

落とし込み二重板壁による木造耐力壁の開発

中園真人(感性デザイン工学科) 岩田真二(システム工学専攻) 富士尚俊(感性デザイン工学専攻)

Development Of Wooden Bearing Wall Constituted By The Double Board Panel

Mahito NAKAZONO(Prof.,Dept.of Perceptual Science and Design Engineering)

Shinji IWATA(Division of System Engineering)

Naotoshi FUJI(Graduate School,of Perceptual Science and Design Engineering)

Now, bearing wall in a wooden framed house has rigid common high bearing wall called a diagonal brace and the plywood for structures, and since the present condition is depending for the junction part on hardware or the screw, recently, the tradition method of structure which does not use hardware is being improved. Then, in this research, the horizontally loading experiment was conducted with five examination objects which doubled board and panelized it and with which it drops doubly, a board panel is proposed, and specification is different as a preliminary experiment, and the wall magnification of each examination object and the stability characteristic were clarified. Consequently, it became clear that it is the method of construction which dropped and harnessed the characteristic of Japan cedar material as bearing wall of the single specification from which a board panel constitutes the whole building and which is strong and is sticky doubly.

Key Words: bearing wall, wall magnification, double board panel

1. はじめに

落とし込み板壁とは、柱の側面に設けた溝にそって垂直に板を落とし込んでいく構法であり、その歴史は古く式年遷宮制により、20年ごとに造営が繰り返されてきた伊勢神宮にも用いられている(photo1)。当時の板壁は主に社寺建築に用いられており、一般の家屋は土壁が主流であった。しかし、戦後その内容は大きく変化し、現在では様々な材料や構法が用いられている。その多くは、筋かいや構造用合板などでせん断抵抗を高めた剛性の高い耐力壁の採用であり、接合部は金物やビスを用いる方法が主流となっている。しかし、金物やビスによる接合は大変形時のめり込みによって緩みが生じ、変形性能、特に繰返し加力による復元力特性を著しく低下させる恐れがある。このため、最近では金物を用いない伝統構法が見直されており、中でも落とし込み板壁を耐力壁として活用する事例が増えつつある。しかし既往の実験によれば、落とし込み板壁の剛性及び耐力は低いとされており、実用化にあたっては技術的な検討課題が多く残されている。

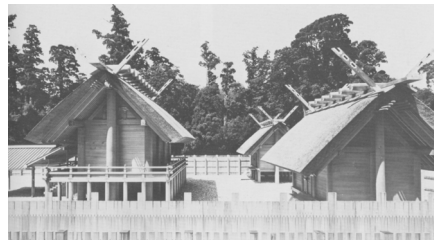


Photo 1 Ise Shrine

2. 落とし込み板壁の仕様規定と既往実験

国土交通省が定める落とし込み板壁（柱間の長さが180cm以上230cm以下）の仕様規定をFig. 1に示す。これによると落とし込み板の厚さが2.7cm以上かつ幅が13cm以上で、ダボは小径1.5cm以上かつ62cm以内の間隔で3本以上入れるとしており、この仕様による落とし込み板壁の壁倍率は0.6と耐力壁としては非常に低く評価されている。さらに国土交通省の委託業務で(財)日本住宅・木造技術センターが実施した実験結果によれば、落とし込み板壁の試験体(柱間1,800mm)でダボを入れていないもの、及び板同士にダボを入れたものは壁倍率が1を下回り、壁倍率が1を超えたものは、板同士及び横架材と板の接合部にダボを入れたもの、さらにそれと同じ試験体の両側

に通しボルトを貫通させた2体のみ(最大で1.45倍)であり、落とし込み板壁の耐力、剛性は非常に弱く耐力壁としてはあまり期待できない結果となっている。しかしながら、いずれの試験体も終局変形角1/15radに達しても明確な破壊は起こらなかったとしており、落とし込み板壁の耐力性能の特徴の一つに粘り強さがあると考えられる。

