

I - B 103

繰返し塑性ひずみによる鋼材の破壊靱性低下の定量化とその推定方法

日立造船株式会社 正員 田原 潤

大阪大学工学部 正員 大倉一郎

高田機工株式会社 正員 安田 修

高田機工株式会社 正員 広野正彦

1 序論

阪神・淡路大地震は土木鋼構造に多大な被害をもたらした。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し、その推定方法を提案する。

2 繰返し回数と破壊靱性低下の関係

全ひずみ $\pm 0.5\%$ 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、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载荷の塑性ひずみ（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. 繰返し载荷を受けた鋼材の破壊靱性低下は、繰返し载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载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、繰返し载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。

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

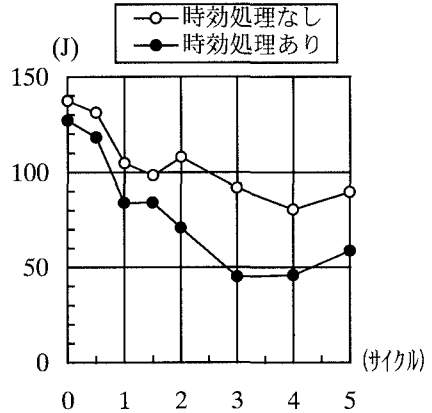


図1 吸収エネルギー低下と塑性ひずみの繰返し回数の関係

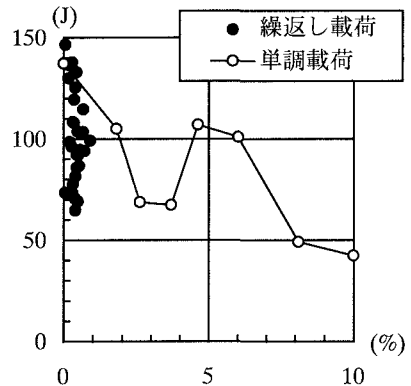


図2 吸収エネルギー低下と塑性スケルトンひずみの関係

ε_{pe} を等価塑性ひずみと呼ぶ。 r_i は0.5サイクルごとに導入される塑性ひずみである。

5 応力と破壊靱性低下の関係

単調荷重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、単調荷重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。図中の曲線は次式で表される。

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

ここに、 CVN ：吸収エネルギー

$(CVN)_0$ ：吸収エネルギー（無荷重）

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る。

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

ここに、 $\sigma(\varepsilon)$ ：引張り試験で与えられる、塑性ひずみで表された応力

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)で表される曲線の周りに分布している。

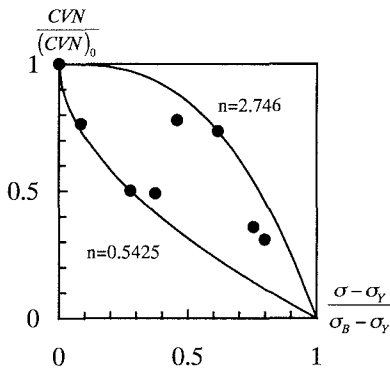


図4 吸収エネルギー低下と応力の関係

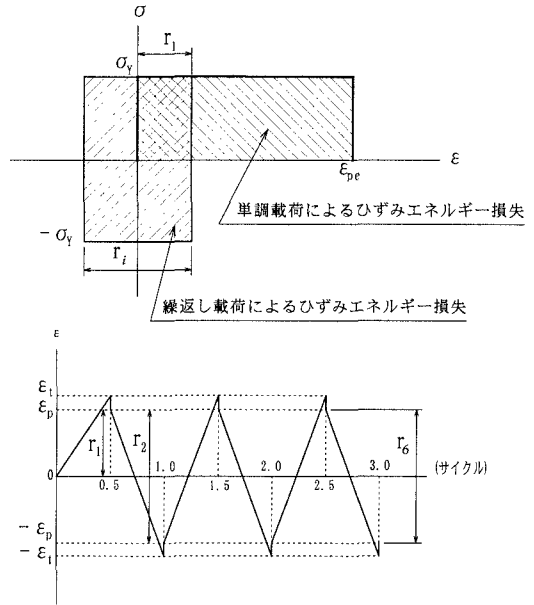


図3 等価塑性ひずみ

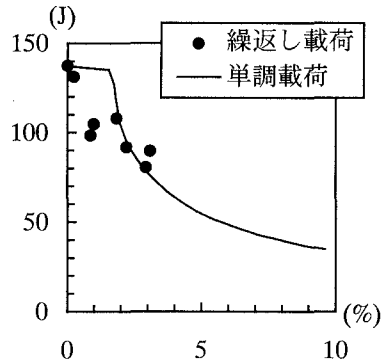


図5 吸収エネルギー低下と等価塑性ひずみの関係

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.