(昭和 28 年 11 月造船協会秋季講演会に於て講演)

溶接による角変化に及ぼすストロング バックの影響について

正員 工学士 佐 倉 正 一

Abstract

The Effect of Strong Back to the Angular Distortion caused
by Electric Welding

By Shoichi Sakura, *Kogakushi, Member*

Generally, in the effect of Strong Back to the angular distortion, four factors as below mentioned are to be considered.

- (1) Measure (thickness and size of Strong Back)
- (2) Type
- (3) Pitch (distance of Strong Back)
- (4) Initial constraining force

In this experiment, by defining the measure and type and changing the pitch and initial constraining force systematically, the author investigated how these factors have an effect on the angular distortion principally and also the allowable range of angular distortion on the sense of beauty.

As the result, the matters ascertained are to be enumerated as follows.

- (1) The pitch and initial constraining force of Strong Back have the close connection with the angular distortion.
- (2) In the removal of Strong Back after perfect cooling, the angular distortion increase almost equally along the welding bead.
- (3) The decrease percentage of angular distortion by back welding is that in the first pass is larger than in the second pass.
- (4) The allowable range of angular distortion on the sense of beauty for the gauge distance of 100 mm is considered to be 0.015 radian in maximum.
- (5) If the thickness of base metal, the measure and type of Strong Back and the shape of edge are same as those in this experiment, the result is to be applicable actually.
- (6) The load to be added to the Strong Back when welding was ascertained in quantity.

I. 緒 言

近来、船殻構造に於て、急速な溶接使用率の向上を見、現場工作に於ては歪の防止上、Strong Back の使用方法が重要な関心事になつて来た。それにも拘らず、現在はその扱い方が確立されて居らず、採用して居る type が工場によつて違つて居り、統一されて居ない実状である。それは、現在 Strong Back の性能が十分に判つて居なかつたからで、今後 Strong Back の規格の統一化を行う場合、その一助に資する為、此の実験を行つた。そこで、Strong Back の性能を考える場合

- 1) 寸法 (板厚及大きさ)
- 2) type (馬の数等)
- 3) pitch
- 4) 初期拘束力

factor として、以上の四つが考えられる。

本実験では、寸法及び type は一定とし、pitch 及び初期拘束力を種々系統的に変えて、それらの factor が、主に角変化に与える影響を調べ、併せて角変化の美観上の許容範囲を調査した。

II. 実験方法

(1) 実験装置

a) 試験片寸法及び開先形状を第1図に示す。

第1図 試験片

b) Strong Back 寸法を第2図に示す。本図に示すナットにより初期拘束力を加減した。

第2図 Strong Back

c) load 計測用リング

第3図に示す様なリングを製作し、リングの中央に於ける撓みと荷重が直線関係にある事を利用して、実験中、撓みを dial gauge で読む事により、初期拘束力及び溶接による load の変化を知った。尚、撓み-荷重線図は、実験の前に、アムスラー試験機にかけて、作製して置いた。(第4図)

第3図 Load 計測用リング

第4図

リング撓み-荷重線図

(2) 実験条件及記号

本実験は Strong Back の初期拘束力及び Pitch の変化が角変化に及ぼす影響を見るのが主目的であるので、それ以外の条件はなるべく一定とした。実験記号と条件を第1表に示す。結局19種類の実験を行つたことになる。

第1表 実験条件

実験記号	Strong Back Pitch	初期荷重	Strong back 配置	備 考	
0 0	S.B 無し				
4 1-1	400 ^m	0.5 ^{ton}		角変化は計測せず	
4 2-1	〃	1.5			
4 3-1	〃	2.5			
6 1-1	600	0.5		42-1に同じ	
6 2-1	〃	1.5			
6 3-1	〃	2.5			
8 1-1	800	0.5		42-1に同じ	
8 2-1	〃	1.5			
8 3-1	〃	2.5			
10 1-1	1000	0.5		42-1に同じ	
10 2-1	〃	1.5			
10 3-1	〃	2.5			
4 1-2	400	0.5	41-1に同じ	現場の実際の条件に合ふ、 特に strong back に初期 拘束力と戻り力、リニア 変形と戻り力 S.B と戻り力の 同様のもの。	
6 0-2	600	0	61-1に同じ		
6 2-2	〃	1.5			
8 0-2	800	0	81-1に同じ		
8 2-2	〃	1.5			
8 3-2	〃	2.5			

