

木造建築の耐震性（木造建築は地震に弱くない）

○テーマシート

4-1 はじめに

4-2 建築基準法で要求される構造性能は構造の種類
によらず同じである

4-3 大震災時における木造建築の全壊率は大きくない

4-4 木造住宅は建築基準法の大地震では倒壊しない

4-5 木造建築は耐震性の向上が容易である

4-6 おわりに

○論文シート

4-1 はじめに

「木造建築は地震に弱い」というイメージは、過去に発生した地震における木造建築の被害から形成された。特に兵庫県南部地震において、築年が古い木造建築の被害が激甚で、そのほとんどが在来軸組構法であったことは一般の人々に深く印象に留められている。これら過去の地震被害から生じた木造建築の耐震性に対する不安感が払拭されないうまま、一般に「木造建築は地震に弱い」という印象が定着している。さらに、そもそも建築基準法で要求される荷重及び外力は、構造種別を問わず同一である¹⁾ことが一般に知られていないことも、「木造建築は地震に弱い」という印象の一因として考えられる。

一方、大震災時の被害調査から、木造建築の耐震性は建築基準法の改正毎に向上しており、大震災発生時の最新の建築基準法を満たした木造建築の全壊率はRC造、S造など比べて大きく劣る値ではないことが報告されている^{2~5)}。また、建築基準法を満たした木造建築の耐震性が実験や大震災時の被害調査で明らかにされている。具体的には、建築基準法の規定を最低限満たした壁量を有する実大木造住宅を試験体とした振動台実験によって、極めて稀な地震動に対して倒壊しないことが確認されている^{6, 7)}。さらにこれまでの実験研究の成果から、耐力壁の面材を留める釘間隔を変更するなど若干の仕様変更で強度特性が変わることが把握されており^{8~10)}、木造建築は他の構造と比べて耐震性の向上が容易である特長を有することが明らかにされている。

本テーマでは、木造建築の耐震性について、建築基準法の構造関係規定及び大震災時における被害率調査の結果、並びに振動台実験の結果や耐力壁の実験結果から説明することを目的とした。

4-2 建築基準法で要求される構造性能は構造の種類によらず同じである

建築基準法施行令第36条の3には「構造設計の原則」が表1のように定められている。この原則は構造の種類、規模の大小や構造計算の有無によらず、すべての建築物について適用される。

また、木造、RC造、S造などの構造種別によらず、高さが60m以下の建築物については建築基準法施行令第83条第1項に、荷重及び外力に対する構造計算における要求事項が規定されている。この要求事項のうち、地震力に対する規定を表2(文献1中の表2.5-1)に示す。同規定では建築物の構造性能として中程度の(稀に発生する)荷重と外力に対して、「建築物の構造耐力上主要な部分に損傷が生じないこと(損傷限界)」、最大級の(極めて稀に発生する)荷重と外力に対して「建築物が倒壊・崩壊しないこと(安全限界)」が要求されている。さらに日常的な荷重と外力で生ずる変形などによって「使用上の支障が起こらないこと(使用限界)」も構造性能として求められている¹⁾。

表 1 建築基準法施行令第 36 条の 3 構造設計の原則

<p>1 建築物の構造設計に当たっては、その用途、規模及び構造の種別並びに土地の状況に応じて柱、はり、床、壁等を有効に配置して、建築物全体がこれに作用する自重、積載荷重、積雪、風圧、土圧及び水圧並びに地震その他の震動及び衝撃に対して、一様に構造耐力上安全であるようにすべきものとする。</p> <p>2 構造耐力上主要な部分は、建築物に作用する水平力に耐えるように釣り合い良く配置すべきものとする。</p> <p>3 建築物の構造耐力上主要な部分には、使用上の支障となる変形又は振動が生じないような剛性及び瞬間的破壊が生じないような靱性をもたすべきものとする。</p>
--

表 2 高さ 60m 以下の建築物の地震力に対する要求事項（文献 1 中の表 2.5-1 を基に作成）

令第 83 条第 1 項に規定されている荷重及び外力	荷重・外力の程度	最大級の荷重・外力（極めて稀に発生する荷重・外力）	中程度の荷重・外力（稀に発生する荷重・外力）	日常的な荷重・外力
	建築物・構造耐力上主要な部分の状態	建築物が倒壊・崩壊等しないこと。	構造耐力上主要な部分が損傷しないこと。	建築物の構造耐力上主要な部分に損傷を生じないこと及び構造耐力上主要な部分の変形又は振動によって建築物の使用上の支障が起らないこと。
	屋根ふき材等の状態		屋根ふき材等が構造耐力上安全であること。	
地震力 ：令第 88 条 （限界耐力計算にあつては、令第 82 条の 5 第三号・第五号）		標準せん断力係数 1.0 以上又はこれに相当する加速度応答スペクトルに基づく地震力（令第 88 条、令第 82 条の 5 第五号）	標準せん断力係数 0.2 以上（地盤が軟弱な地域に木造を建てる場合は 0.3 以上）又はこれに相当する加速度応答スペクトルに基づく地震力（令第 88 条、令第 82 条の 5 第三号）	
		<ul style="list-style-type: none"> 地震による建築物の各階の必要保有水平耐力が材料強度に基づき求めた各階の保有水平耐力以下であること。（令第 82 条の 3） 地震による加速度によって建築物の各階に作用する地震力が材料強度に基づき求めた各階の保有水平耐力を超えないこと。（令第 82 条の 5 第五号） 	<ul style="list-style-type: none"> 構造耐力上主要な部分に生ずる短期の応力度が短期の許容応力度を超えないこと。（令第 82 条第一号～第三号） 層間変形角が 1/200（変形により建築物の部分に著しい損傷が生ずるおそれのない場合は 1/120）以内であること。（令第 82 条の 2） 建築物の地上部分の各階に作用する地震力が短期の許容応力度に基づき求めた各階の損傷限界耐力を超えないこと及び層間変形角が 1/200（変形により建築物の部分に著しい損傷が生ずるおそれのない場合は 1/120）以内であること。（令第 82 条の 5 第三号） 地震動によって建築物の地下部分の構造耐力上主要な部分に生じる応力度が短期の許容応力度を超えないこと。（令第四条の 5 第四号） 	
			<ul style="list-style-type: none"> 屋根ふき材等は大臣が定める基準に従い構造耐力上安全であることを確認すること。（令第四条の 5 第七号） 剛性率が 0.6 以上、偏心率が 0.15 以下であるとともに、大臣が定める構造計算により安全確認を行うこと。（令第 82 条の 6 第二号） 	

4-3 大震災時における木造建築の全壊率は大きくない

ここでは過去の大震災時における建築物の被害調査の報告から木造建築の耐震性を述べる。

文献2では木造建築の被害率と経年の関係が示されており、その中で神戸市灘区における調査結果を図1(文献2中の表3.5.7を基に作成)に示す。図1から概ね築年が古い建築物ほど全壊率が高いことが言える。築年が古い建築物の全壊率が高い要因として、まず部材の腐朽などの経年劣化、蟻害による部材の損傷を有している可能性があることも指摘されている²⁾。加えて、そうした古い建物では、壁量が少ないために耐震性そのものが低いことが考えられる。建築基準法施行令改正年別の必要壁量の変遷¹¹⁾を表3～5に示す。

一方、築年の新しい建築物の全壊率が小さいのは部材が経年劣化していないことのほか、表6の建築基準法における構造関係規定の変遷に示すように、改正毎に構造関係規定が強化されている建築基準法に従っていることによると推察される。

文献3では建築基準法の改正年と建築物の被害率の関係を構造別に報告している。その一例を図2(文献3中の図4.2.47に基づいて作成)に示す。図3～6(文献4中の表1、図3～6に基づき作成)には、文献4の建築年代を同じ区分で区切った木造、RC造、S造、軽量S造の被害率を示す。

図2から建築物新耐震基準制定後(1981年、S56年以降)の木造建築ほど全壊率は小さく、図3～6から、大震災発生時における最新の耐震基準(1981年新耐震基準)を満たした木造建築の全壊率は、他構造のそれに比べて顕著に劣っていないと言えよう。これらのことは、図7(文献5の集計表に基づき作成)の2016年(平成28年)熊本地震の被害率と建築年代の関係を見ても同様の傾向を捉えることができる。

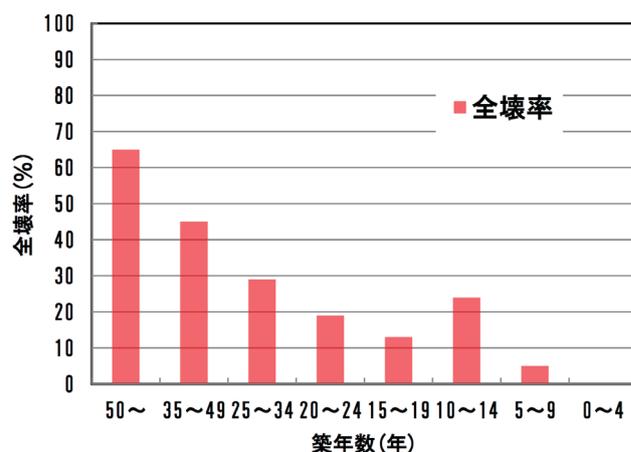


図1 築年数と全壊率の関係(兵庫県南部地震、灘区、木造)
(文献2中の表3.5.7を基に作成)

表3 1950年（昭和25年）の建築基準法施行令46条における必要壁量（単位：cm）
（文献11中の表1.4.1を基に作成）

制定年	階	最上階又は階数が1の建築物	最上階の直下階	その他の階
	建築物			
1950年 (昭和25年)	多雪区域の建築物または木骨レンガ造、土蔵造その他これらに類する壁の重量が特に大きい建築物	12	16	20
	屋根を金属板、石板、石綿板、木板その他これらに類する軽い材料でふいた建築物	8	12	16

表4 1959年（昭和34年）の建築基準法施行令46条における必要壁量（単位：cm）
（文献11中の表1.4.2を基に作成）

制定年	階	最上階又は階数が1の建築物	最上階の直下階	その他の階
	建築物			
1959年 (昭和34年)	土蔵造の建築物その他これらに類する壁の重量が特に大きい建築物	15	24	33
	屋根を金属板、石板、石綿板、木板その他これらに類する軽い材料でふいた建築物	12	21	30

表5 1980年（昭和55年）の建築基準法施行令46条における必要壁量（単位：cm/m²）
（文献11中の表1.4.3を基に作成）

制定年	階 建築物	階					
		階数が1の建築物	階数が2の建築物の1階	階数が2の建築物の2階	階数が3の建築物の1階	階数が3の建築物の2階	階数が3の建築物の3階
1980年 (昭和55年)	土蔵造の建築物その他これらに類する壁の重量が特に大きい建築物	15	33	21	50	39	24
	屋根を金属板、石板、木板その他これらに類する軽い材料でふいた建築物	11	29	15	46	34	18

表 6 大地震と建築基準法の構造関係規定の主な改正点 2、3、12、13、14)

年	法規名称	木造	非木造
1891年 (明治24年)		濃尾地震	
1919年 (大正8年)	市街地建築物 法制定		
1920年 (大正9年)	市街地建築物 法施行規則	<ul style="list-style-type: none"> ・ボルト等による継手、仕口の緊着 ・掘立柱の禁止 ・柱の下部への土台の設置 ・土台、敷桁の隅角への火打材の使用 ・柱の小径(平屋・最上階では横架材距離の1/35以上など) ・柱の1/3以上欠取する場合の補強 ・3階建木造建築などに筋かいの使用 	<p>【鉄筋コンクリート構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの材料(骨材の品質、粒径、調合、鉄筋の品質など) ・鉄筋の末端の定着 ・梁、版のせん断補強(繫筋の配置、間隔$2/3 \cdot D$以上など) ・柱の構造(主筋4本以上、繫筋間隔1尺以下・主筋径の15倍以下、柱小径は主要支点間距離の$1/20$以上) ・主筋に対するコンクリート被覆厚(版2cm、梁・柱3cm、基礎5cm以上) <p>【鉄骨構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鋼材の品質(引張強度3600kg/cm^2、伸度20%以上) ・主要構材の接合におけるリベットの使用、リベット接合などの方法(中心間距離$2.5d$、材縁距離$1.5d$以上) ・柱、圧縮材の細長比(鋼柱$1/150$、柱以外$1/200$、鋳鉄柱$1/75$以上) ・柱の接合法(柱同等以上の強度添板、リベット使用) ・柱と基礎の緊結 ・帳壁と鉄骨の緊結
1923年 (大正12年)		関東地震	
1924年 (大正13年)	市街地建築物 法施行規制改 正	<ul style="list-style-type: none"> ・設計用震度$k=0.1$の採用 ・柱の小径が強化(太くする) ・筋かい及び方づえ設置が義務付け 	<p>【鉄筋コンクリート構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主筋の継手長さを$25d$以上とする規定の新設 ・梁鉄筋の複筋化及び繫筋設置の規定の新設 ・柱の小径の強化(スパンの$1/15$) ・柱の鉄筋比を$1/80$以上とする規定の新設 <p>【鉄骨造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方づえ・ブレース・壁の適切な設置の義務付け ・帳壁と鉄骨との緊結の義務付け
1948年 (昭和23年)		福井地震	
1950年 (昭和25年)	建築基準法及 び施行令制定	<ul style="list-style-type: none"> ・木材の品質が規定 ・柱小径が強化(構造と用途で規定) ・梁中央下側の欠込みが禁止された。 ・引張筋かい、圧縮筋かいを区別し、断面の最低寸法、筋かい端部の接合法が規定 ・壁率計算が導入 	<p>【鉄筋コンクリート構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料に含んではならない物質として「酸」が追加 ・柱に取り付ける梁の引張鉄筋の定着長さ(鉄筋径の40倍以上) ・コンクリート断面積に対する主筋の断面積の和の規定が緩和0.8%以上

表 6 大地震と建築基準法の構造関係規定の主な改正点 2、3、12、13、14)

年	法規名称	木造	非木造
1950年 (昭和25年)	建築基準法及び施行令制定	<ul style="list-style-type: none"> ・耐力壁の必要量の半分は筋かいによらなくてはならない ・土壁塗りで裏返しをしたもの、木摺漆喰壁の倍率を0.5と規定 	<p>【鉄骨構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・圧縮部材の有効細長比の緩和(柱150→200、その他200→250) ・特殊な構造で基礎に緊結する場合、又はピン構造とする場合を除き、柱の脚部は基礎にアンカーボルトで緊結 ・溶接接合の一般使用が可能
1959年 (昭和34年)	建築基準法施行令改正	<ul style="list-style-type: none"> ・構造計算の原則について、多雪区域の暴風時の応力の組合せの追加(G+P+S+W → G+P+W 及び G+P+S+W) ・積雪荷重について、多雪区域では地方の実情による ・柱の小径の一部強化(階数2以上の場合の1階の柱の小径は13.5cm以上) ・必要軸組量(壁量)の強化、壁倍率表の拡充等 	<p>【鉄筋コンクリート構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・異形鉄筋の末端には原則として、フックを付けなくてもよい規定の新設(告示を施行令に取り入れる) ・コンクリートの最低強度の引き上げ(90kg/cm²→120kg/cm²) ・水セメント比の式の削除 <p>【鉄骨構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱の防火被覆の規定の新設
1964年 (昭和39年)	新潟地震		
1968年 (昭和43年)	十勝沖地震		
1971年 (昭和46年)	建築基準法施行令改正	<ul style="list-style-type: none"> ・建築物は必要な靱性を有すべき旨の規定の新設 ・基礎の強化(布基礎とする) ・有効細長比の制限の新設(150以下) ・風圧力に対する必要軸組量(見付け面積による)の新設 ・継手・仕口のボルト締めにおける所要の座金の使用規定の新設 ・防虫・防蟻措置の新設 	<p>【鉄筋コンクリート構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・帯筋の径6mm以上、間隔15mm以下(梁の上下10mm)と規定強化 ・型わく及び支柱の取外しの基準は建設大臣が決める旨の規定の新設 ・床版の規定の新設 <p>【鉄骨構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・フランジ幅厚比強化 ・ボルト孔のあそびの緩和
1978年 (昭和53年)	宮城県沖地震		
1980年 (昭和55年)	建築基準法施行令改正	<ul style="list-style-type: none"> ・二次設計の規定の新設(層間変形角・剛性率・偏心率の制限、保有水平耐力計算の導入、耐震構造設計ルートの新設) ・耐力壁の必要量が1950年時点の約2倍に増加 ・木摺その他これに類する壁の倍率を片面0.5、両面1.0と規定 ・軟弱地盤では鉄筋コンクリートの布基礎とすると規定 ・風圧力に対する必要軸組量計算における見付け面積計算法が変更 	<p>【鉄筋コンクリート構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱の帯筋比の規定の新設(0.2%以上) ・耐力壁の規定の新設 <p>【鉄骨構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高力ボルト接合の規定の新設

