

バラスト掘削量低減を目的とした斜ウェブ工事桁の実用化に向けた構造検討

東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 ○山本 達也
正会員 大塚 隆人

1. 概要

鉄道橋りょうの架替えなどを行う際、営業線下の作業空間を事前に確保するために、軌きょうの一時的な仮受けとして図-1のような鉄道用工事桁を使用する場合がある。工事桁を設置する場合、列車が運行しない夜間の限られた時間内に、設置個所のバラストを掘削し、かつ桁架設までを終える必要がある。そのため、バラスト掘削量が多いと円滑な施工の推進に支障を与える可能性がある。これまで、バラスト掘削量を低減可能な工事桁として斜ウェブを有する桁構造(以下:斜ウェブ工事桁と記述)を提案し、FEM 解析ならびに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ってきた¹⁾。本件では、実工事への適用に際し実施した構造検討について報告する。

2. 斜ウェブ工事桁の概要および従来工事桁との比較

図-2 に、従来工事桁と斜ウェブ工事桁の断面比較図を示す。一般的に鉄道用工事桁では形鋼を使用し、マクラギ受桁をウェブに直結する抱込み式工事桁を用いることが多い¹⁾。この場合のバラスト掘削量は、工事桁の桁高と建築限界の制約により決定される。斜ウェブ工事桁は、下フランジでマクラギ受桁を直接支持し、かつ斜ウェブにより合理的に建築限界を回避させている。これにより、曲げ剛性を従来工事桁と同等に保ちつつ、バラスト掘削量低減に配慮した。実用化に際して比較した結果、従来の工事桁に対しバラスト掘削量は51%の低減となった。

3. 検討概要

対象とする構造一般図を図-3 に示す。下部工の制約により、今回の設計支間はG1桁で10.58m、G2桁で11.2mとした²⁾。これまでの構造検討においては列車荷重が主桁に対して偏載荷となる影響を鑑みFEM解析による確認を行ってきた¹⁾が、実用化に際して今後の設計業務の簡略化も視野に入れ、本検討では3次元骨組解析を行った上で、FEM解析結果との比較を行った。両者の解析モデルを図-4,5 に示す。物性値として使用材料SM400に応じた諸元³⁾を使用した。骨組解析では列車荷重E-17(走行速度130km/h)の連行載荷を行い、各々の部材において最も不利となる载荷パターンを抽出し照査を実施した。FEM解析では各部材間を接触定義とし、曲げ、せん断に対して骨組解析と同じ载荷条件となるよう解析を行った。照査は仮設



