

建 標 承 諾 書

平成 年 月 日

殿

所有者 住所

管理者 氏名

印

基 準 点	等 級	名 称	標 識 番 号
	級		

所在地	都道府県	市 郡	町 村	大 字	字	番 地	俗 称	地 目

上記 地内に 級 点の標識を
設置することを承諾する。

用紙の大きさはA4判とする。

- 注 1. この標識は○ ○で設置したもので各種測量の基準となる重要な標識でありますから、動かしたり、破損したり、しないようご注意願います。
2. 不要の文字は抹消すること。

建 標 承 諾 書

平成 年 月 日

殿

所有者 住所

管理者 氏名

印

水 準 点	等 級	名 称	標 識 番 号
	級		

所在地	都道府県	市 郡	町 村	大 字	字	番 地	俗 称	地 目

上記 地内に 級 点の標識を
設置することを承諾する。

用紙の大きさはA4判とする。

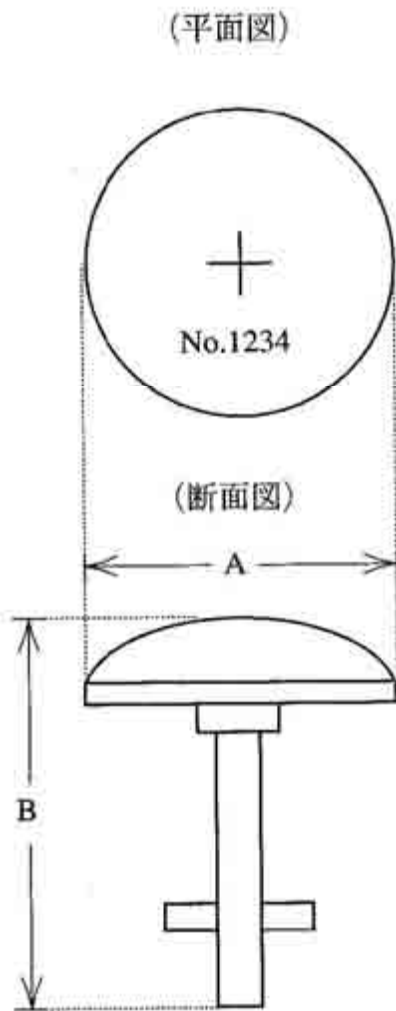
- 注1. この標識は○ ○で設置したもので各種測量の基準となる重要な標識でありますから、動かしたり、破損したり、しないようご注意願います。
2. 不要の文字は抹消すること。

永久標識の規格及び埋設方法

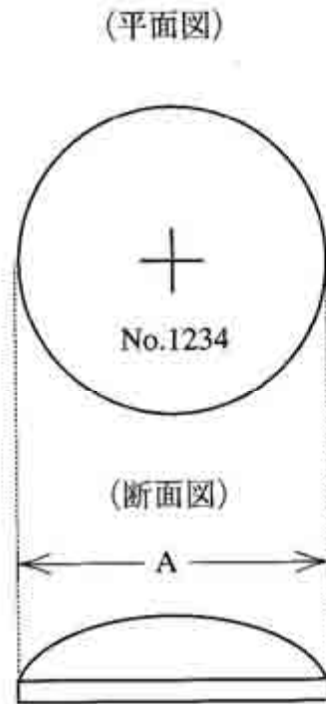
(1) 金属標の形状と標準規格

1) 地上、地下、屋上（その1）埋設用金属標

2) 屋上（その2）埋設用金属標



中央+印の下方に標識番号を記載する。



中央+印の下方に標識番号を記載する。

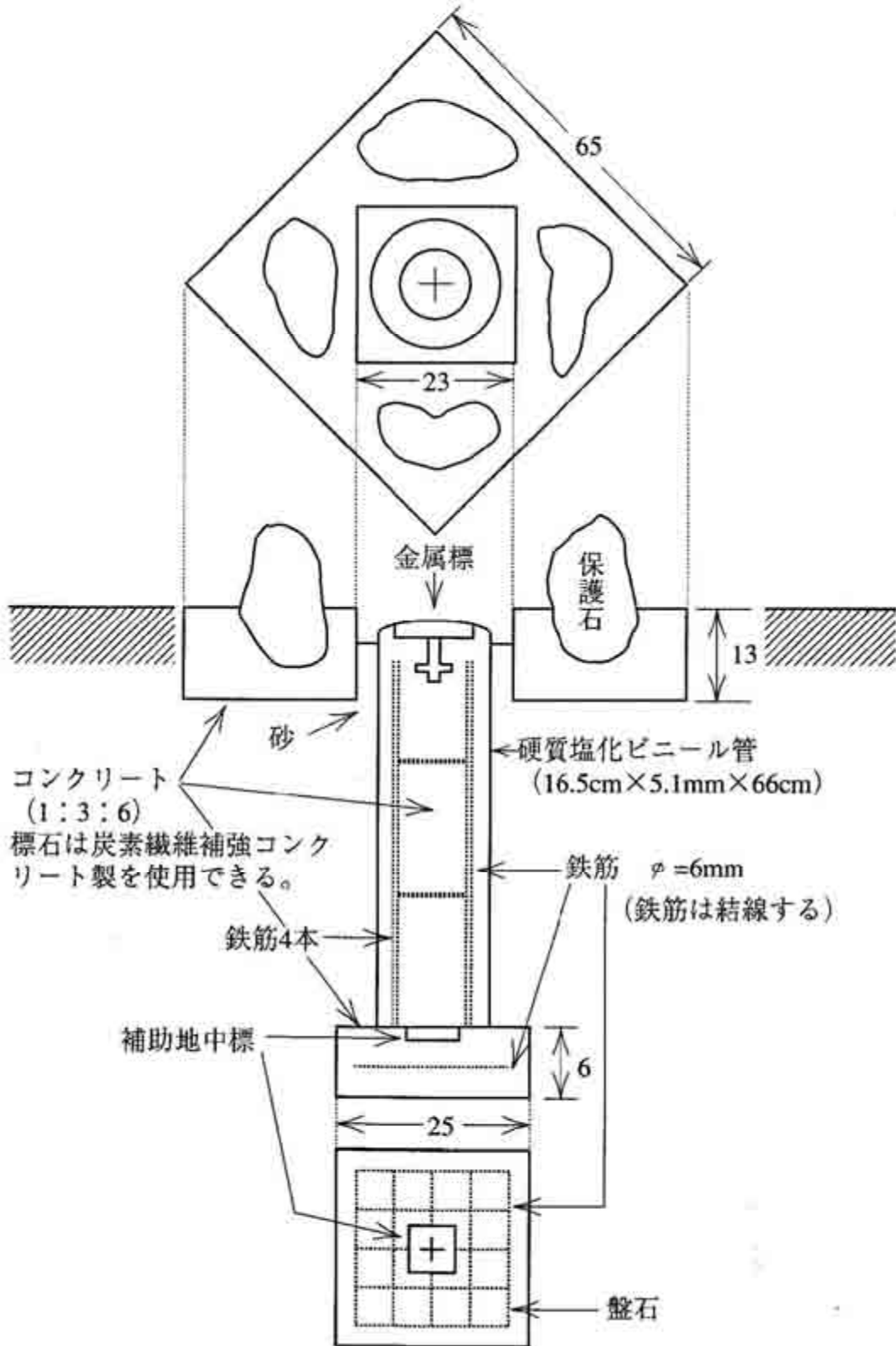
種 類	区 分		材 質
	A	B	
基準点金属標（その1）	cm 8	cm 9	真鍮・ステンレス
基準点金属標（その2）	cm 8	—	
水準点金属標	cm 8	cm 9	

