

(4) P. C. 鋼棒について

神戸製鋼所品質管理課
同 同

藤井 東 蒙 男
山 腰 登 志 郎
五 十 嵐 努

16 mmから29 mm程度の鋼棒が P. C. 鋼材として1940年頃から高抗張力鋼線に代つて用いられる様になつた。此れは鋼線を使用する場合に比べて労力、取付及び緊張作業等が非常に節減されるためである。1949年になつて、Lee-McCall System によるP.

C. 鋼棒製造法が英國で採用され、特殊鋼を冷間加工することによつて抗張力 $102 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ 、伸び0.7%の時の応力 $91 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ を保証する製品を歐洲の市場に供給しはじめた。この方法は1951年に米國に導入されている。

我國においても構造用高張力圧延鋼材研究委員会に本年4月からP. C. 鋼棒小委員会が設けられ、棒鋼を試作して各種の試験を行うことが計画された。同小委員会の呈出した試作鋼棒の機械的性質の基準は下表の通りである。当社では本委員会で実施する試験に必要な鋼棒の試作を本年3月から開始していたが、最近試験用枕木に使用しうる供試材を完成したので、今日迄の試験経過の概要を報告する。

表-1 試作鋼棒の機械的性質基準(案)

(1) 引張強さ	$90 \sim 110 \text{ Kg/mm}^2$
(2) 0.7%伸びにおける応力	$85 \sim 110 \text{ Kg/mm}^2$
(3) 0.3%	$50 \sim 65 \text{ Kg/mm}^2$
(4) 鋼棒、ナット、ワッシャーを組み合わせたプレストレス装置について、鋼棒部に 70 Kg/mm^2 の一定荷重のクリープ試験を行い、加力直後の変性歪は 0.0010 mm/mm 加力直後から24時間に発生する全クリープ量は 0.0002 mm/mm 以下とする。	
(5) 伸び(8×D)	6% 以上

(I) 棒鋼素材の試作経過

如何なる化学成分を持つ鋼種を溶製するかということが第1条件となるが、吾々は第2表の鋼種を選んだ。此れらの3チャージは

表-2 試験溶解チャージの化学成分

鋼種	化 学 成 分 (%)							
	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr
I	0.70	1.04	0.24	0.016	0.007	0.10	0.05	0.08
II	0.65	0.79	0.27	0.020	0.006	0.16	0.06	0.12
III	0.57	0.80	1.77	0.010	0.008	0.14	0.05	0.05

10 Ton電氣炉で溶製され、分塊圧延后25 mmと19 mmの棒鋼に仕上げられた。此の報告では主として19 mm棒鋼の試験結果を述べる。

(II) P. C. 鋼棒の試作方法

一般にP. C. 鋼棒の製作方法として次の方法が考えられる。

A 熱間圧延の儘

- B 熱間圧延のままで予備緊張を行う
 C 冷間加工を行う
 D 適当な熱処理を行う（焼入焼戻し）

此の中でABDについては、圧延材のままで即ち19mmで製作し得るが、Cは圧延材に更に加工を加えねばならない。此のため、Cはドロウベンチで19mmから17.4mmに引抜くことによつて製作した。即ち引抜回数は1回で減面率は略々16%である。Dの熱処理は850℃より油焼入を行い、その後適当な温度で焼戻しを行つた。

(Ⅲ) 各材料の機械的性質の比較

- A 熱間圧延のままで 抗張力はどの鋼種でも95~100 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ であるが、降伏点が低くすぎて要求を満たし得ない。伸びは基準案の値より遙かに大きな値を示した。
 B 熱間圧延のままで予備緊張を行う—— 試験鋼棒に70 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ の一定加重を加えてクリープ試験を行うものとして、此のクリープ量を減少させるために、70 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ よりやや大きな引張力を適当な時間加えるという方法を採用した。予備緊張を加えた鋼棒の応力—歪曲線を見ると降伏点の著しい向上が見られ、機械的性質は基準案に合格していることが判る。此の一例を表-3に示す。

表-3 予備緊張による降伏点の向上

鋼種	0.2%永久歪の応力（降伏点）	
	予備緊張前	予備緊張后
I	57.5 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$	83.0 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$
II	58.4 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$	82.6 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$

C 冷間加工を行う

いづれの鋼棒に於ても、抗張力、降伏点の著しい向上が見られるが、伸び率が若干劣る様である。此の点は今後加工度其他更に検討する積りである。亦加工後棒を真直にするために、矯正を行つた試料については、降伏点の劣化が見られた。

- D 各材料の比較 表-4に各材料の機械的性質をまとめて示す。予備緊張、冷間加工熱処理のいづれの処理も圧延のままで機械的性質を改善し、特に降伏点の向上させることが判明した。今回の試験では、適当な熱処理を行つた試料が最もよく、冷間加工材は若干これより劣り、予備緊張処理を行つたものがこれについていた。

