継手面の平坦性が引張接合部の挙動に及ぼす影響に関する２，３の考察

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　学生員　杉本　悠真
ヒロセ株式会社　杉田　圭哉　大阪市立大学大学院　正会員　山口　隆司
ヒロセ株式会社　高山　善太　株式会社駒井ハルテック　正会員　江頭　慶三

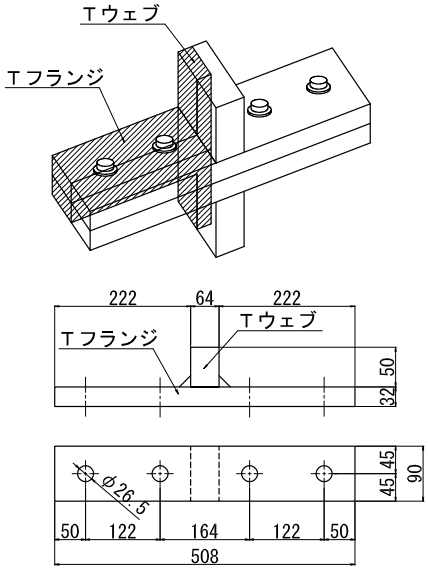
1. 研究背景及び研究目的

短締め形式の高力ボルト引張接合は，2 枚のフランジを高力ボルトにより締付けて接合する方法である．あらかじめ高力ボルトに導入された軸力により発生する継手面の接触力を介して接合部に作用する引張力を伝達する接合法であり，摩擦接合と比べて効率的な継手形式である．このような接合構造は，主桁と横桁の接合部などに適用された事例 [1]はあるが，橋梁における適用事例は限定的である．これは，短締め形式の引張接合において，継手面の平坦性が接合部の力学的挙動に著しく影響することが懸念され，定量的な評価に至っていないのが一つの要因である．本研究では，継手面の平坦性が引張接合の強度に与える影響を解析的に検討することを試みた．

2. 解析モデルと解析方法

本研究では，汎用有限要素解析プログラム ABAQUS[2]を用いて，接触および離間を考慮した解析を行った．解析対象と解析モデル寸法を図-1 に示す．解析モデルは，既往の研究 [3]の引張接合部ボルト配置などを参照し供試体の実サイズとした．解析では，対称性を考慮して 4 分の 1 をモデル化した．解析モデルでは，すべて 8 節点のソリッド要素を用いた．また T フランジ板間，高力ボルトまたはナットと座金面，座金と T フランジ板間，および高力ボルト軸表面とボルト孔壁面間にはそれぞれ接触面を設定し接触および離間を再現できる境界非線形性を考慮した．高力ボルトのネジ部はネジ部の有効断面積となるような円形断面でモデル化し，軸部とネジ部で断面を変化させることでモデル化した．要素分割はメッシュサイズ 2mm で分割した．解析モデルの要素分割状況を図-2 に示す．本解析では初期不整は考慮していない．T フランジの間に板厚 1mm のフィラープレートを挿入し，そのフィラープレートの挿入位置を変化させることにより，継手面の平坦性のばらつきを再現した．解析ケースの概要を図-3 に示す．

解析では，初期ボルト軸力導入と引張荷重載荷の 2 段階で載荷した．初期ボルト軸力は，橋梁用高力ボルト引張接合設計指針 [4]に記載されている M24 高力ボルトの降伏ボルト軸力の 75%（238kN）とした．



（単位：mm）

図-1　解析対象と解析モデル寸法

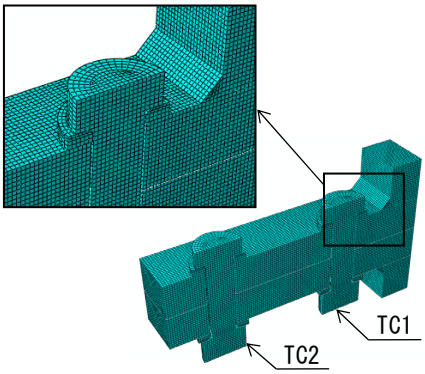
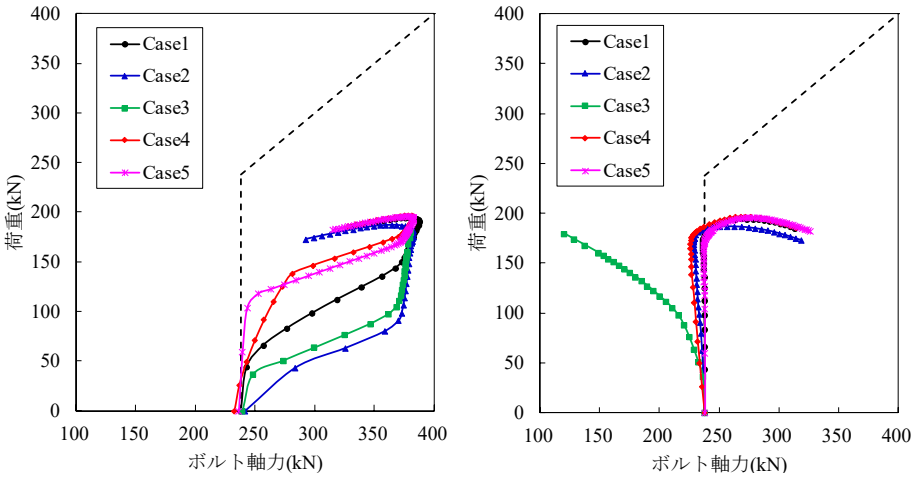


