



高力ボルト用鋼 KF11T の材質について  
On the Properties of Steel for Grade KF11T High-Strength Bolts

佐 藤 速 生 倉 橋 速 生 浅 川 貞 夫

Toru Sasaki

Kimio Mine

倉 橋 速 生\*\*

浅 川 貞 夫\*\*\*

Hayao Kurahashi

Sadao Asakawa

Synopsis :

て、これを打開する努力が各所で続けられている<sup>1-6)</sup>。F11T用として当社で開発したのは低炭素Cr-Ti-B鋼(社内規格KF11T)である。本報ではKF11Tの基本的な材質特性を述べている。

### 3. KF11Tの材質特性

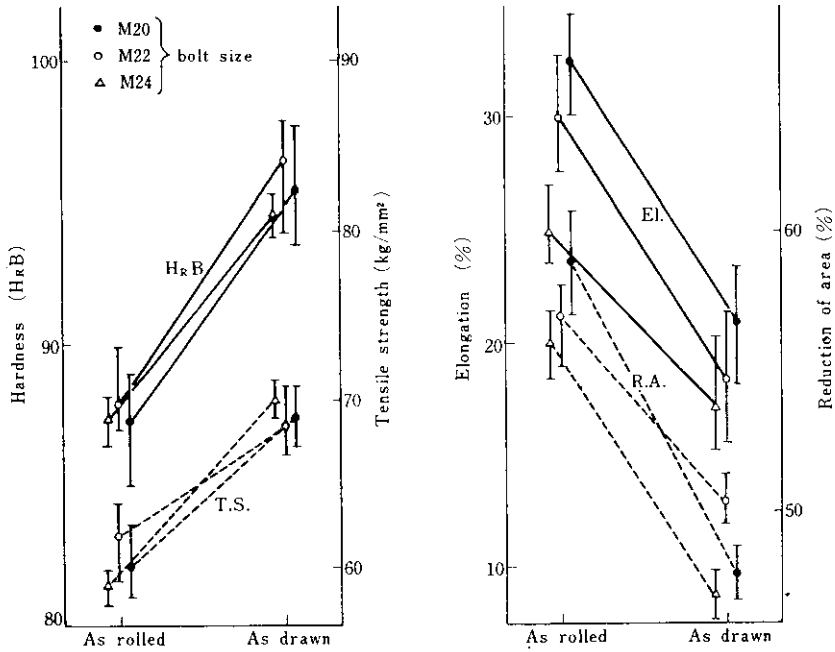


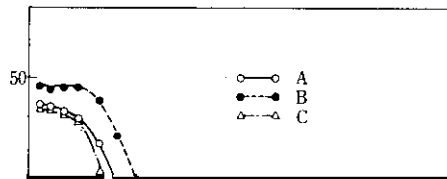
Fig. 1 Change in mechanical properties with light cold drawing of KF11T (reduction ratio; M20 13.5%, M22 12.1%, M24 11.3%)

×平行部 60mm) を 25° C, 150° C, 255° C で引張  
 った。これは頭部が鍛造中に約300° C に見熱する

張強さが最大になると同時に、伸びと絞りは最少  
 値を示し、また塑性変形での応力ひずみカーブで

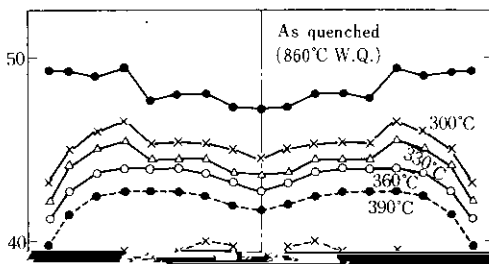
**Table 3** Numbers of bolts cracked by cold forging of KF11T

Period	Numbers of forged bolts (A)	Numbers of cracked bolts (B)	$B/A \times 100$ (%)
1971 Aug.	114 910	18	0.016



から水焼入れ)の結果を Fig. 3, 4 に示す。Fig. 3 は Cr=1.09% の KF11T (B鋼) の断面硬さ分布を、焼もどし温度でプロット

B, C) について断面硬さの平均値を、焼もどし温度に対してプロットしたものである。Fig. 3 から外周部は焼もどし時の温度によって若干硬さは



減じているものの、硬さ分布はほぼ一様になっていることがわかる。Fig. 4 から F11T・M33 ボルト素材として使用する場合の焼もどし温度は、 $H_{RC}$  35 以上 41 以下 (引張強さで 110~130  $kg/mm^2$ ) とすると、A 鋼では 410°~470° C, B 鋼では 400~470° C, C 鋼では 390°~450° C であることがわかる。

から水焼入れし、これを 360°C から 510°C まで

示す。なお試験温度は 0°C である。JIS B1186-

たのち引張試験に供した。試験片は、断面中心部から JIS 4 号引張試験片（径 14mmφ、標点間距離 50mm）を切出して製作した。焼もどし温度によ

連絡橋で使用されたボルトの仕様<sup>12)</sup>では、F11T の場合、JIS 4 号試験片で、0°C の吸収エネルギーが 4.8kg·m 以上とされている。上述の引張強

