

試験番号：IIA-14-0012(1)

受付日：平成26年 8月 8日

報告日：平成26年11月28日

天井部材斜め部材上端接合部の強度試験

[商品名：TTSAG ブレス]

報 告 書

試験結果は、本報告のとおりであることを証明します。

一般財団法人 日本建築総合試験所

試験研究センター

センター長

工学博士 井上 一郎



報告書発行責任者

構造試験室長

博士（工学） 安井 信行



試験名称	天井部材斜め部材上端接合部の強度試験																																		
商品名	TTSAG プレス																																		
依頼者(所在地)	株式会社サワタ (兵庫県尼崎市田能5丁目8番1号)																																		
試験実施日	平成26年8月26日～8月29日																																		
試験目的	当該商品を用いた斜め部材上端接合部の許容耐力 P_a および剛性 K を求めること。																																		
準拠基準	「建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説 第Ⅱ編 天井及びその部材・接合部の耐力・剛性の設定方法 (平成25年10月 国土交通省国土技術政策総合研究所)」																																		
試験体	構成材料の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・上端接合金物①：TTSAGプレス ・上端接合金物②：TTカクタッチ2040 ・上端接合金物①-②接合具：全ねじボルト、六角ナット (W3/8inch) ・吊りボルト：W3/8inch ・斜め部材：C-40×20×10×1.6 																																	
	試験因子と試験体数	<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <th colspan="6">斜め部材と天井面の角度および加力方法 (加力方向：水平方向)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">30度</th> <th colspan="2">45度</th> <th colspan="2">60度</th> </tr> <tr> <th>一方向加力</th> <th>正負繰返し加力</th> <th>一方向加力</th> <th>正負繰返し加力</th> <th>一方向加力</th> <th>正負繰返し加力</th> </tr> <tr> <td>正側</td> <td>負側</td> <td>正側</td> <td>負側</td> <td>正側</td> <td>負側</td> </tr> <tr> <td>3体</td> <td>3体</td> <td>1体</td> <td>1体</td> <td>3体</td> <td>3体</td> </tr> </table>				斜め部材と天井面の角度および加力方法 (加力方向：水平方向)						30度		45度		60度		一方向加力	正負繰返し加力	一方向加力	正負繰返し加力	一方向加力	正負繰返し加力	正側	負側	正側	負側	正側	負側	3体	3体	1体	1体	3体	3体
	斜め部材と天井面の角度および加力方法 (加力方向：水平方向)																																		
	30度		45度		60度																														
	一方向加力	正負繰返し加力	一方向加力	正負繰返し加力	一方向加力	正負繰返し加力																													
正側	負側	正側	負側	正側	負側																														
3体	3体	1体	1体	3体	3体																														
組立時外観と加力方向	<div style="text-align:center;"> <p>加力方向 : 正側 → 負側 - - - →</p>  </div>																																		
形状・寸法	「資料1 試験体の構成材料と形状・寸法の詳細」																																		
備考	斜め部材と上端接合金物の組み立ては依頼者が、上端接合金物と吊りボルトの組み立ては依頼者指示のもとで当所職員が行った。																																		
試験方法および評価方法	「資料2 加力・計測方法」 「資料3 接合部の許容耐力・剛性の評価方法」																																		
試験結果	<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">斜め部材と天井面の角度</th> <th colspan="2">正側</th> <th colspan="2">負側</th> </tr> <tr> <th>P_a (N) [α]</th> <th>K (N/mm)</th> <th>P_a (N) [α]</th> <th>K (N/mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30度</td> <td>4060 [1.50]</td> <td>1324</td> <td>4260 [1.50]</td> <td>4341</td> </tr> <tr> <td>45度</td> <td>4240 [1.50]</td> <td>1349</td> <td>4120 [1.50]</td> <td>5620</td> </tr> <tr> <td>60度</td> <td>3490 [1.50]</td> <td>1572</td> <td>4460 [1.50]</td> <td>7354</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ・試験結果の一覧 ----- 表1.1～表1.3 ・荷重 P - 変形 δ 関係 ----- 図1.1～図1.3 ・破壊の状態 ----- 写真1.1～写真1.3 ・資料4 試験データ集 <p>注) 上記試験結果中の記号の定義は「資料2」、「資料3」による。</p>				斜め部材と天井面の角度	正側		負側		P_a (N) [α]	K (N/mm)	P_a (N) [α]	K (N/mm)	30度	4060 [1.50]	1324	4260 [1.50]	4341	45度	4240 [1.50]	1349	4120 [1.50]	5620	60度	3490 [1.50]	1572	4460 [1.50]	7354							
斜め部材と天井面の角度	正側		負側																																
	P_a (N) [α]	K (N/mm)	P_a (N) [α]	K (N/mm)																															
30度	4060 [1.50]	1324	4260 [1.50]	4341																															
45度	4240 [1.50]	1349	4120 [1.50]	5620																															
60度	3490 [1.50]	1572	4460 [1.50]	7354																															
担当者	構造部 構造試験室 試験責任者：杉本 敏和 試験担当者：河合 大																																		

表1.1 試験結果の一覧 (30度)

一方向加力試験													
試験体	損傷時の荷重 P_d		損傷時の変形 δ_d		2/3 $\cdot P_d$ 時の変形 $\delta_{2/3d}$ (mm)	接合部の剛性 K (N/mm)	終局耐力 P_u		最大荷重 P_{max}		破壊の状態		
	(N)	備考*1	(mm)	平均値 δ_d^{ave}			(N)	平均値 P_u^{ave}	(N)	平均値 P_{max}^{ave}			
正側	1	6095	②損傷荷重時変形制限	4.547	4.603	1324	14902	15126	14902	15126	A		
	2			5.000					1.982		15370	A	
	3			4.261					1.215		15105	15105	A
負側	1	6386	①終局耐力	1.503	1.471	4341	11773	12771	11773	12771	B		
	2			1.168					0.829		9535	9535	C
	3			1.743					1.249		17005	17005	B,C
正負繰返し加力試験													
方向	変形制御値 $\pm D_a^{1.5}$ (mm)	判定荷重 $0.8 \cdot 1.5 P_d / a$		$\pm D_a^{1.5}$ 到達時の荷重 P_d^{cyc} (N)*2				最大荷重 P_{max} (N)	破壊の状態				
		(N)	a	2回目	判定	3回目	判定						
正側	4.600	4876	1.50	5733	1.18	5395	1.11	15078	A				
負側	1.112	5109	1.50	6341	1.24	6192	1.21	—	—				
許容耐力 P_a (N)		正側	負側	備考									
		4060	4260	—									

※1 備考欄には、「資料3」に示す損傷時の荷重の決定要因を示す。

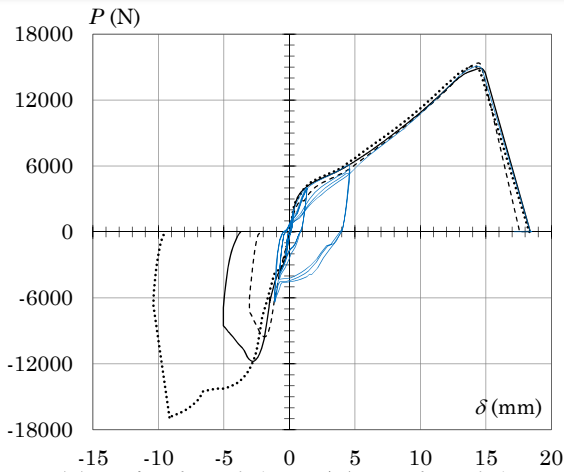
※2 判定欄の値は $P_d^{cyc} / (0.8 \cdot 1.5 P_d / a)$ を表し、判定荷重を満たさない場合は赤字で示す。

※3 破壊の状態に関する記号の定義を以下に示す。

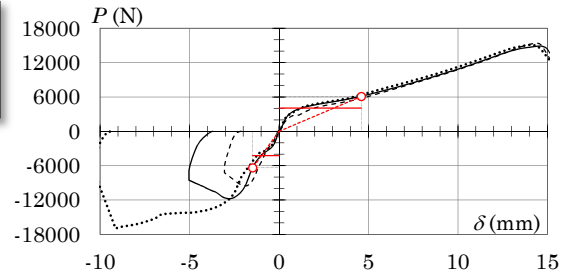
A : 吊りボルトの破断 B : 上端接合金物②の変形による上端接合部の面外座屈

C : 上端接合金物①(可動部)の回転による上端接合部の面内座屈

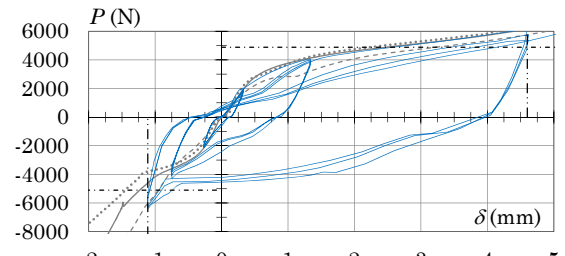
一方向加力(正負) : — No.1, ---- No.2, No.3
 損傷時の荷重 P_d と変形 δ_d^{ave} : ○, 接合部の剛性 K : - - - -
 許容耐力 P_a : ————
 正負繰返し加力 : ————, 判定荷重 : , $\pm D_a^{1.5}$: - - - -



(a) 一方向加力試験と正負繰返し加力試験



(b) 一方向加力試験 (損傷時の荷重・許容耐力・剛性)



(c) 正負繰返し加力試験 (判定結果)

図1.1 荷重 P —変形 δ 関係 (30度)



