

桁端腐食が鋼 I 桁の耐荷力に与える影響解析

首都高速道路技術センター 正会員○上條崇 同左 正会員 増井隆
首都高速道路 正会員 鈴木寛久

1. はじめに

鋼 I 桁橋の桁端部は、伸縮継手部からの漏水などにより非常に厳しい腐食環境にある。首都高速道路でも桁端部に多数の腐食損傷が報告されており、鋼部材の板厚が減少したり、場合によっては欠損している。それらの処置としては、減厚量に応じて塗装補修や当て板補強が実施されているが、減厚量に対する耐荷性能の低下の度合いが十分には明らかにされていない。本報告では、首都高速道路の鋼 I 桁橋に生じている腐食損傷の傾向を把握するために、点検記録を整理した結果と腐食損傷が耐荷力に与える影響を FEM で検討した結果について述べる。

2. 桁端部の腐食損傷

首都高速道路において、H20～H27 年度に実施された定期点検の結果から、鋼 I 桁の桁端部の腐食に関する事例を抽出した。対象は 9631 件となった。これらの腐食損傷を部位別に集計した結果を図-1 に示す。同図から、桁端部で腐食損傷が最も多く生じているのは主桁上フランジであり、以下、主桁下フランジ、端横桁・端対傾構、主桁ウェブ、支点上補剛材の順で腐食損傷が多い。

3. 桁端部の耐荷力に関する解析

桁端部は、①ウェブのせん断耐力、②支点上の柱としての圧縮耐力、③軸力と曲げを受ける部材としての耐力の 3 つの耐荷性能について検討が必要である。

①、②の耐荷性能は主に常時の荷重組合せが対象であり、この場合、鋼材は降伏点または座屈強度に対して 1.7 程度の安全率を有していることから、腐食による板厚減少が生じて、すぐに安全性が脅かされることはないと考えられる。一方、③の耐荷性能は、橋軸直角方向に作用する地震荷重が対象となる^{1),2)}ものであるが、建設当時は L2 地震に対する設計がなされていないことと、L1 地震に対しても許容応力度の割り増しを考慮しているため $1.7 / 1.5 = 1.13$ 程度の安全率であることから、腐食による板厚減少の影響が大きいと考えられる。

そこで本検討では、桁端部の支点上補剛材とウェブの下端付近が腐食している状態を想定して橋軸直角方向の地震荷重が桁端部に作用する場合の耐荷力を解析的に検討した。解析には Midas NFX 2016 を使用した。解析では材料非線形性と幾何学的非線形性を考慮し、初期不整(残留応力, 初期たわみ)は考慮しなかった。

(1) 解析モデル 首都高速道路で橋数が多い鋼単純合成 I 桁橋を解析対象とした。この橋梁は 5 主桁の単純合成桁であり、床版補強のために縦桁が増設され、中間対傾構は横桁に取替えられている。腐食を考慮した解析は、桁端部の 1 格間分を切り出した部分モデル(図-2, 図-3)で計算した。荷重は各桁の頂部に集中荷重として作用させた。解析では、支点上補剛材とウェブに腐食を考慮することとし、2. の調査を踏まえて図-4 に示す腐食範囲の板厚を腐食率(減厚率) 20, 40, 60%で低減した。腐食率 40%のケースでは、支点上補剛材のみが腐食した場合と、支点上補剛材とウェブが同時に腐食した場合の両方を解析し、さらに、腐食している桁の本数を 1 本(G1のみ)、3 本(G1, G3, G5)、5 本(G1～G5 全て)と変化させた。

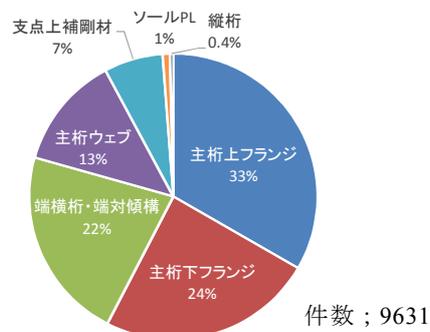


図-1 部位別の腐食の構成

本解析ではモデルを簡素にするために支承やソールプレートはモ

キーワード 桁端, 腐食, 耐荷力

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (一財)首都高速道路技術センター 技術研究所 TEL 03-3578-5772

