

地震被害を受けた体育館の天井脱落挙動に関する実験的研究
その3 実験結果

勾配屋根 体育館 天井
振動台実験

正会員 ○脇山善夫^{*1} 正会員 渡壁守正^{*2}
同 稲井慎介^{*2} 同 桑 素彦^{*3}
同 飯塚信一^{*4} 同 高井茂光^{*4}
同 金川 基^{*4} 同 石原 直^{*5}

1. はじめに

本稿ではその2に続き、2001年芸予地震で天井の脱落被害を生じた体育館を対象に、屋根構面の一部を模擬して行った振動台加振の実験結果を報告する。

2. 実験結果

2.1 応答加速度-応答変位関係

応答波（原波）に対する入力倍率を変えながら加振を行い、いずれの試験体も入力倍率が50~60%の加振の際にクリップの外れを生じた。入力倍率が50~60%の加振における天井面の勾配方向について計測した、天井面の応答加速度-応答変位の関係の一例を図1に示す。同様の計測を各試験体について行っており、各試験体における応答加速度-応答変位関係における近似曲線の勾配と入力倍率による比較を表1に示す。

図1中の1次式は応答加速度-応答変位関係の近似曲線を表しており、実線は入力倍率50~60%、破線は同12%に関するものである。吊りボルトを天井面に対して垂直とした試験体1-1、1-3および2-1では応答加速度-応答変位の勾配は入力倍率50~60%の方が小さくなっている。これはクリップが外れたことによる影響と考えられる。吊りボルトを地面に対して垂直とした試験体1-2と1-4では応答加速度-応答変位の勾配は殆ど変わらない。試験体2-1の入力倍率50~60%の加振では、図1の右に示すように、正側の応答加速度-応答変位の勾配が負側に比べて小さくなっており、“へ”の字型の履歴となっている。加振によりハンガーが大きく変形したことによる影響が大きいと考えられる。

2.2 天井試験体の振動モード

試験体1-1~1-4について、天井面に設置した加速度計の垂直方向の応答加速度から算出した振動モードを図2に示す（X軸の左側が天井下端、右側が上端）。振動モードは、各試験体の卓越振動数から算出し、全ケースの最大値で基準化している。試験体1-1（左上）と1-4（右下）の天井中央部付近が同程度の増幅率で、比較的よく似た振動性状を示している。試験体1-2（左下）は入力倍率の大きさに関わらず、増幅率に大きな違いはない。試験体1-2の吊りボルトの吊り元が、吊り金物によりピンのような状態にあったことによる影響が大きいと考えられる。

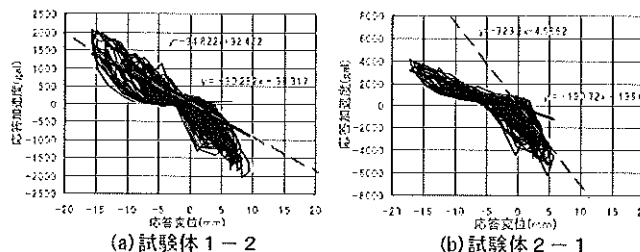


図1 応答加速度-応答変位関係

表1 近似曲線の勾配と入力倍率による比較

試験体	境界条件	入力倍率 12% (gal/mm)	入力倍率 50% (gal/mm)	12%/50%
1-1	両端拘束	270.28	72.27	0.27
1-2		94.82	90.28	0.95
1-3		192.99	106.94	0.55
1-4		148.07	112.77	0.76
2-1	上端自由	236.66	—	—
2-1	両端拘束	723.20	190.72	0.26

