

大歪み履歴が鋼材の破壊靱性に及ぼす影響

東京工業大学 正会員 佐々木栄一 東京工業大学 荒川泰二
 東京工業大学 フェロー 三木千壽 東京工業大学 正会員 市川篤司

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、幾つかの鋼製橋脚にそれまで経験のない脆性き裂が発生した。その発生要因のひとつとして、鋼材が10%を超える大きな塑性歪みを受けたことによる脆化が考えられる。これまで、この現象については、筆者らによるものをはじめ、幾つかの検討がなされているが、試験片への塑性歪み履歴導入の困難さが主な原因となり、繰返し大歪みによる影響等については殆ど検討されておらず、未だ不明な点が多い。そこで、本研究では、塑性歪み履歴導入方法に幾つかの工夫をし、5%を超える繰返しを含む塑性歪み履歴が鋼材の破壊靱性劣化に与える影響について検討した。

表-1 化学成分

鋼材	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	V
SM490YB	0.14	0.46	1.56	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.04
SM570Q	0.14	0.23	0.012	0.005	0.005				

表-2 機械的性質

鋼材	降伏点 (MPa)	引張強度 (MPa)	降伏比 (%)	伸び (%)	シャルピー吸収 エネルギー(J)
SM490YB	407	547	74	26	154(0)
SM570Q	560	651	86	39	299(-5)

2. 対象とする鋼材

本研究では、一般的に鋼橋に用いられている SM490YB 材(非調質鋼)と SM570Q 材(調質鋼)の2鋼種を対象とした。それらの化学成分および機械的性質のミルシート値をそれぞれ表-1と表-2に示す。

3. 実験手法

(1) 塑性歪み履歴導入実験 本研究では、表-3に示す様々な塑性歪み履歴を対象とし、鋼材に導入

した。塑性歪み導入においては、圧縮方向への歪み導入の際の座屈防止が最大の課題であった。本研究では、塑性変形が中央部に集中するように図-1に示すような平行部を有する試験体を用意し、図-2に示すようにチャックの試験体面外方向へずれを防止するための治具を取付けた上で、できる限りチャック間隔を狭めて実験を行うことにより座屈防止を実現した。歪み量測定は、試験片表裏中央に短軸塑性歪みゲージ(ゲージ長2mm)を添付し、両面の歪みが目標の大きさになった時点を実験終了とした。

表-3 対象とする塑性歪み履歴パターン

呼称	歪み履歴	備考
AP0, BP0	0%	予歪みなし(素材)
AP1, BP1	+10%	単調引張
AP2, BP2	-10%	単調圧縮
AP3, BP3	+10%→0%	引張側繰返し
AP4, BP4	-10%→0%	圧縮側繰返し
AP5, BP5	-5%	単調圧縮
AP6, BP6	+5%→0%	引張側繰返し

呼称の頭文字は鋼種を表す。(A:SM490YB, B:SM570Q)

