

# 3-24

## 高張力鋼の水素ぜい化と遅れ破壊について

奈良工業高等専門学校

○ 岩井 保善  
有 間 淳一

1. 緒言. 最近強度水準の高い鋼の開発が進みその実用化に伴って、鋼構造物の安全性に対する大きな障害となっている問題に遅れ破壊現象がある。この破壊は大別して電気メッキや酸洗いなど製造工程中に鋼材内部に吸蔵される水素<sup>1)</sup>あるいは使用中に環境より水素が浸入して引き起こす場合<sup>2)</sup>が考えられるがいずれも鋼中に吸収された水素が割れ発生に関与していることは明白である。そこで本研究では5%硫酸水中に浸漬させることにより水素を導入した場合の静的曲げ試験および同溶液中での遅れ破壊試験を実施し両試験結果の相関性について検討を行なったものである。

2. 試験片および実験方法 実験に使用した材料は、Cr-Mo鋼 SCM2およびAISI4150でその化学成分を表Iに、主な機械的性質を表IIに示す。試験片は機械加工により図1に示す二種類の切欠きを設け、その後表IIの熱処理にて調質した。なお応力集中係数は7.8(V型)および1.8(U型)である。5%硫酸水浸漬後の静的曲げ試験は試作した油圧駆動による両端支持二点負荷機構とし、応力-たわみ線図、大気中での静的最大曲げ応力を1として最大曲げ応力比-浸漬時間の関係を求めた。硫酸水温度は23°C一定とし、浸漬時間は最高2時間とした。遅れ破壊試験は片持ちり定荷重方式とし、実験は腐食の影響があまり現われないうる時間程度での遅れ破壊線図を求めた。また同時にクラックの進行は試験片のたわみから、たわみ-時間線図として自動記録させることにより求めた。さらにある程度たわみが確認された時点で実験を中止し、試験片長手方向に切断してクラックの進行状態を光学顕微鏡で観察した。最後に大気中および浸漬後の静的曲げ、遅れ破壊破面を電子顕微鏡観察(=二段レプリカ)により比較した。

3. 実験結果および考察 図2に大気中および硫酸水10分浸漬後の静的曲げ試験で得られた応力-た

表I. 材料の化学成分

材質	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
SCM2	0.31	0.26	0.71	0.008	0.014	0.05	0.03	0.96	0.18
4150	0.49	0.24	0.82	0.018	0.007	0.16	0.12	0.97	0.17

表II. 材料の機械的性質

材質	$\sigma_b$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_r$ kg/mm <sup>2</sup>	$\psi$ %	Hv (500g)	熱処理条件	
						850°C X 30 min. 0.9	350°C X 2hr. T.
SCM2	122	137	173	12.1	475		
4150	162	186	208	11.6	555		

