

# 激しい腐食損傷を受けた鋼 I 桁のせん断耐荷力特性に関する研究

構造工学研究室 中島祐貴

## 1. 序論

近年、鋼橋において激しい腐食損傷が多く報告されている。しかし、鋼部材の腐食損傷が鋼橋の耐荷力へ及ぼす影響は十分に把握されていない。そこで本研究では、腐食損傷がせん断強度特性に及ぼす影響を解明するため、激しい腐食損傷を模擬した試験体を設定しせん断載荷実験を行った。

## 2. せん断耐荷力実験

### 2.1 試験体

実験に使用した試験体の形状及び寸法を図 1 に示す。試験体は SS400 を使用し腹板板厚は 4.5mm である。試験体数は 7 体とし、この内 5 体が激しい腐食状態を模擬したものである。図 1 に示す下部欠損モデルは下フランジ近傍の激しい腐食損傷を再現するため、腹板と下フランジとの境界部を切断した。下部切上モデルは下部欠損モデルに加え垂直補剛材に沿って切断した。中央減厚モデルは腹板中央部の腐食減厚を再現するため腹板中央部を切削した。切削部の残存板厚は 2.85mm である。HS 上欠損及び HS 上減厚モデルは水平補剛材上部の激しい腐食状態を再現するため、水平補剛材上部を切断及び切削した。なお、水平補剛材上部の切削部の残存板厚は 1.03mm である。

### 2.2 実験方法

本実験に用いた試験体及び載荷条件を図 2 に示す。本実験では鋼 I 桁試験体中央部の上下フランジ及び垂直補剛材で囲まれた腹板を着目パネルとした。図 2 に示すように試験体中央部の着目パネルは曲げが小さく、せん断力が支配的な荷重状態とし、激しい腐食損傷の発生しやすい鋼桁端部の状態をモデル化した。また荷重は図 2 に示す載荷装置 1 及び載荷装置 2 の 2 台の油圧ジャッキ(最大載荷荷重 1000kN/台)を使用し  $P_1 : P_2$  が 1 : 3 を保つように変位制御で同時に載荷した。支持条件は支点 1 がピンローラー支持、支点 2 をピン支持とした。

実験では、着目パネル内に作用するひずみを計測するために、3 軸ひずみゲージを腹板表面に 17 点、裏面に 13 点貼り付けた。

## 3. 実験結果

### 3.1 最大せん断力特性

図 3 に各試験体のせん断力-鉛直変位関係を示す。縦軸は着目パネルに作用するせん断力、横軸は載荷装置 2 の直下の鉛直変位である。着目パネルに作用するせん断力は載荷装置 2 で載荷した荷重を 2/3 倍して算出した。図より HS 健全は健全に比べ最大せん断力が上昇した。腐食損傷を模擬した試験体は健全に比べ、下部欠損、中央面外変位、HS 上欠損、HS 上減厚、下部切上の順に減少した。特に下部切上は健全に比べ最大せん断力が半分近く減少した。

