P 64.0-429.1.001.2/.004.2

板紙の圧縮強さ試験における機差の検討について

日本製紙連合会ライナー技術委員会

An Examination of Instrumental Errors in the Ring Crush Test of Paperboard

Linerboard Technical Committee, Japan Paper Association

The compressive strength (ring crush) of paperboard is an important property to estimate the compressibility of box and therefore the ring crush in cross direction has been specified in the Japanese Industrial Standard of linerboard and corrugating medium. At present, compression testing apparatus by beam type are generally used to measure ring crush strength, however, this method has been a subject of discussion for a long time because of their instrumental errors of more than 10 percent.

Under the circumstances, the Linerboard Technical Committee of Japan Paper Association studied the factors of these errors, making comparison of the data obtained with the use of the beam type and strain gauge type of apparatus. The result was that among many factors the level of parallelling of the upper and lower compression platens with each other had a most significant effect on the errors. As for the strain gauge type of apparatus we used, they turned out to be poorer in preciseness than well-cared beam type ones. The reason seems to be that we used the type mainly designed for measuring tensile strength. However, it is considered that a strain gauge type is essentially superior to a beam type in terms of instrumental precision. We expect that a special type of strain gauge testing apparatus will be developed to measure the ring crush.

1. ま え が き

JIS P 8126〔板紙の圧縮強さ試験方法（リングクラッシュ法）〕は、段ボール用ライナー及び中しんの品質を圧縮強さにより評価するための試験方法であり、原紙の圧縮強さを知ることにより、その原紙を使用して製造した段ボール箱の圧縮強さを推定することができるため、原紙及び段ボール業界の相方において現在広く用いられている。そのため1977年以降 JIS P 3902（段ボール用ライナー）及び JIS P 3904（段ボール用中しん）に、リングクラッシュ強さ（横方向）が規格化されている。

しかしながら、このリングクラッシュ強さ（以下圧縮強さと言う）の測定には、現在板バネ式試験機が多

く用いられており、これの機差による誤差が10%以上あるとされ、問題となってきた。

最近、一部で圧縮強さの測定に、比較的精度の良いストレンゲージ式試験機が用いられているので、今回日本製紙連合会ライナー技術委員会では、リングクラッシュ小委員会を設置し、ストレンゲージ式を主に、圧縮試験機の機差及び測定誤差について検討を行った。

2. 試験方法及び結果

これまでの調査によると、圧縮試験機の誤差要因は、

- (1) 機差要因として、可動圧縮板の方式（固定、フリー、両者兼用）、板バネの支持方法、板バネの選択、試験片切断用具及び試験片支持具の精度など
- (2) 測定誤差要因として、試験片切断方法、支持具

Table 1 Comparison of compression testing apparatus

<div><div></div><div></div><div></div></div>	Specimen	A-Grade Liner 220 g/m ²			A-Grade Liner 280 g/m ²			A-Grade Liner 320 g/m ²		
	apparatus	Beam Type	Strain Gauge Type		Beam Type	Strain Gauge Type		Beam Type	Strain Gauge Type	
	Specimen Holder	Old		New	Old		New	Old		New
Compressive Strength (kgf)		35.8	36.8	38.1	44.1	46.0	45.9	55.1	56.6	56.8
Time-to-Crushing (sec)		9~11	2~3		5~6	2~3		5~6	2~3	

Note : Compression speed : 10 mm/min (Strain Gauge Type)

Used beam capacity : 50 kgf and 150 kgf

の中子の選択, 試験機に試験片をセットするときの試験片の合せ目の位置, 試験片の水分などがあげられ, これらの誤差要因については折にふれ対策が検討されてきたが, 機差及び測定誤差解消の決め手となるべき手がかりは, 依然としてつかめぬままであった。

そこで機差要因に焦点をしばり, 問題の端緒をつかむべく予備試験を行った。

2.1 予備試験

予備試験は

- (1) ストレンゲージ式と板バネ式試験機の比較
- (2) 圧縮速度と圧縮強さの関係
- (3) 圧かい時間と圧縮強さの関係

等のは握を目的とし, A社において実施した。

2.1.1 使用試験機

(1) ストレンゲージ式試験機: ボールドウィン UT M-3-100

(2) 板バネ式試験機: 東洋精機リングクラッシュ試験機

2.1.2 試験片支持具: 新品, 旧品

2.1.3 試験試料

C級ライナー 190 g/m², A級ライナー 220 g/m², A級ライナー 280 g/m², B級ライナー 300 g/m², A級ライナー 320 g/m²。

