

第 I 部門

母材に突起を有する摩擦接合継手のボルト孔位置がすべり挙動に及ぼす影響

大阪公立大学大学院 学生員 ○木川 廉
 JFE エンジニアリング(株) 正会員 水野 雅之
 大阪公立大学大学院 正会員 林 厳

JFE エンジニアリング(株) 正会員 片野 俊一
 JFE エンジニアリング(株) 正会員 横山 桃花
 大阪公立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. 研究背景および目的

本稿で対象とする鋼・コンクリート合成床版橋では、鋼とコンクリートを合成させるため、上フランジ(母材)に横筋突起を有する突起付き T 形鋼(図-1)をずれ止め兼主桁として採用している(図-2)。突起付き T 形鋼の接合には高力ボルト摩擦接合継手が用いられ、接合面の密着性を確保するために、現状では継手部の突起を切削し平滑化している。一方で、施工の合理化の観点から、突起を切削せずにすべり耐力を確保できる継手形式が求められている(図-3)。

著者らは、母材片側に突起を有する摩擦接合継手に無機ジンクリッチペイントを塗布した場合、突起を有さないケースと比較して、すべり係数が 16% 程度低下することを FEM 解析により確認している¹⁾。この FEM 解析では、突起による接触圧力の増加により、突起側の接合面の摩擦係数が低下する²⁾ことで、突起側の接合面のすべりが先行して発生した。これにより板厚方向に面外変形が生じ、平面側のすべりも誘発されることで、すべり係数が低下したと考えられる。しかし、突起に対するボルト孔位置によって接触圧力が増減することが推測されるため、ボルト孔位置がすべり挙動に及ぼす影響を検討する必要がある。

本稿では、ボルト孔位置をパラメータとした FEM 解析を行い、それらがすべり挙動に及ぼす影響について検討した。

2. 解析モデル

解析ケースを図-4 に示す。ケース T はボルト孔中心に突起の中心が位置するケース、ケース F はケース T から突起を 5.25mm ずらしたケース、ケース M はケース T から突起を 10.5mm ずらしたケースである。

解析ソルバーには Abaqus/Standard2023³⁾を用い、静的弾塑性有限要素解析を実施した。解析モデルを図-5 に示す。解析モデルの諸元は、文献 1)と同様とし、対称性を考慮した 1/4 モデルである。解析ステップは、ステップ 1 でボルト軸力を導入し、次のステップで引張力として強制変位を与える手順で構成した。要素には 8 節点低減積分

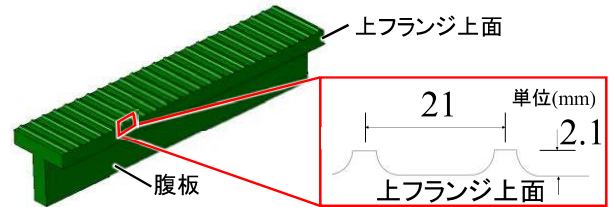


図-1 突起付き T 形鋼

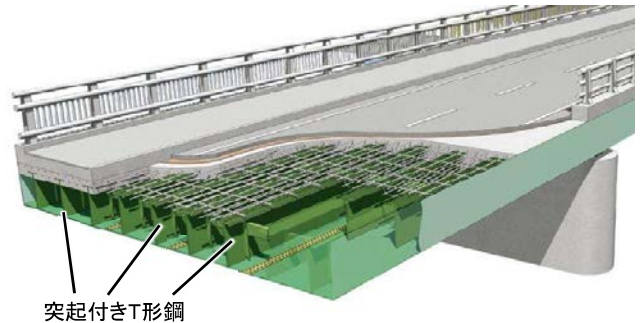


図-2 突起付き T 形鋼を用いた合成床版橋



(i) 従来の継手形式 (ii) 求められる継手形式

図-3 突起付き T 形鋼の摩擦接合継手部

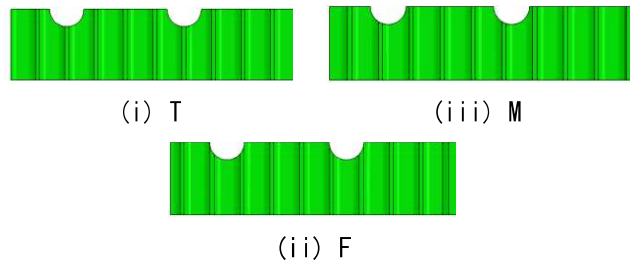


図-4 解析ケース(母材 1/4 モデルの平面図)

