱リフォーム 屋根・天井，壁，床への断熱材挿入	内装材下地に耐力壁を設置②，可能な接合部金物補強⑩	合わせて劣化部材の補修・取替え
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 床の段差や移動が大変</li> </ul>	バリアフリーリフォーム 段差解消，すべり止め等の床工事，手すりの設置	手すり設置壁下地に耐力壁を設置②③，可能な接合部金物補強⑩	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 床の張替えがしたい。床暖房にしたい</li> <li>➤ 畳生活から椅子生活にしたい</li> </ul>	床リフォーム 床材張替え，床暖房，断熱材設置	可能な接合部金物補強⑩，基礎の補修⑪	合わせて劣化部材の補修・取替え
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 浴室を新しくしたい</li> </ul>	浴室リフォーム ユニットバス設置	周囲に耐力壁を設置②，可能な接合部金物補強⑩，基礎の補修⑪	合わせて劣化部材の補修・取替え
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ キッチン新しくしたい</li> </ul>	台所リフォーム キッチンの取り換え，位置の変更，床下収納設置，クロス張替え	周囲に耐力壁を設置②，可能な接合部金物補強⑩，基礎の補修⑪	合わせて劣化部材の補修・取替え
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ トイレ・洗面を新しくしたい</li> </ul>	トイレ洗面リフォーム トイレ機器，洗面の取り換え，手すりの設置	床天井間内装材下地に耐力壁を設置③	合わせて劣化部材の補修・取替え
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 部屋の模様替えがしたい</li> <li>➤ ウォークインクロゼットがほしい</li> </ul>	内装リフォーム 家具の移動，クロス張替え。クロゼット区画設置	床天井間内装材下地に耐力壁を設置③，透過型耐力壁を設置④	合わせて家具の転倒防止

<使用イメージ>

要望	リフォーム工事代表内容	併用耐震改修工法	備考
<ul style="list-style-type: none"> <li>雨漏り、屋根の不陸・見栄えを直したい</li> <li>トップライトを付けて明るくしたい</li> </ul>	<b>屋根リフォーム</b> 瓦屋根の葺き替え。トップライトの設置	軽量屋根+葺き土無しで屋根の軽量化	合わせて雨漏り経路の補修
<ul style="list-style-type: none"> <li>外装材の劣化があり替えたい</li> <li>隙間風を防ぎたい</li> </ul>	<b>外装材リフォーム</b> モルタル塗りからサイディング張りへ	外装材下地に耐震壁を設置①、外部から接合部金物補強⑩、基礎のひび割れ補修⑪	合わせて劣化部材の補修・取替え
<ul style="list-style-type: none"> <li>屋根裏が暑い、部屋が寒い</li> <li><b>床の段差や移動が大変</b></li> </ul>	<b>断熱リフォーム</b> 屋根・天井、壁、床への断熱材挿入	内装材下地に耐力壁を設置②、可能な接合部金物補強⑩	合わせて劣化部材の補修・取替え
<ul style="list-style-type: none"> <li>床の張替えがしたい。床暖房にしたい</li> <li>畳生活から椅子生活にしたい</li> </ul>	<b>バリアフリーリフォーム</b> 段差解消、すべり止め等の床工事、手すりの設置	手すり設置壁下地に耐力壁を設置②③、可能な接合部金物補強⑩	
<ul style="list-style-type: none"> <li>浴室を新しくしたい</li> </ul>	<b>床リフォーム</b> 床材張替え、床暖房、断熱材設置	可能な接合部金物補強⑩、基礎の補修⑪	合わせて劣化部材の補修・取替え
<ul style="list-style-type: none"> <li>キッチン新しくしたい</li> </ul>	<b>浴室リフォーム</b> ユニットバス設置	周囲に耐力壁を設置②、可能な接合部金物補強⑩、基礎の補修⑪	合わせて劣化部材の補修・取替え
<ul style="list-style-type: none"> <li>トイレ・洗面を新しくしたい</li> </ul>	<b>台所リフォーム</b> キッチンの取り換え、位置の変更、床下収納設置、クロス張替え	周囲に耐力壁を設置②、可能な接合部金物補強⑩、基礎の補修⑪	合わせて劣化部材の補修・取替え
<ul style="list-style-type: none"> <li>部屋の模様替えがしたい</li> <li>ウォークインクローゼットがほしい</li> </ul>	<b>トイレ洗面リフォーム</b> トイレ機器、洗面の取り換え、手すりの設置	床天井間内装材下地耐力壁を設置③	合わせて劣化部材の補修・取替え
	<b>内装リフォーム</b> 家具の移動、クロス張替え。クローゼット区画設置	床天井間内装材下地耐力壁を設置③、透過型耐力壁を設置④	合わせて家具の転倒防止

