

耐震クリップ工法の開発

金川 基*

高井 茂光*

Motoi Kanagawa

Shigemitsu Takai

飯塚 信一**

鹿籠 泰幸**

Shinichi Iizuka

Yasuyuki Shikamori

1. はじめに

近年の大地震により、体育館等の天井落下が報じられており、国土交通省から天井落下防止策として、技術的助言等が出されている。しかしながら、天井の落下や崩落の原因については現状不明な部分が多い。このような状況から、これまでに在来天井の落下防止工法として天井変位を低減する「制震天井システム」を開発したが、高価である等の理由により普及に至っていない。そこで本論では、天井落下原因の一つと考えられる天井部材のクリップに着目し、新たに開発した「耐震クリップ」にて補強した天井(以下、耐震クリップ工法と称す)と在来工法を比較するための各種性能確認実験を実施したのでその結果について報告する。

2. 耐震クリップの概要

耐震クリップ工法の概要を図-1に示す。耐震クリップは、在来天井を構成する鋼製下地材のクリップの上に被せて設置する。在来クリップにはシングルとダブルの形状があるため、耐震クリップも同様に耐震クリップSと耐震クリップWを製作した。耐震クリップの形状および取付状況を写真-1に示す。施工は、まず在来天井の軽量鉄骨下地を組んで、その野縁に耐震クリップを引っかけて、次に、野縁受けに嵌め込んで設置するため、耐風圧クリップの設置に比べて極めて簡易である。また、コストは耐震クリップの設置だけで済むので施工手間があまりかからず m^2 あたり1割程度のアップと安価である。

3. 静的加力実験

耐震クリップを設置した天井と在来天井の鋼製下地材の強度を把握するため、静的加力実験を実施した。静的加力装置の概要を写真-2に示す。加力は、鳥津製作所製のオートグラフを用い、鋼製の梁を用いて吊りボルト2本にてハンガを介して野縁受けを引き上げることでクリップ部分に荷重を与えた。

実験は、在来クリップのみ、または、在来クリップに耐震クリップを設置したケースとし、さらに在来クリップの設置方法として通常行われる背掛けと腹掛けで実施した。計測は、荷重をオートグラフ、変位をクリップ近

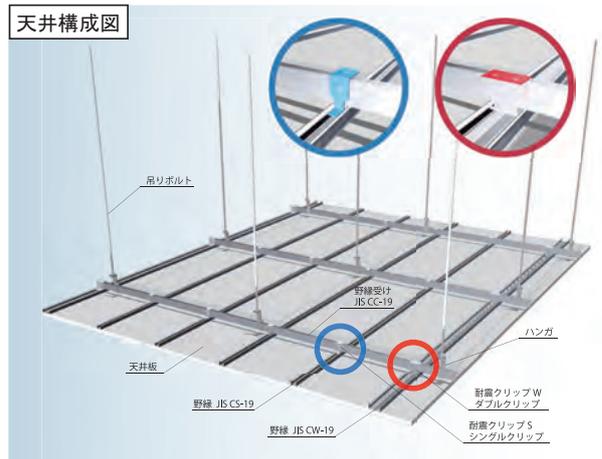


図-1 耐震クリップ工法の概要

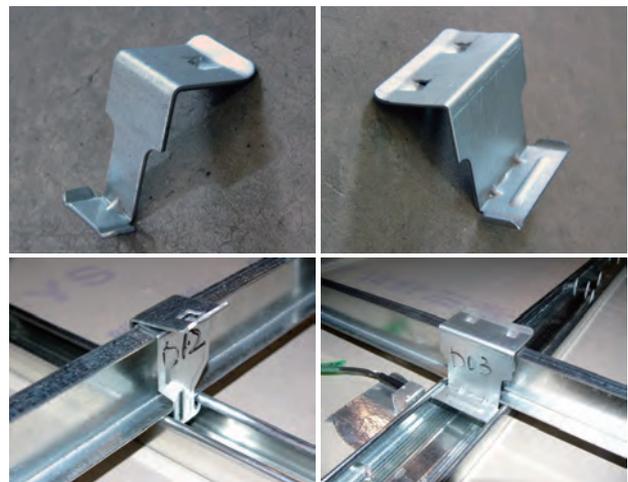


写真-1 耐震クリップ (左: シングル, 右: ダブル)

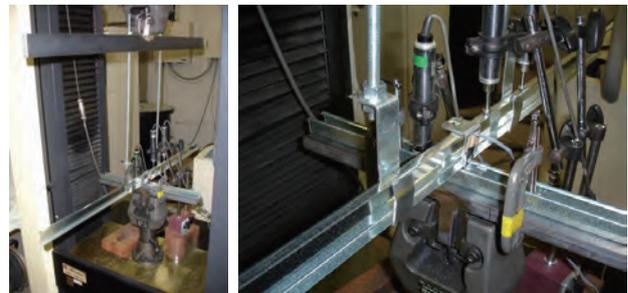


写真-2 静的加力実験の概要

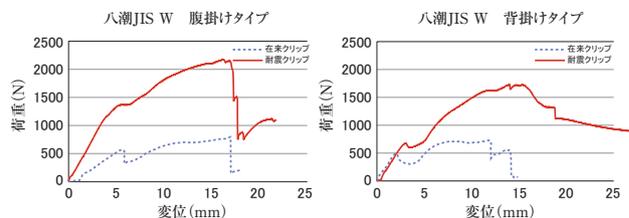


図-2 荷重-変位関係

傍の野縁受け上に設置した変位計にて実施した。

静的加力実験の結果として、ダブルクリップでの背掛けおよび腹掛けの荷重-変位関係を図-2に示す。

図より、耐震クリップを設置した実験では、在来クリップを設置した実験に比べて、背掛けでも腹掛けでも強度が約2倍になっていることがわかる。

* 技術研究所 建築技術グループ

** 技術研究所

4. 振動台実験

(1) 実験概要

振動台実験の概要を写真-3に示す。天井試験体は、基本寸法を2,700×5,000 mmとして、耐震クリップ工法と在来工法を直接比較するため2枚張った。ここで、大規模空間の天井を模擬するために、境界条件として張間方向の天井端部に鉄骨治具を設置し、鉄骨治具と天井との設置部に厚さ10 mmの硬質ゴムを挿入した。

