

発行番号：17Y01-2号
発行日：2017年7月7日



品質性能試験報告書

試験名称：特定天井における天井ユニットの水平加力試験
「耐震天井システム solid 4（ソリッドフォー）」

八潮建材工業株式会社

1. 試験の内容

国土交通省「建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説」（平成 25 年 10 月）（以後、「技術基準解説」という）第Ⅱ編 天井及びその部材・接合部の耐力・剛性の設定方法 第 4 章 天井ユニットの試験・評価に記載の試験方法に準じてユニット試験を実施した。

2. 試験の期間及び実施場所

期間 ： 2016 年 10 月 12 日から
2016 年 11 月 18 日まで

場所 ： 東急建設株式会社 技術研究所

3. 試験体

試験体は、ブレースを V 字に配置した在来工法による吊り天井である。試験体の一覧を表 1 に、構成部材を表 2 に、試験体の詳細を図 1 ～ 図 6 に示す。

表 1 試験体の一覧

試験体記号	加力 方向	加力 経路	平面 寸法 (mm)	吊り 長さ (mm)	ブレース			せっこうボード		試験体 図 面										
					配置	断面	仰角 θ (°)	厚さ	枚数											
30_MB_m	野縁	単調	2100 × 3800	600	V 字状 1 組	C-60×30×10×1.6	30	9.5	1	図 1										
30_MB_c		繰返し									図 2									
30_CC_m	野縁 受け	単調								図 3										
30_CC_c		繰返し									図 4									
45_MB_m	野縁	単調		950			45			60		図 5								
45_MB_c		繰返し									図 6									
45_CC_m	野縁 受け	単調										1500	60	9.5	1	図 7				
45_CC_c		繰返し									図 8									
60_MB_m	野縁	単調		1500			60			9.5						1	図 9			
60_MB_c		繰返し									図 10									
60_CC_m	野縁 受け	単調															1500	60	9.5	1
60_CC_c		繰返し									図 12									

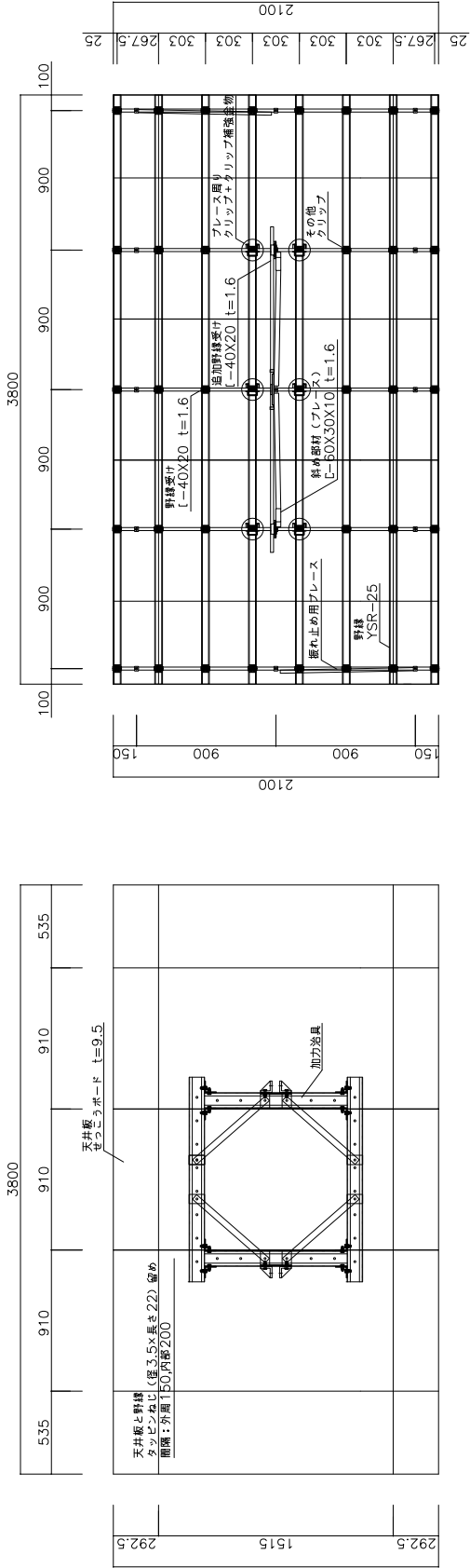
表 2 構成部材の一覧

一般名称	部材名称／材質	主な接合方法
野縁	YSR-25 (C-50×25×5×0.8)	・ブレース上端 吊りボルトと斜め部材上端接合部材： UBR (2-W3/8六角ボルト)
	SGCC Z12 (JIS G 3302)	
野縁受け	C-40×20×1.6	斜め部材上端接合部材とブレース： ドリリングねじ (6-φ4×16)
	SGCC Z12 (JIS G 3302)	
野縁受け繋ぎ材	C-40×20×1.6	・ブレース下端 (野縁方向：MB) DBR-N ブレースとの接合： ドリリングねじ (4-φ4×16) DBR-N 野縁受け繋ぎ材との接合： ドリリングねじ (6-φ4×16)
	SGCC Z12 (JIS G 3302)	
ブレース	C-60×30×10×1.6	・ブレース下端 (野縁受け方向：CC) DBR-NU ブレースとの接合： ドリリングねじ (4-φ4×16) DBR-NU 野縁受けとの接合： ドリリングねじ (6-φ4×16)
	SGCC Z12 (JIS G 3302)	
吊りボルト	W3/8 全ねじボルト	・吊りボルトと野縁受け ハンガ：YSRハンガ40B (1-M6ボルト)
	SWRM12 (JIS G 3505)	
ハンガ	YSRハンガ40B	・野縁受けと野縁 (クリップ) a. 一般部 YSRクリップ38S (1-M6ボルト) b. ブレース近傍の 6 箇所 YSRクリップ38 + クリップカバーYSR クリップカバーYSRと野縁受け： ドリリングねじ (2-φ4×16) クリップカバーYSRと野縁： ドリリングねじ (4-φ4×13) ※薄板用
	SGCC Z12 (JIS G 3302) t=2.0	
クリップ	YSRクリップ40W	・野縁受けと野縁 (クリップ) a. 一般部 YSRクリップ38S (1-M6ボルト) b. ブレース近傍の 6 箇所 YSRクリップ38 + クリップカバーYSR クリップカバーYSRと野縁受け： ドリリングねじ (2-φ4×16) クリップカバーYSRと野縁： ドリリングねじ (4-φ4×13) ※薄板用
	SGCC Z12 (JIS G 3302) t=1.6	
クリップ補強部材	クリップカバーYSR	・野縁受けと野縁受け繋ぎ材 クロスジョイント40：ドリリングねじ (7-φ4×16)
	SGCC Z12 (JIS G 3302) t=1.6	
斜め部材上端接合部材	UBR	・野縁と天井板 タッピンねじ (φ3.5×22) 間隔：外周@150、内部@200
	SGCC Z12 (JIS G 3302) t=2.0	
斜め部材下端接合部材 (野縁方向：MB)	DBR-N	
	SGCC Z12 (JIS G 3302) t=2.3	
斜め部材下端接合部材 (野縁受け方向：CC)	DBR-NU	
	SGCC Z12 (JIS G 3302) t=2.3	
野縁受け繋ぎ材固定金具	クロスジョイント 40	
	SGCC Z12 (JIS G 3302) t=1.6	
せっこうボード	普通せっこうボード 9.5mm	
	GB-R (JIS A 6901)	



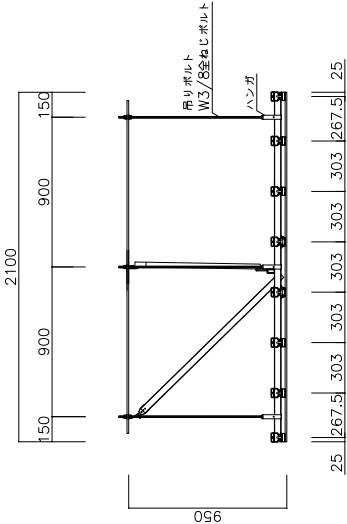


図2 30_CC_m,c 試験体図 (ブレース仰角 30°、野縁受け方向)

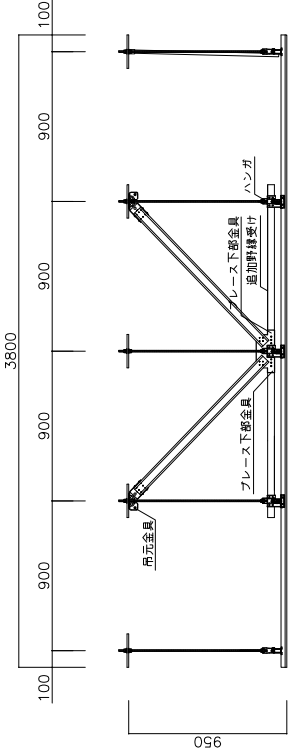


加力方向 単調 (1体) 正 ← 負
繰返し (1体) 正 ⇐ 負

平面図



側面図



正面図

図 3 45_MB_m,c 試験体図 (ブレース仰角 45°、野縁方向)



