

3.1.2 簡便・高精度な耐震診断技術及び耐震補強技術の開発

3.1.2.1 耐震診断・補強方法の検討及び開発

目次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5ヵ年の年次実施計画
- (e) 平成14年度業務目的

(2) 平成14年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
 - 1) 現行の耐震診断技術の整理
 - 2) 補強した既存建物の耐震性能評価と補強方法の一例の性能
 - 3) 耐震補強技術と補強の目的に見合った性能評価方法の検討
- (c) 業務の成果
 - 1) 現行の耐震診断技術の整理
 - 2) 補強した既存建物の耐震性能評価と補強方法の一例の性能
 - 3) 耐震補強技術と補強の目的に見合った性能評価方法の検討
- (d) 結論ならびに今後の課題
 - 1) 現行の耐震診断技術の整理
 - 2) 補強した既存建物の耐震性能評価と補強方法の一例の性能
 - 3) 耐震補強技術と補強の目的に見合った性能評価方法の検討
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成15年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 耐震診断・補強方法の検討及び開発

(b) 担当者

所属	役職	氏名
独立行政法人建築研究所構造研究グループ	グループ長	岡田恒
	主任研究員	五十田博
同 材料研究グループ	主任研究員	山口修由
	主任研究員	槌本敬大

(c) 業務の目的

地震被災度の高い既存木造建物に対して、耐震安全性を高めるため、耐震診断技術の開発、耐震補強指針の開発、行政ならびに市民が容易に理解でき普及可能性の高い耐震補強技術の開発、耐震補強後の建物についての耐震補強診断技術の開発をおこなう。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 平成14年度

既往の研究の整理

現行の耐震診断技術の整理 - 1)耐震性能評価方法、2)耐震診断の項目、3)適用範囲、4)方法間の評点の違い、地震被害との関連

耐震補強後の耐震診断法の精度比較 - 同じ平面を持つ建物に典型的な補強方法を施工すると想定して、耐震精密診断、密集市街地における防災街区の整備に関する法律における既存木造建築物の耐震診断基準、許容応力度、エネルギー法、限界耐力計算、時刻歴応答、などの計算をし、必要とされる耐震補強の量の違いを明らかにした。

補強構法の性能 - 4種類に対する構造実験と性能評価

耐震補強技術の収集と性能評価方針の作成

2) 平成15年度

様々な耐震補強をおこなった木造構面の静的・動的水平載荷試験により、耐震補強効果を明確にする。

建築年代、平面計画など耐震性能の異なる木造住宅に耐震補強を施したケーススタディをおこない、建物種別、耐震補強別、目標耐震性能別に、耐震補強コスト、施工期間などを比較する

3) 平成16年度

- ・前年同様、耐震性能評価の精度及び耐震補強効果に関する研究を続けるとともに、最新技術を導入した場合のコスト対耐震診断の精度、コスト対効果のおよその関係を明らかにする。具体的には、最新の耐震診断への非破壊検査方法の導入であり、耐震補強としての免震・制震の効果等に付いても検討する。

4) 平成17年度

- ・「震動台活用による耐震性向上研究」の成果を踏まえ、性能評価手法、耐震補強効果の試算を任意地域に対して実施する。

5) 平成18年度

制度の運用に当たって、最終的な耐震診断、耐震補強の意志決定は、各住宅の個別性による部分が多い。従って、住宅やその所有者の特性に応じて適切な選択が可能となるような、耐震診断、補強方法のメニュー化を行う。

全体のまとめをおこなう。

(e) 平成14年度業務目的

耐力壁で抵抗する形式耐震診断方法を整理し、方法間の違い、課題などを抽出する。

補強方法に用いられる性能検証法の精度を比較し、診断法と耐震性能の関連を明確化する。

補強方法の数例に対する構造実験をおこない、補強方法の数例の性能を把握する。

耐震補強技術を収集し、現状の耐震補強方法を整理するとともに、それぞれの耐震補強技術の評価の現状を把握する。

(2) 平成14年度の成果

(a) 業務の要約

現行の耐震診断技術について、1)耐震性能評価方法、2)耐震診断の項目、3)適用範囲、4)方法間の評点の違いなどを整理するとともに、現行の問題点のひとつが劣化と構造性能の関連性にあるという認識に基づいて、部材劣化と建物の構造性能に関連する既往の研究を整理した。さらに、補強したによる既存建物の耐震性能評価例の作成として、同じ平面を持つ建物に典型的な補強方法を施工すると想定して、耐震精密診断、密集市街地における防災街区の整備の促進に関する法律における既存木造建築物の耐震診断基準、許容応力度、エネルギー法、限界耐力計算、時刻歴応答計算をおこなった。その結果、現行の性能評価法では要求耐震性能に1~1.5倍にも及び隔たりがあることを明らかにした。また、典型的な補強構法について実験をおこない、性能を把握した。そして、耐震補強技術の収集するとともに、それぞれ補強方法の目的に見合った性能評価方法について検討をおこない、現行の耐震精密診断が強度抵抗型の補強方法を評価するのに優れており、エネルギー吸収で振動制御をおこなう方法に適さないこと、エネルギー吸収で振動制御をおこなう方法を適切に評価する耐震診断法が社会的に期待されていることを明らかにした。

(b) 業務の実施方法

業務を実施するに当たり、以下のメンバーらで構成されるワーキンググループを結成し、全体計画と研究戦略、個別の作業と作業分担、結果と考察、今後の進め方などを議論した。

独立行政法人建築研究所(前掲の担当者+中島史郎主任研究員、宮村雅史主任研究員)

国土技術政策総合研究所(河合直人構造基準室長)

日本建築構造技術者協会(木林長仁木造部会長、白石梢木造耐震補強WG主査、他)

まず、本業務の成果はこれらのメンバーの労によるところが大きいことをここに記す。さて、平成14年度の業務は大きく以下の3課題に分類される。

- 1) 現行の耐震診断技術の整理
- 2) 補強した既存建物の耐震性能評価と補強方法の一例の性能
- 3) 耐震補強技術と補強の目的に見合った性能評価方法の検討

以下、それぞれの課題について実施方法を記す。

1) 現行の耐震診断技術の整理

「木造住宅の耐震精密診断と補強方法」について、以前、耐震診断の結果（総合評点）と地震被災度を比較し、耐震診断手法の有効性について検討した。この結果、この耐震診断法は、明らかに耐震性に問題のある建物の選別が可能であり、耐震診断法として十分な精度を持っていることを明らかにした。しかし、地震被災度と総合評点と直接的な相関関係は見られず、地震被災度を精確に予測する耐震診断法として検討の余地が残されていることもわかった。また、近年、全国的に木造住宅の耐震診断が幅広く実施されているが、耐震診断がなかなか耐震補強の実施に結びつかない、という問題が指摘されている。

以上、2つの問題の解決に向けた検討をおこなうための第一段階として、現在の耐震性能の評価法について、相互の関連を検討する目的で1995年阪神淡路大震災で被災した建物について、いくつかの性能評価法を適用し、それぞれの評価値を比較した。加えて、被災度と評価値の相関性を検討した。分析方法は以下のとおりである。

表1 対象建物数

分析対象 対象建物は、東京大学坂本研究室が調査した、阪神大震災による被災住宅である。調査した建物のうち、以下の条件を満たすものとした。結果的に、上記条件を満たす住宅は、表1のようであった。

条件1：間取りに加え、筋交いなど耐力壁の位置の特定できるもの

条件2：被災度が判定できるだけの情報が整っているもの

地域	合計(棟)
宝塚	32
西宮	19
(小計)	51
神戸	35
津名郡	5
(小計)	40
合計	91

被災度の判定 耐震診断の結果を、被災度との関係で捉えるために、まず、対象建物の被災度を判定した。対象建物の阪神大震災における被災の情報は、以下の2つである。

< 現地調査データ >

東京大学坂本研究室が、平成7年1月19日から6月10日までの間に、現地調査した時のデータ。2人1組の調査チームが外観調査や、許可が得られた場合には、居住者への聞き取り調査、内部調査などを実施し、調査シートに記入した情報、外観写真、スケッチ、メモ、調査者による被災度の判定など。

< はがきアンケートデータ >

東京大学坂本研究室、現地調査を行った際に、外観調査程度に留まった建物に対し

て、アンケートはがきを配布し、回収できたデータ。アンケートに居住者が申告した被害情報。

以上の情報をもとに、当該建物の被災度を0～5の6段階に分類した。被災度のランクは、以下の通りである。なお、このランクは、独自に設定したもので、公的な判定基準に於ける被災度のランクとは一致しない。以上のような方法で判定した結果を、表2に示す。

- 0：無被害
- 1：軽微：モルタル外壁のひび割れ、風呂のタイルのひび割れなど
- 2：小破：モルタル外壁の部分的剥落、風呂タイルの剥落、など
- 3：中破：モルタル外壁の部分的剥落、内壁の剥落などが生じている。
- 4：大破：内壁や外壁が大破しており、建て替えるであろうと考えられる状態
- 5：倒壊：完全に倒壊している、又は、鉛直荷重を支えられない状態

表2 被災度と地域

地域	0	1	2	3	4	5	合計
宝塚	10	6	8	6	2	0	32
西宮	0	4	6	4	4	1	19
(小計)	10	10	14	10	6	1	51
神戸	4	9	7	8	7	0	35
津名郡	0	0	0	4	1	0	5
(小計)	14	9	7	12	8	0	40
合計	14	19	21	22	14	1	91

耐震診断の方法 診断は、「耐震精密診断」に準拠した。「耐震精密診断」は、「A.地盤・基礎」、「B×C.偏心」、「D×E.水平抵抗力」、「F.老朽度」の積から総合評点を算出する。ここでは、「A.地盤・基礎」、「F.老朽度」は、全ての住宅において問題なしと仮定し、この2つの項目は評点を1.0とした。「D×E.水平抵抗力」の評点の算出に表3に示す7つの方法を用いた。その際の必要壁量、存在壁量の算出方法は、「基準法」及び「品確法」で定められている壁量を用いた。

