

九州産業大学大学院

KYUSHU SANGYO UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL



令和2年度 研究成果発表会

改良型線形切欠き力学の マスターカーブによる破断強度の予測精度

博士前期課程

工学研究科 産業技術デザイン専攻 機械システム分野

山崎遼

主査 藤崎渉
副査 丘華
寺西高広

研究の背景

機械や構造物などの製品の破壊は、一般的に円孔などの切欠きによる応力集中部から生じている。近年、地球資源の有効活用、省エネルギーの観点から製品の軽量化が求められている。このためには、製品の破断強度への切欠きの影響を合理的により精度よく予測する方法の確立が重要となってくる。

研究の目的

切欠きを有する板材の強度評価法である従来の線形切欠き力学では、切欠き半径 ρ に対して十分に板幅が大きい場合は予測精度が高いため適用できるが、切欠き半径 ρ に対して板幅が狭くなると予測精度が低下するため適用できない。

そこで有限要素法(FEM)と基本解利用法(MFS)を用いて切欠き底の応力勾配を正確に計算し、引張り試験で切欠き底の最大応力を測定する。さらに、新しいパラメーターを導入した改良型線形切欠き力学を用いてマスターカーブを作成し、従来の線形切欠き力学を用いたマスターカーブと比較することで改良型線形切欠き力学の有効性を明らかにする。

