

超軽量天井面材を用いた新たな天井システムの開発

その1 天井構成の説明と静的試験

正会員 ○稲葉 信子* 同 飯田 秀年 **
正会員 ティア キムチエン*** 同 元結 正次郎***

超軽量天井 非剛床天井 耐震性能
面内せん断剛性 静的加力実験

1. はじめに

近年の地震において吊り天井の落下被害がしばしば発生している。そのような背景のもと、国交省は脱落によって重大な危害を生ずるおそれがある天井、具体的には6m超の高さにある、面積200m²超、質量2kg/m²超の吊り天井を対象とする天井脱落対策に係る一連の技術基準告示を公布・施行した(平成25年国土交通省告示第771号)。この中で質量に制限を設けた理由は落下したときのインパクトを考慮したものと考えられる。天井システムの軽量化が、落下時の危険性を低減させるだけでなく、天井システムの耐震性能を向上させる効果が高いことは明らかであり、この軽量化思想のもとに天井に要求される複数の性能を保持しつつ、できるだけ軽量化を図った天井システムを著者らは提案・開発してきた。一方で、軽量部材は、落下被害時の人的被害を発生し難いとはいえ、室空間の機能を低下させる原因には十分に成り得ることから、地震後の事業継続性を達成するためには、質量の大小に関わらず天井面材等の落下は回避すべき現象であることは言うまでもなく、軽量面材を用いる天井においても地震時に健全性を保持するように設計されることが肝要である。

しかしながら、軽量天井面材を用いる天井システムの場合、面内剛性が小さく天井面が一体として挙動しない、いわゆる「非剛床天井」となり、その設計においては剛床仮定が成立すると考えられる石膏ボードなどを天井面として用いる鋼製下地在来工法天井とは異なる取り扱いが必要となるが、その具体的な耐震設計法については不明な点が多いのが現状である。そこで本報告では、軽量天井面材を用いた本天井システムの合理的な耐震設計法の構築を目標として、面内せん断剛性を静的実験により明らかにすることを目的としている。

2. 軽量面材を用いた天井システムの概要

ここで提案する天井システムは、軽量化を図ることを目的として、図1に示すように本システム用に製作したアルミ製下地フレームに軽量面材をビス留めする仕様となっている。軽量天井面材を図2に示す。本天井面材は925mm角の正方形のパネルであり、ポリエステル製タテ

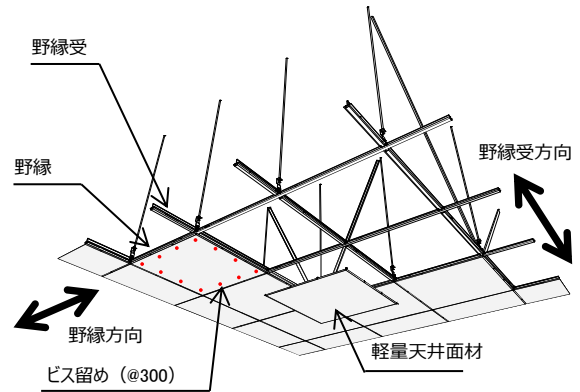


図1 天井システム全景

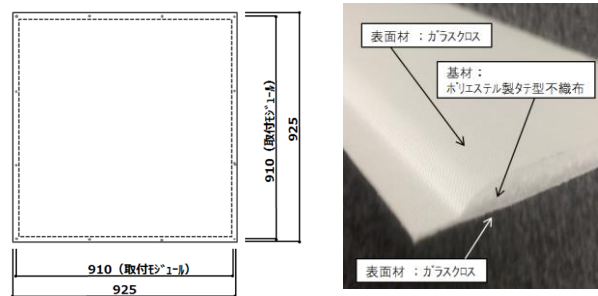


図2 軽量天井面材

表1 軽量天井面材の物性

	軽量天井面材 厚さ4.5mm	岩綿吸音板 厚さ9.0mm	吸音石膏ボード 厚さ9.5mm
質量(kg/m ²)	0.7 kg/m ²	3.0 kg/m ²	6.5 kg/m ²
熱伝導率(W/mk)	0.033	0.046	0.145
熱抵抗値(m ² k/W)	0.121	0.196	0.069
残響室法吸音率	0.5	0.61	0.29

