

## 第 I 部門 テーパー鋼板を用いた箱桁モデルへの残留応力の影響に関する解析的研究

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

## 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、近年土木分野でも利用されている「テーパー鋼板」<sup>1)</sup>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、その初期不整に関する詳細なデータはない。本研究では、実験的に得られたテーパー鋼板の溶接残留応力のデータを用いて、解析により残留応力が構造物の極限強度に及ぼす影響を定量的に評価することを目的とした。

## 2. 解析モデルの概要

本研究では、上・下フランジにそれぞれ板厚勾配の異なるテーパー鋼板を、ウェブ、ダイヤフラム、およびリブには等厚鋼板を使用し、図1に示す箱桁を製作した。製作した箱桁モデルの溶接残留応力のデータを図2、3に示す。残留応力の計測には応力緩和法<sup>2)</sup>を用いている。

解析には汎用構造解析コード ABAQUS<sup>3)</sup>を用い、低減積分4節点シェル要素 (S4R) により箱桁をモデル化した。解析モデルは溶接残留応力を計測した箱桁をもとに、上下フランジはそれぞれ部材軸方向にテーパー板厚が変化するように設定した。一方、ウェブにおいては等厚とした。解析ケース一覧を表1に示す。本解析では、上下フランジのリブの数を変え3ケースにおいて、それぞれ残留応力の影響を評価した。いずれのケースにおいても、左右ウェブには横リブを配置し、ダイヤフラムは省略した。また、分割は1要素が50mm×50mmを基本とした。箱桁モデルの要素分割状況の一例および軸の設定を図4に示す。境界条件は図中y、z方向の並進変位、x軸、z軸まわりの回転を固定した。荷重はy軸まわりに箱桁上フランジが圧縮応力を受けるように、強制回転角を与えることにより行った。初期不整として与える残留応力に関しては、各ケースにおいてそれぞれ考慮するものと考慮しないものの2つを考え、残留応力を考慮する場合は上下フランジのリブ本数に応じて、図2、3のデータを選択して上下フランジに与えた。なお初期たわみに関しては、本研究では考慮しないこととした。



図1 溶接残留応力データを採取した箱桁

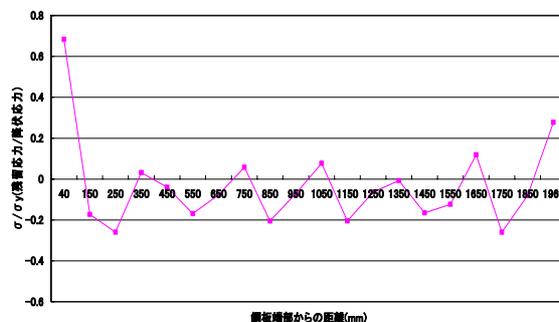


図2 リブ5本の部材の溶接残留応力分布

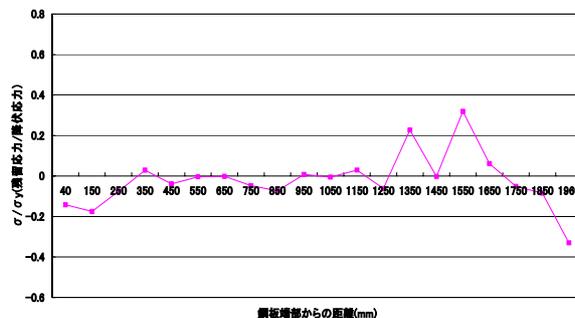


図3 リブ2本の部材の溶接残留応力分布

キーワード テーパー鋼板, 箱桁モデル, 溶接残留応力

連絡先 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 小木 崇広 TEL075-753-4791

表1 解析ケース一覧

	リブ本数(本)		残留応力データ
	上フランジ	下フランジ	
Case1	5	2	上フランジ:図2 下フランジ:図3
Case2	2	2	上フランジ:図3 下フランジ:図3
Case3	5	5	上フランジ:図2 下フランジ:図2

