

大阪大学大学院 学生員○田原 潤
高田機工株式会社 正員 安田 修

大阪大学工学部 正員 大倉一郎
高田機工株式会社 正員 広野正彦

1 序論

阪神・淡路大地震では土木鋼構造物に多大な被害がもたらされた。著者らは繰返し塑性ひずみを導入した鋼材の破壊靱性を調べた結果、塑性ひずみの繰返し回数の増加に伴い破壊靱性が低下すること、繰返し塑性ひずみが導入された鋼材に時効処理を施すと破壊靱性がさらに低下することを明らかにした¹⁾。本研究では、繰返し塑性ひずみと鋼材の破壊靱性低下の関係を定量化する。

2 繰返し回数と破壊靱性低下の関係

全ひずみ±0.5%の繰返し塑性ひずみが導入された鋼材(SM400B)の破壊靱性をシャルピーの衝撃試験で調べた。塑性ひずみの繰返し回数と吸収エネルギー低下の関係を図 1 に示す。時効処理の有無に関わらず、シャルピーの衝撃試験の吸収エネルギー低下は 3.0 サイクルまでの繰返し回数で起こる。

3 塑性スケルトンひずみと破壊靱性低下の関係

繰返し塑性ひずみによる破壊靱性の低下を単調載荷の塑性ひずみ(単調塑性ひずみ)による破壊靱性の低下に関連付けることを考える。繰返し塑性ひずみを受けた鋼材の破壊靱性は塑性スケルトンひずみと相関があるという主張がなされている²⁾。しかし、図 2 に示すように、塑性スケルトンひずみで評価された吸収エネルギー低下と単調塑性ひずみによる吸収エネルギー低下との間に相関は見られない。

4 等価塑性ひずみ

本研究では繰返し塑性ひずみと鋼材の破壊靱性低下の関係に対して、次のような仮説を立てた。

1. 繰返し載荷を受けた鋼材の破壊靱性低下は、繰返し載荷によるひずみエネルギー損失と同量のひずみエネルギー損失を持つ単調載荷を受けた鋼材の破壊靱性低下と同じである。

2. 破壊靱性を低下させる繰返し塑性ひずみは 3.0 サイクルまでである。

応力とひずみの関係に対して図 3 に示す剛完全塑性体モデルを仮定して、前述の仮説を適用すると、繰返し載荷による破壊靱性低下と等しい破壊靱性低下が起こる単調塑性ひずみ ε_{pe} が次式で与えられる。

$$\varepsilon_{pe} = \sum_{i=1}^6 w_i \cdot r_i \quad (1)$$

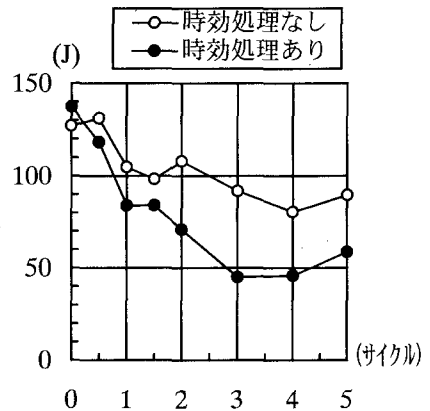


図 1 吸収エネルギー低下と塑性ひずみの繰返し回数の関係

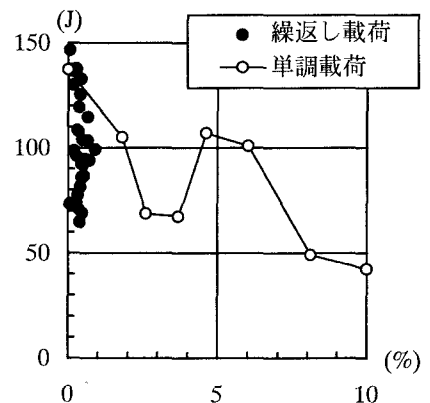


図 2 吸収エネルギー低下と塑性スケルトンひずみの関係

ε_{pe} を等価塑性ひずみと呼ぶ。

r_i は 0.5 サイクル毎に導入される塑性ひずみである。ひずみ硬化やパウシンカー効果の影響と、繰返し回数を重ねると破壊靱性の低下が小さくなることを考慮して、各 r_i に対して重み w_i が掛けられている。しかし、 w_i の値を決めるほどのデータを持っていないので、本研究では $w_i=1$ とする。