図 4 45_CC_m,c 試験体図 (ブレース仰角 45°、野縁受け方向)



図5 60_MB_m,c 試験体図 (ブレース仰角 60°、野縁方向)

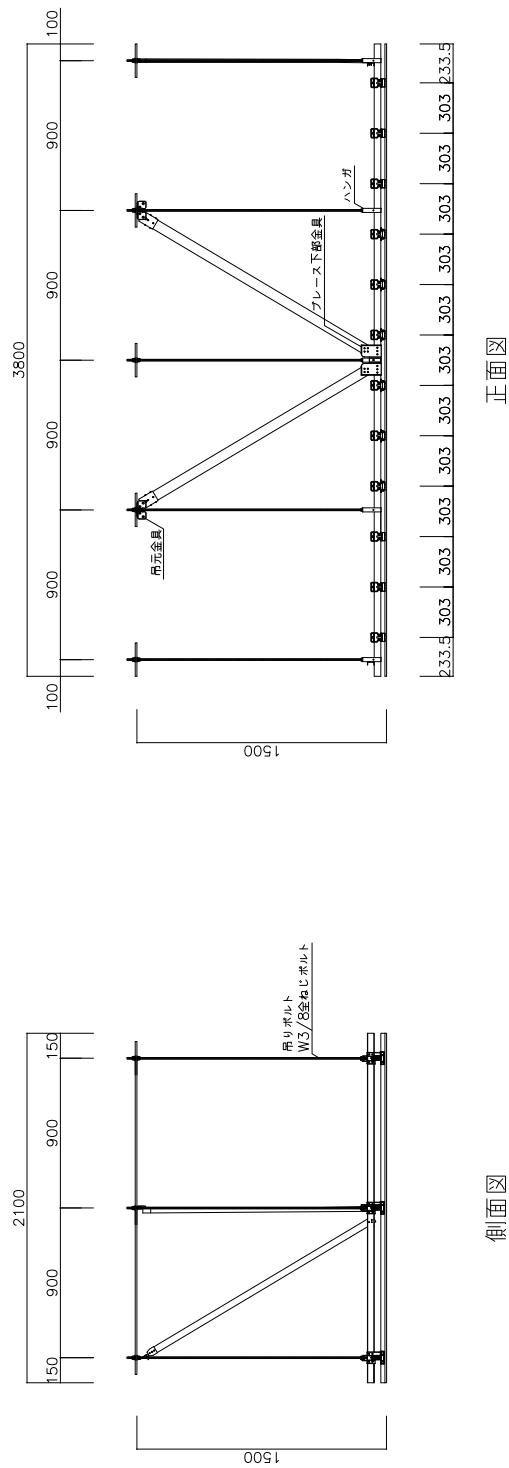
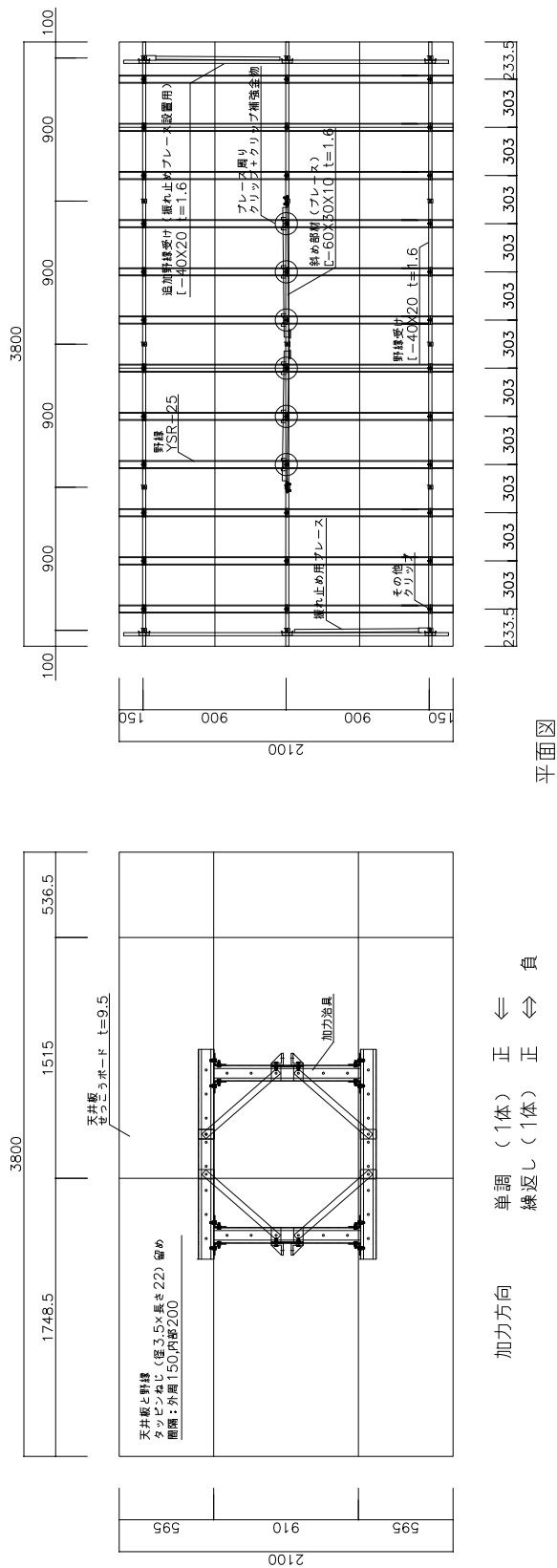


図6 60_CC_m,c 試験体図 (ブレース仰角 60°、野縁受け方向)

4. 試験方法

試験は、技術基準解説に従って行った。加力装置及び測定装置の一覧を表 3 に、試験方法を図 7 に、試験の実施状況を写真 1～写真 4 に示す。加力は単調加力及び繰返し加力とし、各加力試験の試験方法は下記の通り。計測は、図 7 に示す様に、油圧ジャッキによる試験体への作用荷重をロードセル（分解能：32.66 N）で計測する。これに応答する試験体の変位は、ブレース下端直下のせっこうボードの水平変位を歪みゲージ式変位計（分解能：0.005 mm）4 本によって計測し、その相加平均を天井面の水平変位とした。

a. 単調加力試験

単調加力試験では図 7 に示す正方向について試験を行った。試験方法は技術基準解説の記載に準じ、損傷荷重と繰返し試験の制御変位を算定する。具体的評価手順は下記の通り。

① 荷重-変位曲線に基づき、初期剛性 K の直線Ⅰを引く。

（初期剛性 K は最大荷重 P_{max} の 0.2 倍に相当する荷重値と原点を結んだ直線から得ている）

② $K/3$ の傾きをもつ直線を、荷重-変位曲線に接するように平行移動したものを直線Ⅱとする。

③ 直線Ⅰと直線Ⅱの交点での荷重を損傷荷重 P_d とみなす。

尚、本来技術基準解説では、同書に示された算定方法から導かれる損傷荷重（以後、「算定損傷荷重」という。）を用いて許容耐力を設定し、特定天井の設計をすることができる旨示されているが、本試験では一層の安全性を期すため、また、繰返し試験での単調加力試験結果との同等性評価基準をより優秀に満足する履歴を描くことを目標とし、算定損傷荷重をやや自主的に低減させ、ブレースの仰角によらず 6300 N と設定損傷荷重を設定した。この際、繰返し試験の制御変位の設定における、 α^+ , α^- （制御変位の基準値 D_a の設定に用いる 1.5 以上の数値）は 1.5 とした。そのため、単調加力試験との同等性評価基準に適合した場合に採用できる許容耐力は、4200 N となる。

剛性については、技術基準解説が示す通り、損傷時の荷重 P_d に相当する点と原点を結ぶ直線の傾きとした。

b. 繰返し加力試験

繰返し加力は正負交番繰返し加力とし、繰返し条件は単調加力試験の結果から求めた制御変位の基準値 D_a に対して、0.5 D_a 、1.0 D_a 、1.5 D_a の三段階について、各 3 回、合計 9 サイクル実施し、1.5 D_a のサイクルにおける制御変位時の荷重が単調加力試験との同等性評価基準に適合することを確認する。

表 3 加力装置及び測定装置の一覧

種類	名称	仕様及び用途
加力装置	試験装置	鋼製反力フレーム
	ロードセル	容量：100 kN ヒステリシス：0.3 %RO 非直線性 0.3 %RO
	油圧ジャッキ	能力：125 kN ストローク：79 mm
	油圧ポンプ	加力用
測定装置	歪ゲージ式変位計	容量：50 mm 感度：200 × 10 ⁻⁶ ひずみ / mm 非直線性 0.1 %RO
	データロガー	荷重及び変位測定用