注 永久標識には、固有番号等の付加情報を記録したICタグを付加することができる。

(2) 標準埋設形式

1) 基準点（金属標）地上埋設図（上面舗装）

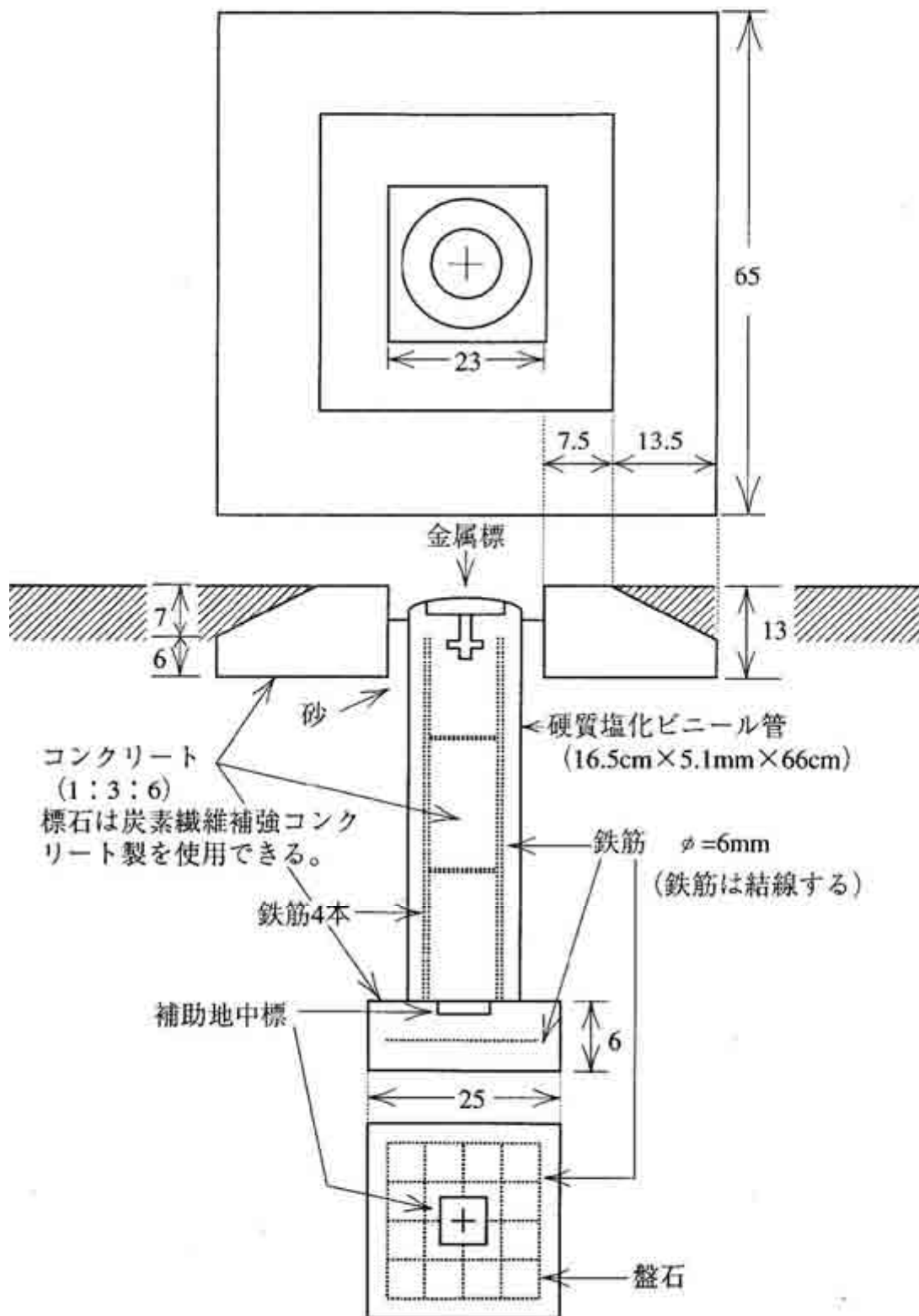
単位 cm



注 永久標識には、固有番号等の付加情報を記録したICタグを付加することができる。

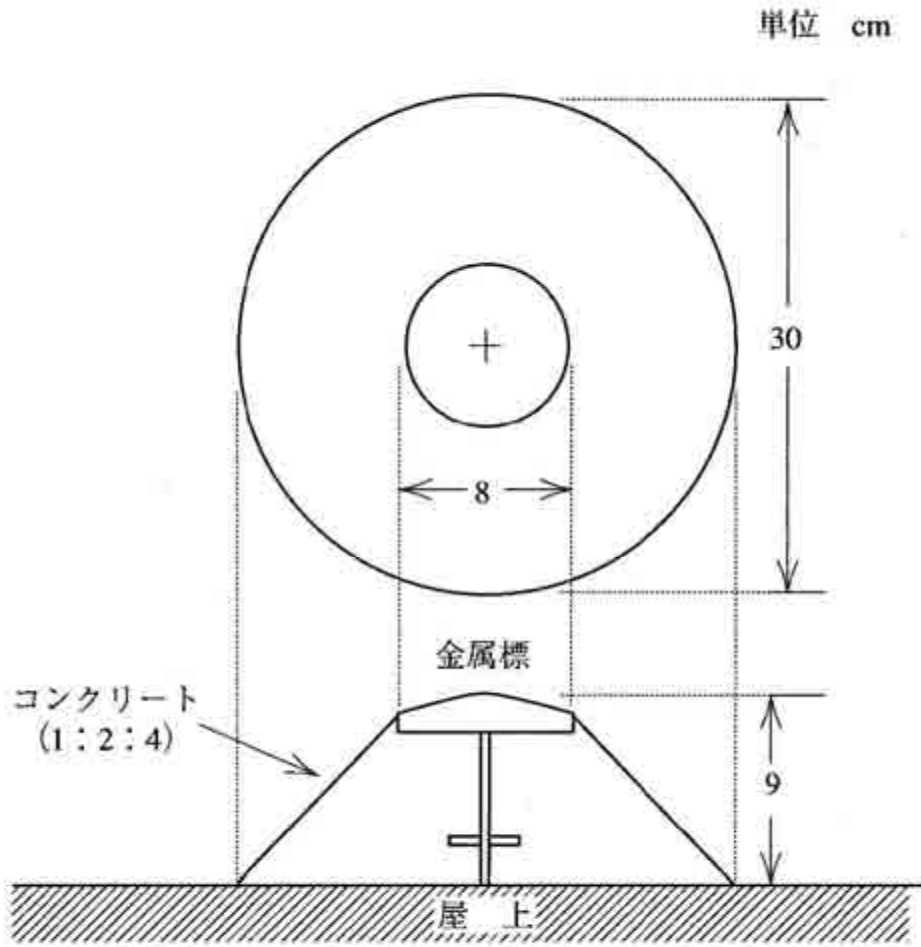
2) 基準点（金属標）地下埋設図

単位 cm

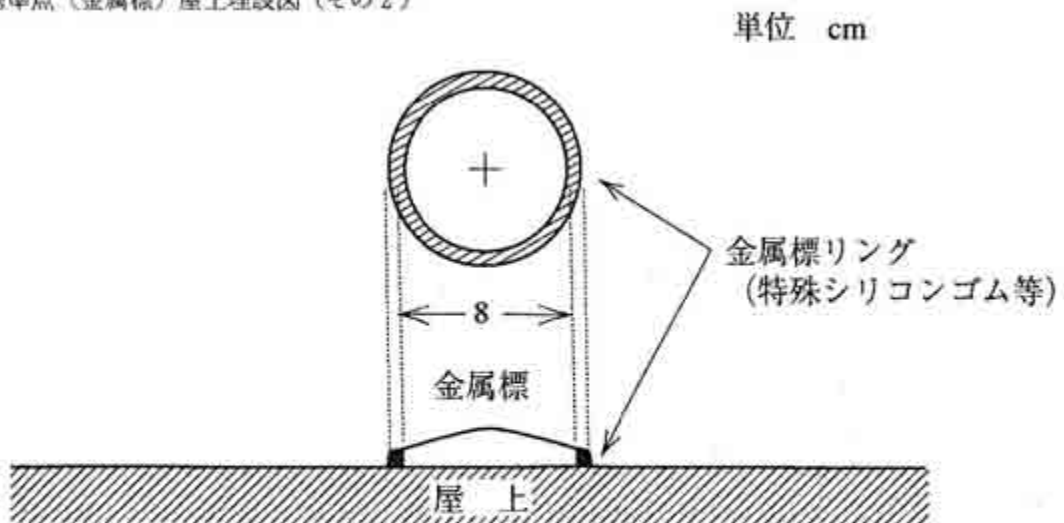


注 永久標識には、固有番号等の付加情報を記録したICタグを付加することができる。

3) 基準点（金属標）屋上埋設図（その1）



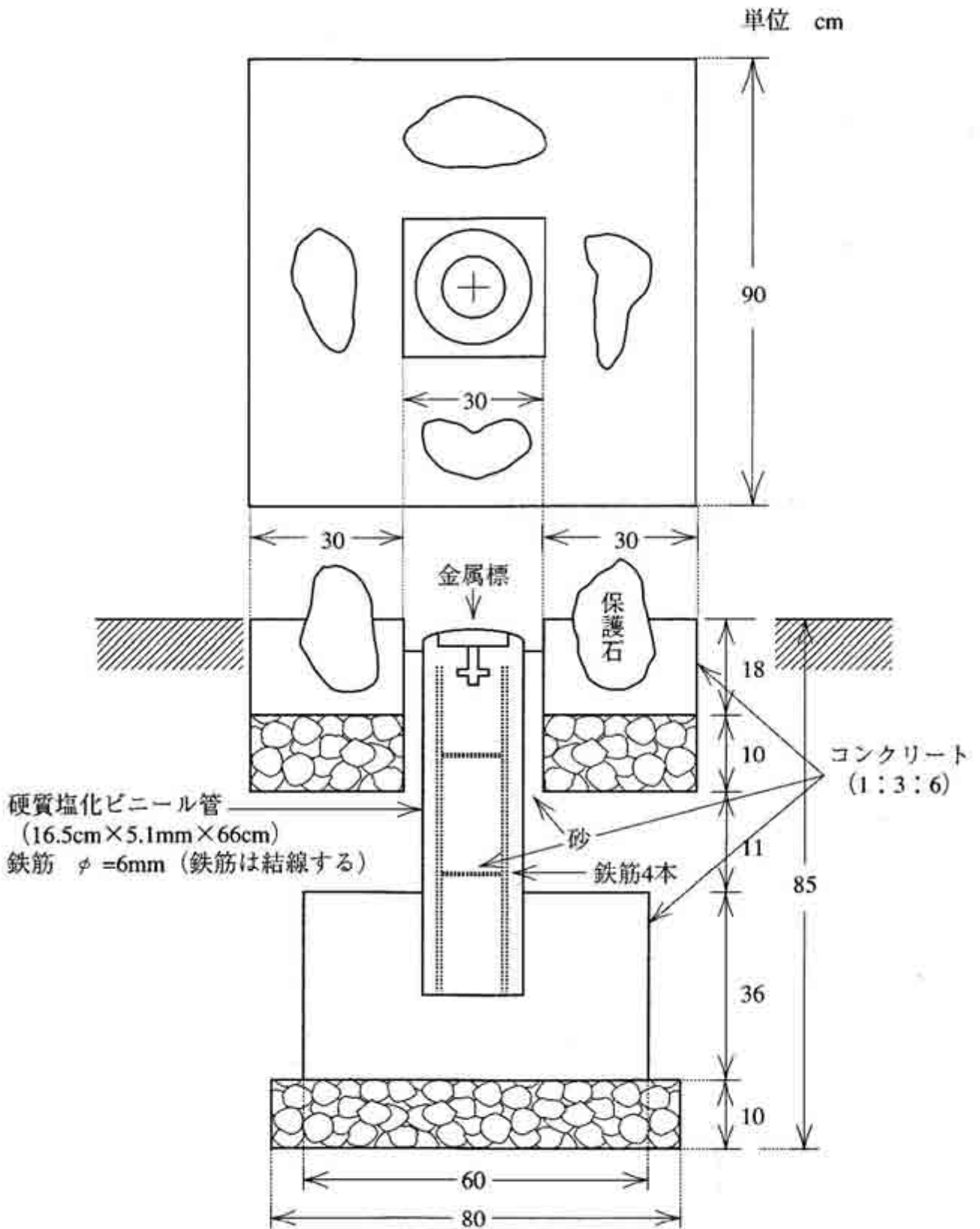
4) 基準点（金属標）屋上埋設図（その2）



注. 屋上面に、接着剤により貼付ける。

注 永久標識には、固有番号等の付加情報を記録したICタグを付加することができる。

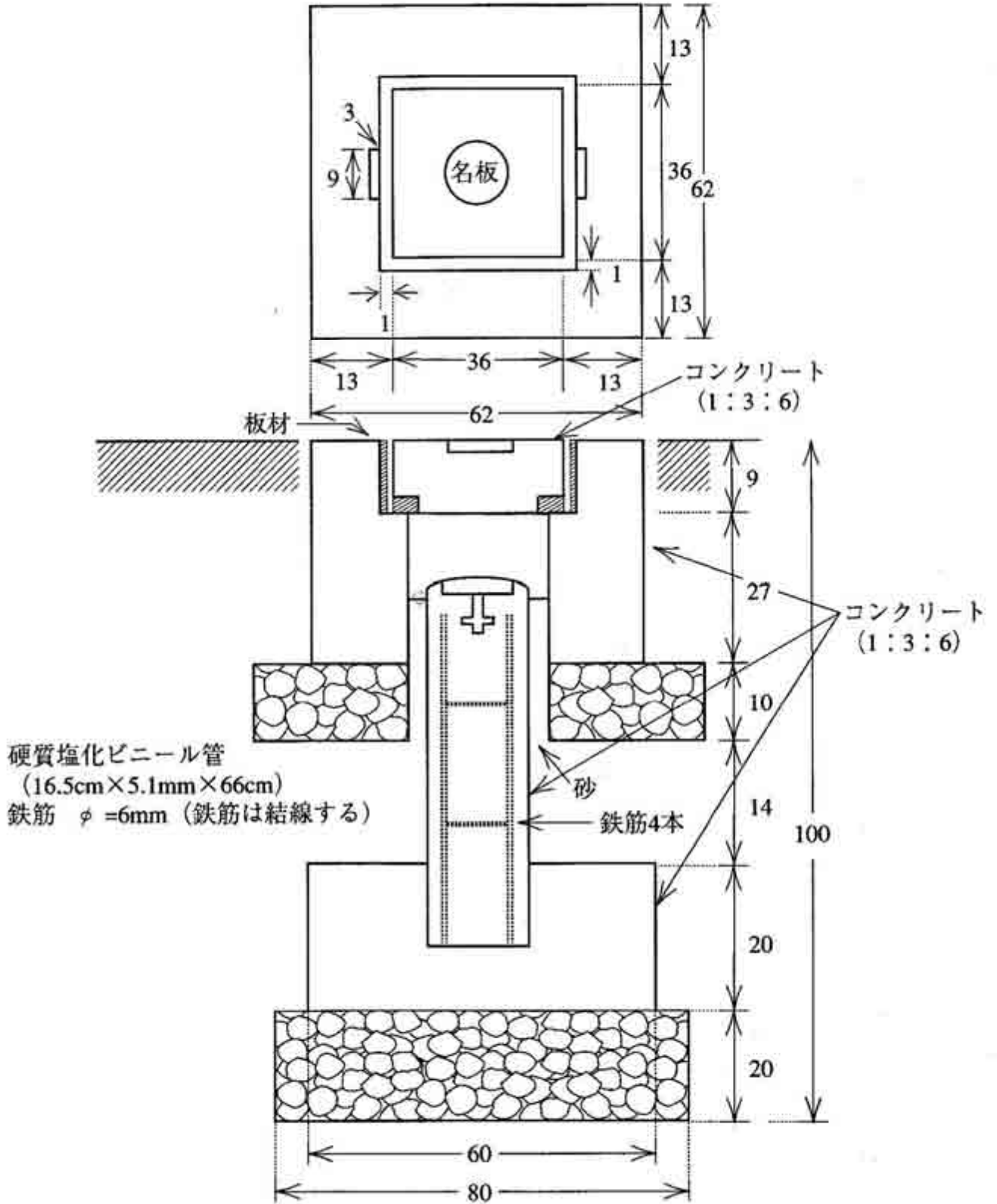
5) 水準点（金属標）地上埋設図



注 永久標識には、固有番号等の付加情報を記録したICタグを付加することができる。

6) 水準点（金属標）地下埋設図

単位 cm



注 永久標識には、固有番号等の付加情報を記録したICタグを付加することができる。

計 算 式 集

基準点測量

1. 楕円体の原子及び諸公式

1.1 楕円体の原子

地球の形状及び大きさについて、測量法施行令第3条に定める楕円体の値による。

長半径 $a = 6,378,137\text{m}$

$$\text{扁平率 } f = \frac{1}{298.257222101}$$

