

# 土壁

## 概要

### ○設計用データの作成

本モデル建物の解析モデルでは、全面壁、垂れ壁、腰壁の水平せん断変形角に対するせん断抵抗力は、土壁部分のみの水平方向のせん断バネとしている。このせん断バネは、土壁厚さ、土壁の内法幅、土壁の幅・高さに応じて算出することになる。せん断バネの完全弾塑性モデルの算出方法は、全面壁（1P、2P）、小壁（垂れ壁・腰壁）1P、2Pで既往の研究等により検証を行い決定した。手順は、マルチリニアの骨格曲線の算出を行い、それを完全弾塑性モデル置換したものをせん断バネとする。

この算出方法の詳細および考え方については、それぞれのデータシートに示している。

以下には、本モデル建物での土壁寸法と特性値、および全面壁、小壁（垂れ壁・腰壁）別に、バイリニアデータ、マルチリニアモデル、完全弾塑性モデルを示す。壁 No. は軸組図中の壁に示した番号を示す。表 1 中の色で塗られた壁は全面壁、それ以外は小壁（垂れ壁・腰壁）を示す。全面壁 2P のマルチリニアモデルは、最大耐力経過後の荷重低下がやや急であるため、完全弾塑性モデルに置換する際、 $0.8P_{max}$  を打ち切りとするとした場合、終局変形角は  $0.03\text{rad}$  程度となる。この場合、限界耐力計算を実施した場合の応答値が算出できない場合が想定されるため、全面壁の完全弾塑性モデルには、マルチリニアの終局変形まででエネルギー等価となるように置換した場合も示した。

表1 モデル建物の土壁の寸法と特性値

壁 no.	壁高さ	壁内法幅	剛性	降伏耐力	終局変位	壁幅	壁種類	備考〔完全弾塑性モデルの条件〕
	Hw	Lw	kN/mm	kN	mm			
1	2500	1685	0.653	11.21	83.3	2P	全面	0.8Pmaxまで
2	2500	790	0.172	4.70	166.7	1P	全面	0.8Pmaxまで
3	540	775	0.896	4.80	18.0	1P	小壁	0.8Pmaxまで
4	2420	1685	0.675	11.21	80.7	2P	全面	0.8Pmaxまで
5	555	1685	0.405	2.36	37.0	2P	小壁	0.8Pmaxまで
6	540	1700	0.414	2.35	36.0	2P	小壁	0.8Pmaxまで
7	790	1685	0.401	3.27	52.7	2P	小壁	0.8Pmaxまで
8	2420	775	0.175	4.62	161.3	1P	全面	0.8Pmaxまで
9	2500	775	0.169	4.62	166.7	1P	全面	0.8Pmaxまで
10	2320	1700	0.710	11.31	77.3	2P	全面	0.8Pmaxまで
11	2320	790	0.185	4.70	154.7	1P	全面	0.8Pmaxまで
12	615	790	0.815	4.94	20.5	1P	小壁	0.8Pmaxまで
13	850	790	0.734	5.14	28.3	1P	小壁	0.8Pmaxまで
14	2210	1685	0.739	11.21	73.7	2P	全面	0.8Pmaxまで
15	2560	1685	0.969	11.21	56.2	2P	全面	0.8Pmaxまで
16	820	1685	0.366	3.11	54.7	2P	小壁	0.8Pmaxまで
17	850	1685	0.423	3.69	56.7	2P	小壁	0.8Pmaxまで
18	345	1685	0.380	1.43	23.0	2P	小壁	0.8Pmaxまで
19	600	1685	0.426	2.67	40.0	2P	小壁	0.8Pmaxまで
20	2210	775	0.191	4.62	147.3	1P	全面	0.8Pmaxまで
21	2560	775	0.165	4.62	170.7	1P	全面	0.8Pmaxまで
22	2210	1685	0.739	11.21	73.7	2P	全面	0.8Pmaxまで
23	2210	775	0.191	4.62	147.3	1P	全面	0.8Pmaxまで
24	345	790	0.773	2.78	23.0	1P	小壁	0.8Pmaxまで
25	345	775	0.788	2.83	23.0	1P	小壁	0.8Pmaxまで
26	540	1685	0.418	2.37	36.0	2P	小壁	0.8Pmaxまで
27	2200	1685	0.742	11.21	73.3	2P	全面	0.8Pmaxまで
28	540	790	0.877	4.80	18.0	1P	小壁	0.8Pmaxまで
29	2650	790	0.297	5.46	88.3	1P	全面	0.8Pmaxまで
30	2450	790	0.297	5.46	88.3	1P	全面	0.8Pmaxまで
31	690	790	0.975	5.16	23.0	1P	小壁	0.8Pmaxまで
32	585	790	0.860	4.95	19.5	1P	小壁	0.8Pmaxまで
33	360	790	0.820	3.06	24.0	1P	小壁	0.8Pmaxまで
34	555	790	0.845	4.79	18.5	1P	小壁	0.8Pmaxまで
35	790	790	0.895	5.15	26.3	1P	小壁	0.8Pmaxまで

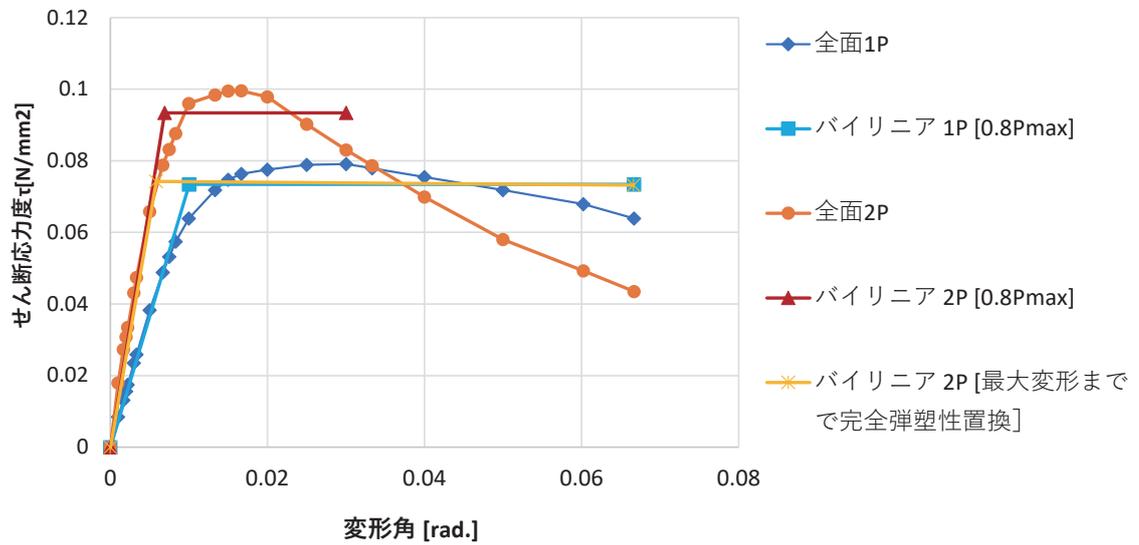
表2 全面壁のバイリニアデータ

1P 2P No.は立面図に付した壁番号に対応  
設計例の全面壁におけるせん断耐力-せん断変形角

No.		2		4		8		9		10		11		14		
Hw		2500		2500		2420		2420		2500		2320		2320		2210
Lw		1685		790		1685		775		775		1700		790		1685
tw		70		70		70		70		70		70		70		70
変形角		rad.		rad.		rad.		rad.		rad.		rad.		rad.		rad.
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
降伏点		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01
終局点		0.03		0.07		0.03		0.07		0.07		0.03		0.07		0.03
初期剛性 [kN/rad.]		1632.88		430.10		1632.88		422.45		422.45		1647.06		430.10		1632.88
変位		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
降伏点		17.16		27.32		16.62		26.48		27.36		15.93		25.35		15.17
終局点		83.33		166.67		80.67		161.33		166.67		77.33		154.67		73.67
初期剛性 [kN/rad.]		0.653		0.172		0.675		0.175		0.169		0.710		0.185		0.739

