

圧延桁端の断面欠損過程における変形と残留応力再分配に関する実験的研究

明石工業高等専門学校 正会員 ○三好崇夫
(株) エステック

河島央樹

九州大学

久松稜弥

1. はじめに

圧延桁橋はその経済性から市町村管理の小規模橋に用いられているが、近年、その桁端部に腐食の発生も報告されている。市町村の厳しい予算制約下で補修や架け替えの可否を判断するためには、その残存強度に基づくのが合理的である。初期たわみや残留応力が鋼構造物の終局挙動に影響を及ぼすことは周知の通りであるが、腐食に伴う断面欠損過程におけるそれらの変化や再分配挙動に関する研究¹⁾は少ない。本研究では、圧延桁端支点上の腐食過程における残留応力の再配分挙動や変形挙動を把握するため、腐食に見立てた断面欠損を供試体に導入し、その過程の変形や残留応力を計測した。

2. 実験供試体

本研究では、図-1に示すように、H形鋼の一端に支点上補剛材を設けた供試体 sp.1、荷点補剛材と両端に支点上補剛材を設けた供試体 sp.2 を製作した。前者は圧延桁の初期たわみや残留応力分布の把握、後者は断面欠損過程のそれらの把握とともに、後続研究の3点曲げ荷重実験に用いる。供試体の実測寸法を表-1に示す。

供試体の製作に用いたH形鋼と鋼板から採取した試験片の引張試験結果として、弾性係数 E 、Poisson 比 ν 、降伏点 σ_y 、引張強度 σ_u と破断伸び ϵ_f を表-2に示す。

3. 実験方法

両供試体とも、まず、腹板と断面欠損導入側の支点上補剛材の初期たわみを計測し、同箇所にはずみゲージを貼付して桁高方向のひずみの初期値 ϵ_0 を計測した。次に、sp.1 はひずみゲージ周りを小片に切断してひずみ ϵ_c を計測し、sp.2 は式(1)で定義する板厚欠損率 β が 39, 72, 100% となるように、図-1に示す断面欠損領域の板厚を段階的に減少させ、各段階におけるひずみ、腹板と断面欠損導入側の支点上補剛材の面外変位を計測した。

$$\beta = (t_0 - t) / t_0 \times 100 \quad (1)$$

ここに、 t_0 : 断面欠損導入前の板厚、および t : 断面欠損導入後の断面欠損部の平均板厚である。

その後、ひずみゲージ周りを小片に切断してひずみ ϵ_c を計測した。板厚欠損率 β における残留応力 $\sigma_{r\beta}$ は、弾性係数を E 、板厚欠損率 β におけるひずみを ϵ_β として次式で求められる。

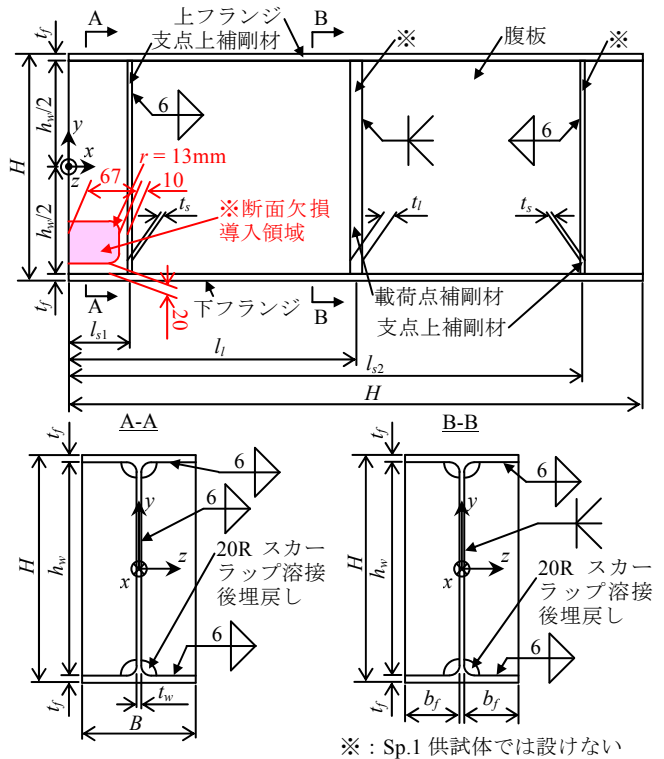


図-1 圧延桁供試体の概略図

表-1 各供試体の実測寸法

供試体名	sp.1	sp.2	供試体名	sp.1	sp.2
B (mm)	149	149	t_s (mm)	5.87	5.79
H (mm)	299	298	l_s (mm)	78	—
L (mm)	760	758	l_{s1} (mm)	—	80
t_w (mm)	6.07	6.08	l_{s2} (mm)	—	679
h_w (mm)	282	281	l_f (mm)	—	15.69
t_f (mm)	8.45	8.46	l_l (mm)	—	380
b_f (mm)	71	71			

表-2 材料試験結果

試験片	E (kN/mm ²)	ν	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	ϵ_f (%)	
腹板	R方向	201	0.27	371	502	31
	C方向	203	0.28	380	507	28
フランジ	204	0.28	342	494	31	
支点上補剛材	203	0.28	272	418	40	
荷点補剛材	205	0.28	307	451	36	

キーワード：圧延桁端、断面欠損過程、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)

