

IV-77 高強度異形棒鋼の時効脆性による曲げキズについて

北大・工学部 正員 横道 英雄

最近高強度異形棒鋼の開発がさかんになったが、これらの降伏点の保証下限値は、SSD 49 異形棒鋼で 30 kg/mm^2 、成分調整による高強度鋼では 35 および 40 kg/mm^2 、冷間ねじり加工によるねじり棒鋼では 40 kg/mm^2 となっている。このような異形棒鋼は、降伏点が高くなっている反面に時効脆性に対しては、表面平滑の普通丸鋼に比して不利となる欠点を惹起している。これは、異形棒鋼では、一度曲げ加工をしてから相当の日数の経過した後に、曲げ直しを行うとかまたは手荒らな取扱いによる強い衝撃を与えたりした場合には、棒鋼表面のリブに沿って有害なキズが生じたり、または破断を生じたりするおそれがあるというのであって、時効の影響であるとされている。この時効脆性は欧州とくにドイツで早くから問題となり、研究されたもので、筆者も数年前より実験を行っており、その結果の一部は昨年発表したところである。この時効脆性による曲げキズ発生の危険性を調べる方法としてはドイツで行われている曲げ戻し試験を準用するのがよいと思われる。これは試験片を内側直径 D で角度 θ_1 だけ曲げ、これを 100°C の水中に30分間浸して人工的に時効を促進させ、つぎに取出して室温（約 20°C ）に冷却してから角 θ_2 にまで曲げ戻す、このとき内側の棒鋼表面主としてリブに沿った部分にキズの発生の有無および程度を観察する方法である。ドイツ規格では、棒鋼の直径を d とするとき、 $d \leq 10 \text{ mm}$ のとき $D = 5d$ 、 $d > 10 \text{ mm}$ のとき $D = 7d$ とし、いずれも $\theta_1 \rightarrow \theta_2 = 45^\circ \rightarrow 22^\circ 30'$ としているが、北海道土木技術会の指針(1)では、 $d \leq 13 \text{ mm}$ に対し $D = 5d$ 、 $d \geq 16 \text{ mm}$ に対し $D = 7d$ とし、いずれも $\theta_1 \rightarrow \theta_2 = 45^\circ \rightarrow 0^\circ$ という条件を採用している。

これまでの研究結果によると、異形棒鋼の表面のリブの形状を適当に選定すれば上述の規格に合格することがわかったが、本研究においてはさらに、棒鋼の性質、直径、棒軸に対するリブの傾斜角、などの因子について、その時効脆性におよぼす影響を実験的に解明しようとしたものである。また曲げ戻し試験の条件としては $D = 3.5d$ を加え、角度は $\theta = 90^\circ \rightarrow 0^\circ$ とするなど上述の規定より厳しいものとした。このように厳しくしたのは、ゆるい条件では各因子の影響を比較することの困難であることがすでに研究によって明らかにされているからである。

実験結果の一部を示すと表のごとくである。この表で、D30はSSD49級異形棒鋼を、DTはこれを冷間加工でねじったものを、D35は成分調整による高強度異形棒鋼で縦リブと斜リブを有するものを、FY2°、FY00°、FY2'は斜リブのみを有するねじり棒鋼でSS41またはSS50級の正延鋼から冷間加工でつくったものを、PTはドイツのねじり棒鋼 Rippen Torstahl をそれぞれ示す、降伏点の最小保証値はD30およびD35ではそれぞれ 30 kg/mm^2 および 35 kg/mm^2 、ねじり棒鋼ではすべて 40 kg/mm^2 である。表には3種類の条件による曲げ戻し試験で生じたキズのうち最も大きいものの程度と発生数および一組の試験片の評点平均値を示してある。キズの程度は、比較的小さくて無害のものをB、少し大きい

引張強さには悪影響のないものとし、大きくて悪影響のあるものをD、破断に近いものとし、折損破断の生じたものを破断と呼び、それぞれ評点1、2、3、4および5点を付けるものとする。この表でもわかるように、曲げ度し試験の3条件のうち $D=7d$ の2つでは各因子間の差があまりあらわれていないが、 $D=3.5d$ の条件ではかなり顕著となっていることがわかる。

実験の結果、同じ材質では直径の小さいもの、棒軸に対するリブの傾斜角の小さいものがいずれも有利であること、また縦リブを有する棒鋼にあっては曲げの方向と縦リブの位置によって差異があることなどがわかった。

棒鋼の種類	リブの傾斜角	条件 $D=7d$ $\theta=45^\circ \rightarrow 0^\circ$	$D=7d$ $\theta=90^\circ \rightarrow 0^\circ$	$D=3.5d$ $\theta=90^\circ \rightarrow 0^\circ$
		キズの程度と数 (評点平均値)	キズの程度と数 (評点平均値)	キズの程度と数 (評点平均値)
D30, $\phi 16$	90°	B2, B3, 0, B1, B2 B3 (5/6=0.8)	B3, B2, B3, B2 B3, B2 (6/6=1.0)	C1, C3, C4, C1, C2 C3 (12/6=2.0)
DT, $\phi 16$ (ねじり棒鋼)	90°	B1, B1, B3, B4 B2, B2 (6/6=1.0)	B10, B7, C1, C1, B7 C2 (9/6=1.5)	D1, E1, D2, E1 E1, E1 (22/6=3.7)
D35, $\phi 16$	54°	0, 0, 0, 0, 0, 0 (0/6=0)	0, 0, 0, 0, 0, 0 (0/6=0)	B3, B3, B3, B3 B4, B3 (6/6=1.0)
FY2°, $\phi 16$ (ねじり棒鋼)	52°	0, 0, 0, 0, 0, 0 (0/6=0)	B3, 0, 0, B1, B2 0 (3/6=0.5)	C2, C2, C1, D1 D1, D1, D1 (15/6=2.5)
RT, $\phi 16$ (ねじり棒鋼)	44°	B2, B1, 0, B3, B1 0, 0, 0, 0, 0, B2 (5/12=0.4)	0, B1, B1, B1, 0 B1, 0, 0, 0, 0, B1 (5/12=0.4)	C2, C1, C2, C2, C1, C2 C1, C1, C1, C1, C1, C2 (24/12=2.0)
FY00°, $\phi 16$ (ねじり棒鋼)	32°	0, 0, 0, B1, 0, B1 0, 0, 0, 0, 0, 0 (2/12=0.2)	0, 0, B2, B2, 0, 0 0, 0, 0, 0, 0, 0 (2/11=0.2)	C1, B4, B4, C1, B4 B3, C1, C1, C1 (14/9=1.6)
FY2', $\phi 16$ (ねじり棒鋼)	24.5°	0, 0, 0, 0, 0, 0 0, 0, 0, 0, 0, 0 (0/12=0)	0, 0, 0, 0, 0, 0 0, B1, 0, 0, 0, B1 (2/12=0.2)	0, B2, B2, B4, B1 B2, 0, B2, B2, 0, B3 B2 (9/12=0.8)
D35, $\phi 22$	54°	0, 0, 0, 0, 0, 0 (0/6=0)	0, 0, 0, 0, 0, 0 (0/6=0)	C2, D1, C2, C2, B2 C1 (12/6=2.0)
FY00°, $\phi 22$ (ねじり棒鋼)	32°		B1, 0, 0, 0, 0, 0 (1/6=0.2)	C3, D1, C2, C2 C1, 破断 (16/6=2.7)

[1] わじり棒鋼を用いた鉄筋コンクリートの設計および施工指針(案)

北海道土木技術会、昭37、7