

線形切欠き力学の適用限界に関する研究

川村 壮司*¹

A study about the application limit of Linear Notch Mechanics.

Takashi KAWAMURA

This paper is the result that application limit of Linear Notch Mechanics. I inspected Notch radius and Notch length. Notch radius is important to Linear Notch Mechanics.

KEYWORDS: Liner Notch Mechanics, BFM

1. はじめに

線形切欠き力学は、切欠きを有する材料の破壊を予測する強度評価手法である。その予測は、線形破壊力学のように、き裂先端の厳しさの尺度である応力拡大係数のみでは破壊の予測はできない。切欠きでは、最大応力だけではなく切欠きの半径が関係してくる。

そこで本研究は、BFM を用いて線形切欠き力学の適用できる限界について、切欠きの大きさや切欠きの深さを変化させて調べた。

2. 線形切欠き力学の原理

ここでは、線形切欠き力学の概念について切欠き材を例にとって説明する。以下、切欠き底を原点とする。

図 1 は、線形切欠き力学の概念を模式的に表したものである。

LNM は、試験片と実物において、切欠き半径 ρ と最大応力 σ_{max} が両者で等しいとき、弾性応力場が等しくなり、さらにレスポンスの等価性により弾塑性応力場も等しくなり、試験片と実物で同一現象が生じることを保証するものである。すなわち、線形切欠き力学は切欠き半径 ρ と最大応力 σ_{max} を厳しさの尺度とするものである。

3. 解析形状および解析条件

図 2 は、BFM 解析で平面応力条件下に用いた、中央に切欠きを有する帯板の形状と寸法および計算対象領域を示している。形状は、中央に円孔があるものから切欠き半径 $\rho=2\text{mm}$ は同じで切欠き深さを板幅端から 1mm のところまで変化させた。主な寸法は、板長さ 60mm 、板幅 60mm である。

*1 機械工学科(Dept. Mechanical Engineering), E-mail:t-kawamura@oyama-ct.ac.jp

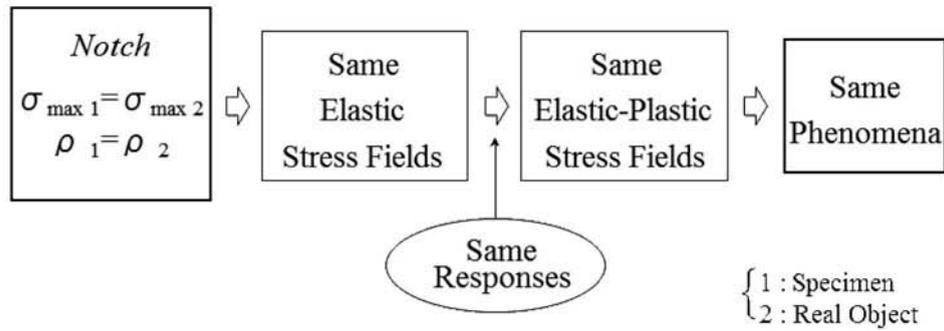


図1 線形切欠き力学の原理

図3は、BFM解析で平面応力条件下に用いた、中央に切欠きを有する帯板の形状と寸法および計算対象領域を示している。形状は、中央に円孔があるものから切欠き半径 $\rho=6\text{mm}$ は同じで切欠き深さを板幅端から1mmのところまで変化させた。主な寸法は、板長さ180mm、板幅120mmである。

図4は、BFM解析で平面応力条件下に用いた、中央に切欠きを有する帯板の形状と寸法および計算対象領域を示している。形状は、中央に円孔があるものから切欠き半径 $\rho=30\text{mm}$ は同じで切欠き深さを板幅端から1mmのところまで変化させた。主な寸法は、板長さ180mm、板幅120mmである。