(a) 破壊の状態A



(b) 破壊の状態B



(c) 破壊の状態C

写真1.1 破壊の状態 (30度)

表1.2 試験結果の一覧 (45度)

一方向加力試験											
試験体	損傷時の荷重 P_d (N)	備考*1	損傷時の変形 δ_d (mm)		2/3 $\cdot P_d$ 時 の変形 $\delta_{2/3d}$ (mm)	接合部の 剛性 K (N/mm)	終局耐力 P_u (N)		最大荷重 P_{max} (N)		破壊*3 の状態
			平均値 δ_d^{ave}				平均値 P_u^{ave}		平均値 P_{max}^{ave}		
正側	6356	②損傷荷重時変形制限	4.461	4.712	1.165	1349	14633	14937	14633	14937	A
			4.676		1.108		15588		15588		A
			5.000		1.673		14591		14591		A
負側	6176	①終局耐力	1.100	1.099	0.726	5620	12616	12351	12616	12351	B
			1.083		0.684		13949		13949		C
			1.115		0.679		10489		10489		B
正負繰返し加力試験											
方向	変形制御値 $\pm D_a^{1.5}$ (mm)	判定荷重 $0.8 \cdot 1.5 P_d / a$ (N)		a	$\pm D_a^{1.5}$ 到達時の荷重 P_d^{cyc} (N)*2				最大荷重 P_{max} (N)	破壊*3 の状態	
		2回目	判定		3回目	判定					
正側	4.941	5085	1.50	5979	1.18	5636	1.11	14359	D		
負側	0.648	4941	1.50	6072	1.23	5988	1.21	—	—		
許容耐力 P_a (N)		正側	負側	備考							
		4240	4120	—							

※1 備考欄には、「資料3」に示す損傷時の荷重の決定要因を示す。

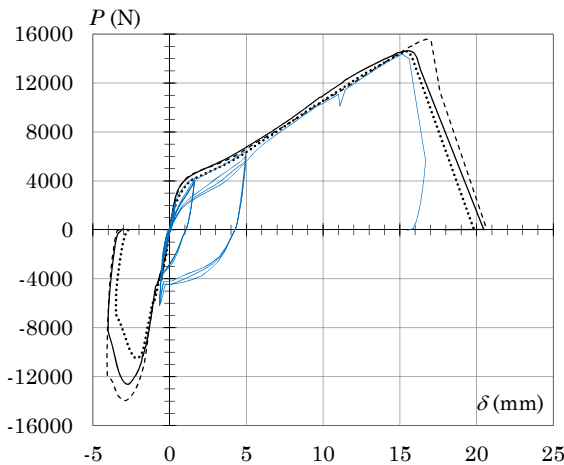
※2 判定欄の値は $P_d^{cyc} / (0.8 \cdot 1.5 P_d / a)$ を表し、判定荷重を満たさない場合は赤字で示す。

※3 破壊の状態に関する記号の定義を以下に示す。

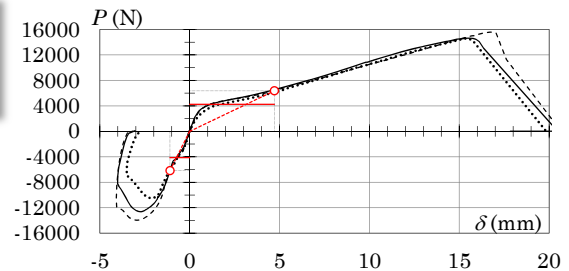
A: 吊りボルトの破断 B: 上端接合金物①(可動部)の回転による上端接合部の面内座屈

C: 上端接合金物②の変形による上端接合部の面外座屈 D: 上端接合金物①(固定部)の亀裂

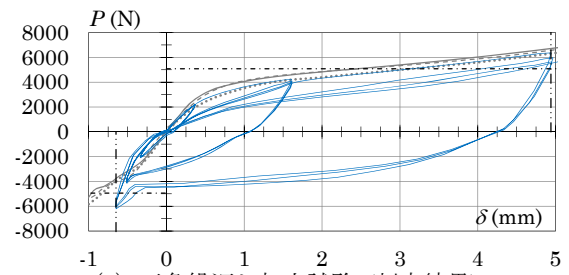
一方向加力(正負): — No.1, - - - No.2, No.3
 損傷時の荷重 P_d と変形 δ_d^{ave} : ○, 接合部の剛性 K : - - -
 許容耐力 P_a : —
 正負繰返し加力: —, 判定荷重: - - - - , $\pm D_a^{1.5}$: - - -



(a) 一方向加力試験と正負繰返し加力試験



(b) 一方向加力試験 (損傷時の荷重・許容耐力・剛性)



(c) 正負繰返し加力試験 (判定結果)

図1.2 荷重 P —変形 δ 関係 (45度)



(a) 破壊の状態A



(b) 破壊の状態B



(c) 破壊の状態C



(d) 破壊の状態D

写真1.2 破壊の状態 (45度)

表1.3 試験結果の一覧 (60度)

一方向加力試験														
試験体	損傷時の荷重 P_d		損傷時の変形 δ_d		2/3 $\cdot P_d$ 時の変形 $\delta_{2/3d}$ (mm)	接合部の剛性 K (N/mm)	終局耐力 P_u^{*4}		最大荷重 P_{max}		破壊の状態			
	(N)	備考*1	(mm)	平均値 δ_d^{ave}			(N)	平均値 P_u^{ave}	(N)	平均値 P_{max}^{ave}				
正側	1	5234	①終局耐力	3.120	3.329	1572	11119	10467	11119	10467	A			
	2			3.291							1.032	10345	10345	A
	3			3.575							1.323	9937	9937	A
負側	1	6685	①終局耐力	0.872	0.909	7354	15293	13370	15293	14454	B			
	2			0.898							0.718	13411	16663	B,C
	3			0.956							0.628	11406	11406	C
正負繰返し加力試験														
方向	変形制御値 $\pm D_a^{1.5}$ (mm)		判定荷重 $0.8 \cdot 1.5 P_d / a$ (N)		a	$\pm D_a^{1.5}$ 到達時の荷重 P_d^{cyc} (N)*2			最大荷重 P_{max} (N)	破壊の状態				
	2回目	判定	3回目	判定										
正側	3.636		4187		1.50	4997	1.19	4820	1.15	11296	A			
負側	0.741		5348		1.50	6605	1.24	6572	1.23	—	—			
許容耐力 P_a (N)		正側		負側		備考		—						
		3490		4460										

※1 備考欄には、「資料3」に示す損傷時の荷重の決定要因を示す。

※2 判定欄の値は $P_d^{cyc} / (0.8 \cdot 1.5 P_d / a)$ を表し、判定荷重を満たさない場合は赤字で示す。

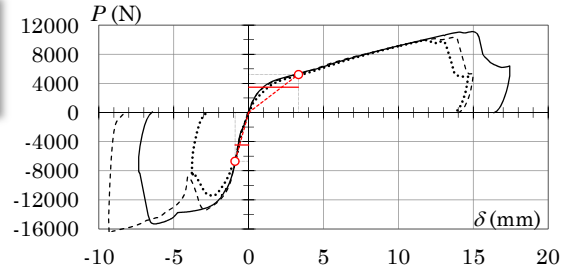
※3 破壊の状態に関する記号の定義を以下に示す。

A: 上端接合金物① (固定部) の亀裂 B: 上端接合金物②の変形による上端接合部の面外座屈

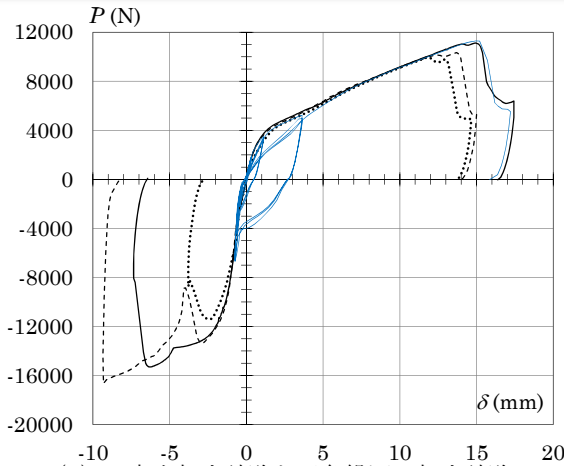
C: 上端接合金物① (可動部) の回転による上端接合部の面内座屈

※4 負側No.2では $\delta \approx 3\text{mm}$ 時に有意な荷重低下(破壊の状態B)が生じたため、 P_u を同荷重低下時までの最大荷重とした。

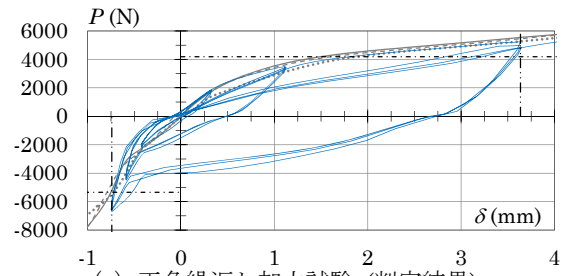
一方向加力(正負): — No.1, - - - - No.2, No.3
 損傷時の荷重 P_d と変形 δ_d^{ave} : ○, 接合部の剛性 K : - - - -
 許容耐力 P_a : ————
 正負繰返し加力: ————, 判定荷重: - - - - , $\pm D_a^{1.5}$: - - - -



(b) 一方向加力試験 (損傷時の荷重・許容耐力・剛性)