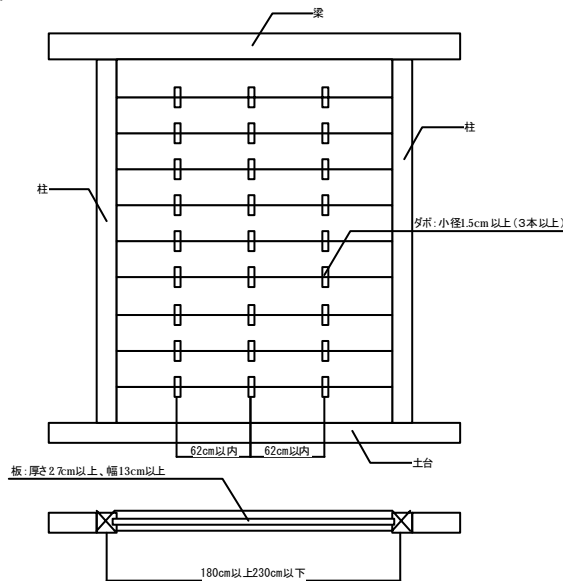


Fig.1 Specification Regulation Of Board Wall

3. 二重落とし込み板パネルの提案

二重落とし込み板パネルとはFig.2に示すように柱間において二枚の杉板を落とし込んでいく構法で、壁板の間に断熱材を挟み込むことで、下地材としてはもちろん、仕上材としても活用できる。この二重落とし込み板パネルの開発を進めるに至った理由としては以下のことが挙げられる。

- ①既往の実験結果によれば落とし込み板壁の剛性、耐力はダボによる効果が非常に大きく、単純に二重にすることでダボの本数が増え、耐力、剛性は向上すると考えられる。
- ②現在の軸組部材として注目されているスギは柔らかく、筋交い、構造用合板などの剛性の高い耐力壁を用いれば、柱頭、柱脚部に応力が集中して接合部にめり込みが生じ、耐力低下の原因となる恐れがある。

二重落とし込み板パネルの高い耐力、剛性が

実証されれば、Fig.3に示したように複数の壁倍率の違う耐力壁を設けなくても、一つの構法でバランスよく軸組を構成することができる。また内部に耐力壁を設ける必要はなく、広々とした内部空間が確保できると考えている。

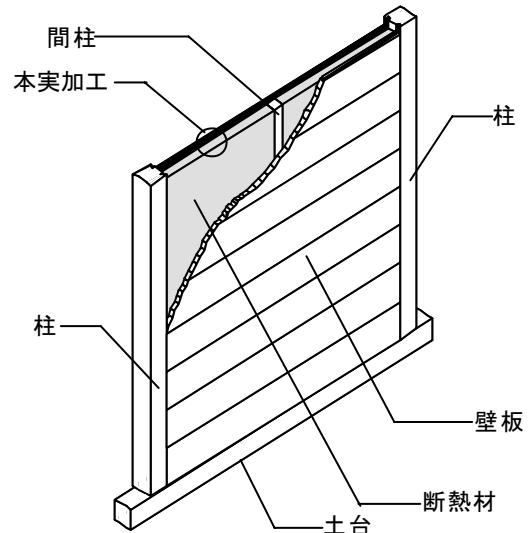


Fig.2 Double Board Panel Construction

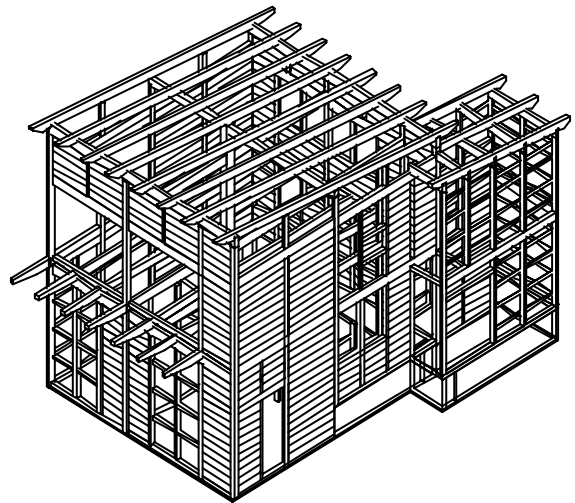


Fig.3 Residence Using Double Board Panel

4. 二重落とし込み板パネルの水平加力試験

本章では落とし込み板壁の実用化に向けての予備実験的位置づけとし、前章で提案した二重落とし込み板パネルの水平加力試験を行い、その復元力特性を検討することによって木造軸組工住宅における耐力壁としての耐力変形性能を明らかにする。

