

摩擦力を利用したインドネシア産ウリン材の新規接合技術の開発



(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。
- 短尺な材が多く, 長尺材としても利用するための部材接合技術が求められている。

問題点

- 非常に硬いため, 一般的な木材接合に用いられる複雑な継ぎ手形状に加工できない。

本研究の目的

- 摩擦力に着目した上で, 継ぎ手形状が単純かつ高い強度が得られる新規接合方法を開発
- 相欠き継ぎにおいて部材接触部の摩擦力が強度に及ぼす影響の調査
 - 摩擦力を最大限に利用できる手法の提案
- ① ボルト穴径 d_h の調整 ② くさびの挿入

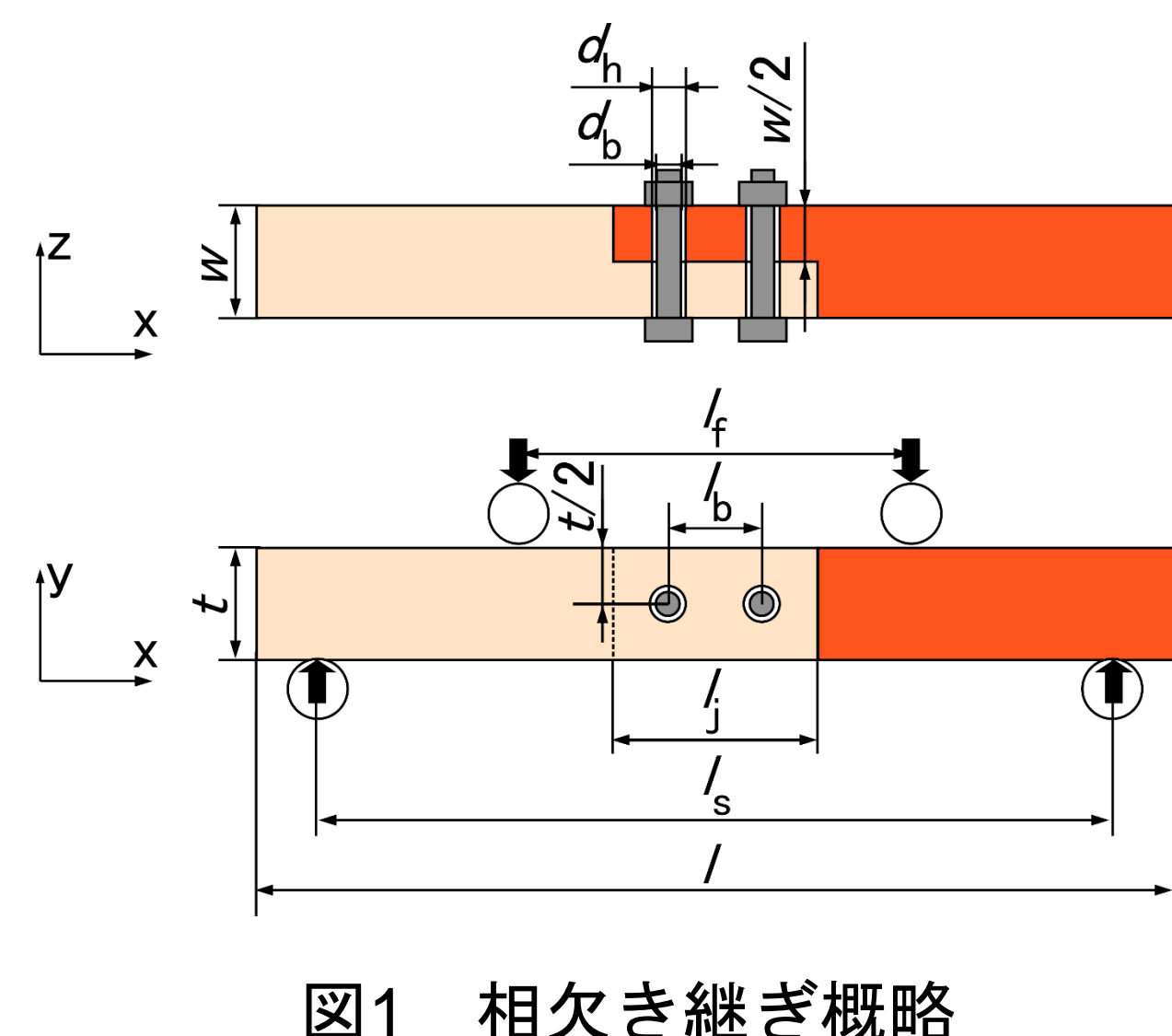


図1 相欠き継ぎ概略

調査方法

4点曲げ試験

- JIS Z 2101に基づく4点曲げ試験を実施 (図2)
- 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

有限要素解析

- ボルト・部材間の接触を考慮したモデルを構築し, 弾性解析を実施 (図3)
- 力が集中する端面およびボルト穴に生じる力を評価 (図4)