(a) 一方向加力試験と正負繰返し加力試験



(c) 正負繰返し加力試験 (判定結果)

図1.3 荷重 P —変形 δ 関係 (60度)



(a) 破壊の状態A



(b) 破壊の状態B



(c) 破壊の状態C

写真1.3 破壊の状態 (60度)

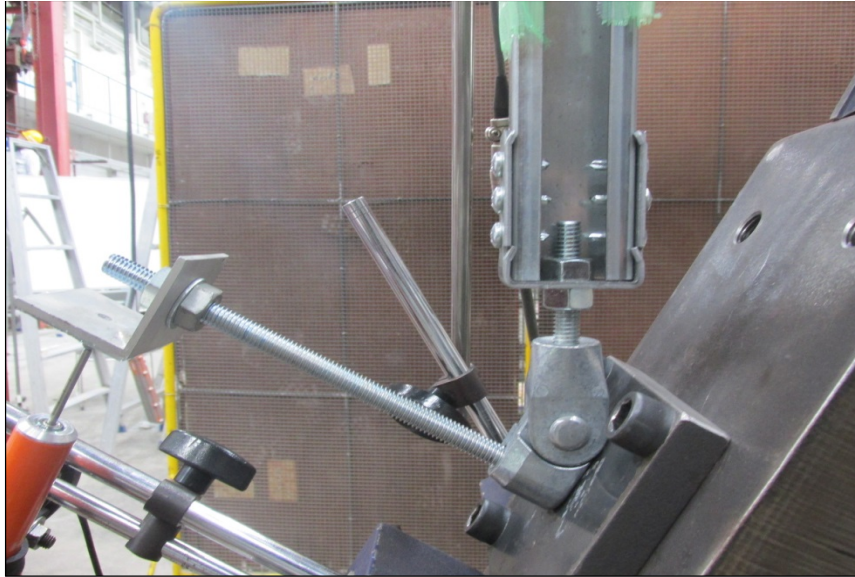
資料1 試験体の構成材料と形状・寸法の詳細

- ・ 試験体構成材料の一覧 付表 1
- ・ 試験体組立時の外観 写真 I
- ・ 試験体の形状・寸法 付図 1.1
- ・ 試験体構成部品の形状・寸法 付図 1.2～付図 1.6

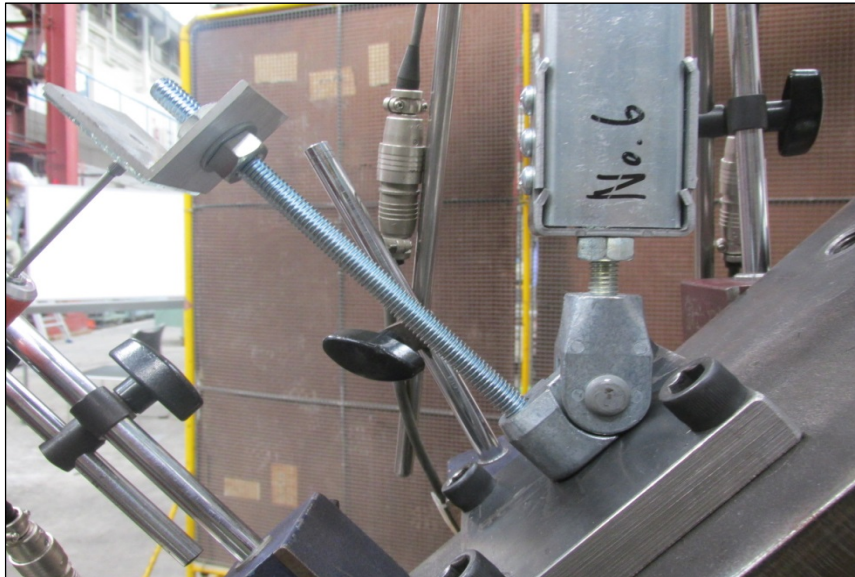
付表 1 試験体構成材料の一覧

部材名		形状・寸法 (mm)	材質・区分	製造所
上端接合金物① (品名：TTSAGプレス)	固定部	—	ZDC-2 [JIS H 5301]	(株)サワタ
	可動部			
上端接合金物① 固定部－可動部接合具	平頭リベット	$\phi 8 \times L30$	NACH10T	明和鋳螺製作所
上端接合金物② (品名：TTカクタッチ2040)		t=2.3	SGHC [JIS G 3302]	(株)サワタ
上端接合金物②－斜め部材 接合具 (品名：ナベ頭ドリルネジ)	ドリルねじ	$\phi 5(4.8) \times 16$	SWCH18A相当 [JIS G 3507-2]	北村精工(株)
上端接合金物①-②接合具	全ねじボルト	W3/8inch× L60	SWRM12相当 [JIS G 3505]	安田産業(株)
	六角ナット (品名： UNC六角 ホーム ナット)	W3/8inch	SWCH10A相当 [JIS G 3507-1]	紀州ファスナー 工業(株)
斜め部材		C-40×20× 10×1.6	SSC400-Z18 [JIS G 3350]	麻布成形(株)
吊りボルト		W3/8inch× L250	SWRM12相当 [JIS G 3505]	安田産業(株)

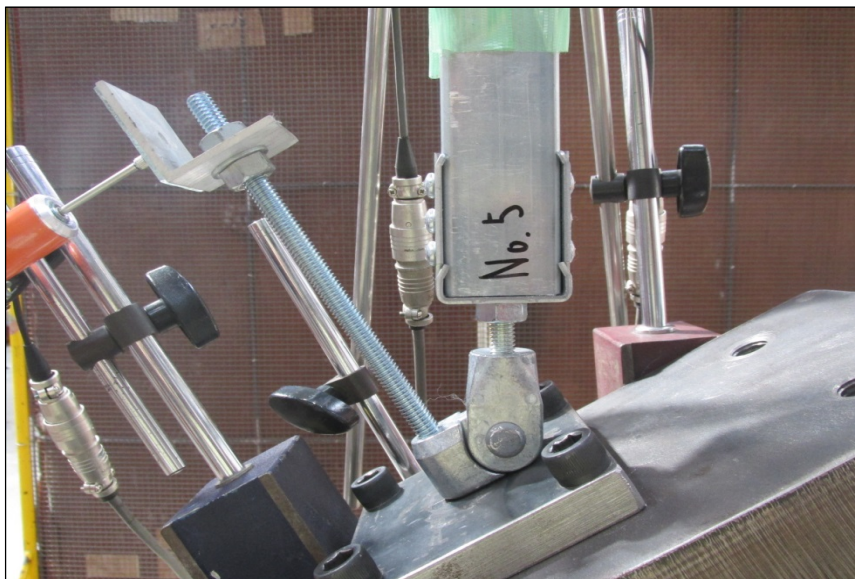
注) 依頼者提出資料



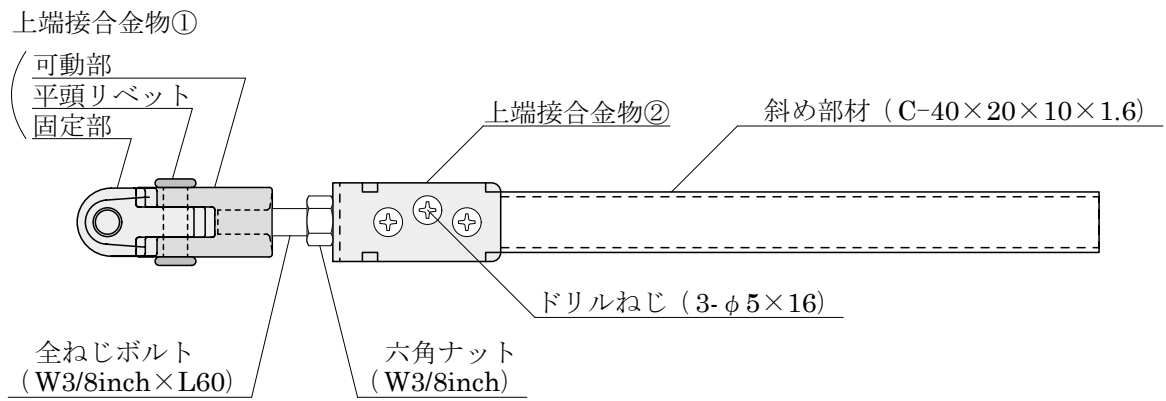
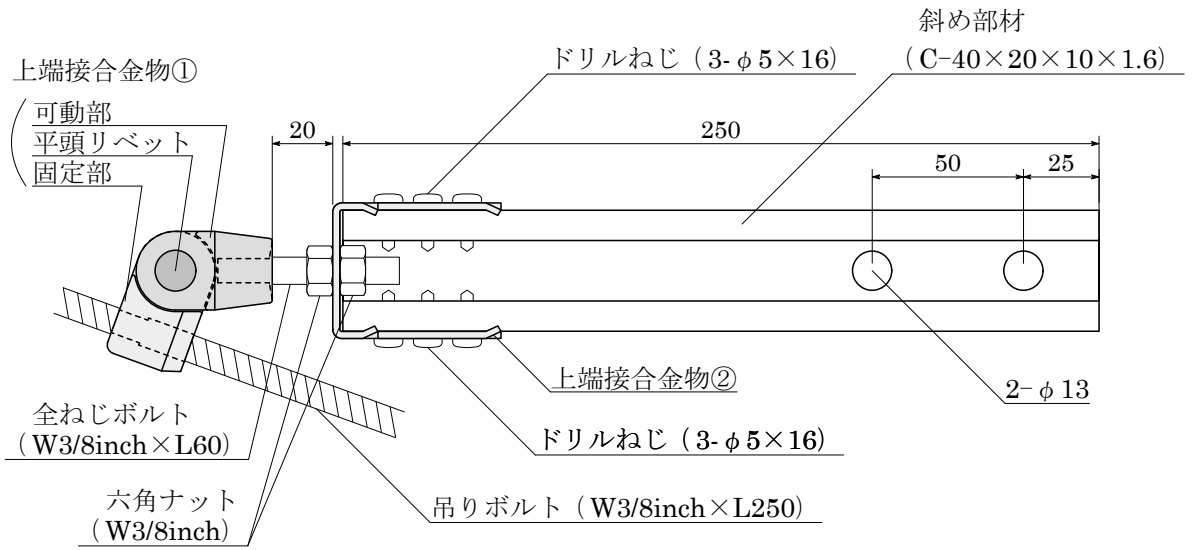
(a) 天井面と斜め部材の角度：30度