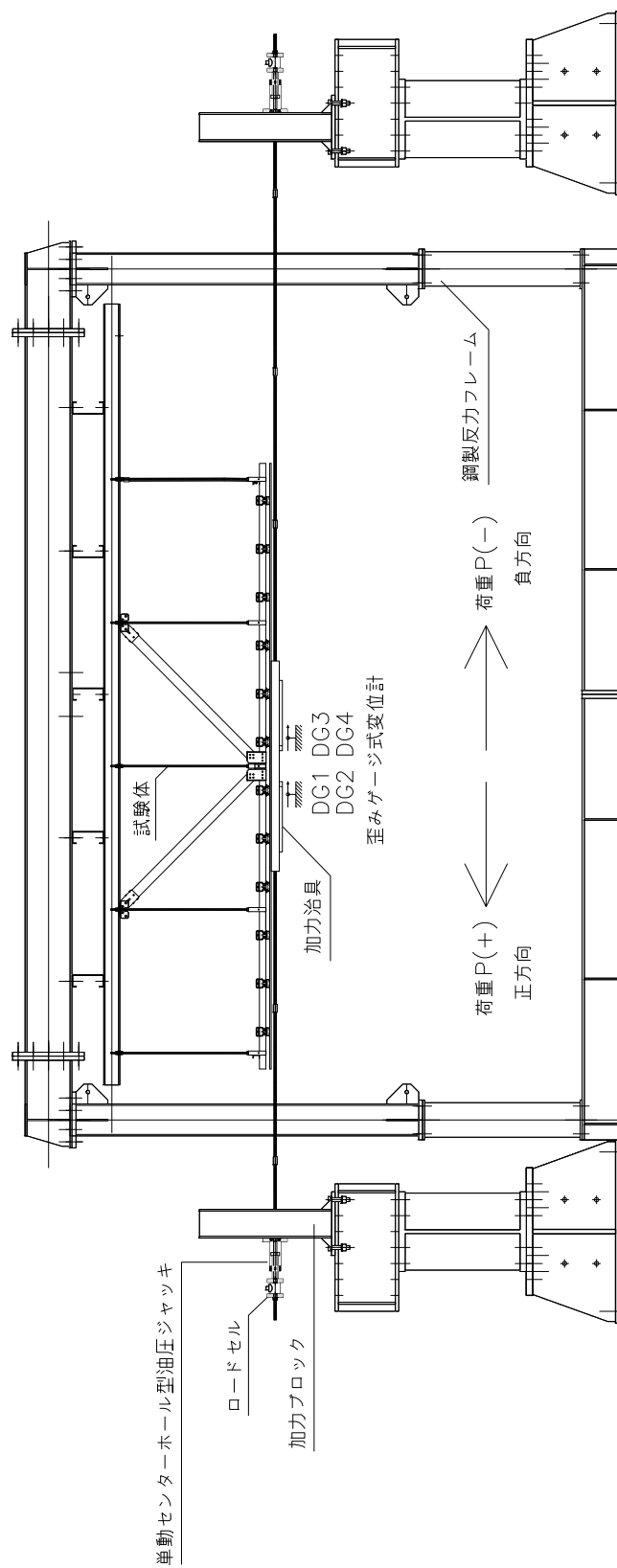


図 7 試験方法

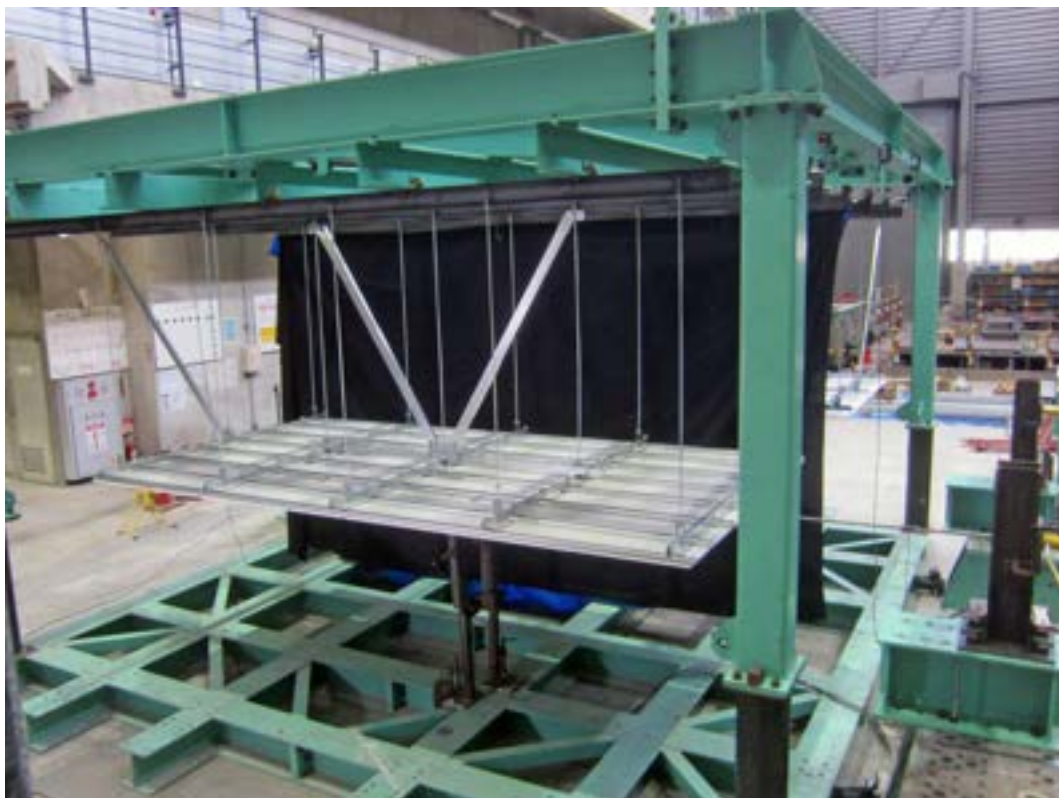


写真 1 試験実施状況（全景）



写真 2 試験実施状況（加力側）

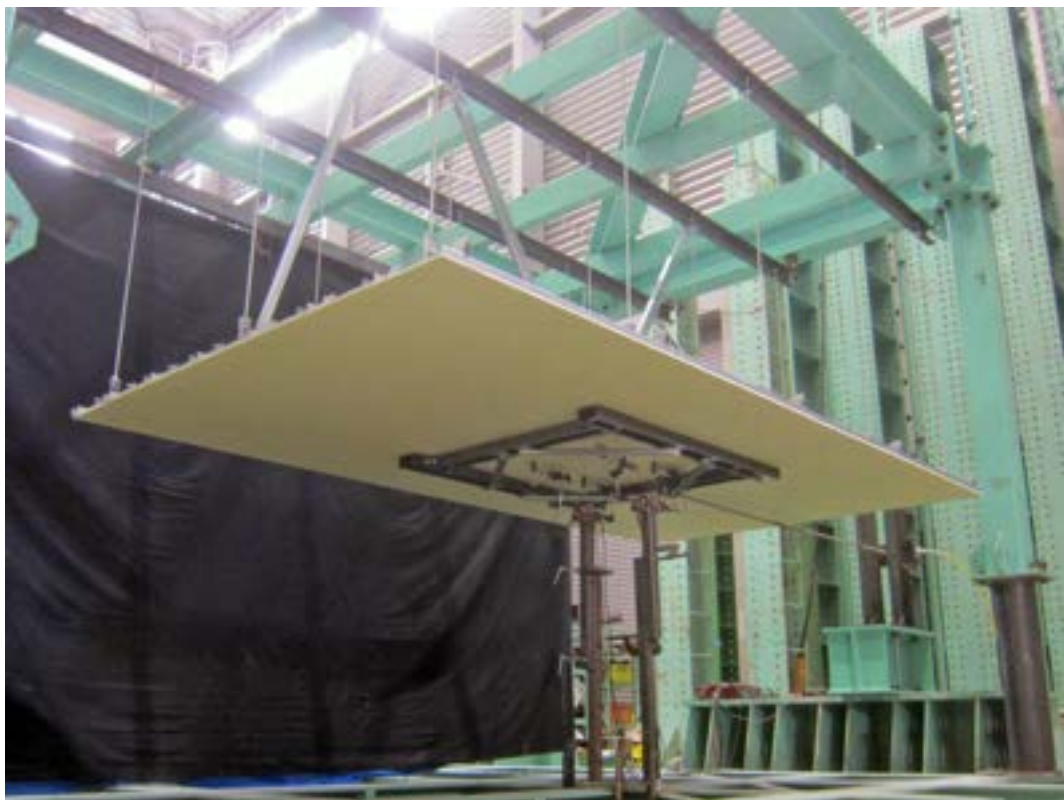


写真 3 試験実施状況（天井下面）



写真 4 試験実施状況（加力治具と変位計の設置状況）

5. 試験結果

本試験で用いた耐震天井システム solid 4（ソリッドフォー）は、ブレースの仰角によらず、設定損傷荷重から許容耐力 4.2 kN（4,200 N）が得られることを確認した。試験結果の詳細を次頁よりブレースの仰角毎に示す。

