# B-14

# カーボンナノチューブ型分子構造を有する骨組架構の構造特性に関する基礎的研究

Basic Study on Structual Property of Carbon Nanotube Skeleton Shaped Structure

○菱木晶士<sup>3</sup>, 岡田章<sup>1</sup>, 宮里直也<sup>1</sup>, 廣石秀造<sup>2</sup>, 星野侑史<sup>3</sup> \*Masashi Hishiki<sup>3</sup>, Akira Okada<sup>1</sup>, Naoya Miyasato<sup>1</sup>, Shuzo Hiroishi<sup>2</sup>, Yuji Hoshino<sup>3</sup>

Abstract :In this paper, the authers focused on the carbon nanotube shaped structure as one of the shape of hollow structure. The carbon nanotube has a very high tensile strength, great deformation capacity and light weight. The purpose of this paper is understanding of the basic structural characteristics of building structural members particularly such as pillars. From that viewpoint, the authors performed experimental and numerical study.

### 1.はじめに

近年,比較的大口径な中空形状の鉛直支持部材を 有する建物が見られる(Fig.1).中空構造で知られて いる代表的な形状の1つとしてカーボンナノチューブ 型分子構造がある(Fig.2).カーボンナノチューブ は,非常に高い引張強度を有し,変形性能に優れ軽 量であることが知られている.

以上を踏まえ、本論ではカーボンナノチューブ型 分子構造の建築構造部材、特に柱材への適用を目指 し、基本的構造特性の把握を目的として実験及び数 値解析により検討を行う.

### 2. 鉛直載荷実験

### 2-1. 実験概要

カーボンナノチューブ型分子構造を構成する格子部 材の長さが及ぼす影響の把握を目的として鉛直載荷実 験を行った.実験概要をFig.3に示す.試験体は厚さ 0.5mmの厚紙をレーザーカッターにより部材幅2mmとな るように加工した後,ロール成形し接着剤により一辺を 重ね合わせるように接合することで作成した.六角形 格子の一辺の部材長5mm,10mm,15mmの計3ケースについ て3体ずつ実験を行った.また,試験体の柱脚部と柱頭 部に厚さ15mmの円柱状の木材を挿入することで両端の 断面の形状変化を拘束している.載荷は試験体上部に 取り付けたスライド板を錘により引き込むことで,試験 体頂部に鉛直下向きの圧縮力を加えた.鉛直変位の測 定は,スライド板上面に取り付けた巻き込み変位計を 用いて行い,スライド板の中心の変位を測定した.な お,載荷は試験体に個材座屈が生じるまで行った.

#### 2-2.実験結果及び考察

各試験体の荷重-変位関係(試験体ケースごとの平 均)をFig.4に,部材長の違いによる等価軸剛性の比 較をFig.5に示す.なお,ここで軸方向の剛性を荷重-



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

鉛直変位関係の原点と第一勾配を結ぶ近似線で表し た際の傾きより算出した.実験結果より部材長が短く なるにつれ,座屈耐力・等価軸剛性ともに向上する 傾向が確認された. Q=15mmに対する等価軸剛性の比 はQ=10mm時に17.5, Q=5mm時に46.25となっている. 一 方,初期の高さの微小の差を無視すると等価軸剛性 の1/0に比例するという理論値(トラス)は1.5,3であ り、部材長の縮小に伴う剛性増加の実験値は理論値 より大きくなっている.また,等価軸剛性を試験体重 量で割ることで、重量比による比較を行うと部材長Q =5mmで2.47N/mm・g, l=10mmで1.75N/mm・g, l=15mmで 0.14N/mm・gとなり、部材長さが短い方が大きな値と なった.

#### 3. 数值解析的検討

### 3-1. 初期形状形成モデルの概要

本モデルは, 鉛直載荷時に部材交点に曲げモーメ ントが発生する. ここでは、曲げモーメントの低減 を目的として、カーボンナノチューブ型分子構造を テンション材に置換し,鉛直方向に強制変位Δhを与 えることで軸力が支配的となる初期形状を求めた. その後、このモデルを対象として、鉛直載荷を行 い,座屈性状の変化を検討した.初期形状形成モデ ルの解析概要をFig.6に示す.形状形成前のモデルの 規模は2章の鉛直載荷実験の格子長さ10mmのモデルを 10倍にした高さ(h)3300mm,径(D)330mmとした.形状 形成モデルは,柱頭・柱脚端部のフープをBeam要素の 剛体(EI=∞)とし、テンション材(ケーブル)は非抗圧 性を考慮したTruss要素とした.

## 3-2. 弧長増分解析概要

前節で作成した形状を対象とし、さらに部材節点を 剛接合に変換したモデルを用いて幾何学的非線形と 材料非線形を考慮した弧長増分解析を行った. 弧長 増分解析概要をFig.7に示す.対象モデルは形状形成 時の強制変位量をΔh=0, 1/30h, 1/10h, 1/6hの4種類 とした. 柱頭部・柱脚端部のフープは初期形状形成モ デルと同様に剛体(EI=∞)とした.数値解析モデルは Beam要素で構成し、初期不整は座屈固有値解析結果 に基づいた1次の座屈モード(Fig.8)を形状不整として 与え,最大不整量はモデル高さhの1/1000とした.

### 3-3. 弧長増分解析結果及び考察

弧長増分解析結果の荷重-変位関係関係をFig.9に, 強制変位量によるばね定数の比較をFig. 10に、 $\Delta$ h=0、 1/6hの座屈時の軸力図をFig.11にそれぞれ示す.

強制変位量Δhに関わらず全てのケースでモデル全 体が座屈する座屈性状を示した.また、モデルの強制 変位量Δhが大きくなるにつれて座屈耐力・等価軸剛 性が向上する傾向が確認された. Fig. 11より強制変位 量が大きなモデルほど座屈時の最大軸力が大きな値 となった.これは、モデルに強制変位を与えることで 斜め材の傾きが大きくなることが原因と考えられる.

構造諸元・材料諸元 —————		
【構造諸元】	高さ h	3300[mm]
	径D	330[mm]
	断面積	4.29[mm <sup>2</sup> ]
【部材構成】	I.SS400(Beam 要素)	
	ヤング係数 E	205000[N/mm <sup>2</sup> ]
	ポアソン比ν	0.3
	Ⅱ.SUS ロープφ3(Truss 要素 )	
	ヤング係数 E	157000[N/mm <sup>2</sup> ]
【パラメータ】	強制変位量	1/30h,1/10h,1/6h
【境界条件】	両端固定	

構造諸元・材料諸元

高さ h

径D

部材断面

部材交点

両端固定

ポアソン比ッ 0.3

【構造諸元】

【部材構成】

【境界条件】

∆h=0

350

250

100-

50

0

152 150-

뵄 200

![](_page_1_Figure_11.jpeg)

![](_page_1_Figure_12.jpeg)

#### 4.まとめ

本論では、実験及び数値解析的検討によりカーボン ナノチューブの分子構造を有する骨組について基本 的構造特性の把握を行った. 今後は水平荷重に対す る性状の把握などより詳細な検討を行う予定である. 【参考文献】

[1]HTA 研究会:「HONEYCOMB TUBE ARCHITECTURE- ハニカ ムチューブの建築」,初版第1刷,2008.1.25