

近代木造建築に用いられる下見板張り壁の面内せん断試験
(その2) 壁の耐力特性に及ぼす接合金物の影響

木質構造 近代木造建築 面内せん断試験
耐力壁 下見板 壁倍率

準会員 小川 俊樹*1 正会員 光井 周平*2
正会員 金澤 寛*3 非会員 牛坂 淳二*4

1. 緒言

本研究は、近代木造建築の代表的な外部仕上げである下見板張り壁を対象として、面内せん断試験により壁の力学的挙動の解明、壁基準耐力・壁倍率の評価を行い、耐震診断時の適切な構造特性評価に資することを目的としたものである。前報¹⁾では、図1に示すような試験体の面内せん断試験を実施し、下見板張り壁の壁基準耐力として窯業系サイディングや木摺り下地モルタル塗りと同等程度の値が得られたこと、筋かい壁と比較して1/15(rad)程度まで変形しても耐力低下が見られない粘り強い特性であること等のことが明らかとなった。

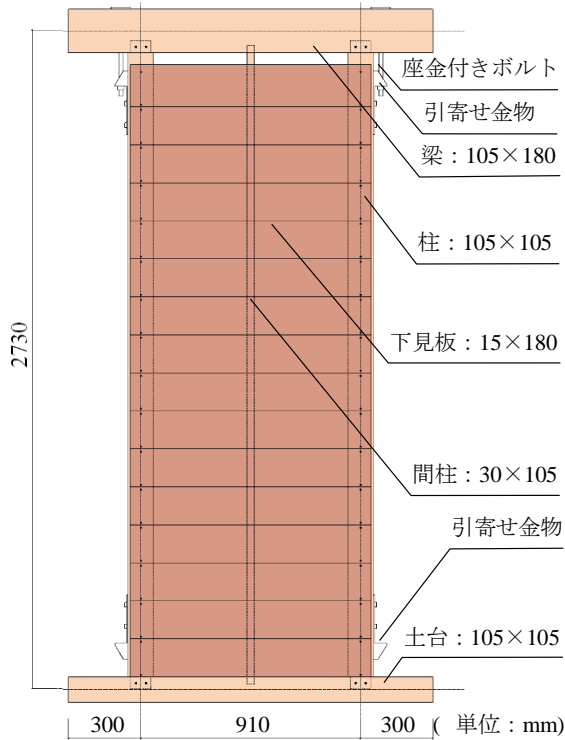


図1 試験体の概要

本報(その2)では、現存する近代木造建築の実際の状況を考慮して、接合金物の有無が壁の耐力特性にどのような影響を及ぼすのかを検討するために追加で行った面内せん断試験の結果について報告する。また、実験結果との比較から、既往の研究で提案されている簡易な力学モデルを用いた計算による耐力評価の適用性について検討した結果について合わせて報告する。

2. 試験体の概要および実験方法

試験体は、前報で用いた図1と同様であり、試験体の柱頭・柱脚の様子は、前報と同様に短ほぞ N90 くぎ 2 本打ち+引き寄せ金物締めとしたものと、引き寄せ金物を使用しないものとの2種類を用意した。樹種は柱・土台・間柱及び下見板にスギ、梁にベイマツを用いた。なお、これらの条件は文献 2)で規定されている試験方法に準じている。

下見板には長さ 1000mm のスギ粗板を 16 枚使用し、重ね幅は 20mm として柱に釘止めした。下見板および釘の配置については、広島県江田島市に現存する近代木造建築である海友舎(旧江田島海軍下士卒集会所)³⁾の実測調査結果を参考に決定した。試験体の一覧を表1に示す。

