



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Influence of Modeling Choices on Nonlinear-Dynamic Behavior of a Single-Layer Reticulated Dome [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Somkuwar, Akshay Arun
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16349号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95044
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Akshay_Arun_Somkuwar_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 Akshay Arun Somkuwar

審査担当者 主 査 准教授 松井 良太
 副 査 教 授 岡崎 太一郎
 副 査 教 授 菊地 優
 副 査 准教授 高井 伸雄

学位論文題名

Influence of Modeling Choices on Nonlinear-Dynamic Behavior of a Single-Layer Reticulated Dome
(単層ラチスドームの非線形動的挙動に解析モデルが及ぼす影響)

建築構造物の解析手法は目覚ましい発展を遂げ、材料の弾性限を超えた弾塑性挙動を含め、構造物の応答を精度よく評価できるようになりつつある。構造物の弾塑性挙動を再現することを目的とした数値解析で、一貫した動的応答計算結果を得るためには、弾塑性状態に応じて減衰と剛性を適切にモデル化する必要がある。観測記録によれば、構造物の減衰比は振動モードによらずほぼ一定であることが判明している。塑性化した構造物の振動特性は弾性時と異なるため、初期剛性に応じて設定した減衰モデルを選択すると、部材の全体座屈や局部座屈などの不安定挙動にともない剛性が急変する場合に、予期しない架空の減衰力が数値的に生じ、解析結果の一貫性を失うことが強く懸念される。不安定挙動も含めて部材の復元力特性を再現できる解析モデルとしてファイバー要素が挙げられる。同要素の計算効率は高いものの、計算結果の信頼性は要素分割や構成則に依存する。

以上の観点から、本研究は、単層ラチスドームを主対象として、減衰と剛性を模擬するために選択した解析モデルが弾塑性挙動にどのような影響を及ぼすか、という点に着目している。汎用解析ソフトウェア OpenSees を用い、軸力部材に適用すべき材料モデルや要素構成則の吟味と、種々の要素分割および減衰モデルが単層ラチスドームの地震応答計算結果に及ぼす影響の比較検証を中心的な課題としている。

本論文は、全 8 章で構成されている。

第 1 章は、研究の背景、目的と、本論文の全体構成を述べている。

第 2 章は、軸力部材の要素モデル、架空の減衰力を抑制する減衰モデルと単層ラチスドームを含む空間構造の動的挙動について、既往の研究資料で述べられている知見を総括し、問題点を抽出している。

第 3 章は、従来の手法では適用範囲外となる単層ラチスドームに使用される軸力部材の復元力特性を再現できるファイバー要素の条件を分析している。局部座屈による耐力劣化を除き、従来の手法で軸力部材の復元力特性を表現できることを確認している。

第 4 章は、解析モデルの選択が単層ラチスドームの地震応答特性に及ぼす影響を分析するための解析条件を述べている。既往の研究で、地震被害評価などに多用されている単層ラチスドームのモデルを選択している。要素モデルでは要素構成則と分割数、減衰モデルでは初期剛性と接線剛性で設定した Rayleigh 減衰と、モード減衰を検討項目に挙げている。入力地震動は、建築基準法で定

められた規模を目標に調整し、単層ラチスドームの動的応答を多角的に分析した第5章では1つの観測波を、地震被害リスクの評価を分析した第6章では28種の観測波を採用している。

第5章は、単層ラチスドームの変位応答、減衰比の推移と部材応力などの地震時挙動を分析している。従来まで確認されていた重層鋼架構の挙動とは異なり、塑性化の分布を表現できるファイバー要素でも、モデルの選択により弾塑性の地震応答に顕著な差異が生じることを見出している。この差異は、塑性状態における等価な減衰比と相関があることを確認している。単層ラチスドームの動的応答を精度よく追跡するために、8分割された剛性法の要素モデルと、モード減衰を推奨している。

第6章は、第5章で推奨した解析モデルを用いて単層ラチスドームの地震被害リスクを評価している。第5章と同様に、接線剛性の Rayleigh 減衰やモード減衰より、初期剛性の Rayleigh 減衰を用いる方が、小さい変位応答を示す傾向があることを確認している。顕著な塑性化は確認されず、部材モデルの妥当性を検証した範囲内に軸力部材の変形量は留まったため、応答計算の結果には信頼性があると判定している。減衰モデルの選択によっては、単層ラチスドームの地震被害予測を見誤る可能性があることを示している。

第7章は、局部座屈による軸力部材の耐力劣化を表現する材料モデルを分析している。円形鋼管断面を対象とし短柱試験結果を再現する材料モデルの設定値を提示している。提示された設定値を用いれば、局部座屈による耐力劣化も含めて軸力部材の復元力特性を良好に再現できることを示している。提示した材料モデルを重層鋼架構に適用し、抵抗力の劣化挙動について分析できることを確認している。

第8章は、研究の結論、結果の適用範囲と今後の研究の展望を記している。

これを要するに、本論文は、単層ラチスドームの数値解析で推奨されるべきモデルの選択手法を主として提示している。同手法により、高い信頼性を以て、単層ラチスドームの地震被害を予見できることを明らかにしている。これらの成果は、空間構造の耐震安全性と信頼性、経済性に寄与し、構造工学と耐震工学に対して貢献するところ大なるものがある。よって、著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。