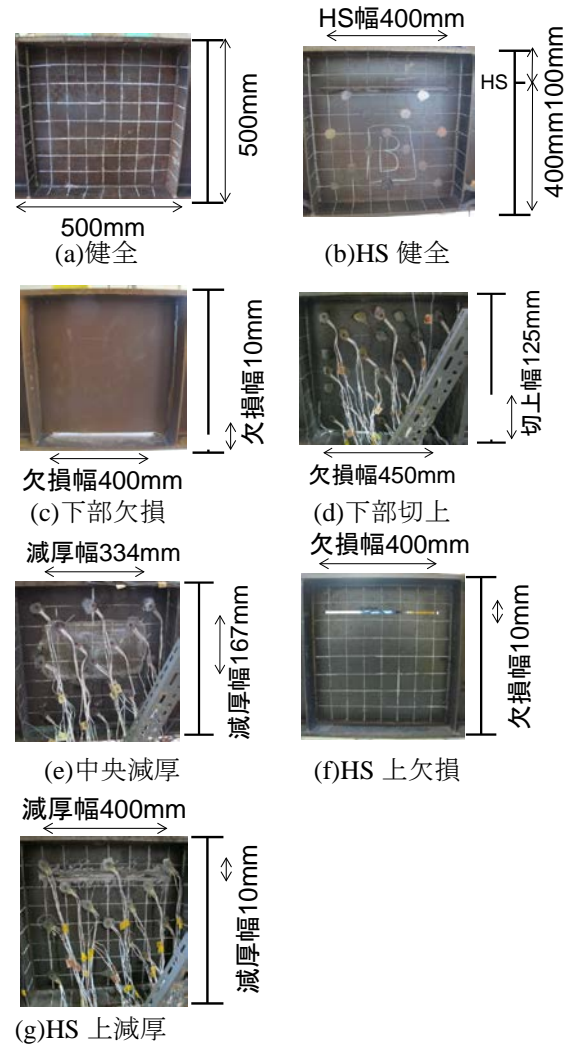


図 1 試験体

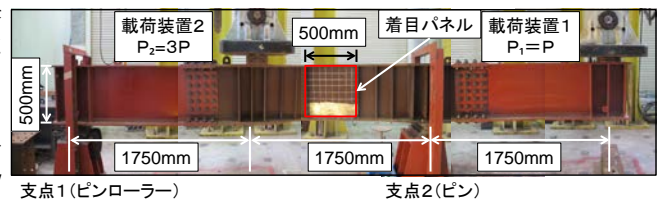


図 2 試験桁及び載荷状況

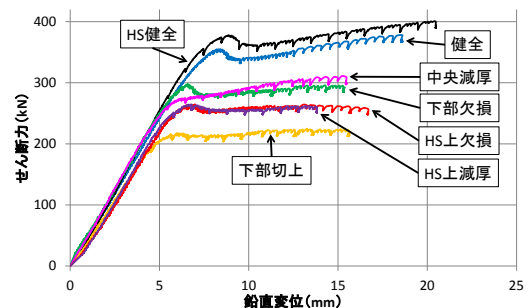


図 3 せん断力-鉛直変位関係

### 3.2 せん断座屈特性

次にせん断座屈荷重の算出方法を述べる。せん断力一着目パネルの最小主ひずみの関係から、表裏面の最小主ひずみが分岐する点の荷重を座屈荷重とした。表裏面の最小主ひずみの差が初期段階から徐々に開いているものは主ひずみの勾配が変化した点をせん断座屈荷重とした。各試験体の座屈荷重を表1に示す。表より、下部欠損、HS 上欠損、HS 上減厚、下部切上、中央減厚の順にせん断座屈荷重が低下したと言える。

### 3.3 主ひずみ方向特性

せん断座屈荷重時の主ひずみ分布を図4に示す。着目パネル上に、3軸ひずみゲージから得た主ひずみをプロットした。黒線が最大主ひずみ、灰色線が最小主ひずみを示しており、線分の長さがひずみ量の大きさを表している。図より健全及びHS健全は概ね腹板の対角方向にひずみが生じ、各点の最大及び最小主ひずみの量は等しくなっている。下部欠損及び下部切上、HS 上欠損、HS 上減厚は模擬した腐食損傷部近傍のひずみが小さくなっている。このことより模擬した腐食損傷部近傍ではせん断力が腹板に作用していないため、支持条件が3辺単純支持と考えられる。よって、健全の支持条件である4辺単純支持に比べ腹板のせん断力を負担する面積が小さくなる。ゆえに、腐食破断したものは健全よりせん断耐荷力が低下したと言える。

### 3.4 塑性域の特性

せん断座屈荷重時の塑性域の分布特性を図5に示す。ここで、塑性域は実験より得られた3軸ひずみゲージで計測した値より算出した相当ひずみを用いた。図中の塑性域の大きさの表示は、弾性時である相当塑性ひずみが0、相当塑性ひずみが降伏ひずみの1倍以内、1倍以上2倍以内、2倍以上の4段階に分けて表記した。健全は、腹板右側及び左側上部に塑性域が発生している。HS健全は、水平補剛材近傍に塑性域の発生が見られた。下部欠損は、健全に比べ腹板上部を中心に塑性域が発生した。HS欠損はHS水平補剛材上部近傍で降伏ひずみの2倍以上の相当ひずみが発生した。下部切上、中央減厚、HS上減厚の各ひずみは弾性域だった。

