

技術資料

最近のバネ鋼に就て

内山道良*

ON THE RECENT SPRING STEEL

Michira Uchiyama

Synopsis: Since the end of the War, spring steel has become one of the most important special steels in Japan.

In 1948, the production of spring steel amount to 29,714 tons in the total amount of special steel production of 87,136 tons. Meanwhile the level of quality of spring in Japan, may be lower than that of in America and in European countries. Therefore, for general reference, the auther collected here the various recent data of spring steel, such as the history, chemical composition, mechanical property, heat treatment, mass effect, cold working etc., which will be thought to be useful for manufacturing spring and spring-steel.

I. 緒言

現在我國のバネ鋼は夫れが合金鋼であると否とに拘らず總べて特殊鋼として取扱はれて居り、然もバネ鋼が特殊鋼の中に占める地位は極めて大きく日本鐵鋼連盟¹⁾の調査が第1表の數字を示し、更に日本バネ協會²⁾は昭和25年前半期のバネ生産量を14,243 噸と發表しているのを見てもその一端が知られるのである。

第1表 特殊鋼の中に占めるバネ鋼の割合

年次	炭素バネ鋼 (t)	合金バネ鋼 (t)	全特殊鋼 (t)	%
昭 23	17,301	12,413	87,136	34
" 24	5,734	10,552	73,346	23

而して之等バネ鋼の内容は現在規格で定められてはいるが、我國バネ鋼の現状はその品質を外國殊に米國の水準迄引上げる事に懸命な有様と見るのが至當である。元來バネ鋼の化學成分はバネ鋼の歴史を通じて本質的な差異を有するものではなく、目的によつて夫々の分野を有している爲に、假令過去に於て使用されたものでも今日全々影を潜めたものは少ない。依てこの意味からも最近のバネ鋼だけを取扱ふのは不合理であるので本稿では一應今日迄の間利用された鋼種全般を取扱ひつゝ出来るだ

け新しい問題の解説に努力したつもりであるが、稿末には數多の文献の中から比較的よくまとまつているものを選んで掲げて置いたので詳細は是非この方を見られるを希望する。

II. 沿革

我々は石器時代の遺物として弓や釣竿を發見するが、之等は往古の人達が已にバネの作用を利用していた事を示すものである。其の後金屬材料の使用が起り機械文明が發達すると共に機素としてのバネが生れたのであるが Gross³⁾ 及び Lehr によればバネは當初機械部品や馬車等に使はれ鋼のバネは鐵道車輛が出来て以來重要になつたのであり、Johannsen⁴⁾ は1851年ロンドンの萬國博覽會に Krupp 會社が出品したものとの中に鋼製のバネがあつて世人を驚かした事を報じてゐるので大體この時代に鋼製のバネが普遍化されと思はれる。勿論この當時のバネ鋼は炭素鋼であつたが、19世紀の末頃に特殊鋼が生れてからは之の利用も起り、Mitchell⁵⁾ は米國を主としたこの事情に就て近着の誌上に次の様に述べている。1898~1905年には自動車用バネに油燒入用の Si-Mn 鋼 9250 及び C 鋼 1095 を用ひ、1906~1910年には自動車用板バネに Si-Mn 鋼 9200 系列及び Cr-V 鋼 6100 系列を採用して良い鋼である事を証明し、1916~1920年には自動車鋼として Cr-Mo 鋼 4100 系列、Cr 鋼 5100 系

* 東京鋼材(舊三菱製鋼)株式會社研究課長

第2表 現行Cバネ鋼主要規格

規格	種別(記號)	化學成分				%		同一規格	備考
		C	Si	Mn	P	S			
JIS (1950年) G 4801	SUP 1	0.45~0.60	0.15~0.35	0.30~0.60	0.035 以下	0.035 以下	— — — —	SUP.1~SUP.4 に於ては Ni 0.30%, Cr 0.20%, Cu 0.35% をこえては 板バネ用 巻バネ用	
	SUP 2	0.60~0.75	"	"	"	"			
	SUP 3	0.75~0.90	"	"	"	"			
	SUP 4	0.90~1.10	"	"	"	"			
JIS (1950年) G 3501	SWP 7	0.55~0.65	0.15~0.35	0.60 以下	0.045 以下	0.045 以下	— — —	バネ用線材	
	SWP 8	0.65~0.75	"	"	0.030 以下	0.030 以下			
	SWP 9	0.75~0.85	"	"	"	"			
JIS (1947年) 試験3502	SWRP 1	0.60~0.75	0.15~0.35	0.40~0.60	0.030 以下	0.030 以下	— — — —	ピアノ線材 各種とも Cu 0.20% 以下なること	
	SWRP 2	0.75~0.85	"	0.30~0.60	"	"			
	SWRP 3	0.85~0.95	"	"	"	"			
	SWRP 4	0.95~1.05	"	0.40 以下	"	"			
A.S.I. (1949年) (1949年)	A 68-49	0.90~1.05	0.15~0.30	0.30~0.50	max 0.040	max 0.050	— — — — — — —	圧延用鋼材, 車輛用板バネ, 巻バネ用 硬引鋼線 ピアノ線 バネ用鋼線 辨バネ用線材	
	A 227-47	0.45~0.75	0.10~0.30	0.60~1.20	max 0.045	max 0.050			
	A 228-41	0.70~1.00	0.12~0.30	0.20~0.60	max 0.030	max 0.030			
	A 229-41 grade A	0.55~0.75	0.10~0.30	0.80~1.20	max 0.045	max 0.050			
	A 229-41 grade B	"	"	0.60~0.90	"	"			
	A 230-47	0.60~0.70	0.12~0.30	0.50~0.80	max 0.030	max 0.030			
	1045	0.43~0.50	—	0.60~0.90	max 0.040	max 0.050			
S.A.E. (1949年)	1050	0.48~0.55	—	"	"	"	— — — — — — — — — — —	(AISI, C1045) (" C1050) (" C1055) (" C1060) (" C1065) (" C1066) (" C1074) (" C1080) (" C1085) (" C1090) (" C1095)	
	1055	0.50~0.60	—	"	"	"			
	1060	0.55~0.65	—	"	"	"			
	1065	0.60~0.70	—	"	"	"			
	1066	0.60~0.71	—	0.85~1.15	"	"			
	1074	0.70~0.80	—	0.50~0.80	"	"			
	1080	0.75~0.88	—	0.60~0.90	"	"			
	1085	0.80~0.93	—	0.70~1.00	"	"			
	1090	0.85~1.00	—	0.60~0.90	"	"			
	1095	0.90~1.05	—	0.30~0.50	"	"			
	B.S. (1949年)	En 42	0.70~0.85	0.10~0.40	0.55~0.75	max 0.05			max 0.05
En 43		0.45~0.60	"	0.60~0.80	"	"			
En 44		0.90~1.20	max 0.30	0.45~0.70	"	"			
B.S. 24	Specific. 6X	0.65~0.90	—	—	"	"	— —	車輛用, 一般用巻バネ	
	Specific. 6X	0.45~0.65	—	—	"	"			