天井の構成は、鋼製下地材にJIS A 6517に規定される19形の材料を、石膏ボードにJIS A 6901に規定される厚さ9.5 mmのものを使用した。

振動台実験ケースを表-1に示す。実験パラメータは、耐震クリップ工法の適用範囲把握のため、吊りボルトの長さおよび天井形状とした。

(2) 加振方法および計測方法

加振は、電気・油圧方式の3軸6自由度振動台（テーブル寸法5,500×5,500 mm、定格積載重量30 tf、最大加速度2 G）を用いた。入力は、図-3に示す屋根面での解析応答波¹⁾の20%加速度レベルを基準として用い、張間方向および上下方向の2方向加振とした。加速度レベルは、最大加速度で張間約1,100 gal、上下約1,800 gal（震度6強相当）に調整した。

(3) 実験結果

振動台実験結果を表-2、最終加振状況の一例を図-4にそれぞれ示す。表および図より、震度6強相当の入力に対して、今回実験を行った吊り長さ800~2,400 mmとした平天井およびアーチ付き天井において、在来工法とした天井試験体では、在来クリップがほぼ全域に対して外れ、ハンガの開きも多数見られたのに対し、耐震クリップ工法とした天井試験体では、ほぼ無被害であった。

5. おわりに

天井の耐震工法として、耐震クリップを開発し、静的加力実験にて在来工法に比べ約2倍の強度があることを確認するとともに、振動台実験にて、クリップの脱落を防止する効果を確認した。

なお、耐震クリップ工法の実績は、現時点では既に4物件に採用されており、そのうちの1件が西松建設㈱の施工案件である。

謝辞

本研究は、戸田建設㈱および八潮建材工業㈱との共同研究にて実施され、本論作成にあたり、多大なご協力を頂いた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 高井茂光, 他, 地震被害を受けた体育館の天井脱落に関する実験的研究, その2 振動特性実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.51-52, 2010.9.



写真-3 振動台実験の概要

表-1 振動台実験ケース

試験体番号	天井諸元					
	大きさ (mm)	吊り長さ (mm)	石膏ボード (枚数)	振れ止め	境界条件	特記事項
I	2700×5000	800	2	なし	張間方向	—
II	2700×5000	1500	2	斜め2対	張間方向	—
III	2700×5000	曲面2400 平面800	2	水平 斜め2対	張間方向	振れ止めは曲面部アーチ部クリップ両掛
IV	2700×5000	2400	2	水平 斜め4対	張間方向	—
V	5000×5000	1500	4	なし	なし	野縁受けとハンガはビス止め

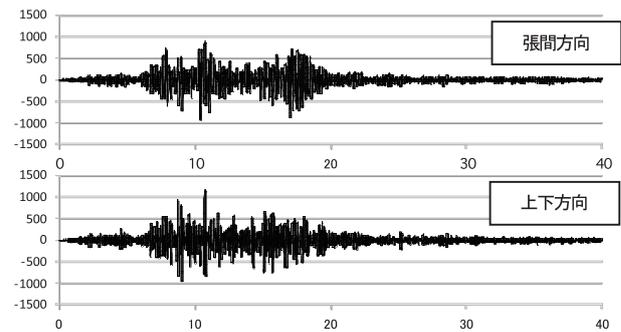
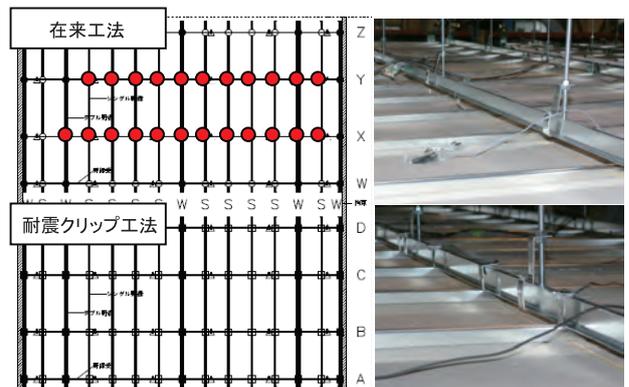


図-3 入力波

表-2 振動台実験結果

試験体番号	解析応答波 加速度レベル	被害状況	
		在来工法*	耐震クリップ工法
I	160%	クリップ外れ: 23箇所 (60) ハンガ開き: 5箇所 (24)	無被害
II	160%	クリップ外れ: 22箇所 (60) ハンガ開き: 4箇所 (24)	無被害
III	160%	クリップ外れ: 11箇所 (72) ハンガ開き: 0箇所 (28)	耐震クリップ外れ: 1箇所 ハンガ緩み
IV	160%	クリップ外れ: 20箇所 (60) ハンガ開き: 5箇所 (24)	無被害
V	80%	クリップ外れ: 36箇所 (90) ハンガ開き: —	無被害

*表中の()内の数字は、天井ごとのクリップ総数を表す



*図中の●は、クリップ脱落箇所を示す

図-4 最終加振状況の一例（試験体 I）