表 3 耐震診断の方法

名称	必要壁量の設定	存在壁量の設定					
		筋かい		無開口雑壁の考慮	垂壁・腰壁の考慮	ラーメン係数	
		有無	位置				
方法A	簡筋無	耐震精密診断	なし		60cm以上 一律1.0倍	なし	0.25
方法B	簡筋有	耐震精密診断	あり	不明	60cm以上 一律1.0倍	なし	0.25
方法C	精両壁	耐震精密診断	あり	特定	60cm以上 内壁 = 0.5倍 外壁 = 0.5倍 (耐力壁扱い)	なし	0.25
方法D	精片壁	耐震精密診断	あり	特定	60cm以上 外壁のみ = 0.5倍 (耐力壁扱い)	なし	0.25
方法E	準品確	品確法	あり	特定	60cm以上 内壁 = 0.5倍 外壁 = 0.5倍 (耐力壁扱い)	なし	0
方法F	品確法	品確法	あり	特定	準耐力壁等のみ	準耐力壁等のみ	0
方法G	品確改	品確法	あり	特定	準耐力壁等として 内壁・外壁 (全 ての壁の材料、 全ての壁について)	準耐力壁等として 内壁・外壁 (全ての壁の材料、 全ての壁について)	0

以上の検討は基礎・地盤の影響が加味されておらず、さらに評点も各方向で算出した値のうち小さいほうの値を用いている。そこで、この2つの影響についての追跡調査をおこない、影響の有無、傾向を検討した。以下にこの検討の方法を示す。

調査対象 1995年阪神淡路大震災の震度 の地域(淡路島)において、新耐震設計法の施行以前に着工された木造在来軸組構法による建物のうち、「わが家の耐震診断」を受けた7棟の建物を調査対象とした。調査建物の概要を表1に示す。これらの建物は全て2階建、土塗壁(室内側真壁、外装はスギ板またはサイディング張)を持ち、土葺き(厚3~5cm)の瓦屋根を使用していた。品確法(後述)で評価される準耐力壁に相当する壁は、用いられていなかった。基礎は、延石(切石)あるいはコンクリート布基礎であった。なお、これらの建物は1995年阪神淡路大震災によって、小破から中破程度の被害を受けていた。

・調査、分析および診断方法 以上の7棟の建物に対して、復旧調査、地震被害調査と耐震精密診断を2003年3月に実施した。耐震診断は、復旧以前(被災時)の建物に対しておこなった。

被災度 地震被害調査は、被災度区分判定の方法に従い、基礎、床組、軸組、軸組壁、仕上げ材、屋根の各項目について調査した。軸組の損傷状況に関しては、建物の1階の残留変形を下げ振り等で実測して、残留変形から決定した。この場合の損傷状況のランクは残留変形量から、

ランク1（軽微）残留変形なし、

ランク2（小破）1/60以下

ランク3（中破）1/60以上、1/20以下

ランク4（大破）1/20以上、1/10以下

ランク5（破壊）1/10以上

とした。軸組壁、仕上げ材、屋根については、被害写真例を用いて、聞き取り調査により損傷状況のランクを決定した。本調査では「損傷状況による被災度ランク」から部位別被災度を定め、部位別被災度の平均値を総合被災度とした。

地盤・基礎、老朽度の診断法 Aの地盤・基礎、Fの老朽度については目視により調査した。所要壁長の屋根部分の重み付け係数として、重い屋根の場合は15を、土葺き(3cm)の場合は21を用いた。筋かい、サイディング、スギ板の壁倍率はそれぞれ、2、0、0とした。

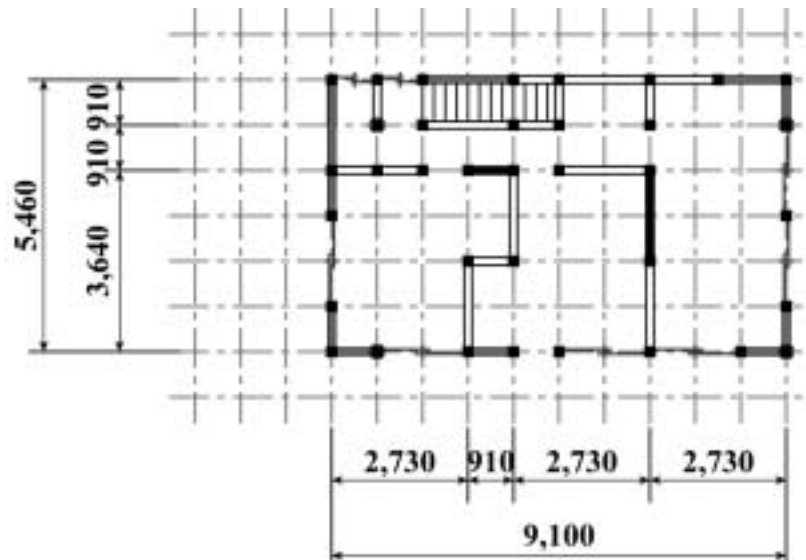
2) 補強した既存建物の耐震性能評価と補強方法の一例の性能

a) 補強した既存建物の耐震性能評価

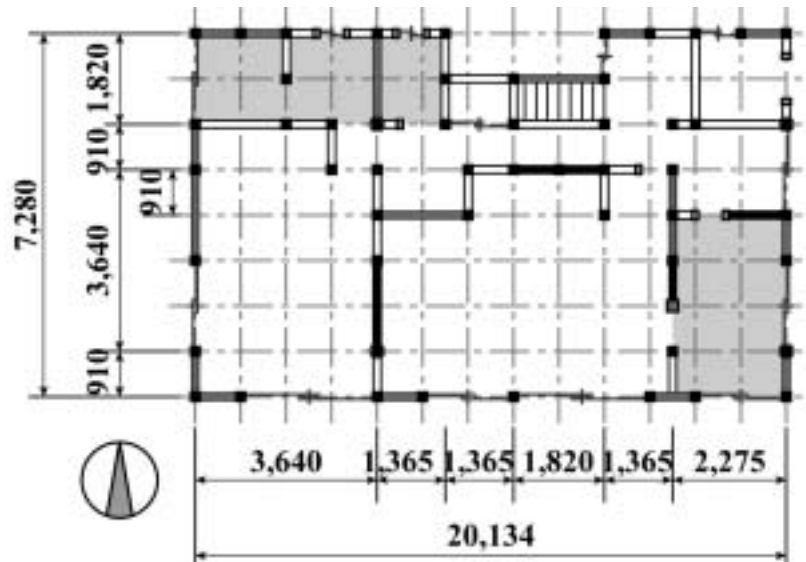
任意の建物を補強するとして、いくつかの方法を用いて耐震性能評価をおこない、評価結果の違いを明らかにする。このデータは今後様々な耐震補強構法を評価する検証法を作成する上での基礎資料となる。

対象建物

対象建物を図1に示す。補強以前の耐震精密診断の結果は0.45であり、濃い線の部分に耐力壁を付加し、補強したとみなした。



(b) 2階平面図



(a) 1階平面図

図1 耐震要素配置図

地盤条件：第2種地盤 規模：木造2階建・瓦葺 延床面積：132.91 m² 各階階高：
 1階 2.9 m, 2階 2.9 m 外壁仕様：ラスモルタル木摺下地 構造種別：木造軸組構造
 基礎仕様：RC造布基礎 補強耐震要素（線が濃い部分）：合板パネル（1階：壁倍率
 5.0、2階：壁倍率2.5）

補強後の耐震診断 まず、補強後の耐力壁の仕様、および壁長さに基づいて、建築基準法で必要とされる壁量の検討をおこなう。ついで「建防協精密診断法」、「密集市街地防災整備促進法」、「エネルギー法」、「限界耐力計算法」、「時刻歴応答解析法」、「許容応力度法」の各手法に基づいて大地震時の応答性状の検討を行う。

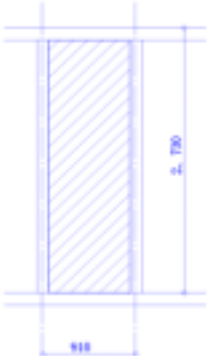

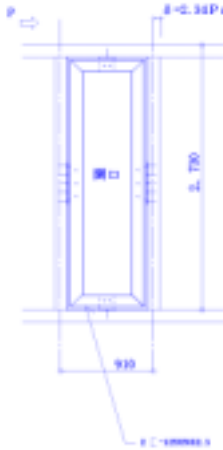
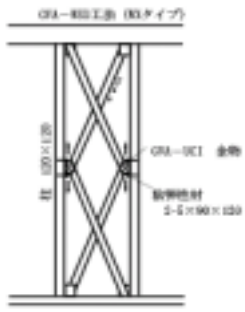
b)補強した建物の耐震性能評価

耐震補強の一例として図2に示す合板壁、鉄筋ブレース、鉄骨フレーム補強、粘性ダン

パーを用いた壁を取り上げ、のせん断実験をおこない、構造性能の把握を試みた。なお、全ての壁は壁倍率が5.0となるように設計をおこなっている。

加力は2000年改正建築基準法施工令第46条4項表1の(八)、「木造軸組耐力壁の実験方法」に基づいておこなうこととした。以下に流れを示す。

- ・加力方法は正負交番繰返し加力(変位制御)とし、繰返し履歴は見かけのせん断変形角が $1/450$ 、 $1/300$ 、 $1/200$ 、 $1/150$ 、 $1/100$ 、 $1/75$ 、 $1/50$ radの正負変形時まで加力する。
- ・加力は同一荷重段階で3回の繰返し加力を行う。
- ・最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するまで加力するか、試験体の変形角が $1/15$ rad以上に達するまで加力する。

補強案				
	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
	パネル補強案	ブレース補強案	フル補強案	履歴ダンパー案
				
