

## 2.5 筋かい耐力壁の壁長さと耐力の関係は？

筋かい耐力壁の長さは、通常、筋かいを柱間に片筋かいまたはたすきで入れるため、筋かいを入れる柱間隔によって変化する。筋かい耐力壁は、図 2.5.1 に示すように水平力に対して斜め方向に挿入した筋かいが抵抗する。その抵抗機能が成り立つ前提として、法令では以下の①～③の規定があるものの、筋かいを入れる軸組の高さおよび長さに関する規定は示されていない。ただし、建築基準法施行令第 46 条の壁

量算定に用いる壁倍率は、耐力壁の面内せん断実験結果を基に決められており、現行の壁倍率を評価する実験方法<sup>1)</sup>では、筋かい耐力壁の場合、試験体の寸法は高さ 2730mm、柱間隔 910mm を標準としている。よって、これが筋かい耐力壁の標準寸法と位置付けられる。

### ①基準法施行令第 45 条（筋かい）

引張力及び圧縮力を負担する筋かい断面、筋かい端部の納まり、筋かいへの欠き込みの禁止

### ②基準法施行令第 46 条（構造耐力上必要な軸組等）

筋かい耐力壁の壁倍率

### ③基準法施行令第 47 条（構造耐力上主要な部分である継手または仕口）及び平成 12 年建設省告示第 1460 号（木造の継手及び仕口の構造方法を定める件）

筋かい端部の接合方法、引張力が生ずる柱頭・柱脚仕口の接合方法

筋かい耐力壁では、壁長さが長くなると、負担できる水平力は大きくなり、筋かい及び接合部に作用する応力は図 2.5.1 の右図のようになる。耐力壁の長さが長くなるほど筋かいは長くなり、筋かいは軸力及び接合部の水平分力が増加する。したがって、耐力壁の長さが長くなる場合は、筋かいは座屈や筋かい端部の接合強度に対する検討を行い、増加する応力に見合う筋かいは座屈補剛措置や接合部の補強を行う必要がある。もし、筋かいや接合部の仕様を変更しないで耐力壁の長さを長くした場合、筋かいや各部の接合強度に余裕がなければ、法令に示された筋かい耐力壁の倍率に相当するせん断耐力が発現しない可能性もある。

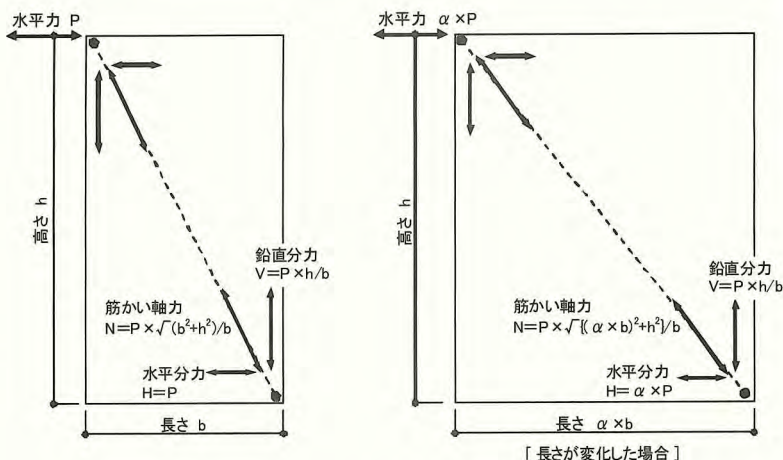


図 2.5.1 水平力が作用したときの筋かい及び接合部の応力



表 2.5.1 は筋かいに引張力が作用した場合の壁長さの違いによるせん断性能を調べた実験結果<sup>2)</sup>の抜粋である。実験は、片筋かい耐力壁について、筋かい断面及び筋かい端部の接合方法の仕様は変えず、壁長さを 910mm 及び 1820mm の 2 条件で行っている。表 2.5.1 より 1/120rad 時における単位壁長さあたりの耐力は壁長さ 1820mm の試験体が大きくなる傾向を示しており、壁長さ 910mm に対する壁長さ 1820mm の比率は 0.98~1.34 となっている。しかし、2/3Pmax 時の耐力比率は 0.58~0.83 となっており、壁長さ 1820mm の試験体は壁長さ 910mm に比べて単位壁長さあたりの最大耐力は低下している。