下記の事項は一定とした。

試験片寸法、板厚

開先形状、root gap

Strong Back の寸法

Strong Back の寸法は角変化に影響する重要な条件と考えられるが本実験では一定とし、計測される荷重を利用して逆に強度上の解析に資する事にした。その為、成るべく攪まない丈夫な寸法を採んだ。

溶接条件

電流及び溶接速度を成るべく一定とする為特定の溶接工に作業をさせ、溶接棒は B-17 5 mmφ を使用し、溶接法はすべて Straight bead 直進法とした。

(3) 計測要領

a) 溶接中二層毎に、接手の Strong Back の位置及びその間は 100 mm 間隔の位置、合計一つの試験片に付き 23 ケ所の計測位置にて角変化を計測した。計測方法は 100 mm の gauge 間に定規を当て、第 5 図の A、B の場所で隙見ゲージにより隙を測り両者を平均した。

此の方法は相当、個人誤差が出る懼れがあるので特定の人に計測させたが、然し、相当に注意して計測すれば、ノギスで板の表裏の収縮を計りその差を板厚で除してφを算出する方法よりは精度が高い様に思われる。

b) 横収縮も角変化と同じ計測位置で、2 層毎に板の表裏の収縮 S_A , S_B を計測し、次の式で算出した。

$$S_M = \frac{S_A + S_B}{2}$$

c) dial gauge を各層毎に読んだ。

d) その他、各層毎に、電流及び溶接速度を記録した。

e) 表溶接 (10 層) 終了後、Strong Back を解放除去し、back chipping を行い、裏溶接に就いても、表溶接と同様の計測を行った。

第 5 図

III. 実験結果及其の考察

(1) 溶接結果

溶接中、電流及び溶接速度はなるべく一定にする様、絶えず注意したが、結果としては、下記の通り多少の変動を見て居り

電流 $i = 215 \sim 230$ amp.
 溶接速度 $v = 0.38 \sim 0.48$ cm/sec } 2~8層及裏2層

特に, 9, 10 及び裏1層は上記一般の値と相当異つて居る。

$i = 205 \sim 220$ amp.

$v = 0.30$ cm/sec 前後...9, 10 層

$0.60 \sim 0.70$ cm/sec...裏1層

然し, 一方, 之等と溶着量との関係を見ると, 第6図に示す一例の様に之等三者の間には或る一定の関係がある様なので, 実験結果の解析では, 溶着量と角変化の関係を見る事にした。

(2) 角変化の計測結果及其の解析

a) 先ず角変化の量は, 溶接前を零とした時の変化量を ϕ なる角度にて表わし, 第7図に示す様に符号を決める。(ϕ は rad)

此の ϕ を計測位置に沿つて画くと, 第8図に示す一例の様に Strong Back の位置にて最小となり, Strong Back 間中央にて一般に

最大となる波型のカーブを得る。そこで第8図の様に Strong Back を3カ使用した場合は二つの波があり (pitch=400 の場合は四つの波) 山と山, 谷と谷の対称位置の ϕ を較べると, 殆んど同一の値を示して居る。

第9図

即ち, ϕ は溶接方向には無関係なものとして, 対称位置の ϕ を夫々平均し, その平均値を以つて計測値とする。(例えば計測位置 4.12 及 20, 8 及 16, 6, 10, 14 及 18...) その時は, Strong Back を両端とした一つの波が得られるが, 之を球帯函数を用いて, 最小自乗法により近似的に Parabola で表わす事にする。

