

天井の耐震性に関する研究

(その9)クロス天井の水平加力試験

体育館、システム天井、クロス天井、
静的水平加力試験、グラスウール

正会員 細岡 正樹*¹ 正会員 小林 俊夫*²
正会員 由利 隆行*¹

1. はじめに

大きな地震の度に、避難所となるはずの体育館の天井落下被害が報告され、地方公共団体による教育文化施設の耐震化が推し進められているところである。体育館等に多く採用されている化粧グラスウールボードを用いたシステム天井は、スチール又はアルミ製のTバーで構成されたフレームに化粧グラスウールボードを載せる工法である。

本報では化粧グラスウールボードを仕上げ材とした実大のシステム天井試験体に水平加力試験を行い、天井の水平耐力と水平変位の関係を測定すると共に、天井の水平耐力を向上させるための補強方法を提案するものである。

2. 試験概要

写真1に試験体全景を、図1及び図2に試験体概要図を示す。試験体は3,600mm×3,600mm(メイン方向は3,600mm×2,700mm)の実物部分天井とした。仕上げ材は化粧グラスウールボード(25mm)、ブレース材はAS-25(C25×19×5×1.0)を採用した。加力方法は油圧シリンダーにC型鋼を接続し、Tバーの4点に対し一様に加力した。加力レベルはロードセルで測定し、変位は変位計で測定した。

試験パラメータは以下とした。

天井面への加力方向(メイン方向及びクロス方向)

ブレースの配置方法(V字配置、逆八の字配置)

天井ふところ寸法(1500mm及び2000mm)

追加チャンネルの設置方法(3本及び4本つなぎ)

試験を実施する過程で、メイン方向において目標とする水平耐力が得られなかった為、図3に示すようにブレース下部を追加チャンネルで補強した。その際、ハンガー開き留めを兼ねたブレース取付部の補強金具^{文献1}を用いた。



写真1 試験体全景

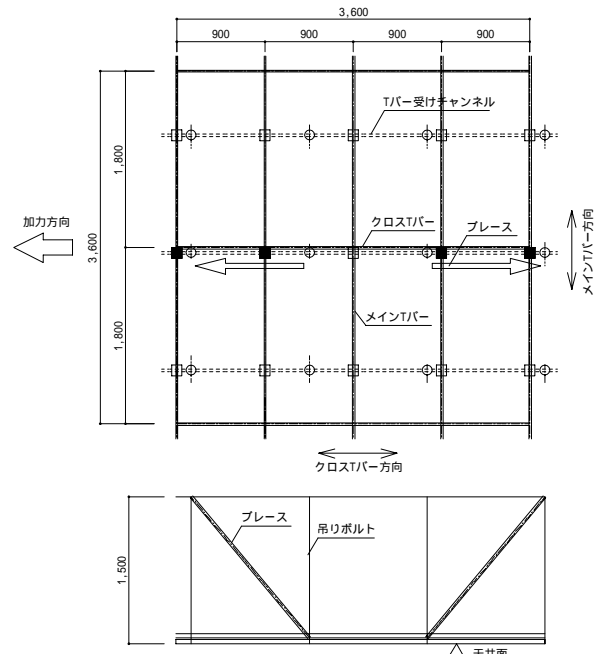


図1 試験体概要図(クロス方向、逆八の字配置の例)

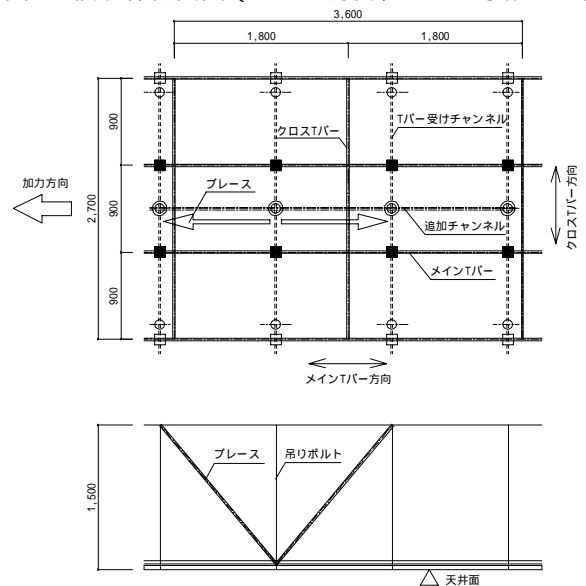


図2 試験体概要図(メイン方向、V字配置の例)

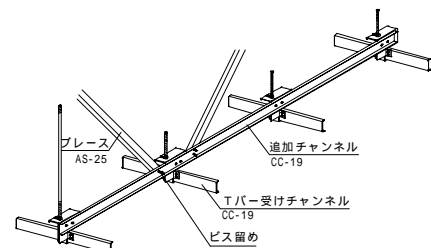


図3 メイン方向ブレース下部の追加チャンネル補強

3. 試験結果

試験結果一覧を表 1 に、水平荷重と天井の水平変位の関係を図 4～6 に示す。

表 1 試験結果一覧

試験 No	加力方向	ブレース配置	天井フトコロ	変位10mm時耐力(N)	変位25mm時耐力(N)	変位50mm時耐力(N)	最大耐力(N)	最大耐力時変位(mm)	備考	終局状況
1	メイン方向	逆八の字	1500	452	755	1,017	1,142	86.7	補強無し	Tバー受けチャンネルの曲げ変形
2	メイン方向	逆八の字	1500	652	1,255	1,702	2,057	99.8	追加チャンネルによる補強	Tバー受けチャンネルの曲げ変形
3	クロス方向	逆八の字	1500	1,607	2,055	1,940	2,077	26.4		吊りボルト、ブレース材の座屈
4	メイン方向	逆八の字	2000	557	1,205	1,805	2,422	131.0	ブレース2段	Tバー受けチャンネルの変形
5	メイン方向	V字	1500	555	1,105	1,500	2,107	122.4	Tバー受け3本つなぎ補強	Tバー受けチャンネルの変形
6	メイン方向	V字	1500	602	1,312	1,905	2,707	127.7	Tバー受け4本つなぎ補強	Tバー受けチャンネルの変形
7	クロス方向	V字	1500	2,012	2,532	1,990	2,807	18.0		吊りボルト、ブレース材の座屈