B.S. 24 (1949年)
B.S. 970
B.S. 24 sp. 7-70
B.S. 24 sp. 60

列の両者が Cr-V 鋼 6100 系列に置換へられ、1921~1925 年には Si-Mn 鋼 9200 系列、Cr-V 鋼 6100 系列を鐵道バネに採用し、1946~1950 年には 4100 系列の修正及び A.I.S.I 5160 鋼を發達させて採用した。

一方我國のバネ事情に關し服部氏⁶⁾は明治 40 年頃迄のバネ鋼はすべてドイツ系の水焼入用炭素鋼で我國では辛じてその修理を爲し得る程度でしかなく、大正 2~6 年頃からは當時の鐵道院のバネが米國式の油焼入用炭素鋼に變ると共に之等が國産化したと述べてゐるが、大正 12 年鐵道省は主として機械的性質を規定⁷⁾した所謂獨乙⁸⁾流の規格を所有し、大正 14 年には油焼入用炭素バネ鋼の 2 種類¹⁰⁾に關する規格を有して居り、その後少しづゝ改變はされたが今日尙主として炭素バネ鋼を使用しているのである。唯茲に例外として南滿州鐵道だけは Si-Mn バネ鋼を昭和の始以來使用して來た點前記米國の事情に照して面白いが實際の成績は良くなかつた様である。又國産の自動車用バネ鋼としも當初は炭素鋼が用ひられて居り、筆者の工場には其の記録が残つてゐるが之は A6¹¹⁾と稱するもので高級鋼とは謂い難いものである。尙我國では昭和 7 年に JES に C 鋼、Si-Mn 鋼及び Si-Mn-Cr が規定され、その後變更は多少あつたが之等の鋼種は現在 JIS 中に残つている。又舊陸海軍に於ては独自の立場から昭和 11~19 年の間に C 鋼、Si-Mn 鋼、Si-Mn-Cr 鋼、Cr 鋼、Cr-V 鋼等を規定したが、この外にもバネに用ひられる金屬材料は少くない。尙之等の内容については次項に説明する事とする。

III. 化學成分

(1) C バネ鋼

炭素鋼は殆んど其の全範圍がバネ鋼發足の當初から今日迄引續き利用されて來たのであつて、この中には 0.1% C¹²⁾ 程度の低應力用の極軟バネ鋼から 1.3% C¹³⁾ にも及ぶ巻バネ用最硬鋼迄が含まれるがその大部分は 0.45~1.10% C に屬してゐる。又混入元素の量に關しては國によつて夫々特徴があり、例へば獨乙¹²⁾では Si 量が 0.1~0.2% であるのに英國¹⁴⁾では 0.4~0.5% 迄を許容したものと全々規定を途外¹⁵⁾¹⁶⁾したものとを併用し、Mn は目立つた差異を示していない。P 及び S¹⁵⁾の量となると日本及び南米諸國等は北米及び英國に比べて嚴しい規定を設けて居り、前者の大略が 0.035% であるのに對し後者の夫れは 0.050% となつてゐる。今炭素バネ鋼を内外の規格について見るに、鋼種の數、化學成分の變化等區々であるが之等の内容は A.S.T.M.,¹⁶⁾ S.A.E.,¹⁷⁾ B.S.S.¹⁶⁾ 及び我國諸規格¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾の變遷の

過程に明らかである。次に第 2 表として現在の炭素バネ鋼の主な規格を示す。

(2) Si バネ鋼

Si 鋼がバネとして利用されたのは特殊鋼がバネに使はれ始めた當初であり、0.45~0.75% C, 1.0~2.5% Si 程度¹⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾のものであつたが今日の主要規格中にこの鋼種は見當らない。

(3) Mn バネ鋼

Mn バネ鋼も亦特殊鋼利用の初期に使はれたもので今日これを規定した所はない様であるが、主にこの鋼種を利用したのは歐州諸國の自動車用板バネであり、その成分は 0.3~0.6% C, 1.0~2.0% Mn 程度¹⁵⁾²⁶⁾²⁹⁾のものである。

(4) Si-Mn バネ鋼

Si-Mn 鋼は特殊鋼がバネに用ひられ始めた時から今日に至る迄引續いて利用されている鋼種であつて、0.35~4.45% C¹²⁾¹⁸⁾を基とする水焼入用と 0.55~0.65% C¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁶⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾²³⁾³⁰⁾を基とする油焼入用とに分れ現在のもものは殆んど後者に屬するが、時には更に高炭のもので 0.75~0.90% C⁹⁾¹²⁾¹⁵⁾のものも見受けられる。Si 量は嘗ては 1%⁹⁾²⁷⁾³⁰⁾³¹⁾標準のものが歐州に行はれたが、最近では 2%¹⁶⁾¹⁷⁾²⁰⁾²²⁾²⁶⁾標準のものゝ利用が多くなり、兩者の中間的¹²⁾²³⁾²⁷⁾²⁸⁾なものも少なからず用ひられてゐる。次に Mn 量は前記の各場合を通じて、0.5~1.1% の範圍に屬するものが多く明確な使い分けはない様であるが、時には 1.2~1.6% Mn²⁷⁾²⁸⁾にも及ぶものがある。又 P や S については一貫した所はないが大體の所炭素バネ鋼の場合と同様である。次に第 3 表として現行 Si-Mn バネ鋼の主な規格を示す。