1.2 楕円体の諸公式

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{W^3} = \frac{c}{V^3}, \quad N = \frac{a}{W} = \frac{c}{V}$$

$$R = \sqrt{M \cdot N} = \frac{b}{W^2} = \frac{c}{V^2}$$

$$W = \sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2}, \quad V = \sqrt{1 + e^2 \cdot \cos^2}$$

$$f = \frac{a - b}{a} = 1 - \sqrt{1 - e^2} = \frac{1}{F}$$

$$b = a\sqrt{1 - e^2} = \frac{c}{1 + e^2} = a(1 - f) = \frac{a(F - 1)}{F}$$

$$c = \frac{a^2}{b} = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2}} = a\sqrt{1 + e^2} = b(1 + e^2) = \frac{a}{1 - f} = a \cdot \frac{\frac{1}{f}}{\frac{1}{f} - 1} = \frac{a \cdot F}{F - 1}$$

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} = \sqrt{\frac{e^2}{1 + e^2}} = \sqrt{2f - f^2} = \frac{\sqrt{2F - 1}}{F}$$

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2}} = \sqrt{\frac{e^2}{1 - e^2}} = \frac{\sqrt{2 \cdot \frac{1}{f} - 1}}{\frac{1}{f} - 1} = \frac{\sqrt{2F - 1}}{F - 1}$$

ただし、

a : 長半径	R : 平均曲率半径
b : 短半径	e : 第一離心率
c : 極での曲率半径	e : 第二離心率
f : 扁平率	: 緯度
F : 逆扁平率	
M : 子午線曲率半径	
N : 卯酉線曲率半径	

2. セオドライト及び測距儀又はトータルステーションを使用した場合の計算式

2.1 距離計算

2.1.1 測距儀の気象補正計算

$$D = D_s \cdot \frac{n_s}{n} = D_s + (n_s - n) \cdot D_s$$

ただし、

$n_s = (1 + s)$: 測距儀が採用している標準屈折率

$n = (1 + n)$: 気象観測から得られた屈折率

$$n = a \cdot \frac{P}{273.15 + t} - E$$

$$a = \frac{273.15}{1013.25} (n_g - 1)$$

$$n_g - 1 = \left(287.6155 + \frac{4.88660}{2} + \frac{0.06800}{4} \right) \cdot 10^{-6}$$

ただし、

$$E = 0.6 \cdot 10^{-6}$$

D : 気象補正済みの距離 (m)

D_s : 観測した距離 (m)

P : 測点1と測点2の平均気圧 (hPa)

t : 測点1と測点2の平均気温 (°C)

n_g : 群速度に対する屈折率

: 光波の実効波長 (μm)

