

## STK400 の応力 - ひずみ関係に関する実験的研究

早稲田大学 創造理工学部 ○稲森 大樹 J F Eシビル株式会社 尾添 仁志  
 早稲田大学大学院 創造理工学研究科 川井 健吾 早稲田大学 創造理工学部 小野 潔  
 長岡工業高等専門学校 宮寄 靖大 J F Eシビル株式会社 神田 恭太郎

### 1. はじめに

現在、多柱式ラーメン構造<sup>1)</sup>の橋脚に用いられる部材として、電縫鋼管がある。電縫鋼管は、土木分野における構造用鋼管として広く用いられており、他の鋼管と比べ経済性、生産性に優れ、寸法精度が高いといった特徴を有する。しかし、既往の研究<sup>2)</sup>によって鋼帯を連続的に巻き戻しながら成形ロールで円筒形に成形し、電気抵抗溶接で溶接するという製造過程において、塑性加工、溶接加工等の冷間成形加工の影響により複雑な材料特性を有することが明らかになっている。そのため、断面内で円周方向に応力 - ひずみ関係のばらつきがあると考えられる。他方、電縫鋼管の弾塑性挙動を把握する上では、解析的研究によるデータの蓄積が有効である。解析的研究において、断面内の各地点での応力 - ひずみ関係のばらつきを考慮して入力よりも鋼管全体の平均的な応力 - ひずみ関係を把握して使用の方が簡易的に行うことができる。そこで、本稿では STK400 を用いた電縫鋼管を対象とし、鋼管断面内で鋼管全体の平均的な応力 - ひずみ関係に最も近い挙動をする位置を把握することを目的に、STK400 の引張試験、短柱の一軸圧縮試験を実施した。

### 2. 引張試験

引張実験は、図-1 に示すような板厚 7mm、外径 216.3mm の電縫鋼管の円周上 8 か所から切り出した引張試験片を用いて行った。図-2 に引張試験片の寸法を示す。各試験片の両面中央部に塑性ひずみゲージを配置した。引張試験の载荷は、油圧式万能試験機を用いて行った。载荷速度は材料規格値の 0.2% 耐力の 1.03 倍までの範囲は 5MPa/sec、それ以降は 19mm/min で行った。表-1 に、引張試験結果を示す。図-3 に、各試験片の真応力 - 真ひずみ関係を示す。真応力、真ひずみの算出においては、以下の式 (1) を用いた。なお、T3 試験片については、測定データを取得できなかった。

$$\epsilon_t = \ln(\epsilon_n) \quad \sigma_t = \sigma_n(1 + \epsilon_n) \quad (1)$$

ここに、 $\epsilon_t$  : 真ひずみ,  $\epsilon_n$  : 公称ひずみ,  $\sigma_t$  : 真応力,  $\sigma_n$  : 公称応力

図-4 および表-1 より、溶接シーム線上である T1 試験片の応力 - ひずみ関係が他の位置から切り出した試験片よりも特に大きいことが分かる。その次に溶接シーム線から最も遠い T5 試験片の耐力が大きく、その他の試験片は大きな差がないことが分かる。

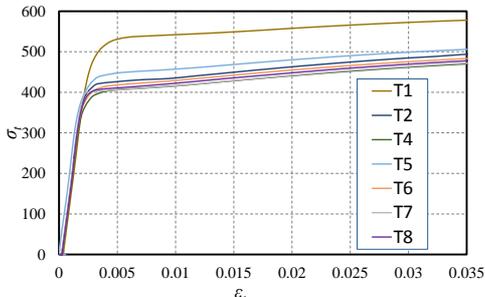
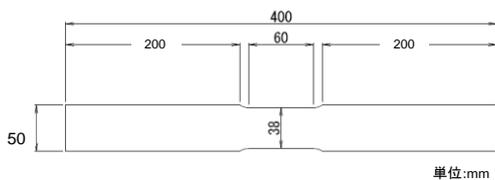
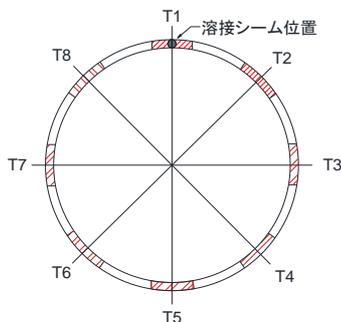


図-1 引張試験片取り出し位置

図-2 引張試験片

図-3 引張試験結果

キーワード 電縫鋼管, 応力 - ひずみ関係, 冷間成形加工, STK400

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 TEL 03-5286-3387

表-1 引張試験結果

| 試験片名 | 降伏応力 (MPa) | 引張強さ (MPa) | 一様伸び (%) | ヤング率 (MPa)         | 降伏比 (%) | 破断伸び (%) |
|------|------------|------------|----------|--------------------|---------|----------|
| T1   | 553        | 560        | 5.3      | $2.20 \times 10^5$ | 98.7    | 41       |
| T2   | 428        | 497        | 9.3      | $2.21 \times 10^5$ | 86.0    | 39       |
| T3   | -          | -          | -        | -                  | -       | -        |
| T4   | 409        | 474        | 11.1     | $2.12 \times 10^5$ | 86.3    | 35       |
| T5   | 445        | 499        | 7.5      | $2.15 \times 10^5$ | 89.3    | 33       |
| T6   | 426        | 482        | 9.3      | $2.21 \times 10^5$ | 88.5    | 31       |
| T7   | 416        | 476        | 10.5     | $2.18 \times 10^5$ | 87.4    | 29       |
| T8   | 418        | 480        | 10.1     | $2.16 \times 10^5$ | 87.1    | 27       |

