



Title	切欠き板試験片の弾塑性ひずみ挙動の研究：1.鋼材に引張り荷重作用の場合
Author(s)	真谷, 捷郎
Citation	長崎大学工学部研究報告 Vol.26(47) p. 123-127, 1996
Issue Date	1996-07
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10069/14971">http://hdl.handle.net/10069/14971</a>
Right	

This document is downloaded at: 2018-03-23T16:47:49Z

# 切欠き板試験片の弾塑性ひずみ挙動の研究

## (1. 鋼材に引張り荷重作用の場合)

真谷捷郎\*

### Study on Elastic-Plastic Strain Behavior ahead of Notch in Plate Specimen

#### (1. Tensile Monotonic Load for Steel)

by

Katsurou SHINGAI\*

The test to investigate the elastic-plastic strain behavior ahead of notch in plate specimen with notches made of steel by using strain gages under tensile monotonic load is conducted. Two kind of specimens made of SS400 material are used. One kind of specimen is specimens with three kind of notch root radius and constant notch depth. Another kind of specimen is those with three kind of notch depth and constant notch root radius. From test result, we show the relation between strain and distance from notch root. Next we show the relation between strain ratio and nondimensional distance from notch root. The effect of notch root radius or notch depth on strain distribution is discussed. The strain concentration factor is presented for elastic-plastic region at notch root.

#### 1. まえがき

切欠き試験片の疲労強度を評価する場合に切欠き底の応力集中係数やひずみ集中係数を求めることは重要であり、高サイクル疲労寿命推定には応力集中係数と疲労強度減少係数を使用し、特に疲労限度推定には西谷<sup>(1)</sup>の線形切欠き力学の方法が有効である。低サイクル疲労寿命推定には、Neuber<sup>(2)</sup>、Stowell<sup>(3)</sup>等のひずみ集中係数推定式が利用されているが、安全すぎる推定式であることも指摘されている。

また、有限要素法応力計算の向上と普及により、十分な精度で構造物の弾性応力を計算することができ、有限要素法は弾性応力を基にした実機の強度検討に実用化されている。しかし、最近の構造物の強度設計は材料の塑性を考慮して軽量化や有限寿命設計が行われているため、さらに弾塑性の解析<sup>(4)</sup>や実験による強

度評価が必要であることも周知の通りである。

本研究では、鋼材切欠き試験片についてひずみ計を用いて引張り単調増加荷重および繰り返し荷重<sup>(5)(6)(7)(8)</sup>の切欠き部の弾塑性ひずみ挙動の解明を試み、本報には、SS400材切欠き板試験片の引張り単調増加荷重下のひずみ挙動の実験結果を示す。

#### 2. 試験片および実験方法

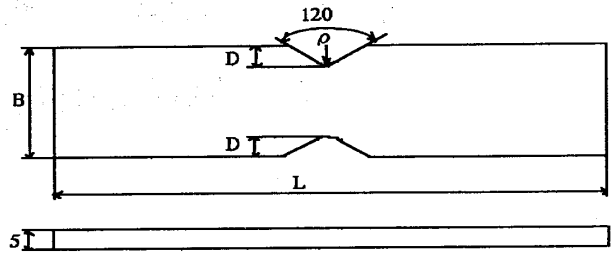
試験片用素材にはSS400鋼板(板厚6mm)を用い、この化学成分を表2.1に、機械的性質を表2.2に示す。試験片は、Fig. 2.1に示すように120度V型切欠きを両側面に有する長さ350、幅72、板厚5mmの板試験片である。切欠き深さを一定( $d=10.8\text{mm}$ )として、切欠き半径を3種類( $\rho=3.6, 10.8, 18\text{mm}$ )に変えた試験片シリーズと切欠き半径を一定( $\rho=10.8\text{mm}$ )

平成8年4月22日受理

\*機械システム工学科 (Department of Mechanical Systems Engineering)

