

# 壁支持システム天井の耐震性に関する研究

キーワード：ラインシステム 水平加力  
天井ユニット 水平変位

正会員 ○中田紗綾\*1 正会員 小林俊夫\*2  
同 下氏亮介\*1 同 荒井智一\*3  
同 濱崎源記\*1 同 相原正史\*1

## 1. はじめに

非構造材の甚大な被害が発生した東日本大震災から8年経過し、特定天井等の天井脱落対策に関する法整備<sup>1)</sup>も進んでいるものの、2016年熊本地震や2018年大阪府北部地震でも天井脱落被害が発生している。特に避難所に指定されるような大規模居室の天井では特定天井に該当するため、天井の撤去や耐震補強工事が進んでいるが、その他の施設では事業者や管理者により取組みに差が生じていることが改めて明らかになっている。また、特定天井に該当しない室でも廊下や階段室など避難上重要となる部分は特に天井裏の設備配管等が多く敷設されているため、ブレースによる天井の耐震補強工事が難しい部分である。

本研究では、天井仕上面と設備配管等との隙間を用いて壁支持による天井の耐震化工法を新たに提案し、その構成および水平力に対する力学的特性を静的加力実験により確認した結果について報告する。

## 2. 工法の概要

全体構成と納まり詳細を図1a,bに、表1に部材一覧を示す。

### a) ランナー、回り縁、スタッド:

- ・スタッド受けのランナーを相対する壁両面に取り付ける。
- ・ランナー下方に天井板受けの回り縁を取り付ける。
- ・支持スパンおよび天井重量等から選定したスタッドをランナーに嵌め込み、壁に架け渡す。@1200mm程度
- ・スタッド2本を1組として配置する。

### b) チャンネル

- ・2本のスタッド囲うように接合金具を被せ、スタッドの下面に直交方向にチャンネルを取り付け、ビス2本で固定する。

### c) Hバー、天井板

- ・天井板を壁に掛け渡し、回り縁に乗せ掛ける。
- ・Hバーを天井板に差し込み、Hバーとチャンネルを相互のウェブを挟み込むように接合金具で取り付ける。

### d) 端部の補強

- ・ランナーとスタッドをビスで固定する、このとき1組のうちスタッド1本ずつ片側端部をランナーに1箇所だけ固定することで、壁面の面外変形に対しスタッドが相互にスライドできるようにした。

表1 部材一覧

部材名	品名	形状
スタッド	WS-50	[-50×45×5 t=0.8mm
ランナー	WR-50	[-50×40 t=0.6mm
チャンネル	CC-19	[-38×12 t=1.2mm
Hバー	Hバー-30	成:30mm、幅20mm t=0.5mm
回り縁	eL3020	L-30×20
天井板	岩綿吸音板	400×2400 t=15mm