図-2　解析モデル要素分割状況

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
供試体形状		フィラーPL	フィラーPL	フィラーPL	フィラーPL
接触圧分布（斜線：接触）					

図-3　解析ケース

キーワード：高力ボルト，引張接合，多列配置
〒550-0012　大阪府大阪市西区立売堀 4-2-21　TEL：06-4391-0813，FAX：06-4391-0821



(a) TC1　　(b) TC2

図-4　荷重－ボルト軸力関係

表-1　TC1 ボルト降伏時荷重および強度比

	TC1ボルト降伏時荷重 (kN)	強度比
Case1	446.4	1.00
Case2	237.3	0.53
Case3	290.9	0.65
Case4	616.6	1.38
Case5	582.8	1.31

3. 解析結果および考察

ボルト 1 本あたりの荷重とボルト軸力の関係を**図-4** に示す．T ウェブ側の TC1 ボルト降伏時荷重および強度比を**表-1** に示す．表中の強度比は，Case1 のボルト降伏時荷重に対する各ケースのボルト降伏時荷重の比を示している．**図-4 (a)** より，Case2，3 は Case1 に比べて低い荷重でボルト軸力が増加し，Case4，5 は Case1 に比べて高い荷重でボルト軸力が増加した．さらに，**表-1** より，Case2 は 237.3kN，Case3 は 290.9kN でボルト降伏軸力に到達し，Case1 より 40%程度低い強度を示した． Case4 は 616.6kN，Case5 は 582.8kN でボルト降伏軸力に到達し，Case1 より 35%程度高い強度を示した．**図-4 (b)** より，接触圧分布にかかわらず，TC2 のボルト軸力変動は Case3 を除いて同様の傾向を示した．Case3 は，初期ボルト軸力導入時には TC2 ボルト位置の継手面に隙間があり，荷重の増加に伴い，隙間が小さくなる変形が進んだことにより，ボルト軸力が低下したと考える．

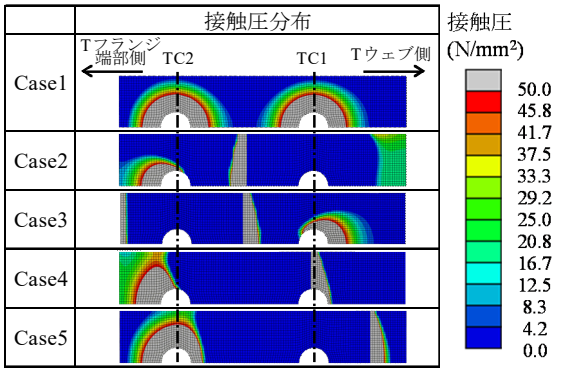


図-5　初期ボルト軸力導入時の接触圧分布

初期ボルト軸力導入時の T フランジ継手面の接触圧分布を**図-5** に示す．Case2，3 では TC1 と TC2 との間に接触圧が生じており，Case4，5 では，TC1 と TC2 との間には接触圧が生じていない．これらのことより，TC1 と TC2 との間が接触している場合，てこ反力による軸力増分により TC1 ボルトの軸力が増加し引張接合の強度が低下し，TC1 と TC2 との間を非接触とすることにより，TC1 のボルト軸力増加を抑制でき強度の増加が期待できると考えられる．

4. まとめ

以下に本研究から得られた結果をまとめる．

(1) TC1 と TC2 との間を非接触とすることにより，TC1 のボルト軸力増加を抑制できることがわかった．

(2) TC1 と TC2 との間が接触している場合，荷重の初期段階で TC1 のボルト軸力が増加し，引張接合の強度が低下することがわかった．

今後は，本研究で対象とした解析ケースを基本に載荷実験を行い，実験および解析の結果をもとに，継手面の平坦性が引張接合の強度に及ぼす影響に関する定量的な評価方法を検討する予定である．

参考文献：1) 高橋昭一，橘吉宏，志村勉，小西哲司：PC 床版 2 主桁橋「ホロナイ川橋」の設計および解析・試験検討，橋梁と基礎，No.2，Vol.30，pp.23-30，1996.2.，2) DASSAULT SYSTEMS: ABAQUS Analysis User's Manual, Ver.6.16，3)岑山友紀，杉本悠真，東博年，江頭慶三，杉田圭哉，山口隆司：仮桟橋部材を活用した緊急仮設橋の主桁連結構造に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.64A，pp.594-604，2018.3.，4) 日本鋼構造協会：橋梁用高力ボルト引張接合設計指針，2004.8.