

## H ビーム橋主桁端の断面欠損過程における力学挙動に関する解析的検討

明石工業高等専門学校 正会員 ○三好 崇夫  
兵庫県 中谷 佳菜代

### 1. はじめに

残留応力や初期たわみが鋼構造物の耐力に及ぼす影響は大きい。H ビーム橋主桁端支点部を模した小型供試体を用いて、断面欠損過程の残留応力や変形を計測した既往の実験<sup>1)</sup>では、それらが変化することも示されている。しかし、実際のH ビーム橋主桁に関するこの種の検討は報告されていない。本研究では、H ビーム橋の片側支点上補剛材下部に断面欠損が進行する過程における残留応力の変化や変形挙動について解析的に検討した。

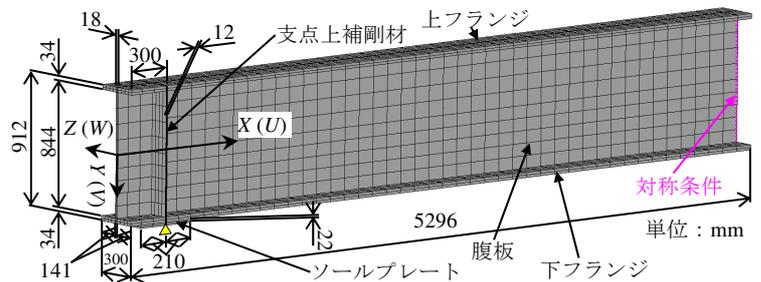


図-1 主桁端支点部の解析モデル

表-1 機械的特性値

	弾性係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )	Poisson比 $\nu$	降伏応力 $\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )
フランジ	200000	0.3	355
腹板	200000	0.3	355
支点上補剛材	200000	0.3	365
ソールプレート	200000	0.3	355

### 2. 解析モデルと解析方法

実際のH ビーム橋の桁端から中間横桁取り付け部までの主桁を対象に、20 節点ソリッド要素を用いて、図-1 に示す解析モデルを構築した。中間横桁取り付け部の中間補剛材は省略した。各部の機械的特性値を表-1 に示す。図-1 に示す境界条件のほか、支点と中間横桁位置で橋軸直角方向変位を拘束した。腐食は死活荷重下で進行するが、その影響は考慮していない。既往の実験結果<sup>1)</sup>によれば、塑性化は認められなかったため、断面欠損部の要素を消去する弾性有限変位解析を実施した。

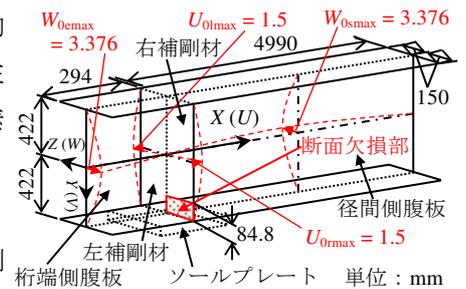


図-2 初期たわみ形状

### 3. 初期たわみと残留応力

初期たわみと残留応力は、支点部の耐力に及ぼす影響が大きい支点上補剛材と腹板のみ考慮した。初期たわみは、図-2 にその最大値  $U_{0lmax}$ ,  $U_{0rmax}$ ,  $W_{0emax}$ ,  $W_{0smax}$  とともに示すように、桁高方向と径間側腹板の桁軸方向には正弦半波、支点上補剛材の桁軸方向と桁端側腹板の板幅方向には直線形状を与えた。残留応力  $\sigma_r$  は桁高方向成分のみを考慮し、H 鋼桁の実測結果<sup>2)</sup>に基づいて、図-3 に示す分布モデルを仮定した。断面欠損部から離れた中間補剛材の残留応力は無視した。同図の