即ち第9図に示す様に溶接方向に x をとり, Strong Back 位置に於いて

$$x = \pm 1$$

Strong Back 間中央にて, $x = 0$ とした場合 $\phi(x)$ を

$$\phi(x) = \sum_{n=0}^n a_n p_n(x)$$

$p_n(x)$: 1st king legendrés function

をとすると、此の場合、近似的には2次の Parabola で十分なので、

$$\varphi(x) = a_0 p_0(x) + a_1 p_1(x) + a_2 p_2(x)$$

係数, a_0 a_1 a_2 は

第10図
No.00 角変化曲線

第2-1表 角変化

実験記号	41-1	43-1	61-1	63-1	81-1
2層	$\varphi(x)$	$0.0008-0.0005x^2$	$0.0014-0.0003x^2$	$0.0024-0.0006x^2$	$0.0013-0.0008x^2$
	φ_m	0.0010	0.0006	0.0013	0.0022
4層	$\varphi(x)$	$0.0039-0.0015x^2$	$0.0034-0.0027x^2$	$0.0048-0.0015x^2$	$0.0054-0.0030x^2$
	φ_m	0.0034	0.0025	0.0043	0.0044
6層	$\varphi(x)$	$0.0113-0.0020x^2$	$0.0091-0.0025x^2$	$0.0189-0.0126x^2$	$0.0128-0.0099x^2$
	φ_m	0.0106	0.0083	0.0147	0.0095
8層	$\varphi(x)$	$0.0180-0.0011x^2$	$0.0146-0.0036x^2$	$0.0271-0.0129x^2$	$0.0215-0.0119x^2$
	φ_m	0.0176	0.0134	0.0228	0.0175
10層	$\varphi(x)$	$0.0230-0.0017x^2$	$0.0191-0.0047x^2$	$0.0315-0.0125x^2$	$0.0267-0.0140x^2$
	φ_m	0.0224	0.0175	0.0273	0.0220
50層	$\varphi(x)$	$0.0259-0.0023x^2$	$0.0233-0.0044x^2$	$0.0332-0.0117x^2$	$0.0295-0.0149x^2$
	φ_m	0.0251	0.0218	0.0293	0.0245
表1層	$\varphi(x)$	$0.0212-0.0038x^2$	$0.0150-0.0024x^2$	$0.0278-0.0074x^2$	$0.0225-0.0087x^2$
	φ_m	0.0199	0.0122	0.0253	0.0196
表2層	$\varphi(x)$	$0.0178-0.0017x^2$	$0.0090-0.0012x^2$	$0.0219-0.0050x^2$	$0.0183-0.0059x^2$
	φ_m	0.0168	0.0086	0.0202	0.0153

第2-2表 角変化

実験記号	83-1	101-1	103-1	41-2	60-2
2層	$\varphi(x)$	$0.0029-0.0020x^2$	$0.0032-0.0025x^2$	$0.0029-0.0024x^2$	$0.0019-0.0006x^2$
	φ_m	0.0022	0.0024	0.0021	0.0008
4層	$\varphi(x)$	$0.0078-0.0066x^2$	$0.0099-0.0069x^2$	$0.0099-0.0074x^2$	$0.0037-0.0021x^2$
	φ_m	0.0056	0.0076	0.0073	0.0030
6層	$\varphi(x)$	$0.0176-0.0129x^2$	$0.0186-0.0089x^2$	$0.0185-0.0099x^2$	$0.0110-0.0038x^2$
	φ_m	0.0133	0.0156	0.0152	0.0097
8層	$\varphi(x)$	$0.0256-0.0182x^2$	$0.0305-0.0179x^2$	$0.0292-0.0189x^2$	$0.0146-0.0036x^2$
	φ_m	0.0195	0.0245	0.0229	0.0134
10層	$\varphi(x)$	$0.0300-0.0189x^2$	$0.0388-0.0197x^2$	$0.0367-0.0222x^2$	$0.0172-0.0050x^2$
	φ_m	0.0237	0.0322	0.0293	0.0157
50層	$\varphi(x)$	$0.0336-0.0186x^2$	$0.0398-0.0168x^2$	$0.0414-0.0210x^2$	$0.0226-0.0054x^2$
	φ_m	0.0274	0.0342	0.0344	0.0208
表1層	$\varphi(x)$	$0.0291-0.0171x^2$	$0.0352-0.0140x^2$	$0.0308-0.0175x^2$	$0.0151-0.0060x^2$
	φ_m	0.0234	0.0305	0.0250	0.0131
表2層	$\varphi(x)$	$0.0223-0.0165x^2$	$0.0293-0.0125x^2$	$0.0247-0.0155x^2$	$0.0099-0.0056x^2$
	φ_m	0.0158	0.0251	0.0195	0.0083