2.1.2 気圧、気温を求める計算

標高による気圧の計算式

$$P_2 = 1013.25 \cdot 10^{-\frac{H}{67.58 T}}$$

高低差による気圧の計算式

$$() P_2 = P_1 \cdot 10^{-\frac{H}{67.58 T}}$$

$$() P_2 = P_1 - 0.12 \cdot H$$

高低差による気温の計算式

$$t = t - 0.005 \cdot H$$

ただし、

P_1 : 計算の基準とした測点で観測した気圧 (hPa)

P_2 : 求めようとする測点の気圧 (hPa)

$T = 273 + t$: 絶対温度 (K)

t : 計算の基準とした測点で観測した気温 (°C)

t : 求めようとする測点の気温 (°C)

H : 求めようとする測点の標高 (m)

H : 計算の基準とした測点 (H_1) と求めようとする測点 (H_2)

との高低差 $H_2 - H_1$ (m)

2.1.3 基準面上の距離の計算

$$S = D \cdot \cos \left[\frac{\theta_1 - \theta_2}{2} \right] \frac{R}{R + \left[\frac{H_1 + H_2}{2} \right] + N_g}$$

ただし、

- S : 基準面上の距離 (m) D : 測定距離 (m)
- H_1 : 測点 1 の標高 (概算値) + 測距儀の器械高 (m)
- H_2 : 測点 2 の標高 (概算値) + 測距儀の器械高 (m)
- i_1 : 測点 1 から測点 2 に対する高低角
- i_2 : 測点 2 から測点 1 に対する高低角
- $R = 6370000$: 平均曲率半径 (m)
- N_s : ジオイド高 (既知点のジオイド高を平均した値)

2.1.4 距離計算に必要な高低角の補正量を求める計算

- i_i : $i + d_i$
- i_i : 補正済みの高低角 ($i = 1, 2$ 以下同じ)
- i_i : 観測した高低角
- d_i : 高低角に対する補正量
- $d_1 = \sin^{-1} \left\{ \frac{(m - f_2 + i_1 - g) \cos i_1}{D} \right\}$
- $d_2 = \sin^{-1} \left\{ \frac{(g - f_1 + i_2 - m) \cos i_2}{D} \right\}$

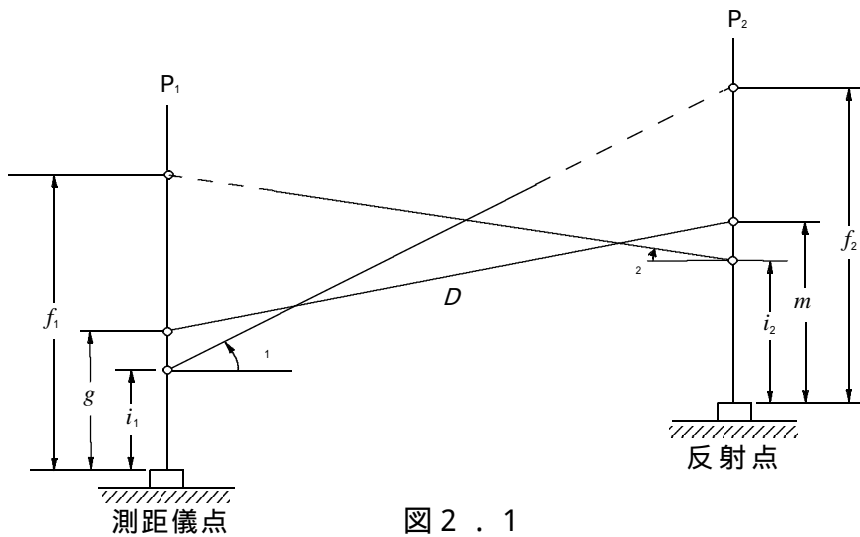


図 2 . 1

- P_1 : 測距の器械点
- P_2 : 反射点
- g : 測距儀の器械高
- m : 反射鏡高
- i_i : セオドライト高
- f_i : 目標高
- D : 測定距離

補正量 d_i は角度秒で求める。距離の単位はm、角度の単位は、度分秒とする。

2.2 偏心補正計算

2.2.1 正弦定理による計算

$$x = \sin^{-1} \left[\frac{e}{S} \sin \alpha \right]$$

(注) $\frac{e}{S}$ 又は $\frac{e}{S} < \frac{1}{450}$ のときは、
 $S = S$ として計算することができる。

2.2.2 二辺夾角による計算

$$x = \tan^{-1} \left[\frac{e \cdot \sin t}{S - e \cdot \cos t} \right]$$

$$S = \sqrt{S^2 + e^2 - 2 S e \cdot \cos t}$$

偏心点：偏心角を測定した測点

x : 偏心補正量

S : P_1 と P_2 との距離

S : 偏心点と P_2 との距離

e : 偏心距離

$= t -$

t : 観測した水平角, α : 偏心角

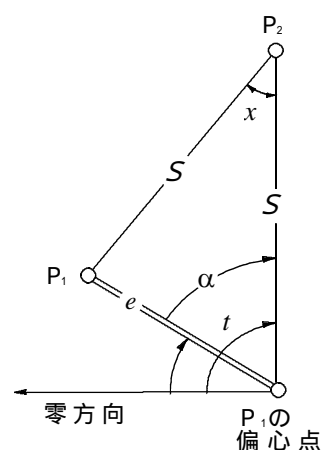


図 2 . 2

2.2.3 相互偏心の計算

S が既知の場合

$$x = \tan^{-1} \left\{ \frac{e_1 \cdot \sin t_1 + e_2 \cdot \sin t_2}{S - (e_1 \cdot \cos t_1 + e_2 \cdot \cos t_2)} \right\}$$

$$S = \sqrt{(S - e_1 \cdot \cos t_1 - e_2 \cdot \cos t_2)^2 + (e_1 \cdot \sin t_1 + e_2 \cdot \sin t_2)^2}$$

S が既知の場合

$$x = \sin^{-1} \left[\frac{e_1 \cdot \sin t_1 + e_2 \cdot \sin t_2}{S} \right]$$

P_1 : 測点 1

P_2 : 測点 2

P_1 : P_1 の偏心点

P_2 : P_2 の偏心点

x : 偏心補正量

S : P_1 と P_2 との距離

S : P_1 と P_2 との距離

e_1, e_2 : 偏心距離

t_1, t_2 : 偏心角

t_1, t_2 : 観測した水平角

$t_1 = t_1 -$

$t_2 = (360^\circ + t_2) -$

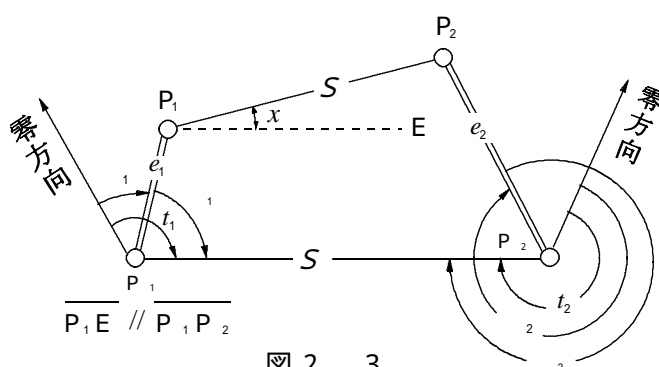


図 2 . 3

2.2.4 偏心補正の符号

正とは、図 2 . 2 において、 P_1 での水平角に補正する。反とは、 P_2 での水平角に補正することを示す。+ は、計算した補正量の符号をそのまま加用する。- は、計算した補正量の符号を反して加用することを示す。

