

吊り長さ 3m の天井の耐震性能に関する研究
その5 通し、及び2段斜め部材付き天井

耐震天井 吊り天井 在来天井
斜め部材 静的載荷実験

正会員 ○ 穂山 靖司*¹ 正会員 金子 貴司*²
同 小林 俊夫*³ 同 植原 均*²
同 下氏 亮介*⁴ 同 田上 淳*²
同 梅野 友里*⁴ 同 引田 真規子*²

1. はじめに

2014年4月より、一定の要件を満たす天井(以下、特定天井)では、脱落対策に係る基準への適合が義務づけられた。天井の大規模脱落事故を受けて、天井耐震化に対しては、独自金物の開発や補強方法の検討¹⁾、及び、振動台を用いた耐震性の確認²⁾を実施して来た。これらの研究による成果を統合し、高い耐震性、及び剛性を有する天井仕様が確立したため、静的載荷実験により性能を確認することとした。

2. 実験概要

試験体は10体である。実験変数はブレースタイプ(通しブレース、2段ブレース)、加力方向(野縁方向、野縁受け方向)、ブレース下端野縁受け補強(有り、なし)、及び、加力プログラム(単調載荷、繰返し載荷)である。

試験体の一例を図1に、試験体、及び計算強度の一覧を表1に示す。天井の平面寸法(2×4グリッド)、吊長さ(3000mm)、及び、ブレース角度(60度)は全試験体共通である。試験体の加力方向には、ブレースを1対配置した。加力直交方向にはブレースを2か所に配置し、天井面の回転を拘束した。

繰返し載荷では、文献3に示す通り3水準の変形(0.5Da, 1.0Da, 1.5Da; Daは制御変位の基準値)に対して、それぞれ3サイクルの繰返し載荷を実施した。更に、3水準の変形に対する繰返し載荷終了後、荷重低下がみられるまでジャッキによる載荷を実施した。

3. 実験結果

各試験体の荷重-変形関係を図2~図5に示す。SC1は

荷重が4500Nを超えてから剛性が低下した。最大荷重後、圧縮ブレースが座屈した。SC3とSC3Rは同様の破壊性状であった。2体の試験体は荷重4500Nを超えたあたりで、ブレース下端間の野縁受け(以下、野縁受けV部; 図1)が変形し、荷重の低下、及び変形の増大が見られた。最終的にはSC3はブレースと野縁受けを固定していたビスが破断し、SC3Rは野縁受けV部の変形が急増し破壊に至った。SC5は4600N程度でブレースがブレースの弱軸方向(以下、面外変形)へ変形し始めた。最大荷重後、ブレースの面外変形が顕著になり、圧縮ブレースの下端で天井ボードのビスが抜け出し、荷重が急激に低下した。SC7は4100N辺りで野縁受けV部の変形、ねじれが発生した。その後、荷重は緩やかに増加し、最大荷重を示したが、野縁受けV部の変形が急増し破壊した。SC7Rも荷