(5) Si-Mn-Cr バネ鋼

この鋼種はバネ鋼中では寧ろ新しいものに屬し、前述の Si-Mn 鋼に 0.1~0.4% Cr¹⁷⁾ 或は 0.4~0.6% Cr²⁷⁾等の Cr を添加したものであつて、現行の規格としては第 4 表の様なものがある。

(6) Si-Cr バネ鋼

此れは Si-Mn バネ鋼の Mn を 0.6% 以下の程度に抑へたものに 0.25~0.4%²⁷⁾³⁰⁾ 0.6~0.8%³²⁾ 0.8~1.0%¹⁵⁾²³⁾ 1.0~1.5%¹²⁾²⁷⁾³³⁾等の Cr を添加したものであるが、この場合 Si は 1% 及び 2% 標準の中間をゆくものが多い。又 P, S³¹⁾²⁾²⁵⁾²⁷⁾の含有量は C バネ鋼や Si-Mn バネ鋼より低く抑へるのが常である、茲に第 5 表はバネ鋼の現行規格例である。

(7) Mn-Cr (Cr) バネ鋼

この鋼種は我國の様に鋼一般の Mn 含有量の低い所

第3表 現行 Si-Mn パネ鋼主要規格

規格	種別(記號)	化學成分 %			同一規格	備考
		C	Si	Mn		
JIS 1950年 G4801	SUP 5	0.55~0.65	1.10~1.50	0.70~1.10	0.035 以下	自動車用板パネ SUP~SUP 7 に於て Ni 0.30% Cr 0.27%, Cu 0.35% を こえてはならない
	SUP 6	"	1.50~1.80	"	"	
	SUP 7	"	1.80~2.20	"	"	
SAE 1949年 B.924	9255	0.50~0.60	1.80~2.20	0.70~0.95	max 0.040	一般機械用巻パネ 自動車, 車輻用板パネ, 自動車用並びに一般用巻 パネ A.S.T.M.A59-49
	9260	0.55~0.65	"	0.70~1.00	"	
B.S.(1949年) B.6.970	En 45	0.50~0.65	1.50~2.00	0.70~1.00	max 0.05	自動車用板パネ及び巻パネ "
	En 45A	0.53~0.63	1.70~2.00	"	"	
	En 46	0.35~0.45	1.50~2.00	0.60~1.00	"	
B.S.(1924年) B.224	Specific. 6y	0.50~0.60	1.50~2.00	0.60~1.00	"	B.S.24, sp 6d. 7y 車輻用板パネ及び巻パネ B.S.24, sp 6d. 車輻用板パネ
	Specific. 6y	0.33~0.50	"	"	"	

第4表 現行 Si-Mn-Cr パネ鋼主要規格

規格	種別(記號)	化學成分 %				同一規格	備考
		C	Si	Mn	Cr		
SAE 1949年 F4801	9261	0.55~0.65	1.80~2.20	0.75~1.00	max 0.040	0.10~0.25	(A.S.T.M. A 59-49) 自動車用板パネ, 自動車, 車輻及一般用巻パネ 自動車用, 車輻用板パネ, 自動車, 車輻及一般用巻パネ
	9262	"	"	"	"	0.25~0.45	

第5表 現行 Si-Cr パネ鋼主要規格

規格	種別(記號)	化學成分 %				同一規格	備考
		C	Si	Mn	Cr		
JISG 4801	SUP 8	0.55~0.65	1.00~1.80	0.30~0.60	0.035 以下	0.80~1.00	高温用巻パネ, Ni 0.50% 以下を含んでも 差支へない. Cu 0.35% を越へてはならない

第6表 現行 Mn-Cr(Cr) パネ鋼主要規格

規格	種別(記號)	化學成分 %				同一規格	備考
		C	Si	Mn	Cr		
SAE	5147	0.45~0.52	0.20~0.35	0.75~1.00	max 0.040	0.90~1.20	自動車用板パネ 自動車用板パネ, 一般機械用巻パネ
	5150	0.48~0.53	"	0.70~0.90	"	0.70~0.90	

第 7 表 現行 Cr-V バネ鋼主要規格

規格	種別 (記號)	化學成分 %										同規格	備考
		C	Si	Mn	P	S	Cr	V					
(1949 年版)	5160 5152	0.55~0.65 0.48~0.55	"	0.75~1.00 0.70~0.90	"	"	0.90~1.20	"	"	"	"	自動車用板バネ	
BS 970 (1949年版)	En 48	0.45~0.55	0.10~0.50	0.50~0.80	max 0.05	max 0.05	1.00~1.40	"	"	"	"	"	
A.S.T.M. (1949 年版)	A 60-49 A 231-41 A 232-47	0.48~0.53 0.45~0.55 "	0.20~0.35 0.15~0.30 0.12~0.30	0.70~0.90 0.60~0.90 "	max 0.04 max 0.40 max 0.30	max 0.04 max 0.05 max 0.03	0.80~1.10 " "	min 0.15 " min 0.10	S A E 6150 —	—	—	自動車, 車輛用板バネ, 自動 車用及一般用巻バネ 一般用バネ用鋼線 辨バネ用鋼線	
AISI (1947年版)	6152	0.48~0.55	0.20~0.35	0.70~0.90	max 0.04	max 0.04	"	min 0.10	—	—	—	自動車用板バネ	
BS 970 (1949年版)	En 47 En 50	0.45~0.55 0.40~0.50	max 0.50 0.10~0.35	0.50~0.80 0.50~0.70	max 0.05 max 0.04	max 0.05 max 0.04	0.80~1.20 1.00~1.50	min 0.15 "	—	—	—	板バネ用(高級品, 特に輸出用) 辨バネ用鋼線	