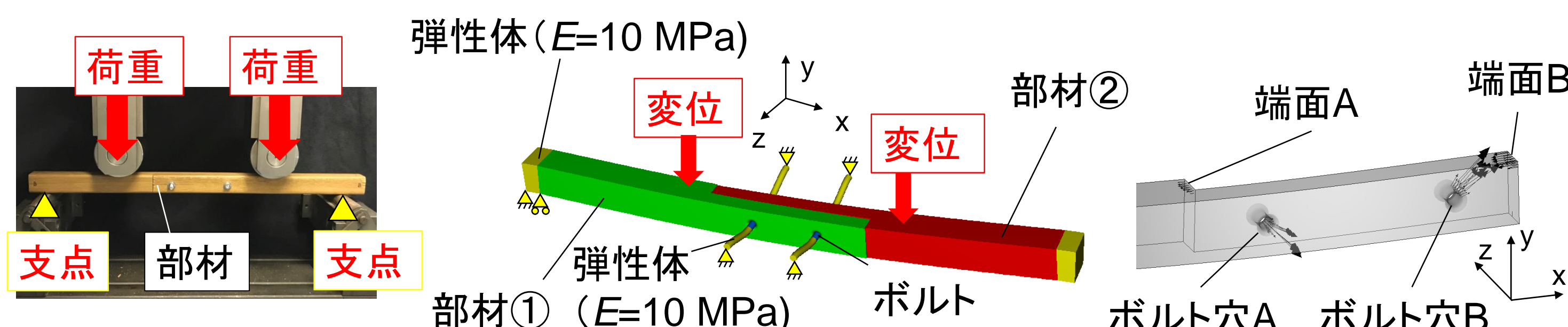


図2 曲げ試験

図3 FEMモデル概略

図4 部材に生じる接触面圧

表1 実験・解析条件

解析	部材	弾性体	実験	部材	ウリン
	部材ヤング率 E [MPa]	22300		ボルト	M4
	部材ポアソン比 ν	0.44		ボルト材質	SUS304
	ボルト	剛体		ボルト穴径 d_h [mm]	4.0~4.7
	ボルト径 d_b [mm]	4	実験・解析	支点間距離 l_s [mm]	320
	ボルト穴径 d_n [mm]	4.1~4.4		接合材幅 w , 厚さ t [mm]	20
	摩擦係数 μ	0.1~0.5		ボルト間距離 l_b [mm]	60
				接合部長さ l_j [mm]	100
				荷重間距離 l_f [mm]	160

摩擦力が接合強度に及ぼす影響

FEMによる検討

- 端面の摩擦係数が低下すると, ボルト部に力が集中. (図5)
→ ボルト部における応力集中によって破壊が生じやすくなる。

部材の端面同士が接触しない試験片にて実験

- 接触する場合と比べて, 強度が14%低下. (図6)