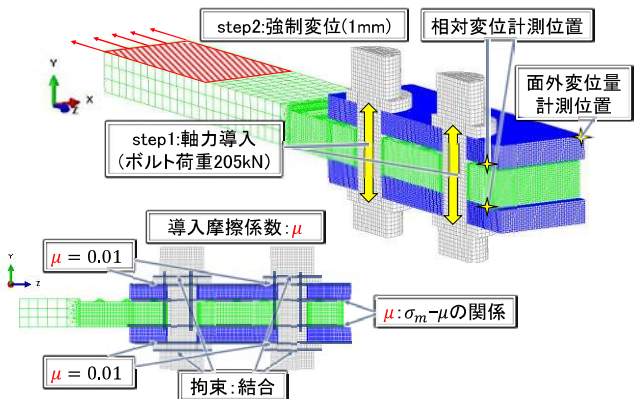


図-5 解析モデル

Ren KIGAWA, Shunichi KATANO, Masayuki MIZUNO, Momoka YOKOYAMA, Gen HAYASHI, Takashi YAMAGUCHI
 sj24575f@st.omu.ac.jp

ソリッド要素を用いた。母材-連結板間の接触条件は、無機ジंकを塗布した場合を想定し、図-6 に示す平均接触圧 σ_m (すべり時のボルト軸力 N /接触面積 A)と摩擦係数 μ の関係²⁾を導入した。解析で与えた応力-ひずみ関係を図-7 に示す。

3. 解析結果

解析結果のまとめを表-1、荷重-相対変位関係を図-8、荷重-平均接触圧関係を図-9、荷重-面外変位量を図-10、荷重-軸力残存率関係を図-11 にそれぞれに示す。

表-1、図-9 の平均接触圧 σ_m は、着目荷重時のボルト軸力を解析から得た接触面積で除することで算出した。図-8 の母材-連結板間の相対変位は、突起側と突起がない側の接合面(以下、平面側)の両方で算出した。なお、両接合面とも相対変位が 0.2mm に達する前に、引張荷重 P が最大値を示したため、その最大値をすべり荷重 P_s とした。

図-12 に各ケースの軸力導入時の、突起側の接触圧性状を示す。表-1、図-9、図-12 より、突起の配置がケース間で異なることで、ケース M の軸力導入時の突起側の σ_m は、ケース T では 9.2%程度、ケース F では 5.4%程度低下した。その結果、図-8 に示すように同荷重レベル時のケース M の突起側の相対変位量は、ケース T、F よりわずかに小さくなった。また表-1、図-10 より、ケース M のすべり発生時の面外変位量は、ケース T では 7.2%程度、ケース F では 1.5%程度低下した。一方、すべり係数 μ_s への影響は、最大で 1%程度と変化は小さかった。これは表-1、図-9 より、突起を有するケースの突起側の σ_m が、すべり発生に至るまで、図-6 に示す高接触圧領域($\sigma_m \geq 417$)にあったこと、表-1、図-11 より、すべり発生時の軸力残存率の差が 1.3%程度であったことから、ボルト孔位置が P_s に及ぼす影響が小さかったためと考えられる。

3. まとめ

ケース M はケース T、F と比較して、突起側の平均接触圧 σ_m が最大で 9.2%程度低下し、面外変位量が最大で 7.2%程度低下した。しかし、全ケースの突起側の平均接触圧 σ_m がすべり発生に至るまで高接触圧領域($\sigma_m \geq 417$)にあること、すべり発生時の軸力残存率の差が最大で 1.3%程度であることから、すべり係数 μ_s の変化率は 1%程度と小さかった。

