

B-7

ストリングで補剛されたアーチの初期張力導入時及び施工時の挙動における基礎的研究
Study on Basic Structural Characteristics under Introduction of Initial-Tension and Construction of String-Stiffened Arch

○小宮圭太³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 齋藤公男²
*Keita Komiya³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Masao Saitoh²

Abstract: In this paper, a new-type string-stiffened arch structure is proposed, and the behavior under the initial-tension introduction and construction of this structure is reported. As for a feature of this system an unstable arch is stabilized by integration of tension strings. This paper reports the quantitative evaluation of tension fluctuation and displacement under construction by numerical analysis.

1. はじめに

近年、大規模構造やガラスファサードの支持構造等にケーブルを用いた建築物が、その構造的合理性と共に魅力的な構造表現や造形的自由度が可能となることが社会的に認知され、増加する傾向が見られる (Photo. 1)。主構造部材としてストリング(ケーブル、ロッド等)を使用したテンション構造の最大の特徴は、固定荷重時の初期張力(以下「PS」と称す)の存在にあり、このことにより構造計画・施工計画に特有の課題が発生する (Fig. 1)。本論では、ケーブル補剛多ピンアーチを提案し、実現性の確認及び施工時の挙動を把握することを主眼としている。

2. ケーブル補剛多ピンアーチモデルの提案

本構造システムは、比較的細いアーチの内側にテンション・リングを並行配置したケーブル補剛アーチから派生した構造と捉えることができる (Fig. 2)。本構造は、曲げ材で構成されたインナーアーチと、多ピンのアウターアーチ、その両者を結ぶストリング材で構成される。インナーアーチの接合部に剛性を付加させることで支点部のディテールを簡素化すると共にPS導入を可能とした点に特徴を有する。また、インナーアーチ及びストリング材は主構造のアウターアーチの安定化と補剛の機能を有する。主構造の接合部をピン接合とすることができることに加え、付加荷重時の剛性の向上及び主構造部材断面の縮小を期待することができる。

本構造システムは、テンション構造であることに加え、主構造が多ピンアーチであるため、設計段階で期待する初期形状及びPS状態を得るためには、施工時の検討が必要不可欠となる。