No.		20		21		22		23		27		29		30	
Hw		1685		2210		2560		2210		2210		2200		2650	
Lw		1685		775		775		1685		775		1685		790	
tw		70		70		70		70		70		70		70	
変形角		rad.		rad.		rad.		rad.		rad.		rad.		rad.	
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
降伏点		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01	
終局点		0.03		0.07		0.07		0.03		0.07		0.03		0.03	
初期剛性 [kN/rad.]		1632.88		422.45		422.45		1632.88		422.45		1632.88		786.24	
変位		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm	
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
降伏点		11.57		24.19		28.02		15.17		24.19		15.10		18.39	
終局点		56.17		147.33		170.67		73.67		147.33		73.33		88.33	
初期剛性 [kN/rad.]		0.969		0.191		0.165		0.739		0.191		0.742		0.297	

○全面壁のマルチリニアモデルと完全弾塑性モデル



	バイリニア 1P [0.8Pmax まで]		バイリニア 2P [0.8Pmax まで]		バイリニア 2P [最大変形まで]	
	rad.	N/mm <sup>2</sup>	rad.	N/mm <sup>2</sup>	rad.	N/mm <sup>2</sup>
	0	0	0	0	0	0
降伏	0.010	0.073	0.007	0.093	0.006	0.074
終局	0.067	0.073	0.030	0.093	0.067	0.073

表3 小壁（垂れ壁、腰壁）のバイリニアデータ

1P 2P  
設計例の全面壁におけるせん断耐力-せん断変形角

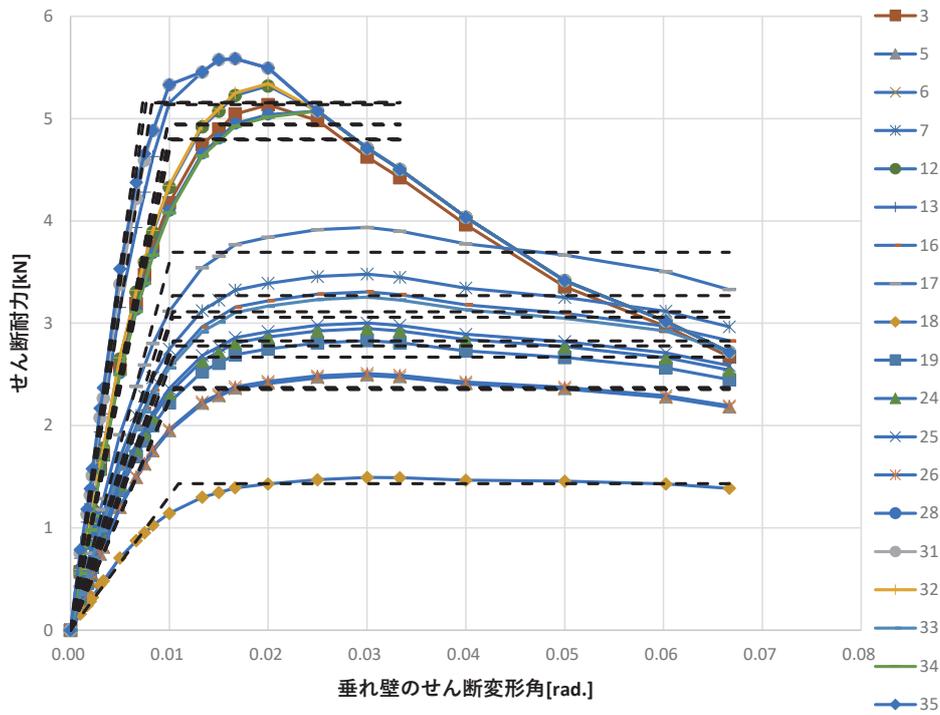
壁 no.	3		5		6		7		12		13		16		
垂れ壁高さ	540		555		540		790		615		850		820		
変形角	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
折れ点	D(Pu): $\delta v$	0.010	4.801	0.011	2.361	0.011	2.353	0.010	3.270	0.010	4.936	0.008	5.136	0.010	3.111
終局変形角	D(0.8Pmax): $\delta u$	0.033	4.801	0.067	2.361	0.067	2.353	0.067	3.270	0.033	4.936	0.033	5.136	0.067	3.111
剛性	kN/mm		483.6		224.6		223.8		316.4		501.1		624.0		300.3
変位	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
折れ点		5.361	4.801	5.835	2.361	5.678	2.353	8.164	3.270	6.058	4.936	6.995	5.136	8.493	3.111
終局変位		18.000	4.801	37.000	2.361	36.000	2.353	52.667	3.270	20.500	4.936	28.333	5.136	54.667	3.111
剛性	kN/mm		0.896		0.405		0.414		0.401		0.815		0.734		0.366

壁 no.	17		18		19		24		25		26		
垂れ壁高さ	850		345		600		345		345		540		
変形角	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
折れ点	D(Pu): $\delta v$	0.010	3.692	0.011	1.433	0.010	2.669	0.010	2.778	0.010	2.828	0.011	2.372
終局変形角	D(0.8Pmax): $\delta u$	0.067	3.692	0.067	1.433	0.067	2.669	0.067	2.778	0.067	2.828	0.067	2.372
剛性	kN/mm		359.2		130.9		255.7		266.7		271.7		225.7
変位	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
折れ点		8.738	3.692	3.776	1.433	6.263	2.669	3.594	2.778	3.590	2.828	5.676	2.372
終局変位		56.667	3.692	23.000	1.433	40.000	2.669	23.000	2.778	23.000	2.828	36.000	2.372
剛性	kN/mm		0.423		0.380		0.426		0.773		0.788		0.418

壁 no.	28		31		32		33		34		35		
垂れ壁高さ	540		690		585		360		555		790		
変形角	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	rad.	kN	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
折れ点	D(Pu): $\delta v$	0.010	4.796	0.008	5.159	0.010	4.948	0.010	3.058	0.010	4.790	0.007	5.153
終局変形角	D(0.8Pmax): $\delta u$	0.033	4.796	0.033	5.159	0.033	4.948	0.067	3.058	0.033	4.790	0.033	5.153
剛性	kN/mm		473.8		672.8		503.3		295.4		468.9		706.7
変位	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
折れ点		5.466	4.796	5.291	5.159	5.751	4.948	3.727	3.058	5.670	4.790	5.761	5.153
終局変位		18.000	4.796	23.000	5.159	19.500	4.948	24.000	3.058	18.482	4.790	26.307	5.153
剛性	kN/mm		0.877		0.975		0.860		0.820		0.845		0.895