にして、切欠き深さを3種類 ( $d=5.4, 10.8, 21.6\text{mm}$ ) に変えた試験片シリーズについて、引張り単調増加荷重下の試験を行った。試験片の切欠き底にはゲージ長さ0.2mmのひずみ計を貼り、切欠き底前方の試験片側面にはゲージ長さ1mmのひずみ計を2mm間隔に5枚並べて貼付した。ひずみ計貼付位置をFig. 2.2に示す。

実験は、今井教授固体力学研究室の30トン引張り試験機を用いて、段階的に引張り単調増加荷重を掛けて各荷重段階毎にひずみ計測を行った。



$L=350, B=72, D=10.8, \rho=3.6, 10.8, 18$   
 $L=350, B=72, \rho=10.8, D=5.4, 10.8, 21.6$

Fig. 2.1 Specimens

Table 2.1 Chemical composition (%)

C	Si	Mn	P	S
0.08	0.25	0.51	0.15	0.13

Table 2.2 Mechanical properties

Modulus of elasticity	206 GPa
Yield Stress	300 MPa
Tensile stress	446 MPa
Elongation	22 %

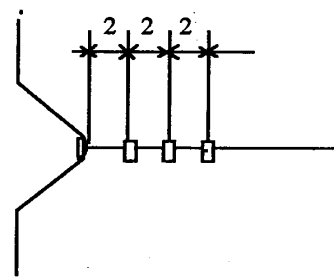


Fig. 2.2 Position of strain gages

### 3. 実験結果と検討結果

切欠き部のひずみ挙動を調べる場合に使用する切欠き半径 $\rho$ 、切欠き底からの距離 $r$ およびひずみ $\epsilon_{\max}$ 、 $\epsilon$ をFig. 3.1に定義する。

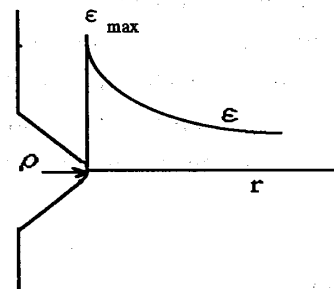


Fig. 3.1 Definition of  $\epsilon/\epsilon_{\max}$  and  $r/\rho$

#### 3.1 ひずみ挙動に及ぼす切欠き半径の影響

切欠き深さ10.8mmを一定にして、切欠き深さを3.6, 10.8, 18mmに変えた場合のひずみ分布をFig. 3.2.a, b, cに示す。ここで、正味断面公称応力に基づいた応力集中係数<sup>(9)</sup>は、上記切欠き半径に対応してそれぞれ3.1, 2.1, 1.8である。さらに、Fig. 3.3にはひずみを切欠き底の最大ひずみで除したひずみ比、 $\epsilon/\epsilon_{\max}$ と切欠き底からの無次元距離、 $r/\rho$ の関係を示す。これは西谷の線形切欠き力学に現われるパラメーターであり、ひずみ挙動にも適用してみる。ここで、本材料の降伏ひずみ $\epsilon_y$ を降伏応力を縦弾性係数で除したひずみとすると、 $\epsilon_y$ は $1456 \times 10^{-6}$ になる。

Fig. 3.2.a, b, cから、正味断面応力(荷重を切欠き底断面で除した応力)が118MPaの場合には、切欠き底応力は弾性分布であり、応力が195, 272 MPaと増加すると共に切欠き底近くのひずみ勾配はより急になり、また降伏ひずみを越える領域も広がる。切欠き底

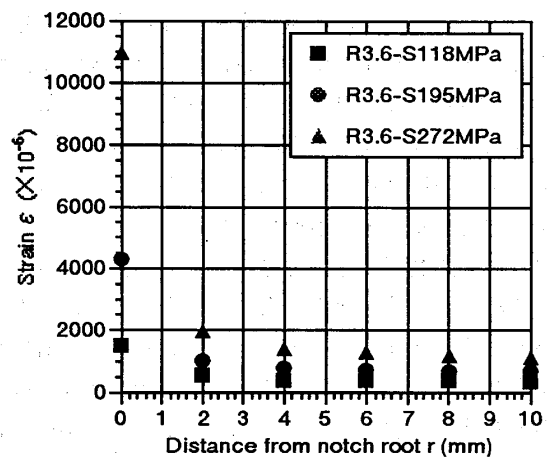


Fig. 3.2.a Relation between strain and distance from notch root (notch root radius 3.6 mm)

