

京都御所参内殿ほかにおける耐震補強建具の面内せん断試験

- 種別：材料試験 [木材・煉瓦・鉄・コンクリート・その他]、重量測定、
要素試験 [接合部・軸組・壁・水平構面 (床・天井・小屋組・屋根)・非構造部材・その他]、
補強性能試験 [接合部・軸組・壁・水平構面 (床・天井・小屋組・屋根)・非構造部材・その他]

●基本情報

文化財名称：京都御所 参内殿ほか

文化財種別 (指定年月日)：－

所在地： 京都市上京区京都御苑 (京都御所内)

所有者 (管理団体)：宮内庁 京都事務所

構造形式：東西 41.37m、南北 25.61m、参内殿・奏者所・長橋局の3棟からなる複合建物

参内殿 桁行 18.715m、梁行 9.85m、西面に桁行 3.94m、梁行 3.94m の唐破風
玄関、一重、入母屋造、平入り、北面内玄関、檜皮葺

奏者所 桁行 20.685m、梁行 7.88m、南面に桁行 7.88m、梁行 1.97m の下屋、
北面に桁行 19.7m、梁行 3.94m の下屋、一重、入母屋造、棧瓦葺、
妻入り、正面式台玄関

長橋局 桁行 16.745m、梁行 12.805m、北面に桁行 4.925m、梁行 8.865m の御
台所、桁行 7.88m、梁行 4.925m の広縁、一重、入母屋造、棧瓦葺

御幸廊下 桁行 11.82m、梁行 3.94m、一重、切妻造、檜皮葺

建築年： 安政2年(1855年)

