



## ラムダ（Λ）工法について

正会員 (株)えびす建築研究所

代表取締役社長 花井 勉

(一社)構造調査コンサルティング協会

副会長兼務専務理事 尾崎 猛美

### 1. はじめに

近年の日本では建物の耐震化が進んでいることから、大地震でも倒壊に至る建物は少なくなり、かえって天井等の非構造材の落下による人的損傷がクローズアップされるようになった。報告書<sup>1)</sup>では2011年東日本大震災での天井被害の内、天井仕上げ・野縁・クリップの被害が74%（107/144）を占め、天井の落下に大きく影響しているのが分かる。

既存建物の天井板を室内側から撤去又は落下防止補強するには室内側からの足場が欠かせず、コスト・工期の面で工事が進んでいないのが現状である。又、大人数が収容される音楽ホールでは、音響のため天井板が重く、天井板の変更が難しい、階段状の観客席に足場が設置できない等の問題が多く、室内側足場の必要のない天井裏空間からの既存天井板を落下防止する工法が切望されていた。

本稿では上記の問題を解決する天井板落下防止工法である「ラムダ工法」（以下、本工法という）の概要と性能を紹介する。

### 2. 本工法の概要

図1に本工法の概要を示す。本工法は天井裏空間から繊維シートと接着剤を用いて天井板を野縁受け等に直接支持させ、弱点である天井板・野縁間のビス、野縁・野縁受け接合のクリップを介さずに天井板落下を防止するものである。

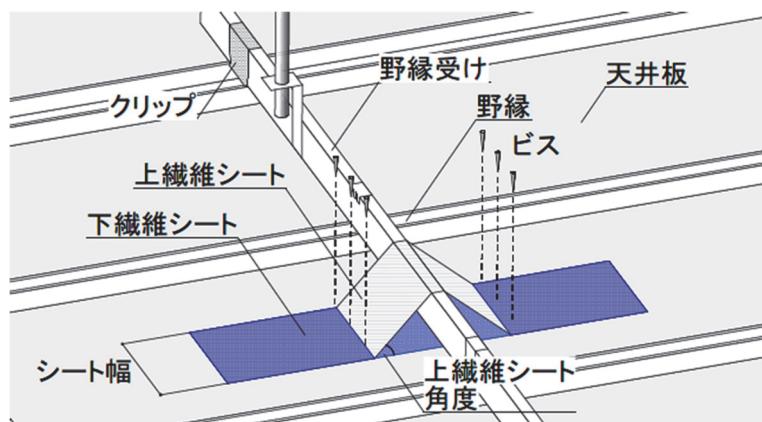
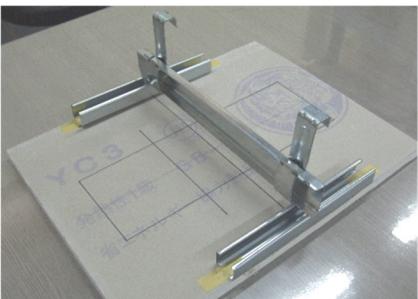
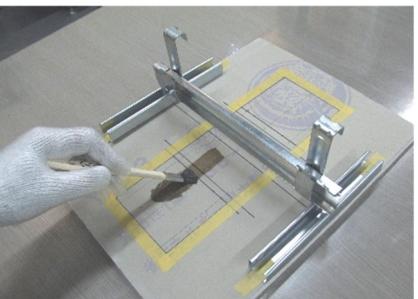
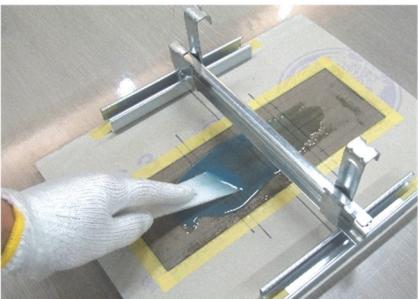
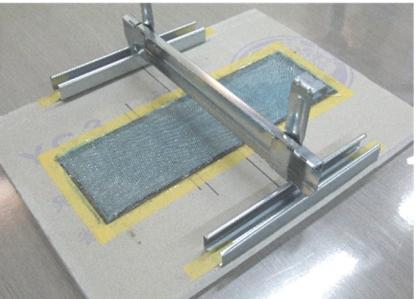
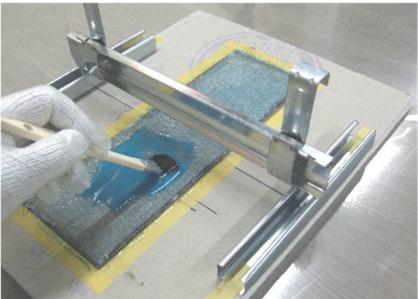
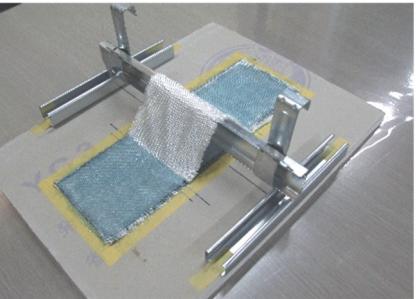
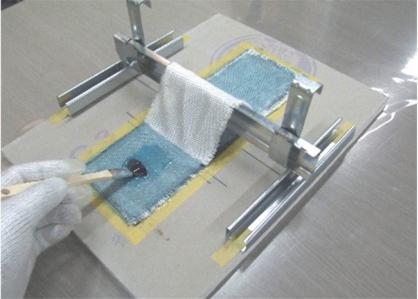
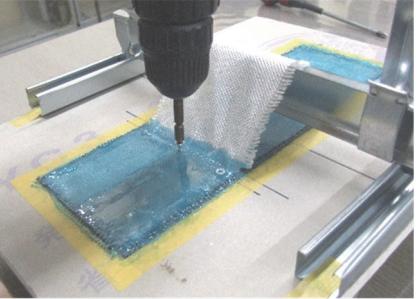