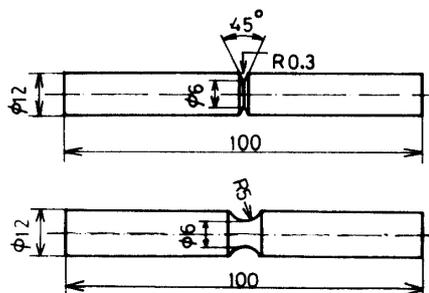


図1. 試験片の形状寸法

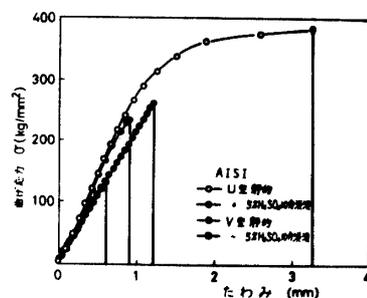


図2. 曲げ応力-たわみ線図

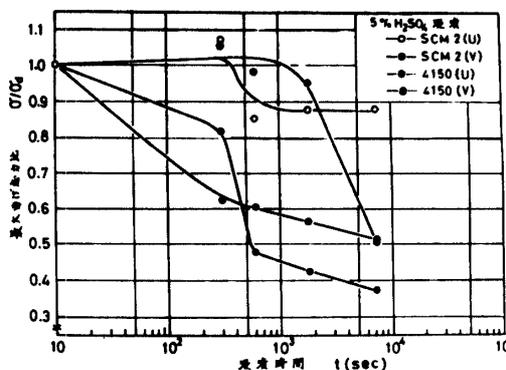


図3. 最大曲げ応力比と浸漬時間の関係

わみ線図の一例を示す。両鋼種ともV型切欠きの場合は大きな応力集中のため破断までほぼ直線的に変化するが、図のごとく4150材ではU型切欠きについても同様10分浸漬することにより、破断応力、たわみ量ともおおよそ2/3にまで低下し短時間での水素感受性が大であることを示している。図3は最大曲げ応力比-浸漬時間の関係を示したもので、この図では両鋼種ともV型切欠きの場合ある浸漬時間範囲で急激なぜい化傾向を示しているのが特徴的である。図4.5に遅れ破壊線図を示す。SCM2材では高応力域においても10分以内での破断はみられず、それ以後線図の勾配が急であることが分る。特にV型切欠きでは80 kg/cm<sup>2</sup>以上で破断時間がおおよそ2×10<sup>3</sup>~5×10<sup>3</sup> sec.の範囲に集中しており図3の結果とよく一致する。一方4150材についてはSCM2に比べ低応力下の短時間破断が特徴的で負荷応力が破断時間に依存する傾向が大きいようである。遅れ破壊限度はσ<sub>B</sub>の高い4150材が低く、両鋼種ともU型切欠きはV型のおおよそ3倍と

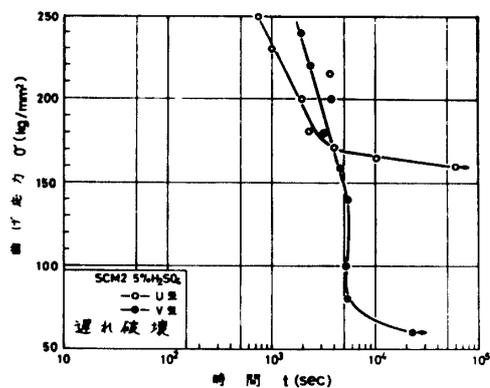


図4. SCM2.遅れ破壊線図

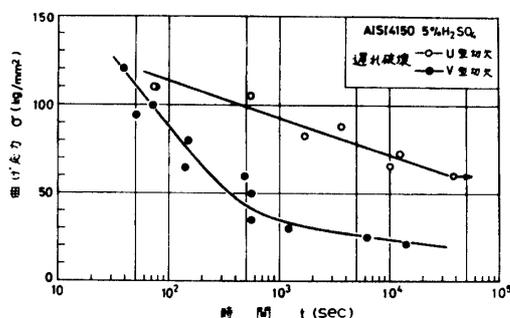


図5. 4150材遅れ破壊線図

厚っている。図6は4150材の破面写真で、(a)の大気中での静的曲げでは引き裂きによる伸長型ディンプルが支配的な延性破壊であるが、(b)の2時間浸漬後ではディンプルとぜい化を示す破面の混在となり、図3の結果と一致する。一方(c)の遅れ破壊破面ではほとんどディンプルは見られず、粒界ぜい性を示すパターンが観察される。



(a) 静的曲げ破面 (b) 二時間浸漬後静的曲げ破面 (c) 遅れ破壊破面  
図6. 破面写真

図7は4150材について上述の浸漬後の静的最大曲げ応力の変化と遅れ破壊線図を同時に示したものであるが、両切欠き形状ともその変化挙動が酷似しており両者には良い相関が認められた。なおSCM2についても同様の結果が得られたが詳細は講演当日に仰する。

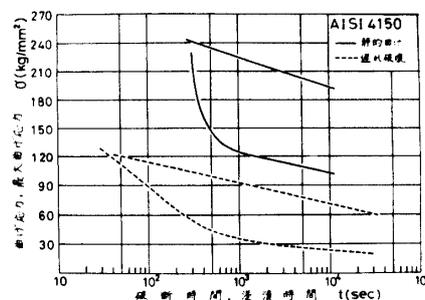


図7. 最大曲げ応力-浸漬時間と遅れ破壊線図

(参考文献)

- 1). Weymueller, C.R., Metal Progr., 87-2 (1965), 112.
- 2). 日本鋼構造協会接合小委員会ボルト強度班, JSSC, 6-4 (昭45), 52.