

混合モード状態におけるCFRP接着 継手の破壊じん性測定技術の開発

広島県立総合技術研究所
西部工業技術センター

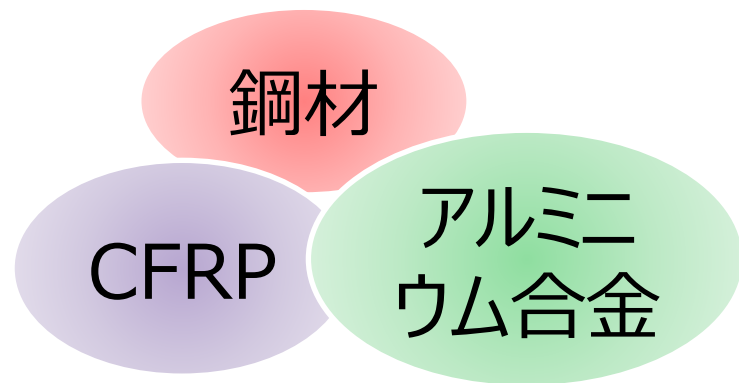
発表者：材料技術研究部 河野 洋輔

接合技術の必要性

製品の軽量化に対する設計技術の解決手段

マルチマテリアル設計

- 異種材料間の接合が必要
 - 点ではなく面で接合
- 接着接合が主要な接合手段



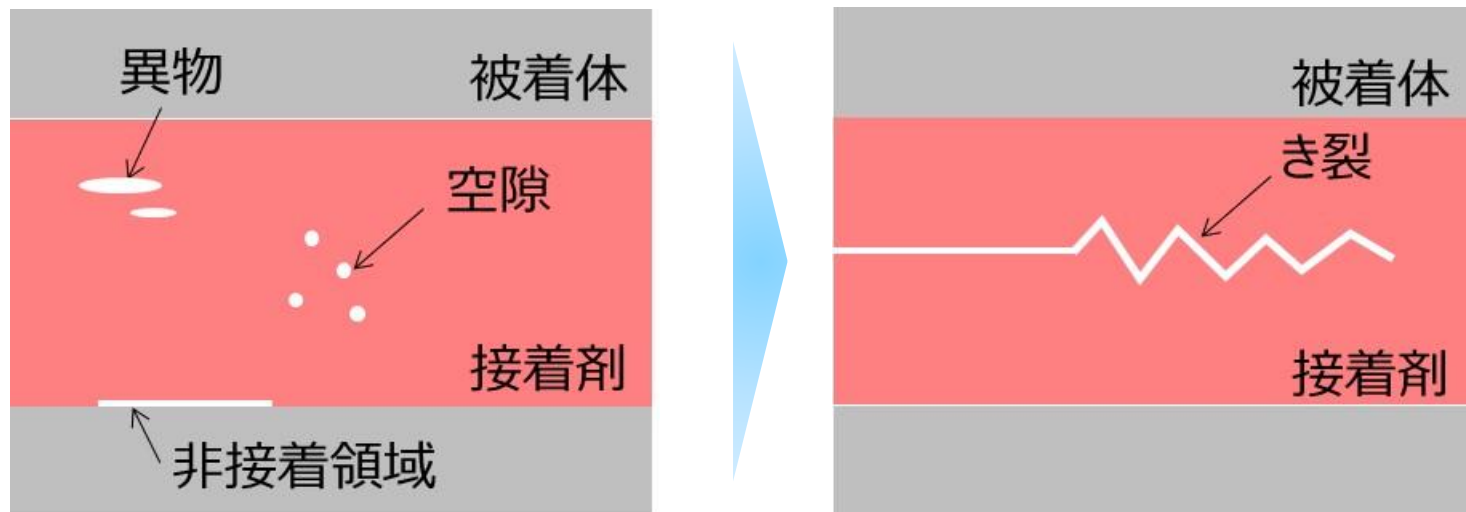
マルチマテリアル設計

接着接合の課題

■ 接着強度の安全性と信頼性の確保

接着工程で空隙，非接着領域，介在物などを含む。

これらの初期欠陥から，き裂が発生し進展する



→き裂を考慮した強度評価が必要

破壊じん性値の必要性

■ き裂を有する材料の強度評価

→エネルギー解放率を使うことで強度が予測できる

静的強度

■ 静的破壊条件
