

論 說 報 告

土木學會誌 第十二卷第五號 大正十五年十月

原ノ町自立式鐵筋混凝土無線電信塔

會員 工學博士 草 間 偉

Self-supporting Wireless Tower of Reinforced Concrete
of built at Haranomachi

By Isamu Kusama, Dr Eng., Member.

内 容 梗 概

高さ 660 呎を有する世界最高の鐵筋混凝土塔の設計書にして柱及び基礎を定むる基本公式を誘出し、設計の大體方針を述べ主塔及び高 350 呎、250 呎、200 呎、100 呎の副柱の計算を併記し高さに依り設計方針の異なる可き事をも論述す。

Synopsis.

Calculation paper for design of 660 ft. self-supporting tower—the highest reinforced concrete tower in the world.—Fundamental formula for shaft and base.—General directions and assumptions of designing high towers.—Design of 660 ft. main tower.—Series of design of auxiliary towers of 350 ft. 200 ft. and 100 ft high.

目 次

	頁
緒 言	5
第一章 柱設計の基本公式	5
1. 彎 曲 率	5
2. 剪 力	7
3. 自重又は軸壓力	7
4. 地震に對する安定度	7
5. 撓 度	8
6. 柱に於ける應力強度	8
(a) 抵抗軸應力	9
(b) 抵抗力率	10
(c) 彎曲率のみにて軸應力無き場合	11

7. 剪力に對する鐵筋	13
(a) 彎曲率及び軸壓力兩方を受くる場合	13
(b) 彎曲率のみにて軸應力無き場合	14
8. 安全強度及び其他の條件	15
9. 柱設計の大體方針	16
第二章 基礎設計の基本公式	17
10. 彎曲率	17
(a) 外側上向彎曲率	17
(b) 外側下向彎曲率	18
(c) 内側上向彎曲率	18
(d) 内側下向彎曲率	19
11. 剪 力	19
(a) 外側上向剪力	19
(b) 外側下向剪力	19
(c) 剪力に對する安定度	19
12. 鐵筋混凝土基礎の厚さ及び鐵筋量	20
13. 基礎面に於ける壓力	21
(a) 壓力線が基礎面の核心圓内に來る場合	21
(b) 壓力線が基礎面の核心圓の外に出る場合	22
第三章 660 呎塔の設計	24
第一節 柱	24
14. 條件及び主要寸法の決定	24
15. 地震に對する安定度	25
16. 諸斷面に於ける彎曲率	25
17. 撓 度	26
18. 軸 壓 力	27
19. 縱鐵筋の決定	27
20. 縱鐵筋の斷面積	29
21. 水平鐵筋	30
22. 剪力に對する安定検査	30
第二節 基 礎	33
23. 基礎の主要寸法の決定	33

24. 鉄筋量の決定	34
(a) 外側底面鉄筋(A點)	34
(b) 外側上面鉄筋	35
(c) 突桁の中央に於ける底面鉄筋	36
(d) 突桁の 1/4 點及び 3/4 點に於ける底面鉄筋	37
(e) 内側底面鉄筋(B點)	38
(f) 基礎に於ける剪力	39
(g) 鉄筋と混凝土との密着力	40
25. 鉄筋の配置及び重量並に鉄筋の總重量	40
第三節 諸種の設計	41
26. 諸設計の比較表	41
第四章 350 呎塔の設計	42
第一節 柱	42
27. 條件及び主要寸法の決定	42
28. 耐震安定度	43
29. 諸断面に於ける彎曲率	43
30. 撓 度	44
31. 軸 壓 力	45
32. 縦鉄筋の決定	46
33. 水平鉄筋	46
34. 剪力に對する検査	47
第二節 基 礎	47
35. 基礎の主要寸法の決定	47
36. 底面鉄筋	48
37. 上面鉄筋	49
38. 剪 力	50
39. 中心より 20 呎の箇所彎曲率	50
40. 鉄筋の配置及び重量	51
41. 柱及び基礎に要する總材量	52
第五章 250 呎塔の設計	52
第一節 柱	52
42. 條件及び主要寸法の決定	52

43. 耐震安定度	53
44. 諸断面に於ける彎曲率	53
45. 撓度	54
46. 軸壓力	55
47. 柱鐵筋	55
第二節 基礎	56
48. 主要寸法の決定	56
49. 鐵筋の決定, 配置及び其重量	57
第六章 200 呎塔の設計	59
第一節 柱	59
50. 條件及び主要寸法の決定	59
51. 耐震安定度	60
52. 彎曲率	60
53. 撓度	61
54. 軸壓力	62
55. 柱鐵筋	62
56. 剪力	63
第二節 基礎	63
57. 主要寸法の決定	63
58. 鐵筋の決定	64
59. 鐵筋の配置及び鐵筋量	65
第三節 諸種の設計	65
60. 諸設計の比較表	65
第七章 100 呎塔の設計	66
第一節 柱	66
61. 低柱に於ける設計方針の變化	66
62. 設計條件及び主要寸法の決定	67
63. 耐震安定度	68
64. 彎曲率	68
65. 撓度	68
66. 軸壓力	69
67. 柱の鐵筋及び其重量	69

第二節 基礎	70
68. 主要寸法の決定	70
69. 鐵筋の決定	71
70. 鐵筋の配置及び重量	72

緒 言

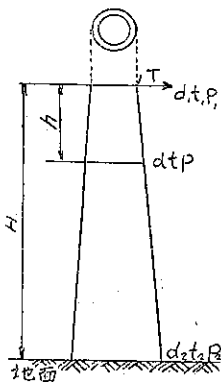
本塔は逓信省が大正八年及び同九年に於て、福島縣相馬郡原ノ町に建設せる磐城無線電信局の高さ 660 呎を有する送信空中線用鐵筋混凝土塔の爲、恩師故柴田博士の下に著者が大正七年五月より同年八月に亘り研究設計せるものにして、世界最高の鐵筋混凝土塔である。設計後著者は間もなく外遊したので實際の施工は永山教授が主として擔當し細部を決定せられ大正九年に竣功した。當時本邦に於て斯る高塔の設計施工に關しては、唯大分縣佐賀ノ關の煙突位の經驗しか有るに過ぎなかつたので、大分苦心されて好結果を得たものである。茲に深く故柴田博士及び永山教授に對し感謝の意を表する。

次に章を追ひて設計の基本公式、設計方針、諸種の高さの柱の研究の結果を述ぶる事とする。而して本研究の結論とも稱す可き設計の方針は第一章の第 9 項に述べてある。

第一章 柱設計の基本公式

本文に於ける自立式鐵筋混凝土柱は總て截頭圓錐の中空塔體にして、地上よりの高さに従ひ一定の率にて増加する風壓及び頂點に於て空中線の水平張力を受くるものとし、外壁の厚さも地上よりの高さに従ひ一様に減ずるものとする。

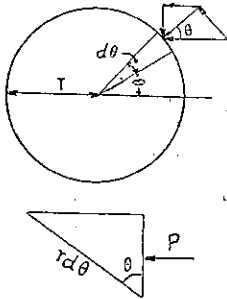
1. 彎曲率 (Bending Moment)



第一圖

- d_1 ; 柱の頂點に於ける外壁の中心間の直徑 (呎),
- d ; 頂點より h なる高さに於ける外壁の中心間の直徑 (呎),
- d_2 ; 柱の地面に於ける基點の外壁中心間の直徑 (呎),
- D_1 ; 柱の頂點に於ける外壁の外徑 (呎),
- D ; 頂點より h なる高さに於ける外壁の外徑 (呎),
- D_2 ; 柱の基點に於ける外壁の外徑 (呎),
- t_1 ; 柱の頂點に於ける外壁の厚さ (呎),
- t ; 頂點より h なる高さに於ける外壁の厚さ (呎),
- t_2 ; 柱の基點に於ける外壁の厚さ (呎),
- p_1 ; 頂點に於ける風壓 (呎/平方呎),

- p ; 頂點より h なる高さに於ける風壓 (呎/平方呎),
- p_2 ; 柱の基點に於ける風壓 (呎/平方呎),
- H ; 柱の總高 (呎),
- T ; 空中線より生ずる水平張力 (呎),
- M ; 頂點より h なる高さに於ける彎曲率 (呎呎)



第二圖

圓柱の面上に來る風壓は一部は柱面に沿ひて迂り去り、一部は柱を風の方向と直角の方向より押し合ふ力となりて消へ風の方向に有效に壓さるゝ力は $p \cos^2 \theta$ となる。

之風壓と直角なる面に働く p なる壓力の強度は之と θ なる角をなす $r d\theta$ の面には $p \cos \theta$ となり、更に 2 回の分力か迂り又は押し合ふ事により失はれるからである。

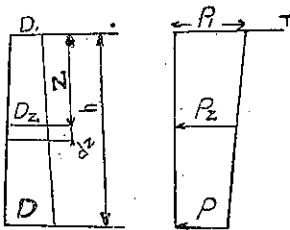
全壓力 P は

$$P = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} p \cos^3 \theta r d\theta = 2pr \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 \theta d\theta$$

$$= 2pr \left[\frac{1}{3} \sin \theta \cos^2 \theta + \frac{2}{3} \sin \theta \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{4}{3} pr$$

$$\therefore P = \frac{2}{3} pD$$

故に圓球形の築造物を彎曲せんとする風壓より生ずる力率は其直徑面積上に風壓の $2/3$ が働くものとすればよい。而して第三圖にて



第三圖

$$D_z = D_1 + \frac{D - D_1}{h} z$$

$$p_z = p_1 + \frac{p - p_1}{h} z$$

である故に

$$M = \frac{2}{3} \int_0^h \left(D_1 + \frac{D - D_1}{h} z \right) \left(p_1 + \frac{p - p_1}{h} z \right) (h - z) dz + Th$$

$$= \frac{2}{3} \int_0^h \left[D_1 p_1 h + \{ D p_1 + D_1 (p - p_1) \} z + \{ D (p - 2p_1) + D_1 (3p_1 - 2p) \} \frac{z^2}{h} - (D - D_1) (p - p_1) \frac{z^3}{h^2} \right] dz + Th$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \frac{h^2}{12} \{ D_1 (3p_1 + p) + D (p_1 + p) + Th \} \text{ (呎呎)}$$

$$M = \frac{2}{3} k^2 [(d+t)(p_1+p) + (d_1+t_1)(3p_1+p)] + 12 Th \text{ (吋听)} \dots\dots\dots (1)$$

(1) 式に於て d, t, p 及び h を夫々 d_2, t_2, p_2 及び H に置き換ふれば柱の基点に於ける全體の彎曲率となる。

2. 剪 力 (Shear)

S ; 頂點より h なる點以上の剪力 (听),

第三圖により

$$\begin{aligned} S &= \frac{2}{3} \int_0^h \left(D_1 + \frac{D-D_1}{h} z \right) \left(p_1 + \frac{p-p_1}{h} z \right) dz + T \\ &= \frac{2}{3} \int_0^h \left[D_1 p_1 + \frac{D_1(p-p_1) + p_1(D-D_1)}{h} z + \frac{(D-D_1)(p-p_1)}{h^2} z^2 \right] dz + T \\ &= \frac{1}{9} h \left[D_1(2p_1+p) + D(p_1+2p) \right] \\ S &= \frac{1}{9} h \left[(d_1+t_1)(2p_1+p) + (d+t)(p_1+2p) \right] \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

(2) 式に於て d, t, p 及び h を夫々 d_2, t_2, p_2 及び H に置き換ふれば柱の基点に於ける全剪力を得られる。

3. 自重 (Own Weight) 又は軸壓力 (Normal Pressure)

w ; 鉄筋混凝土の 1 立方呎の重量 (听),

N ; 柱の頂點より h なる點以上の柱の自重 (听),

$$\begin{aligned} N &= \pi w \int_0^h \left(d_1 + \frac{d-d_1}{h} z \right) \left(t_1 + \frac{t-t_1}{h} z \right) dz \\ N &= \frac{\pi w}{6} [d_1(2t_1+t) + d(t_1+2t)] \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

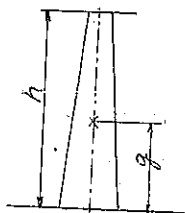
(3) 式に於て d, t 及び h を夫々 d_2, t_2 及び H とすれば柱の地面上の總重量を得らる。

4. 地震に對する安定度 (Seismic Stability)

g ; 柱の頂點より h なる斷面以上の柱の部分の重心點の同斷面よりの高さ (呎),

α ; 公式 (1) にて得たる M と同一の彎曲率を生ずる地震の水平加速度 (呎/毎秒, 毎秒),

G ; 此斷面以上の柱の部分の此斷面に於ける重力率 (Geometrical moment),



第.四圖

$$\begin{aligned}
 G &= \pi w \int_0^h \left(d_1 + \frac{d-d_1}{h} z \right) \left(t_1 + \frac{t-t_1}{h} z \right) (h-z) dz \\
 &= \pi w \int_0^h \left\{ d_1 t_1 + \frac{(d-d_1)t_1 + d_1(t-t_1)}{h} z + \frac{(d-d_1)(t-t_1)}{h^2} z^2 \right\} (h-z) dz \\
 &= \frac{1}{12} \pi w h^2 (dt + d_1 t + dt_1 + 3d_1 t_1) \\
 g &= \frac{G}{N} = \frac{h(dt + d_1 t + dt_1 + 3d_1 t_1)}{2(2dt + d_1 t + dt_1 + 2d_1 t_1)} \\
 \alpha &= \frac{M \times 9,800}{Ng}
 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (4)$$

5. 撓度 (Deflection)

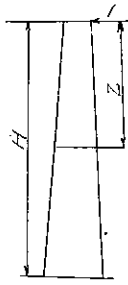
δ ; 頂點の撓度 (吋),

M ; 頂點より或る距離 z に於ける (1) 式の彎曲率 (吋/吋),

m ; 頂點に 1 なる水平荷重を課せる時の z なる點に於ける彎曲率 (吋/吋),

I ; z なる點の柱の中立軸に於ける惰率(吋⁴),

E ; 鉄筋混凝土の弾率 = $\frac{29,000,000}{8} = 3,625,000$ (吋/平方吋),

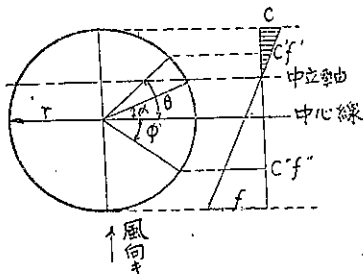


第五圖

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} \{ (d+t)^4 - (d-t)^4 \} \\
 I &= \frac{\pi}{8} dt(d^2 + t^2) \\
 \delta &= \int_0^h \frac{mM}{IE} dz
 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (5)$$

6. 柱に於ける應力強度 (Stress Intensity)