4-1 実験装置

本実験は「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（日本住宅・木材技術センター）」の耐力壁の面内せん断試験方法に準拠して、試験体の柱脚部を加力装置に緊結する柱脚固定式で行った。反力フレームに試験体をボルトで固定し、加力部には反力フレームに取付けたP C鋼棒を介してジャッキとロードセルを固定した。Fig.4に実験装置を、photo 2に試験体柱脚部、Photo 3に油圧ジャッキとロードセルの設置状況を示す。

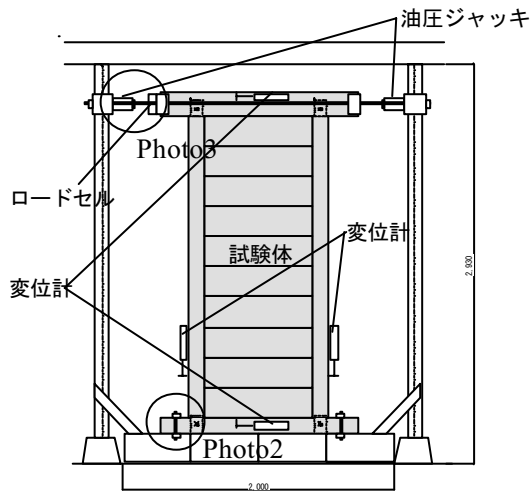


Fig.4• Experiment Equipment



Photo2• Pedestal Junction Part



Photo3• Oil Pressure Jack And Load Cell

4-2 試験体

本実験は軸組部と落とし込み板パネルを拘束しない試験体(No. 1)をベースにしてダボ、間柱等の本数及び寸法が異なる計5体の試験体で行った。試験体はいずれも幅 1500mm、高さ 2550mmで、柱間、横架材間は芯々でそれぞれ 910mm、2450mmである。軸組部は柱、土台は 120mm × 120mm のスギ、梁は 120mm × 180mm のベイマツを用いた。また落とし込み板は 30mm × 235mm のスギを用い、表・裏ともに 10 枚ずつ計 20 枚を軸組部に落とし込んでいる。Table 1に各部材の概

要、Fig.5に試験体(No. 1)の平面図、Table 2に各試験体の仕様、Fig.6に各試験体の立面図、を示す。

Table 1 Component Of Examination Object

名称	材種	含水率(%)	ヤング係数(×10 ³ kN/mm ²)	比重
柱	スギ	21.2	4.0	0.41
梁	ベイマツ	13.6	10.8	0.58
土台	スギ	19.2	4.0	0.37
壁板	スギ	14.4	—	0.37

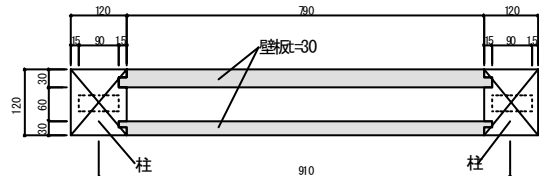


Fig.5 Double Board Panel (No.1) Plan

4-3 実験方法

実験は以下の方法で行った。

- ①加力方法は正負交番繰り返し加力とし、繰り返し履歴は見かけのせん断変形角が 1/600、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50radの正負変形時に行う。
- ②繰り返し加力は、履歴の同一変形段階で3回の繰り返し加力を行う。
- ③最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するか、試験体の見かけの変形角が 1/15rad 以上に達するまで加力する。なお、見かけの変形角が 1/15rad を超えても最大荷重の80%まで荷重が低下しない場合には、見かけの変形角 1/15rad を終局変形角とし、その時の荷重を最大荷重として扱う。