第 8 表 現行 Mo バネ鋼主要規格

規格	種別 (記號)	化學成分 %						同規格	備考	
		C	Si	Mn	P	S	Mo			
S A E (1949年版)	4063 4068	0.60~0.67 0.63~0.70	0.20~0.35 "	0.75~1.00 "	max 0.040 "	max 0.040 "	0.40~0.80 "	— —	— —	自動車用板バネ, 自動車用及び一般用巻バネ " "

第 9 表 現行 Ni-Cr-Mo バネ鋼主要規格

規格	種別 (記號)	化學成分 %										同規格	備考
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo				
(1949年版)	8650 8655 8660 9764	0.48~0.53 0.50~0.60 0.55~0.65 0.60~0.67	0.20~0.35 " " "	0.75~1.00 " " 0.50~0.80	max 0.040 " " "	max 0.040 " " "	0.40~0.70 " " "	0.40~0.60 " " 0.10~0.25	0.15~0.25 " " "	— — — —	— — — —	— — — —	自動車用板バネ 自動車用板バネ; 車輛用巻 バネ 自動車用並びに車輛用板バ ネ及び巻バネ 自動車用板バネ

では Mn-Cr 鋼と呼ばれるが、米国の様に Mn 量の上昇している所では Cr 鋼として取扱はれて居り、0.45~0.65% C, 0.5~1.0% Mn で 0.45~0.70%,¹⁴⁾ 0.70~1.0%,¹⁷⁾ 1.0~1.4%¹⁴⁾¹⁶⁾ 等の Cr を含んでゐる。そして其の他の成分的特徴はないのであるが中には 0.2~0.4% C で 1.5%²⁵⁾²⁴⁾ 程度の Cr を含むものや、C 量は 0.45~0.55% で變りはないが Mn 量は 0.20~0.50% で一般よりは低く然も Cr 量は 2.5~3.0% と言ふ様に著しく高目²⁵⁾なものもある。次に第 6 表として本鋼の現行規格を示さう。

(8) Cr-V バネ鋼

これは前項の Mn-Cr バネ鋼に 0.15~0.30% の V を添加したもので我國では専ら線バネ²⁵⁾用に供せられてゐるが、英米獨等の諸國は板バネ巻バネ¹²⁾¹⁴⁾¹⁶⁾¹⁸⁾²⁷⁾等にも利用している。尙第 7 表は現行 Cr-V バネ鋼規格の例である。

(9) Mo バネ鋼

Mo バネ鋼は最も新しいバネ鋼の一種で米國の文献²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾に見られるのであるが、我國での使用例は未だない様で現行規格には第 8 表の様なものがある。

(10) Cr-Mo バネ鋼

この鋼種は既述の Mn-Cr バネ鋼に 0.15~0.25%¹⁵⁾²⁶⁾又は 0.25~0.40%²⁶⁾の Mo を添加したもので比較的古くからある種類に屬するが、我國での使用例はなく又従來規格化された事もない。所が 1950 年 10 月の Metal Progress²⁾誌が本鋼が新たに米國で研究の對照となつた事を報じた事は興味深いものがある。

(11) Ni-Cr-Mo バネ鋼

本鋼は Mo バネ鋼と共に最も新しい型に屬する米國のバネ鋼²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾で我國での使用例はなく、現在第 9 表の様な規格が定められている。

(12) 其の性のバネ材料

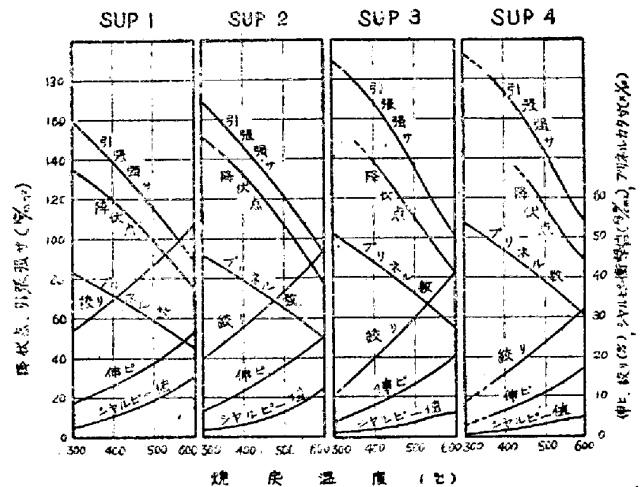
以上の他一般に高温用バネ鋼としては高速度鋼 (18-4-1) 耐蝕用バネ鋼としては不銹鋼 (18-8) が用ひられるが、その成分はバネ用である爲に特殊であると言ふものではない。然し乍ら之等の鋼種は往々バネ用に規定¹⁶⁾²⁸⁾される事があり、この他アンバー、エリンバー等の高 Ni 鋼は其の小さい熱膨脹性を利用して時計のゼンマイに用ひられる。又非鐵バネ用材料として現今主として小形のものに使はれるものに眞鍮、磷青銅、ベリリウム青銅、モネルメタル等があり、電氣導性を必要とする部分や耐蝕性を必要とする所に用ひられるが、この組成も亦バネ用に供する爲に特殊にしたものではない。次に最も新しいバネ用特殊材料に Elgiloy²⁹⁾がありジュッ

ト・エンデン用、時計用に供されるが之は 40%Co, 20%Cr, 15%Ni, 7%Mo, 2%Mn, 0.04%Be 其の他と言ふものである。尙之等の他 Z-ニッケル、インコネル、ニッケル-シルバー、シルバーブロンズ、K-モネル、シリコンブロンズ³⁰⁾等が夫々特殊の目的に供されている。³⁰⁾³⁷⁾