柱を直徑に比して厚さ薄き圓筒と考へる。



第六圖

t ; 混凝土壁の厚さ (吋),

p ; 鐵筋の混凝土に對する割合とする即ち pt は鐵筋の平均厚さ (吋),

c ; 混凝土に於ける最大應力強度 (吋/平方吋),

f ; 鐵筋に於ける最大應力強度 (吋/平方吋),

α ; 中立軸に至る角度,

$c'c''$; 夫々中心線より任意の角 θ 及び ϕ をなす點に於け

る應力強度,

f, f' ; 夫々鐵筋に於ける應力強度,

r ; 外壁の中心に至る半徑,

m ; 鐵筋と混凝土との弾性比 = 15,

t ; 外壁の厚さ (吋),

(a) 抵抗軸應力 (Axial Stress)

$$\frac{c'}{c} = \frac{\sin \theta - \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}, \quad f' = mc'$$

$$\begin{aligned} \text{應壓力} &= 2 \int_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}} c' t r d\theta + 2 \int_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}} c' m p t r d\theta \\ &= \frac{2ctr(1+mp)}{1-\sin\alpha} \int_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}} (\sin\theta - \sin\alpha) d\theta \\ &= \frac{2ctr(1+mp)}{1-\sin\alpha} \left[-\cos\theta - \theta \sin\alpha \right]_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}} \\ &= \frac{2ctr(1+mp)}{1-\sin\alpha} \left[\cos\alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin\alpha \right] \end{aligned}$$

而して

$$\begin{aligned} \frac{c''}{c} &= \frac{\sin \phi + \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}, \quad f'' = mc'' = mc \frac{\sin \phi + \sin \alpha}{1 - \sin \alpha} \\ \text{應張力} &= 2 \int_{-\alpha}^{\frac{\pi}{2}} m p t c \frac{\sin \phi + \sin \alpha}{1 - \sin \alpha} r d\phi \\ &= \frac{2cmpt r}{1 - \sin \alpha} \int_{-\alpha}^{\frac{\pi}{2}} (\sin \phi + \sin \alpha) d\phi \\ &= \frac{2cmpt r}{1 - \sin \alpha} \left[\cos \alpha + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) \sin \alpha \right] \end{aligned}$$

此應壓力と應張力との差が全體の軸應力となる。

$$\begin{aligned} N = \text{應壓力} - \text{應張力} &= \frac{2ctr}{1-\sin\alpha} \left[\cos\alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin\alpha \right] - \frac{cm\pi p t r}{1-\sin\alpha} \sin\alpha \\ N &= \frac{ctd}{1-\sin\alpha} \left[\cos\alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin\alpha - \pi m p \sin\alpha \right] \\ &= \frac{ctd}{1-\sin\alpha} \lambda_2 \\ \lambda_2 &= \left[\cos\alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin\alpha - \pi m p \sin\alpha \right] \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} N = \text{應壓力} - \text{應張力} \\ N = \frac{ctd}{1-\sin\alpha} \left[\cos\alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin\alpha - \pi m p \sin\alpha \right] \\ = \frac{ctd}{1-\sin\alpha} \lambda_2 \\ \lambda_2 = \left[\cos\alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin\alpha - \pi m p \sin\alpha \right]} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

(b) 抵抗力率 (Resisting Moment)

應壓力側の抵抗力率を M_c とすれば

$$\begin{aligned} M_c &= 2tr^2(1+mp) \int_{\pi}^{\frac{\pi}{2}} c' \sin \theta d\theta \\ &= \frac{2ctr^2(1+mp)}{1-\sin \alpha} \int_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}} (\sin^2 \theta - \sin \theta \sin \alpha) d\theta \\ &= \frac{2ctr^2(1+mp)}{1-\sin \alpha} \left[\frac{1}{2} (-\sin \theta \cos \theta + \theta) + \cos \theta \sin \alpha \right]_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}} \\ &= \frac{ctr^2(1+mp)}{1-\sin \alpha} \left[\frac{\pi}{2} - \alpha - \sin \alpha \cos \alpha \right] \end{aligned}$$

應張力側の抵抗力率を M_t とすれば

$$\begin{aligned} M_t &= 2 \frac{cmpt r^2}{1-\sin \alpha} \int_{-\alpha}^{\frac{\pi}{2}} (\sin^2 \phi + \sin \phi \sin \alpha) d\phi \\ &= \frac{2cmpt r^2}{1-\sin \alpha} \left[\frac{1}{2} (-\sin \phi \cos \phi + \phi) - \cos \phi \sin \alpha \right]_{-\alpha}^{\frac{\pi}{2}} \\ &= \frac{cmpt r^2}{1-\sin \alpha} \left[\frac{\pi}{2} + \alpha + \sin \alpha \cos \alpha \right] \end{aligned}$$

全体の抵抗力率を M とすれば $M = M_c + M_t$

$$\begin{aligned} M &= \frac{ct}{1-\sin \alpha} \left(\frac{d}{2} \right)^2 \left[\frac{\pi}{2} - \alpha - \sin \alpha \cos \alpha + \pi mp \right] \\ &= \frac{ct}{1-\sin \alpha} \cdot \frac{d^2}{2} \lambda_1 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} M &= \frac{ct}{1-\sin \alpha} \left(\frac{d}{2} \right)^2 \left[\frac{\pi}{2} - \alpha - \sin \alpha \cos \alpha + \pi mp \right] \\ &= \frac{ct}{1-\sin \alpha} \cdot \frac{d^2}{2} \lambda_1 \end{aligned}} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

但し $\lambda_1 = \left\{ \frac{\pi}{2} - \alpha - \sin \alpha \cos \alpha + \pi mp \right\}$

(7) 式を (6) 式にて除せば

$$\begin{aligned} \frac{M}{N} &= \frac{d}{4} \cdot \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha - \sin \alpha \cos \alpha + \pi mp}{\cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin \alpha - \pi mp \sin \alpha} \\ \frac{4M}{dN} &= \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha - \sin \alpha \cos \alpha + \pi mp}{\cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin \alpha - \pi mp \sin \alpha} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \\ \lambda_1 &= \frac{\pi}{2} - \alpha - \sin \alpha \cos \alpha + \pi mp \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_2 &= \cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin \alpha - \pi m p \sin \alpha \\
 c &= \frac{N(1 - \sin \alpha)}{dt \lambda_2} \\
 f &= mc \frac{1 + \sin \alpha}{1 - \sin \alpha} = m \frac{N(1 + \sin \alpha)}{dt \lambda_2} \\
 c_0 &= c \left\{ 1 + \frac{t}{2r(1 - \sin \alpha)} \right\} \\
 f_0 &= f \left\{ 1 + \frac{\alpha}{r(1 + \sin \alpha)} \right\}
 \end{aligned} \tag{8}$$

但し c_0, f_0 を夫々此断面に於ける混凝土及び鐵筋の絶對最大應力強度とし α を外壁環の中心より外方に向ひ鐵筋の中心までの距離とする。

(c) 彎曲率のみにて軸應力無き場合

(6), (7) 式に依り

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{c}{1 - \sin \alpha} \cdot \frac{d^2 t}{4} \left\{ \frac{\pi}{2} - \alpha - \sin \alpha \cos \alpha + \pi m p \right\} \\
 0 &= \cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin \alpha - \pi m p \sin \alpha \\
 c &= \frac{4M(1 - \sin \alpha)}{d^2 t \left\{ \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) - \sin \alpha \cos \alpha + \pi m p \right\}} = \frac{4M}{d^2 t} \cdot \frac{1 - \sin \alpha}{\lambda_3} \\
 \lambda_3 &= \frac{\pi}{2} - \alpha - \sin \alpha \cos \alpha + \pi m p \\
 f &= mc \frac{1 + \sin \alpha}{1 - \sin \alpha} = \frac{60 M}{d^2 t} \cdot \frac{1 + \sin \alpha}{\lambda_3} \\
 p &= \frac{\cot \alpha + \alpha - \frac{\pi}{2}}{m\pi}
 \end{aligned} \tag{9}$$

但し λ_3 は p 式の成立つ如き特別の場合の λ_2 の値である。 M, N 及び d が與へられたるとき (8) 式により全く計算にて α を求むることは斯る複雑せる函數式にては到底出來ない。故に先づ λ_1, λ_2 及び λ_1/λ_2 の値を次表の如く $\sin \alpha$ が -1 より $+1$ の間の種々の値に對し、又 p の値の 0.002 より 0.012 に到る種々の値に就きて算定し之により別紙圖表(1), (2), (3) を調製する。圖表 (1) は λ_1 , 圖表 (2) は λ_2 , 圖表 (3) は λ_1/λ_2 である。設計のときは柱の或る断面に於て外力よりの M を (1) 式により N を (3) 式によりて算出し、其所の直徑

d は判つて居るから $\frac{4M}{dN}$ の値を求め、之を λ_1/λ_2 曲線上に求めて $\sin \alpha$ が容易に見出され、續いて e や f なる混凝土及び鐵筋の應力が計算出来る。此際 e や f は外壁の中心にあるものと假定したから實際の縁維 (Extreme fibre) に於ける混凝土や鐵筋の應力度は之より少し大きく、夫は (8) 式の e_0 や f_0 より出る之が材料の安全強度以内なる事を要する。此曲線を見ると $\frac{4M}{dN} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ の値が 5 とか又は夫以上に増すときとか λ_1 の値が零に近くなる即ち (9) 式の $p = \frac{\cot \alpha + \alpha - \frac{\pi}{2}}{m\pi}$ の條件に近付く場合には此曲線を使ふことが甚だ不精密となる。斯る場合には寧ろ軸壓力 N を省略して、唯彎曲率のみを受ける場合に假定して (9) 式を使用の方が安全である。(9) 式に際しても $\sin \alpha$ の種々の値に對して p と λ_2 の値を算出して圖表 (4) を引いて置けば M, d, t, p が與へられた場合に容易に $\sin \alpha$ 従て (9) 式により e, f の値を知ることが出来る。

第二表 λ_1, λ_2 & λ_1/λ_2 の計算表

$\sin \alpha$	$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$	α in deg	α	$\frac{\pi}{2} - \alpha$	$\sin \alpha \cos \alpha$	$(\frac{\pi}{2} - \alpha) \sin \alpha$
0.9	0.4359	64°9'29"	1.1198	0.4510	0.3953	0.4059
0.8	0.6	53°7'49"	0.9273	0.6435	0.48	0.5113
0.7	0.7141	41°25'37"	0.7754	0.7854	0.4999	0.5568
0.6	0.8	36°52'12"	0.6435	0.9273	0.48	0.5504
0.5	0.8660	30° 0' 0"	0.5236	1.0472	0.433	0.5236
0.4	0.9165	23°34'41"	0.4115	1.1593	0.3666	0.4637
0.3	0.9540	17°27'27"	0.3047	1.2661	0.2862	0.3798
0.2	0.9798	11°32'13"	0.2014	1.3694	0.1960	0.2789
0.1	0.995	5°41'20"	0.1002	1.4706	0.0995	0.1470
0.0	1.	0°	0	1.5708	0	0
-0.1	0.995		-0.1002	1.6710	-0.0995	-0.1671
-0.2	0.9798		-0.2014	1.7722	-0.1960	-0.3544
-0.3	0.9540		-0.3047	1.8755	-0.2862	-0.5627
-0.4	0.9165		-0.4115	1.9823	-0.3666	-0.7929
-0.5	0.8660		-0.5236	2.0944	-0.433	-1.0472
-0.6	0.8		-0.6435	2.2143	-0.48	-1.3285
-0.7	0.7141		-0.7754	2.3462	-0.4999	-1.6423
-0.8	0.6		-0.9273	2.4981	-0.48	-1.9985
-0.9	0.4359		-1.1198	2.6906	-0.3953	-2.4215

第

表

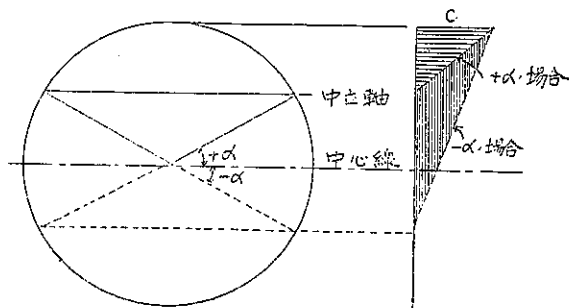
$$\lambda_1 = \left\{ \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) - \sin \alpha \cos \alpha \right\} + 15p\pi$$

$$\lambda_2 = \cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin \alpha - 15p\pi \sin \alpha$$

{圖表 (1), (2), (3)}

Sin α	p=0.002			p=0.003			p=0.004			p=0.005			p=0.006		
	λ ₁	λ ₂	λ ₁ /λ ₂	λ ₁	λ ₂	λ ₁ /λ ₂	λ ₁	λ ₂	λ ₁ /λ ₂	λ ₁	λ ₂	λ ₁ /λ ₂	λ ₁	λ ₂	λ ₁ /λ ₂
.9															
.8															
.7	0.38975	0.09132	4.270	0.4369	0.05832	7.50									
.6	0.5416	0.1870	2.897	0.5386	0.1587	3.715	0.6358	0.1305	4.88	0.6829	0.1022	6.70	0.7300	0.0739	9.86
.5	0.7085	0.2953	2.400	0.7556	0.2717	2.784	0.8027	0.2481	3.235	0.8498	0.2245	3.783	0.8969	0.2010	4.47
.4	0.8870	0.4151	2.136	0.9341	0.3962	2.357	0.9812	0.3773	2.601	1.0283	0.3585	2.87	1.075	0.3396	3.16
.3	1.0742	0.5458	1.967	1.1213	0.5317	2.107	1.1684	0.5176	2.255	1.2155	0.5035	2.42	1.2626	0.4893	2.53
.2	1.2677	0.6871	1.845	1.3148	0.6776	1.940	1.3619	0.6682	2.038	1.4090	0.6588	2.14	1.4561	0.6493	2.242
.1	1.4654	0.8385	1.748	1.5125	0.8338	1.815	1.5596	0.8290	1.880	1.6367	0.8243	1.948	1.6538	0.8196	2.02
.0	1.6651	1.	1.665	1.7122	1.	1.712	1.7593	1.	1.7593	1.8064	1.	1.806	1.8535	1.	1.854
-.1	1.8648	1.1715	1.592	1.9119	1.1762	1.626	1.9590	1.1809	1.660	2.0061	1.1856	1.697	2.0533	1.1903	1.725
-.2	2.0625	1.3530	1.523	2.1096	1.3624	1.550	2.1567	1.3718	1.572	2.2038	1.3812	1.597	2.2509	1.3906	1.618
-.3	2.2559	1.5450	1.458	2.3030	1.5591	1.476	2.3501	1.5733	1.495	2.3973	1.5874	1.514	2.4444	1.6015	1.526
-.4	2.4431	1.7471	1.401	2.4902	1.7660	1.412	2.5373	1.7848	1.423	2.5845	1.8036	1.437			
-.5	2.6216	1.9603	1.338	2.6687	1.9839	1.342	2.7153	2.0074	1.352	2.7630	2.0310	1.363			
-.6	2.7885	2.1850	1.277	2.8356	2.2133	1.282	2.8827	2.2416	1.288	2.9299	2.2700	1.292			
-.7	2.9403	2.4224	1.216	2.9874	2.4554	1.218	3.0345	2.4884	1.221	3.0817	2.5214	1.224			
-.8	3.0724	2.6739	1.150							3.2137	2.7870	1.154			
-.9	3.1771	2.9422	1.080							3.3185	3.0694	1.081			

