

試験番号：IIA-13-0029(7)

受付日：平成26年 3月26日

報告日：平成26年11月28日

天井部材野縁受け
繋ぎ材接合部の強度試験
[商品名：つくしんぼ]
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 一朗



報告書発行責任者

構造試験室長

博士（工学） 安井 信行



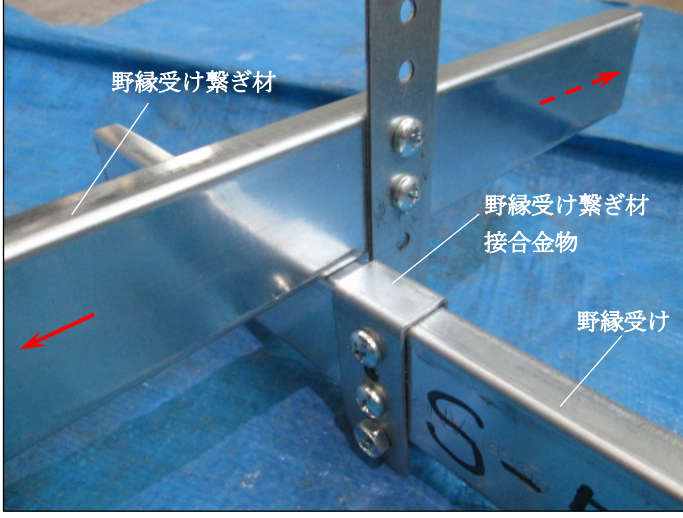
試験名称	天井部材野縁受け繋ぎ材接合部の強度試験																																		
商品名	つくしんぼ																																		
依頼者(所在地)	株式会社サワタ (兵庫県尼崎市田能5丁目8番1号)																																		
試験実施日	平成26年4月9日・4月10日・8月22日																																		
試験目的	当該商品を用いた野縁受け繋ぎ材接合部の許容耐力 P_a および剛性 K を求めること。																																		
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	・野縁受け繋ぎ材接合金物：つくしんぼ ・野縁受け繋ぎ材：CC-19 (JIS A 6517) ・野縁受け：CC-19 (JIS A 6517)																																	
	試験因子と試験体数	<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <th colspan="4">加力方法 (加力方向：水平方向)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">一方向加力</th> <th colspan="2">正負繰返し加力</th> </tr> <tr> <th>正側</th> <th>負側</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <td>3体</td> <td>3体</td> <td colspan="2">2体^(注)</td> </tr> </table> <p>注) 「資料3」および「資料4」による試験を1体ずつ実施した。</p>		加力方法 (加力方向：水平方向)				一方向加力		正負繰返し加力		正側	負側			3体	3体	2体 ^(注)																	
	加力方法 (加力方向：水平方向)																																		
	一方向加力		正負繰返し加力																																
正側	負側																																		
3体	3体	2体 ^(注)																																	
組立時外観と加力方向	<div style="text-align:center; border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> 加力方向 : 正側 → 負側 - - - </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	試験体の組み立ては依頼者によって行われた。																																		
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1」 「資料4 接合部の許容耐力・剛性の評価方法2」																																		
試験結果	<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <th colspan="4">評価方法1 (資料3)</th> <th colspan="4">評価方法2 (資料4)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">正側</th> <th colspan="2">負側</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> <th>P_a(N)[α]</th> <th>K(N/mm)</th> <th>P_a(N)[α]</th> <th>K(N/mm)</th> </tr> <tr> <td>570[1.50]</td> <td>643</td> <td>740[1.50]</td> <td>363</td> <td>910[1.50]</td> <td>451</td> <td>780[1.50]</td> <td>360</td> </tr> </table> <p>・試験結果の一覧 ----- 表1・表2 ・荷重P-変形δ関係 ----- 図1・図2 ・破壊の状態 ----- 写真1・写真2 ・資料5 試験データ集</p> <p>注) 表・図・写真1 は「評価方法1」による試験結果を、表・図・写真2 は「評価方法2」による試験結果を表す。なお、上記試験結果中の記号の定義は「資料2」、「資料3」、「資料4」による。</p>			評価方法1 (資料3)				評価方法2 (資料4)				正側		負側		正側		負側		P_a (N)[α]	K (N/mm)	P_a (N)[α]	K (N/mm)	P_a (N)[α]	K (N/mm)	P_a (N)[α]	K (N/mm)	570[1.50]	643	740[1.50]	363	910[1.50]	451	780[1.50]	360
評価方法1 (資料3)				評価方法2 (資料4)																															
正側		負側		正側		負側																													
P_a (N)[α]	K (N/mm)	P_a (N)[α]	K (N/mm)	P_a (N)[α]	K (N/mm)	P_a (N)[α]	K (N/mm)																												
570[1.50]	643	740[1.50]	363	910[1.50]	451	780[1.50]	360																												
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・中尾 裕典																																		

表1 試験結果の一覧（水平方向加力，評価方法1）

一方向加力試験											
方向	試験体	損傷時の荷重 P_d^{*1}			損傷時の変形 δ_d		接合部の剛性 K (N/mm)	最大荷重 P_{max}		破壊 ^{*3} の状態	
		(N)	平均値 P_d^{ave}	標準偏差 σ	(mm)	平均値 δ_d^{ave}		(N)	平均値 P_{max}^{ave}		
正側	1	1257	850	358	2.278	1.321	643	2749	2732	A,B	
	2	582			0.740			2693		A,B	
	3	711			0.946			2753		A,B	
負側	1	1033	1109	140	2.469	3.052	363	2855	2929	B,C	
	2	1271			4.023			2952		B,C	
	3	1024			2.664			2980		B,C	
正負繰返し加力試験											
方向	制御変形基準値 D_a		判定荷重 $0.8 \cdot 1.5 P_d^{ave} / \alpha$	$\pm 1.5 D_a$ 到達時の荷重 P_d^{cyc} (N) ^{*2}						最大荷重 P_{max} (N)	破壊 ^{*3} の状態
	(mm)	a		1回目	判定	2回目	判定	3回目	判定		
正側	0.881	1.50	680	728	1.07	705	1.04	686	1.01	—	—
負側	2.035	1.50	887	1270	1.43	1210	1.36	1187	1.34	3073	B,C
許容耐力 P_a (N)		正側		負側		備考		—			
		570		740							

※1 損傷時の荷重の算出結果の詳細は「資料5 試験データ集」に示す。

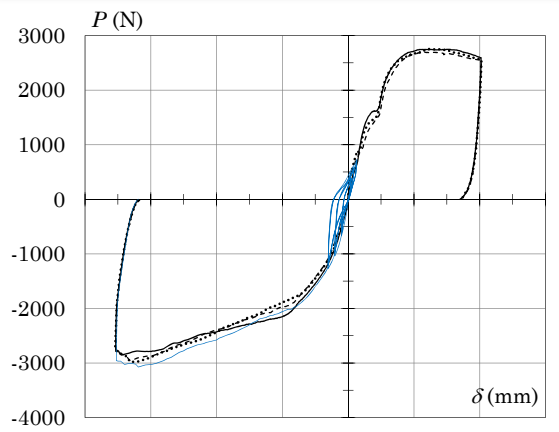
※2 判定欄の値は $P_d^{cyc} / (0.8 \cdot 1.5 P_d^{ave} / \alpha)$ を表し、判定荷重を満たさない場合は赤字で示す。

※3 破壊の状態に関する記号の定義を以下に示す。

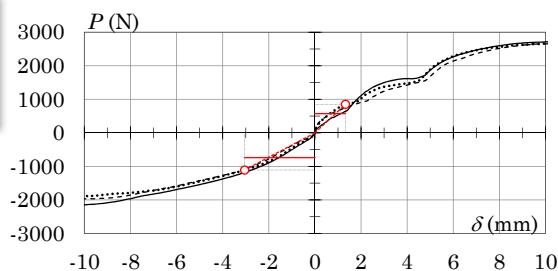
A：野縁受け繋ぎ材接合金物と野縁受けの接触による野縁受けフランジの支圧変形

B：野縁受け繋ぎ材接合金物－野縁受け繋ぎ材接合ねじの抜け出し C：野縁受け繋ぎ材接合金物の亀裂

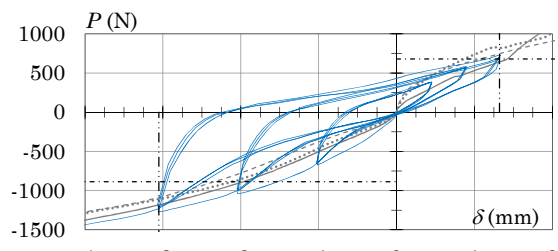
一方向加力(正負)：—— No.1, - - - - No.2, No.3
 損傷時の荷重 P_d^{ave} と変形 δ_d^{ave} ：○, 接合部の剛性 K ：- - - -
 許容耐力 P_a ：——
 正負繰返し加力：——, 判定荷重：- - - -, $\pm 1.5 D_a$ ：- - - -



