

**TMCP 鋼におけるセパレーションき裂の発生限界条件に関する考察**  
**Investigation on Critical Condition of Split Crack Generation in TMCP steel**

学籍番号 03-160909 古田 泰之

指導教員 川畑 友弥

(平成 30 年 2 月 1 日提出)

Keywords: セパレーション, TMCP 鋼, 脆性破壊, FEM 解析

**1. はじめに**

近年、天然ガスの需要の高まりにより海底ガス田の開発に用いられる海洋構造物や輸送に必要なパイプラインが盛んに用いられている。北極海などの非常に厳しい環境でも使用される場合、これらの材料には特に低温靱性などにおいて高い強度が要求される。TMCP 鋼はそのような用途に適した材料として日本で開発され、制御圧延と制御冷却により結晶粒の微細化に成功し高強度な材料として広く利用されている。本研究対象であるセパレーションとは、低温において衝撃荷重を受けて生じた延性破面内部に板厚表裏面に平行な層状の割れを生じる現象 (Fig.1) を指し、靱性の低下が生じる原因となるため、安全設計上問題視されている。セパレーションの形成機構として、先行研究において山口ら[1]の{100}集合組織説をはじめ様々な説が提案されているものの、未だに決定的な原因は明らかになっていないのが実情である。セパレーションが具体的にどのような機構で形成されているか、どのような力学的条件で説明が可能であるかは不明なままである。

本研究では TMCP 鋼に発生するセパレーションの形成メカニズムを解明するため様々な実験・観察・数値解析を行った。セパレーションの形成メカニズムを解明することができれば、TMCP 鋼に対する品質要求をより適切なものとし、安全性を担保しつつ生産にかかるコストを削減し、産業分野に大きな利益を与えることが期待される。

るとの整理を行った。しかしながら、歪が付与された場合の限界応力の低下のメカニズムが不明であったため、新たに試験片の種類を追加して実験を実施した。実験内容は Table1 に示すようにいずれも 1/2t 面に脆性亀裂を発生させるものであり、実験に平行して FEM 解析を行うことにより亀裂発生時の局所力学情報を取得する。中でも Z 方向 CTOD 試験は予歪を付与したあと板厚表裏面にタブ板を電子ビーム溶接することで CTOD 試験(Fig.3)を実施するもの、シャルピー途中止め試験はハンマー位置を種々変更してセパレーションが発生する限界を見出すもの(Fig.4)、異形試験片は試験片設計のために極めて多数の FEM 解析を実施し形状を決定したもの(Fig.5(a)~(b))など、それぞれが極めて挑戦的な取り組みである。

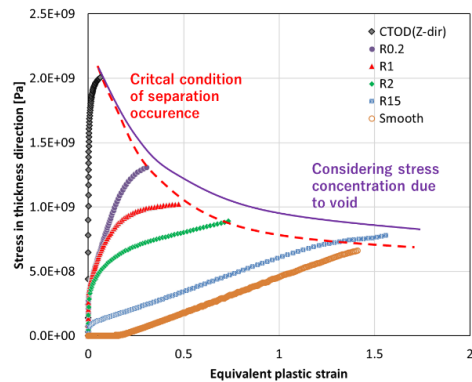


Fig. 2 Critical stress of separation occurrence [2]

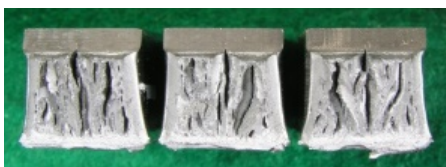


Fig.1 Typical appearance of split crack on Charpy specimens (10mmx10mm)

**2. 各種試験片による 1/2t 面脆性破壊試験**

本研究室にて実施した先行研究[2]では、さまざまな切り欠き半径を持った環状切り欠きを有した丸棒引張試験および Z 方向 CTOD 試験により Fig.1 に示すように限界応力を相当塑性ひずみにおうじて変化すれば、統一的に評価が可能であ

Table1 Test items for this study

#	試験	狙い
1)	低温丸棒引張試験	切り欠き半径を変化によりセパレーション発生コントロール[1]
2)	予歪有無 Z 方向 CTOD 試験	試験片全体に予ひずみを付与することにより素材の強度および降伏比、ベースひずみ量の上昇による影響
3)	途中止めシャルピー試験	動的負荷時のくびれによる板厚方向応力
4)	異形試験片	突起付き Z 方向 SENT 試験 低多軸度
5)	異形試験片	くびれ付き Z 方向 CTOD 試験 高多軸度

