

# 軽量角形鋼管による耐震天井構造の実大水平加力試験

(発行番号: 第15C0074号)

この欄で掲載する報告書は依頼者の了解を得たものです(抜粋・編集して掲載)。

## 1. 試験内容

株式会社佐藤型鋼製作所から提出された軽量角形鋼管による耐震天井構造試験体(商品名:耐震スマート天井)について、水平加力試験を行った。

## 2. 試験体

試験体一覧を表1に、試験体の形状の一例を図1および図2に示す。

試験体は、表1に示す構成材を組み合わせ製作したものである。

表1 試験体一覧

試験体記号	全体寸法(mm)	プレースの段数	鉛直補強部材の有無	天井懐高さ(mm)	構成材の主な材質及び寸法(mm)	接合具	数量(体)
耐震スマート天井(1段)(SCS-018)	高さ: 3000 長さ: 9310	1段	あり	3000	X方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 Y方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 斜め補強材(プレース材): 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2 鉛直補強部材: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2	斜め固定L①+L② H鋼吊金具(小),(大) 鉛直固定E	1
耐震スマート天井(1段)(SCS-019)	高さ: 3000 長さ: 9310	1段	あり	3000	X方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 Y方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 斜め補強材(プレース材): 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2 鉛直補強部材: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2	斜め固定L①+L② H鋼吊金具(小),(大) 鉛直固定E	1
耐震スマート天井(1段)(SCS-020)	高さ: 3000 長さ: 9310	1段	なし	3000	X方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 Y方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 斜め補強部材(プレース材): 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2	斜め固定L①+L② H鋼吊金具(小),(大) 鉛直固定E	1
耐震スマート天井(1段)(SCS-021)	高さ: 3000 長さ: 6310	1段	あり	3000	X方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 Y方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 斜め補強材(プレース材): 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2 鉛直補強部材: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2	斜め固定L①+L② H鋼吊金具(小),(大) 鉛直固定E	1
耐震スマート天井(2段)(SCS-022, 023)	高さ: 4135 長さ: 4310	2段	あり	4000	X方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 Y方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 斜め補強材(プレース材): 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2 X方向プレース材: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □65×45×1.2 鉛直補強部材: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2	斜め固定L①+L② H鋼吊金具(小),(大) 鉛直固定E	1
耐震スマート天井(2段)(SCS-059, 060)	高さ: 5135 長さ: 5310	2段	あり	5000	X方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 Y方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 斜め補強材(プレース材): 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2 鉛直補強部材: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2	斜め固定L①+L② H鋼吊金具(小),(大) 鉛直固定E	1
耐震スマート天井①+ 在来天井 (SCS-063, 064)	高さ: 4000 長さ: 9310	1段	あり	1000 ※	X方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 Y方向角形鋼: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □100×45×1.2 斜め補強材(プレース材): 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2 鉛直補強部材: 材質: SGC400 Z12, 寸法: □45×45×1.2	斜め固定L①+L② H鋼吊金具(小),(大) 鉛直固定E	1

