

バラスト撤去量低減を目的とした斜ウェブ工事桁に関する解析的検討

東日本旅客鉄道株式会社 フロンティアサービス研究所 正会員 小林 寿子 正会員 ○山下 洋平
 東日本旅客鉄道株式会社 東北工事事務所 工事管理室 正会員 山本 達也
 宮地エンジニアリング株式会社 技術本部 設計部 正会員 田中 伸尚 横澤 幸貴

1. はじめに

駅改良工事等において、営業線下での掘削を行う際に軌きょうの一時的な仮受けとして鉄道用工事桁(写真-1)を使用する場合がある。工事桁の施工に際しては、対象部のバラストを事前に掘削する必要がある。バラストの掘削は、重機を用いることが一般的であるが、営業線近接工事では、1日当たり作業時間の制約を受けるため、バラスト撤去量が多いと全体工程に大きな影響を与える場合がある。

これまで、バラスト撤去量を低減可能な工事桁構造として下記に示す斜ウェブ工事桁構造において、FEM 解析・実物大試験体を用いた载荷試験により、構造の安定性について検証を行い、問題ないことを確認してきた。今回、設計荷重以上の荷重载荷時の挙動把握と垂直補剛材の影響確認のため、非線形有限要素解析を行ったため、報告する。

2. バラスト撤去量低減型工事桁構造の概要

鉄道用工事桁では、形鋼を使用し、まくらぎ受桁を腹板に直結する抱込み式工事桁を用いることが多い。この場合のバラスト掘削量は、要求性能を満足できる主桁高さや建築限界の制約により決定される。これに対し、提案する工事桁は、下フランジでまくらぎ受桁を直接支持することにより、まくらぎ下のバラスト撤去量を低減した。また、斜めウェブとなる主桁構造とすることで、合理的に建築限界を回避できる形状とした。これらにより、曲げ剛性を通常工事桁と同等に保ちつつ、バラスト掘削量を50%まで低減できる構造とした。(図-1)

3. 三次元 FEM 解析の概要

(1) 解析対象モデル

解析モデル概要を図-2に、解析対象断面を図-3に示す。支間長は、10.0mとした。主桁の上下フランジ幅は427mm、板厚は32mmとし、ウェブの板厚は20mm、ウェブ高さは550mmとした。まくらぎ受桁のウェブ高さは130mm、フランジ幅は340mmとし、下フランジ、ウェブともに板厚は25mmとした。

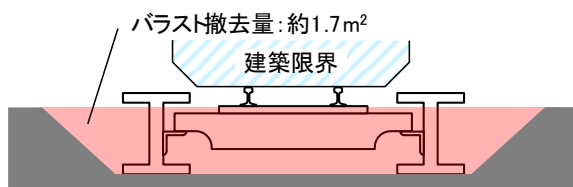
解析モデルの要素は、主桁、まくらぎ受桁、ソールプレート等はソリッド要素とし、レールは梁要素とした。レールとまくらぎ受桁、まくらぎ受桁と主桁は剛体要素で接続した。

(2) 境界条件

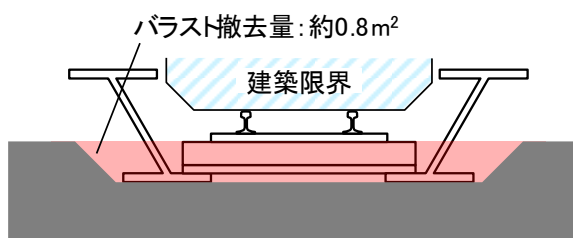
解析モデルは、橋軸方向に半分のモデルを用いた。支点部の境界条件は、主桁下フランジに剛結されたソールプレートに対して、可動側は橋軸方向の変位以外を固定し、固定側は変位・回転ともに全方向固定とした。



写真-1 鉄道用工事桁



(a) 通常工事桁



(b) 提案する工事桁

図-1 工事桁概要図

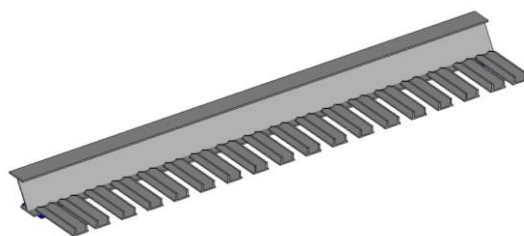


図-2 FEM 解析モデル概要

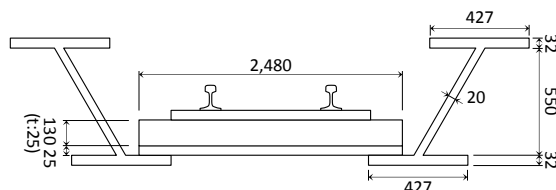


図-3 FEM 解析対象断面(mm)

キーワード 鉄道用工事桁, FEM 解析

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 JR 東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所 TEL048-651-2552

荷重は、レール頭面に支間中央から750mm ずつ離れた2点荷重とした(図-4)。設計荷重は鉄道構造物等設計標準に準拠し、列車荷重をEA-17、列車速度を130km/h の条件のもと、鋼橋設計資料²⁾より、最も厳しい条件である5点荷重時と最大曲げモーメントが一致するよう荷重は、325kN ずつとした。

