

大阪大学大学院 学生会員 ○大石隆宏
 大阪大学接合科学研究所 フェロー 堀川浩甫
 大阪大学接合科学研究所 正会員 崎野良比呂

1.はじめに

揚水発電所の大容量化に伴い引張強さの大きい高張力鋼の優位性が増してきた。そこで高張力鋼のペンストックへの適用について多くの研究がされてきている。ペンストックでは冷間曲げによる塑性加工が行われるため、ひずみ時効に対する研究がなされてきているが、これらの多くはひずみ時効で低下する破壊靱性に注目しており、引張試験結果には特段の注目はされなかった。しかし、最近 HT80(SHY685)のひずみ時効後の引張試験の結果、一樣伸びが 0%という事例が報告された。

そこで本研究では、一樣伸びの大きさが構造物の安全性に及ぼす影響を検討するための基礎的研究として、HT80 のひずみ時効前後の引張試験を行い、機械的特性の変化を明らかにすること 鋼材のもつ一樣伸びの大きさが切欠き材の延性破断挙動に与える影響について調べることを目的とする。

2.丸棒の引張試験

まず引張試験を行い、HT80 のひずみ時効前後の機械的性質を明らかにした。ひずみ時効処理条件は圧延方向に 4 %の予ひずみを与えた後 250 で 1 時間の温度保持とした。この時効促進条件は常温で 250 年放置したものに相当する。引張試験は変位制御型精密試験機を用いて行った。試験片の寸法は直径 10mm、標点間距離 50mm である。引張試験結果を図 1 に示す。軟鋼の代表として SM400 の引張試験結果も示している。SM400 の一樣伸びが約 20%であるのに対して HT80 は 7%と小さくなっており、さらにひずみ時効後は降伏点が高くなる反面、降伏直後より応力は単調に低下を開始し、一樣伸びは 0%になっている。

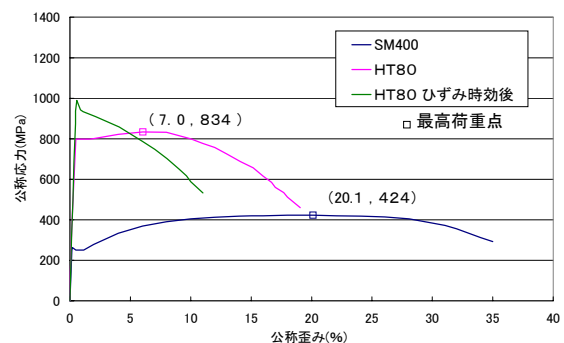


図 1 公称応力—公称ひずみ曲線

3.切欠き材の引張試験

一樣伸びが 0%である鋼材を構造部材として用いることについて検討するために、断面形状の変化などによる応力集中を有する部材の最も簡単な例として切欠き材の引張試験を行った。2種類の切欠きの形状を図 2a,b に示す。切欠き 1 は半円環状切欠き、切欠き 2 は U 字型環状切欠きである。

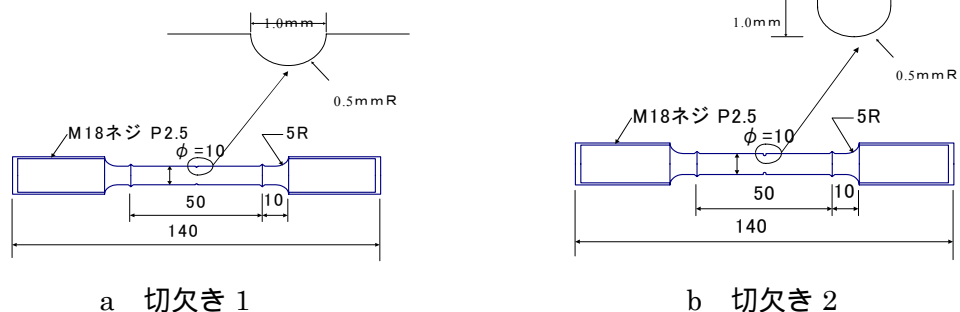
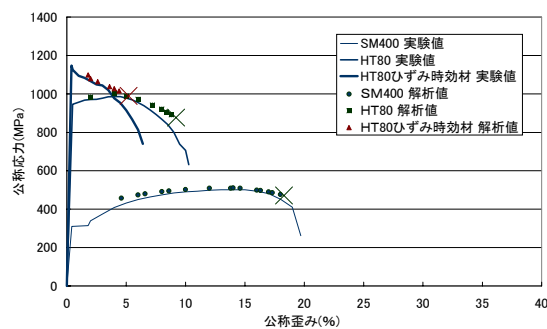