(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 荷重 P －変形 δ 関係（水平方向加力，評価方法1）



(a) 破壊の状態A

(b) 破壊の状態B (正側)

(c) 破壊の状態B (負側)

(d) 破壊の状態C

写真1 破壊の状態（水平方向加力）

表2 試験結果の一覧（水平方向加力，評価方法2）

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	1359	③許容耐力 時変形制限	2.513	3.016	1.696	451	2749	2732	2749	2732	A,B
			3.614		2.000		2693		2693		A,B
			2.920		1.705		2753		2753		A,B
負側	1166	③許容耐力 時変形制限	2.995	3.243	1.665	360	2429	2418	2855	2929	B,C
			3.402		2.000		2390		2952		B,C
			3.331		1.773		2435		2980		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 $0.8 \cdot 1.5 P_d / a$ (N)			$\pm D_a^{1.5}$ 到達時の荷重 P_d^{cyc} (N)*2	最大 荷重 P_{max} (N)	破壊*3 の状態				
		a	2回目	判定				3回目	判定		
正側	4.512	1087	1.50	1275	1.17	1238	1.14	—	—		
負側	3.455	933	1.50	1122	1.20	1089	1.17	3031	B,C		
許容耐力 P_a (N)		正側	負側	備考							
		910	780	—							

※1 備考欄には、「資料4」に示す損傷時の荷重の決定要因を示す。

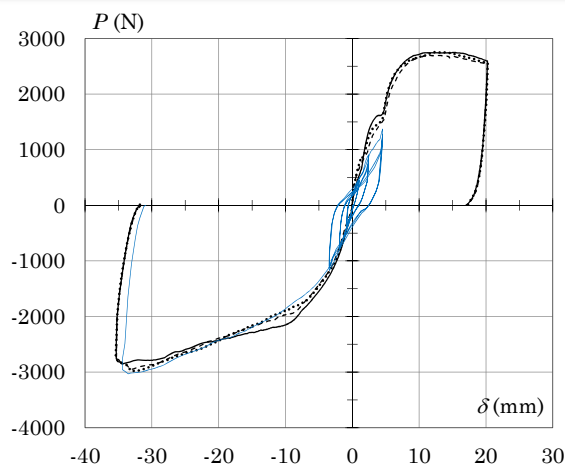
※2 判定欄の値は $P_d^{cyc} / (0.8 \cdot 1.5 P_d / a)$ を表し、判定荷重を満たさない場合は赤字で示す。

※3 破壊の状態に関する記号の定義を以下に示す。

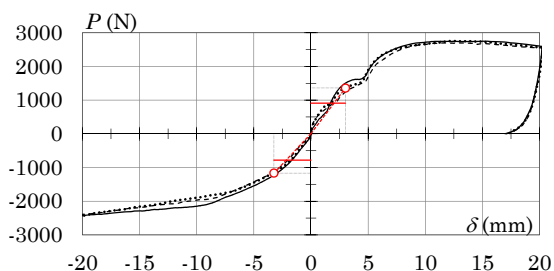
A：野縁受け繋ぎ材接合金物と野縁受けの接触による野縁受けフランジの支圧変形

B：野縁受け繋ぎ材接合金物—野縁受け繋ぎ材接合ねじの抜け出し C：野縁受け繋ぎ材接合金物の亀裂

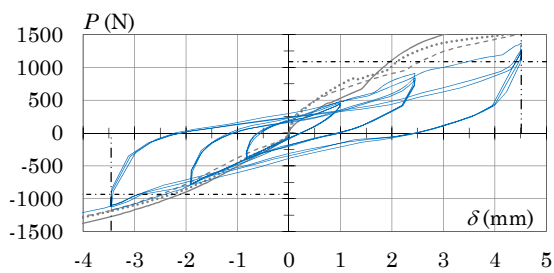
一方向加力(正負)：—— No.1, - - - - No.2, No.3
 損傷時の荷重 P_d と変形 δ_d^{ave} ：○, 接合部の剛性 K ：- - - -
 許容耐力 P_a ：——
 正負繰返し加力：——, 判定荷重：- - - -, $\pm D_a^{1.5}$ ：- - - -



(a) 一方向加力試験と正負繰返し加力試験

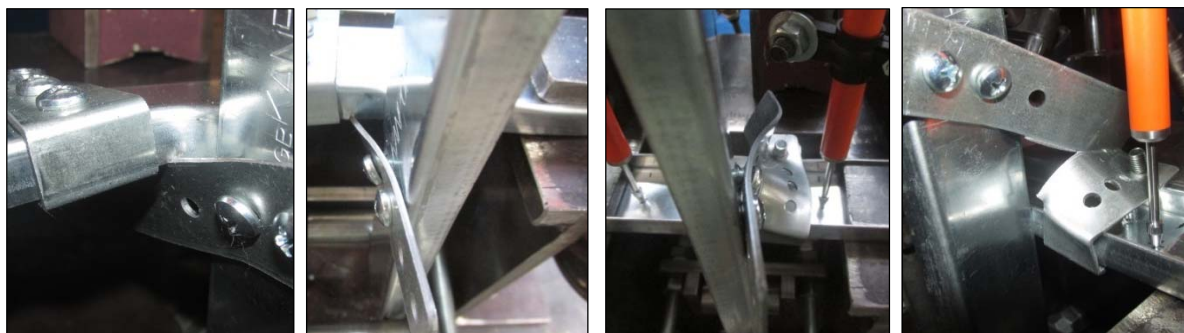


(b) 一方向加力試験 (損傷時の荷重・許容耐力・剛性)



(c) 正負繰返し加力試験 (判定結果)

図2 荷重 P —変形 δ 関係 (水平方向加力，評価方法2)



(a) 破壊の状態A

(b) 破壊の状態B (正側)

(c) 破壊の状態B (負側)

(d) 破壊の状態C

写真2 破壊の状態 (水平方向加力)

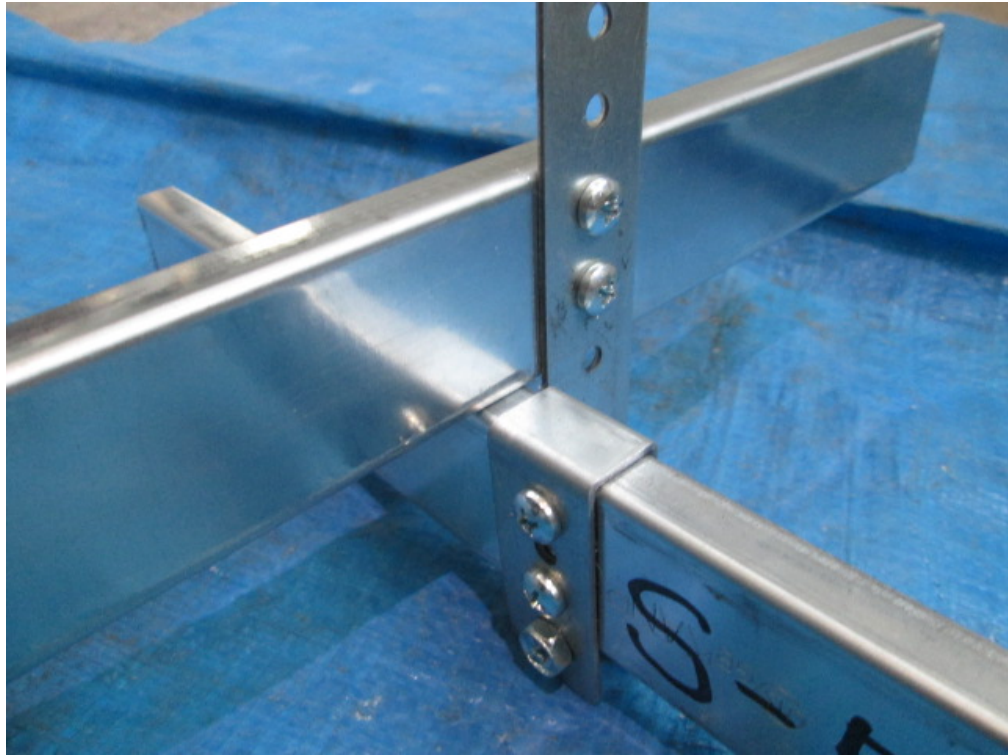
資料1 試験体の構成材料と形状・寸法の詳細

- ・ 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, 付図 1.2
- ・ 試験体構成部品の形状・寸法 付図 1.3～付図 1.5