⇒接着層に存在するき裂のエネルギー解放率 (G) が破壊じん性値 (G_C) を上回ると破壊する

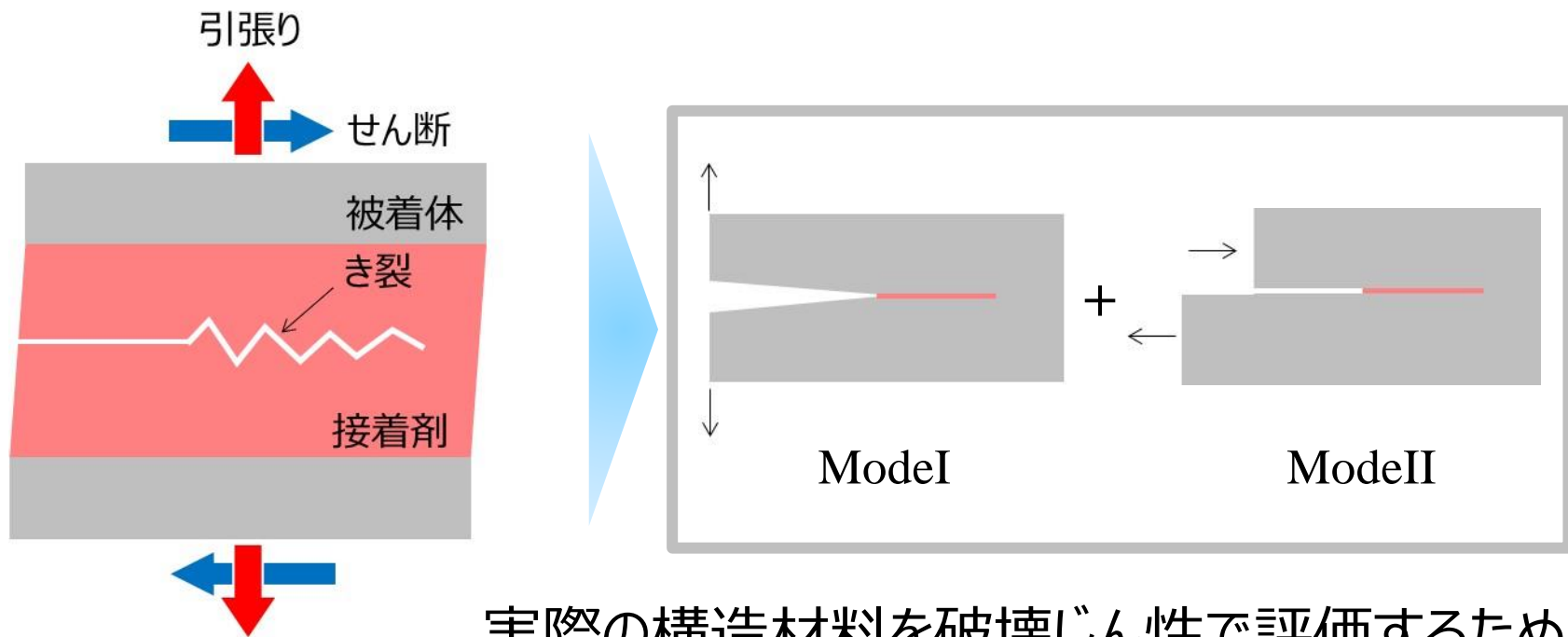
$$G \geq G_C$$

疲労強度

■ 疲労き裂進展
⇒き裂進展速度 (da/dN) がエネルギー解放率範囲 (ΔG) で表される

$$\begin{aligned} da/dN \\ = C(\Delta G)^m \end{aligned}$$

混合モードの必要性



実際の構造材料を破壊じん性で評価するためには、混合モード状態 (ModeI + ModeII) の破壊じん性値が必要

研究概要

設計

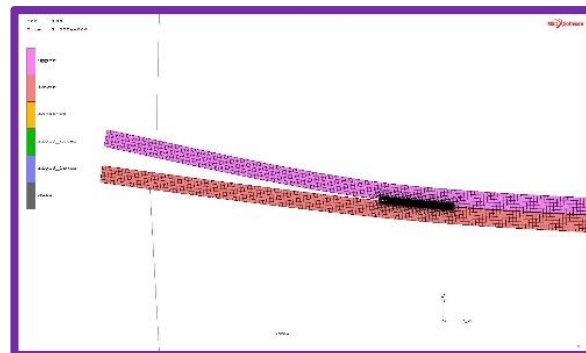
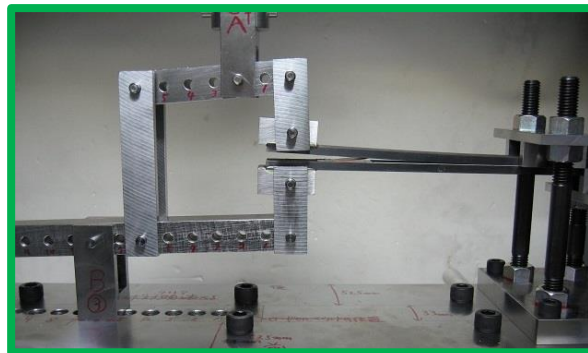
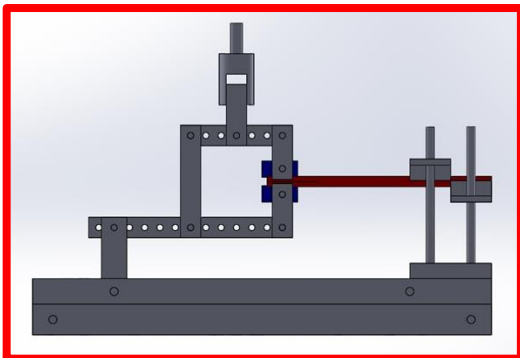
接着継手の混合モード破壊じん性試験を行うための試験片と固定ジグの製作

