

B-1

雪荷重に対するアーチ構造建築物の性能評価に関する基礎的研究

Basic research on performance evaluation of arch structure buildings against snow loads

○梅田龍雄¹, 中島肇²

*Tatsuo Umeda¹, Hajime Nakajima²

Abstract: In recent years, heavy snowfall in February 2014 has caused damage in the Tokyo metropolitan area, including the collapse of the roof of a steel structure gymnasium. One of the causes of this is thought to be unevenly distributed loads due to the uneven distribution of roof snow caused by wind blowing and snowdrift effects. In arch structures, buckling deformation may occur asymmetrically within the plane, making them susceptible to unevenly distributed loads. Therefore, it is expected that the bearing capacity of an arch structure building will be significantly lower when a unevenly distributed load is applied than when a uniformly distributed load is applied. In this study, we examine the effects of differences in snow distribution and buckling modes on the strength of arch structures.

1. はじめに

大スパンの鋼構造建築物は雪荷重が支配的な荷重となり、豪雪時に倒壊または損傷が生じた事例が多く存在している。近年では、2014年2月の豪雪により、首都圏においても鋼構造体育館の屋根の崩落といった被害が発生している。これは風の吹き払い、吹き溜まり効果に起因する屋根雪の不均等な分布形状による偏分布荷重が原因の一つであると考えられる。

既存の研究では、構造骨組が最も不利な応力となる場合の屋根上積雪分布について検討し、構造設計に適用可能な設計用屋根上積雪分布モデルが提案されている^[1]。また、ラーメン構造を対象に提案された分布モデルを載荷した際の弾塑性挙動および崩壊荷重の検討がされており、等分布荷重を載荷した場合より設計用積雪分布を載荷した場合の方が、架構の最大耐力が減少することが確認されている^[2]。

アーチ構造は座屈現象が構面内に非対称的に生じる場合があり、偏分布荷重の影響を受けやすいと考えられる。よって、アーチ構造建築物は等分布荷重を載荷した場合に比べ、偏分布荷重を載荷した場合の方が耐力が低下すると予想される。本研究では、積雪分布および構面内外の座屈モードの相違がアーチ構造物の耐力に与える影響について検討を行う。

2. 解析概要

一般的な中規模程度の鉄骨造体育館あるいは倉庫の置き屋根を想定し、アーチ構造を対象として弧長増分法による複合非線形解析を行い、雪荷重時の弾塑性解析の検討を行う。

解析モデルは、スパン(L) 20m、ライズ(H)はそれぞれ 2m (H/L=0.1), 4m (H/L=0.2), 6m (H/L=0.3)

の3モデルを検討する (Figure1)。建設地は東京都千代田区として屋根自重を 1200 (N/m²)、再現期間 50 年に対する雪荷重は 750 (N/m²) とし、設計用積雪分布荷重載荷時の梁部材の応力度比を 0.95 以下として、H-284×200×8×12 (SN400) の部材で設計した。解析モデルの梁部材の応力-ひずみ関係は Figure2 のように設定し、要素モデルは、はり要素として設定する。

荷重分布は雪荷重を想定した鉛直等分布荷重モデルと構造骨組において最も不利な応力状態となる荷重分布として既往研究で提案されている設計用積雪分布モデルを対象とする (Figure3)。初期不整は、座屈固有値解析から得られる座屈モードに対して、構面内方向に関してはスパンの 1/1000、構面外方向に関しては、横補剛間隔の 1/1000 を与える (Figure4)。

