

# 単調増加面内横荷重下の切欠き鋼試験片の降伏ひずみ挙動

真谷捷郎\*, 吉井雄一\*  
福井太介\*

## Study On Yielded Strain Behavior Of Notched Specimen Under In-plane Bending

by

Katsurou Shingai, Yuuichi Yosii,  
and Daisuke Fukui

We conducted tests to investigate the yielding phenomena of notched specimen under in-plane monotonic bending load. We used carbon steel (S 25 C steel plate). Strain gages were attached to notch root and side surface in front of specimen and strains were measured during bending load. From strains measured, the relationship between strains of both notches and bending load level is shown and changes of strain distributions ahead of notch root as bending load increases are shown. Strains of one notch root and strains of other notch are different under same bending load level and ratios of both strain value become 0.36, 1.38, 2.12. Therefore, it is found that strain distribution from one notch root to other notch root do not become the inverse symmetrical distribution such as bending theory described in text book. These results is described in this paper.

### 1. 緒 言

面内曲げを受ける矩形断面試験片の曲げひずみ分布は、降伏挙動を示さない材料では、中立軸に対してひずみの絶対値が等しい引張り圧縮の逆対称ひずみ分布になるが、降伏挙動を示す鋼材ではどうなるかは、あまり調べられてない。特に切欠き材の降伏ひずみ挙動はほとんど調べられてない。本報では両側に半円切欠きを有する板試験片について、単調増加面内横荷重下における両切欠き底の降伏ひずみ挙動と曲げひずみ分布をひずみゲージを使用して実験的に調べた。

### 2. 試験片および実験方法

試験片に使用した材料は、炭素鋼 S25C 鋼板で、この化学成分を表 1 に、機械的性質を表 2 に示す。図 1 に本材料の応力ひずみ線図を示す。図 2 に両側に半円切欠きを有する試験片を示す。切欠き底および平行部表面にはひずみゲージを図 3 のように貼付した。すなわち切欠き底にはゲージ長さ 0.2mm のひずみゲージを、

切欠き前方にはゲージ長さ 1 mm のひずみゲージを 1 ~ 2 mm 間隔で数枚貼付し、また平行部にはゲージ長さ 1 mm のひずみゲージを貼付している。使用した面内曲げ試験機を図 4 に示す。降伏ひずみ挙動は単調増加荷重速度や試験機の拘束度に依存するが、ここでは曲げの横荷重をねじ式押し込み棒により手動でゆっくりとかけた。

Table 1 Chemical compositions (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Gr	Ca
0.24	0.22	0.50	0.012	0.016	0.07	0.15	0.13

Table 2 Mechanical properties

Modulus of elasticity	199GPa
Yield stress	273MPa
Tensile strength	457MPa
Elongation	38%

平成12年 4月21日受理

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

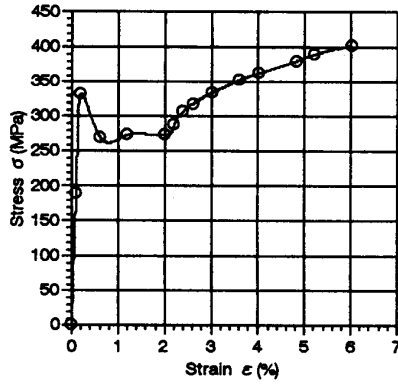
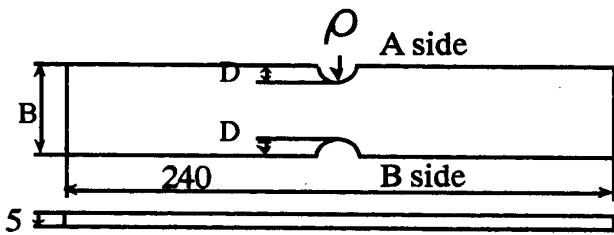


Fig.1 Stress-strain curve

3. 実験結果

図5 a, b, c に両切欠き底のひずみと平行部ひずみの相関を示す。横軸の平行部ひずみは横荷重による面内曲げモーメントに比例した公称ひずみに相当する。図5 a は半円切欠き半径12mmで弾性応力集中係数1.24, b と c は半円切欠き半径8 mmで応力集中係数1.49の切欠き試験片に対応する実験データである。図5 a では切欠き底のひずみが単軸材の降伏ひずみ（降伏応力を縦弾性係数で除した降伏ひずみ, 0.137%）に達した後、A 側と B 側のひずみに差が現れて、公称ひずみ 0.18% では +0.83% と -0.6% になり、引張り側ひずみが圧縮側ひずみより大きくなる。図5 b では、公称