(注) ※天井面構成部材と軽量角形鋼管による水平構成部材間の距離を示す。

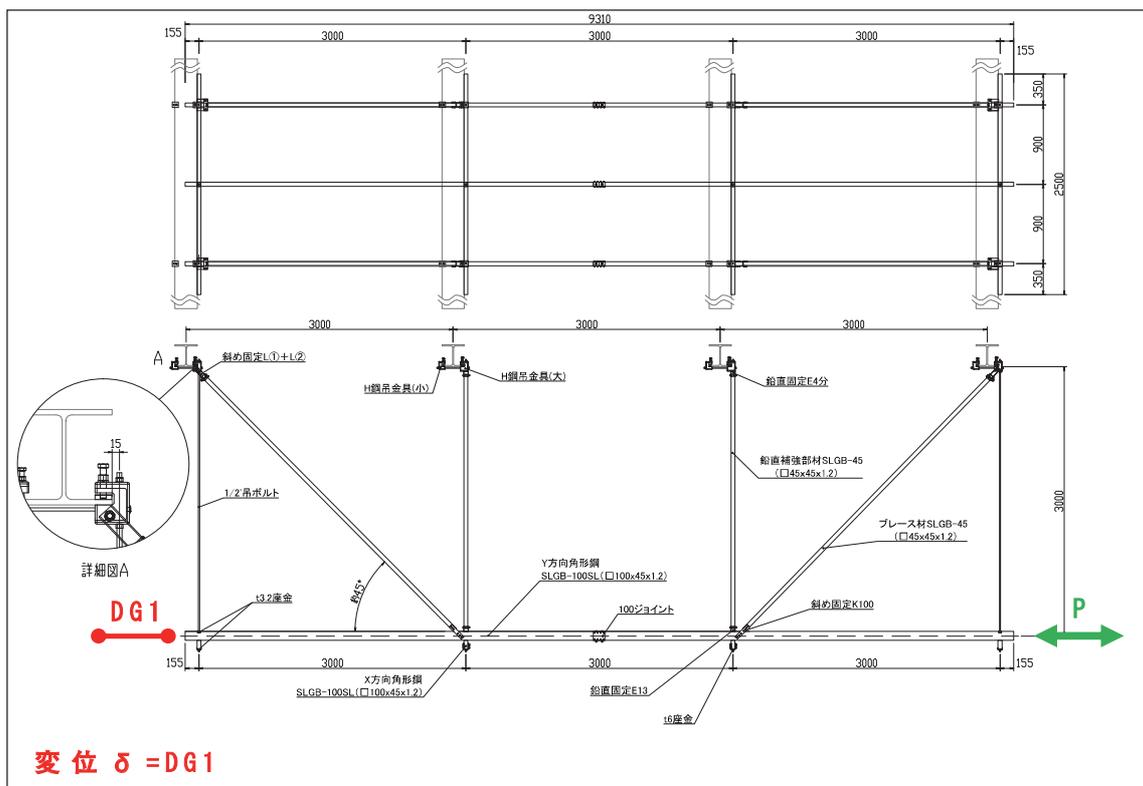


図1 試験体(耐震スマート天井(1段)(SCS-018)) (依頼者提出資料)

