令和4年度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

株式会社ドット・コーポレーション 京都大学 生存圏研究所

## 事業の背景と目的

## 調査の背景:

伝統的構法による木造建築物については、建築基準法施行令第3章第3節において規定されている仕様(以下、仕様規定という。)に適合しない部分があることから、地震に対する安全性の確認にあたっては、仕様規定への適合を前提としない限界耐力計算等の構造計算を行わなければならない。そのため、伝統的構法による耐震要素について、仕様の明確化が求められている。

### 目的:

本事業では、主として伝統的構法による木造建築物に用いられる耐震要素について実験的・解析的検討を行うこととした。伝統的構法の耐力要素には、屋根、床といった水平構面、土壁、板壁といった鉛直構面、軸組の仕口などがあるが、これらの中でも仕口については、耐力要素としての性能が明確にされていない。本事業では、耐力要素全般について整理を行うが、特に性能についての情報整備が遅れている仕口を主たる対象とし、その仕様の明確化および部材断面の分類整理等を行い、仕口の構造評価基準の明確化等に資する技術的資料をまとめる。

### 実施体制

### 検討委員会

委員長 五十田博 京都大学

委 員 鈴木祥之 京都大学名誉教授

齋藤幸夫 齋藤建築構造研究室

後藤正美 金沢工業大学

大橋好光 東京都市大学

河合直人 工学院大学

腰原幹雄 東京大学

槌本敬大 建築研究所

山崎義弘 建築研究所

協力委員 荒木康弘 国土交通省国土技術政策総合研究所

秋山信彦 国土交通省国土技術政策総合研究所

### ワーキンググループ

主 查 河合直人 工学院大学

委 員 五十田博 京都大学

腰原幹雄 東京大学

松本直之 東京大学

佐藤弘美 金沢工業大学

山辺豊彦 山辺構造設計事務所

山崎義弘 建築研究所

協力委員 荒木康弘 国土交通省国土技術政策総合研究所

秋山信彦 国土交通省国土技術政策総合研究所

オブザーバー 塩谷康一 山辺構造設計事務所

鈴木圭 日本住宅・木材技術センター

## 実施内容

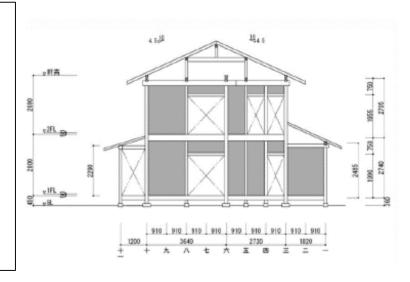
本事業は令和3~4年度の2か年で実施した。

昨年度決定した方針に基づき、引き続き以下を実施した。 (耐力要素データのうち、屋根、床については収集・整備済)

- 1. 耐力要素データの収集・整備(接合部:実験による)
- 2. 耐力要素データの収集・整備(土壁:既往の成果による)
- 3. モデル建物においての限界耐力計算例の作成

### 整備の方針

- 【一般的な2 階建て住宅(下屋付の新築)】を対象に、仕様を限定し、その耐力要素について設計に必要な情報を整備する。
- 建物タイプを限定することで、耐力要素 および部材断面やスパンなどがほぼ決定 でき効率的に整備を進めることができる。



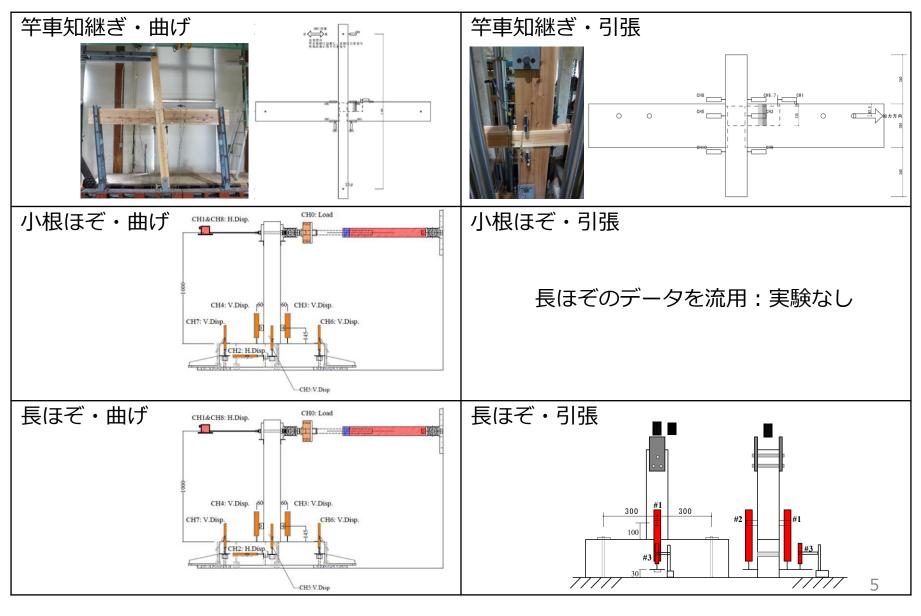
### 耐力要素データの収集・整備

- 本事業で設計用データを収集する必要がある接合部の種類は、竿車知継ぎ、小根ほぞ込み栓、長ほぞ込み栓の3種の曲げと引張のデータ。
- 以下の手順にて、実験を実施する試験体を決定。
  - 1. 設計例の対象となる接合部の全ての納まり図作成
  - 2. 理論式等を整理し、可能なものは計算にて特性値を算出
  - 3. 算出した特性値等と各部の詳細仕様を整理し、同一のバネモデル としてよい範囲を検討
  - 4. 各同一バネモデル範囲で、効率よく製作できる試験体を決定(歩留まり・材積等を考慮)
  - 5. 各試験体のうち、既往のデータを活用できるものを選定し、データを収集
  - 6. 実験の優先順位をつけた上で以下に示す仕様数で実験を実施。