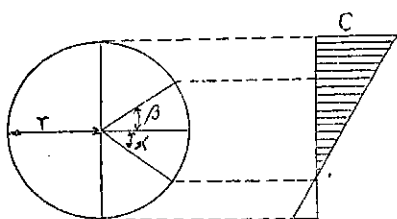
Sin α	p=0.007			p=0.008			p=0.010			p=0.012			Sin α	p cot α + d - π/2 15 π	λ ₃ π/2 - α - sin α cos α + 15pπ
	λ ₁	λ ₂	λ ₁ /λ ₂	λ ₁	λ ₂	λ ₁ /λ ₂	λ ₁	λ ₂	λ ₁ /λ ₂	λ ₁	λ ₂	λ ₁ /λ ₂			
0.6	0.7771	0.0456	17.03	0.8243	0.0174	47.4							.9	.000707	0.09218
0.5	0.9440	0.1774	5.33	0.9912	0.1539	6.95	1.0854	0.1068	10.16	1.1797	0.0597	19.75	.8	.00226	0.2700
0.4	1.1225	0.3208	3.50	1.1693	0.3019	3.88	1.2635	0.2642	4.78	1.3578	0.2265	5.99	.7	.004766	0.5203
0.3	1.3097	0.4752	2.755	1.3568	0.4610	2.94	1.4511	0.4323	3.355	1.5453	0.4040	3.825	.6	.00862	0.8534
0.2	1.5032	0.6401	2.345	1.5503	0.6306	2.46	1.6446	0.6118	2.685	1.73885	0.5929	2.93	.5	.01452	1.2990
0.1	1.7009	0.8149	2.086	1.7481	0.8102	2.152	1.8428	0.8008	2.301	1.9366	0.7914	2.45	.4	.0242	1.9247
0.	1.9006	1.	1.901	1.9477	1.	1.948	2.042	1.	2.042	2.1362	1.	2.136	.3	.0406	2.8934
-.1	2.1004	1.19503	1.757	2.14755	1.1997	1.789							.2		
-.2	2.29805	1.400	1.641	2.3452	1.4995	1.662							.1		
-.3	2.4915	1.6157	1.542	2.5387	1.6298	1.556							.0		



第七圖

7. 剪力に対する鉄筋

(a) 彎曲率及び軸壓力兩方を受くる場合



第八圖

柱の或る断面に於て彎曲率 M , 軸壓力 N を同時に受け第八圖の如く應力配分をなしたるものとすれば(6)式に於ける α の符號を變ずればよい

$$N = \frac{2ctr}{1 + \sin \alpha} \left[\cos \alpha + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) \sin \alpha + \pi mp \sin \alpha \right]$$

今 dz なる柱の微細部分を考ふると此部分の重量 dN は

$$dN = 2\pi r t w dz$$

dz の間にて混凝土の應力度の變化を dc とする, 又 dz の間に於ては $\frac{M}{N}$ なる比は不變と見てよい, 即ち α は不變とすることが出来る。

$$dN = \frac{2tr}{1 + \sin \alpha} \left[\cos \alpha + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) \sin \alpha + \pi mp \sin \alpha \right] dc = \gamma dc$$

$$\frac{dc}{dz} = \frac{dN}{dz\gamma} = \frac{2\pi r t w}{\gamma} = \frac{\pi w(1 + \sin \alpha)}{\cos \alpha + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) \sin \alpha + \pi mp \sin \alpha}$$

$$= \frac{\pi w(1 + \sin \alpha)}{\lambda_2}$$

上圖にて β なる壁環上の點に於ける應剪力度を s とす。

$$2ts dz \frac{dc 2\pi r t(1 + mp)}{1 + \sin \alpha} \int_{\beta}^{\frac{\pi}{2}} (\sin \theta + \sin \alpha) d\theta - 2\pi r t w \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) dz$$

故に

$$s = r w \left[\frac{\pi(1 - mp)}{\lambda_2} \left\{ \cos \beta + \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \sin \alpha \right\} - \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \right]$$

此 s の最大値を生ずる β は $\frac{ds}{d\beta} = 0$ として

$$\frac{\pi(1+mp)}{\lambda_2} \{-\sin \beta - \sin \alpha\} + 1 = 0$$

$$\sin \alpha + \sin \beta = \frac{\lambda_2}{\pi(1+mp)}$$

又 $\frac{dc}{dz}$ は彎曲率の方面よりも見出される (7) 式の α の符號を變へて

$$M = \frac{cr^2t}{1 + \sin \alpha} \left[\left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) + \sin \alpha \cos \alpha + \pi mp \right] = \frac{cr^2t}{1 + \sin \alpha} \lambda_2$$

$$c = \frac{M(1 + \sin \alpha)}{r^2t\lambda_2}$$

$\frac{dM}{dz} = S_z$ 但し S_z を基點に於て (2) 式にて計算せる剪力とする。

$$\frac{dc}{dz} = \frac{S_z(1 + \sin \alpha)}{r^2t\lambda_2}$$

此式は軸壓力 N にて得たる $\frac{dc}{dz} = \frac{\pi w(1 + \sin \alpha)}{\lambda_2}$ 式と實質的差異はない。

以上の結果

$$\left. \begin{aligned} \sin \beta &= \frac{\lambda_2}{\pi(1+mp)} - \sin \alpha \\ s &= rw \left[\frac{\pi(1+mp)}{\lambda_2} \left\{ \cos \beta + \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \sin \alpha \right\} - \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots (10)$$

若し全剪力を水平鐵筋のみに依りて持たせ様とすれば混凝土の厚さに對する水平筋の割合は鐵筋の安全應剪強度を f_s を以て表はせば

$$p'tdz = \frac{stl_z}{f_s}, \quad p' = \frac{s}{f_s}$$

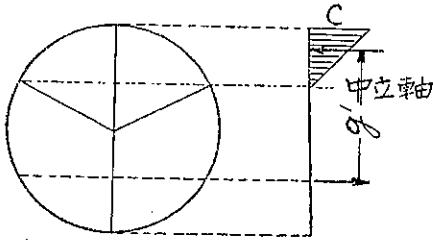
(b) 彎曲率のみにて軸壓力の無き場合

(9) 式により

$$M = \frac{ctr^2}{1 - \sin \alpha} \left\{ \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) - \sin \alpha \cos \alpha + \pi mp \right\}$$

$$\cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin \alpha - \pi mp \sin \alpha = 0$$

$$\frac{dM}{dz} = S_z$$



第九圖

最大應剪力は中立軸の所に於て起り其強度を s とし應壓力及び應張力の中心間の距離を g' とすれば

$$2tsdz = \frac{dM}{g'}$$

$$= \frac{S_z dz}{g'}$$

$$g' = \frac{M}{\text{應壓力}} = \frac{r}{2} \cdot \frac{\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) - \sin \alpha \cos \alpha + \pi mp}{\left[\cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \sin \alpha\right] (1 + mp)}$$

$$= \frac{r}{2} \cdot \frac{\lambda_1}{\left[\cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \sin \alpha\right] (1 + mp)}$$

$$= \frac{r}{2} \cdot \frac{\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) - \sin \alpha \cos \alpha + \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)}{(1 + mp) \pi mp \sin \alpha}$$

$$= \frac{r \cos^3 \alpha}{2(1 + mp) \pi mp \sin^2 \alpha}$$

$$s = \frac{S_z}{2tg'} = \left. \begin{aligned} & \frac{S_z(1 + mp) \left\{ \cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \sin \alpha \right\}}{r t \lambda_1} \\ & = \frac{S_z \pi mp (1 + mp) \sin^2 \alpha}{r t \cos^3 \alpha} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (11)$$

8. 安全強度及び其他の條件

混凝土の安全應壓強度	650 听/平方呎
混凝土の應張力	之を無視す
鐵筋の安全應張強度	22,000 听/平方呎
鐵筋混凝土 1 立方呎の重量	150 听
風壓は地面に於て	60 听/平方呎
以上每 10 呎の上昇に付増加	1 听/平方呎
空中線の最大水平張力は頂點に於て	25,000 听
鐵筋と混凝土との弾性比	$\frac{E_f}{E_c} = m = 15$
地盤の安全耐力	5 噸/平方呎

鐵筋の接合，兩端の彎曲等の爲に重量の割増し	12.5%
水平鐵筋の量は柱の下部 110 呎間は混凝土の	0.3%
夫れより上部	0.2%

但し高 350 呎以下の塔は別に之を定む。

計算中には安全のため軸壓力 N の中に空中線其他の附屬の重量を算入せず

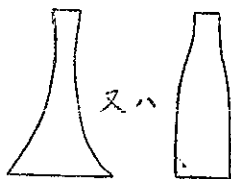
9. 柱設計の大體方針

原ノ町の無線電信塔の本柱は高さ 660 呎を有し，鐵筋混凝土の塔としては世界に前例の無いものにて，初め設計の時には全く見當が付かなかつた。煙突と同様なるも煙突の様に上部まで太くする必要はない。先づ全體の形を想定して前公式に依り大體設計して混凝土や鐵筋の量を出し，結果を比較して見ることにし，始めは頂上の直徑を 20 呎とし，次に 16 呎，次に 12 呎，8 呎，6 呎と云ふ如く減じて見，比較の結果頂上の直徑は出来るだけ小さく基底の直徑は出来るだけ大きくする方が，外壁の厚さを減じて材料の節約が出来る事を見出した。併し底部の直徑を大きくして外壁を薄くすれば材料費は節約が出来るも，普通風下には強き壓力を受くるものであるから，餘り薄くすると基本公式の様な計算には安全にても，挫折 (crippling) される恐れがある。此限界點は一寸判りにくく，又實驗も當時難しかつたので，故柴田先生の御意見に基き，基點に於て壁厚の最少限を直徑の $1/20$ と定めた。又頂部は細くする程風壓を受くることも少く柱の重心も下に來るけれども，少くも人が出入する丈の内徑を要するので最少限を 4 呎と定めた。

此 2 項は頗る平凡なる事ではあるが，此型式の塔を設計する上に基本となる點で，之より又數種の形を假定し一々設計して其材料の重量，撓度，地震安定度，基礎に於ける壓力等を比して其最善なるものを撰定した。

斯くて頂上の直徑及び壁厚を與へて次に底部の直徑を假定し，底部の壁厚を直徑の $1/20$ とし，鐵筋量を $1/500$ とし先づ柱全體として底部の安定を調べる。

之が略混凝土の安全強度になれば之にて底部の直徑及び壁厚が決定される。次に中間も第



第十圖

十圖の如く或る曲線型にし，又壁厚も適宜變化する方が猶理論的なかも知れないが，徒に計算及び施工を面倒にするのみで餘り利益もないと信じたので凡て直線式とした。従て頂點と底部との大きさが定まれば中間に於ても自ら直徑も厚さも定まりて，後は適當の距離毎に (1) 式及び (3) 式により軸壓力と彎曲率を出して之に耐ふる

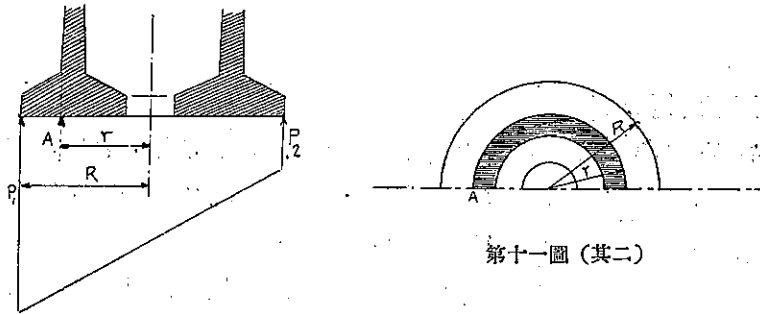
如く鐵筋の量を定める事とした。併し 200 呎高さ以下になると少し條件が變つて來る。之は第七章の 100 呎塔の始めに述べてある。

基礎は原ノ町の現場の地盤は試穿の結果固結せる砂利にて地表面に於て想像せし以上良好であつたから、杭打をせず柱の外壁の下に鉄筋混凝土の環狀の礎段 (Footing) を設くる事とし、此安定度は本編第二章の基本公式に依り算定して設計する事とした。

猶副柱として 350 呎, 250 呎, 200 呎, 100 呎高さの塔も夫々設計したが、未だ實施はされない一時的の木柱にて間に合せてある。けれども其高さの變化の結果を知る爲に、一通り 660 呎以下全部の設計の主要部及び結果を述ぶる事とする。

第二章 基礎設計の基本公式

鉄筋混凝土柱の基礎の形狀は總て第十一圖の如く環狀をなして居る。



第十一圖 (其一)

第十一圖 (其二)

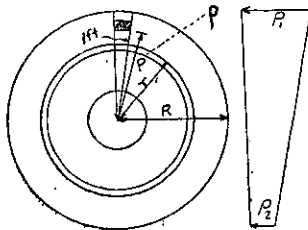
平面圖は圓形で真中に圓き孔がある。單位は凡て呎, 吋とする。

R, r 等は圖面に示す如く、基礎に於ける壓力の分布は、普通の場合の様に等變壓力とする。

10. 彎曲率

(a) 外側上向彎曲率

A 點に於て長さ 1 呎の弧に沿ふての上向彎曲率を M_1 とする。



第十二圖

$$\begin{aligned}
 M_1 &= \int_r^R \frac{\rho}{r} \left\{ p_2 + \frac{p_1 - p_2}{2R} (R + \rho) \right\} (\rho - r) d\rho \\
 &= \frac{p_2}{r} \int_r^R \rho(\rho - r) d\rho + \frac{p_1 - p_2}{2Rr} \int_r^R \rho(R + \rho)(\rho - r) d\rho \\
 M_1 &= \frac{p_2}{6r} (2R + r)(R - r)^2 + \\
 &\quad \frac{p_1 - p_2}{24Rr} (R - r)^2 (7R^2 + 4Rr + r^2) \dots \dots \dots (12)
 \end{aligned}$$

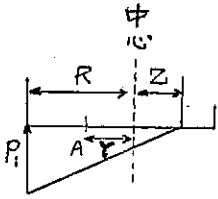
若し壓力が均等に分布すれば即 $p_1 = p_2 = p$ となれば

$$M_1 = \frac{p}{6r}(2R+r)(R-r)^2 \dots\dots\dots(13)$$

若し $p_2=0$ ならば

$$M_1 = \frac{p_1}{24Rr}(R-r)^2(7R^2+4Rr+r^2) \dots\dots\dots(14)$$

若し壓力中心が核心 (core) の外に出れば

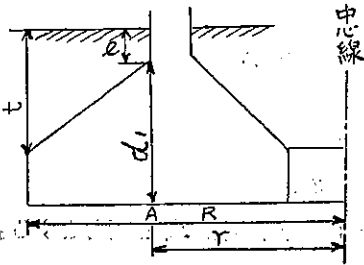


$$M_1 = \frac{p_1(R-r)^2}{12(R+z)r} \{3R^2 + 2Rr + r^2 + 2z(2R+r)\} \dots\dots\dots(15)$$

第十三圖

(b) 外側下向彎曲率

之は A 點に於ける礎版及び其上の土の重量の爲に生ずる下向彎曲率にして之を M_2 とし土の目方を 1 立方呎に付 $w_s=100$ 噸, 混凝土の目方を $w_c=150$ 噸とすれば



$$M_2 = \int_r^R \frac{\rho}{r} \left\{ e + \frac{t-e}{R-r}(\rho-r) \right\} w_c(\rho-r) d\rho + \int_r^R \frac{\rho}{r} \left\{ d_1 - \frac{t-e}{R-r}(\rho-r) \right\} w_s(\rho-r) d\rho = \frac{100}{6r}(R-r)^2 \left\{ (2R+r) \left(\frac{3}{2}d_1 + e \right) - \frac{t}{4}(3R+r) \right\} \dots\dots\dots(16)$$

