

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2) 振動台実験

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

システム天井 落下防止 振動台  
塗料 耐震補強

1. はじめに

その1で示したライン型システム天井を対象とした耐震補強工法(CSFP 工法)の効果を検証するための振動台実験を行った。本報告では、実験の概要および結果について述べる。

2. 振動台実験の概要

実験は鴻池組技術研究所(つくば市)の3次元振動台(3m×3m、搭載重量10ton、変位±150mm(X,Y)、±100mm(Z)、速度±75cm/s(X,Y)、50cm/s(Z)、加速度±1.0G(X,Y,Z))を用いた。

図1および図2に天井試験体を示す。試験体は、吊ボルト、野縁受け(CC-19)、ハンガー、CTクリップ、Tバー、岩綿吸音板(以下RW板)およびHバーなどから構成され、鉄骨フレームからボルト長さ1200mmで吊り下げられている。長辺、短辺のそれぞれ1辺に、スタッド@455mm、ボード2枚貼り(9mm+12.5mm)の間仕切り壁を設置し、廻縁(Lバー)を取り付けた。なお、設備ラインは本工法の対象外であり、実施工では別途落下防止処置が必要となる。よって、試験体では照明BOXのみを設置した。

表1に実験ケースを示す。試験体は、Case1補強なしとCase2補強ありの2種類とした。繊維強化塗料は図1に示す廻縁(A部)、設備ラインのTバー片側(B部)およびTバー両側(C部)について施工し、養生期間は6日間とした。加振実験では、1加振ごとに試験体の状況を観察し、同じ試験体で約50cm/s<sup>2</sup>ずつレベルを上げて加振を繰り返した。Case1補強なしでは、複数のRW板が落下するまで計5回の加振を行い、Case2補強ありでは、振動台の性能限界まで加振レベルを上げて、計10回の加振を行った。加振波は、図3に示す東北地方太平洋沖地震(2011.3.11)での気象庁による仙台市宮城野区の観測波とし、加振方向は水平2方向とした。なお、本工法はライン直交方向の補強を主目的としているため、加速度の大きいNS成分をライン直交方向へ、EW成分をライン平行方向への入力とした。図1にセンサー配置を示す。歪ゲージ式加速度変換器をTバー下面にX方向6個、Y方向3個、それぞれ設置した。また、天井吊元と同じ高さレベルの鉄骨フレームに加速度変換器を設置し、天井入力加速度を測定した。

表1 実験ケース

試験体ケース	加振回数	振動台入力レベル
Case1 補強なし	5	50cm/s <sup>2</sup> 刻みで 複数の天井板が落下するまで
Case2 補強あり	10	同上 振動台の限界まで

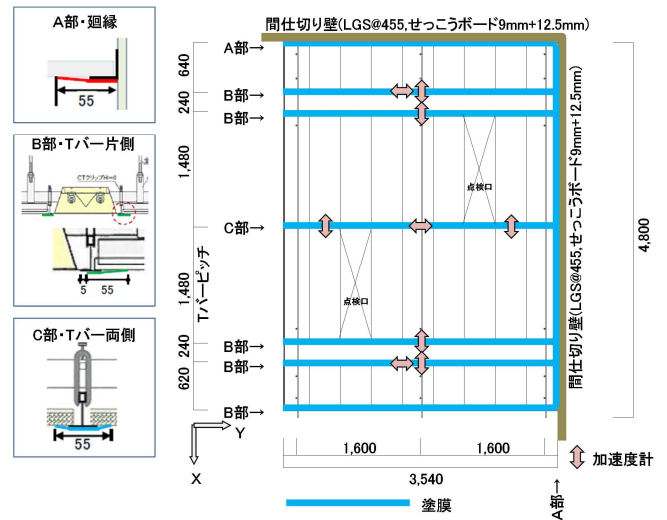


図1 天井試験体およびセンサー配置(平面図)



図2 試験体設置状況

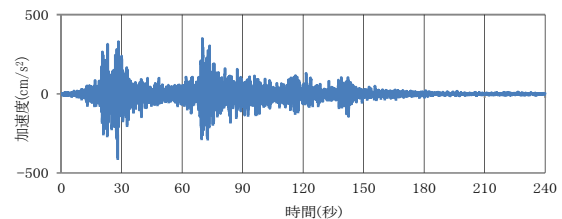


図3 入力地震波(気象庁仙台市宮城野区NS)

### 3. 実験結果

#### 3.1 ライン天井の落下および損傷状況

表 2 に各加振回における天井の損傷状況を、図 5 に最終加振後の損傷状況をそれぞれ示す。Case1 補強なしでは、加振 2 回目から RW 板が落下し始め、4 回目までにそれぞれ 1 枚ずつ落下した。5 回目には 6 枚の RW 板が落下したため、加振を終了した。最終加振後の RW 板の累計落下は 9 枚であり、ぶら下がっている RW 板が 2 枚であった。Case2 補強ありでは、加振 4 回目までは損傷が無く、5 回目から RW 板と塗膜の界面で RW 板の表層が剥離する現象が数か所で発生したが、RW 板のずれは無い。8 回目から RW 板剥離の累積箇所数が増加し、T バー面の塗膜剥離や T バーの変形が発生した。9 回目でそれらに加え、初めて塗膜の破断が発生した。10 回目で振動台の加振限界に達し、加振を終了した。最終加振後の RW 板の表層剥離長さは計 1.88m で全塗膜長さ 26.0m(3.54m×6 本+4.8m)に対する表層剥離率は 7%であった。損傷としてはこの表層剥離が最も多く発生し、(その 1)の材料試験の破断状況もこの表層剥離がほとんどであったことと整合している。Case2 補強ありでは、軽微な損傷(図 4)が局部的に発生するものの、RW 板およびその他の部位の落下は無かった。

