

B-2

プレストレスト・ビーズ・ストリング (PBS) 構造の三次元曲面への適用に関する研究
 - 等分布载荷時の座屈挙動に関する実験的検討 -

Study on Application of Prestressed Beads-on-String Structure to Three-Dimensional Curved Surface
 - Experimental Study on Buckling Behavior under Uniformly Distributed Load -

○東駿介³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造², 宮内隼³

*Azuma Shunsuke³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi², Jun Miyauchi³

Abstract : Prestressed Beads-on-String (PBS) structure is the structure composed of introducing prestress to discrete members spread all over which is integrated by strings. This study, the applicability of the PBS structure using spherical to the three-dimensional curved surface was examined. In this paper, the buckling and the post-buckling behavior under uniformly distribute load were evaluated experimentally.

1. はじめに

本論で対象とするプレストレスト・ビーズ・ストリング (以下PBS) 構造は, ビーズにストリングを貫通させたネックレス状の架構から構成される. ストリングへの張力導入により, ビーズ相互の密着と共に断面2次モーメントが発生し, 圧縮や曲げに対する抵抗性能が生じる. これにより逆転吊形状のアーチが形成可能となる (Fig.1).

PBS構造は以下の特徴を有する.

- 1) 形状を球形から矩形に置換が可能である (Fig.2).
- 2) 曲面形成手法の内, 代表的なプリベンディングによる形成手法 (Fig.3) は, 曲げ応力が過大となるが, PBS構造では曲面形成時の発生応力は小さく抑えられる.
- 3) 運搬性と施工性に優れ, 繰り返し使用も可能であるため, 仮設建築としての適用が期待できる.

1) の利点を用いた矩形断面は, 既報^[1]により下側に引張が働く曲げモーメントに対して, 構造性能が著しく低下する問題が報告されている (Fig.4). 一方, 球形断面は正負の曲げモーメントに対し同様の抵抗を示すことから, 安定した構造性能を発揮すると考えられ, 既報^[2]により座屈性状, 大変形挙動が把握されている. しかし, 矩形断面と球形断面ともに平面アーチにおける検討のみ行われており, 三次元形態にPBS構造を適用した際の構造性能に関する知見は得られていない.

本研究では球体を用いた三次元曲面のPBS構造の実用化を目指し検討を行う. 本論では, 既報と同様のアーチ形状を用いた格子状シェルの実験により, 座屈耐力, 座屈後の大変形挙動, 等について検討する.

2. 曲げモーメントに対する抵抗メカニズム

PBS構造の曲げモーメントと部材間の角度変化 ($\Delta\theta$) の関係をFig.5に示す. 球形断面は, 正負の曲げモーメントに対し, 引張材 (ケーブル) が引張力を, 球材が圧縮力を負担することで抵抗する. また, 変形に伴い接触点が移動することで曲げ剛性が増加する性質を有する.

3. 等分布载荷による実験的検討

3-1. 実験概要

本構造の座屈耐力と大変形挙動の把握を目的として, 木球 (直径30mm) に引張材 (ケーブルφ1mm) を通した格子状シェルを対象とした等分布载荷実験を行った.



Fig.1 Conceptual Model of PBS Fig.3 Example of Pre-bending Structure

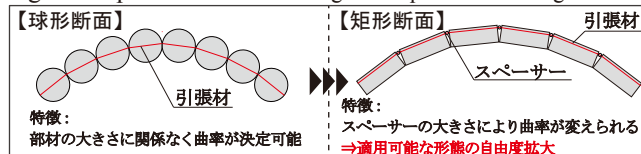


Fig.2 Spherical and Rectangular Cross-section

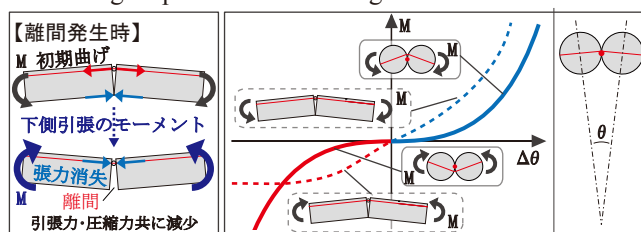


Fig.4 Mechanism of Separation Fig.5 Bending Moment-Angular Variation between Members Relations

