

角形鋼管の圧縮挙動と面外たわみの関係性

熊本大学大学院 学生会員 ○神代悠平 熊本大学大学院 正会員 葛西 昭
熊本大学 非会員 戸田善統 熊本大学 学生会員 牛塚悠太
(株) 栄泉測量設計 非会員 江山栄一

1. 緒言

20 年前に発生した 1995 年兵庫県南部地震では、鋼構造物に甚大なる被害が生じた¹⁾。これを契機に、土木鋼構造物に対する耐震設計法の高精度化について急速に研究が進んだ。特に、鋼製橋脚に対しては、目覚ましく進展し、近年、移行が叫ばれている性能照査型設計法を確立するための準備が完了しつつある。だが、これらの研究は、鋼構造物の設計段階においての研究であり、地震後の使用性については言及されているが明確な根拠の元で確立されているとは言い難い。現在、鋼構造物の使用性の照査法として、ひずみ照査法や変位照査法などが挙げられる。しかしこれらの照査法では、地震発生直後の使用性を即座に判断することはできない。性能照査型設計法では、終局限界状態を設定し、例えば橋の供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つような地震動に対しては、橋脚の一部が塑性域に達することを許しているため、その後発生する余震に対し耐えうるかどうかの判断ができない。特に都市域の高架橋の場合、物資輸送などの重要路線となる可能性が高いだけに、緊急利用に対して耐震性能を瞬時に判断することまで含めた検討は、きわめて重要度の高い検討と言える。つまり、地震後早急に、鋼構造物の残存耐荷力を測定する方法の確立が必要となる。

鋼製橋脚の特徴として、地震時は断面変化部や基部の板パネルに面外たわみが生じ易く、この面外たわみは現場での計測が比較的容易な項目である。そこで、この面外たわみに着目し、面外たわみ量の簡易的測定を行うことで、早急に当該部材の強度と変形能を推定する方法を検討することは極めて重要である。

そこで、本研究は、面外たわみの計測方法について

て明らかにするために実験的な研究を行った。本実験では画像計測に着目し、画像計測により得られたデータを元に三次元モデルを作成し、解析によって面外たわみ量の測定を行った。そのために、無補剛箱形断面を有する正方形鋼管に段階的に載荷と除荷を行った。その都度、画像計測によるデータの採集を行い、微小な面外たわみの計測を試みた。

2. 供試体

本研究では、基礎的な研究として無補剛箱形断面を有する正方形鋼管を用意した。以下表 1 に構造諸元を示す。

3. 鋼管載荷実験

供試体の圧縮実験を行った。その諸元を表 1 に示す。実験にはアムスラー型試験機を使用し、載荷は変位制御で行った。1 回目 0.25mm→除荷→2 回目 1mm→除荷→3 回目 1mm→除荷→4 回目 1mm のように載荷と除荷を繰り返し行った。

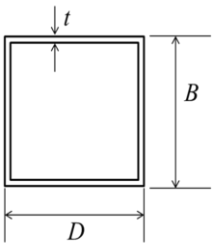
4. 画像計測

供試体表面の初期状態を得るべく、画像計測を行う。撮影にあたっては、文献 2)により、なるべく客観的に撮影する方法をとった。その撮影位置を概略、図 1、図 2 に示す。用いたカメラとレンズの性能は表 2 に示す。なお、デジタルカメラにて撮影したデータを元に、Agisoft 社の PhotoScan³⁾にて点群データを作成した。

表 2 使用したカメラおよびレンズ

カメラ	
製品名	D750
形式	レンズ交換式一眼レフ レックスタイプデジタルカメラ
有効画素数	2432 万画素
画質モード	RAW12 ビット/14 ビット (ロスレス圧縮、圧縮)
レンズ	
製品名	AI AF Micro-Nikkor 60mm f/2.8D
最短撮影距離	0.219m
最大撮影倍率	1.00 倍
大きさ	約 70mm (最大径) ×74.5mm