$$a_n = \frac{2n+1}{2} \int_{-1}^1 p_n(x) \varphi'(x) dx \quad n=0.1.2. \quad \varphi'(x) \text{ は計測値}$$

之を近似積分で解く事により、比較的簡単に係数が決まる。此の様にして算出した近似的な曲線を、第2表及第11図に示す。尚 $\varphi(x)$ の平均値を φ_M とすれば、

$$\varphi_M = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 \varphi(x) dx$$

尚、試験記号00は第10図の様になり計測位置に沿つて φ は多少変動して居るが、特別の意味が認められない

第2-3表 角変化

実験記号	62-2	80-2	82-2	83-2
2層	$\varphi(x)$ 0.0015 - 0.0012 x^2	$\varphi(x)$ 0.0010 - 0.0005 x^2	$\varphi(x)$ 0.0007 - 0.0002 x^2	$\varphi(x)$ 0.0008 - 0.0003 x^2
	φ_M 0.0011	0.0008	0.0006	0.0007
4層	$\varphi(x)$ 0.0038 - 0.0035 x^2	$\varphi(x)$ 0.0055 - 0.0053 x^2	$\varphi(x)$ 0.0038 - 0.0035 x^2	$\varphi(x)$ 0.0031 - 0.0029 x^2
	φ_M 0.0026	0.0037	0.0026	0.0021
6層	$\varphi(x)$ 0.0094 - 0.0077 x^2	$\varphi(x)$ 0.0131 - 0.0062 x^2	$\varphi(x)$ 0.0109 - 0.0080 x^2	$\varphi(x)$ 0.0131 - 0.0125 x^2
	φ_M 0.0068	0.0110	0.0082	0.0089
8層	$\varphi(x)$ 0.0172 - 0.0102 x^2	$\varphi(x)$ 0.0221 - 0.0101 x^2	$\varphi(x)$ 0.0209 - 0.0158 x^2	$\varphi(x)$ 0.0194 - 0.0129 x^2
	φ_M 0.0138	0.0187	0.0156	0.0151
10層	$\varphi(x)$ 0.0225 - 0.0132 x^2	$\varphi(x)$ 0.0273 - 0.0138 x^2	$\varphi(x)$ 0.0277 - 0.0201 x^2	$\varphi(x)$ 0.0231 - 0.0152 x^2
	φ_M 0.0181	0.0227	0.0210	0.0180
S.D. 解放後	$\varphi(x)$ 0.0243 - 0.0101 x^2	$\varphi(x)$ 0.0307 - 0.0155 x^2	$\varphi(x)$ 0.0291 - 0.0174 x^2	$\varphi(x)$ 0.0268 - 0.0158 x^2
	φ_M 0.0209	0.0255	0.0233	0.0215
管1層	$\varphi(x)$ 0.0196 - 0.0101 x^2	$\varphi(x)$ 0.0243 - 0.0119 x^2	$\varphi(x)$ 0.0215 - 0.0131 x^2	$\varphi(x)$ 0.0217 - 0.0119 x^2
	φ_M 0.0162	0.0203	0.0171	0.0177
管2層	$\varphi(x)$ 0.0163 - 0.0093 x^2	$\varphi(x)$ 0.0184 - 0.0078 x^2	$\varphi(x)$ 0.0180 - 0.0111 x^2	$\varphi(x)$ 0.0142 - 0.0078 x^2
	φ_M 0.0132	0.0158	0.0143	0.0116