## ○小壁（垂れ壁・腰壁）のマルチリニアモデルと完全弾塑性モデル

小壁のせん断ばねは、全面壁に対する小壁部分の比率に応じて 4.2.1 に示す方法で算出。



小壁の番号	3		5		6		7		12		13		16	
	rad.	kN												
D(Pu): $\delta v$	0.010	4.801	0.011	2.361	0.011	2.353	0.010	3.270	0.010	4.936	0.008	5.136	0.010	3.111
D(0.8Pmax): $\delta u$	0.033	4.801	0.067	2.361	0.067	2.353	0.067	3.270	0.033	4.936	0.033	5.136	0.067	3.111

小壁の番号	17		18		19		24		25		26	
	rad.	kN										
D(Pu): $\delta v$	0.010	3.692	0.011	1.433	0.010	2.669	0.010	2.778	0.010	2.828	0.011	2.372
D(0.8Pmax): $\delta u$	0.067	3.692	0.067	1.433	0.067	2.669	0.067	2.778	0.067	2.828	0.067	2.372

小壁の番号	28		31		32		33		34		35	
	rad.	kN										
D(Pu): $\delta v$	0.010	4.796	0.008	5.159	0.010	4.948	0.010	3.058	0.010	4.790	0.007	5.153
D(0.8Pmax): $\delta u$	0.033	4.796	0.033	5.159	0.033	4.948	0.067	3.058	0.033	4.790	0.033	5.153

## 共通事項

### ●モデル

土壁の全面壁について、壁の水平せん断変形角に対するせん断抵抗力の算定は、以下のモデルに基づいて行う。

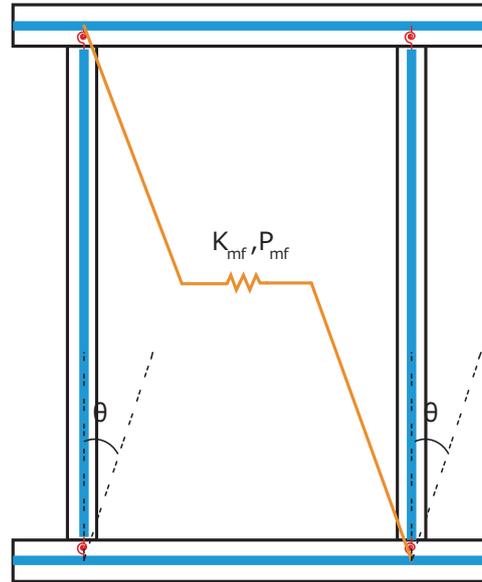


図1 全面壁の解析用せん断バネモデル模式図

### ●適用条件

- ・適用範囲は、 $0.4\text{N/mm}^2$ 以上の土壁圧縮応力度、厚さ53-90mmが望ましい。
- ・壁長さ1.5P以上ではせん断破壊が先行するため2Pのモデルを適用する。
- ・荒壁と中塗りの強度が大きい場合（2~3倍）は壁土が剥離する傾向があるため注意を必要とする。

## ●土壁の完全弾塑性モデルの作成

マルチリニアの骨格曲線を算出したのち、完全弾塑性モデル置換を行い、汎用解析プログラムに入力して使用するものとする。土壁は水平方向のせん断バネとして算出する。

全面壁のマルチリニアモデルは、表 1 に示す、土壁の単位横断面積当たりのせん断応力度に土壁の厚さと土壁の内法幅を乗じて算定する。

表 1 土壁の基準骨格曲線（文献 2）より作成

	1/rad.	-	1000	600	500	450	333.3	300	200
	rad.	0	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.005
全面 1P	N/mm <sup>2</sup>	0	0.008	0.013	0.016	0.017	0.024	0.026	0.038
全面 2P	N/mm <sup>2</sup>	0	0.018	0.027	0.031	0.033	0.043	0.047	0.066
	1/rad.	150	133.3	120	100	75	66.6	60	50
	rad.	0.007	0.008	0.008	0.01	0.013	0.015	0.017	0.02
全面 1P	N/mm <sup>2</sup>	0.049	0.053	0.057	0.064	0.072	0.075	0.076	0.078
全面 2P	N/mm <sup>2</sup>	0.079	0.083	0.088	0.096	0.098	0.1	0.1	0.098
	1/rad.	40	33.3	30	25	20	16.6	15	
	rad.	0.025	0.03	0.033	0.04	0.05	0.06	0.067	
全面 1P	N/mm <sup>2</sup>	0.079	0.079	0.078	0.075	0.072	0.068	0.064	
全面 2P	N/mm <sup>2</sup>	0.09	0.083	0.079	0.07	0.058	0.049	0.044	

マルチリニアモデルから完全弾塑性モデルを作成して適用する際の注意点として、完全弾塑性モデルの降伏点近傍では、同一変形角時のマルチリニアモデルを上回る耐力を発揮するという想定となるため、建物の変形量をやや過少に評価する危険性があることに留意する必要がある。

## 文献

- 1) 令和 4 年度 国土交通省建築基準整備促進事業 S34 伝統木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討事業報告書、(株)ドットコーポレーション、京都大学生存圏研究所、令和 3 年 3 月
- 2) 文献調査に基づく土塗り壁のせん断応力度 - 変形角の提案、宇都宮直樹、宮本慎宏、山田耕司、中尾方人、大橋好光、2022 年度日本建築学会関東支部研究報告集、2023 年



●算出方法の検討過程（全面壁（1P、2P））

以下の4点のデータを比較し、算出方法を決定した。

データ名	耐力算出方法	対象仕様	出典
①基整促	土壁構面実験から軸組試験結果を差し引いて算出	2P 1体	文献3)、5)
②伝木小委員会 1P	過去の実験例から統計的に算出。各実験値は構面実験結果から軸組試験結果を差し引いて算出	1P 27体（過去の実験例）	文献1)
③伝木小委員会 2P	過去の実験例から統計的に算出。各実験値は構面実験結果から軸組試験結果を差し引いて算出	2P 74体（過去の実験例）	文献1)
④文化庁指針	—	全面壁（単位壁長あたりの初期剛性、限界エネルギーが与えられている）	重要文化財（建造物）耐震基礎診断実施要領

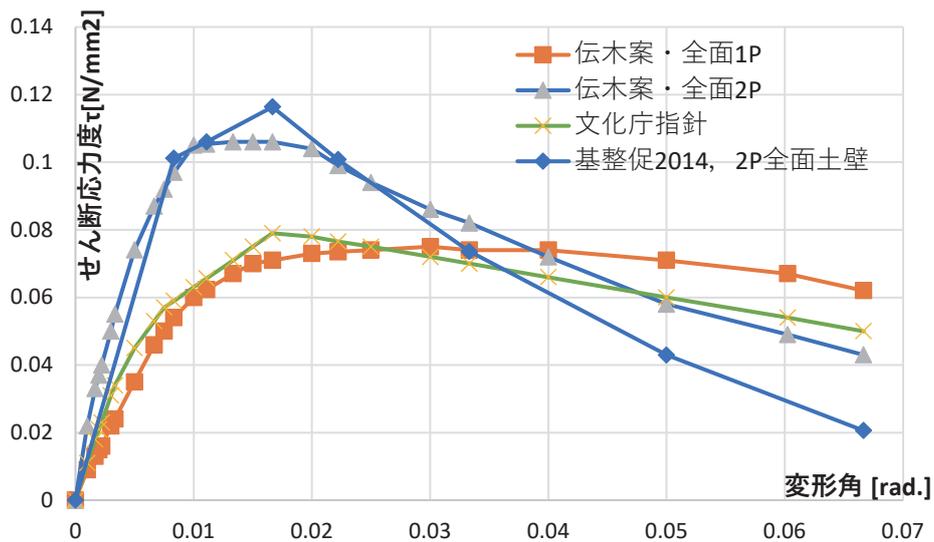


図1 全面土壁の変形角—せん断応力度関係

図1に、①～④の全面土壁のせん断変形角とせん断応力度の関係を示した。なお、解析モデルへの適用時はこの基本モデルに対して、土壁の横断面積倍した値を適用するものとする。

