



土 木 研 究 所 資 料

第1035号

ポ ー ル 基 礎 の 安 定 計 算 法

昭 和 50 年 7 月

建 設 省 土 木 研 究 所

目 次

ま え が き

1. 外 力	1
2. 現行の設計法及び提案する設計法	4
2-1 各設計法の考え方	4
2-2 エンゲル式とケーソン式	5
2-3 ケーソン式による基礎設計法	6
3. 簡易計算法	13
3-1 直接基礎としての検討	13
3-2 簡易計算法	14
3-3 基礎の断面形について	17
3-4 簡易計算法による各種ボール基礎の計算	18
4. 根入れ表による設計	20
5. 実物載荷実験	33
あ と が き	38

まえがき

現在、各種のポール基礎（道路照明、道路標識、標示板、反射鏡等）に対する設計法は、各目的物によって一応の基準又は慣用例があり、これまで実施されてきたが、必ずしも全国的な統一があるとは限らず、又これらポール基礎全体としての共通の指針がなかったため、安定計算に対する考え方、設計法も様々でありいろいろな不都合が出ている。

例えば、道路照明柱の基礎については、現在その形状寸法が基準化されているが、地下埋設物等の現場条件によって、基準通りの寸法の基礎を作ることが不可能なことが多々ある。このような場合に、これを道路標識の基礎の考え方で設計すると、非常に小さな基礎で済むというようなことである。

又、これらポール基礎の安定を考える場合の外力は、主に風荷重であるが、設計風速、抗力係数のとり方も統一されておらず、同一構造物に対してさえ、各機関によっていろいろな値を用いた設計が行なわれている。

そこで、これらの不合理性を検討し、設計風速、抗力係数のとり方、および、基礎根入れ長の算定法等、ポール基礎全体としての共通の考え方を提案したものである。

昭和50年7月

基礎研究室

駒 田 敬 一

岡 山 義 人

堀 部 正 文

1. 外 力

これら各種ポール基礎の設計において、その対象とされる外力は風荷重であるが、現行の設計法では、設計風速及び抗力係数のとり方がまちまちである。そこでこれを統一するため、道路橋示方書、道路橋下部構造設計指針、建築基準法施行令、道路照明施設設置基準等を参照し検討した。

設計風速については、ポール基礎では、現在一般に $30 \sim 60 \text{ m/sec}$ という値が用いられている。風速と高さの関係を示す式には対数法則と指数法則があるが、建築物においては、風速が高さの4乗根に比例するという(1)式が使用されている。

$$V(h) = V_0 \cdot \sqrt[4]{h/h_0} \dots\dots\dots(1)$$

$V(h)$: 高さ h (m) における風速(sec)

V_0 は、高さ h_0 (m) における風速 (m/sec) であるが、 $h_0 = 15 \text{ m}$ 、 $V_0 = 6.3 \text{ m/sec}$ の値を基準として使用することも規定されている。そこで、(1)式にこれらの値を入れると、(2)式が得られる。

$$V(h) = 3.2 \sqrt[4]{h} \dots\dots\dots(2)$$

図-1は、(2)式から求めた高さ
と風速の関係であるがこれによ
ると、地表にきわめて近いところ
を別にすれば、高さによる風速の著
しい差はない。ここで問題として
いる道路照明、標識、反射鏡等につ
いては、その高さは、ほとんど
地表面上 2 m 前後から、せいぜい
 15 m くらいまでであり、周囲の
地表構造物の影響等を考慮すれば、
高さによって風速を変えて用いる
ことは望ましいと言える。又、各
種ポール基礎に関する各機関別の
設計法等も収集し検討を行ったが、

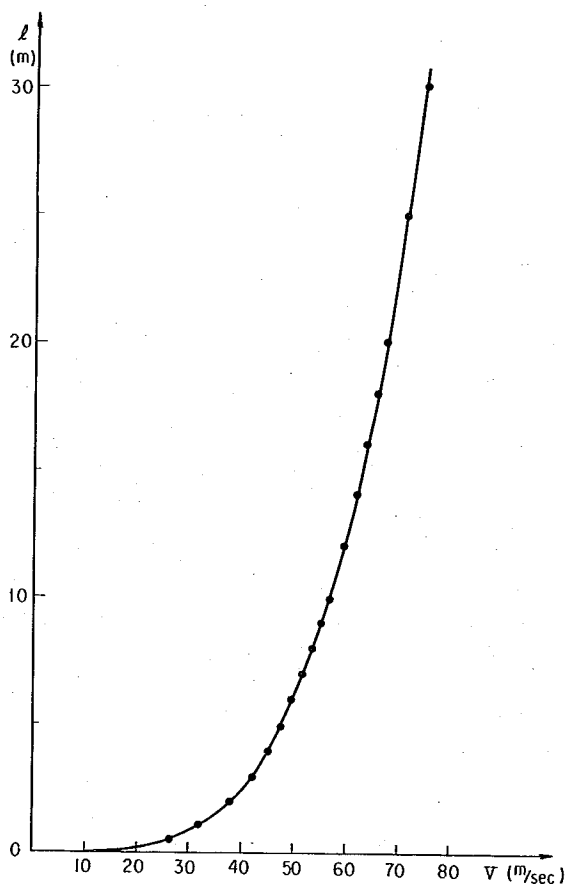


図-1 高さと風速の関係

それによると、いずれの機関も各目的物によって設計風速を変えて用いてはいるが、その値は各機関によってばらばらである。

そこで現行の値、高さとの関係式を参考にし、更に、各目的構造物の重要度、風速による基礎根入れ長の感度等も考えあわせて、設計風速を次のようにした。

路側式の道路標識、道路反射鏡等の場合…………… 40 m/sec
 オーバンハング、オーバーヘッド式の道路標識、標示板等…………… 50 m/sec
 道路照明柱…………… 60 m/sec

抗力係数についても、これら各資料を参照し検討した結果、板の場合は1.2、ポールの場合は0.7にした。

表-1は、各機関別の設計風速、抗力係数、またその設計風速を考慮するときの許容応力度の割増し等である。これによると、上記の値はほぼ妥当な値と言えそうである。

表-1

適用基準	設計風速 (m/sec)	抗力係数		風荷重(kg/m ²)		許容応 力度の 割増し	基準荷重(kg/m ²)		摘 要
		板	円 柱	板	円 柱		板	円 柱	
道路橋示方書 (共通編)	55	1.6	0.8	300	150	1.25	240	120	
道路橋下部 構造設計指針	50	1.4	1.0	220	150	1.25	180	120	
建築基準法 施行令(87条)	$V = 32 \sqrt{h}$ (h=10mの場合)	1.2	0.7	230	130	1.50	180	100	
鉄道電化協会 (コンクリートポール)	40	1.2	0.8	120	80	1.50	80	50	
道路照明施設 設置基準	60	1.2	0.7	270	160	1.50	180	110	

次に参考として、各機関別の道路照明柱への設計風速を調べてみると、

建設省…………… 60 m/sec
 道路公団…………… 60 “
 首都公団…………… 60 “
 阪神公団…………… 55 “
 住宅公団…………… 60 “

となっており、道路照明柱の 60 m/sec という値は妥当なものであろう。

従って、設計計算においては、風速及び抗力係数として前述のような値をとり風荷重は、(3)式より算定することとする。

$$P = \frac{1}{16} V^2 A C_D \dots\dots\dots(3)$$

P : 風荷重 (Kg)

V : 設計風速 (m/sec)

A : 受圧面積 (有効投影面積, m^2)

C_D : 抗力係数

2. 現行の設計法及び提案する設計法

2-1 各設計法の考え方

現行の道路標識および道路照明柱の基礎設計法は、図-2の(a)及び(b)の考え方によっている。

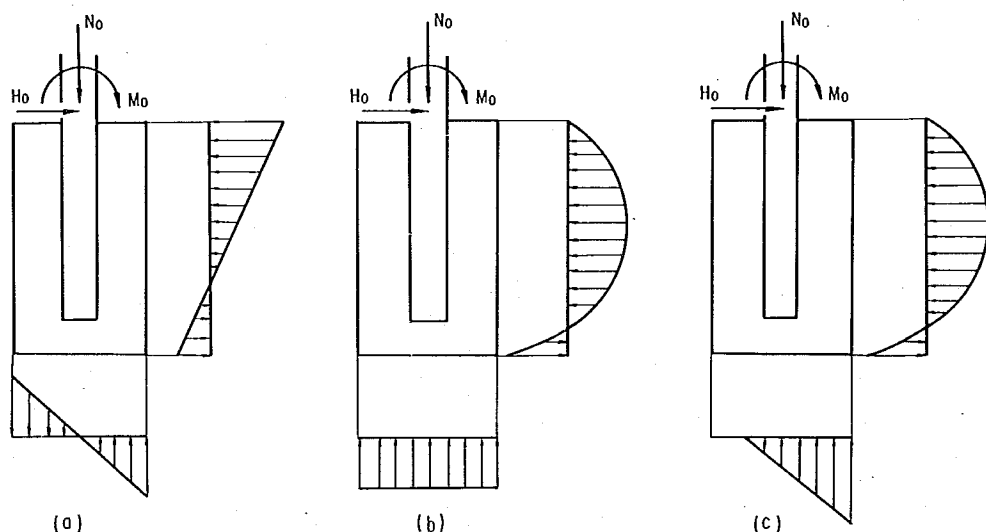


図-2 ポール基礎に関する各設計法の考え方

道路標識の基礎設計法は、地盤の水平反力の分布を直線と仮定し、更に底面反力については、図からわかるように地盤と基礎底面との間に引張抵抗も作用するとしている。そして、外力に対して、まず基礎底面地盤で抵抗し、その不足分を横方向の抵抗力によって補うという考え方である。しかし、このような引張抵抗力は存在しないから、このような考え方による設計法は非常に危険であるといえる。特に、基礎巾が基礎の根入れ深さに比べて大きい場合は危険である。

道路照明柱の基礎設計法は、エンゲルの式によっている。これは、地盤に生じる水平反力の分布を二次放物線と仮定し、これだけが唯一の抵抗要素であるとして、他の抵抗要素を考えずに計算式を導いたものである。また、基礎底面の反力分布は一定で偏心を考えていないため、断面寸法が小さくて根入れが非常に長い場合はよいが、根入れ長に比べ断面が大きくなってくると安全すぎるきらいがある。

このように、エンゲル式は底面反力の偏心を無視したもので安全すぎるため、基礎側面の受働土圧と底面反力の偏心の二抵抗要素が水平力による曲げモーメントに抵抗するという、ケーソン

