

支圧板方式鋼ポータルラーメン橋隅角部の FEM 解析

大阪市立大学大学院 学生会員 ○池田 裕哉
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀

高田機工株式会社 正会員 佐合 大
 高田機工株式会社 正会員 山田 貴男
 高田機工株式会社 正会員 谷 一成

1. はじめに

近年、中小スパンの単純桁橋において、維持管理に優れ、建設コストを削減できる鋼ポータルラーメン橋が注目されている。著者らは、合理的な鋼ポータルラーメン橋の剛結部構造として、孔あき鋼板ジベル（以下 PBL）を用いた支圧板方式の剛結部構造（以下支圧板方式）を提案し、構造実験を行うことにより、終局強度に至るまでの挙動について検討している。本稿では、著者らが行った構造実験¹⁾の FEM モデルを作成し、弾塑性有限変位解析を行い、設計荷重レベルでの支圧板方式の力学的特性を明らかにした。

2. 支圧板方式剛結部の FEM 解析

2.1 FEM モデルと境界条件

図-1 に FEM モデルを示す。コンクリート橋台・支圧板は 8 節点ソリッド要素 (C3D8R)，鋼桁は 4 節点シェル要素 (S4R)，鉄筋はトラス要素を用いてモデル化した。コンクリート橋台と鋼桁を結合する PBL は、コンクリート橋台の PBL 孔位置に PBL 孔と同サイズの剛体要素を貼り付け、剛体要素と鋼桁をばね要素で結合することによりモデル化した。ばね剛性は、本モデルと同じ孔径 (55φ) で、コンクリートブロックによる拘束力を受ける PBL の押抜き試験を行い、得られた荷重と PBL-コンクリートブロックの相対ずれ変位から求めた剛性である 298.8kN/mm を用いた。橋台底部は完全固定とし、床版打設時の中立軸位置に強制変位を与えた。支圧板とコンクリート橋台の境界面には、離間と接触を考慮できる相互作用特性を与えた。

2.2 材料特性

解析で用いた材料特性を表-1 に、鋼材とコンクリートの応力-ひずみ関係を図-2 に示す。鋼材と鉄筋は完全弾塑性とし、コンクリートはひび割れを考慮するため、引張応力が低下するものを用いた。

3. 解析結果と考察

梁理論により求まる鋼桁下フランジが許容応力度に達する荷重 (140kN) を設計許容荷重とし、それに近い 147.5kN の荷重を与えた際の各部材の挙動について考察した。

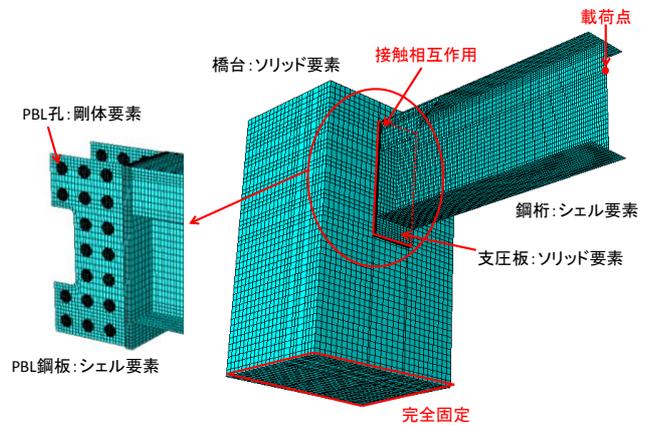
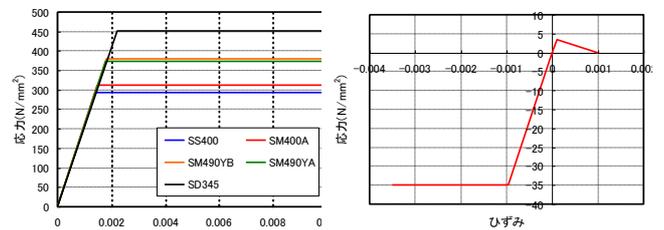


図-1 FEM モデル

表-1 材料特性

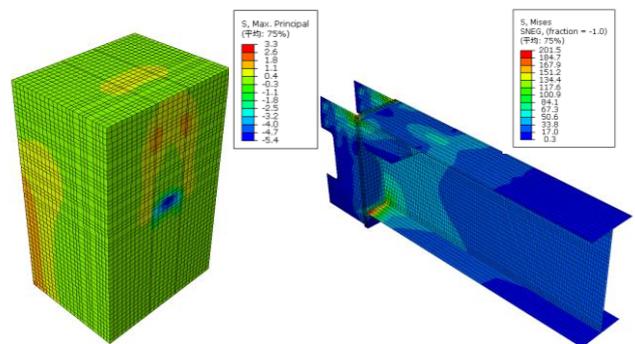
鋼種	部材	ヤング率(N/mm ²)	降伏点(N/mm ²)	ポアソン比
SS400	鋼桁(B)	2.09 × 10 ⁵	293.6	0.291
SM400A	鋼桁(G)	2.09 × 10 ⁵	311.4	0.292
SM490YB	支圧板	2.07 × 10 ⁵	374.2	0.291
SM490YA	PBL	2.08 × 10 ⁵	379.9	0.282
SD345	鉄筋	2.03 × 10 ⁵	451.4	-



a) 鋼材

b) コンクリート

図-2 応力-ひずみ関係



a) 橋台の最大主応力

b) 鋼桁のミーゼス応力

図-3 橋台と鋼桁の応力コンター

3.1 応力集中位置

図-3 に橋台と鋼桁の応力コンターを示す。橋台では橋台背面側と上側 PBL 貫入位置に引張応力 (1.8~1.9N/mm² 程

キーワード 鋼ポータルラーメン橋, 剛結部構造, 支圧板, FEM 解析

連絡先 〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学 TEL 06-6605-2765 FAX 06-6605-2765

