

V-94

異形鉄筋の低温切欠き引張特性

合同製鐵(株) 正会員 北条 義平  
(株)大林組 田島 孝敏

1. はじめに

JIS G 3112に規定されている鉄筋コンクリート用棒鋼は、常温下での使用を前提としており、寒冷地での構造物や低温液化ガス貯蔵施設のような低温構造物に用いる場合には、使用温度での特性を確認する必要がある。低温下での強度・変形特性については、温度の低下にともない降伏点、引張強さは増大するが伸びや絞りについては低下することがすでに多くの報告より明らかになっている<sup>1)</sup>。一方低温韌性に関する報告は少なく、シャルピー衝撃試験によって鋼材の相対的な脆性破壊挙動を求める報告<sup>2)</sup>がほとんどである。鉄筋の受けるひずみ速度、および鉄筋が軸引張応力を受ける材料であることを考えあわせると低温韌性の評価には切欠き引張試験の方が適していると考えらる。本稿では製造方法、材質の異なる4種類の鉄筋について、施工時に想定される切欠きを設けた素材の低温引張特性を調べ評価したので報告する。

2. 試験方法

2.1 供試材

供試材は D32 の鉄筋で、サンプル1は SD295A の電炉材、サンプル 2, 3 はSD295B の高炉材で、サンプル 3 は Al 脱酸処理を施している。サンプル 4 は SD345 の高炉材で Si, Al脱酸処理を施している。各供試材の化学成分、機械的性質を表-1 に示す。異形鉄筋の表面形状の影響を除去するために、平行部を呼び径の 0.8 D (25.4mm) に切削加工した。切欠きは幅 0.20mm のサイドノッチとし、深さは施工時の当て疵を想定して 1.0mmとその3倍の 3.0mm の2種類とした。加工方法は狭い幅で、かつ切欠き底にマイクロ組織的なノッチ効果も加わるので、鋭い切欠きを導入できるワイヤカット放電加工を行った。

2.2 引張試験方法(図-1)

試験は 100Tアムスラー試験機を用い、低温槽内に液化窒素を霧状に吹き込んで試験温度を保持した。なお載荷速度は 3.0Kgf/mm<sup>2</sup>/sec である。

表-1 供試材の化学成分と機械的性質

| No | 鋼種     | 化 学 成 分 (%) |      |      |       |       |      |      |      |       |       | 機 械 的 性 質 (Mpa) |     |     |      |
|----|--------|-------------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-----------------|-----|-----|------|
|    |        | C           | Si   | Mn   | P     | S     | Cu   | Ni   | Cr   | U     | Sn    | solAl           | Y.P | T.S | ε %  |
| 1  | SD295A | 0.23        | 0.19 | 0.58 | 0.021 | 0.027 | 0.31 | 0.07 | 0.11 | 0.003 | 0.013 | 0.003           | 380 | 560 | 34.8 |
| 2  | SD295B | 0.24        | 0.22 | 1.14 | 0.025 | 0.013 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.003 | 0.003 | 0.003           | 397 | 585 | 35.8 |
| 3  | SD295B | 0.20        | 0.18 | 1.01 | 0.024 | 0.010 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.002 | 0.002 | 0.030           | 364 | 527 | 36.2 |
| 4  | SD345  | 0.21        | 0.41 | 1.36 | 0.017 | 0.010 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.033 | 0.002 | 0.014           | 459 | 627 | 33.4 |

3. 試験結果

供試材ごとの試験結果を図-2~5に示す。

試験に用いた電炉材、高炉材は、いずれも -120℃の温度まで 3.0mm ノッチのものも降伏点以下の応力度での破断(低応力破壊)を生ずるとことはなかった。しかしノッチのない場合と比べて破断応力  $\sigma_b$  が低下する、すなわち切欠き感受性が現れて引張特性を劣化させる温度は、電炉材のサンプル1と、高炉材のサンプル2では差はなく、切欠き深さ 1.0 mm で -70℃、3.0 mm では -20℃となっている。一方高炉材で Al脱酸処理あるいは、Si, Al脱酸処理を行ったものは、1.0mmで-164℃、3.0mmでも -70℃の温度まで引張特性は劣化しない。比較として行った 2.0mmノッチ(JIS Z 2202 4号試験片)のシャルピー衝撃試験結果を図-6に示す。エネルギー遷移温度( $vTrE_{max}/2$ の温度)は 0℃~-20℃となっており、引張試験の脆化温度と比較して高温側となっている。