補強形態	構造形台積x12 両面貼り			
耐力算定		$T_{max}=0.75 \times 0.9 \times 1.23=0.85t$ $P_{max}=T_{max}/3.17=0.267/3.17=0.084t$		
変形角1/120の耐震		$P(1/120)=0.273/120/1.23=1.89t$	$P(1/120)=0.273/120/2.34=0.97t$ この時点で耐力を超過しない	
P_a		$P_a=0.96t$	$P_a=0.97t$	
倍率	5.0倍	$\alpha=P_a/(0.2 \times L)=5.27$ 倍	$\alpha=P_a/(0.2 \times L)=5.34$ 倍	

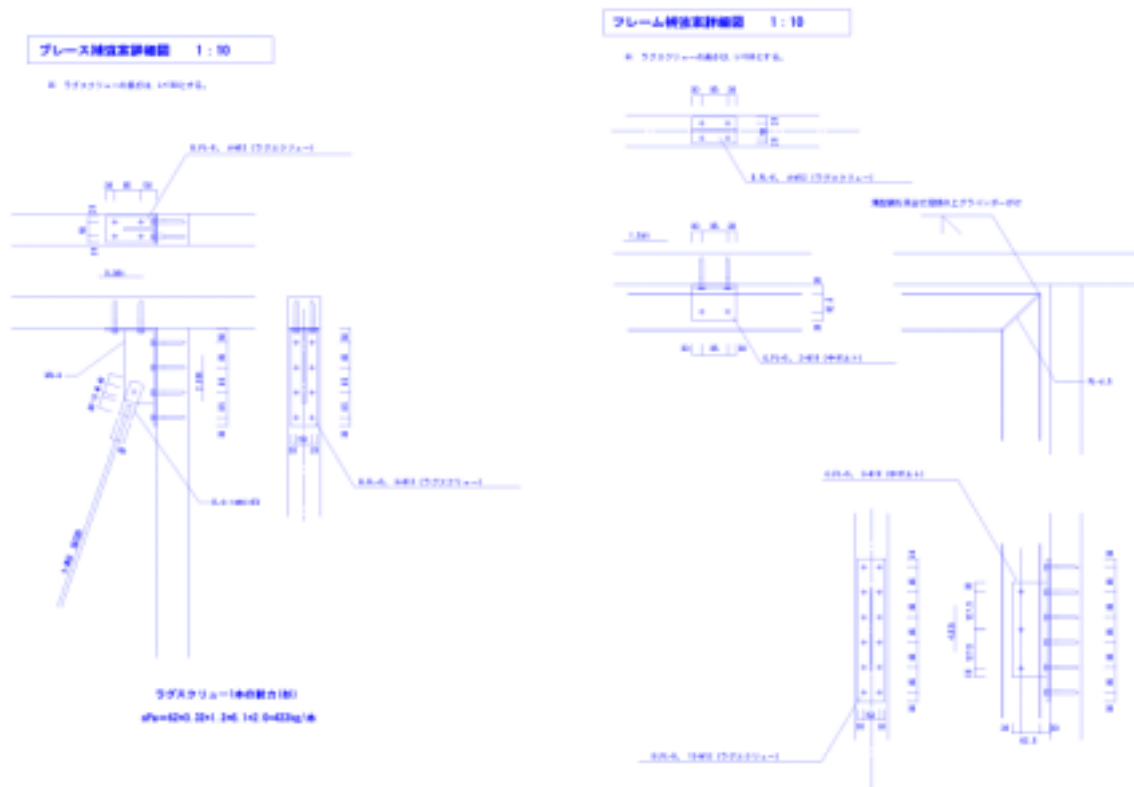


図2 耐震補強方法の一例

3) 耐震補強技術と補強の目的に見合った性能評価方法の検討

建築研究所では平成14年度に「木造住宅の耐震補強構法技術コンペ」を実施し、最

新の耐震補強技術と性能評価事例を収集した。結果を整理し、補強の目的、コスト、性能評価法について整理する。

(c) 業務の成果

1) 現行の耐震診断技術の整理

a) 耐震診断相互の関係と地震被害の関連調査

診断法相互の関係 7つの診断法相互の関係を整理する。なお、評価は、評点ごとに分析したが、区分けして分析する場合には、「耐震精密診断」の区分と同様に、0.7未満のものを「倒壊または大破壊の危険」、0.7から1.0未満を「やや危険」、1.0から1.5未満を「一応安全」、1.5以上を「安全」としている。

<方法A(簡筋無)、方法B(簡筋有)と方法E(準品確)の比較> 図3に、方法A(簡筋無)、方法B(簡筋有)と方法E(準品確)の関係を示す。方法A(簡筋無)、方法B(簡筋有)と方法E(準品確)の間にはあまり関係性は見られない。また、それらは、ばらつきが大きいことが分かる。つまり方法Aや方法Bでは、適切な診断ができないことを示唆している。また、方法B(簡筋有)は、方法E(準品確)の評点が1.5より小さい時に、方法E(準品確)よりもの評点が高くなる場合があり、耐震診断としては危険側になることがわかる。

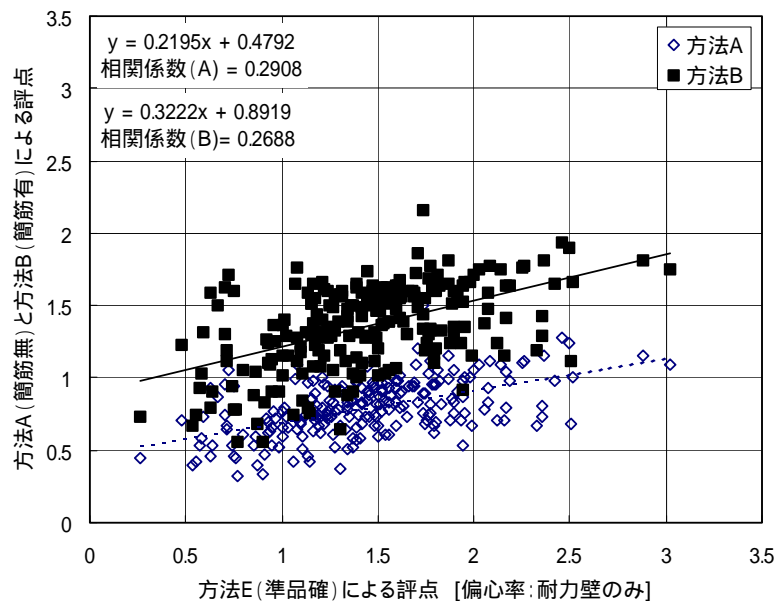


図3 方法E(準品確)と評点分布

<方法C(精両壁)、方法D(精片壁)と方法E(準品確)の比較>

図4に、方法C(精両壁)、方法D(精片壁)と方法E(準品確)の関係を示す。これらと方法E(準品確)の間には、やや高い相関が見られる。方法E(準品確)を基準にした場合、筋かいや耐力壁の位置・倍率が把握できれば、方法C(精両壁)、方法D(精片壁)でも、大凡の診断は可能であることを示している。

なお、方法D(精片壁)は、方法C(精両壁)よりも雑壁として考慮した壁量が少な

いため、評点が低くなっている。

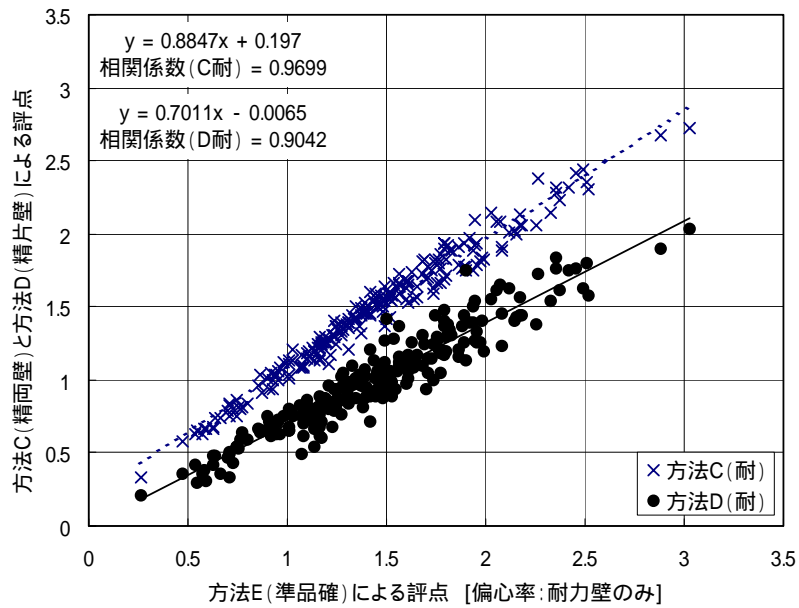


図4 方法E(準品確)と評点分布

<方法E(準品確)、方法F(品確法)と方法G(品確改)の比較> 図5に、方法E(準品確)、方法F(品確法)と方法G(品確改)の関係を示す。方法E(準品確)は、品確法でいう準耐力壁を考慮しない。しかし、内外壁の無開口部分には、それぞれ0.5倍を加えている。一方、方法F(品確法)は、品確法で認められた準耐力壁を考慮している。この両者は、ほとんど同じ結果を与えることが分かる。作業用を考慮すると、方法G(品確改)を行うメリットは小さいと考えられる。

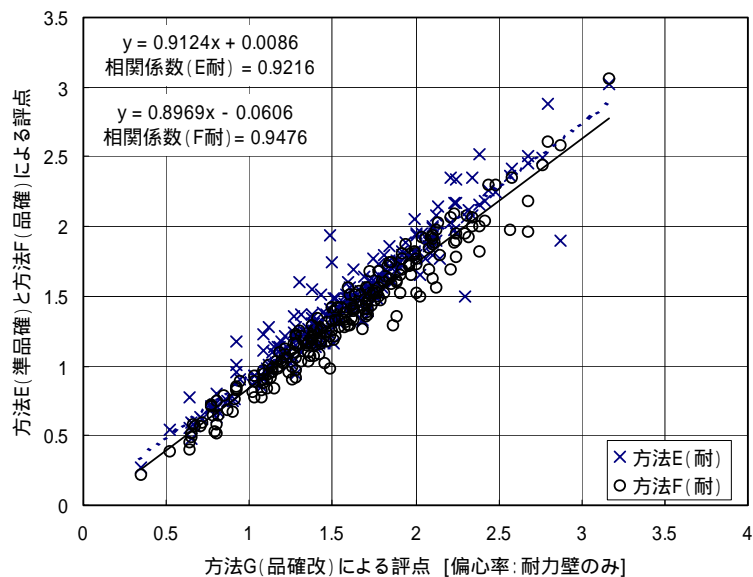


図5 方法G(品確法)と評点分布

地震被害調査との関連

<被災度と診断法 > 図6は、診断結果と被災度の関係を示している。各被災度の建物が、診断の種類により、どの程度の評価となるかを示している。診断法により、評点が異なることが分かる。