(5 - 1) 30 ° 試験体の試験結果

a. 単調加力試験

単調加力試験で得られた荷重-変位曲線を図 8 に、試験結果一覧を表 4 に、各方向の終局状況を写真 5、6 に示す。

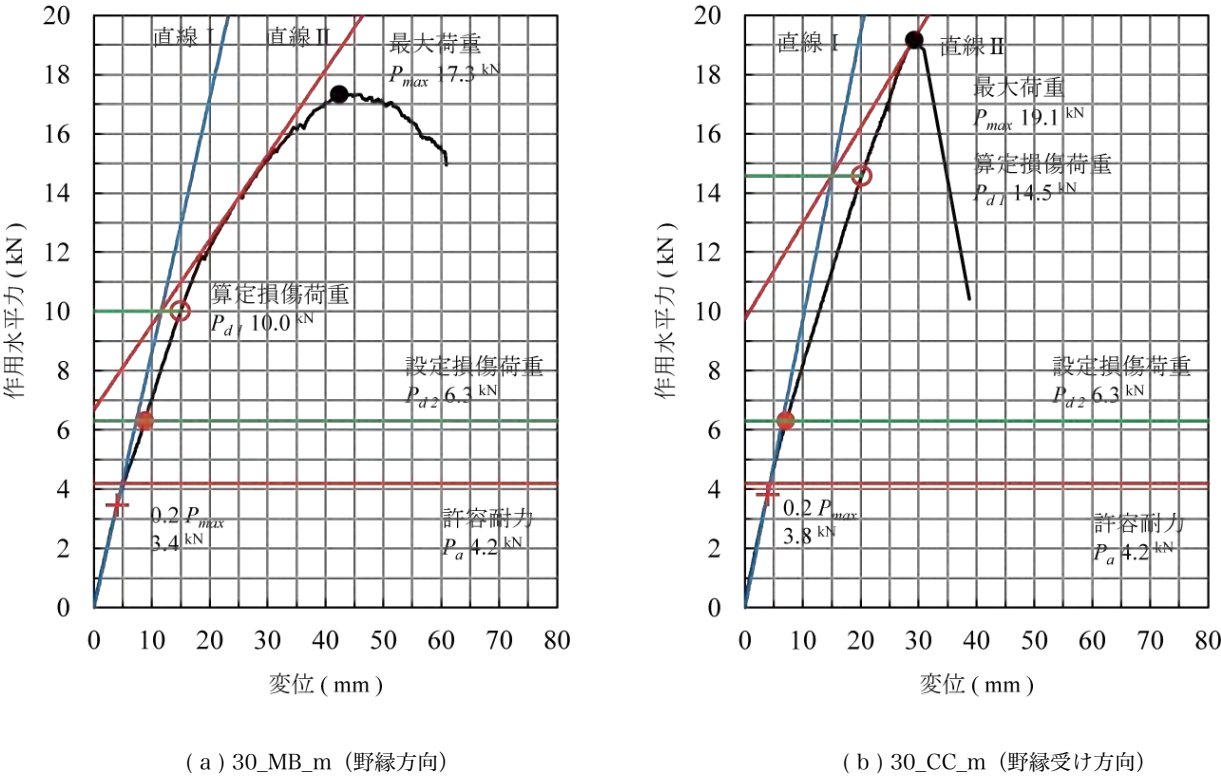


図 8 単調加力試験の荷重-変位曲線 (30° 試験体)

表 4 試験結果一覧 (単調加力試験)

試験体記号	加力方向	損傷荷重時		最大荷重時		許容耐力 (P_a) N	剛性 N/mm	破壊状況
		荷重 (P_{d2}) N	変位 (d) mm	荷重 (P_{max}) N	変位 (δ) mm			
30_MB_m	野縁 正	6308	8.78	17324	44.00	4205	718	・ ボードビス頭がせっこう ボードにめり込み ・ せっこうボードの損傷 ・ 野縁受け繋ぎ材と野縁受け 接合部-野縁受けの面外曲げ
30_CC_m	野縁受け 正	6308	7.13	19155	29.96	4205	884	・ 圧縮側斜め部材上端金具 の損傷

