

## I-294

## 冷間加工を受けた構造用鋼材の破壊じん性に関する研究

東京工業大学 正員 三木千寿

東京工業大学 正員 館石和雄

東京工業大学 学生員 船見純一

## 1. はじめに

鋼材のひずみ時効によるじん性劣化をCTOD試験により評価することにより、欠陥許容寸法、冷間曲げ加工半径の規定について検討した。

## 2. 試験体

供試鋼材は表-1に示すSM400BおよびSM490YBである。試験片形状はシャルピー衝撃試験ではJIS Z2202の4号試験片、CTOD試験ではBS5762によった。CTOD試験片の形状を図-1に示す。これらの試験片の一部には3%および7.5%の予ひずみを導入し、その後250℃で1時間のひずみ時効処理を行った。

表-1. 鋼材の化学成分, 機械的性質

| 鋼 種     | C    | S    | Mn   | P     | S     | Y.S.<br>(MPa) | T.S.<br>(MPa) | 伸び<br>(%) |
|---------|------|------|------|-------|-------|---------------|---------------|-----------|
| SM400B  | 0.11 | 0.17 | 1.17 | 0.021 | 0.004 | 282           | 439           | 33        |
| SM490YB | 0.17 | 0.44 | 1.37 | 0.025 | 0.004 | 432           | 584           | 24        |

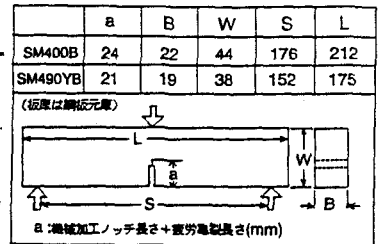


図-1. CTOD試験片

## 3. シャルピー衝撃試験結果

シャルピー衝撃試験結果を図-2に示す。文献1)によれば、橋梁に使用される鋼材の0℃シャルピー吸収エネルギーの平均は、SM400B, SM490YBとも200J程度であるとされている。予ひずみ0%の試験片についてみると、SM400Bではその値よりもやや小さくなっており、またSM490YBではそれを大きく下回っていることから、今回使用した鋼材は通常のものよりもじん性が低く、特にSM490YB材については市場ではほとんど考えられない低じん性の鋼材であるといえる。また、SM490YB材で予ひずみを導入した試験片については、JISの規定値(27.5J)をも下回っている。

両鋼材とも、予ひずみの増加につれて遷移曲線が高温側に移動しており、ひずみ時効によるじん性の低下が認められる。

## 4. CTOD試験結果

CTOD試験結果を図-3に示す。API RP 22では、溶接熱影響部に対して試験温度-10℃でのCTOD値が0.25mm以上であることを要求している。SM490YBでは予ひずみによらずこの要求値を大きく下回っており、ここでもじん性の低い鋼材であることがわかる。

CTOD試験結果においても予ひずみの大きさにしたがって遷移曲線の高温側へのシフトが認められる。また、ひずみ時効はシャルピー衝撃試験より明確に現れており、両鋼材とも3%の予ひずみでじん性値が急激に低下し、3%から7%での低下率は小さいことが特徴である。

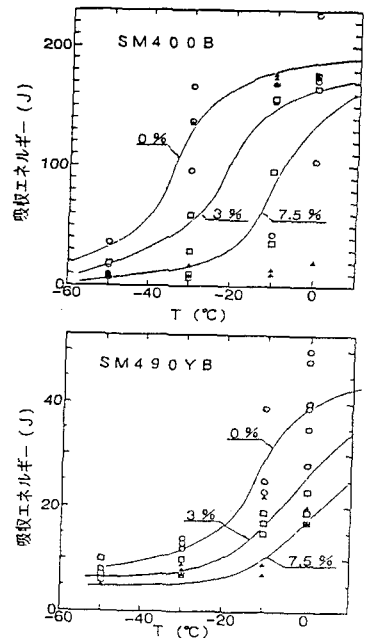


図-2. シャルピー衝撃試験結果

## 5. 許容欠陥寸法の推定

WES2805に従い、CTOD試験結果から欠陥許容寸法の推定を行った。2次元板厚貫通欠陥の欠陥半長である欠陥特性寸法 $a$ と、引張応力、欠陥形状、ひずみ集中度などから決まる係数 $e$ により、次式によってき裂開口変位の限界値が表されるものとされている。

$$\delta c = 3.5 \cdot a \cdot e \quad \dots(1)$$

CTOD試験によって得られた限界CTOD値を左辺に代入し、欠陥特性寸法 $a$ を求め、それと等価な $K$ 値を持つ3次元表面き裂寸法を計算することにより、表面き裂に関する許容寸法を計算することができる。

