

接合面に初期不陸を有するエンドプレート接合の挙動とその再現解析手法

大阪市立大学大学院

学生員

○杉本 悠真

株式会社駒井ハルテック

正会員

岑山 友紀

大阪市立大学大学院

正会員

山口 隆司

1. 研究背景及び研究目的

著者らは、災害時の応急橋や工事桁の施工期間の短縮を目的に、従来の高力ボルト摩擦接合より部材数を省力化できる高力ボルト引張接合の主部材接合部への適用に向けた研究を行っている¹⁾。その中で、接合部の高強度策として文献 1)で提案した、「スカーラップを有したエンドプレート接合」についてその性能確認のために構造実験を実施した。しかし、ボルト軸力において実験結果と解析結果で乖離がみられたため、この乖離の原因を明らかにするとともに、実験結果の再現解析手法について提案する。

2. 実験供試体

図 1 に実験供試体の概要を示す。実験供試体は支間中央に連結部を有した、支間 10m の I 桁供試体を使用し、4 点等曲げ載荷を実施した。主桁の構造寸法を表 1 に示す。主桁連結部は図 2 に示すように、文献 1) のスカーラップを有するエンドプレート接合を用いた。エンドプレートには SM490Y 材、それ以外は SM400 材、高力ボルトは M24(S10T)を使用した。計測項目はジャッキ荷重、支間中央の鉛直変位、ボルト軸力、そして、感圧紙による軸力導入時の接触圧分布を計測する。

3. 解析モデルおよび解析ケース

汎用有限解析ソフト Abaqus²⁾を使用し FEM 解析を実施した。図 3 に解析モデルの概要を示す。構造の対称性を考慮した 1/2 領域をモデル化し、実験の荷重位置と同様の位置に荷重を載荷している。メッシュは 8 節点アイソパラメトリック低減積分要素で分割した。図 4 に連結部近傍のメッシュ分割状況を示す。本解析で使用した鋼材の材料定数を表 2 に示す。また、解析ケースはオリジナルの Case O に加え、接触面間に 0.5mm フィラーを図 5 のように挿入した Case F の 2 ケースを用意する。ここで、フィラー厚の 0.5mm は実験供試体の接合面で計測された最大不陸にもとづいている。

4. 実験結果と再現解析結果

図 6 に実験と解析における初期ボルト軸力導入時

の接触圧分布を示す。実験結果は接触圧分布に偏りが生じており、3, 9-TC ボルト周辺に接触圧が集中している。一方解析では Case O ではボルト孔周辺に均等に接触圧が分布しているのに対し、Case F では 3,9-TC ボルト孔周辺に接触圧が分布している。以上より、フィラーを接触面に挿入することで、実験結果の接触圧の偏りを表現することができる。

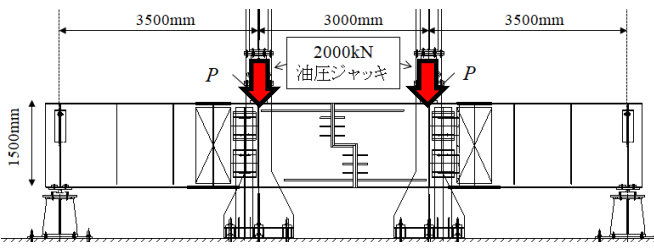


図 1 実験供試体の概要図

表 1 主桁寸法

桁高 (mm)	1500
フランジ幅 (mm)	500
ウェブ厚 (mm)	11
フランジ厚 (mm)	19

図 2 実験供試体接合面

図 3 解析モデルの概要図

表 2 解析で与えた材料定数

	鋼材	降伏応力 σ_y (MPa)	終局応力 σ_u (MPa)	ヤング率 E (GPa)	ポアソン比 μ	構成則
主桁	SM490Y 板厚 16mm以上 40mm未満	365.7	-	200	0.3	降伏線を有する ひずみ硬化型
	SM490Y 板厚 16mm以上 40mm未満	355.6	-	200	0.3	
ボルトナット	S10T	904.1	1047.4	200	0.3	バイリニア型 2次勾配 E1/271
座金	(Elastic)	-	-	200	0.3	-

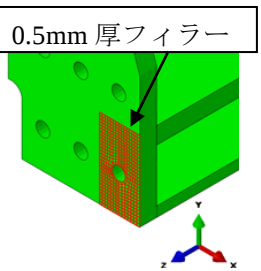


図 5 Case F の接合面フィラー

図7に接合部におけるモーメントと鉛直変位の関係を示す。縦軸はモーメントを主桁一般部の終局モーメント(4162kNm)で無次元化している。鉛直変位は支間中央の下フランジ直下で測定した。なお、実験では非線形が現れたタイミングで载荷を停止した。図7より、実験結果と2つの解析結果は終局モーメントまではよい整合を示していることがわかる。このことから、接合面の不陸は荷重変位関係には影響を与えない。

