

テーパ鋼板の残留応力に関する基礎的研究

川鉄橋梁鉄構株式会社
宇都宮大学工学研究科
京都大学工学研究科

正会員 熊野 拓志
正会員 鈴木 康夫
正会員 大島 義信

京都大学工学部
京都大学工学研究科

学生員 小木 崇広
正会員 杉浦 邦征

1. はじめに

近年，社会資本の建設においては，建設コストの縮減や耐久性の向上，維持管理費の削減などが強く求められており，これら要求に対応するため種々の高機能鋼材が開発・実用化されている．高機能鋼材の1種であるテーパ鋼板（Longitudinally Profiled Steel plate，以下LP鋼板とする）は，圧延方向に連続的に板厚を変化させた鋼板であり，製作工数の低減や構造の簡素化を目的として鋼桁のフランジ材等への採用例が増加しつつある．ところで，厚鋼板および鋼構造物の初期不整として残留応力があり，等厚鋼板を対象とした研究事例¹⁻⁴⁾はあるものの，LP鋼板に関する研究はほとんどなされていない．そこで，本研究ではLP鋼板の圧延による残留応力と，それを用いて製作した鋼箱桁の溶接による残留応力の分布性状に関する基礎データを得ることを目的として実験を行った．

2. 実験概要

実験では，まず圧延により製造されたLP鋼板を用いて圧延による残留応力を計測し，次にこの鋼板を用いて箱桁を製作し溶接による残留応力を計測した．実験に供したLP鋼板は図1に示すような2方向テーパ部を有するLP4であり，中間支点付近への適用を想定し，最小板厚19mm，最大板厚34mm，板厚勾配7.06mm/mと急勾配の板厚構成とした．また材質はSM520Bであり，板厚別の引張試験結果は表1に示す通りである．

残留応力の計測手法は応力緩和法を用いることとし，ひずみゲージ貼付部を養生した上でガス切断により300mm×200mm程度の短冊状に切り出した後，ノコ切断により細分化し，ひずみ解放後に計測を行った．圧延による残留応力の計測（計測1）は，図1に示すように等厚区間および板厚変化区間の8横断ライン上における圧延方向（長手方向）および圧延直角方向で行った．また，1横断ライン当たりの計測ポイント数は，片面20箇所，両面40箇所とした．次に，同鋼板を用いて図2に示すような箱桁を製作し，計測1と同様に切断前後のひずみ解放値を計測することにより溶接による残留応力分布を求めた（計測2）．LP鋼板は箱桁の圧縮・引張フランジに用い，図2に示すように3横断ラインにおいて残留応力を計測した．

表1 LP鋼板の引張試験結果

板厚 (mm)	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	ポアソン 比
22	341.2	508.6	28.0	0.28
34	335.0	504.7	29.7	0.28
19	359.3	519.6	24.5	0.28