事業名称： 京都御所参内殿ほか耐震補強その他整備工事

事業期間： 平成30年9月～令和元年12月

工事種別： 耐震補強工事

事業者： 宮内庁 京都事務所

設計監理： 一般財団法人 建築研究協会

実験計画者： 一般財団法人 建築研究協会、安井杢工務店

実験機関： 一般財団法人 日本建築総合試験所 試験研究センター

実験年月日：平成31年1月21、24日、令和元年5月13、15日

引用・参考文献：－

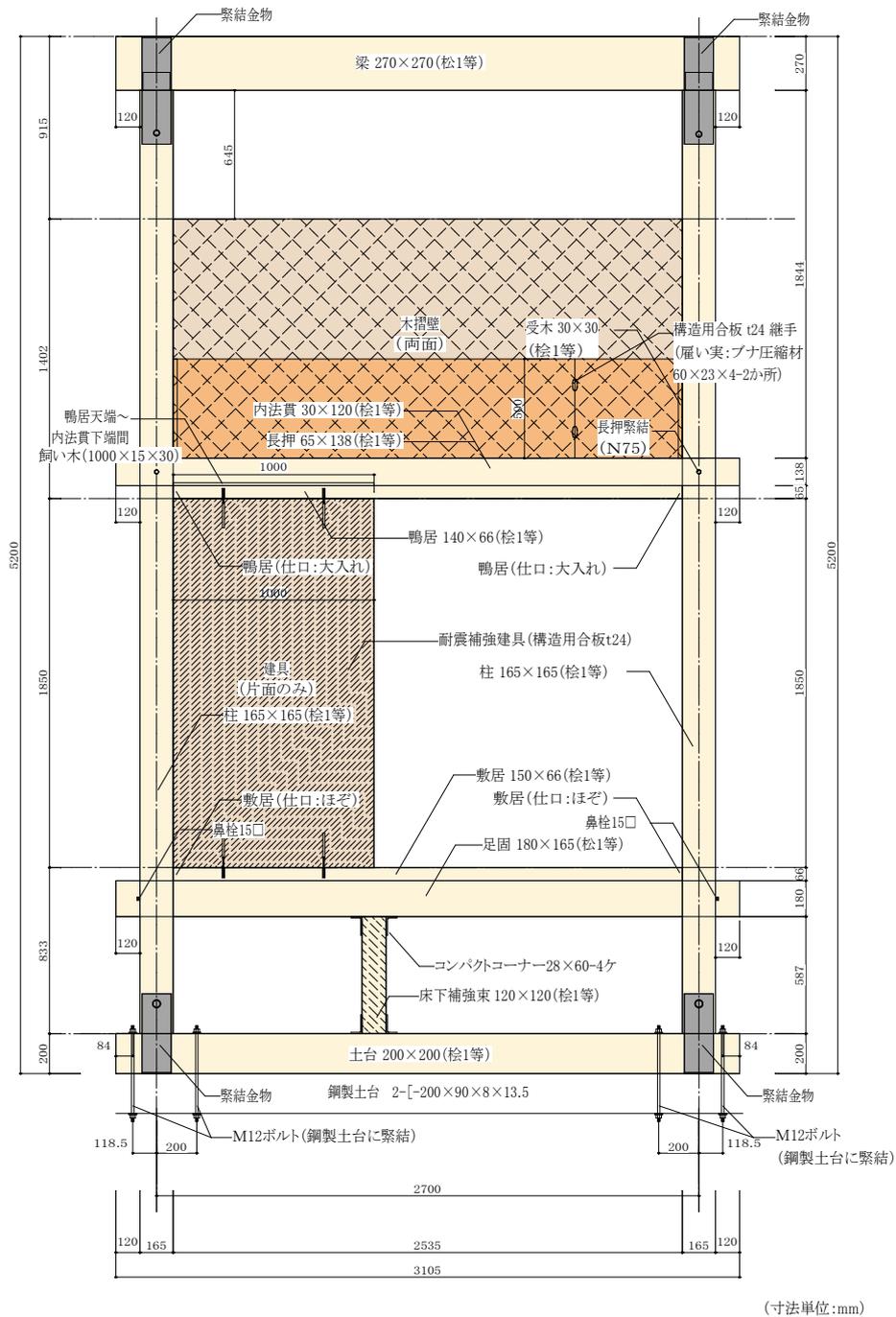
●実験に至る経緯と目的

文化財的価値を有する伝統的木造建築物を耐震補強する場合、見え隠れの部位に耐震補強を付加することを優先的に計画する必要がある。