

コンクリート用異形棒鋼の高張力化に関する研究（その1）

大阪ガス技術部 正会員 宮川 公一
 大阪ガス技術部 正会員 西崎 文能
 大林組土木技術本部 正会員 鎌田 文男

1. まえがき

鉄筋コンクリート用棒鋼(鉄筋)を高張力化することにより、構造の合理化、使用数量の削減が可能であるが、鉄筋の疲労強度やコンクリート部材のひび割れ幅、たわみや変形性能などの面から自ずと限界があり、実際の構造物に使用されているものの大半はSD295とSD345である。しかし、これら性能上からの高強度化の限界は、プレストレスを活用することにより移動可能と考えられる。但し、安易な鉄筋の高張力化は、強度とトレードオフの関係にある延性(ductility)や破壊靱性(toughness)の低下を招き、脆性的な破断を生じてコンクリート部材に期待する十分な耐力・変形性能を確保できなくなることが懸念される。そこで、市販のSD345, SD390 およびSD490の3種類の強度水準の鉄筋について、切欠き引張特性を調べ評価した。

2. 試験方法

(1) 供試材とその化学成分 / 機械的性質

No.	材質	呼び名	区分	化学成分 ¹⁾ (mass%)													Ceq ²⁾ (%)	引張強度特性			伸び ³⁾ (%)
				C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	N	V	Sn		σ_y (N/mm ²)	σ_t (N/mm ²)	σ_t / σ_y	
1	SD345	D32	高炉材	0.22	0.38	1.43	0.021	0.011	0.01	0.01	0.04	0.01	0.014	0.0034	0.04	0.001	0.49	388	565	1.46	36
2				0.21	0.35	1.43	0.014	0.008	0.01	0.01	0.04	0.01	0.019	0.0049	0.03	0.001	0.48	398	560	1.41	32
規格値				≤0.27	≤0.55	≤1.60	≤0.040	≤0.040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	345~440	≥490	-	≥20
3	SD390	D32	高炉材	0.27	0.51	1.53	0.022	0.007	0.01	0.02	0.04	0.01	0.013	0.0045	0.06	0.001	0.56	465	652	1.40	29
4			高炉材,ねじ節	0.27	0.29	1.54	0.016	0.014	0.02	0.02	0.07	0.01	0.047	0.0048	0.06	0.001	0.56	438	629	1.43	27
5			高炉材	0.23	0.30	1.59	0.015	0.017	0.01	0.01	0.03	0.01	0.046	0.0049	0.03	0.001	0.52	423	592	1.40	29
6			電炉材	0.29	0.24	1.24	0.016	0.024	0.33	0.10	0.22	0.04	0.003	0.0132	0.02	0.014	0.56	456	675	1.48	20
規格値				≤0.29	≤0.55	≤1.80	≤0.040	≤0.040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	390~510	≥560	-	≥18
7	SD490	D32	高炉材	0.22	0.46	1.61	0.018	0.010	0.01	0.02	0.05	0.01	0.012	0.0058	0.12	0.001	0.53	498	658	1.32	27
8			0.28	0.51	1.70	0.014	0.010	0.01	0.02	0.09	0.01	0.007	0.0044	0.08	0.001	0.61	534	750	1.41	20	
9			D29	電炉材,ねじ節	0.31	0.40	1.33	0.019	0.025	0.22	0.06	0.15	0.02	0.004	0.0098	0.04	0.012	0.59	510	694	1.37
規格値				≤0.32	≤0.55	≤1.80	≤0.040	≤0.040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	490~625	620	-	≥14

注1) 分析試料の採取位置: 1/4D (D: 公称直径) 注2) 炭素当量 Ceq = C+1/24Si+1/6Mn+1/5Cr+1/4Mo+1/14V+1/40Ni 注3) 破断伸び = 一様伸び + 局部伸び