の最大ひずみは、同じ正味断面応力で比べると切欠き半径が小さい程大きい、降伏領域の大きさは切欠き半径が小さい程大きいとは限らないことが、応力272 MPaの切欠き半径3.8と18から見いだされる。

Fig. 3.3. からはひずみ比の相対的ひずみ分布を知ることができ、相対的ひずみ分布は切欠き半径と応力レベルに依存している。

3.2 ひずみ挙動に及ぼす切欠き深さの影響

次に切欠き半径を10.8mmに一定にして、切欠き深さを5.4, 10.8, 21.6 mm(応力集中係数<sup>(9)</sup>はそれぞれ2.0, 2.1, 1.8)の3種に変えた場合のひずみ分布を調べて見る。本切欠きの場合の応力集中係数は、切欠き深さが10.8mm付近で最大応力集中係数となり、10.8mmより浅くても深くても小さくなる。Fig. 3.4にひずみ値と切欠き底からの距離の関係を示す。切欠き半径が同じであるので、各応力毎のひずみ分布は似ているが、弾塑性領域を含む切欠き底近くでは降伏現象により分布に差を生じるようになることがうかがわれる。

また、Fig. 3.5には、ひずみ比と無次元距離の関係を示す。各切欠き深さ毎のひずみ比の分布は似ており、3応力レベルに対してそれぞれある範囲にある。これから、切欠き深さがひずみ分布に及ぼす影響は小さいと推察される。

3.3 ひずみ集中係数

切欠き底のひずみ集中を表わすために、切欠き底の最大ひずみを正味断面の平均ひずみで除したひずみ集中係数を定義する。Fig. 3.6に切欠き深さを一定(10.8 mm)にして、切欠き半径を前述の3種に変えた場合のひずみ集中係数と正味断面応力の関係を示す。また、Fig. 3.7に切欠き半径を一定(10.8 mm)にして、切欠き深さを前述の3種に変えた場合のひずみ集中係数と正味断面応力の関係を示す。ひずみ集中係数の応力レベルに対する増加傾向は、切欠き半径と最小断面幅に依存するある応力レベル以上で急に増加する。Fig. 3.6では、ひずみ集中係数の傾向に差が見られ、Fig. 3.7では、ひずみ集中係数の傾向が似ていることが見いだされる。

4. 結 言

上述の実験結果より、次の傾向を見いだすことができた。

- (1) ひずみ分布に影響を及ぼす因子は主として切欠き半径と応力レベルである。
- (2) 切欠き深さがひずみ分布に及ぼす影響は小さい

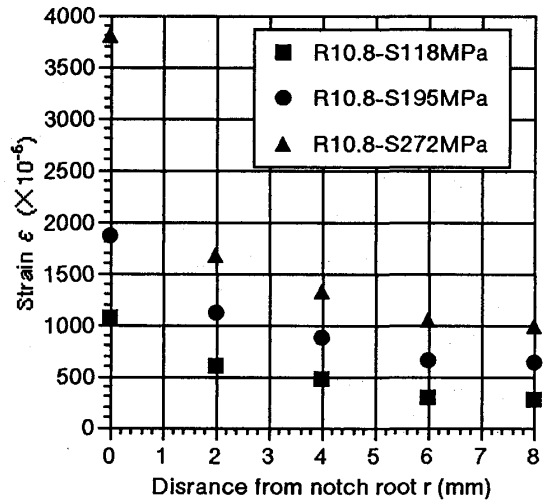


Fig. 3.2 b Relation between strain and distance from notch root(notch root radius 10.8 mm)

