

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

鋼橋の支承部の疲労変状を診断する

戦前に多く架設されたリベット桁では、支承部の下フランジに疲労き裂がしばしば発生しています。この疲労き裂の発生は、支承が桁を適正に支持できず、列車通過時に下フランジに高い応力を生じることが原因です。したがって、支承の支持状態と下フランジ応力の関係を明らかにし、疲労き裂の発生に対する支承部の健全性を診断できれば、疲労き裂の発生を未然に防ぐ予防保全が可能になります。ここでは、支承の支持状態と下フランジに発生する応力の関係の評価、およびその結果にもとづいた支承部の健全性の診断方法の概要を紹介します。

はじめに

鋼橋(図1)の代表的な変状の一つに疲労き裂があります(図2)。疲労き裂は、列車通過時の荷重の繰り返しにより発生し、短期間のうちに部材破断などの重大な損傷につながる場合があります。したがって、疲労き裂はとくに注意を要する変状といえます。

リベット桁(☞参照)の支承部の下フランジに発生する疲労き裂(図3)は、鋼橋にもっとも多くみられる疲労き裂の一つです。この疲労き裂に対する補修として、下フランジの部材交換¹⁾が行われていますが、施工時に桁の仮受けが必要なため、多くの費用と期間を

要しています。

当該箇所での疲労き裂の発生は、経年にとまなう鋼部材の摩耗や沓座^{ジョー}の劣化などにより支承が桁を適正に支持できず、下フランジに発生する高い応力が原因と考えられています。したがって、支承の支持状態と下フランジに発生する応力との関係を明らかにし、疲労き裂の発生に対する支承部の健全性を診断することができれば、疲労き裂の発生を未然に防止できると考えられます。

ここでは、リベット桁の支承の支持状態に着目し、疲労き裂の発生に対する支承部の健全性の診断方法を検討してきたので、その概要を紹介します。



吉田 善紀
Yoshinori Yoshida
構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室
副主任研究員
【専門分野】 鋼構造, 複合構造



小林 裕介
Yusuke Kobayashi
構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室
主任研究員
【専門分野】 鋼構造, 複合構造



濱上 洋平
Yohei Hamagami
前 構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室
研究員
【専門分野】 鋼構造, 複合構造



永坂 亮介
Ryoosuke Nagasaka
前 構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室
研究員
【専門分野】 鋼構造, 複合構造

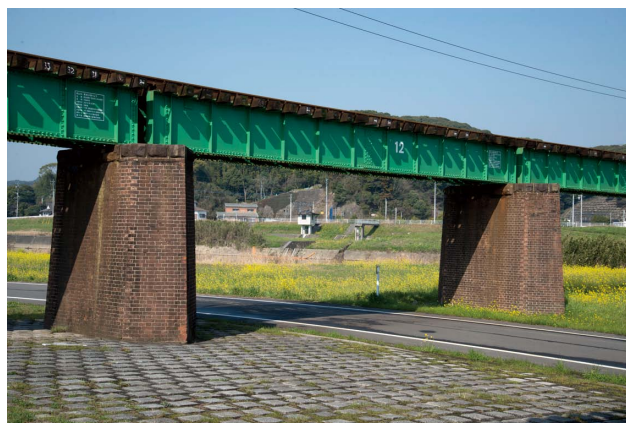


図1 鋼橋の例: 平成筑豊鉄道の嘉麻川橋りょう(上り線)

☞ リベット桁

鋼板と山形鋼を組み合わせてリベットにより接合した鋼桁です。戦前に多く架設され、その多くが現在も現役として使用されています。

支承の支持状態と応力発生因子

疲労き裂が発生しているリベット桁では、支承上面や端補剛材下端に図4のような隙を生じた支持状態になっています²⁾。図4中の支承の隙や端補剛材の隙は、経年による鋼部材の摩耗や沓座の劣化などにより発生・進行するものであり、下フランジの応力を左右する因子になると考えられます。また、列車通過時に支承部に作用する力(支点反力)は、通過列車や桁の諸元により異なります。

そこで、支承の隙、端補剛材の隙と、列車通過時の支点反力について、下フランジに発生する応力との関係を調べました。

支承の隙と応力の関係

支承の端部(図4(a))や中央(図4(b))に隙を生じた場合の下フランジの応力を確認するため、実物大のリベット桁を模擬した載荷試験(図5)により、図4(a)、(b)のような隙を再現し、荷重載荷時の応力を比較しました。なお、リベット桁の端補剛材(山形鋼)は下フランジと密着するように設置されていますが、経年による摩耗により端補剛材の下端には隙(図4)を生じている場合が多いため、ここでは、端補剛材を下フランジから離れた条件(端補剛材の隙“あり”)で、支承の隙のみを変化させました。

