

腐食した桁端部下端部の崩壊メカニズムの整理

東京コンサルタンツ(株) 正会員 ○臼倉 誠 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 宇都宮大学大学院 正会員 鈴木 康夫 石川工業高等専門学校 正会員 三ツ木幸子

1. まえがき

近年、鋼橋桁端の支点付近に腐食が数多くあり、その腐食対策に関する研究が報告されている。しかしながら、腐食による様々な断面部分欠損が桁端部の耐荷力低下に及ぼす崩壊メカニズムの詳細は明らかにされておらず、その崩壊状態を考慮した合理的な補修方法の策定は難しい状況にある。これに対して、すでに筆者らは、桁端部をモデル化し、弾塑性有限変位解析を行い、桁端部の下端のウェブおよび補剛材が高さ方向・軸方向に断面減少した場合について、パラメトリックに分析し耐力低下の現象を整理し、崩壊メカニズムのカテゴリー化を試みている^{1) 2)}。

本研究では、文献 1)、2) と同様の手法で 3 次元有限変位弾塑性解析を行い、腐食しないケースと腐食したケースにおける終局荷重について、崩壊状況を踏まえて、評価に必要な指標および傾向を抽出し整理したものを報告する。

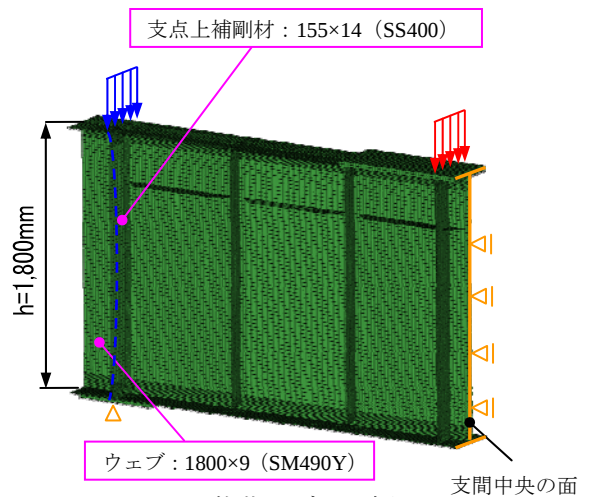
2. 解析概要

(1) 解析対象

一般的なモデル橋梁として、平成 6 年版の標準設計の主要幹線道路橋の単純プレートガーダー橋（設計番号 0240）を採用する。

(2) 解析モデル

支点上付近の構造諸元を変えないことを条件に、対象橋梁の桁端部にせん断力が支配的に載荷されるように、端対傾構から隣接する対傾構間を支間とする単純桁としてモデル化した。また、欠損箇所は要素を設定しないこととし、ソールプレートと載荷板はソリッド要素（弾性体）とし、それ以外は、すべてシェル要素でモデル化した。



図ー1 載荷モデルの概要

(3) 境界条件と載荷方法

対傾構間隔を支間とした桁の中央面（図ー1 中のオレンジ色の線部）には支間中央に対する対称条件を与えている。支点部は、線支承を想定し、支点上補剛材の直下に、ソールプレート幅にわたり回転端とする境界条件を与えた。載荷方法は、図ー1 の赤矢印に示すように、支間中央の垂直補剛材の直上にフランジ幅にわたって載荷板を介して線荷重を載荷した。また、腐食がないモデルでは、青点線に示すように初期不整を設定し、支点上載荷のケースも実施した。

3. 解析ケース

本研究では、文献 1、2) とほぼ同様、腐食なしケース、径間側欠損 3 ケース（欠損幅：130mm, 190mm, 250 mm）桁端側欠損 4 ケース（130mm, 190mm, 250mm, 300mm）補剛材片側欠損ケースおよび補剛材両側欠損ケースの解析を行った。また、欠損高を 10mm, 30mm, 100mm とした。

