

第 I 部門 高力ボルト摩擦接合部を含めた I 桁の曲げ耐荷力に関する基礎的検討

神戸大学工学部 学生員 ○梶 貴紀
 神戸大学院工学研究科 正会員 橋本国太郎

1.研究背景および目的 現在、鋼橋の設計法が許容応力度設計法から限界状態設計法に移行されつつある。限界状態設計法で部材や接合部を設計する際、部材や接合部の限界状態を考える必要があり、それに関する研究が多くなされているが、部材単体やボルト接合部のみに焦点を当てたものがほとんどである。ボルト接合部も含めた構造体の限界状態を考えるとき、部材やボルト接合部を含めた一体構造として考え、設計した方がより合理化が図れる可能性がある。そこで、本研究では第一段階として、既往の実験成果を基にして、ボルト接合部の挙動をできるだけ簡易にモデル化し、それを含めた桁部材の解析モデルの作成を行い、その力学的挙動の検討を行う。

2.解析モデル概要及び解析ケース FEM 解析には汎用有限要素解析コード ABAQUS を用い、解析モデルは図 1 に示すように、鋼 I 桁の接合部をモデル化せず、水平補剛材を設置した Type-A、接合部をモデル化せず、連結板厚を考慮した Type-B、接合部をコネクタ要素でモデル化し、連結板厚を考慮した Type-C、接合部のみ考慮した Type-D の 4 種類と、ボルトのすべり荷重に対応するコネクタ要素特性を調べるために、フランジ要素継手、ウェブ要素継手についての解析も行った。使用した材料特性については表 1 の通りである。

解析手法は、上フランジに設置した載荷板に、強制変位を鉛直下向きに-100mm 与えた。境界条件は、下フランジ左側のソールプレートに $X, Y, Z=0$ と、 $RX, RY=0$ 、右側のソールプレートに $Y, Z=0$ と、 $RX, RY=0$ を設定する。初期不整は、Type-A にのみ、初期たわみと残留応力を考慮した。要素継手については、要素の左端に $X, Y, Z=0$ 、右端に $X=10, Y=0, RZ=0$ を設定し、コネクタ要素の接地点に力が集中するのを防ぐために、接地面に剛体要素を設置する。

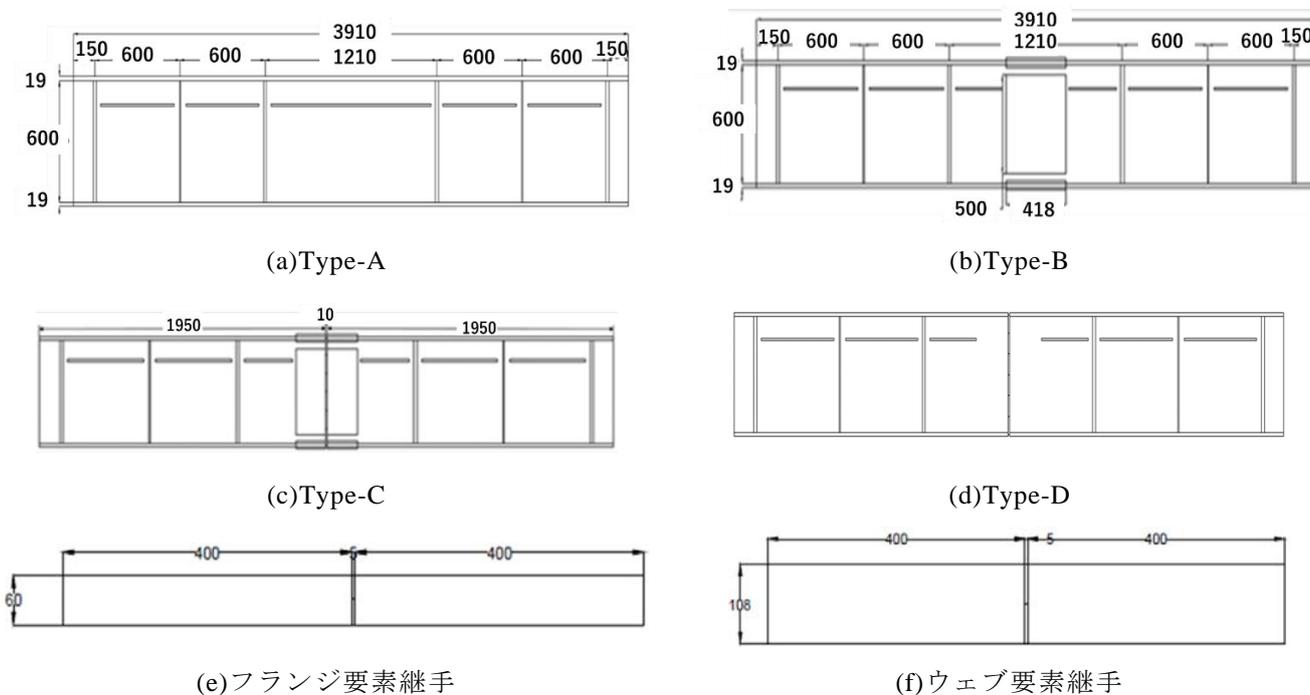


図 1 解析モデル概要

表 1 部材の材料特性

鋼種	板厚 t (mm)	弾性係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	降伏点 σ_t (N/mm ²)	引張強度 σ_y (N/mm ²)	使用部位
SM 490Y	9	191,000	0.279	392	541	鉛直補剛材
	19	196,000	0.278	392	512	フランジ
	12	195,000	0.279	382	538	ウェブ 水平補剛材