2.1.4 測定回数

横方向のみ 20 回 (表外側, 裏外側それぞれ 10 回)

2.1.5 項目別試験結果の検討

2.1.5.1 ストレンゲージ式と板バネ式試験機の比較

1) 両試験機ともごく普通の状態で行ったが, ストレンゲージ式の方が高い圧縮強さが得られた。

2) 同一試験機 (ストレンゲージ式) で, 試験片支持具に新品を用いた場合と, 長時間使用し, 若干摩擦

Fig. 1 Comparison of compressive strength between strain gauge type and beam type of testing apparatus, and influence of specimen holder

Fig. 2 Comparison of time-to-crushing

していると思われる旧品を用いた場合とでは, A級ライナー 220 g/m² についてのみ前者が高い圧縮強さを

Table 2 Relation between compression speed and compressive strength

Specimen	A-Grade Liner 220 g/m ²			A-Grade Liner 280 g/m ²			A-Grade Liner 320 g/m ²		
	5	10	20	5	10	20	5	10	20
Compression Speed (mm/min)									
Compressive Strength (kgf)	34.3	36.7	36.2	45.5	47.2	47.9	55.6	57.9	58.9
Time-to-Crushing (sec)	3	2	1.3	3.5	2.5	2	4	3	2

Note : Used Strain Gauge Type

Fig. 3 Relation between compression speed and compressive strength (Strain Gauge Type)

示したが、他の試料では両者の差は明確でなかった。

3) ストレンゲージ式の圧縮速度 10 mm/min, 板バネ式の圧縮速度 12.7 mm/min の場合、同一ロットの試料でも圧かい時間にはかなりの差が認められた。

2.1.5.2 圧縮速度と圧縮強さの関係

ストレンゲージ式試験機を用い圧縮速度を変えた場

Fig. 4 Relation between compression speed and time-to-crushing

合,

1) ストレンゲージ式試験機を用い圧縮速度 5~20 mm/min をに変えた場合、A級ライナー 220 g/m² を除き、圧縮速度が早い程圧縮強さは高くなる傾向を示した。

2) 圧かい時間は、圧縮速度と反比例して短くなった。

3) 圧縮速度と圧縮強さには、傾向的に相関が認められる。

2.1.5.3 圧かい時間と圧縮強さの関係

1) ストレンゲージ式の圧縮速度を 5 mm/min に設

Table 3 Relation between compressive strength and time-to-crushing (I)

Specimen	A-Grade Liner 220 g/m ²			A-Grade Liner 280 g/m ²		
	Beam Type		Strain Gauge Type	Beam Type		Strain Gauge Type
	50 kgf	250 kgf		150 kgf	250 kgf	
Compressive Strength (kgf)	34.5	35.2	5 mm/min	45.8	46.4	5 mm/min
Time-to-Crushing (sec)	9~11	3~3.5	3	5~6	4	3~4

2.2.1.2 圧縮試験機

ストレンゲージ式及び板バネ式（第2回試験のみ）とした。

2.2.1.3 試験方法及び報告事項

1) 測定回数は、横方向のみ20回（表外側、裏外側それぞれ10回）とした。

2) 測定値については、平均値、標準偏差及び変動係数を算出した。

3) 試験片の圧かい時間を測定した。

4) 試験片の水分を測定した（圧縮試験終了後の試験片を使用）。

5) 試験機の型式、容量及びメーカー名

6) 圧縮速度

7) 荷重の検定方法（おもり、検力計）

8) 検力計の容量、メーカー名

9) 上下圧縮板の平行度の測定と修正（第2回試験のみ）

10) 改良試験片支持具の使用（第2回試験のみ）

11) 支持具の中子の選択統一（第2回試験のみ）

	試験片	中子
申しん	125 g/m ² , 160 g/m ²	0.2~0.3
ライナー	C級 190 g/m ²	0.2~0.3
ライナー	A級 220 g/m ²	0.3~0.4
ライナー	B級 300 g/m ²	0.4~0.5