(2) 試験方法 試験は、低温の条件で用いる鉄筋の切欠き引張特性を規定している BS7777¹⁾に準拠して行った(図 1)。付与する切欠きは、縦リブの応力が集中する位置に、Vカットではなく約0.2mm幅のシャープなワイヤカット放電加工により設け、深さはBS規定の1mmとその倍の2mmとした。2mmは径30mm前後の鉄筋の縦リブの高さにほぼ等しい。試験温度は常温と-50の2条件とした。結果の評価は、切欠き付きの引張り強度(σ_t)を切欠きなしの降伏点(σ_y)で除した切欠き感受係数(NSR値)と、最大荷重時まで生ずる一様伸びの大きさにより行った。

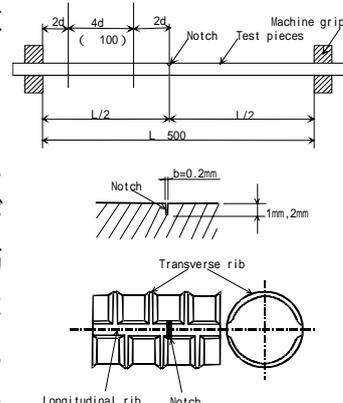


図 - 1 切欠き引張試験

3. 試験結果と考察

(1) NSR 値 SD345, SD390, SD490の各供試材とも、いずれの試験条件においてもNSR値は1.0を十分に上回っている。これは、供試材の降伏比の値が1.32~1.46と元々高いことも関係している。因みに、欧州における高延性鉄筋の延性規定は、Euro Code²⁾では σ_t / σ_y 1.08、CEB-FIP Model Code³⁾では σ_t / σ_y 1.15(Class S)となっている。なお、切欠き深さが1mmから2mmになったときのNSR値の低下は、常温で0~0.02、-50で0~0.14と僅かである。また、常温から-50まで温度が低下することによるNSR値の変動も、

Key Words : reinforcing steel , ductility , elongation , notch sensitivity , low temperature service

連絡先 (〒541-0046 大阪市中央区平野町4-1-2, Tel 06-6205-4592, FAX 06-6231-1062, E-mail : kmiyagaw@osakagas.co.jp)