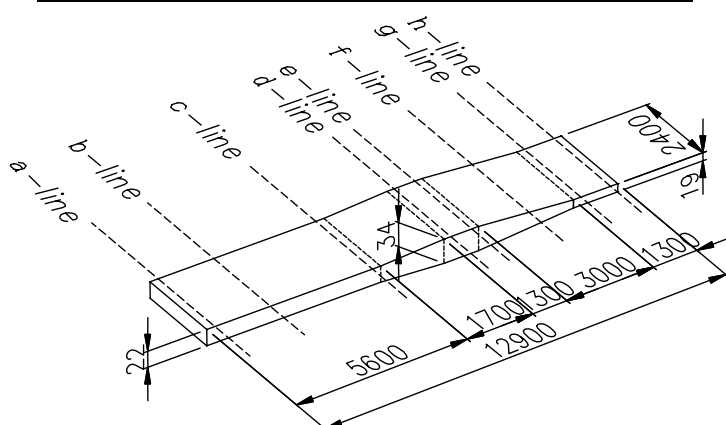


図1 テーパー鋼板(LP4)の模式図および計測位置

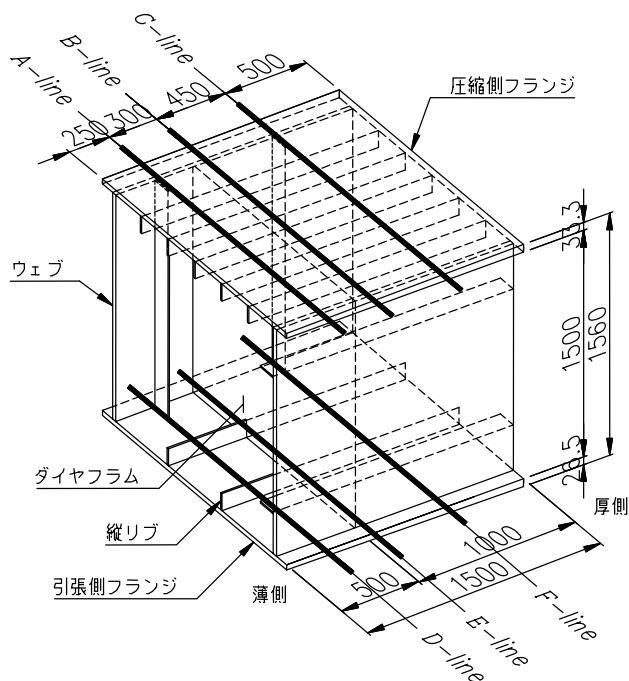


図2 フランジにLP鋼板を用いた箱桁の計測位置

キーワード テーパー鋼板，LP鋼板，残留応力，圧延，溶接

連絡先：〒111-0051 東京都台東区蔵前2丁目17番4号 TEL：03-5825-1757，FAX：03-5825-1697

3. 実験結果および考察

3.1 圧延による残留応力（計測1）

圧延による残留応力計測結果の一例として，最大板厚部(d-line, $t=34\text{mm}$)における圧延方向および直角方向の応力分布図を図3に示す．同図において正値は引張応力を表し，横軸は鋼板端部からの距離を示す．圧延方向応力については鋼板端部で $0.57\sigma_y$ の圧縮残留応力が，また中央部付近で $0.1\sigma_y$ 程度の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^{2), 3)}となっていることを確認した．各板厚における残留応力を図4に示す．縦軸は降伏応力により無次元化したものを示している．板厚が増加するにしたがい幅方向端部および中央部の残留応力絶対値が若干増加する傾向が認められた．

3.2 溶接による残留応力（計測2）

箱桁残留応力の計測結果の一例として，圧縮フランジ A-line($t=24.47\text{mm}$)における外面，内面の桁軸方向の残留応力分布を図5(a)に，またその平均，差分の分布を図5(b)に示す．切断施工上の制約により，ゲージ貼付位置は縦リブ中心線から 50mm としたため，溶接残留応力のピーク値は計測できなかったものの，既往の研究例⁴⁾と同様に溶接部近傍で引張残留応力が，また縦リブ間で圧縮の残留応力が発生していることを確認した．板幅中央付近のリブ間では加工前の引張残留応力状態から圧縮状態へ移行している．圧延，切断，溶接による残留応力の蓄積，解放メカニズムについては今後の課題である．また，ウェブ近傍では降伏応力比 0.67 に達する大きな引張残留応力を計測した．表裏の応力差は，縦リブやウェブによる変形拘束や鋼板厚などの影響によるものと思われる．

4. 結論および今後の課題

本研究では，LP 鋼板における圧延および溶接による残留応力分布性状について実験的検討を行った．その結果，残留応力は，板厚変化率が 7mm/m 程度の急勾配 LP 鋼板においても，等厚鋼板とほぼ同様の傾向にあることが確認できた．引き続き計測データの分析を行い，解析時に使用する残留応力荷重モデルを検討する予定である．また，板厚方向の残留応力分布性状については今後の検討課題である．

参考文献 1)米沢茂：残留応力の発生と対策，養賢堂，1975.8．
2)麻ら：初期圧延残留応力が溶接残留応力に及ぼす影響，溶接学会全国大会講演概要，第57集，1995.10．
3)谷ら：残留応力制御型 TMCP 鋼板の開発と有効性検証，神戸製鋼技報，Vol.52, No.1，2002.4．
4)土木学会：座屈設計ガイドライン，2005．

