

無足場で天井板落下を防止するラムダ工法の概要

正会員 ○ 花井 勉*¹ 正会員 尾崎 猛美*²
非会員 谷口 晋二郎*³ 正会員 對比地 健一*⁴

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

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¹⁾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。また、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。

本報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」の概要と性能を紹介する。

2. ラムダ工法の概要

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

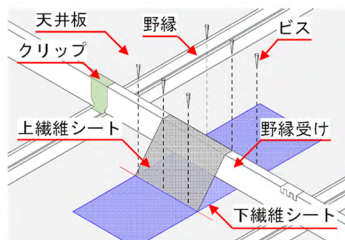


図1 ラムダ工法の概要

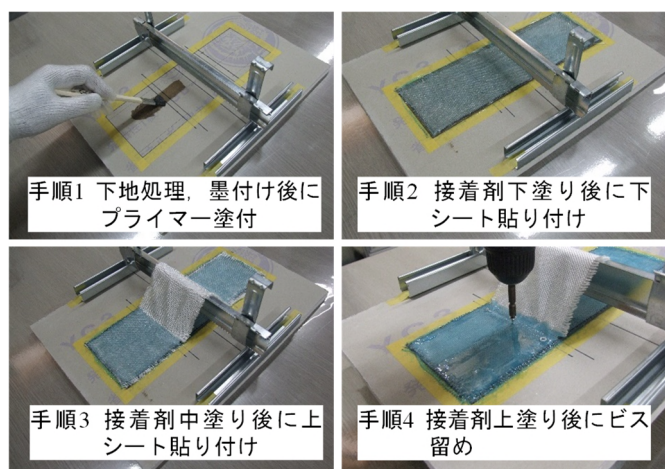


図2 ラムダ工法の施工手順

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。

本工法の標準仕様の施工手順を図2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補強を行うものとする。

3. 性能確認試験

図3に示すように、上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。

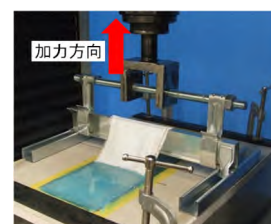


図3 引張試験

i. 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) の試験時の挙動を図4に示し、以下にその詳細を述べる。

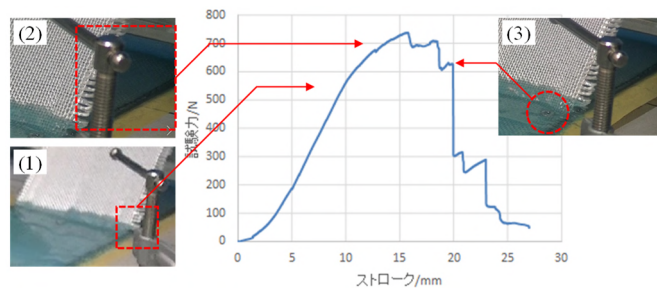


図4 標準仕様試験体の試験時挙動

- (1) ストロークが 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) ストロークが 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膏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) ストローク 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5 標準仕様試験体の破壊性状

試験終了後の試験体を確認したと

ころ、図5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。

ii. シート幅及びビス留めの有無が性能値に与える影響

図6にシート幅による引張性能の違いを示す。シート幅100mmの試験体と150mm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150mmと200mm

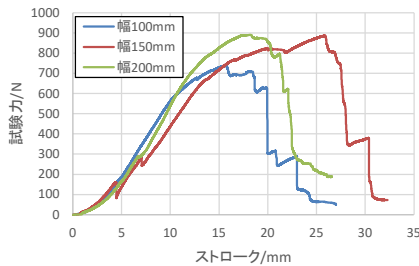


図6 シート幅による引張性能の違い

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。また、シート幅による初期剛性の差はほとんどない。

図2の手順4のビス留めを省いた仕様の試験結果を図7に示す。全てのシート幅においてビス留めを行った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。

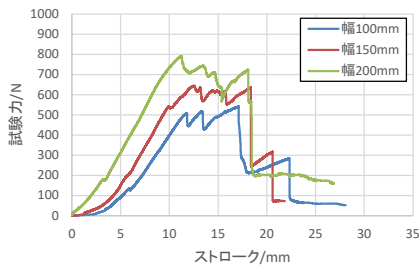


図7 ビス留めを省いた仕様の引張性能

ばらつき試験から安全率を3倍としたときの許容耐力 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

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/m² 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 m² 当たり 1 ヶ所施工することで加速度 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る。これを基にした設計例が図8である。最上層で野縁にビス留めされている天井板は 1820×910 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

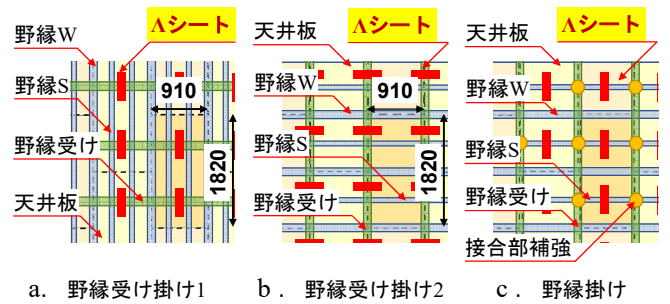


図8 シート配置例

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。

5. まとめ

本報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。
- ・ 石こうボード 2 枚張りの設計例では、1 m² 当たり 1 ヶ所配置することで 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。

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

*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.