

# 勾配変化部を有する鋼製下地吊り天井の 力学性能に関する実験

建築生産研究グループ 研究員 沖 佑典

## I はじめに

過去の地震により天井の脱落等が生じたことを受け、告示<sup>1)</sup>では脱落による人的被害が甚大となり得る規模の吊り天井が「特定天井」と定義され、耐震性能の確保が求められている。また、天井面が十分な面内剛性を有することを前提として、解説書<sup>2)</sup>では脱落を引き起こす恐れのある有害な応力集中を避けるために、勾配変化部での分離措置が示されている。一方、天井は写真1のような被害<sup>3)</sup>が見られている勾配変化部を有する場合など多様な形状が存在し、中には音響性能など他の要求性能により、勾配変化部での一体化が求められる場合もある。このような天井に対して水平な天井と同様に耐震性能を確保するためには、例えば、①勾配変化部で一体化した部分は天井面内のみならず面外の剛性も影響するが、十分な剛性が確保できるか、②勾配変化部で一体化した天井も告示や解説書による補強方法と同等程度で良いか、などについて参考となる知見が十分でないのが現状である。本報告では、上記①に関する実験と、②を検討するために行っている実験の一部を紹介する。

## II 勾配変化部の曲げ特性

Iの①に関して、勾配変化部の面外曲げ剛性を確認する実験を行った。写真2に試験セットアップを示す。試験体は既往の研究<sup>4)</sup>を参考に、幅850mmに対して2本の野縁受けが長手方向(長さ1620mm)に通る天井面を模擬したものである。試験体の中央には勾配変化部を設け、この部分で天井面ボードは一度切れ、野縁受けはビス留めにより接合される。試験体の長手方向を3等分する黄色矢印の位置を加力点として4点载荷する。勾配変化部における野縁受けの接合部のビス本数、接合角度、加力方向を試験パラメータとした。

損傷状態は写真3、4に示す通り、大きく2種類に分けられる。ビス2本の接合による試験体は野縁受け接合部のみに損傷が集中した(写真3)。一方、接合部のビス本数を4本とした試験体では、接合部の損傷は抑制されたが、接合部近傍のクリップが開き、野縁受けが倒れたのち最終的にクリップが外れた



写真1 複数の勾配から成るホール天井（地震被害後）

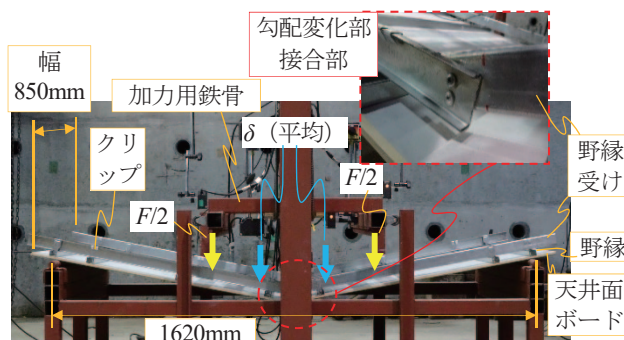


写真2 試験セットアップ



写真3 ビス2本による接合：  
勾配変化部での損傷

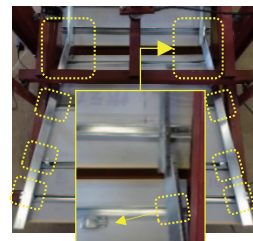


写真4 ビス4本による接合：  
勾配変化部周辺のクリップ脱落

(写真4)。なお、本試験においては加力方向の差異や勾配変化部の角度(0°、20°)による損傷形式の差異は見られなかった。本試験で得られた荷重  $F$ -面外変形  $\delta$  関係から勾配変化部の面外曲げ剛性を算出すると、接合部のビス本数が4本の場合には、野縁受けが連続しボード中央に目地のある試験体 C1rJJ-P-bj<sup>4)</sup>と概ね同等の面外曲げ性能を持つことが確認された。

### III 勾配変化部で一体化した吊り天井の水平載荷試験

本節では I の②に関する検討として、写真5に示すような勾配変化部で一体化した鋼製下地吊り天井の実験を示す。試験体は水平投影面積で奥行3m×幅1.6mの、天井面の中央を頂点とした山形の吊り天井である。懐には4組のブレースを設置し、加力は奥行方向（野縁受け方向）に行った。