次に、筋かいに引張力または圧縮力が作用した場合の壁長さの違いによる筋かい耐力壁のせん断性能を調べた実験結果<sup>3)</sup>を表 2.5.2 および表 2.5.3、写真 2.5.1~写真 2.5.4 に示す。実験は二つ割り片筋かい入り耐力壁について、壁長さを 910mm、1365mm (1.5 倍)、1820mm (2.0 倍) とした 3 条件で行われている。図 2.5.2 で示すように準耐力壁仕様でせっこうボードを張った理由は、実際の施工と同程度の座屈補剛を行った圧縮筋かい耐力壁のせん断耐力を確認するためである。また、筋かい端部の緊結には、筋かい端部を柱のみに固定する特殊な筋かい金物が使用されている。単位壁長さあたりの耐力性能を比較すると、 $P_y$ 、 $0.2/D_s \times P_u$  及び  $2/3P_{max}$  は引張・圧縮とも壁長さが長くなると小さくなる傾向を示し、1/120rad 時の耐力は、引張・圧縮とも壁長さが長い試験体が大きい値を示している。引張及び圧縮を平均した短期基準せん断耐力 ( $\{引張耐力 + 圧縮耐力 - せっこうボード耐力\} / 2$ ) は、壁長さ 910mm の場合が 4.3kN/m、壁長さ 1365mm の場合が 4.1kN/m、壁長さ 1820mm の場合が 3.1kN/m となり、壁長さが長くなるにつれてせん断耐力は小さくなる。破壊性状では、壁長さ 1365mm 及び壁長さ 1820mm の試験体では筋かい端における水平分力の増加に起因する破壊性状の変化が明確に現れており、引張では、壁長

表2.5.1 引張筋かいのせん断耐力

筋かい金物	軸組樹種	壁長さ mm	2/3Pmax時 kN/m	1/120rad時 kN/m
BP-2	すぎ	910	5.8	3.7
		1820	4.2	4.7
		1820/910	<b>0.72</b>	<b>1.27</b>
	べいまつ	910	5.7	4.6
		1820	4.7	5.5
		1820/910	<b>0.83</b>	<b>1.19</b>
ボックス型(1)	すぎ	910	4.7	3.1
		1820	3.6	3.3
		1820/910	<b>0.77</b>	<b>1.08</b>
	べいまつ	910	5.9	3.9
		1820	4.4	4.2
		1820/910	<b>0.76</b>	<b>1.07</b>
側面プレート型(1)	すぎ	910	5.0	3.6
		1820	4.1	4.3
		1820/910	<b>0.81</b>	<b>1.21</b>
	べいまつ	910	7.1	5.7
		1820	5.1	5.9
		1820/910	<b>0.72</b>	<b>1.05</b>
ボックス型(2)	すぎ	910	4.1	2.9
		1820	3.4	3.5
		1820/910	<b>0.81</b>	<b>1.18</b>
	べいまつ	910	6.8	4.6
		1820	4.5	4.5
		1820/910	<b>0.66</b>	<b>0.99</b>
かたぎ大入れびん た延ばし5-N75	すぎ	910	3.4	2.0
		1820	2.2	2.2
		1820/910	<b>0.65</b>	<b>1.06</b>
	べいまつ	910	4.6	2.3
		1820	2.9	2.3
		1820/910	<b>0.64</b>	<b>0.98</b>
ボックス型(3)	すぎ	910	4.8	2.4
		1820	2.8	2.5
		1820/910	<b>0.58</b>	<b>1.04</b>
	べいまつ	910	5.9	3.0
		1820	3.7	3.0
		1820/910	<b>0.63</b>	<b>1.02</b>
ボックス型(4)	すぎ	910	4.2	2.3
		1820	3.2	3.0
		1820/910	<b>0.77</b>	<b>1.32</b>
	べいまつ	910	5.7	3.0
		1820	4.7	4.0
		1820/910	<b>0.83</b>	<b>1.34</b>
側面プレート型(2)	すぎ	910	5.2	2.9
		1820	3.7	3.8
		1820/910	<b>0.72</b>	<b>1.29</b>
	べいまつ	910	6.4	3.5
		1820	4.4	4.6
		1820/910	<b>0.68</b>	<b>1.31</b>

