4 点連鎖による平面度の測定法について⁽¹⁾宮 崎 孔 友⁽²⁾

On a Method for Measuring Flatness by Successive Connections of 4 Points

by Kōyū MIYAZAKI

In several methods hitherto employed in measuring flatness of surface-plates, measurement of straightness in the directions crossing at right angle with each other has been carried out. But in the present paper, the author has proposed a new method in which he uses a special instrument having a dial gauge and 3 fixed legs, and has mentioned its theory, errors, and experimental results. In conclusion, it has been made clear that this method is simple and practical one for measuring the summary flatness of surface-plates.

1. 緒 言

定盤等の平面度の測定は、一般に互に直角方向の真直度を測定することにより行われているが、ここでは固定された3脚と1個のダイヤルゲージとを持つ特殊測定具で、簡単に平面度を測定する場合の測定理論、測定誤差および実験結果について述べ、本測定法により、大略の平面度を簡単に知りうることを明らかにしたものである。

2. 測 定 理 論

簡単のため、平面度を測定すべき被測定面を第1図のごとき長方形 $OACB$ なりと仮定し、この長方形の各辺をそれぞれ等間隔 h にて m および n 等分する。さて、図のごとく O を原点、かつ3点 O, A および B により決定される平面を xy 面と定めれば、被測定面の平面度は各格子点の z 座標 $z_{i,j}$ により決定されるはずである。それには、あらかじめ

第 1 図

OA および OB 上に位置する格子点の z 座標 $z_{i,0}$ および $z_{0,j}$ を、既に発表せる真直度測定法、たとえば直線連鎖法⁽³⁾等により求め置き、これらの z 座標を基準として残りのすべての格子点の z 座標を、第2図のごとき測定具、すなわち固定された3脚の先端と1個

のダイヤルゲージの測定頭とにより正方形が作られる

ような特殊測定具を用いて求めるのである。

まず最初に、この測定具の3脚を、それぞれ $(0,0)$, $(h,0)$ および $(0,h)$ なる3点に位置せしめるときは、必然的にダイヤルゲージの測定頭の位置は (h,h) となり、この場合におけるダイヤルゲージの読み $\delta_{1,1}$ を読みとる。ここに、読みは測定具の3脚の先端により決定される平面と測定頭との距離を示す。

次に、この測定具の3脚を、それぞれ $(h,0)$, $(2h,0)$ および (h,h) に移動させ、前同様ダイヤルゲージの読み $\delta_{2,1}$ を読みとる。以下同様に $\delta_{3,1}$, $\delta_{4,1}$, ..., $\delta_{m,1}$; $\delta_{1,2}$, $\delta_{2,2}$, ..., $\delta_{m,2}$; ...; $\delta_{1,n}$, $\delta_{2,n}$, ..., $\delta_{m,n}$ を読みとることにより、 $z_{i,j}$ の値は次のごとく求められる。すなわち3脚

第 2 図

の先端の座標がそれぞれ $(0,0,z_1)$, $(h,0,z_2)$ および $(0,h,z_3)$ なる位置を占めるとき、これらの3点により決定される平面の方程式は、次式により与えられる。

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ 0 & 0 & z_1 & 1 \\ h & 0 & z_2 & 1 \\ 0 & h & z_3 & 1 \end{vmatrix} = 0 \dots\dots\dots (1)$$

しかるに、各点の z 座標は微小値なるゆえ、この平面上におけるダイヤルゲージの測定頭の z 座標の値は、(1) 式において、 $x=y=h$ とした場合の z の値として求められ、 h に無関係な値である。すなわち、

$$z = -z_1 + z_2 + z_3 \dots\dots\dots (2)$$

一方、ダイヤルゲージの読みを δ とすれば、この場合における測定頭の z 座標 z_m は、

$$z_m = z + \delta = -z_1 + z_2 + z_3 + \delta \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 δ は測定頭が 3 脚の先端によって決定される平面よりも上方に位置した場合を正とする。

(3) 式より、各格子点の z 座標 $z_{i,j}$ は順次求められるも、一般には $z_{0,0} = 0$ なることを考慮して次のごとく与えられる。

$$z_{i,j} = z_{i,0} + z_{0,j} + (\delta_{1,1} + \delta_{2,1} + \delta_{1,2} + \dots + \delta_{i,j}) \dots\dots\dots (4)$$