実験

ジグを用いて混合モード破壊じん性試験を行い，荷重，変位，き裂進展長さを測定

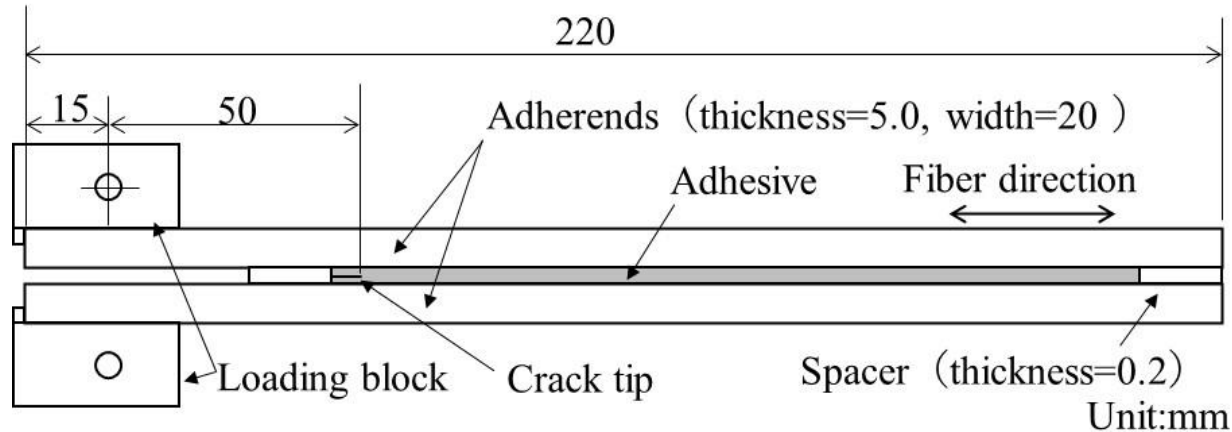
解析

実験結果を有限要素モデルに入力し，破壊じん性値（エネルギー解放率）を計算



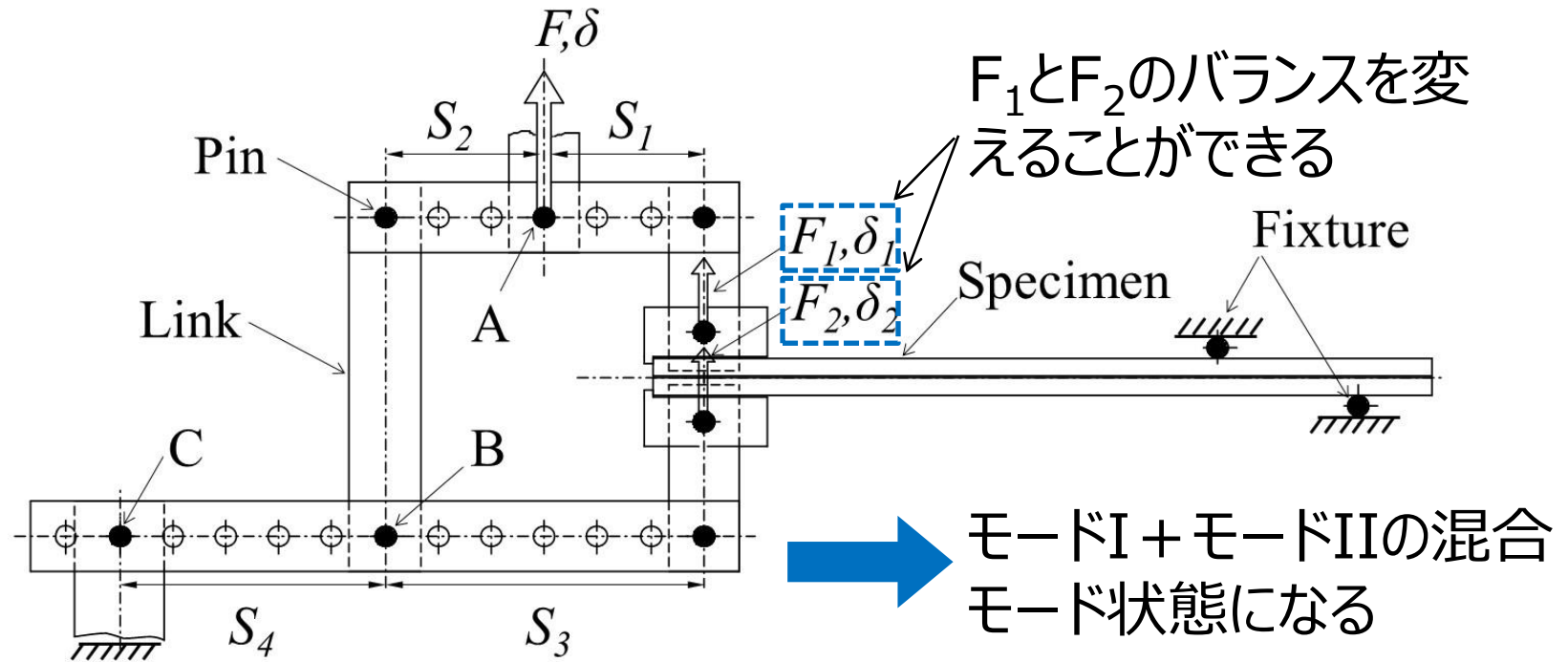
供試材料, 試験片

被着体	接着剤
一方向CFRP積層板 (三菱ケミカル)	構造用フィルム接着剤 (3M)