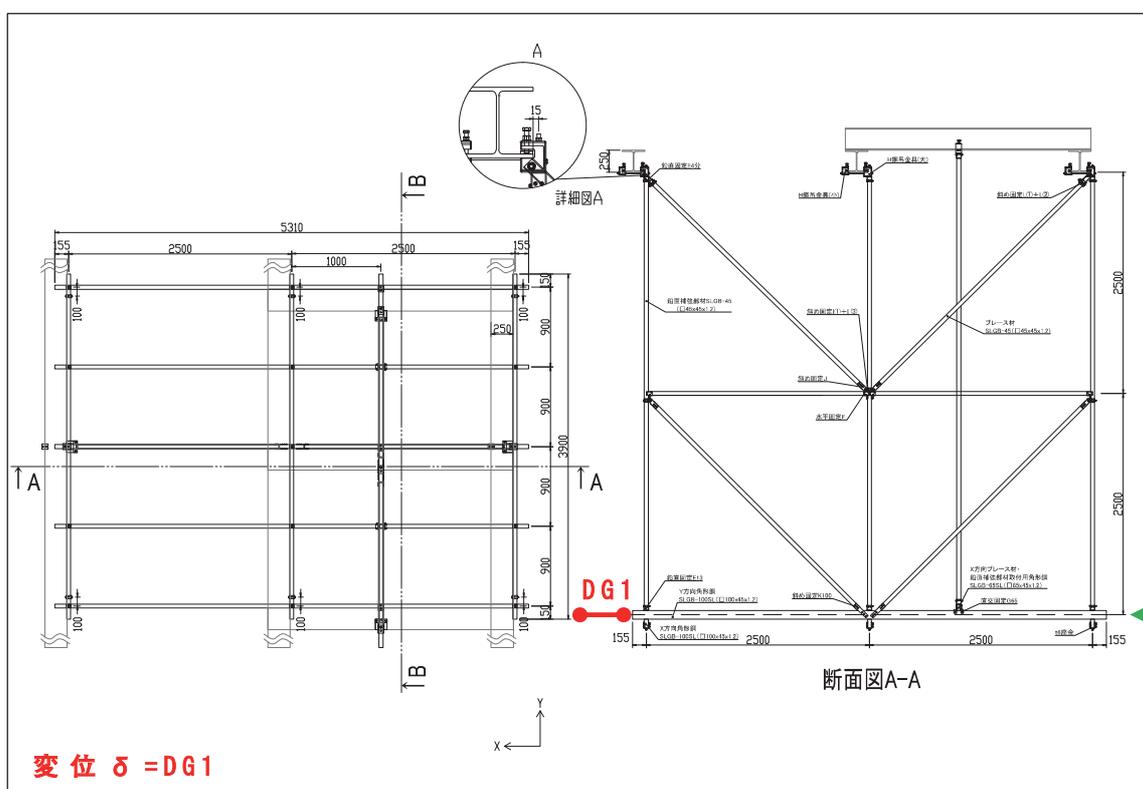


図2 試験体(耐震スマート天井(2段)(SCS-059,060)) (依頼者提出資料)

### 3. 試験方法

試験に使用した加力装置及び測定装置を表2に、試験実施状況を写真1に、試験体設置状況を写真2に示す。

試験は、写真1及び写真2に示すように、試験体の水平材部に自動コントロール式アクチュエータ及び油圧ジャッキを用いて、1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50radの正負交番繰返し载荷を3回行った後、試験体が破壊に至るまで連続的に加えた。この間、各部の荷重及び変位の測定を行うと共に、目視による観察を行った。なお、目標変形角 $\gamma$ は水平変位 $d$ を天井懐高さ $h$ で除した角度 ( $\gamma=d/h$ ) とした。(天井懐高さ $h$ は、表1参照)



写真1 試験実施状況

表2 加力装置及び測定装置

種類	名称	仕様及び用途
加力装置	自動コントロール式アクチュエータ及び油圧ジャッキ	容量：100kN
	ロードセル	容量：100kN
測定装置	電気式変位計(巻取り式)	感度： $50 \times 10^{-6}/\text{mm}$
	デジタルひずみ測定装置	測定及び記録用



耐震スマート天井 (1段) (SCS-018)



耐震スマート天井 (1段) (SCS-019)



耐震スマート天井 (1段) (SCS-020)



耐震スマート天井 (1段) (SCS-021)



耐震スマート天井 (2段) (SCS-022,023)



耐震スマート天井 (2段) (SCS-059,060)



耐震スマート天井①+在来天井 (SCS-063,064)

写真2 試験体設置状況

#### 4. 試験結果

試験結果を表3に、試験体の荷重-変位曲線の一例を図3～図6に、試験体の破壊状況を写真3～写真13に示す。

表3 試験結果

試験体記号	Pmax時				破壊状況
	正側		負側		
	荷重(kN)	変位(mm)	荷重(kN)	変位(mm)	
耐震スマート天井 (1段)(SCS-018)	44.7	40.2	-53.8	-31.7	斜め補強材の座屈
耐震スマート天井 (1段)(SCS-019)	21.4	23.5	-23.7	-25.2	斜め補強材の座屈
耐震スマート天井 (1段)(SCS-020)	18.5	18.5	-18.0	-18.8	斜め補強材の座屈
耐震スマート天井 (1段)(SCS-021)	56.3	30.1	-43.7	-30.3	斜め補強材の座屈
耐震スマート天井 (2段)(SCS-022, 023)	33.9	48.9	-34.4	-52.8	斜め補強材の座屈を伴う端部金物の破断
耐震スマート天井 (2段)(SCS-059, 060)	25.3	47.2	-27.3	-57.4	斜め補強材の座屈
耐震スマート天井①+ 在来天井(SCS-063, 064)	13.5	12.0	-14.3	-23.8	斜め補強材及び野縁受けの変形