線形切欠き力学の解析では、以下の条件を用いた。

ヤング率 $E=70.6\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.33$ である。

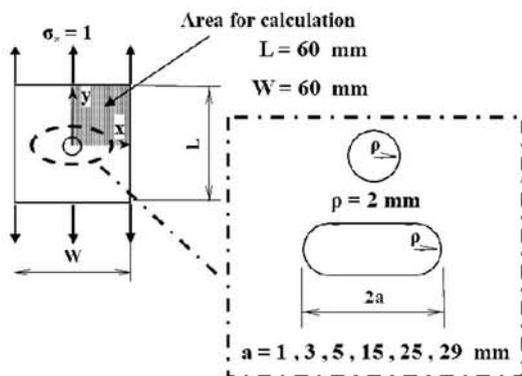


図2 計算形状および計算対象領域 $\rho=2\text{mm}$

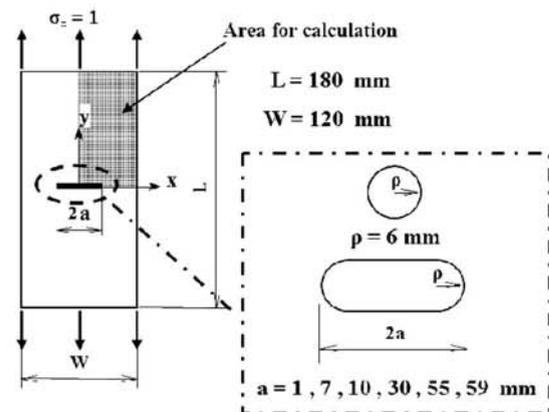


図3 計算形状および計算対象領域 $\rho=6\text{mm}$

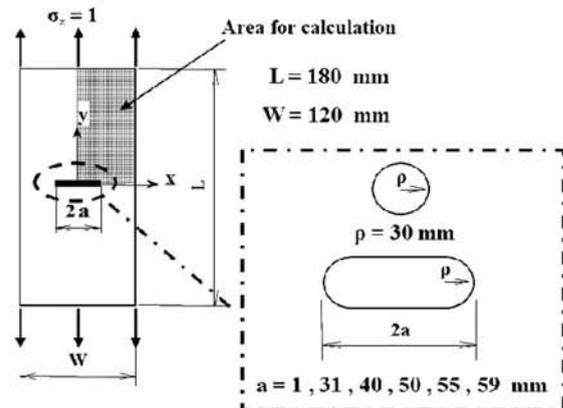


図4 計算形状および計算対象領域 $\rho=30\text{mm}$

4. 線形切欠き力学の適用限界

ここでは、平面応力条件下において解析し、切欠き半径と切欠き深さを変化させ線形切欠き力学

の適用限界について得られる結果について検討する。

図5は、切欠き半径 $\rho=2, 6, 30$ mmと違う場合の切欠き底の応力分布について示している。縦軸は切欠き底の応力、横軸は切欠き底からの距離である。これより、円孔の切欠き半径が違くと線形切欠き力学は成立しない。

図6は、切欠き半径 $\rho=2, 6, 30$ mmと違う場合で切欠き深さが同じ場合の切欠き底の応力分布について示している。縦軸は切欠き底の応力、横軸は切欠き底からの距離である。これより、切欠き深さが同じ場合でも切欠き半径が違くと線形切欠き力学は成立しない。

図5と図6より、切欠き半径が重要であり、切欠き深さや板幅はあまり関係ないことがわかる。

図7は、切欠き半径 $\rho=2$ mmの場合で切欠き深さを变化させた場合の切欠き底の応力分布について示している。縦軸は切欠き底の応力、横軸は切欠き底からの距離である。これより、切欠き半径が同じであれば、切欠き深さが变化して板幅に近くなっても線形切欠き力学は板幅から1 mm程度となる範囲まで成立する。

図8は、切欠き半径 $\rho=6$ mmの場合で切欠き深さを变化させた場合の切欠き底の応力分布について示している。縦軸は切欠き底の応力、横軸は切欠き底からの距離である。これより、切欠き半径が同じであれば、切欠き深さが变化して板幅に近くなっても線形切欠き力学は板幅から5 mm程度となる範囲まで成立する。

図9は、切欠き半径 $\rho=30$ mmの場合で切欠き深さを变化させた場合の切欠き底の応力分布について示している。縦軸は切欠き底の応力、横軸は切欠き底からの距離である。これより、切欠き半径が同じであれば、切欠き深さが变化して板幅に近くなっても線形切欠き力学は板幅から5 mm程度となる範囲まで成立する。

