

第 I 部門

テーパー鋼板の残留応力に関する基礎的研究

京都大学工学部 学生員 ○小木 崇広
 京都大学工学研究科 正会員 杉浦 邦征
 京都大学工学研究科 正会員 鈴木 康夫
 川鉄橋梁鉄構株式会社 正会員 熊野 拓志

1. はじめに

近年、橋梁をはじめとした土木分野において、合理的・経済的な製作と構造物の長寿命化、メンテナンスコストのミニマム化が求められており、これらの要求を満たすべく様々な高機能鋼板が登場している。本研究では、その中で造船分野から導入され、近年土木で利用され始めた「テーパー鋼板」に着目した。テーパー鋼板は、作用断面力の変化に抵抗断面力の変化を近づけるために、板厚を直線的に変化させた厚鋼板であるが、今回は、未だ検討の必要性のあるテーパー鋼板の残留応力のデータを実験的に明らかにし、その分布性状を把握するとともに、残留応力が構造物に及ぼす影響を解析により定量的に評価した。

2. 実験概要

本研究においては、圧延製造された図 1 に示すような 1 枚のテーパー鋼板 (LP4) を用いて圧延による残留応力、溶接による残留応力を計測した。表 1 にはテーパー鋼板の引張試験結果を板厚ごとに示す。残留応力の計測手法としては、ゲージ周辺を小さな短冊状に切り出す応力緩和法を用い、ガス切断で棒状に切り出した後、ノコ切断により細分化した。まず、計測 1 として圧延製造直後のテーパー鋼板の長手方向 (圧延方向) の切断前、切断後の残留ひずみの解放値を求めることで圧延による残留応力分布を求めた。ゲージは 1line 当たり板幅方向に片面 20 枚、両面で 40 枚貼り、板厚 22mm を 1line、板厚 34mm を 2line、板厚 19mm を 1line の計 4line で 160 点分の計測を行った。次に、計測 2 として計測 1 と同じテーパー鋼板を用い、図 2 に示すような上下フランジの板厚を変化させた箱桁を溶接により作製し、計測 1 と同様に切断前後の残留ひずみの解放値を求めることにより溶接による残留応力分布を求めた。ゲージは箱桁下フランジ部の平均板厚 20.25mm 部に片面 20 枚、両面で 40 枚貼付した。

表 1 各板厚における引張試験結果

板厚 (mm)	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)
22	341.2	508.6	28
34	335	504.7	29.7
19	359.3	519.6	24.5

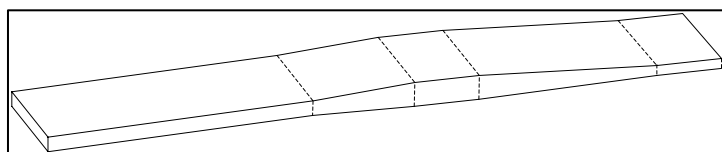


図 1 実験に用いたテーパー鋼板 (LP4) の概容



図 2 上下フランジにテーパーを有する箱桁

3. 実験結果および考察

3. 1 計測 1

計測 1 により得られた圧延による残留応力分布を図 3 に示す。図 3 において正值は引張を表す。図 3 より圧延によって鋼板端部に圧縮残留応力、中央部に引張残留応力が生じており、等厚鋼板と類似した残留応力分布となっていることが確認できた。板厚変化に着目すると、板厚が増加するにつれ端部に生じる圧縮残留応力が増加し、板厚が減少すると端部の圧縮残留応力は減少していた。中央部に生じる引張残留応力についても、圧縮残留応力ほど顕著ではないが板厚の増減に対して同様の傾向が確認できた。鋼板端部に生じていた最大圧縮残留応力は降伏応力比で 0.57 であった。

Takahiro KOGI, Kunimasa SUGIURA, Yasuo SUZUKI and Takusi KUMANO

3. 2 計測 2

計測 2 において、箱桁下フランジ部の溶接による残留応力分布を図 4 に示す。図 4 において正值は引張を表す。図 4 より箱桁外側においては等厚鋼板と同様にリブ、ウェブとの溶接部に引張残留応力が導入されていることが確認できたが、内側においては溶接部に引張残留応力が生じていることは、はっきりとは確認できなかった。これは、箱桁の外側と内側とでリブ、ウェブ、ダイヤフラムの有無など構造上の影響があったものと考えられる。最大引張残留応力は降伏応力比で 0.75 であった。

