

# 無足場で天井板落下を防止するラムダ工法の概要

## その2 実物件での設計例・施工例

正会員 ○ 花井 勉\*<sup>1</sup> 正会員 尾崎 猛美\*<sup>2</sup>  
 非会員 谷口 晋二郎\*<sup>3</sup> 正会員 對比地 健一\*<sup>4</sup>

既存建築物 天井改修 天井板落下防止  
 無足場 音楽ホール

### 1. はじめに

前報<sup>1)</sup>ではラムダ工法の概要と標準試験体の性能を示したが、本報ではラムダ工法の具体的な設計の手順と施工の様子を示す。

### 2. 設計荷重

文献<sup>2)</sup>によれば、ラムダ工法に要求される鉛直方向の設計荷重は以下の2つが想定される。

1) 告示第771号の特定天井の計算方法では、中地震時において天井の損傷を防止することで、これを超える一定の地震時においても天井の脱落の低減を図ることを目標としており、水平方向の地震動によって励起される鉛直振動の影響として柱のスパンが15mを超える場合に考慮する鉛直振動1G。

2) 既存建築物の落下防止対策として告示第566号の特定天井に要求される、落下防止材が作用した時に生じる衝撃荷重。ラムダ工法の繊維シートの初期たわみ及び許容荷重負担時鉛直変位は小さいことから、その他ハンガー部の落下防止のワイヤーが作用した時などを想定した、落下防止装置作動時の衝撃荷重2~3G。

この内2)の衝撃荷重は一時的な瞬間荷重であることから、本工法で通常見込んでいる安全率3を1.5とすると、衝撃荷重2Gは1)の鉛直振動1Gと同じ荷重となる。

### 3. 設計方針

#### 3.1 追加仕様試験

前報では標準仕様の試験結果とその許容荷重を示したが、実際の天井では周囲の壁際でシートを片側にしか接着出来なかったり、照明用の開口周辺では野縁に掛けなくてはならない場所があったりするため、追加試験により設計できる仕様を追加した。試験体一覧を表1に示す。

表1. 試験体一覧

試験体名	天井板	ビス	最大荷重(N)	破壊性状	備考
FGP100	FG6×2	3×2列	1643.0	上下シートの剥離	FGボード 繊維平行
FGC100	FG6×2	3×2列	1475.6	FGボード破壊	FGボード 繊維直交
PB100SS_1,2,3	PB12.5×2	3	746.9, 1109.8, 848.1	全石こう部破壊	片側仕様
PB100CJ_1,2,3	PB12.5×2	3×2列	671.6, 810.6, 742.7	全石こう部破壊	野縁掛け
PX100X45	PB12.5×2	3×2列	796.1	石こう部破壊	野縁 勾配45度
PB100Y45	PB12.5×2	3×2列	682.8	石こう部破壊	野縁受け 勾配45度

セットアップの様子を写真1に、その結果グラフを図1に示す。全てシート幅は100mm、ビスはJIS\_FS-3020である。

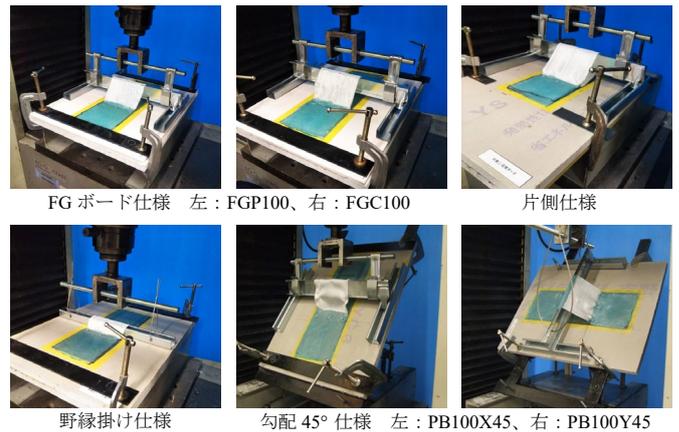


写真1. 試験体のセットアップ

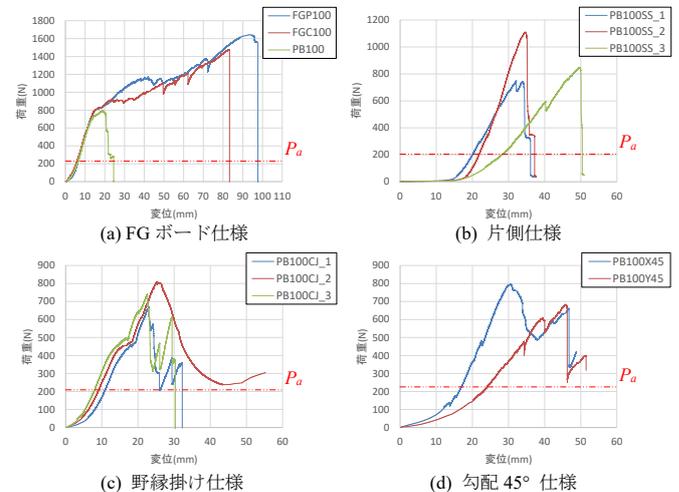


図1. 試験結果

各仕様の試験結果を考察する。

#### a) FGボード(繊維強化石膏ボード)

図1(a)には比較のため通常石膏ボード(PB)の平均的な試験結果も載せているが、FGボードはこれの1.5~2倍の最大荷重となっている。これはボードが強化されていることによるもので、ボードの繊維方向による差はない。また、これくらいの最大荷重になってはじめて上下のシートの剥離が見られた。

### b) 片側仕様

図 1(b) のように、3 体の試験体には剛性と最大荷重にはばらつきが見られたが、これは片側からめくりあげるような载荷となるため、施工状態とセット状態に性能が大きく左右されたことを示している。