基礎に関する池原・横山式（以後、ケーソン式と呼ぶ）を提案した。この考え方は、図-2の(c)の通りである。

2-2 エンゲル式とケーソン式の比較

図-3は、 N 値10程度の砂質地盤を仮定し、道路照明柱8-18及び12-28に風速60 m/secを作用させた場合の正方形断面の基礎について、エンゲル式(4)による基礎巾と根入れ長

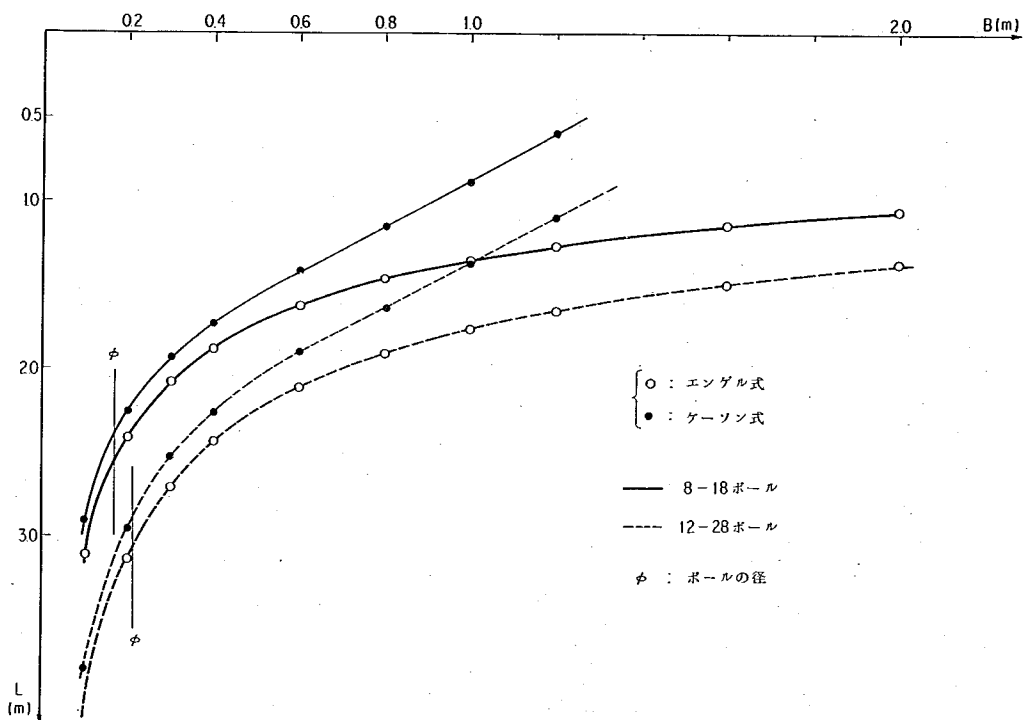


図-3 基礎巾 B と根入れ長 L の関係

の関係、及びケーソン式によって前面地盤の許容地盤反力度から基礎巾と根入れ長の関係を求めて図示したものである。

$$B = \frac{12M_0 + 9H_0 L}{K_P r L^3} \dots\dots\dots(4)$$

ここに,

M_0 : 基礎天端に作用する曲げモーメント (t/m)

H_0 : " 水平力 (t)

B : 基礎の巾 (m)

L : 基礎の根入れ長さ (m)

K_P : 受働土圧係数

γ : 土の単位体積重量 (t/m^3)

エンゲル式は、基礎底面の影響を無視しているため、図からわかるように基礎巾が小さい時には両式による根入れ長の差はほとんどないが、基礎巾が大きくなると底面の影響がかなりきいてくるため両式によって、根入れ長は著しく異ってくる。このように、エンゲル式は基礎巾を大きくしても根入れ長はほとんど変わらず、断面の大きな基礎の場合は、非常に不経済となる。従って、基礎の経済性を考えれば、エンゲル式の適用範囲にはおのずと限界がある。これらのことから、ケーソン式が妥当であると判断する。

2-3 ケーソン式による基礎設計法

ケーソン式による基礎の安定は、基礎寸法 (側面巾 $2a$, 前面巾 $2b$, 根入れ長 ℓ) に対して、次式が満足されればよい

$$h \theta \leq 2.4 \ell \gamma \left(\frac{K_P}{K_H} \right) \dots\dots\dots (5)$$

h : ケーソンの回転中心までの深さ (m)
 θ : ケーソンの回転角 (rad)

} 次式より算出する

$$h = \frac{M_0 K_2 + H_0 K_3}{M_0 K_1 + H_0 K_2}$$

$$\theta = \frac{M_0 K_1 + H_0 K_2}{K_1 K_3 - K_2^2}$$

M_0 : 基礎天端に作用する曲げモーメント (tm)

H_0 : " 水平力 (t)

V_0 : " 鉛直力 (t)

γ : 土の単位体積重量 (t/m^3) $\dots\dots\dots 1.7 t/m^3$ でよい

K_P : 受働土圧係数 $\dots\dots\dots 3.53$ でよい

K_H : 水平方向地盤反力係数 } 算出にあたっては、道路橋下部構造設計指
 K_V : 鉛直方向地盤反力係数 } 針・ケーソンの設計篇による。

K_1, K_2, K_3 : 次式による。

$$K_1 = b K_H \cdot \ell$$

$$K_2 = \frac{2}{3} b K_H \cdot \ell^2$$

$$K_3 = \frac{1}{2} b K_H \cdot \ell^3 + K_V a^4 \nu_2$$

ν_1, ν_2 : 次式による。

$$\nu_1 = n (1 + n \cot \beta)^2$$

$$\nu_2 = \frac{1}{3} n (2 - n \cot \beta) (1 + n \cot \beta)^2$$

ここで、 $n = \frac{b}{a}$ である。

β : 次式を満足する角度 (rad)

$$K_V a^3 \theta \nu_1 = V_0 + 4 a b \ell r_c$$

r_c : コンクリートの単位体積重量 (t/m^3)

$2a$: 基礎の側面巾 (m)

$2b$: 基礎の前面巾 (m)

ℓ : 基礎の根入れ長 (m)

以上の設計法は、現行の道路橋下部構造設計指針・ケーソンの設計篇を一部修正して用いたものである。設計上の仮定としては、

- 1) ケーソンの安定は、ケーソン前面地盤の水平地盤反力度がその点における地盤の受働土圧強度を上まわらなければよい。従って、ケーソンの最小根入れ長は、前面地盤の最大水平地盤反力度をその点における地盤の受働土圧強度に等しいとおけばよい。
- 2) ケーソンの安定は、ケーソン前面地盤の水平地盤反力度から決まり、底面地盤の鉛直地盤反力度には左右されない。また、底面地盤のせん断抵抗力は無視する。
- 3) ケーソン周面地盤は N 値 10 程度の砂質地盤であり、地盤反力係数は深さとともに増大すると考え、三角形分布を採用する。
- 4) 基礎前面地盤の単位体積重量は $1.7 t/m^3$ とし、受働土圧係数は 3.53 とする。
- 5) ポール基礎では、外力 M_0, H_0 の大きさ等から判断して、底面地盤反力度は三角形分布をしていると考えられるので、その方式で計算する。

以上は、ポール基礎の規模、外力等を総合的に評価して決めたものである。

〔計算例-1〕

基礎天端に、外力 $M_0 = 0.104 \text{ (tm)}$, $H_0 = 0.052 \text{ (t)}$ が作用する場合の基礎を設計する。

$$(V_0 = 0)$$

(1) 基礎寸法の仮定

断面: $50 \times 50 \text{ cm}$, 根入れ長: 50 cm とする。

$$2a = 0.5 \text{ m} \quad 2b = 0.5 \text{ m} \quad \ell = 0.5 \text{ m}$$

(2) 地盤反力係数の算定 (ケーソン設計篇より)

$$B_H = \sqrt{A_H} = \sqrt{50 \times 50} = 50.0 \text{ (cm)}$$

$$K_{HO} = 0.04 \alpha E_0 = 0.04 \times 2 \times 28 \times 10 = 22.4 \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad (N \text{ 値を } 10 \text{ とする)}$$

$$\therefore K_H = 1.28 K_{HO}^{-3/4} = 1.28 \times 22.4 \times 50.0^{-3/4} = 15.25 \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 15250 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

$$B_V = \sqrt{A_V} = \sqrt{50 \times 50} = 50.0 \text{ (cm)}$$

$$K_{VO} = 0.033 \alpha E_0 = 0.033 \times 2 \times 28 \times 10 = 18.5 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

$$\therefore K_V = 1.28 K_{VO} B_V^{-3/4} = 1.28 \times 18.5 \times 50.0^{-3/4} = 12.59 \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 12590 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

(3) β の算出

β は, $K_V a^3 \theta \nu_1 = V_0 + 4ab\ell r_c$ を満足する値であるが, この値を求めるには以下のよう
に試算するほかはない。

$$V_0 + 4ab\ell r_c = 4 \times 0.25 \times 0.25 \times 0.5 \times 2.35 = 0.294$$

○ $\beta = 60^\circ$ とすると, $n = b/a = 1$ であるから

$$\nu_1 = n(1 + n \cot \beta)^2 = (1 + \cot 60^\circ)^2 = 2.488$$

$$\nu_2 = \frac{1}{3} n (2 - n \cot \beta) (1 + n \cot \beta)^2 = \frac{1}{3} (2 - \cot 60^\circ) (1 + \cot 60^\circ)^2 = 1.180$$

$$K_1 = b K_H \ell = 0.25 \times 15250 \times 0.5 = 1906$$

$$K_2 = \frac{2}{3} b K_H \ell^2 = \frac{2}{3} \times 0.25 \times 15250 \times 0.5^2 = 635$$

$$K_3 = \frac{1}{2} b K_H \ell^3 + K_V a^4 \nu_2 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 15250 \times 0.5^3 + 12590 \times 0.25^4 \times 1.180 = 296$$

$$\theta = \frac{M_0 K_1 + H_0 K_2}{K_1 K_3 - K_2^2} = \frac{0.104 \times 1906 + 0.052 \times 635}{1906 \times 296 - 635^2} = 1.437 \times 10^{-3}$$

$$\therefore K_V a^3 \theta \nu_1 = 12590 \times 0.25^3 \times 1.437 \times 10^{-3} \times 2.488 = 0.703$$