しかし、御殿や書院などの垂壁付き独立柱が多用される建造物は、内法の見えがかりに耐震補強を付加せざるを得ないことが多い。本実験では、耐震補強建具及び合板補強した小壁の剛性と耐力を求めることを目的として、以下の4種類の実大1スパン架構の試験を行った。

- ・小壁のみ、耐震補強建具なし
- ・小壁合板補強、耐震補強建具あり
- ・小壁のみ、耐震補強建具あり
- ・小壁隅切り合板補強、耐震補強建具あり

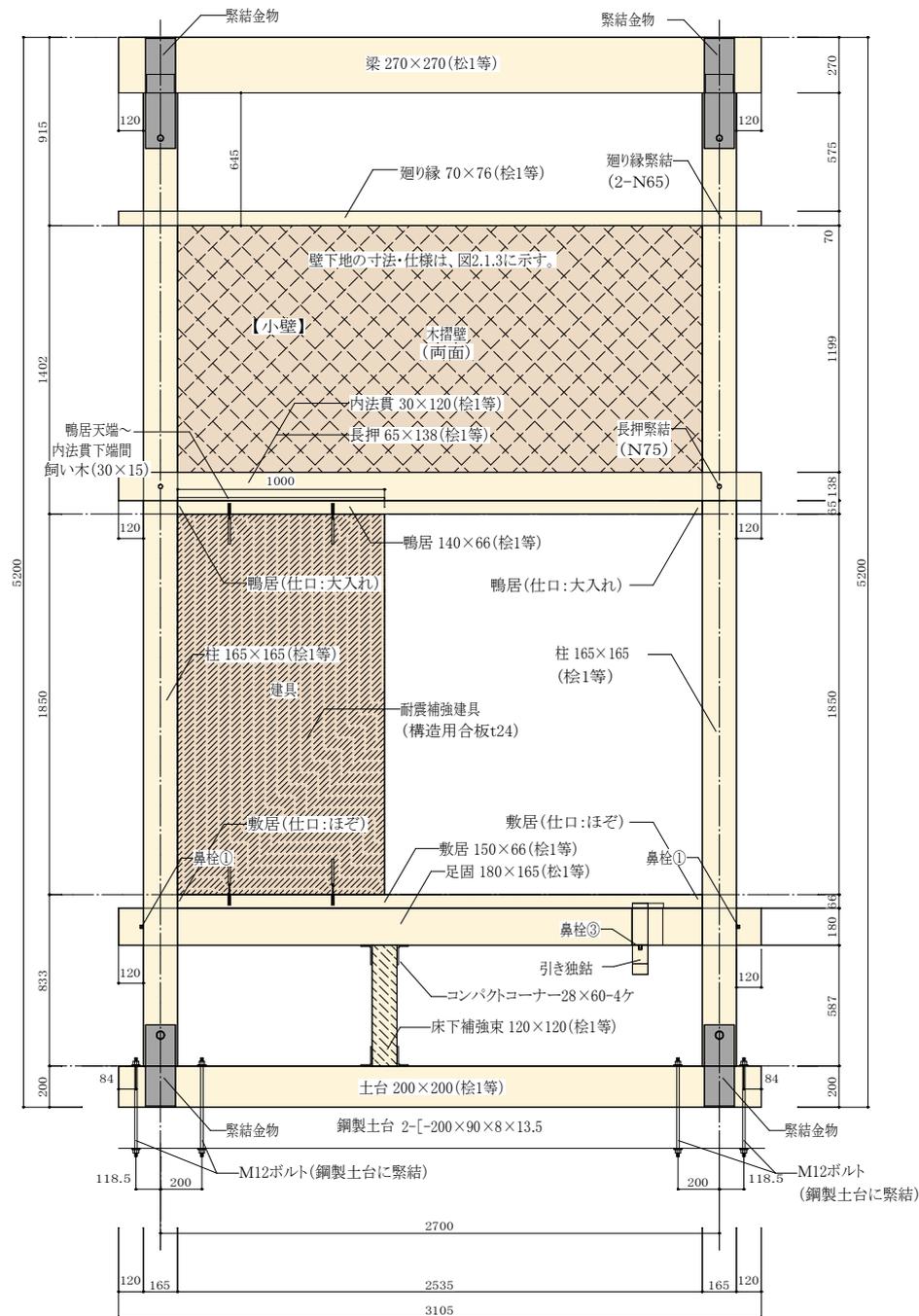
なお、小壁に設置する合板に隅切りを設けた理由は、急激な破壊進行がおきにくい納まりを確認するためである。

