中凹板バネの性能に就て

内 山 道 良* 関 口 稔*

ON THE PROPERTIES OF SPRINGS WITH SLIGHTLY CONCAVE LEAVES

Michira Uchiyama and Minoru Sekiguchi

In 1947, J. E. S. which specified slight concave flat bar for leaf springs was established at first. From that time, after several revisions, present slight concave spring leaves have been decided, and are being used in both railway and vehicle springs.

We selected some sorts of bar with different form, examined the properties of them, manufactured the spring by using the best bars of them, and investigated the results statistically.

The results obtained are summarized as follows:—

- (1) With respect to the form of concave section, the flat bar with tapered section, which has 4 mm parallel parts in both edges, and $1/1000 \times \text{width}$ slight concavity in the middle part of the section, may be suitable.
- (2) The deflection of the springs, which are composed of slight concave leaves is larger than that of the old type.
- (3) In the case of mass-production of springs, camber and deflection of several kinds of railway springs, which we treat in this paper, are more suitable for present specification than those of old type.

I 緒 言

欧米諸国では可成古くから用いられて居た中凹のバネ板が我国で取上げられたのは、JES 鉄道 6501(昭.22)が平鋼及び薄付平鋼について「両面は中びくとするものとし中央部に於ける中びくの寸法は片面で板巾の $1/400$ を標準とする」と言う事を規定したのを以て最初とするが之が未だ完全に実用化しない中に規格は引続き JIS G 0405 (昭.25)「両面は両端に幾分の平行部をもつ中びくであつて中央部に於ける中びくの寸法は片面で板巾の $1/1000$ を標準とする」と改められて今日に至つて居り、茲に現在では鉄道車輛用及び自動車用バネの双方が中凹板を利用する様規定されたのである。

所が一旦規格が出来ると、制定の時喧しかつたにも拘らず、中凹板バネの是非或は製造上の諸事項についても一向に報告されず、殊に最近では中凹の規定を不問に附する向きもある様に聞及んでいる。依て本稿に於ては筆者等の工場で行つた中凹板バネに関する諸実験の中、工業的に取扱つた二三の事項並に現在採用しているものゝ状況について報告し今後の参考に供したいと思う。

II 供試板の形状

製作の難易、ロールの壽命、断面係数、形状効果等を検討した後工業試験に迄持込んだバネ板は第1図に示す3種類である。

第1図 バネ板の断面形状

第1図に於て、Aは従来の中凹でない規定、Bは $1/400$ 中凹の規定、Cは $1/1000$ 中凹の規定、Dは縁に平行部を有しない傾斜平面の $1/400$ 中凹による試作寸法、Eは

* 東京鋼材株式会社研究課

様に平行部 10mm を有する平行平面の 1/400 中凹による試作寸法, Fは様に平行部 4mm を有する傾斜平面の 1/1000 中凹による試作寸法であるが, 現在我々が実行しているのも亦このFに属している。尙本研究では対象を 100×13甲溝付平鋼に限っている事を茲に御断りして置く。

III バネの試作

供試用バネには国鉄貨車用坦バネ基本第6種 (AC 33 97 ZA) を選び, JES 金属 9004 暫定に示された標準作業により, バネ板圧延時に於けるロール新削直後並に改削直前 (此の間 30 t を圧延す) のバネ板から各 10 組の前記バネを作製した。次に第1表としてその規定の要点を, 又第2~4図として胴締部に於ける各バネ板の接触状況を示す。

第1表 試作バネの規定 (1)
(A C 3397)

材料	形 状	無荷重時の反り	荷重 2 T 時の反り		荷重 6 T 時の反り	荷重 10 T 時の変形量
			反り (mm)	径り (mm)		
SUP.3	13×100甲 ×14P	約 82mm	64±3mm	1260±3mm	約 27mm	0

※ 但し 板厚の許容差=±0.30mm
板巾の許容差=±1.0mm

第2図 ×約 $\frac{1}{2}$ 第3図 ×約 $\frac{1}{2}$ 第4図 ×約 $\frac{1}{2}$
試作バネD 試作バネE 試作バネF

IV 試作バネの荷重試験

完成したバネはセツチング後板間に充分塗油し, 第1表の条件で荷重試験を行つたが, 従来の規定による成績を含め之等の結果を第5~6図として, 亦その平均の値を第2表として示す。