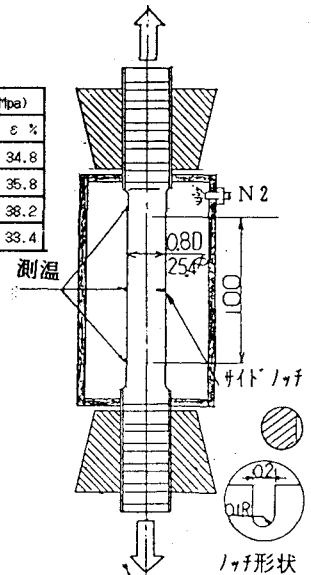


図-1 試験概要図

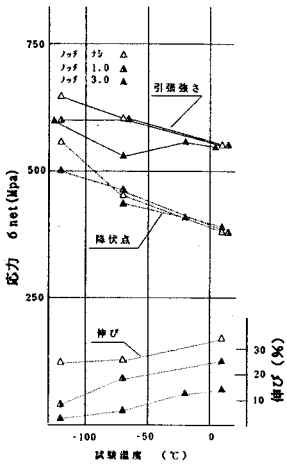


図-2切欠き引張特性(フツ#1)

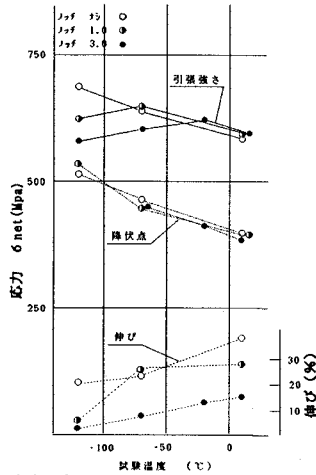


図-3切欠き引張特性(フツ#2)

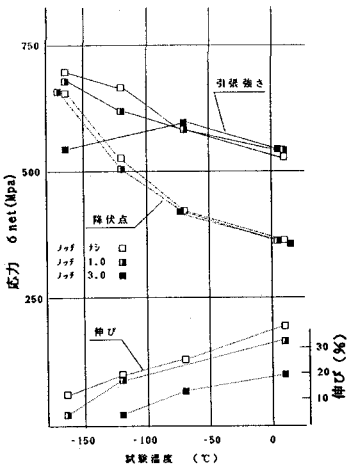


図-4切欠き引張特性(フツ#3)

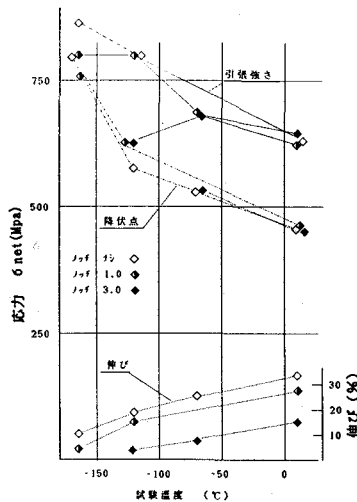
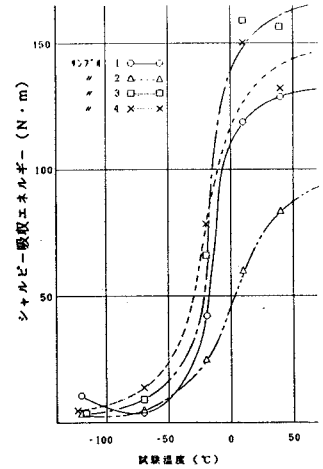


図-5切欠き引張特性(フツ#4)

1) 吸収エネルギー



2) 脆性破面率

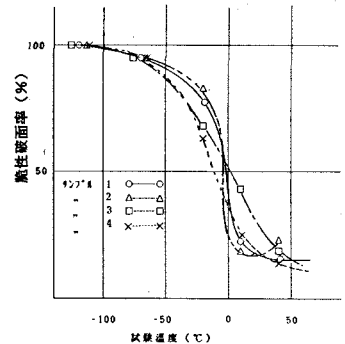


図-6 Vノッチシャルピー 衝撃試験結果

4. まとめ

切欠き試験温度は、鉄筋の低温靱性を比較的簡便に評価するのに有用である。ただし、普遍的な評価を行うことはできず、想定される切欠きや鉄筋の径が変わればその都度行う必要がある。今回行った D32 に関する試験より得られた知見は以下の通りである。

- ① 常温使用を前提として製造されている通常の鉄筋であっても、施工上想定される当て疵 1.0mmの切欠きに対しては -70°Cの低温条件下でも脆性破壊挙動を生じない。
- ② 高炉材で Al 脱酸処理あるいは Si, Al 脱酸処理を行ったものは、低温下での切欠き引張り特性が改善され、1.0mmの切欠きに対しては -164°Cでも脆性挙動を示さない。
- ③ 鉄筋を低温構造物に用いる場合には、製造から組立て施工に至る過程で、深い当て疵や点溶接などにより低温靱性を著しく低下させることのないよう配慮する必要がある。

〈参考文献〉

- 1) 日本瓦斯協会 昭和51年度LNG地下式貯槽に関する保安調査報告書
- 2) たとえば 異径棒鋼研究会 鉄筋コンクリート用異径棒鋼の品質特性(1985.11)