第11圖 (其の一)
角変化曲線

第11圖 (其の二)

第11圖 (其の三)

第11圖 (其の四)

第12圖

角変化の平均値と溶着量

ので、平均して ϕ_M を算出した。

b) 角変化と溶着量の関係

角変化の平均値 ϕ_M と全溶着量との関係を

2層→10層→S.B解放→裏2層

の順を追って求めると、第12図のようになる。Strong Back のない00と比較すると、10層目に於て ϕ_M が何れも約 $1/4 \sim 1/5$ に減少して居り、Strong Back の効果が見える。又一般に、4層～6層間で変曲点を有する曲線となつて居りそこで、角変化の増加率が最高である。次に pitch 及び初期拘束力の影響を見ると、pitch が細い程、又、初期拘束力が強い程、角変化が抑制されて居る。pitch に就いては、 ϕ_M と pitch の関係を求めると、第14図のようになる。本図は示す様に、両者の間には、初期拘束力が一定の場合は、直線関係が存在する様である。次に現場の実際の状況に合せた41～2乃至83～2では、pitch が相当粗くても、初期拘束力を適当に強くすれば、角変化は相当に減少して居る。尚、 $\phi(x) = a_0 - a_2 x^2$ とした時、 $\phi(x)$ の最大値 ϕ_0 は $x=0$ の時で $\phi_0 = a_0$ 之は第2表から得られるが、此の ϕ_0 と全溶着量との関係は第13図のようになる。

c) Strong Back 解放による角変化の増加

Strong Back の解放時期は完全冷却後を原則とし

第13図
角変化最大値と溶着量

第14図

31ロングバックのピッチと角変化平均値

たが、必ずしも、之が守れなかつた為か、一定の値を示して居ない。然し、 ϕ_M の増加は大体 0.0035 rad. 前後と考えられる。更に第11図で分る様に、波の形は10層目の夫と大体一致して居る。即ち、

Strong Back を解放した時、角変化は、溶接線の何所でも一様に増加するものと考えられる。

d) 裏溶接と角変化の減少

裏溶接の角変化に与える影響に就いては、裏ハツリの面の深さが問題になる。然し面の深さを一定にする事は、chipping hammer を使用する以上困難なので、実験でも若干深さが変化して居る筈である。そこで裏溶接溶着量の表全溶着量に対する比率(%)を考え、一方、S.B. 解放後の角変化 ϕ_M を起点とした時の ϕ_M の減少量を負号をつけて表わし、両者の関係を試験片全部について調べると、第15図の様になる。- ϕ_M の値は試験片により若干変動して居るが、その範囲は極く僅かなので、1及2層共夫々平均値を以て代表した点と考えると、(図中 A 及 B 点) 実線の様な曲線が得られる。実際も此の様な傾向をたどつて、角変化が減少して行くと考えられるが、2層目よりは1層目の方が、減少率が大きく表溶接の場合と傾向を異にして居る。

第15図

裏溶接による角変化の減少量

試験片により若干変動して居るが、その範囲は極く僅かなので、1及2層共夫々平均値を以て代表した点と考えると、(図中 A 及 B 点) 実線の様な曲線が得られる。実際も此の様な傾向をたどつて、角変化が減少して行くと考えられるが、2層目よりは1層目の方が、減少率が大きく表溶接の場合と傾向を異にして居る。

(3) 横収縮の計測結果

a) 横収縮と溶着量

横収縮の溶接線に沿つての変化は、Strong Back の位置に無関係で、一般に中央が大で両端が小であつ

たが、その差は僅少なので平均する事にした。横収縮と溶着量の関係は第16図の通りで、Strong Back のない 0—0 とその他とでは、前者が収縮が大きく、比較的明瞭に区別が分るが、Strong Back を付けた場合の pitch 初期拘束力等の影響は判然と認められない。之は横収縮に対する拘束としては、別の複雑な要因が入つて居る為と、計測の精度が関係して居る為と考えられる。

b) 横収縮と角変化

第17図は横収縮と角変化の関係を示すもので、両者とも10層目の夫に対する%をとつた。0—0 に比較すると、Strong Back を付けた場合は、横に収縮する割合に角変化が少く(殊に4層附近にて) Strong Back