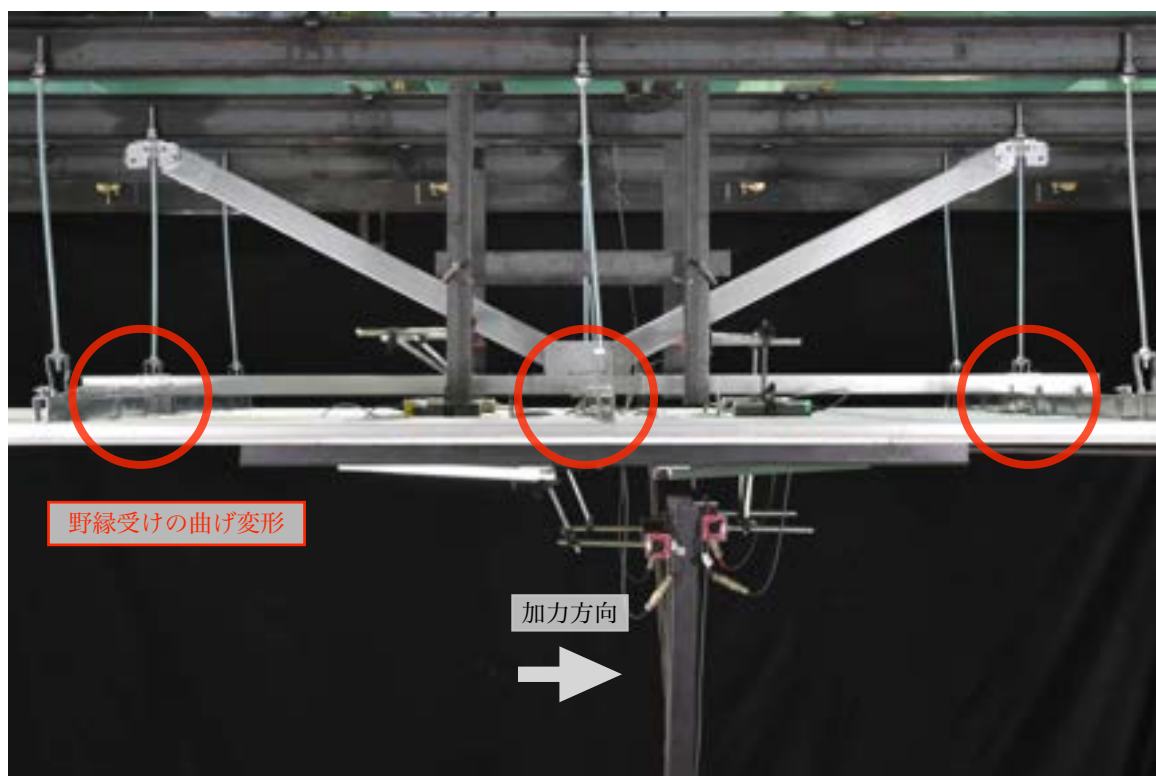


写真 5 30_MB_m (野縁方向) 終局状況

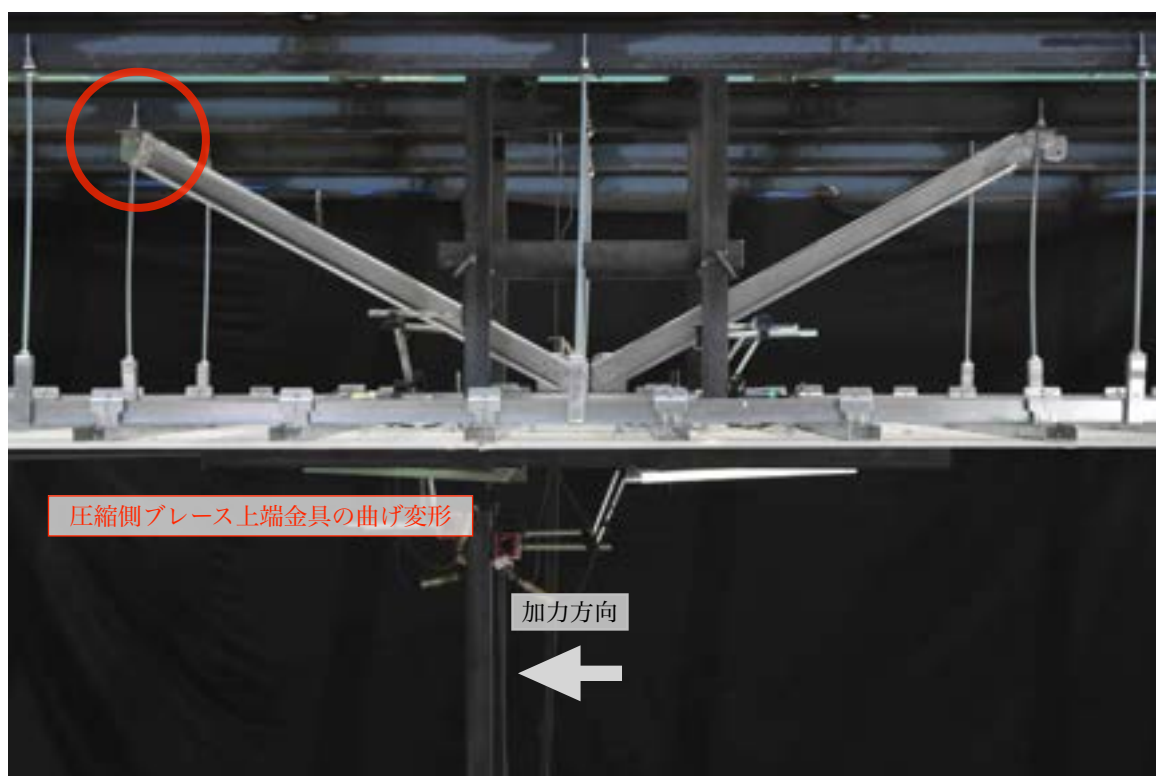


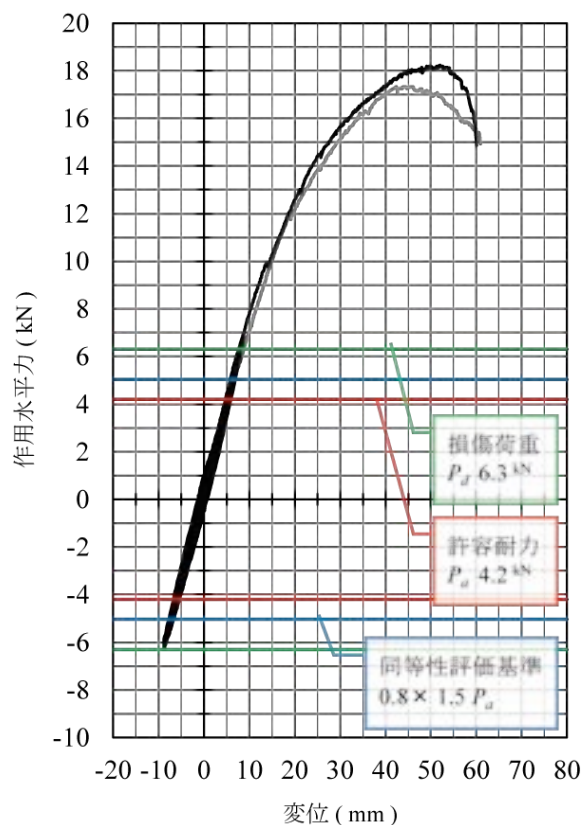
写真 6 30_CC_m (野縁受け方向) 終局状況

b. 繰返し加力試験

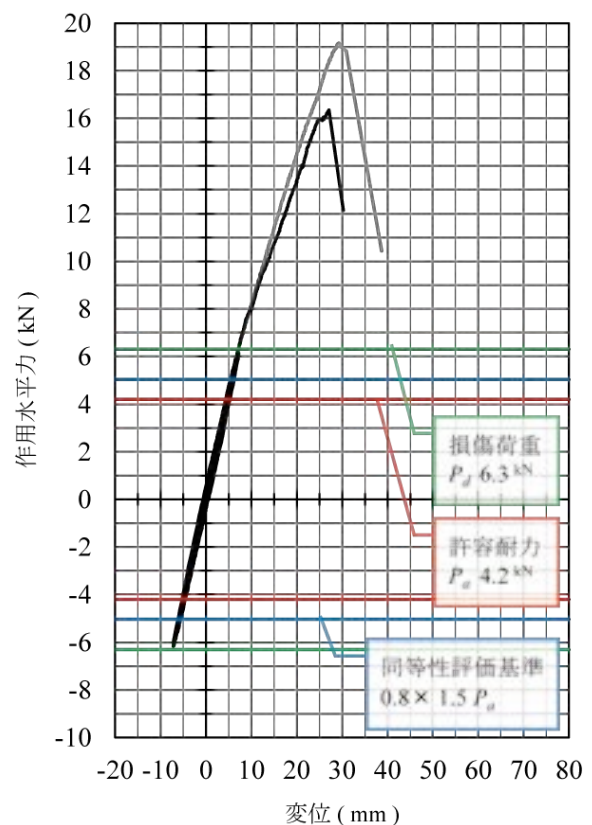
単調加力試験で得られた繰返し加力試験の制御変位一覧を表 5 に、繰返し加力試験で得られた荷重-変位曲線を図 9 に、 $1.5 D_a$ サイクル時の繰返し加力試験結果一覧（単調加力試験との同等性評価）を表 6 に示す。

表 5 繰返し加力試験の制御変位一覧表

試験体記号	加力方向		$0.5 \times D_a$			$1.0 \times D_a$			$1.5 \times D_a$		
			1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C
30_MB_c	野縁	正	2.93			5.85			8.78		
		負	-2.93			-5.85			-8.78		
30_CC_c	野縁受け	正	2.38			4.75			7.13		
		負	-2.38			-4.75			-7.13		



(a) 30_MB_c (野縁方向)



(b) 30_CC_c (野縁受け方向)

図 9 繰返し加力試験の荷重-変位曲線 (30° 試験体) ※グレーは単調加力試験の荷重-変位曲線

表 6 試験結果一覧（繰返し加力試験・単調加力試験との同等性評価）

試験体記号	加力方向		加力 サイ クル	1.5 D_a 時		同等性評価基準 $0.8 \times 1.5 P_a$ (単調加力) N	適否	試験体の状況
				荷重 (P) N	変位 (δ) mm			
30_MB_c	野縁	正	7C	6962	8.79	5047.11	適合	・異状なし
			8C	6962	8.79		適合	
			9C	6929	8.78		適合	
		負	7C	-6210	-8.78		適合	
			8C	-6145	-8.78		適合	
			9C	-6112	-8.78		適合	
30_CC_c	野縁 受け	正	7C	6178	7.13	5047.11	適合	・異状なし
			8C	6178	7.13		適合	
			9C	6243	7.13		適合	
		負	7C	-6178	-7.13		適合	
			8C	-6145	-7.12		適合	
			9C	-6112	-7.14		適合	

上記から繰返し試験は単調加力試験結果との同等性評価基準に適合することを確認した。
従って、試験結果から算定される許容耐力は 4.2 kN (4,200 N)となる。

(5 - 2) 45 ° 試験体の試験結果

a. 単調加力試験

単調加力試験で得られた荷重-変位曲線を図 10 に、試験結果一覧を表 7 に、各方向の終局状況を写真 7、8 に示す。

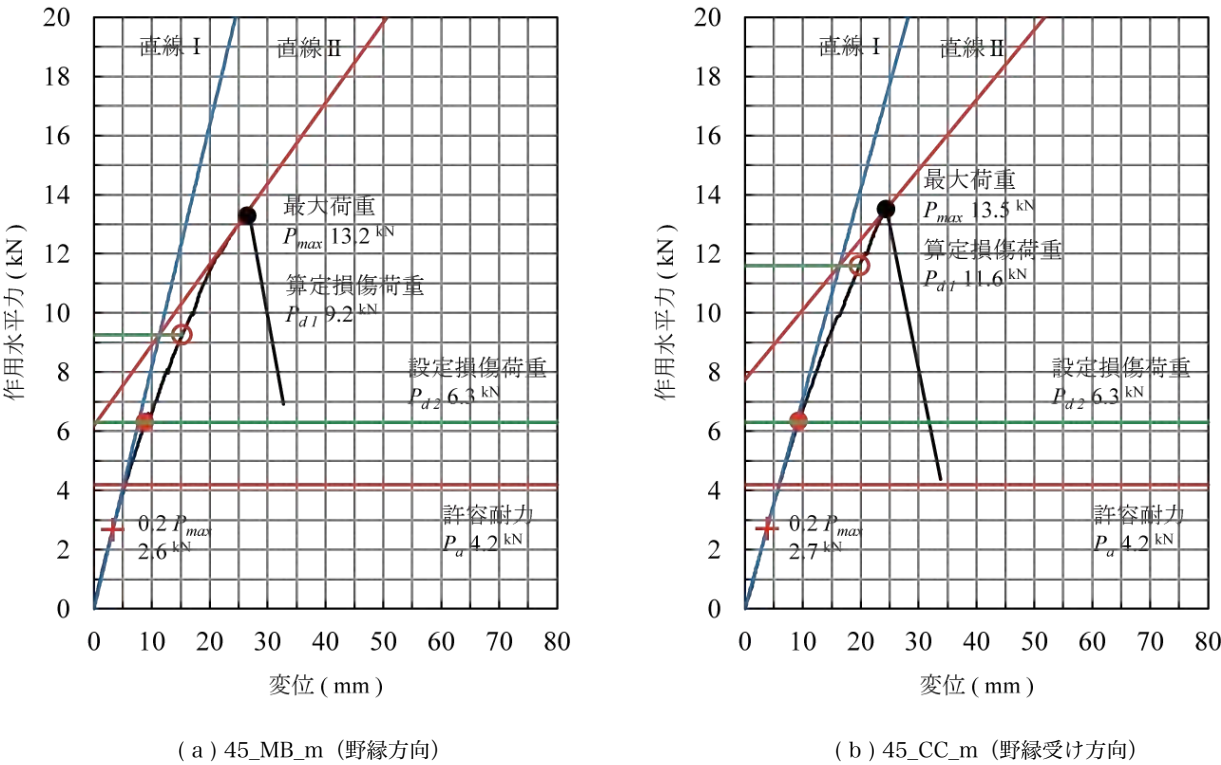


図 10 単調加力試験の荷重-変位曲線 (45° 試験体)