結果として、2P実験を元にした①基整促モデルは、③伝木小委員会2Pモデルとよく対応する。伝木小委員会では、曲げ破壊（壁土圧縮破壊）型の②伝木小委員会1Pモデルと壁土せん断破壊型の③伝木小委員会2Pモデルをそれぞれ提案しており、②伝木小委員会1Pモデルは④文化庁耐震診断指針のモデルとよく一致している。

適用範囲の広範さ、①、④のモデルとの対応にも齟齬がないことから②伝木小委員会1Pモデル、③伝木小委員会2Pモデルを全面壁のモデルとして採用することが妥当であると考えられる。

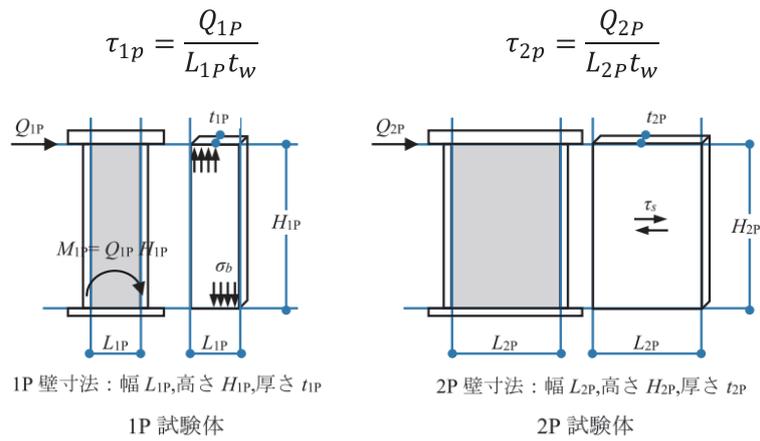
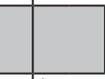


図2 全面土塗壁の破壊形式と壁土の応力分布の仮定 (文献2)  
 (1P時は壁土圧縮破壊、2P時は壁土せん断破壊によって最大耐力を決定)



土壁



全面壁



1P

2P

### ①基整促モデルの概要

2014年度に実施した2P全面壁試験体の結果（文献4）から軸組の影響を除き、土壁の負担する単位面積当たりのせん断力に換算した。

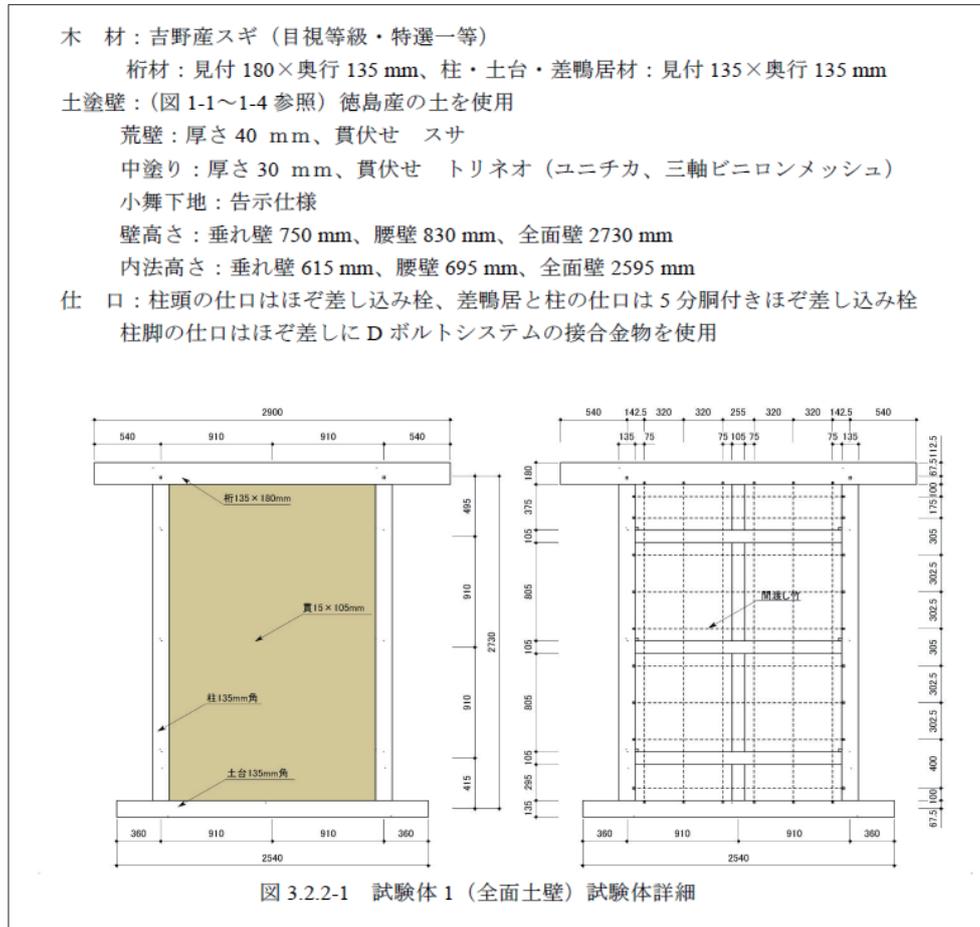


図 3 全面壁試験体仕様（2021年度基整促報告書（文献3））

表 1 設計用水平せん断力（2021年度基整促報告書（文献3））

変形角	(rad.)	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15
	(×1000rad.)	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67
せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	平均値	0.1012	0.1060	0.1164	0.1008	0.0736	0.0430	0.0206
	提案上限	0.1518	0.1590	0.1746	0.1511	0.1104	0.0644	0.0309

## ②伝木小委員会 1P モデル、③伝木小委員会 2P モデルの概要

本モデルは、宇都宮直樹らによる、既往の土壁の実験結果を収集、分析した研究に基づく（文献1）。既往の壁のせん断試験結果〔1P 試験体 27 体、2P 試験体 74 体〕から、接合部（長ぼぞ込み栓）や通し貫の負担せん断力を差し引き、壁土の負担するせん断応力度〔壁土の負担せん断力 / 全壁厚〕を算出している。過去の基整促の実験データ（①基整促モデル）は、上記の試験結果には含まれていない。

データを参照した土壁の仕様・性能および実験時の破壊性状等の概要は以下の通り。

- 土壁厚さは下地を含めて 54-90mm〔1P〕、53-90mm〔2P〕であった。
- 土壁の圧縮応力度  $0.4\text{N/mm}^2$ （中塗りと荒壁の厚みを考慮した値）以上の土塗り壁のせん断応力度と変形角の関係を算出。
- 土の最大圧縮強度の 50% 下限値は、荒壁が  $0.52\text{N/mm}^2$ 、中塗りが  $0.71\text{N/mm}^2$ 。
- 1P 試験体は  $1/33.3\text{rad}$  で  $0.079\text{N/mm}^2$ 、2P 試験体は  $1/66.6\text{rad}$  で  $0.100\text{N/mm}^2$  が最大のせん断応力度である。
- 適用範囲は、資料が十分にあった  $0.4\text{N/mm}^2$  以上の土壁圧縮応力度、厚さ 53-90mm が望ましいとされている。
- 壁長さ 1.5P 以上ではせん断破壊が先行するため 2P 試験体の数値を適用する。
- 荒壁と中塗りの強度が大きい場合（2~3 倍）は壁土が剥離する傾向があるため注意を必要とする。