表 1 供試体寸法



鋼種	STKR400
B (mm)	150
D (mm)	150
t (mm)	3.2
断面積 A (mm ²)	1853

図 1 供試体断面

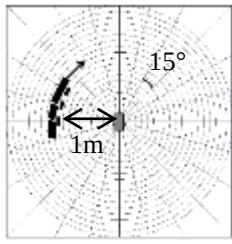


図2 画像計測1

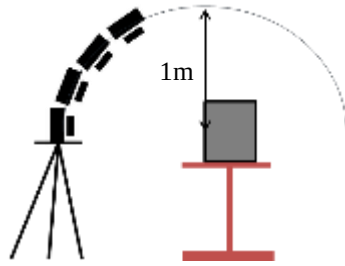


図3 画像計測2

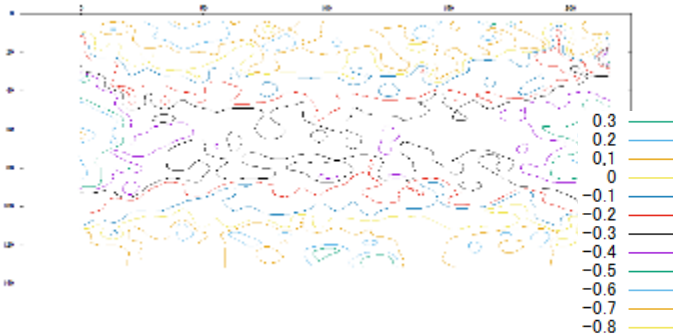


図4 載荷前-等高線プロット

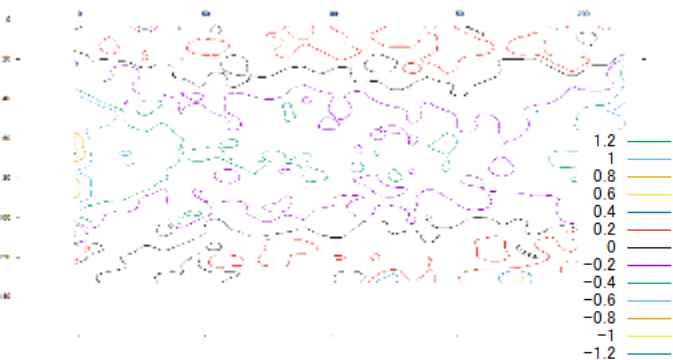


図5 載荷1回目-等高線プロット

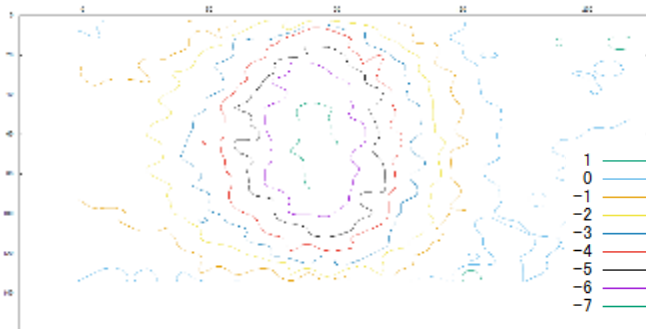


図6 載荷4回目-等高線プロット

6. 面外たわみ計測

得られた点群データより、構成される板における面外たわみ量を推定した。その結果を、図4~6にまとめる。なお、面外たわみを推定するには、基準面を必要とする。以下にその考え方の骨子をまとめる。

- 1) 構成板における基準点として4点を選択する。
ここでは、板端部に相当する点を4点選択した。
- 2) 4点には、点群データとして、複数のデータが

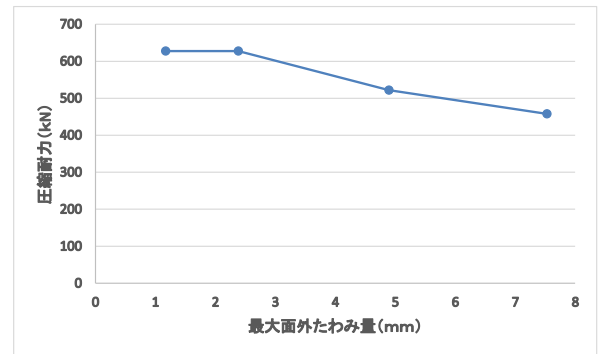


図7 圧縮耐力—最大面外たわみ量関係

存在する。そのデータを元に最小2乗法によって、基準面を推定する。

- 3) 基準面と各点群データとの距離を計算し、これを面外たわみ量とした。
- 4) 同時に、各点群データから基準面へ垂線を下ろし、その交点の座標も求めておく。

図4~6は以上の操作を行い、プロットしたものである。なお、これらの図は、横方向に供試体の高さ方向をとり、縦方向には断面の幅方向をとった。各線は、面外たわみ量の共通するところを結んだ、いわゆる等高線を示している。また、図4は載荷前、図5は先に述べた1回目0.25mm除荷後、図6は4回目除荷後である。また、座標は鋼管の左下を原点としている。結果から、載荷前の初期状態でも微小ながら変形がみられる。これは鋼管を製作した際に、熱などの外力による残留応力が原因であると考えられる。また、図5を見ると図4の状態よりも微小ながら面外たわみが増大している。これも先に述べたように残留応力の影響と考えられる。図6に関しては、鋼管の下部に変形が集中していることが読み取れる。

最後に、最大面外たわみ量と角形鋼管の強度との関係性を確認するために図7を準備した。この図によると、ピークを迎えた後の最大面外たわみ量と強度との間には、線形の関係がみられる。まだ、実験成果に乏しく、詳細は当日発表することとする。

参考文献

- 1) 土木学会：阪神・淡路大震災における鋼構造物の震災の実態と分析，土木学会，271p.，1999.5.
- 2) 神代悠平：写真計測技術を用いた鋼部材の残存耐震性能評価に関する基礎的研究，熊本大学工学部社会環境工学科平成26年度卒業論文，2015.
- 3) Agisoft LLC：Photoscan Users Manual Professional Edition Version 1.0 2013