表 7 試験結果一覧 (単調加力試験)

試験体記号	加力方向	損傷荷重時		最大荷重時		許容耐力 (P_a) N	剛性 N/mm	破壊状況
		荷重 (P_{d2}) N	変位 (d) mm	荷重 (P_{max}) N	変位 (δ) mm			
45_MB_m	野縁 正	6308	8.85	13271	26.49	4205	712	・圧縮側斜め部材上端金具の損傷
45_CC_m	野縁受け 正	6308	9.32	13500	24.42	4205	676	・圧縮側斜め部材上端金具の損傷

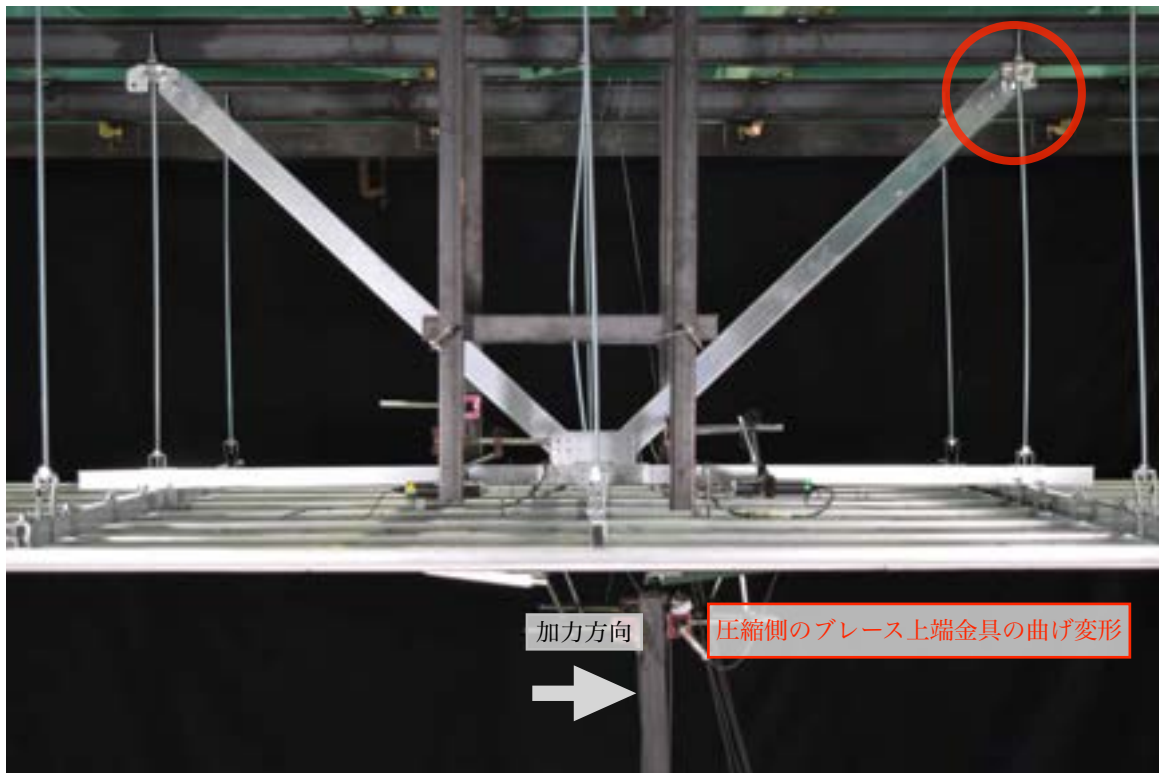


写真 7 45_MB_m (野縁方向) 終局状況

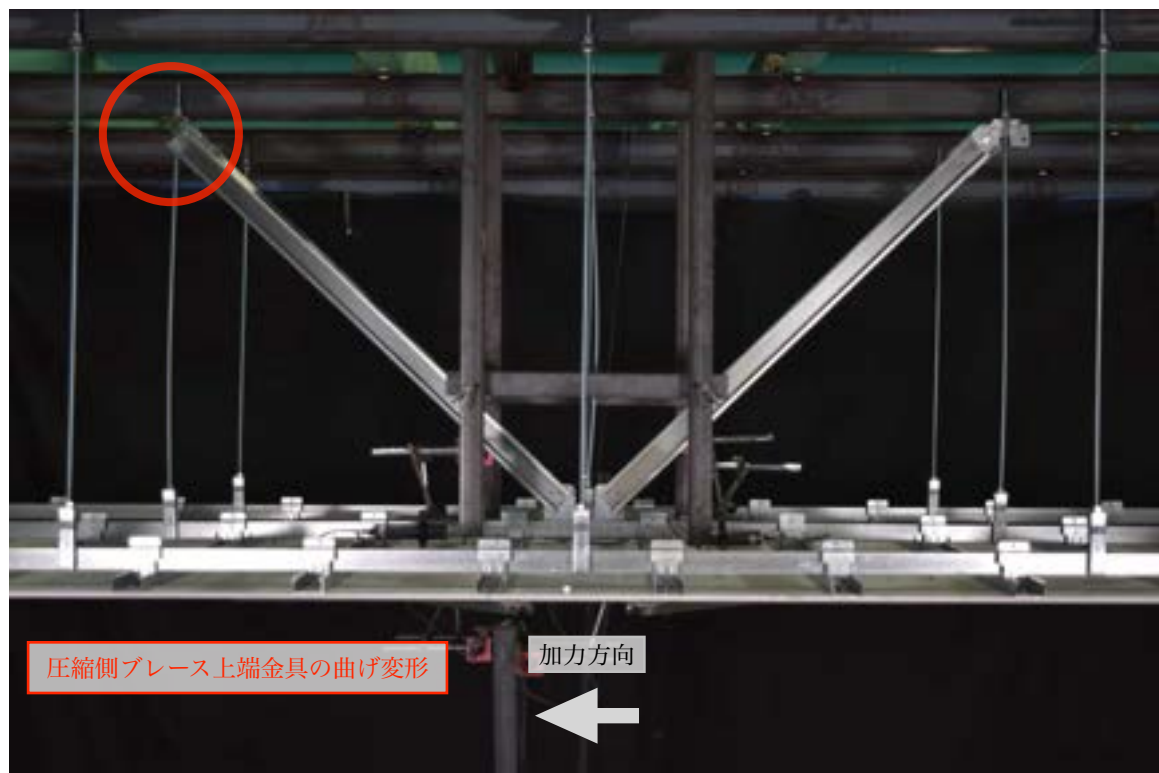


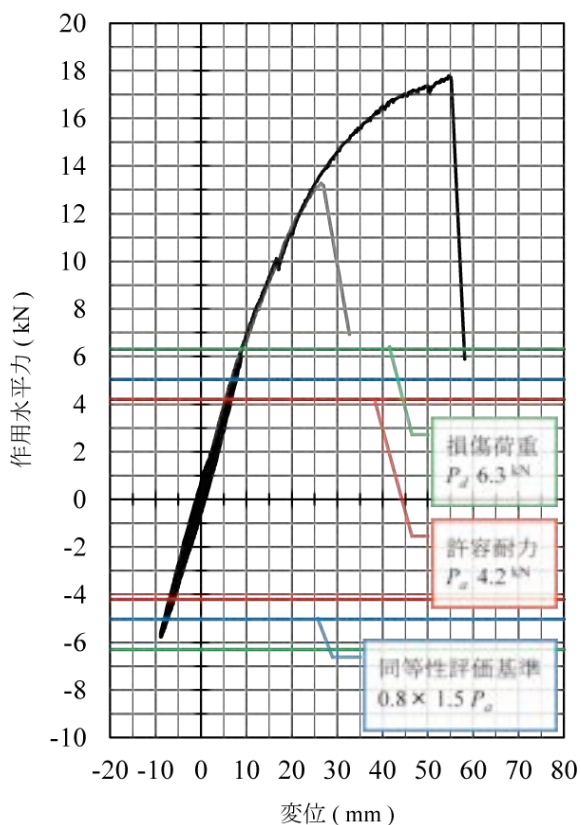
写真 8 45_CC_m (野縁受け方向) 終局状況

b. 繰返し加力試験

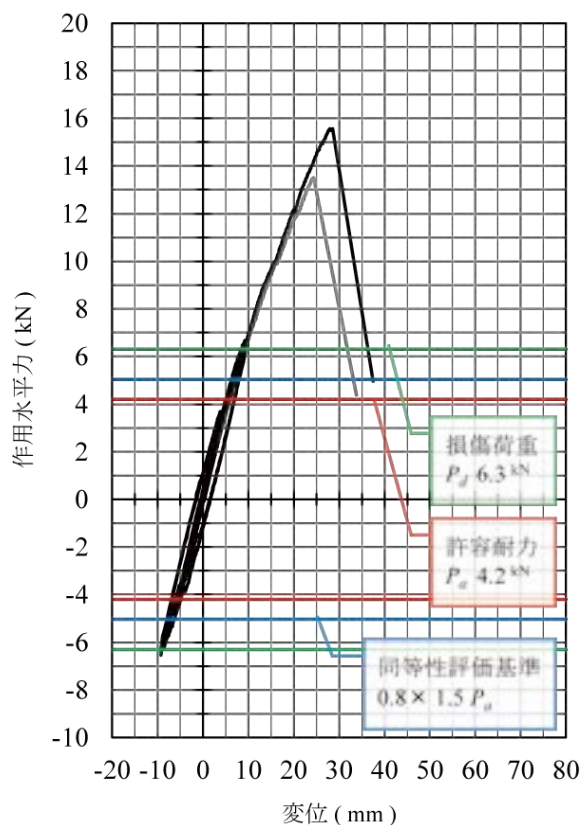
単調加力試験で得られた繰返し加力試験の制御変位一覧を表 8 に、繰返し加力試験で得られた荷重-変位曲線を図 11 に、 $1.5 D_a$ サイクル時の繰返し加力試験結果一覧（単調加力試験との同等性評価）を表 9 に示す。

