

コンクリート用異形棒鋼の高張力化に関する研究（その２）

大林組 土木技術本部 正会員 ○ 鎌田 文男
大阪ガス 技術部 正会員 西崎 丈能
大阪ガス 技術部 正会員 宮川 公一

１．まえがき

鉄筋を高張力化したときの構造材料としての性能を確認するために、前報¹⁾では静的条件下で切欠きの存在による引張特性の劣化の有無を試験・評価した。鋼材に衝撃的な力を与えて破壊させると、静的な引張試験に比べてひずみ速度が速いために十分な変形を生じることなく破壊に至る。この破壊する部分に切欠きが存在したり低温下の条件では変形がより制限され、脆性的な破壊性状を示すことがある。このような衝撃的な力に対して強い、あるいは衝撃的荷重に対しても余り脆くならない材料は、破壊靱性(toughness)が大きいと言われる。ここでは、前報と同じ SD345、SD390 および SD490 の供試材、計 9 材に対して、材料の破壊靱性を調べるためにシャルピー衝撃試験を実施して評価した結果を報告する。

２．試験方法

シャルピー衝撃試験は、2mmV ノッチ試験片（JIS Z 2202）を図 - 1 に示すように鉄筋断面の 1/4D 部より採取し、500J シャルピー衝撃試験機を用いて行った。試験は、試験温度を 20 ピッチとして脆性破面率が 0% から 100% までのフルカーブを描けるように実施し、各温度における供試体数は 3 体とした。

３．試験結果と考察

各材質ごとのシャルピー衝撃遷移曲線を図 - 2 に示す。EEMUA「低温液化ガス貯蔵タンク設計施工指針」²⁾では、低温条件で使用する鉄筋に対して設計最低温度における吸収エネルギーとして 27J 以上を要求している。この 27J の吸収エネルギーを与える温度 T_{27} () を読み取ると表 - 1 のようになり、強度レベルの高いもののほど高温側の値を与える傾向が認められる。27J あるいは 21J などの吸収エネルギーのしきい値は、過去の大型溶接鋼構造物の脆性破壊例に基づく経験的な値であるが、地震時のような動的荷重を受けたときに破壊靱性の比較的低い材料では、ひずみ速度効果によって遷移温度が高温側に移行することを考慮する必要がある。また、鋼材は大きなひずみの繰返しを受けると加工硬化して破壊靱性の低下を来す。図 - 3 は 10% の塑性予ひずみと時効を与えたときの影響を調べたものであるが、ひずみ時効の影響によって遷移曲線の高温側への移行が生じている。これらの影響を考慮する際の参考として、米国での建築鉄骨用材料に関するノースリッジ地震後の検討から、「最低使用温度よりも 17 以上低い温度で、かつ -18 以下の温度」において破壊靱性を確保する提案がなされており³⁾、表 - 1 の T_{27} の値から 17 を差し引くと、後述する FTP の値と似通った値となる。

兵庫県南部地震による鋼構造建築物被害の研究から、脆性破壊排除のための条件としてシャルピー試験で延性を示さない温度 NDT に対して +40 (地震荷重下の場合) 上回る塑性破壊遷移温度 FTP 以上の温度で使用する提案がなされている⁴⁾。これによると高炉材の FTP は、SD345 では -40 ~ -60、SD390 で -30 ~ -50 前後、SD490 で 0 ~ -20 で、電炉材は高炉材よりも 20 以上高温側にシフトした値となっている。

表 - 1 シャルピー衝撃試験による T_{27} および FTP

No.	材 質		rT_{27} ()	FTP ()
1	SD345	高炉材	- 69	- 60
2			- 65	- 40
3	SD390	高炉材	- 33	- 30
4			- 51	- 50
5			- 61	- 40
6		電炉材	- 23	- 20
7	SD490	高炉材	- 37	- 20
8			+ 30	0
9		電炉材	+ 27	+ 20