<参考文献>

- 1) 木川ら：母材片側に突起を有する摩擦接合継手の突起および突起幅がすべり挙動に与える影響，土木学会全国大会第 79 回年次学術講演会(投稿中)
- 2) 高木ら：高力ボルト摩擦接合継手無機ジंक接合面における接触圧と摩擦係数の関係に関する実験的検討，土木学会全国大会第 78 回年次学術講演会，Vol78，I-288，2023.
- 3) SIMULIA: Abaqus Analysis User's Manual Ver 2023

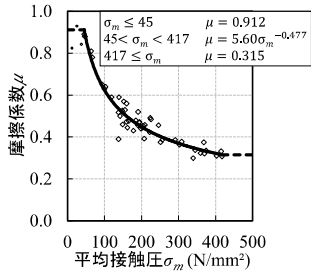


図-6 σ_m と μ の関係²⁾

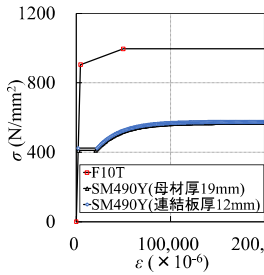


図-7 応力-ひずみ関係

表-1 解析結果のまとめ

	すべり荷重 P_s (kN)	すべり係数 μ_s	ボルト軸力導入時の 平均接触圧 σ_m (N/mm ²)		すべり発生時の 平均接触圧 σ_m (N/mm ²)		すべり時の 面外変位量 (mm)	すべり時の 軸力残存率 (%)
			突起側	平面側	突起側	平面側		
T	342	0.417	639	77	596	104	0.69	91.8
F	342	0.417	613	82	597	104	0.65	90.9
M	345	0.421	580	82	565	103	0.64	92.1

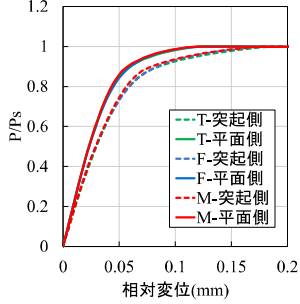


図-8 荷重-相対変位関係

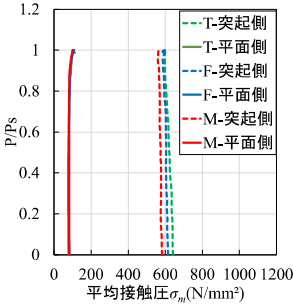


図-9 荷重-平均接触圧
関係

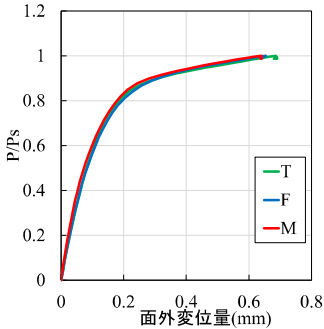


図-10 荷重-面外変位量
関係

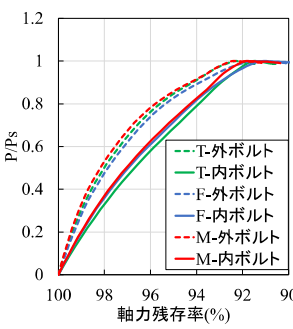


図-11 荷重-軸力残存率
関係

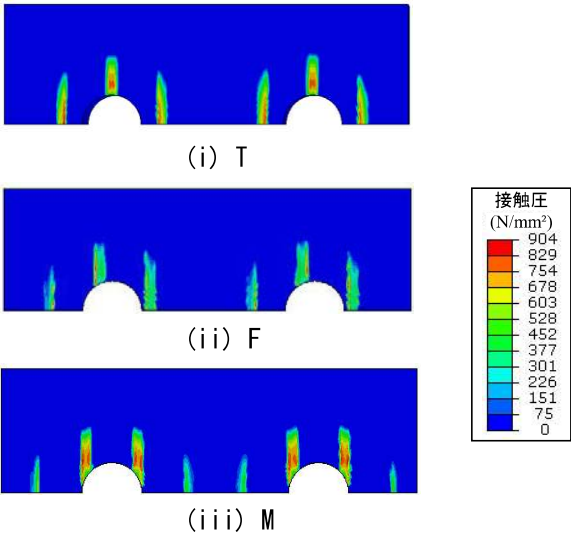


図-12 軸力導入時の連結板突起側の接触圧性状