

浅野工学専門学校 正会員○高 橋 茂 男
防 衛 大 学 校 正会員 加 藤 清 志

1. まえがき

筆者らの一人は前報¹⁾で現存する歴史的建造物である塔婆の水平と垂直偏位量を実測により求めたが(写真-1), それらが理論値と対応しての信頼性を検討すべき必要性を感じた。本報告では観測角と基線長の誤差の影響を理論的に解析し, 精度向上のための最適観測条件を明かにしたものである。

2. 観測方法(図-1, 2参照)

塔婆柱面に対して平行なX, Y軸を作り, 交点Oにトランシット(S社製, 垂直・水平とも最小読定値20")をセットしX, Y軸上にA, B, C, D点を取り基線長(L_x, L_y)の測距を行ない, A, ……Dの各点から水平角(α, β), 鉛直角(θ, φ)を測角する。

3. 水平距離および高低差式の誘導

実測により求められた観測角と基線長から, 次式より塔婆の水平距離と高低差を求める。

水平距離:

$$Y = L_x \frac{\sin \alpha_x \cdot \sin \beta_x}{\sin (\alpha_x - \beta_x)} \dots\dots\dots (1)$$

高低差: $H = L_x \frac{\sin \alpha_x \cdot \tan \phi_x}{\sin (\alpha_x - \beta_x)} \dots\dots\dots (2)$

4. 誤差に対する検討

上述二式の誤差伝播量は次のとおりである。

4.1 水平距離偏位式 観測角α_x, β_xおよび基線長L_x等のそれぞれの測定誤差をdα_x, dβ_x, dL_xとすると, 水平距離誤差dYは次式で与えられる。

$$dY = \frac{\partial Y}{\partial \alpha_x} d\alpha_x + \frac{\partial Y}{\partial \beta_x} d\beta_x + \frac{\partial Y}{\partial L_x} dL_x \dots\dots\dots (3)$$

ここに, $\frac{\partial Y}{\partial \alpha_x} = L_x \cdot \sin \beta_x \frac{\cos \alpha_x \cdot \sin (\alpha_x - \beta_x) - \sin \alpha_x \cdot \cos (\alpha_x - \beta_x)}{\sin^2 (\alpha_x - \beta_x)} \dots\dots\dots (4)$

$$\frac{\partial Y}{\partial \beta_x} = L_x \cdot \sin \alpha_x \frac{\cos \beta_x \cdot \sin (\alpha_x - \beta_x) + \sin \beta_x \cdot \cos (\alpha_x - \beta_x)}{\sin^2 (\alpha_x - \beta_x)} \dots\dots\dots (5)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial L_x} = \frac{\sin \alpha_x \cdot \sin \beta_x}{\sin (\alpha_x - \beta_x)} \dots\dots\dots (6)$$

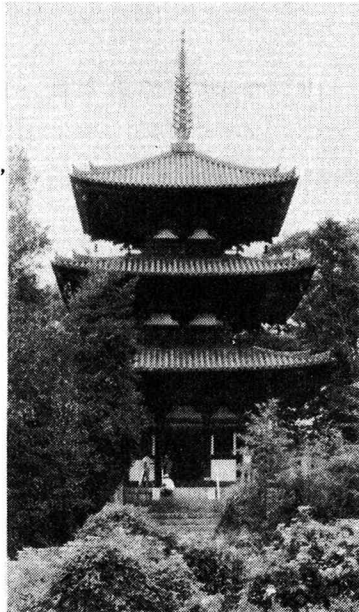


写真-1 当麻寺三重塔と環境条件

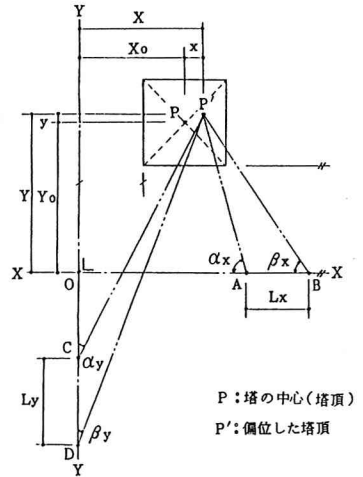


図-1 測点の平面配置状況

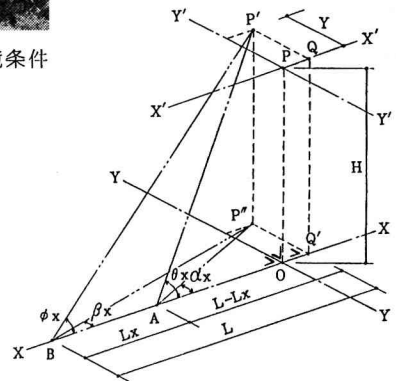


図-2 測点の立面配置状況

4.2 高低差偏位式 上述のほか、観測角 ϕ_x の測定誤差を $d\phi_x$ とすると、高低差誤差 dH は次式で与えられる。

$$dH = \frac{\partial H}{\partial \alpha_x} d\alpha_x + \frac{\partial H}{\partial \beta_x} d\beta_x + \frac{\partial H}{\partial L_x} dL_x + \frac{\partial H}{\partial \phi_x} d\phi_x \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 $\frac{\partial H}{\partial \alpha_x} = Lx \cdot \tan \phi_x \frac{\cos \alpha_x \cdot \sin (\alpha_x - \beta_x) - \sin \alpha_x \cdot \cos (\alpha_x - \beta_x)}{\sin^2 (\alpha_x - \beta_x)} \dots\dots\dots (8)$

