腐食鋼 I 桁のせん断耐荷力評価に関する研究(その1) ~ 実物大・実腐食試験体による耐荷力実験による検討~

琉球大学 正会員 〇玉城喜章, 下里哲弘, 有住康則, 施工技術総合研究所 正会員 小野秀一

1. 目的

架設から 28 年後に自然崩落した鋼橋の実腐食桁で 計測された腐食減厚分布をモデル化した弾塑性有限要 素解析の結果より、その腐食分布形状によって耐荷力が 低くなる傾向が得られている¹⁾.本研究では腐食分布形 状の異なる腹板のせん断載荷試験体を表1に示す4タ イプの試験体を設計製作し、大型載荷試験機を用いて せん断耐荷力実験を行ない、腐食形状がせん断耐荷力 にどのような影響を与えるのかを検討した.

2. 実験概要

試験体は、実腐食鋼板を腹板に用いた.実験は試験 体両端を単純支持し、中央部の1点で載荷する方法とした.載荷方法は、初期は荷重制御とし、荷重変位が非線 形域以降は変位制御とした.油圧ジャッキは 6000kN を 用いた.写真1に載荷試験の状況を示す.図1に変位 計及びひずみゲージ設置位置を示す.

3. 実験結果

3.1 荷重一変位特性

図2に、荷重と鉛直変位の関係を示す.鉛直変位の 位置は、試験桁スパン中央下フランジである.図より、健 全相当タイプ(試験体1:平均板厚8.13)は腹板下部腐 食タイプ(試験体2:平均板厚7.47mm)に比べ最大荷重 P_{ult}が低下した.また、HS・腹板中央腐食タイプ(試験体 3:平均板厚7.93mm)及びHS・腹板中央腐食(卓越)タイ プ(試験体4:平均板厚7.46mm)の最大荷重は急激に最 大荷重が低下した.

図3に最大荷重と平均板厚減少率の関係を示す.図には、腹板を設計板厚9mmから一様に8mm,7mmに減厚した場合のFEM解析での最大荷重を併記した.縦軸は各最大荷重Pultを設計板厚9mmにおける最大荷重の解析値Pdesign(t=9mm)で無次元化し、横軸は表1における腹板全面の平均板厚を設計板厚で無次元化した.図より、健全相当タイプおよび腹板下部腐食タイプは、腹板の板厚減少に応じて最大荷重は低下する.HS及び腹板中央腐食タイプ及びHS・腹板中央腐食(卓越)タイプの最大荷重は、急激に耐荷力が低下している.これは、腐食形状によっては、板厚減厚に応じて最大荷重を評価できないことを示している.

図4に荷重と中央面外変位の関係を示す.中央面 外変位の計測位置は腹板中央のC-cである.腐食腹 板は健全相当タイプに比べ,中央面外変位の剛性が 低い.HS・腹板中央腐食(卓越)タイプは中央面外 変位の剛性が急激に低下した.

3.2 せん断座屈特性

図5に、一例として試験体4の荷重と最小主ひずみの関係を示す.最小主ひずみは腹板中央付近における表裏面の2つのひずみのプロットしている.せん断座屈荷重 V_c(=1/2P_{cr})は、腹板の表裏面のひずみが分岐する荷重と考えることができる²⁾.

図6に試験体4における水平補剛材近傍の荷重と最

キーワード:鋼I桁,耐荷力実験,腐食減厚,斜め張力場、せん断耐荷力

連 絡 先:〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地 琉球大学工学部環境建設工学科 TEL098-895-8659



図3 最大荷重と平均板厚減少 率の関係 0

 $t_{ave.(all panel)}/t_{design(t=9mm)}$

垣 2000

0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

最大主ひずみ(%)

図6 荷重-最大主ひずみ

の関係(試験体 4)

-085

大主ひずみの関係を示す.荷重 1000kN で主ひずみが 急増しており,図5の最小主ひずみの急増や図4のHS 及び腹板中央腐食(卓越)タイプの中央面外変位の急 増が分岐した荷重と一致している.これは,せん断座屈 後,水平補剛材近傍の腐食部位への応力集中が一因と なって,中央面外変位が増大したと考えられる.