次に、板幅から5 mm程度までの範囲であれば線形切欠き力学が成立することがわかったので細かく検証する。

図10は、切欠き半径 $\rho=2$ mmの場合で切欠き深さを变化させた場合の切欠き底の応力分布について細かく検証したものを示している。縦軸は切欠き底の応力、横軸は切欠き底からの距離である。これより、切欠き半径が同じであれば、切欠き深

さが变化して板幅に近くなっても線形切欠き力学は板幅から1 mm程度となる範囲まで成立する。

図11は、切欠き半径 $\rho=6$ mmの場合で切欠き深さを变化させた場合の切欠き底の応力分布について細かく検証したものを示している。縦軸は切欠き底の応力、横軸は切欠き底からの距離である。これより、切欠き半径が同じであれば、切欠き深さが变化して板幅に近くなっても線形切欠き力学は板幅から1 mm程度となる範囲まで成立する。

図12は、切欠き半径 $\rho=30$ mmの場合で切欠き深さを变化させた場合の切欠き底の応力分布について細かく検証したものを示している。縦軸は切欠き底の応力、横軸は切欠き底からの距離である。これより、切欠き半径が同じであれば、切欠き深さが变化して板幅に近くなっても線形切欠き力学は板幅から1 mm程度となる範囲まで成立する。

