

ボックス柱の溶接における傾斜制御

工学部機械システム工学科

今井純一

1. まえがき

鉄筋建造物の柱として使われるボックス柱は、鋼板を連続的にアーク溶接することによって作られている。放電を安定にし、適度のビードの盛り上げをつけて、強度が保証できる溶接を行うためには、ボックス柱が熱変形をしても溶接点での傾度を常に一定に保つことが必要である。しかし、実際の作業においては、この制御は手動で行われているのが現状のようである。

ここに、一つの制御方式を提案し、実機で制御を行ったので報告する。

2. ボックス柱とその溶接

溶接装置の概略図をFig. 1に示す。ボックス柱は油圧ダンデム1、2間に置かれ、タンデムを上下させることによって、ボックス柱の傾度を調整する。溶接機はプラットフォームに設置されたレールに沿って、ボックス柱の鋼板厚さに応じた一定速度で左から右へ移動しながら連続溶接する。プラットフォームはボックス柱を挟んで両側にあり、それぞれに溶接機があって、ボックス柱上面の左右の開先に沿って左右同時に溶接する。溶接機のアーク溶接部は、倣いセンサーによって、ボックス柱との位置関係が検出され、電動アクチュエータにより上下、左右方向に自動制御されている。

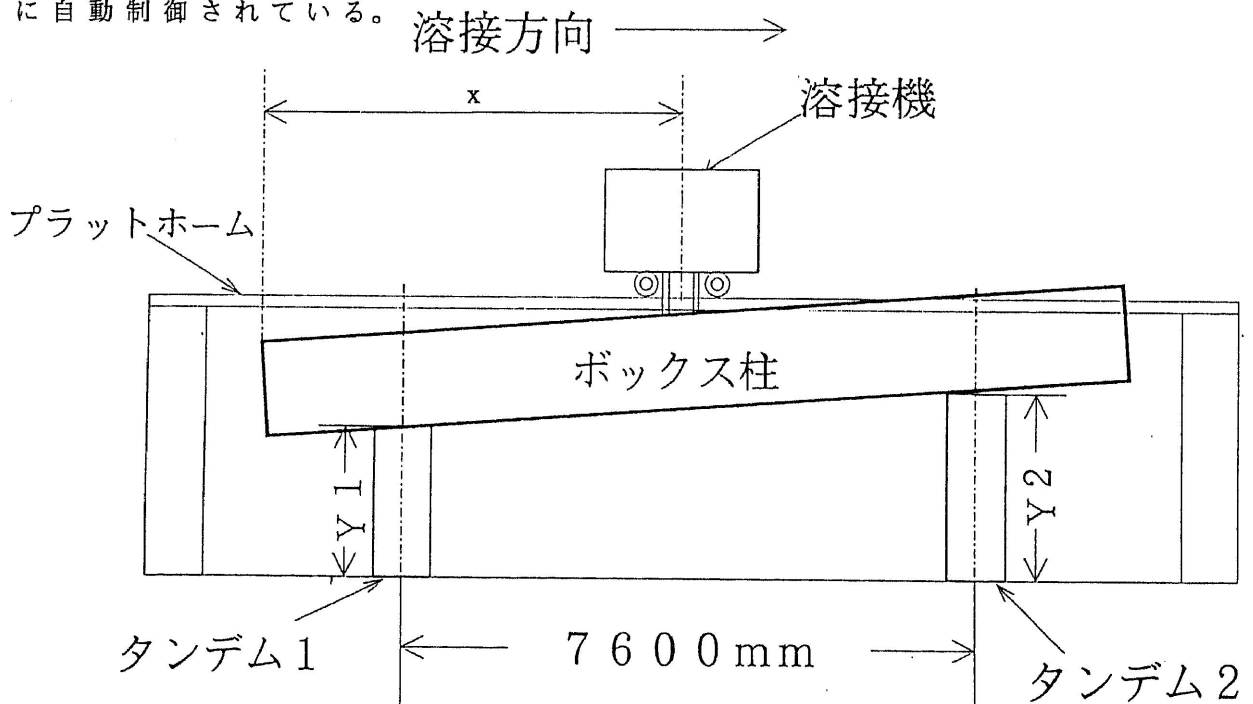


Fig. 1 溶接装置の概略図

3. ボックス柱角度センサー及びアーク溶接部上下変位センサーと、それらの取り付け

各センサーの配置をFig. 2に示す。ボックス柱角度センサーは、2個の変位センサーを100[mm]間隔に固定したものとし、角度はその変位差から求める。このセンサーは可動のアーク溶接部に取り付け、ボックス柱の縦板上部で検出する。また電極との位置関係は、センサー中心部で、先行電極から400[mm]先行している。すなわち、センサー角度は溶接点角度である制御量とは異なるので、制御方法に工夫が必要となる。