5. 実験結果

5-1 試験体の荷重－見かけのせん断変形角

各試験体の荷重と見かけのせん断変形角の関係を Fig.7に示す。試験体 No. 1は 1/15rad に達しても荷重は一定の上昇を見せるが、初期剛性は他の試験体と比べて極めて小さく全般に剛性は非常に低い。一方、ダボのみを使用したNo. 2とNo. 3を比較すると、初期剛性はダボの本数が多いNo. 3がNo. 2よりも比較的高い値を示している。いずれも 1/30rad 前後で同程度の最大荷重に達し、1/15rad に達するまでに最大荷重の80%を下回った。また、ダボと間柱を使用したNo. 4及びダボと間柱と押え板を使用したNo. 5

Table 2 Specification List Of Examination Object

名称	板幅 (mm)	板厚 (mm)	板の枚数	ダボ			込栓(mm)	間柱		その他
				寸法 (mm)	長さ (mm)	本数		寸法 (mm)	本数	
No.1	220	30	20	なし			柱部18×18	なし		
No.2	220	30	20	15×30 (交互)	120	2	柱部18×18	なし		
No.3	220	30	20	15×30 (横架材との接合部)	120	4	柱部18×18	なし		
No.4	220	30	20	15×30	120	4	柱部18×18	60×78	3	
No.5	220	30	20	15×30 (横架材との接合部)	120	4	柱部18×18	60×78	2	隅部にL字型押さえ板(厚60)