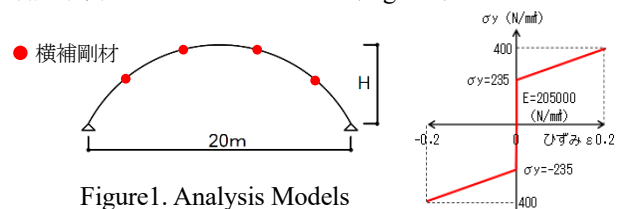


Figure1. Analysis Models

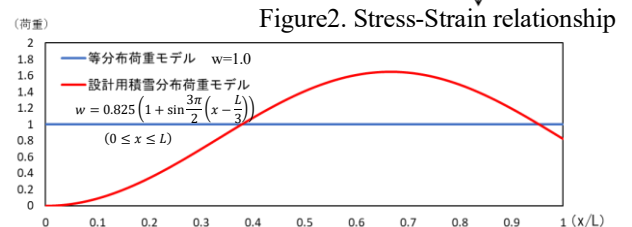


Figure2. Stress-Strain relationship

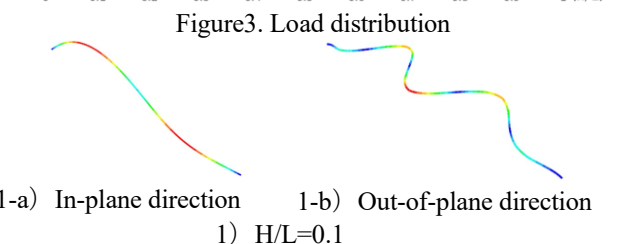
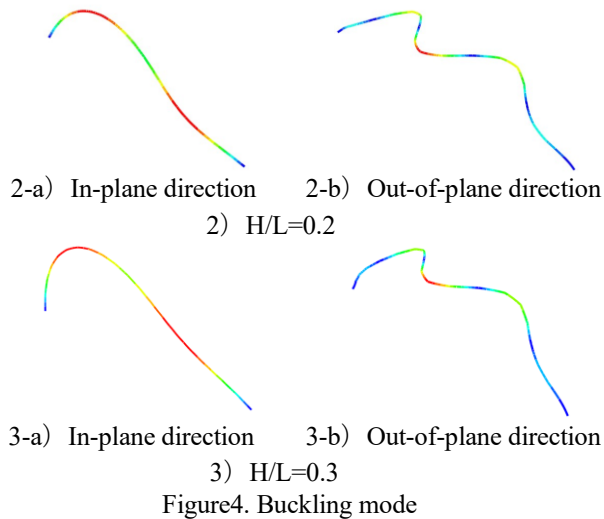


Figure3. Load distribution

1 : 日大理工・院 (前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築



3. 解析結果

Figure5, 6, 7, にそれぞれライズ／スパン比 0.1, 0.2, 0.3 の等分布荷重時と設計用積雪分布荷重時の荷重—鉛直変位関係を示す。

面内方向の座屈モードを与えた時の各荷重分布を載荷した際の最大耐力を比較すると、ライズ／スパン比 0.1 では、設計用積雪分布荷重を載荷した場合は、等分布荷重を載荷した場合より 62%低下した (Figure5)。ライズ／スパン比 0.2 の場合は、約 67%低下し (Figure6)、ライズ／スパン比 0.3 の場合は、約 66%低下していることがわかった (Figure7)。また、設計用積雪分布荷重を載荷した場合、最大耐力が終局用設計荷重 (500年再現) と近い値となった。

設計用積雪分布荷重を載荷した際の面内方向と面外方向の座屈モードをそれぞれ与えた際の解析結果を比較すると、変位 200mm 時の耐力は各ライズ／スパン比で最大耐力が約 30%低下し、面外方向の座屈モードを与えた方が耐力の低下が激しいことがわかった。

4. まとめ

本研究では、積雪分布および構面内外の座屈モードによるアーチ構造物の最大耐力や崩壊挙動の相違を数値解析によって把握した。アーチ構造物に設計用積雪分布荷重を載荷した場合は等分布荷重を載荷した場合と比較して、約 60%以上耐力が低下することを把握した。また、面内方向よりも面外方向の座屈モードを与えた場合の方が、最大耐力が小さくなり、耐力低下が激しいことを把握した。

