

21 高張力鋼板の曲げ割れと材料組織の観察

Observation of microstructure and crack in bended high strength steels

学生氏名 横田 尚也
指導教員 吉田 健吾

Abstract

Influence of microstructure on bendability of high-strength steels, SHY685N and SM570, is investigated by conducting bending experiments and microstructure observations. In the bending test, a specimen is bent in several incremental steps, and the outer surface of the bent specimen is observed by the optical microscope at each step. It is found that the cracks in SHY685N are wavy shape and those in SM570 are rather linear. The optical microscope observation clarifies that pearlite phase acts as an obstacle to crack propagation. Morphology of cracks is found to be strongly affected by size and volume of pearlite phase.

Key Words : High strength steel, Bending, Microstructure

1. 緒言

近年、構造物の大型化に伴ってダンプやクレーン車等の建設機械の大型化が進んでいる。建設機械は重量の大きい建築資材等を積載し運搬するため、その車体には高い強度と剛性が求められている。一方、建設機械の大型化、高強度化は、車体の重量増加をもたらし、その結果、燃費の低下をまねく。そこで、重量増加を抑えつつ高強度・高剛性を達成するために、一般的な鋼材より強度の強い高張力鋼板の適用が拡大している。しかしながら、高張力鋼板は強度が高い反面、成形性が低いという欠点を有する。そのため、高張力鋼板の曲げ割れに関する研究が行われている¹⁾。金属組織の種類、分布、結晶方位が、曲げ加工性に強い影響を及ぼすと考えられる²⁾。しかし、高張力鋼板について、材料組織と曲げ加工性に関する研究報告が少ないのが現状である。

そこで、本研究では、実際に建設機械に使用されている強度の異なる2種類の高張力鋼板 SHY685N および SM570 を供試材として、材料組織の観察および曲げ加工性の測定を行う。90° V 曲げ試験および180° 曲げ試験を行い、曲げ外表面を光学顕微鏡で観察することで、曲げ加工に伴う割れの発生形態と材料組織の関係を明らかにする。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材は高張力鋼板 SHY685N および SM570 である。単軸引張試験より得られた機械的性質を **Table 1** に示す。SHY685N の方が、降伏応力ならびに引張強さが高くより高強度である。一方、SM570 の方が n 値、一様伸びが優れている。光学顕微鏡で観察した組織写真を **Fig. 1** に示す。矢印で示してある色の薄い相がフェライト相で、濃い色の相がパーライト相である。線分法を用いてフェライトの平均結晶粒を測定したところ、SHY685N は $6.4 \mu\text{m}$ 、SM570 は $3.0 \mu\text{m}$ であり、結晶粒径に2倍の差があることがわかった。パーライト相も SHY685N の方が大きく、体積分率も多い。

次節以降の曲げ試験に使用する試験片は、幅 20 mm、長さ 45 mm、板厚 1.5 mm とした。

Table 1 Mechanical properties of SHY685N and SM570

	Yield stress (MPa)	Tensile strength (MPa)	n -value
SHY685N	652	891	0.06
SM570	483	629	0.11

Total elongation	Uniform elongation
0.135	0.045
0.191	0.096

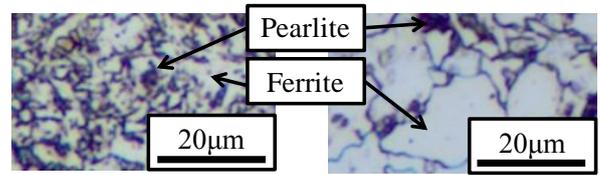


Fig. 1 Microstructure of SHY685N and SM570

2.2 90° V 曲げ試験

本研究で用いる90° V 曲げ試験のパンチおよびダイ形状を **Fig. 2** に示す。パンチは V 部角度が 90° で先端半径が $r = 0.1 \text{ mm}$ であり、ダイはダイ肩幅が 40 mm で、ブランク部角度 90° の V 型ブランクがあいている。90° V 曲げ試験における割れの発生とその成長過程を観察するために、下死点までのパンチストローク 20 mm を 4 mm, 8 mm, 12 mm, 16 mm, 20 mm の5段階に分割して同一試験片の曲げ外表面を光学顕微鏡で観察する。試験前に曲げ外表面となる面をエメリー紙で研磨し、仕上げにバフ研磨をした後にエッチングを行った。

2.3 180° 曲げ試験

180° 曲げ試験は、あらかじめ90° 曲げを行い、その後に **Fig. 2** に示すように平らなパンチとダイで圧縮荷重を負荷して、試験片が密着するまで曲げ加工を行う。その後、変形後の試験片の曲げ外表面を光学顕微鏡で観察する。

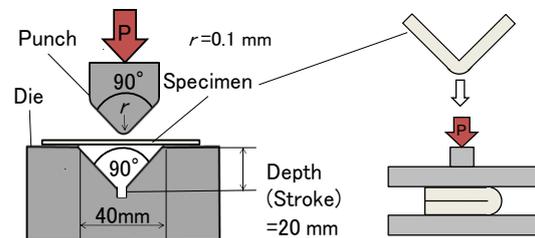


Fig. 2 Setup for 90° V-bending test and procedure for 180° bending test

3. 実験結果と考察

3.1 90° V 曲げ試験

各パンチストロークにおいて、試験片を一旦試験機から取り出し、曲げ外表面を光学顕微鏡で観察した。その結果を **Fig. 3** に示す。同図の(a, b)は試験前の状態である。図中の BD は曲げ方向 (bending direction) を示す。SHY685N