強度向上のためには, 端面に生じる摩擦力を高めることによって, 接合部全体に加わる力をボルト部および端面にバランス良く分散させることが重要

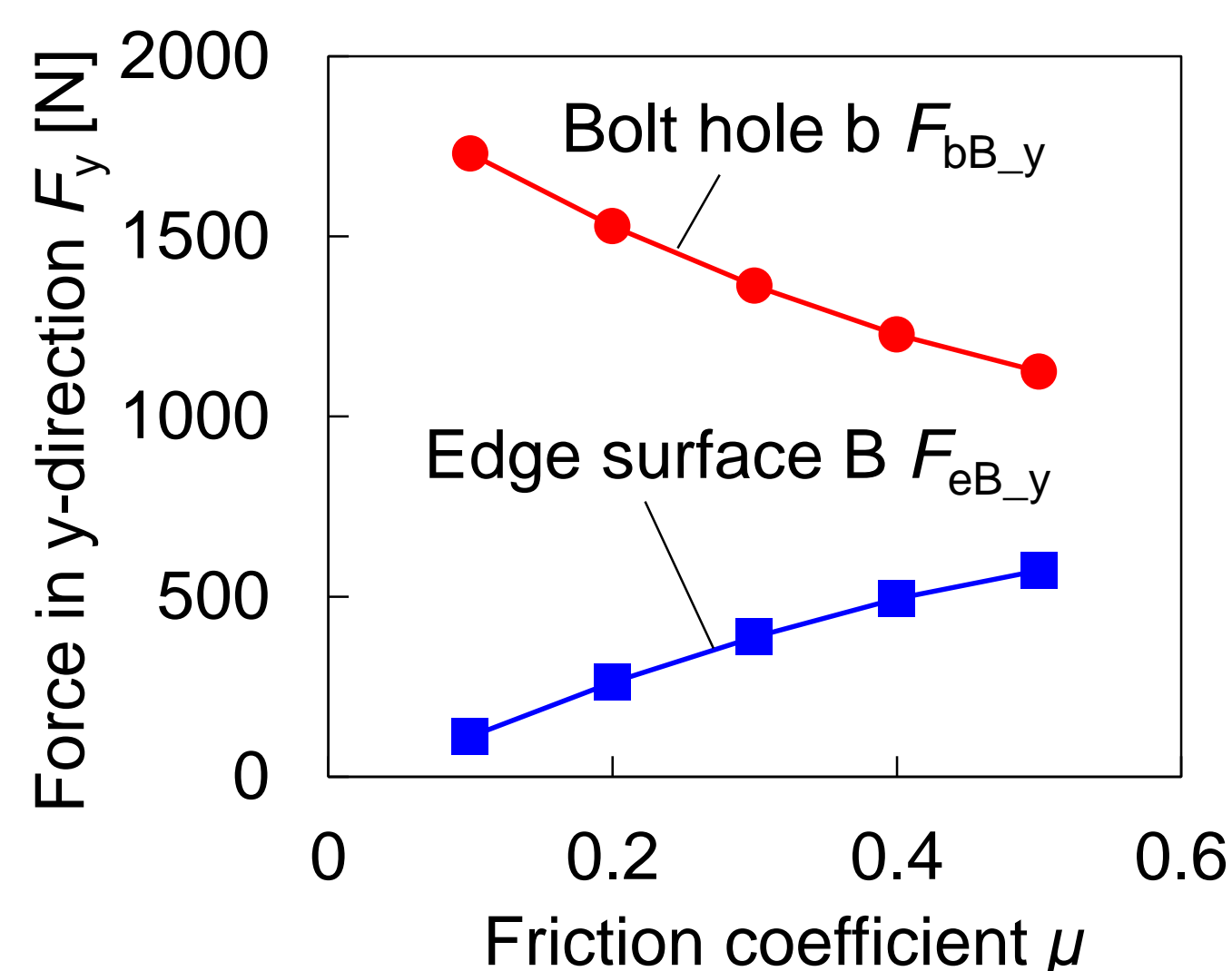


図5 摩擦係数 μ が接合部に生じる力に及ぼす影響 (FEM, $S=5$ mm, $d_h/d_b=1.025$)