	曲げ	引張	
<b>竿車知栓継</b>	4	2	
小根ほぞ胴栓止め	4	0	
長ほぞ込み栓	4	3	
仕様合計	12	5	<b>17</b> ×各
試験体数合計	36	15	51 体

## 耐力要素データの収集・整備(接合部)

### 実施した実験概要



## 耐力要素データの収集・整備(接合部)

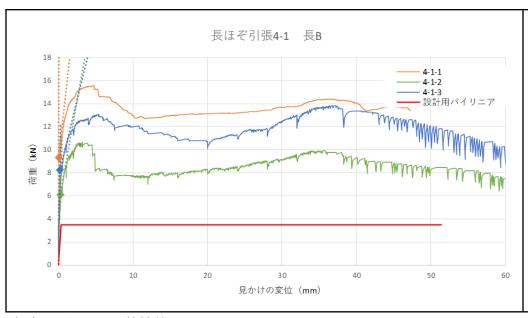
実験および既往の研究から得られたデータは「限界耐力計算による伝統的木造建築物構造計算指針・同解説(AIJ)」に基づき、以下の通り設計用の各特性値を算出した。設計用バネはバイリニアとした。

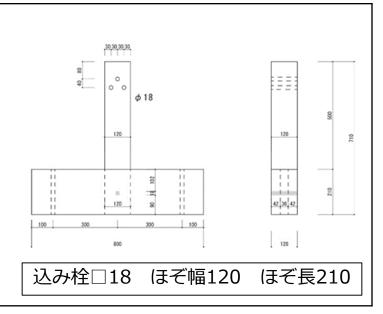
特性値	算出方法
降伏耐力*(Py)	5%下限値
最大耐力の 2/3*(2/3Pmax)	5%下限値
短期基準耐力	Py、2/3Pmax の 5%下限値の小さい方
終局耐力*(Pu)	5%下限値
剛性* (K)	50%下限值
特性値	算出方法
設計用降伏変位*	試験結果の平均値
設計用剛性	降伏耐力を降伏変位で除した値に含水率影響係数を乗
	じた値
設計用終局耐力	終局耐力に含水率影響係数を乗じた値
設計用終局変位*	試験結果の平均値
水平荷重に対する計算に	欧伊耐力 b 数目耐力の 2/2 のいぞれなり キャナの値に
おける設計用許容耐力	降伏耐力と終局耐力の2/3のいずれか小さい方の値に、
=短期許容耐力	含水率影響係数を乗じた値

表中の含水率影響係数は1.0を使用した。

短期許容耐力の算出にあたっては、基準化係数1/2、荷重継続期間影響係数2.0(短期)を使用した。6

# 耐力要素データの収集・整備(長ほぞ込み栓・引張の例)





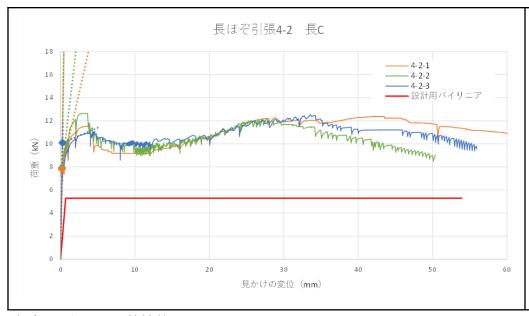
実験から得られた特性値

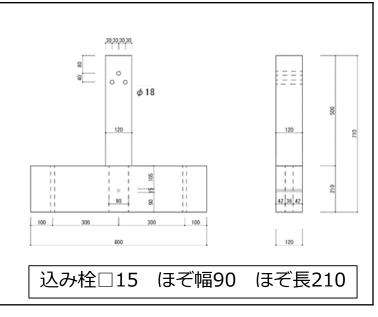
		1体目	2 体目	3 体目	平均值	標準偏差	50%下限值	5%下限値
2/3P max	(kN)	10.4	7.1	9.23	8.9	1.36	8.26	4.62
Ру	(kN)	9.56	6.1	8.22	7.96	1.42	7.29	3.48
δу	(mm)	0.29	0.37	0.43	0.36	0.06		
K	(kN/mm)	32.9	16.4	19.3	22.9	7.17	19.5	
Pu	(kN)	13.6	8.66	12	11.4	2.05	10.4	4.95
δu	(mm)	49.3	49.3	55.6	51.4	2.95		

#### 設計用特性值

<b>『夕/上五</b> 十十	設計用降伏	=九=上中 図11小4	設計用終局	設計用終局	水平荷重に対する計算にお
降伏耐力	変位	設計用剛性	耐力	変位	ける設計用許容耐力
(kN)	(mm)	(kN/mm)	(kN)	(mm)	(kN)
3.48	0.36	9.67	4.95	51.4	2.64

# 耐力要素データの収集・整備 (長ほぞ込み栓・引張の例)





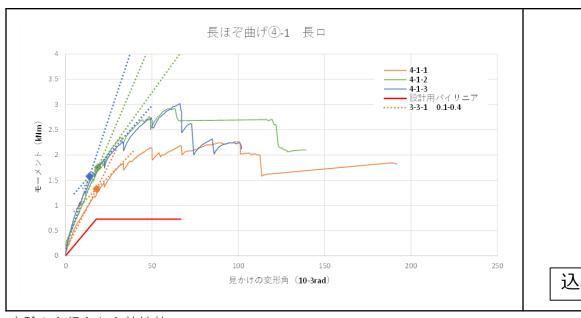
実験から得られた特性値

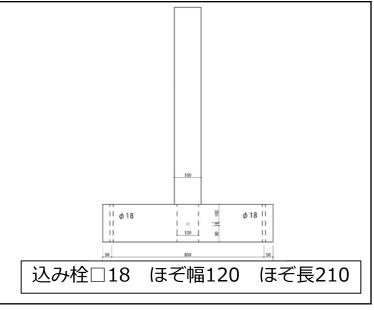
		1						
		1体目	2体目	3体目	平均值	標準偏差	50%下限值	5%下限值
2/3P max	(kN)	8.24	8.42	8.35	8.34	0.07	8.3	8.11
Ру	(kN)	7.8	7.92	10.1	8.6	1.05	8.11	5.29
δу	(mm)	0.36	0.27	1.44	0.69	0.53		
K	(kN/mm)	21.8	29.9	7.02	19.6	9.47	15.1	
Pu	(kN)	11.1	10.6	10.9	10.9	0.18	10.8	10.3
δu	(mm)	63.9	42.7	55.2	53.9	8.73		