図-1 鉄道用工事桁

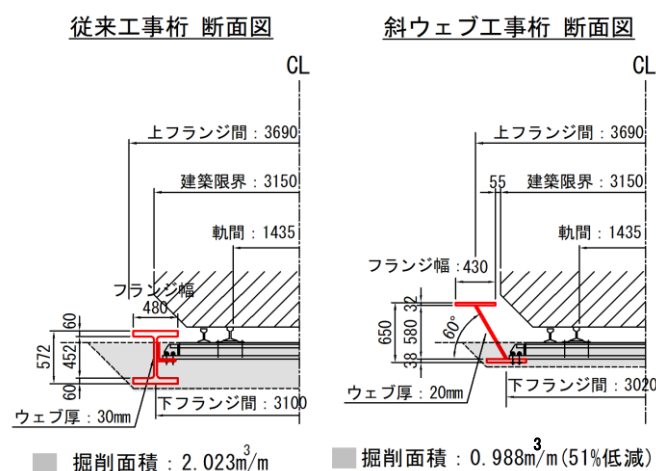


図-2 工事桁断面比較図

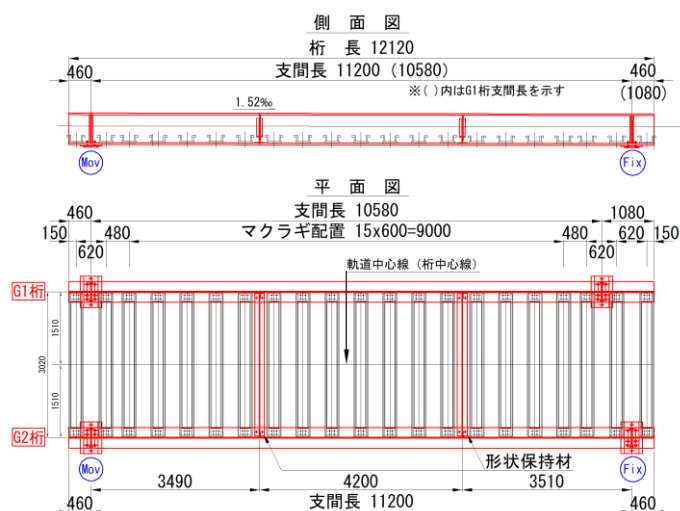


図-3 斜ウェブ工事桁 構造一般図

キーワード 鉄道用工事桁

連絡先 〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町一丁目3番1号

TEL 022-266-3713

時の割増しを考慮した許容応力度法で実施した³⁾。

4. 解析結果

解析結果を表-1 に示す。縁応力度については上縁，下縁いずれも骨組解析結果が FEM 解析結果よりも大きい傾向となり，桁たわみについては，両者が概ね一致する結果となった。また曲げとせん断の合成応力度に関する比較結果は表-2 の通りであり，こちらも上縁，下縁ともに骨組解析が FEM 解析よりも大きい結果となった。下フランジの合成応力度の結果に乖離が生じたが，骨組解析では下フランジの横方向剛性についてマクラギ幅から 45 度の影響線を加味した範囲を有効幅としたが，FEM 解析では荷重を負担する有効範囲が広くなるためだと推測する。本検討においては骨組解析結果により桁断面を決定した。また桁上縁の許容圧縮応力度算出に伴い所定の座屈スパン長を確保するため，図-6 に示す形状保持材を 2 箇所設置する事とした。設置位置は，図-3 の通りである。

本検討を踏まえ設定した断面形状による桁重量について，過去に同等スパンにて使用した従来工事桁との比較結果を表-3 に示す。桁高設定の自由度を活かし，従来工事桁と比較して 39%の重量軽減を図った。

なお，表-1 の通り骨組解析による上縁，下縁の軸方向縁応力が FEM 解析のミーゼス応力と概ね一致しており，本検討範囲内においては，主桁に対する面外応力の影響が些少である事が示唆される。斜ウェブ桁の板厚を適度に規定する事により，2 次元骨組解析など，今後，更に簡略的な設計手法への移行に期待ができる。

5. まとめ

・斜ウェブ工事桁に構造検討にあたり骨組解析と FEM 解析の比較を行い，本検討範囲においては骨組解析が FEM 解析と概ね同等の結果を得る事を確認した。

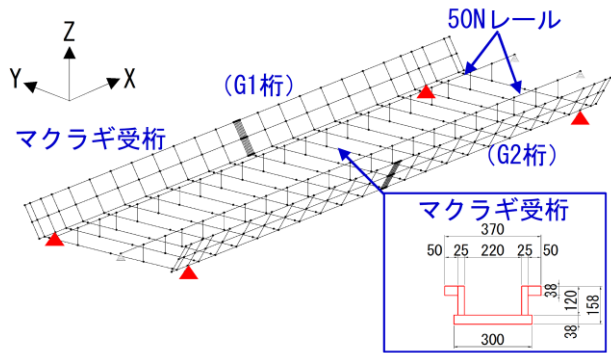


図-4 3次元骨組解析モデル概要図

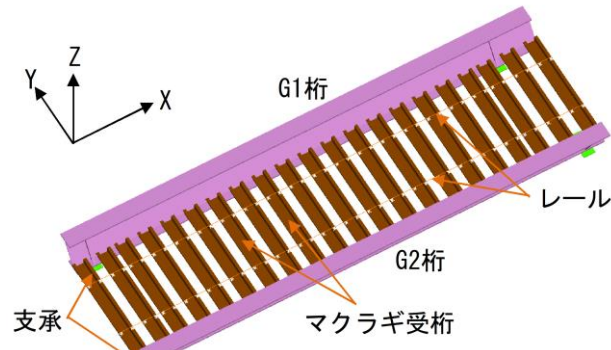


図-5 FEM 解析モデル概要図

表-1 縁応力・桁たわみ解析結果比較

G2桁 (L=11.2m)		単 位	3次元骨組解析	FEM解析 (ミーゼス)	制限値	備考
上縁		N/mm ²	98.4	94.0	< 148	圧縮
下縁	橋軸方向	N/mm ²	96.9	87.7	< 188	引張
	直角方向 (フランジ端部)	N/mm ²	116.0		< 175	圧縮
桁たわみ		mm	16.0	16.2	< 22.4	

表-2 曲げ・せん断合成応力度比較

	3次元骨組解析	FEM解析(※1)	制限値
上縁	0.67	0.52	< 1.1
下縁	1.03	0.51	

※1 ミーゼス応力を許容応力度で除した値を記載

表-3 桁重量比較

	従来工事桁	斜ウェブ工事桁
断面形状		
断面積 (m ²)	0.0712	0.0435
単位重量 (t/m)	0.559	0.341 (61%)

断面図

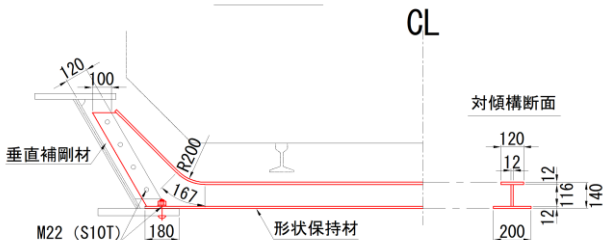


図-6 形状保持材 概要図

参考文献

1) 山下洋平：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，土木学会第 74 回年次学術講演会，2020.9
2) 大塚隆人：バラスト掘削量低減を目的とした斜ウェブ工事桁の施工実績報告，土木学会第 75 回年次学術講演会，2020.9
3) 日本国有鉄道：建造物設計標準解説（鋼鉄道橋），1983.4