表 6 大地震と建築基準法の構造関係規定の主な改正点 2、3、12、13、14)

年	法規名称	木造	非木造
1990年 (平成2年)		兵庫県南部地震	
2000年 (平成12年)	建築基準法施行令改正	<ul style="list-style-type: none"> ・限界耐力計算の規定が新設 ・基礎の構造形式が詳細に規定 	
		<ul style="list-style-type: none"> ・筋かい端部の接合および耐力壁端部の柱頭柱脚における接合方法の明確化 ・耐力壁の釣合いの良い配置法の明確化(四分割法、偏心率) 	【鉄骨構造】 <ul style="list-style-type: none"> ・柱脚の構造方法の明確化(露出形式柱脚、根巻き形式柱脚、埋込み形式柱脚)
2011年 (平成23年)		東北地方太平洋沖地震	
2016年 (平成28年)		2016年(平成28年)熊本地震	

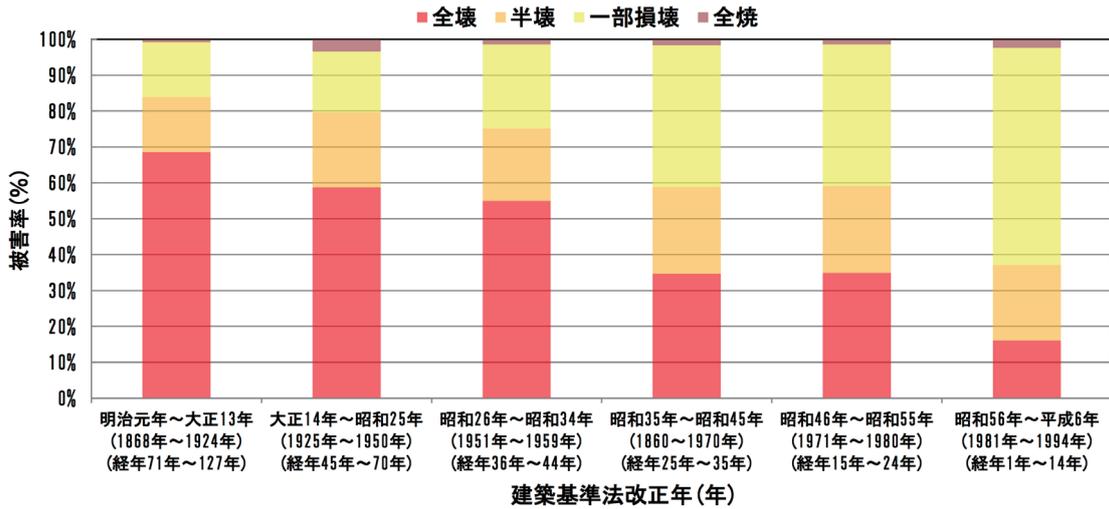


図2 建築基準法改正年と被害率の関係 (兵庫県南部地震、灘区、木造) (文献3中の図4.2.47を基に作成)

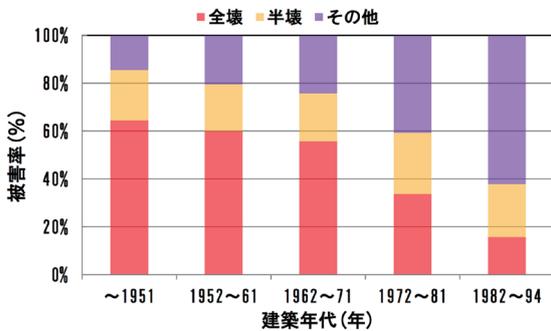


図3 主な建築基準法改正年と木造被害率 (兵庫県南部地震、灘区)、(文献4中の表1、図3を基に作成)

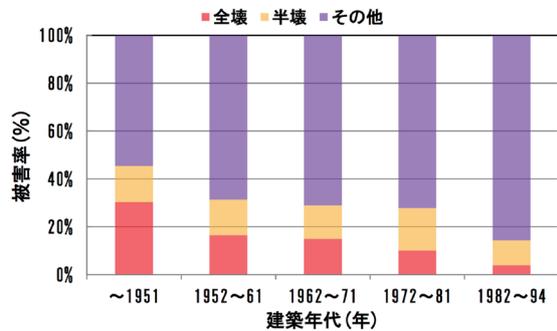


図4 主な建築基準法改正年とRC造被害率 (兵庫県南部地震、灘区)(文献4中の表1、図4を基に作成)

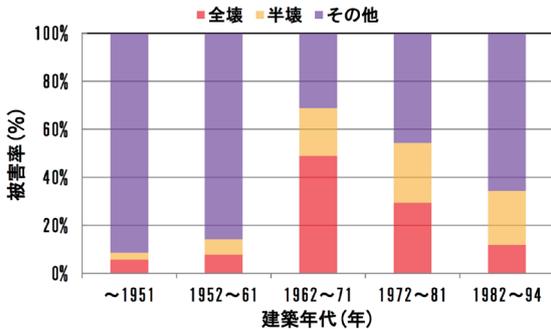


図5 主な建築基準法改正年とS造被害率 (兵庫県南部地震、灘区)(文献4中の表1、図5を基に作成)

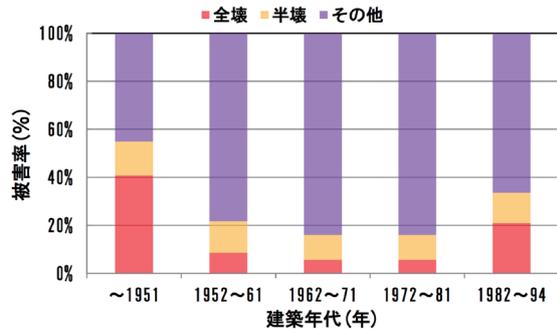


図6 主な建築基準法改正年と軽量S造の被害率 (兵庫県南部地震、灘区)(文献4中の表1、図6を基に作成)

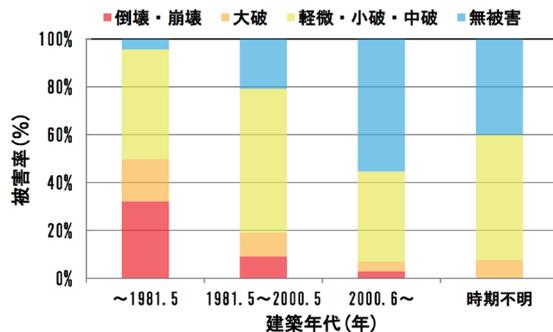


図7 主な建築基準法改正年と木造の被害率 (2016年熊本地震、益城町)(文献5中の集計表を基に作成)

4-4 木造住宅は建築基準法の大地震では倒壊しない

兵庫県南部地震後に多度津の実験を始め数多くの実大試験体を用いた振動台実験が行われている。ここでは建築基準法の最低壁量を満たすとともに、内外装が施された試験体を加振した既往の研究を取り上げて、木造住宅は建築基準法の想定する大地震(極めて稀な地震動)では倒壊しないことを述べる。

文献6の多度津実験では、試験体を在来軸組構法2階建て、壁量は建築基準法に適合する最低水準(壁量比EW1.08、NS1.01)、外装はラスモルタル、内装は石膏ボードとし、一般的住宅の耐震性の検討を目的にして実験を行なっている。内外装材を撤去することで壁量比を5段階(5フェーズ)変化させて実験を行なっている。壁量が建築基準法に適合する最低水準の場合、正弦波スイープ1回、神戸海洋波2回、エル・セントロ波1回の加振が行われた。その結果を表7(文献6中表-1から抜粋した)に示す。

前掲表2に示すように、建築基準法における極めて稀に発生する地震の検討に用いる標準せん断力係数は $C_0=1.0$ である。これは300~400gal程度の地震動に対する設計を要求している¹⁾。表7から、建築基準法の想定する極めて稀に発生する地震の約2倍の加速度が生じた神戸海洋波(NS818gal)では1500gal~1900galもの加速度を生じるが、内外装の仕上げ材がある建物で、壁量が建築基準法に適合する水準(フェーズ1(壁量比EW1.08、NS1.01))で倒壊しないことがわかる。接合がしっかりしていれば、偏心し、上下階に多少の不一致があっても安全であることが述べられており、現代の木造住宅は建築基準法の大地震では倒壊しないことが本実験で確認されている。

表7 実大振動台実験の結果(文献6の表1を基に作成)

フェーズNo. 躯体状態	実験No.	入力地震波	HD金物	最大加速度 軒 gal 南/北	応答と破壊の概要
フェーズ1 壁量比 EW1.08 NS1.01 躯体+モルタル+石膏ボード 偏心率 EW 0.157 NS 0.129	1	スイープ	有	南 307 北 174	応答倍率 10.7(実入力に対し)卓越振動数EW5.1Hz、NS9.2Hz
	2	神戸海洋	有	南 1513 北 1084	被害ほとんどなし、石膏ボード及び開講端と建物隅モルタル割れ若干
	3	神戸海洋	有	南 1722 北 1350	被害ほとんどなし、モルタル割れ若干進展、居間クロスしわ見られる
	4	エル・セントロ 1.5	有	南 1108 北 739	被害ほとんどなし 被害進展せず

文献7の大都市大震災軽減化特別プロジェクトII 振動台活用による耐震性向上研究のうち、木造建物実験(研究代表者 坂本 功 当時慶応大学教授/防災科学技術研究所客員研究員)においても建築基準法の仕様規定を満足し、かつ仕上げがされた木造住宅の倒壊挙動を把握することを目的として実大振動台実験が行われている。

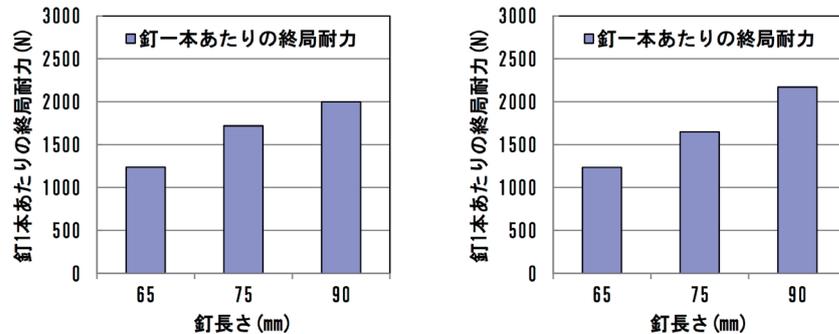
試験体は在来軸組構法2階建てで、壁量は建築基準法に適合する最低水準(壁量比X方向Y方向ともに1.16)、準耐力壁を考慮すると品確法等級2である。外装は窯業系サイディング、内装は石膏ボードとしている。実験は①大地震を入力し損傷させた実験(損傷実験)、②損傷後、内壁石膏ボード、外壁サイディングをすべて張替え、1回目と同様の加振を繰り返した実験(復旧実験)、③建物を倒壊に至らしめる実験である(倒壊実験)の3つに分けて行われている。

その結果、倒壊実験のJR鷹取波(773gal)の2回目で最大層間変形角は1階でX方向、Y方向ともに1/5rad. に達し、残留変形は1/7.6rad. であったが倒壊には至らず、倒壊までにJMA神戸波(文献6では神戸海洋波と称している、818gal)1回、JR鷹取波(773gal)2回を要したことが報告されている⁷⁾。このことから文献7では、建築基準法に適合する最低水準の壁量を有する実大試験体は、建築基準法の要求性能である「数百年に1度の極大地震に対し倒壊に至らないことを満足する耐震性能を有している」と結論付けている。先の文献6と同様この文献からも、現代の木造住宅は建築基準法の想定する大地震では倒壊しないと言える。

4-5 木造建築は耐震性の向上が容易である

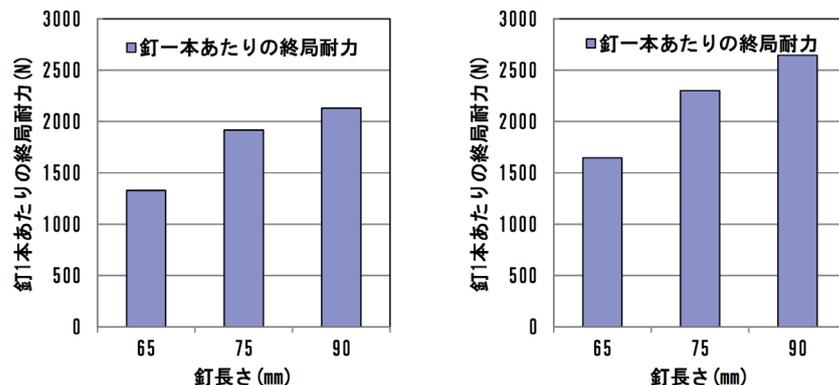
ここでは、木造建築が容易に耐震性の向上を図れることを既往の耐力壁実験結果^{8~10)}から示す。各文献のパラメータをまとめて示すと釘間隔、釘長さ、合板積層数、面材のはり付け方である。

文献8、文献9では釘の長さをパラメータに耐力壁の実験が行われており、前者では釘長さと耐力壁における釘一本あたりの終局耐力の関係が検討され、後者では釘長さと耐力壁の終局耐力の関係が吟味されている。実験結果を図8~10に示す。これらの図から、釘が長いほど耐力壁における釘一本あたりの終局耐力および耐力壁の終局耐力も大きいことがわかる。釘間隔については、釘間隔が小さい方が耐力壁の初期剛性、終局耐力が大きい^{9、10)}ことが把握されており、図11に文献9の結果を示す。面材の積層数と耐力壁の強度特性の関係は、図12に示すように単板積層数が多い方の終局耐力が大きい⁹⁾。当然ながら、面材を両側にはる方が片側にはるよりも剛性と終局耐力ともに大きい(図13)¹⁰⁾。



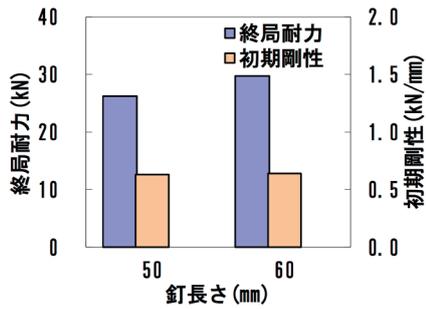
(a) 鉄丸釘(N釘)、針葉樹合板厚 24 mm (b) 鉄丸釘(N釘)、針葉樹合板厚 28 mm

図8 釘長さと耐力壁における釘1本あたりのせん断耐力の関係(文献8の表2、図6を基に作成)