1920 京都御所参内殿ほかにおける耐震補強建具の面内せん断試験
文化財建造物構造実験データ集



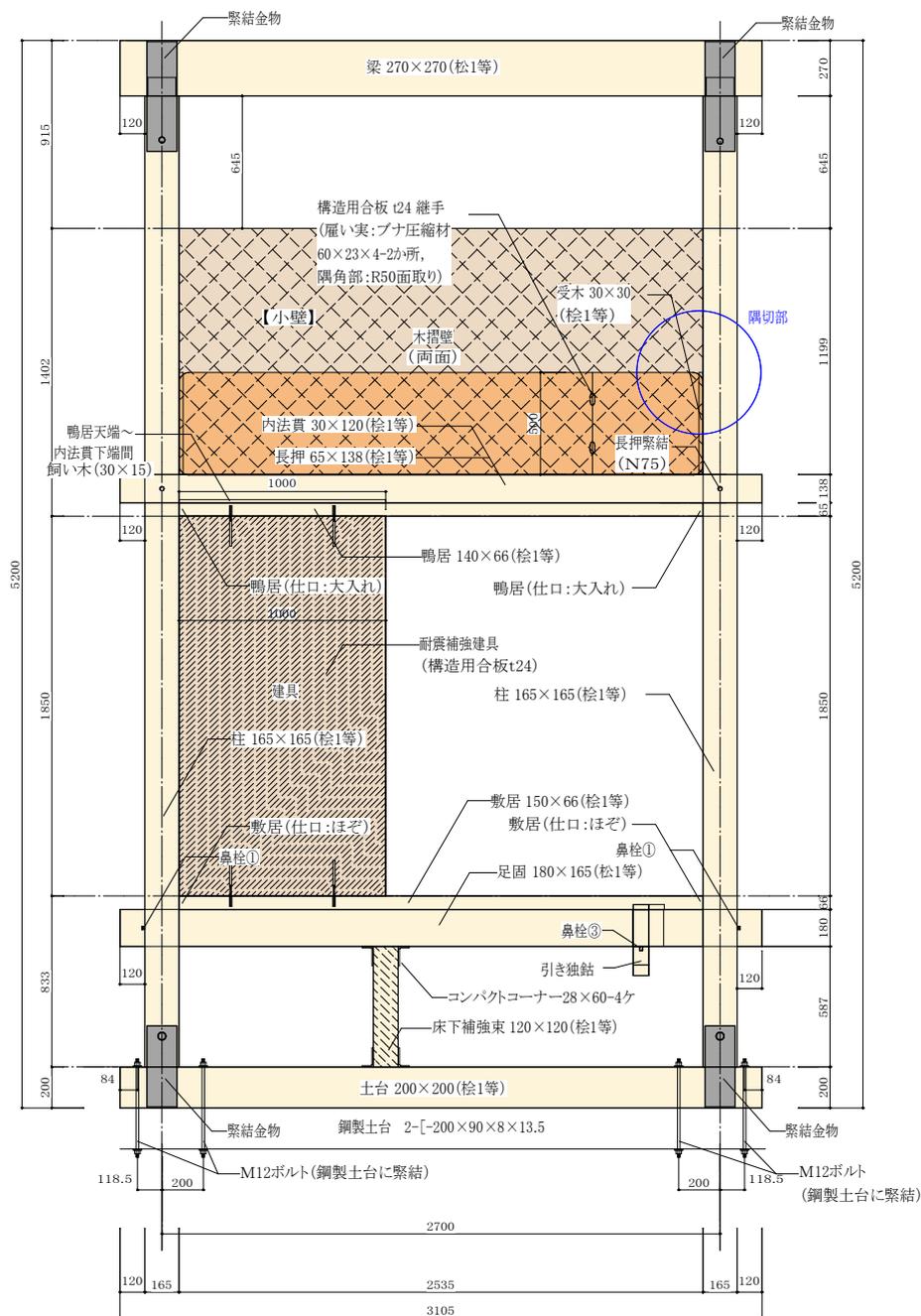
小壁合板補強、耐震補強建具あり 試験体

1920 京都御所参内殿ほかにおける耐震補強建具の面内せん断試験
文化財建造物構造実験データ集



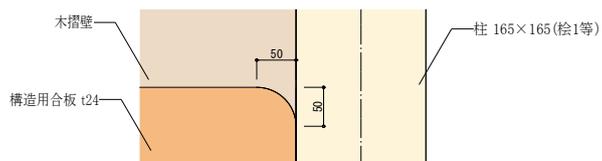
小壁のみ、耐震補強建具あり 試験体

1920 京都御所参内殿ほかにおける耐震補強建具の面内せん断試験
文化財建造物構造実験データ集



(寸法単位: mm)

小壁隅切り合板補強、耐震補強建具あり 試験体



隅切り部詳細図

●概要

本建造物の代表的な軸組を用い、実大1スパン架構の面内せん断試験を4種類行った。

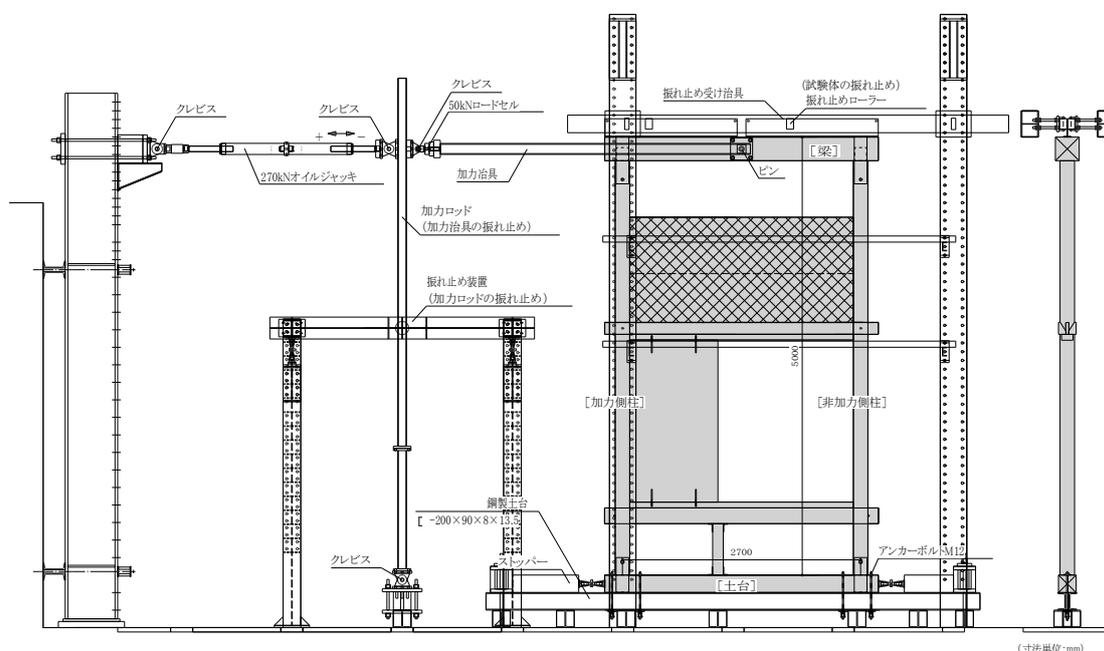
●実験方法

耐力壁の面内せん断試験

試験体の設置方法は、圧着固定された鋼製土台と試験体下部の土台をM16ボルト4本で固定し、土台の前後にストッパーを取り付けて水平移動を拘束した。また、試験体の面外への振れ止めは、試験体頂部の梁頂部に取り付けた振れ止めローラー受け治具を両側からローラーで挟みつける方法により行った。

載荷方法は、最大容量270kNのオイルジャッキを用いて、梁中央に加力治具を介して水平力を加える方法により行った。荷重値の検出には最大容量50kNのロードセルを用いた。