4. 解析結果と考察

1) 崩壊モードの分類

終局強度の評価に必要なと思われる指標について最大時の座屈形状（対称性）、柱の境界条件、座屈が生じている範囲の結果整理を表ー1 に示す。

キーワード 腐食、桁端部、支点上補剛材、3 次元有限変位弾塑性解析、耐荷力

連絡先 〒101-0063 東京都千代田神田淡路町 2-8-5 第 2 萬代家ビル 2F 東京コンサルタンツ（株） TEL 03-5297-0231

表－1 終局時における崩壊状態一覧

欠損ケース	欠損高	座屈形状				柱の境界条件	座屈が発生している範囲
		局部	全体	せん断	面外変形		
欠損なし	支間中央載荷	0mm	○	○	○	両端ピン	桁高
	支点上載荷	0mm	－	○	－	両端固定	桁高
補剛材欠損	片側欠損	10mm	○	○	－	両端固定	桁高
		30mm	○	○	－	両端固定	桁高
		100mm	－	○	－	両端ピン	桁高
	両側欠損	10mm	－	○	－	片端ピン、片端固定	桁高
		30mm	－	○	－	片端ピン、片端固定	桁高
		100mm	○	○	－	△片端ピン、片端固定	桁高
ウェブ欠損	径間側	130mm欠損	10mm	○	－	△両端ピン	桁高の1/2
			30mm	○	－	△両端ピン	桁高の1/2
			100mm	－	○	○片端ピン、片端固定	桁高
		190mm欠損	10mm	○	－	△両端ピン	桁高の1/2
			30mm	○	－	△両端ピン	桁高の1/2
			100mm	－	○	○片端ピン、片端固定	桁高
	桁端側	250mm欠損	10mm	○	－	○両端ピン	桁高の1/2
			30mm	○	－	○両端ピン	桁高の1/2
			100mm	－	○	○片端ピン、片端固定	桁高
		130mm欠損	10mm	○	－	○両端ピン	桁高の1/2
			30mm	○	－	○両端ピン	桁高の1/2
			100mm	－	○	○片端ピン、片端固定	桁高
		190mm欠損	10mm	○	－	○両端ピン	桁高の1/2
			30mm	○	－	○両端ピン	桁高の1/2
			100mm	－	○	○片端ピン、片端固定	桁高
		250mm欠損	10mm	○	－	○両端ピン	桁高の1/2
			30mm	○	－	○両端ピン	桁高の1/2
			100mm	－	○	○片端ピン、片端固定	桁高
	300mm欠損	10mm	○	－	－	△両端ピン	桁高の1/2
			30mm	－	－	△両端ピン	桁高の1/2
			100mm	－	－	△両端ピン	桁高
		30mm	－	－	－	△両端ピン	桁高
			100mm	－	－	△両端ピン	桁高
			300mm	－	－	△両端ピン	桁高

座屈形状の凡例

- ・局部：桁端部桁下部に発生する局部座屈
- ・全体：支点位置に生じる全体座屈
- ・せん断：径間側ウェブに生じるせん断座屈
- ・面外変形：桁端側ウェブに生じる面外変形
- ：崩壊が支配的
- △：支配的ではないが崩壊に影響がある
- －：崩壊による影響が低い

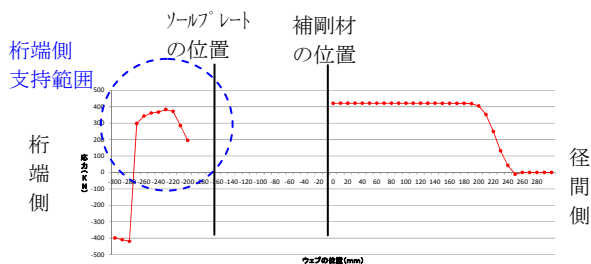
欠損がないケースおよび欠損形状が対称のケースでは、柱としての全体座屈が支配的になり、非対称のケースは、桁端部下端部に局部座屈が発生して崩壊する傾向がある。ウェブ欠損の場合はせん断座屈が先行し、その後局部座屈が発生している。なお、欠損幅が増加した場合、桁端側ウェブ全欠損ケース（欠損幅 300mm）はせん断座屈が支配的にならず、支圧による変形が見られる。

2) 欠損高による結果の違い

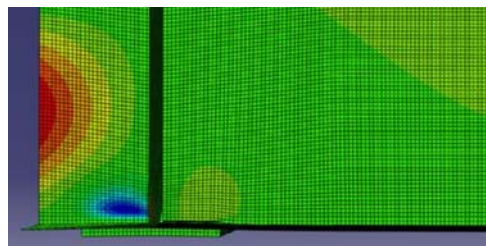
欠損高 10mm, 30mm と 100mm より崩壊形状に変化がみられた。欠損高 10mm, 30mm では似たような崩壊形態を示し、大きな違いが見られなかった。ただし、欠損高 100mm のケースは、局部座屈は生じず、桁端側ウェブのパネルの面外変形による影響と径間側ウェブのせん断座屈による影響により、全体座屈が発生していた。

3) 欠損位置による結果の違い

欠損幅に応じて、下フランジに働く鉛直圧縮応力の範囲が異なっていた。補剛材は、欠損がなければ全て下フランジに働いていることが確認できた。ウェブは欠損位置より異なるが、ソールプレートより内側だけでなく外側にも鉛直圧縮応力が働いていることが確認できた。さらにソールプレート幅よりも外側まで腐食された状態であっても鉛直圧縮応力が下フランジに働いていることが確認できた（図－2 参照）。なお、桁端部の下端部に発生された局部座屈は、軸圧縮応力が働いている範囲とは異なり、ソールプレート幅で働いていた。ソールプレート幅で変位しているコンター図を図－3 に示す。



図－2 最大荷重時の軸圧縮力の応力図（ウェブ）



図－3 面外変位コンター図（ウェブ）

5. まとめ

腐食を模擬したケースにおいて、終局荷重の評価のための崩壊形状の整理を行った。今後は整理結果を踏まえて耐力評価を試みる予定である。

参考文献

- 1) 臼倉誠他4名：鋸桁端部の支点上のウェブと補剛材の下端腐食範囲の違いがその耐力特性に及ぼす影響，構造工学論文集，Vol.57A，pp.724-734，2011年
- 2) 臼倉誠他4名：下端部が腐食した桁端部の崩壊メカニズムの分類および考察，土木学会第67回年次学術講演会概要集，I-172，2012年