アーク溶接部上下変位センサーは、ワイヤー式リニヤーエンコーダであり、溶接機本体とアーク溶接部の間に取り付ける。これはアーク溶接部上下のストロークには限界があるため本制御法では傾斜角度を一定に保ち、なおかつ溶接部上下動を抑える試みを行った。

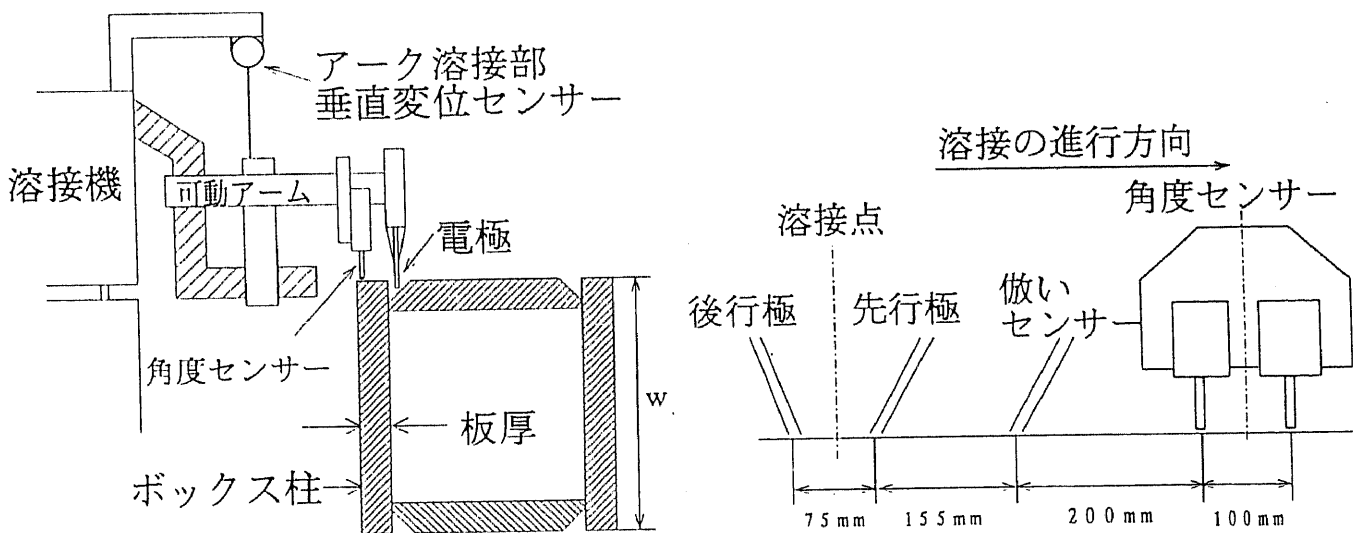


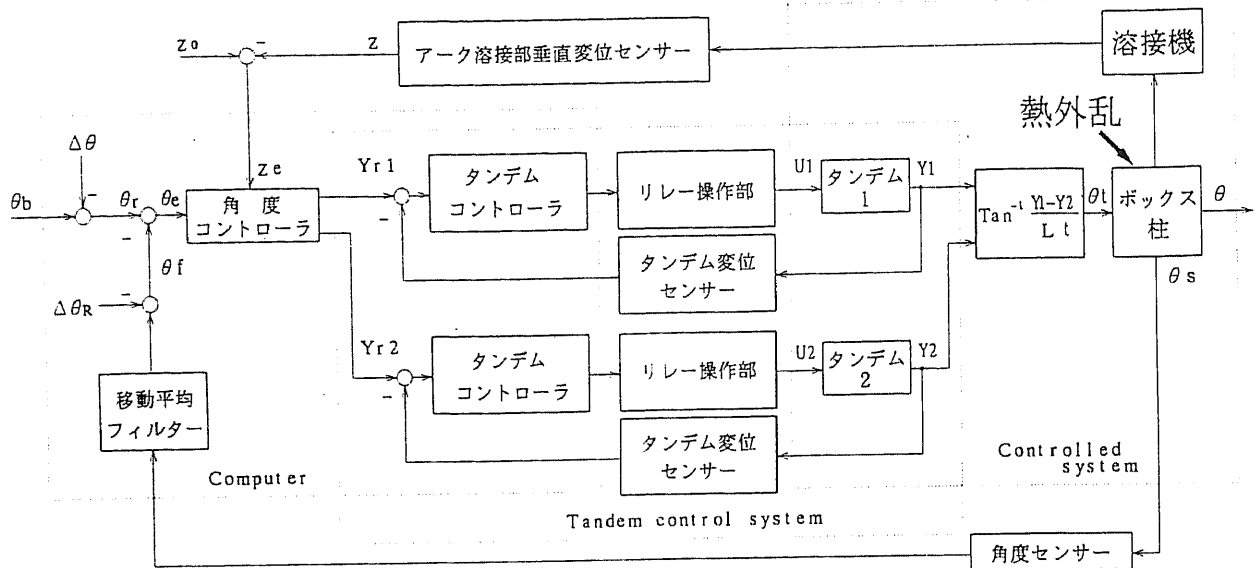
Fig. 2 各センサーの配置

4. 制御系の構成

制御系のブロック図をFig. 3に示す。溶接点の目標角度を $\theta_b(x)$ とし、溶接点角度 $\theta(x)$ が制御量である。なお、 x は溶接点の移動距離を表す。 $\theta_b(x)$ は溶接開始一定時間後は、 x に依存せず定値とする。 $\theta_r(x)$ はセンサー角度 $\theta_s(x)$ の目標角度であり、

$$\theta_r(x) = \theta_b(x) - \Delta\theta(x)$$

とする。ここで、 $\Delta\theta(x)$ は溶接点とセンサー点での目標角度の補正值であり、有限要素法によるボックス柱の熱変形シミュレーションなどから求める。Fig. 4



- | | |
|---|-----------------------|
| $\theta_b(x)$: 溶接点角度の目標値 | $Yr1$: タンデム1変位の目標値 |
| $\theta_r(x)$: センサー角度の目標値 | $Yr2$: タンデム2変位の目標値 |
| $\theta_t(x)$: タンデム角度 | $Y1$: タンデム1変位 |
| $\theta_s(x)$: センサー角度 | $Y2$: タンデム2変位 |
| $\theta(x)$: 溶接点角度 | $U1$: タンデム1の操作量 |
| $\theta_f(x)$: 移動平均フィルター角度 | $U2$: タンデム2の操作量 |
