

極厚鋼板の溶接残留応力が鋼桁の終局曲げ強度に与える影響

東京鐵骨橋梁 正会員 ○木村啓作 平山繁幸
 長岡技術科学大学 学生会員 三浦謙介 劉 翠平
 長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛 長井正嗣
 中日本高速道路 正会員 稲葉尚文 矢吹太一

1. はじめに

近年、様々な分野で極厚鋼板が構造用鋼材として頻りに使用されるようになった¹⁻²⁾。土木の分野では、板厚が 50mm 以上の極厚フランジを有する少数主桁橋梁が多く架設され、極厚鋼板の適用性に対する検討も行われている³⁻⁴⁾。しかし、極厚鋼板では、溶接残留応力が板厚方向に変化すると考えられるが、この応力成分が鋼桁の耐荷力に与える影響は明確とされていない。

そこで、本研究では実橋梁の中間支点部を対象とし、極厚板の溶接残留応力が曲げ強度に与える影響を弾塑性有限要素解析により検討する。溶接残留応力は、実測結果をもとに、幅方向と板厚方向の三次元的な応力の釣合いを考慮してモデル化された分布形状を導入する。

2. 解析概要

実橋梁の中間支点部を参考にして、図 1 を解析モデルとする。表 1 にモデルの断面寸法および材料特性を示す。解析モデルの終局状態は曲げ降伏となり、降伏耐力 P_y ならびに全塑性耐力 P_p はそれぞれ 19,052kN, 29,730kN である。

解析ソフトは Diana 9.4 を使用し、要素は 20 節点ソリット要素 (CHX60) を用いる。モデルの対称条件を考え、1/2 モデルとする。節点数と要素数は、それぞれ 42017 と 7552 となる。鋼材の応力-ひずみ関係は完全弾塑性体のバイリニアモデルとする。ヤング率を $2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比を 0.3 とする。なお、載荷板

を模擬した鋼板は弾性体としている。ただし、残留応力による影響を評価するため、初期たわみは考慮していない。

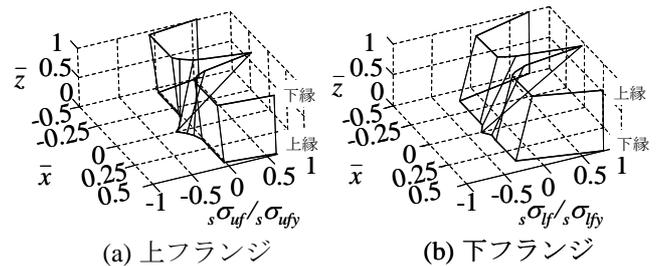
下記に示す 2 つのケースに対して解析を行う。

モデル NR: 残留応力を導入しない場合

モデル AC: 図 2 に示す残留応力分布を考慮する。図 2(a),

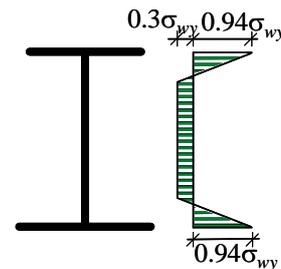
表 1 断面寸法および材料特性

部材	寸法	鋼種規格	降伏応力 (N/mm ²)
上フランジ	750mm×50mm	SM520C-H	355
腹板	31mm×2950mm	SM490YB	355
下フランジ	850mm×88mm	SM520C-H	355
補剛材	30mm	SM400A	235
	50mm	SM570	450



(a) 上フランジ

(b) 下フランジ



(c) 腹板³⁾

図 2 残留応力分布形

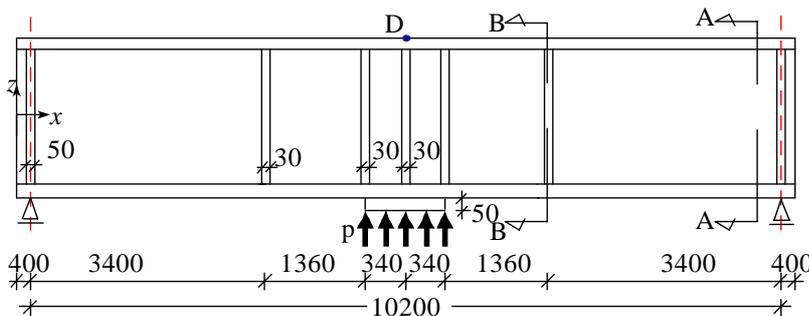
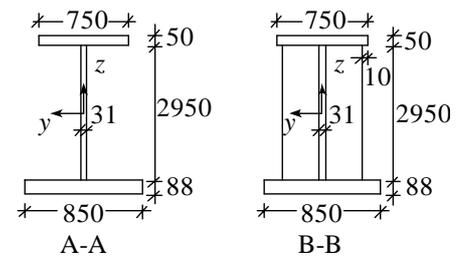