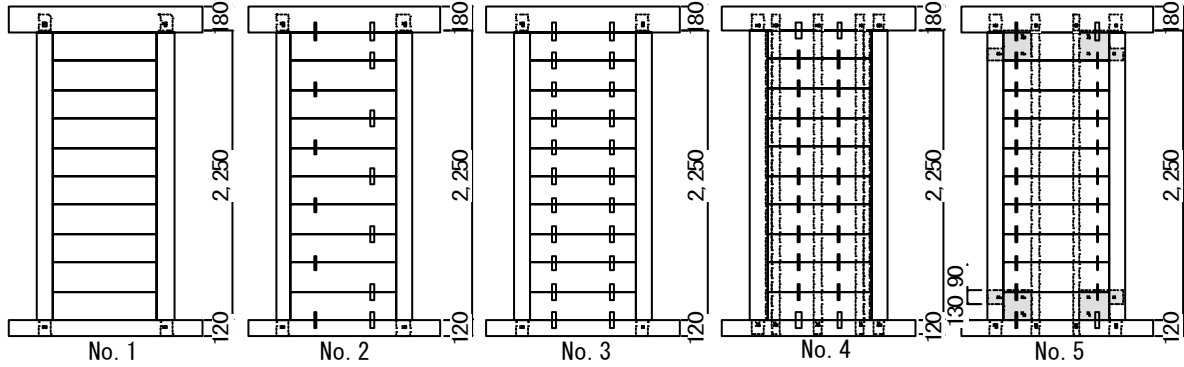


Fig.6 Elevation of Each Examination Object

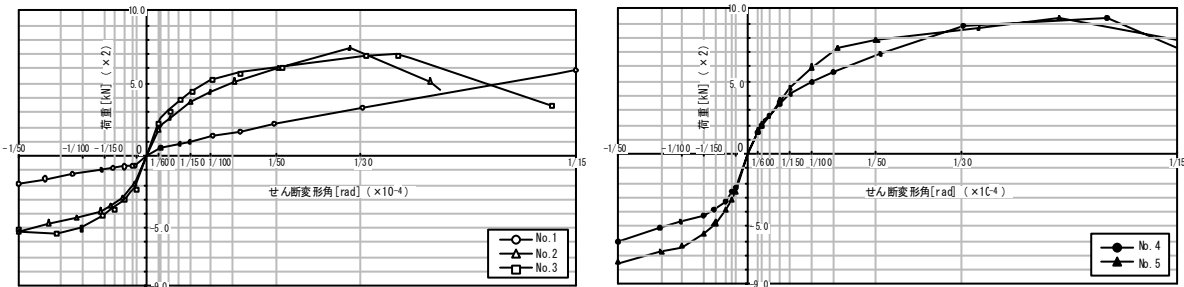


Fig.7 Load - Displacement

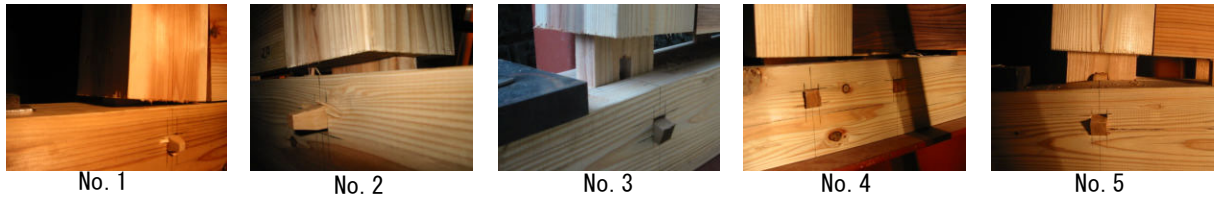


Photo 4 Pedestal Situation At Time Of Destruction

の初期剛性は、No. 5の押え板の効果が剛性を高めており、No. 4よりも高い値を示している。1/75rad付近で剛性が低下し、1/20radを超えたところで最大荷重に達している。

5-2 破壊状況

いずれの試験体も終局変形角において、壁板及びダボの破壊は見られなかった。剛性の低いNo. 1は柱脚の浮き上がり程度は小さく、1/15radに達しても柱脚部込栓の破壊は認められなかった。その他の試験体では1/150radを超えると柱脚の浮き上がりが生じ、1/30rad~1/

15radの間で柱脚部長ホヅ込栓の破壊により荷重が低下している。Photo 4に各試験体の破壊状況を、柱脚の浮き上がりと変形角の関係をFig.8示す。

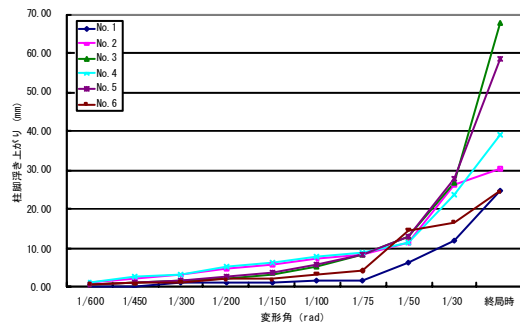


Fig.8 Pedestal Comes Floating. - Displacement

5-3 壁倍率の算定

実験結果に基づく各試験体の壁倍率は次式より算定した。

$$\text{壁倍率} = Pa \times (1/1.96) \times (1/L) \cdots (1\text{式})$$

但し、Pa：短期許容せん断力(kN)

L：壁の長さ(m)

本実験では、試験体の高さを2.45mに縮めたことにより、実験により決定された耐力壁の短期基準せん断力Poに $\alpha=0.9(2.45/2.73)$ を乗じて、短期許容せん断力Paを算定した。壁倍率の算定結果をTable 3に示す。試験体の短期基準せん断力Poは以下の①～④の最小値とする。試験体No. 1は①項、試験体No. 2、No. 5は③項、試験体No. 3、No. 4は②項でPoが決定されている。壁倍率の絶対値は、ダボ、間柱など軸組及び落とし込み板相互に拘束部材の多い試験体すなわちNo. 1～No. 5の順に大きい値を示した。