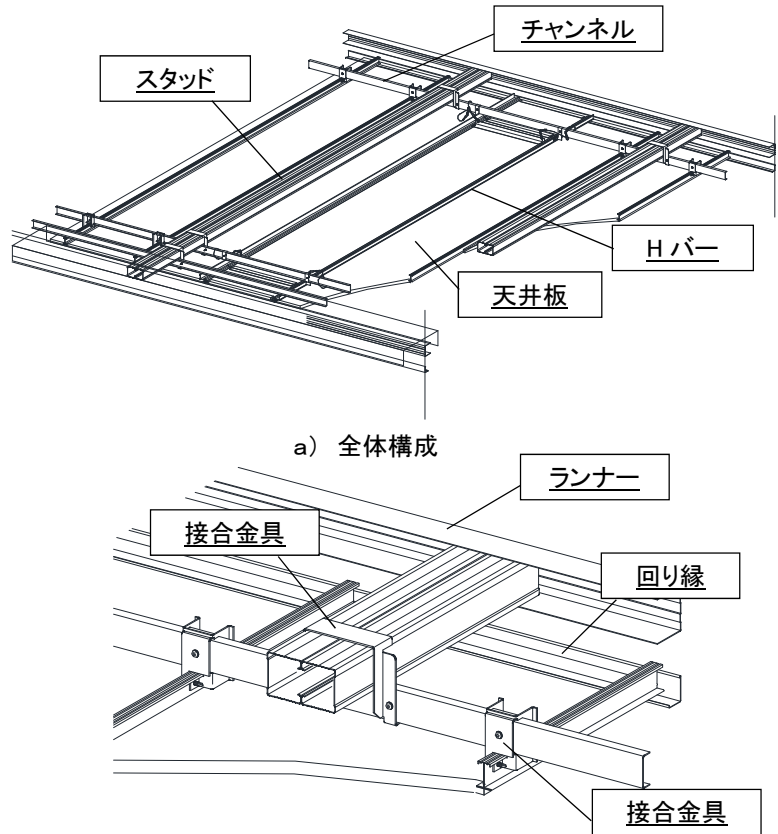


図1 工法概要斜視図

## 3. 実験概要

支持スパン 2400mm とし、標準仕様書に沿った軽量鉄骨間仕切り壁を立て、前項で示したように壁支持のラインシステム天井を作成した。試験体平面図および計測位置を図2に示す。天井板4枚に対し加力治具を8点で固定し、壁面と平行方向に水平力が作用したことを想定して正負交番静的加力を行った。変位計①～③でスタッド、④～⑥でチャンネル、⑦⑧で加力治具、⑨⑩で壁面の水平変位をそれぞれ計測した。

荷重計は加力治具に取付け、天井面の変位を加力治具の変位とし、それぞれ6mm、8mm、10mmにて3サイクル加力した。各サイクルでの最大荷重の一覧を表2に示す。

表2 各サイクルでの最大荷重一覧

	6mm		8mm		10mm	
	引き	押し	引き	押し	引き	押し
1サイクル目	1430.3	-1492.1	1881.2	-1912.1	2357.1	-2290.2
2サイクル目	1486.6	-1488.4	1881.3	-1880.3	2342.0	-2285.2
3サイクル目	1466.4	-1490.5	1899.4	-1884.6	2334.8	-2267.9
平均	1461.1	-1490.3	1887.3	-1892.3	2344.6	-2281.1
剛性(N/mm)	243.5	248.4	235.9	236.5	234.5	228.1

#### 4. 実験結果

図3に変位計①,③,④,⑥,⑦,⑧の荷重-変形曲線を示す。天井板に作用した荷重は、Hバー、チャンネルを通りスタッドに伝わり、スタッドの曲げ剛性によって抵抗している。全ての計測点において安定した挙動を示しており、スタッド2組分の負担質量  $2.4(m) \times 2.4(m) \times 95(N/m^2) \approx 550(N)$  に対し、天井面変位が6mmで2.6倍、8mmで3.4倍、10mmで4.1倍の荷重を損傷することなく計測した。なお、図3では天井を支持している壁面の変位分を減算し、天井部材のみの変位としているため、最大1.2mm程度値が小さくなっている。図4にユニット試験状況を示す。

Hバーのチャンネル接合部の変形が進み、明らかに塑性化した変形形状を示したため終局とした。(図5a参照)

#### 5. 解析

天井面の水平剛性を図6で示すようなスタッドの3点集中荷重単純梁モデルとし、これにスタッドとチャンネルの接合部の剛性  $k$  を付加することで本工法の解析モデルとした。

加力治具の変位  $d_0$  を剛な天井面の変位と置換え、加力治具の測定荷重  $P$  よりチャンネルの設置位置をスタッドへの加力点とした  $P_1, P_2, P_3$  を求める。

(1) 式の単純梁のたわみ公式より  $P_1$  により生じる A, B, C 点のたわみ量を  $d_{1A}, d_{1B}, d_{1C}$  とする。同様に各点がそれぞれに与えるたわみ量を合計すると(2)式が得られる。

天井面変位  $d_0$  からスタッドの曲げによるたわみ量  $d_A$  を減算した値を相対変位  $y_A$  とすると(3)式となる。これを各点で解くと天井面の単位変位ごとの各点の荷重分担率が求められる。これを用いて、天井面の変位量から端部のスタッド(変位計①, ③)およびチャンネル(変位計④, ⑥)の変位量を算出したものを理論値とし、実測値と比較したものを図3に示す。なお、分担率は  $P_1 = P_3 \approx 0.61, P_2 \approx -0.22$  となり、中央部のチャンネルには加力方向と逆向きの力が作用することとなる。

