

(306) 構造用鋼材の冷間加工と時効による脆化

川崎製鉄(株)技術研究所 工藤純一, 田中康浩
大橋延夫

1. 緒言 鋼構造物では冷間加工された部材が多く用いられるが, これらは時効による脆化が問題となる。そのため, たとえば日本道路橋示方書, 鋼橋編では冷間加工における許容曲げ半径(内半径, R)を板厚(t)の1.5倍以上(相当最大ひずみ, $\epsilon \cong 3\%$)に規制している。しかしながら, 現実にこの規制を守ることは必ずしも容易ではなく再検討する研究活動も行なわれている。本報告では, 各種構造用鋼材について, 引張試験, シャルピー試験, 小型COD試験およびディープノッチ試験などにより, ひずみ時効による脆化を調べ, その結果をもとに工業的見地から冷間曲げ加工における許容加工量を検討した。

2. 供試鋼材と実験方法 製造方法の異なる40キロから60キロ級の板厚9~25mmの13種類の鋼板と形鋼(鋼矢板とH形鋼)を実験に供した。まず最初に各鋼材に室温で0%, 3%, 5%, 10%および15%の引張予ひずみを付与した。次に250℃で1時間の時効処理を行なったのち, 丸棒引張試験片(平行部, $6\text{mm} \phi \times 30\text{mm}^L$), 2mmVシャルピー衝撃試験片および小型COD試験片($10t \times 20^W \times 100^L$, ノッチ比=0.5, 疲労ノッチ)を切り出し試験に供した。また板厚の薄いものについて構造物での破壊挙動を推定するためディープノッチ試験も実施した。

3. 結果および考察 図1は0℃でのシャルピーエネルギー vE_0 の予ひずみ(ϵ)による変化を示したものである。 $\epsilon = 3\%$ ではすべての溶接構造用鋼(SM-B, C, Q)の vE_0 は規格値より大きい, $\epsilon = 5\%$ では一部のSM-B鋼が規格値を満足しなくなる。すなわちシャルピーエネルギーから考えると $\epsilon \cong 3\%$ という現行の道路橋示方書の規制は適当なものであるが, SM58Q鋼のように鋼材によっては過分に安全側になる場合もある。図2は小型COD試験で得られた限界CODが0.1mmになる温度, $T_{\delta=0.1}$ (\cong 素材および予ひずみ材で, ノッチ先端において延性き裂が発生する温度), の予ひずみ量による変化を示したものである。鋼材の最低使用温度を-40℃(国鉄規格鉄道橋編における寒冷地用橋梁材のシャルピー試験温度)とし, 0.1mmをCODのクライテリオンとした時の許容加工量は, 図2から明らかのようにいずれのSM-B鋼でも5%以上である。一方板厚9mmのSM41B鋼で予ひずみ量が5%の場合についてのディープノッチ試験結果では, -30℃で脆性破壊発生時のCODが約2mmと大きく, また0℃では完全延性破壊を示した。すなわち, COD試験とディープノッチ試験結果では, 供試したSM-B鋼は冷間曲げ加工が $R = 10t$ ($\epsilon \cong 5\%$)でも脆性破壊に対して十分な抵抗を有することがわかった。COD試験やディープノッチ試験は実構造物における破壊挙動をよく表わすと考えられているので, これらの結果を考慮に入れ, 各鋼種と板厚ごとの許容曲げ加工量を検討した。

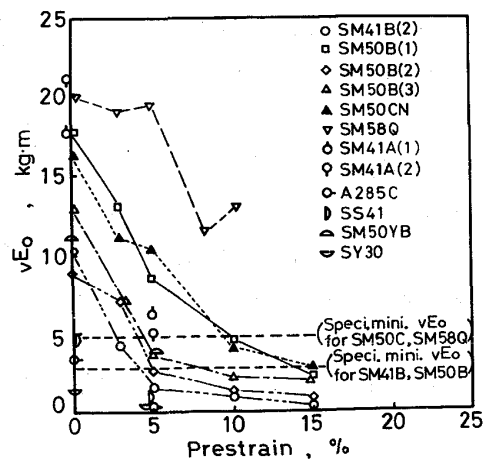


図1 ひずみ時効による vE_0 の変化

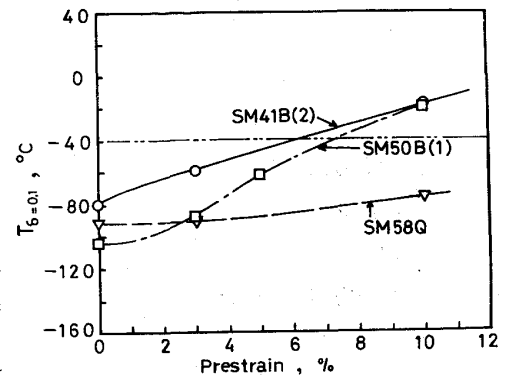


図2 限界CODが0.1mmになる温度 ($T_{\delta=0.1}$) のひずみ時効による変化