この場合最大応力 77kg/mm^2 による永久変形量は各バネ共 4~6mm で特に従来のバネとの間に相違はなかつたが, 試作バネDはバネ板端で翫りを生じ, 試作バネEはスケールの脱落が悪く, 試作バネFは特別の支障を感じなかつた。

又規定に基き荷重 2T時の反りを同一にした時の撓みはDEF共に多く, 殊にEは多い。従つて大略の数値で規定されている荷重 6T時の反りはDEF共に少く殊に

第5図 断面形状A (従来のもの) による A C 3397 の成績例

第6図 断面形状D, E, F (試作品) によるAC3397の成績

第2表 AC3397ZAの荷重試験平均値 (試作各形式のもの)

区 分	成 績	無荷重時の 反り (mm)	荷 重 2 T 時			荷 重 6 T 時		荷重10T後 の 変 形 量	供試個数
			反り (mm)	挽み (mm)	径り (mm)	反り (mm)	挽み (mm)		
JES, G46 第384号 (従来のもの)		79.2	64.5	14.7	1260.3	29.4	49.8	0	100
試 作 バ ネ D	(1)	82.5	65.1	17.3	1261.0	25.0	57.2	0	10
	(2)	81.1	64.9	16.3	1259.5	27.1	54.0	0	10
試 作 バ ネ E	(1)	83.3	63.8	19.5	1258.9	22.0	61.3	0	10
	(2)	83.0	63.7	19.3	1262.0	21.6	61.4	0	10
試 作 バ ネ F (JIS, G0406)	(1)	82.2	65.0	17.0	1260.5	25.9	56.6	0	10
	(2)	81.1	64.1	16.9	1261.3	25.0	56.2	0	10

※ 区分欄中 (1) は新削ロールより壓延したもの,
(2) は改削直前のロールより壓延したもの,

Eは少なくなっている。而してこの場合の挽みの量はD E F共に大きく殊にEは大きい、夫等の値は当然の結果として荷重 2Tの時よりは遙かに大きい。

次に新削ロールと改削直前のロールとの使用別によるバネ板の微量の形状変化から来る特性の違いは、板間に

翹りを生じたDに就て僅かに認められ、板の中凹度が減少した時に従来の成績に近づくと言う予期通りの結果を孔形と 30T 圧延との量的意味の上に表しただけで、E 及 Fの孔形では圧延量は目立っていない。

尙茲に第7図として之等各バネの荷重—挽み曲線を、

第7図 荷重—撓み曲線例

第8図として $\mu = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 + \delta_1}$ によつて算出した摩擦係数を示す。

V 統計的調査

試作バネに対する以上の結果によれば、中凹の形状は試作Fによるのが最適であると言ひ事になるが、斯る形状即ち様に約 4mm の平行部を有する 1/1000 b 中凹のものが他の種類のバネに対しても好結果を得るかどうか並に圧延中に起る微量の形状変化は果して考える必要がないかどうかを確める目的で、前記 A C 3397 Z A を含め国鉄貨車用バネ 5 種類機関車用バネ 2 種類の合計 7 種類について夫々 200 個を対照として調査した。茲に第3表として各バネ（第1表記載の A C 3397 Z A を除く）に対する規定を、又第4表には其数値の範囲を示す。

第8図 荷重—摩擦係数曲線例

(1) 撓みの分布

撓みの分布を知る為に平均値と標準偏差とを調べた結果は第4表並びに第5表に示してあるが、この場合標準偏差の3倍値を平均値の両側にとれば之は製品の散らばりの限界を表す筈である。

一方寸法の許容差に基く散らばりの最大値は

$$\frac{\Delta \delta}{\delta} = 3 \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta b}{b} + 3 \frac{\Delta t}{t}$$

