

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	既存送電用山形鋼鉄塔の耐震診断および補強に関する研究
Title(English)	A Study on Seismic Damage Evaluation and Retrofit of Existing Steel Tower for Power Transmission composed of Angle sections
著者(和文)	中村毅
Author(English)	Takeshi Nakamura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12885号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:竹内 徹,坂田 弘安,堀田 久人,田村 修次,吉敷 祥一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12885号, Conferred date:2024/9/20, 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

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 建築学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	( 工学 )
学生氏名： Student's Name	中村 毅		審査員主査： Chief Examiner	竹内 徹 教授

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は「既存送電用山形鋼鉄塔の耐震診断および補強に関する研究」と題し、近年地震力などの想定荷重増加に伴う補強対策はもとより、近い将来耐用年数を超え建替対応が急がれている送電用山形鋼鉄塔を対象に、膨大な基数がある同鉄塔の対策優先順位付けの指標となりえる、極大地震に対する耐震性能に着目したスクリーニング手法の構築を目的に、それに資する耐震診断および補強に関する各手法について論じたものである。本論文は以下の6章で構成される。

第1章「序論」では、本研究の背景、送電用鉄塔の法的位置づけや設計条件、実務設計現場の解析環境などの特異性を具体的に述べ、トラス鉄塔の耐震性能や送電用山形鋼鉄塔の特殊な構造形式に関連する既往研究を整理し、その問題点等を指摘した上で、本研究の目的や論文構成を示している。

第2章「重ね継手を有する山形鋼支柱材の非弾性曲げ座屈耐力」では、鉄塔架構の維持に不可欠な既存支柱材を対象に、重ね継手を有する山形鋼部材の非弾性域における曲げ座屈耐力を、送電用鉄塔部材の現行設計式 JEC-b カーブの基となっている Ježek の理論を踏襲した座屈耐力の評価式を構築し、その適用性を既往の実験値との比較で検証している。その結果、JEC-b カーブでは危険側評価になる恐れがある場合でも、偏心量を直接パラメータとして含んだ提案評価式では、重ね継手に伴う座屈耐力の低下傾向を JEC-b カーブと比べてより適切に評価できることを示している。また、提案評価式の実務適用を鑑み、同式をより簡易な代数式で表現した簡易設計式の一案も示している。

第3章「フラットバー付加補強した山形鋼支柱材の座屈耐力」では、送電用鉄塔の実態に即した山形鋼支柱材の座屈耐力向上を目的とした補強の一工法として、フラットバーを付加した補強法の確立を目的に座屈実験を実施し、山形鋼とフラットバーのつづりボルトピッチや両者の間隙幅が特に補強効果に影響を与える因子であること、補強後部材の座屈性状として山形鋼とフラットバーが一体となって全体座屈を生じる場合とフラットバー一個材がつづりボルト間で座屈変形進展後に最大耐力を発現する場合の2種類の座屈モードが生じることを明らかにしている。また実験結果を踏まえて、上記因子を網羅的に考慮する補強後の座屈耐力評価法を提案し、その適用性を実験値および解析値との比較で検証し、実務での補強設計方針を整理している。

第4章「腹材の座屈を考慮した鉄塔架構の耐震診断手法」では、被災後の腹材補修によっても対応可能な鉄塔の選別および鉄塔どうしの極大地震に対する耐震余裕度を同一尺度で相対比較し、各種対策優先順位付けのための指標とすることを目的としたスクリーニングフローの一案、およびその核となる鉄塔架構の耐震診断指標を提案している。また、同指標に用いる腹材座屈後の非線形応答は、仮想仕事法による弾性応答計算値からエネルギー一定則を援用することで評価可能であることを、膨大な基数が実存する30~40mのモデル鉄塔を例に示している。さらに、腹材座屈先行型のモデル鉄塔を例に、鉄塔架構の腹材初期座屈変位や支柱材座屈までの安全限界変位を、電圧規模や鉄塔型に応じ根開きをパラメータとして近似できる傾向を示し、高度な数値解析環境が整備されていない送電構造物の実務設計現場においても、特別な知識を必要とせず簡易かつ機械的な手続きで運用できる算定手法の整備方針を示すとともに、同手法によれば詳細な非線形動的応答解析値を安全側で捕捉可能であることを示している。

第5章「鋼板を接着補強した腹材接合部の性能評価」では、第4章で提案した耐震診断手法の適用に際して求められる腹材の変形性能を改善するため、送電用鉄塔に対しても適用できる接合部補強の確立を目指し、山形鋼平板部に鋼板を接着補強した補強法を対象に、接合部を模擬した載荷実験および有限要素法解析を行い、その特性を分析している。その結果、補強材が接着補強されることで、引張偏心の緩和および補強材への支圧応力分散により、第一ボルトの山形鋼断面ボルト孔縁の破壊耐力を向上でき、接着範囲を除いた軸部の塑性変形性能向上が期待できることを明らかにしている。また、接着面の全面剥離は、補強材先端部の接着応力集中箇所に起因することを示し、本形式のさらなる改善方法としては、補強材を長くする方法ではその効果は乏しい一方、補強材先端部をテーパ形状とする方法は有効であることを明らかにしている。

第6章「結論」では、各章で得られた成果を総括している。

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 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大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 Tokyo Tech 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 建築学	系 コース	申請学位(専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	( 工学 )
学生氏名： Student's Name	中村 毅		審査員主査： Chief Examiner	竹内 徹 教授

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

This research aims to establish a screening method of angle steel lattice towers for power transmission focusing on seismic performance against extreme earthquakes, and it is proposed that simple seismic damage evaluation and some reinforcement methods contributing to its screening. This thesis consists of the following six chapters.

Chapter 1 presents the background of this study, previous researches and the purpose of this thesis.

In Chapter 2, an evaluation formula for the inelastic bending buckling capacity of main post with lap joint, which are essential for maintaining steel tower structures, is established following Ježek's theory on which the current design formula JEC-b curve is based.

In Chapter 3, the effect of reinforcement with flat bars on the buckling resistance of main posts is examined by means of member tests. It is shown that there are two types of buckling modes, one is that flat bar and the existing member buckle as a composite cross section, and the other is that the flat bars are buckling in advance. Based on the results, an evaluation method for bearing capacity is proposed and its applicability is verified through comparison with experimental and analytical values.

In Chapter 4, an index for seismic evaluation of steel lattice towers considering the buckling of diagonal braces is proposed, and followed by its screening flow which aims to select towers that can be repaired after a severe earthquake and to compare the seismic margin between towers. The index will be the core of the screening focusing on the seismic performance against an extreme earthquake, and it will be used the index for the prioritization of measures.

In Chapter 5, in order to reinforce the connections of angle diagonal braces, retrofit methods attaching the additional steel plates using adhesive bonding are proposed and real size mock-up tests and finite element analysis are carried out. The result is confirmed that the adhesive reinforcement reduces the damage concentration around the existing bolt holes of the angle section and improves the deformation performance of the brace.

In Chapter 6, conclusions of this thesis are summarized.

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 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大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 Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).