載荷履歴は、せん断変形角 γ が1/15radまでの正負交番繰り返し加力、ならびに正加力方向に荷重が最大耐力の80%以下に低下するか、またはせん断変形角 γ が1/10rad程度以上に達するまでの加力とした。正負交番繰り返し加力は、せん断変形角 γ が1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/50, 1/30, 1/15radの同一変形段階で3回ずつ行った。荷重、変形、ひずみ、曲げモーメントおよび軸力の測定項目は、200kNロードセル及び変位計、ひずみゲージを用いて測定した。



試験装置

●特性値

				小壁のみ 耐震建具なし		小壁合板補強 耐震建具あり		小壁のみ 耐震建具あり		小壁隅切り 合板補強 耐震建具あり		
初期剛性	K	(kN/rad/m)	$\gamma_u=1/15$ rad	正側 負側	185 176	180	351 320	336	316 365	341	300 308	304
最大耐力	P_{max}	(kN/m)	$\gamma_u=1/15$ rad	正側 負側	3.08 2.63	2.86	5.40 5.29	5.35	4.90 5.03	4.97	4.70 4.80	4.75
短期基準せん断耐力	P_0	(kN/m)	$\gamma_u=1/15$ rad	正側	0.72	0.69	2.51	2.15	1.13	1.23	1.80	1.76
				負側	0.66		1.79		1.33		1.71	
			$\gamma_u=1/25$ rad	正側	1.05	0.95	2.15	2.02	1.66	1.77	1.83	1.83
				負側	0.86		1.88		1.88		1.82	

注1) 表中の塗り潰しは平均値を示す。

注2) 耐力壁長さ1mあたりの数値を示す。

●荷重変形

1. 小壁のみ、耐震補強建具なし

試験結果 (補強なし試験体, $\gamma_u=1/15\text{rad}$ の場合)

		試験体		
		補強なし		
		正側	負側	
(1)	P_y	(kN)	5.02	-4.57
(2)	$0.2 \cdot P_u \cdot \sqrt{\mu-1}$	(kN)	1.94	-1.79
(3)	$(2/3) \cdot P_{\max}$	(kN)	5.55	-4.73
(4)	P_{120}	(kN)	4.14	-3.97
(5)	P_{300}	(kN)	1.66	-1.68
	P_{\max}	(kN)	8.33	-7.10
	P_u	(kN)	7.35	-6.18
	K	($\times 10^3 \text{ kN/rad}$)	0.500	-0.474
	μ	(-)	1.37	-1.54
	$1/\sqrt{2\mu-1}$	(-)	0.76	-0.69
	γ_y	($\times 10^{-3} \text{ rad}$)	10.05	-9.64
	γ_v	($\times 10^{-3} \text{ rad}$)	14.70	-13.04
	γ_u	($\times 10^{-3} \text{ rad}$)	20.18	-20.11
	γ_{p0}	($\times 10^{-3} \text{ rad}$)	3.80	-3.60
	P_0	(kN)	1.94	-1.79
壁倍率			0.3	0.3

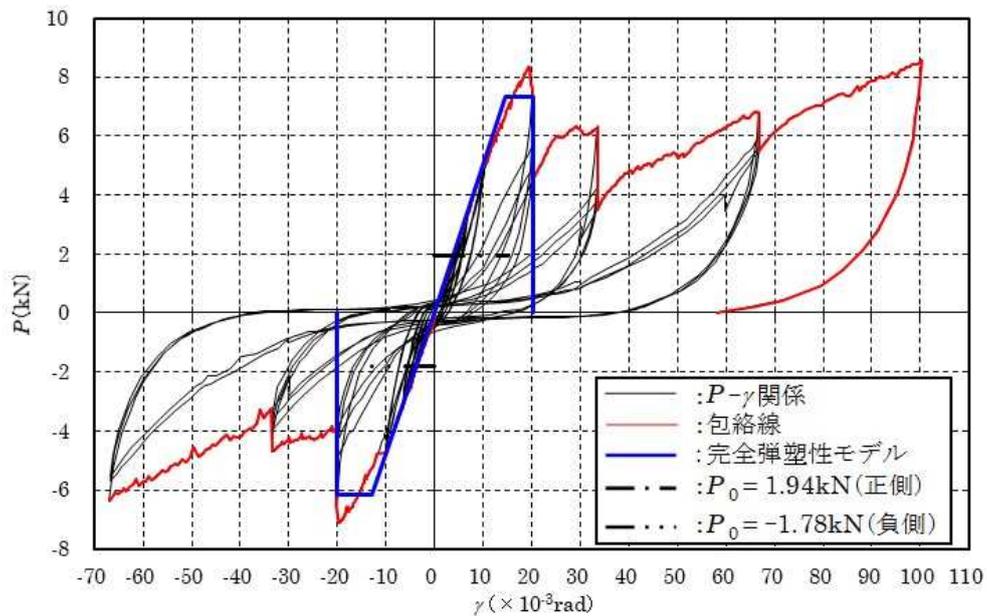
注) 1.降伏耐力 P_y 時の真のせん断変形角 γ_{oy} が $1/300$ (3.33×10^{-3})radよりも大きい値であったため、(1)～(4)の耐力により短期基準せん断耐力 P_0 を求めた。