図1 本工法の概要

本工法の標準仕様の施工手順を以下に示す。なお、野縁受けを支持するハンガー及び吊りボルトは必要に応じて補強を行うものとする。

1. 下地処理・墨付け	2. プライマー塗付
	
3. 接着剤下塗り	4. 下繊維シート貼り付け
	
5. 接着剤中塗り	6. 上繊維シート貼り付け
	
7. 接着剤上塗り	8. ビス留め
	

### 3. 性能確認試験結果

本工法の性能確認試験の結果を紹介する。図2に示すように、上繊維シートが掛かっている野縁受けをハンガーを介して上方に引っ張ることにより、引張耐力と破壊性状を確認した。ここでは標準仕様試験体の挙動及びシート幅、ビスの有無による性能値の違いを示す。

#### 3. 1 標準仕様試験体の試験時挙動

標準仕様試験体（シート幅100 mm）の荷重変形関係を図3に示し、以下にその詳細を述べる。

- (1) 変位が10 mmに達すると上下シート分離部分縁辺りから下シートが浮き上がり始めた。
- (2) 変位が16 mmに達した時点で最大耐力を記録し、下シート中央部が石こうボード表面原紙を引き連れて全体的に浮き上がったが、暫くはほぼ一定の耐力を保持し続けた。
- (3) 変位20 mmで浮き上がりが下シート全体に拡がり、上下シート分離部分に留め付けていたビスが抜け、耐力が大きく低下した。

