

予ひずみを与えられた建築構造用圧延鋼材 SN490Bの高速引張り力学特性

東京理科大 正 ○板橋 正章
東京理科大 正 福田 博

東京理科大 河合 貴之

1. 緒言

従来から土木、建築構造物に多用されてきた溶接構造用圧延鋼材SM(JIS G 3106)に対して1994年にJISに制定された建築構造用圧延鋼材SN(JIS G 3136)は、降伏比(降伏応力/引張り強さ)という概念を取り入れて塑性変形能力の確保を図っている。一方、先の兵庫県南部地震での上下方向振動速度の最大値は数m/sに達していたのではないかと数多くの指摘もあり^{1, 2)}、通常の材料試験機では不可能な速度領域での引張り試験が耐衝撃性評価に必要であるとの認識が高まりつつある。

本研究では意図的な変形や予期せぬ変形を受けた後に構造物が強大な地震に遭遇することを想定して、SN490BとSM490Aに準静的に予ひずみを与えた上で高速引張り試験(約10m/s)を行い、動的力学特性の予ひずみ量依存性を比較した。

2. 試験片

SN490Bの化学成分はFe-0.18C-0.46Si-1.41Mn-0.019P-0.008S-0.01Cu-0.01Ni-0.02Crであり、SM490AはFe-0.10C-0.21Si-1.52Mn-0.016P-0.004S-0.04Nb-0.02Vである。試験片形状をFig. 1に示す。試験片の素材は16mm厚の鋼板として供給されたが、試験片の軸方向を圧延方向に揃え、できるだけ表面付近から試験片を切り出した。したがって、鋼板の板厚方向中央付近よりはいくらかぜい化していると思われる。

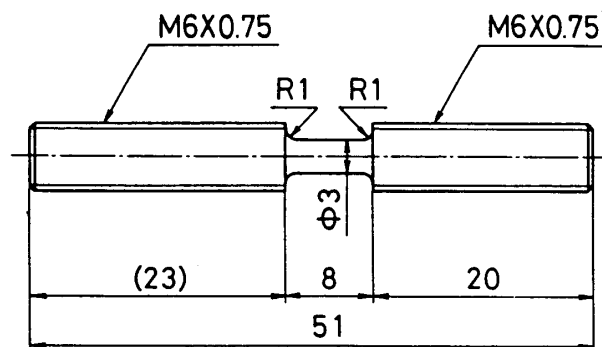


Fig.1 Specimen configuration

3. 予ひずみ量の選定

各鋼材ともに、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}=1 \times 10^{-3}$, 1×10^{-1} , $1 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ で破断までの引張り応力-ひずみ曲線を

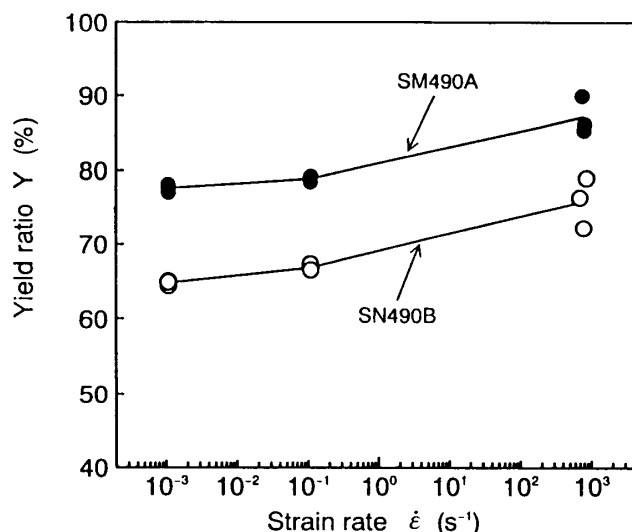


Fig.2 Strain rate dependence of yield ratio

測定した。前二者は万能材料試験機(島津AG-10TA, 容量:98kN), 後者は高速引張り実験装置を用いた。このときに得られた降伏比をFig. 2に示す。one bar method³⁾を採用した高速引張り実験装置による $\dot{\epsilon}=1 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ でも、SN490Bは規定された降伏比(<80%)を保持していることは注目すべきである。さて、 $\dot{\epsilon}=1 \times 10^{-3}$, $1 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ での応力-ひずみ曲線から引張り強度がひずみ12~14%のときに得られることがわかったので、予ひずみ ϵ_{Pr} として5, 10, 20, 30%の4段階を選定した。

4. 予ひずみの付与と引張り試験

選定された予ひずみを万能材料試験機で準静的に $\dot{\epsilon}=1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ で与えた。この一連の試験片について引張り試験を破断まで $\dot{\epsilon}=1 \times 10^{-3}$, 1×10^{-1} , $1 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ でそれぞれ実施した。

5. 実験結果および考察

SN490BとSM490Aについては、降伏比を除けばほぼ同等の実験結果が得られたのでSN490Bの結果のみについて述べる。

Fig. 3に残留強度(予ひずみを与えた後の応力の最大値) σ_p の予ひずみ量依存性を示す。ひずみ速

度 $\dot{\epsilon}$ を問わず予ひずみ ϵ_{Pr} が増加すると強度は漸減していく。 $\epsilon_{Pr} > 15\%$ では既にくびれを生じていることに注意されたい。また、強度のひずみ速度依存性が ϵ_{Pr} の増加と共に減少するが、これは可動転位となり得る転位数が飽和ないし減少しており、 $\dot{\epsilon}$ の差異による可動転位増殖率の差がほとんど消失していることを示唆している。

