

4) - 4 地震被害を踏まえた非構造部材の耐震性に関する研究

【基盤研究】

Study on Seismic Design of Suspended Ceiling

(研究期間 平成 23 年度)

建築生産研究グループ

Dept. of Production Engineering

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

脇山 善夫

Yoshio WAKIYAMA

石原 直

Tadashi ISHIHARA

Damage to the suspended ceiling at large structure like a gymnasium has been reported in recent earthquakes. The seismic design of the suspended ceiling is eagerly expected to mitigate the damage of suspended ceiling by earthquakes. The final goal of this study is to develop seismic design of suspended ceiling through the investigation of the seismic damage to the ceiling and the past research results. This study shows researches on the damage to the suspended ceiling, the seismic construction method, the calculation method of the seismic response of the suspended ceiling and others.

【研究目的及び経過】

東日本大震災や過去の地震災害において、大規模空間を有する建築物を中心に天井の脱落被害が報告されている。大規模空間での天井脱落は、天井板が高所から脱落するため、比較的重量のある天井板の場合には人身に大きな危害を加える可能性がある。また、脱落が大面积に及ぶことも多く、多数の被害者を出すおそれがある。また、特に地震後に避難所として利用される体育館等の施設では、天井を含む非構造部材の安全性・耐震性も重視される。技術的助言により体育館等の大規模空間を持つ建築物の天井の崩落対策に関する考え方は示されているものの、被害状況を踏まえて、より具体的な天井の耐震対策を検討することが必要である。

本研究課題では、東日本大震災による天井脱落被害を踏まえ、これまでの産学官による成果を合わせて整理・検討し、天井の耐震対策のための技術的資料を作成することを目的とする。

【研究内容】

本研究課題では、東日本大震災や過去の地震による大規模空間等における天井脱落実態を踏まえて、天井脱落の要因について整理・検討するとともに、落下防止工法の検討、天井の耐震対策のための計算方法の検討等を行った。本研究課題は、平成 23 年度建築基準整備促進事業の「地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討」における事業主体（一般社団法人建築性能基準推進協会）と建築研究所との共同研究（一部は技術指導）として実施した。

【研究結果】

1) 地震被害を踏まえた天井脱落被害の整理・検討

天井脱落について、鉄骨造体育館を主対象にした建築物の被害調査において東日本大震災による被害状況を把握した。建築基準整備促進事業における調査では大規

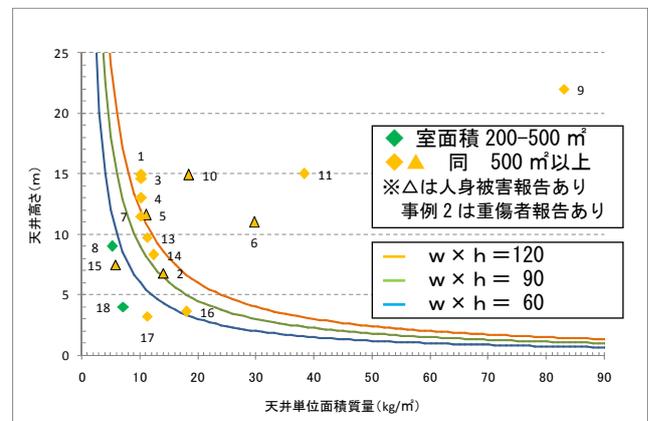


図 1 被害天井の分布（天井単位面積質量と天井高さ）

	0 < Ar < 50m ²	50 ≤ Ar < 100m ²	100 ≤ Ar < 200m ²	200 ≤ Ar < 500m ²	500 ≤ Ar < 1000m ²	1000m ² ≤ Ar
10m ≤ h					● 映画館(中) ● 宴会場(中) ● 体育館(中)	■ 音楽ホール ● 劇場 ● 映画館(大) ● 宴会場(大) ● 体育館(大) ● スーパー(大) ● 学校建物
6 ≤ h < 10m	吹き抜け空間			● ライブハウス ● 体育館(小) ● スーパー(小) ● 博物館展示室	● 宴会場(中) ● スーパー(中) ● 博物館展示室	● 倉庫建物
4 ≤ h < 6m			▲ 博物館展示室	● 図書館 ● スーパー(小) ● 博物館展示室	● 図書館 ▲ 博物館展示室	▲ デパート(1階) ▲ ホームセンター ▲ 駅前電気商店 ▲ 工場ライン
h < 4m	● 教室 ● オフィス個室 ● ホテル個室 ● 会議室(小) ● 病室	■ 音楽スタジオ ● 宴会場(極小) ● 会議室(中) ● コンビニ ▲ 保育園	● 宴会場(小) ● 会議室(大)	● 宴会場(小) ● 図書館 ▲ ファミレス(中)	● 図書館 ▲ スーパー(小) ▲ ファミレス(大)	● ホウリング場 ▲ デパート(一般階) ▲ スーパー(中・大) ▲ 超高層ビルオフィス
	■: 20kg/m ² ≤ w	●: 10kg/m ² ≤ w < 20kg/m ²	▲: 6kg/m ² ≤ w < 10kg/m ²	★: 0kg/m ² < w < 6kg/m ²		

図 2 室面積(Ar)-天井高さ(h)と空間のイメージ(室用途)