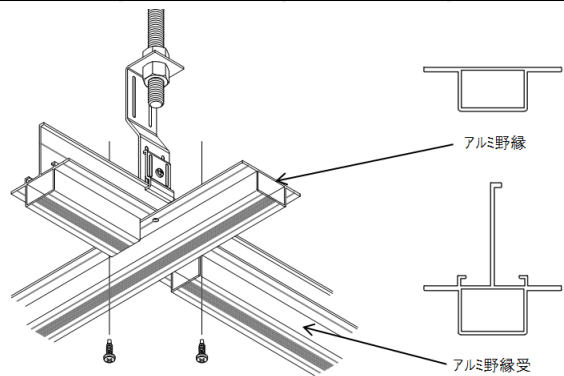


図3 下地フレーム

Suggestion of new type of ceiling system with ultra-light panel,
part 1 Explanation of system & static tests

INABA Nobuko, IIDA Hidetoshi
TEA Kimcheng, MOTUYUI Shojiro

型不織布を基材とし、両面をガラスクロスでサンドイッチした構造となっている。本天井面材の物性を表 1 に示す。質量・厚みは 0.7kg/m^2 および 4.5mm と軽く薄い面材であるが、石膏ボードや岩棉吸音板と同等の断熱性・吸音性を有する材料であることが解る。アルミ製下地フレームの断面形状および部材交差位置のディテールを図 3 に示す。野縁と野縁受けは嵌合ではなくビスにより緊結する接合形式としている。使用する材質はアルミ合金 A6063 である。5 号試験片による引張試験における荷重ひずみ関係を図 4 に、機械的性質を表 2 に示す。

3. 静的面内せん断実験

最小ユニットを用いた面内せん断実験を実施した。試験体を図 5 に示す。天井面材の影響を明らかにするために、天井面材を留め付けた試験体とアルミ製下地フレームのみの試験体を設定した。加力は、図中の a 点にて反力梁にボルトにて試験体を取り付けたうえで、b 点に万能試験機にて引張力を作用させた。

得られた実験結果を図 6 に示す。まずフレームのみの場合に着目し、極めて単純に 2 本の野縁受けを、中央集中荷重を受ける単純支持梁あるいは両端固定支持梁として剛性を求めると、

$$\text{単純支持； } K_{\text{simple}} = \frac{48EI}{L^3} \times 2 = 26.6[\text{N/mm}] \quad (1)$$

$$\text{固定支持； } K_{\text{fix}} = \frac{192EI}{L^3} \times 2 = 106.4[\text{N/mm}] \quad (2)$$

となり、これを図示したものが図 6 中の赤破線である。なお、 $E=65000\text{N/mm}^2$ 、 $I=25700\text{mm}^4$ 、 $L=1820\text{mm}$ として計算している。これらの結果と実験にて得られた剛性（赤線）を比較することにより、ビス接合部の固定度は単純支持と固定支持の中間程度であることが解る。次に、天井面材の有無を比較すると、天井面材がある場合の剛性（図中の黒線）は天井面材がない場合の剛性と比し 2 倍程度にまで上昇しており、天井面材の面内せん断剛性に及ぼす影響が大きいことが解る。写真 1 は、図 6 中の変位段階 A、B における天井面材の変形形状を示したものであるが、薄板にせん断力が作用するとき形成される座屈波形（しわ）が発生していることが確認される。ただし、しわが発生した後も張力場が形成されることにより、耐力が低下することなく、最終的に天井面材を留め付けているビス部での面材の破断により最大耐力は決定された。

