

# 特定天井の終局耐力評価 (その2) 正負交番加力実験と評価

正会員 ○小村 祐太郎\*  
正会員 小林 俊夫\*\*

特定天井 ユニットモデル 正負交番加力  
終局耐力 Energy 一定則

## 1. はじめに

前報では単調加力試験の最大耐力を用いたエネルギー一定則に基づく、終局耐力の評価方針を示した。単調加力試験のいずれの仕様においても、天井部材の変形および滑りが生じたが脱落に至るまでには余裕があることを確認した。本報では、同様の天井仕様にてより地震力に対する正確な耐力を確認するため、正負交番試験を実施し終局耐力の評価結果を報告する。また天井部材の変形による耐力低下後も継続して加力を行い、耐力低下後を含めた終局耐力の評価を検討した。

## 2. 試験概要

試験体の仕様は、表1および図1~3に示す通りに単調加力試験と同様に天井下地材を3種類の工法とし、野縁受け方向および野縁方向を対象とした。またブレース角度が60度となるように天井フトコロを1500mm程度とした。共通の仕様は吊りボルトピッチおよび野縁受けピッチが900mm、野縁ピッチが303mm、面材はGB-R9.5mm単層張りとした。

加力方法としては天井の面材に加力治具を取り付け、油圧シリンダーおよびジャッキを用いて水平方向への加力を行った。計測方法は、油圧シリンダーの先端にロードセルを取り付けて荷重を計測し、変位は針式変位計を図1に示す位置に設置して計測した。

加力内容としては、それぞれの仕様に対して単調加力試験より設定した損傷耐力を上回る荷重で2サイクルの正負交番加力を行い、損傷状況を確認後、荷重を500Nずつ荷重増加させ、再び2サイクル加力を実施した。荷重低下

が確認された後も天井部材の著しい脱落などが無ければ加力を継続し、部材の塑性化によって荷重の増加が見込めない場合には変位による制御に切り替えて、変位の増大に伴う天井部材の脱落の有無などを確認した。

## 3. 試験結果

各仕様の荷重-変位曲線を図4~6に示し、単調加力試験との比較を表2に示す。JIS19形とJIS25形については、単調加力試験と比べて最大耐力が低下することが確認でき、損傷耐力を超えた繰返し载荷による特徴だと考える。いずれの仕様についても野縁受けの曲げ変形またはブレース上部金具の損傷による荷重低下が確認されたが、天井部材の脱落などの甚大な被害を及ぼす恐れのある損傷には至らなかった。荷重低下後も加力を継続した結果、すべての仕様において天井下地材の塑性化が進行したものの許容耐力以上の荷重を維持できることを確認した。

表1 試験体仕様

番号	工法	加力方向	野縁	野縁受け	許容耐力(N)	損傷耐力(N)
1-1	JIS19形	野縁	CW-19	CC-19	1700	2550
1-2		野縁受				
2-1	JIS25形	野縁	CW-25	CC-25	2500	3750
2-2		野縁受				
3-1	C40型	野縁	25形(0.8)Wバー	C40x20x1.6	4200	6300
3-2		野縁受				

