

I-A 63 繰返し塑性ひずみが鋼材の靱性に与える影響

大阪大学工学部 学生会員 田原 潤
 大阪大学工学部 正会員 大倉一郎
 大阪大学工学部 学生会員 三木 浩
 高田機工株式会社 正会員 安田 修
 高田機工株式会社 正会員 坂本一弘

1. まえがき

阪神・淡路大震災は土木鋼構造物に多大な被害をもたらした。その被害の中で、鋼製箱断面橋脚の角溶接部、鋼製橋脚の柱梁隅角部及び鋼製円柱橋脚の中間部の亀裂は、従来の学問の類推からは説明のできない破壊現象を示している。

現在、被災した橋梁の復旧作業が行われているが、軽微な損傷を受けた鋼部材は再利用される。先の地震では大きな荷重の繰返ししが約10回あったといわれている。しかし、鋼部材が繰返し荷重を受けたときの塑性ひずみの繰返ししが鋼材の靱性に与える影響は明らかにされていない。

本研究はシャルピーの衝撃試験によって繰返し塑性ひずみが鋼材の靱性に与える影響を明らかにする。

2. 塑性ひずみの繰返し回数の定義

塑性ひずみの繰返し回数の定義を図-1に示す。図-1(a), (b)は、単調載荷に対する塑性ひずみの繰返し回数の定義である。これを0.5サイクルと呼ぶ。図-1(a)では引張塑性ひずみが、図-1(b)では圧縮塑性ひずみが導入される。図-1(c)~(f)は繰返し載荷に対する塑性ひずみの繰返し回数の定義である。2サイクル以上の繰返し載荷に対する塑性ひずみの繰返し回数の定義もこれに準じる。図-1(c), (d)は、最初に導入される塑性ひずみの符号と最後に導入される塑性ひずみの符号が異なる。図-1(e), (f)では、最初に導入される塑性ひずみの符号と最後に導入される塑性ひずみの符号が同じである。

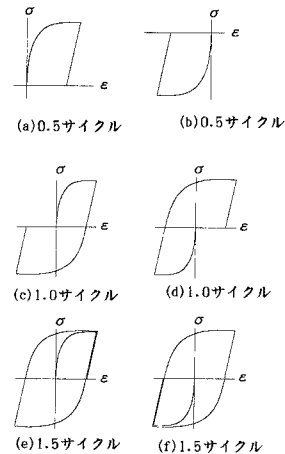


図-1 塑性ひずみの繰返し回数の定義

3. 塑性ひずみの導入

図-2に示すように、2点載荷2点支持により、I型断面の桁の上下フランジに塑性ひずみを導入した。載荷点の間に等曲げモーメントが生じる。この載荷点の間を4等分する位置の上下フランジにひずみゲージを3枚ずつ貼付した。荷重を除荷した後、桁の上下を反対に置いて載荷することにより繰返し荷重を与えた。

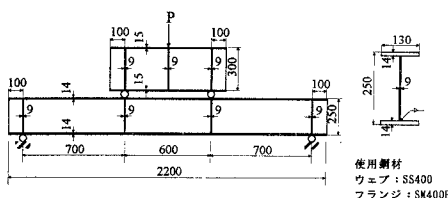


図-2 塑性ひずみの導入

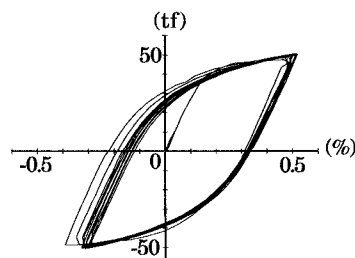


図-3 荷重-ひずみ履歴[10.5サイクル]

考慮した全ひずみの大きさは 0.5%と 1.0%であり、考慮した繰返し回数は 0.5 サイクル、3 サイクル、5.5 サイクル、10.5 サイクルである。荷重－ひずみ履歴の一例を図－3 に示す。これは全ひずみの大きさが 0.5% で繰返し回数が 10.5 サイクルに対するものである。着目するフランジが下側にあるとき荷重の符号を正で表し、上側にあるとき荷重の符号を負で表している。ひずみゲージが示す値にばらつきが生じたので、下側のフランジの 3 つのひずみゲージの内 1 つが 0.5% に達したら除荷を行った。したがって図－3 において圧縮ひずみの領域で荷重－ひずみ履歴曲線が一つに重なっていない。