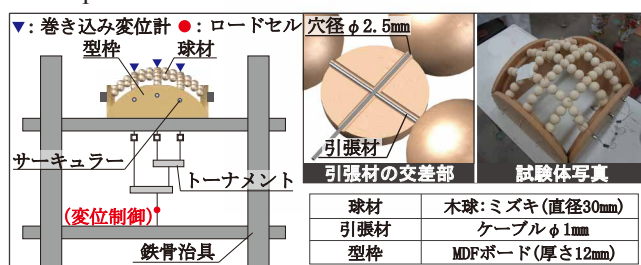


Fig.6 Outline of Experiment

た (Fig.6). 引張材に導入する張力は, 辺支持を想定した型枠 (MDFボード) の外側から引張材に錘を吊るし, サーキュラーによってクランプする方法を1箇所ずつ行った. また, 载荷は等分布载荷を想定したトーナメント式とし, 変位制御で大変形に至るまで試験を行った. また, 測定点は試験体により適宜, 9点となるよう

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・院 (前)・建築

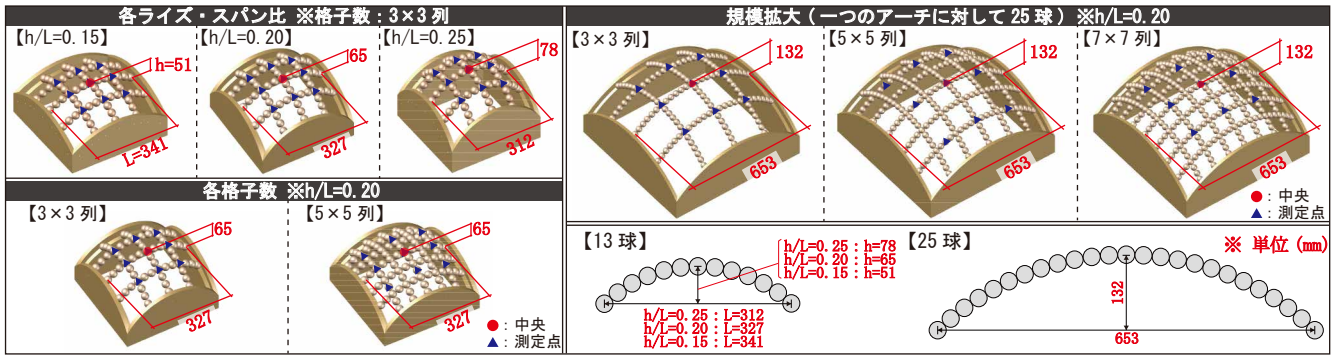


Fig.7 Parameters of Experiment

に設定した (Fig.7). 全試験体において, 1つのアーチに初期張力 (以下PS) 量を 50N, 100N で検討を行った.

3-2. 実験結果及び考察

3-2-1. ライズ・スパン比による検討

Fig.8に総荷重と中央鉛直変位の関係を, ライズ・スパン比 (以下 h/L) をパラメータにして示す. すべての h/L において, PS量の増加に伴い座屈耐力の向上が確認された. また, $h/L=0.2$ と 0.25 の座屈荷重はほぼ同等の値を示した. $h/L=0.2$ のPS100Nの総荷重と各点鉛直変位関係の結果をFig.9に示す. 座屈後の大変形域において剛性の向上が確認され, 架構全体の反転には至らなかった. このことはFig.10に示す変形モード図より, 大変形時に非対称の座屈モードを示していることから確認できる.

3-2-2. 格子数による検討

Fig.11に総荷重と中央鉛直変位の関係を, 格子数をパラメータにして示す. 格子間隔を密にするほど, 座屈耐力が大きくなることが確認された. これは格子数の増加に伴い, 部材間の角度変化が拘束されたためと考えられる. 5×5 列のモデルも同様に, 座屈後に剛性の向上が確認され, 架構全体の崩壊には至らなかった. Fig.12に各パラメータの座屈荷重を示す. h/L の増加に伴い, 座屈耐力が向上するが, 格子間隔を密にした方が座屈荷重の増加の割合が大きくなる結果となった.

3-2-3. 規模拡大による検討

1つのアーチに25球を用いた拡大規模の実験により得られた総荷重と中央鉛直変位の関係をFig.13に, 格子間隔が 5×5 列のPS100Nの総荷重と各点鉛直変位関係をFig.14に示す. 格子間隔を密にするほど, 座屈耐力の向上が確認された. 規模を拡大したモデルにおいても, 座屈後に剛性が向上し, 架構全体の崩壊は見られなかった.