概ね、評価値が大きくなると、被災度は小さくなる傾向が見られる。しかし、診断法により、その精度には大きな差がある。無開口部分を一律に扱う方法A（簡筋無）や方法B（簡筋有）は、評価値にあまり差が見られない。被災度5の建物は1棟であるから、これを割り引いて見ると、被災度によって、ほとんど評点到に差が見られず、信頼性が低いことを示している。

一方、雑壁などを考慮すると、それだけ評点と被災度の関係が明らかになってくる。方法G（品確改）は、品確法のいわゆる準耐力壁以外の非耐力壁にも、等価な倍率を与えたものであるが、このような方法によれば、きれいな相関が見られるようになる。

また、方法C（精両壁）のように、耐力壁を個別に考慮すれば、雑壁を考慮することによる効果はそれほど大きくないことも分かる。

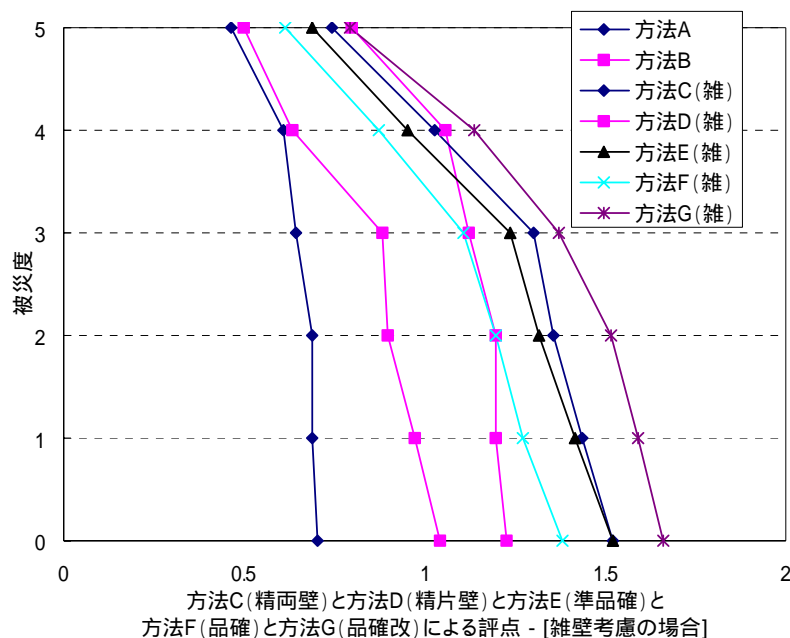


図6 診断結果と被災度の関係

<被災度と診断法 > 図7～9は、判定結果の区分ごとに被災度がどの程度かを統計処理したものである。つまり、例えば、「安全です」と判定された建物が平均的にどの程度の被災度を受けているかを示している。区分は、「耐震精密診断」の区分と同様に、0.7未満のものを「倒壊または大破壊の危険」、0.7から1.0未満を「やや危険」、1.0から1.5未満を「一応安全」、1.5以上を「安全」としている。

図7は、方法B（簡筋有）を示している。区分によっては、逆転現象も生じていることから、方法A（簡筋無）、方法B（簡筋有）の方法では、正確な判定ができていないことが分かる。一方、図8の方法C（精両壁）や、図9の方法G（品確改）になると、有意な相関が見られる。ただし、いずれも、偏差が大きく、それだけで、明快に区分できるものではないことも示している。

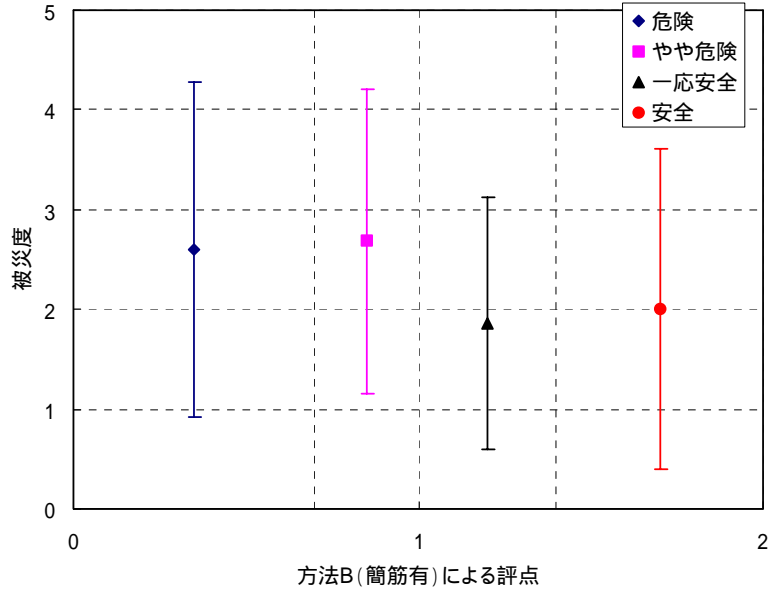


図7 判定区分ごとの平均被災度

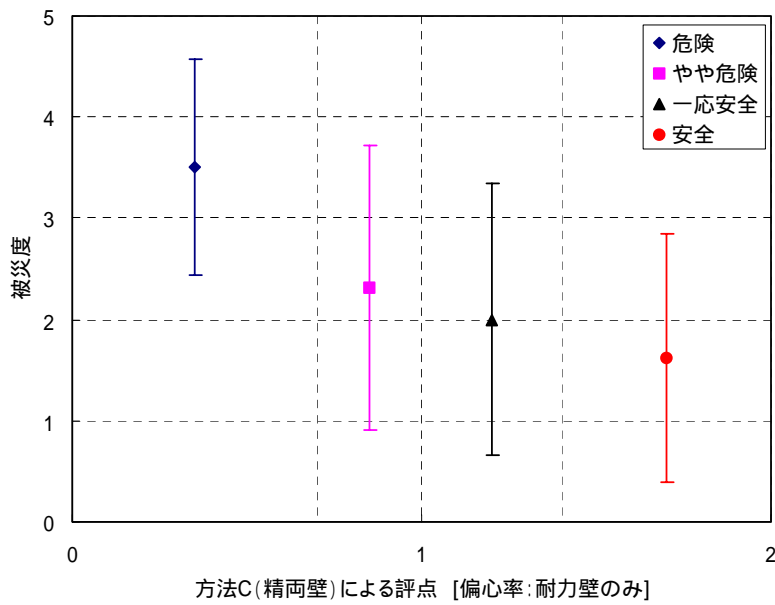


図8 判定区分ごとの平均被災度

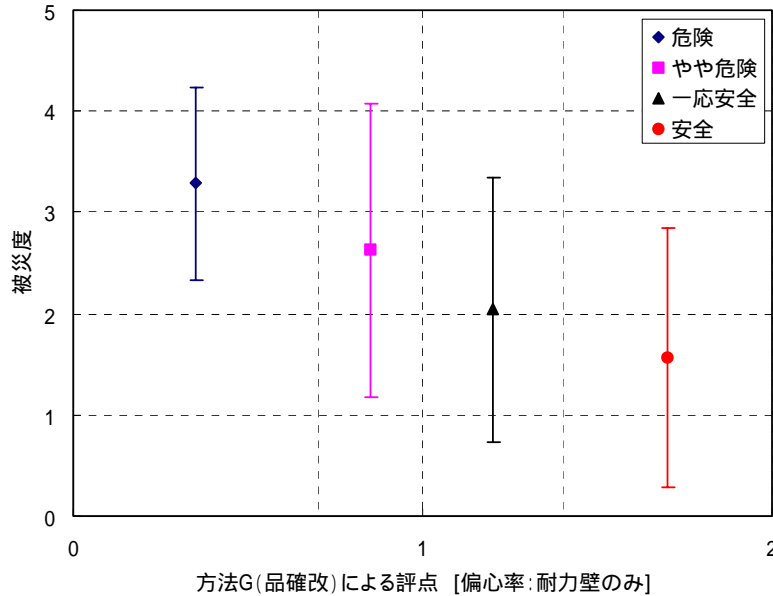


図9 判定区分ごとの平均被災度

地盤・基礎、老朽度、方向別性能の考慮 地震被害調査と分析結果（被災度区分判定の総合被災度）、耐震診断の結果（わが家の耐震診断の総合評点、耐震精密診断の各評点と総合評点）を表4に示す。総合被災度や耐震診断の総合評点は、建物の2つの方向に対して計算した。表中には、総合被災度として、2つの方向に対する値の大きい側の値、耐震診断では、小さい側の値を用いた。

表4 調査建物の概要、地震被害調査、耐震診断の結果

	建築年	用途	地震被害		耐震診断					
			被害概要	被災度区分判定	わが家 総合評点	精密診断（壁倍率0.5、重い屋根）				
				総合被災度		A	B×C	D×E	F	総合評点
1	1970	専用住宅	1/73程度傾く、瓦の半数が落	2.17	0.560	1.0	1.00	0.50	0.9	0.45
2	1976	専用住宅	1/180程度傾く、瓦多数落下	1.83	0.441	1.0	0.50	0.75	0.9	0.34
3	1981	専用住宅	1/600程度傾く、瓦多数落下	1.50	0.315	1.0	1.00	0.33	0.9	0.30
4	1961	専用住宅	1/180程度傾く、瓦一部落下	1.83	0.397	0.6	1.00	0.41	0.9	0.22
5	1926	住宅・倉庫	1/186程度傾く、瓦ずれ	1.83	0.131	0.6	0.50	0.27	0.9	0.07
6	1977	専用住宅	推定1/30傾く、震災後改修	2.83	0.315	0.5	0.78	0.40	0.9	0.14
7	1916	店舗併用住宅	1/50程度傾く、増築部大破	2.17	0.336	0.5	0.71	0.49	0.9	0.16