概要

試験片の破断強度から製品の破断強度を予測する方法について研究する。

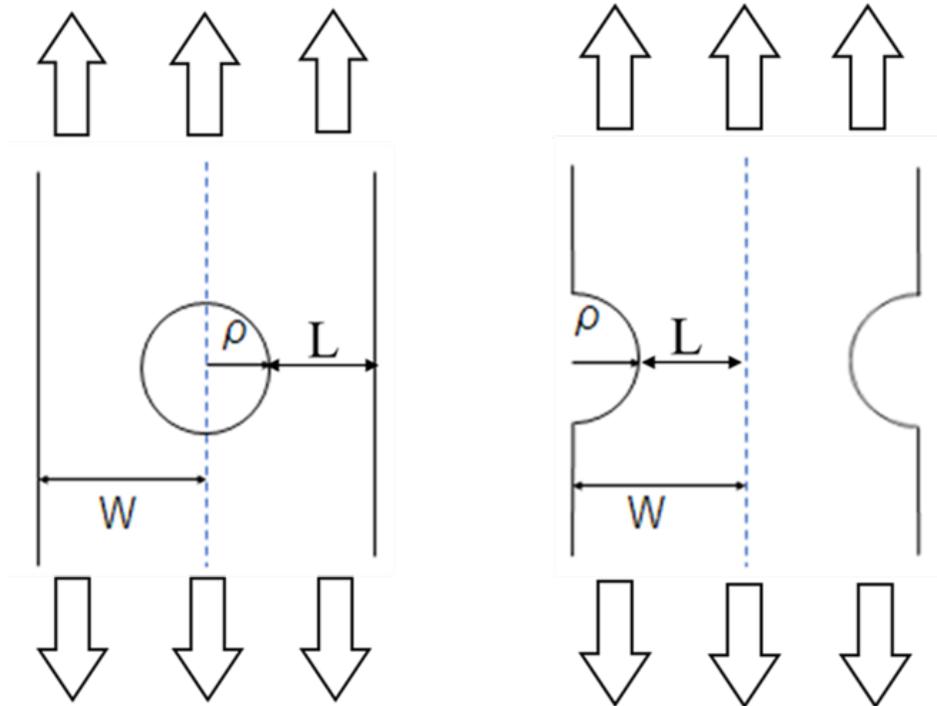


Real object | Notch1



Test piece | Notch2

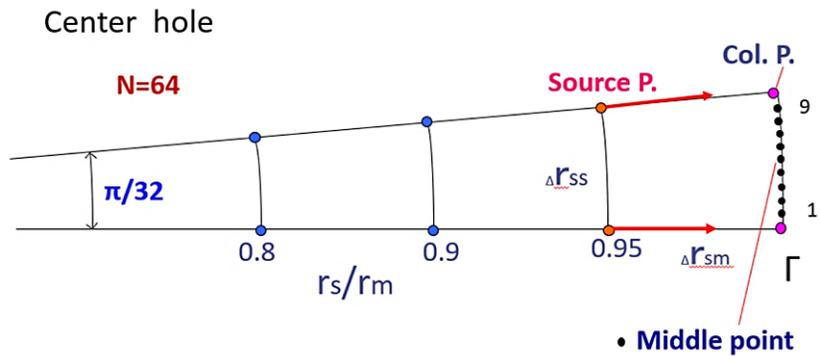
応力解析と引張り試験で用いる試験片の形状



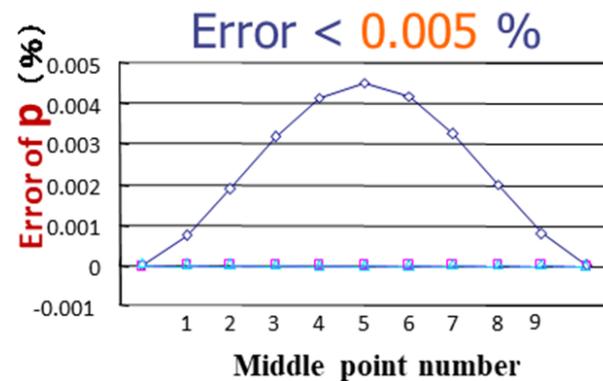
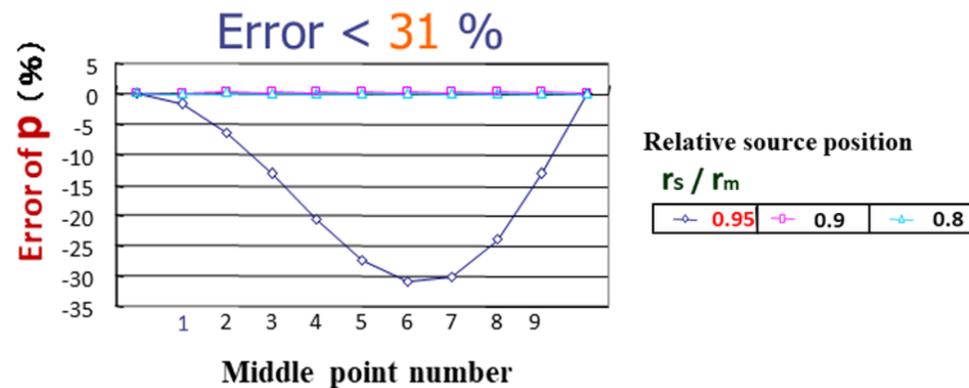
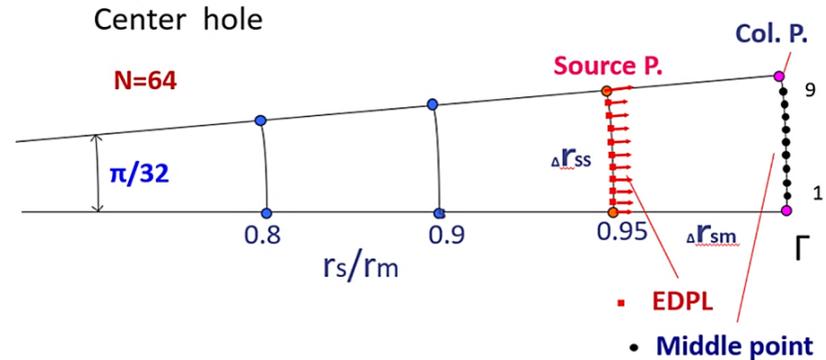
| ρ (mm) | L/ρ |
|-------------|----------|
| 4 | 9 |
| 8 | 4 |
| 20 | 1 |
| 24 | 0.667 |