| $\theta_e(x) = \theta_r(x) - \theta_f(x)$ | $z(x)$: アーク溶接部垂直変位 |
| $\Delta\theta_R(x)$: レール補正角度 | z_0 : アーク溶接部初期垂直変位 |
| $\Delta\theta(x)$: センサー位置による目標補正角度 | $z_e(x) = z_0 - z(x)$ |

Fig. 3 制御系のブロック図

センサー角度の移動平均フィルター出力を $\theta_f(x)$ とし、
 $\theta_e(x) (= \theta_r(x) - \theta_f(x))$

とアーク溶接部上下変位 $z(x)$ と初期変位 z_0 の差 $z_e(x) (= z_0 - z(x))$ から、角度コントローラで、下記アルゴリズムにより左、右タンデムの目標変位 $y_{r1}(k)$ 、 $y_{r2}(k)$ を演算する。

角度制御の演算アルゴリズム

if ($z_e(x) \leq 0$ and $\theta_e(x) \leq 0$) or ($z_e(x) \geq 0$ and $\theta_e(x) \geq 0$)

then

$$y_{r2}(k) = \{ \tan(\theta_r(x)) - \tan(\theta_f(x)) \} * Lt$$

else

$$y_{r1}(k) = \{ \tan(\theta_f(x)) - \tan(\theta_r(x)) \} * Lt$$

ここで、 Lt : タンデム間距離 [mm]

演算にアーク溶接部上下変位 $z(x)$ を導入したのは、アーク溶接部の上下変位を抑えるためである。タンデム変位制御は、タンデム制御演算部でタンデム偏差 ($= y_{r1}(k) - y_1(k)$ or $y_{r2}(k) - y_2(k)$) を比例演算した後パルス幅変調し、油圧弁を開閉している。