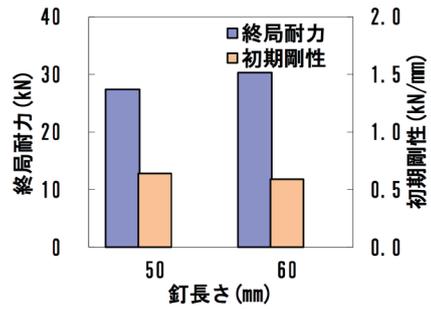


(a) 太め鉄丸釘(CN釘)、針葉樹合板厚 24 mm (b) 太め鉄丸釘(CN釘)、針葉樹合板厚 28 mm

図9 釘長さと耐力壁における釘1本あたりのせん断耐力の関係(文献8の表2、図7を基に作成)

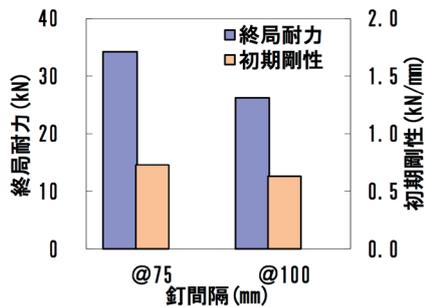


(a) 面材樹種アカマツスギ、釘間隔@ 100 (表 2 中 試験体 No. 6、7)

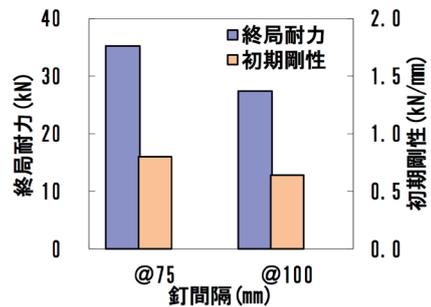


(b) 面材樹種カラマツスギ、釘間隔@ 100 (表 2 中 試験体 No. 9、10)

図 10 釘長さが耐力壁の初期剛性と終局耐力に及ぼす影響 (文献 9 の表 2 を基に作成)

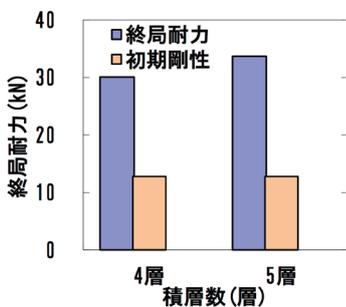


(a) 面材樹種アカマツスギ、釘長さ CN50 (表 2 中 試験体 No. 5、6)

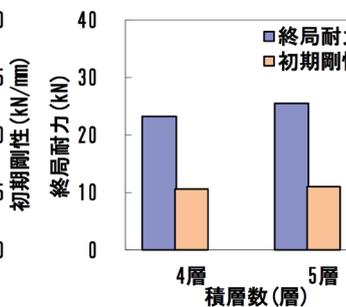


(b) 面材樹種カラマツスギ、釘長さ CN50 (表 2 中 試験体 No. 8、9)

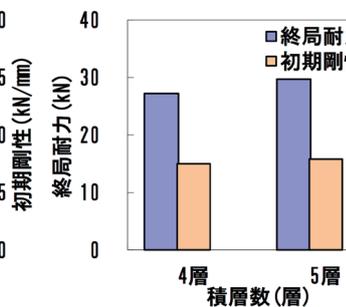
図 11 釘間隔が耐力壁の初期剛性と終局耐力に及ぼす影響 (文献 9 の表 2 を基に作成)



(a) 面材樹種スギ、釘長さ CN50、ネイル (表 2 中 試験体 No. 1、2)

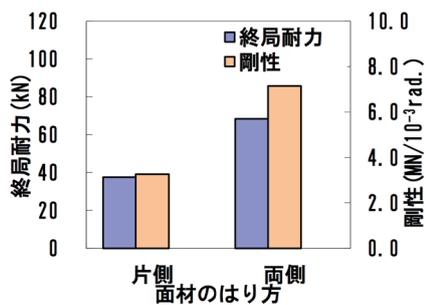


(b) 面材樹種スギ、釘長さ CN50、ネイル (表 2 中 試験体 No. 3、4)

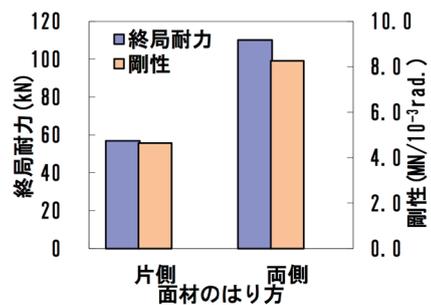


(c) 面材樹種スギ、釘長さ CN50、人力 (表 2 中 試験体 No. 3M、4M)

図 12 面材積層が耐力壁の初期剛性と終局耐力に及ぼす影響 (文献 9 の表 2 を基に作成)



(a) 構造用合板 12 mm、釘長さ CN50、釘間隔@ 75 (表 4 中 試験体 No. 1、3)



(b) 構造用合板 12 mm、釘長さ CN50、釘間隔@ 50 (表 4 中 試験体 No. 2、4)

図 13 面材のはり方が耐力壁の剛性と終局耐力に及ぼす影響 (文献 10 の表 4 を基に作成)

4-6 おわりに

木造建築の耐震性について既往の文献調査から以下の4つのことを把握することができた。①建築基準法で要求される荷重及び外力に対する構造性能は構造の種類によらず同じである。②建築基準法の改正毎に木造建築の耐震性が向上し、現代の木造住宅の大震災時における全壊率は他の構造と比べても大きく劣らない。③一般的な木造住宅は建築基準法の大地震では倒壊しない。④木造建築は耐震性を向上させることが容易である。

以上のことから「木造建築は地震に弱くない」と言えよう。

文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人建築研究所 監修：2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書、2015.6
- 2) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会編：阪神・淡路大震災調査報告 建築編—4 木造建築物 建築基礎構造、丸善株式会社、pp.1-110、1998.3
- 3) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会編：阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 建築編—9 海洋建築 建築経済 建築法規、丸善株式会社、pp.217-297
- 4) 村尾 修、山崎文雄：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害回数、日本建築学会構造系論文集 第527号、pp.189-196、2000.1
- 5) 熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会：熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会（第2回資料）、
<http://www.nilim.go.jp/lab/hbg/kumamotozisinniinnkai/20160630pdf/20160630haihusiryouissiki.pdf>、2016.9.6 閲覧
- 6) 北野志乃、宮沢健二、大橋好光、坂本 功：軸組構法住宅の実大振動実験（B棟）その1応答概要と破壊状況、日本建築学会大会講演梗概集、pp.137-138、1996.7
- 7) 五十田 博、平野 茂、三宅辰哉、古屋 治、箕輪親宏：建築基準法の最低壁量を満足する新築木造住宅の倒壊実験、日本建築学会構造系論文集 巻号(618)、pp.167-173、2007.8
- 8) 富永純一、野田 徹、村上雅英：木造軸組工法住宅の許容応力度設計に用いる各種面材釘のせん断性状のデータベース、日本建築学会技術報告集 巻号(19)、pp.123-128、2004.6
- 9) 東野 正、青木謙治、渋沢龍也、神谷文夫、谷川信江：12mm厚構造用合板張り耐力壁の面内せん断性能に及ぼす合板密度と釘接合の影響、日本建築学会大会講演梗概集、pp.37-38、2012.9
- 10) 河野博紀、山根 光、高岡繭子、大橋好光：木造事務所建築物の開発 その1高壁倍率耐力壁の開発 ～耐力壁の水平加力実験～、日本建築学会大会講演梗概集、pp.51-52、2012.9
- 11) 東日本大震災合同調査報告書編集委員会：東日本大震災合同調査報告 建築編4 木造建築物 / 歴史的建造物の被害、丸善出版株式会社、2015.7
- 12) 岡田恒夫：我が国の耐震工学の歩みと展望、(独)建築研究所講演会資料、
http://www.kenchiku-bosai.or.jp/files/2013/11/document_okada.pdf、2016.9.3 閲覧
- 13) 国土交通省建築研究所編：改正建築基準法の構造関係規定の技術的背景、ぎょうせい、2001.3
- 14) 大橋雄二：日本建築構造基準変遷史、(財)日本建築センター、1995.3

No.	4-1	項目	建築基準法で要求される構造性能は構造の種類によらず同じである
論文名	2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書		
発表者、著者等	国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人建築研究所 監修		
分類：調査、実験等			
調査、実験年			
掲載媒体			
備考			
<p>【内容】</p> <p>高さが60m以下の建築物は、建築基準法施行令第3章「構造強度」第8節「構造計算」で建築基準法施行令第83条の第1項に規定されている「荷重及び外力」に対する構造計算において、表2.5-1の要求事項を満たすこととされている。</p> <p>建築基準法施行令第83条の第1項に規定されている「荷重及び外力」とは、①固定荷重、②積算荷重、③積雪荷重、④風圧力、⑤地震力である。</p>			
<p>【結果】</p> <p>木造、RC造などの構造にかかわらず高さが60m以下の建築物は、建築基準法施行令に規定されている「荷重及び外力」に対する構造計算において、表2.5-1の要求事項を満たすこととされている。</p>			
<p>【評価】</p> <p>「建築基準法で要求される構造性能は構造によらず同じである」ことのエビデンスとして用いることができる調査資料である。</p>			
評価	<p>Ⓐ：採用する。</p> <p>B：一部採用する。</p> <p>C：採用しない。</p>		

No. 4-1 の図表

No.	4-1	項目	建築基準法で要求される構造性能は構造の種類によらず同じである
論文名	2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書		
発表者、著者等	国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人建築研究所 監修		

【図表】

表2.5-1 高さが60m以下の建築物に対する要求事項

令第83条第1項に規定されている荷重・外力の種類	荷重・外力の程度	最大級の荷重・外力 (極めて稀に発生する荷重・外力)	中程度の荷重・外力 (稀に発生する荷重・外力)	日常的な荷重・外力
建築物・構造耐力上主要な部分の状態		建築物が倒壊・崩壊等しないこと。	構造耐力上主要な部分が損傷しないこと。	建築物の構造耐力上主要な部分に損傷を生じないこと及び構造耐力上主要な部分の変形又は振動によって建築物の使用上の支障が起こらないこと。
屋根ふき材等の状態			屋根ふき材等が構造耐力上安全であること。	
固定荷重 ：令第84条 積載荷重 ：令第85条				実況によるか、又は指定の数値による。 ・構造耐力上主要な部分に生じる長期の応力度が長期の許容応力度を超えないこと。 (令第82条第一号～第三号、令第82条の5第一号) ・はり又は床版のたわみの計算を行い、クリープ等を考慮した係数を乗じた数値が1/250を超えないこと。 (令第82条第四号・令第82条の5第六号)
積雪荷重 ：令第86条 積雪荷重(N) =積雪の単位荷重(N/m ² ・cm)×屋根の水平投影面積(m ²)×垂直積雪量(cm)		右の積雪荷重の大きさの1.4倍 (令第82条の5第二号) ・構造耐力上主要な部分に生ずる力が材料強度に基づき求めた耐力を超えないこと。 (令第82条の5第二号)	・積雪の単位荷重は、原則として積雪量1cmごとに20N/m ² 以上 ・垂直積雪量は、大臣が定める基準に従って特定行政庁が規則で定める数値 ・構造耐力上主要な部分に生ずる短期の応力度が短期の許容応力度を超えないこと。 (令第82条第一号～第三号、令第82条の6第一号)	

No. 4-1 の図表

No.	4-1	項目	建築基準法で要求される構造性能は構造の種類によらず同じである		
論文名	2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書				
発表者、著者等	国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人建築研究所 監修				
多雪区域の積雪荷重	最大級の暴風時又は地震時に、中程度の積雪荷重の35%に相当する荷重を算入 (令第82条の5第二号)	中程度の暴風時又は地震動時に、中程度の積雪荷重の35%に相当する荷重を算入 (令第82条第一号～第三号、令第82条の5第一号)	長期の検討における荷重として、中程度の積雪荷重の70%に相当する荷重を算入 (令第82条第一号～第三号)	/	
風圧力 : 令第87条 風圧力 (N/m ²) = 速度圧 (N/m ²) × 風力係数	右の風圧力の大きさの1.6倍 (令第82条の5第二号)	<ul style="list-style-type: none"> 速度圧 (N/m²) = $0.6E V_0^2$ E 建築物の屋根の高さ及び樹木等の周辺の状況に応じた数値 V_0 その地方の台風の記録に基づき風害の程度その他の風の性状に応じて定められるその地方の風速 (m/秒)。 			
	<ul style="list-style-type: none"> 構造耐力上主要な部分に生ずる力が材料強度に基づき求めた耐力を超えないこと。 (令第82条の5第二号) 	<ul style="list-style-type: none"> 構造耐力上主要な部分に生ずる短期の応力度が短期の許容応力度を超えないこと。 (令第82条第一号～第三号、令第82条の5第一号) 屋根ふき材等は風圧に対し安全なものとする。 (令第82条の4・令第82条の5第七号) 			
地震力 : 令第88条 (限界耐力計算にあつては、令第82条の5第三号・第五号)	標準せん断力係数1.0以上又はこれに相当する加速度応答スペクトルに基づく地震力 (図2.5-1参照) (令第88条・令第82条の5第五号)	標準せん断力係数0.2以上(地盤が軟弱な地域に木造を建てる場合は0.3以上)又はこれに相当する加速度応答スペクトルに基づく地震力 (図2.5-1参照) (令第88条・令第82条の5第三号)		/	
	<ul style="list-style-type: none"> 地震による建築物の各階の必要保有水平耐力が材料強度に基づき求めた各階の保有水平耐力以下であること。 (令第82条の3) 地震による加速度によって建築物の各階に作用する地震力が材料強度に基づき求めた各階の保有水平耐力を超えないこと。 (令第82条の5第五号) 	<ul style="list-style-type: none"> 構造耐力上主要な部分に生ずる短期の応力度が短期の許容応力度を超えないこと。 (令第82条第一号～第三号) 層間変形角が1/200(変形により建築物の部分に著しい損傷が生ずるおそれのない場合は1/120)以内であること。 (令第82条の2) 建築物の地上部分の各階に作用する地震力が短期の許容応力度に基づき求めた各階の損傷限界耐力を超えないこと及び層間変形角が1/200(変形に 			

No. 4-1 の図表

No.	4-1	項目	建築基準法で要求される構造性能は構造の種類によらず同じである
論文名	2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書		
発表者、著者等	国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人建築研究所 監修		
<p>より建築物の部分に著しい損傷が生ずるおそれのない場合は1/120)以内であること。 (令第82条の5第三号)</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震動によって建築物の地下部分の構造耐力上主要な部分に生じる応力度が短期の許容応力度を超えないこと。 (令第82条の5第四号) 屋根ふき材等は大臣が定める基準に従い構造耐力上安全であることを確認すること。 (令第82条の5第七号) 剛性率が0.6以上、偏心率が0.15以下であるとともに、大臣が定める構造計算により安全確認を行うこと。 (令第82条の6第二号) 			

