

(255)

高張力ボルト用鋼の耐遅れ破壊性の研究

八幡製鉄所
技術研究所木村 勲
渡辺 常安
○本 田 三津夫

1. 緒 言

鋼構造物に高張力鋼の利用が高まるにつれ、従来から取り扱われてきた材質的な問題のほか遅れ破壊による一種の脆性破壊が注目をあびるようになった。遅れ破壊とは静定荷重のもとで、長時間経過後とつぜん破壊に至る現象を称するもので、一般に鋼材の強度が高くなるほどとくに引張強さが 130 Kg/mm^2 をこえると顕著になるといわれている。本研究は遅れ破壊に対して感受性の強い鋼

材の耐遅れ破壊性の向上を目的として、引張強さ $100 \sim 150 \text{ Kg/mm}^2$ を有する高張力ボルト用鋼材の遅れ破壊性におよぼす合金元素の影響について行なったものである。

2. 実験方法

成分効果を検討するためのベース鋼種として、中炭素 Cr 鋼、Cr-Mo 鋼ならびに低炭素 Cr 鋼、Cr-Mo 鋼を選びこれに Si, Cr, Mo, Ni, W, Cu, Sn, Ce, Ti, Zr, B, N, Al を単独あるいは複合に添加したものを小型電気炉で溶製し、圧延または鍛造で丸棒とした。さらに所定の熱処理を行なつて引張強さ $100 \sim 150 \text{ Kg/mm}^2$ に高張力化した。

遅れ破壊試験は鋭い切欠（応力集中係数 $K_t=4.5$ ）のついた引張型試験片を用い、自然環境に近い高湿度雰囲気中で負荷応力と破壊までの経過時間の関係を求めた。

3. 実験結果ならびに考察

図 1 はベース鋼種の強度レベルと遅れ破壊時間の関係を示したもので、強度が上昇するとともに破壊時間が著しく低下し、とくに引張強さが 150 Kg/mm^2 級になると鋼種間の差は殆んどなくなり現在多用されている低合金機械構造用鋼（例えば SCR, SCM 系）は遅れ破壊に対する感受性が大きいことを示している。図 2 は引張強さ $140 \sim 150 \text{ Kg/mm}^2$ に熱処理した各種鋼材の遅れ破壊におよぼす成分効果を表わしたもので、Si, Cu, W はほとんど影響なく、Ni, Sn, Ce, Zr, Ti は耐遅れ破壊性を向上させる傾向がみられた。とくに Ti については B と共存させた場合に著しい効果を示すが、中炭素系に対しては低炭素系ほどの効果はなかつた。なお Ti-B と他の合金元素との複合添加は、Ti-B の場合よりもかなり耐遅れ破壊性は低下する結果が得られた。

以上の遅れ破壊促進試験による成分系検討から、耐遅れ破壊性にすぐれた成分系として低炭素 Cr-Mo-Ti-B 系を選定し、適用例として 130 Kg/mm^2 級高張力ボルトを試作して現行施工基準よりもはるかに苛酷な方法で締付け、自然環境下に曝露した結果、約 2 年経過した時点で破壊を生じたものはない。

強度 レベル	鋼 種	遅れ破壊時間 (hr)			
		500	1000	1500	2000
$100 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$	中炭素 Cr 系 (Scr4)				
$120 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$	中炭素 Cr 系 (Scr4)				
$140 \sim 150 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$	中炭素 Cr-Mo 系 (ScM3)				
	低炭素 Cr 系 (Scr22)				
	低炭素 Cr-Mo 系 (ScM24)				

図 1. 強度レベルと遅れ破壊時間
(負荷応力：切欠強度の 90%)

強度 レベル	ベース 成分系	添加 元素	遅れ破壊時間 (hr)			
			500	1000	1500	2000
$140 \sim 150 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ 級	中炭素 Cr-Mo 系	—				
		Ni				
		Ti-B				
	低炭素 Cr-B 系	—				
		Si				
		Cu				
		Sn				
		Ce				
		Zr				
		Ti				
		Ti-Ni				
		Ti-N-Cu				
		Ti (B 添加せず)				
	低炭素 Cr-Mo-B 系	—				
		Cu				
		W				
		Zr				
		Zr (B 添加せず)				
		Ti				
		Ti-Ni				
		Ti-Ni-Cu				
		Ti-Ni-W				

図 2. 遅れ破壊性におよぼす合金元素の影響
(負荷応力：切欠強度の 90%)