模空間以外を含めて被害状況が把握され、対策等を考える上で着目すべき項目がまとめられた。前述の被害調査や過去の地震被害調査と合わせて後の検討につなげた。

2) 天井の落下防止工法等の検討

天井の耐震対策の適用範囲に関する指標として、天井単位質量、面積（室面積、天井面積）、天井高さ、の3つを取り上げて検討した。図1は天井単位面積質量 w (kg/m^2)を横軸、天井高さ h (m)を縦軸にとり、被害のあった天井の例を示している。適用範囲の閾値の設定方法として、「①天井の単位面積当たりの位置エネルギー $w \times h$ 」を想定し、例えば $w \times h = 60, 90, 120$ とすれば図中の各双曲線で表される。その他、「②室の天井総質量による方法」、「③空間の具体的な利用のイメージも含めて検討（図2）した上で室面積帯により閾値を設定する方法」、「④天井高さと室面積についてそれぞれ単一の閾値を設定する方法」を検討した。

また、一般的な在来工法による天井を主対象として天井の耐震的な仕様を検討し、耐久性に関する仕様、長期荷重・地震荷重に対する仕様、フェイルセーフの仕様を整理して提案した。

3) 吊り天井の耐震性に関する計算方法の検討

吊り天井の耐震性に関する計算の構成を図3に示す。入力地震動や構造躯体の周期等から、特に共振による応答増幅（図4）を重視して天井面の地震時加速度を評価する方法を提案した。図3中の「近似式」とは、応答解析から求めた経験式（図5の灰太線）であり、これを利用して多自由度系に拡張した評価法を「スペクトル法」として提案した。例題により上下振動を含む多次元的な揺れも評価できることを示した。スペクトル法をもとに実務的な観点から簡略化を施した、簡易スペクトル法（図6）と震度法を、別途提案した。

その他、天井の固有周期や許容耐力について、既往文献等の結果を用いて評価した。

[参考文献]

- 平成 23 年度建築基準整備促進事業「地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討」一般社団法人建築性能基準推進協会、2012.3
報告会資料 <http://www.mlit.go.jp/common/000208403.pdf>
中間報告資料 <http://www.nilim.go.jp/japanese/organization/kenchiku/iinkai/20110818pdf/siryou2.pdf>

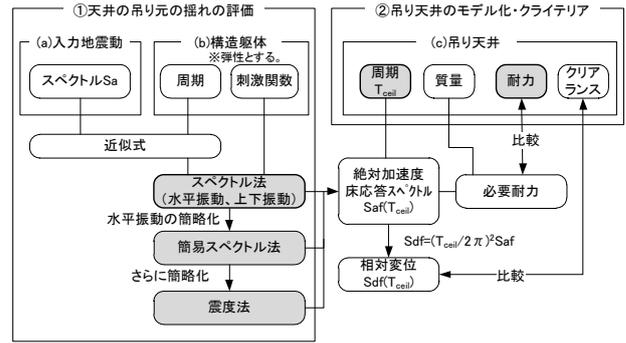


図3 吊り天井の耐震性に関する計算の構成
※構造躯体は弾性とする。天井は許容応力度設計として、滑り等を含めた損傷をクライテリアとする。

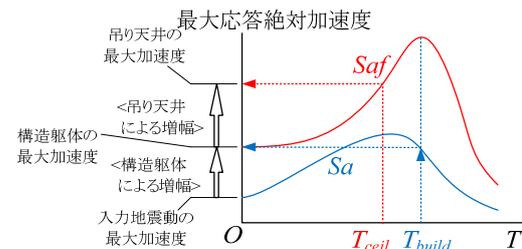
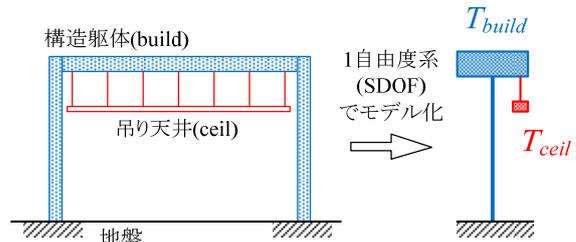


図4 応答増幅の概念図

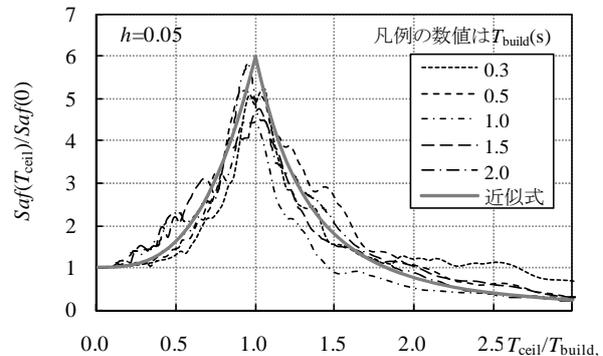


図5 近似式による吊り天井の地震時応答評価例

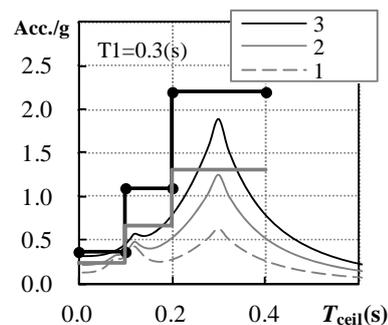


図6 簡易スペクトル法による応答評価例（3階建て）