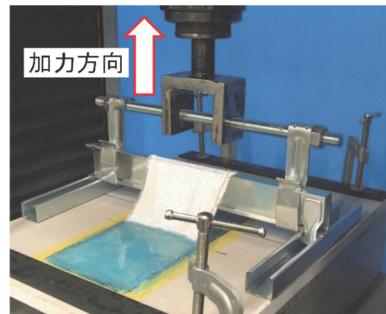


図2 引張試験

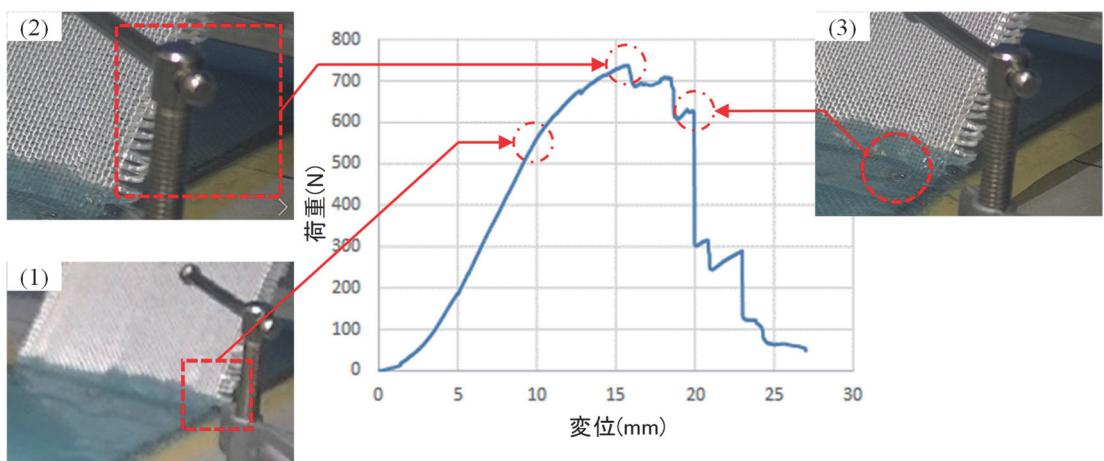


図3 標準仕様試験体（シート幅100 mm）の荷重変形関係

試験終了後の試験体を確認したところ、図4に示すように、下シートの浮き上がりは石こうボードの芯材（石こう部）破壊によるものであることが分かった。なお、上下シートの分離は起こっていない。



図4 標準仕様試験体の  
破壊性状

### 3. 2 シート幅及びビス留めの有無が性能値に与える影響

図5にビス留め仕様のシート幅による引張性能の違いを示す。シート幅100 mmの試験体と150 mmの試験体を比較すると引張耐力と変形性能の両方に明確な差が見られるが、幅150 mmと200 mmを比較した場合は引張性能に有意な差が見られなかった。又、シート幅による初期剛性の差はほとんどない。

標準仕様からビス留めを省いた仕様の試験結果を図6に示す。全てのシート幅において標準仕様よりも引張性能が低いこと、及び初期剛性がシート幅により大きく低下していることが分かる。これは、ビス留めをすることでシート幅方向の応力が均され、かつ最大耐力にもビスのせん断・引張性能が寄与していることを示している。

### 3. 3 天井勾配が性能値に与える影響

45°の勾配天井に標準仕様を施工した場合を想定した仕様の試験結果を図7に示す。野縁方向に勾配を持つX45°試験体(図8左)と野縁受け方向に勾配を持つY45°試験体(図8右)ともに治具の影響で天井勾配が0°の場合に比べて初期剛性が低くなつたが、最大耐力は勾配なしの場合と同等の値を示した。勾配天井の場合でも耐力は期待できる。