B・C・Pの関係	偏心角を測定した位置の区分		
	水平角観測を行った観測点B	測点の中心C	目標の中心P
$(B = P) \not\approx C$	正 : + 反 : +	正 : - 反 : -	正 : + 反 : +
$(B = C) \not\approx P$	反 : -	反 : -	反 : +
$B \not\approx (C = P)$	正 : +	正 : -	正 : -
$B \not\approx C \not\approx P$	$(B \not\approx C)$ 正 : +	$(B \not\approx C)$ 正 : - $(C \not\approx P)$ 反 : -	$(C \not\approx P)$ 反 : +

2.3 座標及び閉合差の計算（方向角の取付を行った場合）
多角路線の記号の説明

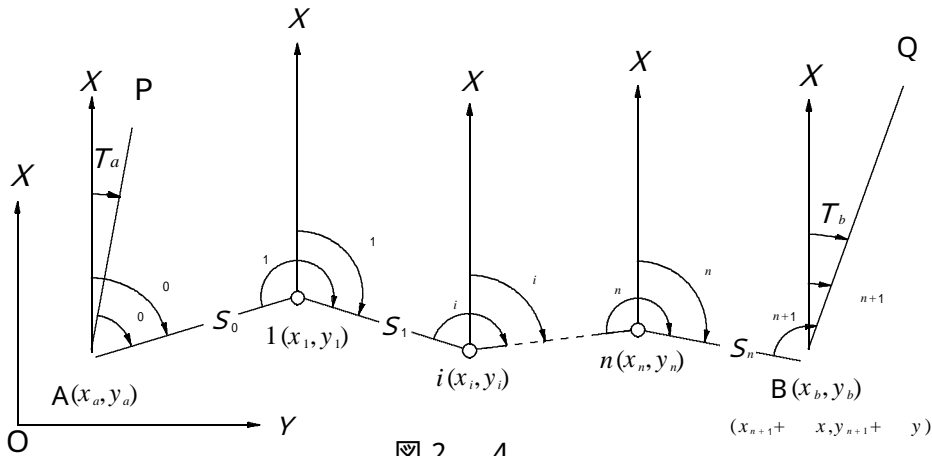


図 2 . 4

(既知件)

- A : 出発点 (既知点) x_a, y_a : A の x, y 座標
- B : 結合点 (既知点) x_b, y_b : B の x, y 座標
- T_a : 出発点の方向角
- T_b : 結合点の方向角

(観測件)

- i : 観測した水平角, (角数 = $n + 2$)
- i : 測点で次の点に対する方向角, (角数 = $n + 2$)
- S_i : 測点から次の点までの平面上の距離, (辺数 = $n + 1$)
- i : 測点番号, (点数 = n)

(求 件)

- x_i, y_i : 測点 i の x, y 座標
- x, y : 座標の閉合差, : 方向角の閉合差

(その他の記号)

- X : 座標の x 軸の方向 Y : 座標の y 軸の方向
- P, Q : 既知点

2.3.1 方向角の計算

- 出発点Aの方向角 : $\theta_0 = T_a + \theta_0$
 測点*i*の方向角 : $\theta_i = \theta_{i-1} + \beta_i \pm 180^\circ$
 結合点Bの方向角 : $\theta_{n+1} = \theta_n + \beta_{n+1} \pm 180^\circ$

2.3.2 方向角の閉合差

$$= T_b - \theta_{n+1}$$

又は

$$= T_b - T_a - \sum \beta_i + (n \pm 1)180^\circ$$

2.3.3 座標の近似値の計算

- 測点1の座標 : $x_1 = x_a + dx_1, y_1 = y_a + dy_1$
 測点*i*の座標 : $x_i = x_{i-1} + dx_i, y_i = y_{i-1} + dy_i$

ただし、

$$dx_i = S_i \cdot \cos \theta_i, dy_i = S_i \cdot \sin \theta_i$$

2.3.4 座標の閉合差

$$x = x_b - x_{n+1} = x_b - x_a - \sum dx$$

$$y = y_b - y_{n+1} = y_b - y_a - \sum dy$$

2.3.5 方向角の計算（取付観測がない場合）

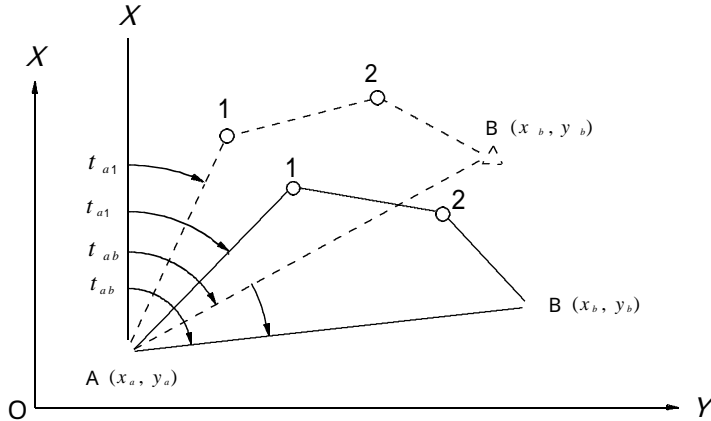


図 2 . 5

- : 計算で確定した多角路線
 - - - - : 仮定の方角で計算した多角路線

(既知件)

- A : 出発点 x_a, y_a : 出発点の x, y 座標
 B : 結合点 x_b, y_b : 結合点の x, y 座標

(観測件)

多角路線の辺長と新点及び節点における水平角

(求 件)

t_{a1} : A から 1 に対する方向角

(計算式および記号)

t_{a1} : 地形図等から求めた A 点から 1 点に対する仮定の方角
 (1・2・B は仮定の方角によって計算した各点の位置)

t_{ab} : 仮定の方角 (A 点から B 点に対する方向角)

$$t_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \right)$$

t_{ab} : 出発点 A 点から結合点 B 点に対する方向角

$$t_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \right)$$

: 仮定方向角に対する修正量

$$= t_{ab} - t_{ab}$$

求件、A 点から 1 に対する方向角

$$t_{a1} = t_{a1} +$$

2.4 座標の計算 (厳密水平網平均計算)