○ $\beta = 120^\circ$ とすると,

$$\nu_1 = 0.179 \quad \nu_2 = 0.153$$

$$K_3 = 246$$

$$\theta = 3.522 \times 10^{-3}$$

$$K_V a^3 \theta \nu_1 = 0.124$$

○ $\beta = 100^\circ$ とすると,

$$\nu_1 = 0.678 \quad \nu_2 = 0.492$$

$$K_3 = 262$$

$$\theta = 2.405 \times 10^{-3}$$

$$K_V a^3 \theta \nu_1 = 0.321$$

○ 以上より判断して, $\beta = 103^\circ$ とすると,

$$\nu_1 = 0.592 \quad \nu_2 = 0.440$$

$$K_3 = 260$$

$$\theta = 2.504 \times 10^{-3}$$

$$K_V a^3 \theta \nu_1 = 0.292 \approx 0.294 = V_0 + 4ab\ell r_c$$

となり, $\beta = 103^\circ$ でほぼよい。

$$h\theta = \left(\frac{0.104 \times 1906 + 0.052 \times 635}{1906 \times 260 - 635^2} \right) \left(\frac{0.104 \times 635 + 0.052 \times 260}{0.104 \times 1906 + 0.052 \times 635} \right) = 8.62 \times 10^{-4}$$

$$2.4\ell r \left(\frac{K_P}{K_H} \right) = 2.4 \times 0.5 \times 1.7 \times \left(\frac{3.53}{15250} \right) = 4.72 \times 10^{-4} < h\theta$$

以上の結果, この基礎寸法では安定が得られない。

従って, 基礎寸法を変えて同様に計算してみる。

(1) 基礎寸法

$$2a = 0.5 \text{ m} \quad 2b = 0.5 \text{ m} \quad \ell = 0.6 \text{ m} \text{ とする。}$$

(2) 地盤反力係数

$$B_H = \sqrt{50 \times 60} = 54.77 \text{ (cm)}$$

$$K_{HO} = 0.04 \alpha E_0 = 22.4 \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

$$\therefore K_H = 12.8 \times 22.4 \times 54.77^{-3/4} = 14.24 \text{ (kg/cm}^3\text{)} = 14240 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

$$B_V = \sqrt{50 \times 50} = 50.0 \text{ (cm)}$$

$$K_{VO} = 18.5 \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

$$K_V = 12.59 \text{ (kg/cm}^3\text{)} = 12590 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

(3) β の算出

$$V_0 + 4ab\ell r_c = 4 \times 0.25 \times 0.25 \times 0.6 \times 2.35 = 0.3525$$

○ $\beta = 90^\circ$ とすると,

$$\nu_1 = 1.0 \quad \nu_2 = 0.667$$

$$K_1 = 0.25 \times 14240 \times 0.6 = 2136$$

$$K_2 = \frac{2}{3} \times 0.25 \times 14240 \times 0.6^2 = 854$$

$$K_3 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 14240 \times 0.6^3 + 12590 \times 0.25^4 \times 0.667 = 417.5$$

$$\theta = \frac{0.104 \times 2136 + 0.052 \times 854}{2136 \times 417.5 - 854^2} = 1.641 \times 10^{-3}$$

$$K_V a^3 \theta \nu_1 = 12590 \times 0.25^3 \times 1.641 \times 10^{-3} \times 1.0 = 0.323$$

○ $\beta = 87^\circ$ とすると,

$$\nu_1 = 1.108 \quad \nu_2 = 0.719$$

$$K_3 = 420$$

$$\theta = 1.588 \times 10^{-3}$$

$$K_V a^3 \theta \nu_1 = 0.346$$

○ $\beta = 86^\circ$ とすると,

$$\nu_1 = 1.145 \quad \nu_2 = 0.736$$

$$K_3 = 421$$

$$\theta = 1.569 \times 10^{-3}$$

$$K_V a^3 \theta \nu_1 = 0.353 \approx 0.3525 = V_0 + 4ab\ell r_c$$

$\beta = 86^\circ$ でほぼよい。

$$\theta = 1.569 \times 10^{-3}$$

$$h = \frac{0.104 \times 854 + 0.052 \times 421}{0.104 \times 2136 + 0.052 \times 854} = 0.415$$

$$\therefore h\theta = 6.517 \times 10^{-4}$$

$$2.4\ell r \left(\frac{K_P}{K_H} \right) = 2.4 \times 0.6 \times 1.7 \times \frac{3.53}{14240} = 6.068 \times 10^{-4} < h\theta$$

従って、この基礎寸法でも不安定である。

再び、基礎寸法を変えて同様に計算する。

(1) 基礎寸法

$$2a = 0.5 \text{ m} \quad 2b = 0.5 \text{ m} \quad \ell = 0.65 \text{ m} \text{ とする。}$$

(2) 地盤反力係数

$$B_H = \sqrt{50 \times 65} = 57.01 \text{ (cm)}$$

$$K_{HO} = 22.4 \text{ (Kg/cm}^3\text{)}$$

$$\therefore K_H = 12.8 \times 22.4 \times 57.01^{-3/4} = 13.82 \text{ (Kg/cm}^3\text{)} = 13820 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

$$B_V = 50.0 \text{ (cm)}$$

$$K_{VO} = 18.5 \text{ (Kg/cm}^3\text{)}$$

$$K_V = 12.59 \text{ (Kg/cm}^3\text{)} = 12590 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

(3) β の算出

$$V_o + 4ab\ell r_c = 4 \times 0.25 \times 0.25 \times 0.65 \times 2.35 = 0.382$$

○ $\beta = 80^\circ$ とすると,

$$\nu_1 = 1.384 \quad \nu_2 = 0.841$$

$$K_1 = 2246 \quad K_2 = 973 \quad K_3 = 515$$

$$\theta = 1.353 \times 10^{-3}$$

$$K_V a^3 \theta \nu_1 = 0.3685$$

○ $\beta = 75^\circ$ とすると,

$$\nu_1 = 1.608 \quad \nu_2 = 0.928$$

$$K_3 = 520$$

$$\theta = 1.285 \times 10^{-3}$$

$$K_V a^3 \theta \nu_1 = 0.4064$$

○ $\beta = 78^\circ$ とすると,

$$\nu_1 = 1.470 \quad \nu_2 = 0.876$$

$$K_3 = 517$$

$$\theta = 1.325 \times 10^{-3}$$

$$K_V a^3 \theta \nu_1 = 0.383 \approx 0.382 = V_o + 4ab\ell r_c$$

$\beta = 78^\circ$ でほぼよい。

$$\theta = 1.325 \times 10^{-3}$$

$$h = \frac{0.104 \times 973 + 0.052 \times 517}{0.104 \times 2246 + 0.052 \times 973} = 0.4507$$

$$\therefore h\theta = 5.972 \times 10^{-4}$$

$$2.4 \ell r \left(\frac{K_P}{K_H} \right) = 2.4 \times 0.65 \times 1.7 \times \frac{3.53}{13820} = 6.774 \times 10^{-4} > h \theta$$

従って、この基礎寸法で十分安全である。

以上から判断して、基礎断面 $0.5 \times 0.5 \text{ m}$ に対する最小根入れ長は、 0.62 m 程度であると考えられる。

3. 簡易計算法

3-1 直接基礎としての検討

根入れ長が基礎巾に比べて極端に短い場合には、直接基礎としての検討も必要であろう。

直接基礎の安定に関する検討項目としては、

- ① ボール根入れ部分のコンクリート支圧応力
- ② コンクリート平面のコンクリート曲げ応力
- ③ 転倒に対する安定
- ④ 滑動に対する安定
- ⑤ 地盤支持力に対する安定

などが挙げられるが、この場合は、①、②、③についてはほとんど問題とならず、問題となるのは④と⑤である。

③の転倒については、 B (m) $\times$ B (m) の正方形断面で、深さ L (m) の基礎の天端に、 M_0 (t m) なる曲げモーメントが作用する場合の安定を考えると、安定の条件式は、転倒に対する安全率を F 、コンクリートの単位体積重量を r_c (t/m³) とすれば、次のようになる。

$$B = \sqrt[3]{\frac{2FM_0}{r_c \cdot L}}$$

ここで、 $F = 1.2$ 、 $r_c = 2.35$ (t/m³) と考えると、次式で表わすことができる。

$$B = \sqrt[3]{\frac{2.4M_0}{2.35L}} \dots\dots\dots(6)$$

また、⑤の地盤支持力に対する安定については、同様に、 B (m) $\times$ B (m) の正方形断面の基礎を考えると、安定の条件式は、地盤の許容地耐力度を q (t/m²) とすれば、次のようになる。

$$B = \sqrt[3]{\frac{M_0}{r_c \cdot L \left(\frac{1}{2} - \frac{2r_c \cdot L}{3 \cdot q} \right)}}$$

ここで、地盤の長期許容地耐力度を 5 (t/m²) とし、荷重が短期にわたるため許容地耐力度としては、その 2 倍の 10 (t/m²)、 $r_c = 2.35$ (t/m³) と考えると、次式で表わすことができる。

$$B = \sqrt[3]{\frac{M_0}{1.175L - (2.35L)^2/15}} \dots\dots\dots(7)$$

(6)式と(7)式のうち、安全な方を採用(同じ L に対してより大きい B を採用)して2-2の場合と同様に基礎巾と根入れ長の関係を図示すると、図-4でわかるように、ある点でこの曲線がケ

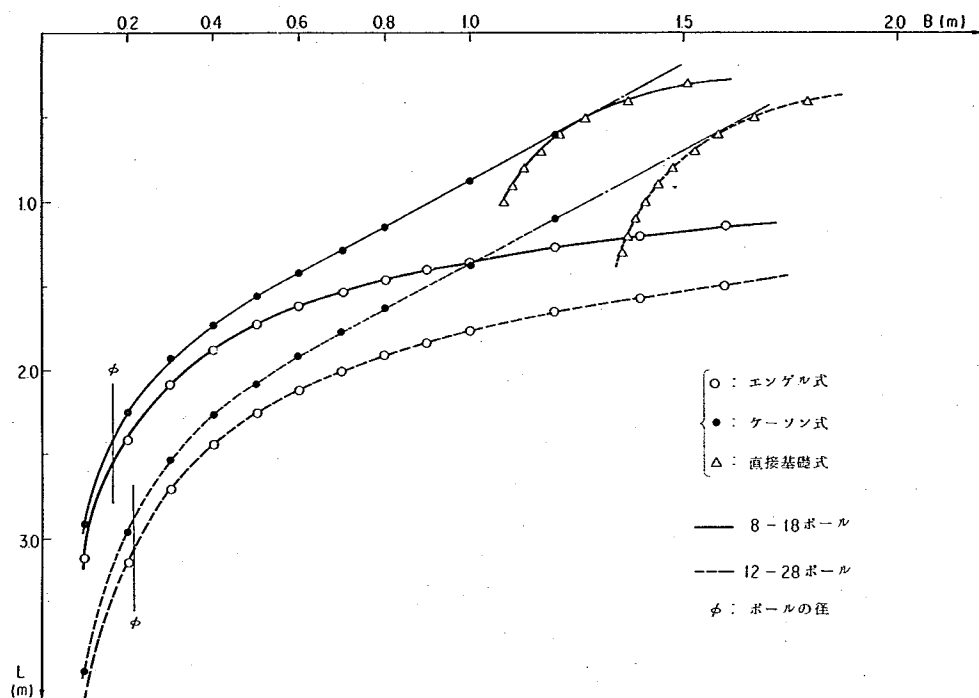


図-4 基礎巾Bと根入れ長Lの関係

ーソン式による曲線に一致する。このことは、他の道路照明柱、道路標識、反射鏡について行なった結果についても共通していえることである。

3-2 簡易計算法

以上のことから、ケーソン式が最も妥当であるといえる。しかし、ボール基礎では、外力等から判断して、底面地盤反力度は三角形分布をしていると考えられる。ケーソン式においては、底面地盤反力度が台形分布の場合は簡単に根入れ長を求めることができる。しかし、三角形分布の場合には、その求め方は非常に複雑になり、2-3のような試算法によるしかないので、これを解くことは実用的ではない。そこで、これを簡単に求める方法を考える。

