

地震損傷を想定した鋼製橋脚の、スモールパンチ試験（SP 試験）による鋼材強度評価

(株)東光コンサルタンツ フェロー 高久達将 正員 渡辺貞之 *
鋼管計測(株) 浦辺浪夫 正員 ○橋本勝太 糟谷和幸**

1. はじめに 地震などの損傷を受けた鋼製橋梁や鋼構造物の損傷度を把握することは、耐震補強の基準を判断するのに非常に重要である。しかし、使用中の実構造物から一般的な金属材料試験（引張、衝撃、破壊靱性試験等）を実施することは寸法の制約上、困難である。現在は、非破壊検査により破損の有無を見つけたり、実構造物の金属組織観察を行うことでおおよその判断はできるが、鋼材の性能劣化や健全性を高精度に評価することはできない。今回実施したスモールパンチ試験（以下、SP 試験）は、原発設備の劣化度診断に、準非破壊試験として開発された評価方法で、 $10 \times 10 \times 0.5\text{mm}$ の非常に小さな試験片を実機から採取し、中央部を変形することで鋼材強度特性を測定する破壊試験である。本実験では、地震を想定して愛知工大で実施した中間はりを有する鋼製ラーメン橋脚の繰返し載荷実験¹⁾後の橋脚下部の損傷部分において SP 試験を実施するとともに、ほぼ健全な部分について一般的な引張、衝撃試験を行い、SP 試験による鋼材強度特性の推定を行った。

2. 試験内容

二層ラーメン橋脚の繰返し実験後の試験体（SS400、板厚 6mm）において、変形の度合いにより、損傷状況を大・中・小とした部分において SP 試験を行った。また、損傷が小さい部分において、引張試験、シャルピー衝撃試験を行った。試験片採取状況を写真 1 に示す。

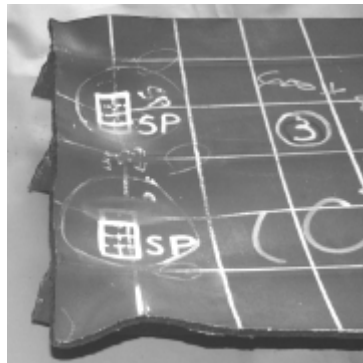


写真 1 試験片採取状況（損傷：大）

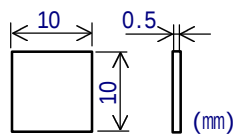
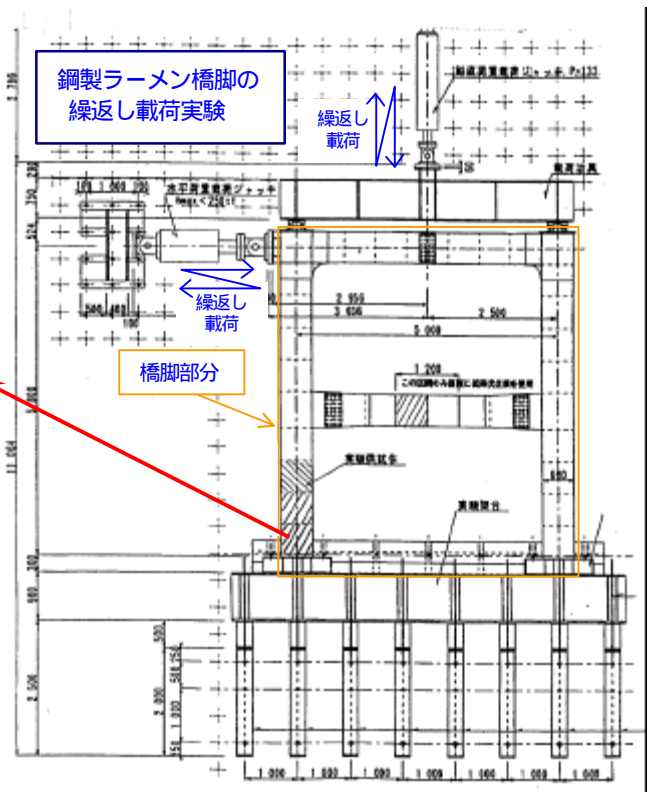