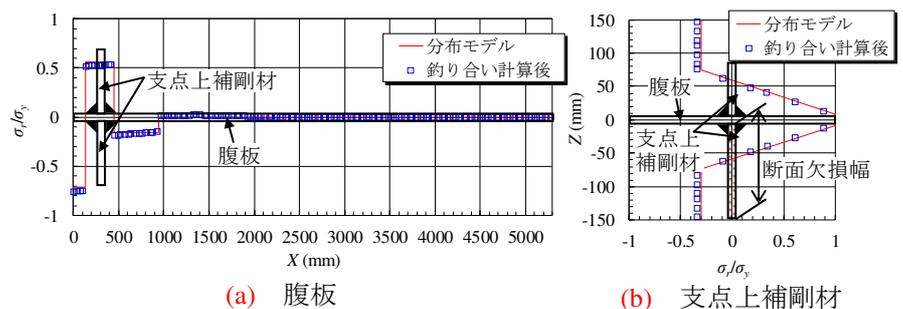


図-3 初期状態における桁高方向中央断面の残留応力分布

$\sigma_y$  は降伏応力を表す。同モデルと上記の初期たわみ形状は自己平衡条件を満たさないため、既往の研究<sup>3)</sup>を参考に、桁高方向中央断面の平衡状態における桁高方向応力が同モデルと適合するように、初期応力を与える解析を繰返した。図-3 に示すように、その結果得られた同断面の桁高方向応力は分布モデルと殆ど一致し、結果は省略するが、変形は小さく、初期たわみ形状は殆ど変化しなかった。本研究では、この状態を初期状態とした。

### 4. 断面欠損量

本研究では、一様に板厚を減少させて断面欠損を導入した。その量を表す尺度として、板厚の減少分を当初の板厚で除した断面欠損率  $\beta$  を定義した。初期状態は  $\beta = 0\%$ 、100%は孔が空く状態であり、本解析では、 $\beta = 25\%$ 、

キーワード：H ビーム橋、桁端部、断面欠損、変形、残留応力再分配

連絡先（〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3, TEL : 078-946-6173, FAX : 078-946-6184）

50, 75, 100%を図-2に示す右補剛材下部に段階的に導入した。

## 5. 解析結果と考察

断面欠損部直上 ( $Y = 328.1 \text{ mm}$ ) 断面の腹板と支点上補剛材について、断面欠損過程における残留応力の推移を図-4に示す。ただし、残留応力  $\sigma_r$  は表裏の平均値である。こ

れより、断面欠損の進行につれて、右補剛材の断面欠損部の残留応力が解放され、 $\beta = 100\%$ では、腹板の支点上補剛材との接合部、左補剛材の残留応力が僅かに圧縮側に変化していることがわかる。いずれも、解放された残留応力が断面欠損部の周辺に再配分されていることによると考えられる。

図-5に示す、支点上補剛材の着目点 J~L 点について、断面欠損過程における鋼板表裏の残留応力  $\sigma_r$  と板厚欠損率  $\beta$  の関係を図-6に示す。同図中

には、鋼板の表裏を図-5に示す X 軸の正負で示し、その平均値 (AVE) も示した。図-6より、断面欠損の進行とともに、残留応力は J 点では引張側、K 点と L 点では圧縮側に変化することがわかる。これは、断面欠損を持つ右補剛材の剛性低下により、右補剛材に広く分布する圧縮残留応力が解放され、その周辺に配分されるためと考えられる。

$\beta = 75, 100\%$ における変形状況を桁高 (Y 軸) 方向応力  $\sigma_Y$  のコンターとともに図-7に示す。ただし、同図において、変位は 200 倍して表示している。これより、 $\beta = 75\%$ では、右補剛材下部の主として圧縮残留応力の分布領域に、 $-X$  軸側から断面欠損を導入するため、その解放によって断面欠損部に圧縮力が偏心作用し、断面欠損部は  $+X$  軸側に凸、それに引きずられる形でその上部には  $-X$  軸側に凸の板曲げ変形が生じたことが考えられる。結果は省略するが、 $\beta = 50\%$ 以下でも同様の結果が見られた。これは、支点部耐力を一層低下させる不整となりうることに懸念される。 $\beta = 100\%$ では、右補剛材については断面欠損部を押しつぶすような変形を生じ、それまでとは逆に、断面欠損部上側が  $-X$  側の面外変位を生じた。これは、桁高方向の残留応力として、右補剛材の  $-X$  側面には引張、 $+X$  側面には圧縮の板曲げ成分が分布していたことによるものと考えられる。

