

剛な天井を構成する接合部材の力学挙動

その4 実験結果（野縁受け方向）

準構造化天井 繰り返し載荷
天井部材 弾性剛性

力学挙動

1. はじめに

本報（その4）では、その3で報告した野縁方向における実験結果に加えて、野縁受け方向の実験結果、および弾性剛性と降伏耐力の評価式を示す。また、既往のユニット試験から、本研究で得られた単体試験体における実験結果の妥当性を確認したうえで、天井面の固有周期と必要耐力の検討を行う。

2. 野縁受け方向における実験結果と考察

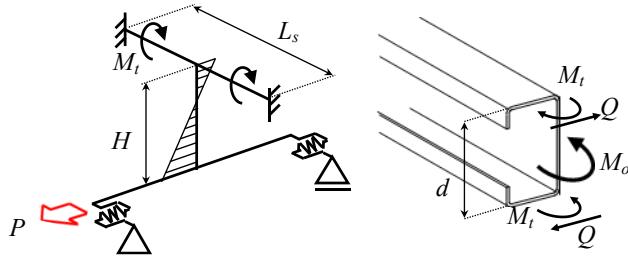
野縁受け方向における試験体の荷重変形関係を図1(a)に示す。全ての試験体で、 $\pm 2\text{mm}$ 振幅までは弾性挙動を示し、 $\pm 5\text{mm}$ 振幅以降に履歴曲線が軟化した。その後、支持構造部材の曲げ変形が進行し、最終的に接合部材と野縁受けを固定するビスの破断により試験体が破壊した。

次に、パラメータ毎に降伏耐力と弾性剛性の比較を行う。正側の荷重変形関係から得た包絡曲線を図1(b), (c)に示す。耐力に対する接合部材の高さ H の影響は小さいことが分かる。一方、支持構造部材の固定間隔 S が長くなるほど、明瞭な耐力低下がみられ、耐力に対する支持構造部材の固定間隔 S の影響が大きいことが分かる。

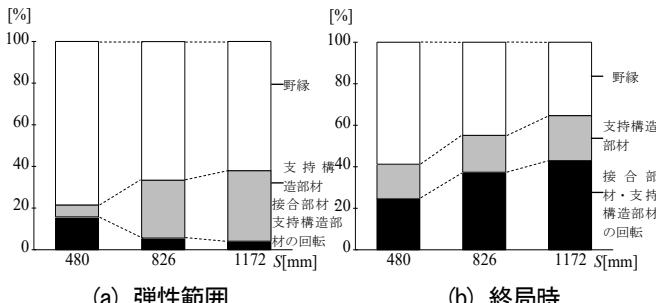
3. 力学モデルによる弾性剛性の評価

野縁受け方向における弾性剛性について図2(a)に示す力学モデルを用いて評価式を検討する。弾性範囲における各部の変形割合（図3(a)）では、野縁、支持構造部材、および接合部材の変形が大きい。そこで、(i) 支持構造部材の両端固定梁としての曲げ剛性 K_o 、(ii) 支持構造部材に作用するねじりモーメント M_t に対する剛性 K_r （図2(b)）、(iii) 接合部材の両端固定梁としての曲げ剛性 K_j 、および(iv) 野縁の面外曲げ剛性 K_m を考慮し、全体

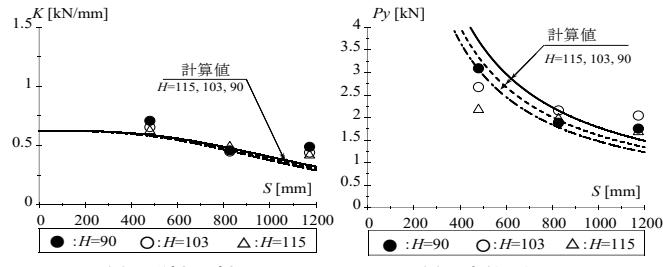
正会員 ○ 加藤万梨香^{*1}
同 間山佳寿美^{*3}
同 荒井智一^{*3}
正会員 吉敷祥一^{*2}
同 小林俊夫^{*3}
同 下氏亮介^{*3}