#### 設計用特性值

<b>『久/七</b> 孟十十	設計用降伏	設計用剛性	設計用終局	設計用終局	水平荷重に対する計算にお
降伏耐力	変位	改計 州州土	耐力	変位	ける設計用許容耐力
(kN)	(mm)	(kN/mm)	(kN)	(mm)	(kN)
5.29	0.69	7.67	10.30	53.9	4.23

# 耐力要素データの収集・整備(長ほぞ込み栓・曲げの例)



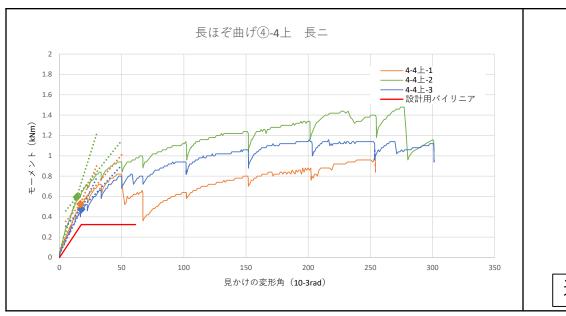


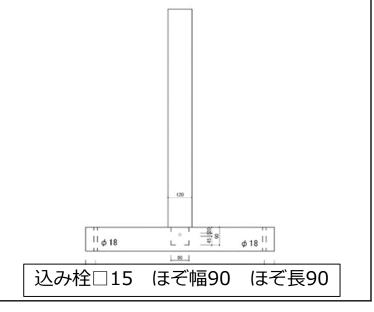
実験から得られた特性値

		1体目	2 体目	3体目	平均値	標準偏差	50%下限值	5%下限值
2/3M max	(kNm)	1.45	1.95	2.01	1.80	0.31	1.66	0.83
Му	(kNm)	1.25	1.75	1.58	1.53	0.25	1.41	0.73
$\theta$ y	(10 <sup>-3</sup> rad)	18.39	19.24	15.70	17.78	1.85		
K	(kNm/10 <sup>-3</sup> rad)	0.068	0.091	0.101	0.087	0.017	0.079	
Mu	(kNm)	2.00	2.65	2.55	2.40	0.35	2.24	1.30
<i>θ</i> u	(10 <sup>-3</sup> rad)	66.66	66.66	66.66	66.66	0		

B(11)1313121E					
降伏モーメ	降伏回転角	設計用剛性	設計用終局	設計用終局	水平荷重に対する計算にお
ント	降仍凹點用	政部   州州生	モーメント	回転角	ける設計用許容耐力
(kNm)	(10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm/10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm)	(10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm)
0.73	17.78	0.041	1.30	66.66	0.73

# 耐力要素データの収集・整備(長ほぞ込み栓・曲げの例)



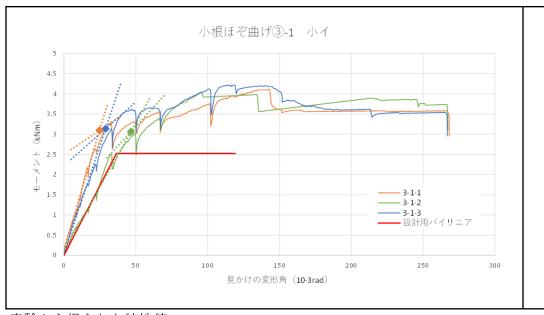


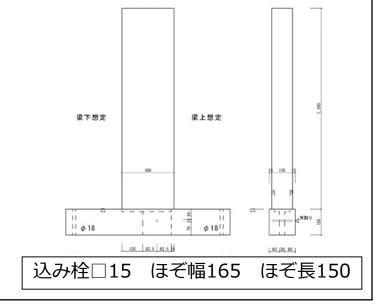
実験から得られた特性値

		1体目	2 体目	3体目	平均值	標準偏差	50%下限值	5%下限值
2/3M max	(kNm)	0.55	0.67	0.55	0.59	0.07	0.56	0.37
Му	(kNm)	0.52	0.60	0.47	0.53	0.07	0.50	0.32
θу	(10 <sup>-3</sup> rad)	18.34	15.06	19.37	17.59	2.25		
K	(kNm/10 <sup>-3</sup> rad)	0.030	0.040	0.020	0.030	0.010	0.025	
Mu	(kNm)	0.76	0.88	0.75	0.80	0.07	0.76	0.57
$\theta$ u	(10 <sup>-3</sup> rad)	50.91	65.90	66.67	61.16	8.89		

降伏モーメ	降伏回転角	設計用剛性	設計用終局	設計用終局	水平荷重に対する計算にお
ント		1 表 計 州 例 1 生	モーメント	回転角	ける設計用許容耐力
(kNm)	(10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm/10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm)	(10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm)
0.32	17.59	0.018	0.57	61.16	0.32