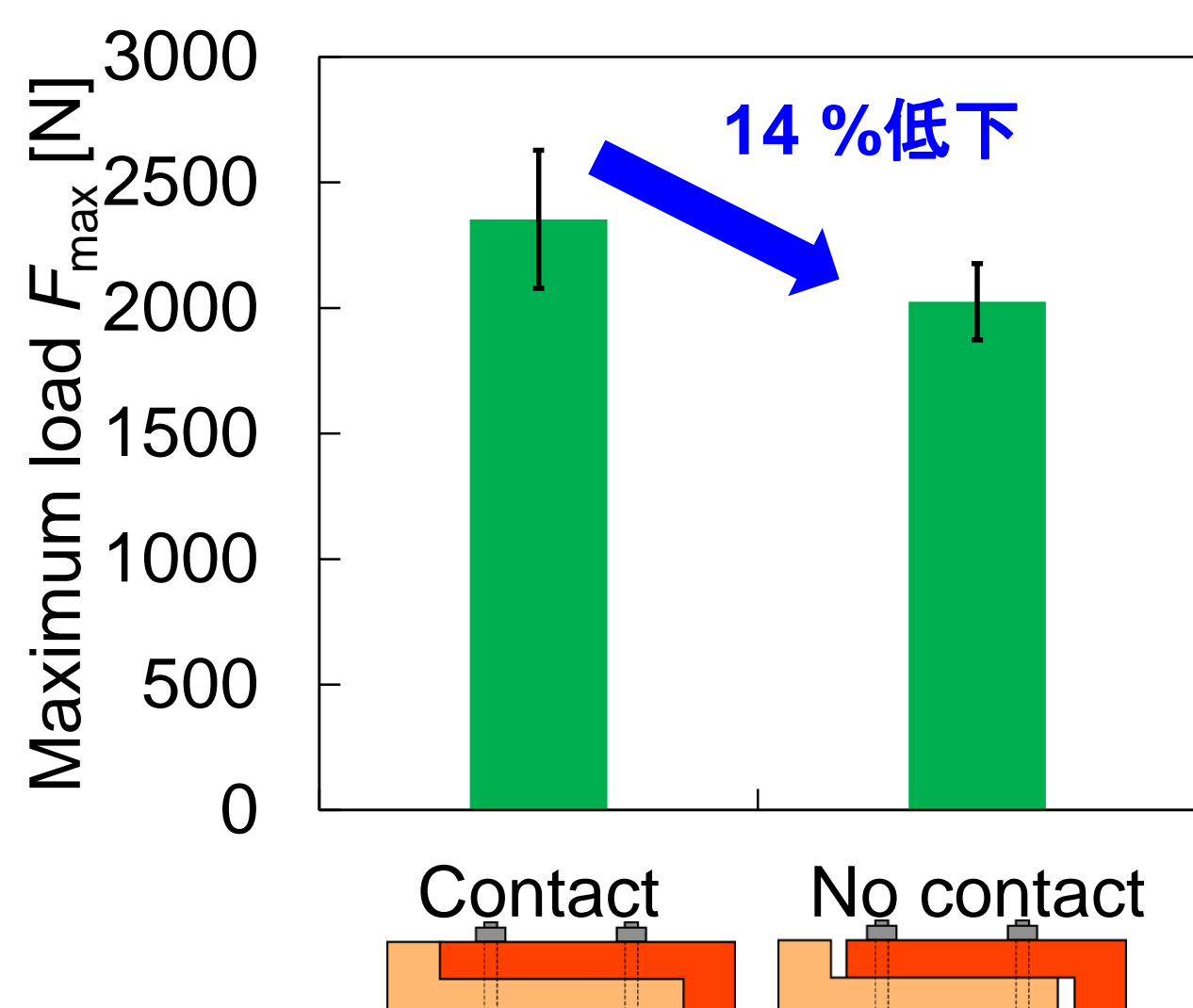


図6 端面接触の有無が破壊荷重 F_{max} に及ぼす影響 (実験, $d_h/d_b=1.025$)

まとめ

- 相欠き継ぎにおいて強度向上のためには, 部材同士の接触部の摩擦力を高めることによって, 接合部に生じる力をバランスよく分散させることが重要である。
- 部材の長手方向のズレを抑制し, 摩擦力を向上する手法として, 「ボルト穴径の調整」および「くさびの挿入」を提案した。
→ ボルト径に対するボルト穴径の比 d_h/d_b をできるだけ1に近づけることによって, 部材のズレが抑制され, 強度は向上する。
→ くさびの挿入によって部材のズレを抑制し, 部材接触部における摩擦力を高めることができる。今後, 適正なくさびの材質を検討し, さらなる強度の向上を目指す。

ボルト穴径の調整による摩擦力向上

FEMによる検討

- ボルト穴径 d_h が大きくなると, 長手方向の部材のズレ量が増加 (図7)
→ 端部における接触が不安定となり, ボルト部に力が集中 (図8)

実験による検証

- ボルト穴径 d_h の増加
→ ズレ量が増加 (図9)
→ 接合部の破壊荷重 F_{max} が低下 (図10)
→ ズレ量の増加にともない破壊時のたわみは増加 (図11)

ボルト穴径をできるだけボルト径に近づけると, 部材のズレ抑制にともなう摩擦力増加によって, 強度の向上が期待

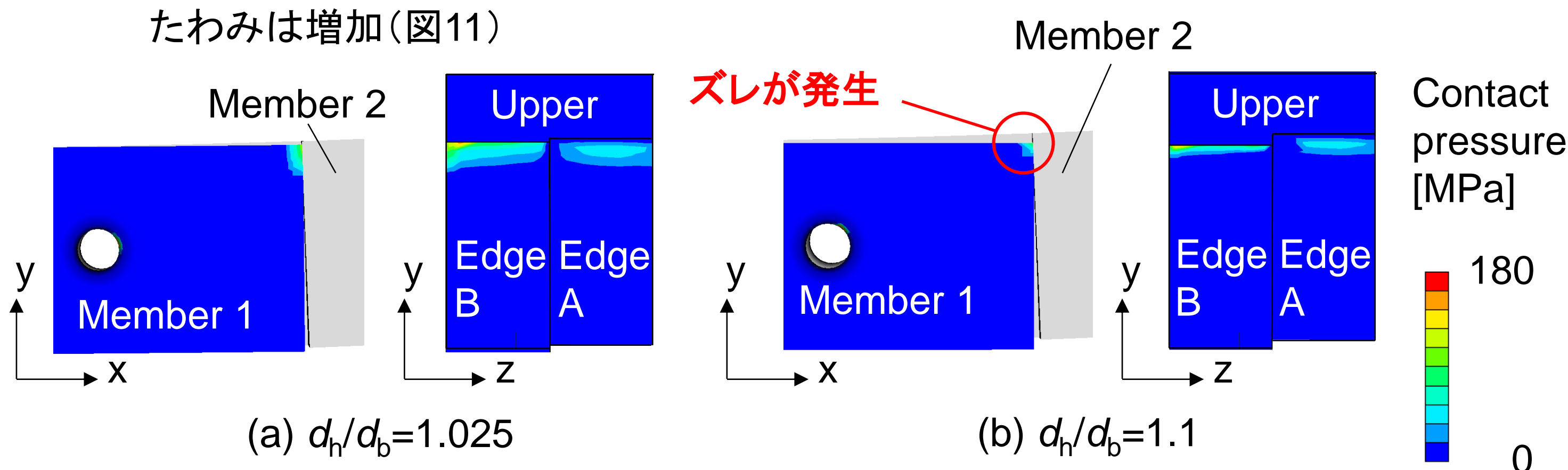


図7 端部における面圧分布 (FEM, $S=5$ mm, $\mu=0.5$)