(b) 天井面と斜め部材の角度：45度



(c) 天井面と斜め部材の角度：60度
写真 I 試験体組立時の外観



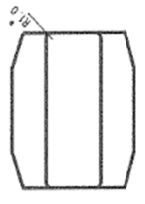
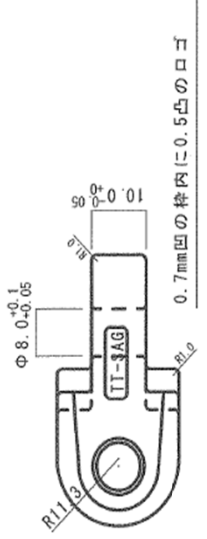
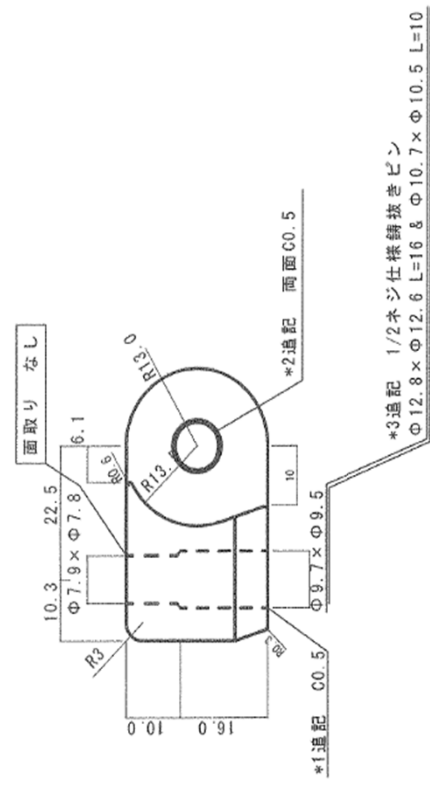
注) 依頼者提出資料

付図1.1 試験体の形状・寸法 (寸法単位: mm)

指定外寸法公差	等級			切削加工			ダイカスト			
	寸法区分	A	B	C	A	B	C	A	B	C
6以下	0.06	0.14	0.4	0.14	0.14	0.3	0.4			
6を超え30以下	0.08	0.22	0.6	0.25	0.25	0.45	0.6			
30を超え120以下	0.12	0.35	0.9	0.4	0.4	0.7	0.9			
120を超え300以下	0.18	0.5	1.2	0.6	0.6	0.9	1.2			
300を超える	0.25	0.7	1.6	1.0	1.0	1.2	1.6			

* 指示なき抜勾記は1.5度

鋳バリ処理は乾式バレル（外観：サンブルによる）
 パーティングの凸凹は0.5以下、鋭利な突起は不可
 鋳抜き穴の型合わせ部バリ厚は0.3以下で
 加工・組立に支障のない程度のバリ残ちは可



材料	ZDC-2	処理	
品名	TT-SAG_ブレス		
図番	固定部		
記号		訂	版
記印		改	版
年月日	2014/3/25	初版	
数量	1~3	2014/3/27	追記

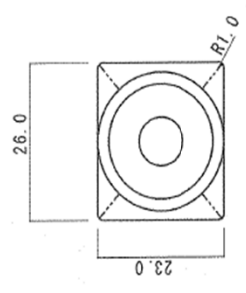
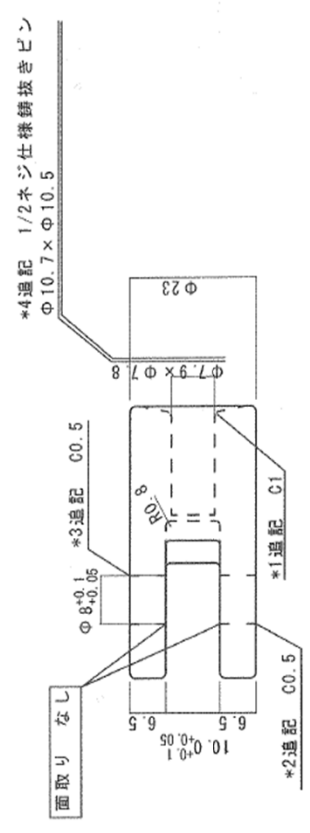
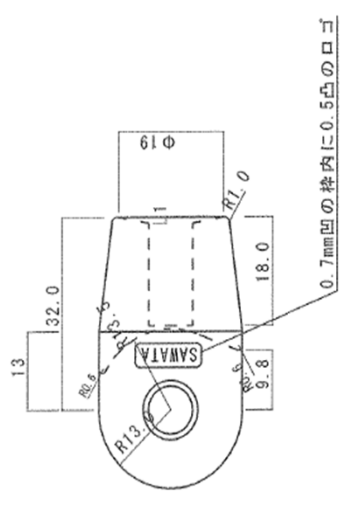
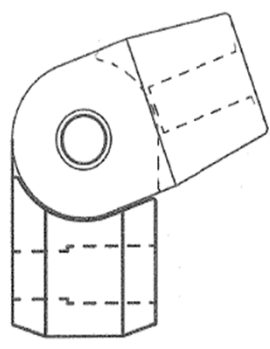
株式会社ダイカスト加工所

付図1.2 試験体構成部品の形状・寸法 (TTSAGブレス 固定部) (寸法単位: mm) (注) 依頼者提出資料

検査外寸法	等級	切削加工			ダイカスト		
		A	B	C	A	B	C
寸法区分							
5以下		0.06	0.14	0.4	0.14	0.3	0.4
6を越え30以下		0.08	0.22	0.6	0.25	0.45	0.6
30を越え120以下		0.12	0.35	0.9	0.4	0.7	0.9
120を越え300以下		0.18	0.5	1.2	0.6	0.9	1.2
300を越える		0.25	0.7	1.5	1.0	1.2	1.6

*指示なき抜勾配は1.5度

組図_傾斜角70度

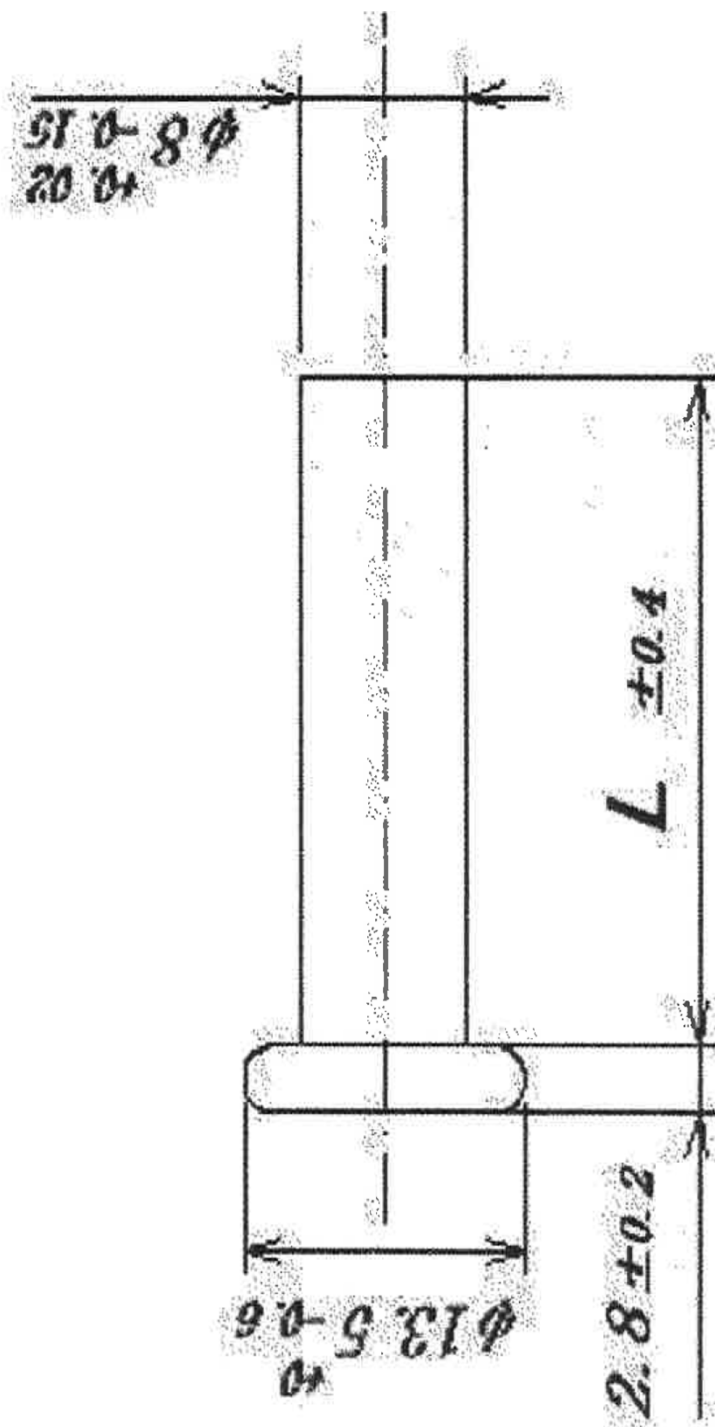


材料	ZDC-2	加理	
品名	TT-SAG_ブレス 可動部		
図番			
訂度			
承認			
年	2014/3/27	追記	
月	2014/3/25	初版	
日			
荷			
毎			
個			
数			