# 耐力要素データの収集・整備(小根ほぞ込み栓・曲げの例)





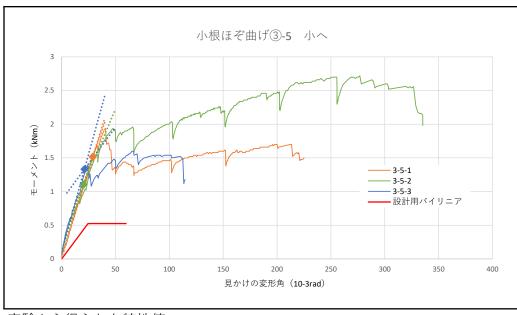
実験から得られた特性値

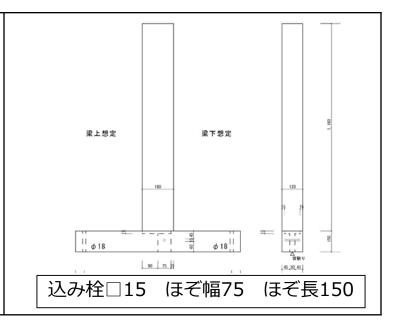
		1体目	2 体目	3体目	平均値	標準偏差	50%下限值	5%下限値
2/3M max	(kNm)	2.75	2.69	2.81	2.75	0.06	2.72	2.56
My	(kNm)	3.10	2.86	3.18	3.05	0.17	2.97	2.52
$\theta$ y	(10 <sup>-3</sup> rad)	28.63	45.15	35.63	36.47	8.29		
K	(kNm/10 <sup>-3</sup> rad)	0.108	0.063	0.089	0.087	0.023	0.076	
Mu	(kNm)	3.65	3.70	3.92	3.76	0.14	3.69	3.30
$\theta$ u	(10 <sup>-3</sup> rad)	142.65	95.97	119.20	119.27	23.34		

#### 設計用特性值

降伏モーメ	降伏回転角	設計用剛性	設計用終局	設計用終局	水平荷重に対する計算にお
ント		1 政計州側沿	モーメント	回転角	ける設計用許容耐力
(kNm)	(10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm/10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm)	(10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm)
2.52	36.47	0.069	3.30	119.27	2.20

# 耐力要素データの収集・整備(小根ほぞ込み栓・曲げの例)



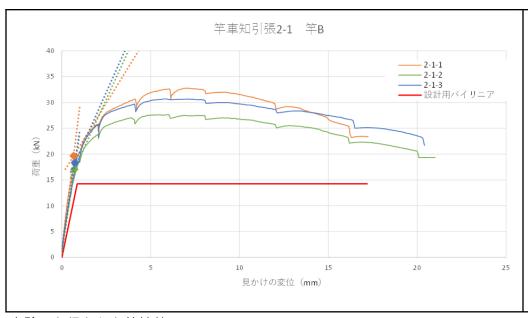


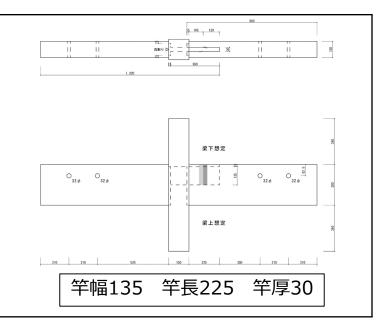
実験から得られた特性値

		1体目	2 体目	3体目	平均值	標準偏差	50%下限值	5%下限値
2/3M max	(kNm)	1.29	1.31	1.07	1.22	0.13	1.16	0.80
My	(kNm)	1.51	1.03	1.33	1.29	0.24	1.18	0.53
$\theta$ y	(10 <sup>-3</sup> rad)	29.08	21.53	23.10	24.57	3.98		
K	(kNm/10 <sup>-3</sup> rad)	0.050	0.050	0.060	0.053	0.006	0.051	
Mu	(kNm)	1.78	1.96	1.43	1.72	0.27	1.60	0.87
$\theta$ u	(10 <sup>-3</sup> rad)	46.05	66.67	66.67	59.80	11.90		

降伏モーメ	降伏回転角	設計用剛性	設計用終局	設計用終局	水平荷重に対する計算にお
ント	件八四书户		モーメント	回転角	ける設計用許容耐力
(kNm)	(10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm/10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm)	(10 <sup>-3</sup> rad)	(kNm)
0.53	24.57	0.021	0.87	59.80	0.53

# 耐力要素データの収集・整備(竿車知・引張の例)



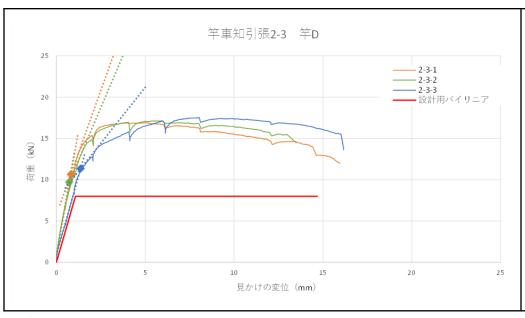


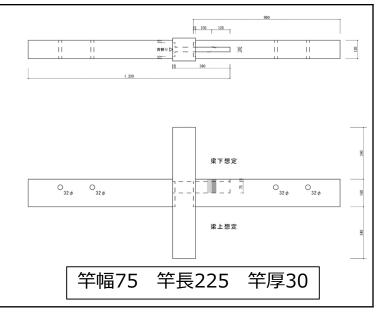
実験から得られた特性値

		1体目	2 体目	3 体目	平均値	標準偏差	50%下限值	5%下限值
2/3P max	(kN)	21.85	18.44	20.45	20.25	1.72	19.44	14.84
Ру	(kN)	19.65	17.04	18.33	18.34	1.30	17.72	14.22
δу	(mm)	0.90	0.82	0.88	0.87	0.04		
K	(kN/mm)	21.80	20.81	20.90	21.17	0.55	20.91	
Pu	(kN)	30.19	25.67	28.36	28.07	2.27	27.00	20.92
δu	(mm)	15.30	17.53	18.73	17.19	1.74		

降伏耐力	設計用降伏	設計用剛性	設計用終局	設計用終局	水平荷重に対する計算にお
	変位	改計	耐力	変位	ける設計用許容耐力
(kN)	(mm)	(kN/mm)	(kN)	(mm)	(kN)
14.22	0.87	16.43	20.92	17.19	11.16