### c) 野縁掛け仕様

図 1(c) の剛性は 3 体とも近似しており、最大荷重は野縁受けに掛ける標準仕様より少しばらつくようである。これは野縁掛け仕様では下シートが貼れないため、ビスの施工具合が主な原因と考えられる。

### d) 勾配 45 度仕様

Y45 試験体は治具およびボード支持部の剛性が不高いため、図 1(d) のように剛性、最大荷重ともに X45 試験体より低くなったが、最大荷重は標準試験体レベルには達している。Y45 試験体はシートが野縁受けの勾配に沿って滑るのを防止するため、同じ接着剤で野縁受け上部を接着したが、最大荷重でもその剥がれは見られなかった。X45 試験体では逆に野縁受け上部を接着しないことで、シートがうまく滑りながら負担荷重を分散しているようである。

## 3.2 許容値および配置規定

前報の標準石膏ボード (PB) の許容値と同様に、3.1 結果にばらつきを考慮して安全率を 3 倍としたときの各仕様の許容値を表 2 に示す。FG ボードは試験体数が少ないため PB と同等とした。片側仕様、野縁掛け仕様はばらつきの影響で標準の 85%、90%ほどの値となった。勾配仕様は最大荷重より 45 度までは低減係数を 1 とする。

表 2. 仕様別許容値  $P_a$

	標準 PB	FG ボード	PB 片側仕様	PB 野縁掛け仕様	勾配 45°仕様
幅 100 mm	229 N	同左	195 N	208 N	低減係数 1.0
幅 150 mm	250 N	同左	-	-	低減係数 1.0

設計荷重を許容値  $P_a$  で割った個所数を以下の規定に倣い配置する。

- ・野縁と接する最上部天井板の 2 箇所以上をバランスよく野縁受けに掛ける。面積の小さな天井板は 1 箇所でもよい。
- ・天井板の継ぎ目の設置する場合は左右均等配置とし、許容荷重を 1/2 ずつとする。
- ・野縁掛けをする場合は、その野縁から吊りボルトまでの荷重伝達経路の接合耐力を確認し、必要に応じて補強する。

## 4. 設計・施工例

勾配が途中で変化する講堂の天井面の配置設計を行った。ハンガー部の落下防止ワイヤーが作動した時の衝撃

荷重を 3G としたが、天井は PB 単層貼りで軽量だったので、天井板に対して 2 箇所の配置ですんでいる。壁際端部は片側仕様とした。図 2 に断面図と配置図を示す。

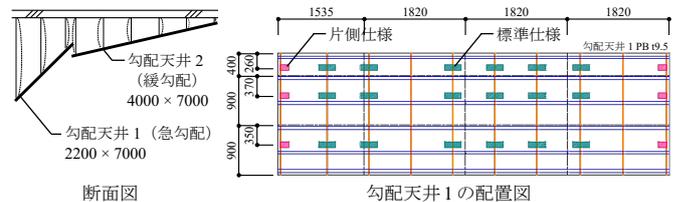


図 2. 断面図及び配置図

写真 2 には施工の様子を示す。施工講習を受けた作業員は、足場が確保されていれば勾配面でも難なく施工出来、同じ工程を数か所連続した後、次の工程をまた連続するなど、慣れてくれば 2 人組で 20 分/箇所のペースとなった。注意点としては以下が挙げられた。

- ・効率よく横移動できるようラムダ工法用の足場を組むことが最も重要である。
- ・天井板が 1 枚貼りの場合で接着面が目地をまたぐ場合は漏れ防止に目地テープを貼る。
- ・急勾配の場合は接着剤の垂れが見られたので養生を行うと良い。

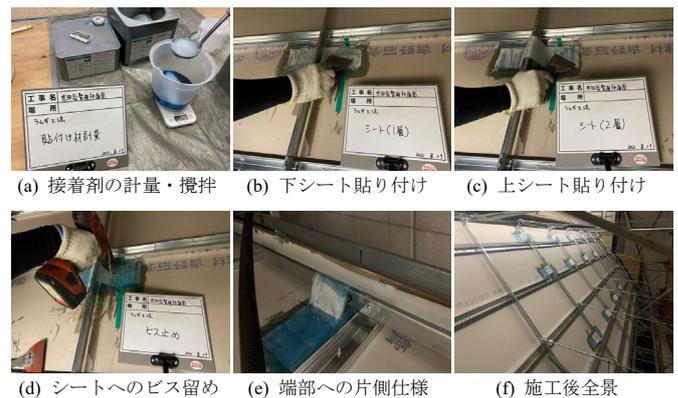


写真 2. 施工の流れ

## 5. まとめ

本報では、告示に対応した設計での考え方から片側配置など追加仕様の許容値と配置規定を定め、具体的な講堂の勾配天井の配置設計の例を示した。また、施工写真を掲載し、効率よく横移動できる足場を組むことが重要など、施工での注意点を考察した。

## 謝辞

本報では、世田谷聖母幼稚園の天井改修事例を使わせて頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 花井 勉 他：無足場で天井板落下を防止するラムダ工法の概要、日本建築学会大会学術講演梗概集、2021 年 9 月
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所、他：建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説、平成 25 年 10 月

\*1 (株)えびす建築研究所 代表取締役・博士 (工学)  
 \*2 構造調査コンサルティング協会 副会長・工学修士  
 \*3 アルファ工業(株)  
 \*4 (株)東京建築研究所 博士 (工学)

\*1 President, Ebisu Building Laboratory Co, Dr. Eng.  
 \*2 Vice President, Structural Research Consulting Association, M. Eng.  
 \*3 Alpha-Kogyo K.K.  
 \*4 Tokyo-Kenchiku Structural Engineers Co, Dr. Eng.