株式会社ダイカスト加工所

注) 依頼者提出資料

付図1.3 試験体構成部品の形状・寸法 (TT-SAGブレス 可動部) (寸法単位: mm)

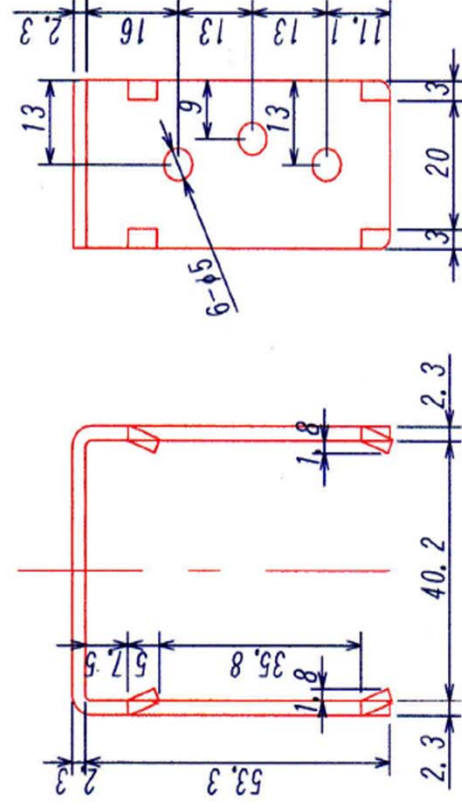
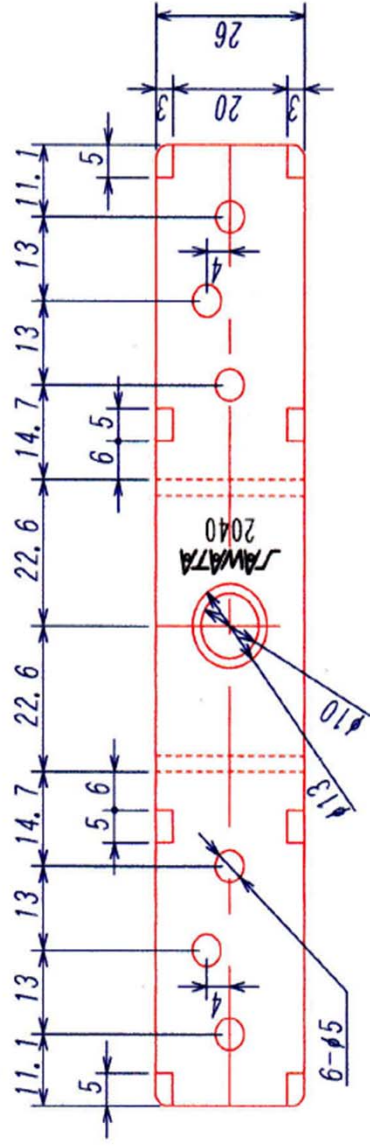


注) 依頼者提出資料

(寸法単位: mm)

付図1.4 試験体構成部品の形状・寸法 (平頭リベット)

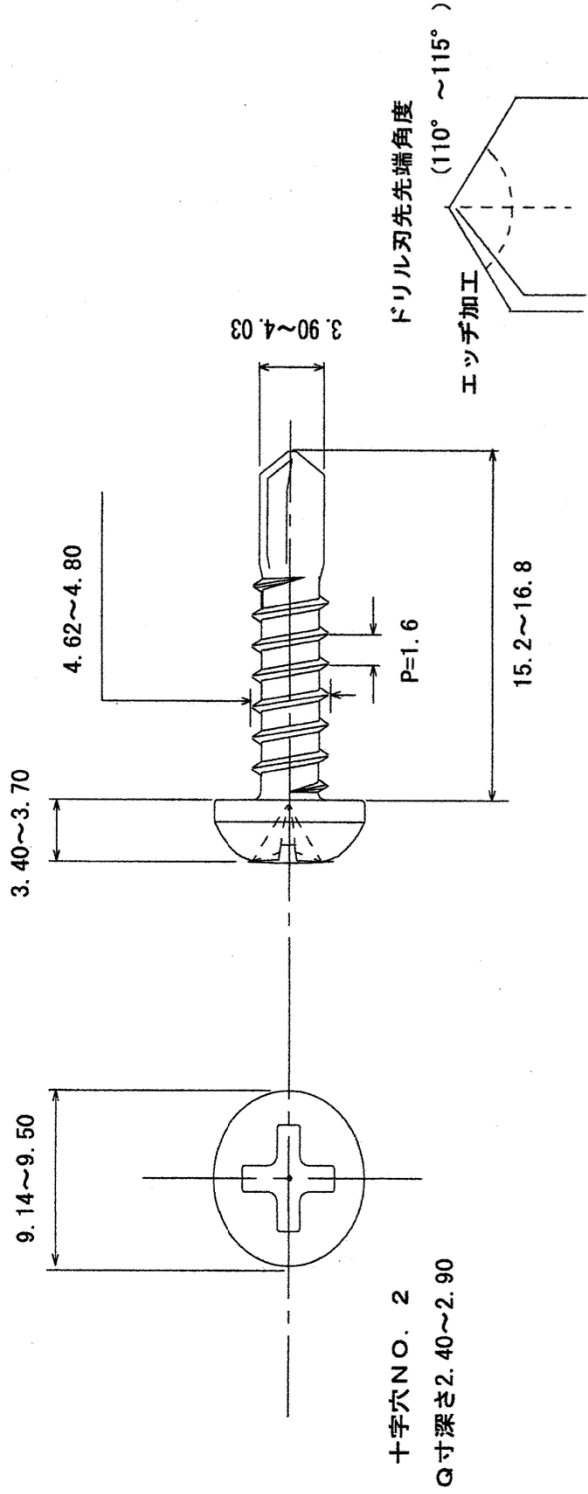
カクタッチ2040



付図1.5 試験体構成部品の形状・寸法 (TTカクタッチ2040) (寸法単位：mm)

注) 依頼者提出資料

○ 単位 mm



十字穴NO. 2

Q寸深さ2.40~2.90

材質	SWCH18A相当	線径	φ 3.85 mm	品名	ナベ頭ドリルネジ
熱処理	浸炭焼入れ	表面硬度	HV530以上	頭部・杉山	(+)NO. 2ナベ: P=1.61
ねじリトルク	MIN. 6.9 N・m以上	心部硬度	HV320~400	サイズ	5 (4.8) x 16
表面処理	三価クロム十ベークキング処理	図面番号	SA20140404	ユーザ名	(株)サワタ
作成年月日	2014/4/4	尺 度	Free	製造会社	北村精工株式会社
承認	北川	製 図	北村精工	販売会社	㈱ライヴ・ファブレス
年月日		検 図			
符号		承認			

付図1.6 試験体構成部品の形状・寸法 (ドリルねじ)

(寸法単位: mm)

注) 依頼者提出資料

資料2 加力・計測方法

加力は、付図 2.1 に示すように、所定の角度（斜め部材と天井面の角度が 30 度、45 度、60 度）となるように設置した天井面構成治具に吊りボルトを固定し、最大容量 20kN の電動アクチュエータを用いて、吊りボルトに緊結された斜め部材に軸方向の一方向荷重または正負繰返し荷重を加える方法で行った。一方向加力はアクチュエータ引き方向（正側）または押し方向（負側）の単調加力によって行い、斜め部材上端接合部を破壊に至らしめた。正負繰返し加力は、資料 3 に示す繰返し加力履歴をアクチュエータ引き・押し方向の正負交番加力によって行い、その後アクチュエータ引き方向（正側）の単調加力によって斜め部材上端接合部を破壊に至らしめた。

