

大空間建築物の地震時における天井落下に関する数値解析的研究

その2. 局所落下現象の再現

正会員 ○磯部大吾郎*¹ 同 山下 拓三*⁴
同 山本 卓也*² 同 佐々木智大*⁴
同 田川 浩之*³

天井落下 ASI-Gauss 法 大規模空間 有限要素法 地震応答 E-ディフェンス

1. 緒言

大規模空間を持つ施設では、東北地方太平洋沖地震においても天井・設備機器・配線等の損傷・落下する被害が多く発生した。大規模空間で天井が落下すると人命に危険をおよぼす恐れがあり、そのメカニズムを解明することは喫緊の課題である。前報¹⁾では、ASI-Gauss 解析コード²⁾にクリップ、ハンガーの脱落条件を導入し、地震動下の体育館における未対策天井の落下解析を実施した。その際、せっこうボードを野縁と一体化してモデル化していたため、天井が連鎖的に全面落下するという結果となった。そこで本稿では、せっこうボードを個別にモデル化するとともに、野縁と接続するビスをモデル化し脱落条件を導入することにより、局所落下現象の再現を試みた。

2. 解析モデル

天井の一部を取り出した簡易モデルを図1に示す。吊りボルト、野縁受け、野縁、クリップ、せっこうボードをそれぞれ黒、青、緑、赤、灰色で表す。天井一壁間の衝突による、壁付近のせっこうボードの局所的な脱落を再現するため、前述のように各々のせっこうボードを個別にモデル化した。また、野縁-せっこうボード間の脱落を再現するためにビスをモデル化した。ここでは、野縁1本当たり2本のビスでせっこうボードが固定されていると仮定した。また、ボード表面に貼り付けたロックウール吸音板はボードと一体であると仮定し、その重量のみをボードに付加した。なお、吊りボルトとハンガーも一体化してモデル化しており、荷重作用位置が部材軸から偏心していることについては考慮していない。

3. 解析条件

解析には、K-NET 仙台波 50%加振時に震動台上で観測された加速度記録を用いた。時間増分は1ミリ秒、総ステップ数は90,000 stepである。実験では試験体が震動台の床を大幅にはみ出していたため、解析では震動台上の柱脚部のみを完全固定とし、その点に地震動を入力した。ただし、現段階では震動台周囲の床にモデルが接地できる状態となっており、試験体の周囲が宙に浮いていた実験条件と完全には一致していない。

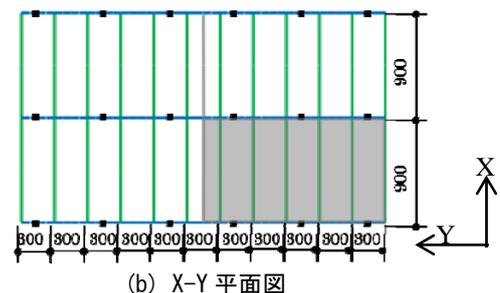
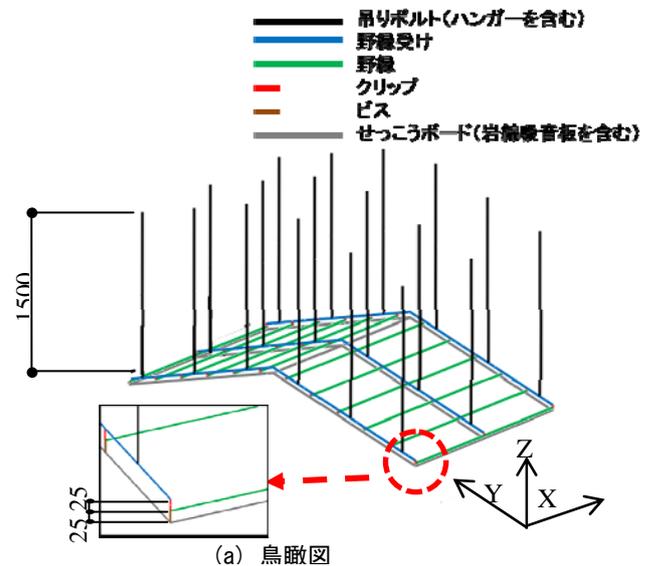


図1 部分天井モデル (単位: [mm])

天井の脱落条件には、前報¹⁾で考慮していたクリップ、ハンガーに対する条件に加え、以下に示すビスの脱落条件を加えた。図2(a)に示すようにビスに作用するせん断力が0.30 kNを上回った場合³⁾、または図2(b)に示すように引き抜き力(引張軸力)が0.20 kNを上回った場合⁴⁾にビスの頭抜けが生じ、せっこうボードが脱落することとした。

4. 解析結果

解析で得られた天井の落下挙動を図3に示す。入力波が第一ピークを迎える38秒付近において壁と天井(せっこうボード)との衝突が頻繁に起こり、多くのクリップとビスが脱落し、せっこうボードが落下する現象が確認された。2枚まとめて落下したり、野縁と連結したまま中