(注)軸組の高さは全2730mm



さ 910mm の試験体は筋かい端部の割裂破壊（写真 2.5.1）により終局に至ったのに対して，壁長さを長くした試験体は柱端が水平方向に引っ張られるように割裂破壊（写真 2.5.2）が生じている。また，図 2.4.3 より壁長さ 910mm の試験体に比べかなり小さい変形段階で破壊が生じていることがわかる。圧縮側では，壁長さ 910mm の試験体は筋かいの座屈（写真 2.5.3）により破壊したのに対して，壁長さを長くした試験体は筋かいが座屈する前に短ほぞ差し（30×85mm）がせん断破壊（写真 2.5.4）している。

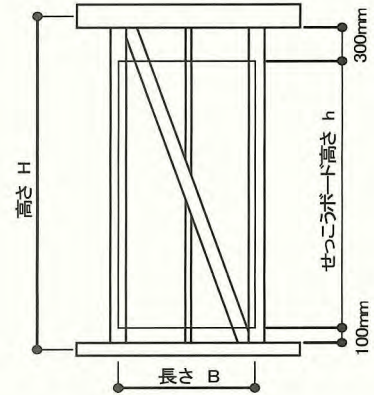


図 2.5.2 試験体<sup>3)</sup>

表 2.5.2 試験体の一覧<sup>3)</sup>

仕様	記号	加力方向	高さ H mm	長さ B mm	せっこうボード(GB-R 12.5mm)			筋かい		その他の軸組
					高さ h mm	ねじ(φ3.8×28mm) 間隔mm	数	寸法 mm	樹種	
筋かい耐力壁 標準	A1	引張	2730	910	-	-	-	45×90	べいつが	梁:105×180mm べいまつ 土台:105×105mm すぎ 柱:105×105mm すぎ 間柱:45×105mm すぎ
	A2	圧縮	2730	910	2187.5	150	45			
筋かい耐力壁 長さ1.5倍	B1	引張	2730	1365	-	-	-			
	B2	圧縮	2730	1365	2187.5	150	75			
筋かい耐力壁 長さ2.0倍	C1	引張	2730	1820	-	-	-			
	C2	圧縮	2730	1820	2187.5	150	90			
せっこうボード 準耐力壁	F	-	2730	910	2187.5	150	45	-	-	

(注) 試験体数は各1体

表 2.5.3 実験結果の一覧<sup>3)</sup>

記号	方向	Py		0.2/Ds×Pu		2/3Pmax		1/120rad時P		Po	
		kN/m	標準試験体に対する割合	kN/m	標準試験体に対する割合	kN/m	標準試験体に対する割合	kN/m	標準試験体に対する割合	kN/m	標準試験体に対する割合
A1	引張	5.6	1.00	4.0	1.00	5.9	1.00	4.5	1.00	4.0	1.00
B1	引張	3.9	0.70	2.8	0.70	4.8	0.81	5.6	1.24	2.8	0.70
C1	引張	3.0	0.54	2.0	0.50	3.9	0.66	5.5	1.22	2.0	0.50
A2	圧縮	10.8	1.00	6.9	1.00	12.3	1.00	8.2	1.00	6.9	1.00
B2	圧縮	10.7	0.99	7.6	1.10	11.5	0.93	10.5	1.28	7.6	1.10
C2	圧縮	9.1	0.84	6.4	0.93	9.0	0.73	10.5	1.28	6.4	0.93
F	-	2.3	-	2.6	-	3.1	-	2.6	-	2.3	-
引張及び圧縮を平均した短期基準せん断耐力の推定値								(A1+A2-F)/2		4.3	1.00
								(B1+B2-F)/2		4.1	0.94
								(C1+C2-F)/2		3.1	0.71

(注) 短期基準せん断耐力の推定値は，ばらつき係数を考慮していない。

以上二つの実験結果では，筋かい断面や筋かい端部の接合仕様を変えずに壁長さを長くすると単位壁長さあたりのせん断耐力は低下すること，また，長さの変化に伴い耐力壁各部に作用する応力



が増加する部位では破壊が先行し、耐力低下の要因になることが確認されており、標準壁長さ(910mm)より長い筋かい耐力壁を採用する場合は、筋かいが所定の性能を発揮するよう適切な座屈補剛や接合部の安全性を確認する必要があると考えられる。

また、圧縮筋かいについて、村上らの報告<sup>4)</sup>では、筋かいの角度により筋かい端部の柱及び横架材へのめり込みに起因する摩擦力が大きく変化し、筋かい端部の接合部の耐力及び破壊性状に影響を及ぼすことが確認されている。壁長さが1P(910mm程度)の場合、筋かいの角度が立つことにより筋かい端部の鉛直成分は大きく、横架材との接触面で生ずる摩擦力も大きくなり、この摩擦力で水平成分の大部分が伝わるため、柱へ直接伝わる水平成分はほとんどない。一方、壁長さが2P(1820mm程度)の様に筋かいの角度が寝ると、摩擦力によって筋かいから横架材へ伝わる水平成分は減少し、筋かいから柱へ