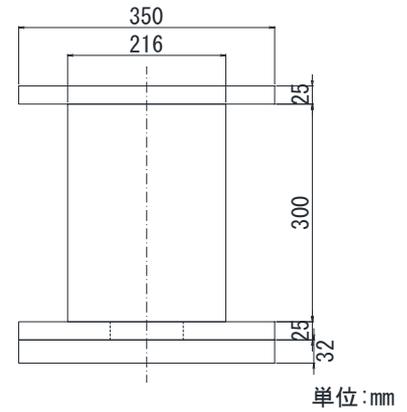


図-4 一軸圧縮試験供試体図

3. 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験は、図-4 に示すような STK400 を使用した板厚 7mm, 外径 216.3mm, 高さ 300mm の電縫鋼管短柱を使用した。4 個の変位計を用いて短柱の軸方向変位を測定した。一軸圧縮試験の载荷は、大型二軸構造物評価装置を用いて、载荷速度 0.005mm/sec で変位制御にて行った。図-5 に 4 個の変位計で測定した軸方向変位の平均値を真ひずみに換算した値と真応力の関係を示す。真ひずみ、真応力の換算においては、式 (1) に加え、以下の式 (2) を用いた。

$$\epsilon_n = \frac{\delta}{l_0} \quad \sigma_n = \frac{P}{A} \quad (2)$$

ここに、 $\delta$  : 軸方向変位,  $l_0$  : 供試体の初期長さ(300mm),  
 $P$  : 軸力,  $A$  : 断面積

図-6, 図-7 に、溶接シーム線上に位置する T1 試験片およびその反対側に位置する T5 試験片と、一軸圧縮試験結果の比較をそれぞれ示す。図-8 に、その他の試験片と一軸圧縮試験結果の比較を示す。図-6 より、T1 試験片の応力 - ひずみ関係が鋼管全体の平均的な応力 - ひずみ関係よりも大きいことが分かる。また、図-7, 図-8 を比較した結果、T5 試験片が一軸圧縮試験の結果に近い挙動をしていることが分かる。よって、今回の実験においては溶接シーム線から最も遠い断面が鋼管全体の平均的な応力 - ひずみ関係を表しているといえる。

4. まとめ

本稿では、STK400 を用いた電縫鋼管の応力 - ひずみ関係に関する実験的研究を行った。本稿の実験結果によれば、電縫鋼管の溶接シーム線上は応力 - ひずみ関係が大きくなり、溶接シーム線から最も離れた位置の応力 - ひずみ関係が鋼管全体の平均的な応力 - ひずみ関係に近い挙動を示すことが分かった。しかし、鋼管製造過程における成形方法によって異なる材料特性を持つことは考えられるため、今後、より多くの情報を蓄積していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 例えば、(株) J F E シビル株式会社 : メタルロード工法,  
<https://www.jfe-civil.com/infra/metalroad/index.html>.
- 2) 辻文三, 康海偉 : 電縫鋼管の材料特性, 日本建築学会論文報告集 第 440 号, pp.85-93, 1992.

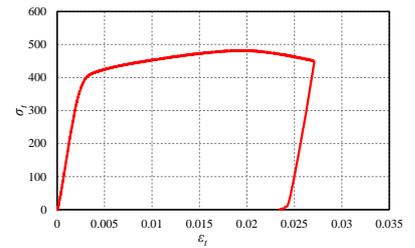


図-5 一軸圧縮試験結果

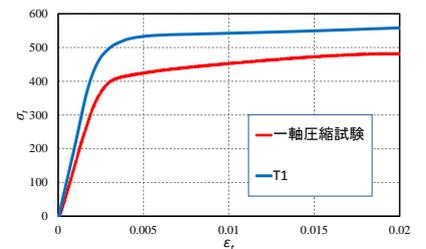


図-6 T1 試験片と一軸圧縮試験結果の比較

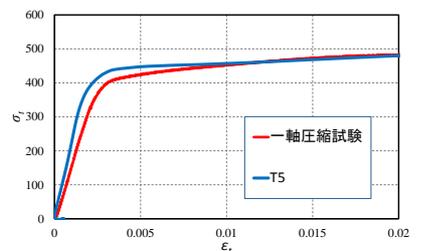


図-7 T5 試験片と一軸圧縮試験結果の比較

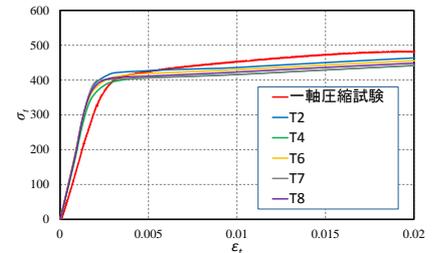


図-8 引張試験結果と一軸圧縮試験結果の比較