試験片

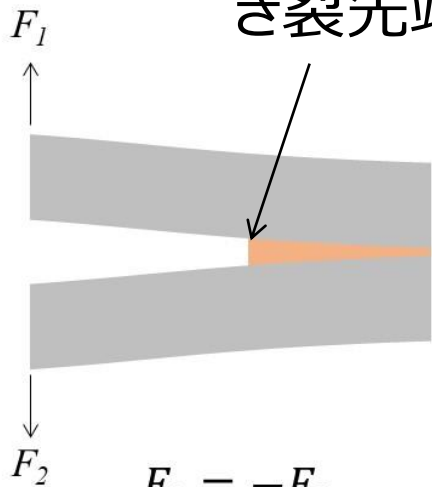
試験片固定ジグ



試験片固定ジグ

混合モード状態

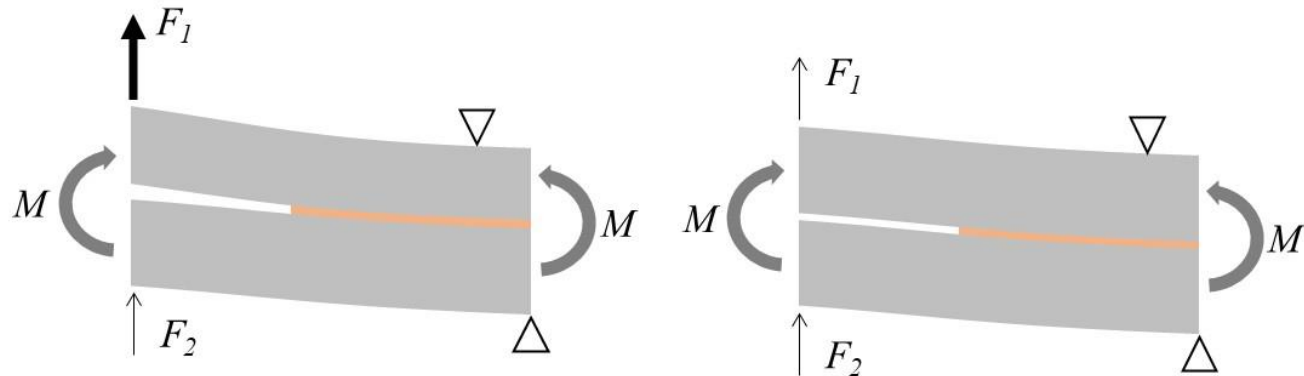
き裂先端



$$F_1 = -F_2$$

モードI

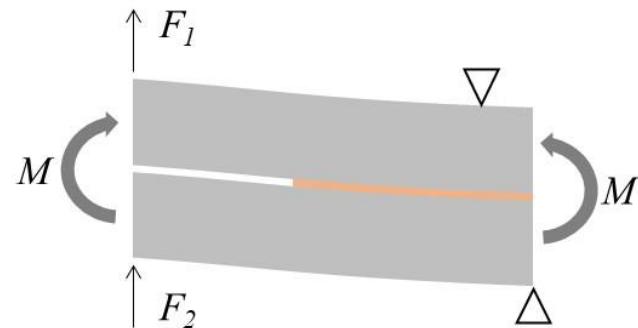
$$G_{II}/G_T = 0.0$$



$$F_1 \neq F_2$$

混合モード

$$0.0 < G_{II}/G_T < 1.0$$



$$F_1 = F_2$$

モードII

$$G_{II}/G_T = 1.0$$

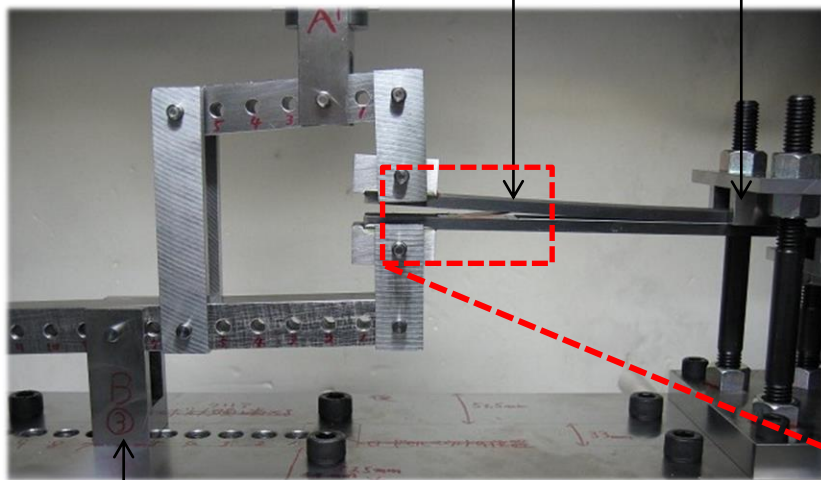
※モード比 : $G_{II}/G_T = G_{II}/(G_I + G_{II})$

