

公益社団法人 自動車技術会
運営企画会議議長 殿

2017年 8月 4日

研究調査事業 実績報告書（2016年度事業分）

「研究調査事業」による助成金を受領した研究が終了しましたので、下記の通り報告します。

委員会名	構造強度部門委員会		
委員長名	大宮 正毅	委員長所属機関・部署名	
報告者名	長坂 圭	報告者所属機関・部署名	スズキ・四輪車両性能開発部
研究調査テーマ名：き裂進展に対する予測技術の研究			
本会HPでの公開可能年月日	2018年 5月 25日（2018年春季大会終了後）		

記入にあたっての注意事項

- この報告書は、原則として2017年5月末日までにEmailに添付して提出してください。
(提出先：tech@jsae.or.jp)
- 研究助成対象者が報告してください。
- [研究調査事業の内容] は3～4頁程度にまとめてください。
なお、[研究調査の成果] は、この研究の学会発表等より前に、報告者の了解なしに本会が公表することはありません。
- 本助成金による研究の発表論文（発表予定論文を含む）があれば、Emailに添付し [本研究調査事業の成果] に代えても結構です。
- 本報告書は、本会HPでの公開、ならびに運営企画会議に報告します。なお、HPでの公開は、上記の[本会HPでの公開可能年月]に示された年月日以降の公開とします。

2016年度 研究調査事業実績報告書

1. [研究調査テーマ名]

き裂進展に対する予測技術の研究

2. [目 的]

自動車の安全性能向上を目的として衝突安全基準(情報公開、法規)が厳しくなっている。一方で環境問題に対する意識の高まりから、自動車の軽量化が重要な課題となっている。安全性能向上と軽量化を両立するため、自動車用鋼板として熱間プレスや超ハイテン材が適用されてきている。しかし、一般的にこれらの高強度材料は破断に至るまでの伸びが小さいため、開発段階において、亀裂が発生・進展し、衝突性能が悪化する可能性がある。

そこで本 W/G では、鋼板のき裂進展現象のメカニズムと要因を特定できる予測技術を確立することで、自動車の安全性能技術の向上をはかり、より安全な車をお客様へ提供できることを目的とする。2016年度は、基礎的な亀裂進展試験を行い、CAE 解析手法の検討を行う。

3. [本研究調査事業の内容]

別紙参照

4. [本研究調査事業の成果]

成果について具体的にご記入ください。

(1) 3 鋼種 (509DP, 590R, 1470M) を対象に、亀裂進展試験を実施し、亀裂が進展する経路と速度および試験片表面のひずみ分布を計測した。試験結果を CAE で再現するために、試験片および試験治具の挙動 (主に試験中の回転挙動) を観察した。

(2) 亀裂進展試験を FEM で再現したところ、亀裂進展方向がメッシュサイズやメッシュ分割に依存することが分かった。また、ランクフォード値 (r 値) によっても、亀裂進展方向が変わる事を確認した。FEM 以外の手法として、XFEM や粒子法による亀裂進展解析を調査した。XFEM でも亀裂進展方向がメッシュ分割に依存することが確認された。

(3) 本内容および 2017 年度に実施する内容をまとめ、2018 年度の自技会 春季大会で発表する予定。

5. 委員会活動への影響

今回の研究調査において委員会活動へ影響した点についてご記入ください。

自動車骨格の高ハイテン化や、ますます厳しくなる衝突安全基準に対応するため、CAEで亀裂進展を予測できるようにすることが課題となっているが、実用的かつ高精度な亀裂進展予測手法が確立されていないのが現状である。今回の研究調査において、CAE手法の開発に有用な実験データを取得できた。今後、本データをもとにCAEによる亀裂進展予測手法を開発し、より安全な自動車の開発に貢献するものと推測される。

6. 今回の研究調査結果について、発表方法を下記より選択してください（複数回答可）。

- 会誌への記事掲載（___年___月号を予定）
- 春季大会オーガナイズドセッションでの発表（2017年春季大会を予定）
- 春季大会フォーラムでの発表（___年春季大会を予定）
- シンポジウムでの発表（___年___月を予定）
- 出版物の発行（印刷物、CD-ROM）（2019年5月頃の発行を予定）
- その他（具体的にご記入ください）