#### 3.2 天井加速度の応答倍率

図 6 に天井入力加速度(吊元加速度)に対する天井加速度の応答倍率を示す。天井加速度は複数の加速度計出力の最大値の平均値とした。X 方向では、Case1 補強なしの応答倍率 3.3~5.4 に対して、Case2 補強ありでは 1.2~3.0 と概ね半分である。一方 Y 方向では Case1 補強なしの応答倍率 2.8~3.7 に対して、Case2 補強ありでは 0.9~1.3 と 3 分の 1 程度である。補強なしの場合は壁への衝突による衝撃振動によって加速度が大きくなる。一方 Case2 では補強によって廻縁と天井板が一体となるため、衝撃による加速度が低減できると考えられる。また、Y 方向は補強効果で、天井の応答倍率が最大でも 1.3 程度と増幅量が少ないのが特徴的である。

#### 4. まとめ

帯状塗膜によって耐震補強したライン型システム天井の振動台実験を行った。その結果、補強なしでは複数の天井板が落下したが、同じ入力レベル以上の加振においても、補強した天井板は塗膜と天井板の界面に軽微な損傷が発生したものの、天井板およびその他の落下は発生せず、本補強工法の有効性が確認できた。

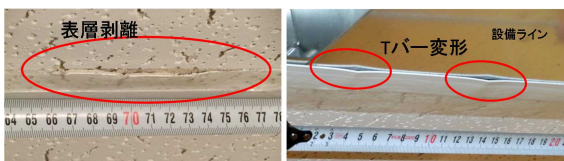


図 4 損傷状況の例

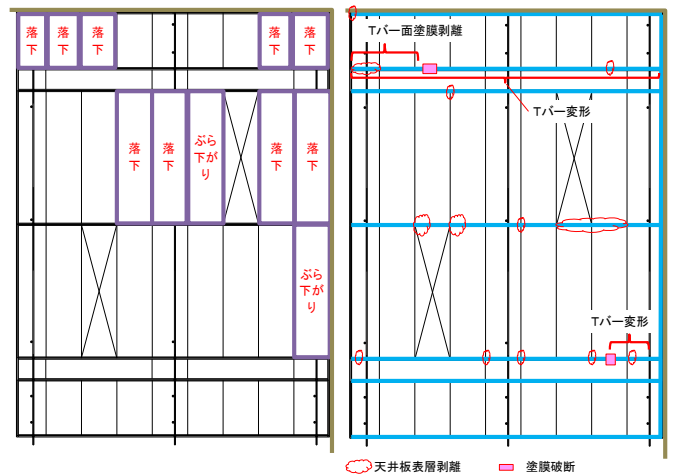
表 2 損傷状況一覧

<Case1 補強なし>

加振回	X方向加速度(cm/s <sup>2</sup> )			天井板落下累計
	振動台	天井入力	天井応答	
1	471	839	2811	0枚
2	500	981	3773	1枚
3	563	1112	4559	2枚
4	628	1342	7183	3枚
5	695	1446	6797	9枚

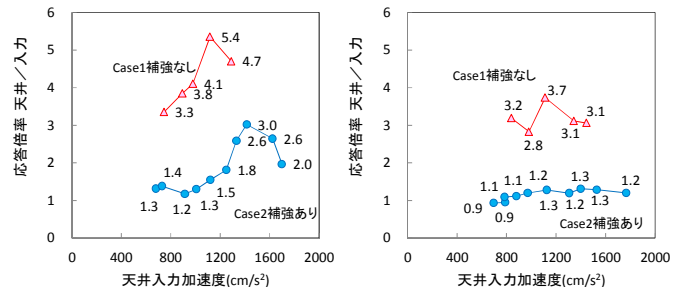
<Case2 補強あり>

加振回	X方向加速度(cm/s <sup>2</sup> )			RW板表層剥離累積箇所数	RW板落下累計	その他
	振動台	天井入力	天井応答			
3	452	915	1071	0枚	0ヶ所	損傷なし
4	557	1007	1310	0枚	0ヶ所	同上
5	552	1120	1735	0枚	1ヶ所	同上
6	658	1249	2262	0枚	3ヶ所	同上
7	686	1331	3441	0枚	2ヶ所	同上
8	745	1414	4267	0枚	7ヶ所	Tバー面塗膜剥離発生 Tバー変形(設備ライン)発生
9	864	1624	4289	0枚	11ヶ所	同上 塗膜破断発生
10	950	1698	3337	0枚	12ヶ所	Tバー変形拡大(設備ライン)



<Case1 補強なし(5回目)> <Case2 補強あり(10回目)>

図 5 最終加振後の損傷状況



<X 方向(ライン直交)> <Y 方向(ライン方向)>

図 6 天井応答倍率

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

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