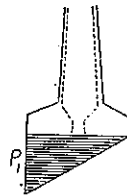
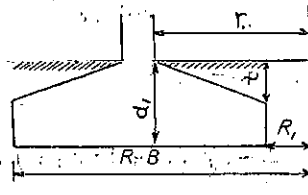
第十四圖

若し $e=0$ ならば

$$M_2 = \frac{100}{6r}(R-r)^2 \left\{ \frac{3}{2}d_1(2R+r) - \frac{t}{4}(3R+r) \right\} \dots\dots\dots(17)$$

故に $M=M_1-M_2$

(c) 内側上向彎曲率



第十五圖 (其一)

第十五圖 (其二)

第十五圖の如く $p_2=0$ の場合 B 點に於ては

$$M_1 = \int_{R_1}^{r_1} \frac{\rho}{r_1} \cdot \frac{p_1(R+\rho)}{2R} (r_1-\rho) d\rho = \frac{p_1}{2Rr_1} \int_{R_1}^{r_1} (R+\rho)(r_1-\rho) \rho d\rho$$

$$= \frac{p_1}{24R_1r_1} \left[r_1^3(2R+r_1) - R_1^2\{6Rr_1 - 4(R-r_1)R_1 - 3R_1^2\} \right] \dots\dots\dots (18)$$

(d) 内側下向彎曲率

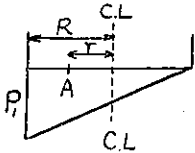
$e=0$ の場合 B 點に於て

$$M_2 = \frac{100}{6r_1} (r_1 - R_1)^2 \left\{ \frac{3}{2} d_1(2R_1 + r_1) - \frac{t}{4} (3R_1 + r_1) \right\} \dots\dots\dots (19)$$

11. 剪 力

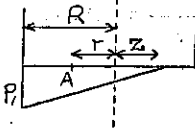
前項の如く $p_2=0$ の場合 A 點に於て

(a) 外側上向剪力



$$S_1 = \int_r^R \frac{p_1}{2R} (R+\rho) \frac{\rho}{r} d\rho$$

$$= \frac{p_1}{12Rr} (R-r)(5R^2 + 5Rr + 2r^2) \dots\dots\dots (20)$$



合成力が核心の外へ出れば

$$S_1 = \frac{p_1}{6(R+z)r} (R-r) \{ 2(R^2 + Rr + r^2) + 3z(R+r) \} \dots\dots\dots (21)$$

第十六圖

(b) 外側下向剪力

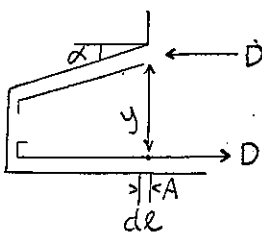
土及び礎版混凝土の重量より生ずるもの

$$S_2 = \frac{100}{2r} (R-r) \left\{ \left(e + \frac{3}{2} d_1 \right) (R+r) - \frac{t-e}{6} (2R+r) \right\} \dots\dots\dots (22)$$

若し $e=0$ ならば

$$S_2 = \frac{100}{12r} (R-r) \{ 9d_1(R+r) - t(2R+r) \}$$

(c) 剪力に對する安定度



第十七圖

A 點に於ける全剪力を S とすれば

$$S = S_1 - S_2, \quad D = \frac{M}{y}$$

但し y : 有效深, τ_0 : 應剪力強度;

b を突桁として考へたる場合の與行きにて 12 吋とし $\frac{dy}{dt}$ は $t:n \propto$ なるも安全のため其 7/8 を取ることをする。

$$\begin{aligned} \frac{dD}{dl} &= \frac{ydM - Mdy}{y^2 dl} = \frac{1}{y} \cdot \frac{dM}{dl} - \frac{M}{y^2} \cdot \frac{dy}{dl} \\ &= \frac{1}{y} S - \frac{M}{y^2} \cdot \frac{7}{8} \tan \alpha \\ \frac{dD}{dl} &= b\tau_0 = \frac{S - D \frac{7}{8} \tan \alpha}{y} \dots\dots\dots (23) \end{aligned}$$

12. 鐵筋混凝土基礎の厚さ及び鐵筋量

鐵筋混凝土の基礎の厚さは之を前述の彎曲率を受くる突桁と考へて混凝土及び鐵筋が同時に安全強度に達する如く定むるのが最も經濟的である。此場合には

M = 外力よりの彎曲率

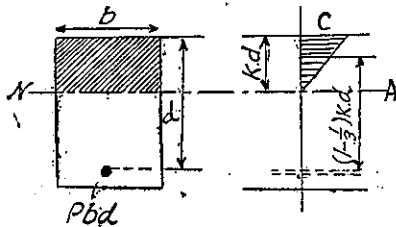
$c = 650$ 呎/吋²

$f = 22,000$ "

$m = 15$

とし記號の意味は圖に示す如くすれば

$$f = \frac{mc(1-K)}{K} \therefore K = \frac{mc}{f+mc} = 0.3072$$



第十八圖

$M = c_1 b d^2$ とすれば

$$c_1 = \frac{K(1 - \frac{1}{3}K)c}{2} = 89.64$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{c_1 b}} = \sqrt{\frac{M}{89.64}}$$

$$p = \frac{Kc}{2f} = 0.00454 = \frac{1}{220}$$

(24)

M を 1 吋の幅に付吋呎にて示せる彎曲率, b を 1 吋とすると d は所要の有効深である。若し d を (24) 式の値より増せば p なる鐵筋量の混凝土に對する割合を下の式に依りて減ぜられる。

$$p = \frac{K^2}{2m(1-K)}, \quad M = f p b d^2 \left(1 - \frac{K}{3}\right)$$

$$\therefore \frac{M}{b d^2} = f \frac{K^2 \left(1 - \frac{K}{3}\right)}{2m(1-K)} = f \frac{K^2 (3-K)}{6m(1-K)}$$

今 $\kappa = \frac{6mM}{f b d^2}$, $m = 15$, $b = 1''$ として

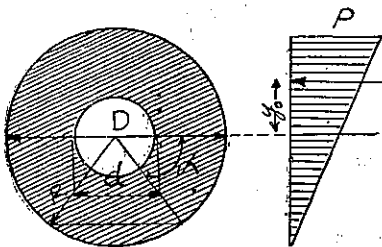
$$\left. \begin{aligned} \kappa &= \frac{9M}{2,200d^2} = \frac{K^2(3-K)}{1-K} \\ p &= \frac{K^2}{30(1-K)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(25)$$

彎曲率 M と桁深 d が與へられると (25) 式は三次式なれども κ の値を K の 0 より 0.4 の間の種々の値にて計算して圖表 (5) を引き置けば κ によりて K の値を容易に見出される。

K に対する κ の値

K	$\kappa = \frac{K^2(3-K)}{1-K}$
0.1	0.0322
0.15	0.07544
0.2	0.14
0.25	0.22916
0.3	0.34714
0.35	0.4994
0.4	0.6933

13. 基礎面に於ける壓力



第十九圖

$$D=2R, \quad d=2r=KD=2Kr$$

A ; 基礎面の面積 $= \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$,

M ; 基礎面に於て風壓其他より生ぜる彎曲率,

N ; 柱及び基礎其他基礎面に來る總重量,

y_0 ; 基礎面の中心と壓力線が基礎面を切る點との間の距離

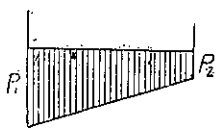
$$y_0 = \frac{M}{N}$$

基礎環の惰率 I は $\frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$ であるから此面の核心圓 (core) の半径は

$$\frac{\frac{M \cdot D}{2}}{I} = \frac{N \cdot y_0 D}{\frac{\pi}{8}(D^2 + d^2)}$$

の關係に依り $\frac{D^2 + d^2}{8D}$ となる。

(a) $y_0 < \frac{D^2 + d^2}{8D}$ なる場合, 即ち壓力線が基礎面の核心圓内に來る場合

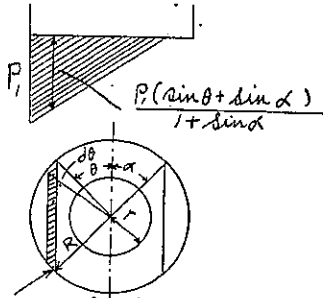


第二十圖

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \frac{N}{A} \left(1 + \frac{8y_0 D}{D^2 + d^2} \right) \\ p_2 &= \frac{N}{A} \left(1 - \frac{8y_0 D}{D^2 + d^2} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (26)$$

(b) $y_0 > \frac{D^2 + d^2}{8D}$ なる場合、即ち壓力線が基礎面の核心圓の外に出る場合

此場合には基礎面は張力に抵抗しないものと假定すること壓力の分布は第二十一圖の如くなる。



第二十一圖

$$\begin{aligned} N &= 2 \int_{-\alpha}^{\frac{\pi}{2}} \frac{p_1 (\sin \theta + \sin \alpha)}{1 + \sin \alpha} R^2 \cos^2 \theta d\theta \\ &= 2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{p_1 (K \sin \theta + \sin \alpha)}{1 + \sin \alpha} K^2 R^2 \cos^2 \theta d\theta \\ &= \frac{2p_1 R^2}{1 + \sin \alpha} \left[\int_{-\alpha}^{\frac{\pi}{2}} (\sin \theta + \sin \alpha) \cos^2 \theta d\theta \right. \\ &\quad \left. - K^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (K \sin \theta + \sin \alpha) \cos^2 \theta d\theta \right] \\ \therefore N &= \frac{p_1 R^2}{1 + \sin \alpha} \left\{ \frac{\cos \alpha}{3} (2 + \sin^2 \alpha) \right. \\ &\quad \left. + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) \sin \alpha - \pi K^2 \sin \alpha \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= 2 \int_{-\alpha}^{\frac{\pi}{2}} \frac{p_1 (\sin \theta + \sin \alpha)}{1 + \sin \alpha} R^3 \cos^2 \theta \sin \theta d\theta \\ &= 2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{p_1 (K \sin \theta + \sin \alpha)}{1 + \sin \alpha} K^3 R^3 \cos^2 \theta \sin \theta d\theta \\ &= \frac{2p_1 R^3}{1 + \sin \alpha} \left[\int_{-\alpha}^{\frac{\pi}{2}} (\sin^2 \theta \cos^2 \theta + \sin \alpha \cos^2 \theta \sin \theta) d\theta \right. \\ &\quad \left. - \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (K \sin^2 \theta \cos^2 \theta + \sin \alpha \cos^2 \theta \sin \theta) d\theta \right] \\ &= \frac{p_1 R^3}{4(1 + \sin \alpha)} \left\{ \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{3} (5 - 2 \sin^2 \alpha) + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) - \pi K^4 \right\} \\ \frac{4M}{RN} &= \frac{4y_0}{R} = \frac{\frac{\sin \alpha \cos \alpha}{3} (5 - 2 \sin^2 \alpha) + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) - \pi K^4}{\frac{\cos \alpha}{3} (2 + \sin^2 \alpha) + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) \sin \alpha - \pi K^2 \sin \alpha} = \frac{\lambda_4}{\lambda_5} \dots \dots \dots (27) \\ p_1 &= \frac{N(1 + \sin \alpha)}{R^2 \lambda_5} \end{aligned}$$

但し $K < \sin \alpha$ の場合である。

(27) 式も柱の場合の (8) 式と同様に M, N , 及び R を與へられても數學的には α の値は見出す事は出来ない, 矢張種々の $\sin \alpha$ 及び K の値に對して $\lambda_4, \lambda_5, \frac{\lambda_4}{\lambda_5}$ の値を第三表の如く算出し, 之を圖表 (6) の如く畫けば此曲線によりて容易に $\sin \alpha$ 續いて (27) 式にて p_1 なる壓力を見出すことが出来る。

第 三 表

圖表 (6) の計算

$$\lambda_4 = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{3} (5 - 2 \sin^2 \alpha) + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) - \pi K^4$$

$$\lambda_5 = \frac{\cos \alpha}{3} (2 + \sin^2 \alpha) + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) \sin \alpha - \pi K^2 \sin \alpha$$

$\sin \alpha$	$\frac{1}{3} \sin \alpha \times \cos \alpha$	$5 - 2 \times \sin^2 \alpha$	$\frac{\sin \alpha \cos \alpha}{3} \times (5 - 2 \sin^2 \alpha)$	$\frac{\pi}{2} + \alpha$	$\frac{\cos \alpha}{3}$	$2 + \sin^2 \alpha$	$\frac{\cos \alpha}{3} \times (2 + \sin^2 \alpha)$	$\left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) \times \sin \alpha$	$K=0.2$ $\pi K^2 \sin \alpha$	$K=\frac{1}{3}$ $\pi K^2 \sin \alpha$
1	0	3	0	3.1416	0	3	0	3.1416	0.1257	0.3491
0.9	.13077	3.38	.4433	2.6906	.1453	2.81	.4083	2.4215	0.1131	0.3141
0.8	.16	3.72	.5952	2.4981	.2	2.64	.528	1.9985	0.1005	0.2793
0.7	.16667	4.02	.6700	2.3462	.2380	2.49	.5926	1.6423	0.08795	0.2443
0.6	.16	4.28	.6848	2.2143	.2667	2.36	.6294	1.3285	0.0754	0.2094
0.5	.1443	4.50	.6494	2.0944	.2887	2.25	.6496	1.0472	0.06283	0.1745
0.4	.1222	4.68	.5719	1.9823	.3055	2.16	.6599	0.7929	0.05026	0.1396
0.3	.0954	4.82	.4598	1.8755	.3180	2.09	.6646	0.5627	0.037697	0.1047
0.2	.06533	4.92	.3205	1.7722	.3266	2.04	.6663	0.3544	0.025131	0.0698
0.1	.03317	4.98	.1652	1.6710	.3317	2.01	.6667	0.1671	0.012566	0.0349

$\sin \alpha$	$K=0.2 \quad \pi K^4 = 0.035$			$K=\frac{1}{3} \quad \pi K^4 = \frac{\pi}{81} = 0.0388$		
	λ_4	λ_5	$\frac{\lambda_4 = 4y_0}{\lambda_5 R}$	λ_4	λ_5	$\frac{\lambda_4 = 4y_0}{\lambda_5 R}$
1	3.1366	3.0160	1.04	3.1628	2.7925	1.110
0.9	3.1289	2.7167	1.151	3.0951	2.5156	1.230
0.8	3.0883	2.4260	1.272	3.0545	2.2472	1.358
0.7	3.0112	2.1469	1.402	2.9774	1.9905	1.495
0.6	2.8941	1.8825	1.537	2.8603	1.7484	1.636
0.5	2.7388	1.6340	1.676	2.7050	1.5252	1.777
0.4	2.5492	1.4025	1.817	2.5154	1.3131	1.915
0.3	2.3303	1.1896	1.960			
0.2	2.0877	0.9956	2.097			

sin α	$K = \frac{25}{90} = 0.28$ $\pi K^4 = 0.0187$			$K = 0$ $\pi K^4 = 0$		
	λ_4	λ_5	$\frac{\lambda_4 = \frac{4y_0}{\lambda_5}}{R}$	λ_4	λ_5	$\frac{\lambda_4 = \frac{4y_0}{\lambda_5}}{R}$
1	3.1229	2.8992	1.079	2.3353	1.2273	1.905
0.9	3.1152	2.6116	1.192	2.0927	1.0207	2.053
0.8	3.0745	2.3323	1.320	1.8362	0.8338	2.202