備考：中子の数値は紙厚を表わし、試験の際試料の厚さによってこれに合った中子を選択する。

12) 板バネ式試験機の板バネの種類は、原則として0~100 kgf 容量を使用した。

2.2.1.4 試験場所

工業技術院製品科学研究所

全国農業協同組合連合会農業技術センター

大昭和製紙株式会社中央研究所

高崎製紙株式会社研究所

東海パルプ株式会社

本州製紙株式会社中央研究所

福岡製紙株式会社技術本部

レンゴー株式会社中央研究所

2.2.2 試験結果

前記の実施要領で行った試験の結果は表5, 6, 7, 8, 図7, 8, 9, 10のとおりであり、これにより次のことが考えられる。

2.2.2.1 第1回試験結果について

1) 理論的に精度が良いと考えられていたストレンゲージ式試験機を用いて、既知の誤差要因をできるだけ除いて試験を行ったが、各試験場所間のバラツキは意外に大きく、最大、最小の差は25%に及んだ。

2) 試験片の圧かい時間は、各試験場所でかなりの差があり、圧縮速度の差（10 mm/min と 12.7 mm/min）以外に他の要因の影響がある。

3) 試験片支持具の中子の使用が各社まちまちであり、これによる誤差が影響していることが考えられる。

4) アルミニウムはく試験片は、取扱い上などに問題があり、そのためか測定値のバラツキが大きく、期待したほど良い結果が得られなかった。

などが認められたが、このうち、試験片の圧かい時間の差について種々検討した結果、圧縮試験機の上下圧縮板の平行度の良否が新たに機差要因としてクローズアップされた。

従来、上下圧縮板の平行度については、可動する圧縮板（上部）を固定したり、試験片をセットする際に、試験片の合せ目の位置を選ぶなど、間接的には対策がとられてきた。

その理由としては、上下圧縮板の平行度が不良の場合には、試験片に圧縮荷重が不均一にかかるため、平行度が良好な場合、又は修正を行った場合より、圧かい時間は長くなり、圧縮強さは低くなることによる。

しかしながら、手軽に平行度を測定する方法がなかったこともあり、それ以上追究することもなく今日に至っている。

2.2.2.2 第2回試験結果について

第1回の試験結果にもとづき次の点を検討した後、第2回試験を実施した。

1) 圧縮試験機専用の圧縮板平行度測定用専用ダイヤルゲージを試作し、これによって平行度の修正を行うこととした。

圧縮試験機上下圧縮板の平行度を検定する方法としては、専用ダイヤルゲージを圧縮板の中央に置き、ゲージ目盛を0となるように調整した後、前後、左右4点について平行度を測定し、平行度に著しい差異が認められた場合には、アルミ箔等を使用して無荷重の状態及び10~20 kg 荷重をかけた状態における圧縮板平行度の修正を行った。

2) 現行の試験片支持具は（図6）円形支持具Aが一体物の加工仕上げを行っている関係からaの部分直角でなく、従って測定精度に悪影響を及ぼしていることが考えられるので、aの部分直角になるようなかん合式の改良型支持具を試作し、試験を行った。

3) 平行度の問題は板バネ式試験機についても当然問題であるので、第2回試験においては板バネ式試験機についても比較を行った。

a) 平行度の測定及び修正結果

圧縮試験機の上下圧縮板の平行度は程度の差こそあ

Table 5 Results for each testing location of

Testing Locations	Specimen Item	Corrugating Medium 125 g/m ²				Corrugating Medium 160 g/m ²				C-Grade Liner 220 g/m ²			
		Means kgf	C. V. %	Time sec	Moist. %	Means kgf	C. V. %	Time sec	Moist. %	Means kgf	C. V. %	Time sec	Moist. %
	A	17.7	9.7	—	8.5	24.8	4.4	—	8.5	38.0	3.1	—	8.7
	B	17.3	5.4	0.8	9.0	25.0	3.6	1.0	8.7	37.5	3.6	1.1	8.8
	C	16.2	7.4	0.8	9.0	24.5	3.5	0.9	8.8	38.1	2.4	1.2	8.8
	D	16.5	7.6	1.2	9.6	23.6	3.2	1.4	9.5	34.3	3.3	1.6	9.4
	E	16.0	5.5	3.3	6.8	23.5	3.5	3.4	7.6	35.1	3.9	3.7	7.8
	F	15.0	9.5	1.5	9.3	23.2	4.2	1.9	9.2	35.2	3.9	2.5	9.3
	G	13.7	6.6	1.5~2.2	8.0	20.7	5.0	1.8~2.2	7.9	32.8	5.1	1.8~2.0	8.2
	H	12.2	5.7	1.8	9.3	19.0	7.4	1.8	9.0	31.2	5.9	2.8	9.0
	$\bar{x}$	15.6	7.2	1.6	8.7	23.0	4.4	1.8	8.7	35.3	3.9	2.1	8.7
	σ	1.86				2.12				2.51			