表1 試験体一覧

試験体名	下見板	金物	試験体数
シリーズ A	あり	あり	3
シリーズ B		なし	3
シリーズ C	なし	あり	1
シリーズ D		なし	1

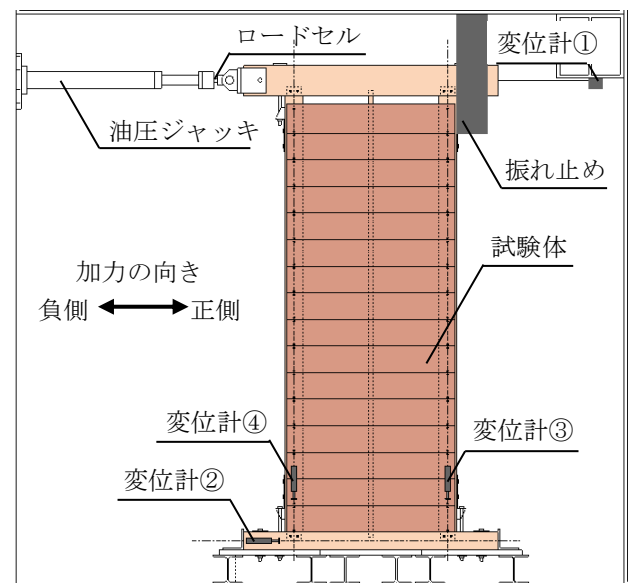


図2 実験装置及び変位計の設置位置

実験装置及び変位計の設置位置を図2に示す。試験体の固定方法には柱脚固定式を採用している。加力は梁端部に取り付けた油圧ジャッキにより手動で水平方向に漸増振幅繰返し载荷を行った。各サイクルの目標変形角は、見かけのせん断変形角 γ が $\pm 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50(\text{rad})$ とし、各サイクル3回ずつ繰り返した。最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するか、もしくは試験体の変形角が $+1/15(\text{rad})$ に達するまで加力を行った。なお、見かけのせん断変形角 $\gamma(\text{rad})$ は、変位計①と変位計②で得られる変位量の差を変位計間の鉛直距離 (2730mm) で除して算定する。

3. 実験結果および考察

実験により得られた各試験体の初期剛性、降伏耐力及び最大耐力を表2に示す。

表2 実験結果

試験体名		初期剛性 (kN/rad)	降伏耐力 (kN)	最大耐力 (kN)
A	A-01	124.12	1.86	3.85
	A-02	111.40	1.77	3.50
	A-03	107.98	1.72	3.34
	平均	114.50	1.78	3.56
B	B-01	107.62	1.19	2.19
	B-02	85.36	1.00	2.20
	B-03	110.44	1.02	2.10
	平均	101.14	1.07	2.16
C	C-01	30.70		1.90
D	D-01	17.62	0.53	0.86

接合部に金物を用いたシリーズ A は、金物を用いないシリーズ B と比較すると、平均値で初期剛性が 13%、最大耐力が 65% 高い結果となった。この結果から、接合金物の効果は壁の変形が大きくなった段階で顕著になるものと言える。したがって、壁の変形が小さい段階では、主に下見板を固定する釘の変形により外力に抵抗しているものと推察される。下見板の有無で比較すると、接合金物を用いるシリーズ A (下見板あり) と C (下見板なし) では初期剛性が 3.73 倍、最大耐力が 1.87 倍、また、接合金物を用いないシリーズ B (下見板あり) と D (下見板なし) では初期剛性が 5.74 倍、最大耐力が 2.51 倍という結果となっており、接合金物の有無に関わらず下見板を用いることによって剛性・耐力ともに向上し、特に壁の変形が小さい段階においてその効果が大きいことが分かる。

シリーズ A, B の代表的な荷重-変形角関係を図3及び4に、荷重-変形角関係の包絡線を図5及び6に、それぞれ示す。いずれの試験体も最大変形角まで耐力低下は見られず、粘り強く耐える壁であることが分かる。

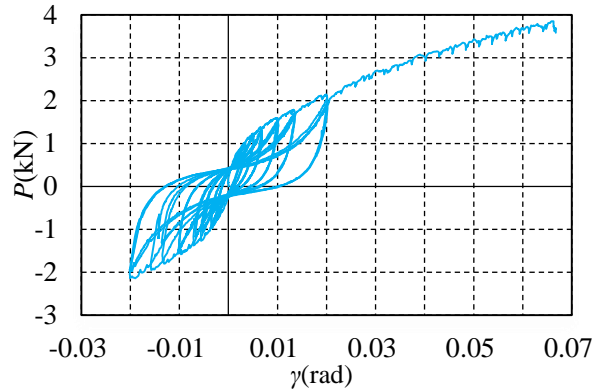


図3 荷重-変形角関係 (シリーズ A-01)

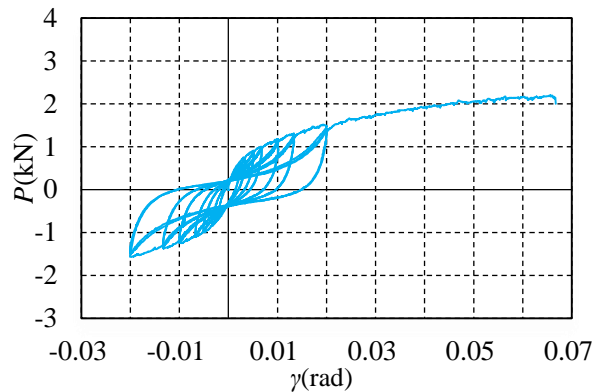


図4 荷重-変形角関係 (シリーズ B-01)

