

支点上補剛材下部に断面欠損をもつ圧延桁端の圧縮強度

明石工業高等専門学校 正会員 ○三好崇夫
岡山大学 河上晃輔 明石工業高等専門学校専攻科 三木健弘

1. はじめに

市町村管理の小規模橋等にも用いられている圧延桁橋の桁端部に腐食の発生事例が報告されている。厳しい予算制約下では、その補修や架け替えの要否は、その残存に基づくのが合理的である。既往の研究¹⁾では、腐食に伴う断面欠損を桁端部に有するプレートガーダーの圧縮強度が実験的に明らかにされている。圧延桁はプレートガーダーに比べて腹板やフランジの幅厚比が小さく、高い強度をもつことが想定されるが、支点部に断面欠損を有する圧延桁端の圧縮強度は明確にされていない。そこで、本研究では、圧延桁端部に見立てた供試体を製作し、支点直上に载荷する圧縮実験によって耐荷力を把握した。断面欠損としては、既往の調査結果²⁾を参考に、片側支点上補剛材の下部に生じた場合を対象とした。

2. 供試体

本研究では、図-1 に示すように、SS400 級の圧延 H 形鋼に支点上補剛材と载荷用にソールプレートと溶接した供試体を 3 体製作した。その長さは機械加工による断面欠損の導入の都合上、240mm（設計値）とした。うち 1 体は断面欠損のない状態、残る 2 体は断面欠損部の板厚を当初の 50%、100%に減少させた場合の耐荷力を把握するためのものであり、それぞれ実験ケース ES0、ES50、ES100 と称する。それらの実測寸法を表-1 に示す。同表中の記号の定義については、図-1 を参照されたい。

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

ケース ES50、ES100 の断面欠損は、図-1 に示す個所に機械加工により導入した。断面欠損の深さは次の板厚欠損率 β を用いて定義した。

$$\beta = (t_0 - t) / t_0 \times 100 \tag{1}$$

ここに、 t_0 ：断面欠損導入前の板厚、 t ：断面欠損導入後の板厚である。

ケース ES100 の $\beta = 100\%$ は断面欠損部に孔が明く状態である。ケース ES50 の断面欠損は一様に導入することが困難であったため、断面欠損導入後の板厚を計測し、その平均板厚から β を評価した。その結果 $\beta = 51\%$ となった。载荷には 2000kN 万能試験機を用いて、図-2 に示すように支点上補剛材と腹板の接合部直上に载荷した。

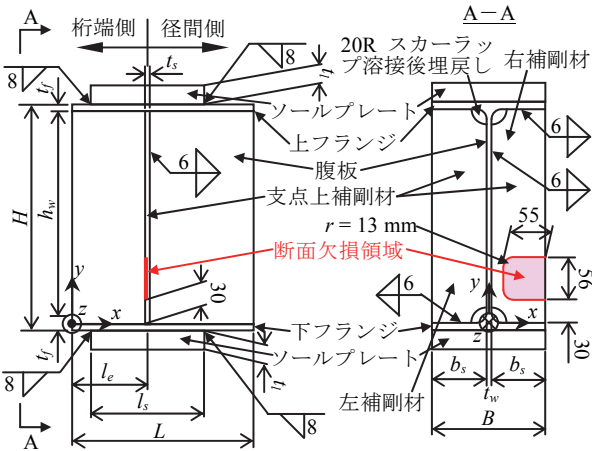


図-1 圧延桁供試体の概略図

表-1 各供試体の実測寸法

実験ケース	ES0	ES50	ES100	実験ケース	ES0	ES50	ES100
B (mm)	149	150	149	b_f (mm)	71	71	71
H (mm)	299	300	300	t_s (mm)	6.0	6.3	6.0
L (mm)	238	240	239	t_f (mm)	23.6	24.0	23.8
t_w (mm)	6.5	6.8	6.6	l_s (mm)	150	149	150
h_w (mm)	282	282	282	l_e (mm)	100	100	100
t_f (mm)	8.6	8.6	8.6				

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 (%)
フランジ	204	0.29	341	470	32
腹板	R方向	200	0.26	407	505
	C方向	212	0.27	466	547
支点上補剛材	211	0.28	372	495	35
ソールプレート	203	0.29	273	445	34

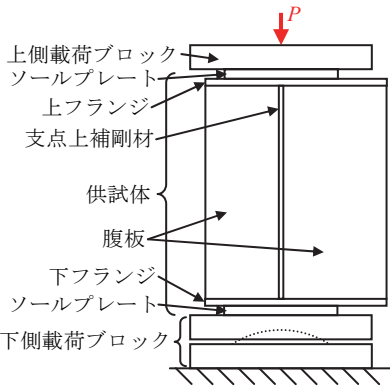


図-2 载荷装置

4. 実験結果

実験結果として、各ケースの荷重 P と桁高方向変位 v の関係を図-3に示す。同図において、 v は上フランジ下面のソールプレート四隅の位置で計測した平均値であり、桁高 H で無次元化し、 P は累加降伏軸力 P_y で無次元化した。 P_y は道路橋示方書³⁾に従って腹板の有効幅を支点上補剛材溶接部から径間側、桁端側にそれぞれ $12t_w$ と仮定して次式で求められる腹板と支点上補剛材の降伏軸力の和である。

$$P_y = 24t_w^2\sigma_{yw} + A_s\sigma_{ys} \quad (2)$$

ここに、 t_w ：腹板の板厚、 σ_{yw} ：腹板の圧延直角方向（桁高方向）の降伏応力、 A_s ：支点上補剛材の断面積（断面欠損は控除しない）、 σ_{ys} ：支点上補剛材の降伏応力である。

