

大規模空間建物のダメージ評価に関する実験

1. 研究の背景

内部に大きな空間を有する体育館などは、内部で多くの人々が滞在、活動するとともに災害時には避難所や資材の集積所として利用されるため、通常の建物に比べて高い耐震性能が期待されます。一方、過去の大地震では屋根と下部構造の接合部の損傷や天井などの落下によって内部の安全性や避難所としての機能が損なわれる事例が繰り返し報告されています。2024年4月3日に発生した台湾花蓮地震においても、建物の構造が健全であっても、室内の天井落下により建物の機能が喪失し、復旧に時間を要している事例がみられました。さらに、天井の落下がその他の天井吊り設備機器や配管類にも干渉するような、複合的な被害も確認されました。

一方、米国のFEMA P-58では性能に基づく地震設計 Performance Based Earthquake Design (PBED) が提案されており、これをベースとして現在日本で建物の損傷と修復コスト評価手法の開発が進められています。この評価手法では、構造部材と非構造部材それぞれに対して個別で損傷の評価と修復費の評価を実施し算出します。2023年2月に防災科研が実施した「10層鉄骨造オフィス試験体による建物の動的特性評価実験」の実験結果等を用いて、手法の検証が進められています。

以上から、室内に対する損傷評価や修復費の評価をする上では、室内に設置されている天井・設備機器・配管に対する個々の評価だけではなく、天井落下に対する複合的な影響も評価する必要があるという課題が明らかとなりました。

2. 実験の目的

上記の背景から、本実験では大規模空間建物の地震損傷の推定、および大地震を複数回受ける大規模空間建物の残余耐震性能評価に資するデータを取得する為に、体育館縮小模型を対象とし、防災科学技術研究所の実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）を用いて、体育館を対象とした震動台実験を行います。

室内のダメージ評価のため、地震被害が生じやすいとされている在来天井（対策なし）とし、設備機器や配管を設置した複合的な天井システムとして、実際に建てられている建物を想定し、加振による室内被害（天井・設備機器・配管）の損傷評価をし、その損傷に対する修復費やダウンタイムの算出を試みます。これにより、現在開発が進められている建物の損傷と修復コストの評価手法に対して、新たな評価手法の提案を目指します。

3. 実験概要

(1) 大空間試験体

間口 5m, 高さ 2.5m の山形骨組を 2m 間隔で 6 構面並べ、桁梁とアングルブレースで接続した、体育館縮小模型を、本実験の対象とします (図 1)。本試験体は、2014 年 1, 2 月に E-ディフェンスで実施した「大空間建築構造体における非構造部材の実験」の実大体育館試験体の 1/4 縮小模型です。固有振動数の調整の為、屋根面に鋼製のおもりを設置します。

試験体は、地震により大きな応力、変形が生じる箇所に継手を設けています。継手のフランジプレートを取り除くことで地震による破断を模擬可能です (図 2)。加えて、フランジプレートの幅と厚さを変更して曲げ耐力を調整して加振による試験体の損傷を継ぎ手部分にのみ集中させて、継ぎ手部分のみを交換することで複数回の損傷、破壊実験を行うことが可能です (図 2)。