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
野縁受け繋ぎ材接合金物 (品名：つくしんぼ)	t=1.6	SGCC [JIS G 3302]	(株)サワタ
野縁受け繋ぎ材接合金物接合具 六角ボルト (品名：十字穴付六角アプセットボルト)	M6×L25	SWRCH10R相当 [JIS G 3507-1]	大東鋼業(株)
野縁受け繋ぎ材接合金物－ 野縁受け・野縁受け繋ぎ材接合具 ドリルねじ (品名：マイクロライブ)	φ4×13	SWCH18A相当 [JIS G 3507-2]	北村精工(株)
野縁受け・野縁受け繋ぎ材 [JIS A 6517] (記号：CC-19)	38×12×1.2	SGCC [JIS G 3302]	関包スチール(株)

注) 依頼者提出資料

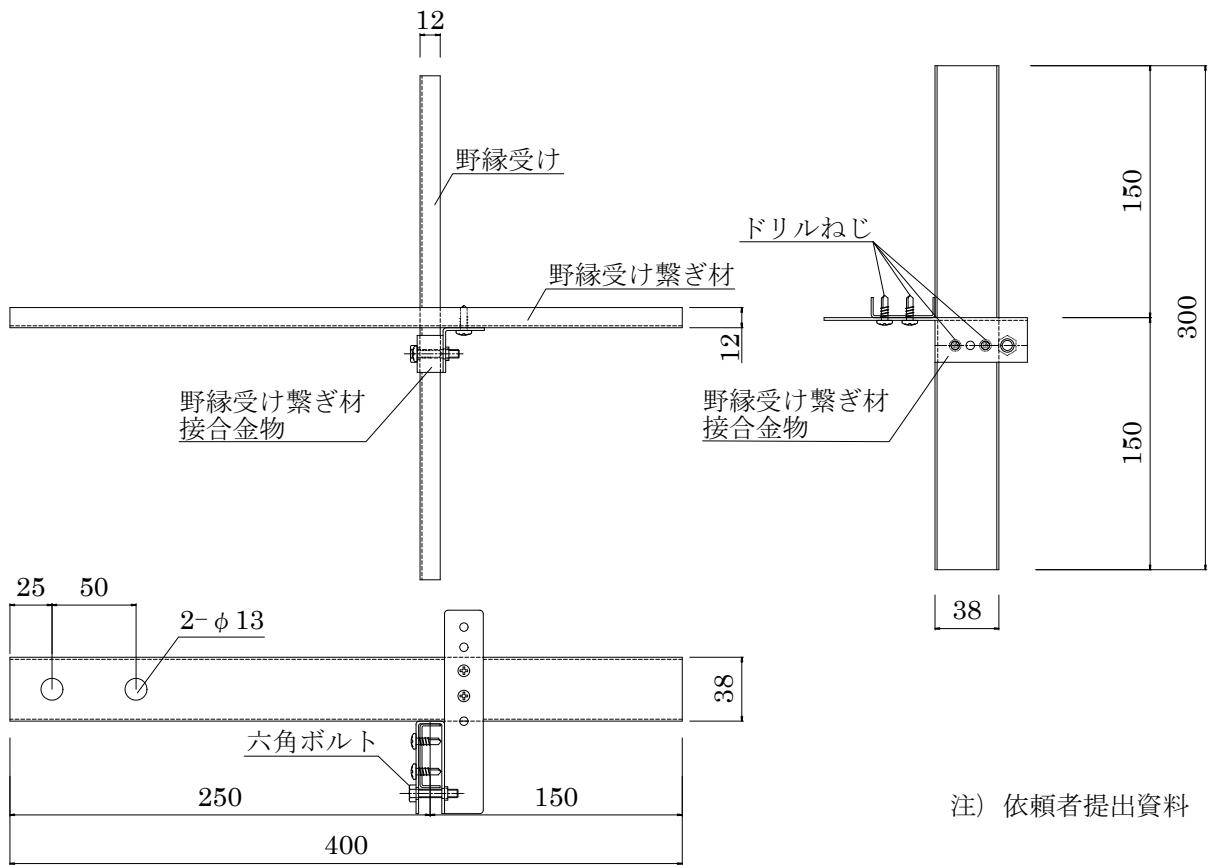


(a) 野縁受け背側