# 耐力要素データの収集・整備(竿車知・引張の例)



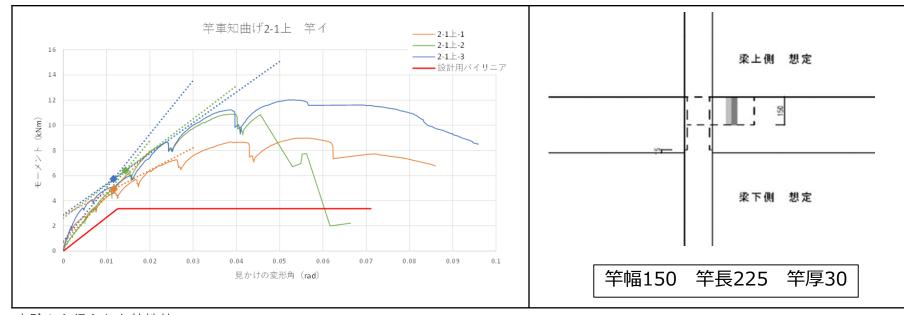


実験から得られた特性値

		1体目	2 体目	3 体目	平均値	標準偏差	50%下限値	5%下限值
2/3P max	(kN)	11.30	11.44	11.68	11.47	0.20	11.38	10.85
Ру	(kN)	10.65	9.72	11.35	10.57	0.81	10.19	8.00
δу	(mm)	0.91	0.87	1.44	1.07	0.32		
K	(kN/mm)	11.65	11.23	7.85	10.25	2.08	9.27	
Pu	(kN)	15.78	16.27	16.51	16.19	0.37	16.01	15.01
δυ	(mm)	14.42	13.50	16.14	14.69	1.34		

7夕 / トナナユ	設計用降伏	=0.=1	設計用終局	設計用終局	水平荷重に対する計算にお
降伏耐力	変位	設計用剛性	耐力	変位	ける設計用許容耐力
(kN)	(mm)	(kN/mm)	(kN)	(mm)	(kN)
8.00	1.07	7.45	15.01	14.69	6.40

# 耐力要素データの収集・整備(竿車知・曲げの例)

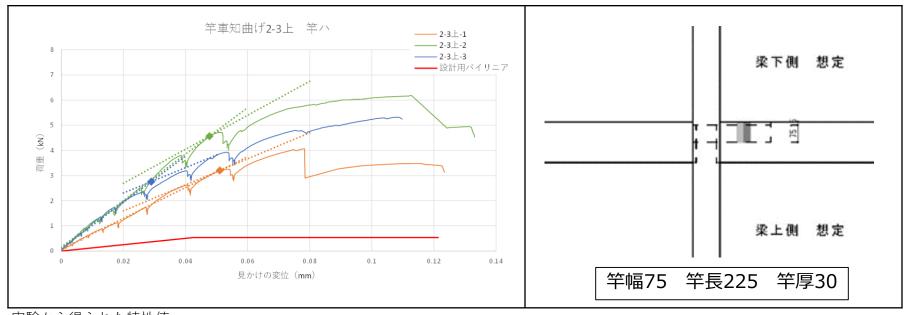


実験から得られた特性値

		1体目	2 体目	3 体目	平均値	標準偏差	50%下限值	5%下限值
2/3M max	(kNm)	5.98	7.27	8.01	7.09	1.03	6.61	3.85
Му	(kNm)	4.93	6.40	5.73	5.69	0.74	5.34	3.36
$\theta$ y	(rad)	0.012	0.014	0.012	0.013	0.002		
K	(kNm/rad)	356.15	390.00	408.93	385.03	26.74	372.43	
Mu	(kNm)	8.07	10.30	11.13	9.84	1.58	9.09	4.85
<i>θ</i> u	(rad)	0.08	0.05	0.09	0.07	0.02		

降伏モーメ	降伏回転角	設計用剛性	設計用終局	設計用終局	水平荷重に対する計算にお
ント	阵队凹點用	政部   州州生	モーメント	回転角	ける設計用許容耐力
(kNm)	(rad)	(kNm/rad)	(kNm)	(rad)	(kNm)
3.36	0.013	267.71	4.85	0.07	3.23

# 耐力要素データの収集・整備(竿車知・曲げの例)



実験から得られた特性値

1体目       2体目       3体目       平均値       標準偏差       5         2/3M max       (kNm)       2.71       4.12       3.55       3.46       0.71         My       (kNm)       3.20       4.57       2.76       3.51       0.94         θ y       (rad)       0.051       0.048       0.029       0.043       0.012	50%下限值	5%下限値
My (kNm) 3.20 4.57 2.76 3.51 0.94		
	3.13	1.23
$\theta$ y (rad) 0.051 0.048 0.029 0.043 0.012	3.07	0.54
K (kNm/rad) 62.13 95.45 84.10 80.56 16.94	72.58	
Mu (kNm) 3.49 5.63 4.77 4.63 1.08	4.12	1.24
$\theta$ u (rad) 0.12 0.13 0.11 0.12 0.01		

Ī	降伏モーメ	降伏回転角	設計用剛性	設計用終局	設計用終局	水平荷重に対する計算にお
	ント	降仍凹點用	改計州側江	モーメント	回転角	ける設計用許容耐力
	(kNm)	(rad)	(kNm/rad)	(kNm)	(rad)	(kNm)
	0.54	0.043	12.65	1.24	0.12	0.54

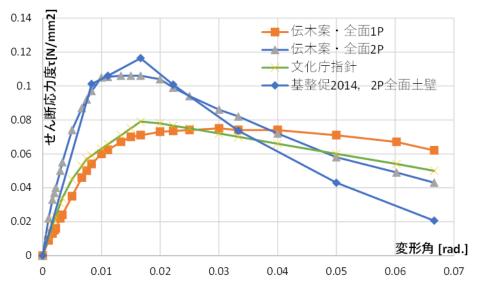
### 耐力要素データの収集・整備(耐力壁)

### 実施内容

- 土壁について、土壁部分のみの設計用のバネ、荷重変形関係を整理した データシートをまとめた。1P、2P、全面壁・垂れ壁・腰壁、高さ・せ い、に関する適用条件を整理した。
- R03年度は、過去の基整促で実施してきた全面壁、垂れ壁、腰壁の実験 結果から標準的な骨格曲線を示した。層間変形角―せん断力関係として 整理を行った。
- R04年度は、以下に示す既発表文献のデータを用いて、算出方法を比較した。最終的には本算定方法を採用した。
  - 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
- 整理した土壁の基準せん断耐力と計算方法を示すとともに、設計例の住宅の土壁を対象として、マルチリニア曲線の算定結果と、完全弾塑性モデルに置換したバイリニア曲線を示した。