(a) 試験体の力学モデル (b) 支持構造部材
図2 野縁受け方向に対する力学モデル



(a) 弾性範囲 (b) 終局時
図3 野縁受け方向における変形割合 ($W=100, H=90$)



(a) 弾性剛性 (b) 降伏耐力
図4 野縁受け方向における評価式 ($W=100$)

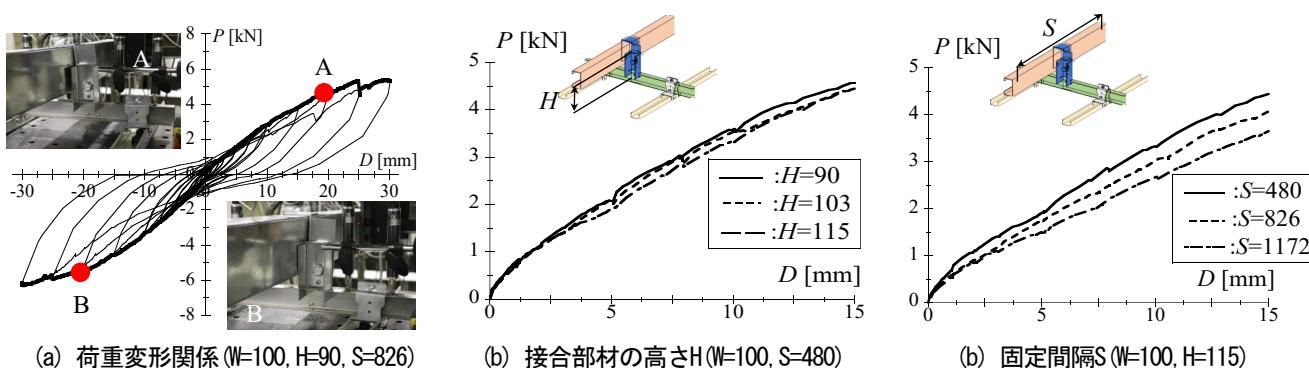


図1 野縁受け方向における荷重変形関係（包絡曲線）

剛性 K_t をこれらの直列ばねで評価する。

計算値と実験値の弾性剛性を図4(a)に示す。計算値は、実験における支持構造部材の固定間隔 S が長くなるほど弾性剛性が低下する傾向をよく捉えられている。

4. 力学モデルによる降伏耐力の評価

次に、降伏耐力について同様に評価を試みる。終局時における各部の変形割合(図3(b))では、支持構造部材の変形の割合が大きい。そこで、荷重 P によって生じる曲げモーメント M_o とねじりモーメント M_t によって支持構造部材フランジの応力度がある限界値に達する時を降伏耐力とすれば、次式が得られる(図2(b))。

$$P_y = \sigma_{cr} \cdot \left\{ L_s \left(\frac{1}{8 \cdot Z_o} + \frac{H}{16 \cdot d \cdot Z_f} \right) \right\}^{-1} \quad (1)$$

計算値と実験値の降伏耐力を図4(b)に示す。計算値は実験値と概ね対応していることが分かる。

5. 剛な天井の条件に対する検討

5.1 剛な天井の条件

剛な天井の固有周期として文献1)では、「剛とは、 $T_{ceil,h} \leq 0.1s$ 」と記載されている。また、非構造部材の設計用地震力として2.2G相当の地震力に耐える必要があることが示されている²⁾。本章では、上記の条件を本研究で扱った接合部材が満足しているかについて検討する。

5.2 既往研究の比較

接合部材9個を含む2.7x2.7mの天井面を構成する既往のユニット試験³⁾による荷重変形関係と、前章までに構築した弾性剛性と降伏耐力の計算値を図5に示す。図の縦軸は荷重 P 、横軸は変形 D であり、既往研究の荷重変形関係を実線、弾性剛性と降伏耐力の計算値を太実線で示している。野縁方向については、計算値は既往研究における荷重変形関係の傾向を捉えられている(図5(a))。一方、野縁受け方向については、弾性剛性と降伏耐力をやや過大評価している。これは、本実験では野縁を鋼板にボルトで繋結しているためであると考えられる。ただし、弾性剛性と降伏耐力の計算値を0.75倍すると、既往研究と概ね対応する(図5(b))。