に第1及び第3表の許容差を代入する事で得られるが、この数値は第6表中に示されている。

茲に於て第5表の撓みの標準偏差の3倍値と第6表の撓みの偏差との比較は、バネの出来具合による散らばりとバネ板の許容差による散らばりの違いを表す事になりこの結果は貨車用バネでは空車の時は前者が、又積載時

第3表 供試バネの規定(2) (第1表のものを除く)

区 分	材 料	形 状	無 荷 重 時の反り (mm)	荷 重 2 T 時		常用荷重 (T)	常用 荷 重 時		試験荷重 (T)	試験荷重 加荷後の 変 形 (mm)
				反 り (mm)	径 り (mm)		反 り (mm)	径 り (mm)		
A C 3396	S U P 3	13×90甲×11P	75	60±3	1048±3	5.5	34	—	8.5	0
A C 3398	S U P 3	13×90甲×12P	86	70±3	1100±3	5.5	43	—	9.0	0
A C 3458	S U P 3	13×90甲×13P	92	73±3	1200±3	5.5	39	—	9.0	0
A C 3461	S U P 3	13×100甲×15P	81	64±3	1260±3	6.5	25	—	11.0	0
A D 3705	S U P 3	13×100甲×13P	38	—	—	6.34	0±3	1070±3	11.08	0
A D 3706	S U P 3	13×100甲×14P	38	—	—	6.82	0±3	1070±3	11.94	0

※ 但し 板厚の許容差=±0.30mm

板巾の許容差=±1.0mm

第4表 J I S, G 406 に基いた試作パネの荷重試験 (統計調査表1)

区 分		無 荷 重 時の反り (mm)	荷 重 2 T 時			常 用 荷 重 時		試験荷重 加荷後の 変 形 (mm)	供試個数
			反 り (mm)	撓 み (mm)	径 り (mm)	反 り (mm)	撓 み (mm)		
A C—3396	最大値	79.0	63.0	16.5	1051.0	36.5	47.0	0	200
	最小値	72.0	57.5	12.5	1045.0	28.5	40.0		
	平 均	76.3	61.5	14.7	1048.0	33.2	43.1		
A C—3397	最大値	87.0	67.0	20.0	1263.0	29.5	61.0	0	200
	最小値	77.5	61.0	14.5	1257.0	18.5	53.5		
	平 均	82.6	65.1	17.6	1260.3	25.3	57.3		
A C—3398	最大値	93.0	73.0	21.0	1103.0	47.5	49.5	0	200
	最小値	83.5	69.0	12.5	1097.0	40.0	41.0		
	平 均	88.6	71.8	16.8	1100.3	43.5	45.1		
A C—3458	最大値	95.5	76.0	20.5	1203.0	46.5	53.0	0	200
	最小値	86.0	70.0	13.5	1197.0	36.0	46.0		
	平 均	90.6	73.5	17.1	1200.5	41.6	49.0		
A C—3461	最大値	84.0	67.0	18.0	1263.0	33.0	69.5	0	200
	最小値	76.0	61.0	13.0	1257.0	22.0	61.0		
	平 均	80.5	65.3	15.1	1259.5	27.1	65.4		
A D—3705	最大値	41.5	—	—	—	+ 3.0	40.5	0	200
	最小値	33.0	—	—	—	- 2.0	33.0		
	平 均	38.1	—	—	—	+ 2.1	36.0		
A D—3706	最大値	40.5	—	—	—	+ 3.0	39.0	0	200
	最小値	33.0	—	—	—	- 2.5	33.0		
	平 均	37.1	—	—	—	+ 1.4	35.6		

第5表 統計調査表 (反り及撓みの測定値)

区 分	無荷重時の 反りの 標準偏差 σ_c (mm)	$3\sigma_c$ (mm)	荷重の範囲 (Kg)	撓みの 標準偏差 σ_δ (mm)	$3\sigma_\delta$ (mm)
A C 3396	1.39	4.17	0~2000	0.79	2.37
	—	—	2000~5500	0.88	2.64
A C 3397	1.95	5.85	0~2000	1.09	3.27
	—	—	2000~6000	1.09	3.27
A C 3398	1.45	4.35	0~2000	1.06	3.18
	—	—	2000~5500	1.02	3.06
A C 3458	1.82	5.46	0~2000	1.25	3.69
	—	—	2000~5500	1.17	3.51
A C 3461	1.75	5.25	0~2000	0.94	2.82
	—	—	2000~6500	1.64	4.92
A D 3705	1.54	4.62	0~6340	1.47	4.41
A D 3706	1.67	5.01	0~6820	1.32	3.96