No.	4-2	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	阪神・淡路大震災調査報告 建築編—4 木造建築物 建築基礎構造		
発表者、著者等	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会		
分類：調査、実験等	調査		
調査、実験年			
掲載媒体	書籍		
備考	<p>調査結果は下記の論文に基づいている。</p> <p>村上雅英、田原賢、藤田宜紀、三澤文子：阪神・淡路大震災にみる在来木造都市型住宅の問題点、日本建築学会構造系論文集巻号：(481)、pp. 71-81、1996. 3</p> <p>鈴木祥之、東樋口 護、橋本清勇、北山宏貴、標 智仁、中治弘行、1995年兵庫県南部地震による木造建物の被害：その1 建物外観調査とアンケート調査、日本建築学会大会講演梗概集、pp. 5-6、1995. 7</p> <p>鈴木祥之、東樋口 護、橋本清勇、標 智仁、中治弘行、北山宏貴：1995年兵庫県南部地震による木造建物の被害：その2 被害分析、日本建築学会大会講演梗概集、pp. 7-8、1995. 7</p> <p>岩井哲、亀田弘行：1995年兵庫県南部地震による西宮市の都市施設被害分析のためのGISの利用、日本建築学会大会講演梗概集、pp. 65-66、1996. 7</p>		
【内容】	<ul style="list-style-type: none"> ・調査区域は灘区、東灘区、芦屋市、芦屋市西部、西宮市、宝塚市である。 ・調査方法は現地調査による全数調査、住民へのアンケートとヒアリングである。 ・建築年は外観調査と住民へのアンケート調査で特定している。 ・木造住宅の経年（10年区切り）と被害率の関係、建築基準法の改正年と被害率の関係について述べている。 		
【結果】	<p>【灘区】表 3.5.7：築50年以上の全壊率は52件/55件(94.5%)、築14年以下は10件/59件(17%)で建築年代が古いほど被害率が大きくなる。</p> <p>【東灘区】図 3.6.5：建築年代が古いもの程、被害の程度が大きく、特に2階建て住宅ではその傾向が顕著に現れている。</p> <p>【芦屋市】図 3.7.4：建設後15年から35年の建物が多く、1980年以前の建物は全壊の棟数および割合が大きい。新耐震基準制定後の1981年以降の建物の全壊は減少している。</p> <p>【芦屋市西部】図 3.7.17：建築年の古いほど全壊、半壊等の被害レベルが大きな比率となる傾向を示している。一方、新耐震基準制定後の建物は全壊、半壊の比率は少なく一部損壊程度の被害に留まる傾向がある。</p> <p>【西宮市】図 3.8.9(b)：1969年以前の在来木造建物では全壊・半壊を合わせた被害が65%以上と極めて大きい。1970年以降は建築年次と共に減少する傾向が明確に現れている。在来木造の被害は古い建物ほど多くなる傾向が明らかに認められる。</p> <p>【宝塚市】図 3.9.8：建設年代が新しくなるほど被害が小さくなっており、80%以上の損壊率になった建物は1982年以後(新耐震基準制定後)に建てられたものでは数%にすぎなかった。</p> <p>【まとめ】 木造住宅の経年と被害率の関係、建築基準法の改正年と被害率の関係を調査結果から述べている。全壊率は建築年代が古い建物ほど大きく、新耐震基準制定後の建物ほど小さいといえる。</p>		
【評価】	「大震災時における木造の全壊率は大きくない」ことのエビデンスとして用いることができる調査資料である。		
評価	<p>Ⓐ：採用する。</p> <p>B：一部採用する。</p> <p>C：採用しない。</p>		

No. 4-2 の図表

No.	4-2	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	阪神・淡路大震災調査報告 建築編—4 木造建築物 建築基礎構造		
発表者、著者等	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会		

【図表】

表 3.5.7 (p. 49)

調査区域：灘区

調査対象構造：W造（在来軸組構法、
枠組壁工法、木質プレハブ工法で
95%は在来軸組構法）

表 3.5.7 築年数と被害度の関係
(Relation between construction year and damage level)

集 中 調 査 地 域	築年数	無被害	軽大	軽小	1階倒壊	2階倒壊	全壊	合計
	0～4年	12 (57)	4 (19)	3 (14)	2 (10)			
5～9年	11 (52)	9 (43)					1 (5)	21 (8)
10～14年	9 (52)	4 (24)					4 (24)	17 (7)
15～19年	8 (33)	4 (17)	7 (29)	2 (8)			3 (13)	24 (9)
20～24年		9 (28)	12 (37)	5 (16)			6 (19)	32 (12)
25～34年	4 (7)	18 (33)	11 (20)	5 (9)	1 (2)		16 (29)	55 (22)
35～49年	2 (6)	4 (13)	5 (16)	6 (20)			14 (45)	31 (12)
50～年		3 (6)	12 (22)	4 (7)			36 (65)	55 (22)
合計 [件] [％]	46 (18)	55 (21)	50 (20)	24 (9)	1 (1)		80 (31)	256 (100)

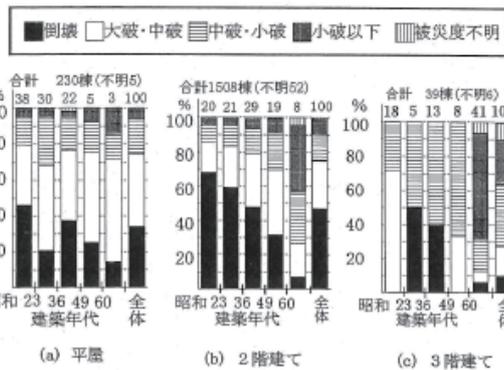


図 3.6.5 在来軸組構法による戸建て木造住宅の階数毎の築年代と被害程度の分布
(Damage distribution of post and beam wooden structures classified by co stories)

図 3.6.5 (p. 56)

調査区域：東灘区

調査対象構造：W造（在来軸組構法）

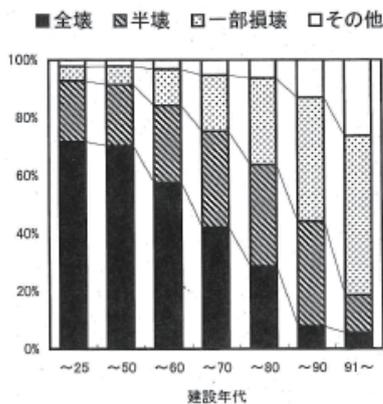


図 3.7.4 木造建物の建設年代別被害割合

図 3.7.4 (p. 67)

調査区域：芦屋市

調査対象構造：W造（在来軸組構法）

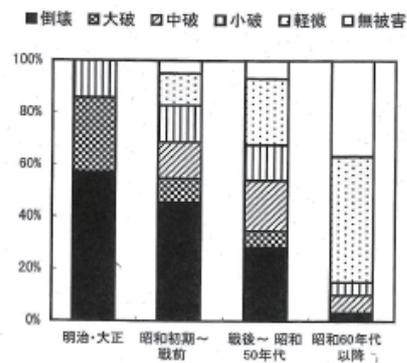


図 3.7.17 建設年代別建物被害割合：観察調査
(Ratios of damaged buildings classified by construction year: observational survey)

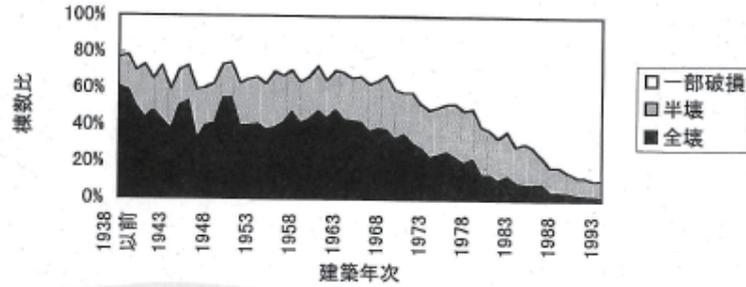
図 3.7.17 (p. 76)

調査区域：芦屋市西部

調査対象構造：W造（在来軸組構法）

No. 4-2 の図表			
No.	4-2	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	阪神・淡路大震災調査報告 建築編—4 木造建築物 建築基礎構造		
発表者、著者等	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会		

【図表】



(b) 在来木造建物の建築年次別被害率
(Damage ratio of conventional wood buildings classified by construction year)

図 3.8.9(b) (p. 87)

調査区域：西宮市

調査対象構造：W造(在来軸組構法)

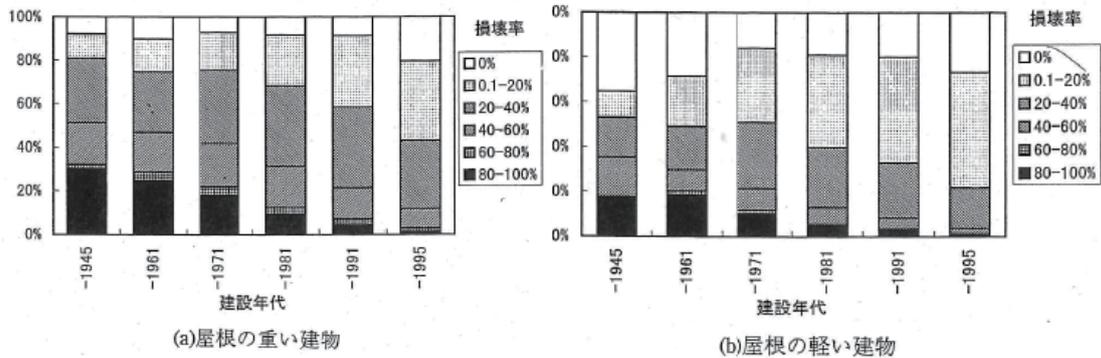


図 3.9.8 在来工法による木造建物の損壊率分布

(Damage distribution of conventional wooden houses classified by construction year)

図 3.9.8 (p. 94)

調査区域：宝塚市

調査対象構造：W造(在来軸組構法)

No.	4-3	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 建築編—9 海洋建築 建築経済 建築法規		
発表者、著者等	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会		
分類：調査、実験等	調査		
調査、実験年			
掲載媒体	書籍		
備考	<p>調査結果は下記の論文に基づいている。</p> <p>猪原直之、三橋博巳、加藤裕久、小松幸夫、吉田倬郎：阪神・淡路大震災による建物の損害実態に関する研究：淡路北淡町について、日本建築学会大会講演梗概集、pp. 1167-1168、1996. 7</p> <p>森本和樹、加藤裕久、高橋純一、小松幸夫、吉田倬郎、三橋博巳、若井真幸：阪神・淡路大震災における建物損害実態の調査研究 その1 神戸市灘区の震災直前の建物概要（震災被害&ケア付仮設住宅）、日本建築学会大会講演梗概集、pp. 1039-1040、1998. 7</p> <p>若井真幸、加藤裕久、高橋純一、小松幸夫、吉田倬郎、三橋博巳、森本和樹：阪神・淡路大震災における建物損害実態の調査研究 その2 神戸市灘区の建物損害実態（震災被害&ケア付仮設住宅）、日本建築学会大会講演梗概集、pp. 1041-1042、1998. 7</p> <p>若井真幸、小松幸夫、加藤裕久、吉田倬郎、高橋純一、三橋博巳：阪神・淡路大震災における建物損害実態の調査研究 その3 建物損害と経年について、日本建築学会大会講演梗概集、pp. 1199-1200、1999. 7</p>		
【内容】	<ul style="list-style-type: none"> ・調査区域は灘区、東灘区、芦屋市、北淡町である。 ・調査方法は固定資産台帳と罹災証明書である。 ・建築年は固定資産台帳で特定している。 ・建築基準法の改正年と建築物の被害率の関係を構造別に述べている。木造の改正年は詳細なもので市街地建築物法施工規則改正（1868～1924年）、建築基準法公布（1925～1950年）、建築基準法施行令改正（1951～1959年）、建築基準法施行令改正（1960～1970年）、建築基準法施行令改正（1971～1980年）、建築基準法施行令改正（1981～1994年）である。他構造の改正年は1971年以前、1972～1981年、1982～1994年である。 		
【灘区】	<p>〈木造〉図4.2.47：建築基準法改正毎に全壊率が減少している。新耐震基準制定前後（1981年）の全壊率は15.9%である。</p> <p>〈RC造〉図4.2.50：基準法改正毎に全壊率は減少している。新耐震基準制定後の全壊率は3.3%である。</p> <p>〈SRC造〉表4.2.71：他の構造では建築基準法の改正と全壊率の減少に相関が認められるがSRC造では相関が見られない。新耐震基準制定後の被害率は15.1%である。</p> <p>〈S造〉図4.2.53：基準法改正毎に全壊率は減少している。新耐震基準制定後の被害率は12.0%である。</p>		
【東灘区】	<p>〈木造〉図4.2.23：建築基準法の改正毎に全壊率は減少している。新耐震基準制定後の全壊率は22.0%である。</p> <p>〈RC造〉図4.2.27、表4.2.6：建築基準法の改正毎に全壊率は減少している。新耐震基準制定後の全壊率は6.9%である。</p> <p>〈SRC造〉表4.2.31：他構造では建築基準法改正と全壊率の減少に相関が認められるがSRC造では相関が見られない。新耐震基準制定後の全壊率は10.4%である。</p> <p>〈S造〉図4.2.29、表4.2.35：全壊率は1981年の新耐震基準制定前後で大きな変化が見られるが、1971年の基準法改正前後では全壊率に変化が見られない。新耐震基準制定後の全壊率は12.2%である。</p>		
【北淡町】	<p>〈木造〉図4.3.7：建築基準法の改正毎に全壊率が減少している。新耐震基準制定後の全壊率は23.1%である。</p>		

〈RC造〉図4.3.8：全壊率は1981年の新耐震基準制定前後で減少している。1971年以前の建物も棟数は少ないが全壊率は4.0%と非常に少なく損害が少なかった。新耐震基準制定後の全壊率は9.9%である。

〈SRC造〉表4.3.25：他構造では建築基準法改正と全壊率の減少に相関が認められるがSRC造では相関が見られない。新耐震基準制定後の全壊率は0%である。

〈S造〉図4.3.9：建築基準法改正毎に全壊率が減少している。新耐震基準制定後の全壊率は9.4%である。

【まとめ】

木造住宅の経年と被害率の関係、建築基準法の改正年と被害率の関係については以下のとおりである。

各調査地域ともに木造、RC造、S造の全壊率は建築年代が古い建物ほど大きく、新耐震基準制定後(1981年、S56年以降)の建物ほど小さいといえる。SRC造は建築基準法改正と全壊率の減少に相関が認められない。

下表に示す通り、大震災発生時における最新の耐震基準（1981年新耐震基準）を満たした木造住宅の被害率は、他構造の被害率に比べて顕著に劣っている値を示していない。

表 新耐震基準制定後の建物の全壊率(単位：%)

調査地区	木造	RC造	SRC造	S造
灘区	15.9	3.3	15.1	12.0
東灘区	22.0	6.9	10.4	12.2
北淡町	23.1	9.9	0	3.9

【評価】

「大震災時における木造の全壊率は大きくない」ことのエビデンスとして用いることができる調査資料である。

評価

- Ⓐ：採用する。
- B：一部採用する。
- C：採用しない。

No. 4-3 の図表			
No.	4-3	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 建築編—9 海洋建築 建築経済 建築法規		
発表者、著者等	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会		

【図表】

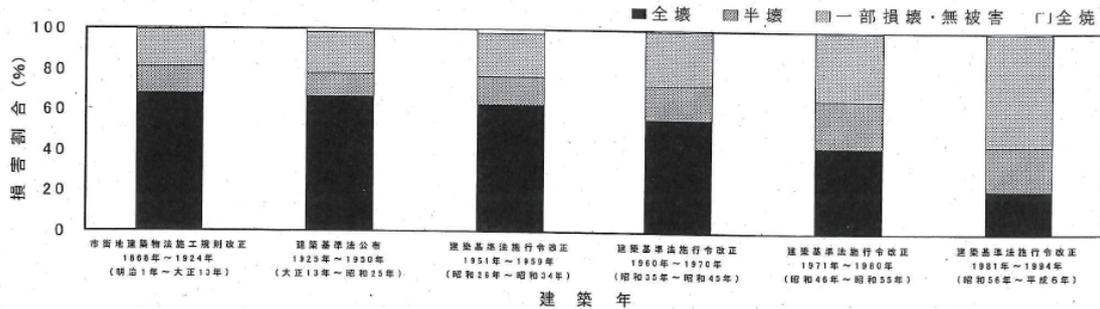


図 4.2.23 木造建物の建築年別損害割合 (Damage Ratio of Wooden Buildings classified by Year from Completion)

図 4. 2. 23 (p. 239)

調査区域：東灘区

調査対象構造：W造 (構法の区別なし)