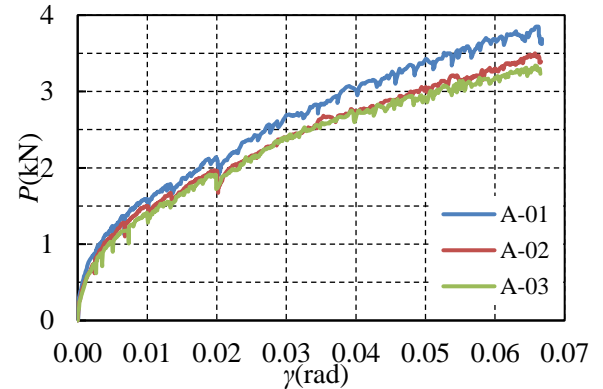


図5 荷重-変形角関係の包絡線 (シリーズ A)

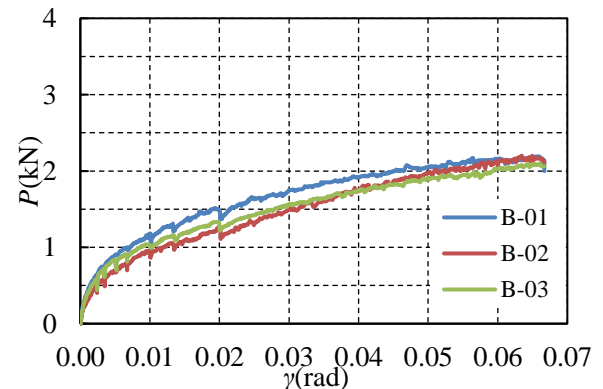


図6 荷重-変形角関係の包絡線 (シリーズ B)

正側加力時に関して、各シリーズの目標変形角時の荷重の推移を図7に示す。

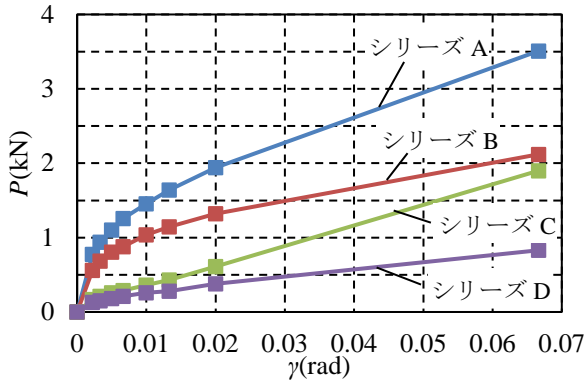


図7 各目標変形角時の荷重

下見板張り壁の耐力は、概して下見板を固定する釘のせん断抵抗、柱頭・柱脚の短ほぞ差し部分におけるめり込み抵抗及び柱頭・柱脚に用いる接合金物の抵抗の3つの要素に分けて考えることができる。ここでは、実験結果からこの3要素の比率について考察を試みる。

下見板を固定する釘のせん断抵抗による耐力を図8に示す。いずれの場合でも初期剛性は図7と比較して大きく低下しておらず、変形の小さい初期の段階で下見板の効果が大きいことが分かる。また、0.02(rad)以降も荷重はわずかながら増加しており、下見板を用いることにより壁の変形が大きくなった段階においても一定の効果が見込めることが分かる。

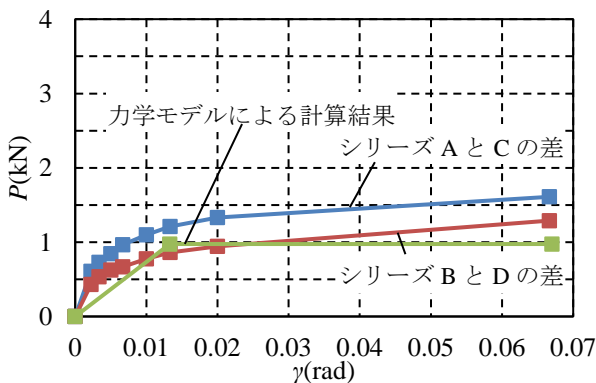


図8 下見板を固定する釘のせん断抵抗による耐力

一方、柱頭・柱脚に用いる接合金物の抵抗による耐力を図9に示す。壁の変形が大きくなるのに伴って耐力は直線的に増加しており、接合金物の効果は主として壁の変形が大きくなってから現れることが分かる。