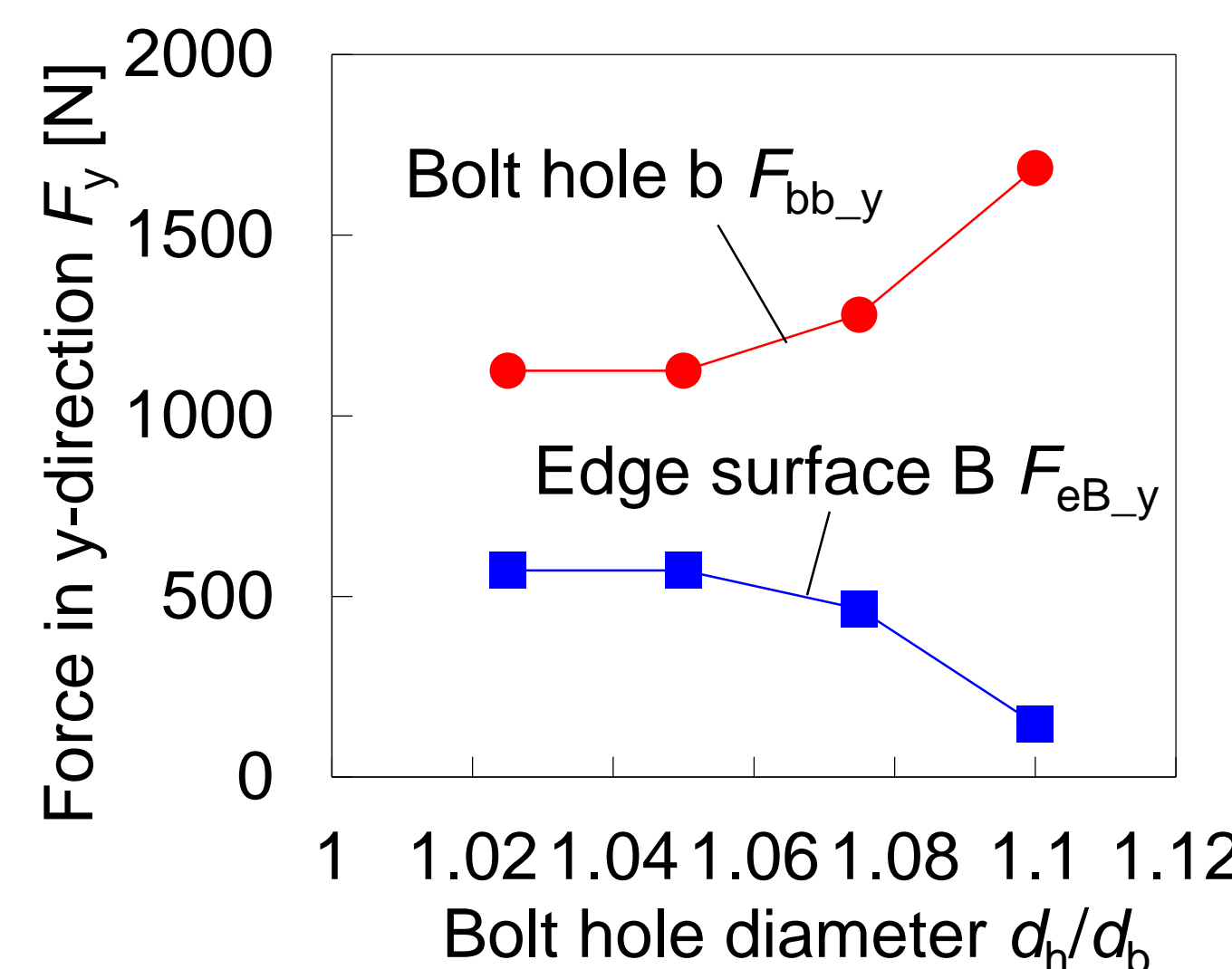


図8 ボルト穴径 d_h が接合部に生じる力に及ぼす影響 (FEM, $S=5$ mm, $\mu=0.5$)