図6に、列車通過時の支点反力に相当する荷重(420kN)を載荷したときの下フランジの応力分布を示します。いずれの場合も、支承の隙“あり”の方が、“なし”よりも下フランジの応力は高くなっていることがわかります。これは、下フランジが

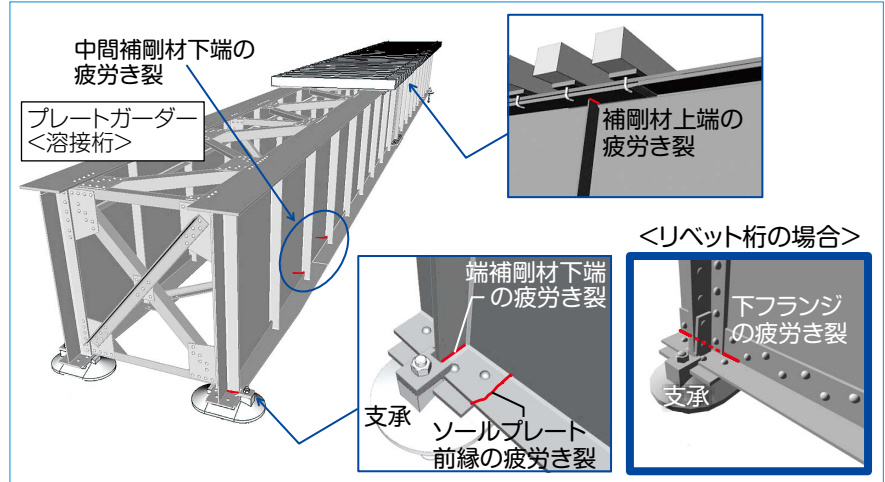


図2 鋼橋に発生する疲労き裂(プレートガーダーの例)

