

超軽量天井面材を用いた新たな天井システムの開発
その2 振動台実験

正会員 ○テイア キムチェン* 同 稲葉 信子**
同 飯田 秀年*** 同 上條 楓****
同 元結 正次郎*

超軽量天井 非剛床天井 耐震性能
面内せん断剛性 振動台実験

1. はじめに

本報では、軽量天井面を用いた天井システムの動的面内せん断力を受けるときの性状を明らかにするために行った振動台実験概要およびその実験結果について述べる。

2. 振動台実験概要

図1に実験装置全体および計測項目を示す。写真1に振動台実験全景を示す。

天井試験体の平面寸法は 1.82m × 1.82m (910mm × 910mm の軽量天井面 4 枚)、φ9 の吊りボルトを 910mm 間隔で配置し、吊りボルト長は 1100mm としている。また、反カブレースを加振方向の Y1 と Y3 に、横ずれ防止ブレースを加振直交方向の X1 と X3 に設置している。両ブレース共に、天井面の面内耐力で最大耐力が決定されるように実際の断面よりも大きなサイズ (C-40 × 20 × 7 × 1.0) を採用している。本実験では一軸の加振テーブル 4m × 4m (振幅 ± 50cm、最大加速度 1G) を用いて、野縁方向に加振した。ここでは天井面内のせん断変形時の特性を抽出することが実験の目的であることから、548kg の付加質量を天井の中央線上に配置し、この付加質量を天井面に連結することにより、集中荷重形式の動的な外乱を与えるようにしている。なお、付加質量はスライダ上に設置されており、その摩擦係数は 0.5% 程度であった。

野縁と野縁受けの曲げおよびせん断力を測るためにひずみゲージを野縁受け (12 箇所) および野縁 (8 箇所) に、また反カブレースにかかる軸力を測るために軸力用のひずみゲージを貼付している。加速度計は野縁の上面に 6 箇所 (加振方向) を設置している。さらに、試験体の振動台からの加振方向の相対変位を測定するために、レーザー変位計を用いて X1、X2、X3 と Y1、Y2、Y3 通りの変位を測定している。表 1 に加振内容を示す。入力波形はスイープ波と益城波を用いている。スイープ波は 5Hz~0.5Hz の周波数を持つ加速度一定 (20gal、40gal、80gal) の波である。益城波は源波に対する加速度倍率 (%) をかけて加振方向に入力する。観測波を用いた理由は、天井面が健全なときに天井面の応答が応答スペクトル法により予測可能か否かを検討するためであり、そのために最大加速度値は小さな値としている。

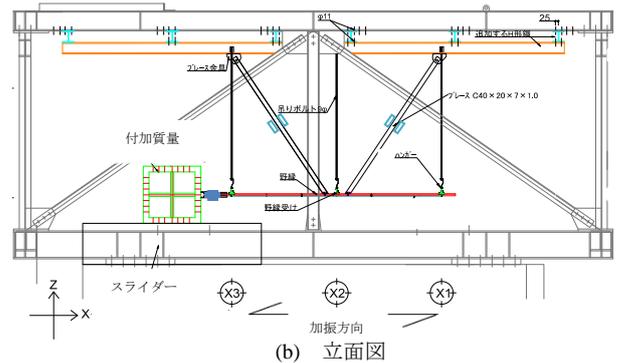
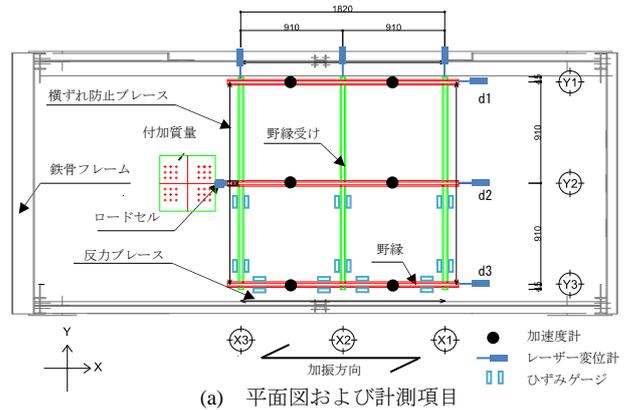


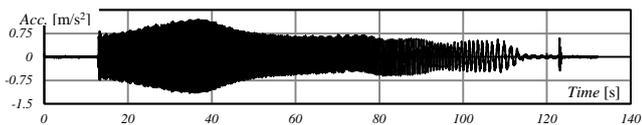
図1 振動台実験全体および計測項目



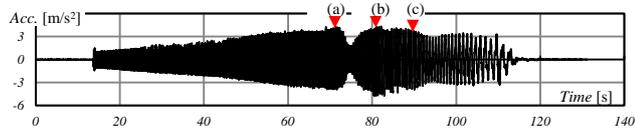
写真1 振動台実験全景

表1 加振内容

No.	入力波	加速度
1	スイープ波 5-0.5Hz	20gal
2	スイープ波 5-0.5Hz	40gal
3	2016年熊本地震震 Kik-net 益城波-EW	源波の 3.75%
4	2016年熊本地震本震 Kik-net 益城波-EW	源波の 7.50%
5	スイープ波 5-0.5Hz	80gal