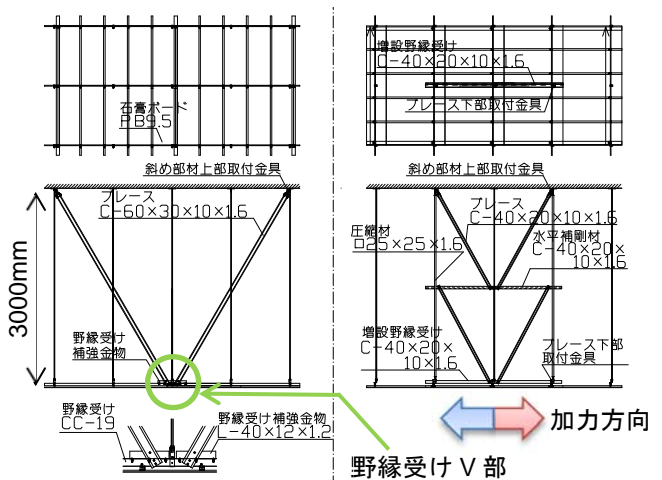


図1 試験体

表1 試験体、及び計算強度

名称	ブレースタイプ	加力方向	ブレース下端補強	加力プログラム	ブレース座屈荷重計算値 ^{*3} (N)	圧縮材のオイラー座屈荷重(N)	上部金具滑り許容荷重 ^{*4} (N)	共通事項
SC1	通し ¹ ブレース	野縁	なし	単調	3200	圧縮材なし	3800	吊り長さ = 3000mm 野縁ピッチ = 364mm(W・S混合) 野縁受けピッチ = 900mm ブレース角 = 60度 天井材 = 石膏ボード1枚張り ・JISハンガービス打ち ・RPクリップ ・BKGスライド
SC2			なし	繰返し				
SC3			なし	単調				
SC3R			有り	単調				
SC4	なし	繰返し	3098					
SC5	2段 ² ブレース	野縁	なし	単調	4202	座屈材あり ^{*5} 5446	3800	
SC6			なし	繰返し				
SC7			なし	単調				
SC7R			有り	単調				
SC8R	有り	繰返し	4109					

*1: ブレース材は C-60×30×10×1.6 *2: ブレース材は C-40×20×10×1.6 *3: ブレースの圧縮荷重(余裕度 1.5/2.17 を含む)を水平力に換算した *4: 金具単体試験結果から求めた許容荷重を水平力に換算した。 *5: 座屈材は、□-25×25×1.6

Study on Aseismic Suspended Three Meter Depth Ceiling; Part5 Ceiling with Passing or Tow-Step Diagonal Members AKIYAMA Seiji, KOBAYASHI Toshio, SHIMOUJI Ryosuke, UMENO Yuri, KANEKO Takashi, UEHARA Hitoshi, TAGAMI Jun and HIKITA Makiko

重 4500N を超えたあたりで剛性が低下した。その後、ブレースの面外変形、及び、上部金具が滑りながらも、最大荷重を迎え、最終的には、圧縮ブレースの下端部分で天井ボードのビス抜けが生じて破壊した。

単調荷重した試験体では、最大荷重に達する前に非線形が生じているため、荷重-変形関係をバイリニア型でモデル化した時の剛性が変化する点を損傷耐力とした。定めた損傷耐力を表 2 に示す。

繰返し荷重試験体の 3 サイクル目の荷重を表 2 に示す。繰返し荷重時の荷重-変形関係は、単調荷重試験体とほぼ同等であった。また、繰返し荷重による荷重の低下は軽微で、対応する単調荷重試験体の荷重の 80% 以下になるケースは全く見られなかった。

繰返し荷重した試験体では同一仕様の単調荷重試験体よりも初期剛性が 47.4% 上昇したケースがあった (図 6)。

SC3R は、ブレース下端間に補強材を入れたが、最大荷重は 6.4% 増大したが、初期剛性は 6.9% 低下しており、損傷荷重の増大は見られなかった。SC7R も同様に補強したが、最大荷重が 2.6% 増大し、剛性が 10.8% 増大し、損傷荷重が 9.3% 増大した。

5. 結論

同一仕様の吊長さの 3m の在来天井に対して、単調荷重、及び繰返し荷重を実施した結果、本実験で行った仕様であれば、損傷耐力を約 4500N (許容荷重で 3000N) と設定することが可能である。

参考文献

- (1) 植原ほか：「吊り長さ 3m の天井の耐震性能に関する研究(その 1)~(その 4)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp.1025-1032, 2013.8
- (2) 大森ほか：「懐寸法の大きな天井を対象とした振動台実験」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp.959-960, 2014.9
- (3) 国土交通省ほか：「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 9

