

## 繊維入り強化塗料の帯状塗膜による天井補強工法の開発 ライン型システム天井の耐震補強 (その1) 工法概要と材料実験

正会員 ○高松 誠<sup>\*1</sup> 正会員 伊藤 真二<sup>\*2</sup> 正会員 岩下 智<sup>\*1</sup>  
正会員 太田 寛<sup>\*1</sup> 会員外 大林 慎二<sup>\*3</sup> 正会員 荒井 智一<sup>\*4</sup>

システム天井 落下防止 塗料  
帯状塗膜 材料実験

### 1. はじめに

2011年の東日本大震災では、ホールや体育館等の天井が落下する被害が多数発生した一方で、事務所ビル等に広く採用されているライン型システム天井においても落下被害が多くみられた<sup>1)</sup>。この天井は、T型をした棒状鋼材(以下、Tバー)のフランジ部分に天井板が載る構造をしている。強震時にはTバーが振られ、変形する場合もあることから、天井板が外れて落下する被害が発生した。

この被害を防ぐために、天井内部にブレース等の補強材を設置し天井の挙動を抑える工法や、外れた天井板が落下しないようにネットや鋼材等を天井直下に設置する工法が提案されている<sup>2)</sup>。しかし、改修工事に伴う一時移転や改修後の美観性などに問題があることから適用が進んでいない。

これらの問題を解決するために、短期間での施工が可能で、現状の天井美観を損なわず、かつ低コストで改修ができる工法として、塗料を用いた補強工法(※CSFP工法: Ceiling Support System by Fiber Reinforced Coating Paint)を開発した。本報(その1)では、工法の概要および材料の特性、性能を把握するために実施した材料実験について報告する。

### 2. 工法概要

#### 2.1 CSFP工法

CSFP工法は、図1に示す通り金属製のTバーや廻縁と天井材(ボード)に跨るように繊維入り強化塗料を帯状に塗布して天井表面材を連結することで、地震時の天井ボードの挙動を減らし、天井下地材からの離脱や落下を防止または抑制する。乾燥時の塗膜は透明であるため、施工前の天井と外観の変化はほとんどない(図2)。また、施工は室内側からの塗装工事が中心のため、既存の補強工法と比べて短工期、低コストといった特長を有する。

#### 2.2 繊維入り強化塗料

繊維入り強化塗料(以下、繊維強化塗料)の塗装仕様を表1に示す。塗料は全て水性の透明塗料であり、中塗り材に合成樹脂の短繊維が混入されている。

※CSFP工法: ㈱鴻池組、鴻池ビルテクノ㈱、㈱桐井製作所、日本樹脂施工協同組合の4社による共同開発

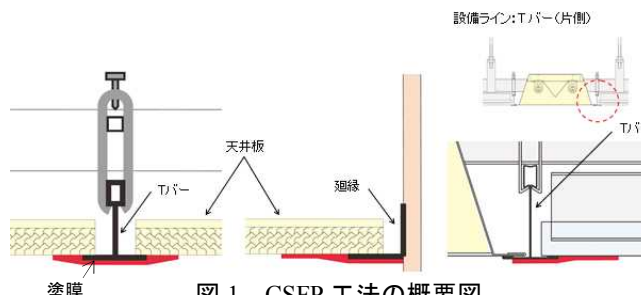


図1 CSFP工法の概要図

表1 繊維入り強化塗料の塗装仕様

工程	種類	塗装方法	塗装回数	塗布量 g/m <sup>2</sup> (塗幅55mm)	乾燥膜厚 mm (Tバー上)
下塗	2液型アクリルシリコン樹脂系	ローラー・はけ	1回	5~8	—
中塗	1液型アクリル樹脂系	コーキングガン・へら	1回	100以上	0.3以上
上塗	2液型アクリルシリコン樹脂系	ローラー・はけ	2回	10~15	—