図7にせん断座屈荷重と平均板厚減少率の関係を示 す.図には、4辺単純支持によるせん断座屈荷重計算式 ³⁾により、腹板を設計板厚 9mm から一様に 8mm、7mm に 減厚した場合のせん断座屈荷重 V_{cr,guide}を併記した.平 均板厚は、**表1**の腹板下部パネルの平均板厚とした.健 全相当タイプや腹板下部腐食タイプは、腹板の板厚減 少に比例してせん断座屈荷重が低下するが、HS 及び腹 板中央腐食タイプや HS 及び腹板中央腐食(卓越)タイ プは、急激に減少している.これより、腐食形状によって は、板厚減少に応じてせん断座屈荷重が評価できない 場合があることを示している.

図8に実験値と計算値(4辺単純支持条件)における せん断座屈荷重の比較を示す.HS及び腹板中央腐食 タイプやHS及び腹板中央腐食(卓越)タイプのせん断座 屈荷重が計算式に比べて低い.これは,水平補剛材近 傍に生じた腐食部位がせん断座屈の境界に影響を与 え,せん断座屈荷重の算出時に使用する座屈係数の 条件が異なったことが原因と推定される.

3.3 斜め張力場が負担する荷重の特性

図9に、斜め張力場が負担する荷重V_{t,ex}と平均板厚 減少率の関係を示す、V_{t,ex}は、図10に示す荷重と鉛直 変位の関係においてP_{t,ex}(=1/2V_{t,ex})から求めた、V_{t,guide} は、計算式³より求めた、平均板厚は、表1の張力場の 領域の平均板厚であり、計算式より得られる塑性ヒンジと 張力場の角度から求められる範囲を張力場の領域とした. 全ての試験体は、計算式より大きく、板厚の影響を受け ていない.

図 11 に,実験値と計算値における斜め張力場が負担 する荷重の比較を示す.健全相当タイプや腹板下部腐 食タイプに比べ,HS及び腹板中央腐食タイプやHS及 び腹板中央腐食(卓越)タイプのV_{t,ex}の低い.これは,腐 食減厚の激しい水平補剛材近傍に斜め引張応力の集 中が生じて,斜め張力場の負担する荷重が低下したと考 えられる.



図 12 に,実験値と計算式による終局せん断耐荷力の比較を示す. V_{ult,ex}は,図 10 の P_{ult,ex}の 1/2 であり, V_{ult,guide}は,計算式 ³より求めた. V_{ult,ex}は,健全相当タイプや腹板下部腐食タイプにおいて計算式から求めた V_{ult,guide}より大きいが,HS 及び腹板中央腐食タイプや HS 及び腹板中央腐食(卓越)タイプは,計算式から求めた V_{ult,guide}より低くなっている. これは,図 8 も考慮すると,道路橋示方書⁴⁾における腹板の設計はせん断座屈が生じないことを前提としており,後座屈強度を考慮して安全率が曲げなどに比べて低い値を採用していることに対して,腐食形状によっては危険側になることを示している.

4. まとめ

(1)健全相当や腹板下部が腐食した腹板は、板厚減少に比例して最大荷重が低下するが、水平補剛材近傍腹板が激しく腐食した場合には、板厚減少によって最大荷重やせん断座屈荷重が評価できない.

(2)水平補剛材近傍が激しく腐食した腹板は、計算式よるせん断座屈荷重や終局せん断耐荷力より低く、道路橋示方 書による腹板の設計において、健全相当や腹板下部が腐食した腹板より危険側となる場合がある.

本研究は、国土交通省道路局新道路技術会議「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の委託研究として実施したものである.

【参考文献】

- 3) 土木学会:座屈設計ガイドライン(2005 年度版), 平成 17 年 10 月
- 4) (社)日本道路協会:道路橋示方書·同解説, I 共通編, II 鋼橋編, 平成 14 年 3 月



¹⁾ 玉城喜章, 下里哲弘,有住康則, 矢吹哲哉:実腐食分布を考慮したプレートガータ-のせん断耐荷力特性,鋼構造論文集, 第19巻第73号, pp9-19, 2012.3.

²⁾ 松下裕明, 矢吹哲哉, 有住康則, 岩田節雄: ステンレス鋼を用いたI形断面桁腹板のせん断耐荷力に関する実験的研究, 鋼構造論文集, Vol.50A, pp799-808, 2004.3