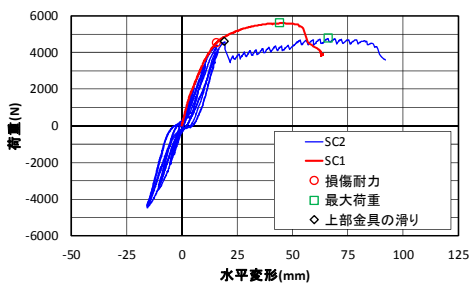


図 2 通しブレース、野縁方向の結果

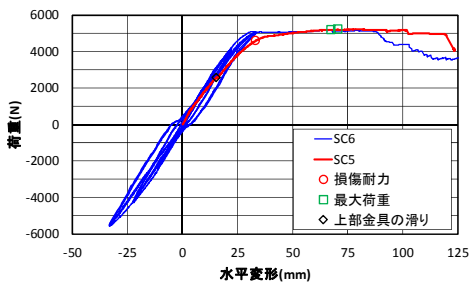


図 4 2 段ブレース、野縁方向の結果

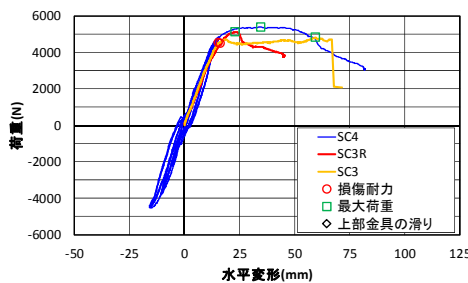


図 3 通しブレース、野縁受け方向の結果

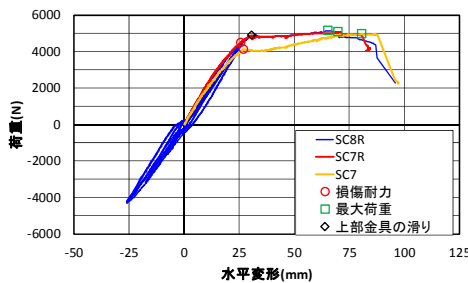


図 5 2 段ブレース、野縁受け方向の結果

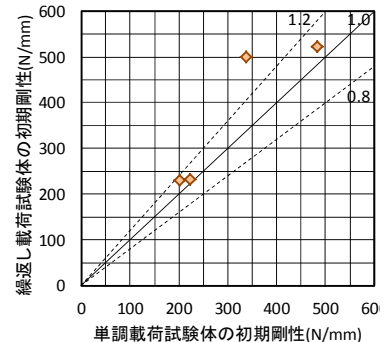


図 6 初期剛性の比較

表 2 実験結果の詳細

単調荷重				繰返し荷重						
名称	初期剛性 ^{*1} (N/mm)	損傷耐力 (N)	最大荷重 (N)	破壊 ^{*2} モード	名称	初期剛性 ^{*1} (N/mm)	+1.5Da の 3 ^{*3} サイクル目(N)	-1.5Da の 3 ^{*3} サイクル目(N)	最大荷重 (N)	破壊 ^{*2} モード
SC1	483	4525	5595	BB	SC2	522 (1.08)	3990 (0.882)	4365 (0.965)	4760 -4475	BB
SC3	338	4510	4820	DR	SC4	498 (1.47)	4850 (1.075)	4480 (0.993)	5385 -4480	BB
SC3R	315	4505	5130	DR	—	—	—	—	—	—
SC5	203	4505	5225	BL	SC6	230 (1.13)	5015 (1.113)	5460 (1.212)	5175 -5570	BB
SC7	202	4120	4970	BL	—	—	—	—	—	—
SC7R	223	4505	5100	BL	SC8R	231 (1.03)	4405 (0.978)	4225 (0.938)	5155 -4305	BA

*1 : 最大荷重の 0.2 倍における荷重値と原点を結んだ直線、繰返し荷重した試験体では絶対値の大きい方を最大荷重とした。括弧内は単調荷重に対する割合 *2 : BA: 圧縮材の座屈, BB: ブレース座屈, BL: ブレースの面外方向変形後、ボード破壊, DR: 野縁受けの変形 *3: 括弧内は単調荷重に対する割合

*1 鹿島建設 博士 (工学)
*2 鹿島建設
*3 桐井製作所 工学博士
*4 桐井製作所

*1 Kajima Corporation, Dr. Eng.
*2 Kajima Corporation
*3 Kirii Construction Materials, Dr.Eng.
*4 Kirii Construction Materials