には後者が大きくなるが、機関車用パネでは両者の開きが夫れ程大きくない事がわかる。

(2) 反りの分布

一般にパネは規定の荷重を加えた時の反りの量が目的の値を有しなければならない事に基いて、無荷重時の反りを定めて製作するものであるが、従来供試パネに於ては低目の反りを目指して居た。今 A C 3397 について第2表と第4表とを比べれば、後者の撓みの増加に基いて

無荷重時の反り (mm)

無荷重時の反り (mm)

第9図 反り及び撓みの頻度分布 (A C 3397 200個) 第10図 反り及び撓みの頻度分布 (A D 3706 200個)

その無荷重時の反りは高くなつて居り、偶々規定の値と一致する様になつた。而してこの事は他のパネにも当然共通すべき管のものであり、規定との一致は第4表中に表れている。尚反りの散らばりの値は第5表に示してある。

(3) 頻度曲線

供試パネに於ける反りと撓みの散らばりは何れも略々

第6表 統計調査表(3) (撓みの計算値)

区 分	径りの許容差 径 り ($\Delta l/l$)	板巾の許容差 巾 ($\Delta b/b$)	3×板厚の許容差 板 厚 ($3\Delta t/t$)	撓みの偏差の% ($\Delta \delta/\delta$)	荷 重 (Kg)	撓みの偏差 ($\Delta \delta$ mm)
A C 3396	$\frac{3}{1048}=0.3\%$	$\frac{1}{90}=1.1\%$	$3 \times \frac{0.30}{13}=2.3\%$	8.9 %	2000 5500	1.3 3.8
A C 3397	$\frac{3}{1260}=0.2\%$	$\frac{1}{100}=1\%$	〃	8.5 %	2000 6000	1.5 4.9
A C 3398	$\frac{3}{1100}=0.3\%$	$\frac{1}{90}=1.1\%$	〃	8.9 %	2000 5500	1.5 4.0
A C 3458	$\frac{3}{1200}=0.3\%$	$\frac{1}{90}=1.1\%$	〃	8.9 %	2000 5500	1.5 4.4
A C 3461	$\frac{3}{1260}=0.2\%$	$\frac{1}{100}=1\%$	〃	8.5 %	2000 6500	1.3 4.5
A D 3705	$\frac{3}{1070}=0.3\%$	$\frac{1}{100}=1\%$	〃	8.8 %	6340	3.2
A D 3706	$\frac{3}{1070}=0.3\%$	$\frac{1}{100}=1\%$	〃	8.8 %	6850	3.2

正規分布をする事は当然であり、既述の検討も夫れを前提としての上の事であつたが、実測の結果は予想と完全に一致した。依つて茲には一例として貨車用及び機関車用バネの各一種類(A C 3397 及び A D 3706)に就ての頻度分布を第9～10図に示す事とする

VI 結 言

以上に依り次の事項を知り得た

(1) 貨車用バネ A C 3397 に対する種々の中凹板を用いての形状調査の結果は、椽に平行部(4mm)を有する傾斜平面の 1/1000 巾中凹のものが適当であつた。

(2) 中凹断面材によるバネの撓みは中凹でないものを用いたものより大きいが、この方が一層規定の條件に近づく結果となつた。そしてこれの原因としては中凹による断面二次モーメントの減少、摩擦係数の低下等が考えられる。

(3) 数種の車輛用バネに就ての反りと撓みに関する調査の結果は、其の量を各種共 200個に押えた場合、前記の 1/1000 中凹のものが工業的製作上従来の中凹でないものより一層好都合である事を認め得た。

(4) 尙筆者等の工場では本研究の結果に基いた中凹板を利用している。

以 上