2.壁倍率： $P_0 \times (1/1.96) \times (1/L)$

L ：壁の長さ (=2.7m)

3.破壊状況を以下に示す。

- ・土壁の脱落
- ・長押の割れ



2. 小壁合板補強、耐震補強建具あり

試験結果(補強あり試験体, $\gamma_u=1/15\text{rad}$ の場合)

		試験体		
		補強あり		
		正側	負側	
(1)	P_y	(kN)	7.72	-10.31
(2)	$0.2 \cdot P_u \cdot \sqrt{\mu-1}$	(kN)	6.79	-4.84
(3)	$(2/3) \cdot P_{\max}$	(kN)	9.72	-9.53
(4)	P_{120}	(kN)	7.88	-8.19
(5)	P_{300}	(kN)	2.69	-3.70
	P_{\max}	(kN)	14.58	-14.29
	P_u	(kN)	13.67	-13.06
	K	($\times 10^3 \text{kN/rad}$)	0.949	-0.864
	μ	(-)	3.58	-2.22
	$1/\sqrt{2\mu-1}$	(-)	0.40	-0.54
	γ_y	($\times 10^{-3} \text{rad}$)	8.14	-11.93
	γ_v	($\times 10^{-3} \text{rad}$)	14.41	-15.10
	γ_u	($\times 10^{-3} \text{rad}$)	51.59	-33.50
	P_0	(kN)	6.79	-4.84
壁倍率			1.2	0.9

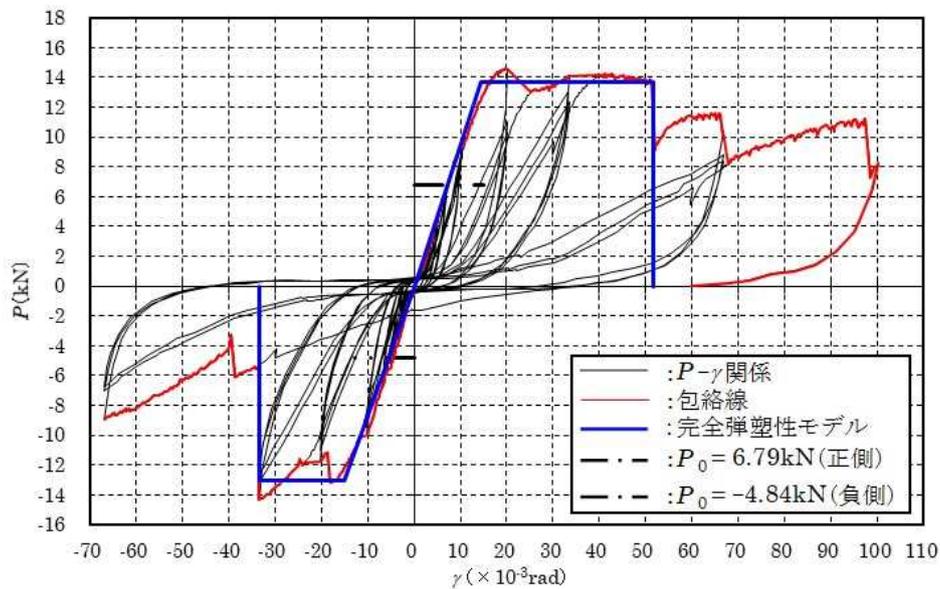
注) 1.降伏耐力 P_y 時の真のせん断変形角 γ_{oy} が $1/300(3.33 \times 10^{-3} \text{rad})$ よりも大きい値であったため、(1)~(4)の耐力により短期基準せん断耐力 P_0 を求めた。

2.壁倍率： $P_0 \times (1/1.96) \times (1/L)$

L ：壁の長さ(=2.7m)

3.破壊状況を以下に示す。

- ・土壁上側の部分的剥離
- ・付樋端の面外はずれ
- ・合板の落とし金具の外れ
- ・長押の面外はずれ
- ・長押余長部の割り裂き
- ・合板の座屈



3. 小壁のみ、耐震補強建具あり

試験結果 (小壁補強なし試験体, $\gamma_u=1/15\text{rad}$ の場合)

