

Date of Submission:

平成 27年 1月 16日

Department 建築・都市システム学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 105509 号	Supervisors 指導教員	中澤 祥二 齊藤 大樹 松本 幸大
Applicant's name 氏名	柳澤 利昌			

Abstract

論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士學位論文名	限界変形を考慮した空間構造の耐震性能評価に関する研究 (A Study on Seismic Performance Evaluation for Spatial Structures Considering Critical Deformation)
----------------------------	---

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

日本や中国のような地震の多い地域では建築物の設計時に自重(固定荷重)だけでなく、地震時の影響も考慮した設計(耐震設計)を行う必要がある。1981年に、日本では構造物の強度だけでなく、変形能力も確保された設計法(新耐震設計法)が確立された。そのため、エネルギー吸収能力を考慮した高い耐震性能を持つ構造物を設計することが可能となった。しかしながら現行の基準は重層構造物を中心に定められており、ドームや学校体育館、構造などの空間構造物への適用については設計法が確立されていない。

空間構造物はスポーツアリーナや産業施設として利用されることが多い。また、学校体育館などは災害時に利用されることから、さらに高い耐震性能が必要とされる。しかしながら、2011年の東日本大震災では構造体の被害だけでなく、天井材などの二次部材の被害が多く報告されており、現行の基準では十分に耐震性能を評価できていないことが明らかになっている。また、現行の基準は構造体の変形能力を保障しているが、地震時に生じる変形量については明らかになっていないため、前述した問題に対応することが困難である。したがって、構造物の変形に応じた耐震性能評価法や機能維持を考慮した損傷評価法が求められている。

以上を踏まえ、本研究では空間構造として鋼構造体育館および単層ラチスドームを採用し、数値解析に基づいてその耐震性能を議論した。また、変形に応じた耐震性能評価法として、既往の研究で提案されている動的靱性指標を採用し、入力地震動の大きさと構造物の変形の関係を分析した。最後に、設計者が耐震性能を簡易に評価できるようにプッシュオーバー解析に基づいた評価手法を提案した。各章の要約を以下にまとめる。

第1章ではこの論文の背景および目的を述べている。

第2章では、スパン方向に地震動を受ける鋼構造体育館の応答性状および崩壊性状について分析した。まず、山形フレームのみを対象とした平面モデルを対象とし、崩壊メカニズムおよび終局耐力を明らかにした。次に、屋根面ブレース等を設けた立体モデルを対象とし、崩壊メカニズム等を分析するとともに、平面モデルと比較を行い、立体効果による応答の低減を確認した。

第3章では、弾塑性地震応答解析に基づいて、スパン方向に地震動を受ける鋼構造体育館の耐震性能を議論した。耐震性能評価の指標として、既往の研究で提案されている動的靱性指標を採用し、耐震性能を簡易に評価できるようにプッシュオーバー解析から動的靱性指標を推定する方法を提案した。

第4章では、単層ラチスドームを対象とし、その耐力および応答性状を明らかにした。また、ドームの層せん断力および部材軸力に注目した地震荷重を作成し、その精度および適用範囲について検討した。その結果、プッシュオーバー解析は座屈荷重に達すると耐力は低下するが、応答解析は増加し続けるため、初期降伏までならば提案した地震荷重を使用できることを確認した。

第5章では、弾塑性地震応答解析に基づいて、単層ラチスドームの耐震性能を明らかにした。また、ドームの変形量に応じて動的靱性指標を算出し、部材細長比に応じた推定式を提案した。最後に、プッシュオーバー解析に基づいた耐震性能評価手法を提案し、その精度を明らかにした。

第6章では、研究の結果得られた結論と今後の課題について述べる。

Date of Submission:

平成 27年 1月 16日

Department Department of Architecture and Civil Engineering	Student ID Number 学籍番号	第 105509 号	Supervisors 指導教員	Shoji Nakazawa Taiki Saito Yukihiro Matsumoto
Applicant's name 氏名	Toshimasa Yanagisawa			

Abstract

論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	A Study on Seismic Performance Evaluation for Spatial Structures Considering Critical Deformation (限界変形を考慮した空間構造の耐震性能評価に関する研究)
----------------------------	---

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

Spatial structures are designed not only for dead load but also for seismic load especially in areas with high seismicity such as Japan and China demanding high seismic performance. So the present paper focuses the steel gymnasium and single layer reticular domes as spatial structure and the collapse mechanisms and seismic performance are discussed.

The content of each chapter is summarized as follows.

In the 1st chapter, the background and objectives of this study are described.

In the 2nd chapter, the collapse mechanisms and the ultimate strength based on static analysis of the school gymnasium subjected to earthquake motions in the span direction is investigated. First, numerical models in this study are explained using steel-framed gymnasiums designed using structural design code in Japan. Second, seismic response characteristics and collapse mechanism of two plane gable frame structures, which are respectively fundamental seismic resisting elements of the gymnasium, are analyzed based on an elastic-plastic response analysis. Finally, the dynamic behaviors of 2D model and 3D model are compared and the relationship between the plastic deformation and the effect of the roof braces is discussed.

In the 3rd chapter, the present study proposes an efficient method for calculating these indices, the values of dI_s and dF , based on both a static pushover analysis and a capacity spectrum method. An ordinary pushover analysis of tall buildings assumes a close correspondence between story drift angle and plastic rotation holds. However, the story drift angle of a gable frame does not correspond one to one to the plastic rotation angle, because the roof has a tendency as a spatial structure to settle or sink down due to its dead load. This kind of behavior, having not been so far clearly identified, is lighted up in this study. Considering the accumulation of plastic rotation angle occurred at the hinges connected to the top of columns, this paper, first, studies the magnitude of plastic rotation angle θ_p based on both the pushover analysis and dynamic analysis, then compares them and finally the validity and usefulness of the proposed method is proved.

In the 4th chapter, the present study proposes statically equivalent seismic loads which can be applied not only to design in serviceability limit level but also to pushover analysis in ultimate limit level. Several structural models are the targets: the span varies 60, 80, 100 and 120 meters. First, the responses of accelerations and axial forces are evaluated by linear elastic response analysis against the serviceability limit level. Second, based on the results the magnitudes and distributions of the seismic loads to the dome surface are proposed for determining the equivalent seismic loads. Third, the collapse mechanism and resistance performance for seismic load are calculated and the study argues the validity of proposed seismic load.

In the 5th chapter, the present paper proposes an efficient scheme to evaluate seismic performance of single layer reticular domes under severe earthquakes. In an example in this study, the member cross sections are firstly proportioned against two times dead load, where the domes are supported totally and directly by pins at a rigid

foundation. Secondly, the collapse mechanisms of the single layer reticular domes based on the elastic plastic response analysis are investigated from a view point of accumulated displacements at a point and plastic deformation within members. Thirdly, the resistance capacity, here defined as seismic performance index, is formulated by multiplying an initial yield base shear coefficient with dynamic ductility indexes μ^F . The value of μ^F is determined in terms of accumulated plastic rotation.

In the 6th chapter, the summary of the present study is described.