

単純単桁モデルを用いた桁端切欠き部の面内・面外曲げに関する一考察

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○齋藤 豪

1. はじめに

鋼橋において、桁端部に切欠き（以下、切欠き部と呼ぶ）を設けたもののうち、補剛材や割込みフランジがない構造では、ウェブのはらみ出しや疲労損傷が報告されている。本稿では、切欠き部に発生する応力について、面内と面外成分の影響を個別に評価するため、単純単桁モデルに荷重を桁線上および偏心線上に載荷する有限要素解析を行った。（以下、それぞれ軸線載荷、偏心載荷と呼ぶ）また、補強部材の効果についても確認した。その結果を報告する。

2. 解析内容および結果

①荷重載荷位置と切欠き部の応力性状（図-1）

切欠き部を有する単純単桁をシェル要素（床版のみソリッド要素）によりモデル化した。弾性係数は $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は 0.3、着目部の最小要素寸法は局所的な応力の絶対値を求めることを目的とせず、着目部周辺の応力性状を確認することを目的としていることから $5 \times 5 \text{ mm}$ とした。荷重は 98 kN の集中荷重を、軸線載荷はウェブ直上のラインに、偏心載荷は 1 m ずらしたラインに、イ〜ト点に載荷した。

【結果】解析結果は切欠き部拡大図の着目する節点について、最大および最小主応力の値を抽出した。軸線載荷は表裏の値が同等であるが、偏心載荷は異なるため最大最小は卓越している面の値を用いた。主応力方向は大きな変化がなかったため解析ソフトのベクトル図ではなく、方向を記した概略図のみ添付した。軸線載荷では切欠き部をとじる方向、偏心載荷では切欠き部の角を中心に放射状でウェブ表裏で正負が異なる。

軸線載荷ではスパン中央のト点で最小応力 -10 N/mm^2 が生じ、偏心載荷では切欠き部直上より支間側のロ点で最大 22 N/mm^2 、ハ点で最小 -25 N/mm^2 が生じた。これは単純単桁では、支間中央でたわみが最大となり切欠きのとじ閉じが最大に、一方、切欠き部を面外へ回転させる力は直上付近で最大となるためと考えられる。絶対値は偏心載荷の方が高い。

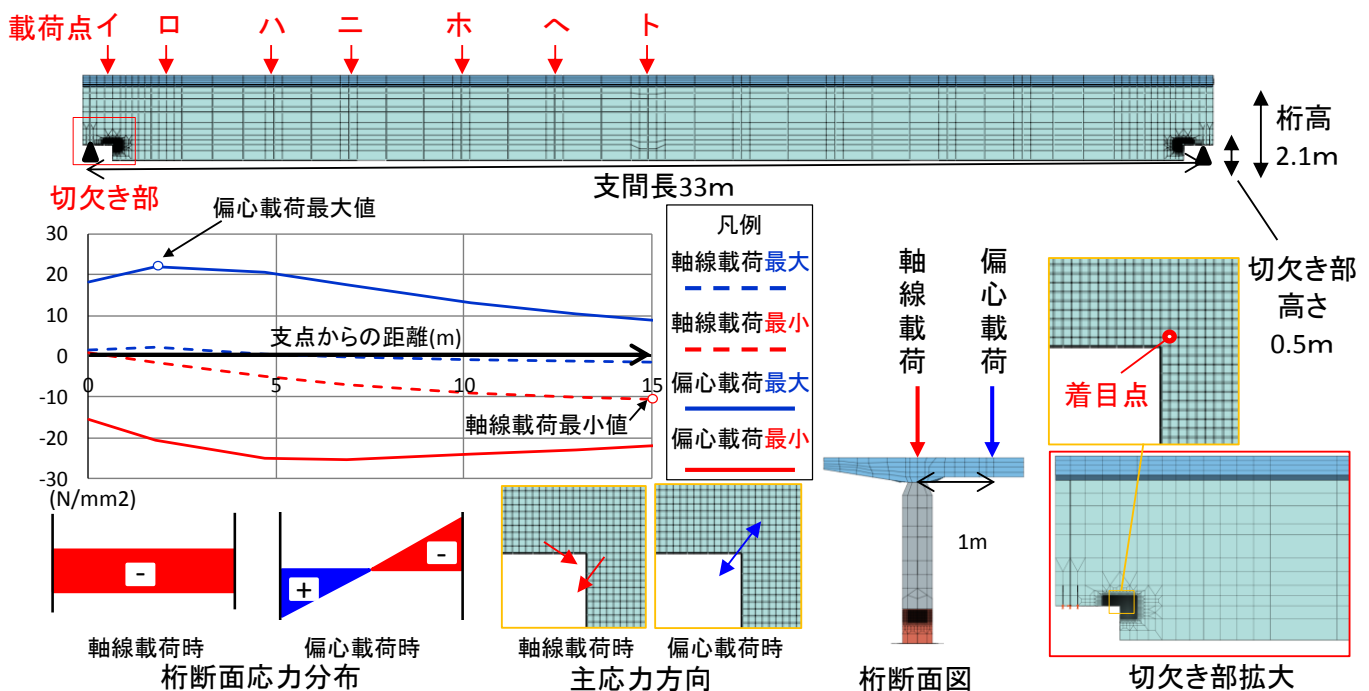


図-1 単純鋼 I 桁の荷重載荷位置と切欠き部の応力性状

②垂直補剛材および割込みフランジ付きの補強板による補強構造の特性 (図-2)