図 1 SP 試験片形状



3. 試験方法

SP 試験は、「小型パンチ（SP）標準試験法（案）」¹⁾にしたがって行った。試験片形状を図 1 に、試験方法を図 2 に示す。また、図 3 に示す項目について、従来の金属材料試験との相関性があるとされており、今回は、主に引張特性との相関を検討した。

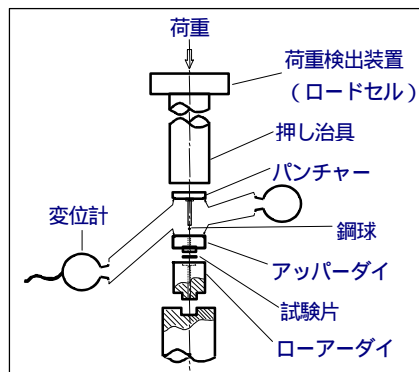


図 2 SP 試験方法

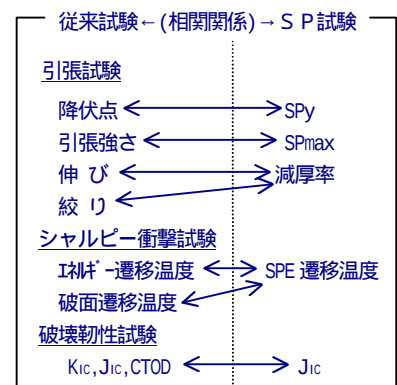


図 3 従来の金属材料試験との相関

キーワード：耐震補強、鋼製橋脚、損傷度劣化度評価、スモールパンチ試験、準非破壊試験

* 〒170-0005 豊島区南大塚 3-32-1 TEL.03-5950-7203 FAX.03-5950-3652 <http://www.tokoc.co.jp/>

** 〒230-0855 川崎市川崎区南渡田町 1-1 TEL.044-355-7452 FAX.044-355-7499 <http://www.kks.co.jp/>

4. 試験結果 代表的な SP 試験荷重 - 変位線図を図 4 に示す。損傷の大きい部分では破断荷重が低く、SP エネルギー(SPE)も小さい。試験温度と SPE との関係を図 5 に、試験温度と SP 試験から算出される J_{IC} との関係を図 6 に示す。損傷度合いによる SPE の差は若干見られ、さらに J_{IC} 値は、損傷大の部分が低温域で顕著に低下し、脆化していることが認められた。試験温度と SP 降伏荷重、SP 最大荷重、減厚率との関係を図 7 に示す。減厚率において損傷度の差が現れ、ここでも損傷大の部分の脆化が認められた。

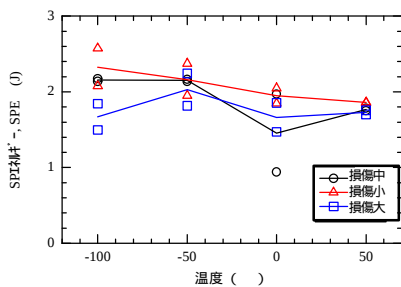


図 5 SP エネルギーと温度の関係

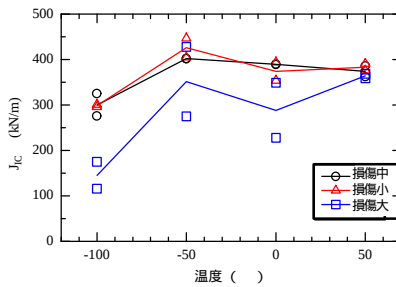
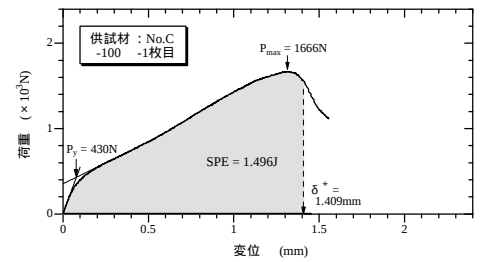