- a.  $\rho = 12, D = 12, B = 40, K = 1.24$
- b.  $\rho = 8, D = 8, B = 40, K = 1.49$

Fig.2 Specimen with notches

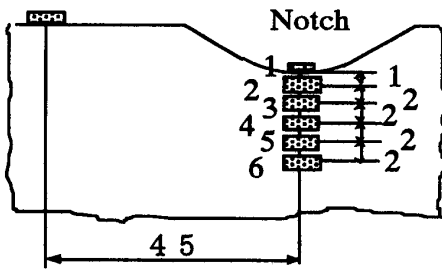


Fig.3 Positions of strain gages

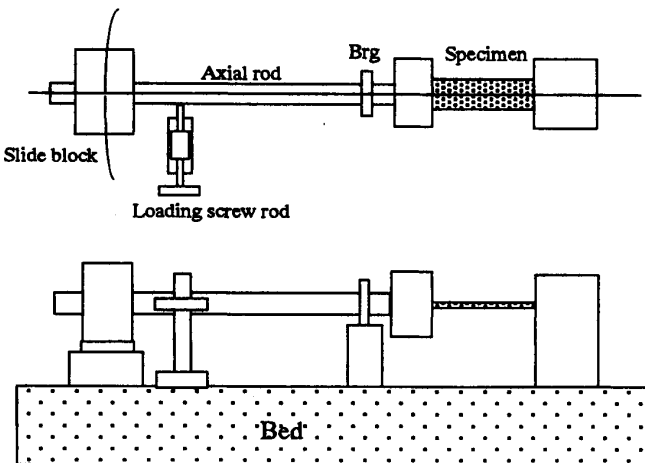
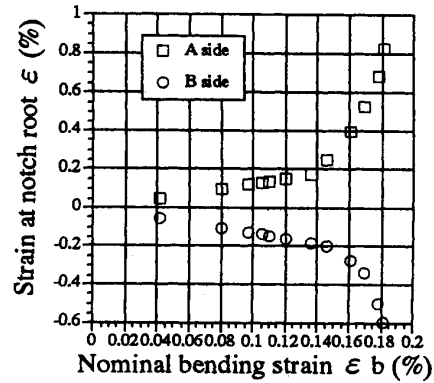
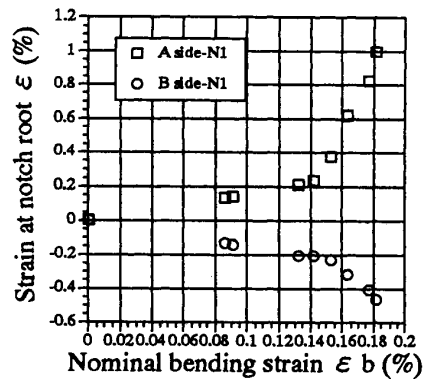


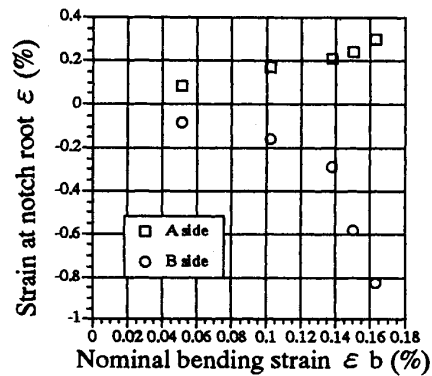
Fig.4 In-plane test apparatus



a. Notch radius 12mm



b. Notch radius 8mm



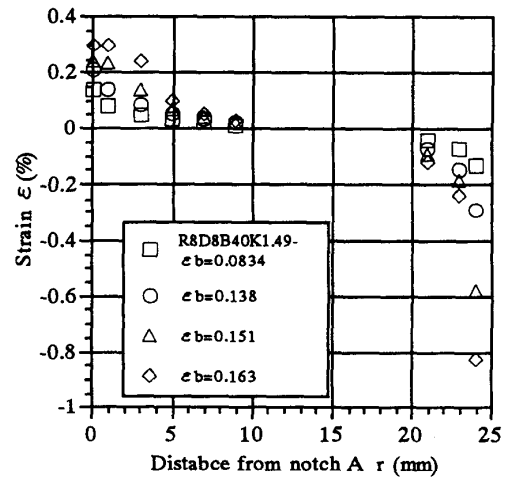
c. Notch radius 8mm

Fig.5 Max. strain at notch root vs nominal strain

ひずみ0.18%で+1%と-0.47%になり、引張り側ひずみが圧縮側ひずみより大きくなる。また図5cでは、公称ひずみ0.163%で+0.3%と-0.83%になり、上記2例とは逆に圧縮側ひずみが引張り側ひずみより大きくなる。これらより、圧縮ひずみに対する引張りひずみの絶対値の比を求めると、上記3例ではそれぞれ1.38, 2.12, 0.36 になる。