(4) 式より、平面度を決定することができる。

3. 測定誤差

以上の理論に基づいて測定を行う場合、各ダイヤルゲージの読みに生ずる測定誤差 ϵ により、 $z_{i,j}$ に波及する誤差 $E_{i,j}$ を求めれば、次のごとくなる。すなわち、 OA および OB の真直度を直線連鎖法により求めたものとすれば、(4) 式は次のごとく書き表わされる。

$$\begin{aligned} z_{i,j} = & \frac{2}{m} [(m-i)(\xi_1 + 2\xi_2 + \dots + i\xi_i) \\ & + i\{(m-i-1)\xi_{i+1} + (m-i-2)\xi_{i+2} + \dots \\ & \dots + \xi_{m-1}\}] \\ & + \frac{2}{n} [(n-j)(\eta_1 + 2\eta_2 + \dots + j\eta_j) \\ & + j\{(n-j-1)\eta_{j+1} + (n-j-2)\eta_{j+2} + \dots \\ & + \eta_{n-1}\}] + (\delta_{1,1} + \delta_{2,1} + \delta_{1,2} + \dots + \delta_{i,j}) \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

ここに、 ξ_i および η_j は、それぞれ OA および OB 上において得られるダイヤルゲージの読みを表わす。したがって、 $E_{i,j}$ の値は (5) 式より、

$$\begin{aligned} (E_{i,j})^2 = & \left(\frac{4}{m^2} [(m-i)^2(1^2 + 2^2 + \dots + i^2) \right. \\ & + i^2\{(m-i-1)^2 + (m-i-2)^2 + \dots + 1^2\}] \\ & + \frac{4}{n^2} [(n-j)^2(1^2 + 2^2 + \dots + j^2) \\ & + j^2\{(n-j-1)^2 + (n-j-2)^2 + \dots + 1^2\}] \\ & \left. + \{1^2 + 1^2 + \dots (ij \text{ 項}) \dots + 1^2\} \right) \epsilon^2 \\ = & \left[\frac{2}{3m} \{2i^4 - 4mi^3 + (2m^2 - 1)i^2 + mi\} \right. \\ & \left. + \frac{2}{3n} \{2j^4 - 4nj^3 + (2n^2 - 1)j^2 + nj\} + ij \right] \epsilon^2 \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

特に、 $m=n$ なる場合には、 $E_{i,j}$ は $i=j=2(m^2+1)/(4m-3)$ において最大値をとり、その値は、

$$(E_{i,j})_{\max} = \pm \sqrt{\frac{m(2m^2+3m+4)}{12}} \epsilon \dots\dots\dots (7)$$

第 1 表 $(E_{i,j})_{\max}$ の値

$m(n)$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$(E_{i,j})_{\max}$	2.0	2.9	4.1	5.4	6.9	8.5	10.2	12.0	14.0

$\epsilon = \pm 1\mu$ として、 $(E_{i,j})_{\max}$ の値を m の各値について計算すれば、第 1 表のごとくなる。また一方、 OA および OB の真直度に誤差がないものとすれば、 $E_{i,j}$ の値は、

$$(E_{i,j})^2 = ij\epsilon^2 \dots\dots\dots (8)$$

したがって、この場合における $E_{i,j}$ の最大値は、 $i=m, j=n$ において生じ、その値は、

$$(E_{i,j})_{\max} = \pm \sqrt{mn} \epsilon \dots\dots\dots (9)$$

4. 実験結果

被測定面として、一辺の長さが 20 cm なる正方形

第 2 表 ダイヤルゲージの読み
(5 等分の場合)

— +24 —	— +17 —	— -28 —	— +30 —	— -18 —
— +12 —	— -08 —	— -07 —	— -10 —	— +12 —
— -32 —	— +28 —	— -03 —	— -15 —	— +23 —
— +25 —	— +10 —	— +20 —	— +15 —	— -03 —
— -03 —	— -35 —	— +32 —	— -05 —	— +05 —