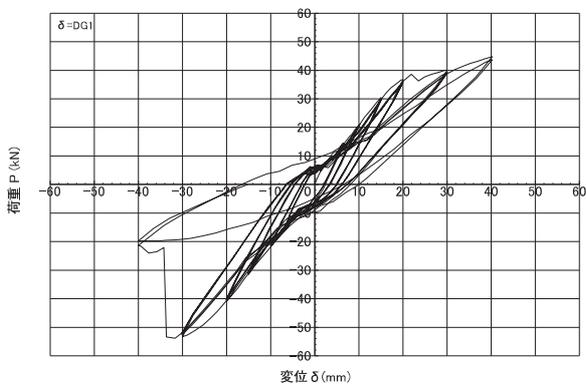


図3 荷重-変位曲線(試験体記号:耐震スマート天井(1段)(SCS-018))

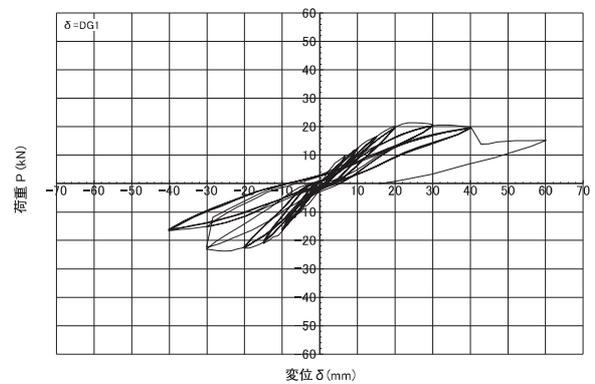


図4 荷重-変位曲線(試験体記号:耐震スマート天井(1段)(SCS-019))

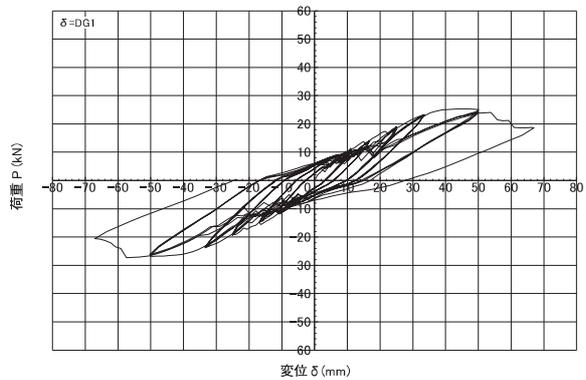


図5 荷重-変位曲線(試験体記号:耐震スマート天井(2段)(SCS-059,060))

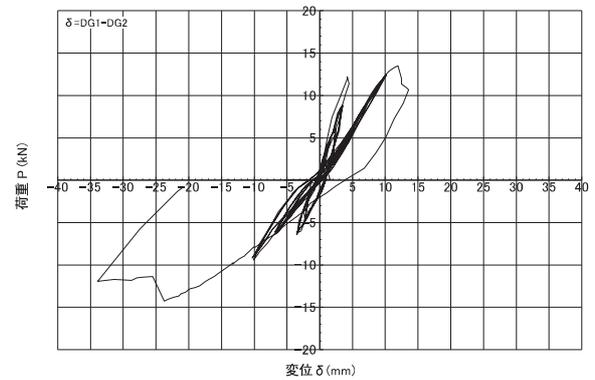


図6 荷重-変位曲線(試験体記号:耐震スマート天井①+在来天井(SCS-063,064))