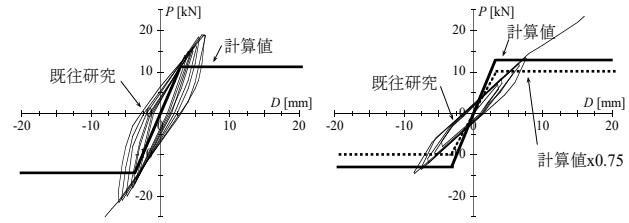
5.3 剛性と耐力に関する検討

次いで、天井の固有周期の検討を行う。計算値の弾性剛性から求まる天井の固有周期の最小値と最大値を載荷方向別に図6に示す。図の縦軸は天井の固有周期 T 、横軸は接合部材1組あたりの単位天井面積質量 M であり、準構造化天井が適用される質量範囲を灰色で表す。準構造化天井の適用範囲において、全ての組合せで天井の固有周期は0.1秒以下であり、本研究で対象とした接合部材は剛な天井を構成できると言える。

*1 元東京工業大学大学院生

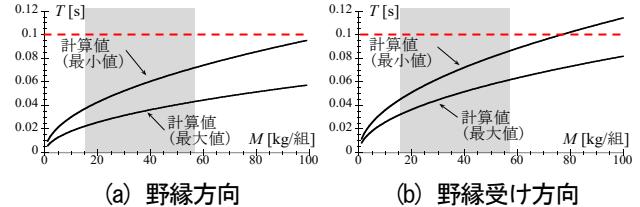
*2 東京工業大学

*3 桐井製作所



(a) 野縁方向 (b) 野縁受け方向

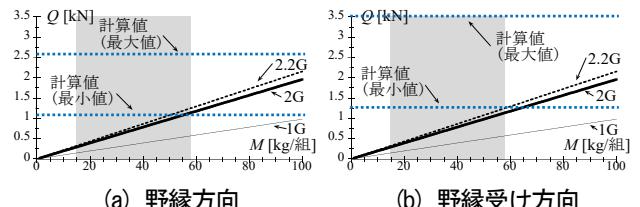
図5 既往研究と計算値



(a) 野縁方向

(b) 野縁受け方向

図6 天井面の固有周期



(a) 野縁方向

(b) 野縁受け方向

図7 必要耐力の検討

最後に、必要耐力の検討を行う。計算値の降伏耐力と地震力を載荷方向別に図7に示す。図の縦軸はせん断力 Q 、横軸は接合部材1組あたりの単位天井面積質量 M であり、準構造化天井が適用される質量範囲を灰色で表す。地震力1Gに対しては、全ての組合せで損傷が発生しないが、地震力2G以上に対しては降伏耐力に達するケースもあり、重量に応じた制限が必要であることが分かる。また、多数回の振動に対して損傷を進行させないためにには、本研究より更に低めに降伏耐力を設定しておく必要がある。

6. まとめ

本研究は、剛な天井を構成するための接合部材を対象とした載荷実験、および力学モデルの構築を行った。弾性剛性と降伏耐力の評価式を構築し、既往のユニット試験と比較することでその妥当性を確認した。次いで、天井の固有周期と必要耐力の条件を満足しているかを検討し、剛な天井を構成できることが分かった。ただし、地震力2G以上に対して降伏耐力に達するケースもあり、重量に応じた制限が必要であることが分かった。

【参考文献】

- 1) 国土技術政策総合研究所、建築研究所：建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説、国総研資料No.751号、建築研究資料No.146号、2013.9
- 2) 石原直、元結正次郎、脇山善夫：床応答スペクトルの略算法に基づく非構造部材等の設計用地震力、日本建築学会技術報告集第21巻第48号、2015.6
- 3) 下氏亮介、小林俊夫、稻毛康二郎、間山佳寿美：準構造化天井の耐震性に関する研究 その1 静的加力実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、2020.9

Former Graduate Student, Tokyo Institute of Technology

Tokyo Institute of Technology

Kirii Construction Materials