地盤・基礎、老朽度、方向別性能についての考察 図10-aに総合被災度と「わが家の耐震」の総合評点の関係を示す。図中に各データの近似式を示す。図11-aに土塗り壁の壁倍率に1.0を用い、必要壁量として葺き土を設定した場合「精密耐震診断」の結果を示す。図12-aには土塗り壁の壁倍率に1.0を用い、必要壁量として葺き土を設定した場合の「品確法による評価」を示す。2つの方向から得られる値を用いた場合の被災度と総合評点の関係を示す。2つの方向の総合評点と総合被災度を独立して用いる方法は、いずれの場合でも、評点と被災度との関係が右下がりとなり、改善しているといえる。当然のことであるが、方向別に被災度と評点の比較によって、より明確に説明することが可能と考えられる。また、施主への説明の際にも、1つの建物の耐震性能を2

つ方向で異なることを示し、弱い方向について補強の必要性を理解していただくことが望ましい。

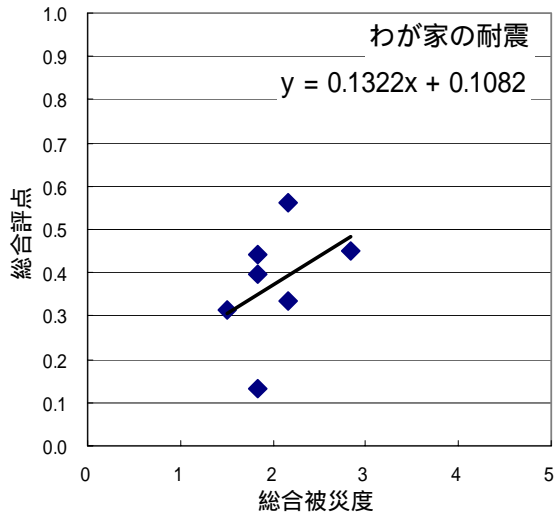


図 1 0 - a わが家と被災度(1方向)

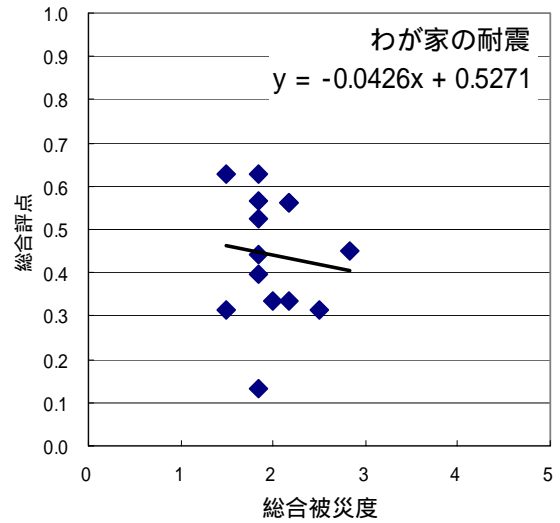


図 1 0 - b わが家と被災度(2方向)

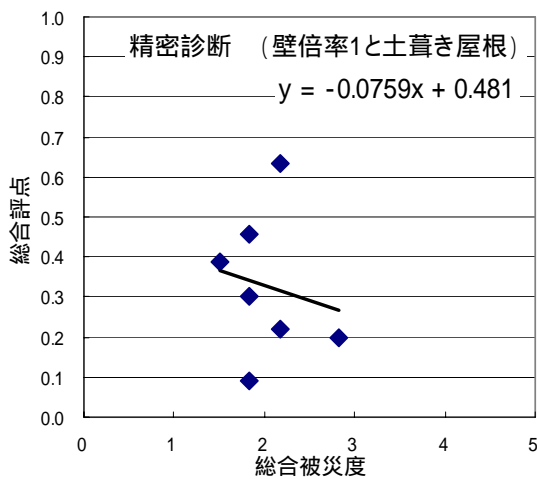


図 1 1 - a 精密診断と被災度(1方向)

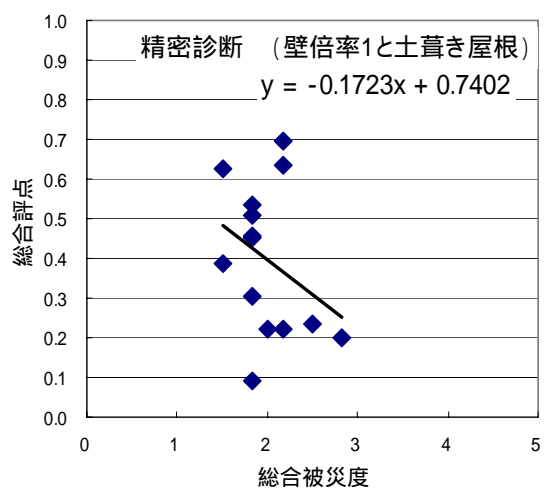


図 1 1 - b 精密診断と被災度(2方向)

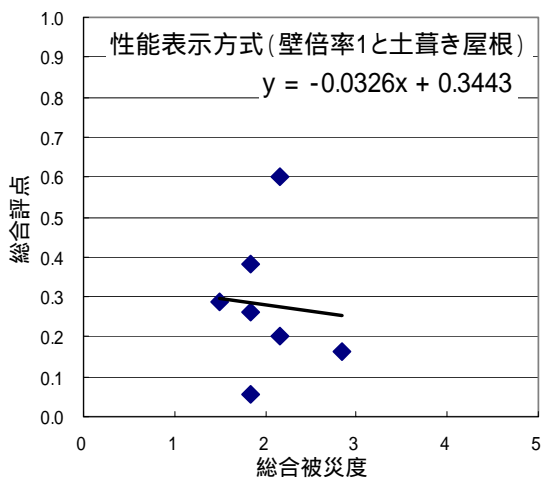


図 1 2 - a 品確法と被災度(1方向)

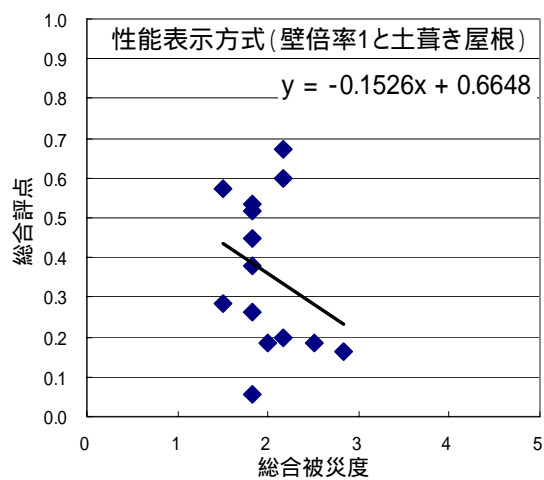


図 1 2 - b 品確法と被災度(2方向)

b) 既存木造住宅の劣化に関する既往の研究の整理

木造住宅、木材に関する耐久性に関する既往の研究として、集中的に検討がなされ、かつ、最も体系的に整理されたものは、建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発(昭和55～59年度)の木造建築物に関する部分であると思われる。これは、昭和61年に書籍)として出版されているが、内容としては「劣化診断指針」、「補修・交換指針」、「施工管理指針」、「維持保全指針」、「耐久設計指針」からなり、それぞれについて、実験・調査結果、並びに学識経験者らの知見に基づいて解説が加えられている。

「劣化診断」では、部位別によりかなり詳細な劣化診断手法を確立しているが、実際の木造建築物における劣化の傾向から、段階的な劣化診断方法を提唱し、劣化が内部に発生している可能性がある部分が目視外観検査で確認されると、解体して検査することになっている。

「耐久性設計(寿命予測)」においては、ファクターメソッドの考え方がよく整理されており、劣化因子に関する検討が詳細に行われているが、ファクターメソッドの係数は科学的根拠に基づくものではなく、劣化状況調査等の経験に基づいて工学的に判断を下した数値となっている。ただし、「劣化診断」においても、「耐久性設計(寿命予測)」においても、検討対象となっている構法が古いものが多い、またはバリエーションが多くない。

上述以外にも耐久性関連の研究資料は大量にあるが、大別すると以下の通りとなる。

木造住宅における劣化発生部位とその状況に関する調査

促進劣化処理による劣化進行度の評価(樹種による耐朽性の優劣、薬剤処理の効果)

各種腐朽菌・シロアリ・害虫による劣化状況、劣化部材の組織、組成分析

腐朽菌・シロアリ・害虫の生育条件と生息範囲に関する調査・検討

劣化部材の劣化進行度の物理的評価方法に関する検討

接合に用いる金属の腐食、防錆に関する検討

について、最近では枠組壁工法に関するものが多い。枠組壁工法において得られた知見が軸組構法に適用されている例も少なくない。例えば、ユニットバス等水回りの劣化発生よりも、現代構法ではむしろ開口部の納まり、ディテールの不備によって発生する場合の事例が多いこと、などである。

において、各樹種の耐朽性の優劣や防腐処理薬剤効果の評価法として基本的に促進劣化試験が用いられている。これらをもとに、前者は住宅性能表示制度の劣化対策に関する等級を定める要素の1つを構成し、後者はAQ認証)等薬剤処理効果の認定制度のベースとなっている。

において、生物劣化を引き起こす因子としては、腐朽菌、シロアリがあるが、その他にもカミキリ等の虫害もあるが、立木に対する攻撃が中心のようである。目下、森林での虫害は問題となっているが、住宅部材への侵入はあまり例が多くないようで、建築物の耐久性向上技術の開発)においても劣化因子として考慮されていない。

の成果は、住宅性能表示制度における劣化対策に関する等級を定める要素の1つを構成している。腐朽菌の生育条件と劣化進行速度の関係は、定量的に評価されていないが、気温が15以上になると活動が活発化し、その積算時間と劣化進行速度は関係があ

