

I-406

鋼材のひずみ時効効果の破壊力学的評価

東京工業大学 学生員 岩立次郎
 東京工業大学 正員 三木千壽
 東京工業大学 正員 館石和雄

1 はじめに

現在、冷間加工に対して道路橋示方書では内側半径が板厚の15倍以上というひずみ時効効果を考慮した規定がある。この規定は1940年代に多くのデータから経験的に求められたシャルピー値を基に示されたものであり、現在の鋼材の機械的性質を評価するにあたりこの値を用いることが適切かどうか疑わしい点がある。またシャルピー値そのものの評価も経験的であり、力学的定量性に欠けるため、破壊力学のパラメータであるCTODを用いてこの規定の緩和の可能性を検討しようというのが本研究の目的である。

2 実験

CTOD試験はWES 3008に従い、試験片は図1に示したように3点曲げ標準試験片である。その寸法、鋼種は表1に示したように3種類で、冷間加工の効果をだすために5%と7.5%の予歪を与えた。シャルピー衝撃試験はJIS Z2242に従いCTOD試験と同じ鋼種で行った。SM53BとSM41Bの実験結果については既発表である⁽¹⁾。

3 結果および考察

3-1 シャルピー吸収エネルギーとCTODの相関

CTOD, シャルピー吸収エネルギー値 (CVN)の温度変化による遷移を図2に示す。なおここでは各温度で2~3本の試験を行いその平均値を用いた。それぞれの鋼種で予歪を与えることによってアッパーシェルフでのじん性が低下し、また脆性破壊から延性破壊に遷移する温度が上昇しているのがわかる。

ここでCTODと CVNの相関関係について考察してみる。相関式としては日本溶接協会RTW委員会⁽²⁾の提案する次式を用いてみた。

$$\delta_c \cdot \sigma_y = \alpha [vE (T + \Delta T)]^\beta \quad (1)$$

- δ_c : T°Cにおける限界CTOD値 (mm)
- σ_y : T°Cにおける母材降伏強度 (kgf/mm)
- vE: シャルピー吸収エネルギー (kgf·m)
- ΔT : 板厚の関数であるシフト温度 (°C)
- α, β : 降伏強度による定数

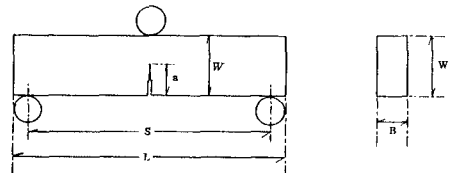


図1 CTOD試験片

鋼種	a (mm)	B (mm)	W (mm)	S (mm)	L (mm)	YS (MPa)	TS (MPa)	vE 0°C (J)
SM53B	36	36	72	228	332	422	539	278
SM50YB	19	19	38	152	175	372	519	93
SM41B	16	16	32	128	148	343	461	195

表1 試験片寸法および機械的性質

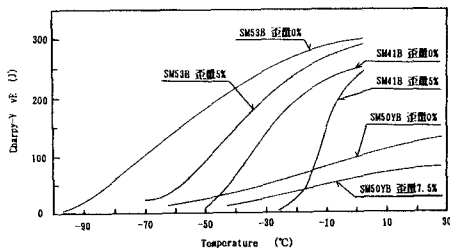


図2 シャルピー衝撃試験およびCTOD試験結果

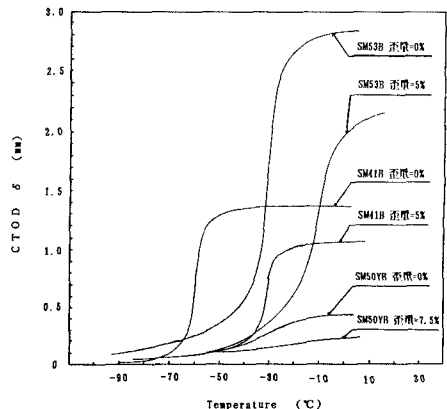


図3 にCTODの実験値と CVNからの推定値を示した。この図から推定値の方が実験値より小さくでており、その傾向はCTODが小さくなるほど顕著であることがわかる。

3-2 予歪量とじん性の落ち方の関係

予歪量とCTOD値のアップーシェルフでの低下量の関係を求めるため温度 0°Cで、予歪を与えることによる低下率を図4 に示す。この図からCTODの低下率は予歪量が増加すると直線的に落ちることがわかり、1.0を通るように最小自乗法を用いるとCTODの低下率と予歪量の関係は次のような式になる。

$$\frac{\delta_{ps}}{\delta_{0\%}} = 1 - 0.063 \cdot (\text{ひずみ量}) \quad (2)$$

δ_{ps} : 予歪を与えたときのCTOD (mm)

$\delta_{0\%}$: 予歪を与えないときのCTOD (mm)

3-3 限界冷間曲げ半径の緩和

CVNの規定である27.5J を上記のRTW委員会提案の推定式(1) を用いてCTODの規定値としようとした。ここで、この推定式では推定値の方が小さくであることを考慮して27.5J からの変換値に 2.0を乗じたものをCTODの限界値とした。この値から式(2) を用いて限界予歪量を求めさらに次式の冷間曲げ半径と歪量の関係式(3)を用いて限界冷間曲げ半径を求め表1 に示した。

$$(\text{ひずみ量}) = \frac{5.0 t}{R} \quad (3)$$

t : 板厚 (mm)

R : 冷間曲げ内側半径 (mm)

4 まとめ

本研究結果から少ないデータ量ではあるが冷間加工による歪量とCTODの低下量の間には鋼種、板厚によらず線形関係があることがわかる。またその関係と CVNの規定である27.5J をCTODの規定値として変換したものをを用いて算出した冷間曲げ半径はその規定を大幅に緩和している。なお、現在さらに CVN値の低い鋼材を用いて実験を行っている。今後より多くのデータを蓄積することにより本研究結果を信頼できる値としていきたい。

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り、多数の協力を頂いた方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) 森 好生ほか : 歪時効による鋼材の靱性変化の評価, 鋼構造工学論文集 Vol. 36 A (1990. 3)
- 2) 日本溶接協会 : 溶接部靱性要求指針に関する研究, 鉄鋼部会技術委員会RTW委員会 (1987)

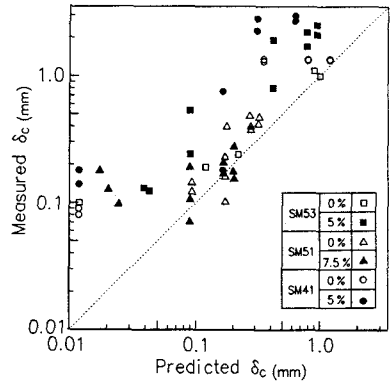


図3 RTW委員会提案によるCTOD (δ_c) 実験値と推定値

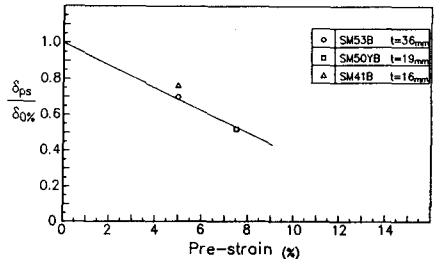


図4 CTOD低下率と予歪量の関係

鋼種	限界CTOD (mm)	限界ひずみ量 (%)	限界冷間曲げ半径 (mm)
SM53B	0.148	15.03	3.3 t
SM50YB	0.164	10.09	5.0 t
SM41B	0.202	13.55	3.7 t

表2 CVN規定(27.5J)からCTODに変換した値による限界値