(b) 野縁受け腹側

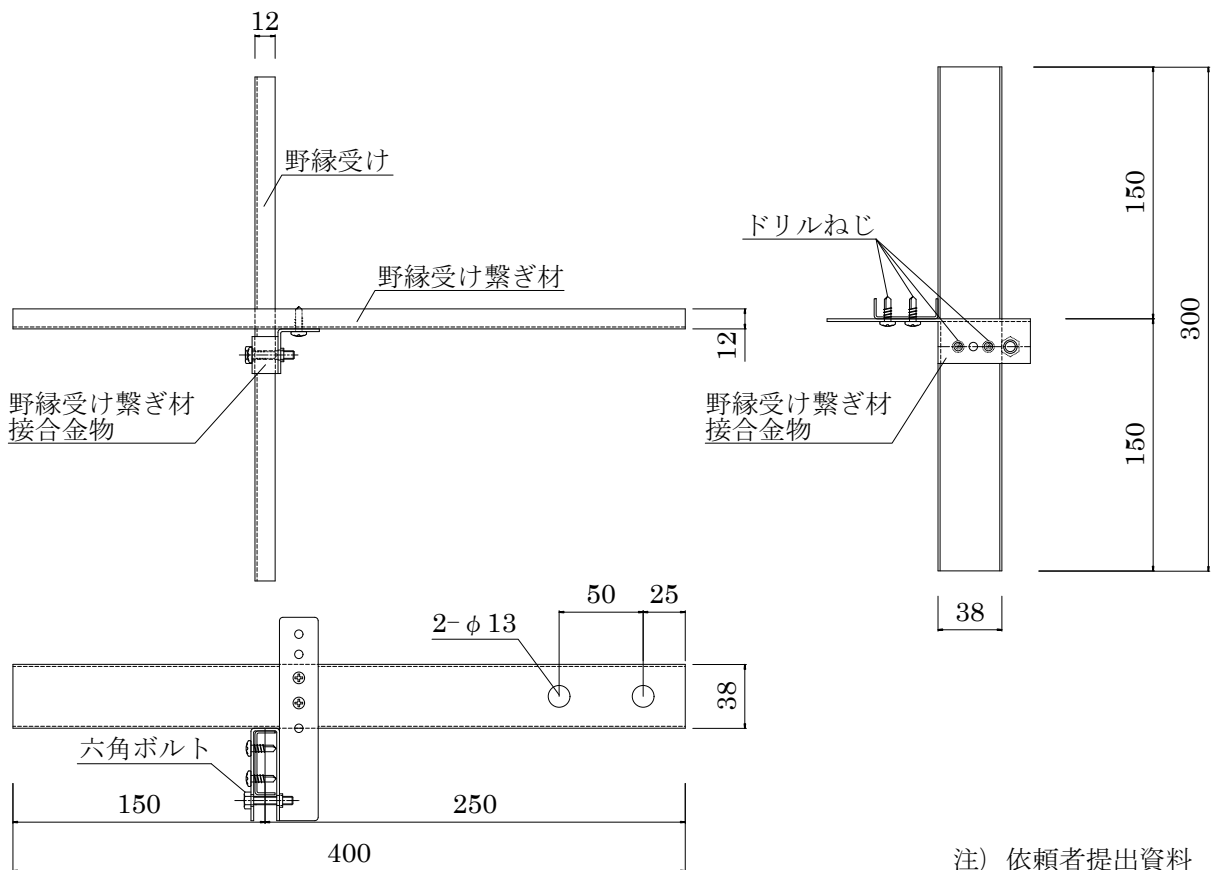
写真 I 試験体組立時の外観



注) 依頼者提出資料

付図1.1 試験体の形状・寸法（水平方向加力正側）

（寸法単位：mm）



注) 依頼者提出資料

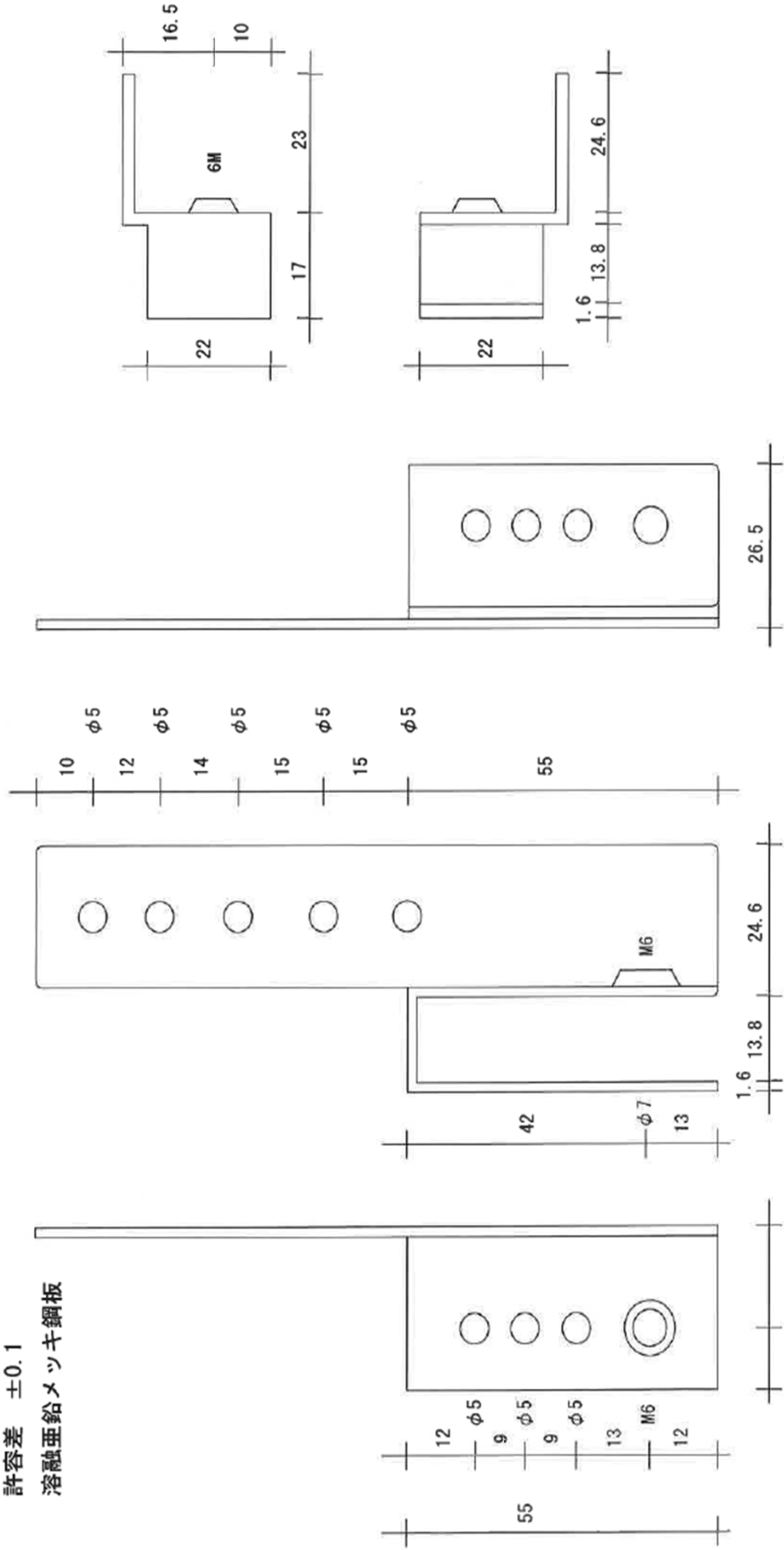
付図1.2 試験体の形状・寸法（水平方向加力負側）

（寸法単位：mm）

板厚 1.6 mm

許容差 ±0.1

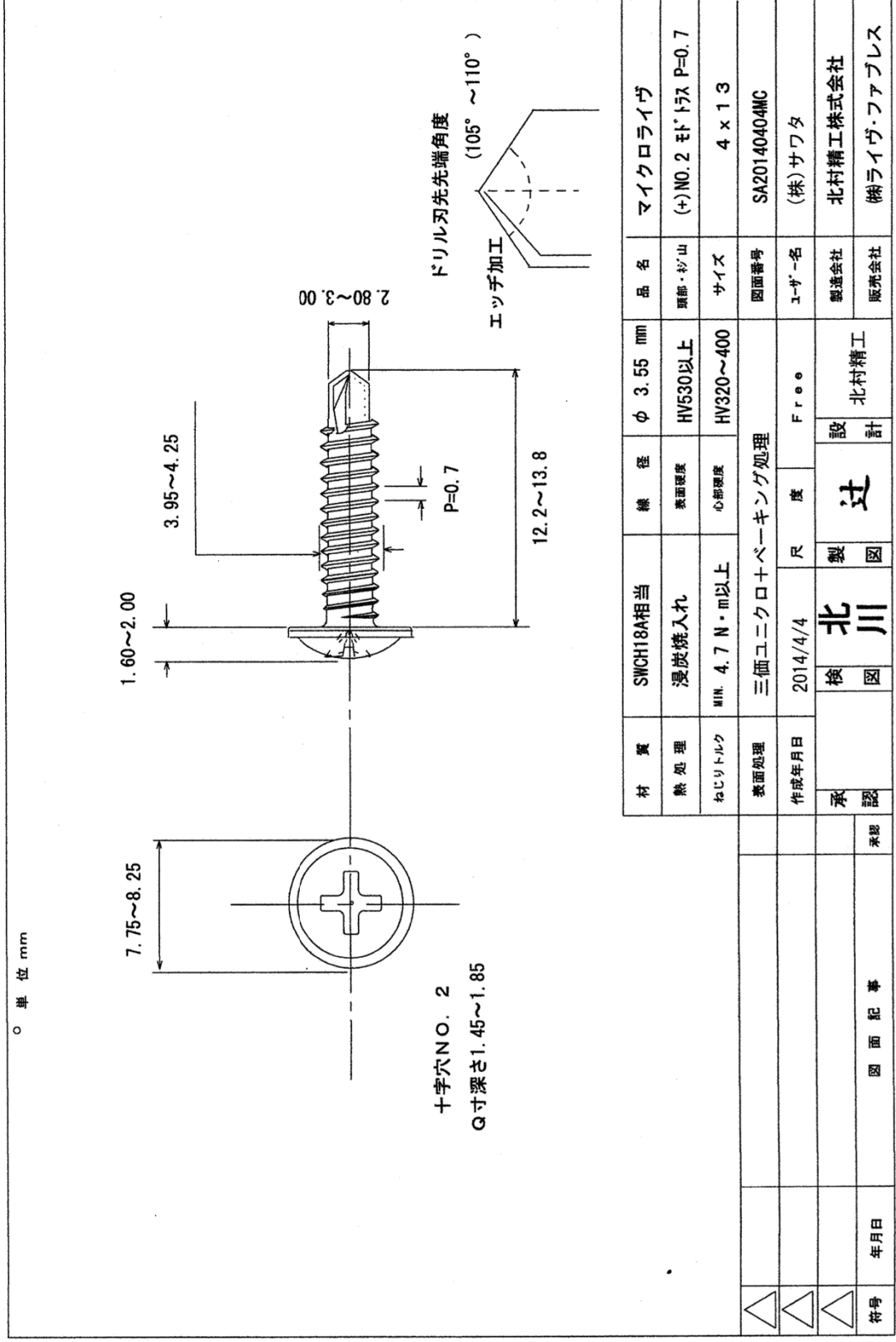
溶融亜鉛メッキ鋼板



付図1.3 試験体構成部品の形状・寸法（つくしんぼ）

（寸法単位：mm）

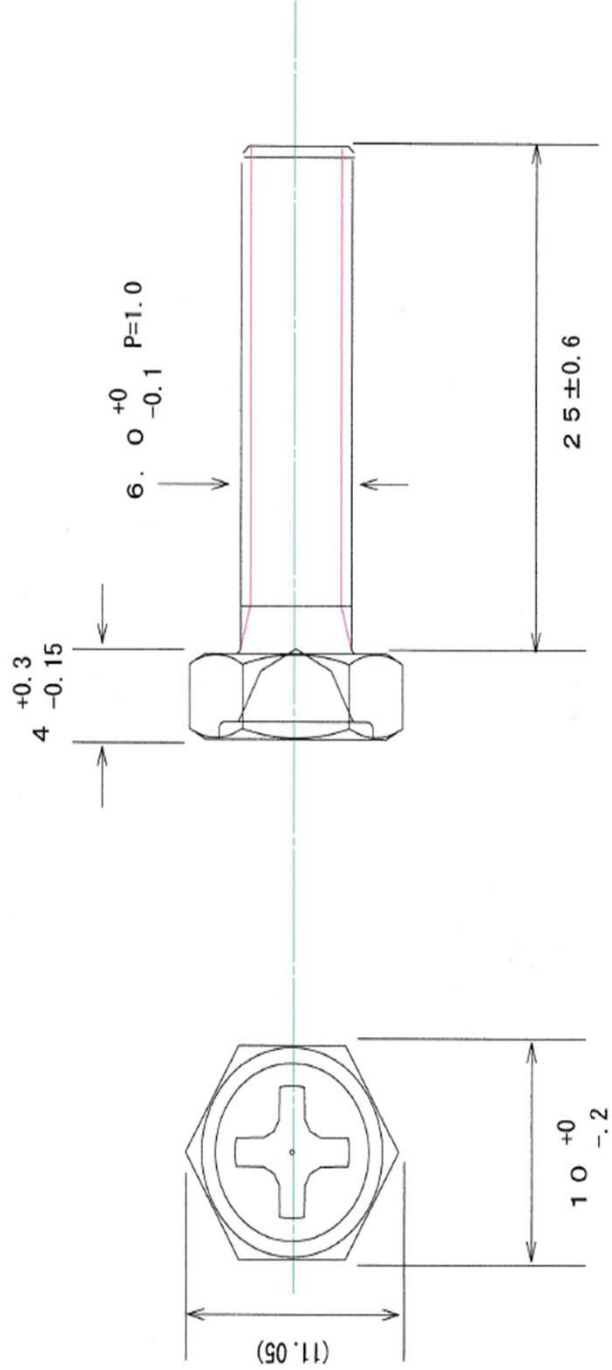
注）依頼者提出資料



注) 依頼者提出資料

付図1.4 試験体構成部品の形状・寸法 (ドリルねじ) (寸法単位: mm)