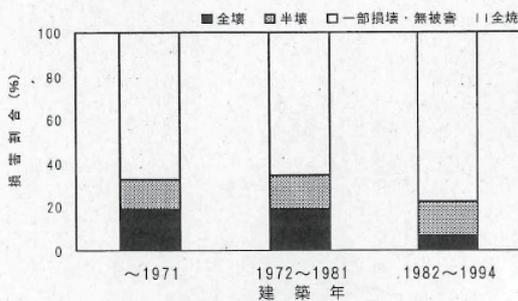


図 4.2.27 RC造建物の建築基準法改定別損害 (Damages of Reinforced Concrete Building classified by Change of the Building Law)

図 4. 2. 27 (p. 242)

調査区域：東灘区

調査対象構造：RC造

表 4. 2. 6 (p. 242)

調査区域：東灘区

調査対象構造：RC造

表 4.2.26 RC造建物の建築基準法改定別損害 (Damages of Reinforced Concrete Buildings classified by Change of the Building Law)

建築年	全壊	半壊	一部損壊・無被害	全焼	総計
~1971	274	197	970	1	1,442
	19.0%	13.7%	67.3%	0.1%	26.9%
1972~1981	356	297	1,257	1	1,911
	18.6%	15.5%	65.8%	0.1%	35.7%
1982~	138	306	1,560	2	2,006
	6.9%	15.3%	77.8%	0.1%	37.4%
不明	0	0	1	0	1
	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%
総計	768	800	3,788	4	5,360
	14.3%	14.9%	70.7%	0.1%	100.0%

No. 4-3 の図表

No.	4-3	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 建築編—9 海洋建築 建築経済 建築法規		
発表者、著者等	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会		

【図表】

表 4.2.31 (p. 244)
調査区域：東灘区
調査対象構造：SRC 造

表 4.2.31 SRC 造建物の建築基準法改正別損害
(Damages of Steel Encased Reinforced Concrete Buildings classified by Change of the Building Law)

建築年	全壊	半壊	一部損壊・無被害	全焼	総計
～1971	6	6	9	0	21
	28.6%	28.6%	42.9%	0.0%	13.0%
1972～1981	17	9	18	0	44
	38.6%	20.5%	40.9%	0.0%	27.3%
1982～	10	19	67	0	96
	10.4%	19.8%	69.8%	0.0%	59.6%
総計	33	34	94	0	161
	20.5%	21.1%	58.4%	0.0%	100.0%

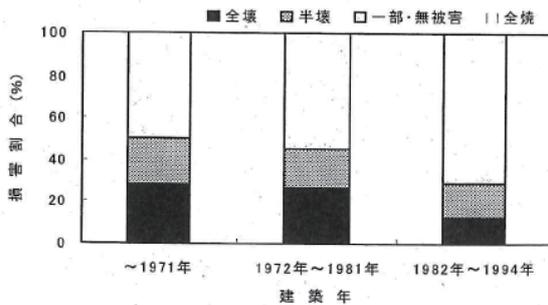


図 4.2.29 S 造建物の建築基準法改正別損害
(Damages of Steel Buildings classified by Change of the Building Law)

図 4.2.29 (p. 245)
調査区域：東灘区
調査対象構造：S 造

表 4.2.35 (p. 245)
調査区域：東灘区
調査対象構造：S 造

表 4.2.35 S 造建物の建築基準法改正別損害
(Damages of Steel Buildings classified by Change of the Building Law)

建築年	全壊	半壊	一部損壊・無被害	全焼	総計
～1971	212	160	374	0	746
	28.4%	21.4%	50.1%	0.0%	25.9%
1972～1981	228	161	466	3	858
	26.6%	18.8%	54.3%	0.3%	29.8%
1982～	156	215	899	4	1,274
	12.2%	16.9%	70.6%	0.3%	44.3%
総計	596	536	1,739	7	2,878
	20.7%	18.6%	60.4%	0.2%	100.0%

No. 4-3 の図表			
No.	4-3	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 建築編—9 海洋建築 建築経済 建築法規		
発表者、著者等	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会		

【図表】

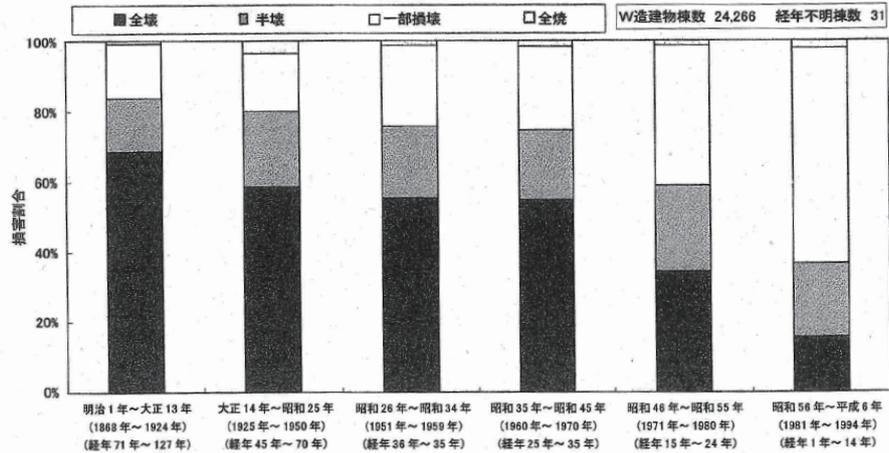


図 4.2.47 木造建築物の建築基準法改正別損害 (Damages of Wooden Buildings classified by Change of the Building Standard Law)

図 4. 2. 47 (p. 269)

調査区域：灘区

調査対象構造：W造 (構法の区別なし)

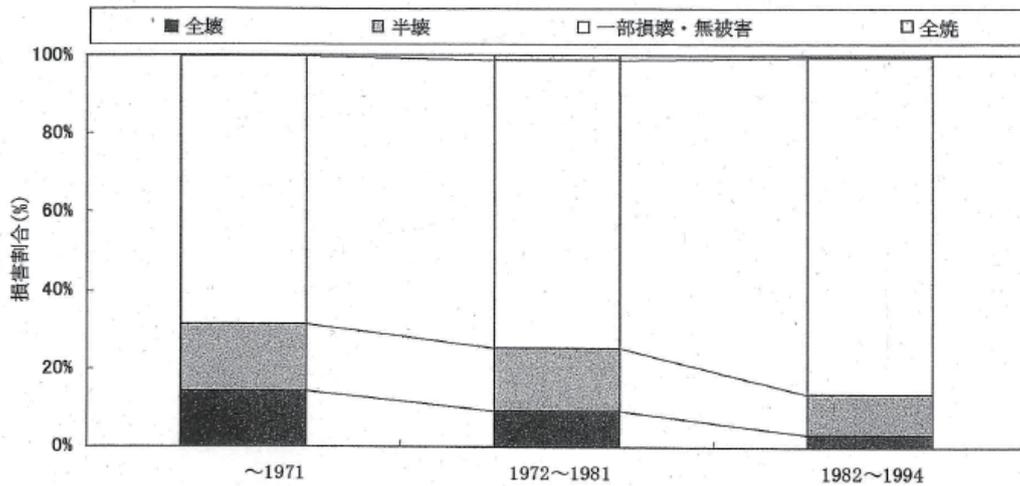


図 4.2.50 RC造建築物の建築基準法改正別損害 (Damages of Reinforced Concrete Buildings classified by Change of the Building Standard Law)

図 4. 2. 50 (p. 272)

調査区域：灘区

調査対象構造：RC造

No. 4-3 の図表

No.	4-3	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 建築編—9 海洋建築 建築経済 建築法規		
発表者、著者等	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会		

【図表】

表 4.2.71 (p. 274)

調査区域：灘区

調査対象構造：SRC 造

表 4.2.71 SRC 造建物の建築基準法の改正別損害

(Damages of Steel Reinforced Concrete Buildings classified by Change of the Building Standard Law)

建築年	全壊	半壊	一部損壊・無被害	全焼	総計
～1971	5	8	24	0	37
	13.5%	21.6%	64.9%	0.0%	100.0%
1972～1981	9	0	8	0	17
	52.9%	0.0%	47.1%	0.0%	100.0%
1982～1994	8	24	21	0	53
	15.1%	45.3%	39.6%	0.0%	100.0%
総計	22	32	53	0	107
	20.6%	29.9%	49.5%	0.0%	100.0%

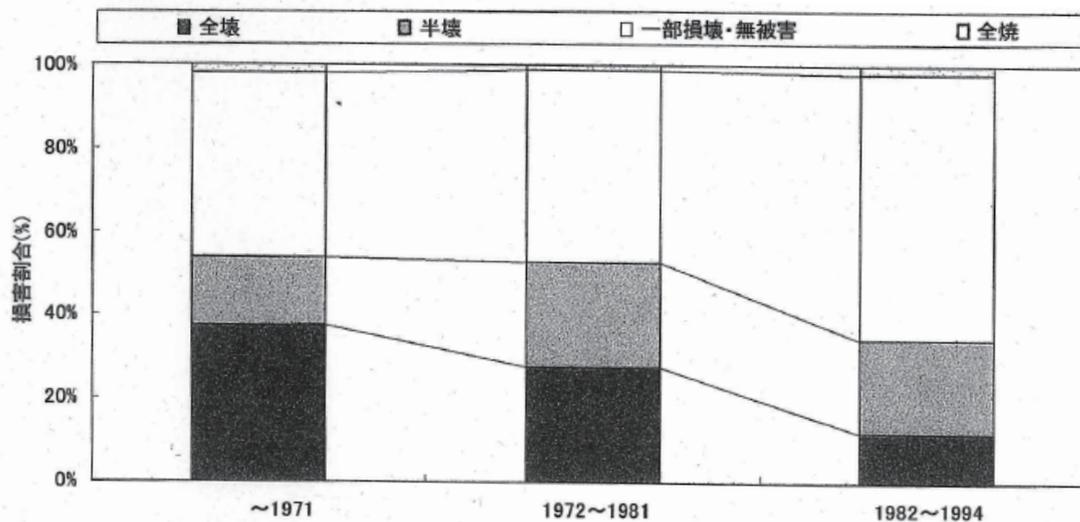


図 4.2.53 S 造建物の建築基準法改正別損害

(Damages of Steel Buildings classified by Change of the Building Standard Law)

図 4.2.53 (p. 275)

調査区域：灘区

調査対象構造：S 造

No. 4-3 の図表			
No.	4-3	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 建築編—9 海洋建築 建築経済 建築法規		
発表者、著者等	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会		

【図表】

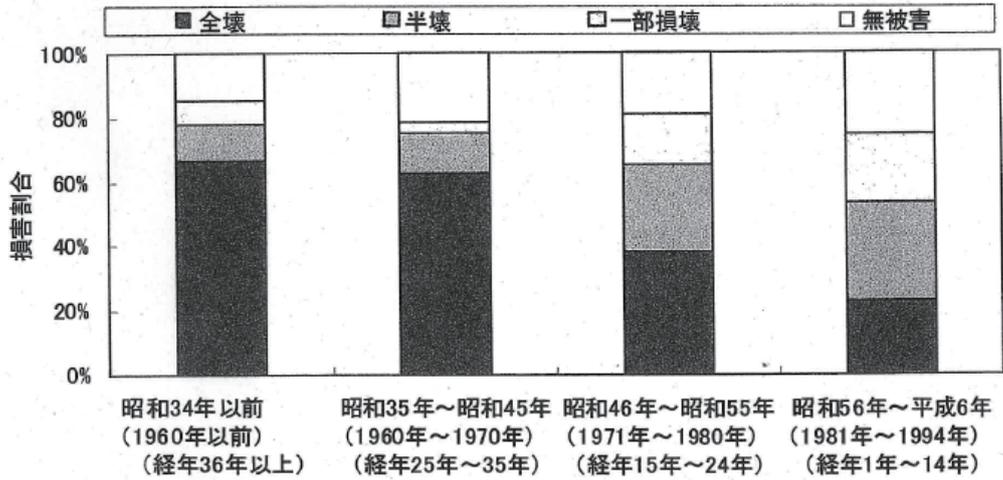


図 4.3.7 木造建物の建築基準法改正別損害
(Damages of Wooden Buildings classified by Change of the Building Standard Law)

図 4.3.7 (p. 290)
調査区域：北淡町
調査対象構造：W 造 (構法の区別なし)

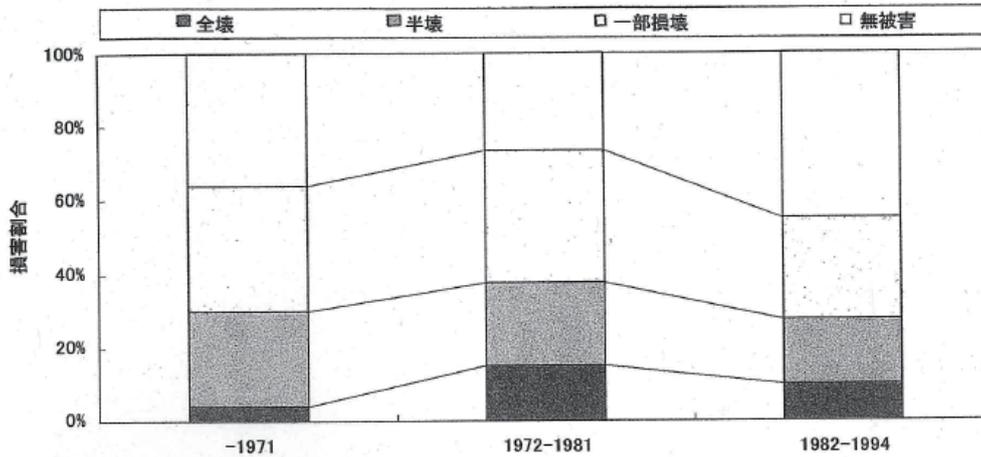


図 4.3.8 RC 造建物の建築基準法改正別損害
(Damages of Reinforced Concrete Buildings classified by Change of the Building Standard Law)

図 4.3.8 (p. 292)
調査区域：北淡町
調査対象構造：RC 造

No. 4-3 の図表

No.	4-3	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 建築編—9 海洋建築 建築経済 建築法規		
発表者、著者等	阪神・淡路大震災調査報告編集委員会		

【図表】

表 4.3.25 (p.292)

調査区域：北淡町

調査対象構造：SRC 造

表 4.3.25 SRC 造建物の建築基準法の改正別損害
(Damages of Steel Reinforced Concrete Buildings classified by Change of the Building Standard Law)

	-1971	1972-1981	1982-1994	総計
全壊	1	3	0	4
半壊	2	10	4	16
一部損壊	0	7	4	11
無被害	2	17	5	24
総計	5	37	13	55

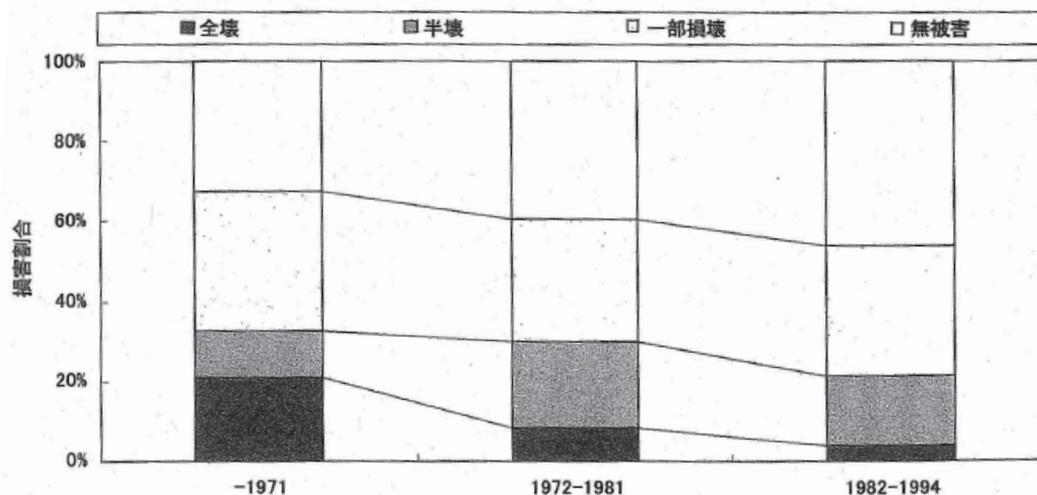


図 4.3.9 S 造建物の建築基準法改正別損害
(Damages of Steel Buildings classified by Change of the Building Standard Law)