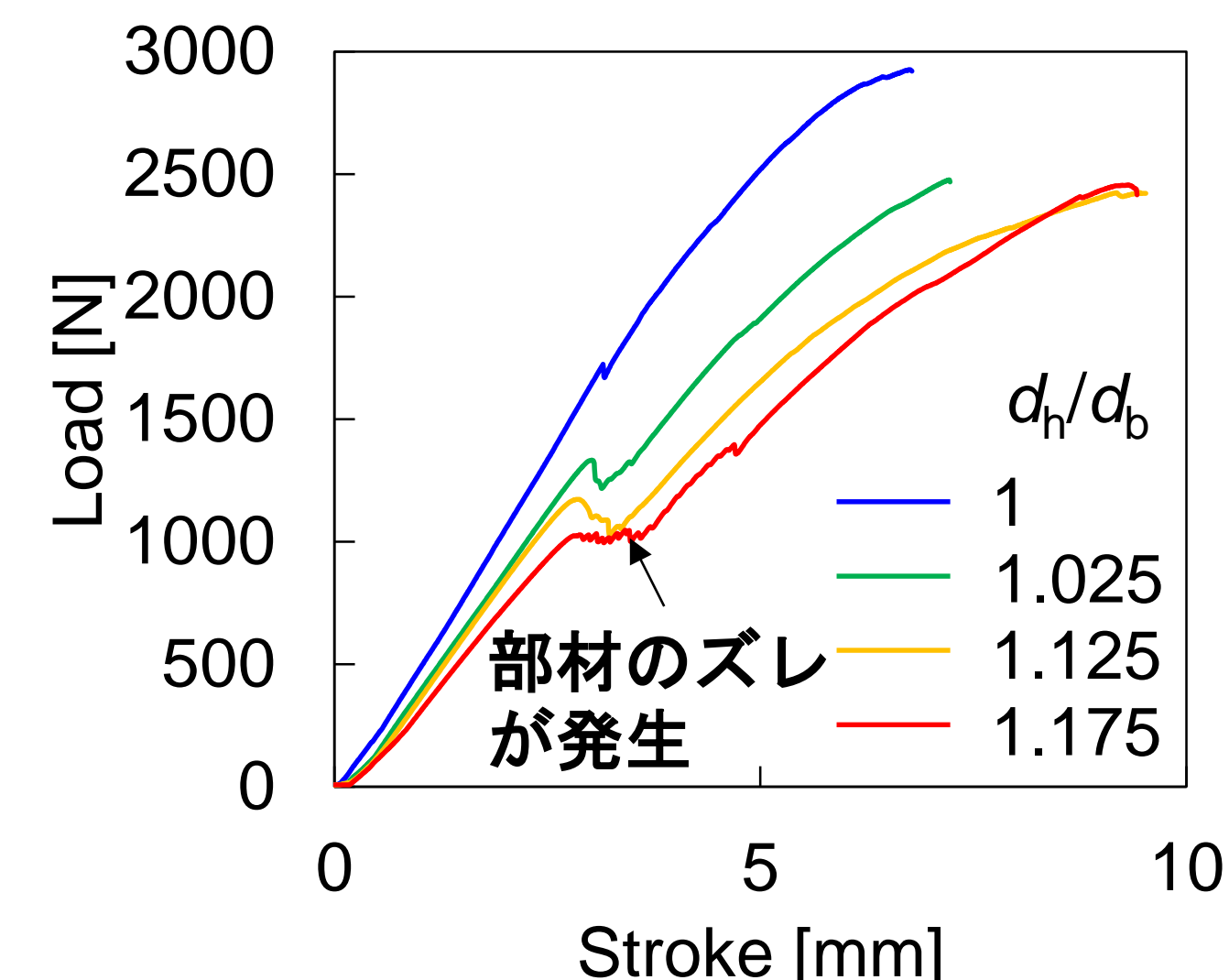


図9 ボルト穴径 d_h が荷重-ストローク線図に及ぼす影響 (実験)