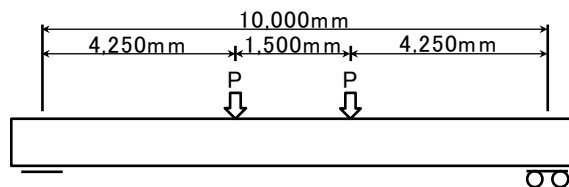


図-4 荷重位置

(3)材料構成則

材料構成則は、テストピースの引張試験より、弾性係数を201,700N/mm² 降伏応力を235N/mm²とし、降伏後は、1/1,000 の勾配であるバイリニアとした。ポアソン比は0.3とした。

3. 三次元 FEM 解析結果

設計荷重載荷時の FEM 解析から得られた結果を以下に示す。

- 最大のたわみとなったスパン中央においては、レール直下での鉛直変位が、10.5mm であった。これは、本設工事桁の設計許容たわみ量である L/600 (16.6mm) 以下であった。
- 最大たわみを主桁の軸方向、下フランジの面外方向、まくらぎ受桁と分けて考えると、主桁重心位置のたわみ量は 8.9mm、主桁下フランジにおけるまくらぎ受桁との添接部のたわみ量は 1.3mm、まくらぎ受桁のレール直下のたわみ量は 0.3mm であった。
- 応力(ミーゼス)の発生状況を図-4 に示す。スパン中央部の下フランジ下面は75.9 N/mm²であり、局所的な応力集中をした箇所を除いて最大となった。これは、設計許容応力である 150 N/mm²であった。
- 局所的な応力集中は垂直補剛材を配置した下フランジに発生しており、99.0N/mm²となった。(図-5)これも、設計許容応力である 150 N/mm²であった。
- 鉛直補剛材を配置しない構造とした場合の応力発生状況を図-6 に示す。応力は 79.1 N/mm² となり、補剛材がある場合と殆ど変らなかった。また、局所的な応力集中も生じなかった。

次に、設計荷重の約3倍である強制変位40mmを与えた状態の結果を以下に示す。

- 応力(ミーゼス)の発生状況を図-7 に示す。応力集中のあった補剛材付近が降伏した。その後、スパン中央部全体の下フランジが降伏し、ウェブ下方が降伏した。
- 変形が進むと、下フランジとウェブが降伏することで、ウェブ下方から下フランジの変形量が大きくな橋軸直角方向の変形が大きくなると想定される。

6. まとめ

- バラスト掘削量を50%低減可能な工事桁構造の提案を行った。
- 垂直補剛材の有無による応力集中の変化を確認した。応力集中を考慮して垂直補剛材の配置を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編:鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物):鉄道総合技術研究所編,平成28年1月
- 2) 橋梁研究会編:鋼橋設計資料(第五版),昭和61年3月
- 3) 第72回年次学術講演会「バラスト撤去量低減型工事桁構造に関する挙動解析」:山本 達也,平成29年9月
- 4) 第73回年次学術講演会「バラスト撤去量低減を目的とした斜ウェブ工事桁に関する実物大試験他」:山下 洋平,平成30年8月

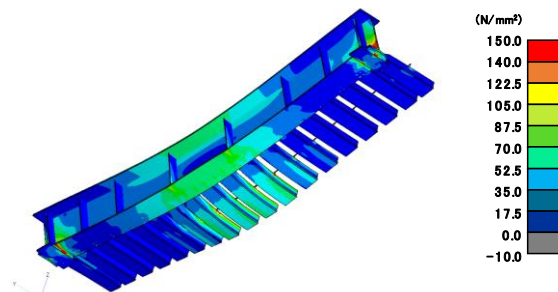


図-4 応力発生状況(補剛材有)

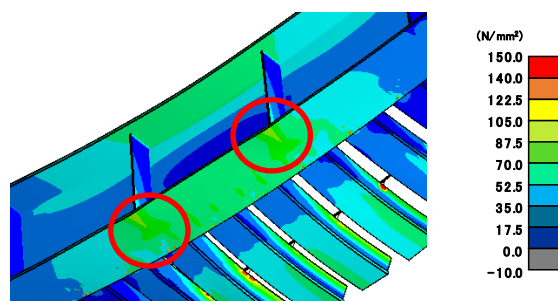


図-5 応力集中箇所

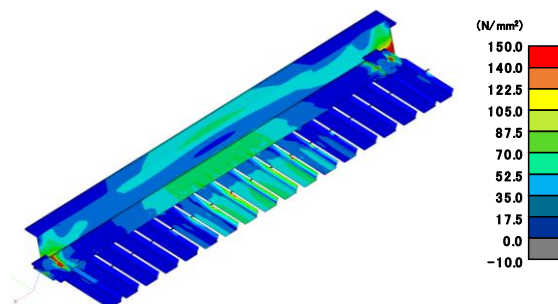


図-6 応力発生状況(補剛材無)

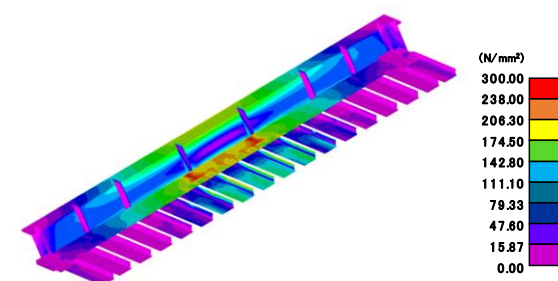


図-7 強制変位40mm 載荷応力発生状況