実験方法

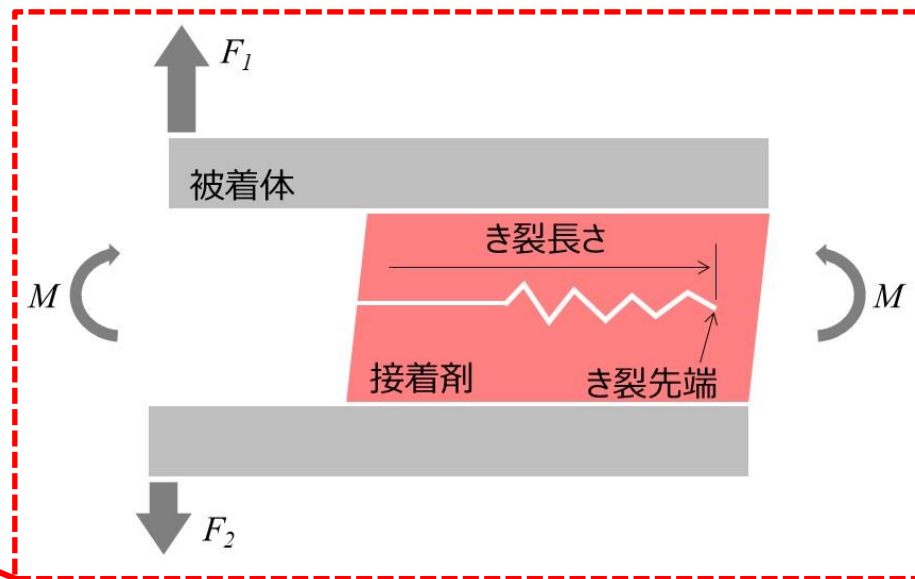
F, δ ($V=1\text{mm}/\text{min}$)