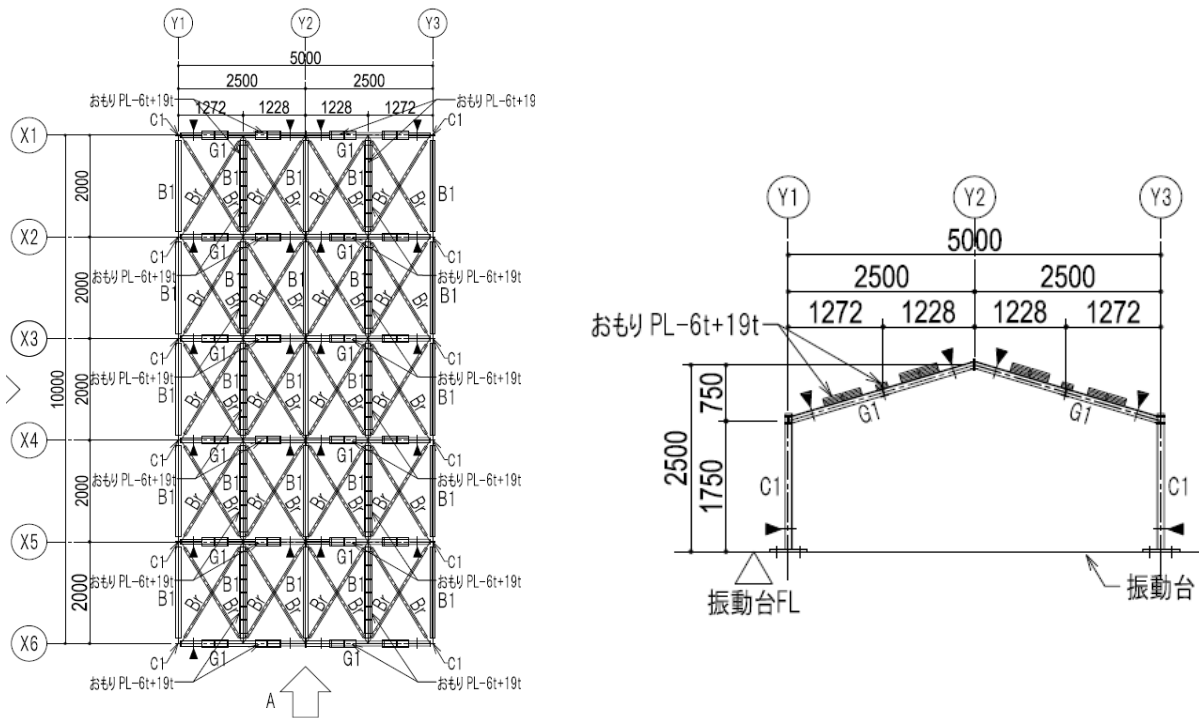


図 1 試験体平面図 (左) と A 矢視立面図 (右)

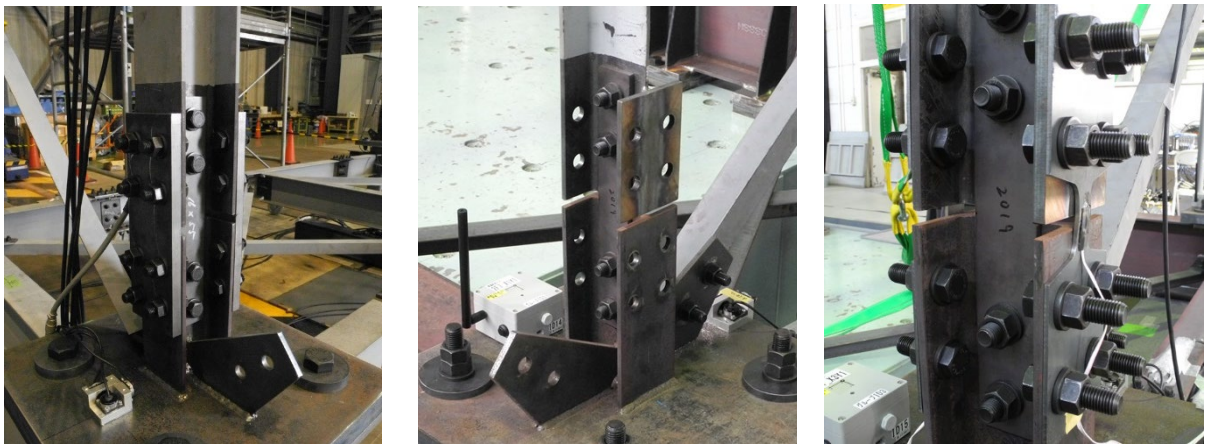


図 2 継手における模擬損傷と曲げ耐力の制御 (左: 通常, 中: 模擬損傷, 右: 耐力調整)

(2) 室内試験体

本実験では、幅 5m、高さ 2.5m の山形骨組を 2m 間隔で 6 構面接続した体育館の縮小模型を使用します。室内試験体は体育館試験体の平面 5m×10m に対して平面全体に天井を施工します。天井の施工には、図 3 で示すように、躯体の鉄骨 CT に対して L 型アンクルと C 型チャンネルで吊り材を設置できるようにします。また、Y2 通りの階高が最も高く、天井の吊り材が長くなることから妻面方向に C チャンネルを設置し、天井ふところが一定となるようにします。それ以降は屋根勾配に沿って吊り材を設置することで、吊り長さの違いによる応答の違いの検証を行います。