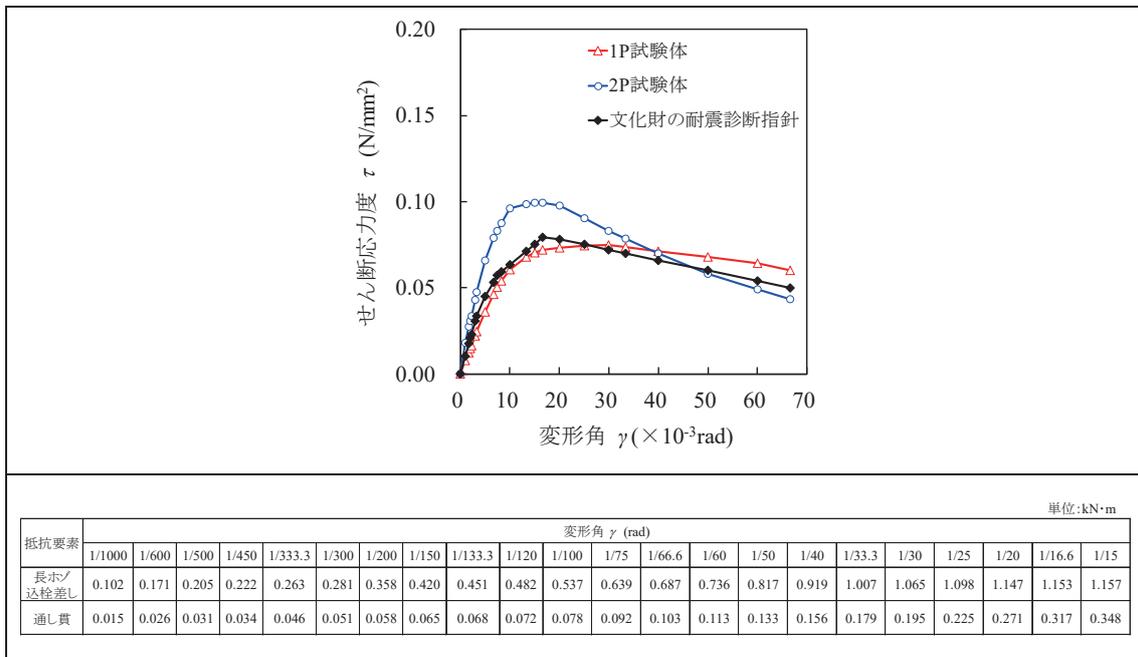


図4 伝木小委員会検討案 既往研究の文献調査に基づく土壁のせん断耐力（文献1）

### 文献

- 文献調査に基づく土塗り壁のせん断応力度 - 変形角の提案，宇都宮直樹，宮本慎宏，山田耕司，中尾方人，大橋好光，2022 年度日本建築学会関東支部研究報告集，2023 年
- 実大実験に基づく土塗り小壁付木造軸組の復元力特性，中治弘行，長瀬正，山田耕司，鈴木祥之，歴史都市防災論文集，vol.11，2017 年
- 令和 3 年度 国土交通省建築基準整備促進事業 伝統的木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討 事業報告書，ドットコーポレーション（株），京都大学生存圏研究所，令和 4 年 3 月
- 令和 2 年度 国土交通省建築基準整備促進事業 差鴨居接合部を有する垂れ壁の軸組の壁倍率に関する検討 事業報告書，（株）ドットコーポレーション，京都大学生存圏研究所，令和 3 年 3 月
- 平成 26 年度 国土交通省 建築基準整備促進事業 垂れ壁付き独立柱，だば入れにより水平方向のみ拘束した柱脚等で構成された木造建築物の設計規準に関する検討 事業報告書，（株）ドットコーポレーション，京都大学生存圏研究所，平成 27 年 3 月

## 共通事項

### ●モデル

土壁の垂れ壁・腰壁について、壁の水平せん断変形角に対するせん断抵抗力の算定は、以下のモデルに基づいて行う。

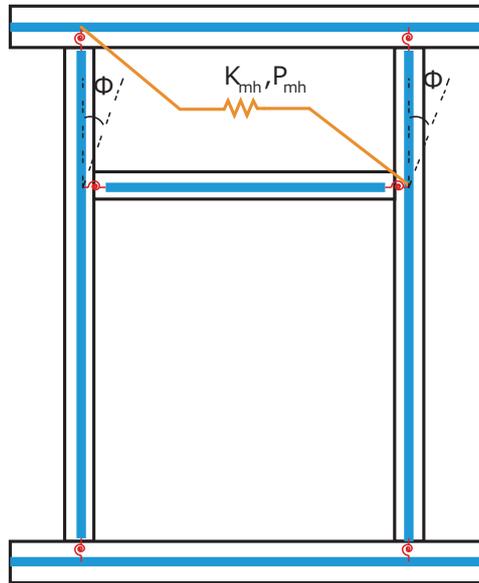


図1 垂れ壁の解析用せん断バネモデル模式図

### ●適用条件

- ・適用範囲は、 $0.4\text{N/mm}^2$ 以上の土壁圧縮応力度、厚さ53-90mmが望ましい。
- ・荒壁と中塗りの強度が大きい場合（2~3倍）は壁土が剥離する傾向があるため注意を必要とする。

### ●土壁の完全弾塑性モデルの作成

マルチリニアの骨格曲線を算出したのち、完全弾塑性モデル置換を行い、汎用解析プログラムに入力して使用するものとする。土壁は水平方向のせん断バネとして算出する。

垂れ壁のマルチリニアモデルは、対象とする壁の寸法に応じて、以下に示す方法によって算定する。

- ①全面壁モデル（曲げ型破壊（1P）、せん断型破壊（2P））（注：データシート（全面壁）を参照）を基に、アスペクト比を考慮して低減して算出する。
- ②せん断方向の鉛直水平、曲げの鉛直水平それぞれを検定し、最小値をとる。
- ③壁土圧壊時耐力と壁土せん断破壊時耐力を特定変形角ごとに算定し、小となる方を耐力としてとる。
- ④どちらが卓越するかは壁のアスペクト比によるが、あらかじめ形式は選択しない。壁土圧壊時耐力と壁土せん断破壊時耐力の算定には、①の負担せん断応力度—変形角関係（1P、2P）を用いる。
- ⑤文献3）に示された方法によるが、 $Q_{wb1}$ 、 $Q_{wb2}$ については、全面壁においては一定の大きさを占める貫によるこじりの影響を除くため、貫の断面二次モーメントの比に応じた成分を低減し、下記に引用した $Q_{wb1}$ 、 $Q_{wb2}$ の値にそれぞれ0.57を乗じた値を使用するものとしている。

