

東京大学工学部 正 員 工博 奥村 敏典

" 正 員 工博 坂川 浩南

" 大学院 学生員 ○井上 啓一

§1 近年鋼構造物の継手は従来のリベットあるいはボルトにかわり大巾に溶接が用いられるようになってきた。溶接継手には溶接熱の影響により収縮変形が起こり、その収縮が構造的に拘束されている為に部材内部には「拘束応力」が発生し拘束の程度が大きい場合にはこの拘束応力によって収縮亀裂を生ずる。そこでこの拘束応力を定量的に与える関数がどんな形のものであるか実験によってこの関数を求めて見た。即ち、拘束されていない場合について溶接熱による自由収縮量をもとめ、次に拘束の異なる4種の試験片を用いて構造的な拘束の度合いを表わす量と先に述べた自由収縮量で拘束応力を表わすことと試みた。

§2 自由収縮量

自由収縮量を溶接入熱量、母材の材種、板厚、板巾、板長を変化させて測定しこれらとどのような相関があるか調べた。図-1の如くV型で、交流手アーク溶接により一層だけ盛りそのときの収縮量を試験片端部にセットしたダイヤルゲージによって測定した。アーク電圧は23V~27V、アーク電流130A~150Aの範囲内で変化した。溶接棒は SM41に YAWATA G-200 4mm中、高張力鋼に YAWATA L-55 4mmφを用いた。

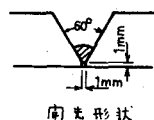


図-1 形状

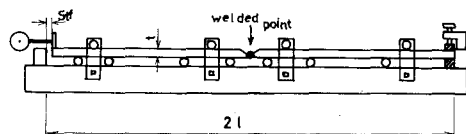


図-1 自由収縮量測定装置

実験結果を図-2~図-6に示す。入熱量との相関関係は中の広いものに対してのみ存在する。これは中の広い試験体では準定常状態に近いが小さいものではそうはならない為と思われる。板厚との相関は図-3のようになる。母材の熱容量は板厚に比例するから、入熱量一定の場合には温度上昇は板厚に反比例しよって自由収縮量も板厚に反比例するはずであるが本実験では板厚12mmのものが自由収縮量最大となっており弯曲変形の影響が大きく入っているものと思われる。板巾との相関は図-4に示す。理論的には相関はないはずであるがこのような変化は準定常でない為と思われる。板長との相関は図-5の様になる。板長500mm以上でほぼ一定値となり仲教授の理論式^{**}とよく合致している。これから自由収縮量の測定値と