第三章 660呎塔の設計

第一節 柱

14. 条件及び主要寸法の決定

$$h = 660 \text{ ft}, \quad d = 4 \text{ ft}, \quad p_1 = 126 \text{ #/sq in}, \quad p_2 = 60 \text{ #/sq in}$$

$$t_1 = 6'' = \frac{1}{2} \text{ ft}, \quad t_2 = \frac{d_2}{20}, \quad p = 0.002 \quad \text{として } t_2, d_2 \text{ を求めんとす}$$

先づ $d_2 = 55 \text{ ft}$ として試みるに

(1) 式により

$$\begin{aligned} M &= \frac{2}{3} h^2 \left[(d_2 + t_2)(p_1 + p_2) + (d_1 + t_1)(3p_1 + p_2) \right] + 12 \times 25,000 h \\ &= \frac{2}{3} 43,560 \left[(55 + t_2) 186 + 4.5 (378 + 60) \right] + 1.98 \times 10^8 \\ &= 0.54015 t_2 + 37.412 \quad 10^8 \text{ #} \end{aligned}$$

(3) 式に依り

$$\begin{aligned} N &= \frac{\pi w}{6} \left[d_1(2t_1 + t_2) + d_2(2t_2 + t_1) \right] h \\ &= 51,836.3 \left[4(t_2 + 1) + 55 \left(2t_2 + \frac{1}{2} \right) \right] \\ &= 5.90934 t_2 + 1.63285 \quad 10^6 \text{ #} \end{aligned}$$

$$t_2 = \frac{55'}{20} = 2.75 = 33'' \quad \text{とするに}$$

$$M = 38.8971 \quad 10^8 \text{ #}$$

$$N = 17.8835 \quad 10^6 \text{ #}$$

$$\frac{4M}{d_2 N} = \frac{4 \times 38.8971 \times 10^2}{12 \times 55 \times 17.8835} = \frac{38.8971}{1.65 \times 17.8835} = 1.317$$

曲線 (3) にて $p=0.002$ とすれば

$$\sin \alpha = 0.53$$

曲線 (2) より

$$\lambda_2 = 2.026$$

(8) 式により

$$c = \frac{17.883 \times 1.53}{2.026 \times 660 \times 33} = 621 \text{ #/}''$$

$$c_0 = \frac{621 \times 521.5}{505} = 642 \text{ #/}''$$

之にて約 650 #/'' となつたから之で柱の主なる大きさを前假定の如く定める。

15. 地震に対する安定度

(5) 式中 $d_2=55'$, $t_2=2.75$, $h=660$, $d_1=4$, $t_1=\frac{1}{2}$ とすれば

$$\begin{aligned} g &= \frac{h}{2} \cdot \frac{d_2 t_2 + d_1 t_2 + t_1 d_2 + 3d_1 t_1}{2d_2 t_2 + d_1 t_2 + t_1 d_2 + 2d_1 t_1} \\ &= 330 \times \frac{151.25 + 11 + 27.5 + 6}{302.5 + 11 + 27.5 + 4} = \frac{195.75}{345} \times 330 \\ &= 187.4 = 2,249' \\ \alpha &= \frac{38.8971 \times 9,800}{17.883 \times 22.49} = 948 \text{ mm/sec}^2 \end{aligned}$$

16. 諸断面に於ける彎曲率

(1) 式中 $p_1=126ft$, $d_1=4ft$, $t_1=\frac{1}{2}ft$ として彎曲率を吋毎にて示せば

$$M''\# = \frac{1}{18} h \left[h \left\{ 12(t+d)(126+p) + 54(378+p) \right\} + 5,400,000 \right]$$

之で頂點より下方に種々の h に付きて計算すれば第四表の様になる。

第 四 表

h	d''	t''	$12(t+d)$	$126+p$	$A=12(t+d) \times (126+p) \div 10^5$	$B=54(378+p) \div 10^5$	$\{A+B\} \div 10^5$	$C=\frac{h\{A+B\}}{10^7}$	$C+.54$	$18 \times M''\# \div 10^5$	$M''\# \div 10^5$
0	48	6	54	252	.13638	.27216	.40824				
55	99	8.25	107.25	246.5	.26437	.26919	.53356	.29346	.83346	.4584	.02547
110	150	10.5	160.5	241.	.38681	.26622	.65303	.71833	1.2533	1.3841	.07690

165	201	12.75	213.75	235.5	.50338	.56325	.76663	1.26494	1.8049	2.9781	.16545
220	252	15	267.	230.	.61410	.26028	.87438	1.9236	2.4636	5.4199	.30111
275	303	17.25	320.25	224.5	.71896	.25731	.97627	2.6847	3.2247	8.8679	.49266
330	354	19.5	373.5	219.	.81797	.25434	1.07231	3.5386	4.0786	13.4594	.74774
385	405	21.75	426.75	213.5	.91111	.25137	1.16248	4.4755	5.0155	19.3097	1.07276
440	456	24.	480.	208.	.99840	.24840	1.24680	5.4859	6.0259	26.5140	1.47300
495	507	26.25	533.25	202.5	1.07983	.24543	1.32526	6.5600	7.1000	35.1450	1.95250
550	558	28.5	586.5	197.	1.15541	.24246	1.39787	7.6863	8.2283	45.2557	2.51420
605	609	30.75	639.75	191.5	1.22514	.23949	1.46463	8.8610	9.4010	56.8760	3.15978
660	660	33.	693.	186.	1.28898	.23652	1.52550	10.0683	10.6083	70.0148	3.88971

17. 撓 度

(4) 式により

$$\frac{8I}{\pi} = dt(d^2 + t^2)$$

第 五 表

h	d' × t'	d ²	t ²	d ² + t ²	$\frac{8I}{\pi} = \frac{dt(d^2 + t^2)}{10^8}$	$\frac{mM' \#}{12 \times 10^{10}}$	$\frac{mM\pi}{1200 \times 8I}$
0	288	2,304	36	2340	—	—	—
55	816.8	9,801	68	9869	.0806	.1401	1.738
110	1,575.	22,500	110	22610	.3562	.8460	2.376
165	2,562.8	40,401	162	40563	1.039	2.7301	2.628
220	3,780.	63,504	225	63729	2.408	6.6242	2.755
275	5,226.8	91,809	297	92106	4.815	13.5492	2.818
330	6,903.	125,316	380	125690	8.675	24.6740	2.843
385	8,808.8	164,025	473	164498	14.480	41.3028	2.852
440	10,944.	207,936	576	208512	22.320	64.8120	2.840
495	13,308.8	257,049	688	257737	34.300	96.6490	2.817
550	15,903.	311,364	812	312176	49.680	138.2810	2.787
605	18,726.8	370,381	945	371826	69.650	191.1680	2.747
660	21,780.	435,600	1089	436689	95.050	256.7136	2.700

$$\delta = \int_0^{660} \frac{mM}{IE} dz$$

シンプソン氏の面積を求むる 1/3 公式に依り

$$\int_0^{660} \frac{mM\pi}{1,200 \times 8I} dz = \frac{55 \times 12}{3} \left\{ 2.7 + 4(1.738 + 2.628 + 2.818 + 2.852 + 2.817 + 2.747) + 2(2.376 + 2.755 + 2.843 + 2.840 + 2.787) \right\}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times 55(2.7 + 62.4 + 27.202) \\
 &= 92.302 \times 220 \\
 &= 20,306.44
 \end{aligned}$$

$$\delta = \frac{20,306.44 \times 8 \times 1,200}{3,625,000 \times \pi} = 17.1''$$

18. 軸 壓 力

(3) 式に依り 下式にて ' を付せるは呎

下式にて '' を付せるは吋

$$N = 78.54 \left[4(1+t') + d' \left(\frac{1}{2} + 2t' \right) \right] h' = 6.545 \left[48 + 4t'' + \frac{d''}{2} + \frac{d''t''}{6} \right] h'$$

第 六 表

<i>h</i>	<i>4t''</i>	$\frac{d''}{2}$	$\frac{d''t''}{6}$	$(48 + 4t'' + \frac{d''}{2} + \frac{d''t''}{6})$	$\frac{[] h'}{10^5}$	$\frac{N}{10^5} \#$
0	24	24.	48.	144.	—	—
55	33	49.5	136.1	266.6	.14663	.0960
110	42	75.	262.5	427.5	.47025	.3077
165	51	100.5	427.1	626.6	1.03389	.6760
220	60	126.	630.	864.	1.9008	1.243
275	69	151.5	871.1	1139.6	3.1339	2.050
330	78	177.	1150.5	1453.5	4.7965	3.139
385	87	202.5	1468.1	1795.6	6.91306	4.521
440	96	228.	1824.	2196.	9.6624	6.320
495	105	253.5	2218.1	2624.6	12.9918	8.502
550	114	279.	2650.5	3091.5	17.0032	11.120
605	123	304.5	3121.1	3596.6	21.7594	14.230
660	132	330.	3630.	4140.	27.3240	17.883

19. 縦鐵筋の決定

鐵筋量は安全強度を挟む前後の鐵筋量を見出し其間に割りふる事によりて定める。

公式 (3) と曲線 (1), (2), (3) とに依り

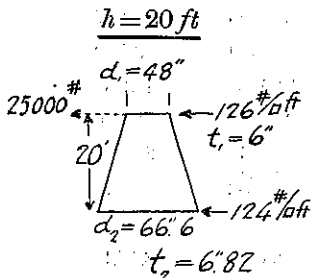
第 七 表

<i>h</i>	$4M/dN$	N/dt	假定 <i>p</i>	$\sin \alpha$	$1 - \sin \alpha$	λ_2	<i>c</i>	<i>c</i> ₀	<i>f</i>	決定 <i>p</i>
0	—	—								
55	10.72	117.5								
110	6.67	195.3	.012	0.418	0.582	0.195	583	652	21622	.0125

次頁を見よ公式 (9) より定むることとする

165	4.87	263.8	{ .012	0.36	0.64	0.295	572	629	18250	.0112
			{ .010	0.404	0.596	0.2575	610	676	21560	
220	3.845	329.1	{ .012	0.3	0.7	0.403	572	622	—	.0107
			{ .010	0.344	0.656	0.357	604.5	659	18600	
275	3.092	392.3	{ .010	0.27	0.73	0.485	590	637		.0095
			{ .008	0.322	0.678	0.428	621	673		
330	2.694	454.5	{ .010	0.202	0.798	0.6075	597	639		.0095
			{ .008	0.258	0.742	0.531	635	683		
385	2.343	514.0	{ .010	0.113	0.887	0.776	588	623		.0086
			{ .008	0.164	0.836	0.694	619	660		
440	2.047	578.0	.008	0.052	0.948	0.901	608.5	644.5		.008
495	1.812	639.0	{ .007	-0.057	1.057	1.115	606	636		.0064
			{ .006	-0.03	1.03	1.057	622	657		
550	1.620	699.0	{ .005	-0.175	1.175	1.34	613	640		.0045
			{ .004	-0.144	1.144	1.27	630	657		
605	1.455	761.0	.003	-0.33	1.33	1.62	625	652		.0032
660	1.318									.002

軸壓力甚少き柱の頂點にては $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ 曲線は急に増加するから (9) 式を用ふる方がよい



第二十二圖

(1) 式より

$$M = \frac{2}{3} k^2 [(d_2 + t_2)(p_1 + p_2) + (d_1 + t_1)(3p_1 + p_2)] + 12Th'' \#$$

$$= 7,015,710'' \#$$

(7) 式により $f = \frac{60M}{d^2 t} \cdot \frac{1 + \sin \alpha}{\lambda_3}$

若し $p = 0.011$ とすれば曲線 (4) に依り

$$\sin \alpha = 0.555$$

$$\lambda_3 = 1.035$$

$$\therefore f = 20,800 \# / \square'' \quad \& \quad c = 400 \#$$

$$\therefore p = 0.011$$

$$h = 55'$$

$$M = 25,470,000'' \#$$

$$\frac{60M}{d^2} = 18,900$$

若し $p=0.015$ とすれば曲線 (4) により

$$\sin \alpha = 0.493$$

$$\lambda_3 = 1.33$$

$$f = 21,220$$

$$f_0 = 21,850 \#/\square''$$

$$c = 480\#$$

∴ $p = 0.015$ とする

20. 縦鐵筋の斷面積

第 八 表

h	p	dt	pdt	$\pi pdt \square''$	採用面積 $d_1 \square''$
0	.011	288	3.17	9.95	(22.0)
27.5			7.	22.	22.0
55	.015	817	12.26	38.6	38.6
82.5			16.	50.3	50.3
110	.0125	1575	19.68	61.9	61.9
137.5			24.	75.4	75.4
165	.0112	2563	28.71	90.2	90.2
192.5			34.	106.8	106.8
220	.0107	3780	40.45	127.1	127.1
247.5			45.5	143.0	143.0
275.	.0095	5227	49.66	156.1	156.1
302.5			58.	182.2	182.2
330	.0095	6903	65.58	206.0	206.0
357.5			70.	219.9	219.9
385	.0086	8809	75.76	238.1	238.1
412.5			81.	254.5	254.5
440	.008	10944	87.55	275.0	275.0
467.5			90.	282.7	282.7
495	.0064	13309	85.18	267.7	282.7
522.5			78.5	246.7	267.7
550	.0045	15903	71.57	225.0	246.7
577.5			66.5	208.9	225.0
605	.0032	18727	59.93	188.3	208.9
632.5			52.5	165.0	188.3
660	.002	21780	43.56	136.9	165.0

4114.1 Sq. ins.

$$\text{縦鉄筋の量} = \frac{27.5 \times 4,114.1}{144} = 785^{\text{cub. ft}} = 171.5^{\text{ton}}$$

接手其他の爲に 12.5 を増加して 193^{on} となる

21. 水平鉄筋

下部 110ft 間は 0.3% 以上は全部 0.2% とする。軸應力 N の計算表より柱の重量を知る故に

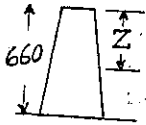
$$\text{下の 110ft の分} \quad \frac{17.883 - 11.120}{150} \times \frac{3}{1,000} \times 10^6 = 135.26^{\text{cub.}}$$

$$\text{残りの分} \quad \frac{11.120}{150} \times \frac{2}{1,000} \times 10^6 = 148.4^{\text{cub. ft}}$$

$$\text{全體の鉄筋量} = 283.66^{\text{cub. ft}} = 62^{\text{ton}}$$

接手其他に 12.5% 増して 62 + 8 = 70^{ton}

22. 剪力に對する安定検査



第二十三圖

$$Z = 660$$

$$\sin \alpha = +0.53, \quad \lambda_2 = 2.026, \quad \lambda_1 = 2.67$$

$$(10) \text{ 式より } S_z = 1.16977 \times 10^6$$

$$\text{軸壓力より } \frac{dc}{dz} = \frac{\pi w(1 + \sin \alpha)}{\lambda_2} = \frac{471.24 \times 1.53}{2.026 \times 12^3} = \frac{356}{12^3}$$

$$\text{彎曲率より } \frac{dc}{dz} = \frac{S_z}{\mu} = \frac{4(1 + \sin \alpha)S_z}{d^2 t \lambda_1} = \frac{4 \times 1.53 \times 1,169,770}{55^2 \times 2.75 \times 12^3 \times 2.67} = \frac{322}{12^3}$$