図6 a, b, cには、公称ひずみ増加に対する上記3例のそれぞれのひずみ分布の変化を示している。ひずみ分布は逆対称分布になってないことがわかる。本試験結果では、面内曲げの降伏時の引張り側と圧縮側のそれぞれのひずみにおいて、どちらがより大きくなるかは簡単には言えなく、引張り側がより大きくなることも、圧縮側がより大きくなることもあることがわかった。

降伏現象は固着転位の動的現象<sup>(1)</sup>であるので、ある荷重速度条件で両切欠き底にそれぞれ引張りと圧縮の



c. Notch radius 8 mm

Fig.6 Change of strain distribution

降伏が時間的に同時に起こることはなく、どちらかの切欠き底の高応力箇所が時間的に先に降伏するし、降伏は切欠き底で順次に起こり、また降伏挙動の大小により両切欠き底のひずみの絶対値に差を生じることになる。なお、降伏現象のないアルミニウム合金材の類似試験片の面内曲げ試験では、両切欠き底のひずみの絶対値はそれぞれほぼ等しくなる逆対称曲げひずみ分布になることを実験的に調べている。

また平滑単結晶材の降伏現象は転位論計算と実験データより推測できるが、本切欠き鋼材のような降伏挙動を計算により求めることはかなり難しい問題ですので、まずは実験的に解明すべきでしょう。さらに本問題の解明を進めていく予定です。

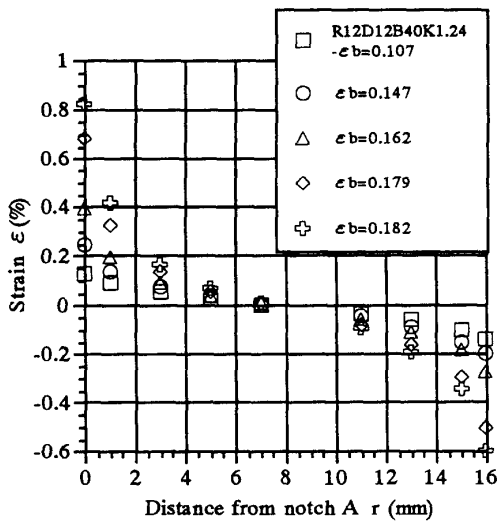
本結果より、例えばひずみが規定されるような鋼部材では、逆対称曲げひずみ分布として計算で算定されたひずみ値は実験値より小さいひずみ値になることがあり、危険側の推定となることに注意しなければならない。

#### 4. まとめ

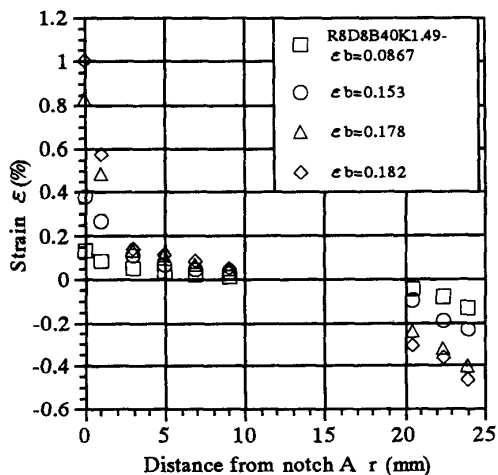
面内曲げを受ける両側半円切欠きを有する矩形断面試験片の切欠き底のひずみ値は、鋼材の降伏現象により引張り側と圧縮側で異なり、3試験片の圧縮ひずみに対する引張りひずみの絶対値の比を求めると、それぞれ1.38, 2.12, 0.36になり、かなりの差が見られる。

#### 参考文献

- (1)W.G.Johnston, J. J. Gilman, Dislocation Velocities, Dislocation Densities, and Plastic Flow in Lithium Fluoride Crystals, J. Applied Physics, Vol.30, No.2, p.129-144, 1959



a. Notch radius 12mm



b. Notch radius 8 mm