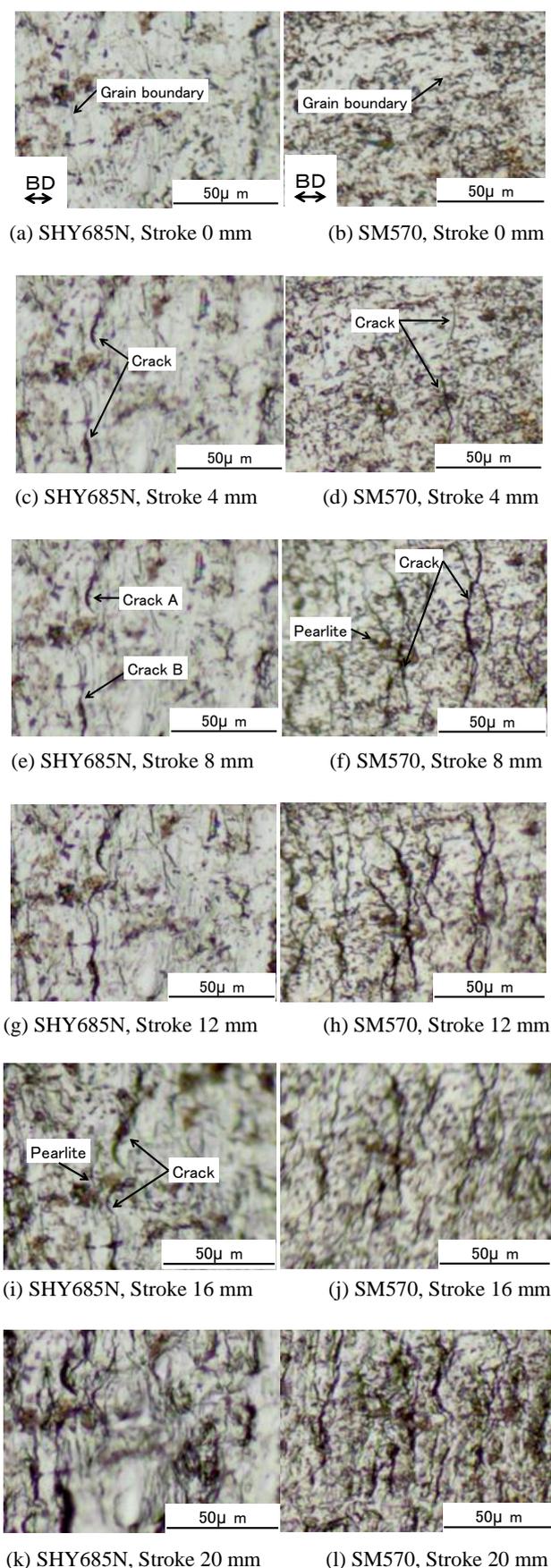


Fig. 3 Photographs of cracks in 90° V-bending test

において、ストロークが 4 mm の(c)において、矢印で示す位置で微小な割れ (Crack A, B) の発生が確認できる。ストロークを 8, 12, 16 mm と増加させると Crack B は図の上方に成長していくものの、Crack A の発達は確認できなかった。これら 2 つの割れの間にはパーライト相があり、Crack A の先端はそこで止まっていることがわかる。

SM570 も、ストロークが 4 mm の(d)において微小な割れが発生している。ストロークを少し増加させた 8 mm の(f)では、微小な割れが連結して大きな割れとなっており、同時に割れの数も増加している。これらの割れは曲げ方向と直交する方向に比較的直線的な形状であり、互いに平行に並んでいる。さらに曲げ変形を負荷した(h)より、割れがパーライトを避けて連結する様子が確認できる。このように両供試材の割れの形状および発展には有意な差が確認できた。

3.2 180° 曲げ試験

180° 曲げを行った後の曲げ外側を観察した結果を Fig. 4 に示す。SHY685N は(a)に示す割れの輪郭が波打った形状であり、割れが点々と発生しているように見える。一方、SM570 においては割れは直線的に連結して発展したことが確認できる。これは 90° V 曲げにおいて観察された傾向と一致する。

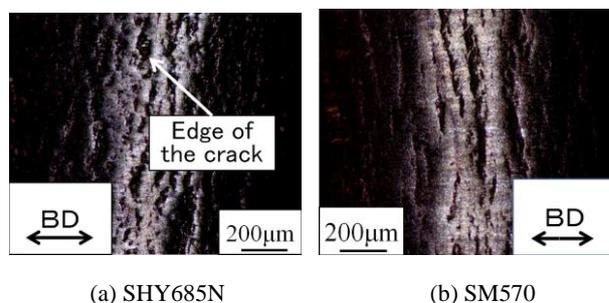


Fig. 4 Photographs of cracks in 180° bending test

3.3 考察

これまでの実験結果より、割れはパーライト相のような硬い組織を貫通する形では成長しないことがわかった。したがって、パーライト相が大きく体積分率の高い SHY685N では割れの成長がパーライト相で阻害されやすく、割れの結合がおこりにくくなる。そのため、Fig. 4(a)のように割れが点在して波打っているような形状になるものと考えられる。一方、SM570 ではパーライト相が微細かつフェライトの結晶粒径も小さいので、直線的な割れ形状となったと考えられる。

4. 結言

高張力鋼板 SHY685N および SM570 を用いて曲げ試験と組織観察を行った。その結果、SHY685N は割れが点在して波打った形状に発達することが分かった。一方、SM570 はより早期から直線的な割れが形成されて、それが連結する形で発達することがわかった。両供試材における割れの形態の差異は、パーライト相の体積分率、大きさに強く影響されることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 山崎一正, 水山弥一郎, 岡賢, 土屋裕嗣, 安田英明: 新日鉄技報. **354** (1994), 32-38.
- 2) 中屋道治, 向井陽一: 神戸製鋼技報. **57-2** (2007), 19-20.