4. まとめと今後の検討

本論では三次元曲面のPBS構造において, 実験により座屈性状や大変形域における剛性の向上等の基本的性状を把握した. 今後の検討として, 本構造の実用化に向けて, 解析モデルの構築, 設計手法の確立, 等が挙げられる.

【参考文献】

- [1] 小俣智司, 岡田章, 宮里直也, 廣石秀造, 「PBS構造の基本的構造特性に関する研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), pp771-774, 2014. 9
- [2] 堤南平, 岡田章, 宮里直也, 廣石秀造, 「プレストレスト・ビーズ・ストリング (PBS) 構造の基本的構造特性に関する研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp793-796, 2015. 9

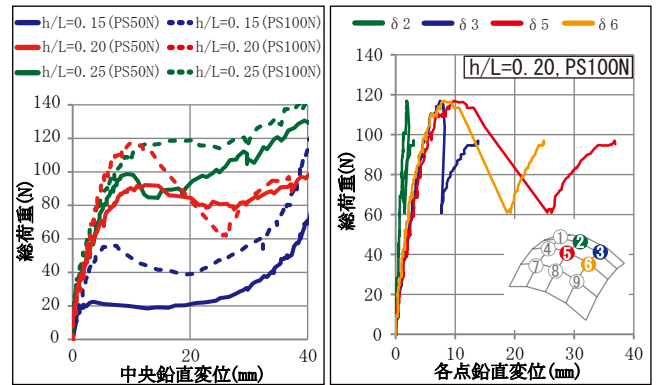


Fig.8 Load-Central Vertical Displacement Relations Fig.9 Load-Each Point Vertical Displacement Relations

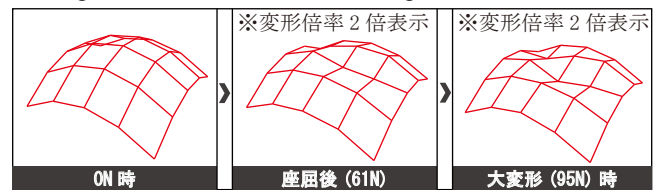


Fig.10 Deformation Mode ($h/L=0.20$, PS100N)

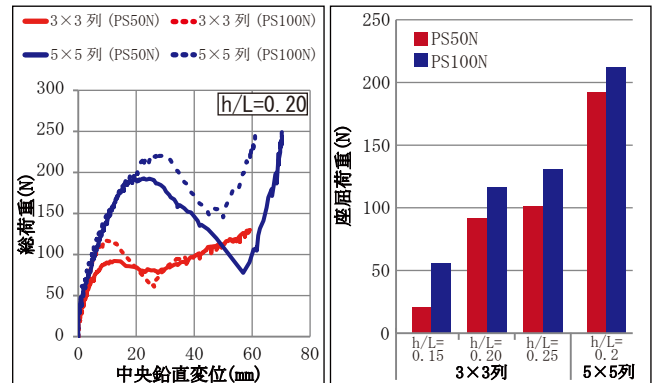


Fig.11 Load-Central Vertical Displacement Relations Fig.12 Comparison of Buckling Load

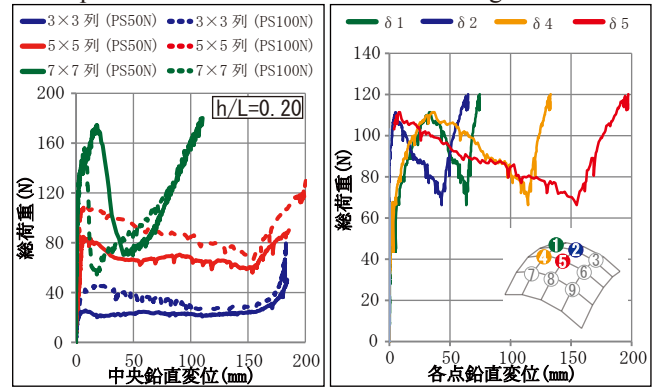


Fig.13 Load-Central Vertical Displacement Relations Fig.14 Load-Each Point Vertical Displacement Relations