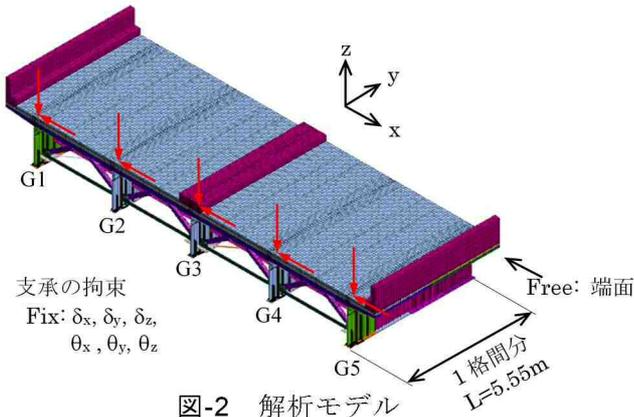


図-2 解析モデル

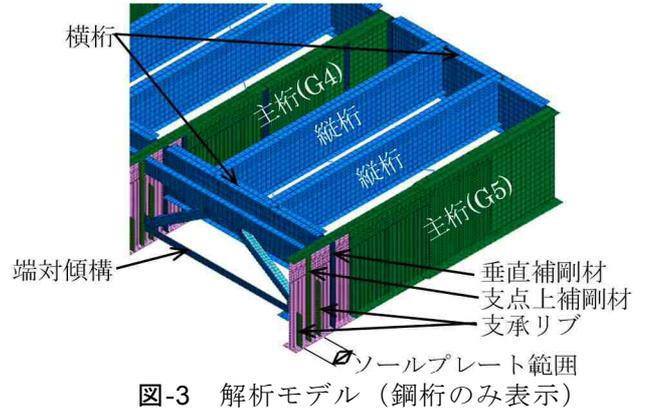


図-3 解析モデル (鋼桁のみ表示)

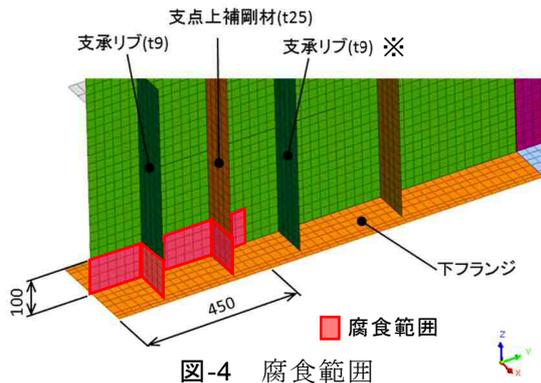


図-4 腐食範囲

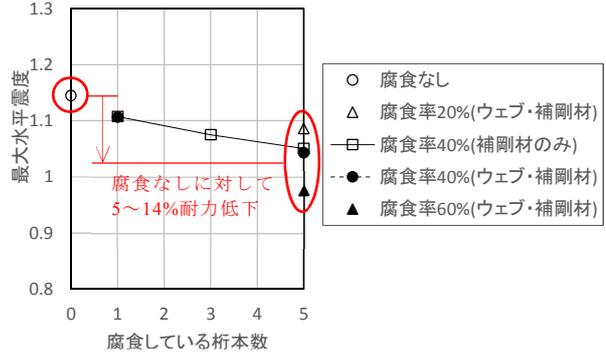


図-5 最大耐力の計算結果

モデル化しなかった。但し、下フランジはソールプレートや上巻によって変形を拘束されるので、ソールプレートに接する範囲の下フランジに剛域を設けて、この剛域の中心の節点に図-2の拘束条件を与えた。鋼材は完全弾塑性型の応力-ひずみ関係とし、コンクリートは弾性体とした。

(2) 解析結果 最大耐力時には、端対傾構の圧縮斜材が塑性化して座屈するとともに支点上補剛材の下端が塑性化していた。解析で得られた最大耐力をまとめて図-5に示す。同図から以下の傾向が確認できる。

- 1) 全ての桁に腐食を考慮し、腐食率を20%~60%の間で変化させた場合、耐力低下率は5~14%であった。
- 2) 腐食率を40%とし、ウェブと支点上補剛材に腐食を考慮した場合(●)と、支点上補剛材のみに腐食を考慮した場合(□)の最大耐力はほぼ同等であり、ウェブの腐食は最大耐力にほとんど影響しなかった。
- 3) 腐食なし(○)と腐食率40%(□, ●)の結果から、腐食している桁本数と最大耐力の間には概ね線形の関係が成り立っていた。

耐力低下率が腐食率より小さくなる理由は、a) 最大耐力に端対傾構の座屈強度が影響すること b) 支間側の支承リブ(図-4の※)を介しても水平力が支点へ伝達されること c) 床版補強用の横桁と垂直補剛材が水平力に抵抗したことなどが考えられる。なお、横桁・垂直補剛材はソールプレート範囲から離れた位置にあるため、これらが受け持つ水平力は支点まで直接には伝達されず、横桁・垂直補剛材-主桁下フランジ(面内せん断力)-支点の経路によって伝達される。

以上から、橋軸直角方向の地震荷重を受ける桁端部の耐荷力は、端対傾構の座屈強度、支点上補剛材の腐食率および腐食している桁本数の影響が大きい。また、桁端部の構造詳細によっては、主桁下フランジの腐食も橋軸直角方向の耐荷力に影響する可能性がある。

4. おわりに

点検記録の整理を通して腐食損傷の傾向を確認した。また、桁端腐食が橋軸直角方向地震に対する耐荷力に与える影響をFEMで確認した。支点の拘束条件が橋軸直角方向の耐荷力に影響すること¹⁾や腐食部位によっては着目すべき耐荷性能が変わることについて、解析条件を広げて引き続き検討したい。

参考文献 1) 齊藤, 山本, 谷中, 渡辺: ゴム支承を有する既設鋼I桁橋端部の橋軸直角方向の耐震性能に関する基礎実験, 土木学会第54回年次学術講演会, I-A331, pp.662-663, 1999. 2) 有山, 山口, 松村: 支承条件およびウェブギャップの高さが端対傾構を有する桁端部の耐荷性能に及ぼす影響, 土木学会第70回年次学術講演会, I-131, 2015.