荷重 P （正側加力時の荷重を正とする）の検出には最大容量 20kN のロードセルを用い、接合部の変形 δ 、吊りボルトの変形 δ_b はそれぞれ(2.1)式、(2.2)式により求めた。

$$\text{接合部の変形 } \delta \quad : \quad \delta = (D1 + D2) / 2 \quad (2.1)$$

$$\text{吊りボルトの変形 } \delta_b \quad : \quad \delta_b = D3 \quad (2.2)$$

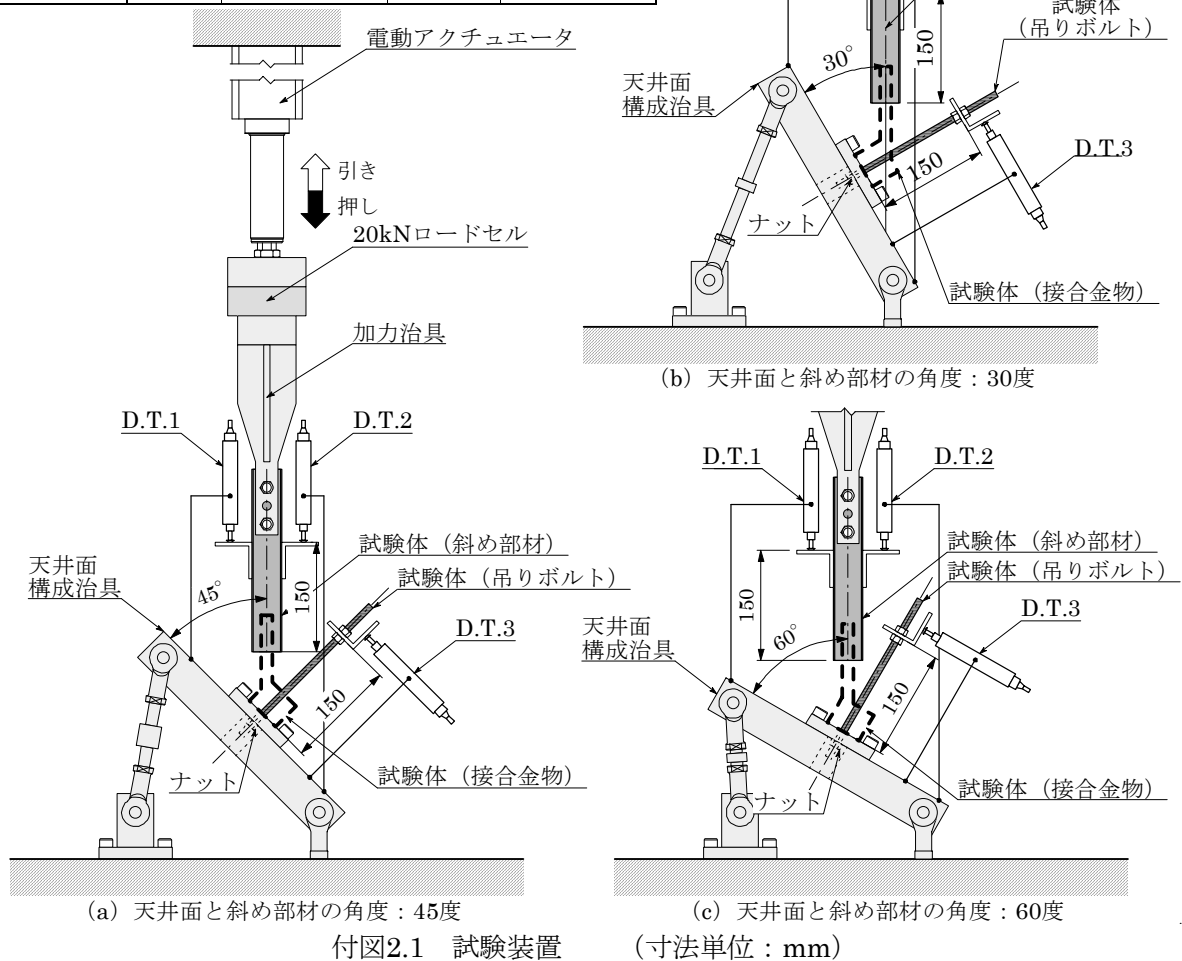
ここで、 D_i は、付図 2.1 に示す位置に設置した変位計 D.T.i による変位の測定値（ $D1 \cdot D2$ は正側加力時の変位を正とし、 $D3$ はスピンドルが出る方向を正とする）である。

注) 1. 変位計の仕様（図中の D.T.i は変位計番号を表す。）

変位計番号	型式	感度	非直線性	F.S
D.T.1・D.T.2	CDP-25	$500 \times 10^{-6} / \text{mm}$	0.1%F.S	25mm
D.T.3	CDP-50M	$200 \times 10^{-6} / \text{mm}$	0.3%F.S	50mm

2. ロードセルの仕様

型式	容量	定格出力(RO)	非直線性	ヒステリシス
LUK-2TBS	20kN	4000×10^{-6}	0.1%RO	0.1%RO



資料3 接合部の許容耐力・剛性の評価方法

(1) 評価の方針

損傷時の荷重 P_d および許容耐力 P_a の評価の方針を以下に列挙する。

- ① 損傷時の荷重 P_d は、終局耐力 P_u の平均値 P_u^{ave} の 2 分の 1 の荷重とすることを基本とする。
ここで、終局耐力 P_u は終局変形 $\delta_u=20\text{mm}$ 到達時までの最大荷重とする。
- ② 損傷時の荷重到達時の変形（損傷時の変形） δ_d は、 5mm 以下となることを条件とする。
- ③ 許容耐力 P_a 到達時の変形 δ_a は、 2mm 以下となることを条件とする。

①は、天井材接合部の試験から得られる荷重－変形曲線の初期剛性が明確でない場合に、「建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説 第Ⅱ編 天井及びその部材・接合部の耐力・剛性の設定方法（平成 25 年 10 月 国土交通省国土技術政策総合研究所）」に示された「一例」に基づく損傷時の荷重が判断した初期剛性によって大きく変動することから設定したものである。

試験結果から得られた終局耐力 P_u の平均値 P_u^{ave} の 2 分の 1 の荷重を損傷時の荷重 P_d とする理由は、一般に降伏耐力（損傷荷重に相当）が最大耐力の 3 分の 2 程度であることが多いことに加え、試験体ごとのばらつきによる低減係数として 0.8 倍を考慮した結果である。

終局耐力 P_u を決定する終局変形 δ_u を 20mm とした理由は、天井が壁に衝突する変形以前に天井構成材の耐力を決定することによって、天井の脱落を天井と壁の衝突によらず、天井構成材の耐力によって決定するためである。特定天井は壁との間に 60mm 以上の隙間を設ける必要があるとしている。天井の水平変形が部材の変形を無視して接合部の変形だけで生じ、接合部の変形が「斜材の上端と下端」と「野縁と野縁受けのクリップ」の 3 箇所だけで生じるものとすれば、接合部 1 箇所当りの変形は 20mm となる。

②および③は、天井の変形が大きくなることを条件に定めている。

大地震時においても天井と壁が衝突しないものとし、中地震では大地震時の 5 分の 1 の変形にとどまるものと想定すれば、設計で想定される天井の水平変形を 12mm 以下とする必要がある（5 分の 1 は、2 次設計時の C_0 が 1 次設計時の 5 倍であることによる）。天井の水平変形が部材の変形を無視して接合部の変形だけで生じ、接合部の変形が「斜材の上端と下端」と「野縁と野縁受けのクリップ」の 3 箇所のみで生じるものとすれば、許容耐力 P_a 到達時の接合部 1 箇所当りの変形を 4mm 以下とする必要があるが、余裕を見て許容耐力 P_a 到達時の変形 δ_a を 2mm 以下とすることを目標とした。

損傷時の荷重 P_d 到達時の変形（損傷時の変形） δ_d は、許容耐力時の変形制限値 2mm の 2.5 倍である 5mm 以下を目標とした。損傷時の荷重 P_d 到達時までの荷重－変形曲線が線形関係にあれば、許容耐力到達時の変形制限値を 2mm とすると、損傷時の変形の制限値はその 1.5 倍（ $P_d/P_a=a$ が 1.5 以上の数値より）の 3mm となるが、損傷時の荷重 P_d 到達時には剛性がある程度低下していることから、許容耐力 P_a 到達時の変形の 2.5 倍まで許容して 5mm と設定した。

(2) 損傷時の荷重

一方向加力試験結果の荷重 P –変形 δ 曲線に基づき、損傷時の荷重 P_d を以下の方法によって算出する。付図3.1に損傷時の荷重 P_d の算出フローを示す。

① 終局耐力により決定する場合

損傷時の荷重 P_d を(3.1)式によって算定し、(3.1)式による P_d 到達時の変形を損傷時の変形 δ_d とする。

$$P_d = 0.5P_u^{ave} \quad (3.1)$$

ここで、 P_u^{ave} は終局耐力 P_u の平均値で、 P_u は終局変形 $\delta_u=20\text{mm}$ 到達時までの各試験体の最大荷重である。

ただし、各試験体の損傷時の変形 δ_d が損傷時の変形の制限値 $\delta_d^{\text{lim}}=5\text{mm}$ 以下、または $2/3 \cdot P_d$ 到達時の各試験体の変形 $\delta_{2/3d}$ が許容耐力時の変形の制限値 $\delta_a^{\text{lim}}=2\text{mm}$ 以下とならない場合は、損傷時の荷重 P_d および損傷時の変形 δ_d を次の②に従い算出する。

② 損傷荷重時の変形制限により決定する場合

損傷時の荷重 P_d を(3.2)式によって算定し、(3.2)式による P_d 到達時の変形を損傷時の変形 δ_d とする。

$$P_d = P_d^{\text{lim}} \quad (3.2)$$

ここで、 P_d^{lim} は損傷時の変形の制限値 $\delta_d^{\text{lim}}=5\text{mm}$ 到達時までの各試験体の最大荷重の最小値である。

