

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	接合部を含む吊り形式の建築設備機器における力学挙動
Title(English)	Structural Behavior of Suspended Building Equipment including Connection Part
著者(和文)	平野一郎
Author(English)	Ichiro Hirano
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第375号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉敷 祥一,河野 進,石原 直,佐藤 大樹,山崎 義弘
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第375号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 都市・環境学	系 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	平野 一郎		審査員主査： Chief Examiner	吉敷 祥一	

### 要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx. 2000 Japanese Characters)

本論文「接合部を含む吊り形式の建築設備機器における力学挙動」は、空調機などの吊り形式の建築設備機器を耐震支持する吊り材、斜材、およびそれらを緊結する取付金物から構成されるユニット（以下、吊り支持部材）を研究対象とし、吊り材を固定する天井スラブ固定部のインサートを含めた力学挙動と低サイクル疲労性能について検討したものである。本研究の特徴は、吊り支持部材を構成する単一部材から吊り支持部材、天井スラブ固定部のインサートにまで展開した一連の構造実験により、接合部を含めた吊り支持部材の耐震設計法に資する知見についてまとめた点にある。本論文は、以下に示す全 5 章からなる。

第 1 章「序論」では、吊り形式の建築設備機器の耐震性及び吊り天井などとの相互作用に関する研究を中心に既往の研究論文を調査し、建築設備機器に係る現行の耐震支持規定の根拠となる構造実験や数値解析が不足しており、科学的根拠に乏しいものであることを指摘している。以上の背景から、吊り支持部材を構成する単一部材の断面特性、吊り支持部材、および天井スラブ固定部のインサートにおける力学挙動を解明し、接合部を含めた吊り支持部材の耐震設計法に資する知見を蓄積することを本論文の目的とすることを述べている。第 2 章「建築設備機器に用いられる部材の力学挙動」では、吊り材が現行の JIS 規格に記載されていないウィットねじを慣例的に用いている現状、さらに吊り材と斜材を緊結する取付金物が設備機器全体の剛性に影響を与えているという点を踏まえて、建築設備機器に用いられる吊り材を対象とした要素実験を行っている。吊り材を対象とした要素実験では、呼び径やロット、材質、表面処理の有無をパラメータとしている。引張実験によって降伏点、引張強さ、伸びといった材料特性を把握した上で、単一部材の曲げ実験により曲げに対する断面特性を把握している。さらに、取付金物を対象とした要素実験では、取付金物の位置が単一部材の剛性に与える影響を分析し、等価な直列ばねとして捉えた取付金物の影響を明らかにしている。第 3 章「建築設備機器に用いられる吊り支持部材の力学挙動と低サイクル疲労性能」では、吊り支持部材の繰り返し載荷実験を行い、水平剛性、降伏耐力、低サイクル疲労性能を論じている。試験体は 4 本の自重支持用吊り材とこれらを補強する斜材によって構成され、斜材の取付角度、および斜材端部からの吊り材の突出長さを主なパラメータとして幅広い変位領域に対する力学挙動と低サイクル疲労性能を検討している。また、接合部における偏心の影響を考慮した水平剛性と降伏耐力に関する力学モデルを構築し、実験結果にて観察された破壊モードを含め、吊り支持部材の力学挙動を概ね評価できることを示している。さらに、吊り支持部材の突出部において生ずる低サイクル疲労破断について、突出部における変形角を用いることで斜材の有無に依らずに評価できることを示した上で、塑性率を用いた吊り材の長さによらない統一的な評価方法を構築している。第 4 章「天井スラブ固定部に設置したインサートの力学挙動」では、天井スラブに設置されるインサートの引張力、せん断力、および複合荷重下に対する耐力を把握するための構造実験を行っている。実験では、インサートの種類、デッキプレート再現した周辺コンクリートの形状、および引張力・せん断力の組み合わせ方法をパラメータとしている。インサートのねじ部の位置や周辺コンクリートが最大耐力に影響を及ぼすことを示し、また一定引張力下におけるせん断耐力に対して、破壊モードの組み合わせに基づく力学的解釈を与えている。さらに、履歴曲線に基づく弾性限耐力に加え、インサートにおける水平ずれを目標とした許容耐力の設定方法を提案している。第 5 章「結論」では、各章で得られた知見を整理して本研究における結論とするとともに、得られた知見に基づき、現行の耐震支持規定において吊り形式の建築設備機器に係る耐震安全性を確保できる範囲が限定的であることを示している。最後に安全性に係る性能設計への展開を今後の課題として記している。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東京科学大学リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Science Tokyo Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 都市・環境学	系 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	平野 一郎		審査員主査： Chief Examiner	吉敷 祥一	

### 要旨（英文 300 語程度）

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This paper investigates the structural behavior and low-cycle fatigue characteristics of a unit composed of hanging bolts, braces, and mounting hardware for the seismic support of suspended equipment such as air-conditioning units (hereinafter suspension support member). Through a series of structural experiments, this study provides insights into the seismic design of suspension support members, including connection parts, by analyzing elements ranging from a single member to the full suspension system and the inserts in ceiling slabs.

Firstly, elemental tests were conducted on suspension members, considering the conventional use of Whitworth screws, which are not listed in the current JIS standards, and the influence of mounting hardware on overall system stiffness. Tensile tests determined material properties such as yield strength, tensile strength, and elongation, while bending tests evaluated the cross-sectional properties of single members. Additionally, tests on mounting hardware analyzed its effect on the stiffness of single members based on installation location.

Next, cyclic loading tests of the suspension support members were conducted to understand the horizontal stiffness, yield strength, and low-cycle fatigue characteristics of the suspension support members. Furthermore, the low-cycle fatigue fracture occurring at the protrusion part of the suspension support members can be evaluated independently of the presence of braces by using the deformation angle at the protrusion. A unified evaluation method, independent of hanging bolt length, was developed using the plasticity ratio.

Finally, structural tests were conducted to determine the strength of inserts installed in ceiling slabs under tensile, shear, and combined loads. In these tests, the parameters are the type of insert, the concrete shape simulating a deck slab, and load combinations. The results indicate that insert thread location and the surrounding concrete influence the maximum strength. Furthermore, in addition to the elastic limit strength derived from the hysteresis curve, we proposed a method to establish the allowable strength by focusing on the horizontal slip displacement at the insert.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東京科学大学リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Science Tokyo Research Repository Website (T2R2).