2.4.1 観測値を平面直角座標上の値へ変換するための計算

方向角の変換

$$(t - T)_{ij} = - \frac{1}{4m_0^2 R_0^2} (y_j + y_i)(x_j - x_i) + \frac{1}{12m_0^2 R_0^2} (x_j - x_i)(y_j - y_i)$$

$$t_{ij} = T_{ij} + (t - T)_{ij}$$

距離の変換

$$\left(\frac{s}{S} \right)_{ij} = m_0 \left[1 + \frac{1}{6 R_0^2 m_0^2} (y_i^2 + y_i y_j + y_j^2) \right]$$

$$s_{ij} = S_{ij} \left(\frac{s}{S} \right)_{ij}$$

ただし、

t_{ij} : 平面直角座標上の観測方向角

T_{ij} : 基準面上の観測方向角

s_{ij} : 平面直角座標上の測定距離

S_{ij} : 基準面上の測定距離

m_0 : 平面直角座標系原点の縮尺係数 0.9999

R_0 : 平面直角座標系原点の平均曲率半径

x_i, y_i : P_i 点の近似座標値

x_j, y_j : P_j 点の近似座標値

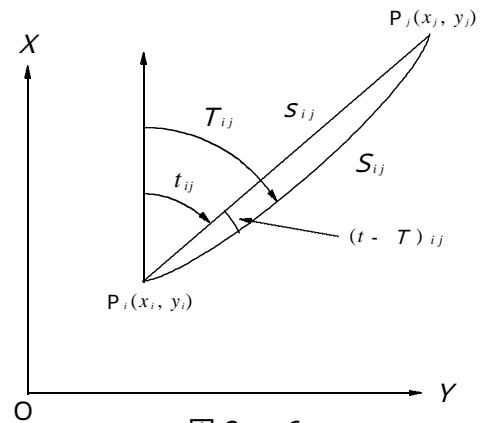


図 2 . 6

2.4.2 観測方程式

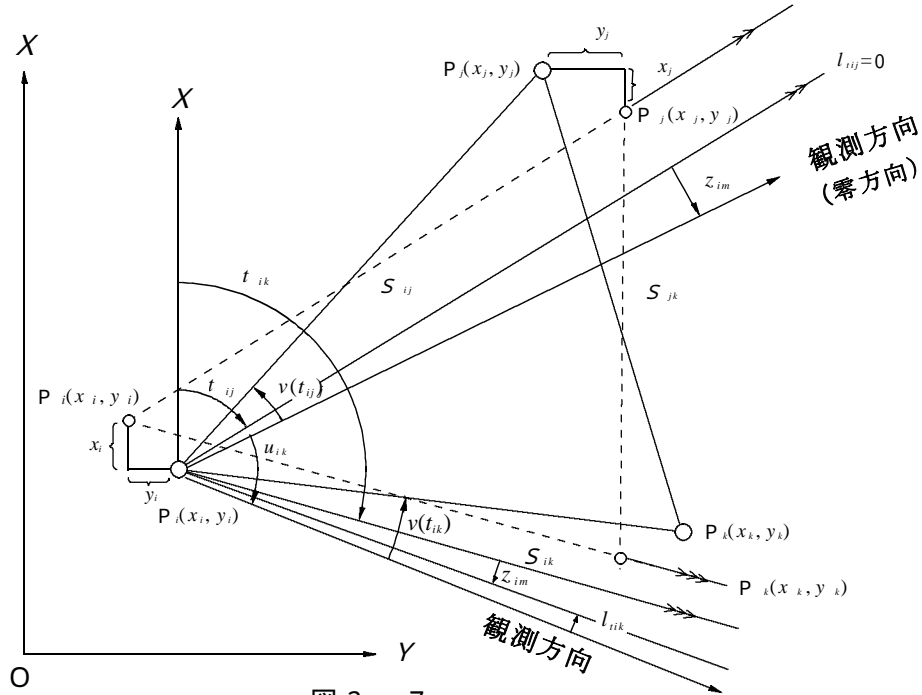


図 2 . 7

方向観測の観測方程式

$$v(t_{ik}) = -z_{im} + a_{ik} x_i - b_{ik} y_i - a_{ik} x_k + b_{ik} y_k - l_{tik}$$

$$\text{重量 } p_{tik} = 1$$

距離観測の観測方程式

$$v(s_{ik}) = -b_{ik} x_i - a_{ik} y_i + b_{ik} x_k + a_{ik} y_k - l_{sik}$$

$$\text{重量 } p_{sik}$$

ただし、

x_i, y_i : P_i 点の座標の近似値 (m単位)

x_i, y_i : P_i 点の座標の最確値 (m単位)

x_i, y_i : P_i 点の座標の補正值 $x_i = x_i + x_i, y_i = y_i + y_i$

P_i 点が既知点のとき $x_i = y_i = 0$

S_{ik} : P_i, P_k 間の平面座標上の近似距離 $\{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2\}^{\frac{1}{2}}$

a_{ik}, b_{ik} : 観測方程式の係数

$$a_{ik} = \frac{(y_k - y_i)}{S_{ik}^2}, \quad b_{ik} = \frac{(x_k - x_i)}{S_{ik}^2}$$

S_{ik} : P_i, P_k 間の平面座標上の測定距離 (m単位)

l_{sik} : 距離の観測方程式の定数項 $\cdot (s_{ik} - s_{ik}) / s_{ik}$ (秒単位)

t_{ij} : P_i 点における P_j (零方向) 方向の仮定方向角 $\tan^{-1}\{(y_j - y_i) / (x_j - x_i)\}$

t_{ik} : P_i 点における P_k 方向の仮定方向角 $\tan^{-1}\{(y_k - y_i) / (x_k - x_i)\}$

z_{im} : 標定誤差、 P_i 点における m 組目の方向観測を方向角に換算するときの仮定方向角 (t) に対する補正值 (秒単位)

u_{ik} : P_i 点における零方向 (P_j 方向) を基準とした P_k 方向の観測角

l_{tik} : 方向の観測方程式の定数項 (秒単位)

$$l_{tik} = (t_{ij} + u_{ik}) - t_{ik}$$

$$l_{tij} = 0 \text{ (零方向)}$$

P_{ik} : 方向観測の重量, 常に 1 とする

- p_{sik} : 距離観測の重量 $p_{sik} = \frac{m_r^2 s_{ik}^2}{(m_s^2 + s_{ik}^2)^2}$
 m_r : 角の1方向の標準偏差 (秒単位)
 m_s : 測距儀における距離に無関係な標準偏差 (m単位)
: 測距儀における距離に比例する誤差の比例定数
 $v(t_{ik})$: 方向観測の残差 (秒単位)
 $v(s_{ik})$: 距離観測の残差 (秒単位)
m単位の場合の残差 = $s_{ik} \cdot v(s_{ik}) /$

2.4.3 平均計算

観測方程式の行列表示

$$V = AX - L, P$$

ただし、

- | | | |
|---|---|------------------------|
| V : 残差のベクトル
A : 係数の行列
X : 未知数のベクトル
L : 定数項のベクトル
P : 重量の行列 | } | 行列要素の配置順位は、それぞれ対応している。 |
|---|---|------------------------|