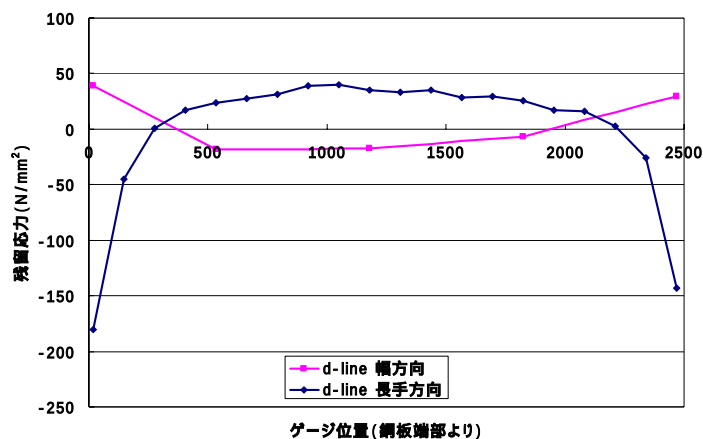


図3 圧延方向および幅方向の圧延残留応力分布(d-Line)

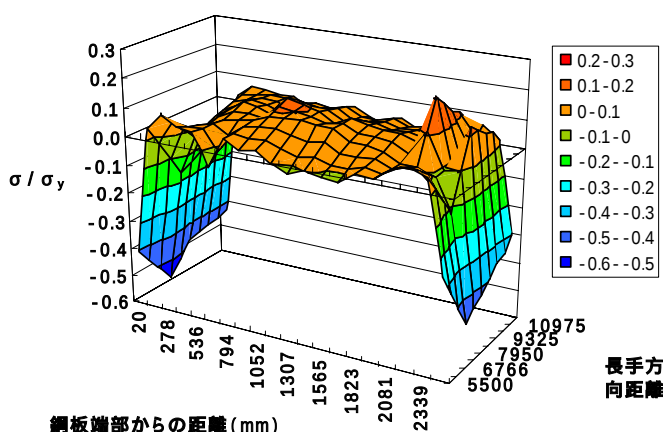
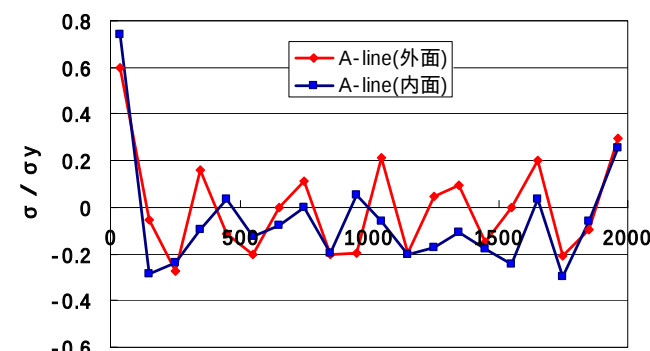
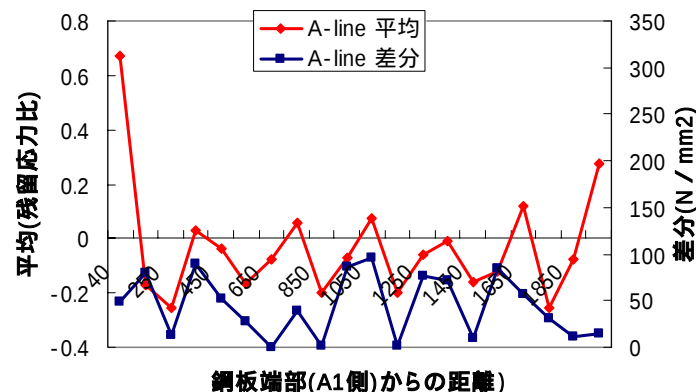


図4 各板厚の圧延残留応力分布



鋼板端部(A1側)からの距離

(a) 外面および内面の残留応力



鋼板端部(A1側)からの距離

(b) 平均および差分

図5 箱桁圧縮側フランジの桁軸方向残留応力分布