以上のように、制御系はカスケード制御で構成されている。

① Welding point

② Angle sensor

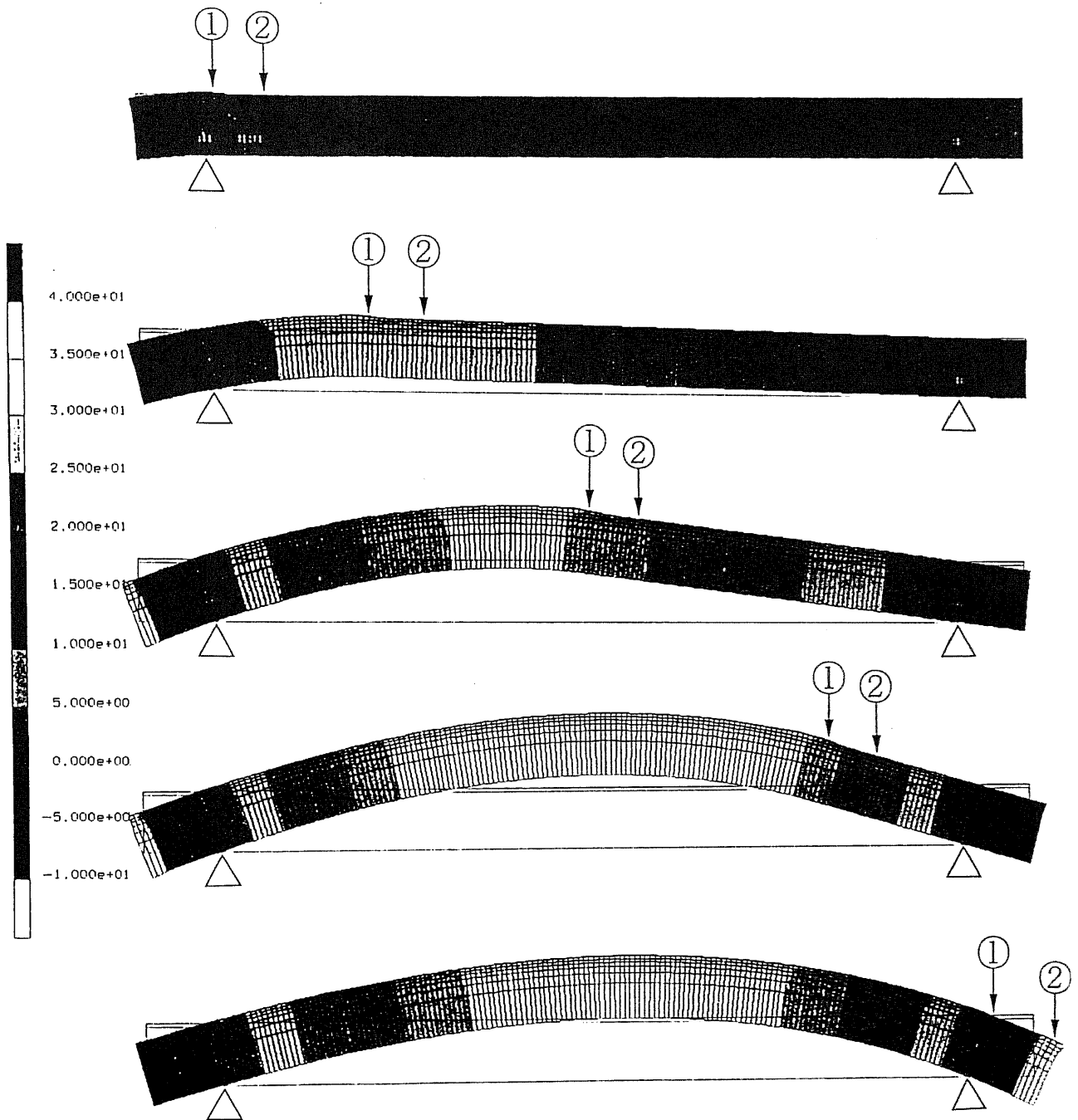


Fig. 4 熱変形シュミレーション結果

5. 実験および結果

ボックス柱：700□、22t、12,300L

溶接速度：5.88[cm/s]

測定サンプリング時間：2[s]

制御サンプリング時間：20[s]