また、図-3には、参考として、支点上補剛材の設計に用いられる十字型断面積³⁾に、腹板に比べて小さい支点上補剛材の降伏応力 σ_{ys} を乗じて求められる初期降伏軸力 P_{yi} も示した。

図-3より、板厚欠損率の増大につれて最大荷重、剛性とも低下するが、いずれの最大荷重も初期降伏軸力は上回った。最大荷重時の変位は、板厚欠損率の増加につれて増加しており、片側支点上補剛材下部の断面欠損による柱部材としての曲げ変形に起因するものと考えられる。

荷重 P/P_y と断面欠損導入部直上に位置する支点上補剛材高さ方向中央部の桁高方向ひずみ ε の関係を図-4に示す。 ε は支点上補剛材の降伏ひずみ ε_{ys} で無次元化している。また、同図中には、上記の十字形断面を有効断面と見なして得られる荷重-ひずみ関係の線形解も示した。これより、両者間の関係の立ち上がりは概ね線形解に一致していることがわかる。また、 $\beta = 100\%$ のケース ES100 も最大荷重あたりまでひずみがほぼ直線的に変化し、断面欠損を有する支点上補剛材によって荷重が分担されており、断面欠損部を迂回して応力が伝達されていると考えられる。

図-5は、各ケースの最大荷重 P_{max} を P_y で無次元化したパラメータと β の関係について示している。これより、 P_{max}/P_y で整理すると、圧縮強度は板厚欠損率とほとんど線形関係にあることがわかる。

5. まとめ

- (1) 片側の支点上補剛材下部に断面欠損をもつ圧延桁端の圧縮に対する最大荷重は、道路橋示方書の支点上補剛材の設計に用いる十字形断面積に、支点上補剛材の降伏応力を乗じた初期降伏軸力を上回る。
- (2) 同桁端の圧縮強度は、累加降伏軸力で最大荷重を無次元化することにより、板厚欠損率と比例関係にある。
- (3) 断面欠損を有する支点上補剛材も荷重を分担する。

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) 濱田ら：局部的腐食を模擬した鋼桁端部の圧縮強度に関する実験，鋼構造年次論文報告集，Vol.17，pp.731-738，2009.，2) 玉越ら：鋼道路橋の局部腐食に関する調査研究，国土技術政策総合研究所資料，No.294，2006.，3) 一般社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編，2012.

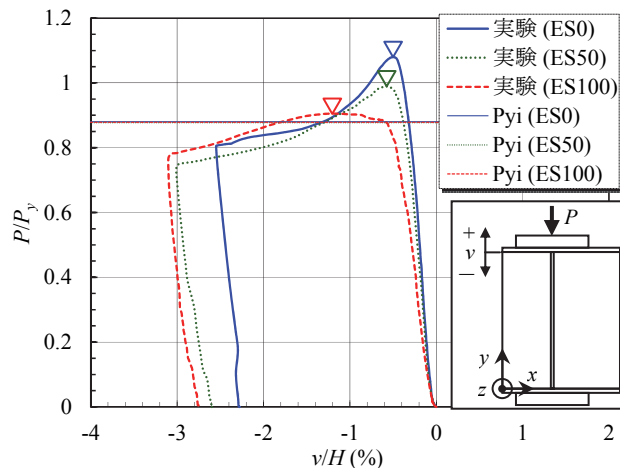


図-3 荷重-桁高方向変位関係

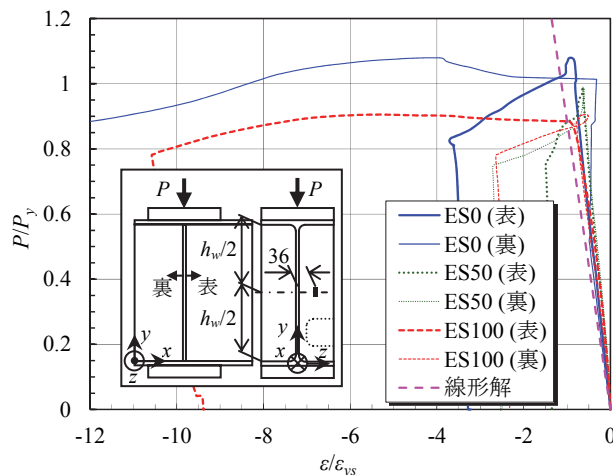


図-4 荷重-桁高方向ひずみ関係

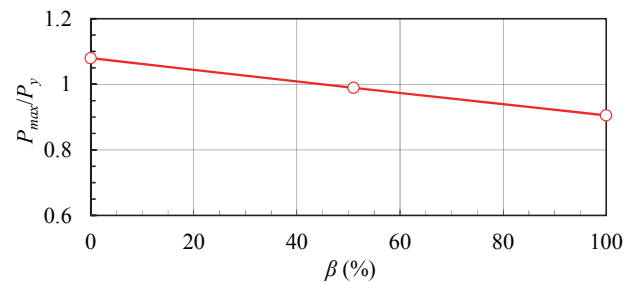


図-5 最大荷重と板厚欠損率の関係