

I - A 297

鋼材の塑性歪履歴による破壊靱性劣化の研究

東京工業大学 学生会員 竹之井 勇 東京工業大学 フェロー 三木 千寿
 新日本製鐵(株) 正会員 本間 宏二 東京工業大学 正会員 穴見 健吾

1、はじめに

阪神大震災では、多くの鋼構造物が脆性破壊を生じた。これらの破壊は大きな地震力によって、引張、圧縮、あるいは繰り返しの塑性歪が生じた結果、靱性が低下したことが原因と考えられている。耐震性能に優れた鋼構造物を実現するためには、塑性変形を受けても靱性劣化の少ない鋼材の使用、もしくは開発が必要となる。しかし、塑性歪を受けた後の靱性劣化については、よくわかっていない。そこで、本研究では、引張、圧縮の塑性歪が様々な鋼材の破壊靱性にどのような影響を及ぼすのかを CTOD 試験を用いて比較し、鋼材による靱性劣化の差異を検討した。

2、試験体

供試体は、溶接用構造鋼 50 キロ鋼、60 キロ鋼 (SM490B, SM570Q)、建築用低 YR 50 キロ鋼 (SA440B)、溶接構造用耐侯性 50 キロ鋼 (SMA490BW)、耐火鋼 (NSFR490C)、低温圧力容器用炭素鋼 (SLA325AN) の 6 種類である。表 1 に化学成分、表 2 にミルシートによる機械的性質を示す。また、図 1 に CTOD 試験片を示す。予歪は、0%、+15%、-15% (+: 引張予歪、 -: 圧縮予歪) とした。

表 1、化学成分 (ミルシートによる)

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B
溶接構造用鋼 SM490B	0.16	0.33	1.24	0.016	0.003							
溶接構造用鋼 SM570Q	0.14	0.23	1.44	0.012	0.005							
建築用低 YR 鋼 SA440B	0.14	0.32	1.39	0.006	0.002	0.25	0.19	0.02	0.01	0.05		0.0001
溶接構造用耐侯性鋼 SMA490BW	0.09	0.38	1.22	0.011	0.002	0.33	0.15	0.51		0.003	0.02	
耐火鋼 NSFR490C	0.11	0.26	1.14	0.008	0.002			0.02	0.52		0.03	
低温圧力容器用炭素鋼 SLA325AN	0.11	0.25	1.49	0.007	0.003	0.18	0.17				0.01	

(重量%)

3、CTOD 試験結果

図 2 にそれぞれの鋼材の CTOD 試験結果を示す。SA440B と SMA490BW は、予歪 0% の試験片では、十分靱性を有しているが、予歪導入によって遷移温度が上昇し靱性劣化していることがわかる。その程度は、引張予歪による靱性劣化よりも圧縮予歪による方が大きい。SA440B では、引張予歪、圧縮予歪試験片での CTOD 値の差は小さく、SMA490BW では大きい。これから、鋼材によって引張、圧縮予歪による靱性劣化に違いがあることがいえる。NSFR490C, SM490B, SM570Q は、もともと靱性は大きくないが、予歪による大幅な靱性劣化が認められる。また、引張予歪と圧縮予歪による靱性劣化の差は小さい。逆に SLA325AN は、-60℃においても十分靱性を有している上に予歪による靱性劣化も見られないことが分かる。これらから、最も靱性が高いのが SLA325AN で、最も小さいのが NSFR490C であると判断でき、靱性値・予歪による靱性劣化の程度は、鋼材に依存することが分かる。

表 2 機械的性質

	Y.S (MPa)	T.S (MPa)	伸び (%)	シャルピー (J)
SM490B	356	518	28	218(0℃)
SM570Q	560	654	39	299(-5℃)
SA440B	448	614	44	268(0℃)
SMA490BW	421	529	24	355(0℃)
NSFR490C	383	554	23	207(0℃)
SLA325AN	393	498	53	279(20℃)