$$\frac{\partial H}{\partial \beta_x} = Lx \cdot \tan \phi_x \cdot \sin \alpha_x \frac{\cos (\alpha_x - \beta_x)}{\sin^2 (\alpha_x - \beta_x)} \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{\partial H}{\partial L_x} = \frac{\sin \alpha_x \cdot \tan \phi_x}{\sin (\alpha_x - \beta_x)} \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{\partial H}{\partial \phi_x} = Lx \frac{\sin \alpha_x}{\sin (\alpha_x - \beta_x) \cdot \cos^2 \phi_x} \dots\dots\dots (11)$$

5. 最適観測条件の一般化

今、測定誤差として観測角については $10''$ 、基線長については $1mm$ とするとき、水平距離偏位量および高低差偏位量は任意の観測角と基線長に対し、水平距離誤差 $1mm$ 以内、高低差誤差 $1mm$ 以内の最適観測条件はそれぞれ図-3、4に示される。

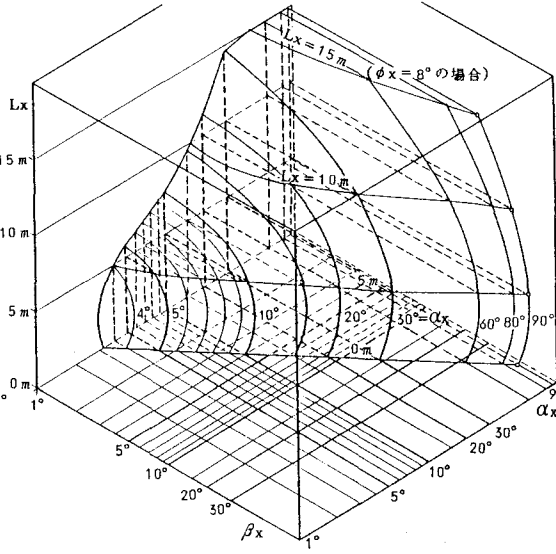
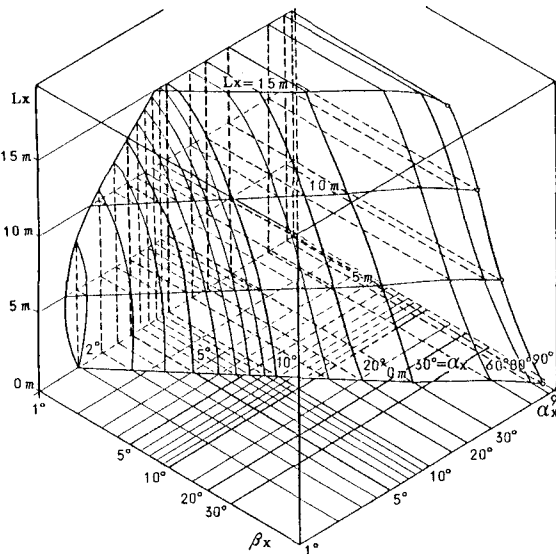


図-3 水平距離誤差 $1mm$ 以内の観測角と基線長との関係 図-4 高低差誤差 $1mm$ 以内の観測角と基線長との関係

表-1 長谷寺五重塔観測条件

α_x (max)	α_x (min)	β_x (max)	β_x (min)	ϕ_x (max)	ϕ_x (min)	Lx
$49^{\circ}34'20''$	$2^{\circ}10'50''$	$34^{\circ}15'50''$	$1^{\circ}43'00''$	$25^{\circ}11'50''$	$0^{\circ}54'10''$	10.1225 m

6. 観測の実例検討

前報¹⁾で示した実例の一つとして奈良県 長谷寺五重塔での観測条件は表-1に示すとおりであるが、上述の最適観測条件に適合するかどうかを検討した。その結果は水平距離誤差では $0.1mm$ 以下もあるが多くは $5\sim7mm$ に集中しており、また高低差誤差では最小 $1.3mm$ 以下もあるが多くは $3\sim7mm$ に集中していた。このことは図-3、4より明かなように、かなり厳しい誤差条件 $1mm$ 以内に納まる範囲でなく、総合誤差が比較的大きくなっていることがわかった。

7. むすび

実測を行なう場合には塔婆を取巻く環境によって最適な諸条件を満足することは困難な場合もあるが、測定精度向上には以上の最適観測条件を充分考慮すべきであろう。

<参考文献> 1) 高橋茂男：塔婆の傾きに関する研究，建築学会 昭和 51 年度関東支部，PP. 325～328.