図 1 解析モデル

キーワード：橋梁、極厚鋼板、残留応力、耐荷力、有限要素解析

連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系 TEL 0258-47-9641

(b)に示す分布形は、板厚がそれぞれ 50mm と 88mm の溶接継手試験体の実測結果から、三次元的な自己釣り合いを考慮してモデル化された分布形である。図中の \bar{x} と \bar{z} はそれぞれフランジ幅、板厚で無次元化した計測位置、 ${}_s\sigma_{uf} / \sigma_{ufy}$ と ${}_s\sigma_{lf} / \sigma_{lfy}$ は降伏応力で無次元した応力である。上下フランジの最大引張残留応力は、それぞれ降伏応力度の 0.80 と 0.94 倍となっている。腹板には、図 2(c)に示す台形状の残留応力分布³⁾を仮定する。解析では、これらの残留応力を各節点へ初期応力として導入する。その後、図 1 に示す均一分布荷重 p を変位制御で作用させる。

3. 解析結果

図 3 に各ケースの荷重-変位関係曲線をまとめて示す。縦軸の P は均一分布の荷重 p の合計、横軸の δ は図 1 に示す D 点における載荷方向の変位である。 P_y および P_p も同図に示す。

モデル NR と比べ、モデル AC の初期剛性と降伏耐力が低下している。これは、断面に残留応力を導入したことにより、有効断面が減少して、初期剛性が低下したためである。しかし、残留応力の有無に関わらず、全塑性耐力 P_p に達した後、荷重 P は低下せず、変形が進行しており、曲げ耐荷力に対して板厚方向の残留応力分布が与える影響は、小さいものと言える。

モデル AC について、降伏荷重 P_y に達するときの荷重方向の変形コンター図を図 4 に、応力(σ_x)コンター図を図 5 に示す。また、表 2 に P_y および P_p に達するときの荷重方向の変位 δ_y および δ_p をまとめる。

表 2 を見ると、残留応力を考慮する場合、初期剛性が低下することから、 δ_y および δ_p が、若干大きくなるものの、その差異は小さい。

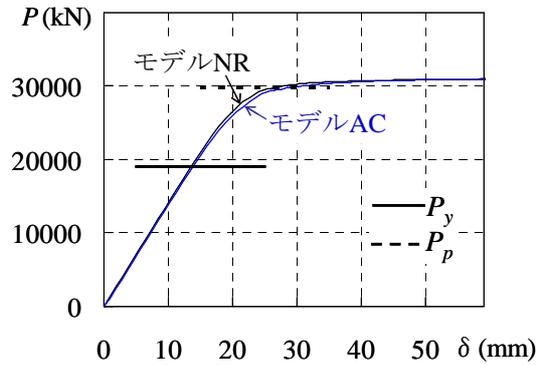


図 3 荷重-変位関係曲線

表 2 鉛直方向変位の比較

モデル	δ_y (mm)	δ_p (mm)
NR	13.563	25.850
AC	13.844	28.323

4. まとめ

本研究では、極厚鋼板の溶接残留応力分布が、鋼桁橋の曲げ耐荷力に与える影響について、弾塑性有限要素解析により解析的に検討した。導入した溶接残留応力は、実測結果をもとに、幅方向と板厚方向の三次元的な応力の釣り合いを考慮してモデル化したものである。

解析結果から、残留応力分布の有無により、初期剛性に変化が見られるものの、終局耐力に相違は見られないことが分かった。

参考文献

- 1) (社)日本鉄鋼協会：厚板マニュアル，1987.
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編，II 鋼橋編，丸善，2003.
- 3) 鋼構造委員会：座屈設計ガイドライン，改訂第 2 版，土木学会，2005.
- 4) 三木千寿，穴見健吾，谷英樹，杉本一朗：溶接止端部改良による疲労強度向上法，溶接学会論文集，Vol.17, No.1, pp.111-119, 1999.

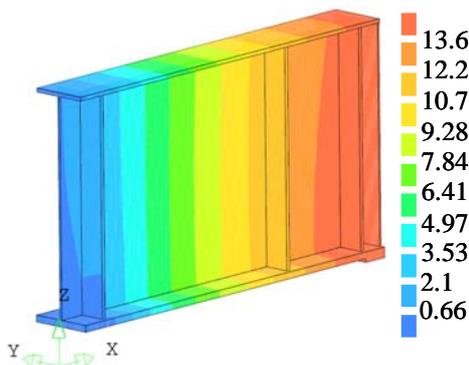


図 4 鉛直方向の変形コンター図

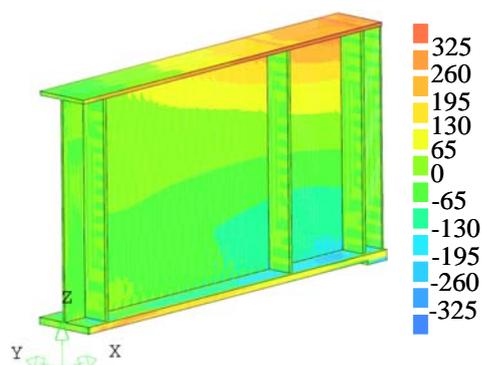


図 5 σ_x コンター図