--

7. 受給額と執行額

受給総額	300,000 円
執行総額	300,000 円

費目	使用例	実際の使用内容	予算額(円)	執行額(円)
印刷製本費	資料印刷費、複写費、編集外注費、CD製作費など			
諸謝金	原稿料			
通信運搬費	運送用レンタカー代、宅配料			
委託費	外部への委託費			
開発費	システム開発費			
資料購入費	参考資料、書籍等購入費			
物品購入費	実験に必要な部品類など			
消耗品費	燃料代、実験に必要な消耗品類			
臨時雇用費	アルバイト代			
その他	試験費用	試験片製作、計測	300,000	300,000
合計(円)			300,000	300,000

以上

別紙

本研究調査事業の内容

1. 目的

自動車の安全性能向上を目的として衝突安全基準(情報公開、法規)が厳しくなっている。一方で環境問題に対する意識の高まりから、自動車の軽量化が重要な課題となっている。安全性能向上と軽量化を両立するため、自動車用鋼板として熱間プレスや超ハイテン材が適用されてきている。しかし、一般的にこれらの高強度材料は破断に至るまでの伸びが小さいため、開発段階において、亀裂が発生、進展し、衝突性能が悪化する場合がある。

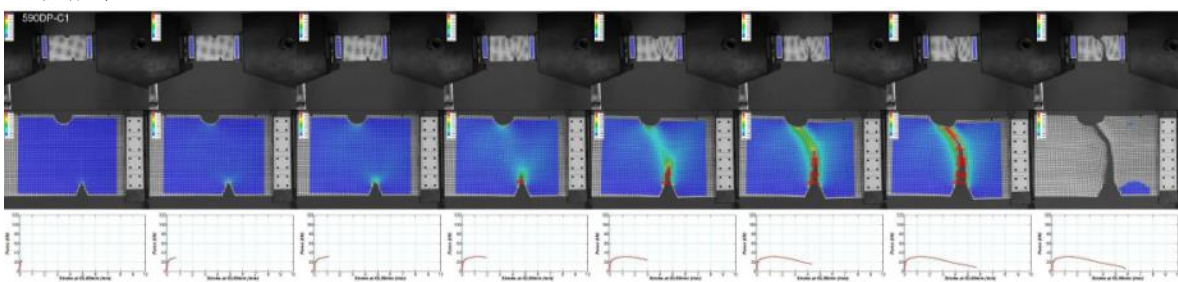
設計初期段階で亀裂の発生と進展を予測するために CAE が活用されているが、衝突のような大変形に起因する亀裂進展を高精度に予測できる実用的な解析手法は確立されていない。2016年度、本 WG では、基礎的な亀裂進展試験を実施し、いくつかの CAE 手法を用いて亀裂進展の再現を試みた。

2. 亀裂進展試験

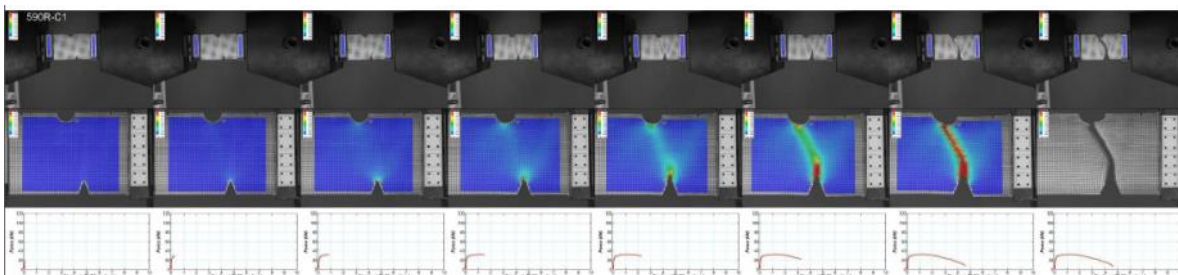
武田ら⁽¹⁾が行った亀裂進展試験を参考に、3 鋼種 (590DP、590R、1480M) を対象に亀裂進展試験を実施した。試験では、亀裂の進展方向と速度、試験片表面のひずみ分布を計測した。また、この後行う CAE での再現に必要なと考え、試験中の試験片や試験治具の挙動 (主に回転挙動) を 3 次元計測した。