温度が高くなるにつれて減少し、切欠強度比はわずかに上昇する。この図では、KF11TをB鋼で代表させ、SCM22とSCM3の3鋼種についてプロットした。各鋼種の同一強度における切欠引張強さは、Fig. 9に示すようにC含有量の低いKF11TやSCM22では、ほぼ同じ値であるのに対し、C含有量の高いSCM3のみ引張強さの大きいところで切欠強度が低下するという現象が

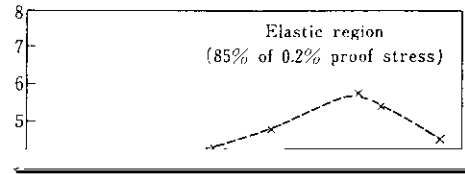
度が低い場合、ボルトとして使用するの是不利である。

### 3・6 同一強度でのKF11TとSCM22, SCM3の比較

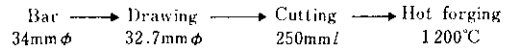
今まで述べてきたように、KF11Tは34mmφ丸棒で調査した結果、F11T・M33までの太径ボルトの素材として十分使用しうることが明らかで



下が懸念され、ボルト素材としてはリラクゼーション値の小さいことが要求される。さらに最近になって施工管理の簡便さからナット回転法による締付けが注目されている<sup>2)</sup>が、この方法では、



では、水素による割れが支配的とされている<sup>10)</sup>



径が細くなり、かつ切欠先端も鈍化しているため、水素による破断かどうか疑問である。そこで試片のマクロ的な腐食がほとんど起こらない 10hr での破断強度 ( $\sigma_{D10}$ ) が大きいほど耐遅れ破壊性

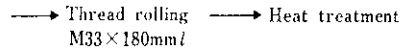


Fig. 13 Production process of M33 bolt

がすぐれていると考え、 $\sigma_{D10}/\sigma_N$  と引張強さの関係を求めた。これを Fig. 12 に示す。この図から、

(1)引張強さが 115kg/mm<sup>2</sup> 以下では遅れ破壊を起こさない、(2)KF11T は 3 鋼種とも強度が上がっても耐遅れ破壊性の劣化は少ない、(3)SCM22

for exposure test

Steel	Quenching condition	Tempering temperature (°C)	
		T.S. 140kg/mm <sup>2</sup>	T.S. 120kg/mm <sup>2</sup>
A	860°C → W.Q.	380	460
B	"	305	445
C	"	330	425

の強度 125kg/mm<sup>2</sup> 以下では急激に悪くなる、(4)SCM3 は 130kg/mm<sup>2</sup> で KF11T より悪

134kg/mm<sup>2</sup> 以上で急激に耐遅れ破壊性が悪くなる、(4)SCM3 は 130kg/mm<sup>2</sup> で KF11T より悪



## 鋼道路橋示方書に基づく場合

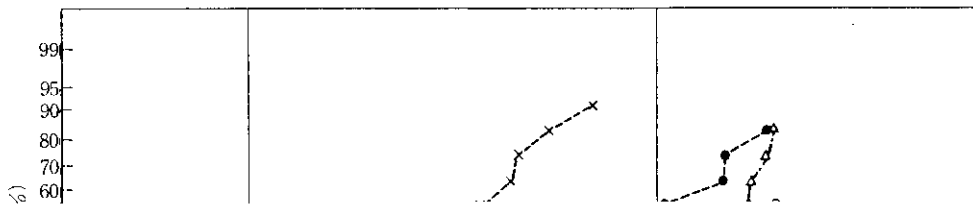
設計ボルト軸力  $N = 0.75 \sigma_y A$ 

## 4.3.2 試験結果

ここで、 $\sigma_y$ ：規格最小降伏点  
 $A_0$ ：ねじ部有効断面積  
 で計算され、これによってF11T、M33ボルトの  
 $N_0$ 、 $N$ を求めると  $N_0 = 49.4 \text{ t}$ 、 $N = 54.4 \text{ t}$ とな  
 る。曝露試験のボルトの軸力は、条件をより厳し  
 くするために、より低軸力密付はで

4月、海水中が昭和48年4月であり、現在（昭和  
 50年3月）までに約2年が経過している。この間  
 のボルト破断発生状況をまとめると **Table 10** の  
 ようになる。この表から以下のことがわかる。

- (1) F11Tの強度で破断を生じているのは、  
 SCM2のボルト



## 参 考 文 献

- 1) JSSC, 6 (1970) 52, 4
- 2) JSSC, 7 (1971) 72, 55
- 3) JSSC, 9 (1973) 87, 40
- 4) JSSC, 10 (1974) 105, 34
- 5) 木村ほか：製鉄研究, (1972) 274, 14
- 6) 西岡ほか：住友金属, 25 (1973) 4, 146
- 7) 田島ほか：JSSC, 9 (1973) 89, 17
- 8) 菊川ほか：川崎製鉄技報, 7 (1975) 1, 116
- 9) 三好ほか：塑性と加工, 12 (1971) 122, 167
- 10) 土和々・徳入性 (1960) 88 「日刊工業新聞社」
- 11) 佐藤：鋼の熱処理 (鉄鋼協会編), (1969), 62, [丸善]
- 12) 阪神高速道路公団有港連絡橋技術委員会編「鋼工材料及び製法」(財団法人) No. 11, 5 (1970)
- 13) F. L. Gill : Metal Prog., 73 (1965) 12, 58
- 14) 山本, 藤田：神戸製鋼技報, 18 (1968) 3, 1