標準方程式の行列

$$NX = U$$

ただし、

$$N = A^T P A, U = A^T P L$$

A^T は、 A の転置行列 [$A = (a_{ij})$ のとき, $A^T = (a_{ji})$] である。

解

$$X = N^{-1} U$$

N^{-1} は、 N の逆行列である。

座標の最確値

$$x_i = \bar{x}_i + x_i$$

$$y_i = \bar{y}_i + y_i$$

単位重量当たりの観測値の標準偏差 (m_0)

$$m_0 = \sqrt{\frac{V^T P V}{q - (r + 2n)}}$$

m_0 は、角度で表示する。

ただし、

V^T : V の転置行列 r : 方向観測の組の数

P : 観測値の重量 n : 新点の数

q : 観測方程式の数

座標の標準偏差

$$M_x = \frac{m_0}{\sqrt{P_x}} \quad \text{-----X座標の標準偏差}$$

$$M_y = \frac{m_0}{\sqrt{P_y}} \quad \text{-----Y座標の標準偏差}$$

$$M_s = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \quad \text{-----座標の標準偏差}$$

M_x, M_y, M_s は、長さで表示する。

ただし、

P_x : x の重量 P_y : y の重量

(注) $1/P_x, 1/P_y$ は、逆行列 N^{-1} の対角要素である。

2.5 標高及び閉合差の計算

2.5.1 標高及び高低差の計算

標高 H_2 (H_1 を既知とした場合)

$$H_2 = (H_1 + H_2) / 2$$

H_1, H_2 正反に分けて計算を行う

$$\text{正方向 } H_2 = H_1 + D \cdot \sin i_1 - f_2 + K$$

$$\text{反方向 } H_2 = H_1 - D \cdot \sin i_2 - f_1 + K$$

高低差 h は

$$h = H_2 - H_1$$

$$D \cdot \sin \left[\frac{i_1 - i_2}{2} \right] + \frac{1}{2}(i_1 + f_1) - \frac{1}{2}(i_2 + f_2)$$

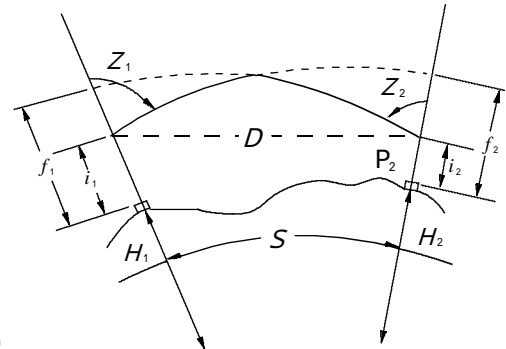


図 2.8

ただし

H_i : P_i 点の標高

i_i : P_i 点のセオドライト高

f_i : P_i 点の目標高

h : P_1 点と P_2 点との高低差

D : 測定距離

S : 基準面上の距離

Z_i : P_i 点で観測した鉛直角

i_i : P_i 点における高低角, $i_i = 90^\circ - Z_i$

$$K : \text{両差 (気差及び球差)} = \frac{(1-k)D^2}{2R} \quad k : \text{屈折係数}(0.133)$$

R : 平均曲率半径

2.5.2 標高の閉合差

結合多角路線の閉合差

$$dh = H_b - H_a - h$$

ただし、

dh : 閉合差, H_a : 出発点の標高, H_b : 結合点の標高

2.5.3 標高の近似値の計算

高低網平均の近似値は標高の概算値を使用する。

$$H_2 = H_1 + h$$

2.6 標高の精算 (厳密高低網平均計算)

2.6.1 観測した高低角の標石上面への補正計算

補正計算の説明

H_i : 標高

A_i : 測点 i から観測した高低角

d_i : A_i に対する補正量

i_i : A_i の補正後の高低角

i_i : セオドライト高

f_i : 目標高

i : 測点番号

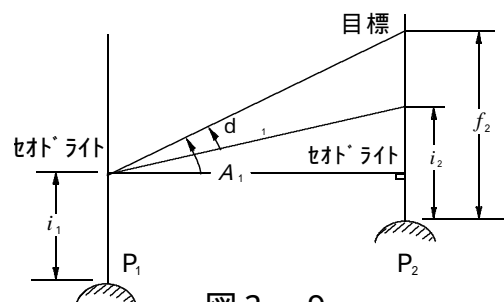


図 2.9

正の高低角に対する補正量

$$d_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{(f_2 - i_1) \cos A_1}{\frac{S}{\cos A_1} - (f_2 - i_1) \sin A_1} \right\}$$

反の高低角に対する補正量

$$d_2 = \tan^{-1} \left\{ \frac{(f_1 - i_2) \cos A_2}{\frac{S}{\cos A_2} - (f_1 - i_2) \sin A_2} \right\}$$

ただし、

S は基準面上の距離〔2.6.2による〕

補正した観測高低角

$$A_1 = A_1 - d_1$$

$$A_2 = A_2 - d_2$$

2.6.2 観測方程式

平均値・観測値・近似値の関係

P_i : 平均計算で確定した測点

H_i : 標高の最確値

P_i : 近似値による測点

H_i : 近似標高

h_i : 近似標高に対する補正量

: 観測した高低角

$$= \frac{1 - \frac{h_i^2}{2R}}{2}$$

: 近似標高により求めた高低角

$$= \tan^{-1} \left\{ \frac{H_2 - H_1}{S} \left(1 - \frac{H_1 + H_2}{2R} \right) \right\}$$

S : 基準面上の距離

R : 平均曲率半径

観測値の重量

正反を1組とした、 $\left(\frac{1 - \frac{h_i^2}{2R}}{2} \right)$ の観測値の重量を1とする。

観測方程式の係数

$$C_1 = \frac{\cos^2 A_1}{S} \left(1 - \frac{H_1}{R} \right)$$

$$C_2 = \frac{\cos^2 A_2}{S} \left(1 - \frac{H_2}{R} \right)$$

観測方程式

$$v(\) = -C_1 h_1 + C_2 h_2 - l_{12}$$

重量 = 1

ただし、

$$l_{12} = \text{---}$$

$v(\)$: 高低角の残差 (秒単位)

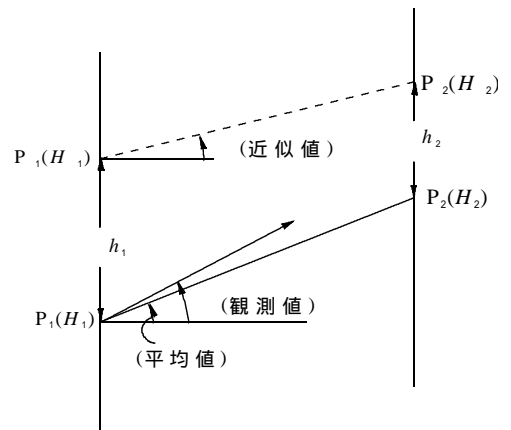


図 2 . 10