前述したように、基礎寸法はケーソン式で計算するのがよいのであるが、ケーソン式はその計算が非常に面倒であり実用的ではない。しかし、エンゲル式と直接基礎の式は、その計算も簡単

であり、図-4からわかるように、エンゲル式による基礎巾-根入れ関係の曲線及び直接基礎式による基礎巾-根入れ関係の曲線は、ケーソン式による基礎巾-根入れ関係と相関性があるようである。そこで、計算の簡単なエンゲル式と直接基礎式から図式によって、ケーソン式による基礎巾-根入れ関係を求める。

図-4からわかるように、基礎巾が小さい場合は、ケーソン式による基礎巾と根入れ関係及びエンゲル式による基礎巾と根入れ関係はほとんど同じである。そして、基礎巾がある程度大きくなると、ケーソン式においては基礎巾と根入れはほとんど直線関係になり、ある点で直接基礎の安定から求めた基礎巾と根入れ関係の曲線に一致する。

一般にボール基礎として用いられる基礎巾-根入れ関係の範囲は、図-4でいうと基礎巾40 cmくらいから直接基礎式の基礎巾-根入れ曲線に一致するまでの間、即ち、ケーソン式とエンゲル式による基礎巾-根入れ関係の差が大きくなってきだす点から直接基礎式による基礎巾-根入れ曲線に一致するまでの間で、この間においては、ケーソン式の基礎巾-根入れ関係はほぼ

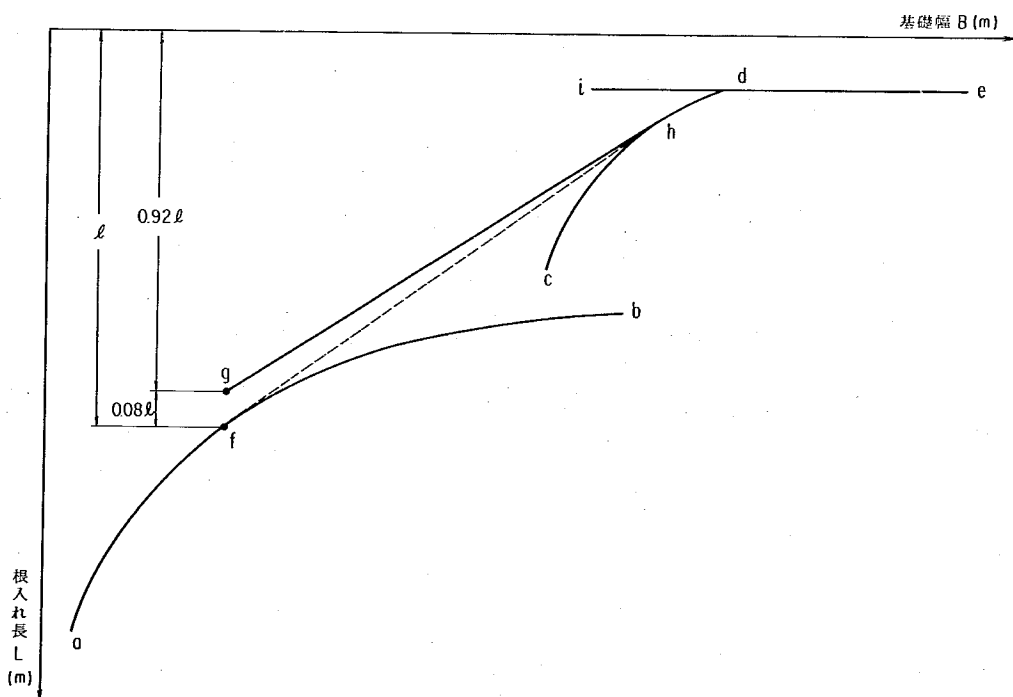


図-5 簡易計算法説明図

直線で表わせようである。

そこでまず、エンゲル式による基礎巾－根入れ曲線と、直接基礎式による基礎巾－根入れ曲線に共通の接線を引いてみる。そして、エンゲル式による基礎巾－根入れ曲線との接点においてケーソン式と比較してみる。これを、種々のボール基礎について検討したところ、ほとんどケーソン式による根入れの方が8%前後短かったことから、この接点における根入れの値を8%減じた点を求め、この点から更に直接基礎式による基礎巾－根入れ曲線に接線を引くと、この間ではこの接線が、ケーソン式による基礎巾－根入れ曲線にほぼ一致した。従ってこのようにすれば、簡単にケーソン式による基礎巾－根入れ関係を求めることができる。

この手順を簡単にまとめると、次のようになる。(図-5参照)

- ① 最初に、基礎天端に作用する水平力 H_0 と曲げモーメント M_0 を求める。
- ② エンゲル式(4)によって、基礎巾 B と根入れ長 L の関係曲線(ab)を描く。

$$B = \frac{12M_0 + 9H_0L}{K_p r L^3} \dots\dots\dots(4)$$

- ③ 直接基礎の安定条件式(6)及び(7)のうち安全な方を採用(同じ L に対して、より大きい B を採用)して、 B と L の関係曲線(cd)を描く。

$$B = \sqrt[3]{\frac{2.4M_0}{2.35L}} \dots\dots\dots(6)$$

$$B = \sqrt[3]{\frac{M_0}{1.175L - (2.35L)^2/15}} \dots\dots\dots(7)$$

- ④ 曲線 ab と曲線 cd に共通な接線を引き、曲線 ab との接点を f とする。
- ⑤ 点 f における根入れ長の値を8%減じた点 g を求め、 g から曲線 cd に接線(gh)を引く。
(h は接点)
- ⑥ 直線 gh で示される基礎巾 B と根入れ長 L の組み合わせを基礎の寸法とする。ただし、 L は次式を満足しなければならない。

$$L \geq \frac{H_0 + \sqrt{H_0^2 + 12000\phi M_0}}{1000\phi} \dots\dots\dots(8)$$

ϕ : ボールの径

ここで、(8)式はボール埋込み部分のコンクリート支圧応力から、ボールの最小埋込み深さを求めたもので、これが同時に基礎の最小根入れ深さとなる。

以上の手順により、 gh 間ではこの直線から基礎巾と根入れを求めればよい。そして現場条件等で基礎巾や根入れが制約を受け、この直線では求められない場合は、点 g より左側ではエンゲル式、点 h より右側では直接基礎式から基礎巾と根入れを求めればよい。

3-3 基礎の断面形について

これらは、正方形断面の基礎についてであるが、最近、施工の簡便さ等から円形断面の基礎も多用されてきている。そこで、正方形と円形の断面の違いによる根入れ長の差をみることにする。

図-6は、照明ポール8-18及び12-28について、ケーソン式によって正方形断面の場合の基礎巾-根入れ関係と円形断面の場合の基礎巾-根入れ関係を示したものである。ここで、基礎巾 B としては、正方形断面の場合は正方形の一辺、円形断面の場合は直径を採用した。図から明らかなように、正方形と円形の断面の違いによる根入れ長の差というのはほとんど見られず、特に、基礎巾が小さい間には両者はほぼ一致し、基礎巾が大きくなってきても両者の差はそれほど大きくならない。従って、正方形と円形という断面の違いは考慮しなくてもよいと考えられる。更に、円形断面の基礎が用いられるのは、基礎の断面が小さい場合であることから、断面の違いは問題とせず、円形断面を用いる場合は、円形の直径を正方形の一辺として設計しても差支えない。

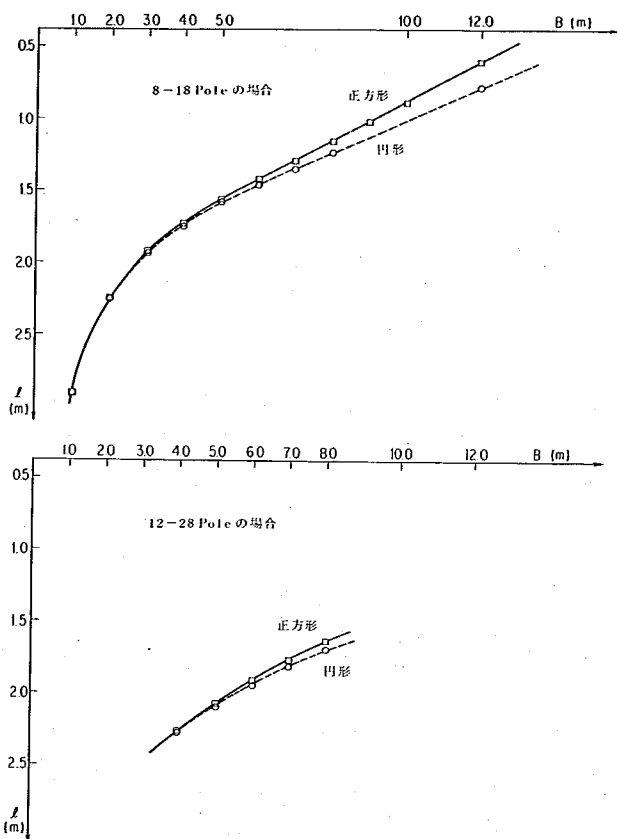


図-6 断面の違いによる根入れ長の差(正方形と円形)

しかし、この簡易計算法は、長方形等の他の断面には適用できないので、このような断面の場合は、2-3に示す方法によって基礎を設計する。

3-4 簡易計算法による各種ポール基礎の計算

現行の道路照明施設設置基準に示されている各道路照明柱の基礎巾と根入れ関係及びこの簡易計算法によって計算した改訂案の値を表わしたのが、表-2である。改訂案の値は、それぞれ10cm単位に数字を丸めたものである。

表-2 道路照明基礎の根入れ長さ

(cm)