図 4.3.9 (p.293)

調査区域：北淡町

調査対象構造：S 造

No.	4-4	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数		
発表者、著者等	村尾 修、山崎文雄		
分類：調査、実験等	被害推定式の構築		
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会構造系論文集 第527号、pp.189-196、2000.1		
備考			
<p>【内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使用している調査データ：神戸市灘区 ・建築基準法改正による影響を考慮し、1971年と1981年を境に10年ごとに区切り分析、木造建築物に関しても比較検討のため同様の区分を施して分析を行っている。 			
<p>【結果】</p> <p>図3～6：S造の1961年以前を除いて、建築年代の古いものほど全壊率および全半壊率が大きくなっている。木造では1971年と1981年、RC造では1981年、軽量S造では1981年を境に全壊率が顕著に減少している。</p> <p>図3～6：大震災発生時における最新の耐震基準を満たした1982年～1994年に建てられた建築物において構造別の全壊率は、木造15.7%、RC造3.9%、S造11.8%、軽量S造5.6%である。このことから、大震災発生時における最新の耐震基準を満たした木造建築物の全壊率は、他の構造と比較して大きく劣る数値ではないことがわかる。</p>			
<p>【評価】</p> <p>「大震災時における木造の全壊率は大きくない」のエビデンスに用いることができる資料である。</p>			
評価	<p>Ⓐ：採用する。 B：一部採用する。 C：採用しない。</p>		

No. 4-4 の図表

No.	4-4	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数		
発表者、著者等	村尾 修、山崎文雄		

【図表】

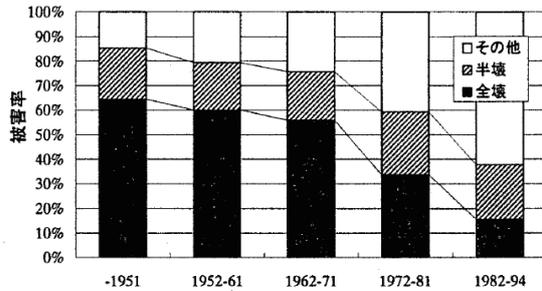


図3 木造の建築年代別被害率

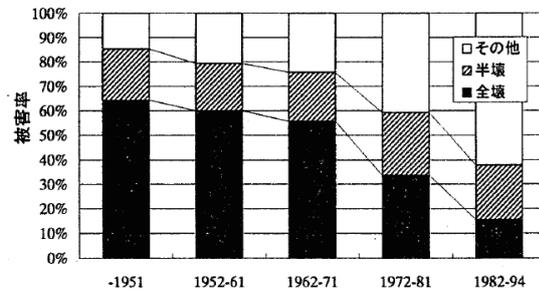


図4 RC造の建築年代別被害率

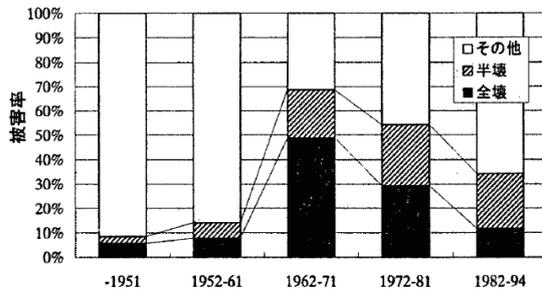


図5 S造の建築年代別被害率

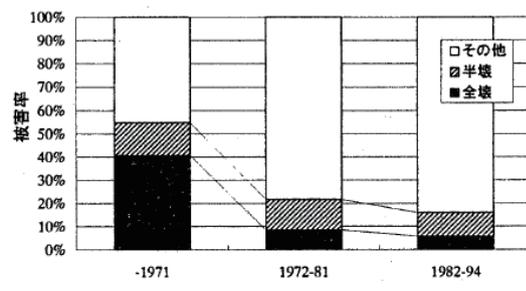


図6 軽量S造の建築年代別被害率

No.	4-5	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会(第2回資料) (兼 第12回建築構造基準委員会、第2回建築研究所熊本地震建築物被害調査検討委員会)		
発表者、著者等			
分類：調査、実験等	調査		
調査、実験年	2016年4月～5月		
掲載媒体	http://www.nilim.go.jp/lab/hbg/kumamotozisinniinnkai/20160630pdf/20160630haihusiryouissiki.pdf 、2016.9.6閲覧		
備考	2016年6月時点の情報		
<p>【内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・調査区域は益城町大字安永、大字宮園、大字木山、大字辻の城である。 ・調査方法は全数調査 ・建築年は建築確認台帳との突き合わせ及び、過去の航空写真で建築時期を特定している。 ・建築基準法の改正年と建築物の被害率の関係を構造別に述べている。 			
<p>【結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・前震で被害が軽微であった木造住宅が本震で倒壊した例が多数確認された。 ・新耐震基準以前の木造住宅、店舗併用の2階建て木造住宅の倒壊が多数確認された。 ・新耐震基準以降の建築確認の木造の倒壊が確認された。筋かい端部が釘打ち程度の軽微な接合方法であったものが多く確認された。(悉皆調査エリアでは新耐震基準以降の木造は1042棟あり、そのうち80棟(7.7%)が倒壊) ・2000年の建築基準法改正以降の建築確認の木造の倒壊が確認された。(悉皆調査エリアでは2000年改正以降の木造は242棟あり、そのうち7棟(2.9%)が倒壊) <p>集形表及び被害率のグラフから、木造、RC造で建築基準法改正毎に被害率は小さくなっている。</p>			
<p>【評価】</p> <p>「大震災時における木造の全壊率は大きくない」ことのエビデンスに用いることのできる資料である。</p>			
評価	<p>Ⓐ：採用する。 B：一部採用する。 C：採用しない。</p>		

No. 4-5 の図表

No.	4-5	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会(第2回資料) (兼 第12回建築構造基準委員会、第2回建築研究所熊本地震建築物被害調査検討委員会)		
発表者、著者等	熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会		

【図表】

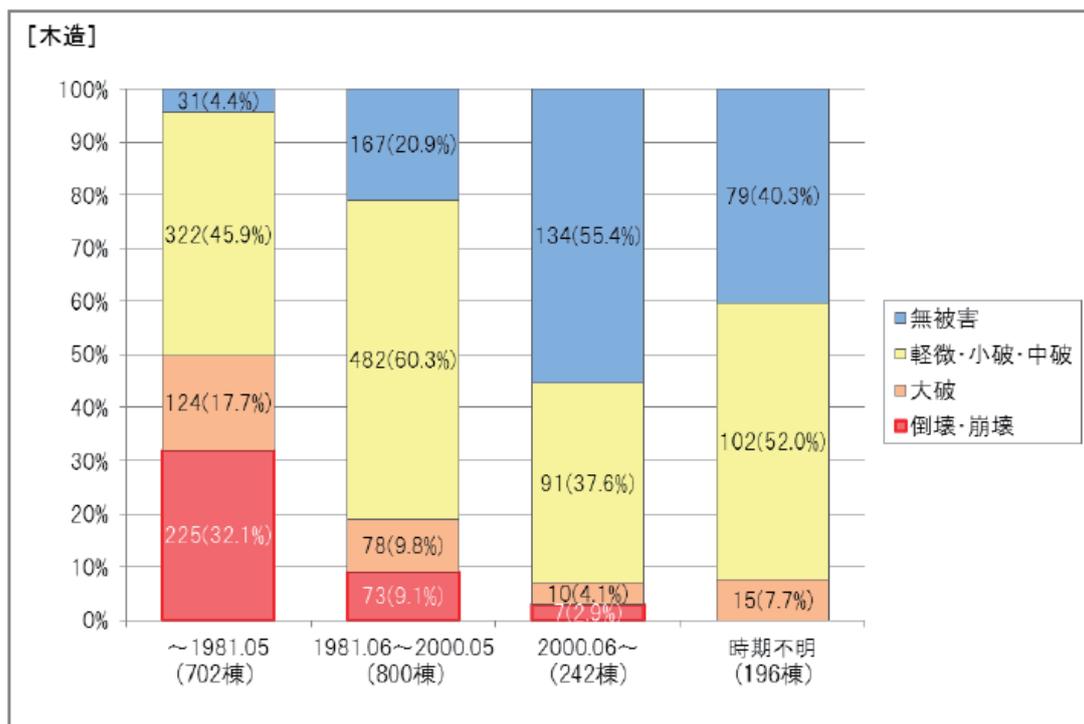
□集計表

構造	建築物の被害レベル	建築時期				総計
		～1981.05	1981.06～ 2000.05	2000.06～	時期不明	
木造	無被害	31 (4.4%)	167 (20.9%)	134 (55.4%)	79 (40.3%)	411 (21.2%)
	軽微・小破・中破	322 (45.9%)	482 (60.3%)	91 (37.6%)	102 (52.0%)	997 (51.4%)
	大破	124 (17.7%)	78 (9.8%)	10 (4.1%)	15 (7.7%)	227 (11.7%)
	倒壊・崩壊	225 (32.1%)	73 (9.1%)	7 (2.9%)	0 (0.0%)	305 (15.7%)
	小計	702 (100.0%)	800 (100.0%)	242 (100.0%)	196 (100.0%)	1,940 (100.0%)
S造	無被害	20 (54.1%)	54 (53.5%)	32 (76.2%)	25 (65.8%)	131 (60.1%)
	軽微・小破・中破	11 (29.7%)	33 (32.7%)	7 (16.7%)	11 (28.9%)	62 (28.4%)
	大破	4 (10.8%)	8 (7.9%)	3 (7.1%)	2 (5.3%)	17 (7.8%)
	倒壊・崩壊	2 (5.4%)	6 (5.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	8 (3.7%)
	小計	37 (100.0%)	101 (100.0%)	42 (100.0%)	38 (100.0%)	218 (100.0%)
RC造	無被害	4 (57.1%)	14 (70.0%)	0 (-)	18 (75.0%)	36 (70.6%)
	軽微・小破・中破	1 (14.3%)	6 (30.0%)	0 (-)	6 (25.0%)	13 (25.5%)
	大破	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (-)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	倒壊・崩壊	2 (28.6%)	0 (0.0%)	0 (-)	0 (0.0%)	2 (3.9%)
	小計	7 (100.0%)	20 (100.0%)	0 (-)	24 (100.0%)	51 (100.0%)
その他 (混構造等)	無被害	8 (40.0%)	21 (47.7%)	19 (70.4%)	12 (42.9%)	60 (50.4%)
	軽微・小破・中破	10 (50.0%)	18 (40.9%)	7 (25.9%)	11 (39.3%)	46 (38.7%)
	大破	1 (5.0%)	2 (4.5%)	0 (0.0%)	3 (10.7%)	6 (5.0%)
	倒壊・崩壊	1 (5.0%)	1 (2.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (1.7%)
	不明	0 (0.0%)	2 (4.5%)	1 (3.7%)	2 (7.1%)	5 (4.2%)
	小計	20 (100.0%)	44 (100.0%)	27 (100.0%)	28 (100.0%)	119 (100.0%)
計	無被害	63 (8.2%)	256 (26.5%)	185 (59.5%)	134 (46.9%)	638 (27.4%)
	軽微・小破・中破	344 (44.9%)	539 (55.9%)	105 (33.8%)	130 (45.5%)	1,118 (48.0%)
	大破	129 (16.8%)	88 (9.1%)	13 (4.2%)	20 (7.0%)	250 (10.7%)
	倒壊・崩壊	230 (30.0%)	80 (8.3%)	7 (2.3%)	0 (0.0%)	317 (13.6%)
	不明	0 (0.0%)	2 (0.2%)	1 (0.3%)	2 (0.7%)	5 (0.2%)
	小計	766 (100.0%)	965 (100.0%)	311 (100.0%)	286 (100.0%)	2,328 (100.0%)

No. 4-5 の図表

No.	4-5	項目	大震災時における木造建築の全壊率は大きくない
論文名	熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会(第2回資料) (兼 第12回建築構造基準委員会、第2回建築研究所熊本地震建築物被害調査検討委員会)		
発表者、著者等	熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会		

【図表】



No.	4-6	項目	木造住宅は基準法の大地震では倒壊しない
論文名	軸組構法住宅の実大振動実験(B棟):その1. 応答概要と破壊状況		
発表者、著者等	北野志乃、宮沢健二、大橋好光、坂本 功		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年	1995年		
掲載媒体	日本建築学会大会講演梗概集、pp.137-138、1996.7		
備考	多度津実験の報告 (財)日本住宅・木材技術センター：木造住宅実大振動実験報告書 (http://kiwoikasu-plat.jp/)も参照した。		

【内容】

多度津実験 B棟

試験体：在来軸組構法2階建て、壁量は建築基準法に適合する最低水準(1.0倍)、外装はラスモルタル、内装は石膏ボード

外壁がモルタル、屋根が瓦葺きで、建物平面も整形でない一般的住宅の耐震性の検討を目的にして実験を行なっている。試験は下表能とおり5段階に分けて実験を行なっている。

表 実験条件と試験体の壁量比

フェーズ1(壁量比 EW1.08、NS1.01)
↓
〈アンカーボルト締め直し、外壁モルタル約1/3撤去(1、2階南北面中央)〉
↓
フェーズ2(壁量比 EWO.99、NS0.99)
↓
〈内装石膏ボード約1/3撤去(1、2階南北面中央)〉
↓
フェーズ3(壁量比 EWO.99、NS0.99)
↓
〈アンカーボルト締め直し、筋かい一部撤去、内壁石膏ボード更に1/6撤去〉
↓
フェーズ4(壁量比 EWO.66、NS0.99)
↓
筋かいと石膏ボード一部撤去、合板補強、ホールダウン締め直し
↓
フェーズ5(壁量比 EWO.46、NS0.99)

【結果】

加振実験経過と応答概要が示された表1から、当初の壁量比1.08から構造を変更して壁量比を0.46まで変化させて、正弦波スイープ2回、神戸海洋波7回、エル・セントロ波2回の計11回の加振を行なった。

木造住宅は極めて稀に発生する地震の検討に用いる標準層せん断力係数は $C_0=1.0$ である。これは300~400gal程度の地震動に対する設計を要求していることになる。

神戸海洋波では1500gal~1900galもの加速度を生じるが、壁量が建築基準法に適合する最低水準(フェーズ1(壁量比 EW1.08、NS1.01))での被害は殆ど軽微であった。接合がしっかりしていれば、この程度の構造形態(偏心、上下階の不一致)でも十分安全であることが分かった、したがって、木造住宅は極めて稀に発生する地震では倒壊しないことが言える。