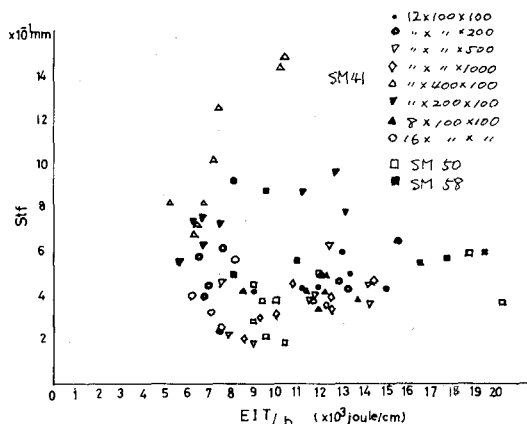


図-2 入熱量との関係

* ** Wöhlmann Mohrの式、Mallieriusの式、仲教授の式、仲威雄 溶接の収縮と亀裂

しては 100×500mm 以上の試験片での測定値が適当と思われる。

材種による自由収縮量は図-6に示す。調質鋼の自由収縮量は平均して普通鋼の176%であった。

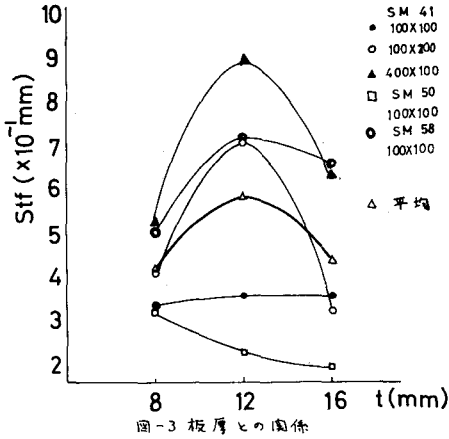


図-3 板厚との関係

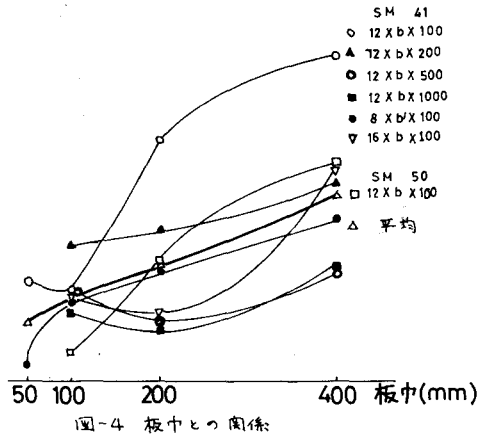


図-4 板中との関係

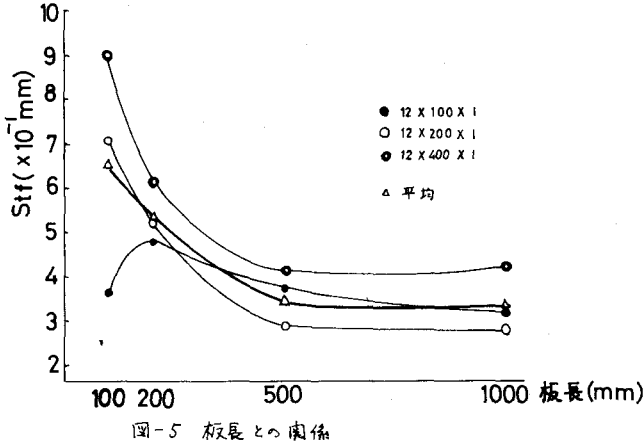


図-5 板長との関係

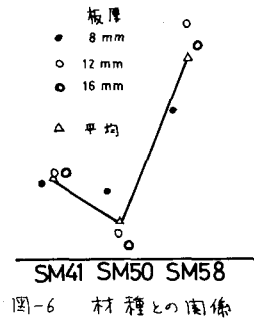


図-6 材種との関係

§3 拘束試験

先に述べた如く構造的に拘束をうける部材の溶接による拘束応力を考えてみた。拘束の度合を表わす係数として従来行なわれてきたように溶接しようとする長さ l の部分のルート間隔を 1 mm だけ変化させることによりこの部分に生ずる平均応力 (Kg/mm^2) の大きさで定義される拘束係数 P を用いる。そして拘束応力を先に求めた自由収縮量とこの拘束係数とで表わすことを試みる。溶接前後における収縮量を St 、又は溶接された継手を溶接線で切り開いたときのくいちがい量を Δ とすれば拘束によって生ずる r は 拘束係数 P を上述の如く定義したから

$$r = P \times St \quad \text{又は} \quad r = P \times \Delta$$

であらわされる。 P は構造物の幾何学的形状寸法、弾性係数によってのみきまる構造物固有の係数となる。一 St 、 Δ はある母材条件、溶接条件でのある拘束係数をもつ構造物の収縮量またはくいちがい量であるから拘束係数 P と自由収縮量 St の関数となっていると考えられる。そこで St 又は Δ の関数を $\Delta = St = f(P, Stf)$ とすれば

$$r = P \times f(P, Stf)$$

で表わされる。よってこの関数 f の形がわかればその溶接条件の下での St をあらかじめ求めておけば St 又は Δ を測定することにより P がわかり実際に働いている拘束応力 r も容易にわかるであろう。