現 行 (道路照明施設設置基準)			改 訂 案				
種 類	ポールの形式	基 礎 幅 B	基 礎 幅 B				
		60	50	60	70	80	100
基 本 形	8-8	160	160	150	130	120	90
	8-18						
	10-8						
	10-21	210	190	170	160	150	120
	10-23						
	12-8						
	12-23	210	210	200	180	170	140
	12-28						
Y 形	8-8Y	180	190	170	160	150	120
	8-18Y						
	10-8Y						
	10-21Y	210	210	200	190	170	150
	10-23Y						
	12-8Y						
	12-23Y	240	240	220	210	200	170
	12-28Y						

表-3、及び表-4は、現在広く用いられている道路反射鏡、及び一般的な路側式の道路標識について行なった簡易計算法による計算結果を、表-2の道路照明柱と同様に10cm単位に数字を丸めて表わしたものである。

表-3 道路反射鏡基礎の根入れ長さ

(単位:cm)

（単位：mm）

鏡面 数	種 類		基礎幅（正方形または円形）		
			40	50	60
一	丸 形	φ 60	90	70	60
		80	100	90	70
		100	120	110	90
	矩 形	□ 60×45	80	70	50
		60×50	90	70	60
		66×51	90	80	70
		75×55	100	80	70
		80×60	100	90	70
	楕 円 形	○ 67×54	90	70	60
		89.5×71.6	100	90	70
		112×89.6	120	110	90
二	丸 形	φ 60	110	90	80
		80	130	120	100
		100	150	140	120
	矩 形	□ 60×45	100	90	70
		60×50	100	90	80
		66×51	110	90	80
		75×55	120	100	90
		80×60	120	110	90
	楕 円 形	○ 67×54	110	90	80
		89.5×71.6	130	110	100
		112×89.6	150	140	120

- (注) 1) 注意板の大きさは18×60cmとした。
2) 鏡面下端から路肩までの高さは2.5mとした。

表-4 道路標識基礎の根入れ長さ

(単位:cm)

標識板の種類	基礎幅				備 考
	30	40	50	60	
ϕ 60 板1枚	90	80	60	50	
ϕ 60 板2枚	120	110	90	80	
ϕ 60 板3枚	140	130	110	100	
ϕ 60 板4枚	160	140	130	110	

- (注) 1) 上記の基礎寸法は、本標識板(直径60cm)と補助標識板(20×40cm)を組み合わせた路側・単柱式の道路標識に対するものである。
2) 標識板の下端から路面までの高さは1.8mとした。

4. 根入れ表による設計

提案した簡易計算法は、水平力と曲げモーメントの二外力がわかれば計算できるが、図を描く手間を省くために、最も一般的な地盤を考え、受働土圧係数 $K_p = 3.53$ 、土の単位体積重量 $\gamma = 1.7 \text{ t/m}^3$ として、円形又は正方形断面の基礎について基礎巾ごとに根入れ長を求めて、本文末の根入れ表を作成した。従って、水平力 $H_0(t)$ と曲げモーメント $M_0(tm)$ さえ計算すれば、必要な基礎巾 (cm) に対応する根入れ長 (cm) を、表からすぐに求めることができる。

この表は、標識板の面積が $0.1 (\text{m}^2)$ から $8 (\text{m}^2)$ 程度まで、そして、水平荷重作用点の高さが $1.5 (\text{m})$ から $7.0 (\text{m})$ 程度まで適用できるようにしたものである。従って、道路を横断するような特に大きな情報板等を除けば、ほとんどこの表で十分である。

なお、この表は基礎の断面が、正方形及び円形の場合の根入れ長を示したものであるから、外力が大きくて基礎が大きくなるような場合は、断面形を変えて、2-3に示す方法によって別途計算した方が経済的である。

この表の使い方を簡単にいうと次の通りである。

- (1) 基礎天端に作用する水平力 $H(t)$ と曲げモーメント $M(tm)$ を算出する。
- (2) 所要の基礎巾 $B(\text{cm})$ に応じて表より、 H 、 M に対応する (最も近い) 根入れ長を読む。

〔計算例-2〕 規制標識基礎の設計

○ 種 類

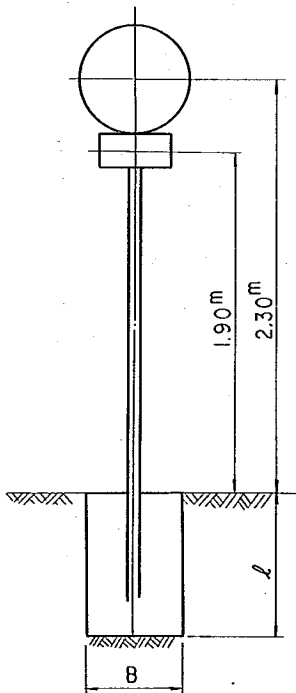
本標識板直径 60 cm

補助標識板 $20 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$

ポール径 60.5 mm

荷重条件

風速 40 m/sec



(1) 外力の計算

まず最初に、水平力 H を求める。

$$H = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_D = \frac{1}{16} V^2 A C_D \quad (\text{kg})$$

本標識板 (H_1)、補助標識板 (H_2)、ポール (H_3) に分けて考える。

$$V = 40 \text{ m/sec} \quad A = \text{受圧面積 (m}^2\text{)}$$

C_D = 抗力係数

$$\text{板} = 1.2, \quad \text{ポール} = 0.7$$

$$H_1 = \frac{1}{16} V^2 A_1 C_D = \frac{1}{16} \times 40^2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0.6^2 \times 1.2 = 33.93 \quad (\text{kg})$$

$$H_2 = \frac{1}{16} V^2 A_2 C_D = \frac{1}{16} \times 40^2 \times 0.2 \times 0.4 \times 1.2 = 9.60 \quad (\text{kg})$$

$$H_3 = \frac{1}{16} V^2 A_3 C_D = \frac{1}{16} \times 40^2 \times 0.0605 \times 1.8 \times 0.7 = 7.63 \quad (\text{kg})$$

従って、水平力 H は

$$\begin{aligned} H &= H_1 + H_2 + H_3 \\ &= 33.93 + 9.60 + 7.63 = 51.16 \quad (\text{kg}) \\ &= 0.0512 \quad (\text{t}) \end{aligned}$$

次に、曲げモーメント M を求める。

$$M_1 = H_1 h_1 = 0.0340 \times 2.30 = 0.0782 \quad (\text{tm})$$

$$M_2 = H_2 h_2 = 0.0096 \times 1.90 = 0.0183 \quad (\text{tm})$$

$$M_3 = H_3 h_3 = 0.0077 \times 0.90 = 0.0070 \quad (\text{tm})$$

従って、曲げモーメント M は

$$\begin{aligned} M &= M_1 + M_2 + M_3 \\ &= 0.0782 + 0.0183 + 0.0070 \\ &= 0.1035 \quad (\text{tm}) \end{aligned}$$

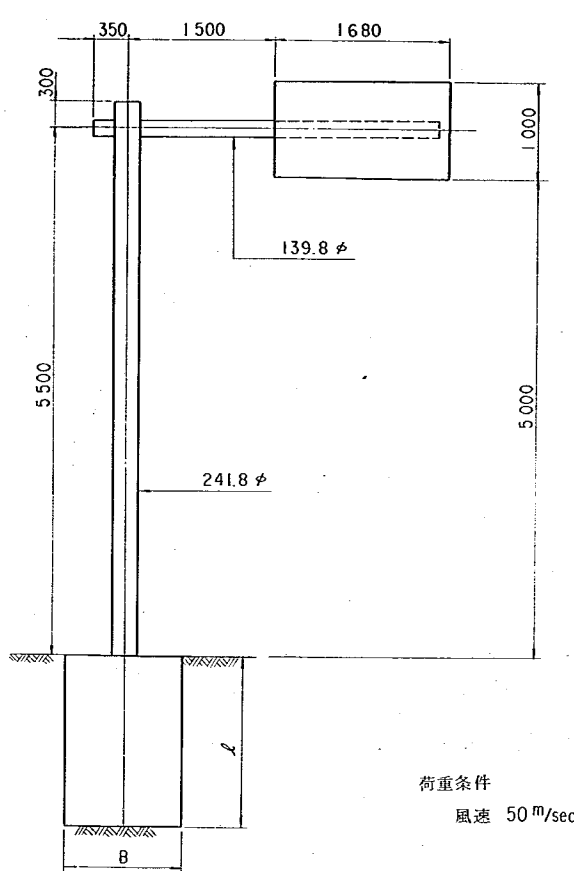
(2) 表から $H = 0.05(\text{t})$ 、 $M = 0.10(\text{tm})$ の時の根入れを求める。

$$B = 30 \text{ cm の場合} \quad \ell = 90 \text{ cm}$$

$$B = 40 \text{ cm} \quad \ell = 80 \text{ cm}$$

$$B = 50 \text{ cm} \quad \ell = 60 \text{ cm}$$

〔計算例－３〕 逆L型標識基礎の設計



(1) 外 力

最初に、水平力 H を求める。

これも、標識板(H_1)、梁(H_2)、柱(H_3)に分けて考える。

$$H_1 = \frac{1}{16} V^2 A_1 C_D = \frac{1}{16} \times 50^2 \times 1.68 \times 1.0 \times 1.2 = 315.0 \quad (\text{kg})$$

$$H_2 = \frac{1}{16} V^2 A_2 C_D = \frac{1}{16} \times 50^2 \times 0.1398 \times (1.85 - 0.2418) \times 0.7 = 24.59 \quad (\text{kg})$$

$$H_3 = \frac{1}{16} V^2 A_3 C_D = \frac{1}{16} \times 50^2 \times 0.2418 \times 5.80 \times 0.7 = 153.39 \quad (\text{kg})$$

$$H = H_1 + H_2 + H_3 = 492.98 \quad (\text{kg}) = 0.493 \quad (\text{t})$$

次に、曲げモーメント M を求める。

$$M_1 = H_1 h_1 = 0.3150 \times 5.5 = 1.7325 \quad (\text{tm})$$

$$M_2 = H_2 h_2 = 0.0246 \times 5.5 = 0.1353 \quad (\text{tm})$$

$$M_3 = H_3 h_3 = 0.1534 \times 2.90 = 0.4449 \quad (\text{tm})$$

$$M = M_1 + M_2 + M_3 = 2.3127 \quad (\text{tm})$$

(2) 表から、 $H = 0.5 (\text{t})$, $M = 2.4 (\text{tm})$ の時の根入れを求める。

$$B = 60 \text{ cm の場合} \quad \ell = 200 \text{ cm}$$

$$B = 80 \quad \ell = 180$$

$$B = 100 \quad \ell = 150$$

$$B = 120 \quad \ell = 120$$

基礎巾 30 cm の場合の根入れ長 (cm)