天井システムとしては、天井ふところ高さが一定となる Y2 通り付近に設備機器と配管、排煙口を設置し、複合的な評価を実施します。

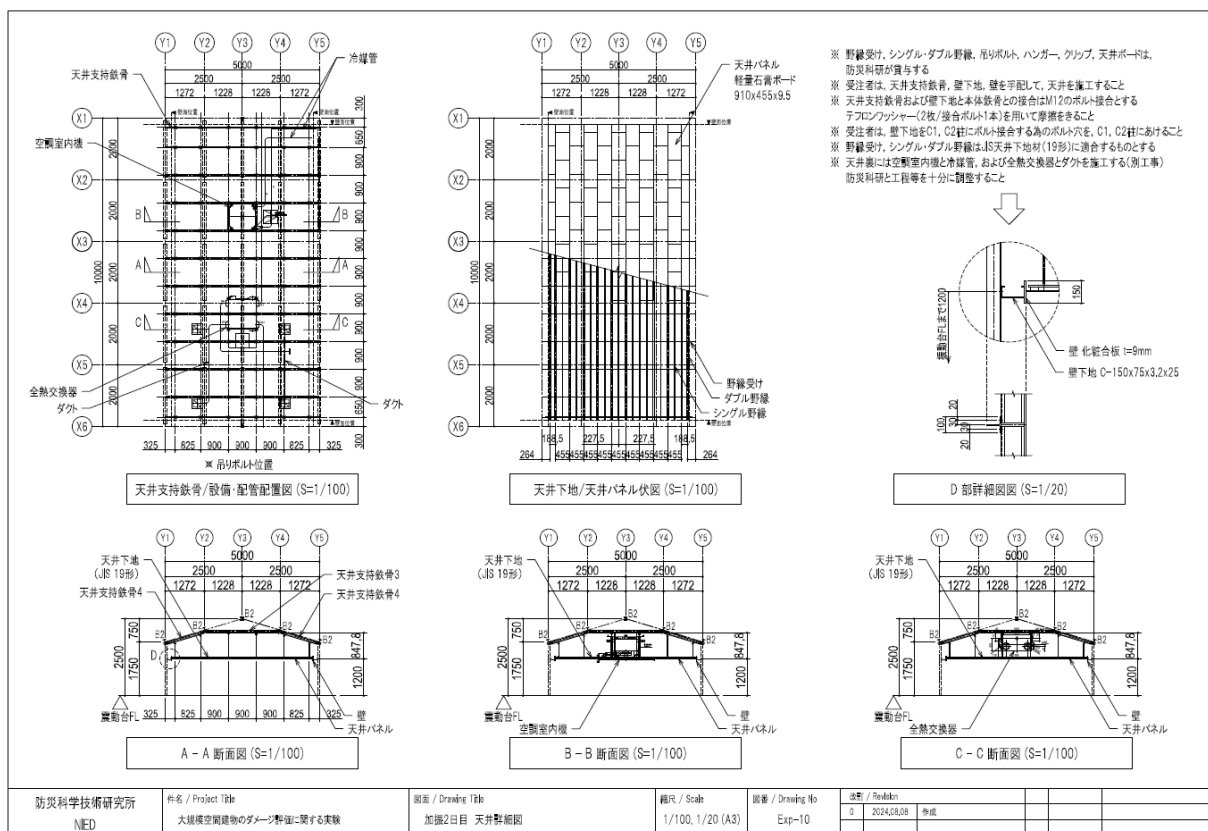


図 3. 天井平面図、立面図、詳細図

4. 加振計画

実験全体では3日間の加振を予定しています。

1日目は、X2～X3 通り，X4～X5 通りのつなぎ梁と筋交いを取り外し，2 構面の試験体を3 体設置した状態にして，継手個所に様々なパターンの模擬損傷を与えた上で試験体に損傷が生じないレベルの加振を行います。様々な周波数特性を有する数種類の観測地震波を，計測震度 4 程度に調整した波形を，入力波とします。

2，3 日目は，試験体の全構面を接続して，継手個所の曲げ耐力が通常部分の耐力を下回るように幅と厚さを調整したフランジプレートを設置して，試験体に塑性変形，損傷を生じさせる加振を行います。加振波は，計測震度 7 程度の観測地震波とします。入力レベルは，試験体が弾性にとどまるレベルから，再生倍率 100%または 1/100 以上の層間変形が生じるレベルまで漸増させます。そして，このレベルの加振を複数回繰り返して，応答加速度，せん断耐力，累積変形の蓄積状況，および天井と設備機器の被害がどのように進展するかを調べます。2 日目は梁間方向の1 方向加振，3 日目は3 軸同時加振とします。また，2 日目に天井等を設置した試験体の加振実験を行います。

※今回の見学会は2 日目の加振を対象といたします。

5. 留意事項

- 現場の職員の指示に必ず従ってください。安全には細心の注意を払っていますが，防災科研に明らかに瑕疵があった場合を除き，けが，機材破損などの責任が負いかねますのでご了承ください。
- 工程の都合上，実験の内容は予告なく変更される場合があります。
- 加振5 分前からライト，フラッシュは禁止です。
- 当施設には食堂・売店はなく，コンビニエンスストア等も近傍にありません。
- 施設敷地内では禁煙へのご協力をお願いいたします。
- 実験棟内では，ヘルメットを必ずご着用ください(※ ヘルメットは防災科研で用意します)。