【評価】

「木造住宅は基準法の大地震では倒壊しない」ことのエビデンスとして用いることができる資料である。

評価

- Ⓐ：採用する。
- Ⓑ：一部採用する。
- Ⓒ：採用しない。

No. 4-6 の図表

論文名	軸組構法住宅の実大振動実験(B棟):その1.応答概要と破壊状況
発表者、著者等	北野志乃、宮沢健二、大橋好光、坂本 功

表-1 実験概要

フェースNo. 躯体状態	実験 No	入力地震波	HD 全数	最大加速度 軒gal 南/北	応答と破壊の概要	常時振動 固有周期Hz E-W面 加振前/後
フェース1 壁量EW1.08 の比NS1.01 (躯体+モルタル) +石膏ボード 偏心率 EW 0.157 NS 0.129	1	スイープ	有	南307 北174	→応答倍率10.7(実入力に対し) 卓越振動数EW5.1Hz、NS9.2Hz 被害殆どなし、石膏ボード及び 開口端と建物隅モルタル割れ若干 被害殆どなし、モルタル割れ若干 進展、居間クロスしわ見られる 被害殆どなし 被害進展せず	6.49 6.49 6.49 5.42
	2	神戸海洋	有	1.084		5.13
	3	神戸海洋	無	1.350		5.13
	4	エル・セン トロ1.5	無	1.108 739		5.13
アンカーボルト締め直し、外壁モルタル約1/3撤去(1,2階南北面中央)						
フェース2 壁量EW0.99 の比NS0.99 躯体+モルタル2/3 +石膏ボード 偏心率 EW 0.188 NS 0.130	5	スイープ	有	南143 北129	→応答倍率5.4(実入力に対し) 卓越振動数EW2.8Hz、NS7.7Hz 北側凹部筋かい金物の釘浮き 居間南側山形金物の変形、め り込み、釘レベルの土台亀裂 居間北面の天井回り縁の破損 1階南側筋かい4本中2本座屈 、筋かい端部に亀裂 、玄関横のホールダウン金物の変形 アンカーボルト座金のめり込み(9通)	4.54 4.64 4.64
	6	神戸海洋	有	1.861 1.632		↓
	7	神戸海洋	無	2.295 1.881		3.86 3.83
内壁石膏ボード約1/3撤去						
フェース3 壁量EW0.99 の比NS0.99 躯体+モルタル2/3 石膏ボード2/3 偏心率 EW 0.188 NS 0.130	8	神戸海洋	無	1.882 1.595	筋かい南面4本中1本、北面7本 中2本、座屈破壊 北側凹部筋かい金物の変形 9-1、柱脚金物変形と釘浮き 2階棟東側、小屋東の浮き 北側凹部1階筋かい3本座屈 1階残留層間変形角1/900	3.17 ↓ 2.59 2.59
	9	エル・セン トロ1.5	無	1.014 768		2.51
アンカーボルト締め直し、筋かい一部撤去、内壁石膏ボード更に1/6撤去						
フェース4 壁量EW0.66 の比NS0.99 躯体+モルタル2/3 石膏ボード/2 偏心率 EW 0.038 NS 0.133	10	神戸海洋	無	1.366	筋かい南面4本中3本、北面6本 中3本座屈破壊 北側凹部での柱2本踏み外し 建物隅部(柱直下)の土台割裂 西側通し柱梁接合部縦に亀裂 1階廊下柱梁接合部梁に亀裂 1階廊下石膏ボード、胴縁脱落 1階残留層間変形角1/90	2.64 ↓ 1.93
				1.449		
筋かいと石膏ボード一部撤去、合板補強、ホールダウン締め直し						
フェース5 壁量EW0.46 の比NS0.99 躯体+モルタル+合板 石膏ボード/2 偏心率 EW 0.214 NS 0.138	11	神戸海洋	無	1.145	補強用合板20枚中17枚が釘抜 け、うち南面4枚が剥落 加速度それほど大きくない L字金物全て変形、山形金物 南面6ヶ所、北面2ヶ所変形 1階残留層間変位最大33mm 変形角1/80(2階小屋梁)	2.81 ↓ 1.76
				1.055		

注1)壁量の比=EW方向壁量/施行令46条の地震力による必要壁量とした。
 注2)スイープ波EW方向30gal、神戸海洋気象台記録波NS818galとUD332gal、エル・セントロ波1.5倍NS510galとUD309galをEWとUDに入力した。
 注3)南面と北面軒桁のE-W方向加速度計により測定された値である。

No.	4-7	項目	木造住宅は基準法の大地震では倒壊しない
論文名	建築基準法の最低壁量を満足する新築木造住宅の倒壊実験		
発表者、著者等	五十田 博、平野 茂、三宅辰哉、古屋 治、箕輪親宏		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会構造系論文集 巻号(618)、pp.167-173、2007.8		
備考	大都市大震災軽減化特別プロジェクトⅡ 振動台活用による耐震性向上研究のうち、木造建物実験（研究代表者 坂本功慶 慶応大学教授／防災科学技術研究所客員研究員）の一環として実施		
【内容】			
<p>試験体：在来軸組構法2階建て、壁量は建築基準法に適合する最低水準（壁量比 X 方向 Y 方向ともに 1.16）、準耐力壁を考慮すると品確法等級 2、外装は窯業系サイディング、内装は石膏ボード。</p> <p>建築基準法を最低限満たした壁量で仕上げがない場合には、兵庫県南部地震の際に観測された地震動に対し、倒壊防止のために設置したワイヤが利き始める 1/5rad. の変形まで至ってしまうことが、大橋 好光、坂本 功、河合 直人、五十田 博、腰原 幹雄、橋本 敏男：実大木造住宅の振動台実験手法に関する研究：その 1～3、日本建築学会大会講演梗概集、pp.1-6、2005.7 で明らかにされている。</p> <p>ここでは建築基準法の仕様規定を満足し、かつ仕上げがされた木造住宅の倒壊挙動を論じる。実験シリーズは 3 つである。①大地震を入力し損傷させた実験（損傷実験）、②損傷後、内壁石膏ボード、外壁サイディングをすべて張替え、1 回目と同様の加振を繰り返した実験（復旧実験）、③建物を倒壊に至らしめる実験である（倒壊実験）。</p>			
【結果】			
<p>倒壊実験の JR 鷹取波 (773gal) の 2 回目で最大層間変形角は 1 階で X 方向、Y 方向ともに 1/5rad. に達し、残留変形は 1/7.6rad. であったが倒壊には至らなかった。</p> <p>倒壊までに JMA 神戸波 (818gal) 1 回、JR 鷹取波 (773gal) 2 回を要し、現行の建築基準法の要求性能である、“数百年に 1 度の極大地震に対し倒壊に至らないことを満足する耐震性能を有していることがわかった。</p> <p>したがって、木造住宅は極めて稀に発生する地震では倒壊しないと言える。</p>			
【評価】			
「木造住宅は基準法の大地震では倒壊しない」ことのエビデンスとして用いることができる資料である。			
評価	<p>Ⓐ：採用する。 B：一部採用する。 C：採用しない。</p>		

No. 4-7 の図表

論文名	建築基準法の最低壁量を満足する新築木造住宅の倒壊実験
発表者、著者等	五十田 博、平野 茂、三宅辰哉、古屋 治、箕輪親宏

表1 建物概要、仕上げほか

	1F	2F
平面積	76.60m ²	70.40m ²
階高	3,160mm	2,910mm
地震力算定用重量	181.5kN (積載荷重 38.1kN)	86.2 k N
耐力壁	筋かい、45×90mm	
非耐力壁	石膏ボード (内壁下地) t=12mm 窯業系サイディング(外壁) t=12mm	
屋根	瓦屋根	
床	構造用合板 t=9mm、フローリ ング t=12mm	構造用合板 t=32mm
バルコニー	構造用合板 t=24mm、磁器タイル仕上げ	
天井	石膏ボード t=9mm	
主要な接合 柱はり 接合部	ホールダウン金物、CP-T 同等金物	
筋かい接合部	壁倍率 2 倍用金物	
石膏ボード (壁)	スクリュー釘 (長さ 28mm、径 3.5~ 3.95mm)	
窯業系サイディ ング	釘 (長さ 40mm、径 2.2~2.35mm)	
必要壁量	25.28m	14.78m
存在壁量	X,Y=29.12m	X,Y=18.20m
偏心率	X=0.086,Y=0.017	X=0.085,Y=0.038
品確法必要壁量	35.73m	20.51m
品確法存在壁量	46.5m	61.5m

表2 実験シリーズ.

実験シリーズ	入力波	スケール	
被災実験	1 ホワイトノイズ	最大加速度30gal	
	2 JMA神戸	25%(205gal)	
	3 JMA神戸	25%(205gal)	
	4 JMA神戸	100%(818gal)	
	5 ホワイトノイズ	最大加速度30gal	
	6 JMA神戸	110% ^{注1)} (900gal)	
	7 ホワイトノイズ	最大加速度30gal	
損傷部分の復旧			
復旧実験	8 ホワイトノイズ	最大加速度60gal	
	9 JMA神戸	25%(205gal)	
	10 JMA神戸	100%(205gal)	
免震実験	11 ホワイトノイズ	最大加速度60gal	
	12 ホワイトノイズ	最大加速度60gal	
	13 JMA神戸	100%(818gal)	
	倒壊実験	14 JR鷹取 (速度主軸)	100%(773gal)
		15 JR鷹取 (速度主軸)	100%(773gal)
		16 JR鷹取 (速度主軸)	100%(773gal)

注1)NS成分110%、EW成分100%、注2)カッコ内は主加振方向加速度

No.	4-8	項目	木造建築は耐震性向上が容易である
論文名	木造軸組工法住宅の許容応力度設計に用いる各種面材釘のせん断性状のデータベース		
発表者、著者等	富永純一、野田 徹、村上雅英		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会技術報告集 巻号(19)、pp. 123-128、2004. 6		
備考			
<p>【内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・面材釘のせん断性状に関する設計用データベースを作成することを目的とし、105mm×105mm角のスギ材で構成される軸組に910mm×1820mmの面材を縁端距離10mm、150mmピッチで全周に釘又はねじ36本で貼り付けた。 ・パラメータは表1の面材8種類、長さなどが異なる釘及びねじ32品種である。 ・試験のセットアップは図3に示すとおりである。加力は1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30、1/15radで3回の正負交番繰り返し加力を行い、同一の軸組に対して異なった種類の面材あるいは釘又はねじの組み合わせによる計3種類の試験を実施している。 			
<p>【結果】</p> <p>図6(a)(b)と図7(a)(b)から、面材が薄い場合は「面材の破壊」によって最大耐力が決定されるので、釘一本あたりの終局耐力と釘の長さには相関関係がない。</p> <p>図6(c)(d)と図7(c)(d)から、厚い面材の場合は「釘の引き抜け」で最大耐力が決まるので、釘一本あたりの終局耐力は釘の長さに概ね比例する。</p> <p>注)図6、7中の縦軸の単位は(kN)ではなく(N)である。</p>			
<p>【まとめ】</p> <p>面材が厚い場合には釘一本あたりの終局耐力は釘の長さに概ね比例する。</p>			
<p>【評価】</p> <p>「木造建築は耐震性向上が容易である」のエビデンスとして用いることができる資料である。</p>			
評価	<p>Ⓐ：採用する。 B：一部採用する。 C：採用しない。</p>		

No. 4-8 の図表

No.	4-8	項目	木造建築は耐震性向上が容易である
論文名	木造軸組工法住宅の許容応力度設計に用いる各種面材釘のせん断性状のデータベース		
発表者、著者等	富永純一、野田 徹、村上雅英		

【図表】

表1 面材とねじの種類

(a)面材		(b)釘及びねじ		
種類	厚さ (mm)	種類	品名	品種数
針葉樹合板	7.5	鉄丸釘	N50, N65, N75	3
	9.0		FN50, FN65	2
	12.0	(カチ-N釘) (針金連結カチ-N釘)	N50, N65, N75, N90	4
	24.0		N50, N65, N75, N90	4
	28.0		CN50, CN65, CN75, CN90	4
OSB	9.5	乙マーク釘	ZN40, ZN65, ZN90, ZS50	4
石こうボード	12.5	針金連結釘	NC2150, NC2565	2
強化石こうボード	12.5	めっきスクリーナ釘(※)	2.75×50, 3.05×65 3.40×75	3
		石こうボード用釘	GN40	1
		タッピンねじ(クロスヘッド)	3.8×51, 5.0×65, 5.0×75	3
		石こうボード用ねじ	28, 32	2
		合計		32

※：商品名 E/G スクリュー

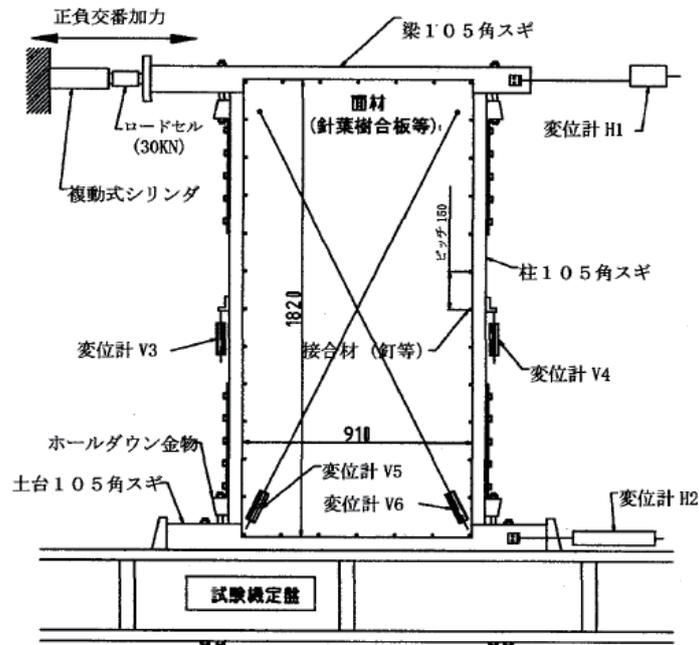


図3 試験装置概略図

No. 4-8 の図表

No.	4-8	項目	木造建築は耐震性向上が容易である
論文名	木造軸組工法住宅の許容応力度設計に用いる各種面材釘のせん断性状のデータベース		
発表者、著者等	富永純一、野田 徹、村上雅英		

【図表】

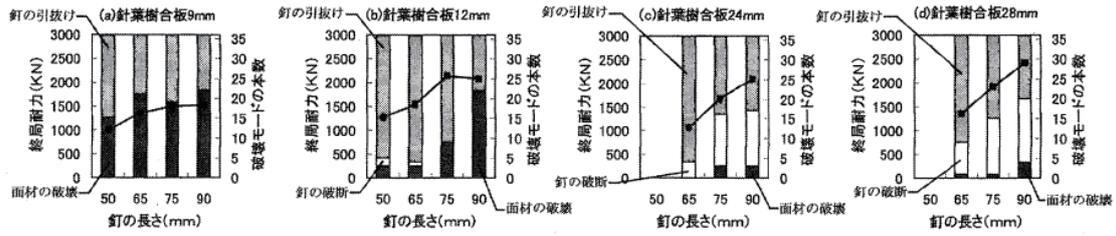


図6 鉄丸釘（針金連結か-N釘）の破壊モードと終局耐力の関係

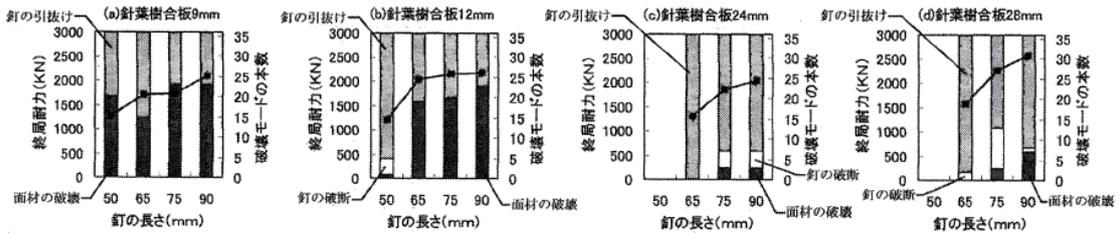


図7 太め鉄丸釘（CN釘）の破壊モードと終局耐力の関係

No.	4-9	項目	木造建築は耐震性向上が容易である
論文名	12mm 厚構造用合板張り耐力壁の面内せん断性能に及ぼす合板密度と釘接合の影響		
発表者、著者等	東野 正、青木 謙治、渋沢 龍也、神谷 文夫、谷川 信江		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会大会講演梗概集、pp. 37-38、2012. 9		
備考			

【内容】・パラメータを表1に示す釘間隔(@75、@100)、釘長さ(CN50、CN65)、合板積層数(4PLY、5PLY)とし、図1のとおり軸組構法耐力壁の面内せん断試験を行った。