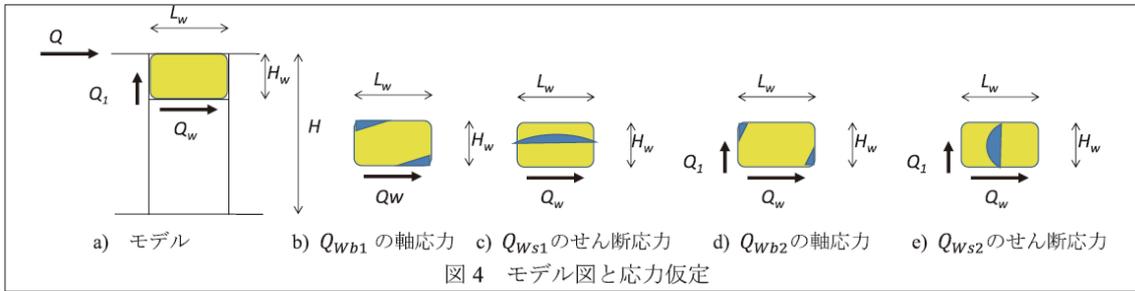


図 2 垂れ壁土壁の応力分布の仮定 (文献 3))

**b) 土塗り小壁の耐力予測**

本項では図4に示す小壁部に作用するせん断力 $Q_w$ を算定する。土塗り壁では壁のアスペクト比により破壊形式が異なるが、事前に破壊形式を予測できないため、 $Q_w$ 算定時には、小壁部の破壊形式を4ヶ ( $Q_{ws1}$ 、 $Q_{wb1}$ 、 $Q_{ws2}$ 、 $Q_{wb2}$ ) 想定し、最小値を取る。

$Q_{wb1}$  は、小壁高さを $H_w$ 、長さを $L_w$ とした際の壁土圧潰時耐力を示す (図4b) )。

$$Q_{wb1} = Q_{1P} \frac{H_{1P}}{H_w} \left( \frac{L_w}{L_{1P}} \right)^2 \frac{t_w}{t_{1P}} \quad (8)$$

$Q_{ws1}$  は、小壁高さを $H_w$ 、長さを $L_w$ とした際の壁土せん断破壊時耐力を示す (図4c) )。

$$Q_{ws1} = Q_{2P} \left( \frac{L_w}{L_{2P}} \right) \frac{t_w}{t_{2P}} \quad (9)$$

$Q_{wb2}$  は、小壁高さを $L_w$ 、長さを $H_w$ とした際の壁土圧潰時耐力を示す。この時に計算されるせん断力は $Q_1$ であるので、 $Q_{wb2} = (L_w/H_w)Q_1$ で計算する (図4d) )。

$$Q_{wb2} = \frac{L_w}{H_w} Q_{1P} \frac{H_{1P}}{L_w} \left( \frac{H_w}{L_{1P}} \right)^2 \frac{t_w}{t_{1P}} = Q_{1P} \frac{H_{1P}}{H_w} \left( \frac{H_w}{L_{1P}} \right)^2 \frac{t_w}{t_{1P}} \quad (10)$$

$Q_{ws2}$  は、小壁高さを $L_w$ 、長さを $H_w$ とした際の壁土せん断破壊時耐力を示す。この時に計算されるせん断力は $Q_1$ であるので、 $Q_{ws2} = (L_w/H_w)Q_1$ で計算する (図4e) )。

$$Q_{ws2} = \frac{L_w}{H_w} Q_{2P} \left( \frac{H_w}{L_{2P}} \right) \frac{t_w}{t_{2P}} = Q_{2P} \left( \frac{L_w}{L_{2P}} \right) \frac{t_w}{t_{2P}} \quad (11)$$

式(9)と式(11)は等価である。さらに式(8)~(11)を、図5に示す1P,2P土塗り壁の水平断面積あたりのせん断応力度 ( $\tau_{1P}$ ,  $\tau_{2P}$ ) および小壁の寸法比 ( $H_w/L_w$ または  $L_w/H_w$ の小さい方) と1P試験体のアスペクト比 ( $H_{1P}/L_{1P}=2600/800=3.25$ )でまとめると式(12)となる。

$$\begin{aligned} Q_w &= \text{Min}\{Q_{ws}, Q_{wb}\} \\ Q_{ws} &= \tau_{2P} t_w L_w \\ Q_{wb} &= 3.25 \tau_{1P} t_w L_w \text{Min} \left( \frac{H_w}{L_w}, \frac{L_w}{H_w} \right) \end{aligned} \quad (12)$$

ここで、 $Q_w$ は小壁耐力、 $Q_{ws}$ は壁土のせん断破壊で決まる小壁耐力、 $Q_{wb}$ は壁土の圧潰で決まる小壁耐力である。

図 3 伝木小委員会案における垂れ壁土壁のせん断耐力の算定法 (文献 3))

#### 参考文献

- 1) 令和4年度 国土交通省建築基準整備促進事業 S34 伝統木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討 事業報告書, (株)ドットコーポレーション, 京都大学生存圏研究所, 令和3年3月
- 2) 文献調査に基づく土塗り壁のせん断応力度 - 変形角の提案, 宇都宮直樹, 宮本慎宏, 山田耕司, 中尾方人, 大橋好光, 2022年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2023年
- 3) 伝統構法木造軸組における土塗り小壁の復元力評価法, 山田耕司, 中治弘行, 長瀬正, 鈴木祥之, 歴史都市防災論文集, Vol.11, pp95-102, 2017年

### ●算出方法の検討過程（小壁（垂れ壁・腰壁）2P）

以下の2点のデータを比較し、算出方法を決定した。

データ名	耐力算出方法	対象仕様	出典
①基整促	2P 土壁要素実験より算出	2P 1 体	文献 5)、7)
②伝木小委員会 2P	全面壁モデル（せん断型破壊（2P））を基に、アスペクト比を考慮して低減して算出する。せん断方向の鉛直水平、曲げの鉛直水平それぞれを検定し、最小値を取るとしている。壁土圧壊時耐力と壁土せん断破壊時耐力を特定変形角ごとに算定し、小となる方を耐力として取る。どちらが卓越するかは壁のアスペクト比によるが、あらかじめ形式は選択しない。壁土圧壊時耐力と壁土せん断破壊時耐力の算定には、上述の負担せん断応力度—変形角関係（2P）を用いる	2P 74 体（過去の実験例）	文献 2)、3)

①基整促モデルは垂れ壁のみを取り出した要素実験結果に基づくモデルであり、②伝木小委員会 2P モデルは全面壁のモデルを寸法に応じて低減して算出したモデルである。

垂れ壁の寸法を、基整促での要素実験の寸法を参照し、内法 1685mm、高さ 310、465、910mm の 3 通りで骨格曲線を算定して示した（図 1、2）。

①基整促モデルと②伝木小委員会 2P モデルで同じ寸法の壁を比較すると、初期剛性は比較的近いものの、伝木小委員会モデルの最大耐力は基整促モデルの 1/2 程度であり、基整促モデルの耐力が大きいことがわかる。

ただし、②伝木小委員会 2P モデルでは、全面壁から垂れ壁に換算する際に、貫のこじりの影響を断面係数の比によって低減する係数 0.57 が乗じられているため、こじりの低減を行わない場合も示した（基整促実験は貫 1 本程度の影響を含む）。その場合、初期剛性は基整促実験結果よりやや高くなるものの、最大耐力荷重は基整促実験結果の方がまだ 4 割程度大きい。

貫の効果の影響等により、両者の性能は必ずしも一致しないが、現段階では、剛性、耐力共にやや低めの結果を与えることから安全側の評価となると推定して、②伝木小委員会 2P モデルを適用可能であるとする。