### 4. 結論

- (1) 最大せん断力は下部切上が最も減少し、せん断座屈荷重は中央減厚が最も減少した。
- (2) 下部欠損及び下部切上は、腐食損傷近傍の腹板にせん断力が作用していない事から3辺単純支持である。よって、せん断力を負担する面積が減ったので、健全の4辺単純支持に比べせん断耐荷力が低下した。
- (3) HS上欠損は、模擬した腐食損傷近傍に大きな引張ひずみや塑性域が発生しており、支持条件が4辺単純支持とは異なるものと考えられる。

表1 せん断座屈強度

	座屈荷重 (kN)	Vcr/Vcr健全		座屈荷重 (kN)	Vcr/Vcr健全
健全	310	1.00	HS健全	320	1.03
下部欠損	270	0.87	HS上欠損	240	0.77
下部切上	140	0.45	HS上減厚	190	0.61

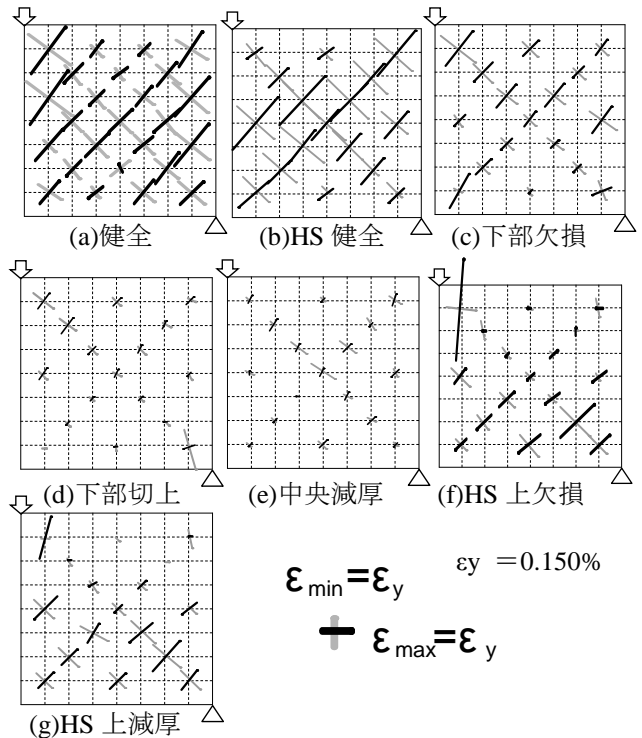


図4 主ひずみ方向

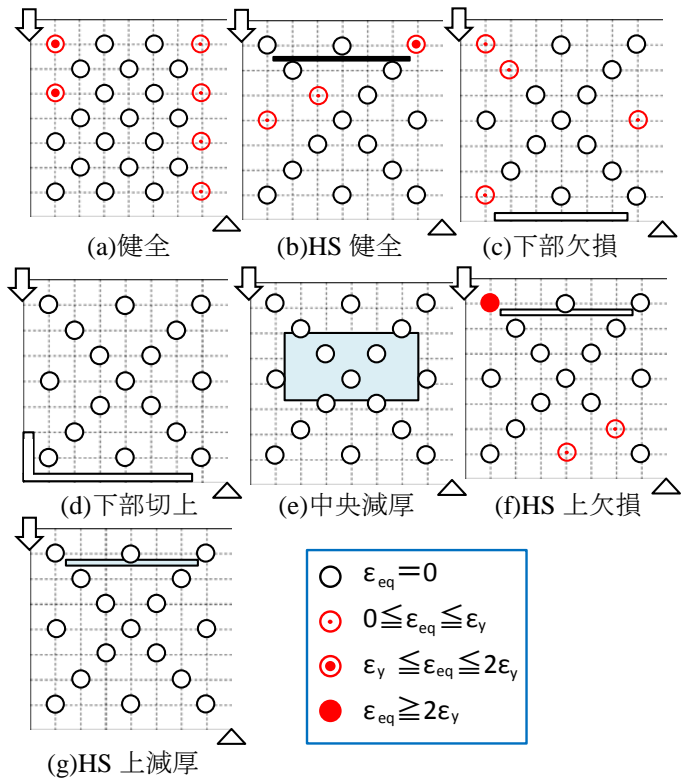


図5 塑性域の分布

### 参考文献

下里・玉城・有住・矢吹・小野・三木：実腐食減厚分布を有する鋼プレートガダー腹板のせん断強度特性に関する実験的研究