Table 3 Calculation Result Of Wall Magnification

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
最大耐力 Pmax(kN)	5.88	7.37	6.97	9.36	9.35
初期剛性 K(kN/rad)	107.7	566.9	780.0	576.1	573.8
①1/120rad時 P120(kN)	1.18	4.10	4.79	4.53	5.21
②降伏耐力 Py(kN)	2.75	3.71	3.85	4.37	6.49
③塑性率 μ と終局耐力Puによる $0.2\sqrt{(2\mu-1)} \times Pu$	2.02	3.12	4.12	4.60	4.74
④最大耐力の2/3 Pmax(kN) $\times 2/3$	3.92	4.91	4.65	6.24	6.23
許容せん断耐力 Pa(kN)=min(①,②,③,④) $\times \alpha$	1.06	2.81	3.47	3.93	4.27
壁倍率 (倍)	0.59	1.56	1.94	2.21	2.39

6. 落とし込み二重板壁の復元力特性

試験体No. 1を除く、ダボ・間柱・押え板を挿入した試験体はいずれも優れた弾塑性形の復元力特性を示した。このうちダボ寸法の大きい試験体No. 2およびNo. 3は高い初期剛性を示し、No. 3は最も高い塑性率であった。軸組との拘束を強めた試験体No. 5は大変形時において高い剛性を示した。これらの結果をFig.9に示す。また、塑性率 μ と構造特性係数Dsの積は試験体No. 3が最大値を示し、強さと粘りを兼ね備えられた仕様であることが確認された。(Table 4)

Table 4 Stability Characteristic Of Double Board Panel

	δv	δu	μ	Ds	$\mu \cdot Ds$
No.1	0.47	0.67	1.43	0.73	1.05
No.2	0.11	0.40	3.64	0.40	1.45
No.3	0.08	0.49	6.13	0.30	1.83
No.4	0.14	0.66	4.71	0.34	1.62
No.5	0.15	0.67	4.47	0.35	1.59

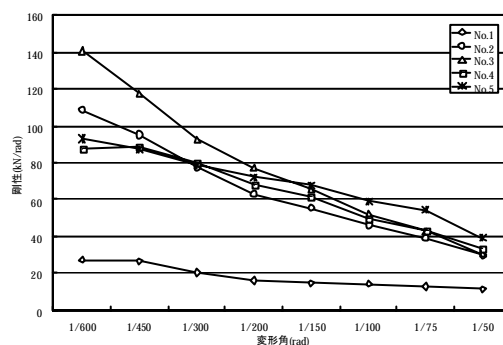


Fig.9 Rigidity - Displacement

7. まとめ

木造軸組工法住宅に使用する二重落とし込み板パネルの耐力変形性能に関する面内せん断試験結果から以下の事項が確認された。

- (1) 落とし込み板パネルの体力変形性能は、軸組及び壁板相互を緊結するダボ効果に大きく支配される。
- (2) 落とし込み板パネルのダボは、壁板断面との納まりを考慮して、できる限り大きい寸法形状のものがダボ効果が大きい。
- (3) 軸組の柱脚接合部と併せて、落とし込み板パネルの固定方法を更に検討する必要がある。

木造軸組工法住宅の耐力壁性能を向上させることを目的として、剛性の高い耐力壁の採用が普及しているが、これらの複数の仕様で構成される建物において、異なる仕様の耐力壁の許容せん断力を単純に加算して評価できるか否か、耐力壁単体の構造特性と建物の構造特性は異なる可能性があるなどの問題がある。

木造軸組工法住宅の耐力性能を明解にするため、建物全体を構成する単一仕様の耐力壁として、杉材の特性を活かした強くてねばりのある二重落とし込み板パネル工法は、耐力壁として有効な工法であることが判明した。

参考文献

- 1) 杉山英男：「地震と木造住宅」、丸善、1996年7月
- 2) 坂本功：「木造建築を見直す」、岩波新書、2000年4月
- 3) 大崎順彦：「地震と建築」、岩波新書、1993年10月
- 4) 日本建築学会：「木質構造設計規準・同解説」丸善、2002年10月
- 5) 「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」、(財)日本住宅・木材技術センター、2001年12月
- 6) 建築知識「地震に強い[木造住宅]パーフェクトマニュアル」、エクスナレッジ、2003年1月

(平成16年8月31日受理)