## 耐力要素データの収集・整備(全面壁)

- 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した。2P仕様である(2014年度)。
- 既発表文献(伝木案):過去の実験例(1P 27体、2P 74体)から統計的に算出。構面実験結果から軸組試験結果を差し引きしたもの。



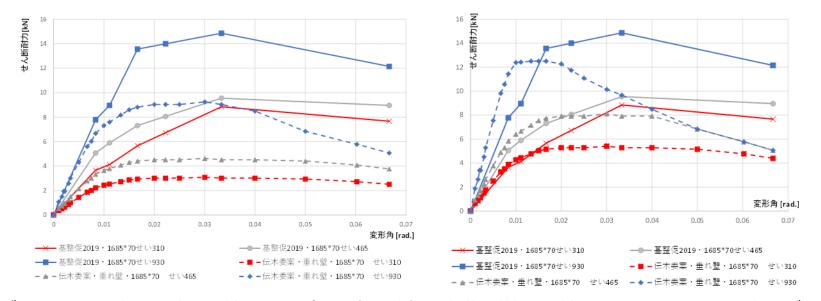
解析モデルへの適用時はこの基本モデルに対して、土壁の横断面積倍した値を適用するものとする。 結果として、2P実験を元にした基整促モデルは、伝木案の2P案とよく対応する。伝木案は、曲げ破壊型 の1Pとせん断破壊型の2Pモデルをそれぞれ提案しており、1Pは既存の文化庁耐震診断指針のモデルとよ く一致している。

適用範囲の広範さ、既存モデル、基整促モデルとの対応にも齟齬がないことから伝木案のモデルを全面壁のモデルとして採用した。

18

### 耐力要素データの収集・整備(垂れ壁2P)

- 基整促:2P土壁要素実験(垂れ壁部分のみ)より算出した。
- 既発表モデル(伝木案):全面壁モデル(曲げ型破壊(1P)、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。

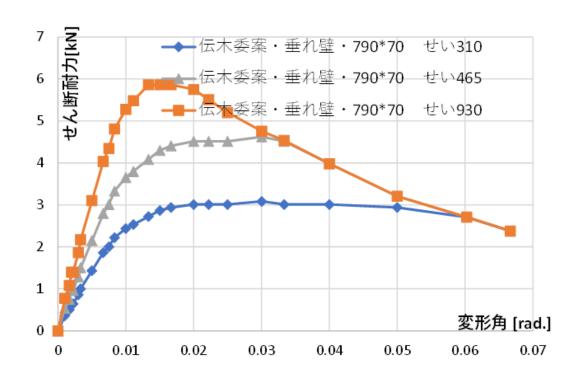


右グラフで同じ寸法の壁を比較すると(同じ色同士)、初期剛性は比較的近いものの、伝木案モデルの最大耐力は基整促モデルの1/2程度であり、基整促モデルの耐力が大きいことがわかる。ただし、伝木案では、全面壁から垂れ壁に換算する際に、貫のこじりの影響を断面係数の比によって低減する係数0.57が乗じられているため、こじりの低減を行わない場合も示した(左グラフ:基整促実験は貫1本程度の影響を含む)。その場合、初期剛性は基整促実験結果よりやや高くなるものの、最大耐力荷重は基整促実験結果の方がまだ4割程度大きい。

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、伝木案の算定モデルを採用した。

## 耐力要素データの収集・整備(垂れ壁1 P)

- 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、 既発表文献(伝木案)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。
- 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。全面土壁の耐力を寸法に応じて低減して算出する。

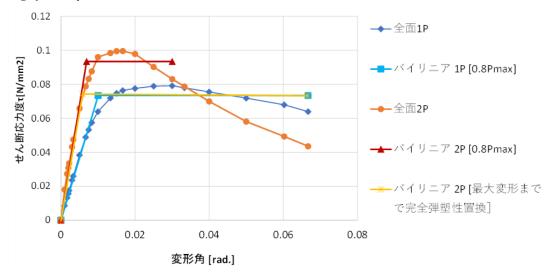


### 耐力要素データの収集・整備(完全弾塑性モデルの作成)

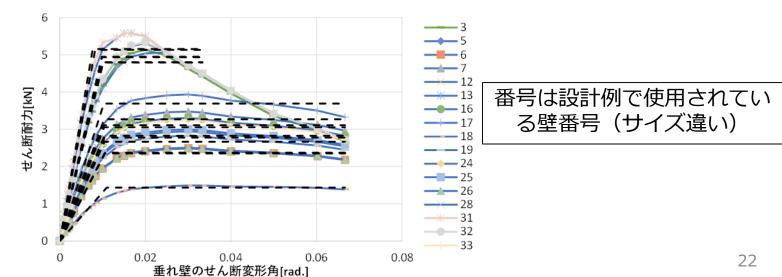
- 全面壁、垂れ壁、腰壁について、マルチリニアの骨格曲線を、算定式に基づいて算出したのち、完全弾塑性モデル置換を行った。土壁は水平方向のせん断バネとして算出した。
- 土壁の単位横断面積当たりのせん断応力度に土壁の厚さと土壁の内法幅を乗じて、全面壁のマルチリニアモデルを算定した。
   さらに垂れ壁については、対象とする壁の寸法に応じて、まずマルチリニアモデルを算定したのち、完全弾塑性のバイリニアモデルを作成し、設計用せん断ばねを作成した。
- マルチリニアモデルからバイリニアモデルを作成して適用する際の注意点として、バイリニアモデルの降伏点近傍では、同一変形角時のマルチリニアモデルを上回る耐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。
- 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、0.8Pmaxを打ち切りとするとした場合、 終局変形角は0.03rad.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、ここでは、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。全面壁については両モデルを示し、垂れ壁については0.8Pmaxで終局とした場合を示している。