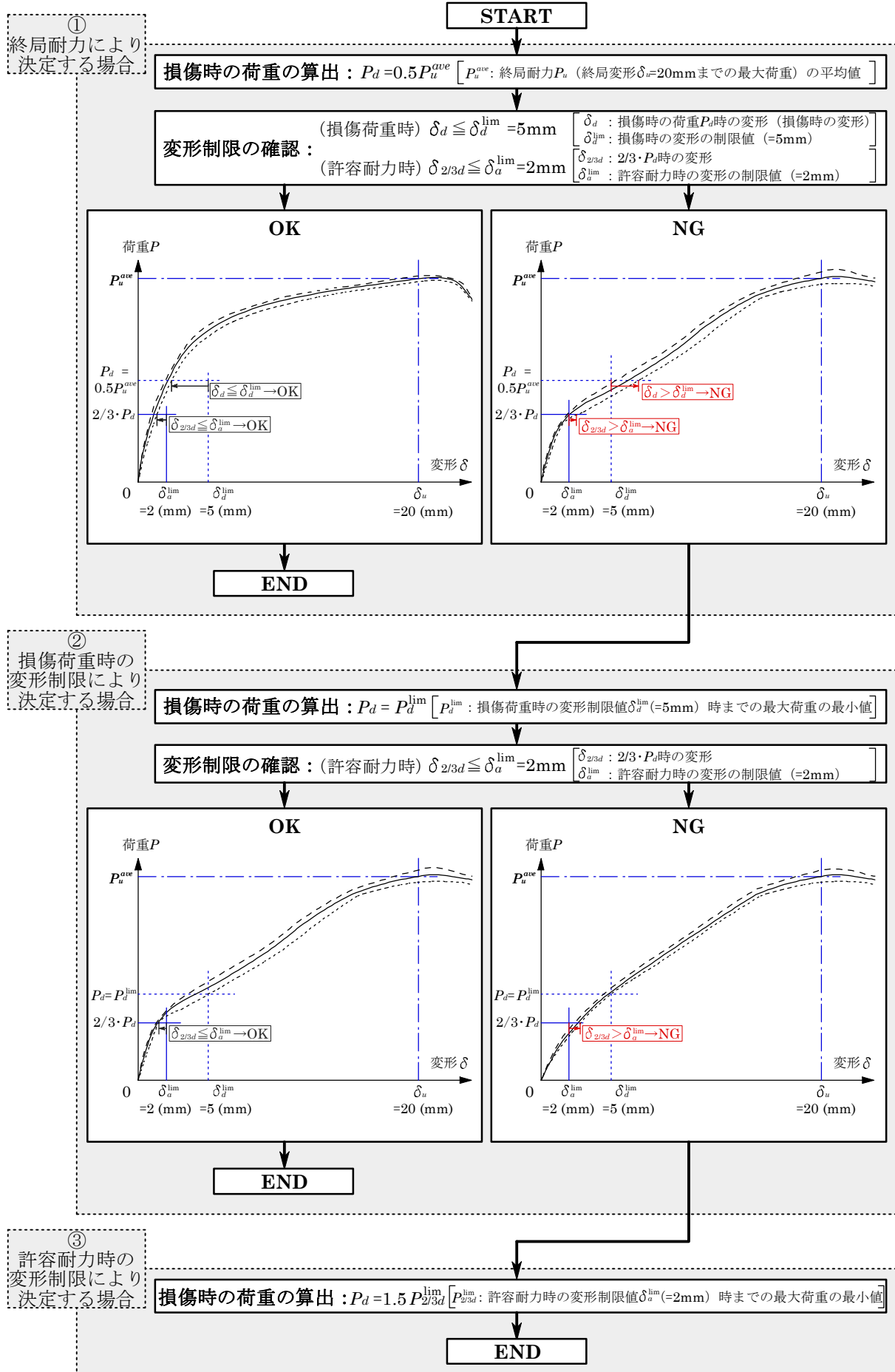
ただし、 $2/3 \cdot P_d$ 到達時の各試験体の変形 $\delta_{2/3d}$ が許容耐力時の変形の制限値 $\delta_a^{\text{lim}}=2\text{mm}$ 以下とならない場合は、損傷時の荷重 P_d および損傷時の変形 δ_d を次の③に従い算出する。

③ 許容耐力時の変形制限により決定する場合

損傷時の荷重 P_d を(3.3)式によって算定し、(3.3)式による P_d 到達時の変形を損傷時の変形 δ_d とする。

$$P_d = 1.5P_{2/3d}^{\text{lim}} \quad (3.3)$$

ここで、 $P_{2/3d}^{\text{lim}}$ は許容耐力時の変形の制限値 $\delta_a^{\text{lim}}=2\text{mm}$ 到達時までの各試験体の最大荷重の最小値である。



付図 3.1 損傷時の荷重 P_d の算出フロー

(3) 接合部の許容耐力

一方向加力試験および正負繰返し加力試験の結果に基づき、正側と負側の接合部の許容耐力 P_a^+ 、 P_a^- を以下の方法によって算出する。

- ① 正負繰返し加力試験を付図 3.2 に示す 3 段階の正負漸増繰返し加力履歴により行い、各段階では 1 回目を荷重制御、2 回目と 3 回目を変形制御とする 3 回ずつの繰返しを行う。

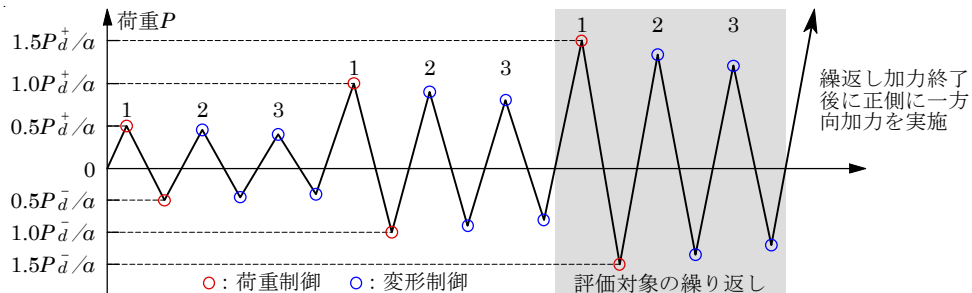
各段階における 1 回目の荷重制御値は、正側および負側の損傷時の荷重 P_d^+ 、 P_d^- に基づいて、正側は $0.5P_d^+ / \alpha^+ \rightarrow 1.0P_d^+ / \alpha^+ \rightarrow 1.5P_d^+ / \alpha^+$ 、負側は $0.5P_d^- / \alpha^- \rightarrow 1.0P_d^- / \alpha^- \rightarrow 1.5P_d^- / \alpha^-$ とする。ここで、 α^+ 、 α^- は 1.5 とする。各段階における 2 回目と 3 回目の正側の変形制御値 $D_a^{0.5,+}$ 、 $D_a^{1.0,+}$ 、 $D_a^{1.5,+}$ および負側の変形制御値 $D_a^{0.5,-}$ 、 $D_a^{1.0,-}$ 、 $D_a^{1.5,-}$ は、各段階における 1 回目の正側および負側の荷重制御値到達時の変形とする。

- ② 正負繰返し加力試験の結果が(3.4)式に適合する場合には、一方向加力試験の結果に基づいて正側と負側の接合部の許容耐力 P_a^+ 、 P_a^- を(3.5)式によって算出する。

$$\left| P_d^{cyc,+} \right| \geq 0.8 \cdot 1.5P_d^+ / \alpha^+ , \quad \left| P_d^{cyc,-} \right| \geq 0.8 \cdot 1.5P_d^- / \alpha^- \quad (3.4)$$

$$P_a^+ = P_d^+ / \alpha^+ , \quad P_a^- = P_d^- / \alpha^- \quad (3.5)$$

ここで、 $P_d^{cyc,+}$ 、 $P_d^{cyc,-}$ は、正負繰返し加力試験結果における 3 段階目の変形制御値 $D_a^{1.5,+}$ 、 $D_a^{1.5,-}$ 到達時の正側および負側の各荷重である。なお、 P_a^+ 、 P_a^- (N) は一の位を四捨五入して表示する。



付図 3.2 正負繰返し加力試験の加力履歴

(4) 接合部の剛性

正負の接合部の剛性 K^+ 、 K^- は、一方向加力試験の結果に基づいて(3.6)式によって算出する。

$$K^+ = P_d^+ / \delta_d^{ave,+} , \quad K^- = P_d^- / \delta_d^{ave,-} \quad (3.6)$$

ここで、 P_d^+ 、 P_d^- は正側および負側の損傷時の荷重で、 $\delta_d^{ave,+}$ 、 $\delta_d^{ave,-}$ は正側および負側の損傷時の変形の平均値である。