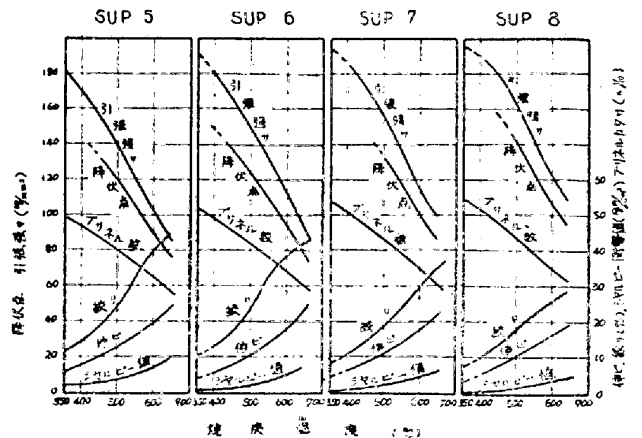
IV. 機械的性質

バネ鋼に要求される耐應力、耐疲勞その他の諸性質はバネ自身の計設次第で廣範圍に變化する爲、之等の強さに對する絶對的な限度と言ふものはなく、耐熱、耐蝕、耐熱傳導その他の諸性質となると一層特殊性が著し爲めに、前述の様な多種多様のバネ鋼 (バネ材料) の相異つた物理的、化學的、機械的な性質は夫々意義深いものである。

バネ鋼の機械的性質に對しては之を規定する向と規定しない向とがあり、J.I.S.²⁵⁾の如きは前者に S.A.E.¹⁷⁾の如きは後者に屬してゐるが、斯る規定の有り方は化學成分、熱處理、素材の機械的性質、バネの機械的性質と



第 1 圖 JIS 炭素バネ鋼の焼戻曲線



第 2 圖 JIS 合金バネ鋼の焼戻曲線

言ふ様なバネ鋼及びバネに対する規定必要条件の中の幾つを如何に定めるかと言ふ事であつて、之等の何れをも等閑にすると言ふのではなく此の事は本稿中各表の比較によつても明らかである。今第1~2圖として J.I.S. バネ鋼の性能曲線を示さう。

V. 熱 處 理

低應力を對照とするバネには必然的に熱處理を要しない場合が起り斯る種類のバネも決して少くはない (A.S.T.M⁶⁾, A 61-39, A 62-39, 1946年版等)。然し乍らバネの大部分はその性能を向上させる爲に豫め熱處理の施された材料を用ひたり、或はバネ製造の過程で熱處理を行つたりする。そして前者は線バネ、ゼンマイ等の小形のものに、又後者は板バネ、巻バネ等の大形乃至中形のものに夫々關係が深い。

バネ製造の過程に行ふ熱處理の大部分は水冷又は油冷による十分な焼入と空冷又は油冷による完全な焼戻を併用する種類のものであり、Metals Handbook³⁶⁾ (1948年版), A.S.T.M¹⁶⁾ (1949年版) 等は何れも焼入物は焼入液の中にその温度が 300°F 以下或は 400~175°F 以下になる迄漬けて置かなくてはならない事をバネの種類により夫々規定してゐるが、一方我國有鐵道部内の如く油冷に引上焼入法を併用してゐる所もある。又バネの種類特に小形或は中形のものに對してはオーステンパーやマルテンパー等の方式を利用する事も考へられ、我規格でも必ずしも熱處理方法を限定しては居ない⁴⁰⁾のであるが未だ之等が實用された事はない様である。茲に第10~14表は日本、英國及び米國に於ける現行規格バネ鋼の熱處理規定を示したものであるが之によれば各國の規定の方式程度等が明瞭とならう。

第10表 JIS バネ鋼の規格熱處理條件

種別(記號)	燒 準 (°C)	燒 入 (°C)	燒 戻 (°C)	硬 度	備 考
SUP 1	780~850空冷	780~850水(油)冷	400~475	302 以上	※ 燒準温度は JES 金屬 4801 による ※ 本表は試験片を對象としている
SUP 2	"	"	"	321 以上	
SUP 3	"	"	"	331 以上	
SUP 4	"	"	"	363 以上	
SUP 5	800~850空冷	800~870 (油冷)	450~520	375 以上	
SUP 6	"	800~870 (油冷)	"	388 以上	
SUP 7	"	"	"	388 以上	
SUP 8	"	"	"	401 以上	

(JIS G 4801)

第11表 JIS バネの熱處理條件⁴¹⁾

種 別 (記號)	燒 入			燒 戻			備 考
	温 度 (°C)	板厚又は徑 (mm)	硬 度 B.H.N.	温 度 (°C)	時間(分)	硬 度 B.H.N.	
SUP 3	780~850油冷	板厚10~13	400 以上	400~475	45~60	331~415	※ 燒入温度に達してから 10~20 分間均熱する。油温は 50~80°C を建前とする
SUP 4	"	徑 19~32	400 以上	"	"	341~444	
SUB 6	"	板厚10以下 " 11以上	534 以上 495 以上	450~550	"	341~429	※ 燒割を生じ易い時は約 200°C に冷却した時に冷却槽より引上げなるべく速かに燒戻爐に裝入する。

第12表 JES バネの熱處理條件

種 別 (記號)	燒 入			燒 戻			備 考
	温度 (°C)	板 厚 (mm)	硬 度 B.H.N.	温 度 (°C)	時 間	硬 度 B.H.N.	
SUP 6	800~850 油 冷	5~10 11~16	555 以上 495 "		45分以上	限界341~415 標準375~388	※ 燒入硬度の規定を除く他の各項は SUP 1~SUP 5 及び SUP 8 に對して適用される
SUP 7	"	5~10 11~16	555 " 495 "		"	"	

(JES 金屬 9004)

第13表 B. S. バネ鋼の熱処理条件

B. S. No	種別(記号)	熱処理	焼入液	備考
B. S. 970~1947	En 42	焼入焼戻	油	
	En 43	〃	水	
	En 44	〃	油	
	En 45	〃	〃	
	En 45A	〃	〃	
	En 46	〃	水	
	En 47	〃	油	
En 48	〃	〃		
B. S. 24	Specific. 6X	〃	油	
Part 3~1942	〃	〃	水	
	Specific. 6Y	〃	油	
	〃	〃	水	(B. S. S. 1949 年版)