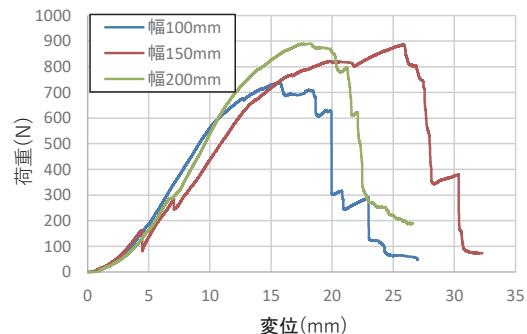


図5 シート幅による引張性能の違い

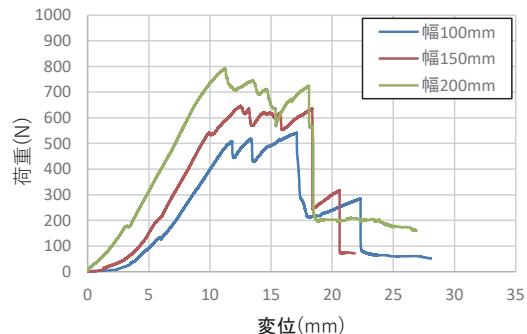


図6 ビス留めを省いた仕様の引張性能

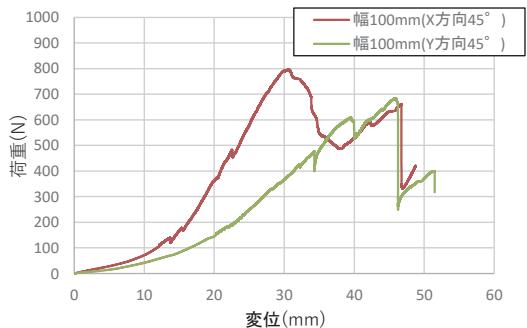


図7 天井勾配45°の場合の引張性能

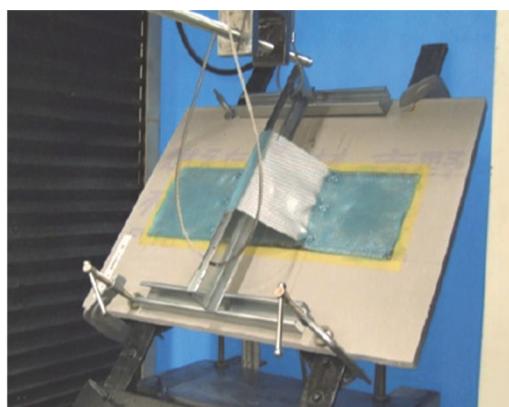
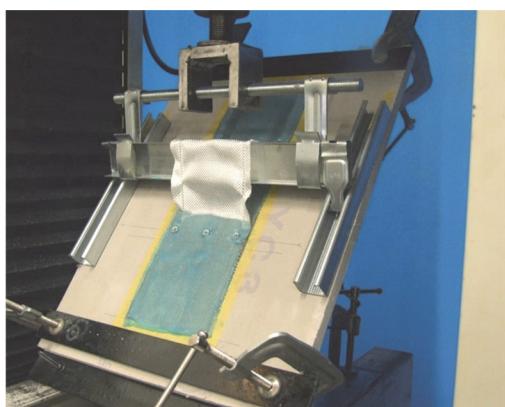


図8 勾配天井を想定した試験体。(左) X45°試験体、(右) Y45°試験体

### 3. 4 標準仕様の許容耐力

標準仕様に対するばらつき試験の結果を図9に示す。シート幅100 mm、150 mmともに終局時の変形量と最大耐力がややばらついているが、これは接着剤の塗付状況及び治具のセット状況に起因するものと考えられる。