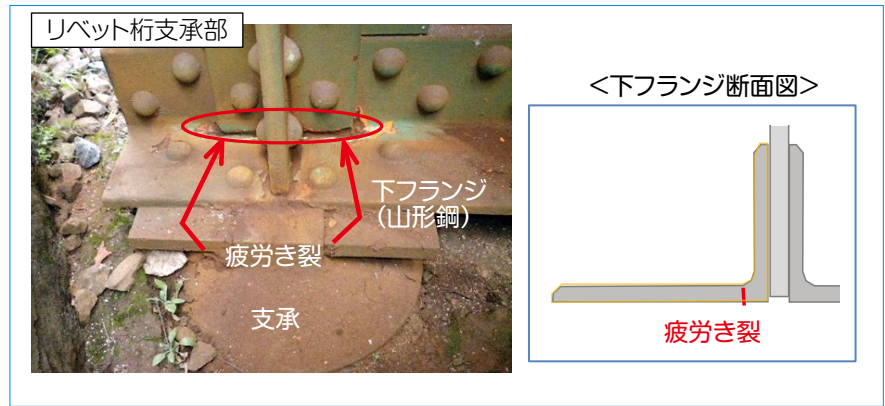


図3 リベット桁下フランジの疲労き裂

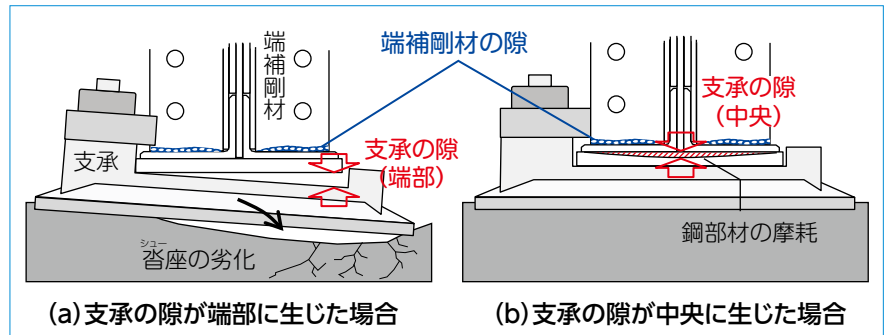


図4 リベット桁に発生する支承の隙および端補剛材の隙

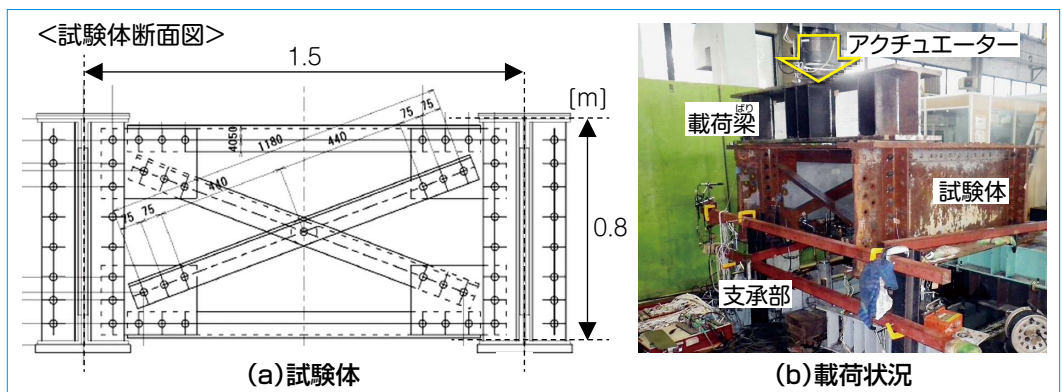


図5 載荷試験概要

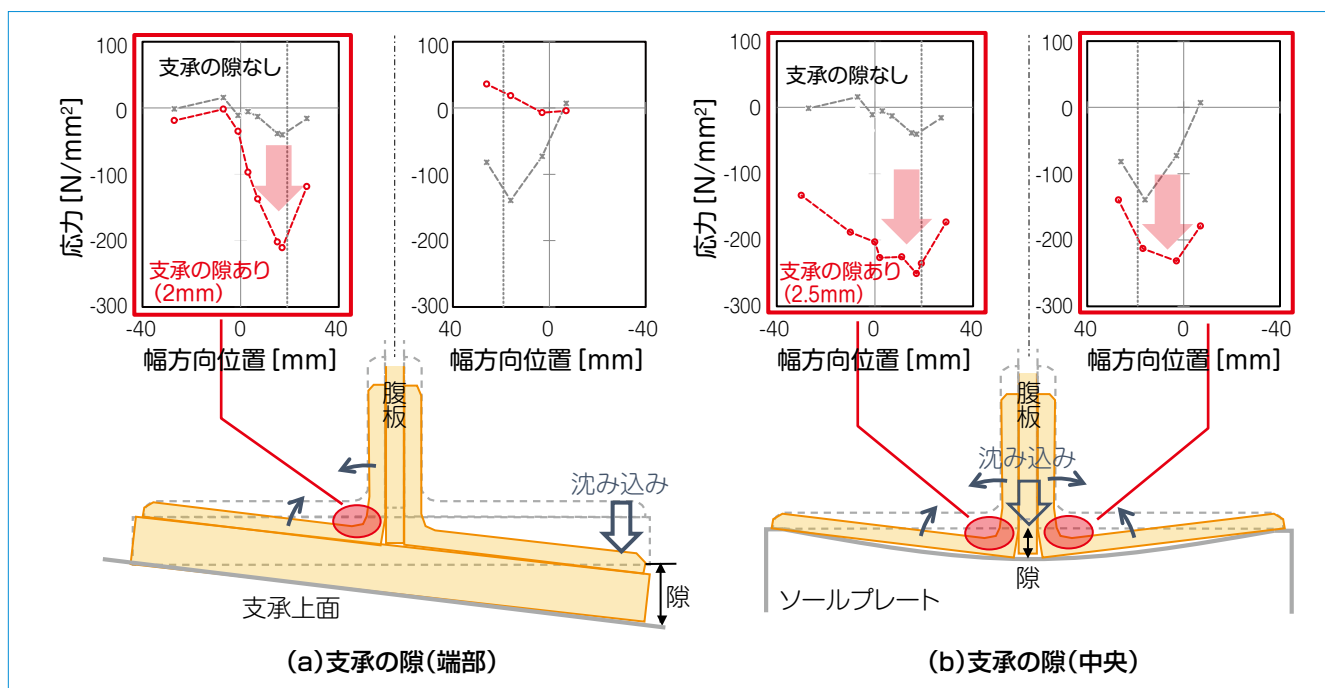


図6 支承の隙を変えた場合の下フランジ応力分布

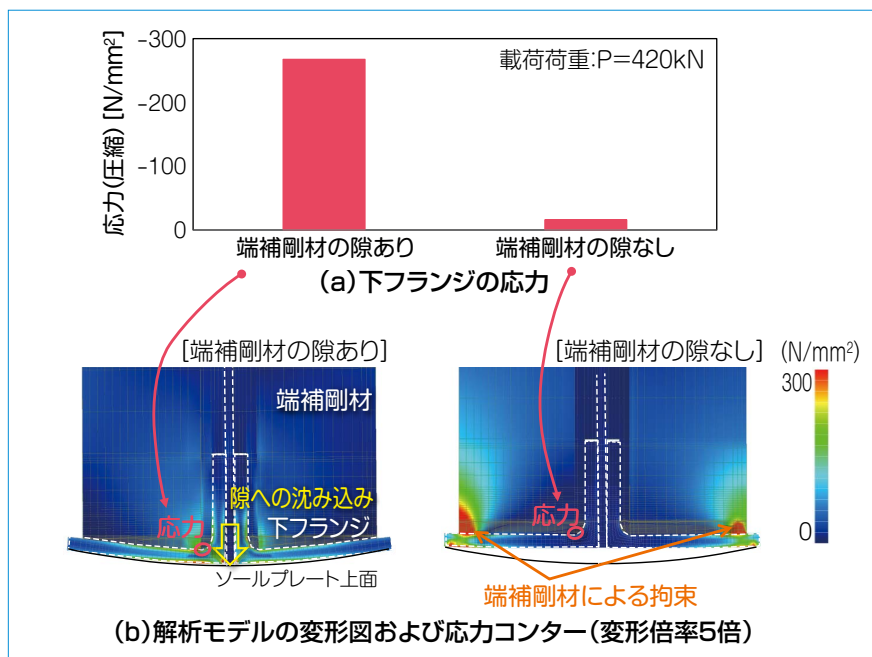


図7 端補剛材の隙を変化させた解析結果

支承の隙に沈み込むことによって、下フランジが腹板側に曲がるように変形したためです。

この結果より、支承の隙が生じることで、リベット桁の下フランジに高い応力が発生しやすくなることがわかりました。

端補剛材の隙と応力の関係

ここでは、端補剛材の隙と下フランジの応力の関係を明らかにするため、前述の载荷試験の試験体と支承の支持状態を模擬したFEM解析(有限要素法)を行い、端補剛材の隙の条件を変えて下フランジの応力を比較しました。

解析結果の一例として、支承の隙(中央)を導入して、端補剛材の隙を変化させた場合の下フランジの応力と解析モデルの変形図を図7に示します。端補剛材の隙“なし”の場合では、“あり”の場合と比べて下フランジの応力は低くなっていることがわかります。これは、解析モデルの変形図からわかるように、下フランジが支承の隙に沈み込むとすることを、端補剛材が拘束するためです。

この結果より、支承の隙が生じていても、端補剛材の隙がない場合は、下フランジに高い応力が発生しにくいことがわかりました。

列車通過時の支点反力と応力の関係

列車通過時の支点反力は、通過列車(軸重および軸配置)や桁支間により異なります。支点反力の違いが下フランジの応力に及ぼす影響を確認するため、前述のFEM解析により、通過列車および桁支間が異なる場合の支点反力で下フランジの応力を比較しました。