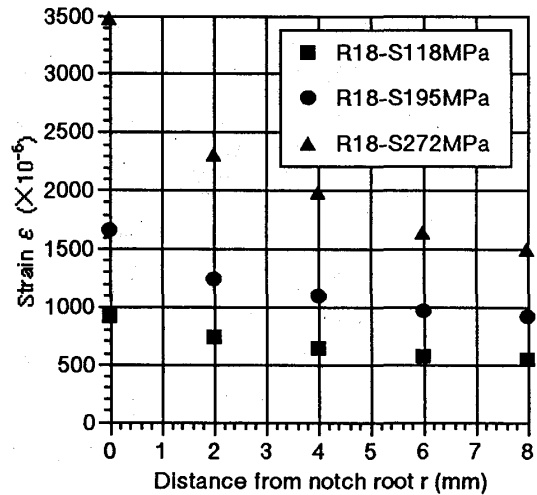


Fig. 3.2 c Relation between strain and distance from notch root(notch root radius 18 mm)

ようである。

- (3) ひずみ集中係数は切欠き半径と最小断面幅に依存するある応力レベルより急に増加する。また、増加傾向は切欠き半径が同じの場合には似ているが、切欠き半径が異なると傾向も異なるようである。

参 考 文 献

- (1) 西谷弘信, 材料力学の進展, 機械の研究, Vol. 41, No. 9, p. 977, および Vol. 41, No. 10, p. 1105, 1989
- (2) Neuber, H, Theory of Stress Concentration for Shear Strained Prismatical Bodies with Arbitrary Non-linear Stress-Strain Law, J. of Applied Mechanics, p. 544, 1961
- (3) Stowell, E. Z, Stress and Strain Concentration at

a Circular Hole in an Infinite Plate, NACA, Tech. Note 2073, 1950

- (4) 山田嘉昭, 真谷捷郎, 河野恵祐, 平田隆明, モアレ法および有限要素法による切欠き部の弾塑性解析, 三菱重工技報, Vol. 9, No. 2, 1972.3
- (5) 真谷捷郎, 切欠き板の繰返しひずみ挙動 (その1), 日本機械学会九州支部講演論文集, No. 958-2, p. 10, 1995.7
- (6) K. Shingai, Cyclic Strain Behavior ahead of Notch in V-notched Plate Specimen under Cyclic Tensile Load, JSSUME 95, p. 77, 1995.9

- (7) 真谷捷郎, 切欠き板の繰返しひずみ挙動 (その2), 日本機械学会九州支部講演論文集, No. 968-1, p. 7, 1996.3
- (8) K. Shingai, Strain Distribution and Cyclic Strain Behavior ahead of V-notch in Notched Plate Specimen under Tensile Load, The 4th joint symposium of cheju national univ. and nagasaki univ. on science and high tech., p. 87, 1996
- (9) 西谷弘信, Dai Heng Chen, 才本明秀, 体積力法による二次元応力解析汎用プログラム, 培風館, 1994