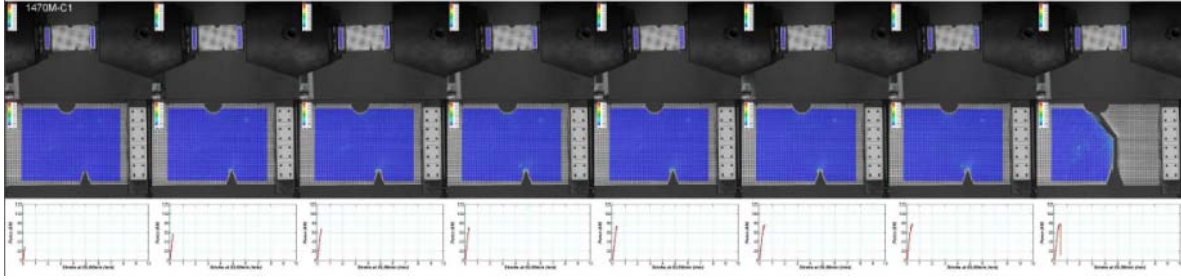
試験結果 590DP



試験結果 590R



試験結果 1470M



3. CAE 手法の検討

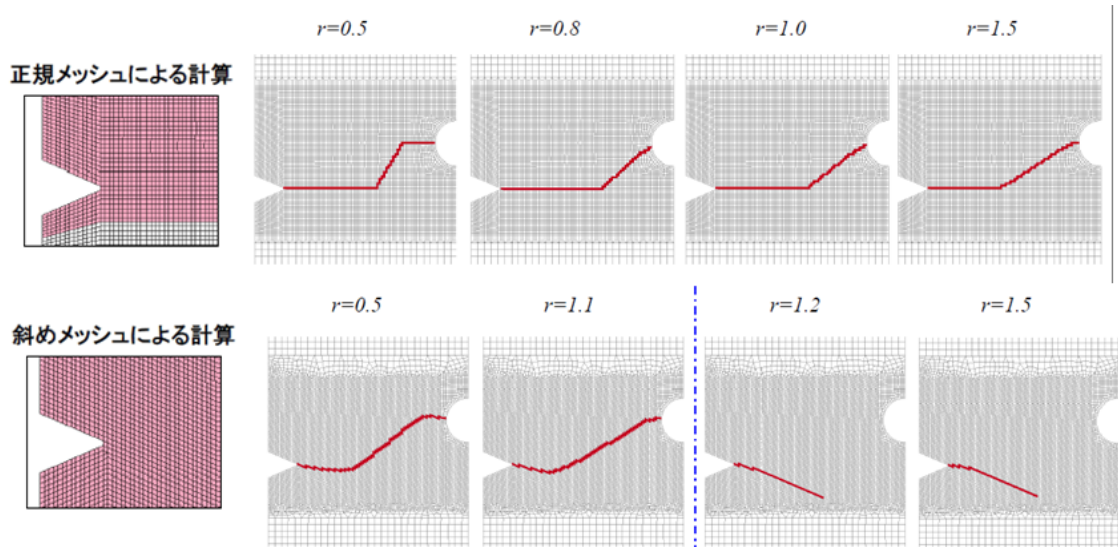
CAE による亀裂進展試験の再現を試みた。

3. 1 FEM

- 試験片の回転挙動が亀裂進展方向に影響することが分かった。
- GISSMO モデル（応力三軸度・相当塑性ひずみによる要素消去）を用いることで、亀裂の発生から進展まで、ある程度は亀裂進展方向を再現できた。
- 亀裂進展がメッシュ分割（分割方向、メッシュサイズ）やランクフォード値（ r 値）に大きく依存することを確認した。