試験結果を元に安全率を3倍としたときの標準仕様の許容耐力  $P_a$  を算出したところ、以下に示す値が得られた。

- 幅100 mm :  $P_a = 229$  N
- 幅150 mm :  $P_a = 250$  N

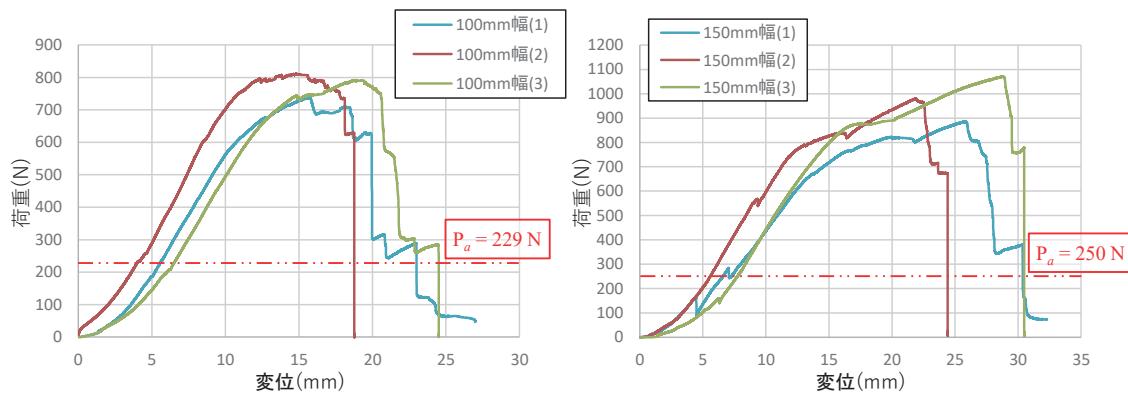


図9 標準仕様のばらつき試験結果

### 4. 設計例

石こうボード  $t12.5$  mmを2枚張りした場合の重量は約  $200$  N/m<sup>2</sup>である。この天井板に対しては、本工法の幅100 mm仕様を天井面1 m<sup>2</sup>当たりに1ヶ所施工することで加速度1Gの上下動に対し安全率3倍以上を確保することができる。これを基にした設計例が図10である。最上層で野縁にビス留めされている天井板は  $1820 \times 910$  であることが多いので、各天井板に対し2ヶ所に施工することになる。

- a. 野縁受け掛け 1：天井板長手と野縁受けが直交している場合で、天井板に対しバランス良い位置で野縁受けに掛ける。
- b. 野縁受け掛け 2：天井板長手と野縁受けが平行の場合で、天井板の長手継部に野縁受けがあることから、長手継部をまたいで、バランス良い位置に野縁受けに掛ける。
- c. 野縁掛け：bと同じ天井板長手と野縁受けが平行の場合に、天井板の継部掛けをさけて、天井板長手と直交する野縁にバランス良く掛ける。ただしこの場合は、シートを掛けた野縁 - 野縁受け接合部のクリップ等も補強する必要がある。

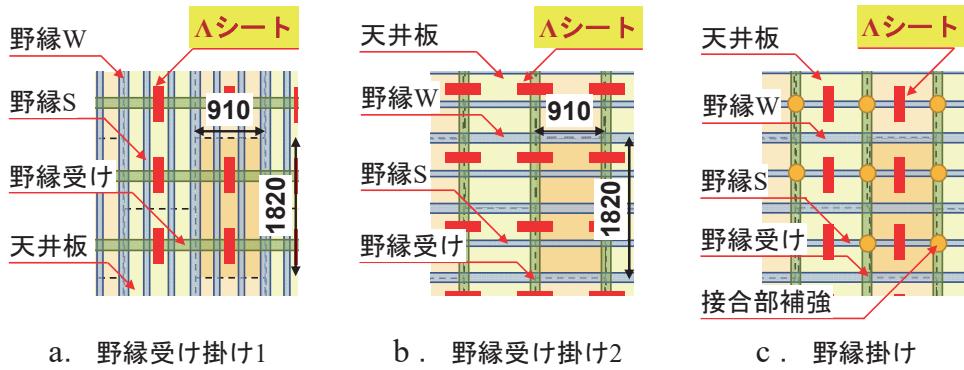


図 10 シート配置例

## 5.まとめ

本稿では室内側の足場が不要な天井板落下防止工法であるラムダ工法の概要と性能について述べ、本工法の設計例を紹介した。以下に要点をまとめる。

- 本工法は天井裏空間から繊維シートと接着剤を用いて天井板を野縁受け等に直接支持させ、弱点である天井板 - 野縁間のビス、野縁 - 野縁受け接合のクリップを介さずに天井板を支持させる工法である。
- 天井板に多い石こうボードでの試験では、破壊箇所はシートや接着剤界面でなく、ボード内側の石こう部の剥離となる。
- ビス留めをすることでシート幅方向応力が均され、安定した剛性・耐力となってい
- る。
- 勾配天井に対しては剛性が低下するが、最大耐力は水平天井と同等の値を示す。本工法を勾配天井に適用する際は勾配による剛性低下を考慮する必要がある。
- 石こうボード 2 枚張りの設計例では、1 m<sup>2</sup>当たり 1 ケ所配置することで 1 G の上下動に対し安全率 3 倍以上を確保することができた。
- シートを掛けるのは野縁受けを基本とするが、天井板の方向によっては野縁に掛け
- ることもできる。ただしこの場合、野縁 - 野縁受けのクリップ等も補強する必要が
- ある。

なお、ここでは在来工法による軽鉄下地の例を示したが、ライン型システム天井及びグリッド型システム天井への設置も可能である。

## 6.参考文献

- 1) 日本建築学会：天井等の非構造材の落下事故防止ガイドライン，2013年