試験片 固定



固定 実験の様子



き裂進展の模式図

実験結果

き裂進展方向 →



$$G_{II}/G_T = 0.21$$

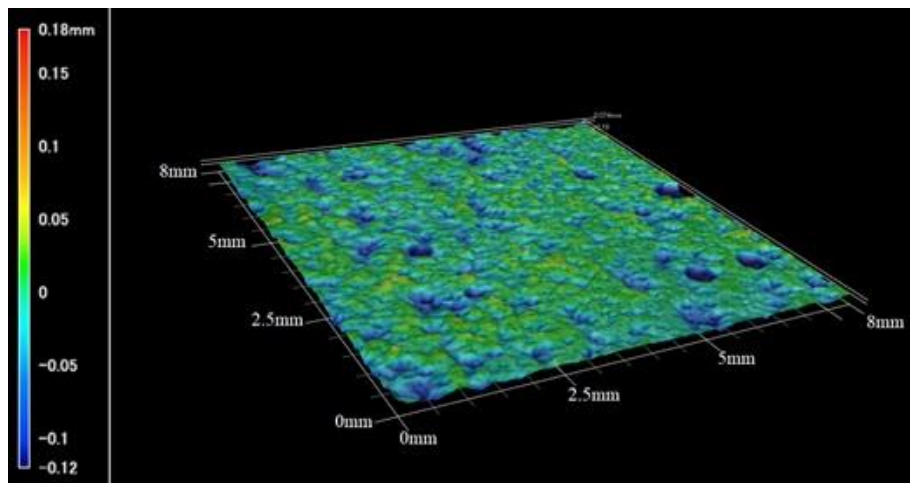


$$G_{II}/G_T = 0.80$$

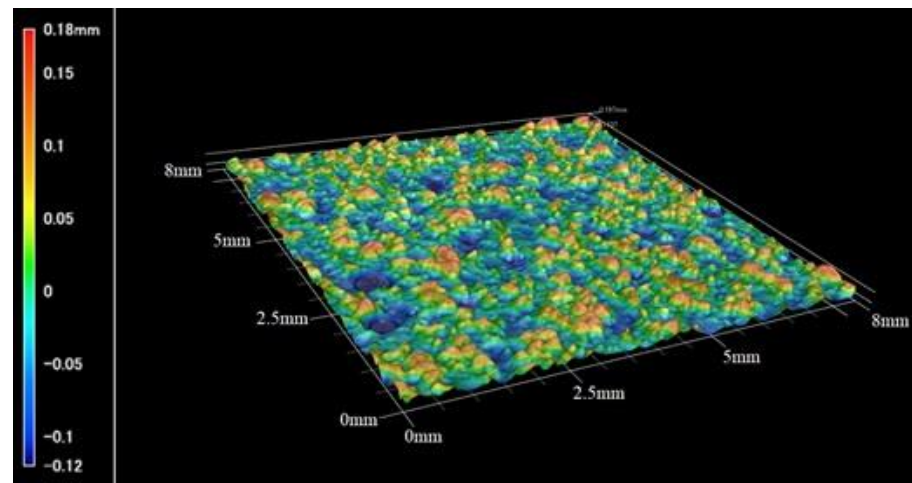
接着層を進展するき裂

実験結果

き裂進展方向 →



$$G_{II}/G_T = 0.21$$



$$G_{II}/G_T = 0.80$$

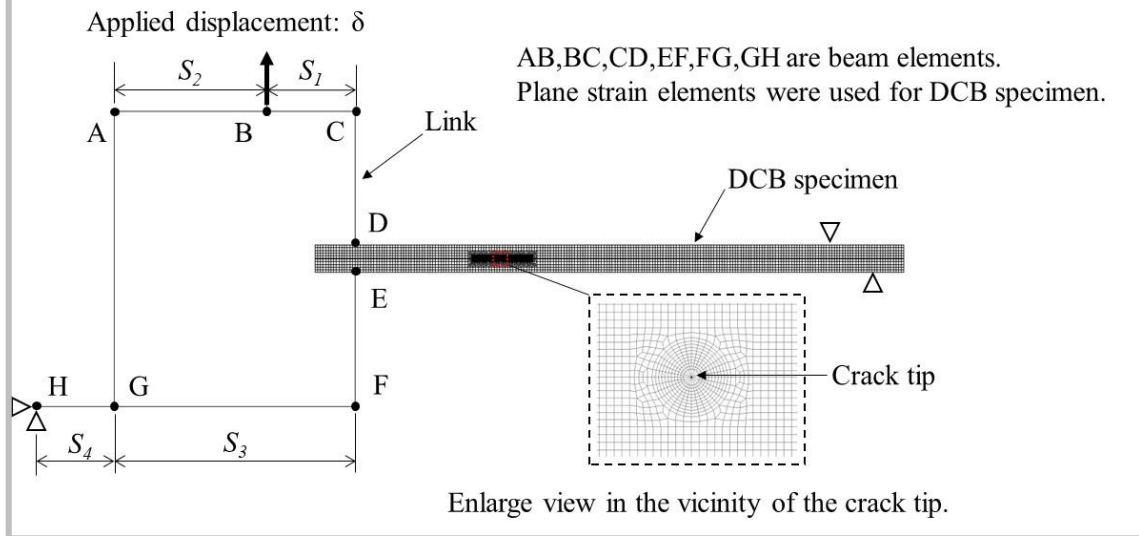
破面の表面粗さ

有限要素解析

入力

