

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

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 松村 政秀
 大阪市立大学大学院 学生会員 木村 聡

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 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確認され、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力低下に及ぼす影響など、その崩壊メカニズムは明らかにされていない部分も多く、崩壊状態を考慮した合理的な補修設計法が確立されていない。これに対して、筆者らは、桁端部をモデル化し、弾塑性有限変位解析によるパラメトリック解析を行い、桁端部の下端のウェブおよび補剛材が高さ方向・軸方向に断面欠損した場合について、最大荷重の低下の傾向を整理した。

本研究では、文献 3)と同様の手法で 3 次元有限変位弾塑性解析を行い、初期不整の影響を腐食損傷がないケースで検証するとともに、崩壊メカニズムを解明するため、これまで行ってきた腐食による断面欠損した桁端部下端部の解析データを分析し、その変形状況を整理し報告するものである。

2. 解析概要

(1) 解析対象モデル

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）を採用している。

(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。

(3) 境界条件、載荷方法、および初期不整

対傾構間隔を支間とした桁の中央面（図-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、ウェブの有効幅を考慮していない線支承を対象とし、支点上補剛材の直下に、ソールプレート幅にわたって回転端とする境界条件を与えた。載荷方法は、支点上補剛材は柱の軸方向圧縮応力が下端で最大となる三角形分布を仮定して柱として設計されるので、図-1 の赤矢印に示すように、支間中央に鉛直荷重を想定して、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、載荷条件の検討として図-1 の青矢印に示すように支点上に載荷した。

初期不整は、図-1 のピンク点線のように支点上の垂直補剛材の自由端の面外変形が生じるように高さ 1/2 の位置に支点に対して点対照になるように製作誤差の許容値（垂直補剛材の幅 $B = 1/100$ ）を設置した。

3. 解析ケース

本研究では、文献 3)の載荷ケースに対して、初期不整を入れた 2 ケースの解析を追加し、断面欠損 10mm の結果を用いて分析を行った。

4. 解析および分析結果と考察

(1) 初期不整の影響

補剛材に初期不整を考慮した直上載荷ケースの解析の変形モードと文献 2)の直上載荷における載荷実験に

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、耐力

連絡先 〒168-0063 東京都杉並区泉 3-1-8 東京コンサルタンツ(株) TEL 03-3325-7581

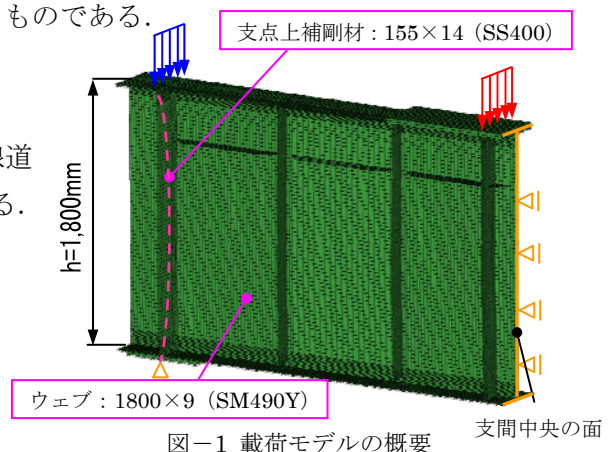


図-1 載荷モデルの概要

における変形モードを比較した結果、比較的近い変形モードが確認された。

文献 3)の初期不整がない場合では、支間中央載荷の最大荷重が支点直上載荷のそれより約 1.3 倍となり増加している。初期不整を考慮することで直上載荷の場合では、約 5.7%の耐荷力の低下、支間中央の場合では、

約 1.6%の耐荷力の低下が見られた。このように、補剛材に初期不整を入れたモデルでは、支間中央載荷の方が直上載荷に比べて耐荷力の低下が小さく、初期不整の影響が小さいことがわかった。