図2 塗装後の外観

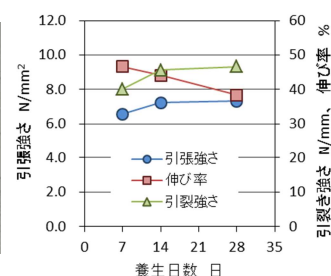


図3 塗膜試験片の試験結果  
(3試験片の平均値)

### 3. 材料実験

#### 3.1 繊維入り強化塗料の基本物性

##### 3.1.1 塗膜の引張・引裂性能

成膜した繊維強化塗料の引張強さと引裂強さについて、JIS A 6021に準拠して試験を行った。試験片は、所定期間まで乾燥養生を行ったのち、引張試験はJIS K 6251規定のダンベル状2号形、引裂試験はJIS K 6252-1規定の切込みなしアングル形にカットしたものとした。

図3に試験結果を示す。引張強さ、引裂強さとともに、養生日数の増加とともに大きくなる傾向を示すが、14日以降は微増である。乾燥養生14日では、引張強さ7.2 N/mm<sup>2</sup>、引裂強さ45.6 N/mmであった。また、伸び率も平均44%を有しており、繊維強化塗料は可とう性を有する塗膜性質といえる。

##### 3.1.2 耐候性能

JIS K 5600-7-7に準拠し、キセノンランプ法による促進

耐候性試験を行い、紫外線や熱影響による塗膜の変色などを評価した。表 2 に促進暴露試験条件を示す。試験体は、フレキシブル板(70×150×t2mm)に化粧岩綿吸音板(以下、RW板)(55×120×t14mm)をエポキシ接着剤で貼付け、繊維強化塗料を塗布して7日間乾燥養生したものとした。測定項目は、色差、60度鏡面光沢度、目視観察とした。

図 4 に色差と光沢保持率の測定結果を示す。屋内の5年分に相当する紫外線量に等しい促進暴露240時間では<sup>3)</sup>、色差が1.1、光沢保持率は92%、目視観察の結果も含め、変色等の変化は見られなかった。

### 3.1.3 付着性能

繊維強化塗料をRW板、Tバーにそれぞれ塗布し、14日間乾燥養生後、載加速度2mm/minで付着強さ(各3試験体)を測定した。

付着強さは、RW板では平均0.08 N/mm<sup>2</sup>、Tバーでは平均0.17 N/mm<sup>2</sup>であり、RW板の方が約5割低かった。破断状況は、RW板では全て基板の凝集破断、Tバーでは全て塗膜とTバーの界面剥離であった。繊維強化塗料の付着性能は、天井板の表層強さが支配的と推察される。

## 3.2 带状塗膜補強した天井材の力学特性

### 3.2.1 試験概要

試験では、RW板とTバーを繊維強化塗料で補強した天井材の力学特性について、Tバーの長さ方向と直交の引張強度と平行のせん断強度の測定を行った。試験体は、RW板(引張:80×240×t14mm、せん断:150×300×t14mm)とTバーを跨るように繊維強化塗料で塗布したものをそれぞれ3体とした。試験の要因と水準は、塗り幅(45、55mm)、塗り厚さ(≧1.0mm、<1.0mm)、養生日数(7、14、28日)とし、載加速度は引張、せん断ともに200mm/minとした(図5)。

### 3.2.2 試験結果

図6、図7に測定結果を示す。なお、強度は単位長さ(m)当たりの最大荷重値で表すこととした。標準塗装仕様(塗幅55mm、塗り厚さ≧1.0mm)の試験体では、養生期間による強度変化は小さく、養生14日の引張強度は4,365 N/m、同せん断強度は3,427 N/mであった。塗り幅が狭い場合(塗幅45mm)と塗り厚さが薄い場合(塗り厚さ<1.0mm)では、引張強度には有意な関係は見られなかったが、せん断強度は小さくなる(約500N/m)傾向を示した。また、せん断強度は引張強度の約8割程度であった。破断状況は、ほとんどがRW板塗装部分の表層剥離であった。