○ 単位 mm



材質	SWRCH10R相当 (JIS G 3507-1準拠)	品名	十字穴付六角アブセットボルト
表面処理	三価クロム2μ以上 Ep-Fe/Zn2 Cr+3	サイズ	M6 x 25 P=1.0
		図面番号	LF20140517SW-3
		製図	Tsuji
		作成年月日	2014.05.17
		株式会社	サワタ (株式会社ライヴ・ファブレス)

注) 依頼者提出資料

(寸法単位: mm)

付図1.5 試験体構成部品の形状・寸法 (六角ボルト)

資料2 加力・計測方法

加力は、付図2.1に示すように、野縁受け両端をシャコ万力で鋼製土台に固定し、最大容量20kNの電動アクチュエータを用いて、野縁受け繋ぎ材に材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。なお、野縁受け両端の支持部には、局所的な変形を抑制するために固定用鋼板を挿入した。一方向加力（正側・負側）はアクチュエータ引き方向の単調加力によって行い、野縁受け繋ぎ材接合部を破壊に至らしめた。正負繰返し加力は、資料3または資料4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、その後引き方向への単調加力によって野縁受け繋ぎ材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 は(2.1)式により求めた。

$$\text{接合部の変形}\delta: \delta = (D1 + D2) / 2 - (D3 + D4) / 2 \quad (2.1)$$

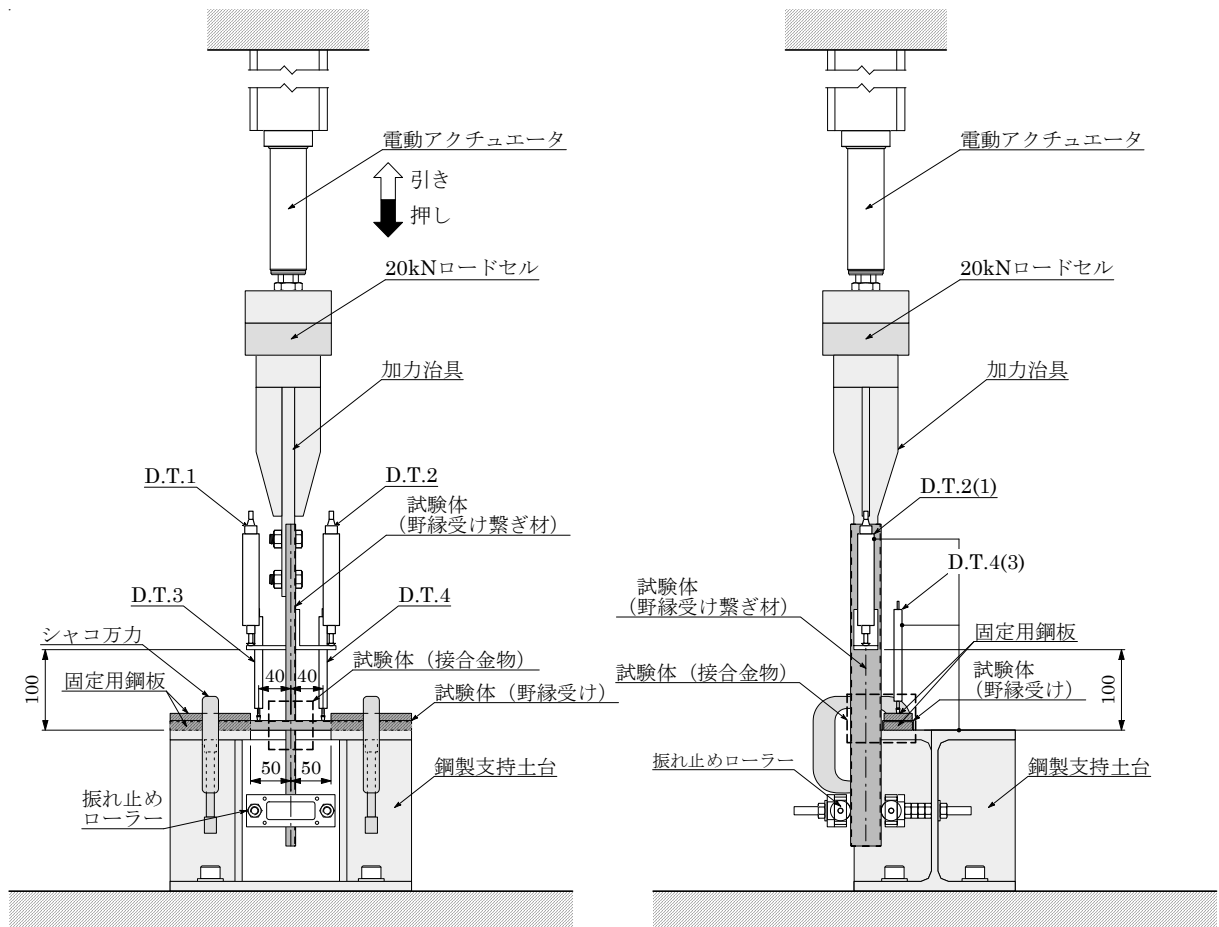
ここで、 D_i は、付図2.1に示す位置に設置した変位計D.T. i による変位の測定値（正側加力時の変位を正とする）である。

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-50M	$200 \times 10^{-6} / \text{mm}$	0.3%F.S	50mm
D.T.3・D.T.4	CDP-25M	$500 \times 10^{-6} / \text{mm}$	0.3%F.S	25mm

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



付図2.1 試験装置 (寸法単位: mm)

資料3 接合部の許容耐力・剛性の評価方法1

(1) 評価の方針

本資料による評価方法は、「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」に従うことを基本としたものである。

(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 の算出方法を示す。

- ① P — δ 曲線において荷重が $\zeta_1 \cdot P_u$ と $\zeta_2 \cdot P_u$ となる2点を結ぶ直線を直線Iとし、その傾きを初期剛性 k とする。ここで、 P_u は δ が許容される限界変形 δ_u に到達するまでの最大荷重、 ζ_1 および ζ_2 は係数であり、 δ_u は10mm、 ζ_1 は0、 ζ_2 は0.2を原則とする。
- ② P — δ 曲線に接する k の1/3の傾きを有する直線を、直線IIとする。
- ③ 直線Iと直線IIの交点における荷重を損傷時の荷重 P_d とする。また、 P — δ 曲線において、荷重が P_d に到達した点の変形を損傷時の変形 δ_d とする。

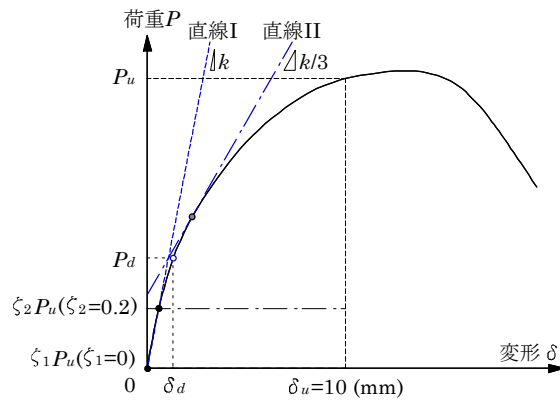
ただし、 P — δ 曲線に以下の現象が見られる場合は、以下の方法により P_d を算出する。