第 3 表 ダイヤルゲージの読み
(8 等分の場合)

— +20 —	— -43 —	— +25 —	— +05 —	— -40 —	— +28 —	— -40 —	— +50 —
— -27 —	— +19 —	— +20 —	— +30 —	— -03 —	— -19 —	— +33 —	— -53 —
— +10 —	— +09 —	— +52 —	— -98 —	— +02 —	— -03 —	— -30 —	— +34 —
— +80 —	— -55 —	— -38 —	— +13 —	— -50 —	— -22 —	— -03 —	— +04 —
— -60 —	— +15 —	— -45 —	— -80 —	— +66 —	— -40 —	— +14 —	— +23 —
— +03 —	— -30 —	— 0 —	— +63 —	— -20 —	— +17 —	— +07 —	— -68 —
— +45 —	— -20 —	— +48 —	— -18 —	— +28 —	— -35 —	— +60 —	— +25 —
— +05 —	— -37 —	— -29 —	— +35 —	— -15 —	— +75 —	— -95 —	— +04 —

定盤面を選び、各辺をともに5等分および8等分し、 h の値がそれぞれ40 mm および 25 mm なる2種の測定具を用いて測定した結果、得られたダイヤルゲージの読みを第2表および第3表に示す。また、これらの値を(3)式または(4)式に代入して計算し、得られた各格子点の高さを、第4表および第5表に示す。この際、 x, y 両座標軸に相当する部分の真直度はあらかじめ直線連鎖法により求めておいたものである。次に、第4表および第5表の値を基準として、被測定面の平

第4表 格子点の高さ(5等分の場合)

0	+2.7	+7.4	+9.2	+5.5	+8.6 μ
-13.3	-13.0	-10.0	-5.4	-12.1	-7.2
-17.1	-18.0	-14.2	-8.9	-14.6	-10.9
-15.2	-12.9	-11.9	-6.3	-10.5	-9.1
-8.6	-8.8	-8.8	-5.2	-10.9	-9.2
0	+0.1	+3.6	+4.0	-1.2	0

第3図

面度を表わす等高線図をそれぞれの場合について描いたものが第3図および第4図であり、ともにだいたい同一傾向の平面度を示している。また、両者間の最大誤差は大略 5 μ 程度であり、 $\epsilon = \pm 1\mu$ と推定した場合、この値は第1表よりほぼ適当した値であると考えられる。

第5表 格子点の高さ(8等分の場合)

0	+6.6	+4.0	+10.4	+15.0	+12.8	+7.2	+2.2	+5.1 μ
-9.0	-4.4	-2.7	+1.2	+5.3	+7.1	+1.3	-2.3	-4.4
-16.0	-8.7	-8.9	-7.0	-5.9	-3.8	-10.3	-14.6	-11.4
-17.3	-11.0	-12.1	-15.4	-4.5	-2.6	-8.8	-10.1	-10.3
-15.5	-17.2	-12.8	-12.3	-12.7	-5.8	-9.8	-10.8	-11.4
-15.3	-11.0	-18.1	-13.1	-5.5	-5.2	-5.2	-7.6	-10.5
-11.5	-7.5	-11.6	-6.6	-5.3	-3.0	-4.7	-7.8	-3.9
-4.2	-4.7	-6.8	-6.6	-3.5	-4.0	-2.2	-11.3	-9.9
0	-1.0	+0.6	+3.7	+3.3	+4.3	-1.4	-1.0	0

第4図

5. 結 言

以上により、次の結論をうる。

- (1) 測定がきわめて簡単であり、かつまた各格子点の高さを算出する計算が非常に容易である。
- (2) 測定誤差を容易に推定することができる。
- (3) 本測定法によれば、普通の定盤程度の平面度を測定する場合には、その大略の値を知ることができるが、鏡面のごとき平滑面の場合にはダイヤルゲージの読みに生ずる誤差がきわめて小さくなるので、正確なる測定が行われるはずである。

注：—

- (1) 昭和30年5月20日 長岡地方講演会において講演、原稿受付 昭和30年5月25日。
- (2) 正員、群馬大学工学部。
- (3) 宮崎、機械学会論文集、20巻 98号、631 ページ(昭29)。