

## 桁端部に円孔を有する鋼桁のせん断耐荷力に関する一考察

立命館大学理工学研究科 学生員 ○藤丸 拓

立命館大学理工学部環境都市工学科 正会員 野阪 克義

## 1. はじめに

近年、建造物の老朽化は大きな社会問題となっており、鋼橋においては、桁端部の腐食損傷による耐荷力低下が問題として挙げられる。これに対して、塗装などの対策が取られるが、再劣化が生じる場合もあり、5年に一度の定期点検においても桁端腐食が確認されることは多い。

腐食による減肉、損傷を有する鋼桁の補修・補強に関する研究は数多く行われてきており、当て板やCFRPを用いた工法などの実績もあるが、これらの工法は腐食によって損なわれた耐荷力を回復させること、あるいは、元の健全な状態以上に増加させることが目的であり、空気が滞留し湿潤な、腐食が発生しやすい環境の根本的な改善にはなっていない。

近年では腐食によって一部断面が欠損した桁端部の耐荷挙動に関する研究も行われてきている。これらの研究結果から、どの部位が欠損した場合に耐力低下の度合いが大きいのか、すなわち、どの部位が耐荷力への寄与度が大きいのかということが明らかにされている。これらの研究同様、桁端部の耐荷メカニズムを把握し、耐荷力への影響が大きい部位の形状を変更することで、耐力を大きく下げずに腐食の原因のひとつである、湿潤環境を改善するような新しい構造を考案する余地はあると考える。

本研究では、端パネルに円形の孔をあけた構造の耐荷力について解析的検討を行い、腐食が発生しやすい桁端部の環境の改善に貢献できる桁端構造の検討を行った。

## 2. 検討対象モデル

対象としたモデルは、文献1)を参考に決定した、鋼I桁単純桁である。対象橋梁の桁端部のみを考慮してモデル化した鋼桁の一般図を図-1に示す。鋼材はSM490Aと仮定し、ヤング係数は $2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は0.3、降伏応力は $325 \text{ N/mm}^2$ とした。

## 3. 解析概要

本研究では汎用有限要素解析ソフトウェアMARCを用いて解析的検討を行った。解析モデルを図-2に示す。端パネルのせん断座屈のみを考慮するため、端パネルのウェブ厚さを9mm、他のパネルを18mmとし、初期たわみを端パネルにの

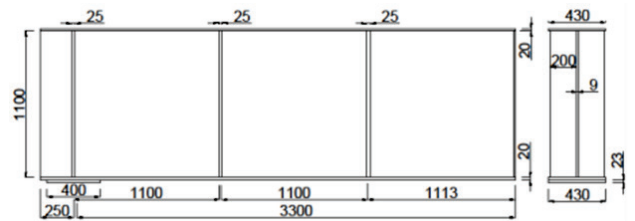


図-1 検討対象モデル概要 (単位:mm)

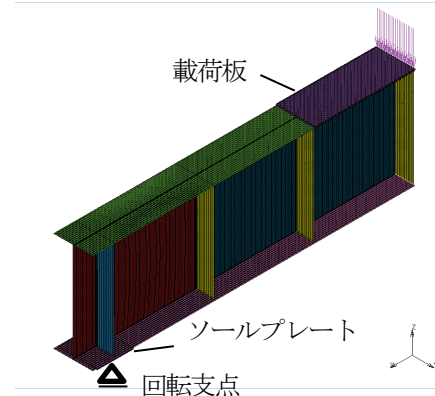


図-2 解析モデル概要

み与えた。初期たわみは、パネルの中央が最大となるように正弦波形を圧縮フランジとウェブに与えた。残留応力は考慮していない。鋼桁はシェル要素、ソールプレートおよび載荷板はソリッド要素で作成し、荷重は載荷板を介して、すべてのモデルで25mmの強制変位を与えた。

端部ウェブパネル終局状態の斜張力場<sup>2)</sup>を参考に孔の位置を決定した。図-3および表-1に各モデルにおける孔の位置を示す。Dは孔の直径であり、 $x_c$ 、 $h_c$ はそれぞれ端支点から孔の中心までの長さ方向と高さ方向の距離を表している。文献2)より、終局状態においては $C=1/4d_0$ となることを参考に、孔を有するモデルは、パネル中央に孔を持つモデル(C1)、斜張力場の外側で、斜張力場に近いモデル(C2)、斜張力場から遠いモデル(C3)の3つを検討した。

## 4. 解析結果および考察

図-4に健全モデル(original)とC1~C3の荷重-たわみ曲線を、表-2に各モデルでの最大荷重を示す。孔を持つモデルは全体的に、健全モデルに比べてたわみが大きくなっており、C1、C2では健全モデルから最大荷重が下がっているが、C3では健全モデルよりも少し最大荷重が上がっている。

図-5に各モデルの最大荷重時の端パネルの相当応力分布、

キーワード 腐食、鋼桁端部、せん断耐荷力、円孔

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1丁目1-1 立命館大学理工学部 環境都市工学科 TEL:077-561-3007

