

## 重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

## 高クロム鋼製高温機器の設備診断技術の開発

## 背景・目的

高効率かつ大規模電源である超々臨界圧(USC)火力発電所において、高クロム鋼製大径管の各種の溶接部でクリープ損傷に起因する不具合が発生している。大径管の不具合はUSC火力発電所の安定運用に支障をきたすことから、これを未然に防止するために高クロム鋼製高温機器に対する信頼性

の高い設備診断技術の確立が求められている。

本課題では、高クロム鋼製大径管の懸念事項である周溶接部および管台溶接部のクリープ損傷に対する診断技術を開発し、現場の保守・管理への反映を目指す。

## 主な成果

## 1 溶接継手のクリープ寿命評価式の策定

火力発電プラントを保有する全電力、プラント・鉄鋼メーカー、研究機関から構成される高クロム鋼クリープデータ評価検討会において、代表的な高クロム鋼に対する小型溶接継手試験片による多数のクリープ試験データを解析し、2005年度に策定されたクリープ寿命評価式の見直しを行った(図1)<sup>[1][2]</sup>。最

新のデータと知見に基づくことにより、長時間領域での溶接継手材のクリープ寿命を従来よりも高い信頼性で評価することが可能となった。本クリープ寿命評価式は経済産業省が設置した高効率火力発電設備健全性調査委員会において、その妥当性が評価され、通常の業務に使用されている。

## 2 周溶接部のクリープ寿命への適用性評価

周溶接は実機配管系統に不可欠な接続方法であり、そのクリープ寿命評価においては軸方向応力を適切に考慮することが鍵となる。そこで、12Cr鋼周溶接部を有するボイラチューブ相当の小型円筒や実機サイズの大口径配管(外径≒700mm)を対象として、

軸方向応力を発生させる機械的荷重と内圧が重畳する条件下でクリープ試験を実施した。軸方向応力の寄与が大きい領域では、クリープ寿命評価式により保守的な予測となることを確認した(図2)。

## 3 溶接施工法がクリープ強度に及ぼす影響の評価

現地溶接で多く見られる“斜めの開先形状”が大部分を占める9Cr鋼継手試験体を用いて単軸クリープ試験を実施した結果、工場溶接で多く見られる“狭開先形状”の9Cr鋼継手試験体と比べて、約60%の寿命であった(図3)。また、TypeIV破壊\*1のメカニズムの解明、および、複数回の溶接施工を受ける溶接部の評価のために、多層溶接下の熱影響部の温度履歴を模擬した材料につい

て単軸クリープ試験を実施し、温度履歴とクリープ変形特性の関係を調査した。クリープ変形特性は温度履歴に強く依存し、金属組織の変態温度域\*2近傍に加熱された場合に、溶接の影響を受けていない部位と比べて最大で約1000倍速いクリープ変形が観察される等、溶接施工時の熱履歴が強度に与える影響を詳細に分析するのに必要な定量的知見が得られた(図4)。

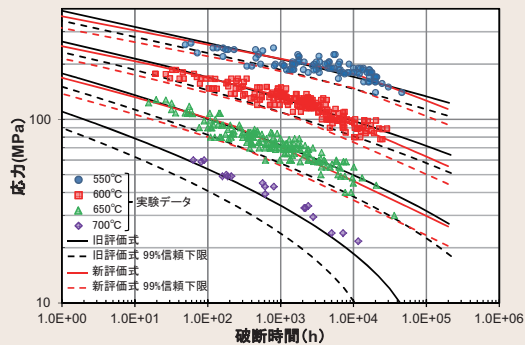
\*1 溶接熱影響部の細粒域で、主に内部から進展する破壊形態。

\*2 結晶構造が体心立方から面心立方へと変化する温度領域。高クロム鋼の場合、810~930℃程度。

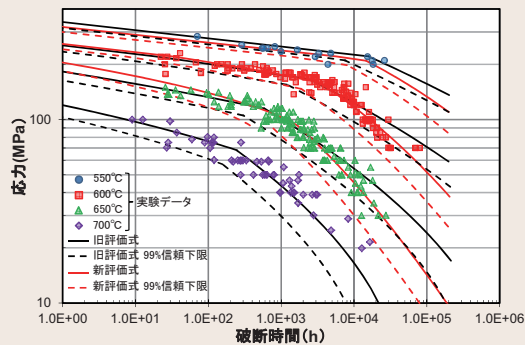
## 論文

[1] M.Yaguchi, T. Matsumura and K. Hoshino, Proc. of ASME PVP2012 Conf., PVP2012-78393, 2012.