図1に加力点における荷重 $F$ （幅1m当たり）と変位 $\delta$ の関係を、写真6、7に主な損傷状態を示す。約5～15mmに至るまで行った繰返し載荷時の最大耐力は、正方向（勾配変化部が閉じる方向）で1.06kN/m、負方向（開く方向）で0.80kN/mであった。約-5mmの載荷時に、野縁受けと野縁を留める接合金物であるクリップが奥行方向に滑り（写真6、以降、単に「滑り」と言う。）、以降の全載荷中にわたって断続的に滑りが見られた。ただし、加力方向の正負によって滑りが見られた時の $F$ - $\delta$ 関係の推移は異なっている。正方向加力時には滑りと共に加力点近傍のクリップの開きが見られたが、耐力の大きな変化は見られなかった。一方、負方向加力時には滑りと共に耐力が低下した。これは、正方向加力時に開いた加力点近傍のクリップが、負方向加力による滑りと共に緩んだことが一因であると考えられる。繰返し載荷により加力点近傍クリップの「滑り+開き（正方向）」→「滑り+緩み（負方向）」を数回繰返した後、-10mm載荷中に加力点付近のクリップが外れた。なお、実験全体にわたって勾配変化部の野縁受け接合部での損傷は見られなかったが、天井面の手前側と奥側の間に隙間が見られた。勾配変化部より奥側の損傷は見られなかった。その後正方向に単調載荷を行い、手前側天井のクリップ、野縁、天井面が滑り続けた結果、最終的に勾配変化部において天井面のボードが持ち上がった（写真7）。今後はクリップの滑りを抑制した上で、天井懐の補強方法について検討する予定である。

### IV まとめ

本報告では、勾配変化部を有する鋼製下地吊り天井の耐震設計において留意すべきであると考えられる2つの項目に関連する実験を紹介した。天井の勾配変化部での面外曲げ特性を把握するための実験では、接合部におけるビスの増し打ちにより、勾配変化部での損傷集中の抑制が可能であることを示した。勾配変化部で一体化した吊り天井の水平載荷実験では、接合金物のクリップの滑りと共に開きが生じた。今後は、金物や懐の吊り材の補強に関する実験や解析的検討を行い、一体化段差部を有する天井に関する既往の知見<sup>9)</sup>等も踏まえて、勾配変化部を有する天井の耐震化方法について整理していく予定である。

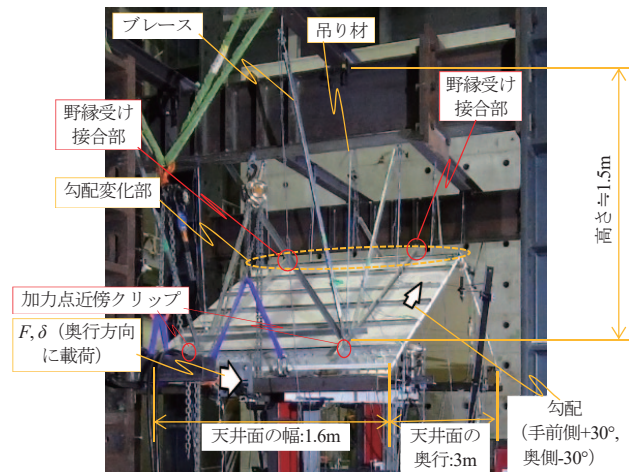


写真5 勾配変化部で一体化した天井の水平載荷試験の様子

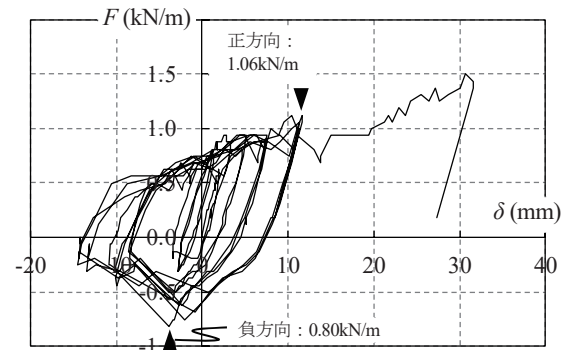


図1  $F$  (幅1m当たり) - $\delta$ 関係

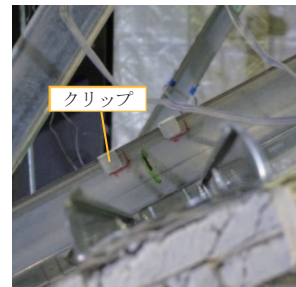


写真6 変位約-5mm時クリップの滑り (赤が元の位置)



写真7 最終形 天井面の下地材への接触

### 参考文献

- 1) 平成25年国土交通省告示第771号
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 国立研究開発法人建築研究所他: 建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説, 2013.10
- 3) 国総研資料第929号 建築研究資料第173号 平成28年熊本地震建築物被害調査報告(速報), 2016.9
- 4) 石原直, 稲井慎介, 森田泰弘, 渡壁守正, 脇山善夫, 喜々津仁密: 鋼製下地吊り天井の天井面の曲げに関する力学特性, 日本建築学会技術報告集, Vol.21, No.47, pp.45-48, 2015.2
- 5) 山下圭吾, 石原直, 神戸寛史, 鈴木賢人, 永野正行: 鋼製下地吊り天井における一体化段差部の静的載荷試験と地震時強制変位の推定, 日本建築学会技術報告集, Vol.23, No.55, pp.827-831, 2017.10