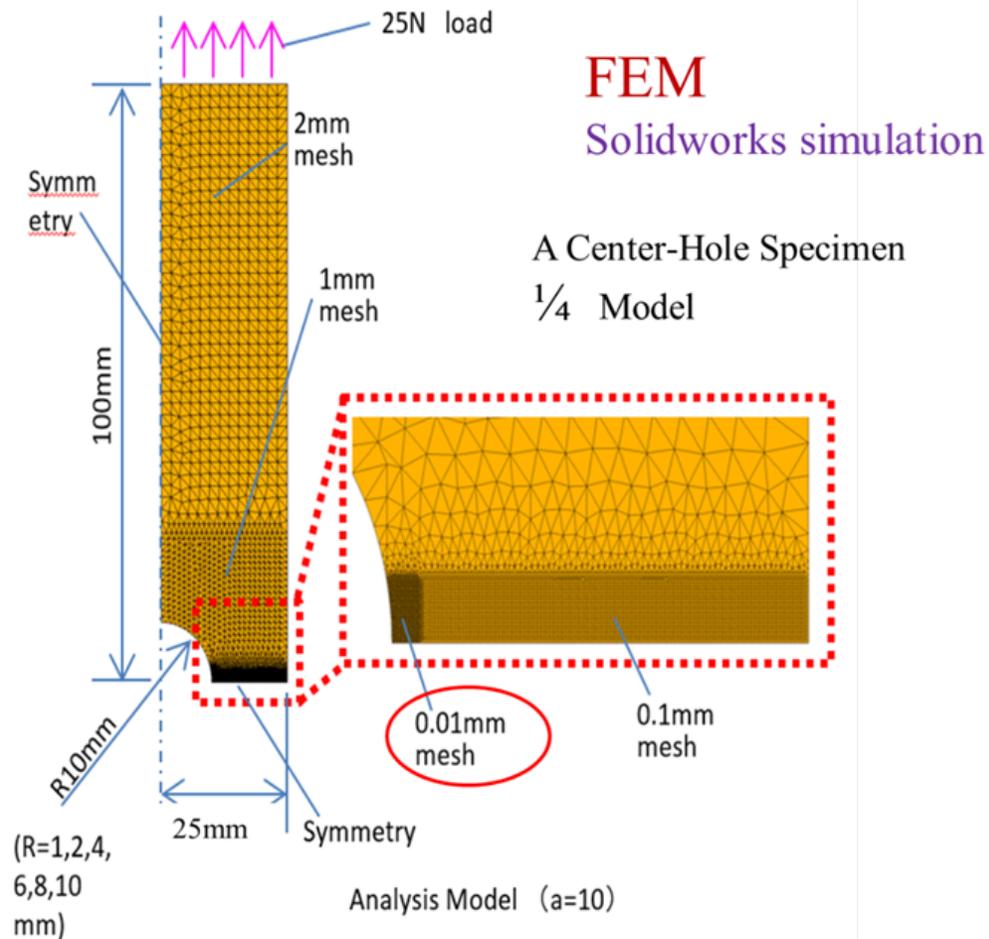
MFSによる応力解析では、集中荷重 (PL)を等分布荷重 (EDPL) に変えることで応力の誤差を減少させることで精度が向上。