図8にモーメント-ボルト軸力関係を示す。図8のオレンジは許容ボルト軸力(285.3kN)で、降伏ボルト軸力の0.9倍の値である。7-TC ボルトの軸力が許容ボルト軸力に到達したときのモーメントを接合部強度とする。9-TC ボルトを除いて、実験値および Case F のボルト軸力曲線が Case O より早く増加する。これは、図6の接触圧分布で孔周りに接触圧が生じていないボルトにみられる傾向で、接触圧が十分に確保できなかったため接合面間に離間が生じ、ボルト軸力が早期に増加したと考えられる。反対に、9-TC では実験値、Case F の軸力増分が小さくなっている。特に、赤曲線の Case F と実験値の橙色プロットは、7-TC に差異はあるものの、ほぼ同じ曲線が得られた。7-TC ボルトでの差は、図6(a)では7-TC 周りで少し接触圧が発生しているが、解析では全く接触圧を与えていなかったことが原因と考えられる。また、初期不陸の有無で 7-TC ボルトの軸力が許容ボルト軸力に到達するまでのモーメントは47%減少し、接合部強度が半分以上にまで低下することがわかった。

5. まとめ

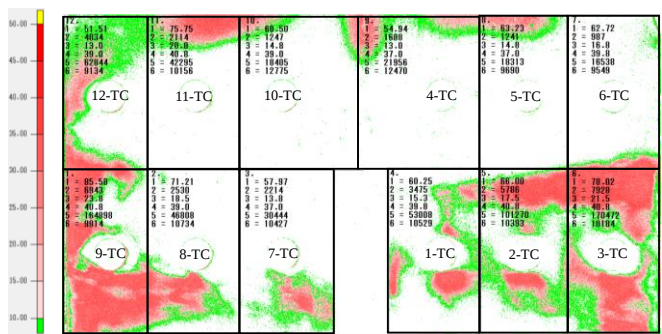
本研究では、接触面の不陸が接合部の強度に与える影響について、実験結果と解析結果から明らかにした。得られた結論を以下に示す。

1. エンドプレート接合にて、接合面に不陸がある場合は、周辺に接触圧が発生していないボルトの軸力が早期に増加する。
2. 実験結果の接触圧分布に合わせて、フィラーを接合面間に挿入することで、実験でのボルト軸力の増加を FEM 解析で再現することができる。

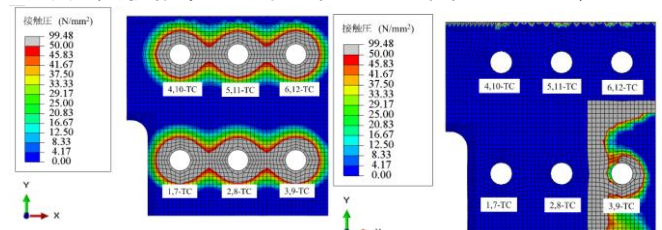
今後は、不陸の大きさや範囲を変化させ、本解析手法の一般化に向けた検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 杉本悠真, 岑山友紀, 江頭慶三, 山口隆司: 施工性に着目した緊急仮設橋主桁連結部の構造合理化に関する



(a) 実験結果 (中圧紙 計測範囲 10~50N/mm²)



(b) Case O (c) Case F

図6 接触圧分布

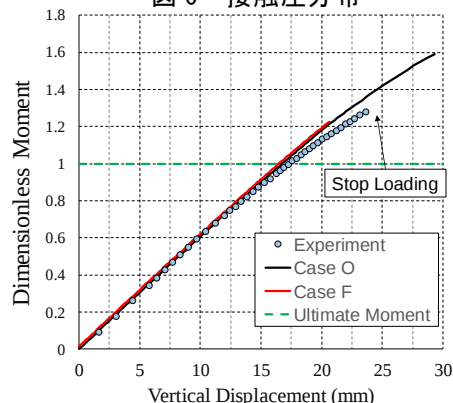
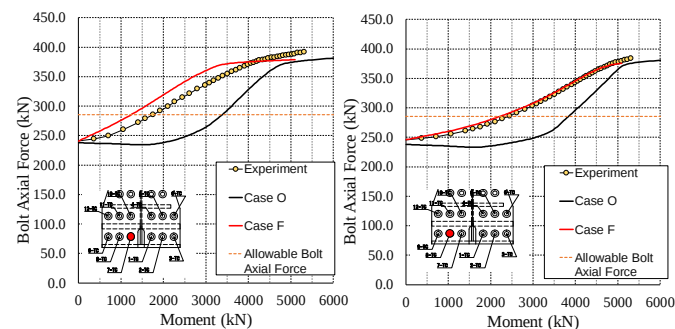
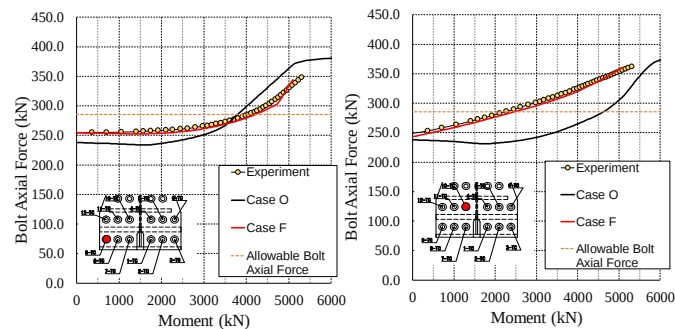


図7 無次元化モーメント-鉛直変位関係



(c) 7-TC ボルト

(d) 8-TC ボルト



(c) 9-TC ボルト

(d) 10-TC ボルト

図8 モーメント-ボルト軸力関係

解析的研究, 構造工学論文集, Vol.63A, 2017.3..