3.解析結果 図 2 に鉛直荷重-鉛直変位関係, 図 3 に側面図, 断面図の変形コンター図を示す. コネクタ要素に用いたすべり変形開始荷重は, 要素試験片の解析結果より, フランジ要素継手は 405kN, ウェブ要素継手は 435kN, としている. 図 2 より, 連結板厚を考慮したモデルの方が耐荷力は大きくなることが分かる. Type-B と Type-C, Type-A と Type-D の間に大きく差ができてきているのは, 接合部におけるすべり変位が生じたことで, 曲げ挙動が変化したためと考えられる. また, Type-C, Type-D はコネクタ要素位置ですべりが生じているが, その時の鉛直荷重は, Type-C は 796kN, Type-D が 701kN であり, すべり荷重は文献 1) の荷重と比較し小さい値となった. これは, 実際の桁の実験では要素実験より大きいすべり係数であったためと考えられる. グラフに黒色でプロットした点は, 各モデルの非線形挙動の開始点である. この点を超えると, どのモデルも大きな変形が生じた. 図 3 から分かるように, Type-B~D では鉛直たわみが大きくなり, Type-A のみ, 面外変形が発生した. この面外変形は, 上フランジの座屈が先行し, ウェブも初期たわみに引っ張られることで面外に変形したものと考えられる. また, 接合部にすべりが生じたことにより, Type-C, D の方が大きく変形したことが分かった.

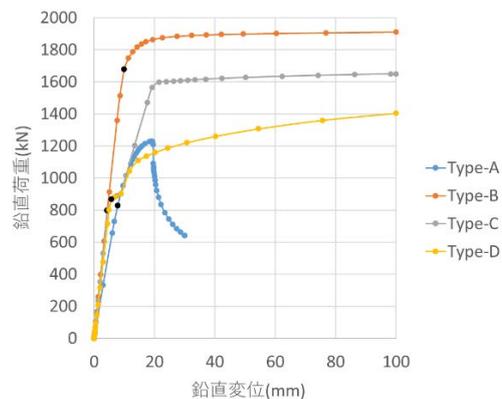


図 2 荷重-変位関係

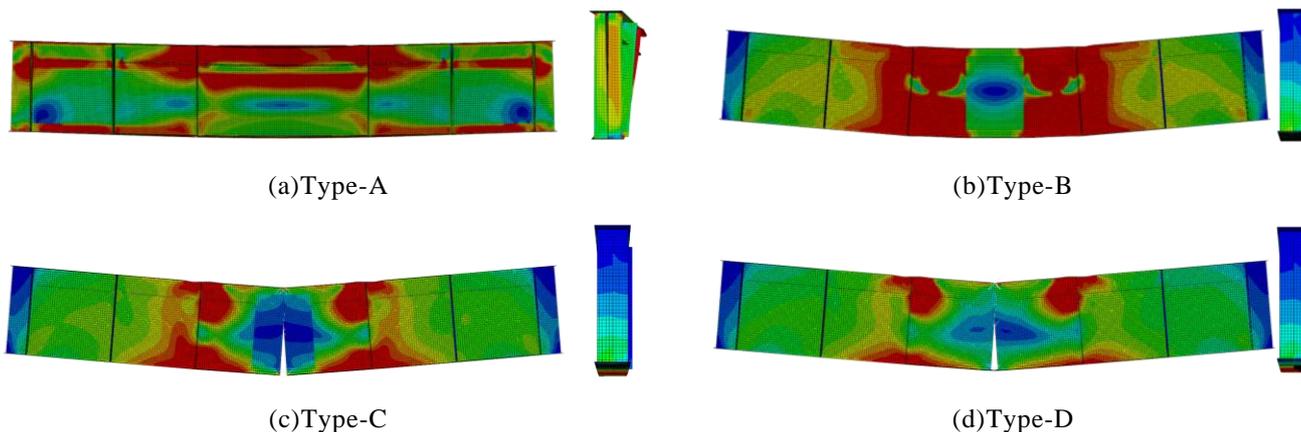


図 3 変形コンター図 (変形倍率: 1 倍)

4.結論 FE 解析の結果, 降伏荷重は Type-B, Type-C, Type-A, Type-D の順で大きいことから, 連結板厚を考慮した方が, 耐荷力は大きくなった. また, 接合部を設置することで耐荷力に影響があり, すべりが発生することで桁全体の変形が大きくなった.

参考文献

1) 森山仁志: 高力ボルト摩擦接合継手のすべり後支圧限界状態に関する研究, 大阪市立大学大学院工学研究科博士論文, 2017