## 耐力要素データの収集・整備(完全弾塑性モデルの作成)

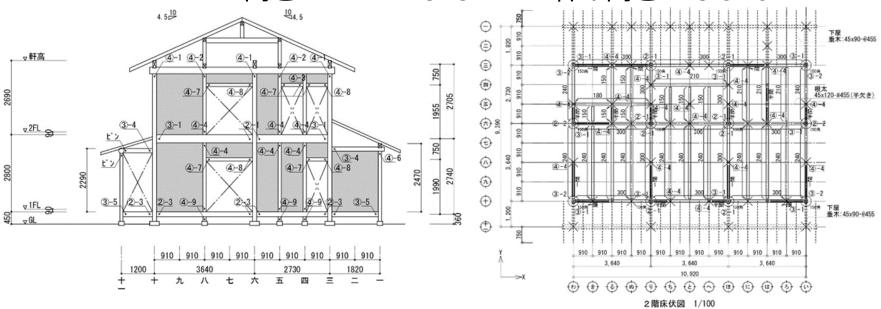
• 全面壁の完全弾塑性モデル



垂れ壁・腰壁の完全弾塑性モデル 設計例の垂れ壁・腰壁について全面壁に対する小壁部分の比率に応じて算出。



対象とした建物 延床面積 152.37㎡ 建築面積 89.43㎡ 高さ 7.373m 軒の高さ 5.940m

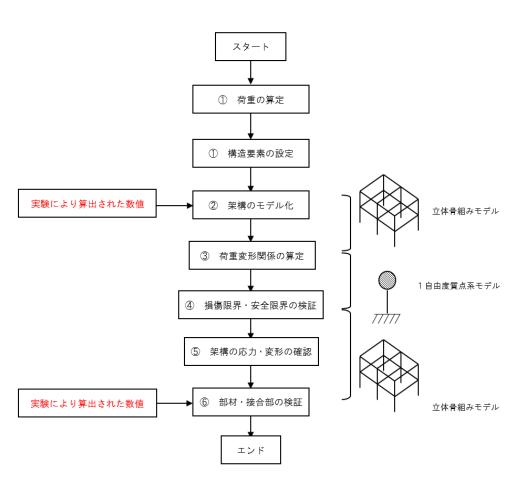


- 通し柱の接合構法は4方差しとする部位は竿車知継ぎ、3方差しとする部位は連続方向は 竿車知継ぎとし、直交方向は小根ほぞ込栓打ちとする。隅角部は両方向とも小根ほぞ込栓 打ちとする
- 柱及び梁には構造用製材E70相当(スギ)を用い、通し柱は150mm角。
- 水平構面はスギの小幅板(板厚30mm、幅190mm、長さ1.82m、本実加工)を梁桁材 (間隔910mm)に釘(N90釘を1箇所あたりに3本)で脳天打ちした床構面(1階床及び2階床)とし、屋根はスギの野地板(板厚15mm、幅240mm、長さ2.0m)を垂木 (60x60mm@455)に釘(N45@90)打ちした構面とする。
- 基礎はコンクリート盤(べた基礎)に支持された礎石の上に柱を建てる形式とし、礎石と 柱はだぼにより接合することで水平方向の変形は拘束するが、鉛直方向の変形は拘束しな いものとする。

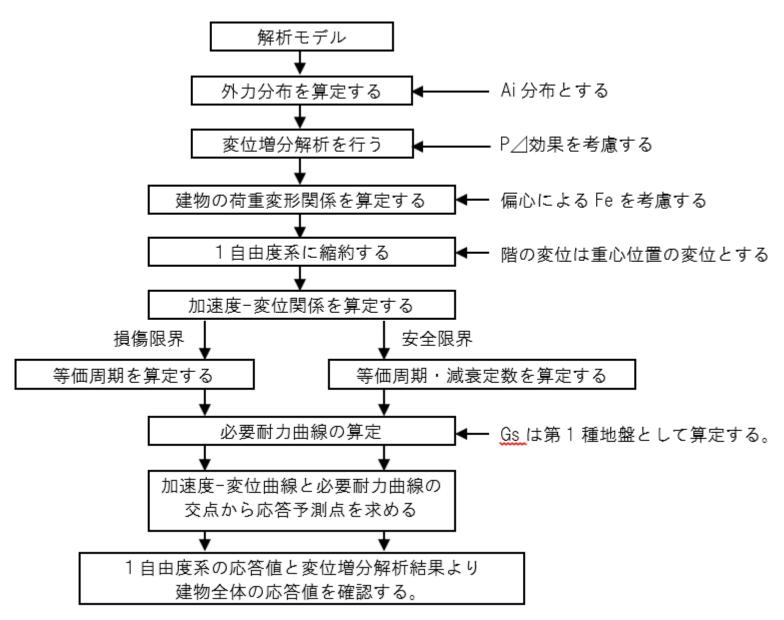
### 構造計算の全体の流れ

- ① 使用樹種、部材断面、荷重を設定する。
- ② 設計建物を立体骨組みにモデル化する。 (仕口部をバネ接合したモデルとピン接合したモデル)
- ③ 上記モデルについて増分解析を行い、建物の荷重-変形関係を求める。
- ④ 増分解析により求められた建物の荷重-変形関係を基に限 界耐力計算を行う。
- ⑤ 限界耐力計算結果と一致する 変位増分解析結果を求める。
- ⑥ 各部材・接合部について変位 増分解析で求められた変形・ 応力を用いて検証を行う。 (モデルの比較)