②内装材下地耐力壁 床天井解体有

壁基準耐力	～3.0kN/m		3.0～5.0kN/m	
	有	無	有	無
床天井解体	有	無	有	無
2万円以下				
3万円以下			A-2221 間横	
4万円以下			A-311 標準真壁 A-422 1 間横	
6万円以下	A-223 1 間横 A-423 1 間横			
6万円超え	A-326 1 間横 A-426 1 間横		A-273 換気扇 TRCダンパー	

③内装材下地耐力壁 床天井解体無し

壁基準耐力	～3.0kN/m		3.0～5.0kN/m	
	有	無	有	無
床天井解体	有	無	有	無
2万円以下			A-131 上下あき A-233 1 間横 A-242 上下あき A-335 上下あき	
3万円以下			A-435 上下あき A-442 上下あき あんしんN アラテクト	

### 3. 個別研究開発項目（3）：南海トラフ巨大地震に対する全壊確率の計算とリスク情報の整理

ハザード情報、脆弱性情報を整理し、南海トラフ巨大地震に対するリスク情報をわかりやすく提供するための情報を整理した。リスク評価結果は、耐震診断評点ごとに取り纏めるとリスクマップとして表すことができる。その評価例として、図3.1に耐震診断評点が0.3, 0.7, および1.0のときの今後30年間の全壊リスクマップを示す。地震ハザードマップでは、どこでどの程度の大きな地震動が発生しうるかというものは表現できるものの、どこでどの程度大きな被害が起こりうるかというものは表現しきれない。このようなリスクマップは、行政にとっても地域・地区毎の効率的な耐震改修支援制度を構築する上で有用な情報となる。

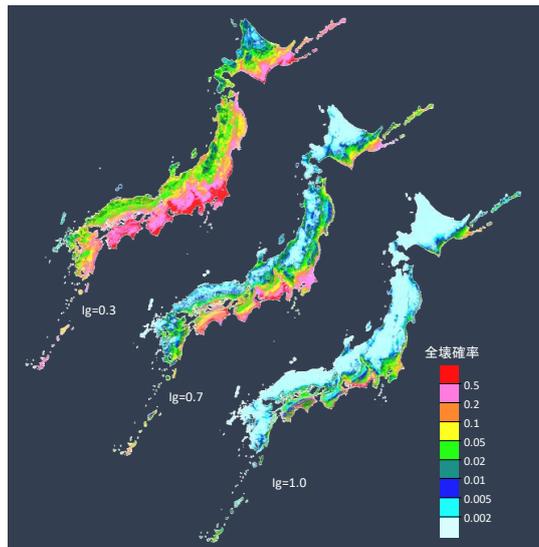


図2 耐震診断評点が0.3, 0.7, および1.0のときの今後30年間の全壊リスクマップ

#### 4. 個別研究開発項目（4）：住宅所有者をその気にさせるための意思決定支援ツールと説明技術の開発

ワークショップでの成果と本事業の個別開発項目（1）～（3）の成果を受け、安価な耐震改修工事を実現するために耐震改修工事のエキスパートが一般の建築士・設計士に技術的な内容を伝えるための5つの説明ツールを開発した。