【剛性が一旦低下した後に再度増加する場合】

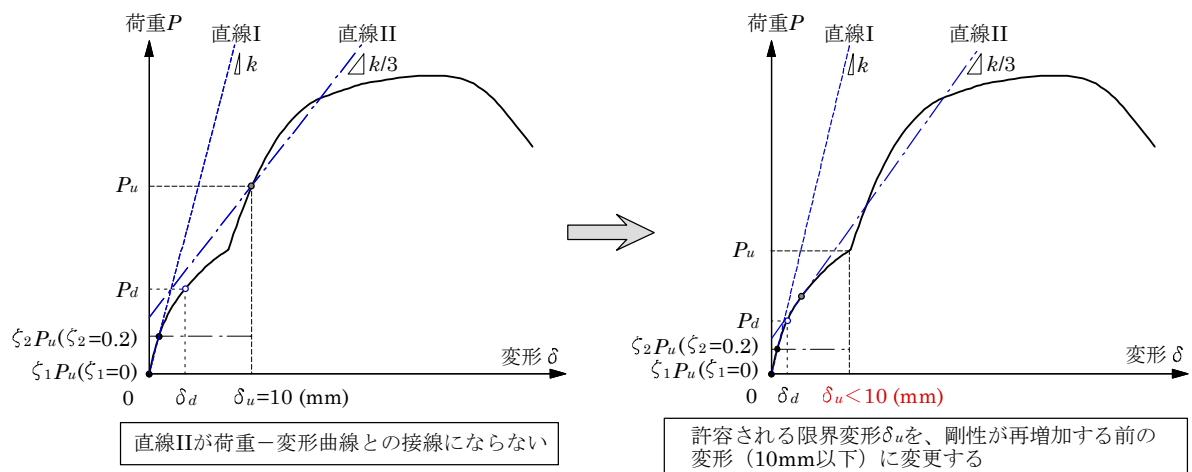
付図3.1(b)に示すように、 P — δ 曲線の剛性が一旦低下した後に再度増加し、上記方法に従うと直線IIが P — δ 曲線との接線にならない場合は、 k の算出過程（上記①）において、許容される限界変形 δ_u を P — δ 曲線の剛性が再増加する前の変位（10mm以下）に変更する。

【初期の剛性が小さい場合】

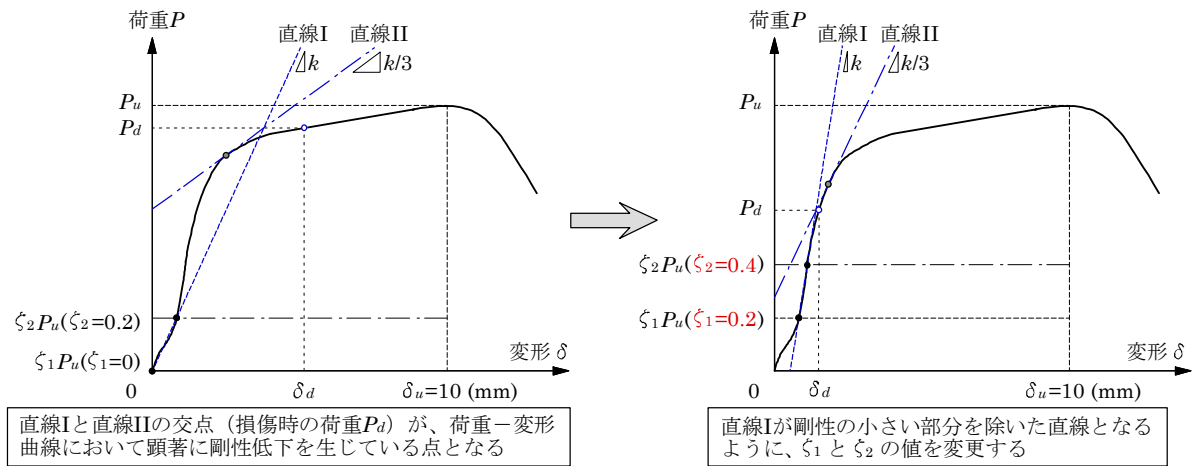
付図3.1(c)に示すように、 P — δ 曲線の初期の剛性が小さく、上記方法に従うと直線Iと直線IIの交点の荷重（ P_d ）が、直線IIと P — δ 曲線の接点の荷重よりも大きい場合は、 k の算出過程（上記①）において、直線Iが初期の剛性の小さい部分を除いた直線となるように、 ζ_1 と ζ_2 の値をそれぞれ0、0.2から変更する（ただし、 $\zeta_2 - \zeta_1 \leq 0.2$ とする）。



(a) 標準的な荷重－変形曲線の場合



(b) 荷重－変形曲線の剛性が一旦低下した後再度増加する場合



(c) 荷重－変形曲線の初期の剛性が小さい場合

付図 3.1 損傷時の荷重 P_d の算出方法

(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 一方向加力試験の結果に基づいて、正負繰返し加力試験における制御変形の基準値 D_a^+ 、 D_a^- を(3.1)式によって設定し、付図 3.2 に示す加力履歴（変形 δ が $0.5D_a$ 、 $1.0D_a$ 、 $1.5D_a$ となる正負の各変形段階でそれぞれ 3 回繰返す）による正負繰返し加力試験を行う。

$$D_a^+ = \delta_d^{ave,+} / \alpha^+, \quad D_a^- = \delta_d^{ave,-} / \alpha^- \quad (3.1)$$

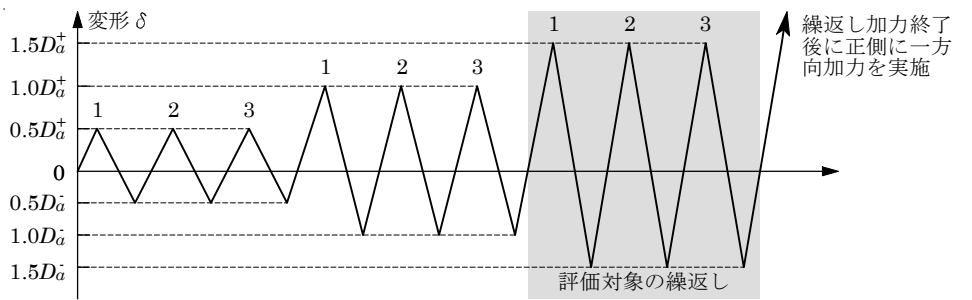
ここで、 $\delta_d^{ave,+}$ 、 $\delta_d^{ave,-}$ は正側と負側の損傷時の変形 δ_d^+ 、 δ_d^- のそれぞれの平均値で、 α^+ 、 α^- は 1.5 とする。

- ② 正負繰返し加力試験の結果が(3.2)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(3.3)式によって算出する。

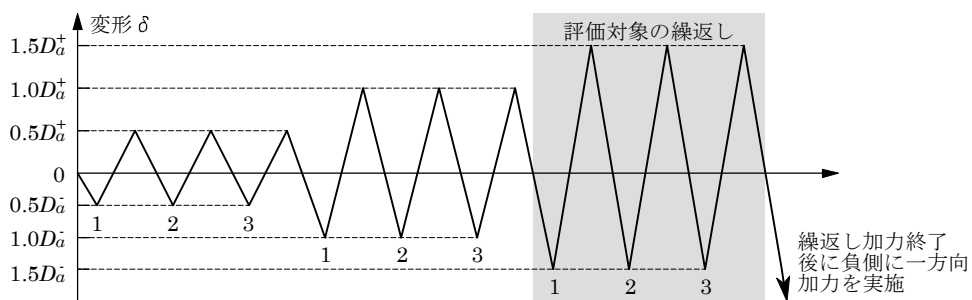
$$\left| P_d^{cyc,+} \right| \geq 0.8 \cdot 1.5 P_d^{ave,+} / \alpha^+, \quad \left| P_d^{cyc,-} \right| \geq 0.8 \cdot 1.5 P_d^{ave,-} / \alpha^- \quad (3.2)$$

$$P_a^+ = P_d^{ave,+} / \alpha^+, \quad P_a^- = P_d^{ave,-} / \alpha^- \quad (3.3)$$

ここで、 $P_d^{cyc,+}$ 、 $P_d^{cyc,-}$ は正負繰返し加力試験結果による制御変形 $1.5D_a$ 到達時の正側および負側の各荷重で、 $P_d^{ave,+}$ 、 $P_d^{ave,-}$ は正側と負側の損傷時の荷重 P_d^+ 、 P_d^- のそれぞれの平均値で、 α^+ 、 α^- は 1.5 とする。なお、 P_a^+ 、 P_a^- (N) は一の位を四捨五入して表示する。



(a) 一方向加力試験の正側の最大荷重の平均値が大きい場合



(b) 一方向加力試験の負側の最大荷重の平均値が大きい場合

付図 3.2 正負繰返し加力試験の加力履歴

正負繰返し加力試験の結果が(3.2)式に適合しない場合には、以下に述べる【低減方法 1】または【低減方法 2】によって、正側と負側の接合部の許容耐力 P_a^+ 、 P_a^- を算出する。

【低減方法 1】

- ① (3.1)式の a^+ 、 a^- を(3.4)式に置き換えて制御変形の基準値 D_a^+ 、 D_a^- を再設定し、付図 3.2 に示す加力履歴による正負繰返し加力試験を再度行う。

$$a^+ = (\delta_d^{ave,+} / \delta_d^{\min,+}) \cdot 1.5, \quad a^- = (\delta_d^{ave,-} / \delta_d^{\min,-}) \cdot 1.5 \quad (3.4)$$

ここで、 $\delta_d^{\min,+}$ 、 $\delta_d^{\min,-}$ は正側と負側の損傷時の変形の最小値である。

- ② 再度行った正負繰返し加力試験の結果が(3.2)式に適合する場合には、正側と負側の接合部の許容耐力 P_a^+ 、 P_a^- を(3.3)式によって算出する。ただし、(3.2)式および(3.3)式の a^+ 、 a^- は(3.4)式による。

