

小型試験片によるクリープ試験

各種プラント機器の余寿命の評価や事故原因調査などに関連して、その機器の材料特性を調査する目的で破壊試験を行う必要がある場合、JISなどの規格に定められた標準的な寸法の試験片を機器の調査対象部位から採取することが困難なことがある。このような場合、採取可能な小型の試験片により試験を実施するための工夫がなされている^{1)~3)}。

ここでは、高温で使用される設備の部材強度を推定するための重要な試験の一つであるクリープ試験を小型試験片によって行う場合について紹介する。

小型試験片の特殊性

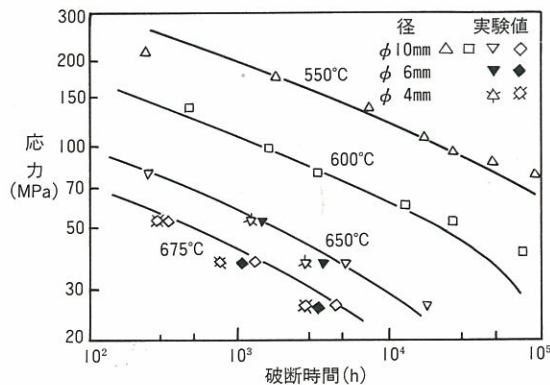
火力発電設備などは通常10年を超える寿命を有するように設計されているが、その設計条件でクリープ試験を行うと少なくともそれだけの時間がかかり、材料試験としては現実的でない。そのため、試験温度あるいは試験応力を使用される条件より高めた加速試験を行い、その結果から長時間の使用状態での強度を推定するのが普通である⁴⁾。

金属材料は一般に温度を上げると表面の酸化が激しくなる。使用温度では酸化が少なくても、試験温度が高くなると酸化が激しくなり、酸化による正味の試験片断面が小さくなることから正しく材料強度を推定することが困難になる。第1図⁵⁾は試験片の直径を変えていろいろな温度でクリープ試験を行った場合の試験結果と計算結果を示したものであるが、破断時間が長くなると試験片直径が小さいものほど見かけ上破断時間が短くなる。

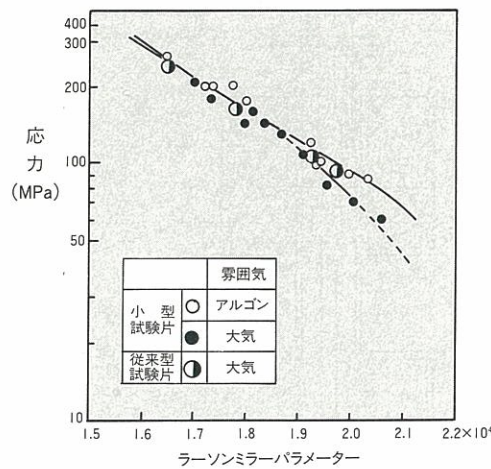
このため、小型試験片によるクリープ試験は、酸化の影響を除くため、通常アルゴンガスなどの不活性ガス雰囲気中で行われる。第2図⁶⁾は小型試験片および従来型試験片を用いてCr-Mo鋼のクリープ破断試験を行った例である。小型試験片の場合、大気中ではJISで規定された従来型試験片より強度が低くなるが、アルゴンガス中であれば、従来型試験片と同程度の強度を示すことが知られる。

JIS規格では試験雰囲気について特に記述はなく、大気中での試験を前提としていると考えられるが、クリープひずみの時間的変化を求めるクリープ試験では径6mm以上⁶⁾、破断時間を求めるクリープ破断試験の場合では径4mm以上⁷⁾の試験片

について寸法が規定されている。ここで述べる小型試験片によるクリープ試験は、まだ規定に定められていない試験であり、当事者間の協定にしたがって進められる。



第1図 破断時間におよぼす試験片径の影響



第2図 Cr-Mo鋼のクリープ破断試験

試験片の大きさ

上述のように小型クリープ試験片の規格はないのでいろいろな寸法の試験片が用いられているが、ここでは2~3の例を紹介する。

第3図は機器の厚肉部から健全性を損なわない程度として取り出した4mmt×4mmt×13mm1の試料から作製した試験片の例⁸⁾で、試験片の両端の

- 1) 日本機械学会編：動力プラント・構造材の余寿命評価技術(1992), 技報堂出版, p.199
- 2) 馬木秀雄：配管技術, Vol.32, (1990)No.3, p.76
- 3) 角屋好邦ほか：日本材料学会, 第26回高温強度シンポジウム前刷集(1988), p.30
- 4) 平 修二ほか：材料の高温強度論(1980), オーム社, p.46
- 5) 金子隆一ほか：CAMP-ISIJ, Vol.1 (1988), p.600