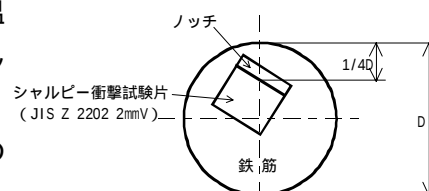


図 - 1 試験片の採取位置

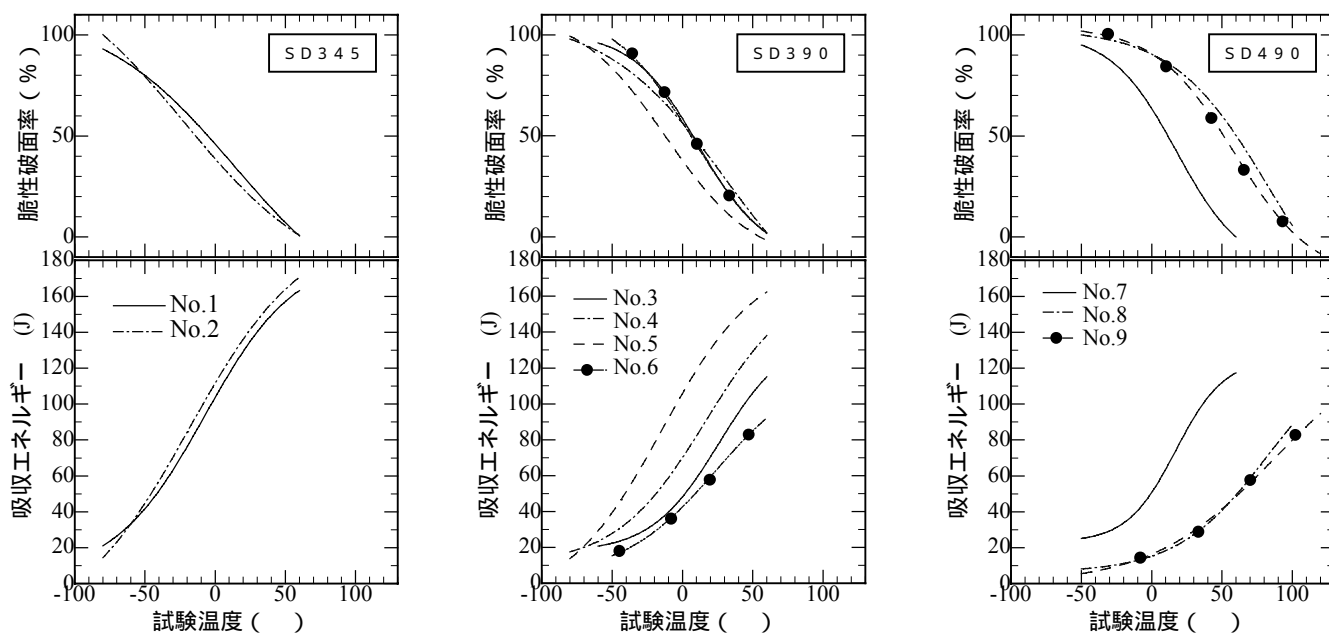


図 - 2 鉄筋のシャルピー衝撃遷移温度曲線 (材質別)

図-4 は、同じメーカーの製品について約 6 年前に試験した結果と今回の結果とを比較したものであるが、規格、サイズが同一でも化学成分や圧延の制御管理などの違いによって遷移曲線に有意な差が生じている。

4. まとめ

シャルピー衝撃試験による脆性破壊排除の指標である rT_{27} や FTP の値は、鉄筋の強度が高くなるほど高温側に移行する傾向を示し、前報の切欠き引張試験において -50 の温度条件で切欠き感受性が顕在化した供試材 No.6 と No.8 (No.9 も傾向あり) では常温に近い値を与え、整合した結果となっている。

しかし、その切欠き深さは、英国規格 BS 7777 の規定の 2 倍に相当する 2mm である。鉄筋は、製造時の冷却速度の影響で断面の周辺部から中心に向かうほど組織的に靱性が低下する傾向がある。その一方で、本来、一方向応力を受ける棒状の材料であり、かつ、製造方法の面から引張応力方向に直角な切欠きは主として製造後の取扱いに伴う当てキズであること、等を考慮すると、試験片の採取位置や二方向応力を受ける鋼板にどこまで準じた試験・評価を行うかの検討が今後必要と考える。

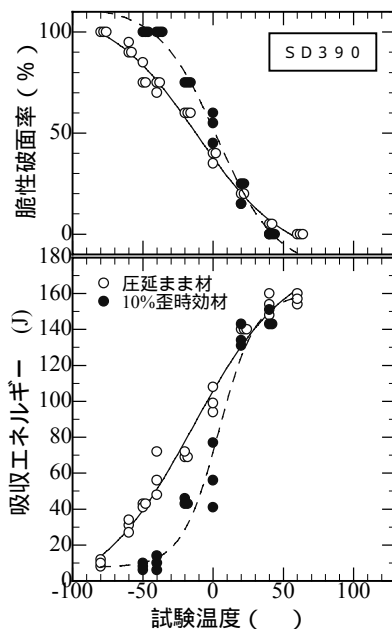


図 - 3 ひずみ時効の影響

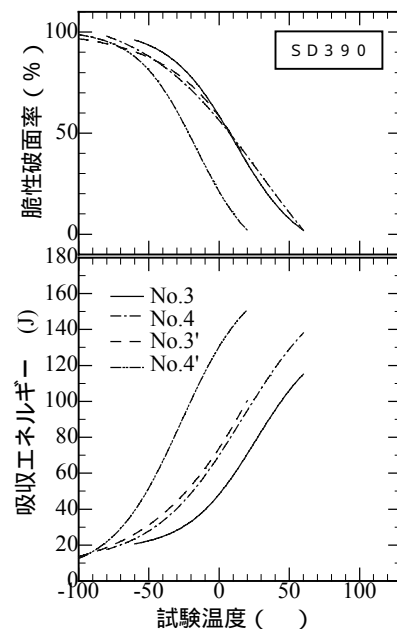


図 - 4 製造時期による違い

《参考文献》

- 1) 宮川 公一、西崎 文能、鎌田 文男：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)、土木学会第 55 回年次学術講演会第 2 部門 (2000.9)
- 2) The Engineering Equipment and Materials Users Association: Recommendations for the Design and Construction of Refrigerated Liquefied Gas Storage Tanks, (1986)
- 3) 豊田 政男：壊さないための溶接設計と施工—阪神・淡路大震災の被害例から学ぶ、溶接学会・平成 8 年度溶接技術講習会, pp.12~33 (1997.3)
- 4) 秋山 宏：構造工学・耐震工学の楽しみ(東京大学定年退官最終講義), 鉄鋼技術, 1999 年 5~7 月号連載, pp.53~54, (1999.5~7)