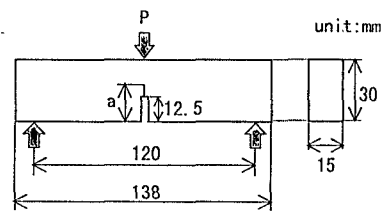
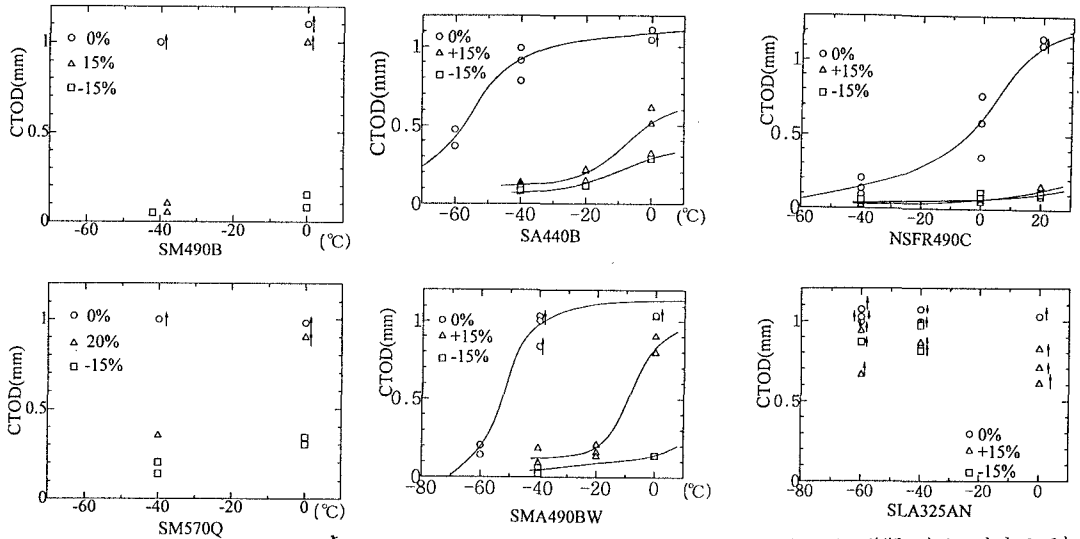


図 1 3点曲げ CTOD 試験片

キーワード：脆性破壊 塑性歪 靱性劣化

〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL 03-5734-2596 FAX 03-5734-3578



・矢印のついたものは、破断しなかったものである

図2 CTOD 試験結果

4、CTOD 試験結果からの考察

CTOD 試験結果から、鋼材間によって靱性に差が生じていることが分かるが、その原因を化学成分、製造過程における熱処理、機械的性質の面から検討した。化学成分については、靱性を大きくする元素として炭素(C)、マンガン(Mn)、クロム(Cr)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)などで、逆に靱性を小さくする元素として、モリブデン(Mo)が挙げられる。表1を見ると、靱性の大きいSLA325ANには、マンガン、ニッケル、銅が多く含まれており、逆に靱性の小さいNSFR490Cには、モリブデンが含まれている。次に熱処理では、図3に鋼材別の熱処理を示すが、焼きならしは、歪のない組織にして靱性を高め、焼き入れ、焼き戻しはセットで行うことにより、強度と靱性の両方の向上を期待できる。耐候性鋼を除いて熱処理をしていない鋼材(NSFR490C, SM490B)は、靱性が小さい。このように、化学成分、熱処理から靱性を判断できる可能性があると思われる。

5、結論

CTOD 試験結果から、同じような機械的性質を有していても、塑性歪履歴の影響は鋼材によって大きく異なることが分かった。さらに、引張予歪による靱性劣化よりも圧縮予歪による靱性劣化の方が大きかった。鋼材によって靱性は違うが、最も靱性が大きいのがSLA325ANであり、逆に最も小さいのがNSFR490Cであることが分かった。また、鋼材の靱性の差異を化学成分、製造過程における熱処理から評価できる可能性を示したが、この点に関しては、予歪による靱性劣化の差異、さらに塑性歪によるマイクロ組織の変化と合わせて今後の課題である。

謝辞：本研究は東京工業大学創造プロジェクト都市基盤施設研究所の高性能鋼の橋梁への利用技術研究会の活動の一環として、鋼材クラブからの研究助成を受けて実施したものである。

参考文献：(1) 大倉一郎ほか、繰り返し塑性歪が鋼材の破壊靱性に与える影響、1996年3月

(2) 三木千壽ほか、阪神大地震により円形断面鋼製橋脚に生じた脆性破壊の材料特性からの検討

土木学会論文集、1997年6月

表3 熱処理方法

	焼きならし	焼き入れ	焼き戻し
SM490B			
SM570Q		○	○
SA440B		○	○
SMA490BW			
NSFR490C			
SLA325AN	○		