第16圖
平均横収縮と溶着量

第17圖
角変化と横収縮
各、10層目に対する%を示す。
(其の一)

の影響が認められる。又 pitch の粗い程、0—0 の線に近づく傾向が認められる。(81~1, 83~1, 101~1, 103~1 等)

(4) 拘束力の計測結果

a) 拘束力と溶着量

溶接中の load の変化は第3図に示す dial gauge により各層毎に計測したので、之を第18図に示す。一回の実験に Strong Back を3又は5ヶ使用したので、各回とも使用した S.B. の load の読み全部を合計し

て、中央の S. B. の load の読みと全体の合計との ratio で 2 100 m (溶接線の長さ) を比例配分すると、その時の S. B. の Pitch_s に比較的值がよく一致する。

即ち一例を以て示すと、

82-1		10 層	pitch=800
S. B.	load		
No. 1	4.01 ton		$2.100\text{m} \times \frac{4.72}{12.91} = 768\text{mm}$
2 (中央)	4.72		
3	4.18		
合 計	12.91		

之は、load が pitch に関係があることを暗示するもので、第 18 図中、○印は中央の S. B. の実際の計測値を示し、×印は上記とは逆に pitch と 2.100 m との ratio で全体の合計を比例配分した値を示す。即ち上の例で説明すると、

$$12.91\text{ ton} \times \frac{800}{2,100} = 4.92\text{ ton}$$

第 18 図を見ると此の両者は、pitch=400 の時は、殆んど一致して居るが、その他では pitch が大になるに従い、両者に開きが出て居る。之は試験片の長さが短いので、試験片の両端の影響によるものと思われ、現場の実際の様に接手の長さが相当に長く、その間を同じ pitch で S. B. を取付けた場合は×印を追って変化するものと推察される。次に曲線の傾向を見ると、2~3 層迄は初期拘束力より load が少くなり、3~4 層から漸次 Strong Back が効いて来る状況が分り、角変化の曲線とよく一致して居る。又一般に、初期拘束力が大きい程、load が増加に転ずる時期が遅れて居る。

b) 拘束力と pitch

両者の関係は第 19 図に示す通りで、拘束力の値は、第 18 図の×印の値をとった。pitch=800 までは、初期拘束力 P_0 の如何に関せず、直線上に載るが、pitch=1,000 では、値が下つて居る。之は、Strong Back に影響を及ぼす板の幅が或る特定の値に決つて居る事、即ち、板の有効幅の問題に関連がある様に考えられる。

IV. 角変化の美観上の許容限度

角変化を零にする事は、逆歪をつけてやる場合は免も角として、船台上では中々困難で、又、その必要もない

第19圖

210.7のバックのビッチと拘束力

(10層目まで)

第18圖のX印の値をとり

第20圖

わけで、ここに美観上の許容限度が必要になって来る。筆者は以下に述べる様な、統計的な調査を行つたが、之を一案として提案する。

Strong Back をつけた時の溶接接手の断面は、必ずしも第20圖(a)の様にはならないで、(b)又は(c)の様になる。つまりgauge 間隔が違うと、角度 ϕ も異なる。本実験では、(b)の場合のみであつたが、美観上から之を更に区別すると、(b)又は(c)を夫々表から見る場合と裏から見る場合の二通りに分れる。

gauge 間隔 100 mm 及び 500 mm の角度を夫々 ϕ_{100} 及び ϕ_{500} とすれば、両者の関係は第20圖に示す様になる。そこで、美観上の良否を決める factor として、 ϕ_{100} の値及び $\phi_{100} - \phi_{500}$ の値をとれば

$\phi_{100} - \phi_{500} = 0$ の場合は第20圖(a)