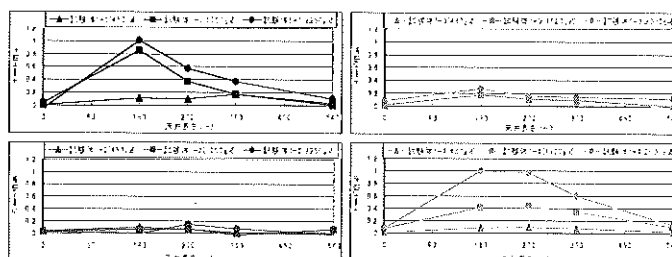


図2 各試験体の振動モード（上下方向）

2.3 天井試験体クリップ外れ時の挙動

試験体2-1については、入力倍率50%の加振を行った際に多くのクリップの外れが生じた。天井面中央部付近のクリップについて、高速度カメラでの動画撮影とひずみの計測を同期させて行った。図3には、撮影した動画から切り出した画像と、クリップひずみの時刻歴のグラフが示されている。画像からクリップの変形する様子が分かる。

クリップは、外れる瞬間の0.1~0.2秒前に野縁受けが軸方向回りに大きく傾いた時にひずみが数100μ増加し、2~3度大きな変形を繰り返した後に外れている。このクリップの外れに前後して他の数個のクリップも外れ、その後、天井の変形が増加している。

2.4 天井試験体の加振後の状況

入力倍率 50~60%の加振後の天井試験体の状況を図 4 に示す。天井図面中の●はクリップが外れた箇所を示す。

試験体 1-1 および 2-1 では、野縁受けが軸と直交する方向に若干変形した。クリップも試験体の中央部付近で数カ所外れたものの、天井面が大きく脱落することにはなかった。石膏ボードには損傷は見られなかった。

試験体 1-2 では、加振でハンガーと野縁受けの間で滑りが生じ、最終的には吊りボルトが勾配に対して垂直となり、石膏ボードが面外に押し下げられた。C 型チャンネルと吊り金物の嵌合が充分でなく外れる箇所があった。

試験体 1-3 では、クリップが中央部付近で数カ所外れ、野縁受けが大きく塑性変形した。クリップが外れた天井面の先端がずり下がったものの、落下はしなかった。

試験体 1-4 は、野縁受けが軸と直交方向に若干変形した。クリップが試験体の中央部付近で数カ所外れ、天井面が中央部付近で若干垂れ下がった。

3. まとめ

今回の天井振動台実験により以下の知見が得られた。

- 1) 今回設定した試験体、実験条件下で、主に天井試験体の中央部にて上下方向の応答加速度が増幅され、天井面の面外への力が生じることを確認した。
- 2) 加振によりクリップが外れる際の挙動を、高速度カメラとひずみ計測を同期させて把握した。
- 3) 入力倍率 50~60%加振により、天井をより大面積とした場合に天井脱落につながり得る損傷状況を再現した。

謝辞：高速度カメラでの撮影はシナノケンシ(株)に御協力頂いた。

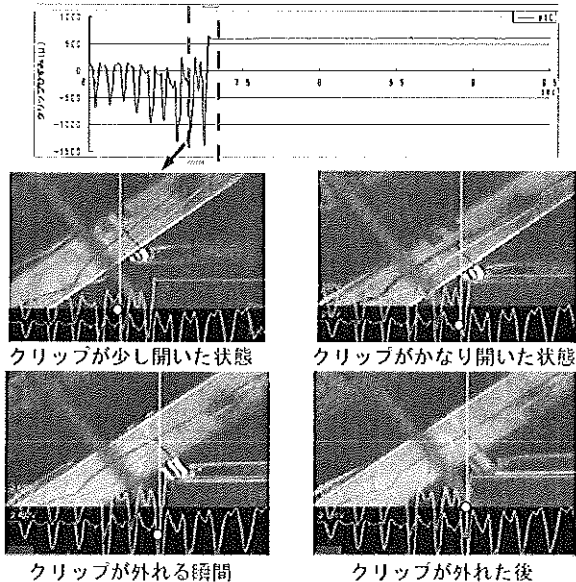


図 3 天井クリップ外れ時の挙動 (撮影協力：シナノケンシ(株))