写真 2.5.1 試験体 A1 の破壊

写真 2.5.2 試験体 C1 の破壊<sup>3)</sup>

写真 2.5.3 試験体 A2 の破壊

写真 2.5.4 試験体 C2 の破壊<sup>3)</sup>

直接伝わる水平成分は増加する。そのため、写真 2.5.4 のような破壊が生ずる。このような特性を考慮して、建物の出隅等、横架材のほぞ穴の端あき部分が容易にせん断破壊することが予想される部位には1Pの筋かい耐力壁を設けることが望ましい。

## 参考文献

- 1) (財)日本住宅・木材技術センター：木造軸組構法住宅の許容応力度設計，2001。
- 2) (財)日本住宅・木材技術センター：木造軸組構法住宅接合部設計技術開発事業報告書（筋かい試験部会），1996。
- 3) 守屋嘉晃 他：日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1，497-498，2008。
- 4) 村上雅英 他：日本建築学会構造系論文集，611，103-109，2007。



## 2.11 壁の高さが耐力壁のせん断性能に及ぼす影響は？

### 2.11.1 壁の高さに関する法令上の制限

耐力壁の高さに関する規制は法律、政令、告示のいずれにも示されていないが、通常の建築物の階高に相当する壁高さを想定して建築基準法施行令第46条第4項表1や昭和56年建設省告示（以下、建告という）第1100号の軸組の倍率は設定されていることはいままでのない。また、枠組壁工法の平成13年国土交通省告示第1541号第1の5号に掲げる耐力壁の倍率も同様である。具体的にいえば、2700～3000 mm 程度の高さを想定しており、これを超えたり、下回ったりする高さの壁を耐力要素として構造上カウントしたい場合には、何らかの低減、もしくは割増しなどを行って安全側の設計となるよう配慮すべきである。

### 2.11.2 耐力壁の高さと耐力、剛性の関係

高さが異なる筋かいによる耐力壁と構造用合板による耐力壁のせん断試験の結果をそれぞれ図2.11.1および図2.11.2に示す。試験体の仕様は表2.11.1のとおりで、柱、桁等部材の弾性係数を用いて各試験体間の部材の基礎物性の影響が最小となるよう調整しているが、各1体ずつの結果であるので、敢えて軸組の倍率としての評価は述べない。

表 2.11.1 試験体の仕様

耐力壁の幅	1820 mm (柱ピッチ：910 mm)
部材の樹種，断面	柱・土台—スギ 105 mm 角 桁—ベイマツ 105×180 mm
筋かい	JAS 構造用 LVL(100 E)—45×105 mm
筋かい端部接合	端部接合—箱形金物
構造用合板	JAS 2 級，針葉樹，厚さ 9 mm (片面のみ)
合板留めつけ	N50@150 mm
柱脚柱頭接合	20kN 用ビス留め式ホールダウン金物
間柱	スギ 30×105 mm
載荷スケジュール	正負交番 3 回繰り返す (指定性能評価機関評価業務方法書準拠)

### 2.11.2

#### ①筋かいによる耐力壁

2.5にも一部記述されているが、図2.11.1に示すように、耐力、剛性ともに壁高さが高くなると低くなる。通常の壁高さに比して(高さ2730 mmと3000 mmの平均値と比べて)、高さ3500 mmの耐力壁の剛性(ここでは、見かけのせん断変形角が1/120 rad時の耐力(正負の平均値)に基づいた剛性のことをいう。以下、同じ)と耐力はともに約65%程度に低下する。同様に高さ4000 mmの耐力壁の剛性と耐力はともに約50～55%程度に低下する。

一方、高さの低い壁は、剛性、耐力ともに50%～120%程度上昇するが、耐力の設計上は安全側



なので、特に割増を行う必要はないが、接合部の設計や偏心率の確認等においては適切に割増を行う必要がある。

## ②構造用合板による耐力壁

構造用合板を使用した耐力壁において、高さ 2730 mm までの試験体には合板の継ぎ目がなく、3000 mm 以上の試験体には高さ 2730 mm のところに合板の継ぎ目があり、受け材がある。このため、高さ 3000 mm 以上の試験体は 3000 mm 超の試験体は高さ 3000 mm の試験体をベースに比較し、高さ 2730 mm 未満の試験体は高さ 2730 mm の試験体をベースに比較する。図 2.13.2 に示すように、高さ 3000 mm の耐力壁に対して高さ 3500mm の耐力壁の耐力・剛性は 85%程度で、4000 mm の耐力壁の耐力・剛性は 78~80%程度である。