第14表 1948年版 Metals Hand Book に示された米國主要バネ用鋼の熱処理規定

AISI- SAE No.	焼準 (°F)	焼鈍 (°F)	焼入 (°F) 油	焼戻			バネの 寸法	備考
				温度 (°F)	硬度 R.C, B.H.N.			
					セットを 許すとき	セットを許さな いとき		
1045		1250~1400	1450~1525	680~800	40~44	44~48 max 50	小	※ 焼入油の液温は 110~140°F とする。
1060		〃	1450~1525	〃	40~44	44~48 max 50	小	※ 焼入物の温度が 300°F 以上である時は冷却槽より出してはならない。
1074	1525~1575	〃	1450~1525 1450~1525	〃	40~44 352~388	44~48 max 50 388~444	小大	※ 焼戻硬度の欄でバネの寸法の小なるものはロックウェル硬度、バネの寸法の大なるものはブリネル硬度による値を示す。
1080		〃	1450~1525	〃	40~44	44~48 max 50	小	
1085		〃	1475~1525	〃	352~388	388~444	大	
1095	1575~1625	〃	1450~1525 1475~1525	〃	40~44 352~388	44~48 max 50 388~444	小大	
4088	1550~1600	〃	1500~1525	725~900	375~415	415~444	大	
5150	1600~1650	〃	1475~1525	〃	375~415	415~461	大	
6150	〃	〃	1575~1625 1600~1650	〃	375~415	415~461	小大	
9260	〃	〃	1575~1625 1600~1650	〃	375~415	415~461	小大	
9262	〃	〃	1600~1650	〃	375~415	415~461	大	
8650	〃	〃	1575~1625 1600~1650	〃	375~415	415~461	小大	

VI. 質量効果

バネ鋼に於ける質量効果の問題は當然の歸結として大形のものに起つて來るが、我國の規格では使用寸法と鋼種並に形狀の關係は考慮されて居らず、²³⁾⁴²⁾⁴³⁾ 僅かに製造規定の中で低い焼入硬度を許容⁴⁰⁾⁴¹⁾すると言ふ消極的認め方をして居る。又實際の使用例でも質量効果を無視

したと思はれるものが多い様で業者の常に困惑する所である。然るに米國では最近鋼種、寸法、形狀の關係を十分考慮した使用方式をとる傾向を示し、例へば A. I. S. I (S. A. E) 4063 鋼は自動車の板バネに使はれるがその寸法は巾 3 吋厚さ 3/8 吋迄であり、又 9262 鋼は鐵道車輛の板バネに使はれる時にその寸法は厚さ 5/8~3/4 吋であると言ふ様なものである。尙之等事情の大略は第15

第 15 表 SAE-Manual に示された板バネ用バネ鋼の使用標準⁴⁴⁾

鋼種	SAE No.	AISI No.	NE. No.	WD. No.	使用例
C 鋼	1066	C-1066	—	1065	小型バネ 鐵道車輛用
	1085	C-1085	—	1085	
	1095	C-1095	—	1095	
Mo 鋼	4063	—	—	—	自動車用
	4068	A-4068	—	—	
Cr 鋼	5150	A-5150	—	5150	自動車用
Cr-V 鋼	6150	E-6150	—	—	鐵道用、自動車用バネ 鐵道用、自動車用バネ
	—	A-6152	—	6150	
Si-Mn 鋼	9260	A-9260	9260	9260	鐵道用、自動車用バネ
(Cr を含有せる) Si-Mn 鋼	—	A-9261	9261	—	自動車用バネ
	—	A-9262	9262	X-9262	

注 NE 9261, NE 9262 は板厚の大なる大きい断面のものにのみ使用すべきであり、他の鋼種では硬化能が不適當である場合に限るべきである。

第 16 表 Carnegie-Illinois Steel Corp. により示された合金バネ鋼の使用標準³⁷⁾

鋼種	普通車とトラック		大型トラック とバス	トラックター		鐵道車軸と特大バネ		機械用
	板バネ	卷バネ	板バネ	板バネ	卷バネ	板バネ	卷バネ	一般用、ロック、 ワッシャー等
Mo	4063-68	4063-68	—	—	—	—	—	4063-68
Cr	5147	—	—	—	—	—	—	5150
	5150	—	—	—	—	—	—	
	5152	—	—	—	—	—	—	
Cr-V	6150	—	6150	6150	6150	6150	—	6150
Ni-Cr-Mo	—	—	8655	8655-60	8660	8660	8655-60	—
Si-Mn	9260	9260	9260	9260	9260	9260	—	9255-60
Si-Mn-Cr.	9261	—	9261-62	9261-62	9261	9262	9261-62	9262

第 17 表 バネ板の寸法と AISI 合金バネ鋼の使用範囲³⁵⁾

板 巾	板 厚		
	0.171"~3/8" (3/8" を含む)	3/8"~5/8" (5/8" を含む)	5/8"~3/4" (3/4" を含む)
3" 迄 (3" を含む)	4063~4068	5152	8655
	5147~5152	6152	8660
	8650	8655	9262
	9255~9260 9763	9261	
3" ~ 4 1/2" (4 1/2" を含む)	4068~5147	5152	8655
	5150~5152	6150~6152	8660
	8650~8655	8655~8600	9262
	9260	9261	
4 1/2" ~ 6" (6" を含む)	5152	6150~6152	8655
	6152	8655	8660
	8655	8660	9262
	9261	9261	

表により知り得るであろう。

質量効果を考慮に入れた素材の使い方の根元を爲すものは Jominy⁴⁵⁾ 法であり、最近米國ではこの試験方法が急速に發達して 1942 年 A.S.T.M¹⁰⁾ は之を規格化するに至つたが、1947 年になると A.I.S.I 及び S.A.E は連合⁴⁶⁾ でこの成果とも見られる Hardenability Band による A.I.S.I—S.A.E 合金鋼の分類を完成し、之に H の記號を附して従來の化學成分による分類鋼と區別した。そしてこの中には當然各種のバネ鋼が含まれるが焼入性への考慮と言ふ點からすれば化學成分だけに頼る従來の方法よりこの H を中心とした所謂 H 鋼の方が合理的な事は言ふ迄もなく、最近の様にバネは大形化する傾向を示しバネ鋼には混入元素が増加して、焼入性を判断するには限られた數種の元素の分析では不十分である様な我國の事情では殊にこの事は重要である。茲に第 18 表は現行主要バネ鋼の規定化學成分と H-Band を測定した結果から化學成分範圍を補正した化學成分 (H 鋼) とを對照したものであるが、尙 H-Band については自動車技術誌⁴⁷⁾ 上に手近な解説と引用のある事を補足する。