PL



EDPL

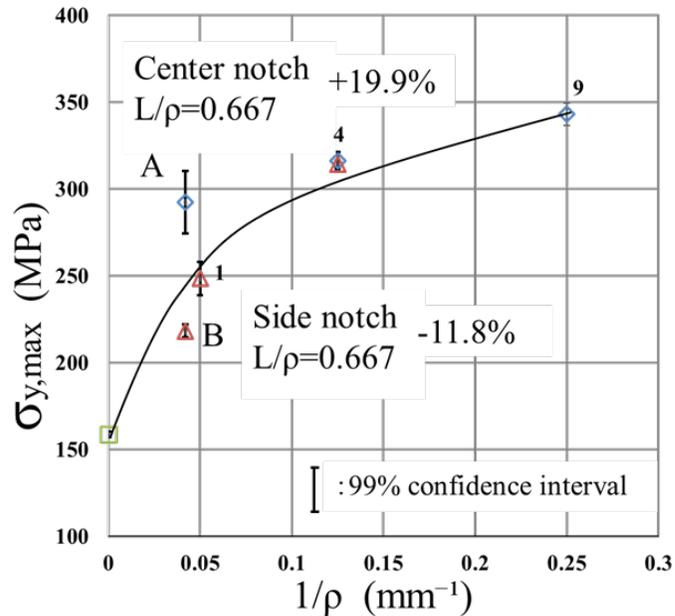




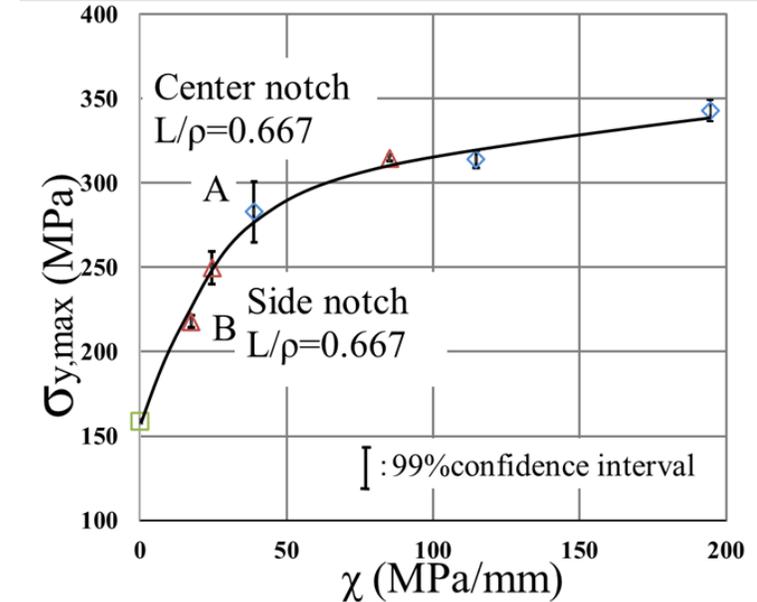
中央円孔を有する試験片の1/4モデルを示す。この試験片をSolid Works を用いて有限要素法解析（FEM）を行い、切欠き底の応力勾配を計算する。

マスターカーブ

応力解析と引張り試験で得られた値でマスターカーブを作成する。左の図は従来の線形切欠き力学に基づくマスターカーブ(CLNM)で、右の図は改良型線形切欠き力学に基づくマスターカーブ(ILNM)である。



Master curve (CLNM)



Master curve (ILNM)

成果・まとめ

1. 円孔付近の解析結果はFEMよりもMFSの計算値の方が高精度であったが大きな誤差は無いことから、解析ソフトとしてはFEMは十分利用できることが分かった。また、この問題は要素数を増やすことで解決すると考えられる。
2. 従来の線形切欠き力学では、切欠き半径 ρ に対して板幅 W が大きい場合にはマスターカーブに近づき、予測精度が良いと言えるが、切欠き半径 ρ に対して板幅 W が狭くなっていくとだんだんマスターカーブから離れてしまい、20%も誤差が出る場合もあり予測法として不十分である。しかし、応力勾配 χ を採用した改良型線形切欠き力学を用いることで線形切欠き力学の適用限界を拡大することができ、これらの問題を解決できることを詳細な実験から明らかにした。

指導教員コメント

本研究は、軽量かつ安全な製品を製作するために必要な切欠き材の強度評価の改良に関するものです。

過去の修士の先輩たちが、限定的な実験・計算で、その有効性を徐々に明らかにしてきた。

山崎君は、さらに綿密で詳細な実験・計算に熱心に取り組み、改良した線形切欠き力学が統計学的に信頼性の高い評価法であることを立証しました。

その成果を1年次には日本機械学会九州支部講演会で発表、2年次には国際会議COMPSAFE2020で講演発表しました。

藤崎 渉