画像計測技術による面外たわみ量を用いた角形鋼管の圧縮耐荷力予測

熊本大学大学院 正会員 (株)栄泉測量設計

1. 緒言

本研究は、鋼構造物の面外たわみに着目した耐荷力予測に 関する基礎的研究の一環として位置付けている. 無補剛箱形 断面鋼管(以下,供試体)の圧縮実験結果と画像計測により得ら れた供試体表面の初期状態を組み込んだ有限要素法(以下, FEM)適用モデルに対し、圧縮実験と同様な変位制御による 載荷を解析上で行い、得られた結果を比較する. また、得ら れた結果を元に、画像計測から得られた供試体表面の情報を 解析モデルに組み込む手法の適用性について考察する.

2. 実験の概要

2-1 構造諸元および材料特性

実験に用いる供試体の構造諸元を図2 および表1 に示す. 再現解析に必要な材料特性を得るべく、図-1に示すような供 試体のシーム面を除く3面から引張試験片を作成し、引張試 験を行った. 計測により得られた応力・ひずみ関係をもとに, 平均して求めた材料特性は、表-2に示すとおりである.これ らの結果を FEM 解析モデルに導入した.

2-2 供試体の画像計測

供試体の面外形状を画像計測により捉えるべく、図-3(a),(b) に示すような位置に設置したデジタルカメラにより、供試体 表面を様々な方向から、均等かつ死角を作らぬよう、くまな



図-1 供試体風景

<u>我</u> -1 庆日	以下古し
材料名	STKR400

/╫╤╪/╁╤╪╤

H-IIII	DIII(100
B(mm)	150
D(mm)	150
h (mm)	225
t (mm)	3.2
断面積	1952
$A (\mathrm{mm}^2)$	1855

		>	€ t		D	
				B		/
a)	側面図		(b)	断面图	X	
	図-2 供言	, †4	休概	会図		

表-2 材料特性

降伏応力 (MPa)	286.3
引張強度 (MPa)	461.8
ヤング率 (GPa)	203
ポアソン比	0.31

熊本大学大学院 学生会員 〇牛塚悠太 熊本大学大学院 正会員 葛西 昭 上田 誠 熊本大学大学院 学生会員 神代悠平 江山栄一







(a) 三次元画像計測モデル (b) FEM モデル 図-4 FEM 解析モデルの作成

く撮影を行う.

2-3 予測解析とその検証

本研究では 2 パターンの モデルについて,予測解析を 行う.一つは設計時の予測解 析などに用いられるような 面外たわみを有するモデル で, sin 波の半波長形状でそ



図-5 圧縮実験風景

の最大値を B /150(Bは断面幅)としたものである. もう一つ は三次元画像計測手法 1), 2)から得られる面外たわみを有する モデルである.供試体を三次元画像計測手法によりモデル化 すると図-4(a)のように点の集合で表される. この点群データ にメッシュ生成手法 3を適用することで図-4(b)のように供試 体の面外形状を再現した FEM モデルの作成できる. メッシ ュ生成法は、点群データを適切に処理することによりシェル 要素でのモデル化を実現しており、解析時間の短縮を図って いる. 詳細は文献 3)を参照されたい.

この2つのモデルを用いて純圧縮解析を行い、耐荷力の予 測値を得る.一方で、図-5のように圧縮実験を行い、そこで 得られた実測値と予測値を比較し予測解析の精度検証を行う.

キーワード 三次元画像計測技術,面外たわみ,耐荷力予測 連絡先 〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2 丁目 39-1 TEL096-342-3579

土木学会第71回年次学術講演会(平成28年9月)



結果の比較と考察

図・6に示すグラフは2章の2・3に記載した予測解析の結果 と実測結果を荷重-変位曲線で表したものである.また、表 ・3は図・6に対応しており、ピーク耐荷力及びその時の変形量 の、実測値と予測値との差を示している.

3-1 実測たわみによる耐荷力及び変形能予測

実測たわみを用いた予測解析結果について考察を行う. 図 -6(a)のグラフは載荷未経験の供試体に対し、塑性変形が起こ るような載荷を行った際の挙動の予測結果と実測結果を比較 したものである. このときの実測たわみによる予測結果のず れは1.6%と予測の精度として良好である.また、図-6(b)、図 -6(c)はそれぞれ, 0.25mm, 0.50mm の微小な鉛直変位を与 え除荷した後、塑性化するような荷重を受ける際の供試体の 挙動の予測結果と実験結果を比較したものである. このとき の耐荷力のずれはそれぞれ 5.1%, 5.6%と図-6(a)に示した初 期状態の供試体の予測結果よりも大きくなり、予測精度が落 ちる. 本解析はすべて載荷未経験の供試体の材料特性および 残留応力分布を参考に行っているが、載荷後の供試体の応力 分布は変化するためそこで生じたずれがこの原因である. な お、変形能の予測のずれについても同表に記しており、こち らは、耐荷力とは異なり、初期載荷の鉛直変位量に関わらず 約19%と一定である.実験結果を見ると、すべて塑性化が起 こる前で荷重一変位曲線の傾きに変化がみられるが、解析結 果では上記が確認されない. これは供試体の残留応力が局所 的に変化していることに起因しており,残留応力分布をさら に忠実に再現すれば解析上でも同じ結果になると予想される.

3-2 想定たわみによる耐荷力及び変形能予測

3-1 同様に sin 波の半波長で想定した面外たわみによる予 測解析による耐荷力予測値と実測値のずれは、いずれも 10%



図-7 大きな面外たわみを持つ供試体の耐荷力予測

を超えており,残存耐荷力検討にあたっては信頼性に欠ける. 変形能予測値の実測値とのずれはすべて,実測値より小さい 値を示しているが,今回の検討では変形能のずれについて関 連性は読み取れない.耐荷力についても sin 波形の面外たわ みによる耐荷力低下への影響が実測たわみよりも大きいこと がこの結果につながったが,今後さらに供試体の数や解析の 数を増やし他の場合でも同じ結果が得られるか確認する.

3-3 塑性変形した供試体の耐荷力予測

図 7-(a)に示すのは、塑性変形した供試体のモデルであり、 同図(b)に示す荷重-変位曲線は、その供試体の純圧縮解析結 果と実験結果である. この供試体は約 1.3mm の鉛直変位量 を与えたのち除荷したものである. このときの耐荷力のずれ は17%と大きく、予測精度は大幅に落ちることが確認された. 参考文献

- CARLO TOMASI, TAKEO KANADE : Shape and Motion from Image Streams under Orthography:a Factorization Method, International Journal of Computer Vision, 9:2, 137-154, pp.1-18, 1992.
- 2) 葛西昭,牛塚悠太,上田誠,江山栄一:画像計測によっ て得られた初期たわみを用いた角形鋼管の圧縮耐荷力予 測,第19回土木学会応用力学シンポジウム講演概要集 (掲載予定),2016.

実測値とのずれ	(a) 載荷未経験の供試体		(b) 0.25mm圧縮し除荷した供試体		(c) 0.5mm圧縮し除荷した供試体	
(%)	耐荷力(kN)	変位 量(mm)	耐荷力(kN)	変位量(mm)	耐荷力(kN)	変位量(mm)
実測たわみ	1.6	19.5	5.1	19.2	5.6	18.7
想定たわみ	12.5	10.6	16.9	0.3	16.7	1.6

表-3 実測たわみおよび想定たわみによる予測解析結果の実測値とのずれ