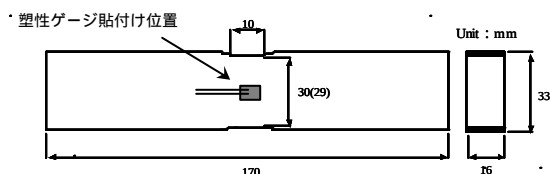


図-1 塑性歪み導入試験片

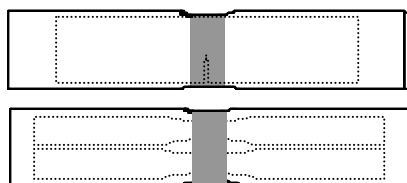


図-3 試験片採取位置

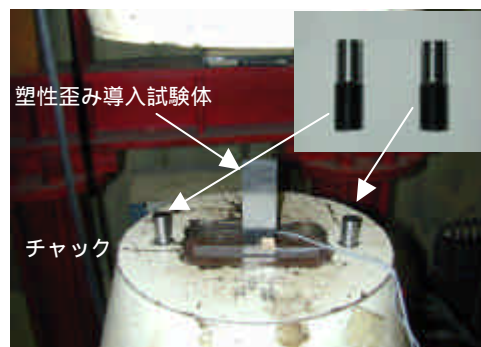


図-2 チャックずれ防止治具

キーワード 鋼材, 塑性歪み履歴, 破壊靱性

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻

TEL: 03-5734-3580, FAX: 03-5734-3578

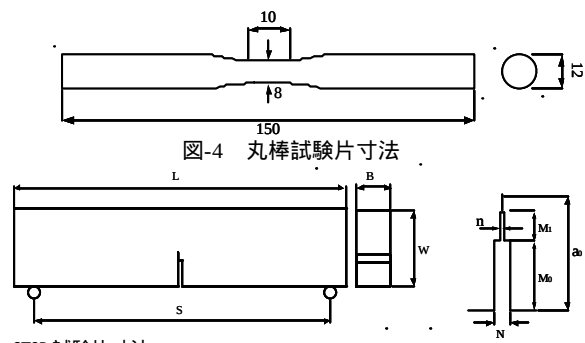


図-4 丸棒試験片寸法

CTOD 試験片寸法

B	W	S	L	a ₀	n	N	M ₁	M ₀
14.0	28.0	112.0	126.0	0.5W	0.15	1.8	9.0	3.0

Unit:mm

図-4 CTOD 試験片寸法

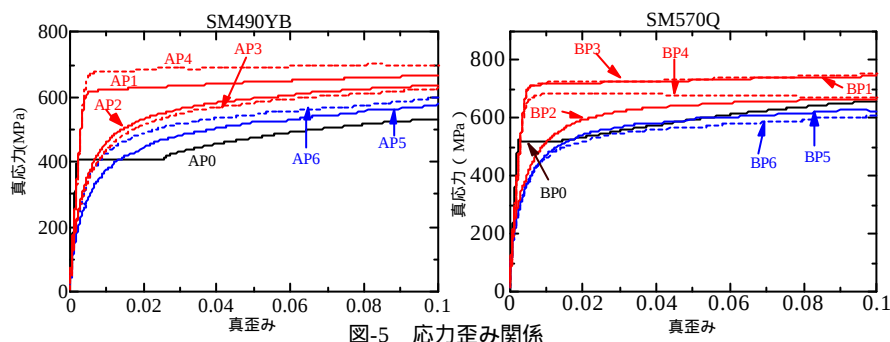


図-5 応力歪み関係

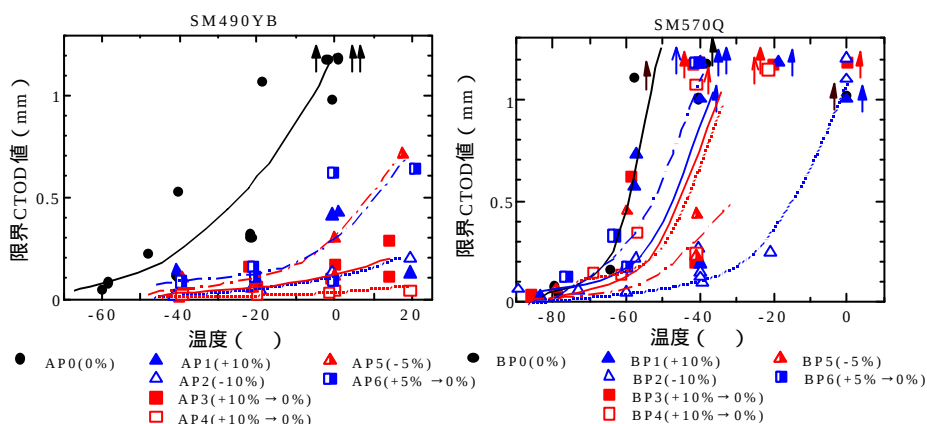


図-6 CTOD 試験結果

歪みの方向性による影響

単調引張予歪みを導入した AP1, BP1 と、単調圧縮予歪みを導入した AP2, BP2 を比較すると、圧縮予歪みを受けた場合の方が、引張予歪みを受けた場合に比べ CTOD 曲線がより高温側に移行しており、鋼材がより脆化する傾向がある。また繰返し歪み履歴を受けた場合、歪み履歴が圧縮から始まったパターン (AP4, BP4) の方が、引張歪みを先に受けたパターン (AP3, BP3) より脆化している。

繰返しによる影響

SM490YB 材では、繰返し歪み履歴を受けることにより鋼材がさらに脆化している。一方 SM570Q 材では、図-10 に示すように、引張歪みを受けた後、さらに圧縮予歪みを受けた場合 (BP3) も、圧縮歪みを受けた後に引張予歪みを受けた場合 (BP4) も、素材に比べて殆ど脆化が生じていない。従って、SM570Q 材では、10%の単調圧縮歪みを受けた場合 (BP2) のみが著しく脆化する傾向を示した。

5. まとめ

本研究では、繰返しを含めた大歪み履歴による鋼材の破壊靱性への影響を明らかにし、その特性が鋼種および歪み履歴により大きく異なることを示した。

(2) 引張試験および CTOD 試験 塑性歪み導入後、図-3 に示す位置から引張試験用の丸棒試験体 (図-4) および CTOD 試験体 (図-5) を採取した。CTOD 試験は、日本溶接協会 WES1108-1995 に準拠して実施した。

4. 実験結果および考察

(1) 引張試験 引張試験の結果得られた応力歪み関係を図-6 に示す。これらからわかるように、様々な塑性歪み履歴を受けることにより、鋼材の強度特性が大きく変化する。

(2) CTOD 試験 CTOD 試験結果得られた限界 CTOD 遷

移曲線を図-7 に示す。なお、ここに示す限界 CTOD 値は引張試験で得られた降伏点 (あるいは 0.2% 耐力) を用い、さらに試験温度による補正を行って算出したものである。以下に、これらについて幾つかの因子に着目して考察を行う。

歪みレベルによる影響

5% と 10% の歪みレベルの違いを見ると、両鋼種とも 5% よりも 10% レベルの場合の方が、遷移温度がより高温側へ移動しており脆化が著しい傾向がある。なお、その際の脆化の程度は、SM490YB 材では、5% の歪み量でも鋼材の脆化が顕著に見られるが、SM570Q 材では殆ど脆化していない。