Fig. 5にセンサー目標角度 $\theta_r(x)$ とセンサー角度 $\theta_s(x)$ を示す。センサー角度 $\theta_s(x)$ は、ボックス柱縦板上部表面のうねりにより、0.1[deg]程度の変動幅をもつが、平均的に $\theta_r(x)$ に追従しており、制御量である溶接点での角度 $\theta(x)$ は定値に制御されていたと考えられる。このことは、溶接結果のビードの均一性からも確認できた。

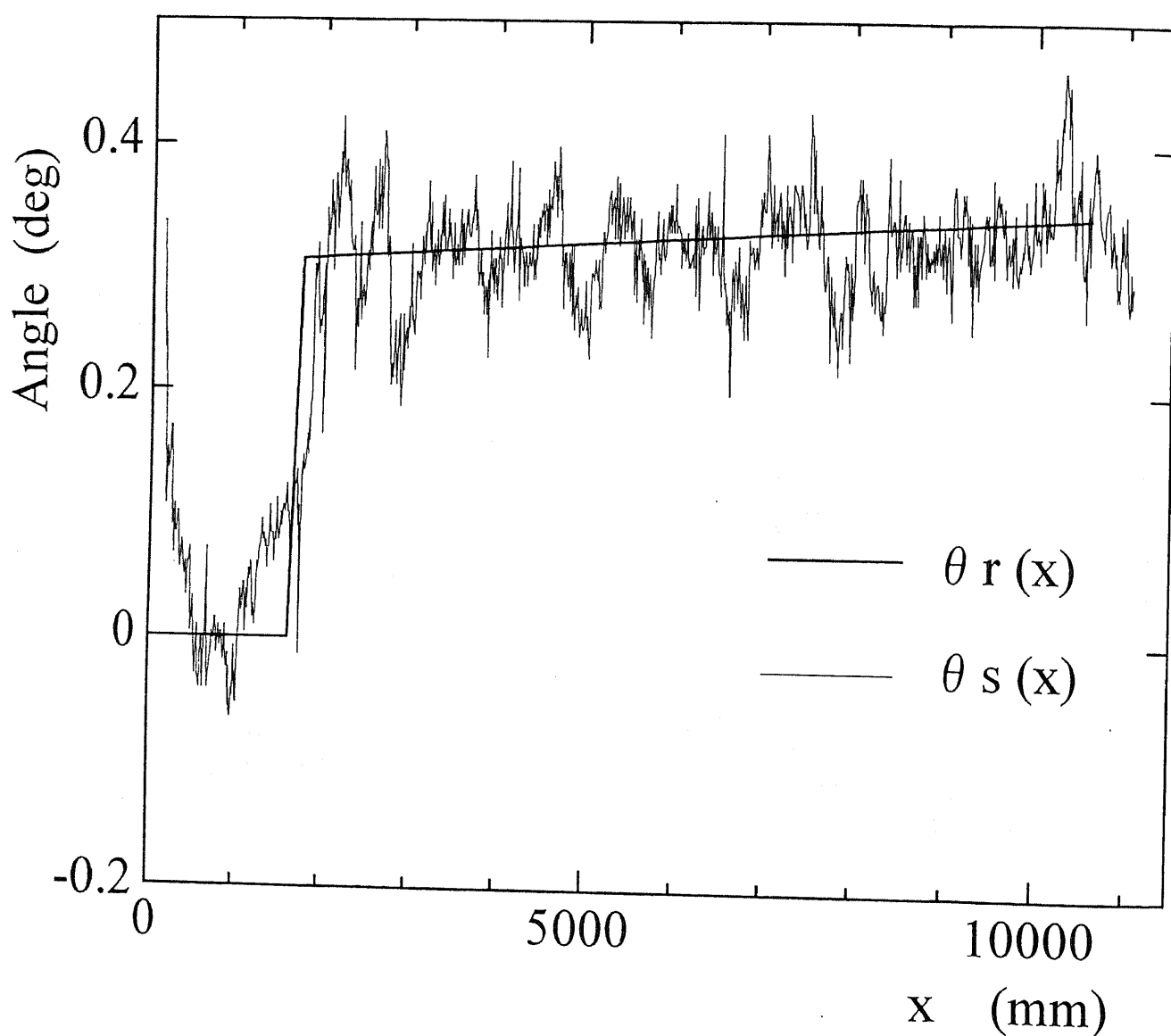