		試験体	
		小壁補強なし	
		正側	負側
(1) P_y	(kN)	10.01	-9.89
(2) $0.2 \cdot P_u \cdot \sqrt{\mu-1}$	(kN)	3.05	-3.59
(3) $(2/3) \cdot P_{\max}$	(kN)	8.82	-9.06
(4) P_{120}	(kN)	6.66	-7.75
(5) P_{300}	(kN)	1.31	-2.28
P_{\max}	(kN)	13.24	-13.59
P_u	(kN)	10.66	-11.41
K	($\times 10^3 \text{ kN/rad}$)	0.854	0.986
μ	(-)	1.53	1.74
$1/\sqrt{2\mu-1}$	(-)	0.70	0.64
γ_y	($\times 10^{-3} \text{ rad}$)	11.72	-10.03
γ_v	($\times 10^{-3} \text{ rad}$)	12.49	-11.57
γ_u	($\times 10^{-3} \text{ rad}$)	19.05	-20.12
P_0 (参考値)	(kN)	3.05	-3.59
壁倍率 (参考値)	-	0.5	0.6

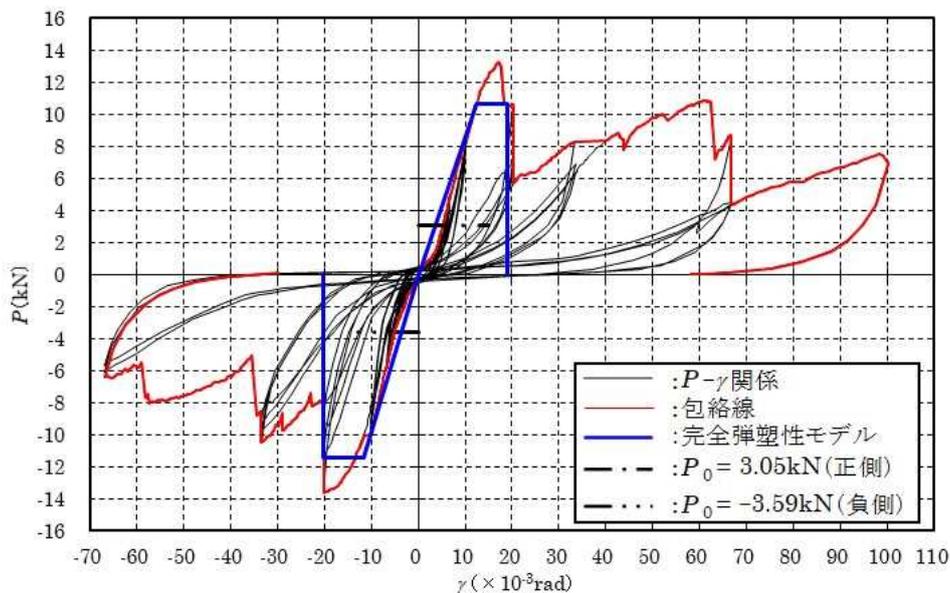
注) 1.降伏耐力 P_y 時の真のせん断変形角 γ_{ey} が $1/300$ (3.33×10^{-3})radよりも大きい値であったため、(1)~(4)の耐力により短期基準せん断耐力 P_0 を求めた。

2.壁倍率： $P_0 \times (1/1.96) \times (1/L)$

L ：壁の長さ (=2.7m)

3.破壊状況を以下に示す。

- ・土壁の剥離
- ・合板の座屈
- ・合板の落とし金具の外れ
- ・合板の脱落
- ・長押余長部の割り裂き
- ・廻縁の割れ



4. 小壁隅切り合板補強、耐震補強建具あり

試験結果 (小壁補強あり試験体, $\gamma_u=1/15\text{rad}$ の場合)

		試験体		
		小壁補強あり		
		正側	負側	
(1)	P_y	(kN)	7.55	-9.12
(2)	$0.2 \cdot P_u \cdot \sqrt{\mu-1}$	(kN)	4.86	-4.62
(3)	$(2/3) \cdot P_{\max}$	(kN)	8.47	-8.63
(4)	P_{120}	(kN)	6.73	-6.97
(5)	P_{300}	(kN)	1.91	-2.51
	P_{\max}	(kN)	12.70	-12.95
	P_u	(kN)	11.60	-12.20
	K	($\times 10^3 \text{ kN/rad}$)	0.810	0.831
	μ	(-)	2.69	2.29
	$1/\sqrt{2\mu-1}$	(-)	0.48	0.53
	γ_y	($\times 10^{-3} \text{ rad}$)	9.32	-10.96
	γ_v	($\times 10^{-3} \text{ rad}$)	14.33	-14.67
	γ_u	($\times 10^{-3} \text{ rad}$)	38.61	-33.65
	P_0 (参考値)	(kN)	4.86	-4.62
	壁倍率 (参考値)	-	0.9	0.8