【低減方法 2】

- ① (3.1)式の a^+ 、 a^- を(3.5)式に置き換えて制御変形の基準値 D_a^+ 、 D_a^- を再設定し、付図 3.2 に示す加力履歴による正負繰返し加力試験を再度行う。

$$a^+ = (\delta_d^{ave,+} / \delta_d^{2\sigma,+}) \cdot 1.5, \quad a^- = (\delta_d^{ave,-} / \delta_d^{2\sigma,-}) \cdot 1.5 \quad (3.5)$$

ここで、 $\delta_d^{2\sigma,+}$ 、 $\delta_d^{2\sigma,-}$ は正側と負側の荷重が $P_d^{ave,+} - 2\sigma^+$ 、 $P_d^{ave,-} - 2\sigma^-$ に到達した点の変形の平均値で、 σ^+ 、 σ^- は正側と負側の損傷時の荷重の標準偏差である。

- ② 再度行った正負繰返し加力試験の結果が(3.2)式に適合する場合には、正側と負側の接合部の許容耐力 P_a^+ 、 P_a^- を(3.3)式によって算出する。ただし、(3.2)式および(3.3)式の a^+ 、 a^- は(3.5)式による。

(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。

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

ここで、 $P_d^{ave,+}$ 、 $P_d^{ave,-}$ は正側および負側の損傷時の荷重の平均値で、 $\delta_d^{ave,+}$ 、 $\delta_d^{ave,-}$ 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 接合部の許容耐力・剛性の評価方法2

(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4.1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(4.1)式によって算定し、(4.1)式による P_d 到達時の変形を損傷時の変形 δ_d とする。

$$P_d = 0.5P_u^{ave} \quad (4.1)$$

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(4.2)式によって算定し、(4.2)式による P_d 到達時の変形を損傷時の変形 δ_d とする。

$$P_d = P_d^{\text{lim}} \quad (4.2)$$

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。

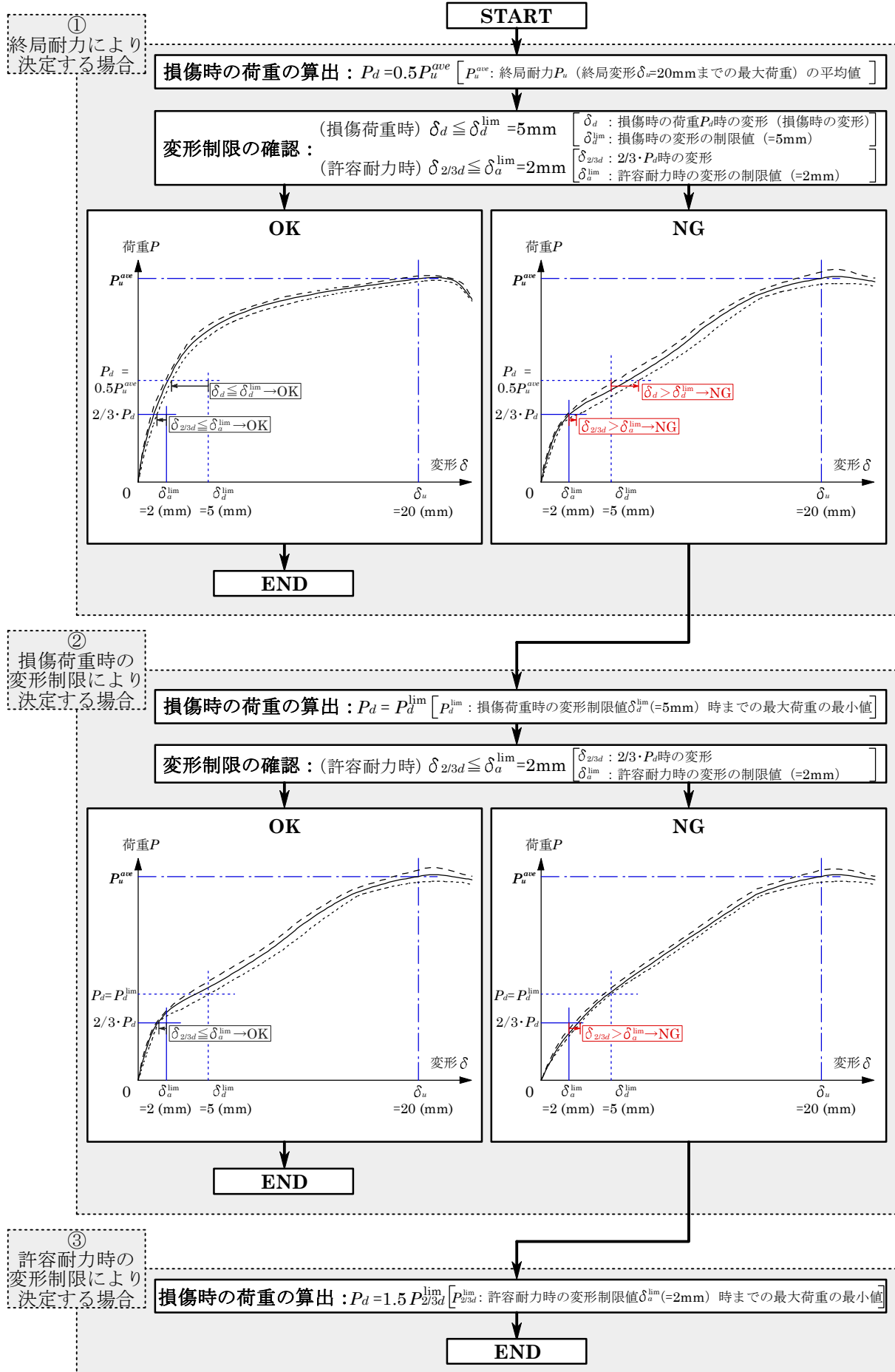
ただし、 $2/3 \cdot P_d$ 到達時の各試験体の変形 $\delta_{2/3d}$ が許容耐力時の変形の制限値 $\delta_a^{\text{lim}}=2\text{mm}$ 以下とならない場合は、損傷時の荷重 P_d および損傷時の変形 δ_d を次の③に従い算出する。

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(4.3)式によって算定し、(4.3)式による P_d 到達時の変形を損傷時の変形 δ_d とする。

$$P_d = 1.5P_{2/3d}^{\text{lim}} \quad (4.3)$$

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 4.1 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 4.2 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。

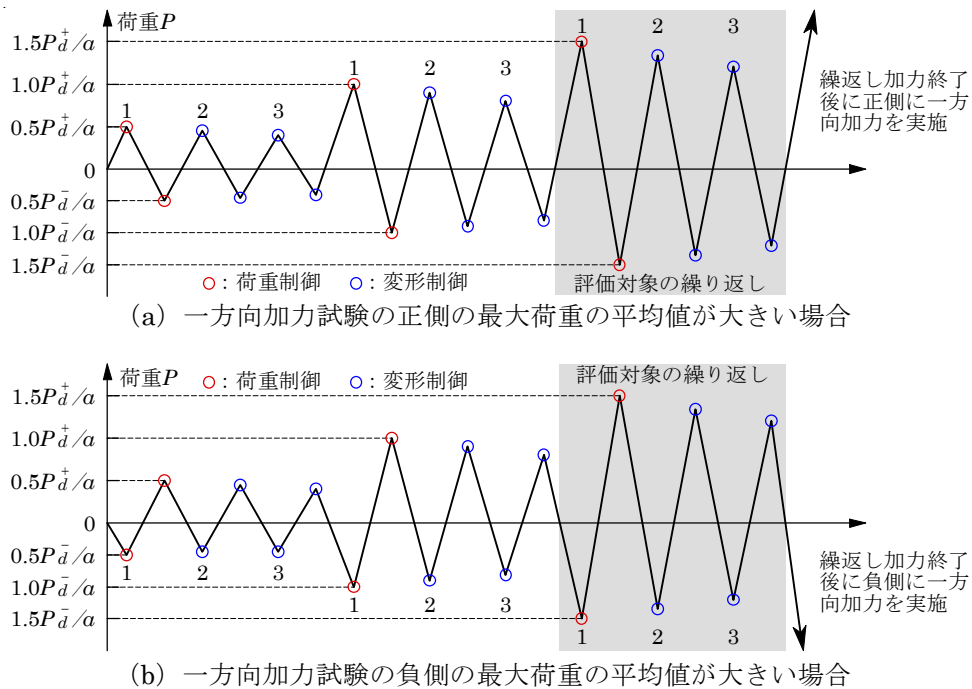
各段階における 1 回目の荷重制御値は、正側および負側の損傷時の荷重 P_d^+ 、 P_d^- に基づいて、正側は $0.5P_d^+ / \alpha^+ \rightarrow 1.0P_d^+ / \alpha^+ \rightarrow 1.5P_d^+ / \alpha^+$ 、負側は $0.5P_d^- / \alpha^- \rightarrow 1.0P_d^- / \alpha^- \rightarrow 1.5P_d^- / \alpha^-$ とする。ここで、 α^+ 、 α^- は 1.5 とする。各段階における 2 回目と 3 回目の正側の変形制御値 $D_a^{0.5,+}$ 、 $D_a^{1.0,+}$ 、 $D_a^{1.5,+}$ 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(4.4)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(4.5)式によって算出する。

$$\left| P_d^{cyc,+} \right| \geq 0.8 \cdot 1.5P_d^+ / \alpha^+ , \quad \left| P_d^{cyc,-} \right| \geq 0.8 \cdot 1.5P_d^- / \alpha^- \quad (4.4)$$

$$P_a^+ = P_d^+ / \alpha^+ , \quad P_a^- = P_d^- / \alpha^- \quad (4.5)$$

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 4.2 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(4.6)式によって算出する。

$$K^+ = P_d^+ / \delta_d^{ave,+} , \quad K^- = P_d^- / \delta_d^{ave,-} \quad (4.6)$$

