

体育館などに敷設される吊り天井の地震による脱落メカニズムの研究

兵庫耐震工学研究センター センター長 梶原 浩一



はじめに

2016年4月の熊本地震では、体育館等を避難場所として利用する際に、それら施設の構造部材や天井等の非構造部材の損壊・落下が大きな問題となりました。Eーディフェンスでは、東日本大震災を含むこれまでの多数の地震による体育館等の天井落下について、そのメカニズム解明や被害軽減に向けた対策のための研究を計画し、「学校施設における大空間建築物の実験研究プロジェクト」を企画・推進しました。

大地震発生の際に避難拠点となる体育館等大空間を持つ建築物は、災害発生後も使用でき、波状的に発生する地震にも耐える施設であることが求められています。しかし、東日本大震災では、本震に加えて最大震度6弱以上の地震が多数回発生し、学校体育館等では、柱脚の損傷やブレース材（斜材）が折れ曲がる等の構造部材の被害に加え、天井材等の非構造部材や照明等の設備機器の落下被害が生じています。特に天井等の非構造部材の損傷・落下は、人命第一の観点から、あってはならない事象であり、速やかに対策されるべき課題です。

研究の概要

研究では、学校体育館をモデル化した試験体に東日本大震災で観測された地震動を入力し、試験体の構造部材と天井等非構造部材の動的な応答特性と、その過程での天井の脱落メカニズムの解明を目指しました。実験工程では、平成26年1月に、地震への対策のない天井（未対策天井）を模擬した脱落再現実験を、2月には、同年4月に国が施行した、脱落防止対策が施された吊り天井（耐震天井）の耐震余裕度を調べる実験を実施しました。

実験で分かったこと

未対策天井が脱落に至る様子を、天井裏からカメラで捕えました。そして、膨大な量の実験映像を幾度も観察し、天井がどのように壊れ脱落に至ったのかについてデータの分析を行いました。これにより明らかになったメカニズムは、次のようになります。（図1参照）

1. 地震の揺れを受けることにより天井は頂部で浮き上がるような力が作用し、これによ

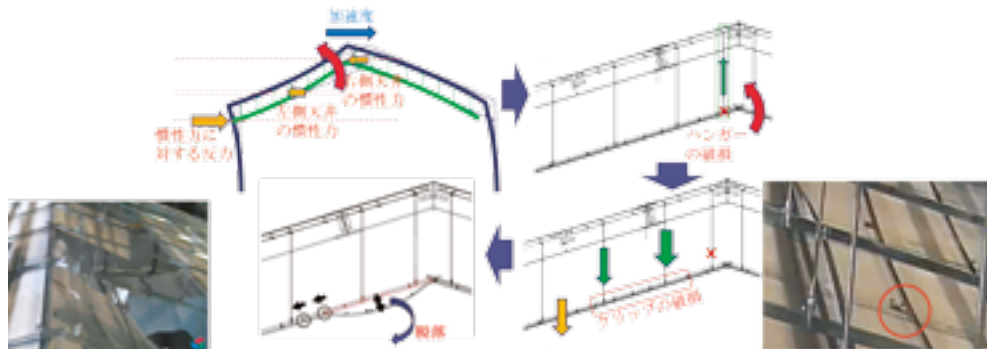


図1 未対策天井の落下メカニズム

り天井を吊り上げるハンガーと称する金具が損傷し外れる

2. 金具が外れたことにより、それが支えていた重量を隣の金具が負担せざるを得なくなり、その結果、天井面を支えるクリップと称する金具が破損する
3. 天井面を支えるクリップが破損した結果天井面が大きいたわむ。たわんだ状態の天井はさらなる揺れにより大きく振動し、次々と破壊が進行、最終的に脱落に至る

今回の実験は、勾配を持つ天井を対象としており、勾配天井に地震力が作用することにより、頂部が持ち上がる現象を初めて明らかにしました。



図2 屋内運動場等の天井等落下防止対策事例集
(文部科学省Webサイトより入手可能)

協調による成果

実験の計画と試験体の設計と製作には1年以上の期間を要します。国土交通省では、平成25年7月に建築基準法施行令を改正（平成26年4月施行）し、天井脱落防止対策を義務づけることとしました。また、文部科学省では、「学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究」において、「学校施設における天井等落下防止対策のための手引き」を作成し、これを活用して全国の学校体育館等の天井等の総点検と対策を推進しました。文部科学省地震防災・研究課の指導と上記の両機関ご担当との意見・情報交換、協調を背景に実験は実施され

ました。

実験後、得られたデータの詳細な分析を進め、「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ーディフェンス加振実験 報告書」をまとめるとともに、その成果を広く一般に報告する成果発表会を平成27年2月24日に開催致しました。最終的にはプレス8社を含む124名の方々に参加いただき、大盛況の内に終わりました。



写真1 成果発表会での経緯説明

センシングの課題

センシングは実建物の評価で重要です。学校体育館等、広い空間を持つ建物では、通常の建物とは異なる性状を示すことが知られており、天井に主眼を置いた今回の実験においても、体育館自体の応答も含めセンシングし、地震後の状況を詳細に評価することができました。建物等の評価とともにセンシングについても今後さらに検討を進めていきたいと考えます。

最後に

実験研究分科会と実験検討WGの委員方々よりは、実験の具現化に向けて貴重なご指導いただきました。参画いただいた天井メーカー関係者よりは、多数のご尽力とご協力をいただきました。ここに厚く御礼を申し上げます。引き続き皆様のご指導・ご協力をお願い申し上げます。