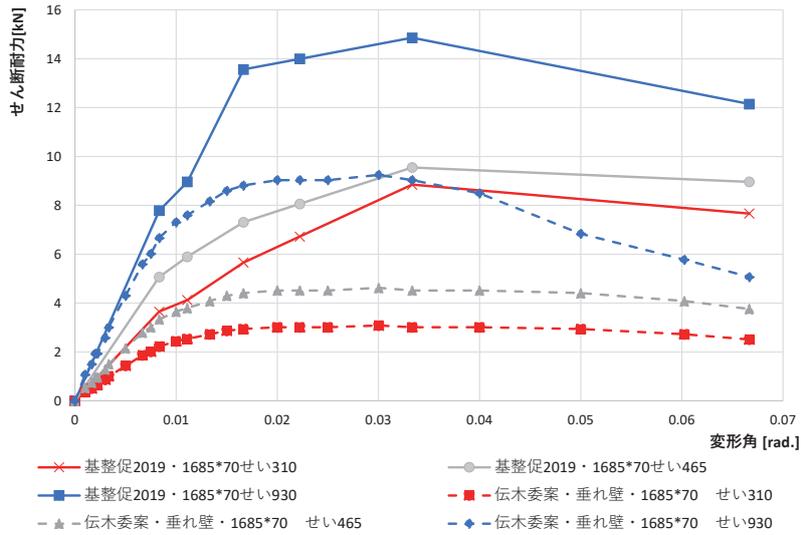


図1 2P土壁垂れ壁（巾1685（2P相当）、厚さ70mm）の荷重変形関係の比較  
 基整促案と伝木小委員会案〔貫のこじりによる修正係数を考慮〕

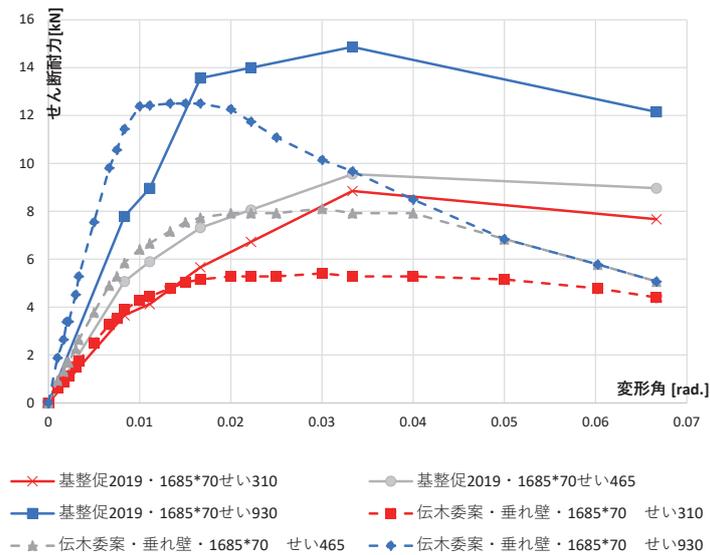


図2 2P土壁垂れ壁（巾1685（2P相当）、厚さ70mm）の荷重変形関係の比較  
 基整促案と伝木小委員会案〔貫のこじりの修正係数を考慮しない場合〕

### ①基整促モデルの概要

小壁（垂れ壁・腰壁）は2019年度に実施した2P垂れ壁試験（文献6）（軸組みの影響を除いたもの）から土壁の負担する単位面積当たりのせん断力を算出した。

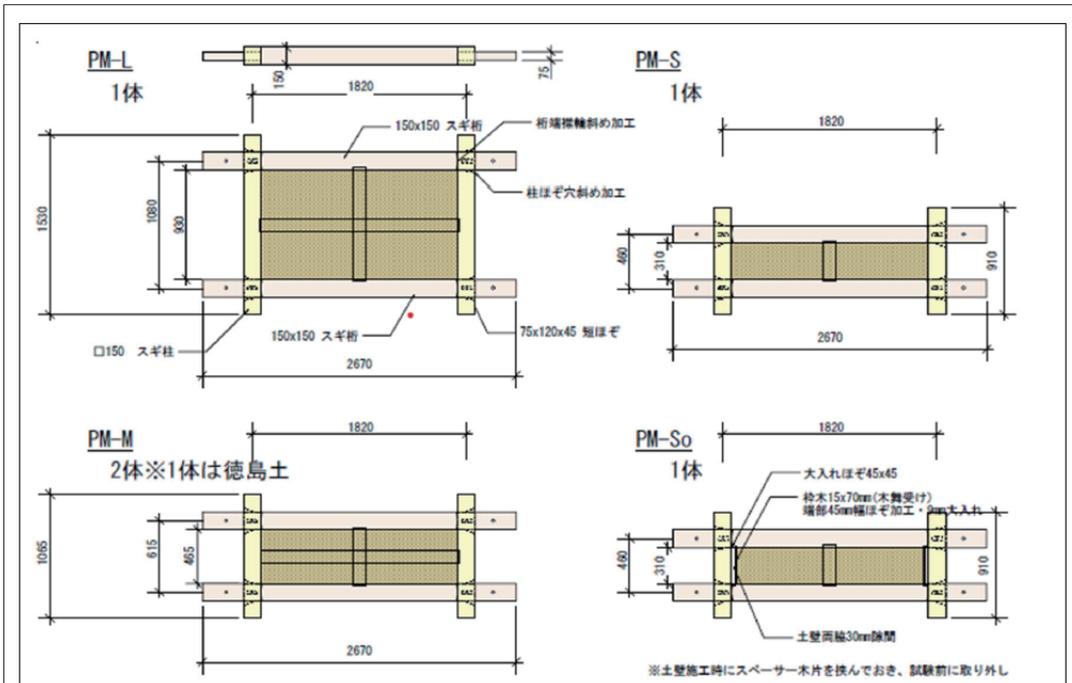


図 3.2.1-4 土壁試験体詳細

引用：2019年度報告書第3章

図3 垂れ壁試験体仕様（2021年度基整促報告書（文献4）より）

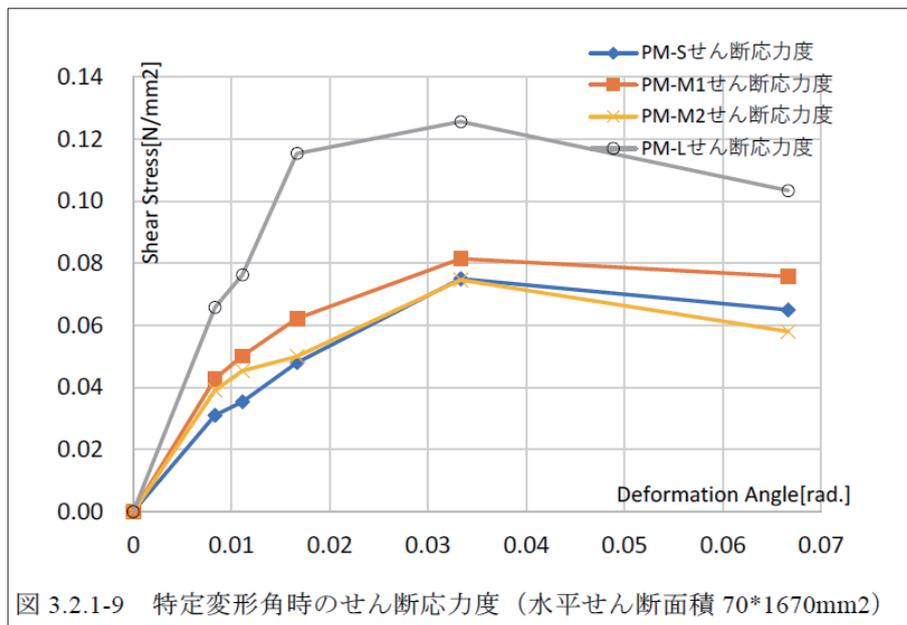


図 3.2.1-9 特定変形角時のせん断応力度（水平せん断面積 70\*1670mm<sup>2</sup>）

図4 垂れ壁のせん断応力度 - 変形角関係（2021年度基整促報告書（文献4）より）

(7) 設計用せん断応力度 (せん断面積 70mm\*1670mm とした場合を示す)