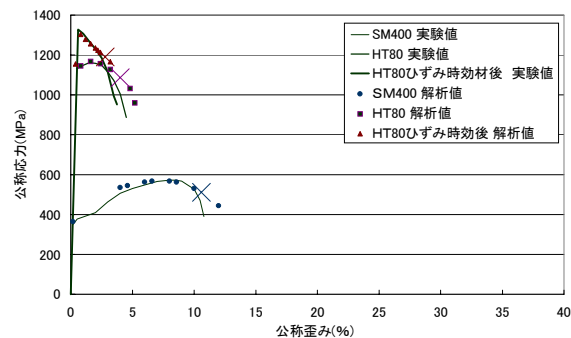
図 2 切欠き形状

キーワード：高張力鋼 ひずみ時効 一樣伸び 切欠き材

大阪大学接合科学研究所 (大阪府茨木市美穂ヶ丘 11-1 Tel 06-6879-8667 Fax 06-6879-8647)



a 切欠き 1



b 切欠き 2

図 3 公称応力—公称ひずみ曲線

引張試験の結果を図 3.a,b に示す。公称応力は荷重を切欠き底の初期断面積で除したものをを用いている。

【公称応力】降伏応力、引張応力は切欠きのない場合と比較すると増加している。これは切り欠き底周辺の塑性変形が両端の弾性部に拘束される塑性拘束のためであると考えられる。降伏応力の増加は鋼種に関係なくみられ、一樣伸び大きさが強度に与える影響は見られなかった。

【伸び】図 3. から SM400 は最高荷重時伸びが丸棒では 20%、切欠き 1 では 15%、切欠き 2 では 8.5%であるのに対して、HT80 は最高荷重時伸びが丸棒 7%、切欠き 1 では 4.5%、切欠き 2 では 1.5%と切欠きにより小さな最高荷重時伸びがさらに低下しており、低下の割合は HT80 の方が著しいことがわかる。ひずみ時効後は切欠きがある場合でも脆性破断は生じず最高荷重時伸びも 0%であったが、全伸びは切欠きの存在により低下している。

一樣伸びの小さい鋼材を切欠き材に適用した場合に最高荷重時の伸びが小さくなることについて考察するために、FEM 解析を行った。解析は汎用有限要素解析ソフト ABAQUS5.8 を用いた。解析は軸対称モデルを用いている。要素は 8 節点 4 辺形アイソパラメトリック要素である。また、図 4 に示す実験から得られた真応力—真ひずみ関係から求めた近似曲線を解析に用いた。図 3 に実験結果とともに解析結果も示しているが解析結果は実験結果と一致しており、結果は妥当であると考えられる。図 5.a ~ c に切欠き 2 での最高荷重時の塑性化進展状況を示す。図の赤い部分が塑性域、青い部分が弾性域である。SM400 の場合、塑性域は試験片全域に及んでいる。それに対して、HT80 では、切欠き部周辺のみ限定され、ひずみ時効後はさらに塑性域は狭くなっており、試験片全体が有効に働いていないということ表している。

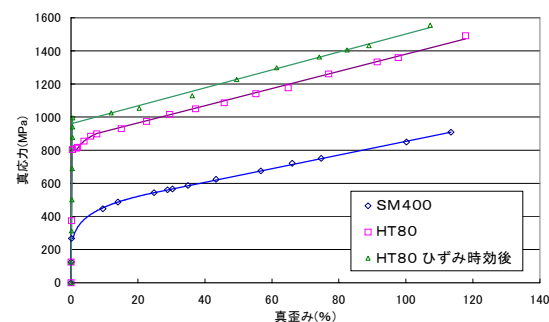
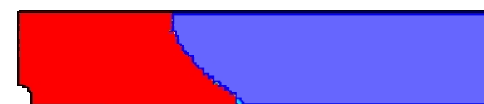


図 4 真応力-真ひずみ曲線



a SM400



b HT80



c HT80 ひずみ時効後

図 5 塑性化進展状況

4. まとめ

今回の引張試験の結果でも、HT80 のひずみ時効材では一樣伸びが 0%であることを確認した。

鋼材の持つ一樣伸びの大きさは切欠き材の強度には影響を及ぼさない。しかし、一樣伸びの大きさは切欠き材の伸びに影響を与え、一樣伸びが小さい鋼材は大きな鋼材に比べ最高荷重時伸びの減少が大きかった。

一樣伸びの小さい鋼材を断面形状の変化があるによる応力集中がある部材に適用する場合、塑性化が一部に集中し、一樣伸びが大きい鋼材を用いた場合と比較すると、部材全体が有効に働かない可能性がある。したがって、一樣伸びの異なる鋼材を種々の構造物に適用した場合の安全性の比較を行うことが今後の課題である。