適用事例 2)がある垂直補剛材と割込みフランジを有する補強板による補強構造に対し、部材の有無と既設フランジへの接合条件を変えた a～f の 6 タイプのモデルの解析を行った。荷重は無補強で応力が高い载荷点として軸線载荷はト点、偏心载荷はロ点とした。補強板はウェブ板厚を(9→28mm)と厚くすることでモデル化した。応力は、既設フランジから 5 mm離れたラインの鉛直方向(Y-Y)、水平方向(X-X)の節点応力分布から、ピーク値を抽出して評価対象とした。偏心载荷は面外曲げが卓越するため引張側の縁応力を、軸線载荷は圧縮の面内応力が卓越するため、最小応力の表裏平均値を抽出した。グラフに応力分布を、表に無補強モデル a のピーク値に対する各モデルの比率を示す。

【結果】表より、軸線载荷では補強板のみ設置 b で応力は無補強の 76%程度であるが、割込み Flg を既設フランジに接合する構造 f では、19%と大きく低減する。偏心载荷では、補剛材を既設フランジに接合した構造 d では、7%と大きく低減されるが、補強板のみ設置 b や既設フランジに接合しない構造 c では応力が増加した。補剛材、割込みフランジのどちらかを既設フランジに接合した構造 e, f は、両方接合した構造 d に比べ効果が低く、特に割込みフランジを接合しない場合の補強効果は低くなる。

3. まとめおよび考察

- ・切欠き部に生じる応力は、単桁の場合、軸線载荷ではスパン中央、偏心载荷では直上付近で最大となる。
- ・軸線载荷では圧縮の面内応力、偏心载荷では面外曲げ応力が卓越し、偏心载荷による値の方が大きい。
- ・引用の補強材を設置した場合、軸線载荷に対する補強効果は補強板設置のみでは低く、補剛材を既設フランジに接合した場合に高い応力低減効果がえられる。
- ・引用の補強材を設置した場合、偏心载荷による補強効果は、垂直補剛材および割込みフランジを既設フランジに接合した場合に大きく得られ、接合がない場合や補強板のみの場合、応力は増加する。

以上から、主桁の面外曲げが大きくなる構造は、切欠き部により高い応力が生じる可能性がある。また、本稿記載の補強構造では(既設フランジと補強板の離隔により影響は異なると考えられるが)、既設フランジに補剛材の接合がない補強板を設置した場合、面外曲げにより溶接部の応力が増加する恐れがある。桁に面外曲げが生じやすい構造としては、鋼桁橋の外桁や、切欠き部に控え材のない箱桁、およびその曲線橋や斜橋と考えられる。鋼桁橋では橋梁全体の剛性が低い場合、外桁の面外変形が大きくなるため、横桁を増設するなどにより剛性を高めることで、切欠き部に生じる応力を間接的に低減できる可能性が考えられる。

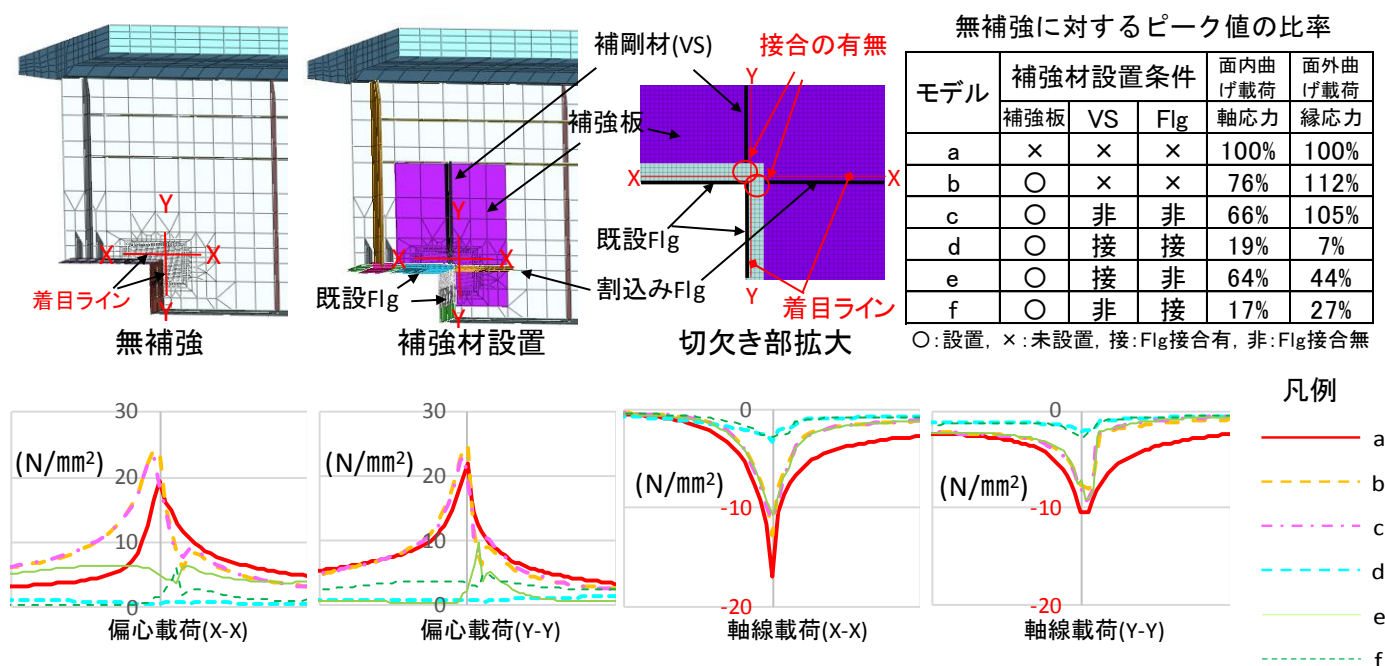


図-2 補強材設置条件の応力低減効果への影響