3. 施工時解析

3-1. 逆工程解析手法の概要

逆工程解析とは、完成時の応力と形状から施工方法の逆をたどり、施工の開始及び途中段階における応力と形状を求める方法である^[1]。

3-2. 数値解析概要

解析概要をFig. 3に示す。部材はフレームをアルミパイプ、斜材をケーブルとした。部材断面は0.6kN/mm

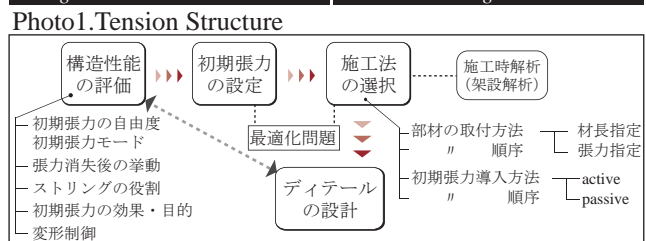


Fig.1 Design Flow of Tension Structures

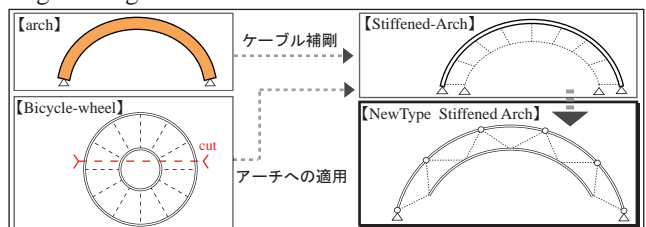


Fig.2 Derivation of Tension Stiffened Arch

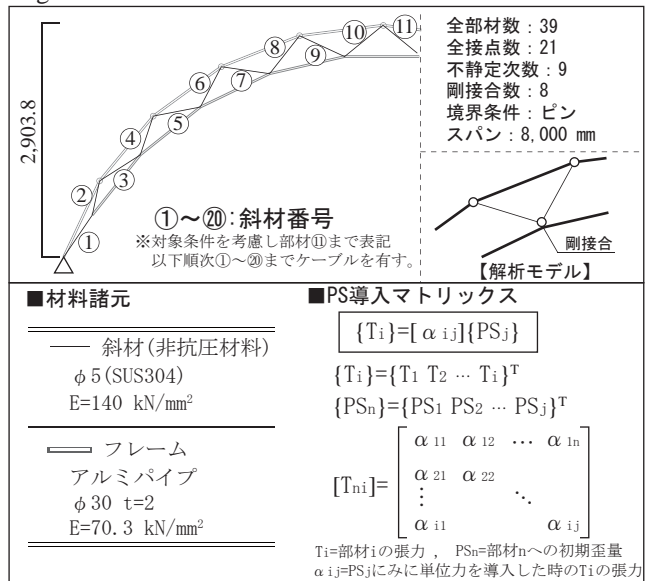


Fig.3 Outline of Analysis

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大名誉教授 3 : 日大理工・院・建築

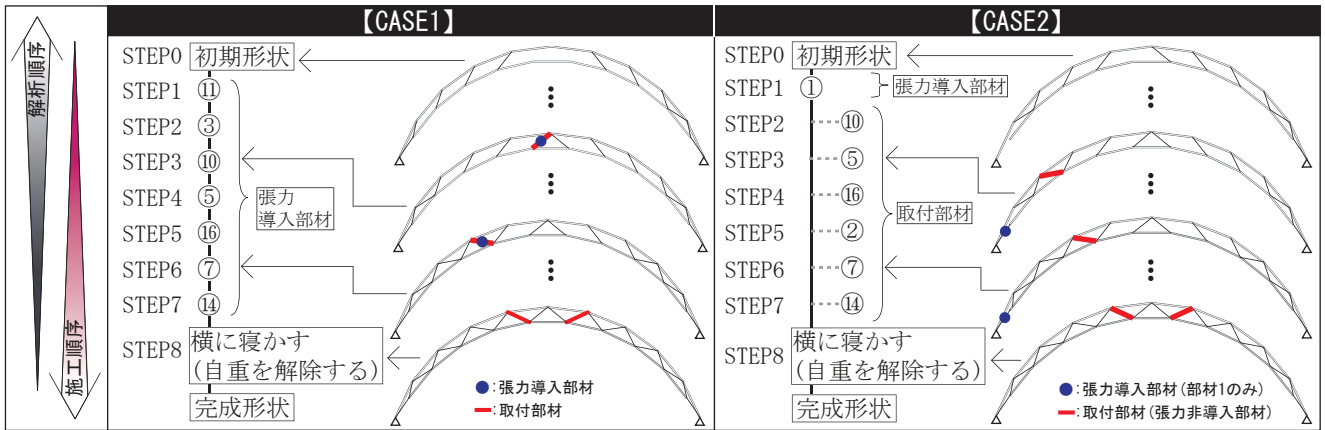


Fig.4 Construction and Analysis Order

の積雪荷重を想定し、短期許容応力度を満足するように断面算定を行った。初期張力は、Fig.3のPS導入マトリクス $[\alpha_{ij}]$ を用いて自重時において圧縮力が発生しない値を設定した。施工順序をFig.4に示す。CASE1では導入PS量(Tac)が少量の部材から順次取り付けていき、取付部材に直接張力導入を行う。CASE2では張力導入を行うのは脚部の部材1のみとし、部材1への張力導入途中で順次部材を取り付けていく施工手順とした。

3-3. 数値解析結果

完成形状及び施工STEPに伴う変位の推移をFig.5に示す。変位の推移では完成時を0mmと表している。ケーブルには圧縮力が生じておらず張力が適切に導入されていることが確認される。計測点IIIのY軸変位の推移を比較するとCASE1では最大変位量がCASE2の10倍程度と過大となっている。また、CASE1ではSTEPが進むごとに0mm付近で変位が増減を繰り返しながら収束していくのに対し、CASE2では0mmに向かいながら収束していくことが確認される。これは張力導入順序の差異により生じたものであり、施工時解析の必要性が示唆された。