写真3 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井（1段）（SCS-018）  
斜め補強材の座屈



写真4 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井（1段）（SCS-019）  
斜め補強材の座屈



写真5 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井（1段）（SCS-019）  
斜め補強材の座屈



写真6 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井（1段）（SCS-020）  
斜め補強材の座屈



写真7 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井（1段）（SCS-021）  
斜め補強材の座屈



写真8 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井（1段）（SCS-021）  
斜め補強材の座屈



写真9 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井（2段）（SCS-022,023）  
斜め補強材の座屈を伴う端部金物の破断



写真10 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井（2段）（SCS-022,023）  
斜め補強材の座屈を伴う端部金物の破断



写真11 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井（2段）（SCS-059,060）  
斜め補強材の座屈



写真12 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井①+在来天井（SCS-063,064）  
斜め補強材及び野縁受けの変形



写真13 破壊状況  
試験体記号：耐震スマート天井①+在来天井（SCS-063,064）  
斜め補強材及び野縁受けの変形

## 5. 試験期間, 担当者及び場所

期 間	平成27年 7月21日から 平成27年 8月28日まで
担 当 者	試験監督者 流 田 靖 博 試験責任者 早 崎 洋 一 試験実施者 小 森 谷 誠
場 所	西日本試験所 山口県山陽小野田市大字山川

## コメント・・・・・・・・・・・・・・・・

大型商業施設等の天井裏には、空調、照明、換気等の設備があり、これらを収容するための空間が必要となる。この空間を確保するために、「つり天井工法」（以下、つり天井と称す。）が多く採用されている。つり天井は構造躯体に金属製ボルトを設置し、ブレース材、野縁受け、野縁等の金物にて格子状に組み上げ、石膏ボードにて天井を仕上げる工法である。つり天井は、建物の構造躯体が外力を受けた際にプランコのような挙動を示し、ブレース材や接合部の補強が十分でない場合や天井と壁との隙間が少ない場合には、脱落するおそれがあり、平成23年3月に発生した東日本大震災にて天井の脱落被害が起こったことは記憶に新しい。平成26年4月には、天井脱落対策に係る一連の技術基準告示が施行された。最近では、この脱落被害を防ぐため、部材強度を高め、天井と壁との隙間を設けた「耐震天井」の開発が各メーカーにて行われている。

今回の試験では、軽量角形鋼管による耐震天井構造の開発を目的とし、鉄骨躯体に軽量角形鋼管を使用した耐震天井を想定した7種類各1体の試験体を製作し、実大での静的水平繰返し加力試験を行った。主な試験体の特徴は、a) ブレース材に閉断面の部材を用いる、b) 鉛直補強部材を設置する、c) 接合部は全てボルト接合、ドリリングタッピンねじ接合のため、

現場における溶接不要の構造である、d) 天井裏の点検が必要な際に、格子状に組み合わせた水平部材上の歩行が可能（ただし、足場板等を利用する）等である。試験は、①繰返し載荷に対する耐力特性、②鉛直補強部材の効果、③ブレース材配置に対する耐力特性の確認を検証項目とした。

試験結果から、鉛直補強材の有無での水平最大耐力、ブレース材の配置位置の違いによる水平最大耐力、二段組み時の水平最大耐力のデータを得た。破壊状況にて、上段のブレース材が座屈したあとブレース部材の端部が破断する試験体もあったが、この結果を基に部材の断面形状の改良を行い、今後は、改良した仕様にて実設計での運用を行う予定である。

当センターでは、今回報告した天井関係の試験の他に、建築土木に関する各種試験を行っており、試験をお考えの際には、一度ご連絡頂ければ幸いである。

### 【お問い合わせ】

西日本試験所 試験課  
TEL：0836-72-1223 FAX：0836-72-1960  
（文責：西日本試験所 試験課 主任 早崎洋一）