図-4に、許容されるき裂寸法の計算結果を示す。板厚は試験片の板厚である22mm(SM400B)、19mm(SM490YB)とし、温度条件は $-10^{\circ}\text{C}$ 、応力として降伏強度に等しい引張応力が作用しているものとして計算した。最もじん性の低い予ひずみ7.5%の場合でも、SM400B材では8mm以下(約0.36t以下)、SM490YBでは4mm以下(約0.21t以下)であれば欠陥の表面長さによらず許容し得ることがわかる。

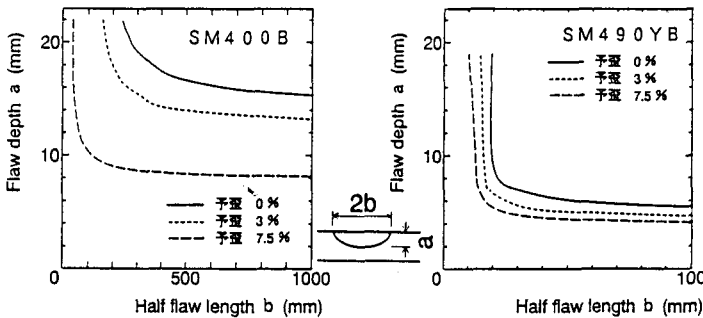


図-4. 許容欠陥寸法

## 6. 冷間曲げ加工半径の検討

試験結果に基づき、冷間曲げ加工半径の最小値を計算した。今回のCTOD試験により得られた、予ひずみによるCTOD値の低下率を図-5に示す。このうち低下率の大きいSM400Bについて着目し、CTOD値低下率と予ひずみ量との関係として最小自乗法により図中の曲線を設定した。一方、JISのシャルピー吸収エネルギー要求値である27.5JをRTW委員会の提案式によりCTODの限界値に換算し、それとここでの試験により得られた予ひずみ0でのCTOD値の比を図-5の縦軸に照らし合わせることで、JISの要求値を満たす予ひずみ量の限界値を求めることができる。このようにして求めた予ひずみ量から限界曲げ加工半径を計算した結果を表-2に示す。ひずみ時効によるじん性の劣化が急激に現れるCTOD試験の結果を用いても、最小曲げ半径の計算結果は現在の規定値15tを大きく下回る結果となっていることから、この規定を緩和することができる可能性が極めて高いといえる。

本研究は鋼橋技術研究会施工部会の活動の一部として実施したものである。

参考文献：1) 鋼橋技術研究会：鋼材の衝撃値調査報告, 1993. 11.

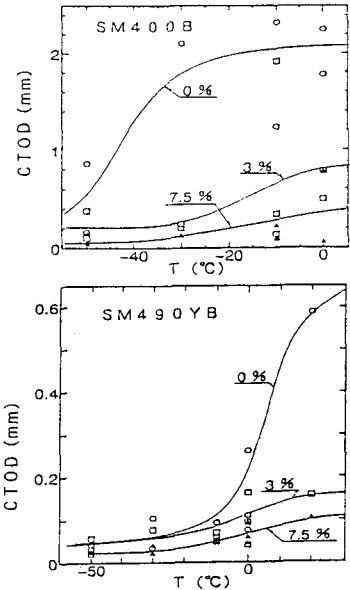


図-3. CTOD試験結果

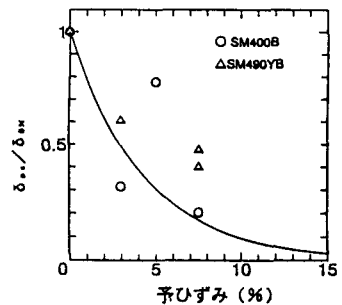


図-5. 予ひずみ量とCTOD値低下率の関係

表-2. 最小冷間曲げ加工半径

| 鋼 種     | R     |
|---------|-------|
| SM400B  | 5.04t |
| SM490YB | 7.37t |