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5 試験データ集

「評価方法1による損傷時の荷重の算出結果の詳細」

- ・ 損傷時の荷重の算出結果..... 付表 5
- ・ 荷重 P - 変形 δ 関係 付図 5

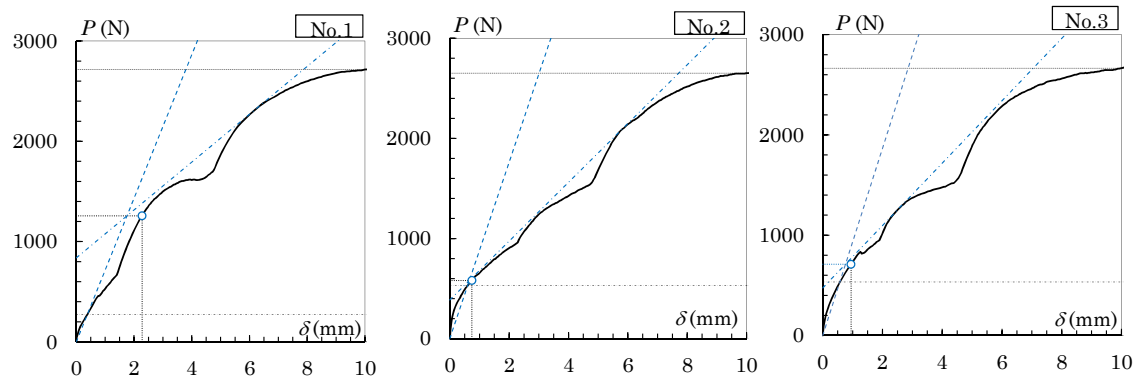
「試験写真の一覧」

- ・ 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

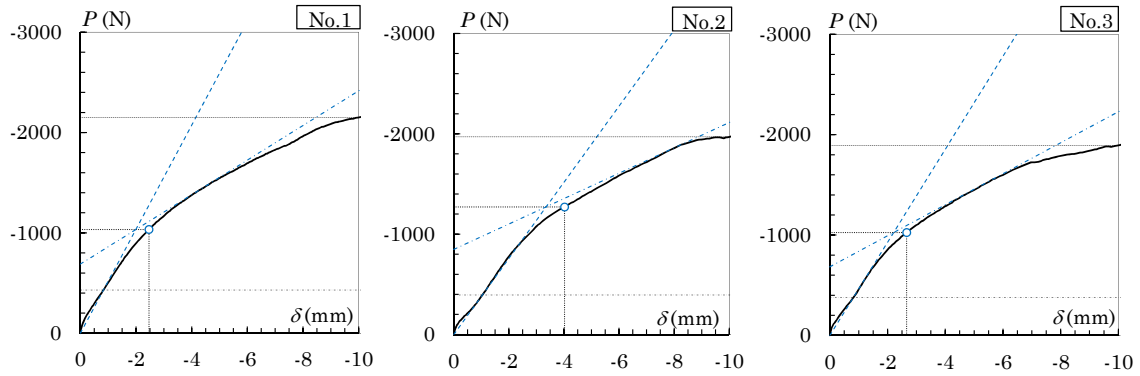
付表5 損傷時の荷重の算出結果（水平方向加力，評価方法1）

方向	試験体	初期剛性 k				損傷時の荷重 P_d		損傷時の変形 δ_d		
		(N/mm)	ζ_1	ζ_2	δ_u 時までの最大荷重 P_u (N)	δ_u (mm)	(N)	平均値 P_d^{ave}	(mm)	平均値 δ_d^{ave}
正側	1	716	0	0.10	2716	10	1257	850	2.278	1.321
	2	880	0	0.20	2651	10	582		0.740	
	3	933	0	0.20	2665	10	711		0.946	
負側	1	518	0	0.20	2151	10	1033	1109	2.469	3.052
	2	379	0	0.20	1969	10	1271		4.023	
	3	463	0	0.20	1894	10	1024		2.664	

○ : 損傷時の荷重 P_d と変形 δ_d , - - - : 初期剛性 k , - · - · : $1/3k$, - - - : $\zeta_1 \cdot P_u$, - · - · : $\zeta_2 \cdot P_u$, - - - : P_u



(a) 正側

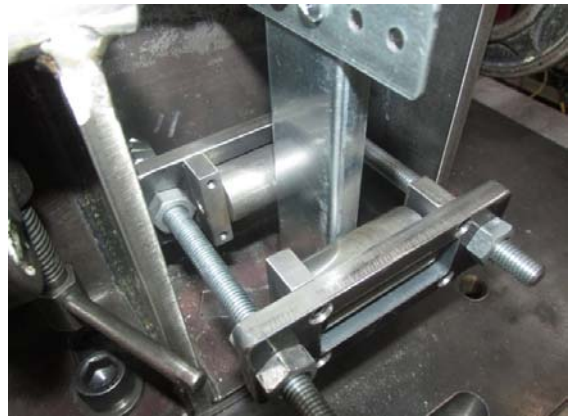


(b) 負側

付図5 荷重 P －変形 δ 関係（水平方向加力，評価方法1）



(a) 全景



(b) 振れ止め設置状況



(c) 試験体の設置状況（正側）および
変位計の設置状況（D.T.1～D.T.4）

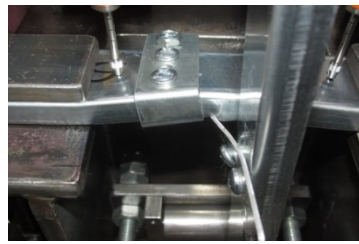


(d) 試験体の設置状況（負側）および
変位計の設置状況（D.T.1～D.T.4）

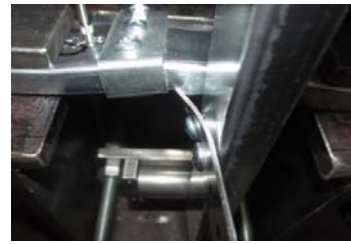
写真A 試験装置



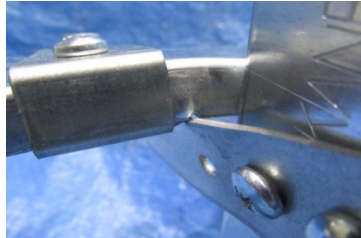
(a) 試験終了時



(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】

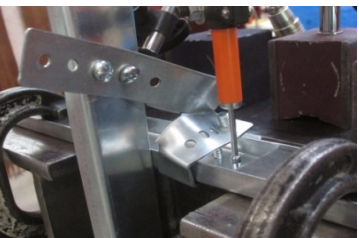


(f) 試験終了後
【No.3】

(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) 試験終了時
【No.1】



(d) 試験終了時
【No.2】

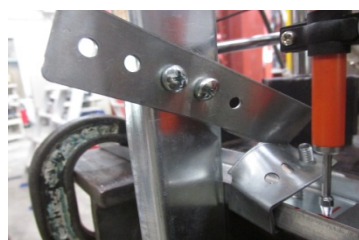


(f) 試験終了時
【No.3】

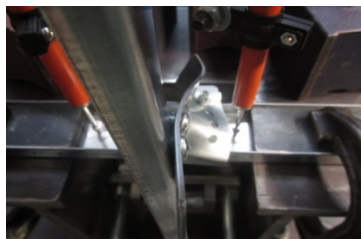
(2) 一方向加力試験（負側）



(a) 試験終了時



(c) 試験終了時



(b) 試験終了時
【評価方法1】



(d) 試験終了時
【評価方法2】

(3) 正負繰返し加力試験

写真B 試験終了時および終了後の試験体の状況（水平方向加力）

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。
- ・ 本試験結果の一部分を、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)