5 応力と破壊靱性低下の関係

単調荷荷による応力上昇と破壊靱性低下の関係を図 4 に示す。図中の点は、単調荷荷による塑性ひずみを 2 節で述べた実験と同じ鋼材に導入し、破壊靱性をシャルピーの衝撃試験で調べた結果である。図中の曲線は以下の式で表される。

$$\frac{CVN}{(CVN)_0} = 1 - \left(\frac{\sigma - \sigma_Y}{\sigma_B - \sigma_Y} \right)^n \quad (2)$$

CVN : 吸収エネルギー

$(CVN)_0$: 吸収エネルギー (無載荷)

σ_Y : 降伏応力 (真応力)

σ_B : 引張強さ (真応力)

6 破壊靱性低下の推定

等価塑性ひずみと吸収エネルギーの関係を図 5 に示す。図中の曲線は次式で表されている。

$$CVN = (CVN)_0 \left\{ 1 - \left[\frac{\sigma(\varepsilon_{pe}) - \sigma_Y}{\sigma_B - \sigma_Y} \right]^{0.5425} \right\} \quad (3)$$

$\sigma(\varepsilon)$: 単調荷荷で与えられる応力とひずみ関係において、塑性ひずみで表される応力

図中の点は 2 節で述べた繰返し塑性ひずみを導入した鋼材の衝撃試験結果に等価塑性ひずみを適用したものである。これらの点は式(3)で表される曲線付近に分布している。

参考文献

- 1) 大倉一郎, 田原潤, 西岡敬治, 安田修: 繰返し塑性ひずみが鋼材の破壊靱性に与える影響, 鋼構造論文集第 3 巻第 11 号, pp.1-11, 1996.
- 2) 建設省建築研究所, (社)鋼材倶楽部: 破壊性能研究会研究報告書, 1995.

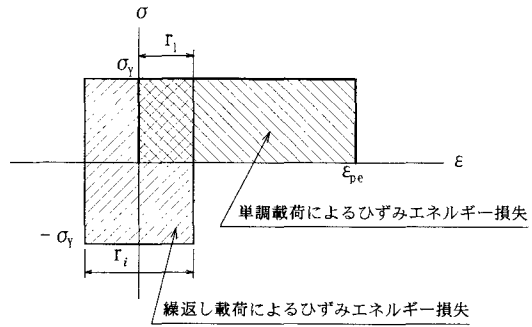


図 3 等価塑性ひずみ

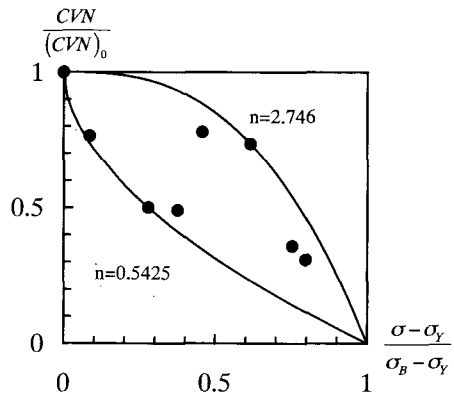
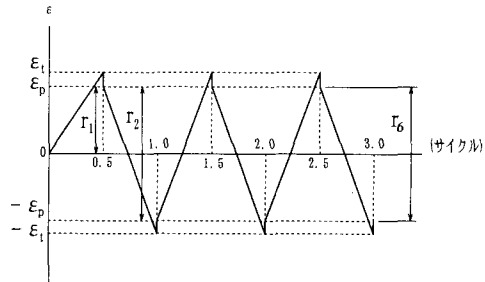


図 4 吸収エネルギー低下と応力の関係

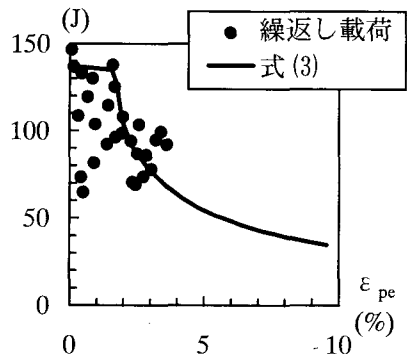


図 5 吸収エネルギー低下と等価塑性ひずみの関係