今後は、構面外方向の座屈モードを入れた際の横補剛材の配置による崩壊挙動の検討を行う予定である。また、構面内座屈に関しては対雪設計における構造性能を信頼性指標を用いて評価方法を確立することを目的に検討を行う予定である。

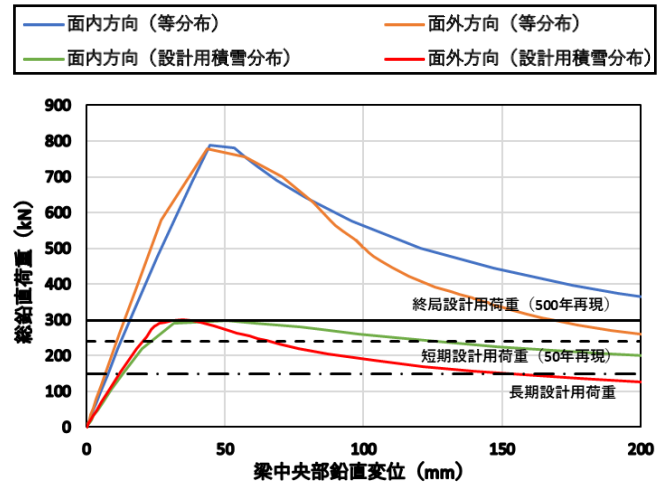


Figure5. Load-Displacement relationship (H/L=0.1)

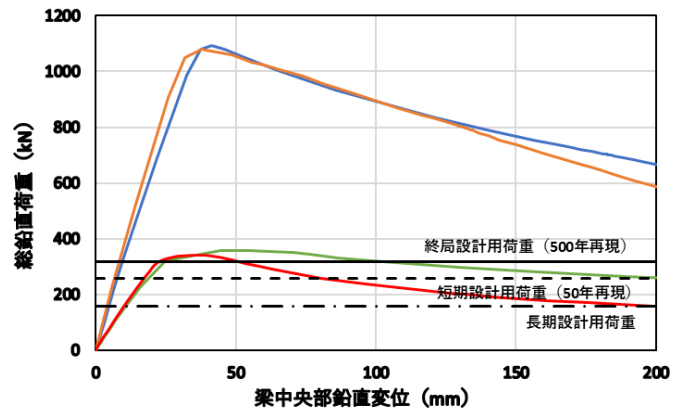


Figure6. Load-Displacement relationship (H/L=0.2)

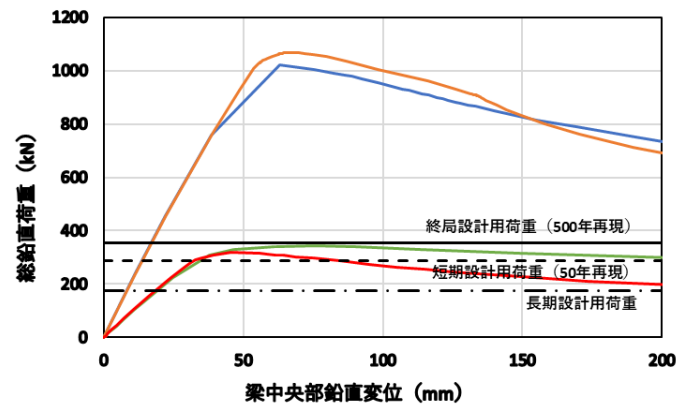


Figure7. Load-Displacement relationship (H/L=0.3)

5. 参考文献

- [1] 中島肇, 岩原慶, 高橋賢, 勝島凌, 石鍋雄一郎:「構造骨組の応力が最大となる設計用積雪分布に関する基礎的研究」, 日本雪工学会, Vol.37, No.4, pp70-82, 2021年10月
- [2] 安部健登, 石鍋雄一郎, 中島肇:「構造骨組に対する設計用積雪分布に関する基礎的研究—構造形式及び横補剛数による崩壊挙動の検討—」, 日本建築学会関東支部研究報告集, 2022年3月