図 6 SP 試験における J_{IC} 値と温度の関係

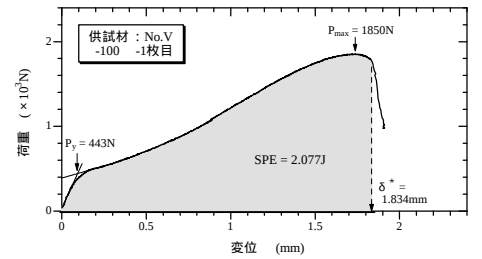
5. 考察 損傷部大・中の SP 特性から、引張特性の推定を行った。まず、損傷小の部分における SP 試験と引張試験結果、および比較材として SCM435 の既存データを回帰分析し、SP 特性と引張特性の相関を求めた。そして、この相関関係を用いて、本実験材の損傷部大・中の SP 特性から引張試験特性への換算を行ったものを図 8、9 に示す。損傷部大・中部では、降伏点が上昇したことから、変形による加工硬化が、また、引張強さが低下したことから、引張強さを超えるような大きな変形が起こったと推定される。

6. おわりに SP 試験により、損傷部の局所的な脆化と引張特性を推定できた。本実験では、簡易的に供試材と異なる鋼種のデータを用いたが、今後、損傷部分の脆化度や引張特性を精度良く推定し、損傷度を適確に把握するためには、様々な鋼種についてのバックデータを蓄積することが課題である。

尚、本件の供試体は、(社)日本橋梁建設協会 耐震小委員会における愛知工業大学との共同研究で、愛知工業大学耐震実験センターの施設で繰返し載荷実験したものを用いたものである。



(a) 損傷: 大



(b) 損傷: 小

図 4 SP 荷重 - 変位線図 (- 100)

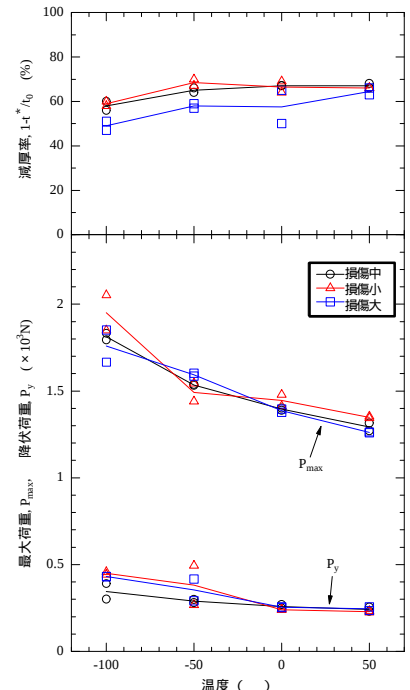


図 7 SP 試験における最大荷重、降伏荷重、減厚率と温度の関係

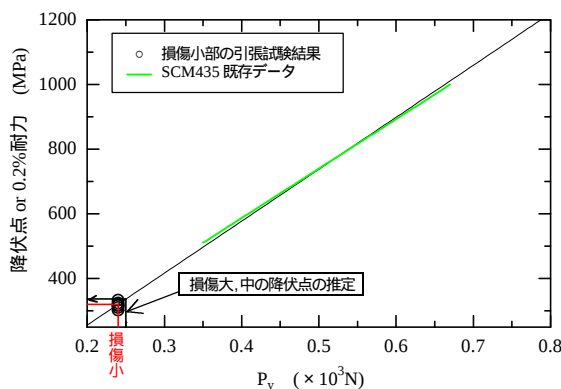


図 8 P_y (SP 試験)と降伏点(引張試験)

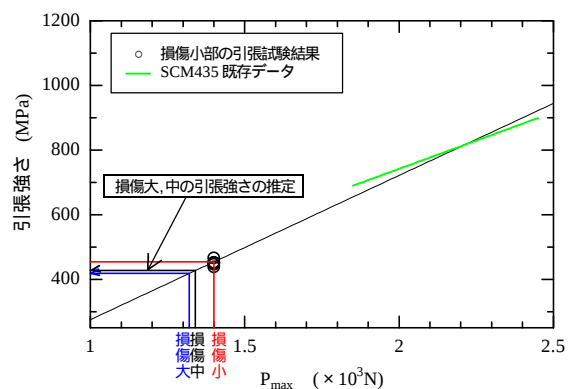


図 9 P_{max} (SP 試験)と引張強さ(引張試験)

- 参考文献** 1) 森下ら, 「中間はりをもつ鋼製ラーメン橋脚の耐力と変形性能」, 構造工学論文集, Vol.46A, 2000.3.
2) 日本原子力研究所「小型パンチ(SP)標準試験法(案)」, JAERI - memo 62-193