第21圖

溶接接手の美観上の許容限度

註1) $\phi_{100} - \phi_{500}$ は夫々 gauge 間隔 100 及 500 に於ける角度

2) ○ --- 外観上良
△ --- 可
× --- 不可

$\varphi_{100} - \varphi_{500} > 0$ の場合は第20図(b)

$\varphi_{100} - \varphi_{500} < 0$ // // // (c)

となり、又、 φ_{100} の符号の正負により、表から見る場合と裏から見る場合に分れる。そこで、実船の数十箇所の接手に就き此の要領で φ を計測して置き、更に計測とは別個に数人に外観上の良否を決めさせた。数人の意見に良が多い場合を○印、良否が半々の場合を△印、否が多い場合を×印、としてグラフにかくと、第21図が得られた。此の結果数的には(b)の場合が多く、 $\varphi_{100} - \varphi_{500}$ が 0.008 前後までは $\varphi_{100} - \varphi_{500}$ の値に無関係に、 φ_{100} の許容限度が 0.015 前後である事が分つた。又、(c)の場合は許容範囲が相当に狭く、それらを裏から見た場合は資料が不十分で分らないが、一応(b)の場合のみを考え、 φ_{100} の許容限度を最大 0.015 rad (約50') と決める。その時は第12及び13図を参考にして現場での拘束の度合を決める事が出来る。

V. 結 論

本実験は母材の板厚が 19 mm で、Strong Back の type が第2図に示す様な特定の場合で、Strong Back の研究としては一端に過ぎないが、以上を要約すると次の通りである。

(1) Strong Back の Pitch と初期拘束力は角変化に密接に関係がある。しかも、初期拘束力が一定の場合 pitch と角変化平均値とは直線関係がある様である。

(2) 完全冷却後 Strong Back を開放した場合、溶接線に沿つて殆んど一様に跳ね上り、その量は 0.0035 rad 前後である。

(3) 裏溶接による角変化の減少率は2層目より1層目の方が大きい。

(4) 角変化 (φ_{100}) の美観上の許容限度は最大 0.015 rad と考えられる。

(5) 主に地上組立場で逆否をつける場合は裏溶接後の φ_{100} を目安にすればよい。此の場合は最終の角度が零になる様に逆否を自由にとり得るので、 $\varphi_{\max}$ をとらず φ_M をとつた方がよい。従つて第12図が参考になる。

(6) 船台上的溶接工事では逆否をとる事が困難なので、最終的に角変化が残る事は止むを得ない。そこで此の場合は $\varphi_{\max}$ を考える事にして、前記の通り 0.015 rad を許容限度とすれば第13図が参考になる。そこで許容範囲内に入る拘束程度としては 41—2, 83—2 で、次いで考えられるものが、62—2 である。之を要約すると

Pitch	初期拘束力
800 迄	2.5 ton 以上
600 迄	1.5 ton 以上
400 迄	0.5 ton 以上

実際の場合初期拘束力を control する事は困難であるが、S.B. と馬との間を wedge にて締付けた場合の拘束力を第3図のリングを用いて実測した資料があるので、参考の為に次に掲げる。

第3表

板厚	初期拘束力実測値
8 mm (垂直板厚)	0.50 ton
9	1.25
11	0.75
12	0.63
13	1.88
14	0.88
15	1.13
25 (垂直板厚)	2.89
26	2.38

之は母材を開先の両側が同一面になるまで締めた時の実測値なので必ずしも板厚にのみ関係せず、母材の最初の歪に關係して居る。

(7) 横収縮に就いては、ノギスを用いる程度では、拘束の影響が不明である。

Strong Back の大きさに就いては、それに加わる load が第19図の様に分つたので、S.B. の撓みと角変化の關係さえ分れば、S.B. 単独の強度試験で決める事が出来る筈である。その上、S.B. は容易に buckling 又は tripping を生ずる事が予想されるので、今後、此の点を調べて行く必要があると考える。

稿を終えるに当り、種々、御指導と御配慮を賜つた、福田先生並に木原博士に厚く感謝の意を表する次第である。