M \ H	0.02	0.03	0.04	0.05	0.10	0.15	0.20						
0.04	60												
0.06	70	70	80										
0.08	80	80	80	80									
0.10	90	90	90	90									
0.15	100	100	100	100	110								
0.20		110	110	110	120								
0.25		120	120	120	120	130							
0.30			120	120	130	140	140						
0.35				130	140	140	150						
0.40					140	150	150						
0.45					140	150	160						
0.50							160						

基礎巾 40 cm の場合の根入れ長 (cm)

M \ H	0.02	0.03	0.04	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0.03	40												
0.05	50	60											
0.07	60	60	60										
0.10	70	70	70	80									
0.12	80	80	80	90									
0.15	90	90	90	90	100								
0.20		100	100	100	100								
0.25		100	100	110	110	120							
0.30			110	110	120	120	130						
0.35				120	120	130	130						
0.40					130	130	140	140					
0.45					130	140	140	140	150				
0.50					140	140	140	150	150				
0.60					140	150	150	160	160	160	160		
0.70					150	150	160	160	160	170	170	180	
0.80						160	160	170	170	170	180	180	180
0.90						160	170	170	180	180	180	190	190
1.00						170	170	180	180	180	190	190	190

基礎巾 50 cm の場合の根入れ長 (cm)

M \ H	0.02	0.03	0.04	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
0.03	30																			
0.05	40	40																		
0.08	50	50	50																	
0.10	60	60	60	60																
0.15	70	70	70	70	80															
0.20		80	80	80	90															
0.25		90	90	90	90	100														
0.30			100	100	100	110	110													
0.35				100	110	110	110													
0.40					110	120	120	120												
0.45					120	120	130	130	130											
0.50					120	120	130	130	140											
0.60					130	130	140	140	140	150	150									
0.70					140	140	140	150	150	150	160	160								
0.80						150	150	150	160	160	160	160	170							
0.90						150	150	160	160	160	170	170	170	180						
1.00						160	160	160	170	170	170	170	180	180						
1.10						160	160	170	170	170	170	180	180	190	190					
1.20							170	170	170	180	180	180	180	190	190	200				
1.30							170	180	180	180	180	180	190	190	200	200				
1.40							180	180	180	180	190	190	190	200	200	210	210			
1.50								180	180	190	190	190	190	200	200	210	210	220		
1.60								190	190	190	190	200	200	200	210	210	220	220		
1.70								190	190	190	200	200	200	210	210	220	220	220	230	
1.80								190	190	200	200	200	200	210	210	220	220	230	230	240
1.90									200	200	200	200	200	210	220	220	220	230	230	240
2.00									200	200	210	210	210	210	220	220	230	230	240	240
2.20										210	210	210	210	220	220	230	230			
2.40										210	210	220	220	220						

基礎巾 60 cm の場合の根入れ長 (cm)

M \ H	0.02	0.03	0.04	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
0.05	30	30																					
0.10	50	50	50	50																			
0.15	60	60	60	60	60																		
0.20		70	70	70	70																		
0.25		80	80	80	80	80																	
0.30			80	80	90	90	90																
0.35				90	90	100	100																
0.40					100	100	110	110															
0.45					100	110	110	110	120														
0.50					110	110	110	120	120														
0.60					120	120	120	120	130	130	130												
0.70					120	130	130	130	130	140	140	140											
0.80						130	130	140	140	140	140	150	150										
0.90						140	140	140	150	150	150	150	160	160									
1.00						140	150	150	150	150	150	160	160	160	160								
1.10						150	150	150	160	160	160	160	170	170	170								
1.20							150	160	160	160	160	170	170	170	180	180							
1.30							160	160	160	170	170	170	170	180	180	190							
1.40							160	170	170	170	170	170	180	180	190	190	190						
1.50								170	170	170	170	180	180	190	190	190	200	200					
1.60								170	170	180	180	180	180	190	190	200	200	200					
1.70								180	180	180	180	180	190	190	190	200	200	210	210				
1.80								180	180	180	180	190	190	190	200	200	210	210	210	220			
1.90									180	190	190	190	190	200	200	200	210	210	220	220			
2.00									190	190	190	190	200	200	200	210	210	220	220	220	230		
2.20									190	200	200	200	200	200	210	210	220	220	220	230	230	230	
2.40										200	200	200	200	210	210	220	220	230	230	230	240	240	240
2.60										200	200	210	210	210	220	220	220	230	230	230	240	240	240
2.80											210	210	220	220	220	230	230	230	240	240	240	240	250
3.00											210	220	220	230	230	230	240	240	240	240	250	250	250
3.20												220	220	230	230	240	240	240	240	250	250	250	260
3.40													230	230	230	240	240	240	250	250	250	260	
3.60													230	230	240	240	240	250	250	250	260	260	
3.80														240	240								
4.00														240	240								
4.20														240									

基礎巾 80 cm の場合の根入れ長 (cm)

M \ H	0.03	0.04	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
0.20	40	40	40	40																		
0.25	50	50	50	50	50																	
0.30		60	60	60	60	60																
0.35			60	60	70	70																
0.40				70	70	70	80															
0.45				80	80	80	80	80														
0.50				80	80	80	90	90														
0.60				90	90	90	90	100	100	100												
0.70				100	100	100	100	100	110	110	110											
0.80					100	110	110	110	110	110	120	120										
0.90					110	110	110	120	120	120	120	120	130									
1.00					120	120	120	120	120	120	130	130	130									
1.10					120	120	120	130	130	130	130	130	140	140								
1.20						130	130	130	130	130	140	140	140	140	150							
1.30						130	130	130	140	140	140	140	150	150	150							
1.40						140	140	140	140	140	140	150	150	150	160	160						
1.50							140	140	150	150	150	150	150	160	160	160	170					
1.60							150	150	150	150	150	150	160	160	160	170	170					
1.70							150	150	150	150	150	160	160	160	170	170	170	180				
1.80							150	150	160	160	160	160	160	170	170	170	180	180	180			
1.90								160	160	160	160	160	170	170	170	180	180	180	180	190	190	
2.00								160	160	160	160	170	170	170	180	180	180	180	190	190	200	200
2.20								160	170	170	170	170	170	180	180	180	190	190	190	200	200	210
2.40									170	170	170	180	180	180	190	190	190	200	200	210	210	210
2.60									180	180	180	180	190	190	190	200	200	210	210	210	210	210
2.80										180	180	190	190	190	200	200	200	210	210	210	220	220
3.00											190	190	190	200	200	200	210	210	210	220	220	220
3.20											190	200	200	200	200	210	210	210	210	220	220	230
3.40												200	200	200	210	210	210	210	220	220	220	230
3.60												200	210	210	210	210	220	220	220	230	230	230
3.80													210	210	210	220	220	220	230	230	230	240
4.00													210	220	220	220	220	230	230	230	230	240
4.20													220	220	220	220	230	230	230	230	240	240
4.40														220	230	230	230	230	240	240	240	240
4.60														230	230	230	230	240	240	240	240	240
4.80														230	230	230	240	240	240	240	240	250
5.00														230	230	240	240	240	240	250	250	250
5.20															240	240	240	240	250	250	250	250
5.40															240	240	240	250	250	250	250	260
5.60															240	250	250	250	250	260	260	260
5.80																250	250	250	260	260	260	260
6.00																250	250	260	260	260	260	260
6.20																250	260	260	260	260	270	270
6.40																	260	260	260	270	270	270
6.60																	260	260	270	270	270	270
6.80																	260	260	270	270	270	270
7.00																	260	270	270	270	270	280
7.20																		270	270	270	270	280
7.40																		270	270	270	280	280
7.60																		270	280	280	280	280
7.80																			280	280	280	280
8.00																			280	280	280	290
8.20																			280	280	280	290
8.40																				280	290	290
8.60																					290	290
8.80																					290	290
9.00																					290	290
9.20																						290
9.40																						290
9.60																						300
9.80																						300
10.00																						300
10.20																						300

基礎巾 100 cm の場合の根入れ長 (cm)

M \ H	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
0.45	50	50	50	50	50														
0.50	50	50	50	50	50														
0.60	60	60	60	60	60	60	60												
0.70	70	70	70	70	70	70	70	70											
0.80		80	80	80	80	80	80	80	80										
0.90		80	80	90	90	90	90	90	90	90									
1.00		90	90	90	90	90	90	90	100	100									
1.10		90	100	100	100	100	100	100	100	100	100								
1.20			100	100	100	100	100	100	110	110	110	110							
1.30			100	110	110	110	110	110	110	110	120	120							
1.40			110	110	110	110	110	110	110	120	120	120	120						
1.50				110	120	120	120	120	120	120	120	130	130	130					
1.60				120	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130					
1.70				120	120	120	130	130	130	130	130	130	140	140	140				
1.80				130	130	130	130	130	130	130	130	140	140	140	140	150			
1.90					130	130	130	130	130	140	140	140	140	150	150	150			
2.00					130	130	140	140	140	140	140	140	150	150	150	150	150		
2.20					140	140	140	140	140	150	150	150	150	150	160	160	160	160	
2.40						150	150	150	150	150	150	160	160	160	160	160	160	170	170
2.60						150	150	150	150	160	160	160	160	170	170	170	170	170	180
2.80							160	160	160	160	160	160	170	170	170	170	180	180	180
3.00								160	160	170	170	170	170	170	180	180	180	180	180
3.20								170	170	170	170	180	180	180	180	180	190	190	190
3.40									170	170	180	180	180	180	180	190	190	190	190
3.60									180	180	180	180	180	190	190	190	190	190	190
3.80										180	180	190	190	190	190	190	200	200	200
4.00										190	190	190	190	200	200	200	200	200	200
4.20										190	190	190	200	200	200	200	200	200	210
4.40											190	200	200	200	200	200	210	210	210
4.60												200	200	200	200	210	210	210	210
4.80												200	200	200	210	210	210	210	220
5.00												200	210	210	210	210	220	220	220
5.20													210	210	210	220	220	220	220
5.40													210	210	220	220	220	220	230
5.60														220	220	220	230	230	230
5.80														220	220	230	230	230	230
6.00														220	220	230	230	230	230
6.20														220	230	230	230	240	240
6.40														230	230	230	230	240	240
6.60															230	230	230	240	240
6.80															230	240	240	240	240
7.00															240	240	240	240	250
7.20																240	240	240	250
7.40																240	240	240	250
7.60																240	250	250	250
7.80																250	250	250	250
8.00																	250	250	260
8.20																	250	260	260
8.40																		260	260
8.60																		260	260
8.80																		260	260
9.00																		260	260
9.20																		260	270
9.40																			270
9.60																			270
9.80																			270
10.00																			270
10.20																			270