(2) 桁端下端部の崩壊メカニズム

支間中央載荷の場合に対して、桁端下端部の崩壊状況を確認した。その結果、桁端下端部で荷重低下に至るまでの変形性状の傾向はほぼ同じであった。どのケースにおいても、最初に生じる変化は、支間中央載荷による支点部の曲げ変形であり、支点部の上端部は荷重が載荷されている径間側に、下端部は桁端側に徐々に変位していた。なお、その変位量は非常に小さいものである。次の段階では片方の補剛材が桁端側へ反転し、補剛材にねじれ現象が生じた。その後の変形の傾向は、腐食範囲により程度こそ異なるものの、断面欠損箇所が同じであり、以下の①～③の崩壊パターンに集約されると考えられる。

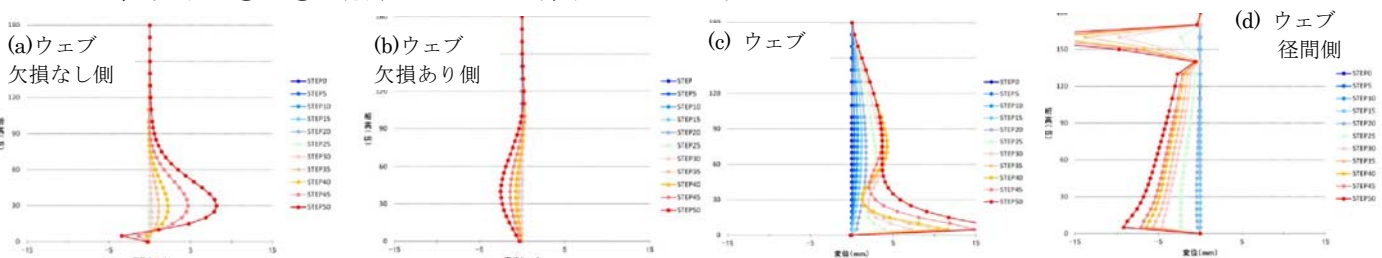


図-2 各断面として見られた変位の形状

①ウェブ欠損：欠損ない側は、下フランジで支持されている垂直補剛材の下端部から変形（径間側ウェブ欠損時では局部座屈、桁端側ウェブ欠損時では面外変形が伴った局部座屈）が起こり、それに追従し、欠損がないウェブ下端部に同様の変形が生じている（図-2 (a) 参照）。欠損側は下端が自由のため、応力が小さく、降伏には至らなく、弾性変形し、桁高の約半分から連続した曲線がみられる（図-2 (b) 参照）。この形状からは、有効座屈長が桁高の約半分であると推測できる。

②補剛材片側欠損：下フランジに支持されている垂直補剛材とウェブが、ほぼ同じ段階で①と同じような局部座屈が生じている。ウェブおよび補剛材の変形は柱としての 1 次座屈モードと①と同じ局部座屈の組合せた形状がみられる（図-2 (c) 参照）。

③補剛材両側欠損：桁端側のウェブは、下方部において拘束効果がない自由端の影響とみられる面外変形が見られ、径間側のウェブは、水平補剛材に拘束され上方部においてウェブで局部座屈が見られた（図-2 (d) 参照）。この局部座屈は、柱としての耐荷力の低下により、曲げ圧縮されたものと考えられる。

5. まとめ

支間中央載荷における各ケースの補剛材の影響は、初期不整を考慮した本解析の結果から、支点上載荷のケースより小さく、その低下量はわずかに約 2%と影響は小さいことがわかった。また、断面欠損状況に着目して崩壊のメカニズムを明らかにし、カテゴリー化を試みた。今後は、変形モードについて、さらに検討するとともに、柱として設計する場合の有効断面積の考え方を整理する予定である。

参考文献

- 1) 村越潤，他 2 名：鋼橋桁端部の腐食対策に関する研究，土木研究所資料 No.4142，独立行政法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター，2010 年
- 2) 濱田哲，佐々木栄一，他 3 名：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，日本鋼構造協会 鋼構造年次論文報告集 第 17 巻 pp.731-738，2009 年
- 3) 臼倉誠他4名：鉸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，2011年

表-1 初期不整による最大荷重

	最大荷重 (kN)	
	直上に載荷	支間中央に載荷
初期不整あり	1,917	2,428
初期不整なし	2,033	2,467