るとの知見が得られている。

については、簡易な非破壊検査機器による腐朽進行度の評価と、実際に力学的な試験を実施した評価がある。前者のうち、国内の多くの研究事例は「PILOTYN」による測定であるが、海外においては「RESISTOGRAPH」、「FAKKOP」などの機械による測定も試みられている。それらの測定結果では、腐朽進行度と何らかの関係がある数値が得られることになっているが、その数値が構造物の設計上必要な数値（部材・接合の耐力や剛性）とどのように結びつけられるかが重要であり、それらに関する考察は少ない。後者は極めて事例が少ないが、ほとんどの場合が曲げ試験を実施している。

これに対して、蟻害を受けた部材の劣化進行度の物理的評価方法に関する研究事例は少ないが、腐朽菌と同様に評価されると考えている場合もある。一方で、蟻害の有無（シロアリの存在の有無）の判定を AE（acoustic emission）を測定することによって行う独創的な手法の提案などもされている。

では、各種構法、各部位における釘の腐食進行度が調査、分析されており、釘の腐食進行度を定性的に段階評価することが定着しているようである。しかし、釘接合の接合耐力、剛性等に関する考察はほとんどない。

以上は木材（製材）に対する調査研究事例の調査結果であるが、パーティクルボード、合板の生物劣化に関する検討結果も希に存在する。また、木橋の普及、木製杭の用途拡大を企図した研究の一環として、劣化に関する研究を行っている事例も少なくない。とくに前者は近年活発に行われており、文献も少なくないが、劣化の実況に関する考察結果は使用（存在）環境が異なるため建築物には適用できないものの、定性的な評価方法や物理的な評価においては、建築物においても基本的には同様に扱える。

2) 補強した既存建物の耐震性能評価と補強方法の一例の性能

a) 補強したによる既存建物の耐震性能評価

壁量・偏心の検討

表5に補強後の壁量を示す。偏心率の計算結果を表6に示す。偏心率は、全ての階および方向において木造で許容されている0.30を下回っており、捩れ変形が増幅する恐れは少ない。

表5 壁量の算定

方向	階	床面積 (m ²)	有効壁長さ (m)	壁量 (cm/m ²)	必要壁量 (cm/m ²)	必要量に 対する倍率
X	2	49.69	19.57	39.4	15.0	2.62
	1	83.22	37.53	45.1	29.0	1.56
Y	2	49.69	18.20	36.6	15.0	2.44
	1	83.22	37.53	42.5	29.0	1.46

表6 1階の捩れ検討

階	方向	重心位置 (m)	剛心位置 (m)	偏心距離 (m)	回転半径 (m)	偏心率
2	X	2.73	3.22	0.49	4.61	0.10
	Y	4.55	3.87	0.68	4.78	0.15
1	X	3.57	4.54	0.97	4.87	0.19
	Y	6.38	5.25	1.17	5.02	0.24

建防協・精密診断法による検討

- ・基礎の種類：鉄筋コンクリート造布基礎
地盤の状態：やや悪い地盤 評点 A = 0.8
- ・建物の形状：整形 評点 B = 1.0
- ・壁の配置：偏心率に基づき算定 評点 $C = \frac{1}{3.33R_e + 0.50}$ (1.0 C 0.5)
- ・筋違：筋違あり 評点 D = 1.5
- ・壁の割合：壁量に基づき算定 評点 $E = \frac{1}{1.5} \left\{ \frac{\sum \alpha l_B + \sum \beta l_T}{L_r} + q \right\}$
- ・建物の老朽度：老朽化している 評点 F = 0.9
- ・精密診断結果

表7 診断結果

方向	偏心率	形状・壁配置	水平抵抗力	老朽度	総合評点
X	0.202	0.85	1.58	0.90	0.97
Y	0.154	0.99	1.70		

以上より、やや危険な領域に留まると判定される。ただし、本診断法では老朽度に関する評点が、新たに補強した部位にも一律で掛けられてしまうため総合評点が実情よりも低く評価される。従って、耐震補強の場合は新設補強材の老朽度に関して分離して評価する必要があり、この点に配慮すると「一応安全である」領域に達すると考えられる。

密集市街地防災整備促進法による検討

大規模地震 (Co=1.0 相当) により倒壊の恐れがあるかを診断する。

- ・基準入力エネルギーは、各方向毎に各階で下式により算定する

$$E_d = \frac{1}{2} \frac{Q_d^2}{S_i}$$

$$Q_d = R_g F_{es} Q_{ud}$$

R_g：地盤が軟弱な場合の割り増し係数・無し (1.0) と評価

F_{es} : 形状係数・初期剛性に基づき偏心率により算定

Q_{ud} : 地震時層せん断力

S_t : 初期剛性・復元力特性の降伏変形角 ($R_y = 1/180$) 時の値を採用

- ・保有限界エネルギーは、各方向毎に各階で下式により算定する

$$E_u = E_{u0} R_b R_d$$

E_{u0} : 基本限界エネルギー・最大耐力後、 $R=1/15$ で強度 0 となる劣化スケルトンを仮定

R_b : 基礎形式係数・(1.0) と評価

R_d : 劣化度係数・劣化無し (1.0) と評価

- ・診断結果

表 8 診断結果

方向	階	F_{es}	初期剛性 (kgf/m)	基準入力エネルギー Q_d (kgf m)	保有限界エネルギー E_u (kgf m)	判定
X	2	1.00	260,933	538	587	1.09
	1	1.15	500,400	1,728	1,275	0.74
Y	2	1.00	242,677	579	618	1.07
	1	1.30	471,200	2,359	1,201	0.51

各方向ともに、2 階では保有限界エネルギーが基準入力エネルギーを上回るが、1 階で下回る結果となる。これは、偏心に伴う形状係数の影響が大きく、その値を基準入力エネルギーとして 2 乗して評価することの影響が表われている。

エネルギー法による検討

本手法は建築基準法施行令第八十一条第一項ただし書の規定に基づき、限界耐力計算と同等以上に建築物の安全さを確かめることのできる エネルギーの釣合いに基づく耐震計算等の構造計算である。復元力特性の初期剛性を用い、推定式に基づいて固有周期を設定し、入力速度を求める。なお、塑性化した後の有効固有周期は $T_d = 1.5 T_0$ とする。表 9 には設計用地震力、表 10 には復元力特性の仮定を示す。

表 9 設計用地震力

階	W_i (kN)	ΣW_i (kN)	α_i	C_i	Q_{Ei} (kN)
2	126.1	126.1	0.355	0.260	32.8
1	229.6	355.7	1.000	0.200	71.1

表 10 復元力特性の算定

方向 諸元	X 方向			Y 方向		
	壁長さ (m)	初期剛性 (kN/mm)	最大強度 (kN)	壁長さ (m)	初期剛性 (kN/mm)	最大強度 (kN)
2	19.57	2.38	57.6	18.20	2.22	53.5
1	37.53	4.57	110.4	35.34	4.30	104.0

固有周期を次式を用いて算出し、入力エネルギーを求める。計算の結果、両方向とも等価速度 VD は 150m/s と算出された。

$$k_{eq} = \frac{k_1}{0.48 + 0.52 N}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k_{eq}}}$$

X 方向：T = 0.69 (s) , Td = 1.04 (s)

Y 方向：T = 0.71 (s) , Td = 1.07 (s)

動特性諸元より損傷分布の算定を行い、表 1 1 に示す。このとき、n = 4, n₁ = 1.5 とする。

表 1 1 損傷分布諸元

方向	階	最適分布	κ _i	c _i	s _i	p _i	s _i p _i ⁻ⁿ	W _{pi} /W _p	γ _i
X	2	1.60	0.79	0.159	0.615	0.921	0.856	0.461	2.17
	1	1.00	1.52	0.658	1.000	1.000	1.856	0.539	1.86
Y	2	1.60	0.78	0.161	0.623	0.910	0.909	0.476	2.10
	1	1.00	1.52	0.658	1.000	1.000	1.909	0.524	1.91

損傷分布の各値より応答値を算定し、表 1 2 に示す。

表 1 2 最大応答

方向	階	平均累積塑性変形倍率 $\bar{\eta}_i$	塑性率 μ _i	層間変形 δ _I (mm)	層間変形角 R _i (rad.)
X	2	6.43	5.29	127.8	1/23
	1	3.92	3.61	87.3	1/33
Y	2	7.17	5.78	139.6	1/19
	1	4.06	3.71	89.5	1/30

最大層間変形角は 2 階 Y 方向の 1/19 で、2 階は全て安全限界値 (1/30) を上回っており、耐震安全性に支障があるとの判断に到っている。2 階は何れの方向でも必要壁量の 2.4 ~ 2.6 倍と十分な耐震要素が存在するが、1 階の影響で層間変形角が安全限界値を若干上回るようになる。

限界耐力計算法による検討 (X 方向のみ)

層の復元力特性は、「エネルギー法」の場合の特性を採用する。また、耐震要素の復元力特性を層全体で重ね合わせて評価し、バイリニア曲線とする。以下、計算過程ならびに結果を示す。

< 安全限界耐力 Q_s の算定 >

- ・安全限界変位

木造軸組耐震要素の安全限界変位は、層間変形角で 1/30 を採用する。

- ・外力分布 b_{Si} の算定

高さ : $h = 5.8$ (m)

木造部分の高さ h に対する比 : $\lambda = 1.0$

$$\text{最上階} : b_{Si} = 1 + \left(\sqrt{\alpha_i} - \alpha_i^2 \right) \frac{2h(0.02 + 0.01\lambda)}{1 + 3h(0.02 + 0.01\lambda)} \frac{\sum_{j=1}^N m_j}{m_N}$$

$$\text{最上階以外} : b_{Si} = 1 + \left(\sqrt{\alpha_i} - \sqrt{\alpha_{i+1}} - \alpha_i^2 + \alpha_{i+1}^2 \right) \frac{2h(0.02 + 0.01\lambda)}{1 + 3h(0.02 + 0.01\lambda)} \frac{\sum_{j=1}^N m_j}{m_i}$$