表 8 繰返し加力試験の制御変位一覧

試験体記号	加力方向		$0.5 \times D_a$			$1.0 \times D_a$			$1.5 \times D_a$		
			1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C
45_MB_c	野縁	正	2.95			5.90			8.85		
		負	-2.95			-5.90			-8.85		
45_CC_c	野縁受け	正	3.11			6.21			9.32		
		負	-3.11			-6.21			-9.32		



(a) 45_MB_c (野縁方向)



(b) 45_CC_c (野縁受け方向)

図 11 繰返し加力試験の荷重-変位曲線（45° 試験体）※グレーは単調加力試験の荷重-変位曲線

表 9 試験結果一覧（繰返し加力試験・単調加力試験との同等性評価）

試験体記号	加力方向		加力 サイ クル	1.5 D_a 時		同等性評価基準 $0.8 \times 1.5 P_a$ (単調加力) N	適否	試験体の状況
				荷重 (P) N	変位 (δ) mm			
45_MB_c	野縁	正	7C	5949	8.85	5047.11	適合	・異状なし
			8C	6014	8.85		適合	
			9C	6047	8.85		適合	
		負	7C	-5785	-8.87		適合	
			8C	-5720	-8.85		適合	
			9C	-5655	-8.87		適合	
45_CC_c	野縁 受け	正	7C	6668	9.33	5047.11	適合	・異状なし
			8C	6145	9.30		適合	
			9C	6374	9.33		適合	
		負	7C	-6537	-9.32		適合	
			8C	-6439	-9.31		適合	
			9C	-6374	-9.31		適合	

上記から繰返し試験は単調加力試験結果との同等性評価基準に適合することを確認した。
従って、試験結果から算定される許容耐力は 4.2 kN (4,200 N) となる。

(5 - 3) 60° 試験体の試験結果

a. 単調加力試験

単調加力試験で得られた荷重-変位曲線を図 12 に、試験結果一覧を表 10に、各方向の終局状況を写真 9、10に示す。

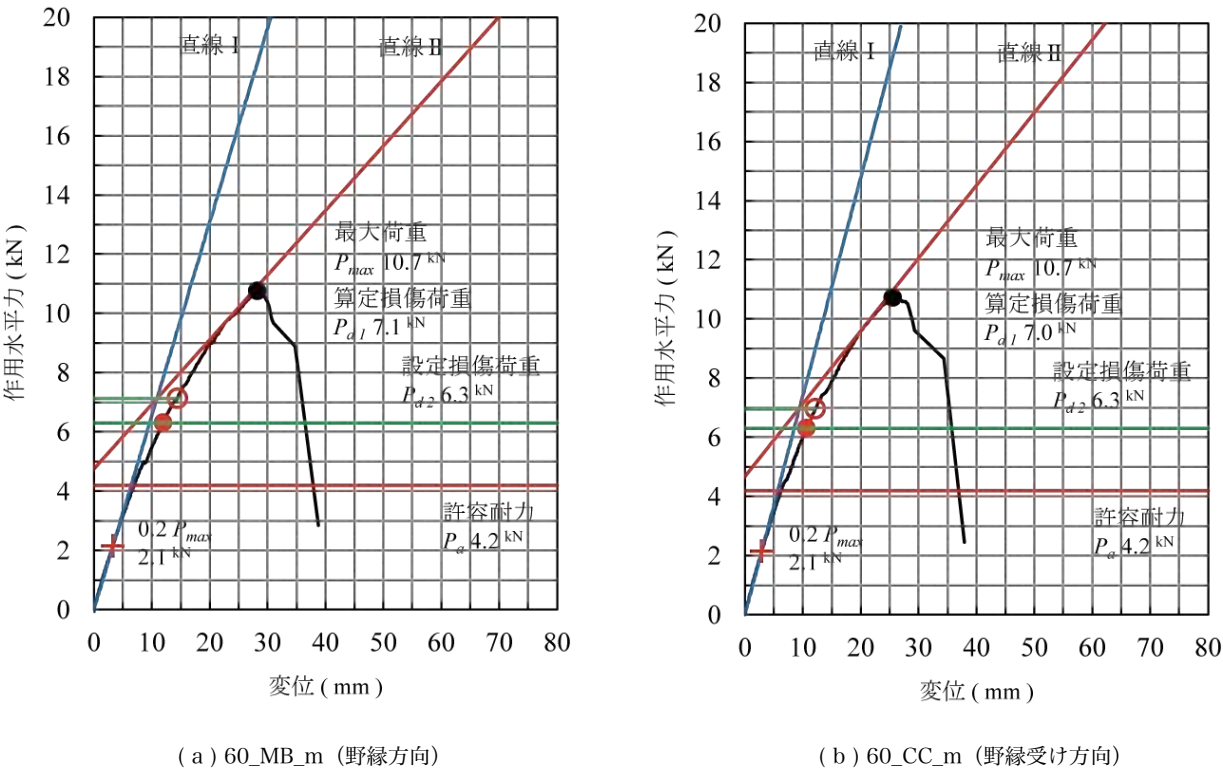


図 12 単調加力試験の荷重-変位曲線 (60° 試験体)

表 10 試験結果一覧 (単調加力試験)

試験体記号	加力方向	損傷荷重時		最大荷重時		許容耐力 (P_a) N	剛性 N/mm	破壊状況
		荷重 (P_{d2}) N	変位 (d) mm	荷重 (P_{max}) N	変位 (δ) mm			
60_MB_m	野縁 正	6308	11.97	10754	28.22	4205	527	・ 圧縮側斜め部材上端金具の 損傷 ・ 引張側斜め部材上端金具の ずれ
60_CC_m	野縁受け 正	6308	10.65	10721	25.58	4205	592	・ 圧縮側斜め部材上端金具の 損傷 ・ 引張側斜め部材上端金具の ずれ