CASE1,2の張力導入に伴うケーブル張力の推移をFig.6及びFig.7に示す。施工順序の違いにより導入PS量(Tac)及び各STEPごとの発生張力量に大きく差異が生じていることが把握された。CASE2では張力導入部材を1本の部材に絞ることが可能となり施工性の向上が期待できるものの、CASE1の最大Tacの約5倍の導入張力が必要となる。

4. まとめ・今後の検討

本論では、テンション構造の施工時解析の必要性について論じると共に提案した構造システムにおいて、施工の可能性の確認及び逆工程解析を用いた施工時の挙動の把握を行った。今後、初期張力の明確な設定、付加荷重時の挙動、そして三次元モデルでの施工時解析についての検討が必要となる。

参考文献

[1]宮里, 岡田, 斎藤, : 「逆工程解析に基づくテンション構造の工法選択手法の提案」 日本建築学会構造系論文集 第560号, 133-138, 2002

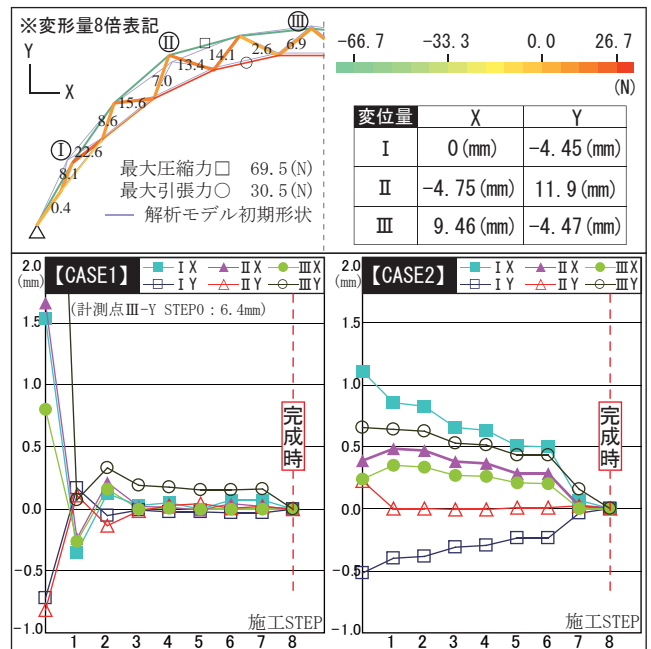


Fig.5 Deformation Diagram and Stress Contour

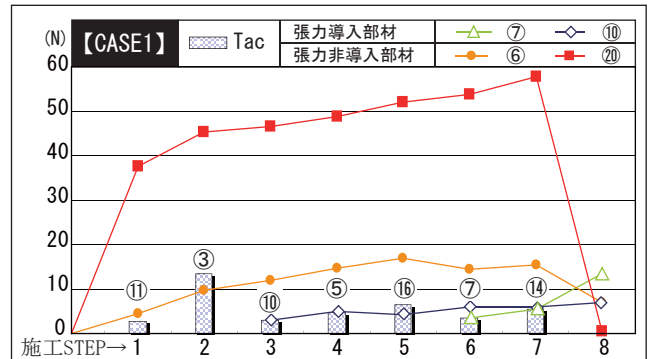


Fig.6 Cable Tension of CASE1

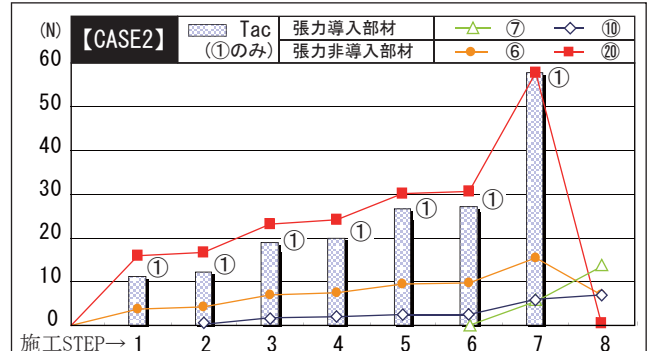


Fig.7 Cable Tension of CASE2