基礎巾 120 cm の場合の根入れ長 (cm)

	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
0.80	50	50	50	50	50	50	50	50										
0.90	60	60	60	60	60	60	60	60	60									
1.00	60	60	60	60	60	60	60	60	60									
1.10	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70								
1.20		70	70	70	70	70	70	70	80	80	80							
1.30		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80							
1.40		80	80	80	80	80	80	80	90	90	90	90						
1.50			90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90					
1.60			90	90	90	90	90	90	90	100	100	100	100					
1.70			90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	110				
1.80			100	100	100	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110			
1.90				100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	110			
2.00				110	110	110	110	110	110	110	110	110	120	120	120	120		
2.20				110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	120	120	130	130	
2.40					120	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130	130	130	140
2.60					120	120	130	130	130	130	130	130	130	140	140	140	140	140
2.80						130	130	130	130	130	140	140	140	140	140	140	140	150
3.00							130	140	140	140	140	140	140	150	150	150	150	150
3.20							140	140	140	140	150	150	150	150	150	150	150	160
3.40								140	150	150	150	150	150	150	160	160	160	160
3.60								150	150	150	150	160	160	160	160	160	160	160
3.80									150	160	160	160	160	160	160	160	160	170
4.00									160	160	160	160	170	170	170	170	170	170
4.20									160	160	170	170	170	170	170	170	170	180
4.40										170	170	170	170	170	180	180	180	180
4.60										170	170	170	180	180	180	180	180	180
4.80										170	180	180	180	180	180	180	180	190
5.00										180	180	180	180	180	180	180	190	190
5.20											180	180	190	190	190	190	190	190
5.40											180	190	190	190	190	190	190	200
5.60											190	190	190	190	190	200	200	200
5.80												190	190	190	200	200	200	200
6.00													190	200	200	200	200	200
6.20													200	200	200	200	210	210
6.40													200	200	200	200	210	210
6.60														200	210	210	210	210
6.80														210	210	210	210	210
7.00														210	210	210	210	220
7.20															210	210	220	220
7.40															210	220	220	220
7.60															220	220	220	220
7.80															220	220	220	230
8.00																220	230	230
8.20																230	230	230
8.40																230	230	230
8.60																	230	230
8.80																	230	240
9.00																	230	240
9.20																	240	240
9.40																		240
9.60																		240
9.80																		240
10.00																		250
10.20																		250

5. 実物载荷実験

提案したケーソン式によるボール基礎の安定計算法の妥当性を確認するために载荷実験を行なった。照明ボール 8-18 に風速 60 m/sec の外力を加えた場合の基礎巾 50 cm に対する根入れ長を求めてその安定性を検討した。以前、基礎研究室で行なわれた多柱式基礎の実験の模型を利用して、図-7 及び写真-1~3 のような装置によって実験した。ボールと動滑車の間の鋼板

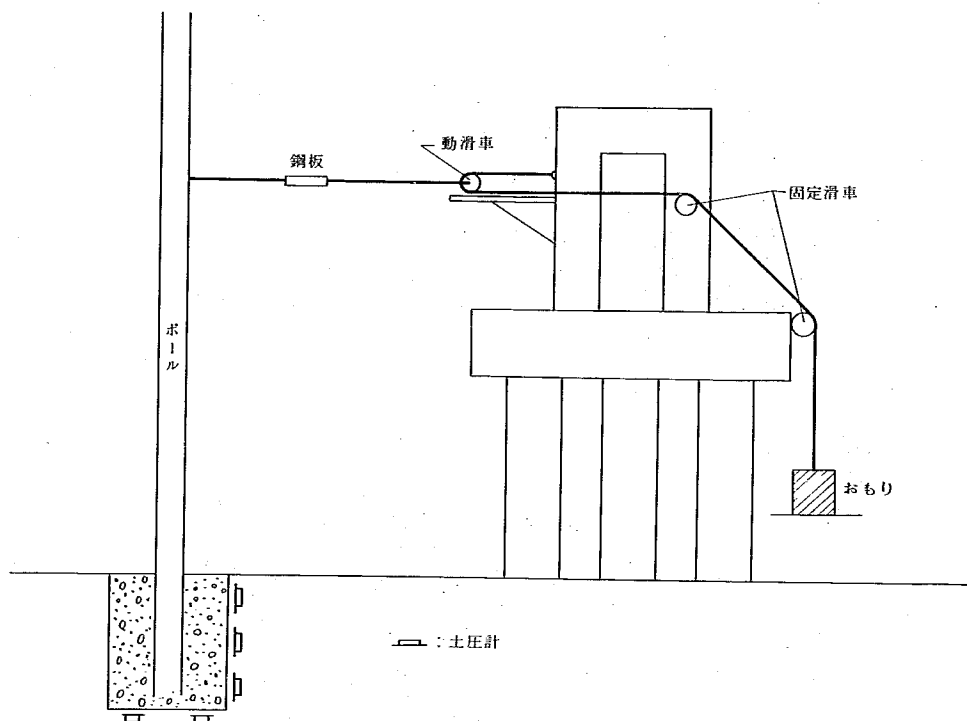
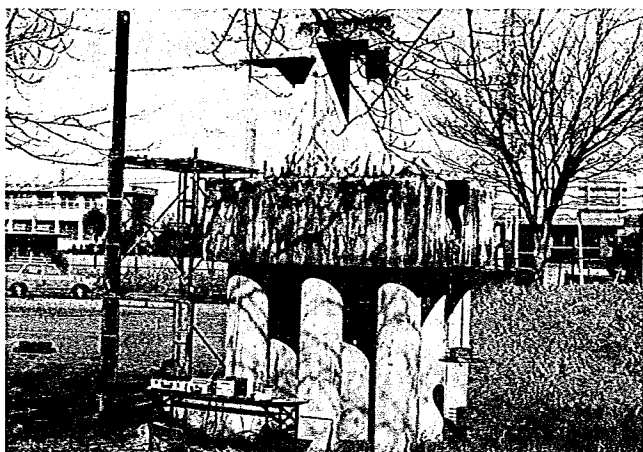


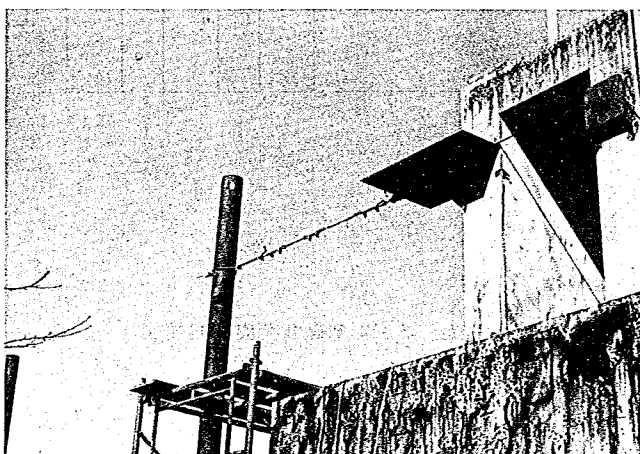
図-7 ボール基礎载荷実験概要図

は荷重を測定するためのもので、これにひずみゲージを貼って、ボールに実際にかかる荷重を測定した。荷重はおもりの重量でわかるが、摩擦等により荷重が低減されることも考えられるので、これをチェックする意味で取付けたものである。そして、基礎の変位と傾斜を測定するために、水平変位測定用ダイヤルゲージ 2 個と鉛直変位測定用ダイヤルゲージ 4 個をセットした。(写真

－ 3 参照) 更に, 地盤反力を測定するため, 図－ 7 に示すように基礎前面に 3 個と基礎底面に 2 個の土圧計を埋込んだ。基礎の断面形としては, 円形と正方形の二種類について行なった。



写真－ 1



写真－ 2

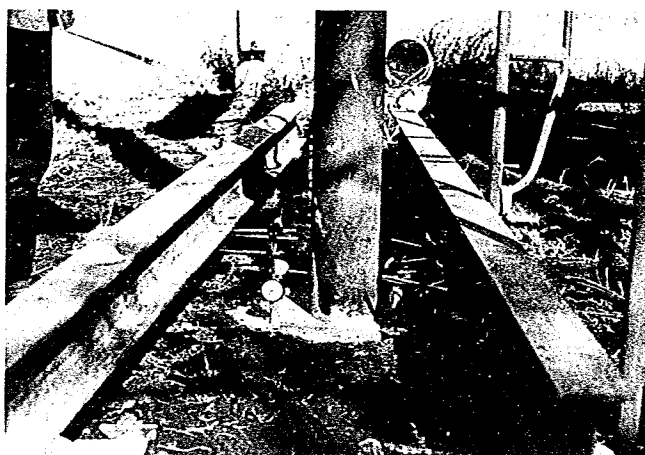


写真-3

円形断面については、最近、アース・オーガーを用いた円形断面の基礎の採用が多くなってきているため、この施工法による安全性をみようとしたが、周りの地盤を全く乱さずに素掘りによって直径50 cmに掘削したので、アース・オーガーによる実際の施工とは違ってしまい、基礎の周面がかなり強くなってしまった。そのため、実験の際、設計荷重までかけても基礎の変位及び傾斜はほとんどみられず、設計荷重の約3倍で、写真-4のように基礎のコンクリート表面にヒ



写真-4

び割れが入り、これがだんだん大きくなっていき、それ以上載荷不能となったため実験を中止した。(写真-4において、載荷方向はCD線上C方向である。)写真-5は、実験終了後引き抜いたもので、円形基礎の打設状況である。

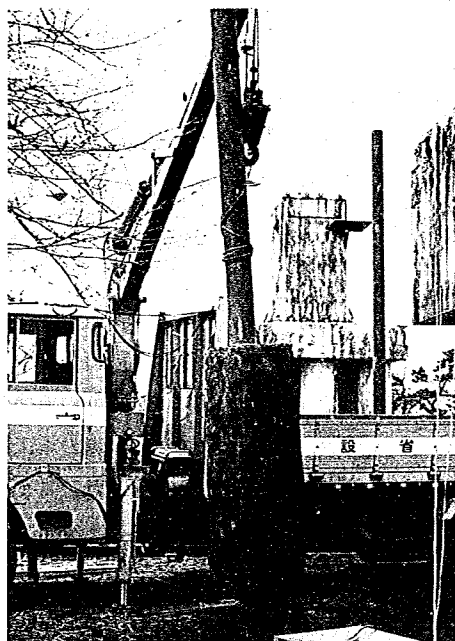


写真-5

正方形断面については、 $50 \times 50 \text{ cm}$ の型枠を組み、コンクリートを打設して、埋戻しを行い、人力によって締固め、約10日後に実験を行なった。円形断面と同様、実荷重測定用の鋼板に貼ったひずみゲージ、基礎の変位及び傾斜測定用のダイヤルゲージ、及び基礎周面に埋込んだ土圧計等の値を読み取って測定を行なった。土圧計がうまく作用しなかったので地盤反力については触れないが、設計荷重における基礎天端の変位及び傾斜(図-8)の値は計算値とほぼ一致し、この値はそれぞれ許容値以内であると考えられたので、提案した安定計算法は妥当であると判断した。