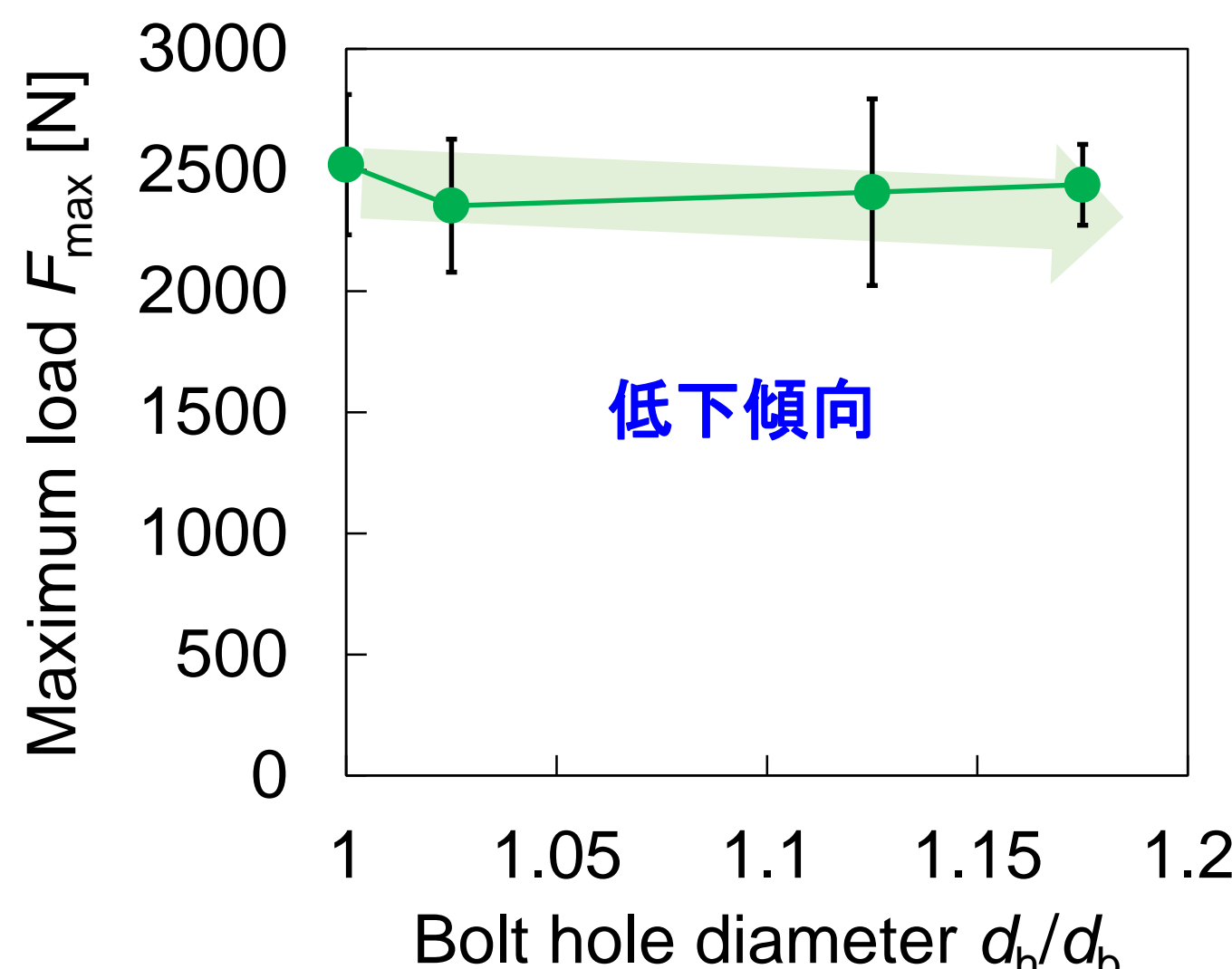


図10 ボルト穴径 d_h が破壊荷重 F_{max} に及ぼす影響 (実験)