(i) スweep波 40gal



(ii) スweep波 80gal

図2 天井中央部の時刻歴加速度

3. 実験結果

図2にスweep波 40gal、80galのときの天井中央部における応答加速度時刻歴を、図3に各スweep波入力時の荷重変位関係を示す。横軸は天井の中央部の相対変位を測定するレーザー変位計の値 $(d2-(d1+d3))/2$ であり、縦軸は付加質量と天井面との間に設置したロードセルの値である。スweep波 40galでは応答加速度および応答変位ともに極めて小さく、最大で約 $1.0m/s^2$ と $1.5mm$ であり、加速度で言えば2倍強程度の増幅であった。図2,3中の(a),(b),(c)における天井面材の落下状況を示したものが写真2である。アルミ製下地材にビス留めされたパネルがビス近傍の破断あるいは抜きの損傷が発生するごとに面内せん断耐力は低下するが、下地材のみとなった(c)以降はかなりの変位レベルまで耐力を維持する様子が確認される。

また、図5は図4に示す下地材のラーメンアクションによって負担されるせん断力の推移を示したものである。図中の黒線は全せん断力(Q の半分)を、赤線は下地材が負担するせん断力 Σq_i を表している。荷重レベルが小さい領域では下地材負担率は小さく本軽量天井面材が面内せん断力に抵抗している様子が確認される。なお、この Σq_i の算定結果は、天井面が脱落した80秒以降において下地材負担分が全せん断力に等しくなっており、適切に本天井システムの挙動を表していると判断される。

次に、図6は益城波を入力したときの応答加速度時刻歴である。これを図(b)にある同波形の応答スペクトルを用いて応答予測すると、 $T=0.22sec$ であるので、最大応答加速度の値が $0.6m/s^2$ として得られ、この値は図(a)における最大値と対応している。このことから、天井面の面内剛性を正しく評価することによって天井面の応答予測が正しく行われることが理解される。

4. まとめ

本報告では超軽量天井面材を用いた天井システムが動的な外乱を受ける時の面内せん断力の抵抗機構について振動台実験結果を用いて明らかにした。

謝辞 本研究の一部は、JST産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラムによるものです。

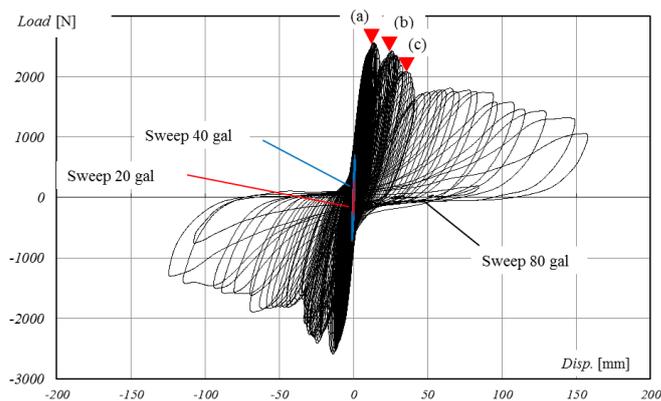
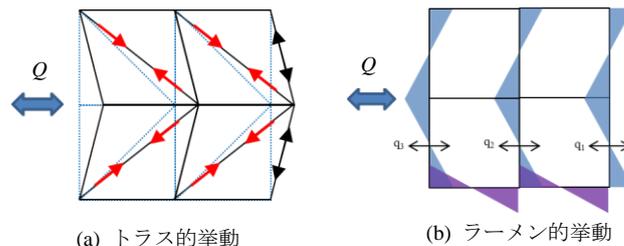


図3 入力荷重-変位関係



(a) (b) (c)

写真2 天井面の落下順番



(a) トラス的挙動 (b) ラーメン的挙動

図4 面内伝達メカニズムの概念

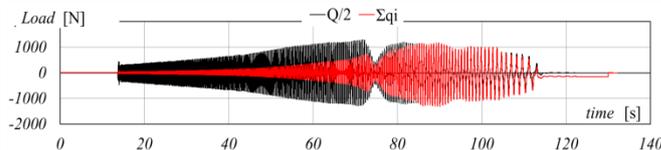
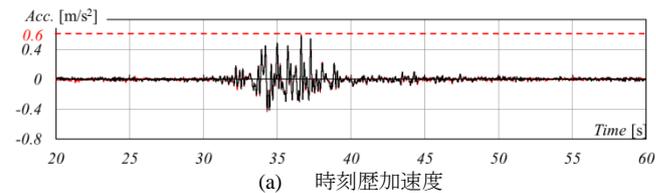
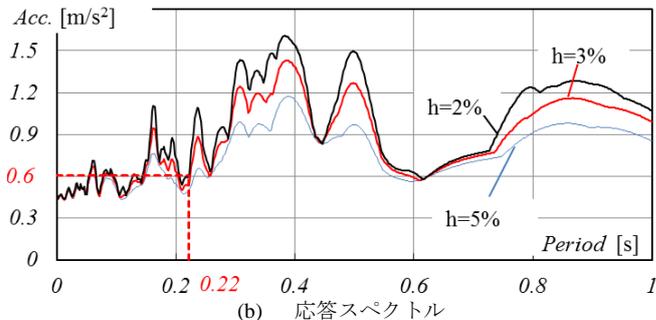


図5 下地材負担せん断力の推移



(a) 時刻歴加速度



(b) 応答スペクトル

図6 熊本地震EW源波の3.75%の応答スペクトル

*東京工業大学 環境・社会理工学院
 **帝人フロンティア株式会社繊維資材第一部
 *** (株) えびす建築研究所
 ****宇宙航空研究開発機構

* School of Environment and Society, Tokyo Institute of Tech.
 ** TEIJIN FRONTIER CO., LTD Industrial Textiles Department I
 **Ebisu Building Laboratory Co.
 ****Japan Aerospace Exploration Agency