表 1 3 外力分布 b_{Si}

階	重量 m_i (t)	Σm_i (t)	α_i	b_{Si}
2	12.86	12.86	0.355	1.303
1	23.41	36.27	1.000	0.893

- ・安全限界耐力 Q_s の算定

偏心量は概ね限界値以内であるため、偏心の影響は無視する。

$$q_{Si} = \frac{Q_{ui}}{\frac{\sum_{j=i}^N B_{Sj} m_j}{\sum_{j=1}^N B_{Sj} m_j} \sum_{j=1}^N m_j g}$$

表 1 4 安全限界時の相対変位・層せん断力

階	層間変位 (m)	相対変位 (m)	層せん断力 (kN)
2	0.069	0.166	51.01
1	0.097	0.097	110.42

< 必要安全限界耐力 Q_{sn} の算定 >

- ・有効質量 M_{us} 、代表変位 Δ_s 、安全限界固有周期 T_s

$$M_{us} = \frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \delta_{Si} \right)^2}{\sum_{i=1}^N m_i \delta_{Si}^2}$$

$$\Delta_s = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \delta_{Si}^2}{\sum_{i=1}^N m_i \delta_{Si}}$$

$$T_s = 2\pi \sqrt{M_{us} \frac{\Delta_s}{Q_s}}$$

表 1 5 有効質量、代表変位、安全限界固有周期

階	δ_i (m)	δ_{Si} (m)	m_i (t)	$m_i \delta_{Si}$	$m_i \delta_{Si}^2$
2	0.069	0.166	12.86	0.89	0.35
1	0.097	0.097	23.41	2.26	0.22
合計			36.27	3.15	0.57

有効質量 $M_{us} = 17.36$ (t) (有効質量比 0.479)

代表変位 $\Delta_s = 0.18$ (m)

安全限界固有周期 $T_s = 1.06$ (s)

- 減衰定数 h 、加速度低減率 F_h

$$h = \gamma_1 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{D_f}} \right) + 0.05$$

$$D_f = \frac{\Delta_s Q_d}{\Delta_d Q_s}$$

$$F_h = \frac{1.5}{1 + 10h}$$

木造軸組耐震要素： $\gamma_1 = 0.25$ とする

$D_f = 3.78$ 、 $h = 0.147$ 、 $F_h = 0.607$

- 表層地盤増幅率 G_s

$T_s = 1.06 > 0.864$ (s) より $G_s = g_v = 2.025$

- 加速度分布係数 B_{Si}

$T_s = 1.06 > 0.16$ (s) , 階数 2 より、 $p = 0.85$

有効質量比： $\frac{M_{us}}{\sum M_i} = 0.479$ 0.75 より、 $q = 0.75 \frac{\sum M_i}{M_{us}} = 1.567$

$$B_{Si} = p q \frac{M_{us}}{\sum_{i=1}^N m_i} b_{Si}$$

- 各階水平力 P_{Si}

$$\begin{aligned}
P_{Si} &= (3.2 + 30T_s) m_i B_{Si} F_h Z G_s & 0 \leq T_s \leq 0.16 \\
&= 8 m_i B_{Si} F_h Z G_s & 0.16 < T_s \leq 0.64 \\
&= \frac{5.12 m_i B_{Si} F_h Z G_s}{T_s} & 0.64 < T_s
\end{aligned}$$

・必要安全限界耐力 Q_{sn}

各階水平力 P_{Si} を上階より足し合せて必要安全限界耐力 Q_{sn} を算定する。

表 1 6 必要安全限界耐力

階	$m_i(t)$	b_{Si}	B_{Si}	$P_{Si} (kN)$	$Q_{Sni}(kN)$	Q_{ui}/Q_{Sni}
2	12.86	1.303	0.831	63.32	63.32	0.806
1	23.41	0.893	0.569	78.96	142.28	0.776

以上より、基準法の壁量を 1.5 倍程度以上とした X 方向でも、各階ともに必要安全限界耐力を下回っており (0.8 倍程度)、耐震安全性に支障があるとの判断に到っている。なお、耐力不足の要因として、必要耐力の計算で表層地盤増幅係数 G_s (2.025) の影響が大きい。

< 損傷限界耐力の算定 >

・損傷限界変位

木造軸組み耐震要素の損傷限界変位は、耐震要素の降伏変位に相当する層間変形角で 1/180 を採用する。

・外力分布： b_{Si} と同じとする。

・損傷限界耐力

表 1 7 損傷限界時の相対変位・層せん断力

階	層間変位 (m)	相対変位 (m)	層せん断力 (kN)
2	0.014	0.030	34.01
1	0.016	0.016	73.61

< 必要損傷限界耐力 >

・有効質量、代表変位、損傷限界固有周期

表 1 8 有効質量、代表変位、損傷限界固有周期

階	$\delta_i (m)$	$\delta_{Si} (m)$	$m_i (t)$	$m_i \delta_{Si}$	$m_i \delta_{Si}^2$
2	0.014	0.030	12.86	0.18	0.01
1	0.016	0.016	23.41	0.38	0.01
合計			36.27	0.56	0.02

有効質量 $M_{us} = 17.52 (t)$ (有効質量比 0.483)

代表変位 $\Delta_s = 0.030(m)$

損傷限界固有周期 $T_s = 0.55$ (s)

- ・表層地盤増幅率 G_s

$T_s = 0.55 < 0.64$ (s) より $G_s = 1.5$

- ・加速度分布係数 B_{di}

$T_s = 0.55 > 0.16$ (s) , 階数 2 より、 $p = 0.85$

有効質量比 : $\frac{M_{ud}}{\sum M_i} = 0.483$ 0.75 より、 $q = 0.75 \frac{\sum M_i}{M_{ud}} = 1.553$

- ・必要損傷限界耐力 Q_{dn}

表 1 9 必要損傷限界耐力

階	$m_i(t)$	B_{di}	B_{di}	P_{di} (kN)	Q_{dni} (kN)	Q_{yi}/Q_{dni}
2	12.86	1.303	0.831	25.64	25.64	1.326
1	23.41	0.893	0.569	31.97	57.61	1.278

損傷限界耐力においては必要耐力の 1.3 倍程度確保されており、壁量が法令の 1.5 倍程度以上確保されておれば、損傷限界に到らないと判断される。

時刻歴応答による検討

各耐震要素の復元力特性に基づき、等価せん断棒モデルにより時刻歴応答解析を行う。なお、入力地震動は所与の模擬地震動 3 波を採用し、最大応答は各波による最大応答結果の平均値として評価する。

表 2 0 固有周期

次数	固有周期(sec)	
	X 方向	Y 方向
1	0.497	0.514
2	0.243	0.251

表 2 1 最大応答

方向	階	最大値 (平均値)	
		層せん断力 (kN)	層間変形角 (rad)
X	2	91.3	1/12
	1	155.0	1/15
Y	2	87.4	1/12
	1	153.1	1/14