## 4. まとめ

ライン型システム天井の落下防止対策として、繊維強化塗料の带状塗膜による天井補強工法を開発した。本工法に使用する繊維強化塗料の基本物性と带状塗膜で補強

表 2 促進暴露試験条件

項目	条件
光源	キセノンアークランプ 水冷式7.5kW
光フィルター	インナー:石英 アウトター:#275
放射照度	180W/m <sup>2</sup> (300~400nm)
BPT	63±3℃
試験サイクル	照射102分、 照射+降雨18分
試験時間	240時間

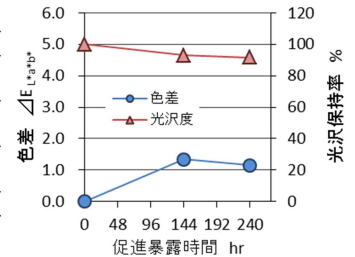


図 4 色差・光沢保持率

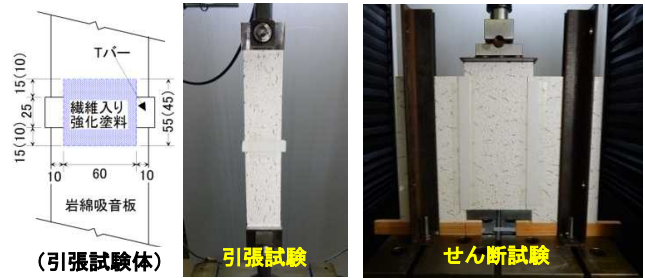


図 5 带状塗膜補強試験体と試験状況

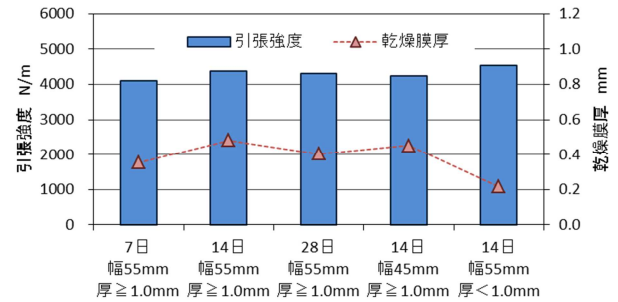


図 6 引張強度 (平均値)

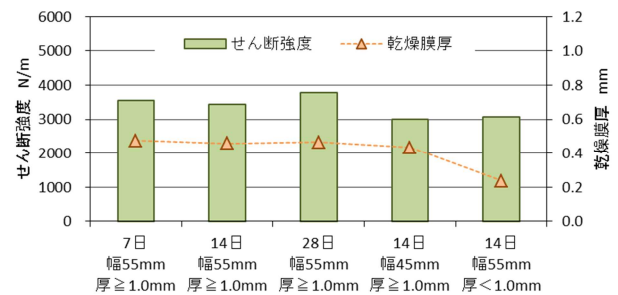


図 7 せん断強度 (平均値)

した天井材の力学特性について材料実験を行い、強度性状を評価した。今後も、定量的な評価を進めるとともに、在来工法による吊り天井への適用範囲の拡大を行っていく予定である。

### 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、p225-p232,2013.3.4
- 2) 日本建築学会：天井等の非構造材の落下に対する安全対策指針・同解説、p154-p160,2015.1
- 3) 日本ウェザリングセンター：促進暴露試験ハンドブック、〔I〕促進耐候性試験,2011.4.1

\*1 鴻池組 技術研究所  
\*2 鴻池組 技術研究所 博士(工学)  
\*3 鴻池ビルテクノ  
\*4 桐井製作所

\*1 Research Institute of Technology, Konoike Construction  
\*2 Research Institute of Technology, Konoike Construction, Dr. Eng  
\*3 Konoike Building Technology  
\*4 Kirii Construction Materials Co., Ltd.