大差なきを以て大なる方を取り (10) 式により

$$\sin \beta = \frac{\lambda_2}{\pi(1 + mp)} \sin \alpha = 0.626 - 0.53 = 0.096$$

$$\therefore \beta = 5^\circ 30' \text{ 或は } \beta = 0.0960, \quad \cos \beta = 0.9954$$

故に

$$s = \frac{wd}{2wr} \left[\frac{\pi(1 + mp)}{\lambda_2} \left\{ \cos \beta + \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \sin \alpha \right\} - \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \right]$$

$$= 39 \# / \square''$$

$$p' = \frac{39}{22,000} = 0.00175$$

にても充分である。然れども下部は外物の衝突等種々あるを以て 3% を採用する。

Z=550^{ft}

$$d=558'', \quad \lambda_2=1.305, \quad \frac{\lambda_1}{\lambda_2}=1.62$$

$$\sin \alpha = +0.16, \quad p=0.0045$$

(10) 式により

$$\frac{1.305}{\pi(1.068)} - 0.16 = \sin \beta = 0.229 = \sin 13^\circ 14', \quad \beta = 0.231$$

$$\cos \beta = 0.9734$$

$$\therefore s = \frac{75 \times 558}{12^3} \left[2.58 \left\{ 0.9734 + 1.34 \times 0.16 \right\} - 1.34 \right] = 41.9 \text{ #/} \square''$$

$$p' = \frac{41.9}{22,000} = 0.0019$$

Z=495^{ft}

$$d=507'', \quad \lambda_2=1.08, \quad \sin \alpha = +0.04, \quad p=0.0064$$

$$\sin \beta = \frac{1.08}{\pi 1.096} - 0.04 = 0.274 = \sin 15^\circ 54'$$

$$\cos \beta = 0.9617, \quad \beta = 0.2775$$

$$s = \frac{75 \times 507}{1,728} \left[3.19 \left\{ 0.9617 + 1.2933 \times 0.04 \right\} - 1.293 \right] = 42.9 \text{ #/} \square''$$

$$p' = 0.00195$$

Z=440^{ft}

$$d=456'', \quad \sin \alpha = -0.052, \quad \lambda_2=0.901, \quad \lambda_1=1.85$$

$$p=0.008, \quad 1 + \sin \alpha = 0.948$$

$$\sin \beta = \frac{\lambda_2}{\pi(1+1.2)} - \sin \alpha = 0.308 = \sin 17^\circ 56'$$

$$\cos \beta = 0.9514, \quad \beta = 0.313$$

$$s = \frac{150 \times 456}{2 \times 12^3} \left[3.906 \left\{ 0.9514 - 1.2578 \times 0.052 \right\} - 1.2578 \right] = 43.8 \text{ #/} \square''$$

$$p' = \frac{43.8}{22,000} = 0.002$$

次に此断面に於て軸壓力より來る $\frac{dc}{dz}$ と、彎曲率より來る $\frac{dc}{dz}$ を比較するに

$$\frac{de}{dz} = \frac{\pi w(1 + \sin \alpha)}{\lambda_2} = 473.2/12^3$$

$$\frac{de}{dz} = \frac{4(1 + \sin \alpha)S_z}{d^2 t \lambda_1} = \frac{4 \times 0.948 \times 66,591}{1,444 \times 2 \times 1.85 \times 12^3} = \frac{472.5}{12^3}$$

殆ど一致することを知る。

Z=330^尺

$d=354''$, $\sin \alpha = -0.202$, $\lambda_2 = 0.6075$, $\lambda_1 = 2.16$, $p = 0.0107$

$\therefore \sin \beta = 0.37 = \sin 21^\circ 43'$, $\cos \beta = 0.9290$, $\beta = 0.379$

$\therefore s = 44.5 \text{ #/} \square''$, $p' = 0.002$

Z=220^尺

$d=252''$, $\sin \alpha = -0.344$, $\lambda_2 = 0.357$, $p = 0.0095$

$\therefore \sin \beta = 0.443 = \sin 26^\circ 18'$, $\cos \beta = 0.8965$

$p = 0.459$, $s = 44.2 \text{ #/} \square''$, $p' = 0.002$

Z=110^尺

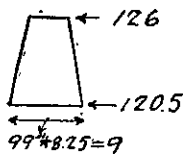
$d=150''$, $\sin \alpha = -0.418$, $\lambda_2 = 0.195$, $p = 0.0125$

$\therefore \sin \beta = 0.4706$, $\beta = 28^\circ 4' = 0.4899$, $\cos \beta = 0.8824$

$s = 46.2$, $p' = 0.0021 \div 0.2\%$

Z=55^尺

此断面以上は彎曲率のみとして設計したから (11) 式を使ふ事にする。



第二十四圖

$p = 0.015$, $\sin \alpha = 0.493 = \sin 29^\circ 32'$, $\cos \alpha = 0.8700$

$\alpha = 0.5155$, $\sin \alpha \cos \alpha = 0.4289$, $\frac{\pi}{2} - \alpha = 1.0553$

$\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \sin \alpha = 0.5204$

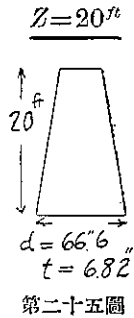
公式 (2) より $S_z = 55,550 \text{ #}$

$\lambda_1 = 1.0553 - 0.4289 - 0.706 = 1.3324$

$\cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \sin \alpha = 0.87 - 0.5204 = 0.3496$

$s = \frac{55,550 \times 1.225 \times 0.3496}{49.5 \times 8.25 \times 1.3324} = 43.8 \text{ #/} \square''$

$p' = \frac{43.8}{22,000} = 0.002\%$



$$S_z = 33,820, \# \quad \sin \alpha = 0.555, \quad \alpha = 33^\circ 43' = 0.5885$$

$$\cos \alpha = 0.8318, \quad \frac{\pi}{2} - \alpha = 0.9823, \quad \sin \alpha \cos \alpha = 0.4615$$

$$\cos \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \sin \alpha = 0.8318, \quad -0.9823 \times 0.555 = -0.2872$$

$$\lambda_1 = 0.9823 - 0.4615 + 0.518 = 1.0388$$

$$s = \frac{33,820 \times 1.165 \times 0.2872}{33.3 \times 6.82 \times 1.0388} = 48.2 \#$$

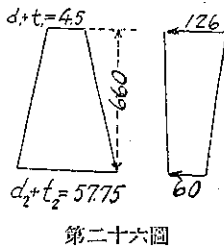
$$p' = \frac{48.2}{22,000} = 2.18 \%$$

前述の検査により 0.2% の水平鐵筋を使用すれば斜張力は殆ど鐵筋のみに依りて抵抗し得らるゝ事を知る。

660 呎の本柱にて而も頂上に於て 25,000# の如き大なる水平力を受くる際に於てすら斯様であるから、0.2% の水平鐵筋を使用すれば之以下の高さ、即ち 350 ft, 250 ft, 200 ft, 100 ft 等にては此剪力に對する安定検査は不用である。

第二節 基礎

23. 基礎の主要寸法の決定



$$M = 38.897 \# \times 10^8 = 324.1416 \# \times 10^6$$

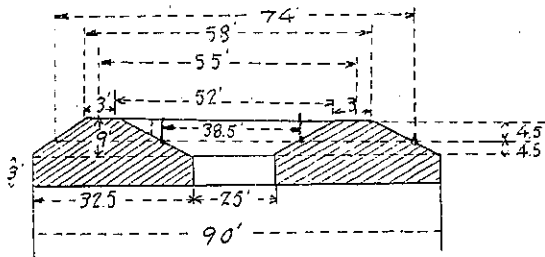
$$N = 17.883 \# \times 10^6$$

$$S = \frac{l}{9} \left[(d_1+t_1)(2p_1+p_2) + (d_2+t_2)(p_1+2p_2) \right] + T$$

$$= \frac{660}{9} \left[4.5(312) + 57.75(246) \right] + 25,000 = 1.16977 \times 10^6 \#$$

$$\doteq 1.17 \times 10^6$$

先づ基礎の寸法を下の如く假定して壓力を検査するに



第二十七圖

直徑 58' の圓の面積	2,642.08
同 52' 同	$\frac{-2,123.72}{518.36}$
同 90' 同	6,361.73
同 25' 同	$\frac{-490.87}{5,870.86}$
同 74' 同	4,300.84
同 38.5' 同	$\frac{-1,164.16}{3,136.68}$

$$V_1 = \frac{9}{6}(518.36 + 5,870.86 + 4 \times 3,136.68) = 28,404^{\text{cub. ft}}$$

$$V_2 = 3 \times 5,870.86 = 17,612.6$$

$$V = V_1 + V_2 = 46,016.6 \text{ cub. ft} = 213.01^{\text{cub. m}}$$

$$\text{混凝土の重さ} = 46,016.6 \times 150 = 6,9025 \times 10^6 \#$$

$$\text{土の重さ} = (5,870.8 \times 12 - 28,404)100 = 2.4433 \times 10^6 \#$$

$$\text{柱の階床の重さ} = 10 \times 32,400 = 0.324 \times 10^6 \#$$

$$\text{梯子及び空中線等の重さ} = 0.032 \times 10^6 \#$$

全重量

$$N = 17.883 + 6.903 + 2.443 + 0.324 + 0.032 = 27.585 \times 10^6 \#$$

$$M = 324.142 + 1.17 \times 12 = 338.182 \times 10^6 \text{ ft} \#$$

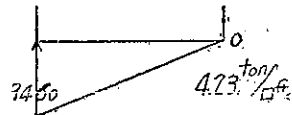
$$y_0 = \frac{338.182}{27.585} = 12.26 \quad \frac{e^2 + D^2}{8D} = \frac{625 + 8,100}{720} = 12.12$$

(26) 式の項により壓力線は基礎面の核心圓の外に出るも其量甚だ僅かである。故に (26) 式を應用する事が出来る。

$$p_1 = \frac{27,585}{5,870.8} \left(1 + \frac{8y_0 D}{e^2 + D^2} \right) = \frac{27,585}{5,870.8} \left(1 + \frac{12.26}{12.12} \right) = 9,453 \#/\text{sq. ft.}$$

$$p_2 = \frac{27,585}{5,870.8} \left(1 - \frac{8y_0 D}{e^2 + D^2} \right) = -52.6 \#/\text{sq. ft. tension}$$

又丁度核心圓に合致せるものとする、(14) 式の場合となりて $p_1 = 9,460$ となる。



第二十八圖

24. 鐵筋量の決定

(a) 外側底面鐵筋 (A點)

上向彎曲率は (14) 式により

$$M_1 = \frac{p_1}{24Rr} (R-r)^2 [7R^2 + 4Rr + r^2]$$

$$R = 45, \quad R^2 = 2,025, \quad 7R^2 = 14,175$$

$$r = 28.8, \quad r^2 = 829.44, \quad 4Rr = 5,184$$

$$R-r = 16.2 \quad (R-r)^2 = 262.44, \quad r^2 = \frac{+830}{20,189}$$

$$Rr = 129.6$$

$$\therefore M_1 = \frac{9,460 \times 262.44 \times 20,189}{24 \times 1,296} = 1.612 \times 10^6 \text{ ft} \cdot \#$$

下向彎曲率は (17) 式により

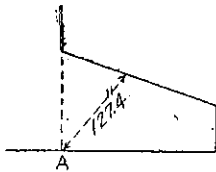
$$M_2 = \frac{100}{6r} (R-r)^2 \left\{ 18 \times 118 - \frac{9}{4} \cdot 163.8 \right\} = \frac{100 \times 262.44 \times 1,774.4}{6 \times 28.8} = 0.270 \text{ ft} \cdot \# \times 10^6$$

$$M = M_1 - M_2 = 1.342 \text{ ft} \cdot \# \times 10^6$$

r 圓の圓周に沿ひ 1 ft の長さにつき

$$= 1.342 \text{ ft} \cdot \# \times 10^6$$

r 圓の圓周に沿ひ 1 in の長さにつき

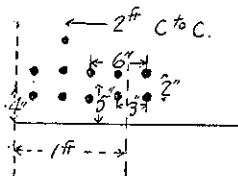


(24) 式に依り

$$d'' = \sqrt{\frac{1.342 \times 10^6}{89.64}} = 122.4$$

所要鐵筋の斷面積を a とすれば

$$a = pd = \frac{122.4}{220} = 0.558 \text{ sq.in per in}$$



第二十九圖

$$= 6.7 \text{ sq.in per ft}$$

1 呎につき 1 吋徑の丸鐵 8 本半を使ふこととする。

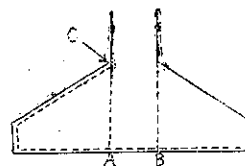
(b) 外側上面鐵筋

反對の側にては基礎は M_2 なる下向彎曲率のみを受ける

$$M_2 = 0.27 \text{ ft} \cdot \# / \text{ft} \text{ 或は } \text{ft} \cdot \# / \text{in} \times 10^6$$

$$d = 127.4 - 4 = 123.4$$

$$\kappa = \frac{9M}{2,200d^2} = \frac{2,430,000}{2,200 \times 15,250} = 0.0725$$



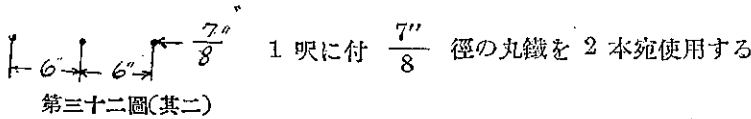
第三十圖(其一)

(25) 式及び圖表 (5) に依り

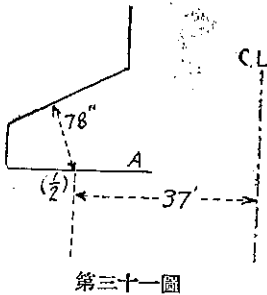
$$K=0.147$$

$$p = \frac{0.147^2}{30(1-0.147)} = 0.000844$$

a 鉄筋 = $0.000844 \times 123.4 = 0.104^{sq.in}$ c 圓に沿ひ 1 呎につき
 $= 1.25^{sq.in}$ 同 1 呎につき