接合金物を用いた場合と用いない場合とで耐力に差が生じているが、これはシリーズ A では前述の3つの抵抗要素すべてが同時に機能することにより、より大きな耐力となったものと推測される。

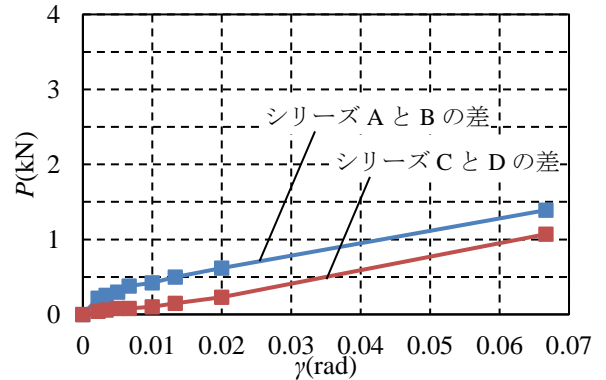


図9 柱頭・柱脚に用いる接合金物の抵抗による耐力

表3 壁倍率の算定

試験体名	P_y (kN)	$\frac{P_u \times (0.2)}{\sqrt{2\mu - 1}}$ (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	P_R (1/120rad) (kN)	
A	A-01	1.86	—	2.55	1.50
	A-02	1.77	—	2.29	1.38
	A-03	1.72	—	2.21	1.31
	平均値	1.78	—	2.35	1.40
	P_a	1.35			
壁倍率	0.7				
B	B-01	1.19	—	1.43	1.08
	B-02	1.00	—	1.46	0.89
	B-03	1.02	—	1.39	0.99
	平均値	1.07	—	1.43	0.99
	P_a	0.94			
壁倍率	0.5				
C	C-01	—	—	1.26	0.33
	P_a	0.33			
	壁倍率	0.1			
D	D-01	0.53	—	0.57	0.24
	P_a	0.24			
	壁倍率	0.1			

壁倍率の算定結果を表3に示す。なお、壁倍率については前報と同様に図10に示すような手順で求めた。

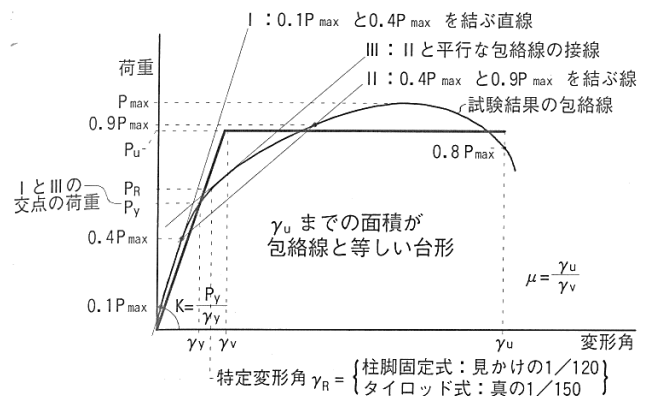


図10 包絡線から P_y , P_u 等を求める方法²⁾

短期基準耐力 P_0 は(1.a)式から(1.d)式までに掲げる耐力について、それぞれの試験結果の平均値にばらつき係数を乗じて算出した数値のうち最小の値とする。また、壁倍率として算出された数値は、小数第 2 桁を切り捨てることとする。

$$\begin{aligned} & \cdot \text{短期基準耐力 } P_0 = \min \begin{cases} \text{降伏耐力 } P_y \cdots \cdots (1.a) \\ \text{終局耐力 } P_u \times 0.2 \sqrt{2\mu - 1} \cdots (1.b) \\ \text{最大耐力 } P_{max} \times \frac{2}{3} \cdots \cdots (1.c) \\ \text{特定変形角時の耐力 } P_R \cdots \cdots (1.d) \end{cases} \\ & \cdot \text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot k \cdots \cdots (2) \\ & \quad CV: \text{変動係数} \\ & \quad k: \text{試験体数に依存する係数}(n=3 \text{ の場合 } 0.471) \\ & \cdot \text{短期許容せん断耐力 } P_a = P_0 \times \alpha \cdots \cdots (3) \\ & \quad \alpha: \text{耐久性, 使用環境, 施工性の影響などを勘案して定める低減係数} \\ \therefore \text{壁倍率} &= \frac{P_a}{\text{壁長} \times 1.96 [\text{kN/m}]} \cdots \cdots (4) \end{aligned}$$