##### 1) 精算法，簡易 Ai 法，偏心率を用いた耐震診断値算出ツールの作成

耐震診断手法は汎用性があり簡便であると同時に，合理的な改修設計に向けた十分な精度が要求される。本事業では，一般的に用いられている診断法と精密な印段法を部分的に融合させ，簡便性を兼ね備えた高精度な診断手法を開発した。

##### 2) 「木造住宅の耐震改修促進に向けて」木造住宅の耐震リフォーム達人塾テキスト

耐震診断から改修設計・現場施工まで，合理的で安価に耐震改修工事を実施するためのノウハウを集めたテキストである。本事業で目標とする耐震化率の飛躍的向上のための技術的な内容が網羅されている。建築士・設計士向けの講習会「達人塾」ではメインテキストとして位置づけている。

##### 3) 耐震改修の促進に向けて（行政編）

行政の耐震化促進担当者が設計士・建築士や地域住民，町内会等といかにして協働し耐震化を促進していくかを具体的に紹介したテキストである。

##### 4) 耐震改修コストダウンのかくしわざ（施工編）

改修工事現場での工夫が改修コストを大幅に低減できることを具体的な施工例から紹介したテキストである。技術的な内容のみならず，改修工事中の住宅所有者との接し方や，所有者からの信用を得るための姿勢など，まさに耐震化を促進させるためのかくしわざを具体的に紹介している。

##### 5) 耐震改修コストダウンのかくしわざ（設計編）

耐震改修設計時のコストダウンの技術として必要耐力の算定と N 値計算（柱の引き抜き力計算）を対象とし，それらの技術的な内容を事例とともに演習形式でわかりやすく整理したテキストである。また，対応する Excel シートのダウンロードサービスも実施している。

また，住宅所有者が自宅の耐震改修工事を意思決定するために，建築士・設計士が住宅所有者に説明するための意思決定支援ツールとして下記の3つのツールを開発した。

##### 1) 耐震リフォーム事例パンフレット

住宅所有者が自宅の耐震改修工事を意思決定するためには，耐震改修工事の実例を通して改修工事を身近なものとして認識させること，改修効果の実感と費用の関係を具体的に伝えることが重要である。こうした観点から，9つの耐震改修工事の実例を紹介する事例集パンフレットを作成した。各事例には住宅の規模，築年数，改修前後の評点，改修前後の写真，改修費用等をわかりやすくレイアウトし，耐震改修工事を考える機会を与える内容構成としている。

##### 2) ホームページ「リスクで考える耐震リフォームのすすめ」

現在，愛知県を対象として運用しているホームページに個別開発項目（3）で得られた地盤情報とリスク計算手法を適用し，全国版のインターネット上のツールとして公開した。自宅の住所と耐震診断評点を入力することで，死亡率，全壊率，避難確率，損失額等が耐震改修後の目標評点との関係で示される

(<http://national.taisin-reform.net/index.php>)。

##### 3) 「木造住宅の耐震リフォーム」パンフレット（改定版）

平成 21 年に製作したパンフレット「木造住宅の耐震リフォーム」に個別開発項目（1）で開発した有開口面材耐力壁を紹介する項目を追加するとともに，個別開発項目（3）で整理した地盤情報，リスク情報を反映させる改定を実施し，改定版としてアップデートした。



図3 耐震リフォーム事例パンフレット

(9) 論文発表等に関する件数

原著論文 (査読あり)	原著論文 (査読なし)	原著論文以外 (新聞・雑誌等)	その他 (パネル・ポスター等)	合計
0 件	4 件	17 件	0 件	21 件

(10) 知的財産権に関する件数

特許権 (取得)	特許権 (出願)	その他 (実用新案・商標等)	合計
0 件	0 件	0 件	0 件

(11) 成果の実用化の見通し

開発した工法は 16 の府県で行政の補助対象工法として認定されすでに実用化されている。また、開発した意思決定支援ツールを普及させる技術講習を 12 の府県 14 会場で実施し、2,000 名を超える建築士に開発技術の普及教育を実施した。

(12) その他

なし