(c) 突桁の中央に於ける底面鐵筋



(14) 式に依り

$$M_{1(\frac{1}{2})} = \frac{p}{24Rr} (R-r)^2 [7R^2 + 4Rr + r^2] \quad p=9,460\#$$

$$R=45', \quad R^2=2,025, \quad 7R^2=14,175$$

$$r=37 \quad r^2=1,369 \quad 4Rr=6,660$$

$$R-r=8 \quad Rr=1,665 \quad \frac{+r^2=1,369}{22,204}$$

$$M_{1(\frac{1}{2})} = 9,400 \frac{64 \times 22,204}{24 \times 1,665} = 0.336 \times 10^6 \text{ #/in}$$

$$d_{\frac{1}{2}} = 78'' - 4'' = 74''$$

下向力率は (17) 式

$$M_{2(\frac{1}{2})} = \frac{100}{6 \times 37} \times 64 \{127(18+4.5) - 2.25(172)\} = 71,400 \text{ #} = 0.0714 \text{ #/in} \times 10^6$$

$$M_{\frac{1}{2}} = M_{1(\frac{1}{2})} - M_{2(\frac{1}{2})} = 0.336 - 0.0714 = 0.265 \text{ #/in} \times 10^6$$

$$k = \frac{9 \times 0.265 \times 10^6}{2,200 \times 74^2} = 0.198$$

(25) 式及び圖表より (5) より

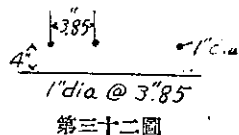
$$K=0.234, \quad p = \frac{0.234^2}{30(1-0.234)} = 0.00238$$

$$a = 0.00238 \times 74 \times 12 = 2.12 \text{ 〇}''^{1/2}$$

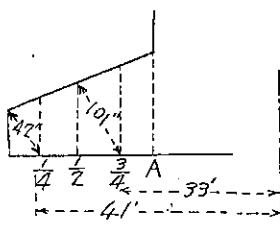
A 點より來れる 1'' 鐵筋中 3 本を残せばよい

$$\frac{3 \times 37}{28.8} = 3.85''$$

$$\therefore 0.7854 \times \frac{12}{3.85} = 2.44 \square'' > 2.12 \square''$$



(d) 突桁の 1/4 及び 3/4 點に於ける底面鐵筋



(14) 式に依り 1/4 點及び 3/4 點に於ける彎曲率 M_1, M_2 は

$$M_1 = 0.0703 \cdot 10^6 \text{ "#/"}''$$

$$M_2 = 0.703 \cdot 10^6 \text{ "#/"}''$$

製圖に依り $d_1 = 42 - 4 = 38''$, $d_2 = 101'' - 5'' = 96''$

(1/4) Point (25) 式に依り

$$\kappa = \frac{9 \times 70,300}{2,200 \times 38^2} = 0.199, \quad K = 0.235$$

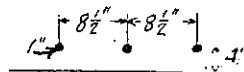
$$p = \frac{0.235^2}{30 \times (1 - 0.235)} = 0.0024$$

$$a = 38 \times 0.0024 \times 12 = 1.1 \square''/x$$

$$\frac{3'' \times 41}{28.8} = 4'' \cdot 25 \text{ 或は } 4 \frac{1}{4}''$$

徑 1" の丸鐵を 8 1/2" 毎に置く

$$a = 0.7854 \times \frac{12}{8.5} = 1.12 \square''/x > 1.1 \square''$$



(3/4) Point

$$\kappa = \frac{9 \times 703,090}{2,200 \times 96^2} = 0.3125, \quad K = 0.287$$

$$p = \frac{0.287^2}{30 \times (1 - 0.287)} = 0.00385$$

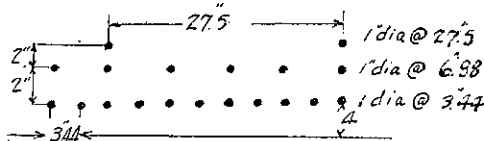
$$a = 96 \times 12 \times 0.00385 = 4.44 \square''/x$$

$$\frac{3 \times 33}{28.8} = 3'' \cdot 44$$

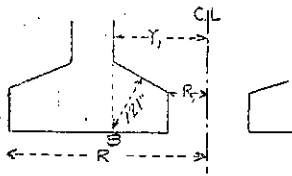
$$0.7854 \times \frac{12}{3.44} = 2.74 \square''/x$$

$$0.7854 \times \frac{12}{6.88} = 1.37$$

$$0.7854 \times \frac{12''}{27.5''} = \frac{+0.34}{4.45} \square''/x > 4.44 \square''$$



(e) 内側底面鐵筋 (B 點)



第三十六圖

(18) 式に依り上向彎曲率は

$$M_1 = \frac{p_1}{24Rr_1} \left[r_1^3(2R+r_1) - R_1^2 \left\{ 6Rr_1 - 4(R-r_1)R_1 - 3R_1^2 \right\} \right]$$

茲に $p_1 = 9,460$

$R_1 = 12.5,$	$R_1^2 = 156.25,$	$r_1^3(2R+r_1) = 2,089,857$
$r_1 = 27.5 - 1.375 = 26.2$	$r_1^2 = 17,985,$	$\left\{ \begin{array}{l} 6Rr_1 = 7,074 \\ -4(R-r_1)R_1 = -940 \\ -3R_1^2 = -469 \end{array} \right. +$
$R = 45$	$Rr_1 = 1,179,$	
	$2R+r_1 = 116.2,$	$\frac{5,665 \times 156.25}{= 885,156}$
	$R-r_1 = 18.8,$	

$$(R-r_1)R_1 = 235$$

$$\therefore M_1 = \frac{9,460 \times 1,204,701}{24 \times 1,179} = 0.405 \times 10^6 \text{ #/ft} \text{ 又は } \text{ #/m}$$

下向彎曲率は (19) 式に依り

$$M_2 = \frac{100}{6r_1} (r_1 - R_1)^2 \left\{ \frac{3}{2} d_1(2R_1 + r_1) - \frac{t}{4} (3R_1 + r_1) \right\}$$

$$= \frac{100 \times 187.7}{6 \times 26.2} \left\{ 51.2 \times 18 - \frac{9}{4} (63.7) \right\} = 0.0929 \text{ #/ft} \times 10^6$$

$$M = M_1 - M_2 = 0.312 \times 10^6 \text{ #}$$

$$d = 121'' - 5'' = 116'', \quad 116 > \sqrt{\frac{312,000}{89.64}} = 59''$$

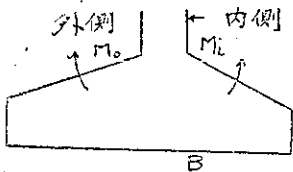
$$\therefore \kappa = \frac{9 \times 0.312}{2,200 \times 116^2} = 0.095$$

$$K = 0.167$$

$$p = \frac{0.167^2}{30(1-0.167)} = \frac{0.02789}{30 \times 0.833} = 0.00112$$

$$a = 0.0012 \times 12 \times 116 = 1.56 \text{ #/ft}$$

併し外側の遙に大きい彎曲率に對して B に於ても相當餘計に使ふことを要する。



第三十七圖

(f) 基礎に於ける剪力

外側上向の剪力は (20) 式に依り

$$S_1 = \frac{P_1}{12Rr}(R-r) \left[5R^2 + 5Rr + 2r^2 \right]$$

$$R = 45,$$

$$R^2 = 2,025,$$

$$5R^2 = 10,125$$

$$r = 28.8,$$

$$r^2 = 829.44,$$

$$5Rr = 6,480$$

$$R-r = 16.2,$$

$$\frac{2r^2}{18,264} = \frac{1,659}{18,264}$$

$$Rr = 1,296,$$

$$\therefore S_1 = \frac{9,460 \times 16.2 \times 18,264}{12 \times 1,296} = 1.80 \times 10^5 \#$$

又 (22) 式より下向きのは

$$S_2 = \frac{100}{12r}(R-r) \left[9d_1(R+r) - t(2R+r) \right]$$

$$= \frac{100 \times 16.2 \times 9 \times 766.8}{12 \times 28.8} = 32,400 \#$$

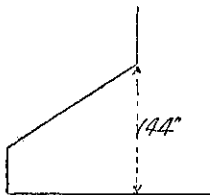
$$S = S_1 - S_2 = 180,000 - 32,400 = 147,600 \#$$

r 圓の圓周 1 呎に付き

(23) 式にて

$$y = \left(1 - \frac{K}{3} \right) d, \quad d = 136'', \quad K = 0.3 \quad \text{とする}$$

$$\therefore y = 122''.4, \quad D = \frac{1,342,000 \# \times 12}{122} = 134,200$$



第三十八圖

とすれば $b\tau_0 = \frac{S - D \frac{7}{8} \tan \alpha}{y} = \frac{147,600 - 134,200 \times \frac{7}{8} \times \frac{9}{16.2}}{122}$

$$= \frac{147,600 - 65,000}{122} = \frac{82,600}{122} = 678 \# / \text{幅 } 12'' \text{ 長 } 1'' \text{ に付き}$$

$$\tau_0 = \frac{678}{12} = 56.6 \# / \square''$$

若し此應剪力強度の $2/3$ を鉄筋に支持せしむるものとする

$$\frac{2}{3} S = \frac{2}{3} \times 678 = 452 \# / \text{幅 } 12'' \text{ 長さ } 1'' \text{ に付き}$$

3/4 吋丸鐵の應剪力強度は $22,000 \times 0.44 = 9,680\#$ 此丸鐵 1 本にて持ち得る長さは幅 1 呎に付き

$$\frac{9,680}{452} = 21.5''$$

故に $12' \times 21.5 = 256 \text{ sq.in}$ 毎に 3/4 吋丸鐵 1 本を用ふればよい。

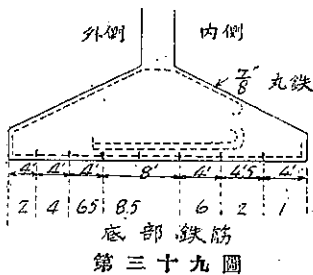
前計算は最も危険の場所であるが柱の鐵筋が此處まで延びて來て居るから安全である。其他の場所では剪力は遙に小さい。故に一般に 3/4 吋の丸鐵を 18' 角毎に 1 本縦に入れることとする。

(g) 鐵筋と混凝土との密着力

$$\frac{678}{8.5 \times \pi} = 25.5 \#/\square'' \text{ 充分安全である。}$$

25. 鐵筋の配置及び重量

底部鐵筋



3/8 吋丸鐵は π 圓に沿ひ 6 吋毎に一本宛

π 圓に沿ひて 1 呎中に配置する徑 1 吋丸鐵の數

外側	{	$8.5' \times 8 = 68'$	}	内側	{	$6 \times 4' = 24'$
		$6.5' \times 4 = 26'$				$2 \times 4.5' = 9'$
		$4 \times 4 = 16'$				$1 \times 4' = 4'$
		$2 \times 4 = 8'$				
+ _____						
$159' \doteq 160' / ft$						

全長 = $2\pi 28'.8 \times 160' = 9,216\pi = 28,960 \text{ ft}$

重量 = $2.67 \times 28,960 = 77,179 \#$

上面鐵筋

全長 = $2\pi \times 28'.8 \times 28' \times 2 = 10,147\pi$ of 3/8" dia.

重量 = $10,147 \times 2.044 = 20,800 \#$

腹部鐵筋

徑 3/4 吋丸鐵を平面積 1 呎 6 吋角内に 1 本宛使用するものとし平均長を 8.3 呎とすると

重量 = $1.502 \times \frac{5,870}{2.25} \times 8.3 = 32,700 \#$

環狀鐵筋

底面及び上面に各 3/4 吋丸鐵を 1 呎毎に 32 環宛用ひ平均長さを $\pi \times 57'.5 = 181\pi$ とすると

長 = $2 \times 32 \times 181 = 11,584$

重量 = $1.502 \times 11,584 = 17,400 \#$

全鉄筋量

底面	77,179
上面	20,800
腹部	32,700
環狀	+ 17,400
	<hr/> 148,079 #

接手其他に 12.5% 増加する事とすると

$148,079 + 18,500 = 166,590 \#$

柱の縦筋の底面までの延長

$\frac{165 \times 12}{144} = 13.8^{\text{sub.}} \# = 6,750 \#$

此部分に水平鉄筋を同様に入るものとすれば

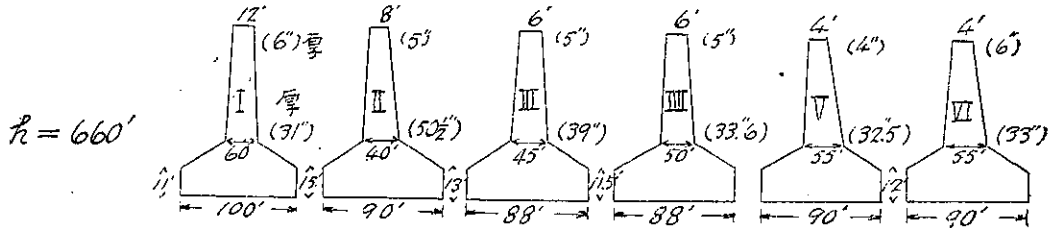
= 6,750

= 180,090 #

= 80.5^{ton}

第三節 諸種の設計

26. 諸設計の比較表



本柱	第九表					
	I,	II	III	IV	V	VI Adopted
混 凝 土 (坪)	618	629	537.2	517	527	552
鉄 筋 (噸)	209	315	289.	279	285	263
撓 度 (吋)	11.45	18.7	18.6	16.0	18.45	17.1
耐震度 mm/sec ²	892	646	754	844	1015	948

基礎						
混 凝 土 (坪)	300	320.3	267	232	213	213
鉄 筋 (噸)	136.6	134.2	121	105.8	77.5	80.5
最大圧力 ton/□ft	3.64	4.05	3.88	3.82	4.2	4.2
階床及び梯子等						
混 凝 土 (坪)	15	6	6	6	6	6
鉄 筋 (噸)	5	2	2	2	2	2
總 計						
混 凝 土 (坪)	928	955.3	810.2	755	746	711
鉄 筋 (噸)	350.6	451.2	412	386.8	364.5	345.5

注 意

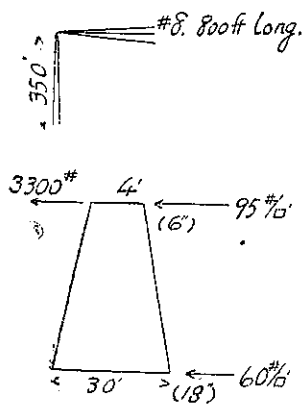
I, II, III & IV 風壓を $\begin{cases} p_1 = 100 \text{ \# / sq ft} \\ p_2 = 60 \text{ \# / sq ft} \end{cases}$ とせるもの
 V & VI 風壓を $\begin{cases} p_1 = 125 \\ p_2 = 60 \end{cases}$ とせるものなり

第 四 章 350 呎塔の設計

第 一 節 柱

27. 条件及び主要寸法の決定

柱の頂點にては 3 本の 8 番珪銅線が其切断強度迄水平に牽引するものとする。8 番線の径は $0.12849'' = 3.27 \text{ mm}$, 今 4 mm 径の銅線の強さを 750 斤とすれば



$$\bullet \quad 8 \text{ 番線の切断強度} = \frac{750 \times 3.27^2}{4^2} \doteq 500 \text{ lbs}$$

$$T = 3 \times 500 \times 2,205 \doteq 3,300 \text{ \#}$$

$$d_1 = 4', \quad t_1 = 6'' = \frac{1'}{2}, \quad p_1 = 95 \text{ \# / sq ft}$$

$$p_2 = 60 \text{ \# / sq ft}$$

$20 t_2 \geq d_2$ なる条件にて d_2 と t_2 を定めんとする (1) 式

より

第四十一圖

$$\begin{aligned} M &= \frac{2}{3} h^2 \left[(d_2 + t_2)(p_1 + p_2) + (d_1 + t_1)(3p_1 + p_2) \right] + 12 \times 3,300 h \text{ \#} \\ &= \frac{2}{3} 122,500 \left[(d_2 + t_2) \times 155 + 4.5 \times 345 \right] + 39,600 \times 350 \\ &= 12.6584(t_2 + d_2) + 140.6475 \quad 10^9 \text{ \#} \end{aligned}$$