Fig. 4は ϵ_{Pr} を与えた後の残留破断ひずみ ϵ_T とこれに ϵ_{Pr} を合算した $\epsilon_T + \epsilon_{Pr}$ の予ひずみ量依存性を示している。 ϵ_T は ϵ_{Pr} の増加に対して線形に減少しており、 $\epsilon_T + \epsilon_{Pr}$ はほぼ一定であることから、いわゆる和の法則が成り立っている。

Fig. 5は単位体積当たりの残留吸収エネルギー E_{ab} とこれに予ひずみを与える段階で消費された吸収エネルギー E_{abPr} を合算した $E_{ab} + E_{abPr}$ の予ひずみ量依存性を示している。 E_{ab} には σ_P と ϵ_T の特性が反映されているが、 ϵ_T の場合と同様にいわゆる和の法則が成立している。

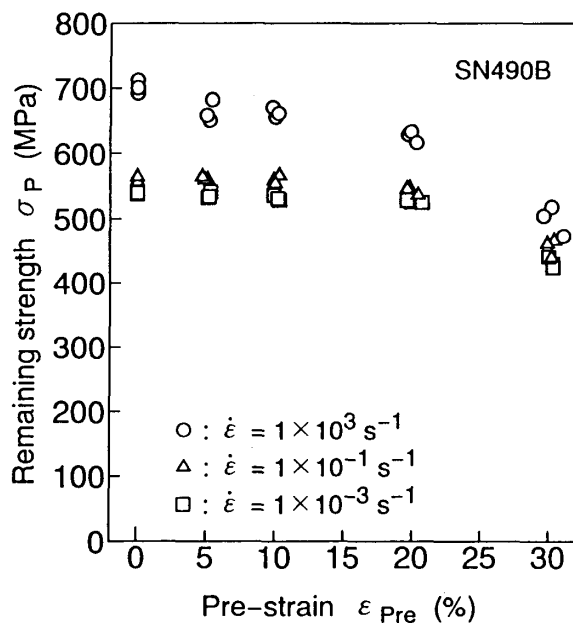


Fig. 3 Pre-strain dependence of remaining strength for SN490B steel

6. 結論

新たに制定されたSN490Bは降伏点を低く抑えた材料であるが、人為的な変形あるいは予期せぬ変形を受けた後に衝撃引張り負荷が与えられても、従来からの鋼材と遜色ない耐衝撃引張り特性を持っていることが明らかになった。ただし、いったん予変形が生じてしまえば低く抑えられた降伏点の効果は全く消失してしまうので、本来持っている塑性変形能力の活用はできなくなる。

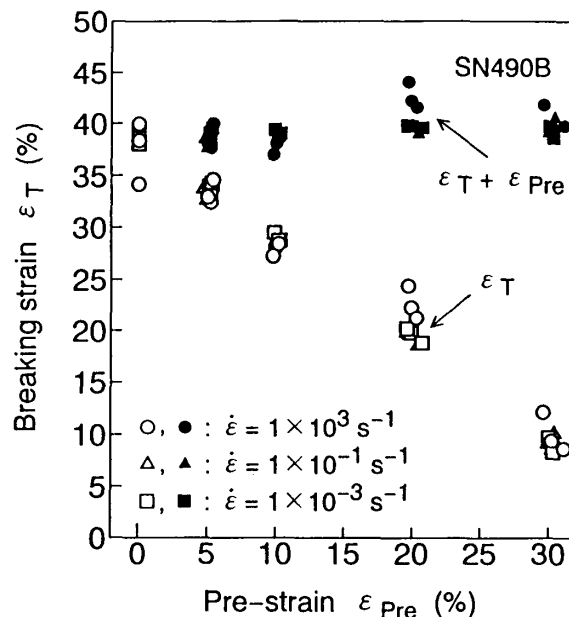


Fig. 4 Pre-strain dependence of breaking strain for SN490B steel

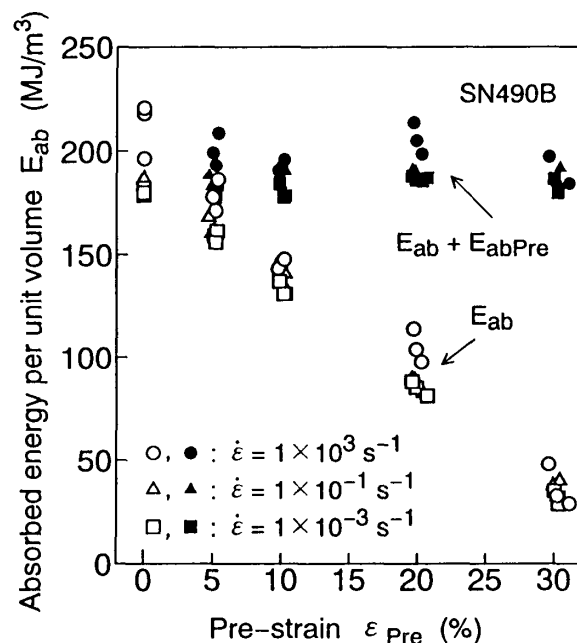


Fig. 5 Pre-strain dependence of absorbed energy per unit volume for SN490B steel

参考文献

- 1) 白木万博, 日本機械学会誌, **99**, 819, (1996).
- 2) 西岡俊久ら, 日本機械学会関西支部第71期定時総会講演会講演論文集, No. 964-1, 180, (1996).
- 3) K. Kawata et al., "Mechanical Properties at High Rates of Strain 1979," ed. by J. Harding, Institute of Physics, Conf. Ser. No. 47, 71, (1979).