

高力ボルト摩擦接合GFRP継手のすべり挙動に関する解析的検討

Analytical Study on Slipping Behavior on High-Strength Bolted Frictional GFRP Joints

大阪公立大学大学院

都市系専攻

橋梁工学研究室

生川 季永



FEMを用いて高力ボルト摩擦接合GFRP継手のすべり挙動の再現とそのメカニズムを実験結果と比較検討する

BACKGROUND

ガラス繊維強化ポリマー (Glass Fiber Reinforced Polymer: 以下, GFRP) は、軽量性、

耐候性等に優れており、Fig.1に示すように、腐食環境下の土木構造物への適用が期待されています。

既往研究では、母板や連結板の表面処理がすべり挙動に及ぼす影響について検討されていますが、詳細なすべり挙動のメカニズムは未解明です。また、解析的検討事例も少なく、解析モデルの構築にも検討の余地が残されています。

そこで、GFRP継手の有効なモデル化手法を構築し、すべり挙動について明らかにする必要があります。



(a) Cross bracing



(b) Noise barrier

Fig.1 Application of GFRP to civil engineering structures

KEYWORDS

- GFRP
- High-strength bolted frictional joints
- Slipping behavior

METHOD

①等方性と異方性のモデル化による再現可能な違い

異方性の材料特性を有するGFRPを、Tab.1に示すように異方性と等方性の両方でFig.2に示すようにモデル化することで、各モデル化により再現可能な範囲を確認しました。

②異方性モデルに着目し、すべり挙動を解明

母板のモデル化に異方性の材料特性を導入することでその荷重-相対変位関係やボルト軸力残存率を確認し、これらのメカニズムについて検討しました。

Tab.1 Material properties of GFRP

	E	v	G						
Iso	29.312	0.2	N/A						
Aniso-basic	E ₁	E ₂	E ₃	v ₁₂	v ₁₃	v ₂₃	G ₁₂	G ₁₃	G ₂₃
	29.312	11.00	11.00	0.2	0.06	0.06	7.211	5.189	5.189

縦弾性係数, せん断弾性係数の単位: GPa

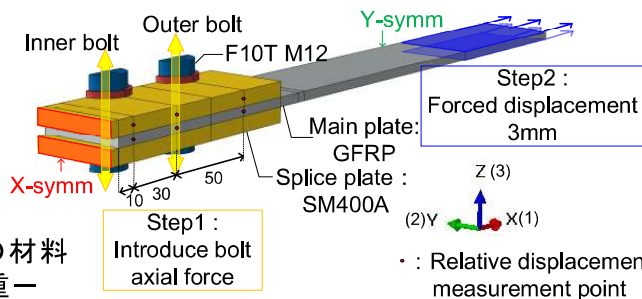


Fig.2 Analytical model

RESULT

Fig.3に荷重-相対変位関係を示します。すべり荷重異方性モデルの方が2%程度高くなりました。

また、Fig.3からわかるように、荷重40kN付近から、実験結果と解析結果に乖離がました。これは、引抜成形材の45°方向の応力-ひずみ関係が非線形性を示すことが原因であり、Fig.4に示すように外側ボルト孔壁において、材料試験結果で非線形性が表れ始めるひずみ量が生じました。

Fig.5にボルト軸力残存率を示します。P/P_s = 0.4以降で解析のボルト軸力の低下量が小さくなりました。これは、せん断ひずみの非線形性に加え、孔周りの要素の破壊により軸力低下量が大きくなるためです。また、孔周りの板厚変化がボルト軸力残存率に最も影響を及ぼしました。

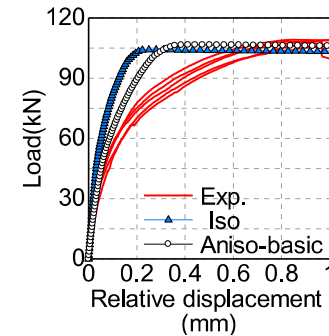


Fig.3 Load vs. relative displacement relationship

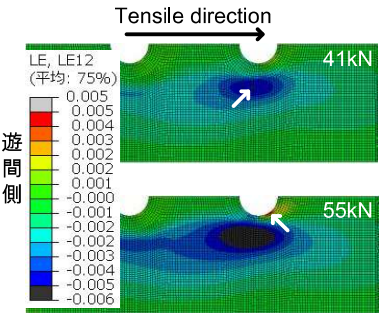


Fig.4 In-plane shear strain contour

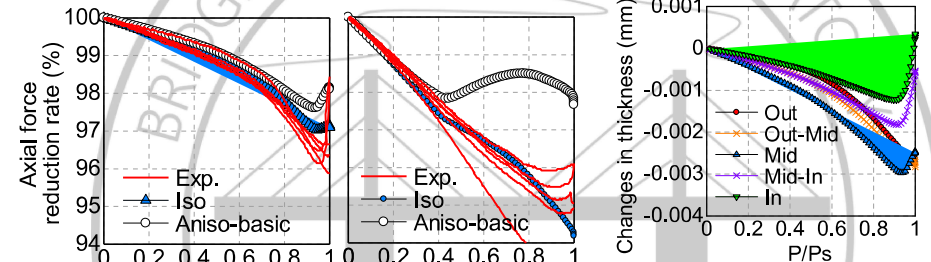


Fig.5 Bolt axial force reduction rate

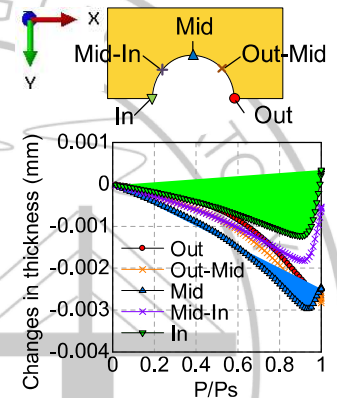


Fig.6 Thickness change of main plate and splice plates

SUMMARY

①荷重-相対変位関係は荷重40kN付近からは傾きが異なりました。これはせん断ひずみが非線形領域に達することが原因の1つと考えられます。

②すべり荷重到達前にボルト軸力の増加は、ボルト孔の内ボルト側の板厚が増加するためであり、異方性モデルは等方性と比べて、ボルト軸力低下量が小さく、すべり荷重が2%大きくなりました。