解析モデルにおいては、製作した箱桁と同じ SM490 相当の鋼材として設定し機械的性質も鋼材の引張試験により得られているデータを用いた。

### 3. 解析結果および考察

解析より得られた各々のケースにおける曲げモーメント  $M$  と回転角  $\theta$  の関係を図 5~7 に示す。いずれのケースにおいても残留応力を考慮した場合は考慮しなかった場合より極限強度が小さくなっており、残留応力の有無によって極限強度に Case1 では 2.41%，Case2 では 0.89%，Case3 では 2.72%の差が生じていた。以上より Case2, Case1, Case3 の順にリブ本数が多くなるにつれて残留応力の影響が大きくなっていることがわかる。これはリブ本数が多くなるほどリブの溶接残留応力の影響が無視できなくなるからであると考えられる。すなわち、リブが多くなるほど極限強度は大きくなり安全になると考えられるが、同時に残留応力の影響も大きくなるため極限強度の評価をより慎重に行う必要があると考えられる。

### 4. 結論および今後の課題

本研究では、テーパ部材を使用した構造物に対する溶接残留応力の影響を定量的に評価することを目的として、箱桁モデルを設定し、リブの本数により 3つのケースにおいて解析を行った。その結果いずれのケースにおいても残留応力を考慮した場合に、残留応力を考慮しないものよりも極限強度が小さくなっていることが確認でき、また、その影響を定量的に評価することができた。

今後は、より厳密に残留応力の影響を評価するために、溶接残留応力の基礎データを充実させること、また、箱桁以外の構造物についても解析により残留応力の影響を評価する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 海外文献紹介：LP プレートの橋梁への適用，橋梁と基礎，1989. 9.
- 2) 土木学会：座屈設計ガイドライン，1987.
- 3) Hibbit, Karlson & Sorensen, Inc. : ABAQUS/Standard User's Manual Volume I-III Version 6.3, 2002.

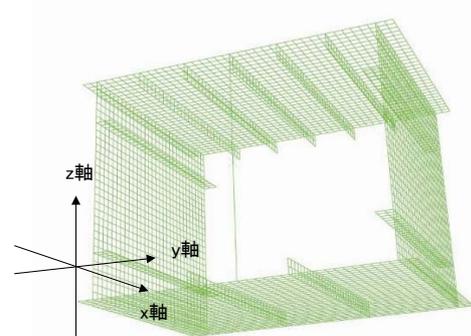
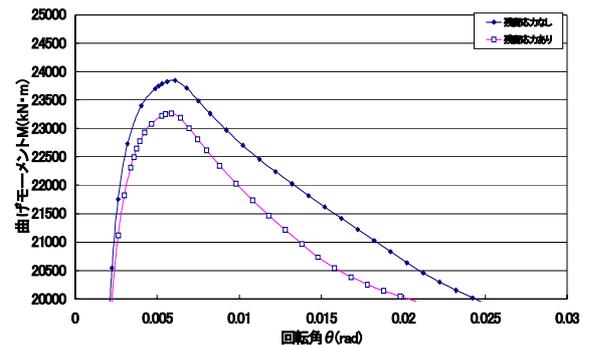
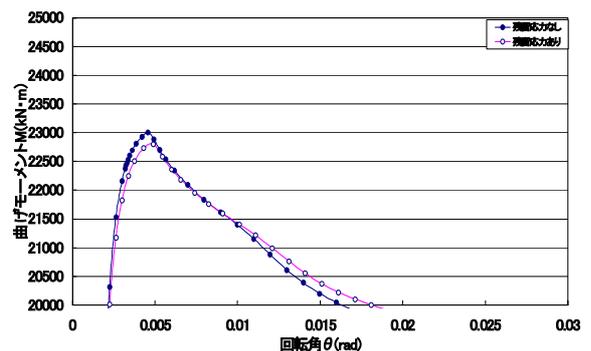
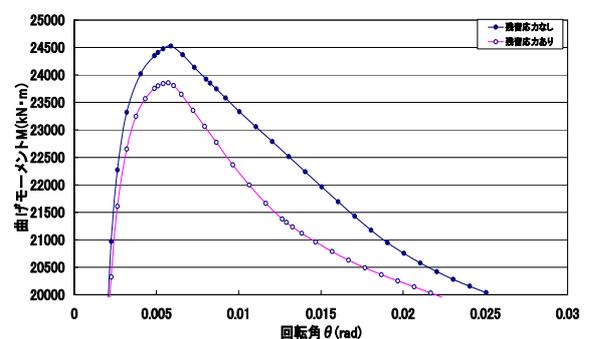


図4 要素分割状況 (Case1) および軸の設定

図5 Case1 の M- $\theta$  曲線図6 Case2 の M- $\theta$  曲線図7 Case3 の M- $\theta$  曲線