VII. 加工効果

米國に於て Zimmerli⁴⁸⁾ が辨バネの表面に鋼粒を吹付けて加工硬化を起させたものゝ性能の勝れてゐる事を報告して以來、所謂 Shot peening (Shot blasting) をバネに應用する試みが多くの人⁴⁹⁾⁵⁰⁾⁵¹⁾⁵²⁾々によつて爲さ

れ、その疲勞強度が増加する事が確められたが、その對照は小形バネを主とし時に中形程度⁵⁰⁾⁵⁶⁾の巻バネ及び板バネに用ひられる位で未だ大形バネに對する効果の程は報ぜられていない。

ピーニングに就ては S.A.E¹⁷⁾ (1948年版) が既に規格化し、現在バネ製造上重要な事項となりつゝあるのであるが、彼の Jeep のバネの如きも引張側にこの操作が施された感がある。次にピーニングと共に加工効果に對する狙ひとして Prestressing⁵²⁾ が取上げられつゝあるが、之は豫め素材に降伏點を超えた荷重を加へて置く事により疲勞に對する抵抗を増加し、使用中に變形する危険を減少する事であつてバネには従前から施されてゐたのであり其の眞價は疑問とされてゐるものゝ再検討である。茲に第 19 表は線バネに對するピーニング効果を示すものである。

VIII. バネ用鋼材の形狀

従來バネ用鋼材の形狀⁵³⁾は種類が多く、板バネ用では角こば、丸こば、溝付、中凹等の平鋼があり、巻バネ用では丸形、角及平角形、バケット形等の棒鋼がある外特別の目的には平板等も用ひられて來たが、薄板バネや線バネ用のものゝ形には目新しいものはなかつた。最近我國のバネ鋼で形を改めたものは平鋼で珍らしい形ではないが中凹形⁴²⁾を採用した事は確かに一つの進歩である。所が最近の米國製乗用車用板バネには板間の摩擦を減し

第 18 表 米國主要バネ用 AISI—SAE 鋼並に H 鋼の化學成分

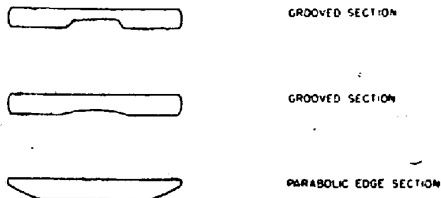
鋼種	C	Si	Mn	P & S _{max}	Ni	Cr	Mo	V
4063	0.06~0.67	0.20~0.35	0.75~1.00	0.040	—	—	0.20~0.30	—
H	0.59~0.69	"	0.70~1.05	—	—	—	0.20~0.30	—
4068	0.63~0.70	0.20~0.35	0.75~1.00	0.040	—	—	0.20~0.30	—
H	0.62~0.72	"	0.70~1.05	—	—	—	0.20~0.30	—
5150	0.48~0.53	0.20~0.35	0.70~0.90	0.040	—	0.70~0.90	—	—
H	0.46~0.54	"	0.60~0.95	—	—	0.65~0.95	—	—
5160	0.55~0.65	0.20~0.35	0.75~1.00	0.040	—	0.70~0.90	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
6150	0.48~0.53	0.20~0.35	0.70~0.90	0.040	—	0.80~1.10	—	0.15min
H	0.46~0.54	"	0.60~0.95	—	—	0.80~1.15	—	"
9255	0.50~0.60	1.80~2.20	0.70~0.95	0.040	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
9260	0.55~0.65	1.80~2.20	0.70~1.00	0.040	—	—	—	—
H	"	1.70~2.20	0.70~1.05	—	—	—	—	—
9261	0.55~0.65	1.80~2.20	0.75~1.00	0.040	—	0.10~0.25	—	—
H	"	1.70~2.20	0.70~1.05	—	—	0.05~0.35	—	—
9262	0.55~0.65	1.80~2.20	0.75~1.00	0.040	—	0.25~0.40	—	—
H	"	1.70~2.20	0.70~1.05	—	—	0.20~0.50	—	—
8650	0.48~0.53	0.20~0.35	0.75~1.00	0.040	0.40~0.70	0.40~0.60	0.15~0.25	—
H	0.46~0.54	"	0.70~1.05	—	0.35~0.75	0.35~0.65	0.15~0.25	—
8655	0.50~0.60	0.20~0.35	0.75~1.00	0.040	0.40~0.70	0.40~0.60	0.15~0.25	—
H	"	"	0.70~1.05	—	0.35~0.75	0.35~0.65	0.15~0.25	—
8660	0.55~0.65	0.20~0.35	0.75~1.00	0.040	0.40~0.70	0.40~0.60	0.15~0.25	—
H	"	"	0.70~1.05	—	0.35~0.75	0.35~0.65	0.15~0.25	—

第 19 表 Peening 加工による許容最大應力の増加⁵²⁾

Peening をしたバネ或はしないバネに働く最小應力 (P.Si)	Peening しをしないものの最大許容應力 (P.Si)	Peening をしたものの最大許容應力 (P.Si)	Peening することによる許容應力の最小増加量(%)
0	74・000	120・000	62
25・000	90・000	120・000	33
50・000	100・000	120・000	20
70・000	110・000	120・000	9
90・000	120・000	120・000	0

(注) 本表は C 鋼, Cr-V 鋼製バネで線径 0.207 吋を超えないものに對して適用される。

たり、引張側に當る方を強くしたりする意味の外に板間への注油の便等を考へて第 3 圖⁵⁴⁾の様なものゝ現れて來た。尙この様な形のものゝ實用化には未だ日時を要すると思はれる我國に於ても形状効果に對する研究⁵⁵⁾は已に始められている。



