

インドネシア産ウリン材の効果的な新規接合技術開発による高強度長尺部材の製造 (ミッション4:循環材料・環境共生システム)



梶川翔平 (電気通信大学 情報理工学研究所), 金山公三, 梅村研二, 田中聡一 (京都大学 生存圏研究所)
林田元宏, 山名田敬太 (株式会社林田順平商店)

はじめに

インドネシア産ウリン材

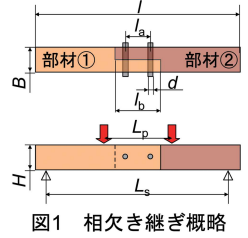
- エクステリアとしての需要が多く、高い強度、密度および耐腐朽性を持つため、材料として非常に優れる。

問題点

- 原木からの製品の歩留まりは4割であり、大量の端材が発生する。
- 曲がった材が多く、長尺材を得ることが難しいため、利用用途が限定される

本研究の目的

- ウリン材の効果的な接合技術の開発による長尺部材化および端材の有効活用を提案
- ウリン材は切削性が悪く、複雑な継ぎ手形状は困難 → 継ぎ手形状が単純な相欠き継ぎを基本とし、高い接合強度を得るにあたって適正な接合条件や補強方法を明らかにする



調査方法

実験および有限要素解析によって、適正接合条件および破壊のメカニズムを調査

4点曲げ試験

- 試料は、温度20°C、湿度65%の恒温恒湿室内にて恒量になるまで調湿

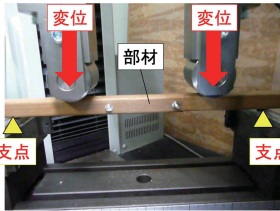


図2 曲げ試験

有限要素解析

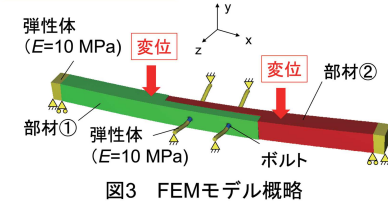


図3 FEMモデル概略

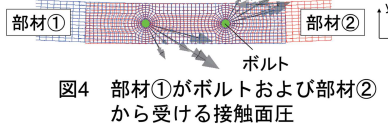


図4 部材①がボルトおよび部材②から受ける接触面圧

- ボルト・部材間の接触を考慮したモデルを構築
- 解析の安定化のため、ボルトおよび部材端は低ヤング率の弾性体にて固定。
- 部材およびボルトは、z方向を拘束。(y-z平面内の回転は考慮しない)
- 圧縮試験によって求めたウリンの材料特性（ヤング率E、ポアソン比ν）を入力

表1 実験・解析条件

実験	部材	ウリン
実験	ボルト	M4・SUS304
	ボルト穴径 d_{in} [mm]	4
解析	部材	弾性体 (等方性)
	部材ヤング率 E [MPa]	22300
	部材ポアソン比 ν	0.44
	ボルト	剛体
	ボルト径 d [mm]	4
	ボルト穴径 d_{in} [mm]	4.1
	摩擦係数 μ	0.5
実験・解析	支点間距離 L_s [mm]	320
	接合材幅B、厚さH [mm]	20
	ボルト間距離 l_a [mm]	30~80
	接合部長さ l_b [mm]	100
	荷重間距離 L_p [mm]	160

結果および考察

4点曲げ試験結果

- ボルト間距離 $l_a=60\sim80$ mmにて高い強度を示し、ソリッド材の強度（破壊荷重 $P_f=6620$ N）の5/13程度
- ボルト間距離 l_a によって、破壊形態が変化 → 有限要素解析によって破壊の原因となる応力について調査

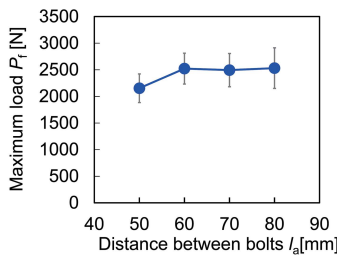


図5 ボルト間距離 l_a が破壊荷重 P_f に及ぼす影響

- 破壊形態A 接触端部（ボルト②）側からき裂発生し、ボルト①には亀裂が通過しない、もしくはボルト①で亀裂がストップ
- 破壊形態B ボルト①周りにて亀裂発生
- 破壊形態C 亀裂がボルト①~②にかけて発生（破壊形態AとBが複合した可能性）



図6 曲げ試験によって見られた破壊形態

表2 各破壊形態を示した試験片本数

ボルト間距離 l_a [mm]	破壊形態A	破壊形態B	破壊形態C
50	4	1	0
60	4	0	1
70	2	1	2
80	2	1	2

有限要素解析結果

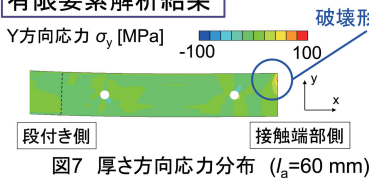


図7 厚さ方向応力分布 ($l_a=60$ mm)

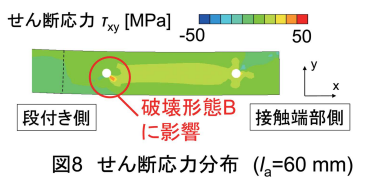


図8 せん断応力分布 ($l_a=60$ mm)

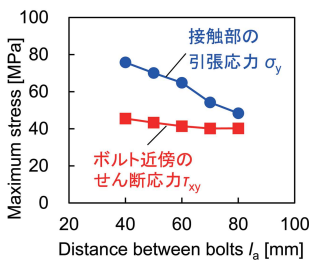


図9 ボルト間距離 l_a が応力値に及ぼす影響 (FEM)

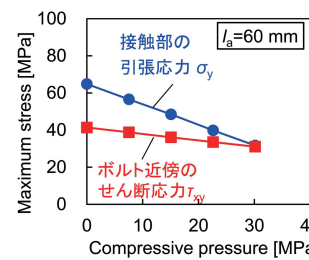
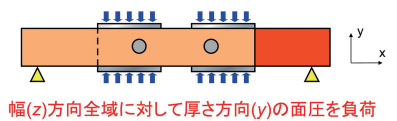


図10 厚さ方向の圧縮力が応力値に及ぼす影響 (FEM)

- ボルト間距離が増加すると、接触部の引張応力が低下するため、破壊形態Bが生じやすい
- せん断による急激な破壊を防ぎつつ、高い接合強度を得るためには、 $l_a=60$ mmが適正
- ボルト部から接触端部にかけて、厚さ方向の圧縮力を加えることによって応力を低下させることができる可能



まとめ

- 接合部長さ $l_b=100$ mmの場合、ボルト間距離 $l_a=60$ mmとすることによって、せん断による破壊を防ぎつつ、高い強度を得ることが可能。
- ボルト間距離によって、部材接触端部における厚さ方向の引張応力が変化し、それにもとない破壊形態も変化する。
- ボルト部から部材接触端部にかけて厚さ方向の圧縮力を加えることによって、破壊の原因となる応力集中を緩和できる。 → 実際には、金属金具などを用いて厚さ方向を固定することによって、接合強度を向上できる可能性がある。