以上より、何れの方法とも全階で層間変形角が終局限界変形角 (1/30) を大幅に上回る結果となる。

許容応力度法による検討

Co=0.2で許容応力度計算をおこなった結果、耐震要素は許容応力度を下回るが、2階の耐震要素を支持する2回大梁の一部で許容応力度を上回る部分があった。

b) 補強方法の一例の性能

実験結果を図13から図16に示す。合板壁と鉄筋ブレースは荷重速度を30m/secとしておこなったため、ノイズが載っている。

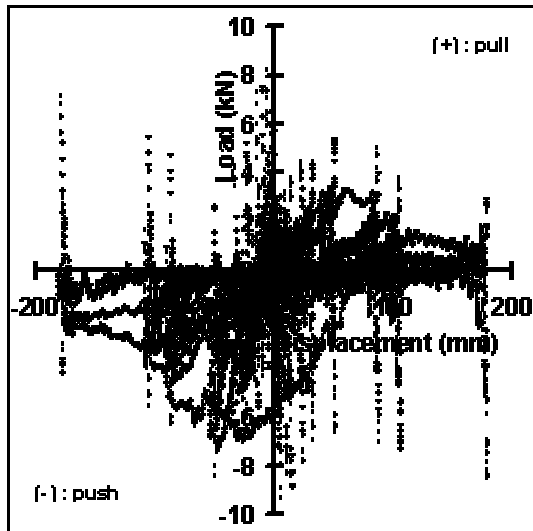


図 1 3 合板壁

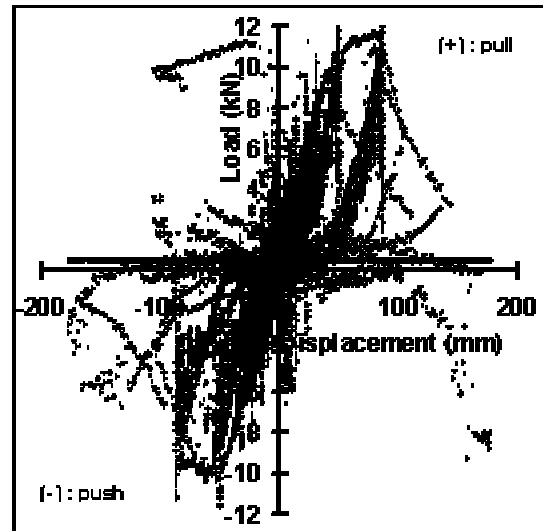


図 1 4 鉄筋ブレース

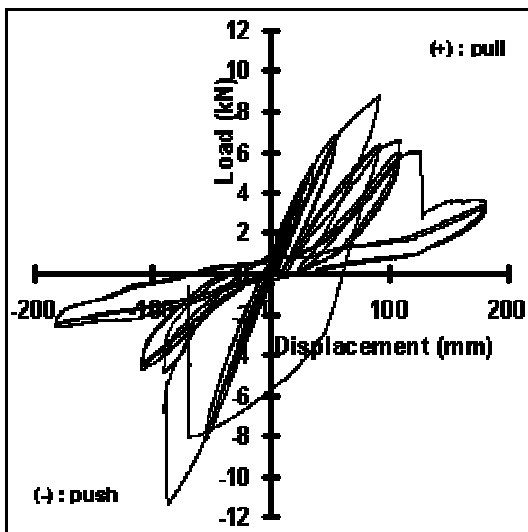


図 1 5 鉄骨フレーム

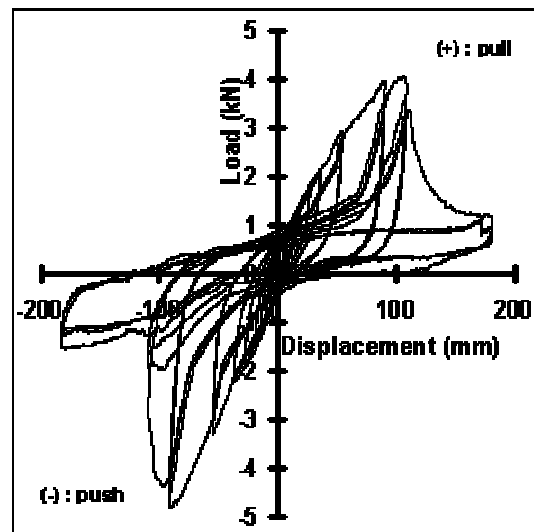


図 1 6 ダンパー付き筋かい

3) 耐震補強技術と補強の目的に見合った性能評価方法の検討

コンペにより最新の技術を多数収集し、優秀な作を選出した。しかし、当然のことであるが、全ての改修工事に使える万能な構法というものはなく、建物の状況、施主の要望等を勘案しながら、補強構法は選択される。つまり、補強構法は、施主の要望や敷地の条件に応じられるよう様々なバリエーションが必要であるということである。このこ

とは、コンペの審査段階でも指摘され、結果として、これまでの耐力壁の延長上にある構法、開口部を補強する構法、外から補強する構法、新技術（エネルギー吸収デバイス）を用いた構法から、満遍なく優秀作を選択するよう配慮した。

ここで、施主の要望として考えられることは、

低コスト、施工期間が短い、居ながら補強（ただし工事中のホコリや騒音の問題あり）、見栄えがよい、現在のプランを変えない、現在の機能性を変えない、

などが上げられる

さらに、建物の条件として、

敷地の制約、資材運搬のためのアプローチ路の問題

などが考えられる。

コンペでの優秀作7点を選出した。優秀作は全ての施主の要望、建物の条件に合致するものではないが、いくつかの要望、条件には合致する構法とした。

図17にはコンペの課題住宅を補強するに必要な金額を示した。図18には住宅耐震改修に対して捻出してよいと考える自己資金を示した。コンペでは200万くらいに山があるのに対し、施主の限度額は100万円～200万円である。コンペという性格上、幾分下目に額を申請したことを勘案すると、実際にはかかる費用と限度額には、ここで示した以上に開きがあると考えられる。

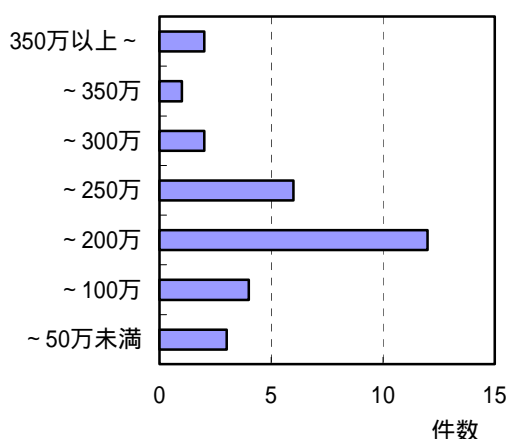


図17 課題住宅に対する耐震補強

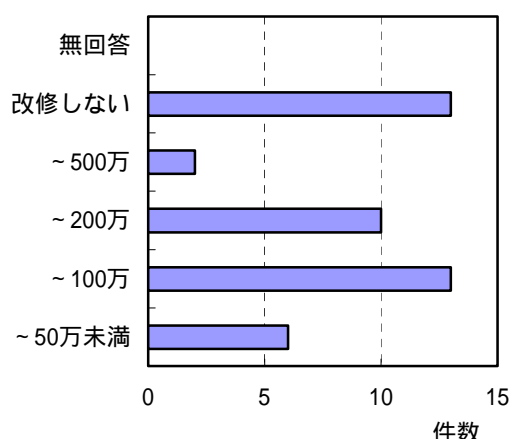


図18 耐震改修に対する自己資金

また、今回のコンペでは応募者に適切と考えられる性能評価法を選択いただいた。表2には採用した性能評価法の選択数を示した。現行の耐震精密診断を用いているものが約半数の20件、それ以外が17件であり、現行の方法が提案している構法に対して適切でないとして評価している構法が半数近くあった。

図19には補強構法で目指している性能を分類したものを示した。強度向上が大半を占めるが、靱性確保や振動制御を目的としている構法も多少なりともある。現在の耐震精密診断の方法は強度抵抗型を扱うに優れた方法であるが、靱性確保や振動制御といった補強法は想定していない。これらの評価法の確立が必要であることが、表2と図20から看取できる。

表 2 2 性能評価の方法

耐震精密診断	20
密集市街地 ¹⁾	0
許容応力度	8
限界耐力計算	2
時刻歴応答解析	7

注1) 密集市街地における防災街区の整備の促進に関する法律における既存木造建築物の耐震診断基準

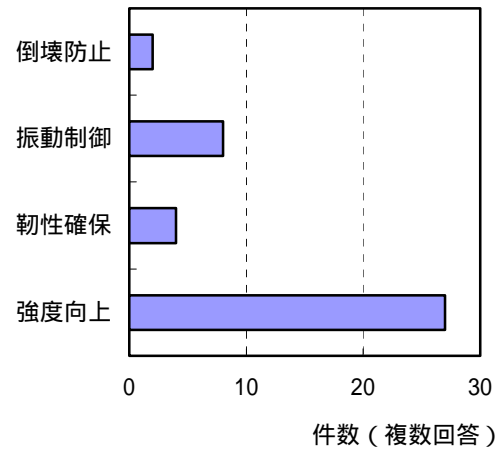


図 1 9 補強の目的

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 現行の耐震診断技術の整理

阪神大震災で被災した建物を対象として、7つの耐震診断法で診断を行った。その結果、筋かいの情報が得られない方法 A (簡筋無)、方法 B (簡筋有) では、診断結果にばらつきが大きく、偏心率も正確な評価ができないこと。現耐震精密診断の方法 C (精両壁) は、ある程度の耐震診断は可能だが、精度の高い耐震診断法とはいえないこと。

「品確法」必要壁量を用いた方法 E (準品確)、方法 F (品確法)、方法 G (品確改) は、相関が高いが、診断結果は大きく変わらないこと、がわかった。

また、被災度と診断評点との関係では、やはり、方法 A (簡筋無) や方法 B (簡筋有) では、被災度と有意な点数が得られないことが分かった。少なくとも、耐力壁を個別に考慮し、その他の雑壁を考慮した診断法が必要であることが明らかになった。

さらに、方向別に耐震診断の総合評点を明示することにより、被災度との関連が明確になることを示した。

2) 補強した既存建物の耐震性能評価と補強方法の数例の性能

「建防協精密診断法」、「密集市街地防災整備促進法」、「エネルギー法」、「限界耐力計算法」、「時刻歴応答解析法」、「許容応力度法」による比較をおこない、今後検証法を作成する上でのキャリブレーションデータを得ることができた。

補強構法数例について実験をおこなった。今後、補強のバリエーションを増やし、性能検証法を作成する上での基礎資料を得ることとする。

3) 耐震補強技術と補強の目的に見合った性能評価方法の検討

補強方法を収集した。補強方法には施主の要望、建物の敷地条件に適合する構法を選択できるようバリエーションが必要であるという認識の前提に立ち、いくつかの条件に見合う優秀な補強方策を整理した。さらに、ダンパー系の補強方法が的確に評価される耐震診断方法の作成が望まれていることを示した。今後、ダンパー系の耐震診断法の検討をおこなう予定である。

(e) 引用文献

- 1) (財)国土開発技術研究センター建築物耐久性向上技術普及委員会編：“木造建築物の耐久性向上技術”、技報堂出版、1986.
- 2) (財)日本住宅・木材技術センター「優良木質建材等の認証(AQマーク)」
- 3) 「木造住宅の耐震精密診断と補強方法」、(社)日本建築防災協会、昭和60年
- 4) 山口修由、「地震被害判定と耐震診断判定の相関性について」、日本建築学会大会学術講演梗概集、(九州)、1989年10月
- 5) 「震災建築物等の被災度判定基準および復旧技術指針(木造偏)」、(社)日本建築防災協会、平成3年
- 6) 河合直人、「木造住宅の耐震診断基準の現状と課題」、平成14年度建築研究発表・討論会資料、構造部門(国総研・建研)
- 7) 坂本功、「木造住宅の耐震診断基準」、建築防災、1995.5、(社)日本建築防災協会
- 8) (財)日本建築防災協会、住宅の耐震改修推進調査、平成13年3月

(f) 成果の論文発表・口頭発表など

1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
山口修由、宮村雅史	既存木造住宅耐震性向上に関する総合的研究 その14、地震被害の分析に基づく耐震診断法の改良	日本建築学会学術講演梗概集	平成15年9月

(g) 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 15 年度業務計画案

(a) 業務計画、実施計画

- ・ 様々な耐震補強をおこなった木造構面の静的・動的水平載荷試験により、耐震補強効果を明確にする。
- ・ 建築年代、平面計画など耐震性能の異なる木造住宅に耐震補強を施したケーススタディをおこない、建物種別、耐震補強別、目標耐震性能別に、耐震補強コスト、施工期間などを比較する

(b) 目標とする成果

- ・ 様々な補強技術が的確・適切に性能評価され、耐震補強に実際に用いられるよう、ハードな成果（実験による性能把握）、ソフトの成果（性能評価技術）の素案を作成する
- ・ 任意の建物の耐震診断、耐震改修に係わる諸データを提供し、制度設計の基礎資料とする。