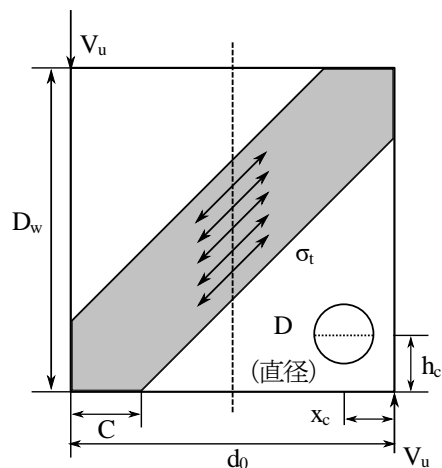


図-3 解析モデルにおける孔の位置

表-1 孔を有するモデルの概要

モデル	C1	C2	C3
$D_w$ (mm)	1100		
$d_0$ (mm)	1100		
$D$ (mm)	260		
$x_c$ (mm)	550	340	260
$h_c$ (mm)	550	340	260

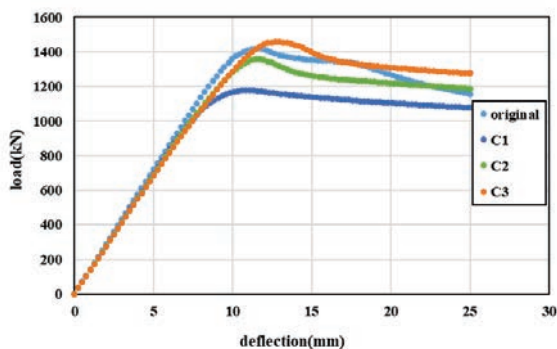


図-4 各モデルの荷重-たわみ曲線

表-2 各モデルの最大荷重

モデル	original	C1	C2	C3
最大荷重(kN)	1419	1179	1359	1457
originalとの比		0.83	0.96	1.03

図-6に最大変位時(25mm)での相当応力分布を示す。相当応力分布の数値区分は図-5の凡例に示す通りである。図-5から、孔を有するモデルでは孔の周りから応力が上がっていくため、健全モデルと斜張力場の形成過程が異なることが分かるが、図-6から変位が大きくなると健全モデルとほぼ同様の斜張力場を形成することが分かる。

計算上C2は斜張力場の外に孔を有しているが、図-6から、孔の周りの要素も斜張力場の範囲に入っていることが確認できる。このため、最大荷重が健全モデルから下がっていると考えられる。C3では、孔は斜張力場の範囲の外にあり、かつ、健全モデルでは応力が低かった孔周辺の要素の応力も大きくなっているため、結果的に最大荷重が健全モデルより少し大きくなったと考えられる。以上より、桁端部の斜張力

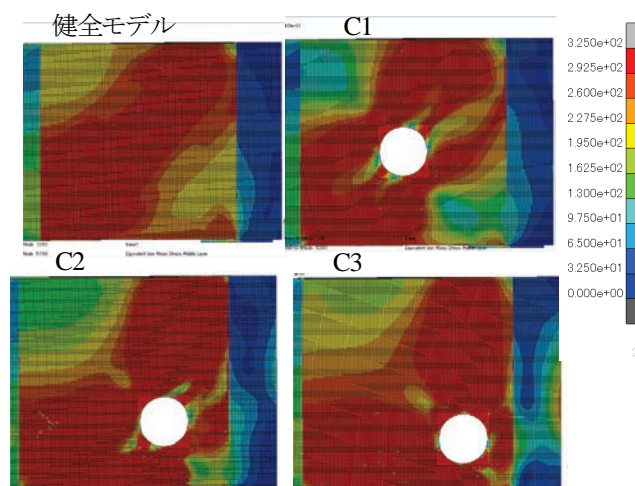


図-5 各モデルの最大荷重時の応力分布

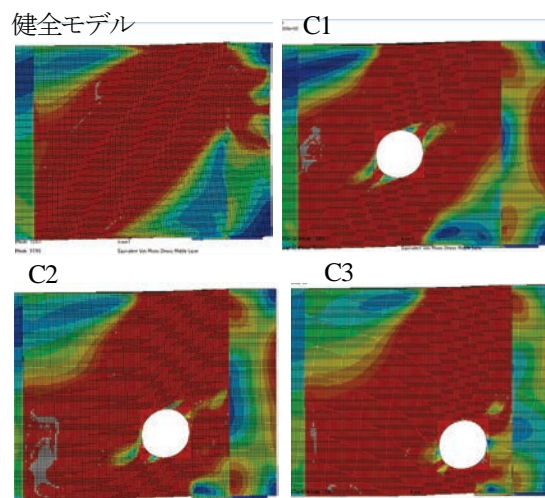


図-6 各モデルの最大変位時の応力分布

場に影響を与えない位置の形状を変更することで、最大荷重を下げずに、通気性を良くして、腐食発生を抑えるような構造とすることができると考えられる。

## 5. 結論

本研究では、せん断座屈を起こす鋼桁の、端部パネルに円形の孔を有するモデルの耐荷力について解析的検討を行った。結果として、斜張力場形成に寄与しない位置に孔を有するモデルでは、耐荷力が下がらないことを示した。今後は支点上補剛材の座屈など、他の破壊形式の桁モデルについても同様の検討を行っていく予定である。

## 参考文献

- 1) 丹波寛夫, 橋本国太郎, 田中大介, 杉浦邦征: 腐食した鋼桁端部の当て板補修に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol.60A, pp.94-104, 2014.
- 2) 前田亮太, 野村昌孝, 野阪克義, 奥村学, 伊藤満: ハイブリッド桁の斜張力場作用を考慮したせん断耐荷力に関する研究, 構造工学論文集, Vol.53A, pp.97-108, 2007.