表-4 各材料の機械的性質の変化

鋼種	棒 径	処 理	機 械 的 性 質				
			抗張力 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$	0.2%伸びの応力 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$	0.3%伸びの応力 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$	0.2%永久歪の応力 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$	伸 び % ($\delta \times D$)
I	19mm	圧延のままで	98.9	56.6	54.0	54.7	12.3
	17.4	引抜加工	107.6	102.2	66.1	102.2	5.4
	"	引抜加工后 矯正	114.5	92.5	62.6	83.7	—

Ⅱ	19	圧延のまゝ	101.9	57.6	55.7	58.2	11.5
	"	850℃油焼入 600℃焼戻	103.6	80.2	67.2	77.2	9.1
	"	850℃油焼入 570℃焼戻	114.3	91.5	80.6	90.8	7.3
	"	850℃油焼入 540℃焼戻	116.5	107.0	70.7	106.0	7.7
	17.4	引拔加工	109.5	100.8	61.7	100.4	3.0
Ⅲ	19	圧延のまゝ	97.9	61.4	57.5	60.3	17.0
	"	850℃油焼入 600℃焼戻	100.5	90.1	72.4	82.4	16.6
	"	850℃油焼入 480℃焼戻	126.3	120.0	70.6	120.0	6.6
	17.4	引拔加工	114.3	110.0	60.4	109.3	6.1

(Ⅳ) クリープ試験

PSC用鋼棒として要求される性質の中特異なものとしてクリープ性がある。本来のクリープ性とは長時間試験を行つた後に決定せらるべきであるが、(現在相当に長時間にわたつて試験中で、種々興味あるデータを得ている。)短時間試験の結果をクリープ性に対する一応の目安として行つた。即ち表-1の基準案の方法で試験を行い、比較検討した。結果の一例を表-5に示す。

表-5 各材料の24時間後の全クリープ量

鋼棒	棒径	処 理	24時間後に於ける全クリープ量
Ⅱ	19 mm	圧 延 の ま ゝ	110×10^{-5} mm/mm
Ⅲ	17.4	引 拔 加 工 材	18.8 "
Ⅲ	19	850℃油焼入 480℃焼戻	8.1 "
Ⅱ	"	850℃油焼入 600℃焼戻	17.7 "
I	"	$73.4 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ で予備緊張した材料(保持時間なし)	8.1 "
I	"	$73.4 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ で10分間保持して予備緊張した材料	3.8 "
Ⅲ	"	$90.5 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ で予備緊張した材料(保持時間なし)	11.9 "
Ⅲ	"	$82.0 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ で10分間保持して予備緊張した材料	2.0 "

以上のデータを比較すると、圧延のままの材料ではそのクリープ量は非常に大きく問題にならない。最もクリープ性の良い材料は予備緊張で10分間応力附加のまま保持せる材料で、次に熱処理材、更に冷間加工材の順になつてゐる。いづれも表-1の基準案の規格範囲内に入つてゐることが認められる。

(v) 総括

以上の結果次の諸点が判明した。即ち、我々が溶製した材料では、圧延したままの試料では降伏点が著しく低く、小委員会の基準値 $85 \sim 100 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ に達しなかつたので、さらに冷間引抜加工、熱処理、予備緊張を行つたのち、機械的性質の改善状況を調査した。降伏点の向上は、熱処理、冷間引抜加工、予備緊張の順でいづれも目標値に達している。クリープ試験の結果も、圧延のままの試料は当然クリープ量が大きすぎて、後熱処理の必要なことを示している。クリープ性の最もよいのは予備緊張を行つたもので、熱処理、冷間加工を行つたものが此れに次ぎ、いづれも目標値に達していることがわかつた。

以上述べて来た諸点は、いわば実験室的な結果で、此れを実用化する場合いろいろな点が残つており、これらの利害得失を考察したい。

更に実際問題として、鋼棒端部に於ける「ねじ」加工をする必要があり、諸外国では一般に転造ねじが用いられてゐるので、此の検討が必要である。転造ねじに関しては2つの面より検討する必要がある。1つは、此の様な硬い長い材料に、大きな長い「ねじ」を切る事が可能な機械の問題であり、次に実際使用に際して莫大な荷重がかかる為に、「ねじ」部に大きな応力集中が生ずるのをさける方法である。普通の「ねじ」及び「なつと」を用いて引張力を加えると、「ねじ」部で切断するので此の「ねじ」部に特殊な工夫をする必要がある。

其他、例えば実際使用の際、転造ねじ部に生ずるクリープも問題となるので、此の点も考慮して鋼棒の処理方法を考える必要があり此の点に関しても報告したい。

尙此の研究は、P.S.C鋼棒小委員会の一員として担当してなされたものである。