

学位論文の要旨

システム天井とは、天井板が野縁、野縁受けから構成される格子に差し込まれる仕様の吊り天井である。天井板が野縁とねじで止められる在来工法の吊り天井と比べて、天井面の剛性が低いとされる。このため、耐震対策として斜め部材を取り付けるに際し、その配置間隔を決めるために、天井面には、地震時に水平慣性力が確実に斜め部材に伝達できる十分な面内剛性を有することを確認する必要がある。

本論文の目的は、新耐震システム天井と呼ばれるシステム天井を研究対象とし、有限要素法を用いて、新耐震システム天井の天井面の面内剛性を確認できるシミュレーションモデルを構築することである。新耐震システム天井とは、一般的にいうシステム天井と違い、在来天井の下地材及び工法を活用し、国土交通省告示第 771 号に規定された耐震性が備えられたシステム天井のことである。

1 章は序論であり、研究の背景及び目的を述べる。構造材の耐震化が進んでいることに伴い、近年、非構造部材、特に吊り天井の地震被害が顕著となった。2011 年の東北地方太平洋沖地震をうけ、建築基準法施行令が改正され、吊り天井の耐震性が法律で要求されたとともに、吊り天井の耐震基準及び試験方法等についても明確された。この背景のもとに、本論文の研究対象となる新耐震システム天井が開発された。また、建築系の学生を対象として実施したアンケート調査、天井の耐震性に関する日本国内の論文の現状を述べ、本論文もしくは本研究の意義を説明する。

2 章では新耐震システム天井の天井ユニット試験に基づいて、ブレース材の座屈解析をシェル要素モデルで行った。シェル要素モデルでは、ブレース材のみを対象とし、ブレース材の下端に水平方向に 5mm まで強制変位させた。このモデルでは、変位が約 1.5mm 以内で、解析において剛性を 0.09 倍にした剛性を用いれば、新耐震システム天井の実験結果を表現することが分かった。また、新耐震システム天井であっても、天井面構成部材等システム天井の面内剛性が比較的低いため、天井下地材の跳ね上がり等の変形が生じやすいので、システム天井のブレース等の天井材をより正確的に把握するには、システム天井の面内剛性を評価する必要がある。

3 章では天井下地材がなす十字型骨組試験およびシミュレーションモデルを説明する。シミュレーションモデルは、シェル要素モデルとビーム要素モデルの 2 種類を使用する。シェル要素では、支圧応力によるねじ接合部周辺の変形を、ねじ穴周辺部分の塑性化とみなし、その物理特性を設定する。ねじ穴周辺部分とは、本論文では、ねじ頭と天井下地材と直接に接する部分を言う。ビーム要素モデルでは、天井下地材や固定治具をビーム要素とし、ねじ接合部を回転ばねに置換する。回転ばね特性は、シェル要素モデルで得られた解析結果を用いて、建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説に提示された方法で設定する。載

荷節点の荷重 - 変位関係から、この手法を用いて作成されたシミュレーションモデルは、微小変形範囲内では、実験を再現できた。解析時間を短縮するために、シェル要素モデルをビーム要素モデルに置換した。シェル要素モデルの解析結果および技術基準に提示した方法に基づいて、回転ばね特性を決定した。両モデルでの解析結果の比較より、本論文で提示した回転ばねの特性の設定により、シェル要素モデルからビーム要素モデルへと適切に置換できていることを確認した。

4章では、3章で提案した回転ばね特性を用いて、天井ユニットの面内せん断試験をビーム要素でシミュレーションを実施する。ねじ接合部以外の接合部はすべて剛体とする。実験結果と比較した結果、3章で提案されたねじ接合部のモデル化の仕方と回転ばねに置き換える時の回転ばね特性の算出の仕方の妥当性が確認できた。

5章では、天井ユニットのモデルに基づき、天井面の面積が 264m^2 を有する新耐震システム天井の耐震性を静的解析で評価し、地震時の振る舞いを地震応答解析で確認する。解析モデルはビーム要素で作成する。静的解析では、一方向に 10.0G まで載荷しつづけ、新耐震システム天井の耐震性は、代表的な8つの節点を抽出し、重力加速度と節点の水平変位との関係、そして、ねじ接合に相当する回転ばねでの回転モーメントの分布、の2点で評価する。地震応答解析では、兵庫県南部地震時に観測された JMA 神戸波を例として解析モデルに入力する。代表的な3つの節点を抽出し、応答変位および応答加速度を確認し、ねじ接合に相当する回転ばねの回転モーメントの分布を確認する。地震波によって、新耐震システム天井の振る舞いが異なることと、国土交通省告示に地震波による吊り天井の耐震性の評価に対して要求されていないため、地震応答解析では新耐震システム天井の耐震性を議論しない。

6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。