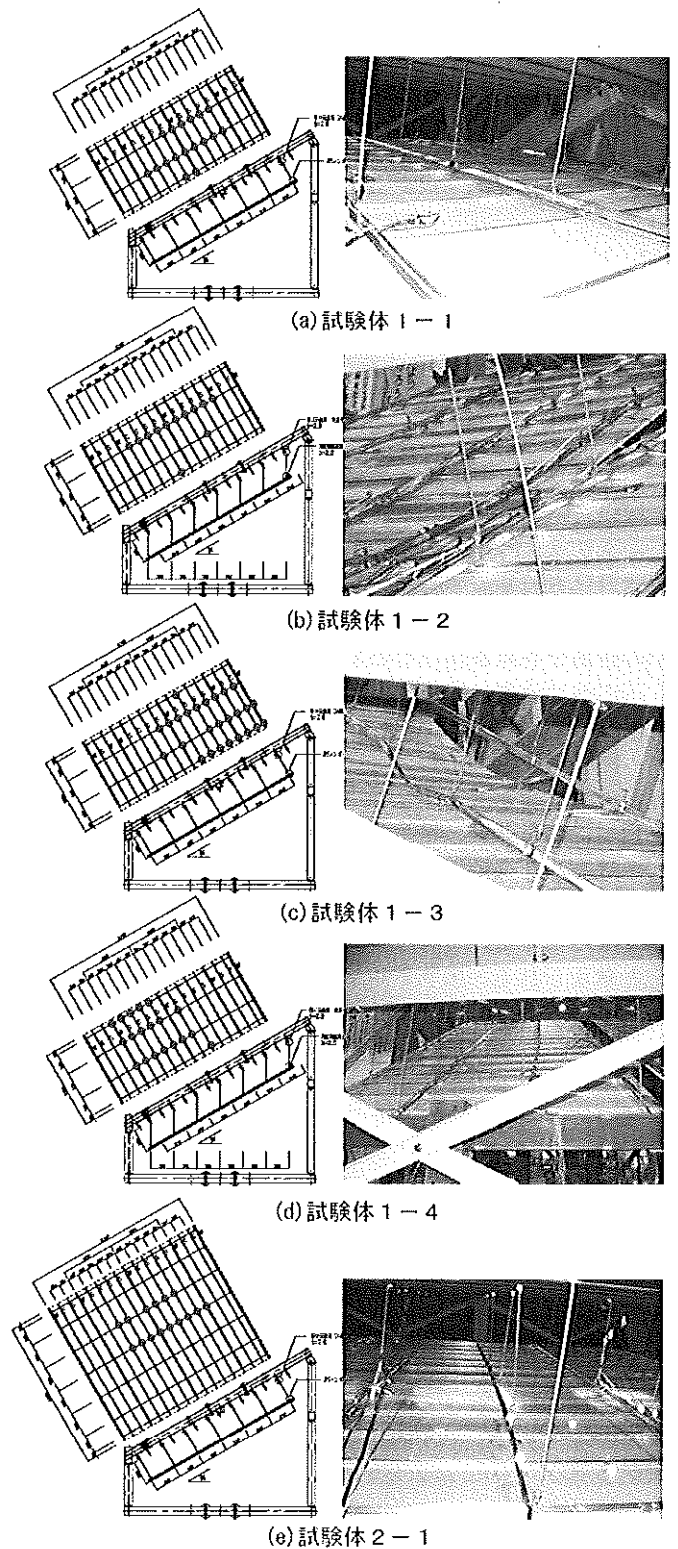


図 4 天井試験体の加振後の状況

*1 (独) 建築研究所

*2 戸田建設(株) 技術研究所

*3 戸田建設(株) 建築設計統轄部 構造設計部

*4 西松建設(株) 技術研究所

*5 国土技術政策総合研究所

*1 Building Research Institute

*2 Technical Research Institute, Toda Corporation

*3 Structural Design Department, Toda Corporation

*4 Technical Research Institute, Nishimatsu Construction

*5 National Institute for Land and Infrastructure Management