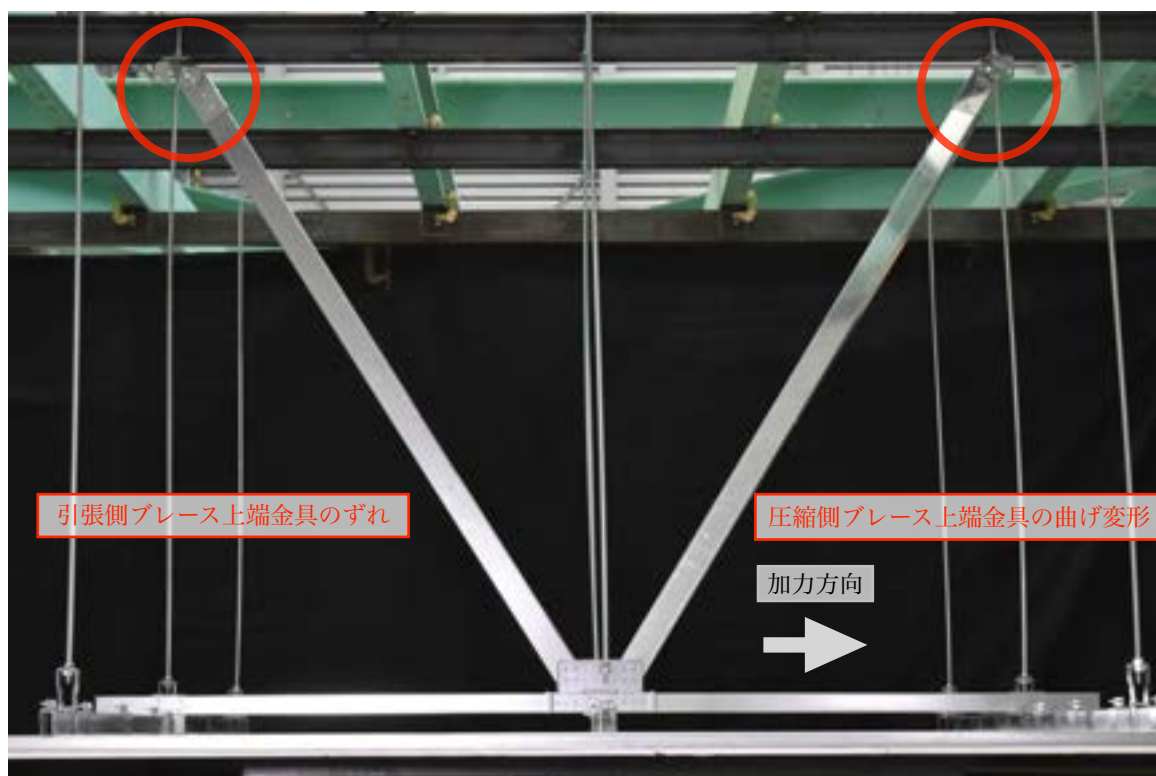


写真 9 60_MB_m (野縁方向) 終局状況

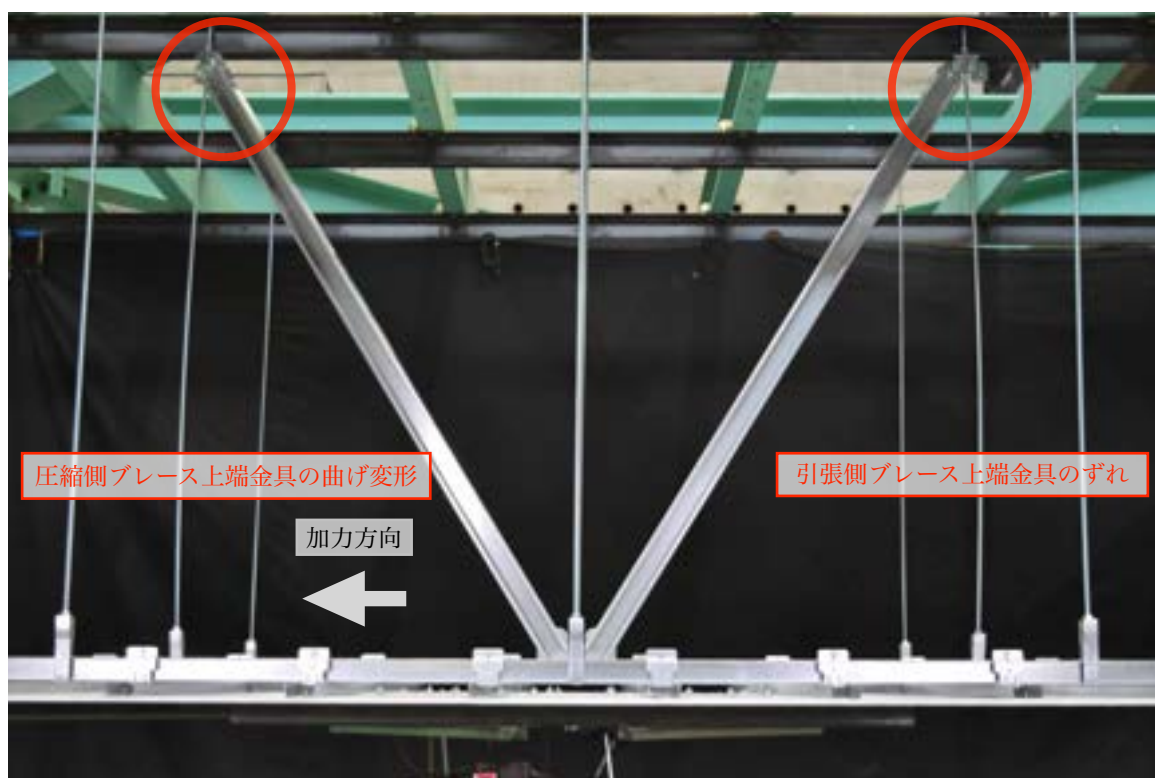


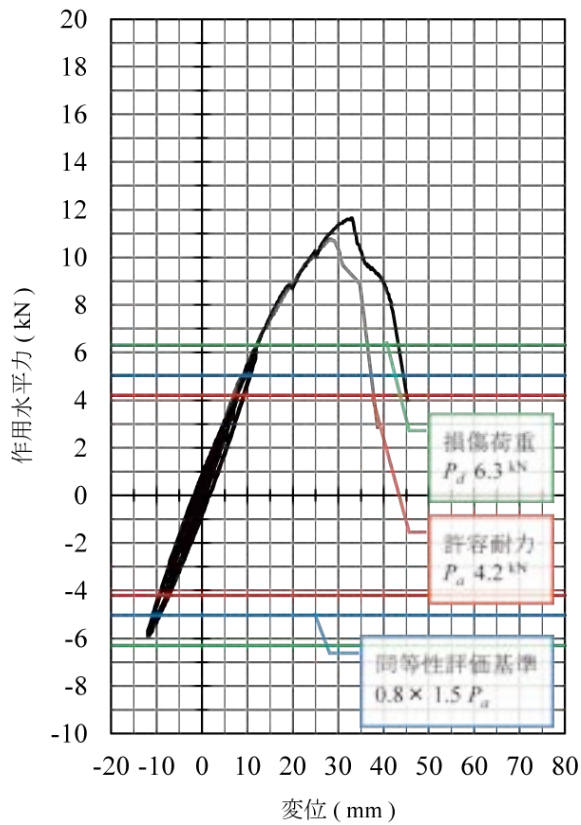
写真 10 60_CC_m (野縁受け方向) 終局状況

b. 繰返し加力試験

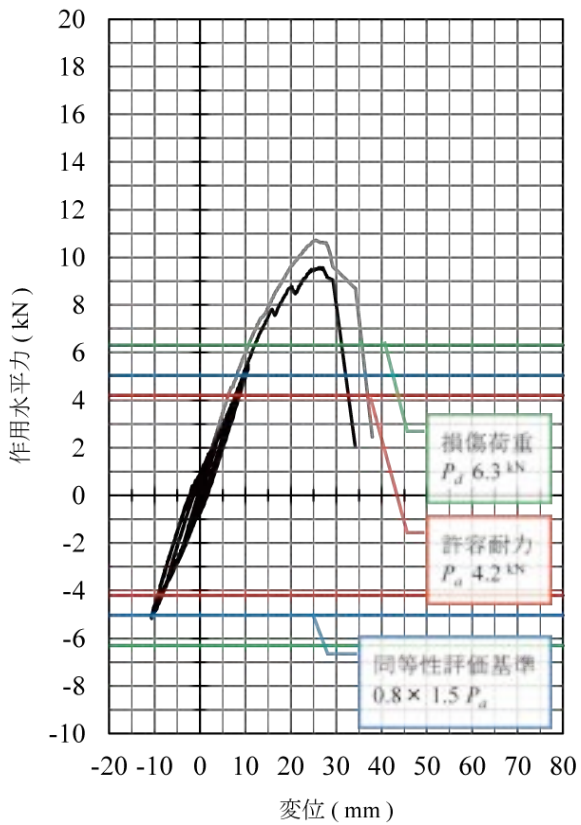
単調加力試験で得られた繰返し加力試験の制御変位一覧を表 11 に、繰返し加力試験で得られた荷重-変位曲線を図 13 に、1.5 D_a サイクル時の繰返し加力試験結果一覧（単調加力試験との同等性評価）を表 12 に示す。

表 11 繰返し加力試験の制御変位一覧表

試験体記号	加力方向		0.5 × D_a			1.0 × D_a			1.5 × D_a		
			1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C
60_MB_c	野縁	正	3.99			7.98			11.97		
		負	-3.99			-7.98			-11.97		
60_CC_c	野縁受け	正	3.55			7.10			10.65		
		負	-3.55			-7.10			-10.65		



(a) 60_MB_c (野縁方向)



(b) 60_CC_c (野縁受け方向)

図 13 繰返し加力試験の荷重-変位曲線（60° 試験体）※グレーは単調加力試験の荷重-変位曲線

表 12 試験結果一覧（繰返し加力試験・単調加力試験との同等性評価）

試験体記号	加力方向		加力 サイ クル	1.5 D _a 時		同等性評価基準 0.8 × 1.5P _a (単調加力) N	適否	試験体の状況
				荷重 (P) N	変位 (δ) mm			
60_MB_c	野縁	正	7C	6047	11.97	5047.11	適合	・異状なし
			8C	6243	11.97		適合	
			9C	6145	11.97		適合	
		負	7C	-5851	-11.97		適合	
			8C	-5949	-11.97		適合	
			9C	-5916	-11.97		適合	
60_CC_c	野縁 受け	正	7C	5426	10.66	5047.11	適合	・異状なし
			8C	5393	10.65		適合	
			9C	5491	10.65		適合	
		負	7C	-5132	-10.67		適合	
			8C	-5099	-10.65		適合	
			9C	-5099	-10.66		適合	

上記から繰返し試験は単調加力試験結果との同等性評価基準に適合することを確認した。
従って、試験結果から算定される許容耐力は 4.2 kN (4,200 N) となる。