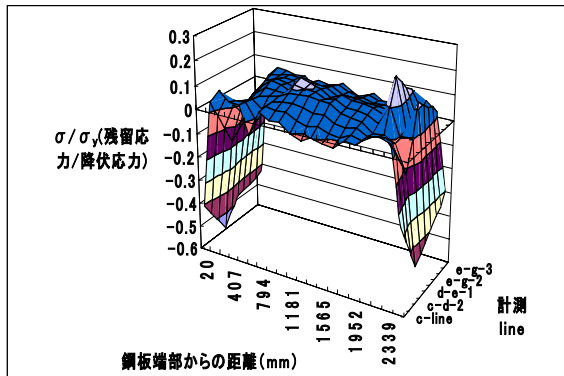


図 3 圧延による残留応力分布(計測 1)

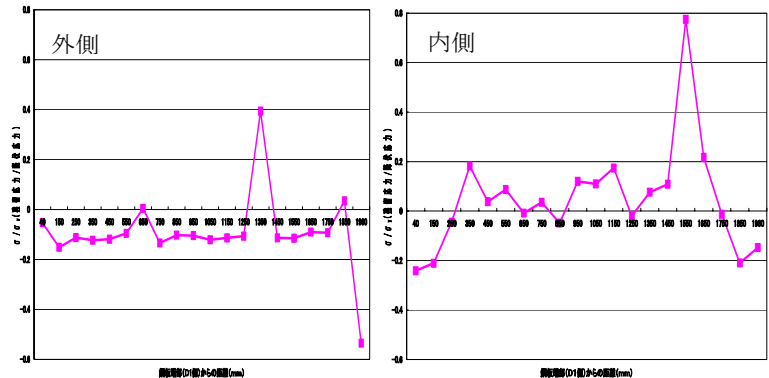


図 4 溶接による残留応力分布(計測 2)

4. 解析による考察

残留応力の影響を定量的に評価するために、汎用構造解析コード ABAQUS を用いて計測 2 で作製した箱桁を基にシェル要素で図 5 に示すような解析モデルを設定し、計測 2 で得られた残留応力分布を用いて、残留応力を考慮した場合、考慮しなかった場合におけるの極限強度の違いを弾塑性解析により求めた。結果は図 6 に示すように残留応力が極限強度に及ぼす影響は 3% 程度と認められた。

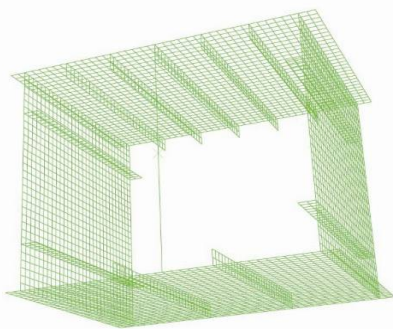


図 5 箱桁モデルの概容

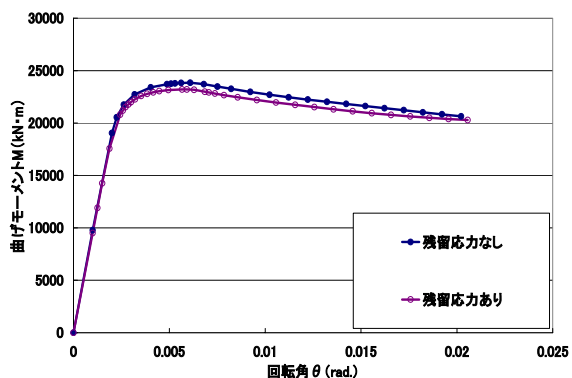


図 6 残留応力の影響 (M-θ 曲線)

5. 結論および今後の課題

テーパー鋼板において、圧延残留応力分布は等厚鋼板のものと同様に端部で圧縮、中央部で引張の残留応力を生じており、また、板厚が増加するにつれて生じる残留応力も大きくなっていることが確認された。一方、溶接残留応力分布は溶接部で引張残留応力が生じていることが確認されたが、リブ、ウェブ、ダイヤフラムの有無など構造上の影響も大きいと考えられる。圧延と溶接では溶接のほうが大きな残留応力を生じ、降伏応力比で 0.75 にも達していた。今後の課題としては、圧延および溶接による残留応力分布性状をより詳細に把握し、得られた残留応力データを用いて、解析により種々の構造物に対しての残留応力の影響を評価することが挙げられる。また、今回は鋼板表面での残留応力のみしか計測していないが、厚さ方向への残留応力についても検討する必要があると考えられる。

- 参考文献 1) 米沢茂：残留応力の発生と対策，養賢堂，1975. 8.
2) 土木学会：座屈設計ガイドライン，1987.