資料4 試験データ集

「吊りボルトの変形」

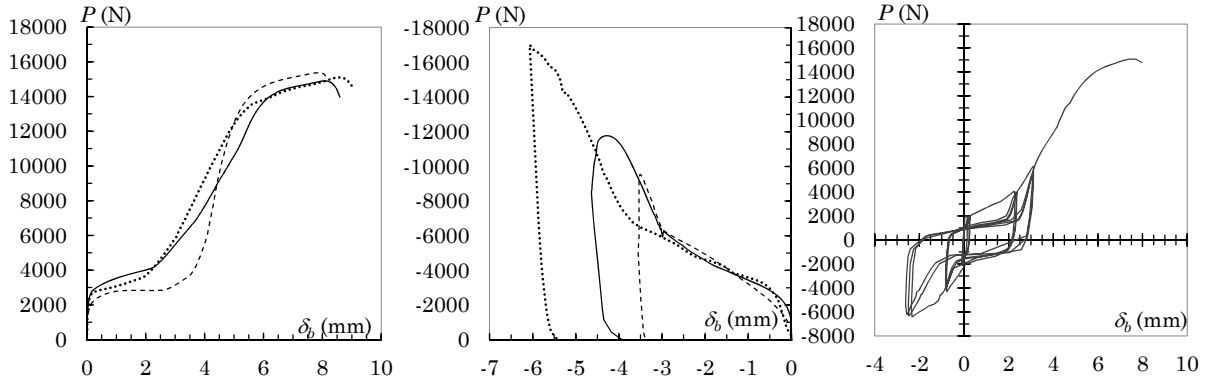
- ・ 荷重 P —変形 δ_b 関係 付図 4.1～付図 4.3

「試験写真の一覧」

- ・ 試験装置 写真 A
- ・ 試験終了時および終了後の試験体の状況 写真 B.1～写真 B.3

一方向加力(正負) : — No.1 - - - No.2 No.3
 正負繰返し加力 : —

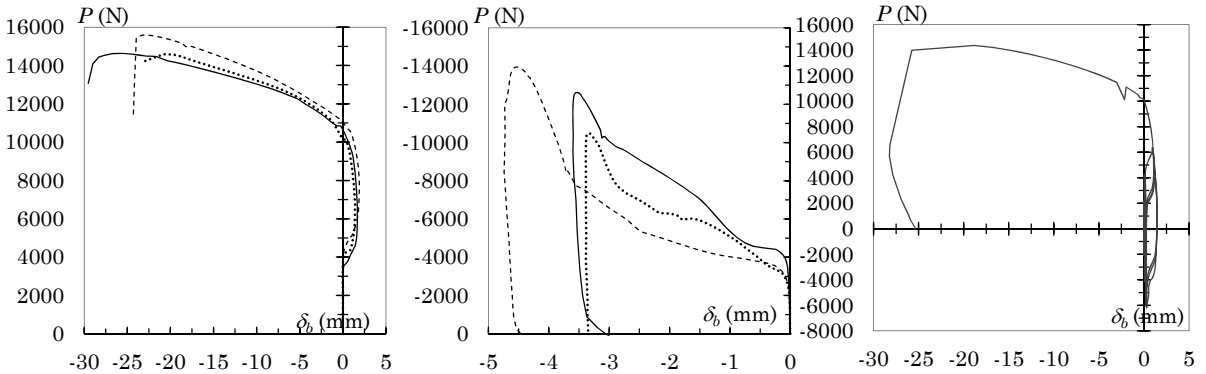
注) 一方向加力試験結果(正側) No.1~No.3および正負繰返し加力試験結果では吊りボルト破断時までの P - δ_b 関係を示す。



(a) 一方向加力試験(正側) (b) 一方向加力試験(負側) (c) 正負繰返し加力試験
付図4.1 荷重 P —変形 δ_b 関係 (30度)

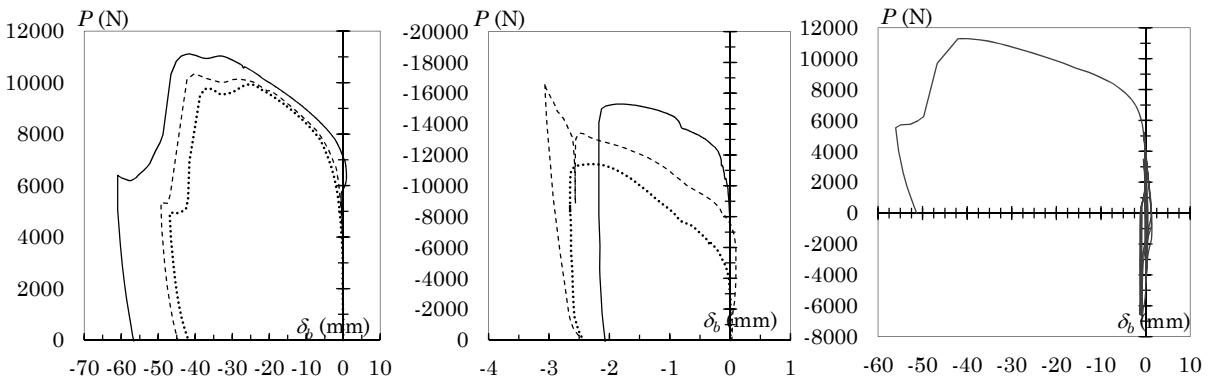
一方向加力(正負) : — No.1 - - - No.2 No.3
 正負繰返し加力 : —

注) 一方向加力試験結果(正側) No.1~No.3では吊りボルト破断時までの P - δ_b 関係を示す。



(a) 一方向加力試験(正側) (b) 一方向加力試験(負側) (c) 正負繰返し加力試験
付図4.2 荷重 P —変形 δ_b 関係 (45度)

一方向加力(正負) : — No.1 - - - No.2 No.3
 正負繰返し加力 : —



(a) 一方向加力試験(正側) (b) 一方向加力試験(負側) (c) 正負繰返し加力試験
付図4.3 荷重 P —変形 δ_b 関係 (60度)



(a) 全景



(b) 試験体の設置状況 (30度)



(c) 試験体の設置状況 (45度)



(d) 試験体の設置状況 (60度)



(e) 変位計の設置状況 (D.T.1, D.T.2)



(f) 変位計の設置状況 (D.T.3)



(a) 試験終了時



(c) 試験終了時



(e) 試験終了時



(b) 試験終了後
【No.1】

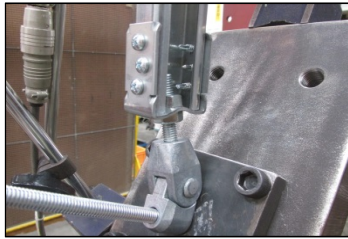


(d) 試験終了後
【No.2】



(f) 試験終了後
【No.3】

(1) 一方向加力試験 (正側)



(a) 試験終了時



(c) 試験終了時



(e) 試験終了時



(b) 試験終了後
【No.1】



(d) 試験終了後
【No.2】



(f) 試験終了後
【No.3】

(2) 一方向加力試験 (負側)



(a) 試験終了時



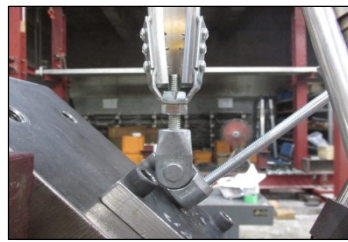
(b) 試験終了後

(3) 正負繰返し加力試験

写真B.1 試験終了時および終了後の試験体の状況 (30度)



(a) 試験終了時



(c) 試験終了時



(e) 試験終了時



(b) 試験終了後
【No.1】



(d) 試験終了後
【No.2】



(f) 試験終了後
【No.3】

(1) 一方向加力試験 (正側)



(a) 試験終了時



(c) 試験終了時



(e) 試験終了時



(b) 試験終了後
【No.1】



(d) 試験終了後
【No.2】



(f) 試験終了後
【No.3】

(2) 一方向加力試験 (負側)



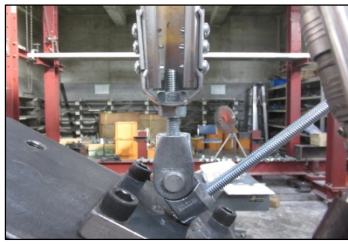
(a) 試験終了時



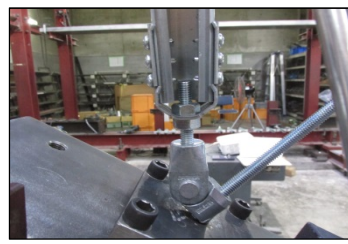
(b) 試験終了後

(3) 正負繰返し加力試験

写真B.2 試験終了時および終了後の試験体の状況 (45度)



(a) 試験終了時



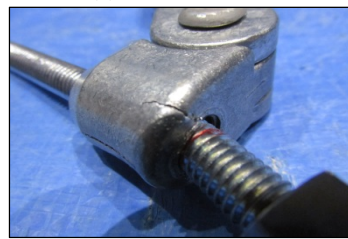
(c) 試験終了時



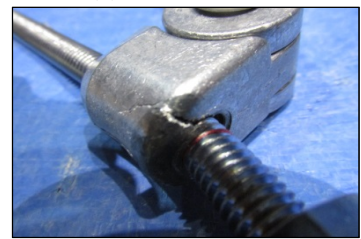
(e) 試験終了時



(b) 試験終了後
【No.1】



(d) 試験終了後
【No.2】



(f) 試験終了後
【No.3】

(1) 一方向加力試験 (正側)



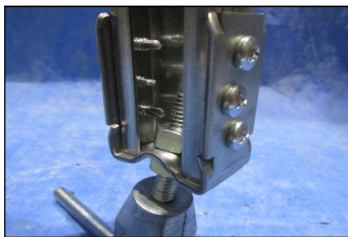
(a) 試験終了時



(c) 試験終了時



(e) 試験終了時



(b) 試験終了後
【No.1】



(d) 試験終了後
【No.2】



(f) 試験終了後
【No.3】

(2) 一方向加力試験 (負側)



(a) 試験終了時



(b) 試験終了後

(3) 正負繰返し加力試験

写真B.3 試験終了時および終了後の試験体の状況 (60度)

本書の取扱いについて

- ・ 本書の最終ページは本ページです。
- ・ 本書の試験結果は、本書中に記載の試験体について得られたものです。
- ・ 本書を複製して第三者に開示する場合は、必ず全文を複製することとし、一部分だけの複製は行わないで下さい。
- ・ 本試験結果の一部を、当試験所の名称を付してカタログに掲載する等、一般に開示する場合は、文書によって当試験所の承認を得るようにして下さい。

本書についての問い合わせは、下記までお願いします。

一般財団法人 日本建築総合試験所 試験研究センター
構造部 構造試験室

〒565-0873 大阪府吹田市藤白台5丁目8番1号

TEL : 06-6834-7913 (直通)

06-6872-0391 (代表)

FAX : 06-6834-1230 (直通)

06-6872-0784 (代表)