課題

衝突解析での使用を考えると最も実用的な手法であるが、亀裂進展のメッシュ依存性を減らすことが課題となる。

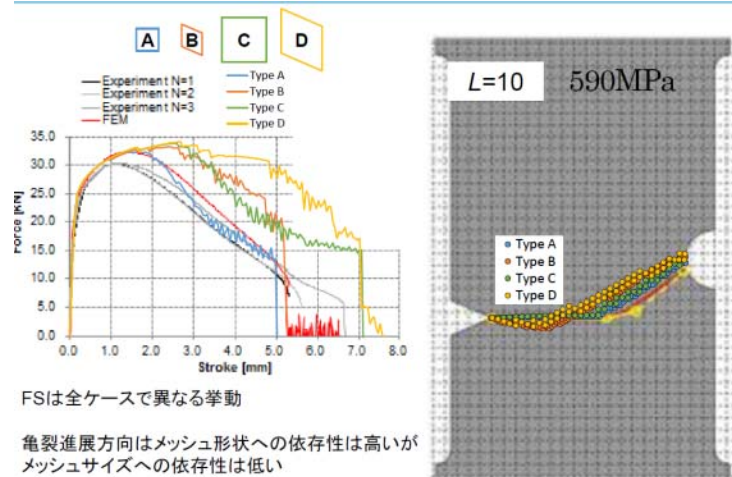
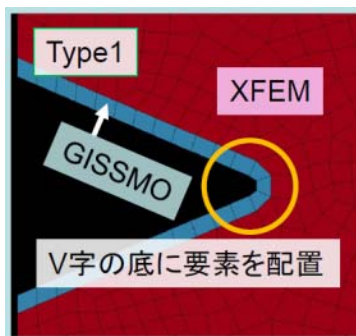


3. 2 XFEM

- 亀裂の発生は FEM(GISSMO モデル)で計算し、その後の亀裂進展を XFEM で計算することで、亀裂進展試験を再現できた。
- XFEM でも、亀裂進展方向のメッシュ依存性が見られた。

課題

XFEM でも亀裂進展方向がメッシュに依存する原因を調査する必要がある。



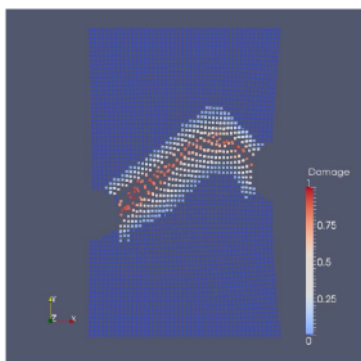
3. 3 粒子法

- 粒子法で弾塑性体の亀裂を計算できることを確認した。
- 破断伸び (δc) を変えることで、亀裂進展挙動が変化した。

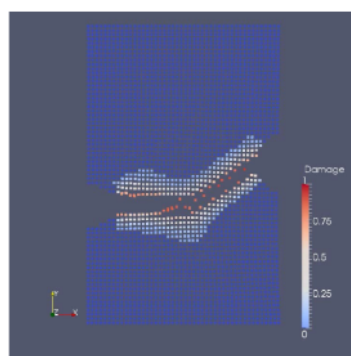
課題

動作確認はできたが、未知の部分が多く、精度を上げていくためには更なる調査が必要。

解析結果: 弾塑性体 ($\delta c = 0.15 \text{ mm}$)



解析結果: 弾塑性体 ($\delta c = 0.05 \text{ mm}$)



まとめ

- 亀裂進展試験を CAE で再現する上で、試験片や試験治具の回転挙動を考慮する必要があることが分かった。2017 年度は、不確定要素の少なく CAE で境界条件を再現しやすい試験方法を検討する。
- FEM や XFEM は亀裂進展方向がメッシュ分割に大きく依存することが分かった。2017 年度はメッシュ依存性の少ない解析手法について検討する。
- 粒子法による亀裂進展解析について調査した。2017 年度も、粒子法に関する調査を継続する。

参考文献

- (1) 武田力紀, et al. "ハイテン材における延性き裂進展の研究." 自動車技術会論文集 47.6 (2016): 1459-1464.