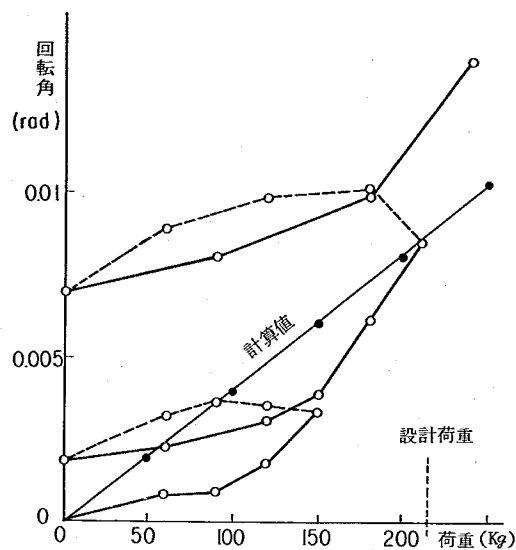


図-8 基礎回転角の実験値と計算値

あとがき

提案したポール基礎安定計算法では、基礎巾と根入れが直線関係にあるので、基礎のコンクリート量だけからいうと、基礎巾が小さいほど経済的であるといえるが現場条件等から根入れ長が制限されたり、いろいろな制約を受けるので、その場に応じて適当と思われる基礎寸法を採用するのが望ましい。

この方法によると、道路照明では現行の値よりも多少根入れが短くなっているが、路側式の道路標識では、風速を現行の 30 m/sec から 40 m/sec に改訂したこともあるが、根入れ長が現行の値の2倍程度になっている。路側式の道路標識はその数も非常に多く、都市内においては地下埋設物のために 1 m 以上の根入れというのは困難な場合が多い。また、路側式の道路標識というのは、一般に歩道等に周面を舗装のアスファルト等で拘束された状態で設置されるので、この拘束効果を考慮して根入れ長を求めてみたところ、ほとんどが、表に示されている根入れ長の値のそれぞれ $60\sim70\%$ になった。従って、路側式の道路標識で、基礎周面が舗装によって拘束されている場合は、表の値の 70% 程度の根入れで十分安全であると考えられる。

今回行なった、ポール基礎に関するこれら種々の検討の成果は、昭和50年7月15日付、建設省道路局企画課長通達、「道路附属物の基礎について」となった。

以下にこの通達を載せる。

昭和50年7月15日

殿

建設省道路局企画課長

道路附属物の基礎について

道路附属物（道路照明施設、道路標識、道路反射鏡、道路情報提供装置等）の基礎の設計については、従来施設の種類に応じた個別の方式で行われてきたが、今般これを統一して別紙のとおり標準的な基礎寸法を定めたので、今後はこれによられたく通知する。

なお、「道路照明施設設置基準」（昭和42年4月27日付、建設省道企発第17号道路局長通達）のうち第18条「基礎」の第1項の運用は本通達によられたい。

貴管下道路管理者（地方道路公社を含む）についても周知徹底されたくお願いする。

記

1 適用の範囲

道路照明、道路標識、道路反射鏡、道路情報提供装置等、道路附属物の基礎として、剛体基礎を用いる場合に適用する。

2 設計荷重

1) 基礎の設計に用いる設計外力としては、自重と風荷重を考慮するものとし、風荷重は短期荷重として扱う。

2) 設計風速は次の値を標準とする。

路側式の道路標識、道路反射鏡等	40m/sec
オーバーハング、オーバーヘッド式の道路標識、道路情報提供装置等	50m/sec
道路照明	60m/sec

(1) 風荷重の算定は次式による

$$P = 1/16 \cdot V^2 \cdot C_D \cdot A$$

ここで、P＝風荷重 (kg)

V = 設計風速 (m/sec)

A = 受圧面積 (有効投影面積, m^2)

C_D = 抗力係数で下記を標準とする。

支柱に対して 0.7

板 に対して 1.2

3 基礎の形状

基礎の平面形状は方形または円形を原則とする。

4 基礎の寸法

- 1) 道路照明, 道路反射鏡, 路側式道路標識, オーバーハング式道路標識の基礎の標準寸法は, それぞれ表-1~4に示す値を標準とする。

本表は, 正方形または円形の平面寸法に対する根入れ長さを示したものである。

- 2) 道路附属物のうち表-1~4にあてはまらないものについては, 基礎一基当りの天端に作用する水平力(H)と曲げモーメント(M)を計算したうえ, 表-5によって基礎の寸法を定めてよい。

本表は, 正方形または円形の平面寸法に対する根入れ長さを示したものである。なお, 路側式の道路標識であって, 基礎が舗装面に埋め込まれている場合には, 舗装部分の抵抗を考慮に入れ, 根入れ長さを表-3に示す値の70%まで低減してよい。

- 3) 次のような場合にあっては, 表-1~4に示す標準寸法によらず, 別途計算によるか, 過去の実績に基づき寸法を定めるものとする。

- i) 地下埋設物の影響等の理由で, 基礎幅または根入れ長さを標準寸法によることが困難であるか, 不適切な場合
- ii) 地盤が特殊な場合(軟弱地盤, 岩盤等)
- iii) 正方形または円形以外の断面形状の基礎を用いる場合

- 4) オーバーヘッド式の道路標識, 道路情報提供装置もしくはこれらに準ずる大型の道路附属物の基礎については, 上記1)~3)の規定によらず道路橋基礎の設計法に準拠して設計するものとする。

表-1 道路照明基礎の根入れ長さ
(基礎幅 50cm)

単位: cm

種 類	ボ-ルの形式	根入れ長さ
基 本 形	8-8	160
	8-18	
	10-8	210
	10-21	
	10-23	
	12-8	
	12-23	
	12-28	
Y 形	8-8 Y	180
	8-18 Y	
	10-8 Y	210
	10-21 Y	
	10-23 Y	
	12-8 Y	240
	12-23 Y	
	12-28 Y	

表-2 道路反射鏡基礎の根入れ長さ
(基礎幅 50cm)

単位: cm

鏡面 数	種 類		根入れ長さ
一 面	丸 形	ϕ	
		6 0	6 0
		8 0	9 0
		1 0 0	1 2 0
	矩 形		
		6 0 × 4 5	6 0
		6 0 × 5 0	6 0
		6 6 × 5 1	9 0
		7 5 × 5 5	9 0
		8 0 × 6 0	9 0
	楕 円 形		
		6 7 × 5 4	6 0
		8 9.5 × 7 1.6	9 0
		1 1 2 × 8 9.6	1 2 0
二 面	丸 形	ϕ	
		6 0	9 0
		8 0	1 2 0
		1 0 0	1 5 0
	矩 形		
		6 0 × 4 5	9 0
		6 0 × 5 0	9 0
		6 6 × 5 1	9 0
		7 5 × 5 5	1 2 0
		8 0 × 6 0	1 2 0
	楕 円 形		
		6 7 × 5 4	9 0
		8 9.5 × 7 1.6	1 2 0
		1 1 2 × 8 9.6	1 5 0

- (注) 1) 注意板の大きさは18×60cmとした。
2) 鏡面下端から基礎天端までの高さは2.5mとした。

表-3 路側式の道路標識基礎の根入れ長さ(基礎幅50cm)

単位: cm

	案内標識			警戒標識		規制標識	
	①	②	③	1枚	2枚	1枚	2枚
基本寸法	40	60	90	60	90	60	90
1.3倍	60	90	120	90	90	90	120
1.6倍	60	120	120	90	120	120	150
2.0倍	90	150	150	120	150	120	180
2.5倍	—	—	—	120	150	150	210

注 1) 本表は、本標識板下端から基礎天端までの高さ2.5m以下のものに適用する。

2) 警戒標識欄及び規制標識欄において、枚数は本標識板の設置枚数を示す。

なお、補助標識を付設したものにも、上表を適用してよい。

3) 案内標識欄の対象標識は次のとおりである。

① 国道番号、都道府県道番号、まわり道(120-A)

② 待避所、駐車場(117-A)

③ 非常電話、非常駐車帯、駐車場(117・B)、街路の名称

表-4 オーバーハング式の道路標識基礎の根入れ長さ(基礎幅80cm)

単位: cm

標識板面積	根入れ長さ
1.5 m ² 以下	180
2.5 m ² 以下	210
3.5 m ² 以下	240
4.5 m ² 以下	270

注 1) 本表は、標識板下端から基礎天端までの高さは約5mのものに適用する。

表-5 基礎天端への作用力に応じた基礎の寸法

$\frac{H(t)}{M}$ ($\frac{m}{t}$)	0.03	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.0	1.2	1.4
0.05	40												
0.10	60	60											
0.15	60	60	90										
0.20	90	90	90	90									
0.30		90	90	120	120								
0.40			120	120	120								
0.50			120	120	120	150							
0.60			120	120	150	150	150						
0.80				150	150	150	150	180					
1.0				150	150	180	180	180	180				
1.2					120	120	120	150	150	150			
1.4					150	150	150	150	150	150			
1.6						150	150	150	150	150	180		
1.8						150	150	150	150	180	180		
2.0						150	150	180	180	180	180	180	
2.4							180	180	180	180	180	210	210
2.8							180	180	180	210	210	210	210
3.2								210	210	210	210	210	210
3.6								210	210	210	210	210	240
4.0									210	210	210	240	240
4.5										240	240	240	240
5.0										240	240	240	240
6.0										240	240	270	270
7.0											270	270	270
8.0												270	270

基礎幅 50 cm
に対する根入れ
長さ

基礎幅 80 cm
に対する根入れ
長さ

ポール基礎の安定計算法

土研資料第1035号
昭50年7月(1975)

建設省土木研究所基礎研究室

要旨

道路照明、道路標識柱等の基礎の安定は、基準によって別々の方法で検討され、同種の構造物でありながら、相互に関係がなく、多くの不都合があった。

今回、ケーソン基礎の設計法に基づき基礎の安定解析法を導いたので、これを報告したものである。

この方法は道路局企画課長通達となった。



郵便はがき

2 8 0 - □ □

十円切手
をはいて
下さい

千葉県千葉市穴川

四丁目十二番五二号

建設省土木研究所

基礎研究室

御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1035号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印