

炉材料の強度及び微細組織に対する過酷事故時の熱影響の推定

(1) 格納容器鋼の強度特性変化の検討

Estimation of the annealing effect on strength and microstructure of LWR steels during severe accident

(1) Residual strength estimation of the reactor structure after the severe accident

*文元 太郎¹、野口 耕平¹、高橋 憲人¹、實川 資朗¹

1.福島工業高等専門学校

溶融燃料が接近したことにより福島第一原子力発電所の1号機などの格納容器材料は1週間以上にわたって加熱され、構造強度に影響を受けた可能性がある。現在、熱履歴などを考慮した格納容器強度評価の詳細については不明な点が多い。格納容器の強度推定は、今後の復旧作業の円滑な進捗(作業安全の確保を含む)に有用と考えられる。ここでは福島第一原子力発電所で使用されている格納容器材料において加熱条件、冷却条件等をパラメータに熱履歴を与え、格納容器鋼の強度特性への影響を実験的に検討した。

キーワード：福島第一原子力発電所、廃炉措置、格納容器鋼の強度、温度履歴の効果、破壊靱性

1. 緒言

東日本大震災に際し福島第一原子力発電所は過酷事故を生じ、原子炉の炉内機器は損傷を受けたと考えられる。本研究では格納容器の材料及び類似材を用いた実験により硬さ値、破壊靱性値、引張特性等のデータを取得し、その結果から加熱/冷却条件とその影響を評価することを目的とする。

2. 実験

本研究では、マーク I 型原子炉の格納容器材料である SGV480 の類似材である STS370、さらにマーク II 型原子炉の格納容器材料である SA738B を用いた。事故時の熱影響として(推定)、溶融までは含まないが広い範囲となるよう、加熱温度はオーステナイト化(Ac1)温度以上まで、保持時間(温度は一定)として 1000 時間程度まで、冷却速度は TMI-2 の压力容器で報告された急冷までを考慮した(冷却時の水の噴霧状態などを調整し数種類の冷却速度を与えた)。このように熱履歴を与えた試験片に単軸引張、除荷コンプライアンス法による破壊靱性試験等を行った。

3. 結果・考察

STS370 鋼の受け入れ材、時効及び急冷材の硬さ(Hv)は 110-130 程度、90-120 程度及び 210-220 程度であった。SA738B 鋼については、受け入れ材及び急冷材で、それぞれ 200 及び 400 程度であった。

破壊靱性試験では亀裂が進展し始める破壊靱性値である J_0 値を比較し、特性の変化を評価することにした。受け入れ材の STS370 の J_0 値は 1086kJ/m^2 程度であった(靱性値と強度の関係から試験片寸法が ASTM などでの要求値を満たさなかつたので J_0 とした;板厚 15mm または 17.5mm)。1000°C で 30 分間保持後急冷、及び 650°C で 100 時間保持後に徐冷した STS370 の J_0 値はそれぞれ 114kJ/m^2 及び 1335kJ/m^2 であった。降伏強度は、長時間保持後徐冷した場合 170MPa に下がった(受け入れ材は 299MPa)。一方、SA738B の受け入れ材の J_0 値は約 800kJ/m^2 となり、1000°C で 15 分間保持後急冷した試験片の J_0 値は約 150kJ/m^2 となった。

加熱後急冷した試験片では靱性が低下した。 J_0 値を压力容器の破壊評価に用いられる K 値に換算すると最小のもので $150\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 程度になり、これは脆性破壊するには大きいと推定される。

加熱後徐冷した試験片では硬さ値が低下するが、靱性は増加した。よって、実験した加熱条件では高温での時効脆化は生じなかつた。

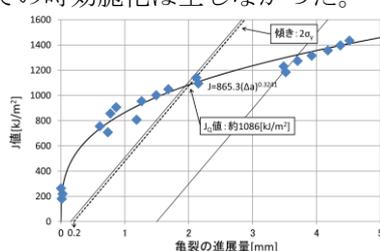
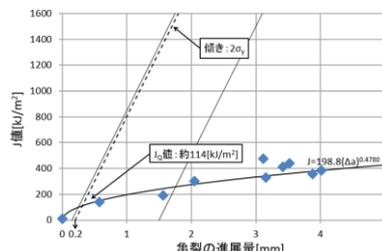
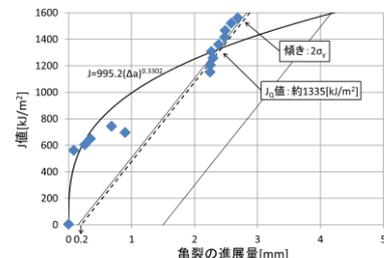


図 (a)受け入れ材の J-R 曲線



(b)急冷後(-30°C/秒以上)の場合



(c)徐冷後の場合

参考文献

- [1] 「燃料デブリ取り出しに向けた技術開発について」, 平成 25 年 10 月 8 日, 鈴木俊一
 [2] G.E. Korth, et al., Nuclear Engineering Design 167(1997)267-285

* Taro Fumimoto¹, Kohei Noguchi¹, Kento Takahashi¹ and Shiro Jitsukawa¹

¹NIT Fukushima college