Reference : Testing apparatus maker and apparatus type by laboratories

A : Baldwin UTM-1-2500

B : Baldwin 200 kgf Degital Type

E : Baldwin UTM-1-500

F : Toyo Seiki Stograph P

Table 6 Kind of specimen holder disk and beam capacity

Testing Locations	Specimen Item	Corrugating Medium 125 g/m ²		Corrugating Medium 160 g/m ²		C-Grade Liner 220 g/m ²		A-Grade Liner 220 g/m ²		B-Grade Liner 300 g/m ²		Aluminum Foil 100 μ m	
		Kind of Disk	Beam Capacity	Kind of Disk	Beam Capacity	Kind of Disk	Beam Capacity	Kind of Disk	Beam Capacity	Kind of Disk	Beam Capacity	Kind of Disk	Beam Capacity
	A	0.175 ~0.32	50 kgf	0.175 ~0.32	50 kgf	0.25 ~0.4	100 kgf	0.25 ~0.4	100 kgf	0.25 ~0.4	100 kgf	0.1 ~0.15	—
	B	0.4	100 "	0.4	100 "	0.55	100 "	0.55	100 "	0.55	100 "	0.2	100 kgf
	C	0.2 ~0.3	50 "	0.2 ~0.3	50 "	0.2 ~0.3	100 "	0.2 ~0.3	100 "	0.3 ~0.4	100 "	0.1 ~0.15	—
	D	0.2 ~0.3	340 "	0.3 ~0.4	340 "	0.3 ~0.4	340 "	0.3 ~0.4	340 "	0.4 ~0.5	340 "	—	—
	E	0.175 ~0.32	100 "	0.175 ~0.32	100 "	0.25 ~0.4	100 "	0.175 ~0.32	100 "	0.25 ~0.4	100 "	—	—
	F	0.2 ~0.3	50 "	0.2 ~0.3	50 "	0.3 ~0.4	50 "	0.3 ~0.4	50 "	0.4 ~0.5	100 "	0.1 ~0.15	50 "
	G	0.2 ~0.3	50 "	0.2 ~0.3	50 "	0.3 ~0.4	50 "	0.3 ~0.4	50 "	0.3 ~0.4	150 "	0.1 ~0.15	50 "
	H	0.2 ~0.3	—	0.3 ~0.4	—	0.3 ~0.4	—	0.3 ~0.4	—	0.4 ~0.5	—	0.1 ~0.15	—

Note : Figures of disk columns mean the thickness of paperboard

laboratories (Primary Experiment)

A-Grade Liner 220 g/m ²				B-Grade Liner 300 g/m ²				Aluminum Foil 0.01 mm			Reference	
Means kgf	C. V. %	Time sec	Moist. %	Means kgf	C. V. %	Time sec	Moist. %	Means kgf	C. V. %	Time sec	Speed mm/min	Check Method
42.0	3.1	—	8.9	69.9	4.3	—	8.5	23.2	12.9	—	10.0	Weight
41.5	4.4	1.1	9.0	69.8	2.4	1.3	9.0	22.9	14.5	0.8	12.6	"
41.2	2.0	1.2	8.9	68.4	2.5	1.5	8.8	21.8	7.5	0.8	12.7	"
37.2	3.2	1.6	9.8	61.2	2.6	1.9	9.9	24.8	10.7	—	10.0	Weight & Box
37.8	3.1	3.7	7.6	—	—	—	8.3	—	—	—	12.5	Weight
38.4	4.2	2.7	9.4	58.6	7.1	3.9	9.4	22.3	10.5	1.9	10.0	"
36.2	4.6	1.6~2.2	8.0	60.0	5.7	1.8	8.2	17.9	29.5	2.5	10.0	"
31.6	6.4	2.8	9.2	58.7	7.8	3.0	9.0	19.2	10.7	1.8	12.7	"
38.2	3.9	2.1	8.9	63.8	4.6	2.2	8.9	21.7	13.8	1.6		
3.45				5.30								