壁倍率は上記の 4 つの値から算出されるが、終局耐力(1.b)式については、実験において変形角が +1/15(rad) に達するまでに最大荷重の 80% の荷重に低下しなかったため、今回は考慮していない。また、試験体 C-01 では降伏耐力 P_y を算定する際に、第一直線よりも第二直線の傾きが大きくなったため、降伏耐力 P_y は適切に評価できていないとの判断し、考慮していない。

4. 簡易な力学モデルを用いた計算

面材大壁耐力壁のせん断挙動のモデル化に関する理論⁴⁾を用いて、下見板張り壁の変形特性評価を試みる。なお、今回は力のつり合いにより面材の回転方向を決めるモデルを用いて算定を行う。下見板張り壁は、釘の位置によって固定方法が異なるが、今回はすべて同一の固定方法であるものと仮定し、壁体は面内せん断試験と同様として算定を行う。

下見板張り壁は、壁全体のせん断変形に伴い、すべての下見板が一様に変形し、それぞれの下見板を固定する釘の変形も同様であるものと考えられる。さらに、下見板は上下に重ねられるため互いのめり込み変形は生じない。そのため、下見板 1 枚あたりの算定結果から、下見板の枚数分を掛け合わせることで、壁全体の剛性や耐力を算定できるものと考えられる。下見板張り壁の変形特性は、釘と同様に完全弾塑性型であると仮定する。

*1 呉工業高等専門学校専攻科 専攻科生
*2 呉工業高等専門学校建築学分野 准教授・博士(工学)
*3 広島文化学園大学 准教授・博士(工学)
*4 呉工業高等専門学校技術センター 技術職員

表 4 初期剛性の比較

	初期剛性(kN/rad)
計算モデル	73.42
シリーズ A とシリーズ C の差	83.80
シリーズ B とシリーズ D の差	83.52

力学モデルを用いた下見板張り壁の初期剛性の算定結果を表 4 に示す。なお、今回の算定結果は下見板を固定する釘のせん断抵抗による耐力であり、実験において生じる柱頭・柱脚の短ほぞ差し部分におけるめり込み抵抗及び柱頭・柱脚に用いる接合金物の抵抗による耐力は含まれていない。そのため、実験結果との比較には図 8 に示したシリーズ A と C 及びシリーズ B と D の差のグラフを用いる。計算結果を図 8 に合わせて示しているが、計算モデルの降伏点は実験結果のグラフの中間となった。最大変形角 (+1/15 (rad)) では計算結果が実験結果よりも低い値となったが、これは釘の変形特性を完全弾塑性型と仮定しており、降伏後の二次剛性を考慮していないためであると考えられる。

5. 結 び

本報(その 2)では、下見板張り壁の面内せん断試験により接合金物の有無が壁の耐力特性に及ぼす影響について検討した結果について報告するとともに、実験結果と力学モデルを用いた計算結果との比較を行った。

下見板を固定する釘のせん断抵抗については初期剛性に及ぼす影響が大きく、最大耐力に対しては柱頭・柱脚に用いる接合金物による影響が大きいことが確認された。また、下見板張り壁の壁倍率は、接合金物を使用した試験体で 0.7 倍、接合金物を使用しない試験体で 0.5 倍となった。力学モデルを用いた計算結果については、実験結果と比較して概ね妥当な値を得ることができた。

謝 辞

本報に示した実験の実施に際しては、呉工業高等専門学校建築学科 5 年の難波宗功君、松本紘幸君の多大な協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 小川俊樹, 光井周平, 金澤寛, 牛坂淳二: 近代木造建築に用いられる下見板張り壁の面内せん断試験, 日本建築学会中国支部研究報告集, 第 40 巻, pp.129-132, 2017.3
- 2) 木造軸組工法住宅の許容応力度設計改訂委員会編: 木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017 年版) ①, pp.291-294, 2017
- 3) 光井周平, 松本慎也, 谷村仰仕: 江田島・海友舎の耐震性調査, 日本建築学会中国支部研究報告集, 第 38 巻, pp.269-272, 2015.3
- 4) 日本建築学会編: 木質構造基礎理論, pp.127-131, 2010

*1 Advanced Course Student, National Institute of Tech., Kure College
*2 Associate Prof., National Institute of Tech., Kure College, Dr. Eng.
*3 Associate Prof., Hiroshima Bunka Gakuen Univ., Dr. Eng.
*4 Technical Staff, Tech. Center, National Institute of Tech., Kure College