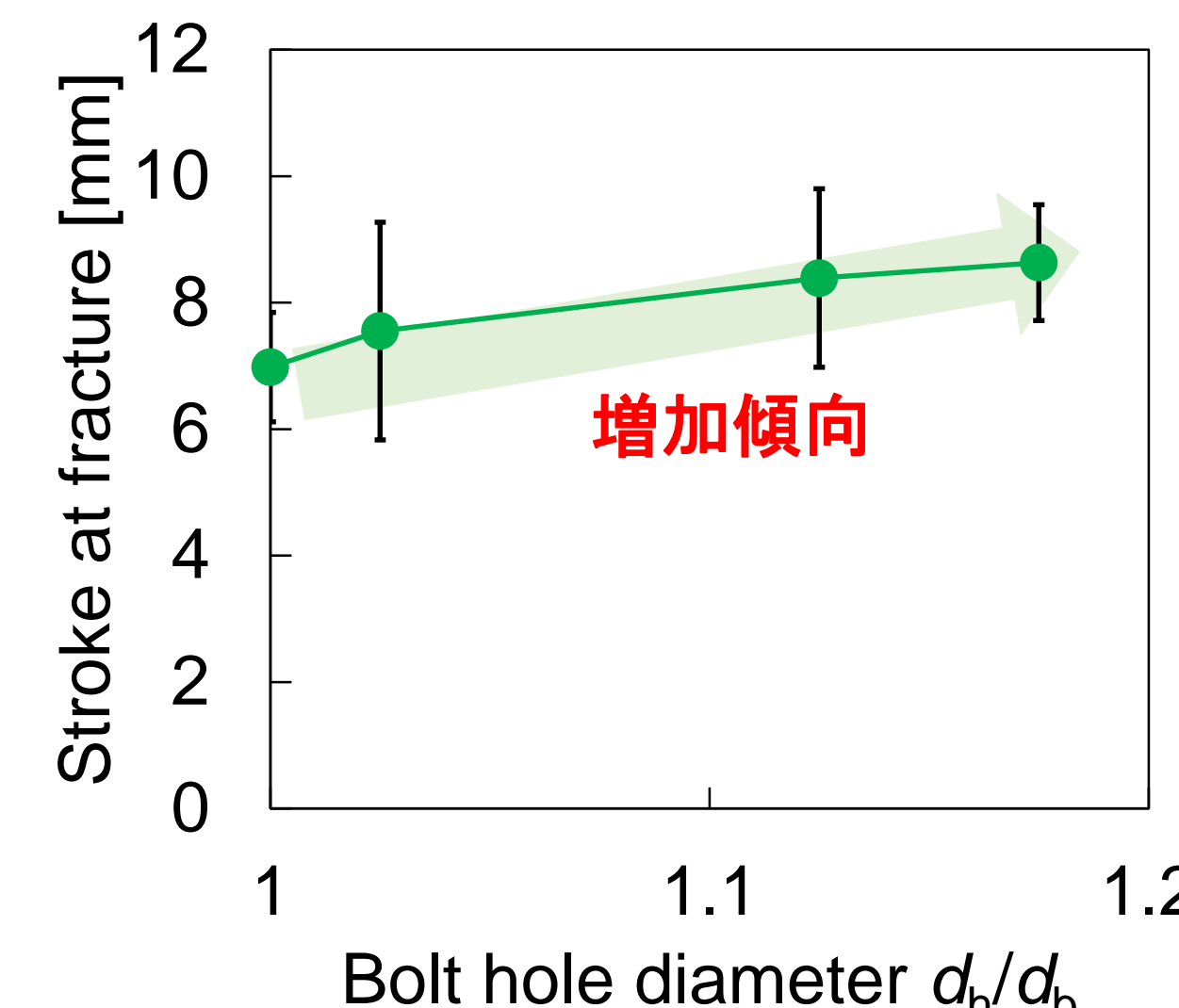


図11 ボルト穴径 d_h が破壊時のたわみに及ぼす影響 (実験)

くさびの挿入による摩擦力向上

- 部材の切削加工精度を考慮すると, d_h/d_b が1になるよう加工することは難しい。
→ 長手方向の部材のズレ抑制を目的として, 接触部にくさびを挿入 (図12)

使用したくさび
・テーパ角度: 5°
・材質: S45C
・表面状態: ワイヤカット放電加工にてカットした状態

- くさびの挿入によって, 長手方向のズレを抑制可能 (図13)
- 破壊時の強度は低下
→ くさびが部材に対して硬すぎるため, 接触部にて亀裂が生じやすかったことが原因

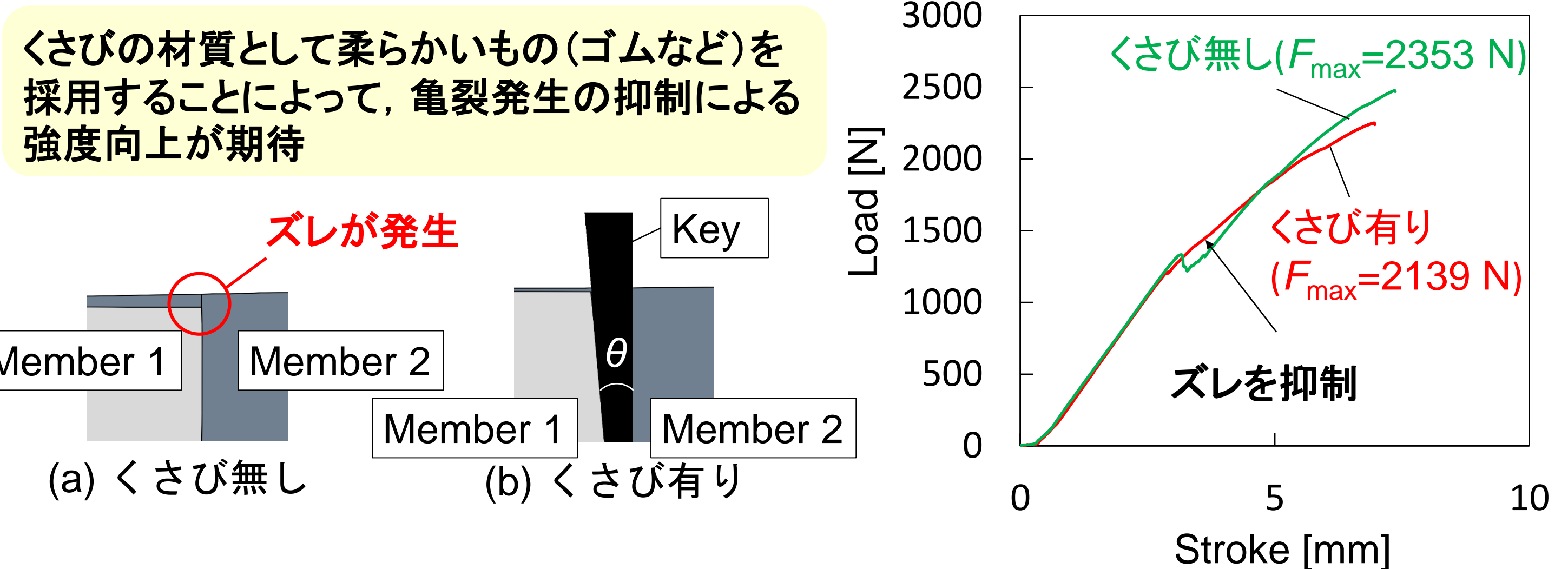


図12 くさび挿入によるズレの抑制

図13 くさび挿入が荷重-ストローク線図に及ぼす影響 (実験, $d_h/d_b=1.025$)