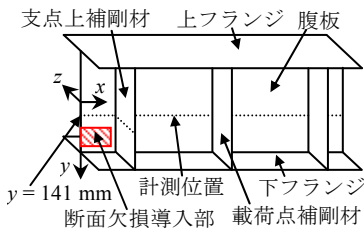
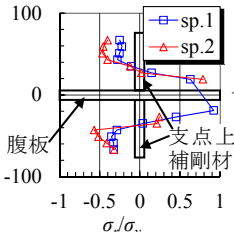
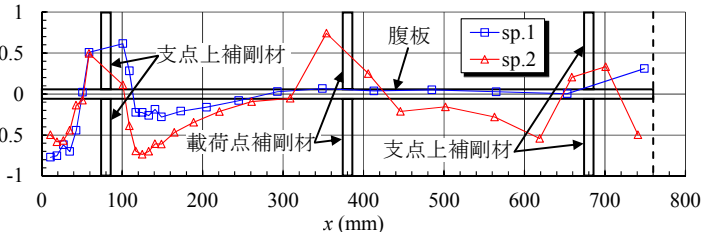


図-2 ひずみの計測位置



(a) 支点上補剛材



(b) 腹板

図-3 初期状態における残留応力分布

$$\sigma_{r\beta} = -E(\varepsilon_c - \varepsilon_\beta) \quad (2)$$

熱影響に配慮して、小片への切断には放電ワイヤ加工機、断面欠損の導入にはフライス盤を使用した。

4. 実験結果

図-2 の計測位置における初期状態の残留応力を降伏点で無次元化したパラメータの分布を図-3 に示す。これより、いずれも補剛材溶接部近傍で引張、それ以外では自己平衡系をなすように圧縮の残留応力が分布している。また、供試体 sp.1 の腹板では、支点上補剛材位置から腹板厚の12倍(78mm)の有効幅²⁾外の概ね $x = 300 \text{ mm}$ で残留応力がほぼ0となるのがわかる。

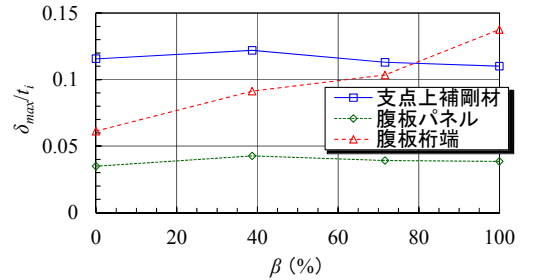
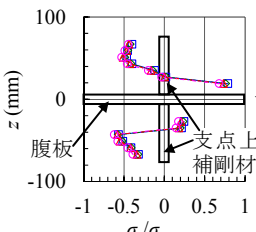
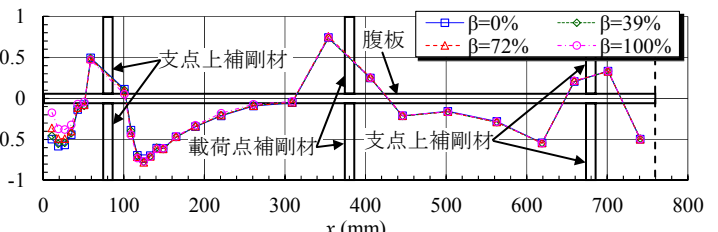


図-4 最大面外変位と板厚欠損率の関係

桁端部腹板、径間側腹板と支点上補剛材について、腹板では図-1 の-z 軸方向、支点上補剛材では同図の-x 軸方向を正として、最大面外変位 δ_{max} を当初の板厚 t_i で無次元化したパラメータと板厚欠損率 β の関係を図-4 に示す。これより、断面欠損を導入した桁端部では、板厚欠損率の増大につれて最大面外変位が顕著に変化するのに対して、支点上補剛材とパネル部については然程変化のないことがわかる。



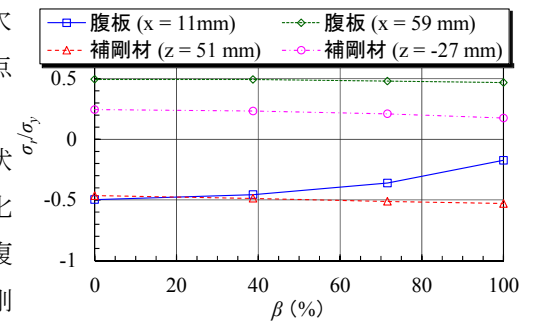
(a) 支点上補剛材



(b) 腹板

図-5 各板厚欠損率導入時の残留応力分布

断面欠損の進行につれて残留応力の変化の様子が桁端では明確に、支点上補剛材と断面欠損導入部近傍の腹板では若干認められる。断面欠損導入部近傍の桁端腹板と支点上補剛材について、残留応力と板厚欠損率の関係を図-6 に示す。同図から、図-6 残留応力と板厚欠損率の関係



断面欠損導入部では断面欠損の進行につれて残留応力が引張側に推移するのに対して、支点上補剛材、腹板の同材溶接部近傍では若干圧縮側に推移する様子が見える。

5. まとめ

本研究から得られた知見を以下に示す。

- (1) 桁端部腹板の最大面外変位は板厚欠損量とともに増加するが、支点上補剛材や径間側腹板の面外変位の変化は小さい。
- (2) 圧延桁高さ方向の残留応力は、板厚欠損量の増加につれて桁端部腹板では顕著に引張側に変化するのに対して、支点上補剛材では若干圧縮側に变化する。

謝辞 本研究は科学研究費助成事業若手研究 B「圧延桁端支点上の腐食過程における残留応力の再配分挙動と残存強度に関する研究」によって実施したものである。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】 1) 後藤ら：腐食などの体積欠損による鋼構造物の残留応力・残留たわみの変化の解析と圧縮板の残存耐力評価，構造工学論文集，Vol.51A，pp.127-138，2005.， 2) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編，2012.