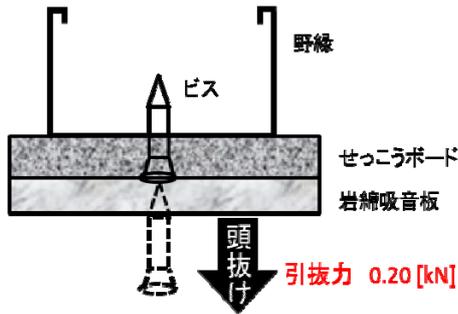
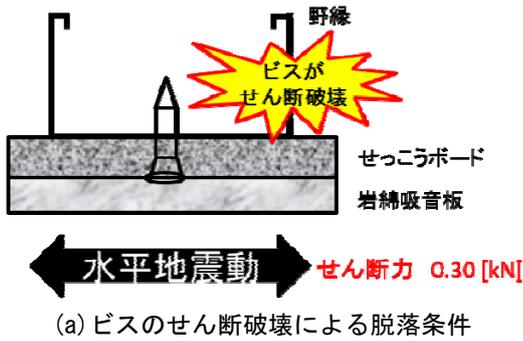


図2 ビスの脱落条件

吊りになった状態のせっこうボードも見られた。落下した天井は壁が配置された端部付近に多く分布しており、これらは主に衝突によって落下したと予想される。頂部付近の天井が多く落下したE-ディフェンスによる実験⁵⁾とは異なる結果となっているが、これは地表の拘束条件

の相違、アンカーボルトの引き抜きを考慮した回転剛性の未考慮、斜め部材の履歴特性の未考慮などが原因と考えられ、今後はこれらの検討が必要である。

5. 結言

せっこうボードとビスをモデルに加え、クリップ、ハンガーの開き、ビスの頭抜けなどの脱落条件を導入して解析を実施した結果、天井が衝突により局所的に落下する現象を再現できた。今後は、E-ディフェンスによる実験⁵⁾の再現を試みる予定である。

参考文献

- 1) 山本卓也他 3 名：大空間建築物の地震時における天井落下に関する数値解析的研究 その 1，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿），2014 年 9 月。
- 2) 磯部大吾郎，チョウミョウリン：飛行機の衝突に伴う骨組鋼構造の崩壊解析，日本建築学会構造系論文集，第 579 号，pp.39-46，2004 年 5 月。
- 3) 杉山達也他 4 名：在来工法天井の地下ボードと野縁のビス止め接合部のせん断試験その 1，日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），2010 年 9 月。
- 4) 櫻井重喜他 5 名：非地震時における屋内プール天井の落下被害に関する基礎的考察—吸水時のビスの頭抜け強度について—，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），2009 年 8 月。
- 5) 独立行政法人防災科学技術研究所兵庫耐震工学センター：大規模空間吊り天井の脱落被害メカニズム解明のための E-ディフェンス加振実験報告書，防災科学技術研究所研究資料，第 391 号，2015 年 2 月。

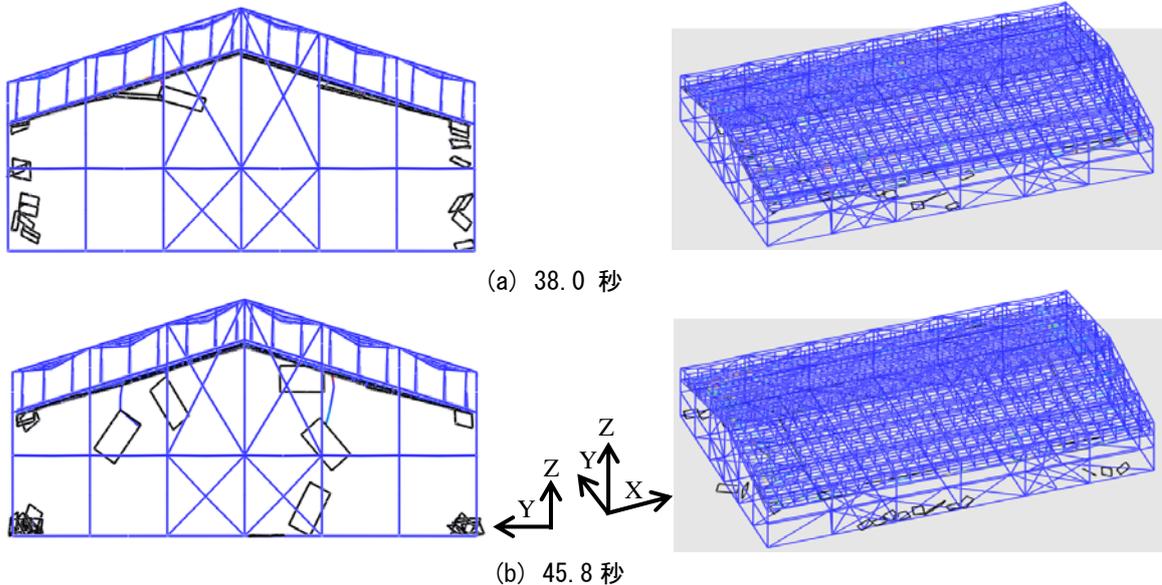


図3 体育館天井の局所落下現象

*1 筑波大学 教授 博士 (工学)
 *2 筑波大学大学院システム情報工学研究科 大学院生
 *3 武庫川女子大学 准教授 Ph.D.
 *4 (研)防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センター，
 研究員 博士 (工学)

*1 Professor, Univ. of Tsukuba, Dr. Eng.
 *2 Graduate Student, Univ. of Tsukuba
 *3 Assoc. Professor, Mukogawa Women's Univ., Ph.D.
 *4 Researcher, Hyogo EERC, NIED, Dr. Eng.