[2] 屋口・松村・星野、日本材料学会 第50回高温強度シンポジウム、2012



(1) 9Cr鋼継手



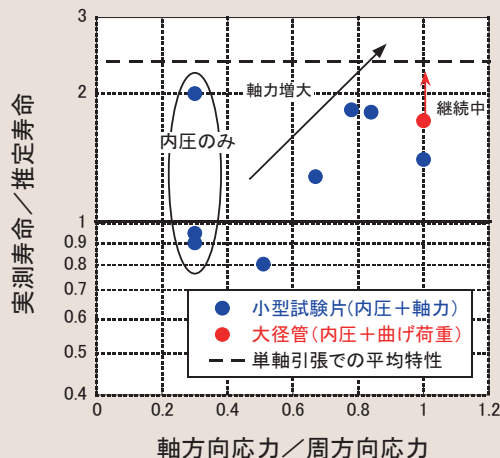
(2) 12Cr鋼継手

図1 クリープデータとクリープ寿命評価式による曲線

最新のデータと知見を反映して策定した新評価式においては、実機温度である600℃の強度が下方へ修正された。新評価式を用いることにより、これまでよりも高い信頼性で高クロム鋼製大径管のクリープ寿命を予測することが可能となった。



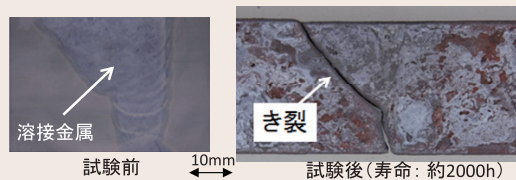
(1) 実機サイズの大口径配管(試験前)



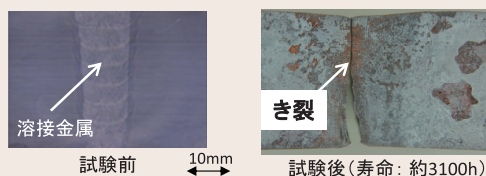
(2) 12Cr鋼周継手に対する寿命予測結果

図2 周溶接部のクリープ寿命の評価

実機サイズの大口径配管のクリープ試験には、当所の実機コンポーネント寿命評価試験設備(BIPress)を用いた。軸方向応力が高くなり実機で損傷が懸念される領域においては、現状のクリープ寿命評価式を用いることで安全側の評価結果となる傾向が認められた。



(1) 斜めの開先形状を含む9Cr鋼継手



(2) 狭開先形状の9Cr鋼継手

図3 溶接の開先形状がクリープ寿命に及ぼす影響 (温度650℃、応力60MPa)

溶接施工法(特に、開先角度)が継手のクリープ寿命に有意な影響を及ぼすことが示唆された。

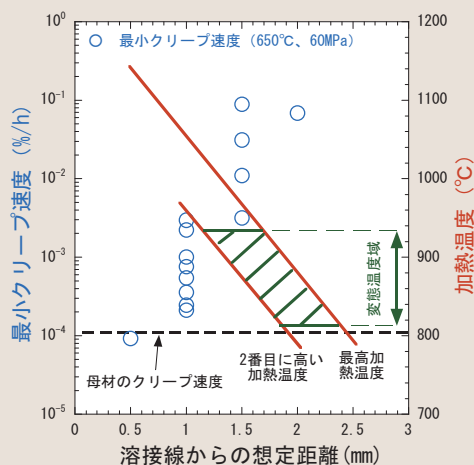


図4 温度履歴とクリープ速度の関係

溶接によるピーク温度が変態温度域の場合に、クリープ変形速度の著しい上昇が見られた。