C : Baldwin UTM-3-100

D : Baldwin UTM-3-100

G : Baldwin UTM-3-100

H : Shimazu IS-200

Fig. 5 Dial gauge to examine the parallel level of two compression platens

れ、そのほとんどが修正を必要とするのが現状である。しかし、その平行度の修正は困難なものであり、一部の試験場所では期待された程の成果は得られなかった。

b) 圧縮強さ試験結果

結果は表 8 の通りで、ストレンゲージ式試験機にお

Fig. 6 Specimen holder

いては各試験場所間の圧縮強さ及び圧かい時間のバラツキは第 1 回試験結果に比して小さくなっており、機差は減少する傾向となった。

板バネ式試験機においては各試験場所間の圧縮強さのバラツキは、過去（昭和 46 年発表）の試験結果と比較して飛躍的に小さくなっており、平行度修正の成果は顕著であった。

これらの結果により機差減少については平行度修正が大きく寄与したといえよう。

3. む す び

予備試験をもとにして前後 2 回にわたり圧縮強さ試験における機差の検討試験を実施した結果、図 11 に示される機差要因の中で平行度が重要な因子であることが確認された。

残された課題として、いかに平行度を修正するかの

Table 7 Checked results of parallel level

(Unit : mm)

apparatus		Strain Gauge Type							
Testing Locations	Item	Unload				Load			
		before Adjustment		after Adjustment		before Adjustment		after Adjustment	
B		0	0	0.2	0.25	0	0	0.25	0.2
D		0	-4	+3	+8	0	+2	+3.5	+2
E		0	+1	0	-1	0	+0.5	-0.5	-0.5
F		0	+20	-22	-28	0	-0.5	+0.5	-0.5
G		0	0	+2.0	+3.5	0	0	0	-0.5
		10 kgf Load				0			
		0				0			
		0.2				0.25			
		0.25				0.25			
		20 kgf Load				0			
		0				0			
		-4				+4			
		+8				+8			
		20 kgf Load				0			
		0				0			
		+0.5				+0.5			
		+0.5				-1			
		10 kgf Load				0			
		0				0			
		-2				+4			
		+3				+3			
		10 kgf Load				0			
		0				0			
		0				0			
		-0.5				-0.5			

apparatus		Beam Type							
Testing Locations	Item	Unload				Load			
		before Adjustment		after Adjustment		before Adjustment		after Adjustment	
B		1	1	0	0	1	1	0	0
D		—	—	—	—	—	—	—	—
E		0	-1	-3.5	-5	0	-0.5	-2	-2
F		0	-13.5	-2.5	+14.5	0	0	+0.5	0
G		0	-1	0	0	0	0	+1	+2
		10 kgf Load				0			
		0				0			
		3				3			
		0				0			
		3				3			
		20 kgf Load				0			
		0				0			
		-2				-1.5			
		-2				-2			
		10 kgf Load				0			
		0				0			
		+5				+1			
		-3				-3			
		10 kgf Load				0			
		0				0			
		-0.5				-1			
		-2				-2

Fig. 7 Difference of compressive strengths between 8 testing locations (Secondary Experiment) **Fig. 8** Comparison of compressive strength and time-to-crushing (Secondary Experiment) (Strain Gauge Type)

Table 8 Results for each testing location of laboratories (Secondary Experiment)

Testing locations	Specimen	Corrugating Medium 125 g/m ²				Corrugating Medium 160 g/m ²				C-Grade Liner 190 g/m ²				A-Grade Liner 220 g/m ²				B-Grade Liner 300 g/m ²			
		Means		Time		Means		Time		Means		Time		Means		Time		Means		Time	
		kgf	%	C.V.	sec	kgf	%	C.V.	sec	kgf	%	C.V.	sec	kgf	%	C.V.	sec	kgf	%	C.V.	sec
Strain Gauge Type	A	20.0	6.3	—	8.4	29.8	4.4	—	8.4	30.1	3.0	—	8.5	39.3	2.3	—	8.9	67.5	2.3	—	8.2
	B	21.3	4.0	0.8	8.3	32.1	3.9	1.0	8.5	—	—	—	—	43.9	3.3	1.1	8.5	74.2	3.3	1.3	8.6
	C	17.6	7.2	0.8	9.1	28.0	5.0	1.0	8.7	29.5	3.4	1.0	8.6	38.4	3.8	1.2	9.4	66.3	2.8	1.6	8.9
	D	19.0	4.0	1.0	—	28.2	3.4	1.2	—	28.4	3.2	1.3	—	36.0	3.8	1.6	—	61.4	2.6	2.0	—
	E	20.4	5.5	0.6	8.7	31.5	6.2	0.8	8.6	30.1	4.2	0.8	8.6	39.5	5.4	0.8	8.8	68.6	3.7	1.1	8.6
	F	20.0	6.2	0.8	8.8	29.4	3.8	1.1	8.9	30.1	4.4	1.1	8.6	39.3	3.2	1.2	9.5	68.4	2.7	1.9	9.1
	G	20.6	4.2	0.8	8.7	32.0	4.4	1.2	8.5	32.9	4.0	1.3	7.9	43.0	5.2	1.4	8.7	72.4	3.0	1.9	8.8
	H	18.5	5.5	0.8	—	29.2	7.4	1.3	—	30.3	10.1	1.3	—	40.6	5.2	1.4	—	65.1	9.8	1.9	—
	$\bar{x}$	19.7	5.5	0.8	8.7	30.0	4.8	1.1	8.6	30.2	4.6	1.1	8.4	40.0	4.0	1.2	9.0	68.0	3.8	1.7	8.7
	δ	0.95				1.64				13.6				2.52				4.02			