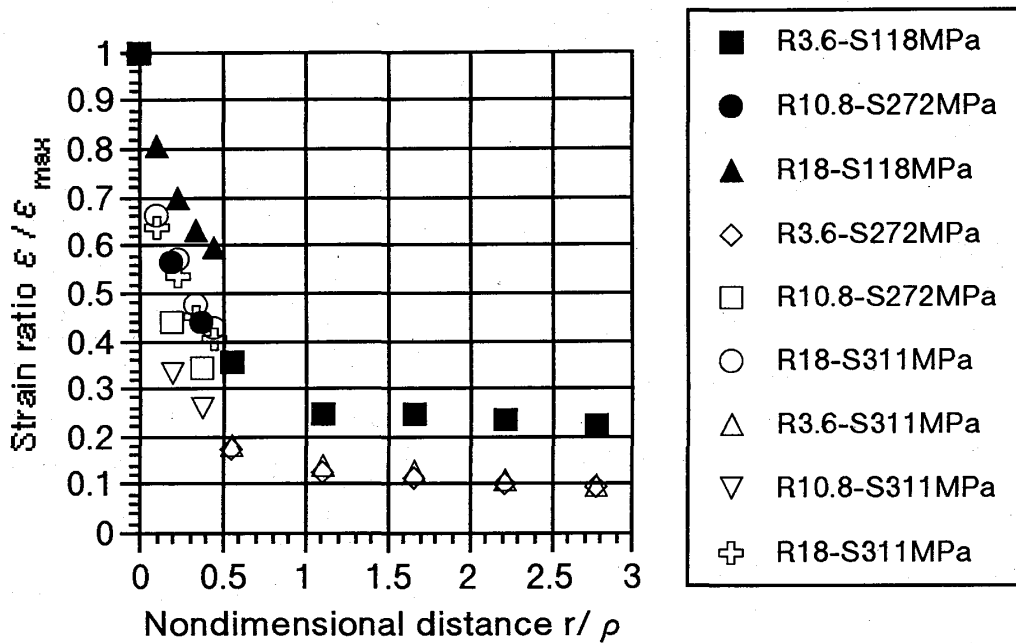


Fig. 3.3 Relation between strain ratio and nondimensional distance from notch root for all notch radiuses

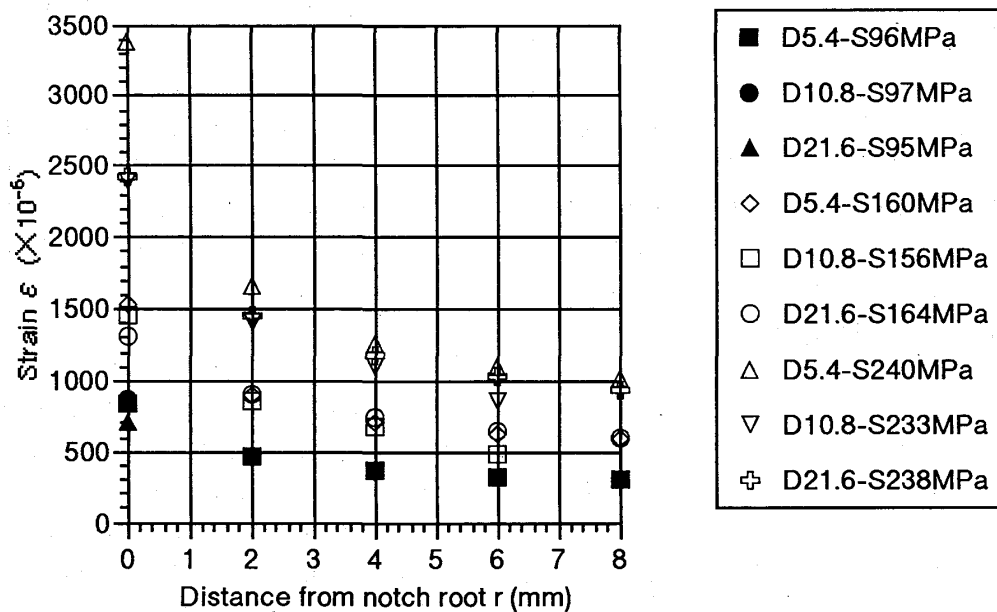


Fig. 3.4 Relation between strain and distance from notch root for all notch depths