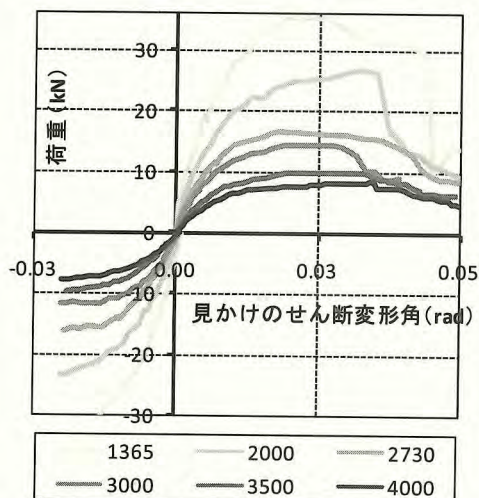


図 2.11.1 耐力壁のせん断性能に対する壁高さの影響<sup>1)</sup> (筋かいの場合)

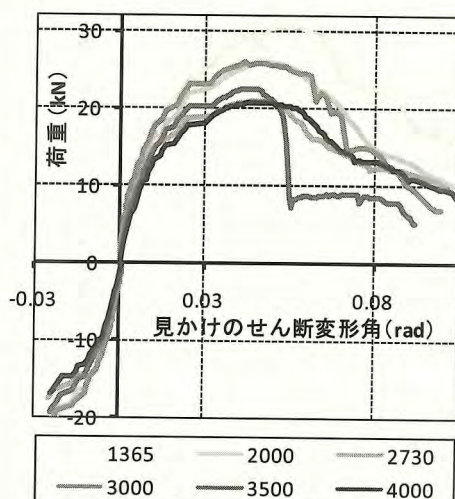


図 2.11.2 耐力壁のせん断性能に対する壁高さの影響<sup>1)</sup> (構造用合板の場合)

一方、高さ 2730 mm の耐力壁に対して、2000 mm の耐力壁の剛性が約 10%上昇し、耐力が約 20%上昇する。同様に高さ 1350 mm の耐力壁の剛性が約 20%上昇し、耐力が約 45%上昇する。

構造用合板による耐力壁の場合、耐力・剛性の上昇や低下は、筋かいによる耐力壁の場合ほど極端ではない。しかし、設計上の取り扱いは筋かいと同様低下するものは低減し、上昇するものは、耐力設計上は特に割増を行う必要はないが、接合部の設計や偏心率の計算においては安全側になるよう適切に割増を行う必要がある。

### 2.11.3 まとめ

力学的に、筋かいは、柱や横架材となす角度が  $45^\circ$  としたときにもっとも剛性、耐力が発現する。

これは軸組のせん断変形に対する幾何学的な抵抗要素としてはたらくためであり、圧縮側も、適切な接合耐力を確保した引張側も同様である。しかし、一般的な高さの筋かい耐力壁は、柱の間隔と同寸法の高さまでは、その高さが低くなると剛性、耐力ともに上昇し、耐力壁の高さが高くなると筋かいの角度が浅くなるため、剛性、耐力ともに低下する。

これに対して、構造用合板等面材を使用する耐力壁は、面材を軸組材または枠組材に留め付ける釘等の接合具の一面せん断抵抗力が壁の耐力発現のベースであり、耐力壁の高さが高くなるとその本数が増えることにより、一定の耐力、剛性の上昇があるはずである。しかし、軸組材または枠組材の中央部付近の接合具は壁のせん断抵抗要素として寄与が低いことが、そのせん断力分布から知られている。つまり、実際に有効な接合具の本数は壁の高さによらず、ほぼ同数であると想像され、ほぼ同等のせん断変形角を生じていると考えられる。このため、変形を壁高さで除すせん断変形角の比較を行った場合、壁高さが高いほうがその分母が大きくなるため、見かけの剛性が下がる。

---

#### 参 考 文 献

- 1) 槌本敬大 他：第 59 回日本木材学会大会研究発表要旨集，CD-ROM，2009.
- 2) 守屋嘉晃 他：日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1，497-498，2008.