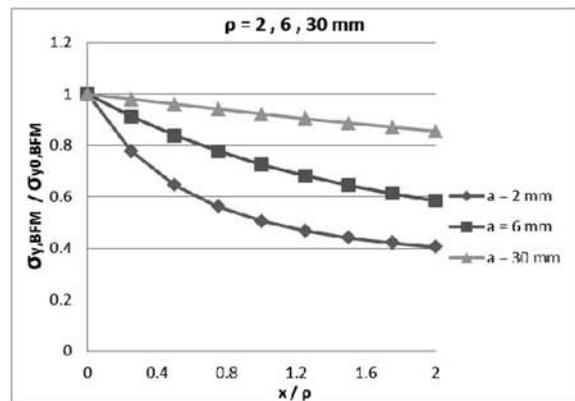


図5 切欠き半径が違う場合の切欠き底応力分布

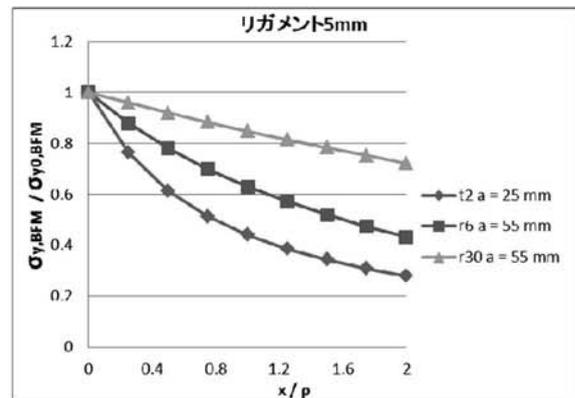


図6 切欠き深さが同じ場合の切欠き底応力分布

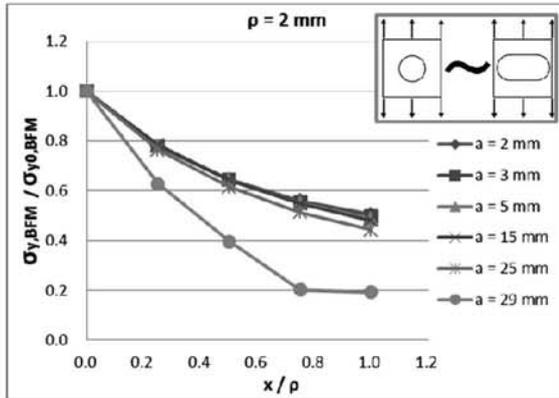


図 7 切欠き半径が同じで切欠き深さが違う場合の切欠き底の応力分布 $\rho=2$ mm

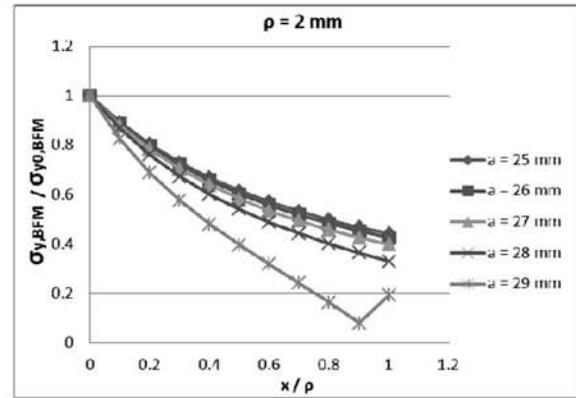


図 10 板幅に近く切欠き深さが違う場合の切欠き底の応力分布 $\rho=2$ mm

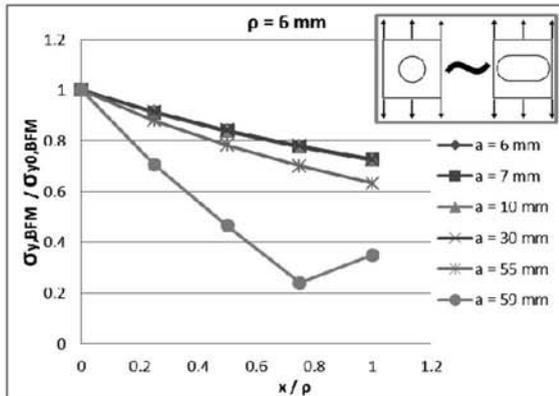


図 8 切欠き半径が同じで切欠き深さが違う場合の切欠き底の応力分布 $\rho=6$ mm

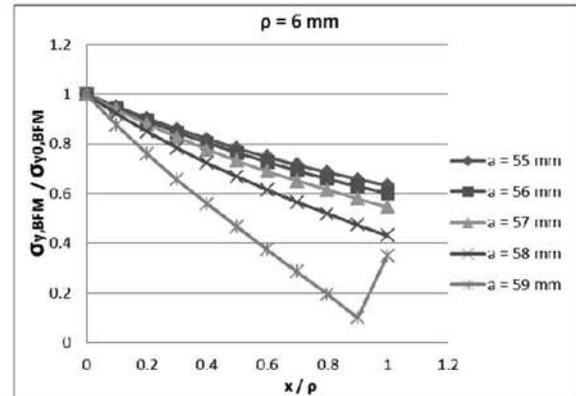


図 11 板幅に近く切欠き深さが違う場合の切欠き底の応力分布 $\rho=6$ mm

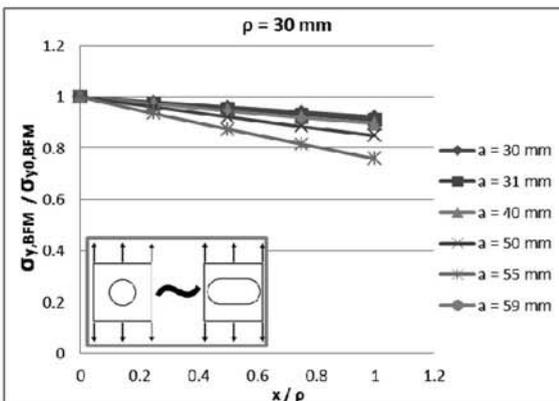


図 9 切欠き半径が同じで切欠き深さが違う場合の切欠き底の応力分布 $\rho=30$ mm

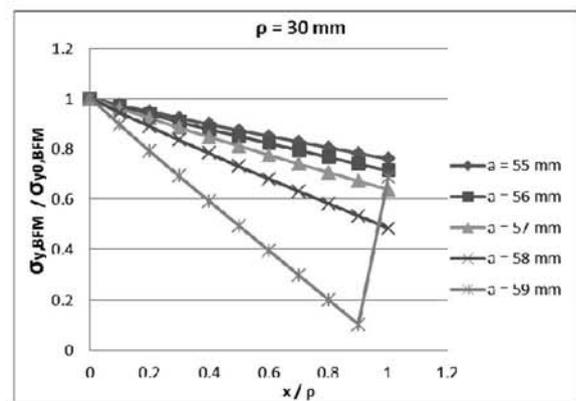


図 12 板幅に近く切欠き深さが違う場合の切欠き底の応力分布 $\rho=30$ mm

5. おわりに

本研究では、線形切欠き力学を平面応力条件下で適用し、切欠き半径と切欠き深さによる線形切

欠き力学の適用限界について調べた結果、中央に切欠きを有する帯板の場合は板幅からかなり近い切欠き深さでも線形切欠き力学は成立する。

【受理年月日 2012年 9月28日】