PM-S

変形角	rad.	1/120	1/90	1/60	1/30	1/15
1000/変形角	× 1/1000rad	8.33	11.11	16.67	33.33	66.67
せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	0.031	0.035	0.048	0.075	0.065
提案上限	N/mm <sup>2</sup>	0.047	0.053	0.072	0.112	0.097

PM-M1

変形角	rad.	1/120	1/90	1/60	1/30	1/15
1000/変形角	× 1/1000rad	8.33	11.11	16.67	33.33	66.67
せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	0.043	0.050	0.062	0.081	0.076
提案上限	N/mm <sup>2</sup>	0.064	0.075	0.093	0.122	0.114

PM-M2

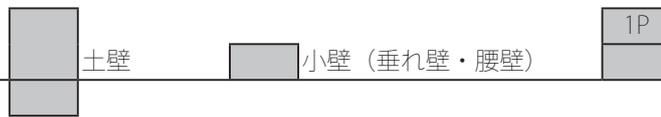
変形角	rad.	1/120	1/90	1/60	1/30	1/15
1000/変形角	× 1/1000rad	8.33	11.11	16.67	33.33	66.67
せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	0.039	0.045	0.050	0.075	0.058
提案上限	N/mm <sup>2</sup>	0.059	0.068	0.075	0.112	0.087

PM-L

変形角	rad.	1/120	1/90	1/60	1/30	1/15
1000/変形角	× 1/1000rad	8.33	11.11	16.67	33.33	66.67
せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	0.066	0.076	0.115	0.126	0.103
提案上限	N/mm <sup>2</sup>	0.099	0.114	0.173	0.188	0.155

以上、1間 (芯々1820mm、内法 1670mm [柱 150mm]) に対する垂れ壁高さが、内法で 310mm (S)、465mm (S)、L (930mm) の場合のせん断剛性を示した。

図5 垂れ壁のせん断応力度 - 変形角関係 一覧 (2021年度基整促報告書 (文献4) より)



●算出方法の検討過程 (小壁 (垂れ壁・腰壁) 1P)

以下の算出方法とした。

データ名	耐力算出方法	対象仕様	出典
①伝木小委員会 1P	全面壁モデル (曲げ型破壊 (1P)) を基に、アスペクト比を考慮して低減して算出する。せん断方向の鉛直水平、曲げの鉛直水平それぞれを検定し、最小値を取るとしている。壁土圧壊時耐力と壁土せん断破壊時耐力を特定変形角ごとに算定し、小となる方を耐力として取る。どちらが卓越するかは壁のアスペクト比によるが、あらかじめ形式は選択しない。壁土圧壊時耐力と壁土せん断破壊時耐力の算定には、上述の負担せん断応力度—変形角関係 (1P) を用いる。	1P 27 体 (過去の実験例)	文献 1)、3)、4)

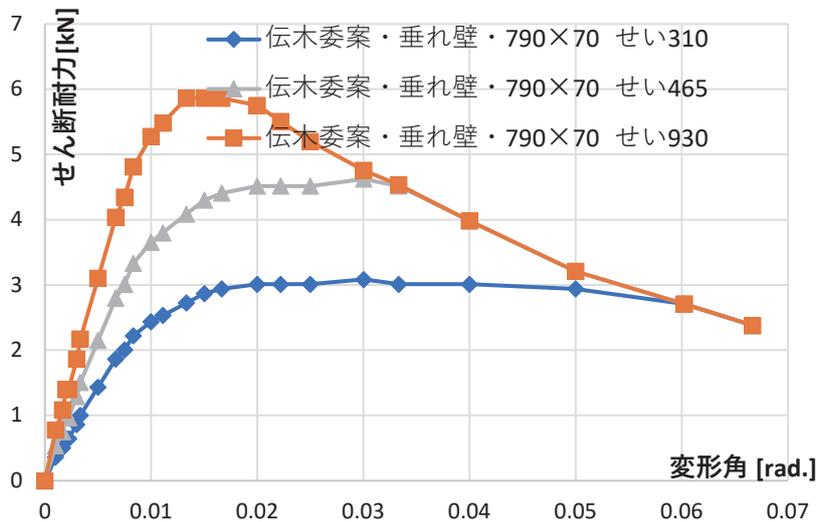


図6 1P 垂れ壁 (790 × 70) せいを変更した場合の変形角—せん断力関係

1P 垂れ壁については、過去の基整促では実験を実施していないため、伝木小委員会による計算法を参照し、せん断耐力を算定するものとする。図6に、2P 試験体と同様の垂れ壁高さとして算定した結果を参考に示す。土壁の寸法は内法で横幅 910-120 = 790mm、高さを 310、465、930mm と変化させた。算定方法は共通事項に示した通りであり、全面土壁の耐力を寸法に応じて低減して算出する。

## 文献

- 1) 文献調査に基づく土塗り壁のせん断応力度 - 変形角の提案, 宇都宮直樹, 宮本慎宏, 山田耕司, 中尾方人, 大橋好光, 2022 年度日本建築学会関東支部研究報告集, 2023 年
- 2) 伝統構法木造軸組における土塗り小壁の復元力評価法, 山田耕司, 中治弘行, 長瀬正, 鈴木祥之, 歴史都市防災論文集, Vol.11, pp95-102, 2017 年
- 3) 実大実験に基づく土塗り小壁付木造軸組の復元力特性, 中治弘行, 長瀬正, 山田耕司, 鈴木祥之, 歴史都市防災論文集, vol.11, 2017 年
- 4) 令和 3 年度 国土交通省建築基準整備促進事業 伝統的木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討 事業報告書, ドットコーポレーション (株), 京都大学生存圏研究所, 令和 4 年 3 月
- 5) 令和 2 年度 国土交通省建築基準整備促進事業 差鴨居接合部を有する垂れ壁の軸組の壁倍率に関する検討 事業報告書, (株)ドットコーポレーション, 京都大学生存圏研究所, 令和 3 年 3 月
- 6) 平成 26 年度 国土交通省 建築基準整備促進事業 垂れ壁付き独立柱, だば入れにより水平方向のみ拘束した柱脚等で構成された木造建築物の設計規準に関する検討 事業報告書, (株)ドットコーポレーション, 京都大学生存圏研究所, 平成 27 年 3 月
- 7) 令和元年度 国土交通省建築基準整備促進事業 差し鴨居接合部を有する垂れ壁の軸組の壁倍率に関する検討 事業報告書, (株)ドットコーポレーション, 京都大学生存圏研究所, 令和 2 年 3 月

土壁

小壁 (垂れ壁・腰壁)

1P

2P