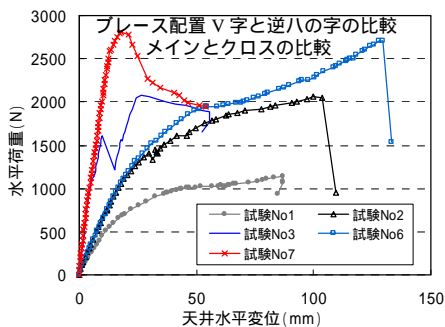


図 4 荷重-変位グラフ

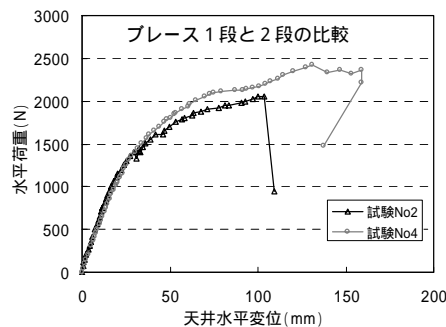


図 5 荷重-変位グラフ

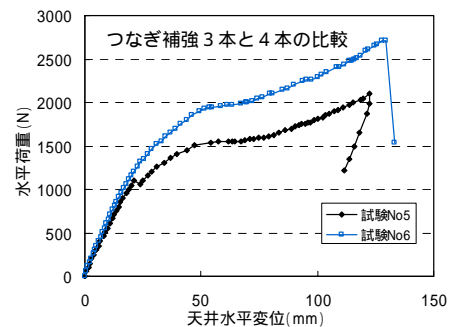


図 6 荷重-変位グラフ

図 4 の試験 No1 と試験 No3 を比較すると、ブレースが逆八の字配置の場合、メイン方向の最大耐力はクロス方向の最大耐力の約 55%程度であり終局状態も異なった。

試験 No2 では、試験 No1 に補強の追加チャンネルを設置した。これにより、メイン方向(試験 No2)の最大耐力はクロス方向(試験 No3)の最大耐力近くまで向上した。

図 4 の試験 No6 と試験 No7 を比較することで、ブレースが V 字配置である場合の加力方向による耐力の違いが分かる。ブレースが V 字配置の場合も方向性が認められた。逆八の字配置、V 字配置共に終局状態はメイン方向では Tバー受けチャンネルの曲げ変形であるのに対して、クロス方向ではブレース材及び吊りボルトの座屈であった。試験 No6 は事前に追加チャンネルによるブレース下部の補強を行っている。

ブレースの配置方法の違い(逆八の字配置及び V 字配置)による耐力の違いは、試験 No2 と試験 No6(メイン方向)及び試験 No3 と試験 No7(クロス方向)を比較することで確認できる。メイン方向については、終局状態が Tバー受けチャンネルの曲げ変形であるため、ブレース本体の耐力ではなく、追加チャンネルの設置方法の違いによる耐力の違いと考えられる。クロス方向の終局状態はブレース材及び吊りボルトの座屈となり、組合せブレースの耐力評価式^{文献1}の有効性が確認できた。

図 5 は天井のフトコロが H=1500mm の場合と、H=2000 でブレースを 2 段配置とした場合の比較を表す。加力方向はメイン方向であり、終局状態はいずれも Tバー受けチャンネルの曲げ

変形となった。荷重-変位曲線はほぼ同じ経路を辿り、終局では試験体 No4 で水平変位が大きくなっている。

図 6 はメイン方向の水平耐力を向上させる目的で設置した追加チャンネルについて、3 本の Tバー受けチャンネルをつないだ場合(試験 No5)と 4 本の Tバー受けチャンネルをつないだ場合(試験 No6)の水平耐力の違いを表す。

4. まとめ

グラスウール仕上げのシステム天井は、加力方向により最大耐力及び終局状態が異なる。メイン方向とクロス方向で同程度の水平耐力とするためには、メイン方向のブレース下部に追加チャンネルを設置する補強方法が有効である。

メイン方向の終局状態は Tバー受けチャンネルの曲げ変形となる。Tバー受けチャンネルの剛性評価は、Tバー受けチャンネルを単純梁として、追加チャンネルで接続した本数(n)倍の曲げ剛性により評価できる ($K=n \cdot 48EI/L^3$)。

本工法によれば、天井フトコロが大きく 2 段ブレースとなる場合でも、1 段ブレースと同様の試験結果が確認できた。

本工法では、天井の単位重量を 50N/m²として、ブレースを 25 m²当り 1 組設置すれば、水平震度 1.0 に対する天井の水平変位は 25mm 程度である。建物側の天井懐間層間変形が 25mm 以内の場合に壁際のクリアランスは 50mm 以内で収まる。

<参考文献>

- 1) 小林俊夫、由利隆行、荒井智一、「鋼製天井地下地を用いた吊り天井の耐震性に関する研究」、日本建築学会構造系論文集、Vol.73、No.630、2008年8月

*1 桐井製作所
*2 桐井製作所、工博