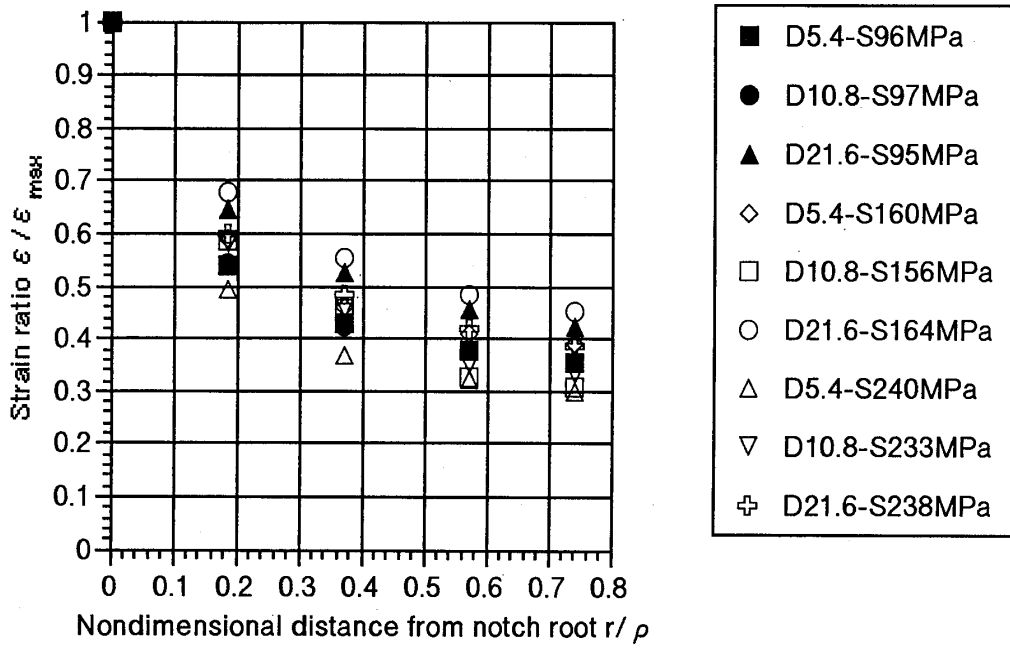


Fig. 3.5 Relation between strain ratio and nondimensional distance from notch root for all notch depths

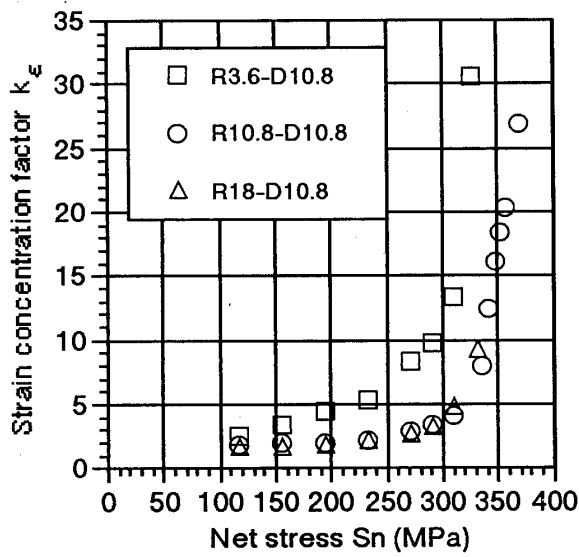


Fig. 3.6 Relation between strain concentration and net stress (R = 3.6, 10.8, 18 mm, D = 10.8 mm)

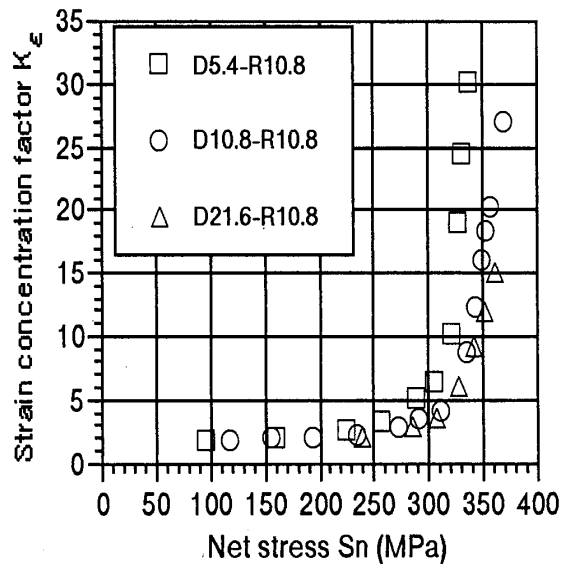


Fig. 3.7 Relation between strain concentration and net stress (D = 5.4, 10.8, 21.6 mm, R = 10.8 mm)