また、理論値を算出する際に用いたスタッドとチャンネルの接合部の剛性  $k$  は部分試験を行った結果から  $500N/mm$  とした。部分試験状況を図7に荷重-変位曲線を図8に示す。

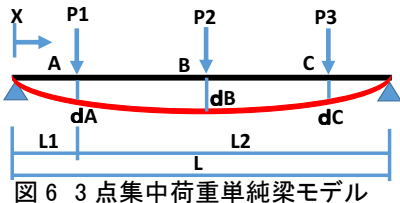


図6 3点集中荷重単純梁モデル

$$\cdot d = P * \frac{L1^2 * L2^2}{6EI * L} \left( \frac{2X}{L2} + \frac{X}{L1} - \frac{X^3}{L1 * L2^2} \right) \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \cdot d_A &= P_1 * d_{1A} + P_2 * d_{2A} + P_3 * d_{3A} \\ \cdot d_B &= P_1 * d_{1B} + P_2 * d_{2B} + P_3 * d_{3B} \\ \cdot d_C &= P_1 * d_{1C} + P_2 * d_{2C} + P_3 * d_{3C} \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\begin{aligned} \cdot P_1 &= kyA \\ &= kd_0 - kdA = P_1 * d_{1A} + P_2 * d_{2A} + P_3 * d_{3A} \quad (3) \end{aligned}$$

\*1 桐井製作所  
\*2 桐井製作所 工学博士  
\*3 桐井製作所 修士(工学)

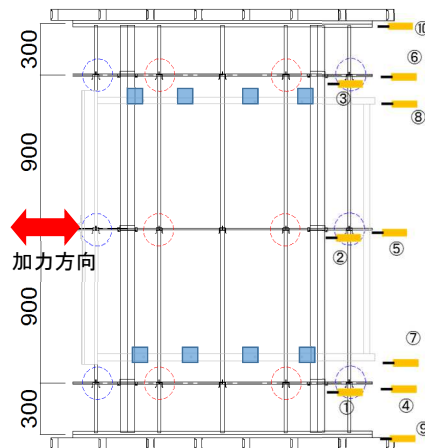


図2 試験体平面図



図4 ユニット試験状況



図7 部分試験状況

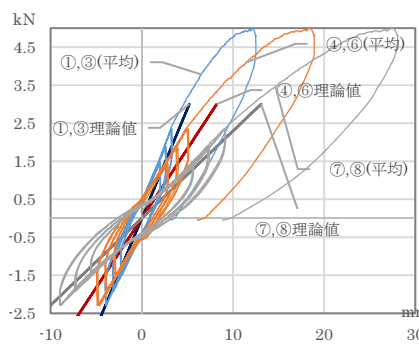


図3 ユニット試験 P-δ 曲線

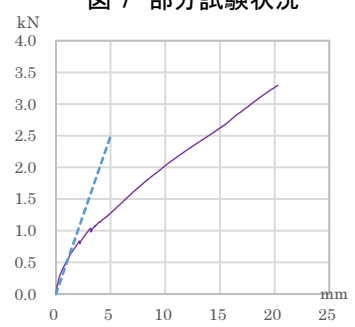


図8 部分試験 P-δ 曲線



a) Hバー・チャンネル接合部



b) スタッド・チャンネル接合部

図5 ユニット試験終局状況

#### 6. まとめ

壁支持システム天井工法における水平力に対する力学的特性を実験により確認し、以下の結論を得た。

- ①スタッドの曲げ剛性を単純梁モデルより導出することで各部材の荷重-変形関係を精度良く算出することが出来る。
- ②地震時に天井面を数mm程度水平変位させることにより、水平震度2.0以上の耐震性能を発揮できる天井工法である。

#### 【参考文献】

- 1) 特定天井及び特定天井の構造上安全な構造方法を定める件(平成25年国土交通省告示771号)他
- 2) ロックウール工業会システム天井施工要領書関連資料、スチール長尺シングルライン工法2017年度版