## 6. まとめ

- (1) 片側支点上補剛材下部に片面側から断面欠損が進行すると、同部の残留応力が解放されて、その周囲の腹板と支点上補剛材の接合部、反対側の支点上補剛材に配分される。
- (2) (1)において、断面欠損過程では、欠損側が押しつぶされるような偏心圧縮による面外板曲げ変形が生じ、支点部の耐力を低下させる不整になりうることを示された。

【参考文献】 1) 中谷ら：圧延桁支点上補剛材の断面欠損過程における変形と残留応力再配分，鋼構造年次論文報告集，Vol.26，pp.470-477，2018.， 2) 久松ら：圧延桁端の断面欠損過程における変形と残留応力再配分挙動，鋼構造年次論文報告集，Vol.25，pp.389-396，2017.， 3) 山口ら：腐食した鋼 I 桁の支点部耐力に関する考察，構造工学論文集，Vol.59A，pp.80-90，2013.

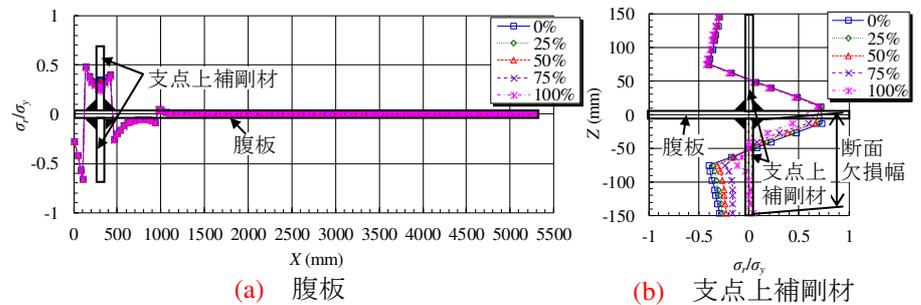


図-4 断面欠損過程の残留応力分布 ( $Y = 328.1 \text{ mm}$ )

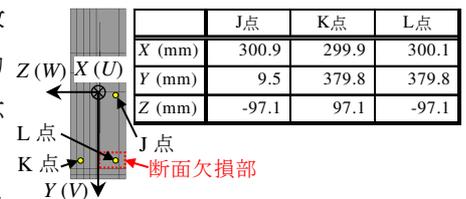


図-5 応力の着目点

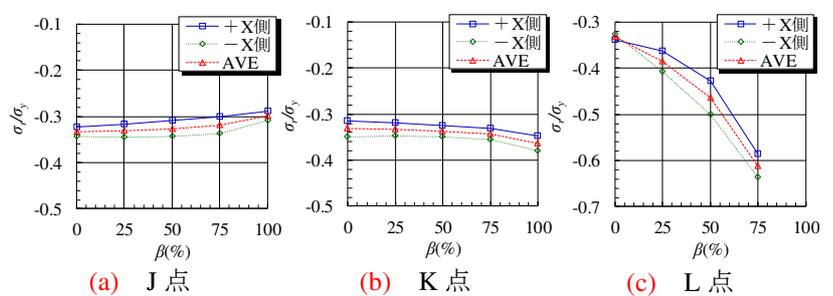
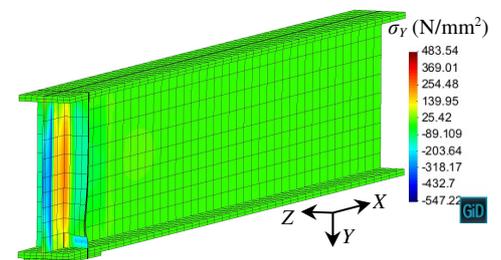
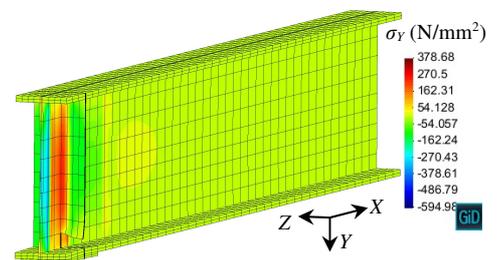


図-6 着目点の残留応力と板厚欠損率の関係



(a)  $\beta = 75\%$



(b)  $\beta = 100\%$

図-7 変形状況と桁高方向応力分布