Testing locations	Specimen	Corrugating Medium 125 g/m ²				Corrugating Medium 160 g/m ²				A-Grade Liner 220 g/m ²				B-Grade Liner 300 g/m ²				Reference			
		Means		Time		Means		Time		Means		Time		Means		Time		Testing apparatus		Beam Capacity	
		kgf	%	C.V.	sec	kgf	%	C.V.	sec	kgf	%	C.V.	sec	kgf	%	C.V.	sec	Maker	kgf		
Beam Type	A	20.0	5.5	—	31.1	4.0	—	31.7	2.6	—	40.2	2.9	—	65.0	2.8	—	—	Toyo Tester	100		
	B	19.7	3.6	3.5	27.9	4.4	4.3	—	—	—	36.0	5.2	5.8	61.4	2.8	8.5	8.5	Toyo Seiki	—		
	C	20.1	4.9	5.6	30.1	3.2	6.7	31.5	2.0	6.9	40.1	2.6	8.0	66.7	3.5	10.8	10.8	Toyo Seiki	100		
	D	19.1	5.0	3.8	27.6	3.2	4.8	28.2	3.3	5.0	34.5	4.1	5.7	58.6	4.2	8.8	8.8	T.M.I	340		
	E	18.6	4.6	3.5	29.0	3.7	4.6	29.3	3.4	4.7	37.3	4.1	5.4	63.0	4.8	7.9	7.9	Tozai Seiki	—		
	F	18.7	5.4	2.8	29.4	3.5	4.0	31.0	3.3	4.3	39.3	4.3	5.1	67.1	2.7	7.8	7.8	Toyo Seiki	100		
	G	18.1	3.2	3.1	29.3	4.4	3.9	29.9	6.0	4.0	40.0	2.9	4.5	70.3	3.4	6.6	6.6	Toyo Seiki	150		
	$\bar{x}$	19.2	4.6	3.7	29.2	3.8	4.7	30.3	3.4	5.0	38.2	3.7	5.8	64.6	3.4	8.4	8.4				
	δ	0.77			1.21		1.38			2.29			3.92								

Reference : Test results published in June, 1971

	C-Grade Liner 190 g/m ²	B-Grade Liner 230 g/m ²	A-Grade Liner 220 g/m ²	B-Grade Liner 330 g/m ²
$\bar{x}$	19.9 kgf	29.3 kgf	35.5 kgf	43.6 kgf
Max.	22.9 "	32.5 "	40.4 "	47.5 "
Min.	14.2 "	22.8 "	29.2 "	41.7 "
δ	3.00	2.77	10.5	9.23

Fig. 9 Comparison of compressive strength and time-to-crushing (Secondary Experiment) (Beam Type)

Fig. 10 Relation of compressive strength between Strain Gauge Type and Beam Type of testing apparatus

Fig. 11 Factors of error in the ring crush test

問題がある。このために現在、平行度修正治具等について検討を行っている。

また、今回の試験でストレングージ式の方が板バネ式に比して各試験場所のバラツキ（機差）が大きいという結果が得られたことは意外であった。

これはほとんどが引張り試験を主たる目的としたストレングージ式試験機を用いたため、良く管理された板バネ式圧縮試験機にバラツキの点で一步護ったもの

と考えられる。

従って今後は理論的にいえば、板バネ式よりも精度が良いと考えられるストレングージ式を用いた単能機の開発が望まれる。

最後に今回の試験実施にあたり、平行度測定用ダイヤルゲージ及び改良型試験片支持具を試作するなど終始ご協力下された日本 T. M. C. 株式会社古川史男氏に対し感謝の意を表する。（受理 54. 7. 26）