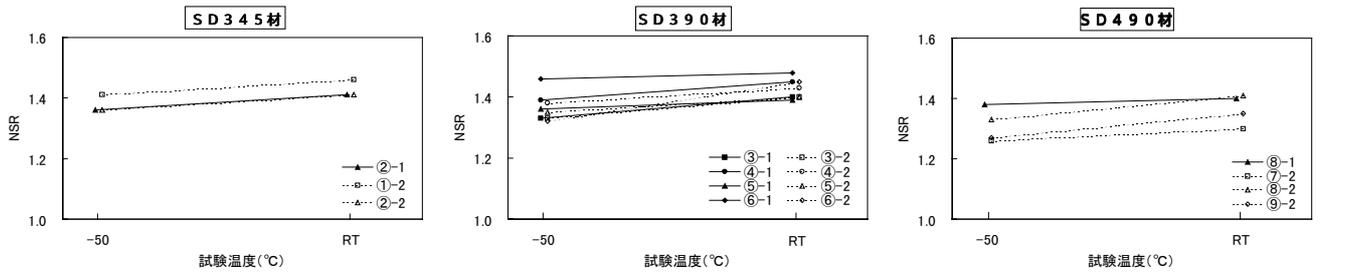


図 - 2 供試体の切欠き感受性係数 (NSR 値) と温度、切欠き深さとの関係

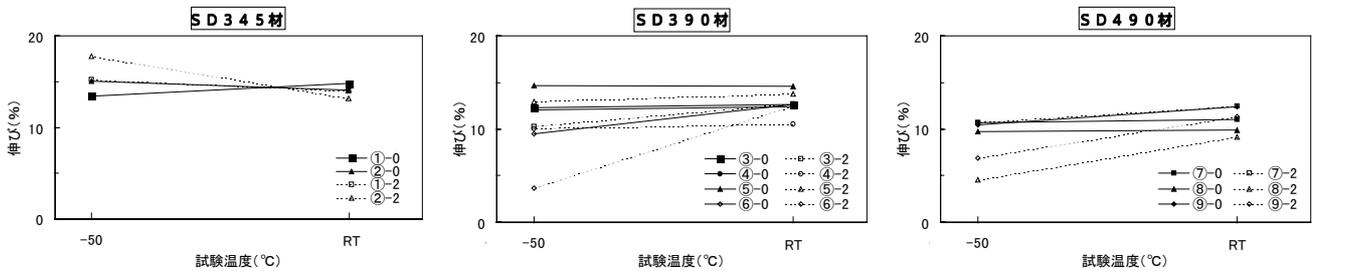


図 - 3 供試体の一様伸びと温度、切欠きの有無との関係

2mm の切欠き深さの条件で 0.03~0.14 程度にとどまっている。

(2) 一様伸び 常温で切欠きなしのときの一様伸びは、SD345 材では 14~15%、SD390 材では 12~15%、SD490 材が 10~12%と、強度レベルが高くなるに伴ってやや減少する傾向を示す。Euro Code の高延性鉄筋の伸び規定(5%)、や CEB-FIP Model Code の規定(6% : Class-S) に対しては十分上回っている。一方、-50 の低温の条件で、切欠きなしでの伸びは、SD345 材が 14~15%、SD390 材は 10 (No.6 材) ~15%、SD490 材は 10~11%と、常温での値と殆ど変わらず、-50 まで BS7777 の低温条件での延性規定(3%)はもとより、上述の常温条件での Euro Code や CEB-FIP Model Code の伸び規定も満足する。深さ 2mm の切欠きがあるときの一様伸びは、常温では 9~14%、-50 においても 3.7% (No.6) ~18%と BS7777 の切欠きあり (但し 1mm 深さ) の低温伸び規定(1%) を十分に満たしている。常温では、切欠きなしと深さ 2mm の間で、伸びの値に 0~1.9%の僅かな差しか生じていないが、-50 ではその差が 0~5.8%となり、切欠き感受性が顕在化する傾向を示すものがある。なお、低温下で切欠きによる伸びの低下が比較的大きく表われた No.6 と No.8 の供試材でも、BS の規定通り 1mm の切欠き深さでは伸びの低下は僅かである(図 4)。

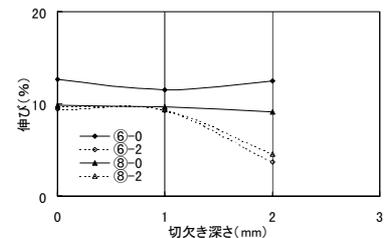


図 - 4 切欠き深さと伸びの関係

4. まとめ

鉄筋は、圧延機による圧延により比較的単純な棒鋼に成形加工された製品であるため、組織上のキズが存在したとしても鉄筋の軸と平行なものとなり、鉄筋の軸に直角な切欠きの発生要因としては主に製造後の取扱いに伴う当てキズ等が考えられる。鉄筋は、この想定される切欠きが存在しても引張特性が劣化せず、十分な塑性変形能(延性)を有している必要がある。鉄筋を従来の SD295 や SD345 から SD390 更には SD490 まで高強度化したときの材料特性の評価として、BS7777 に準拠した切欠き引張試験を実施し、評価を行った。その結果、今回取扱った SD345, SD390, SD490 材の供試材はいずれも、常温から -50 までの温度範囲において良好な引張特性 (NSR 値 / 一様伸び) を有することが確認された。

《参考文献》

- 1) BS7777 Part3 : Recommendations for the Design and Construction of Prestressed and Reinforced Concrete Tanks and Tank Foundations, and for the Design and Installation of Tank Insulation, Tank Liners and Tank Coatings (1993)
- 2) CEN European Prestandard ENV 1992-1-1(1991)
- 3) CEB-FIP : CEB-FIP Model Code 90 Design Code pp.74 (1993)