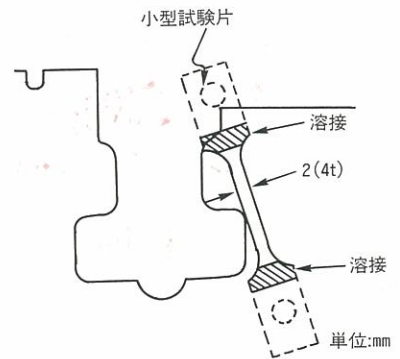
- 6) JIS Z 2271(1978)
- 7) JIS Z 2272(1978)

- 8) 園家啓嗣ほか：火力原子力発電, Vol.43, (1992), p.464

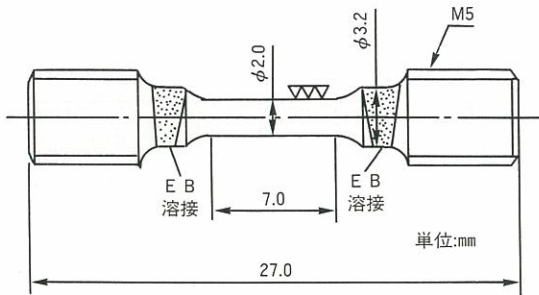
ネジ部にあたる部材を電子ビーム (EB) 溶接で接合し、試料の不足を補ったものである。この場合、溶接継手部強度が母材に比較してあまり低くならないようにすること、溶接による熱影響部が試験片の平行部に含まれないようにすることが必要である。

第4図は蒸気タービンローターの翼植込み部のコーナー部から試験片を取り出し、試験に供した例⁹⁾である。ここでも試験片の試験機への取付け部は、溶接により部材を接合している。

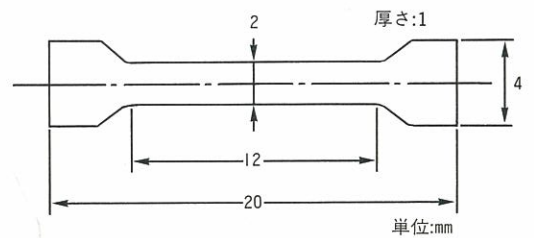
第5図は1mmt×4mmw×20mmlの小さな板状試料から削り出した試験片の例である。このようにいろいろの小型試験片が用いられているが、寸法をどこまで小さくできるかについては今後さらに検討する必要がある。



第4図 蒸気タービンローター翼植込み部コーナー部からの試験片採取例



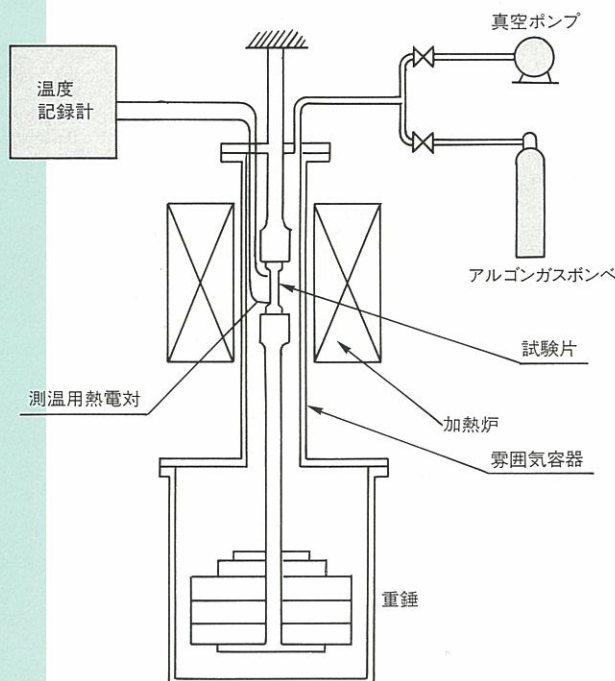
第3図 小型試験片形状の例



第5図 板状小型クリープ破断試験片の例

D-3

試験機の構成



第6図 霧囲気クリープ試験機の概要図

第6図に当社が保有する小型クリープ試験機の概要図を示す。霧囲気容器内を真空引きした後、アルゴンガスを充填する。加熱は容器の外側から電気炉によって行い(最高温度800°C)、荷重は直荷重方式によって負荷する(最大容量250kgf)。

この試験機の特徴は、負荷用重錘を霧囲気容器の内部に収める構造にある。重錘が容器の外側に出る構造では、空気が容器内に入らないように負荷用ロッドと容器の間にOリングを挿入するか、あるいはベローズを設ける必要がある。試験片が小さいため、荷重も少なく、その部分の荷重抵抗を無視することができないので荷重設定時の補正が必要となる。本試験機の構造ではシール部が不要であるため、荷重補正の手間がかからず、長時間試験でも常に正確な荷重が保証される。

小型試験片によるクリープ試験について現状を紹介した。この試験は機器の余寿命評価など供試材が小さい場合、あるいは供試材が高価な場合など標準的な寸法の試験片を用いての試験が困難な場合に適用が奨められるものである。ご参考になれば幸いである。

[尼崎事業所 強度技術室 山本 晋]