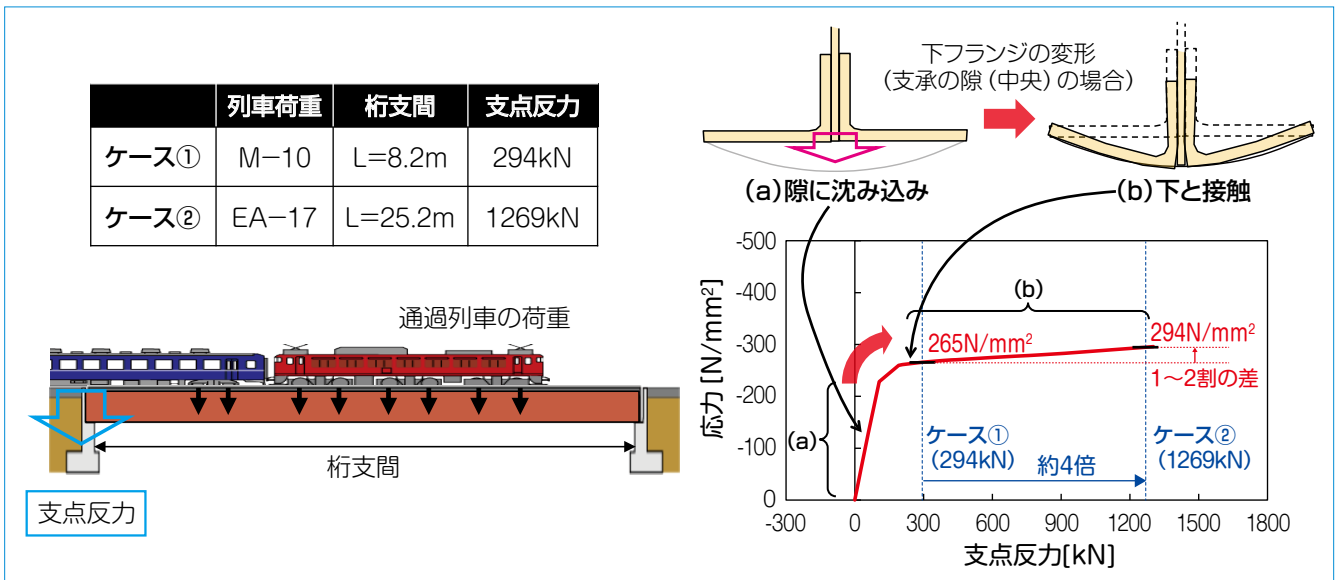


図8 下フランジの応力と支点反力の関係

図8に、支承の隙(中央)を導入して荷重を漸増させた場合の下フランジの応力と支点反力の関係を示します。下フランジの応力は、支点反力がある程度大きくなると、ほとんど変化しなくなっていることがわかります(a)→(b))。これは、下フランジが下と接触することにより、それ以上の沈み込みが生じなくなるためです。

図8中には、通過列車の荷重および桁支間が異なる2ケースの支点反力を点線で示しています。ケース①、ケース②では、支点反力に約4倍もの差がありますが、下フランジの応力には1~2割程度の差しか生じていないことがわかります。これは、通過列車や桁支間の条件によらず、下フランジが下と接するまで沈み込むためです。

この結果より、実橋で想定される条件の範囲では、通過列車や桁支間による支点反力の違いが下フランジの応力に及ぼす影響は、それ程大きくないと考えられます。

支承部の健全性の診断方法

以上の検討結果を踏まえると、列車通過時に下フランジに発生する応力は、

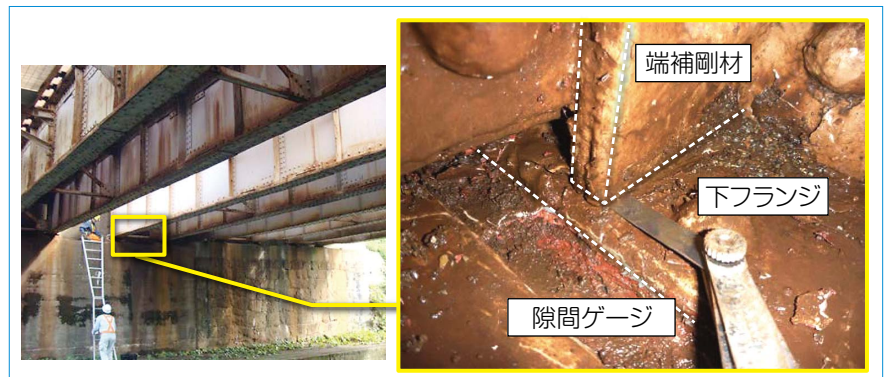


図9 隙間ゲージによる隙の調査方法

通過列車や桁支間による支点反力の違いよりむしろ、支承の隙や端補剛材の隙に大きく左右されることがわかりました。したがって、支承の隙や端補剛材の隙を隙間ゲージなどで測定することにより(図9)、疲労き裂の発生に対する支承部の健全性の簡易な診断が可能となります。たとえば、支承の隙と端補剛材の隙の両方を生じた支承部は、下フランジに高い応力が発生しやすいため、相対的に健全性が低いと判断できます。このような診断は、全般検査などで簡易に実施できるため、応力測定などの詳細調査の必要性を判断する場合などに活用できます。

おわりに

リベット桁の支承の支持状態と下フランジの応力との関係について分析し、支承部の健全性の診断方法を検討しました。今後も、鋼橋の維持管理に有用な技術開発に取り組んでいきたいと考えています。[RRR]

文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鋼構造物補修・補強・改造の手引き，鉄道総合技術研究所，1992
- 2) 鎌田渚，木村元哉，山口善彰，矢野恵美子：鋼鉄道橋支承部下フランジのき裂発生機構，土木学会第63回年次学術講演会講演概要集，1-068，pp.135-136，2008