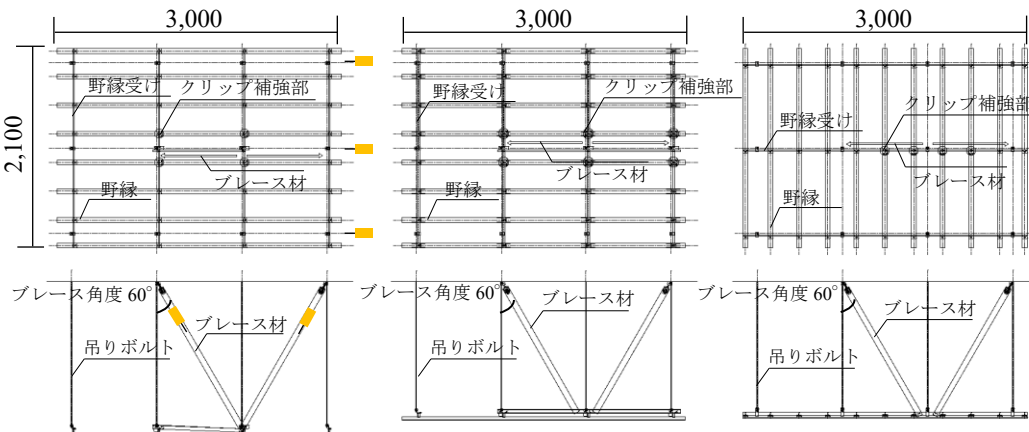


図1 JIS19形,25形 野縁方向

図2 C40型 野縁方向

図3 野縁受け方向



写真1 ブレース上部金具の損傷



写真2 野縁受けの曲げ変形

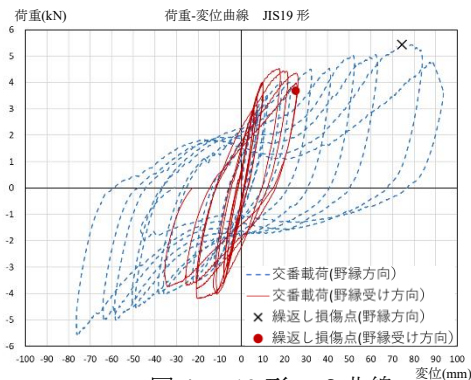


図4 JIS19形 P-δ 曲線

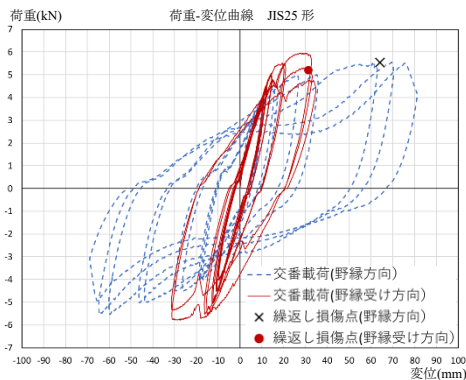


図5 JIS25形 P-δ 曲線

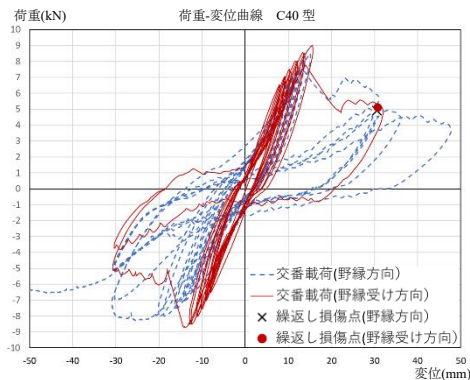


図6 C40型 P-δ 曲線

#### 4. 終局耐力の評価

計測結果を用いて前報に示したエネルギー一定則に基づく、終局耐力の評価方法にて最大耐力と最大耐力時変位をエネルギーEu に換算すると表2の通りとなる。JIS19形およびJIS25形については、野縁受け方向の許容耐力に対する最大耐力のエネルギー比が最も小さい値となり、耐力比rとしては√10を上回る値であることが確認でき、稀な地震に対する設計用許容耐力に対して極稀な地震への余裕度が十分にあると言える。

一方でC40型については野縁方向の耐力比rが2.6となり、√10以下であることが分かった。そこで最大耐力時に剛性低下が生じるものの天井面の脱落などの甚大な被害を及ぼす損傷が生じていないことと、荷重低下後も許容耐力以上の荷重を保