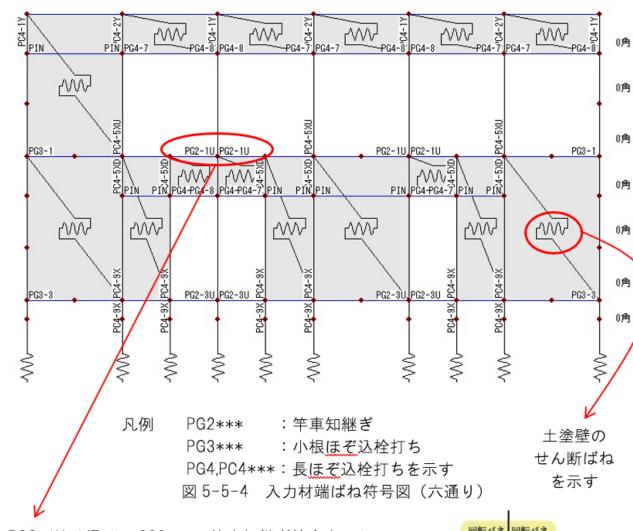
このうち②、⑥において耐力 壁・水平構面・接合部の復元力特 性は実験により算出された数値に 基づいて設定する。



### 限界耐力計算の詳細フロー



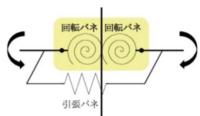
### 入力モデル図例(6通り)



垂れ壁・腰壁横にある全面 壁には開口端に連続する部 材(仮想材:ピン接合)を 配する。

ばね記号は土塗壁のせん断ばねを示す。

PG2-10 は梁せい 300mm の竿車知継ぎ接合を示し、 回転ばねおよび引張ばねを考慮している。



### 解析結果のまとめ 損傷限界時の応答

稀に発生する地震動によって生じる層間変形角は最大で1/122(バネ接合モデル1階)、1/120(ピン接合モデル1階)となっている。

			X方向	Y方向	備考	
64-8W		パネ	0. 64	0.57		
固有周期		ピン	0. 64	0. 56	- 限界耐力計算	
	o Mik	<b>ハ</b> ゙ネ	44	44		
	2階	ピン	44	44		
損傷限界耐力(kN)	1階	<b>ハ</b> ゙ネ	90	90	- 限界耐力計算	
		ピン	90	90	]	
	- mit	<b>ハ</b> ゙ネ	1/247	1/369	展界耐力計算	
損傷限界時の	2階	ピン	1/244	1/361		
層間変形角		<b>ハ</b> ゙ネ	1/193	1/234		
	1階	ピン	1/190	1/243		
	o Mit	パネ	1/224 (六通り)	1/301 (い通り)		
担傷限界時の	2階	ピン	1/209 (六通り)	1/284 (わ通り)	立体解析	
層間変形角(最大)	a pile	パネ	1/122(十通り)	1/174 (ほ通り)	フレーム最大値	
	1階	ピン	1/120 (十通り)	1/182 (ほ通り)		

### 解析結果のまとめ 安全限界時の応答

極稀に発生する地震動によって生じる層間変形角は最大で1/30(バネ接合モデル1階)、1/42(ピン接合モデル1階)となっている。

		X方向	Y方向	備考	
	<b>ハ</b> ゙ネ	0.92	0. 93	<b>时间对表制物</b>	
	ピン	0. 99	0. 98	限界耐力計算	
o att	<b>ハ</b> *ネ	80	76		
Z PG	ピン	71	67	<b>■ 田本小三人会</b>	
1階	<b>ハ</b> ゙ネ	134 (163)*1	156	- 限界耐力計算	
	ピン	120 (146)* <sup>1</sup>	140		
o utt	<b>ハ</b> ゙ネ	1/97	1/152		
2 PE	ピン	1/101	1/154	· 限界耐力計算	
- 1784.0	<b>ハ</b> ゙ネ	1/48	1/46		
IPE	ピン	1/46	1/47		
o ett	<b>ハ</b> ゙ネ	1/92(六通り)	1/131 (わ通り)		
2階 🏲	ピン	1/68 (十通り)	1/126 (わ通り)	立体解析	
a pitte	<b>ハ</b> ゙ネ	1/30(十通り)	1/34 (ほ通り)	フレーム最大値	
1階	ピン	1/42(六通り)	1/35 (い通り)		
	2階 1階 2階 1階	ピン 2階 パネ ピン 1階 パネ ピン 1階 パネ ピン 2階 パネ ピン 1階 パネ ピン	ハ*ネ   0.92     t*ン   0.99     2階   バ*ネ   80     1階   ハ*ネ   134 (163)*1     120 (146)*1     2階   バ*ネ   1/97     t*ン   1/101     1階   バ*ネ   1/48     2階   バ*ネ   1/92 (六通り)     1階   バ*ネ   1/30 (十通り)	ハ*ネ	

<sup>★</sup>:( )はFe低減前の値を示す

- 収集した屋根、床、土壁、接合部のデータを用いた限界耐力計算例を作成。比較のために、すべての接合部をピンとした例も同時に示した。
- 計算の結果、以下の通りとなった。
- 1. 限界耐力計算および立体解析で、バネ・ピンモデルとも 稀に起こる地震(損傷限界時)に対し層間変形角1/120以下であること 極めて稀に起こる地震(安全限界時)に対し層間変形角1/30以下であること を確認できた。
- 2. 安全限界時の1階の応答せん断力はバネモデルの方がピンモデルよりもXY両方 向とも約11%ほど大きい。
- 3. 柱の設計では両モデルとも損傷限界時、安全限界時において断面検定比は1.0以下となる。
- 4. 柱脚接合部では両モデルとも損傷限界時、安全限界時において検定比1.0以下と なる。
- 5. 柱梁接合部の竿車知栓継ぎでは損傷限界時、安全限界時において生じる応力および変形が判定基準値を下回る。
- 6. 土塗壁の設計では両モデルとも損傷限界時では降伏耐力を超えていない。安全限 界時では両モデルとも全面壁は降伏耐力を超えているが、層間変形角は1/30以 下となる。
- 7. 水平構面の設計では両モデルとも損傷限界時においては短期許容耐力、安全限界時では安全限界塑性率を超えていない。
- 8. 1階柱脚部の浮上りについては両モデルとも損傷限界時、安全限界時に生じない。