4. まとめ

本報告では、天井に要求される複数の性能を保持しつつ、できるだけ軽量化を図った天井システムの耐震設計法を構築するための研究の一貫として、その面内せん断剛性を静的試験により明らかにした。

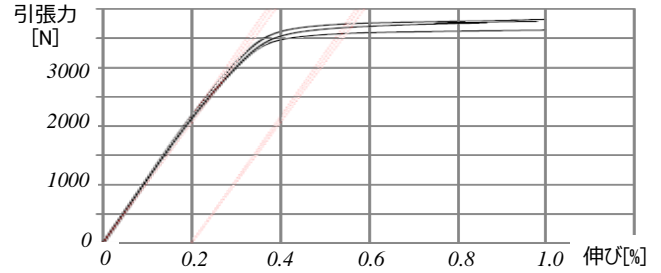


図 4 引張試験結果

表 2 アルミ製下地材機械的性質

	規格値	試験体1	試験体2	試験体3
引張強さ $[\text{N/mm}^2]$	150以上	228	241	237
降伏応力度 $[\text{N/mm}^2]$	110以上	213	222	219
伸び [%]	8以上	6.9	6.3	4.1
ヤング係数 $[\text{N/mm}^2]$	68600	65476	65825	64871

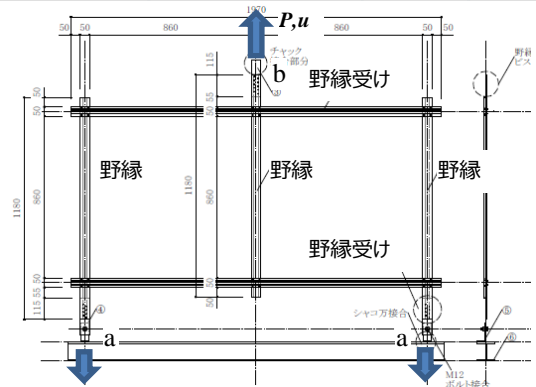


図 5 面内せん断実験用試験体

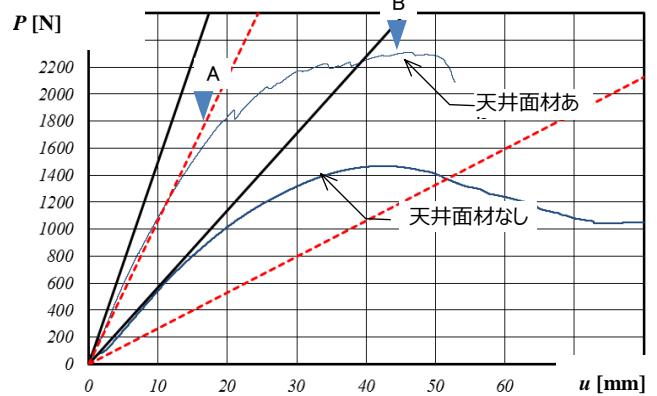


図 6 面内せん断実験結果

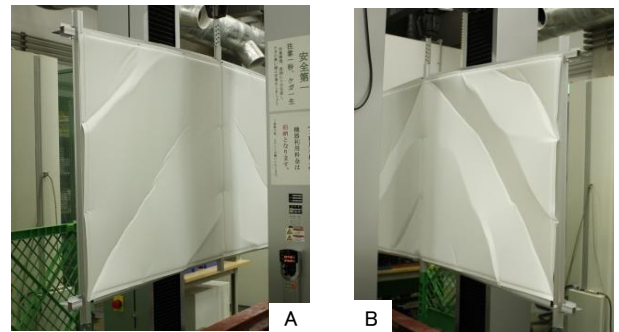


写真 1 天井面材変形状況

* 帝人フロンティア株式会社繊維資材第一部
 ** (株)えびす建築研究所
 *** 東京工業大学 環境・社会理工学院

* TEIJIN FRONTIER CO., LTD Industrial Textiles Department I
 ** Ebisu Building Laboratory Co.
 *** School of Environment and Society, Tokyo Institute of Tech.