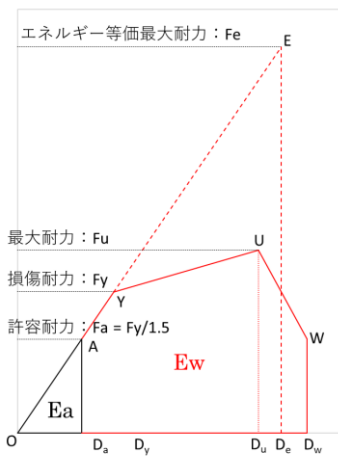


図7 エネルギー換算図

までとした。(図7)

荷重低下後の範囲も含めたエネルギーへの換算方法としては、最大耐力時の四角形OYUDuに四角形UWDwDuの面積を加えて終局耐力時のエネルギーEuとする。エネルギーEuを算定した結果を表3に示す。終局耐力まで含めたエネルギーを用いた許容耐力に対する耐力比rはいずれも√10を超える値であり、極稀な地震に対しても天井部材に損傷は生じるものの天井脱落などの甚大な被害を及ぼすような損傷に対しては十分な耐力を有していることが確認できた。

#### 4. まとめ

耐震天井の水平耐力試験においては、正負交番加力試験は単調加力試験に比べて最大耐力が低くなる傾向がわかり、正負交番加力であれば、より安全側な評価が可能であることが分かった。また終局耐力の評価として最大耐力時のエネルギー評価に加えて天井部材の脱落などが生じないことが確認出来ている範囲でのエネルギー吸収を加味することが可能であると考えられる。

表3 終局耐力時のエネルギー一覧

番号	工法	方向	終局耐力 Fw (N)	終局変位 Dw (mm)	終局耐力時 Energy(Ew)	Energy比 $r^2=Ew/Ea$	耐力比 r
1-1	JIS19形	野縁	5445	74.36	283598	99.78	9.99
1-2		野縁受	3691	25.25	85601	41.51	6.44
2-1	JIS25形	野縁	5542	64.10	281880	58.75	7.67
2-2		野縁受	5205	31.35	133069	21.97	4.69
3-1	C40型	野縁	4916	30.54	180999	15.97	4.00
3-2		野縁受	5099	30.69	195321	20.50	4.53

表2 試験結果一覧

	番号	工法	方向	許容耐力	許容変位	許容時	損傷耐力	損傷時	最大耐力	最大変位	最大時	Energy比	耐力比
				Fa (N)	Da (mm)	Energy(Ea)	Fy (N)	Energy(Ey)	Fu (N)	Du (mm)	Energy(Eu)	$r^2=Eu/Ea$	r
単調加力		JIS19形	野縁	1700	8.61	7319	2550	16467	7135	90.82	393722	53.80	7.33
			野縁受	1700	3.79	3222	2550	7248	6245	26.38	98255	30.50	5.52
		JIS25形	野縁	2500	10.79	13488	3750	30347	7080	79.24	371790	27.57	5.25
			野縁受	2500	5.32	6650	3750	14963	7277	21.78	91049	13.69	3.70
		C40型	野縁	4200	11.65	24465	6300	55046	7968	30.12	145256	5.94	2.44
			野縁受	4200	8.65	18165	6300	40871	8065	18.02	77107	4.24	2.06
正負交番加力	1-1	JIS19形	野縁	1700	3.34	2842	2550	6395	5578	75.81	294089	103.47	10.17
	1-2		野縁受	1700	2.43	2062	2550	4640	4537	17.56	53976	26.17	5.12
	2-1	JIS25形	野縁	2500	3.84	4798	3750	10795	5556	69.30	306459	63.88	7.99
	2-2		野縁受	2500	4.85	6058	3750	13631	5965	27.98	114231	18.86	4.34
	3-1	C40型	野縁	4200	5.40	11332	6300	25496	8512	15.01	76700	6.77	2.60
	3-2		野縁受	4200	4.54	9527	6300	21436	9022	15.55	88422	9.28	3.05

\*桐井製作所

\*\*桐井製作所 工学博士

\* Kirii Construction Materials Co., Ltd.

\*\* Kirii Construction Materials Co., Ltd., Dr. Eng.