Fig. 5 センサー目標角度 $\theta_r(x)$ とセンサー角度 $\theta_s(x)$

Fig. 6はこのときのタンデム変位を示す。左右のタンデム変位を制御することにより溶接点上下動を抑えている。

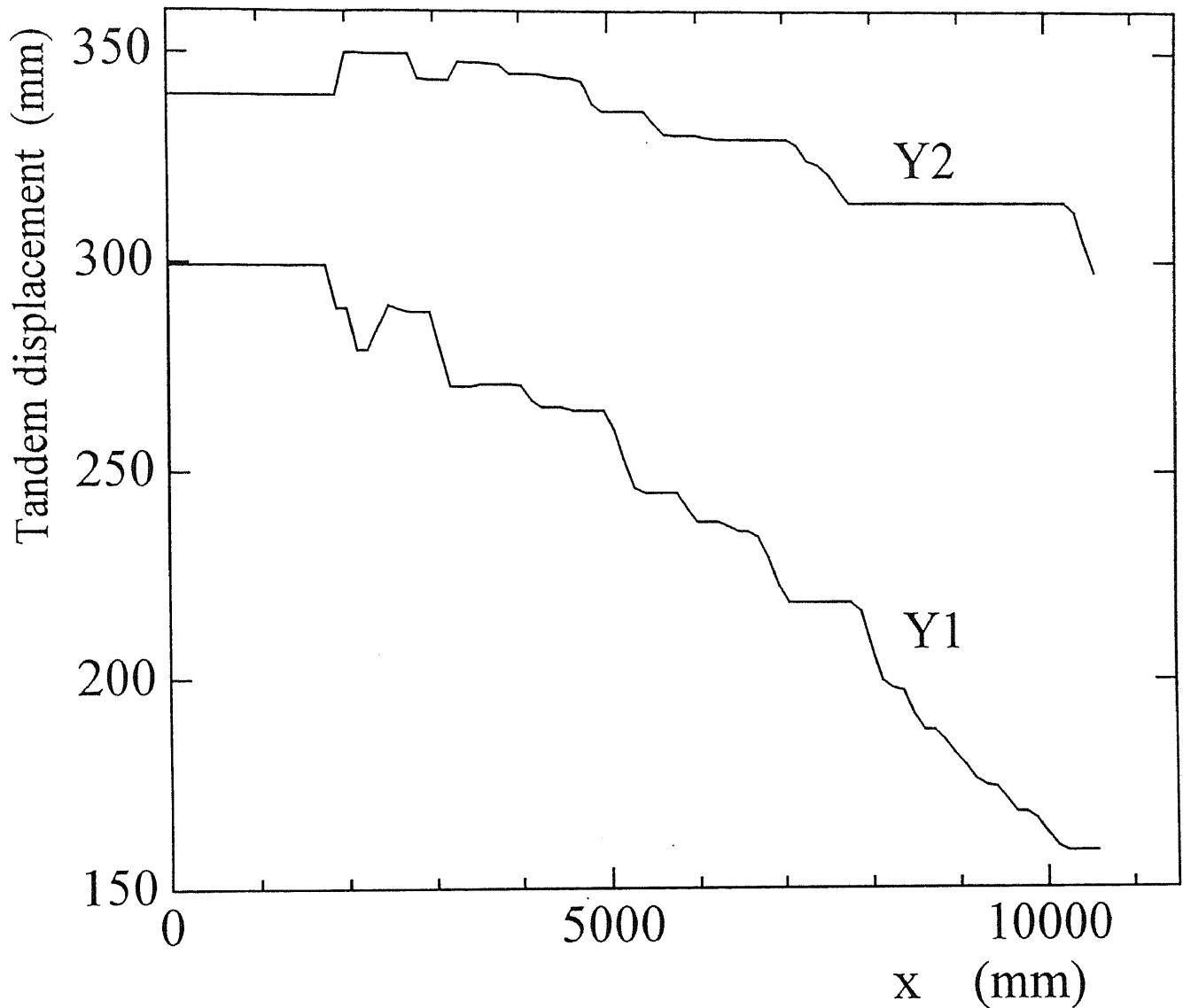


Fig. 6 Y1とY2のタンデム変位

6. あとがき

ボックス柱の溶接における傾度制御を、実機について行い、良好な制御結果を得ることができた。また問題点としては角度センサーが接触式であるので取り扱いに注意が必要である、実用的には非接触式が好ましいが、それには光、音、電磁波などの外乱の除去が必要である。