【結果】【釘間隔】

表2中の試験体No.5とNo.6およびNo.8とNo.9から、釘間隔(@75、@100)が初期剛性と終局耐力に及ぼす影響を把握する。表2から作成した下表から、釘間隔が大きい場合よりも釘間隔が小さい方が初期剛性、終局耐力ともに大きいことがわかる。

表 釘間隔が初期剛性と終局耐力に及ぼす影響

試験体 No.	樹種	釘長さ	釘間隔	初期剛性(N/mm)	終局耐力(kN)
5	アカマツースギ	CN50	@75	0.73	34.2
6			@100	0.63	26.2
8	カラマツースギ		@75	0.80	35.2
9	@100		0.64	27.4	

【釘長さ】

表2中の試験体No.6とNo.7およびNo.9とNo.10から、釘長さ(CN50、CN65)が初期剛性と終局耐力に及ぼす影響を把握する。表2から作成した下表から、釘長さは初期剛性には影響を及ぼさないが、釘長さが短い場合よりも長い方の終局耐力が大きいことがわかる。

表 釘長さが初期剛性と終局耐力に及ぼす影響

試験体 No.	樹種	釘長さ	釘間隔	初期剛性(N/mm)	終局耐力(kN)
6	アカマツースギ	CN50	@100	0.63	26.2
7		CN65		0.64	29.7
9	カラマツースギ	CN50	@100	0.64	27.4
10		CN65		0.59	30.3

【単板積層数】

表2中の試験体No.1とNo.2、No.3とNo.4およびNo.3MとNo.4Mから、単板積層数が(4PLY、5PLY)が初期剛性と終局耐力に及ぼす影響を把握する。表2から作成した下表から、単板積層数は初期剛性には影響を及ぼさないが、単板積層数が多い方の終局耐力が大きいことがわかる。

表 単板積層数が初期剛性と終局耐力に及ぼす影響

試験体 No.	樹種	打ち方	積層数	釘長さ	釘間隔	初期剛性(N/mm)	終局耐力(kN)
1	スギ	ネイラー	4	CN50	@75	0.64	30.1
2			5			0.64	33.7
3	スギ	ネイラー	4	CN65	@100	0.53	23.2
4			5			0.55	25.5
3M	スギ	人力	4	CN65	@100	0.75	27.2
4M			5			0.79	29.7

【まとめ】

釘間隔が小さい方が初期剛性、終局耐力が大きい。釘長さが長い方の終局耐力が大きい。単板積層数が多い方の終局耐力が大きい。

【評価】

「木造建築は耐震性向上が容易である」のエビデンスとして用いることができる資料である。

評価

- Ⓐ：採用する。
- Ⓑ：一部採用する。
- Ⓒ：採用しない。

No. 4-9 の図表

No.	4-9	項目	木造建築は耐震性向上が容易である
論文名	12mm 厚構造用合板張り耐力壁の面内せん断性能に及ぼす合板密度と釘接合の影響		
発表者、著者等	東野正、青木謙治、渋谷龍也、神谷文夫、谷川信江		

【図表】

表1 試験体の仕様

条件	単板樹種	試験体記号	積層数 (PLY)	釘	釘打ち	釘間隔 (mm)	使用合板の密度 (kg/m ²)
1	スキ	SS	4	CN50	裨-	@75	410
2			5				415
3	スキ	SS	4	CN65	裨-	@100	430
3M		SSM					437
4	スキ	SS	5	CN65	裨-	@100	444
4M		SSM					453
5	アカマツ スギ	AS	5	CN50	裨-	@75	487
6						@100	468
7						CN65	500
8	カラマツ スギ	LS	5	CN50	裨-	@75	529
9						@100	498
10						CN65	504

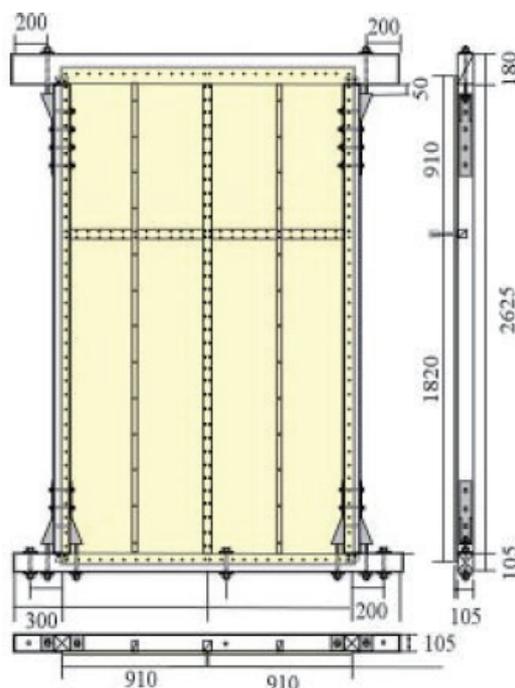


図1 試験体概要

表2 主な試験特性値と壁倍率

条件	特定変形時 $P_{1/120}$ (kN)	降伏耐力 P_y (kN)	最大荷重 P_{max} (kN)	終局耐力 P_u (kN)	初期剛性 K (N/mm)	構造特性係数 D_s	降伏変位 δ_y (mm)	最大荷重時変位 $\delta_{P_{max}}$ (mm)	終局変位 δ_u (mm)	倍率
1	15.46	17.24	33.02	30.08	0.64	0.39	27.02	149.30	180.64	4.2
2	16.15	18.59	37.22	33.73	0.64	0.39	29.07	156.22	202.37	4.5
3	13.13	14.32	26.17	23.17	0.53	0.41	27.14	142.45	153.82	3.1
3M	16.29	16.24	30.65	27.16	0.75	0.38	21.90	132.13	145.35	3.9
4	13.41	15.29	28.77	25.52	0.55	0.44	27.79	126.53	144.24	3.2
4M	17.13	17.01	33.65	29.71	0.79	0.38	21.49	121.37	146.46	4.3
5	17.68	19.70	38.27	34.17	0.73	0.39	26.94	146.53	179.33	4.9
6	13.82	15.70	29.49	26.24	0.63	0.39	24.81	130.82	159.03	3.7
7	15.70	18.09	32.42	29.73	0.64	0.42	28.29	130.49	157.82	3.9
8	18.95	21.12	39.53	35.15	0.80	0.39	26.34	135.56	169.27	4.9
9	15.14	15.98	30.63	27.42	0.64	0.35	25.23	144.87	195.13	4.2
10	14.29	17.88	33.71	30.30	0.59	0.43	31.30	150.46	171.34	3.8

(注) 壁倍率の算定にあたっては、同一仕様3体のばらつきを考慮し、低減係数 $\alpha=1$ とした

No.	4-10	項目	木造建築は耐震性向上が容易である																																																										
論文名	木造事務所建築物の開発 その1 高壁倍率耐力壁の開発 ～耐力壁の水平加力実験～																																																												
発表者、著者等	河野博紀、山根 光、高岡繭子、大橋好光																																																												
分類：調査、実験等	実験																																																												
調査、実験年																																																													
掲載媒体	日本建築学会大会講演梗概集、pp. 51-52、2012. 9																																																												
備考																																																													
<p>【内容】</p> <p>・パラメータは表1に示すとおり、面材種類、面材のはり付け方、面材厚さ、釘長さ、釘間隔とし、表2に試験体の使用、表3に軸組の使用を示す。</p>																																																													
<p>【結果】</p> <p>【釘間隔】</p> <p>表4中の試験体No. 1とNo. 2、No. 3とNo. 4およびNo. 6とNo. 7から、釘間隔(@75、@50)が剛性と終局耐力に及ぼす影響を把握する。表4から作成した下表から、面材の種類および張り方によらず、釘間隔が大きい場合より釘間隔が小さい方が剛性、終局耐力ともに大きいことがわかる。</p> <p style="text-align: center;">表 釘間隔が初期剛性と終局耐力に及ぼす影響</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>試験体 No.</th> <th>面材種類</th> <th>面材のはり方</th> <th>釘長さ</th> <th>釘間隔</th> <th>剛性 (MN/10⁻³rad)</th> <th>終局耐力 (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td rowspan="2">構造用合板 12 mm</td> <td rowspan="2">片側</td> <td rowspan="7">CN50</td> <td>@75</td> <td>3. 26</td> <td>37. 6</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>@50</td> <td>4. 64</td> <td>56. 9</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td rowspan="2">構造用合板 12 mm</td> <td rowspan="2">両側</td> <td>@75</td> <td>7. 14</td> <td>68. 4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>@50</td> <td>8. 26</td> <td>110. 1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td rowspan="2">OSB 9 mm</td> <td rowspan="2">片側</td> <td>@75</td> <td>4. 30</td> <td>32. 6</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>@50</td> <td>4. 65</td> <td>50. 4</td> </tr> </tbody> </table> <p>【釘長さ】</p> <p>表4中の試験体No. 4とNo. 5から、釘長さ(CN50、CN65)が剛性と終局耐力に及ぼす影響を把握する。表4から作成した下表から、釘長さを長くしても剛性には影響を及ぼさないが、釘長さが短い場合よりも長い方の終局耐力が大きいことがわかる。</p> <p style="text-align: center;">表 釘長さが剛性と終局耐力に及ぼす影響</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>試験体 No.</th> <th>面材種類</th> <th>面材のはり方</th> <th>釘長さ</th> <th>釘間隔</th> <th>剛性 (MN/10⁻³rad)</th> <th>終局耐力 (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td rowspan="2">構造用合板 12 mm</td> <td rowspan="2">両側</td> <td>CN50</td> <td rowspan="2">@50</td> <td>8. 26</td> <td>110. 1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>CN65</td> <td>4. 78</td> <td>143. 1</td> </tr> </tbody> </table>						試験体 No.	面材種類	面材のはり方	釘長さ	釘間隔	剛性 (MN/10 ⁻³ rad)	終局耐力 (kN)	1	構造用合板 12 mm	片側	CN50	@75	3. 26	37. 6	2	@50	4. 64	56. 9	3	構造用合板 12 mm	両側	@75	7. 14	68. 4	4	@50	8. 26	110. 1	6	OSB 9 mm	片側	@75	4. 30	32. 6	7	@50	4. 65	50. 4	試験体 No.	面材種類	面材のはり方	釘長さ	釘間隔	剛性 (MN/10 ⁻³ rad)	終局耐力 (kN)	4	構造用合板 12 mm	両側	CN50	@50	8. 26	110. 1	5	CN65	4. 78	143. 1
試験体 No.	面材種類	面材のはり方	釘長さ	釘間隔	剛性 (MN/10 ⁻³ rad)	終局耐力 (kN)																																																							
1	構造用合板 12 mm	片側	CN50	@75	3. 26	37. 6																																																							
2				@50	4. 64	56. 9																																																							
3	構造用合板 12 mm	両側		@75	7. 14	68. 4																																																							
4				@50	8. 26	110. 1																																																							
6	OSB 9 mm	片側		@75	4. 30	32. 6																																																							
7				@50	4. 65	50. 4																																																							
試験体 No.	面材種類	面材のはり方		釘長さ	釘間隔	剛性 (MN/10 ⁻³ rad)	終局耐力 (kN)																																																						
4	構造用合板 12 mm	両側	CN50	@50	8. 26	110. 1																																																							
5			CN65		4. 78	143. 1																																																							

【面材のはり方】

表4中の試験体No.1とNo.3、No.2とNo.4から、面材のはり方(片側、両側)が剛性と終局耐力に及ぼす影響を把握する。表4から作成した下表から、片側に面材をはるよりも両側にはる方が剛性、終局耐力ともに大きいことがわかる。

表 面材のはり方が剛性と終局耐力に及ぼす影響

試験体 No.	面材種類	面材のはり方	釘長さ	釘間隔	剛性 (MN/10 ⁻³ rad)	終局耐力 (kN)
1	構造用合板 12 mm	片側	CN50	@75	3.26	37.6
3		両側	CN50	@75	7.14	68.4
2	構造用合板 12 mm	片側	CN50	@50	4.64	56.9
4		両側	CN50	@50	8.26	110.1

【まとめ】

釘間隔が小さい方が剛性、終局耐力ともに大きい。釘長さが長い方の終局耐力が大きい。面材を両側にはる方が片側にはるよりも剛性、終局耐力が大きい。

【評価】

「木造建築は耐震性向上が容易である」のエビデンスとして用いることができる資料である。

評価

- A: 一般的に発表できる。
 B: 限定的な範囲で発表できる。
 C: 特殊な事例(事象)であり発表には懸念あり

NO. 4-10 の図表

No.	4-10	項目	木造建築は耐震性向上が容易である
論文名	木造事務所建築物の開発 その1 高壁倍率耐力壁の開発 ～耐力壁の水平加力実験～		
発表者、著者等	河野博紀、山根 光、高岡繭子、大橋好光		

表1 面材耐力壁の名称

【面材の種類】-【面材の貼り付け方】-【面材厚さ】-【釘種類】-【釘打ち付け間隔】

パラメータ	仕様
面材の種類	P:構造用合板、OSB:構造用パネル
面材の貼り付け方	片:片面、両:両面
面材厚さ	9、12(mm)
釘種類	CN50、CN65
釘打ち付け間隔	50、75(mm)

表2 試験体名・仕様一覧

番号	試験体名	面材の規格	面材の貼り方
1	P片12CN50@75	構造用合板 (針葉樹合板)	片面
2	P片12CN50@50	樹種:ベイマツ	
3	P両12CN50@75	特類・1級・積層数5	両面
4	P両12CN50@50	面材:C-D	
5	P両12CN65@50	曲げ:E60-F190 厚さ:12mm	
6	OSB片09CN50@75	構造パネル(OSB)	片面
7	OSB片09CN50@50	JAS規格4級 厚さ9mm	

表3 軸材の仕様

軸材	規格	樹種	断面寸法
			[mm ²]
柱、土台、継手間柱	JAS対称異等級構成集成材、E105-F300	オウシュウアカマツ	120×120
桁	JAS対称異等級構成集成材、E105-F300	オウシュウアカマツ	120×180
間柱	JAS対称異等級構成集成材、E105-F300	オウシュウアカマツ	30×120

表4 特性値

試験体 No.	4	5	3	2	1	7	6
試験体名	P両12 CN50@50	P両12 CN65@50	P両12 CN50@75	P片12 CN50@50	P片12 CN50@75	OSB片09 CN50@50	OSB片09 CN50@75
Pmax(kN/2.0m)	119.19	156.71	74.67	61.99	41.05	54.65	36.23
$\delta_{max}(10^{-3}rad)$	39.01	58.60	35.60	38.15	37.67	38.84	21.48
$\delta_y(10^{-3}rad)$	8.27	17.78	6.24	7.97	6.81	7.20	4.91
Pu(kN/2.0m)	110.08	143.07	68.41	56.89	37.61	50.41	32.64
$\delta_u(10^{-3}rad)$	56.93	66.67	57.41	59.86	62.64	50.75	41.89
$\delta_v(10^{-3}rad)$	13.35	30.34	9.64	12.27	11.54	10.84	7.64
剛性K(MN/10 ⁻³ rad)	8.26	4.78	7.14	4.64	3.26	4.65	4.30
塑性率 μ	4.26	2.22	6.02	4.88	5.45	4.68	5.47
構造特性係数Ds	0.36	0.54	0.30	0.34	0.32	0.35	0.32
降伏耐力Py (kN/2.0m)	68.20	83.47	44.18	36.98	22.21	33.46	20.95
Pu・0.2・ $\sqrt{2\mu-1}$ (kN/2.0m)	60.40	53.06	45.29	33.67	23.59	29.12	20.58
2/3Pmax (kN/2.0m)	79.46	104.47	49.78	41.33	27.36	36.43	24.15
見かけ1/200rad 時耐力(kN/2.0m)	48.62	24.42	40.13	28.16	18.60	21.25	26.54
許容耐力 (kN/2.0m)	48.62	24.42	40.13	28.16	18.60	21.25	20.58