そこで P の異なる4種のH型。

Slit型の試験体により実験を行

い。この関数をもとめた。試

験体の寸法は表-1に示す。

拘束係数 P は Finite Element Method

により求めた値を用いた。

St 、 Δ の測定には 溶接線

付近に2cm間隔でコンタクト

ゲージボールを打込み溶接前

後および溶接線解放後のそれ

らの長さの差をもとめた。

Δ 、 St と拘束係数 P との関

係は図-8のようになる。この曲線を外挿してみると $P=0$ の時すなわち拘束のない場合のSM41 12X100X500の試験片の自由収縮量 Stf 0.097mmとよく一致している。

これから St 又は Δ を Stf と P との関数として表わすことにする。溶接による収縮の状態を図-1のようにモデル化すると図から明らかのように

$$St = w_1 - w_2 \quad (1)$$

$$\delta w = w_2 - w_3 \quad (2)$$

$b = b_3$ だから

$$Stf = w_1 - w_3 = St + \delta w \quad (3)$$

$$\text{又 } r = P \times \Delta = P \times St \quad (4)$$

溶着金属断面に生じている拘束応力を r_w この部分の冷却時の平均ヤング率と E_w とすれば

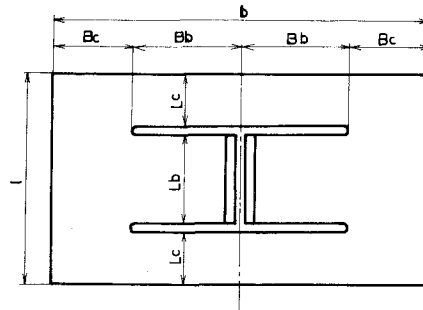
$$r_w = E_w \times \varepsilon_w = E_w \times \frac{\delta w}{w_3} \quad (5)$$

母材厚を t 、溶着金属の厚さを t_w とする

$$r_w \times t_w = r \times t \quad (6)$$

$$\text{よって } \delta w = \frac{w_3}{E_w} \times \frac{t}{t_w} \times P \times St \quad (7)$$

⑦を③に代入して



	b	l	Bb	Bc	Lb	Lc	c	P	Δ	St
No 1	300	300	0	150	100	90	10	79.8	0.0778	0.0666
No 2	300	300	50	100	100	90	10	48.5	0.0962	0.0901
No 3	300	300	100	50	100	90	10	24.9	0.1833	0.1866
No 4	450	200	125	100	100	40	10	28.6	0.1822	0.1844