$F, \Delta a$

計算モデル

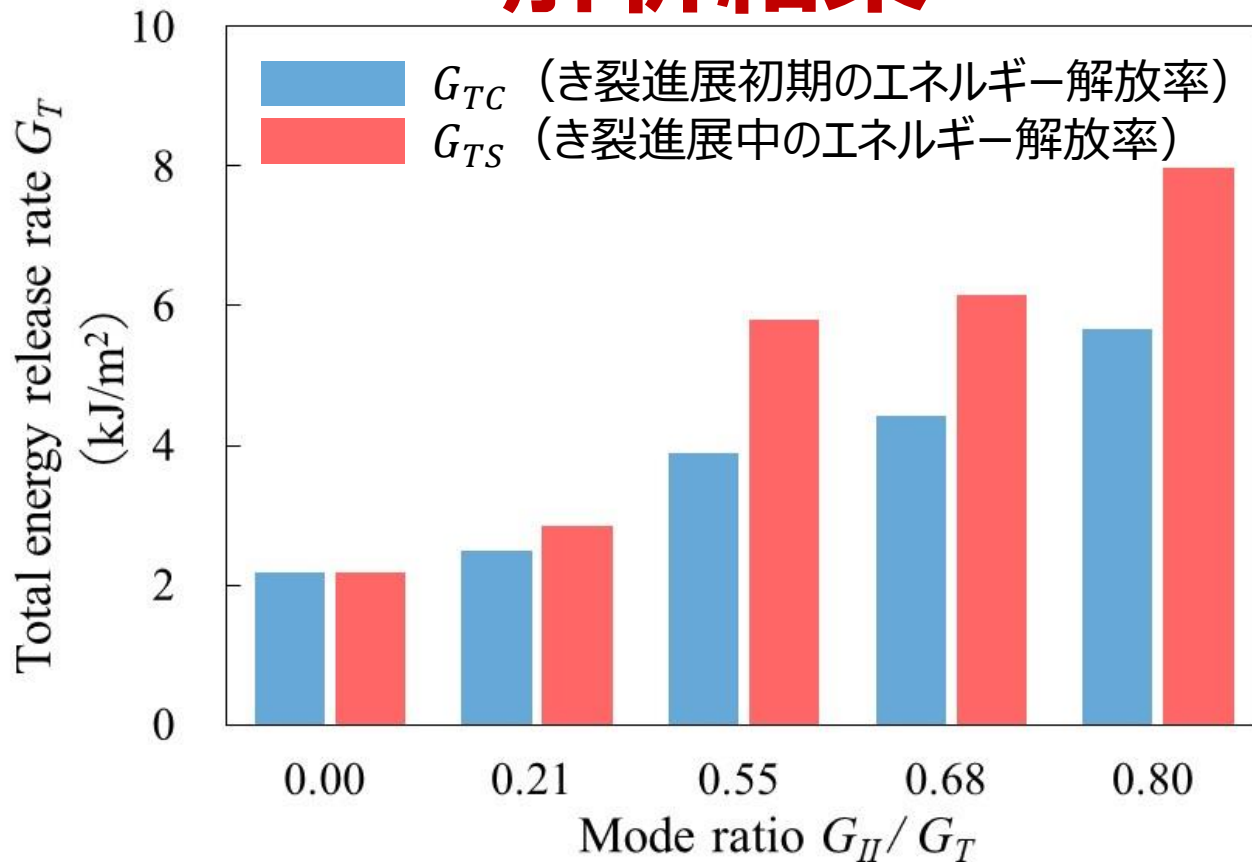


出力

G_T

有限要素モデル

解析結果



モード比とエネルギー解放率の関係

まとめ

CFRP接着継手の混合モード状態における破壊じん性値の測定技術を開発した。

- き裂進展開始のエネルギー解放率，き裂進展中のエネルギー解放率を測定することができた。
- き裂進展開始のエネルギー解放率は，モード比の増加に伴い増加した。
- き裂進展開始のエネルギー解放率と，き裂進展中のエネルギー解放率の差は、モード比の増加に伴い拡大した。

想定される用途

(1) 製品に適した接着剤の選定

接着剤の強度や被着体と接着剤の界面強度を破壊じん性試験で測定し、適切な接着剤を選定する

(2) 製品にき裂が存在する場合の安全性評価

想定するき裂が進展する様子を可視化し、許容できる荷重を見積もる

(3) 界面強度の安全性評価

異種材料が混在する材料の界面強度、接着継手の接着強度の予測

【お問合せ先】

広島県立総合技術研究所 西部工業技術センター
技術支援部

E-mail: wkcgijutsu@pref.hiroshima.lg.jp

URL: <https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/27/>

→ 「お問合せホームはこちらから」 をクリック

TEL: 0823-74-1151