度)が発生しているが、コンクリートがひび割れる応力には至っていない。また、鋼桁下フランジから支圧力を受ける位置に圧縮応力が集中しているが、これに関しては後述する。鋼桁では下フランジに応力(201.5N/mm²)が集中しているが、降伏応力には至っていない。

3.2 PBLの荷重分担

ばね要素に作用するばね反力をPBL孔に作用するせん断力として評価し、PBLの挙動を検証した。図-4、5にそれぞれ鉛直ばね反力と水平ばね反力を示す。横軸はPBL鋼板底辺からのPBL孔までの距離を示している。

列ごとの鉛直荷重分担率を求めると、C1が31.4%、C2が20.7%、C3が110.7%となった。C1に隅力による上向き荷重が作用する分、C3が作用荷重以上の大きな荷重を負担している。行による鉛直荷重分担率を求めると、L5~7は20%以上、L3,L4は15%程度、L1,L2は-4.1%、-3.1%と負の荷重分担率となり、下側の行のPBLの荷重分担率が大きくなるのがわかった。設計では、せん断力に対して全てのPBLは均等に働くと仮定しており、設計仮定とは異なる結果であった。

水平ばね反力に着目すると、L1~L5までのPBLは引張力に抵抗しており、L6,7のPBLは下フランジによる圧縮力に抵抗し、支圧板の面外剛性を確保していると考えられる。L1のPBLは、橋台前面側の方が荷重分担はやや大きくなっているが、それ以外の行では荷重分担量にほとんど差は見られなかった。設計では隅力に対するPBLの抵抗は行ごとに均等としており、設計仮定と同様の結果が得られた。各行の水平ばね反力の合計値に着目すると、L1とL2において、設計水平せん断力よりもやや大きくなっていった。これは下フランジおよび支圧板の接触面が有効断面として働くことにより、作用隅力の中心が設計よりもやや下側に移動したためと考えられる。

3.4 支圧板の挙動

図-6に支圧板の変形図を示す。図のように下フランジから圧縮力を受ける位置を中心に支圧板の面外曲げが発生していることがわかる。支圧板の最大応力は193.3N/mm²となったが、降伏には至っていない。

図-7にコンクリート橋台に発生する橋軸方向の直応力分布を示す。下フランジから受ける支圧力が分布し、支圧板が有効に機能していることが確認できる。下フランジ直後のコンクリートには圧縮応力(-14.3kN/mm²)が集中しているが、圧縮破壊応力には至っていない。

4. まとめ

支圧板方式剛結部の構造実験のFEMモデルを作成し、弾塑性有限変位解析により、設計荷重レベルでの支圧板方式の力学的挙動を検討した。

1. 各部材の応力集中部を明らかにし、設計仮定どおり鋼桁下フランジの応力が最も大きいこと、設計荷重レベルにおいて降伏する部材・部位がないことを確認した。
2. 解析のばね反力からPBLに作用するせん断力を評価した。鉛直荷重のPBL1個の分担率は不均等であり、設計仮定とは異なる結果であった。また、水平力に対しては行ごとにほぼ均等に分担し、設計仮定通りとなることがわかった。しかし、水平力の中立軸は設計仮定と異なり、上段のPBLの水平力の合計値は設計値をやや超えることがわかった。

参考文献

- 1) 山口隆司, 川元悠平, 松村政秀, 佐合大, 山田貴男, 谷一成: 支圧板方式による鋼ポータルラーメン橋の剛結部の構造実験, 第66回年次学術講演会, 2012.9.
- 2) 山口隆司, 川元悠平, 松村政秀, 佐合大, 山田貴男, 谷一成: 支圧板方式による鋼ポータルラーメン橋の剛結部に関する解析的検討, 第66回年次学術講演会, 2011.9.

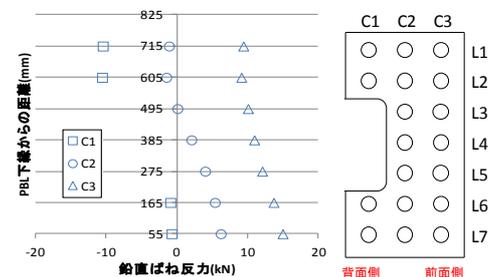


図-4 鉛直ばね反力

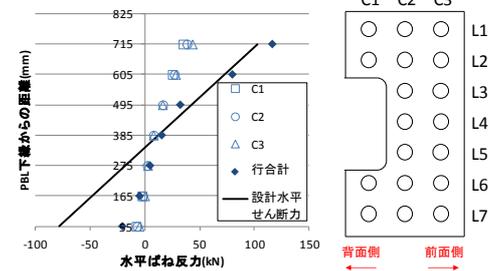


図-5 水平ばね反力

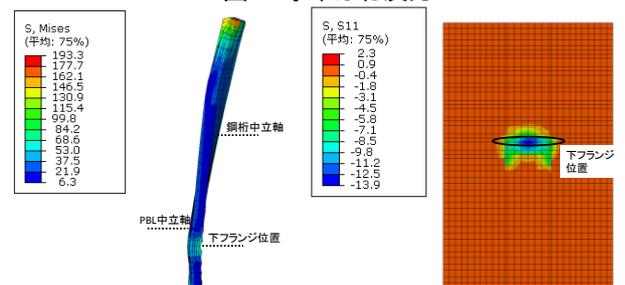


図-6 支圧板変形図(200倍)

図-7 橋台直応力