表-1 試験体形状寸法、 P 、 Δ 、 St

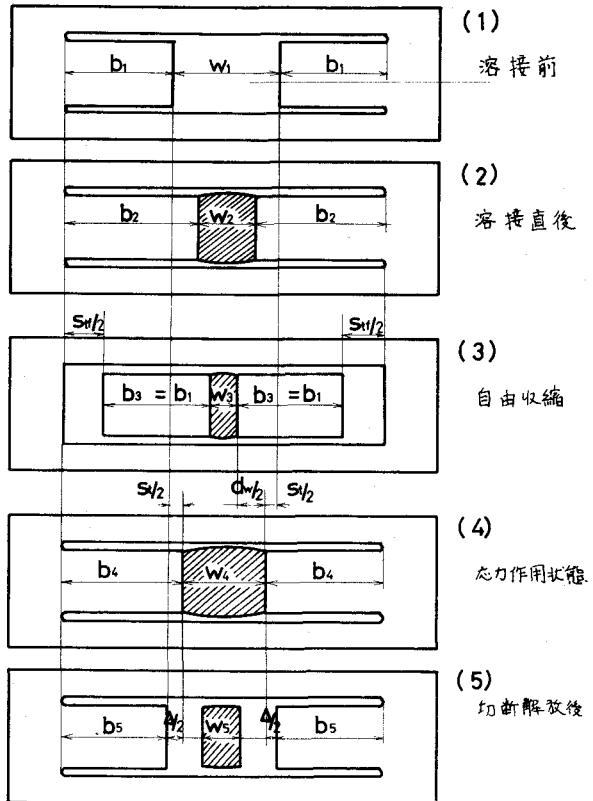


図-7 St 、 Δ 、 Stf のモデル化

$$Stf = St + \frac{w_3}{E_w} \frac{t}{t_w} P St$$

$$\therefore St = \frac{Stf}{1 + \frac{w_3}{E_w} \frac{t}{t_w} P}$$

よって St は $f(P, Stf)$ で与えられた。

さらに母材では塑性変形が生じなかったものと仮定するが溶着金属部分の塑性変形は無視できない。そこで

$$r_w = P_w \times \varepsilon_w'' \text{ と仮定する。}$$

E_w は平均塑性歪, P_w は溶着金属 1 mm を伸ばすのに必要な力に相当し溶着金属の剛性のようなものを表わす量である。 n は歪硬化指数で $0 < n < 1$ 。こうおけば

$$\delta_w = w_3 \times \left(\frac{t}{t_w} \cdot \frac{P}{P_w} \Delta \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$\therefore Stf = \Delta + w_3 \times \left(\frac{t}{t_w} \cdot \frac{P}{P_w} \Delta \right)^{\frac{1}{n}}$$

$Stf = 0.45$, $\frac{t}{t_w} = 1.25$, $w_3 = 3.1 \text{ mm}$ とし、測定値と合うように E_w , P_w の値をそれぞれ定めてグラフを書くと図-8 のようになる。

これからわかるように $E_w = \text{const}$, $P_w = P_w \varepsilon_w'' \text{ kg/mm}^2$ と仮定した曲線は実験値とよく一致している。このことから逆に St を測定すればこの曲線から P がわかりそれに St をかけて拘束応力 r を知ることもできる。

溶着金属に効いている拘束応力と溶接割れについては測定値から推測するに最大のものが 16.1 kg/mm^2 であり肉眼で見ても溶接割れは存在しなかった。しかしこの部分に力集中を起させるような要因があれば生じないとは言えないので今後溶接肉先付近の形状も問題となろう。

§4 まとめ

一応 St または Δ を自由収縮量と拘束係数であらわしたが、実験測定に不備な点が多くより多くの正確な実験でさらに正確な係数を与える必要がある。又ここではモデルを用いただけなのではたして実際の構造物に使えるものなのかどうかさらに進めていかねばならない。

参考文献 仲 威雄：溶接の収縮と亀裂

佐藤邦彦：溶接学会誌 30巻 4号, 33巻 6号 7号

今木甚一郎：43年度東京大学工学部土木工学科卒業論文

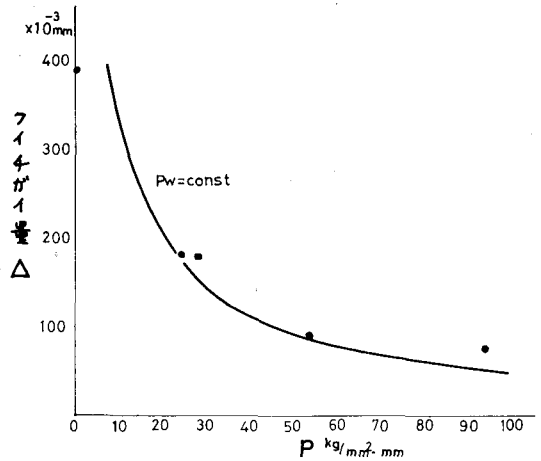
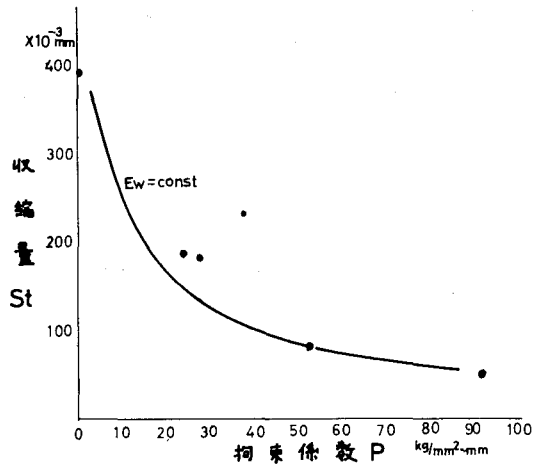


図-8 拘束係数と Δ , St との関係