4. シャルピーの衝撃試験

載荷点の間の上下フランジから V ノッチシャルピーの衝撃試験（4 号試験片）を採取した。フランジの長手方向に試験片をとり、試験温度が 0℃と -30℃および時効処理の有無で 4 通りの組合わせを考慮し、各組合わせに対し 6 本の試験片を製作した。時効処理は、250℃、1 時間で、衝撃試験片を製作する前に行った。

5. 衝撃試験の結果

ひずみの符号の影響を図－4 に示す。0 サイクルは無載荷の試験片を示す。吸収エネルギーの値は、6 本の試験片の平均値である。試験片は、最後の載荷により導入されたひずみの符号により引張、圧縮の区別を行う。

吸収エネルギーに対してひずみの符号の影響はほとんどない。0 サイクルと 0.5 サイクルの吸収エネルギーはほぼ等しく、単調載荷による塑性ひずみは鋼材の靱性を低下さない。0.5 サイクルと 3 サイクルとの間で吸収エネルギーが急激に低下すると予想される。

塑性ひずみの大きさの影響を図－5 に示す。単調載荷（0.5 サイクル）の場合、塑性ひずみの大きさの影響はほとんどない。しかし繰返し載荷の場合、塑性ひずみが大きくなると吸収エネルギーが低下する。

時効処理の影響を図－6 に示す。単調載荷（0.5 サイクル）の場合、時効処理の影響はほとんどない。しかし繰返し載荷の場合、塑性ひずみが大きくなると吸収エネルギーが低下する。

塑性ひずみと時効処理の影響を図－7 に示す。図－5 と図－7 の比較から分かるように、繰返し載荷において、時効処理が施されると塑性ひずみの大きさに関わらず、吸収エネルギーが全体的に低下する。

6. 結論

- 1) 単調載荷による塑性ひずみは靱性を低下させない。しかし繰返し塑性ひずみは靱性を低下させる。
- 2) 単調載荷による塑性ひずみを受けた鋼部材は時効処理の影響をほとんど受けない。しかし繰返し塑性ひずみを受けた鋼部材は時効処理の影響を受け、靱性が低下する。
- 3) 橋梁の復旧作業において鋼部材を再利用する場合、繰返し塑性ひずみを受けた部材は時間の経過とともにひずみ時効が現れ、靱性が低下するので注意を要する。

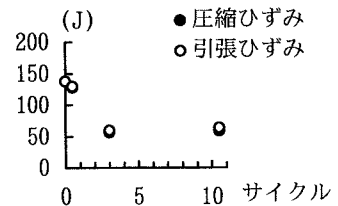


図-4 塑性ひずみの符号の影響
[全ひずみ1%]

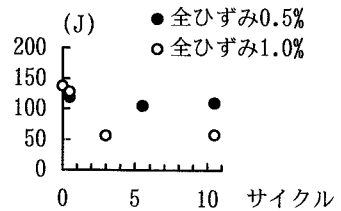


図-5 塑性ひずみの大きさの影響
[圧縮ひずみ]

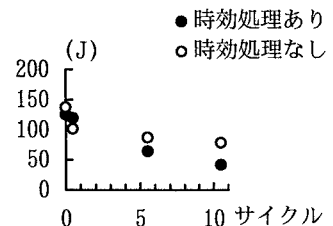


図-6 時効処理の影響
[全ひずみ0.5%, 引張ひずみ]

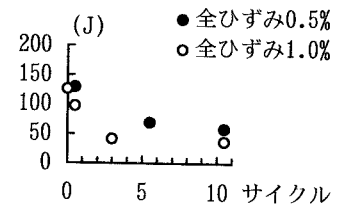


図-7 塑性ひずみと時効処理の影響
[圧縮ひずみ]