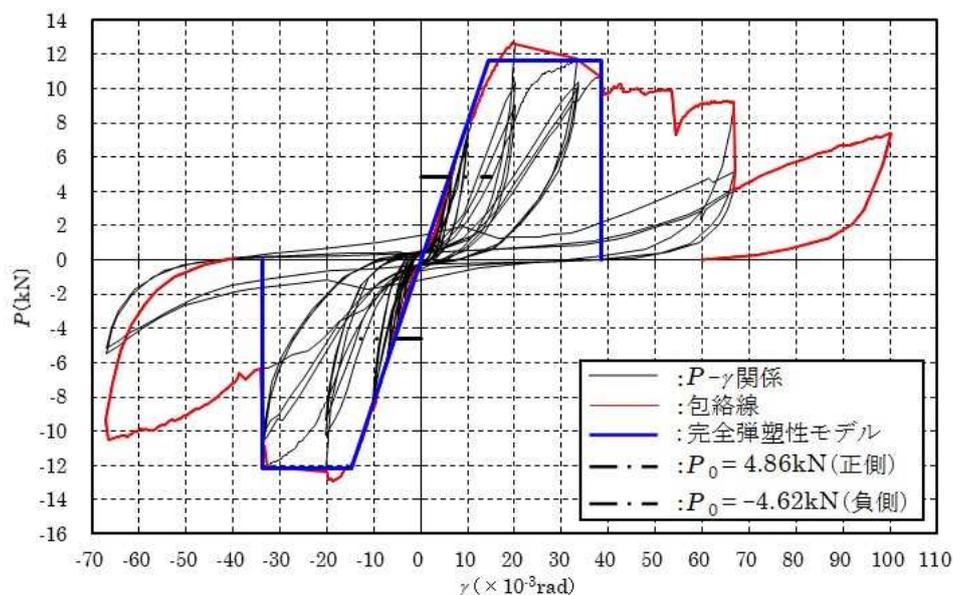
注) 1.降伏耐力 P_y 時の真のせん断変形角 γ_{ov} が $1/300$ (3.33×10^{-3}) radよりも大きい値であったため、(1)~(4)の耐力により短期基準せん断耐力 P_0 を求めた。

2.壁倍率： $P_0 \times (1/1.96) \times (1/L)$

L ：壁の長さ (=2.7m)

3.破壊状況を以下に示す。

- ・土壁上側の部分的剥離
- ・付極端の面外はずれ
- ・合板の落とし金具の外れ
- ・合板の座屈
- ・長押余長部の割り裂き
- ・合板の脱落



●破壊形状

1. 小壁のみ、耐震補強建具なし
木摺壁の土壁の脱落
2. 小壁合板補強、耐震補強建具あり
耐震補強建具の面外変形・亀裂、合板落とし金具の外れ、貫用鼻栓の外れ、
長押余長部の割り裂きおよび付樋端の面外変形、鴨居の割り裂き、付樋端の面外外れ、
長押の面外外れおよび合板の座屈
3. 小壁のみ、耐震補強建具あり
木摺壁の土壁、耐震補強建具の面外変形・亀裂・座屈・脱落、合板落とし金具の外れ、
長押余長部の割り裂きおよび付樋端の面外変形および付樋端の面外外れ
4. 小壁隅切り合板補強、耐震補強建具あり
木摺壁の土壁、耐震補強建具の面外変形・亀裂・座屈・脱落、合板落とし金具の外れ、
長押余長部の割り裂きおよび付樋端の面外変形および付樋端の面外外れ

どの試験体も、 $1/30\text{rad}$ を超えると、破壊の進み具合が顕著になった。

●理論式

—

●モデル化

耐震補強建具および小壁内合板補強の剛性と耐力は、試験体と同じ架構モデルで荷重増分解析を行うことにより求めた。

●考察

本建造物の代表的な軸組を用い、実大 1 スパン架構の面内せん断試験を 4 種類行った。
耐震補強計画にあたり、耐震補強建具の剛性と耐力を設定して検討を行うことができた。
特定の架構(木摺下地土塗り壁、付樋端)に組み込まれた耐震補強建具であるものの、内法補強をせざるを得ない場合の耐震補強方法の 1 つになると思われる。

なお、振動台実験などの動的な性能確認は実施されていない。