第 3 圖 最近の米國板バネの斷面

IX. 結 言

以上は極めて簡単にバネ鋼の現状を取扱つたのであつて、寸法、脱炭、表面粗度等バネ製造と關係の深い重要な問題が多數取残されてゐるのであるが、之等はバネ鋼よりは寧ろバネと一緒に説明される可き事項とも考へたのと、決定的に改變されたと言ふ部分も少なかつたので一應之を除外した。又戦後の我國は今迄に見られない程バネ鋼及びバネの研究が活發で、幾多の報告が各學會誌上等に發表され又講演されてゐる外、現在では多くの學者技術者を集めたバネ研究会の組織もあつて、その進歩も著しく未發表の論文も多數であるが、今回は紙面の都合上之を割愛する外はなかつた。

拙筆に當り參考資料調査に對して種々の便宜を與へられた關係各位並に其の整理に盡力された當社岩崎茂夫技師に深甚なる謝意を表明する。(昭和 25・12 月寄稿)

文 献

- 1) 日本鐵鋼連盟: 特殊鋼實相報告書 (昭25・10) 18
- 2) 日本バネ協會: ばね第 18 號 (昭 25 12) 1
- 3) O. Gross & E. Ledhr; Die Fedlern, Vorwort des Herausgebers (1938)
- 4) O. Johausen: Geschichte des Eisens (1925) 三谷耕作譯 218
- 5) J. Mitchell: Metal Progress (1950) Oct. 491
- 6) 服部宗三: 三菱製鋼株式會社三十周年記念出版 (昭 22・4) 6
- 7) 服部宗三: スプリングの設計及び製造 (大 12) 附録. 1
- 8) 服部宗三: ばね (昭 6) 603
- 9) R. Kühnel: Stahl und Eisen 54 (1934) 25
- 10) 鐵道省工作局: 第 5 回車輛研究會記錄 (大 14) 144
- 11) 東京鋼材株式會社: 鋼質分類表 (昭・15 改訂) 3
- 12) Werkstoff Handbuch: Stahl Eisen Q 11-14 (1937) Nov.
- 13) 服部宗三: ばね (昭 6) 338 (B.S.S 規格)
- 14) B.E.S.A 仕様書: No 5010-218, No 5010-219 (1924)
- 15) E. Haudremont u. H. Bennek: Stahl und Eisen 52 (1932) 654
- 16) A.S.T.M Standards: 1916, 1918, 1927, 1936 1939, 1944, 1949 edition
- 17) S. A. E Handbook: 1912, 1933, 1936, 1941, 1948, 1949 edition
- 18) B.S.S: 1921, 1949 edition
- 19) 日本標準規格: 第 169 號 G 31 (昭 7)
- 20) 日本標準規格: 第 337 號 G 41 (昭 11)
- 21) 臨時日本標準規格: 第 7 號 G (昭 14)
- 22) 日本規格: 金屬 4801 (昭 22)
- 23) 日本工業規格: G 4801 (1950)
- 24) 陸軍地金規格: 第 25 號 (昭 13)
- 25) 航空材料規格: 第 601—604 號 (昭 19)
- 26) 岩田有共: 車輛用ばね (昭 13) 121
- 27) 日本學術振興會: 金屬材料, IV (昭 12) 216 (Si 鋼), 223 (Si-Cr 鋼), 225 (Si-Mn 鋼), 332 (Cr-V 鋼).

- 28) 日本學術振興會: 金屬材料, III 卷 (昭 15) 101 (Si 鋼), 105 (Si-Mn 鋼) 106 (Cr 鋼), 117 (Cr-Mo 鋼).
- 29) 村上武次郎外: 特殊鋼 (昭 13) 151
- 30) F. Rapatz: Die Edeltahle (1934) 川崎正之 譯 335
- 31) G. Burns: J of Iron and Steel Inst. 125 (1932) 363
- 32) A.W. Judge: Aircraft and Automobile Materials (1929) 淺川勇吉外譯, 1 156
- 33) 材料研究會: 工業材料便覽 (昭 17) 667
- 34) 日本鐵鋼協會: 鐵鋼要覽 (昭 23) 859
- 35) A.I.S.I.: Steel Products Manual, Section 10, part III (1947) 49
- 36) A.S.M: Metals Handbook (1948) 644
- 37) U.S. Steel: U.S.S Carillog Steels (1948) 127
- 38) 日本鐵鋼協會: 最近日本鐵鋼技術概觀 (昭 25) 233
- 39) R.F. Waindle: Metal Progress (1949) Dec. 808
- 40) 日本金屬規格: 金屬 9004 暫定 (昭 24)
- 41) 日本鐵鋼協會: 鋼の熱處理と作業標準, 近刊
- 42) 日本工業規格: G 0406 (1950)
- 43) 日本工業規格: G 0405 (1950)
- 44) S.A.E: Manual on design and application of leaf springs (1944) 80
- 45) W.E. Jominy: Trans Am. Soc, Metals 26 26 (1938) 574
- 46) A.I.S.I. & S.A.E: Contributions to the metallurgy of Steel No 11. Jan. (1947)
- 47) 松本久雄: 自動車技術 2 No 7. 168, No 8~9, 202 No. 10, 238 (1950)
- 48) F.P. Zimmerli: Surface Treatment of Metals (1944) 261
- 49) Lüpfer: Z Ver Deüt Ing 87 No 31-32(1943) 481
- 50) A.M. Wahl: Mechanical springs (1944) 92
- 51) E.E. Weibel: Trans. Am. Soc. Mechanical Eng. 57 (1935) 501
- 52) A.S.M: Metals Handbook (1948) 249
- 53) 服部宗三: ばね (昭 6) 177, 240
- 54) S.A.E: Manual on design and application of leaf springs (1944) 16
- 55) 松本久雄外: 機械試験所所報, 4 (昭 25) 5 號 32
- 56) A.H. Allen: Steel. 126 No.12, Mar. 20 (1950) 80
- 57) S.A.E: Manual on design and application of leaf springs (1944) 89