(2) 式より

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\pi w}{6} [d_1(2t_1 + t_2) + d_2(2t_2 + t_1)] h \\
 &= \pi \times 25 \times 350 [4(1 + t_2) + d_2(2t_2 + 5)] \\
 &= 2.7489 \left[(4 + 2d_2)t_2 + \frac{d_2}{2} + 4 \right] \quad 10^3 \#
 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} d_2 = 30' & p = 0.002 \\ t_2 = 18'' = 1.5' = \frac{d_2}{20} & \text{として試む。} \end{cases}$$

$$M = 539.387'' \# \quad 10^3, \quad N = 3.161235 \quad 10^3 \#$$

$$\frac{4M}{d_2 N} = \frac{539.387}{90 \times 3.161235} = 1.896$$

(8) 式及び圖表 (2), (3) より

$$\sin \alpha = 0.246, \quad 1 - \sin \alpha = 0.754$$

$$\lambda_2 = 0.620$$

$$c = \frac{3,161,235 \times 0.754}{360 \times 18 \times 0.62} = 594$$

$$c_0 = \frac{594 \times 145''}{180 \times 0.754} = 634 \#/\square'' < 650 \#/\square'', \quad \text{丁度よし}$$

$$f = \frac{594 \times 1.246 \times 15}{0.754} = 14,720 \#/\square''$$

28. 耐震安定度

(5) 式より

$$g = \frac{h}{2} \cdot \frac{d_2 t_2 + d_1 t_2 + d_2 t_1 + 3d_1 t_1}{2d_2 t_2 + d_1 t_2 + d_2 t_1 + 2d_1 t_1} = 175 \frac{45 + 6 + 15 + 6}{90 + 6 + 15 + 4} = 109'.6$$

$$\alpha = \frac{539.387 \times 9,800}{3.16124 \times 109'.6 \times 12} = 1,270 \text{ mm/sec}^2$$

29. 諸断面に於ける彎曲率

(1) 式に依り

$$M = \frac{2}{3} \left[h \left\{ (d + t)(p_1 + p) + (d_1 + t_1)(3p_1 + p) \right\} + \frac{3}{2} \times 39,600 \right] h$$

$$= \frac{2}{21} \left[h \left\{ (7d' + 7t')(p_1 + p) + 31.5(3p_1 + p) \right\} + 415,800 \right] h''^{\#}$$

$$d' = 4', \quad t' = \frac{1'}{2}, \quad p_1 = 95 \# / sq ft \quad \text{とする}$$

第 十 表

h	d	$7d'$	$7t'$	$7d'+7t'$	$95+p$	$\frac{A}{(7d'+7t')(R+p)}$	$\frac{B}{31.5(3p_1+p)}$	$(A+B)$	$\frac{(A+B)h}{10^6}$	$c = \frac{(A+B)+0.4158}{10^6}$	$\frac{2(c)h}{10^6}$	$\frac{M''^{\#}}{10^6}$
0	$4 = \frac{2^2}{7}$	28	3.5	31.5	190	5985	11970	17955	—	—	—	—
25	41/7	41	4	45	187.5	8434	11891	20325	0.5081	0.9239	0.46195	2.19976
50	54/7	54	4.5	58.5	185	10822.5	11812.5	22635	1.13175	1.54755	1.54755	7.8690
75	67/7	67	5	72	182.5	13140	11734	24874	1.86555	2.2813	3.42195	16.295
100	80/7	80	5.5	85.5	180	15390	11655	27045	2.7045	3.1203	6.2406	29.719
125	93/7	93	6	99	177.5	17573	11576	29149	3.6436	4.0594	10.1485	48.326
150	106/7	106	6.5	112.5	175	19687.5	11497.5	31185	4.67775	5.09355	15.28065	72.765
175	119/7	119	7	126	172.5	21780	11419	33149	5.8011	6.2169	21.7592	103.472
200	132/7	132	7.5	139.5	170	23715	11340	35055	7.0110	7.4268	29.7072	141.463
225	145/7	145	8	153	167.5	25630	11261	36891	8.3005	8.7168	39.2233	186.777
250	158/7	158	8.5	166.5	165	274725	11182.5	38655	9.66375	10.07955	50.39775	239.989
275	171/7	171	9	180	162.5	29250	11104	40354	11.0974	11.5132	63.3226	301.536
300	184/7	184	9.5	193.5	160	30960	11025	41985	12.5955	13.0113	78.0678	371.751
325	197/7	197	10	207	157.5	32603	10946	43549	14.1534	14.5692	94.6998	450.951
350	30	210	10.5	220.5	155	34177.5	10867.5	45045	15.76575	16.18155	—	539.355

30. 撓 度

(4) 式より $\frac{8I}{\pi} = dt(d^2 + t^2)$

第 十 一 表

h	d''	t''	$d''t''$	d^2	t^2	d^2+t^2	$\frac{dt(d^2+t^2)}{10^6}$	$\frac{m''M''}{12 \times 10^8}$	$\frac{m''M''\pi}{1,200 \times 8I}$
0	48.00	6.00	288	2304	36	2340	—	—	—
25	70.29	6.686	482	—	—	—	—	—	—
50	92.57	7.715	717	8575	60	8635	6.19	3.6845	0.595
75	114.86	8.57	984	—	—	—	—	—	—
100	137.14	9.43	1293	18823	89	18912	24.49	29.719	1.213
125	156.42	10.29	1641	—	—	—	—	—	—

150	181.71	11.145	2027	33052	125	33177	67.18	109.1475	1.628
175	203.99	12.00	2450						
200	226.28	12.86	2911	51214	165	51379	14.95	282.926	1.893
225	248.56	13.72	3410						
250	270.85	14.575	3947	73387	212	73599	290.6	600.000	2.065
275	293.14	15.43	4522						
300	315.42	16.29	5140	99530	265	99795	512.5	1115.253	2.179
325	337.71	17.15	5790						
350	360.00	18.00	6480	129600	324	129924	842.2	1887.85	2.241

$$\int_0^{350} \frac{mM\pi}{1,200 \times 8 I} dz = 50 \times 12'' \left(\frac{1}{2} \times 2.241 + 0.595 + 1.213 \right. \\ \left. + 1.628 + 1.893 + 2.065 + 2.179 \right) = 6,416.4$$

$$\delta = \int_0^{350} \frac{mM}{IE} dz = \frac{6,416.4 \times 8 \times 1,200}{\pi \times 3,625,000} = 5.115$$

31. 軸 壓 力

(3) 式により

$$N = 78.54 \left[4(1+t) + d \left(\frac{1}{2} + 2t \right) \right] h = 6.545 \left[48 + 4t'' + \frac{d''}{2} + \frac{d''t''}{6} \right] h$$

第 十 二 表

h	$4t''$	$\frac{d''}{2}$	$\frac{d''t''}{6}$	$\left[\frac{48+4t''}{2} + \frac{d''t''}{6} \right]$	$\frac{N}{10^5}$	$\frac{d}{10^3}$	$\frac{4M}{dN}$	$\frac{M}{dt}$	$\frac{15N}{dt}$	
0	24.00	24.00	—	—	—	—	—	—	—	
25	27.43	35.15	80.33	190.9	0.04773	0.03125	17.58	4.004	64.9	973.5
50	30.86	46.30	119.50	244.7	0.12235	0.0801	23.15	3.975	111.6	1674.0
75	34.29	57.43	164.00	303.72	0.2278	0.1490	28.71	3.812	151.4	2271.0
100	37.71	68.57	215.50	369.8	0.3698	0.2420	34.29	3.585	187.0	2805.0
125	41.14	79.71	273.50	442.3	0.5529	0.3619	39.86	3.355	220.5	3307.5
150	44.57	90.85	337.80	521.2	0.7818	0.5115	45.42	3.130	252.4	3786.0
175	48.00	102.00	408.30	606.3	1.06108	0.6950	51.00	2.918	284.0	4260.0
200	51.43	113.15	485.20	697.8	1.3956	0.9140	56.58	2.735	314.0	4710.0
225	54.86	124.28	568.30	795.4	1.7897	1.1710	62.14	2.566	343.5	5152.5
250	58.29	135.48	658.00	899.8	2.2495	1.4710	67.74	2.408	373.0	5595.0
275	61.72	146.57	753.70	1010.0	2.7775	1.8180	73.29	2.263	402.0	6030.0
300	65.14	157.75	856.70	1127.6	3.3828	2.2130	78.88	2.128	431.0	6465.0
325	68.57	168.85	965.00	1250.4	4.0639	2.6600	74.43	2.013	459.5	6892.5
350	72.00	180.00	1080.00	1380.0	4.8300	3.1610	90.00	1.896	488.0	7320.0

32. 縱鐵筋の決定

(8) 式及び圖表 (2), (3) より

第 十 三 表

h	假定 p	$\sin \alpha$	$1 - \sin \alpha$	λ_2	$\frac{N}{c} \frac{1 - \sin \alpha}{\lambda_2}$	$\frac{d}{c} \left\{ \frac{d}{2} (1 - \sin \alpha) + \frac{2}{t} \right\} \text{or } f_0$	決定 p	pdt	使用 pdt	$\frac{\pi p dt}{4}$ 鐵筋斷面積 sq.in
0	—	—	—	—	—	—	.002	0.576	0.964	3.03
25	.002	.688	.312	.101	209.	—	.002	0.964	0.964	3.03
50	.003	.619	.381	.138	308.5	—	—	—	—	—
	.002	.688	.312	.101	—	—	.0028	2.008	2.01	6.32
75	.004	.547	.453	.192	—	—	—	—	—	—
	.003	.608	.392	.150	—	—	.0035	3.45	3.45	10.84
100	.004	.531	.469	.211	417.	—	—	—	—	—
	.003	.591	.409	.168	—	—	.0039	5.05	5.05	15.87
125	.004	.512	.488	.234	—	—	.0039	6.40	6.40	20.10
150	.005	.436	.564	.308	462.	—	—	—	—	—
	.004	.488	.512	.262	494.	22000	.0041	8.31	8.31	26.11
175	.004	.460	.540	.298	—	—	.004	9.80	9.80	30.79
200	.004	.427	.573	.342	526.	—	—	—	—	—
	.003	.492	.508	.282	565.	—	.0037	10.77	10.77	33.80
225	.004	.391	.609	.388	539.	—	.0035	11.94	12.00	37.70
250	.004	.349	.651	.447	543.	—	—	—	—	—
	.003	.415	.585	.375	582.	636	.003	11.84	12.00	37.70
275	.003	.368	.632	.440	578.	—	.0029	13.11	13.20	41.47
300	.003	.314	.686	.512	578.	636	—	—	—	—
	.002	.396	.604	.420	620.	—	.0027	14.40	14.40	45.24
325	.003	.250	.750	.603	572.	611	—	—	—	—
	.002	.325	.675	.512	607.	654	.0023	13.30	14.40	45.24
350	.002	—	—	—	—	—	.002	12.96	13.30	41.79
										+
										399.03

縱鐵筋量 = $\frac{399.03}{144} \times 25 = 69.3^{\text{cub. ft}} = 15.15^{\text{ton}}$

接合其他の爲に 12.5% 増加して 17.5^{ton}

33. 水平鐵筋

下部 100 呎間は 0.3%, 残りの上部は 0.2% とする。

$$\frac{3.161 \times 1.47'}{150} \times 10^6 \times \frac{3}{1,000} = 33.8^{\text{cub. ft}}$$

$$\frac{1.471}{150} \times 10^6 \times \frac{2}{1,000} = 19.7^{\text{cub. ft}}$$

$$33.8 + 19.7 = 53.5, \quad 53.5 \times \frac{490}{2,240} = 11.65^{\text{ton}}$$

$$11.65(1 + 0.125) = 12.5^{\text{ton}}, \quad \text{鐵筋總量 } 30^{\text{ton}}$$

34. 剪力に對する検査

$h = 350^{\text{ft}}$ 即ち柱の基點

$$\sin \alpha = -0.246, \quad \lambda_2 = 0.62, \quad p = 0.002$$

(10) 式より

$$\sin \beta = \frac{0.62}{\pi(1.03)} + 0.246 = 0.4377 = \sin 25^\circ 57' 30''$$

$$\beta = 0.4530$$

$$S = \frac{150 \times 30}{2 \times 12^2} \left[\frac{\pi 1.03}{0.6} \{ 0.899 - 1.1178 \times 0.246 \} - 1.1178 \right]$$

$$= \frac{150 \times 30 \times 2.0622}{2 \times 144} = 32.3 \#/\text{sq. in.}, \quad p' = \frac{1.47}{1,000} < 0.2\%$$

(10) 式に於て $\frac{dc}{dz}$ の量

$$\text{軸壓力 } N \text{ より } \frac{dc}{dz} = \frac{\pi \times 150 \times 0.754}{12^3 \times 0.62} = \frac{573}{12^3}$$

$$S_z = 310,300\#$$

$$\text{彎曲率 } M \text{ より } \frac{dc}{dz} = \frac{4 \times 0.754 \times 310,300}{12^3 \times 900 \times 1.5 \times 1.175} = \frac{592}{12^3}$$

兩者共結果に於て其差少し。

第二節 基礎

35. 基礎の主要寸法の決定

$$M = 539.387, \quad 10^6 \text{ \#} = 44.95' \text{ \#} \quad 10^6$$

$$N = 3.1613 \quad 10^6 \text{ \#}$$

全體の剪力は (3) 式に依り

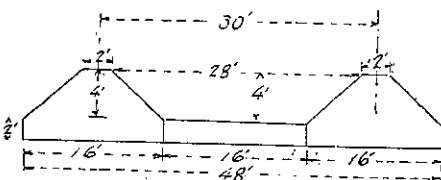
$$S = 0.310425 \# 10^6$$

基礎を第四十二圖の如く假定す

混凝土の容積

$$A_1 = \frac{804.2 \dots 32' \phi}{188.5} \quad A_2 = \frac{1,809.6 \dots 48' \phi}{1,608.5}$$

$$4A_m = \frac{5,026.5 \dots 80' dia}{3,506.0}$$



$$r = \frac{1}{3} R \quad K = \frac{1}{3}$$

第四十二圖

$$V = 1,608.5 \times 2 + \frac{4}{6} [188.5 + 1,608.5 + 3,506] = 6,752.3 \text{ cu. ft.} = 31.3 \#$$

混凝土の重量 = 1.01285 # 10⁶

土の重量 = 100(1,608.5 × 4 - 3,535.3) = 0.28487 10⁶ #

階床壁環等の重量 = 3 × 32,400 = 0.0972 # 10⁶

全 $N = 3.1613 + 1.01285 + 0.28487 + 0.0972 + 0.00378 = 4.56 10^6 \#$

全 $M = 44.95 + 0.3105 \times 6 = 46.813 10^6 \text{ ft. \#}$

$$y_0 = \frac{M}{N} = \frac{46.813}{4.56} = 10.27$$

$$Core = \frac{D^2 + d^2}{8D} = \frac{48^2 + 16^2}{8 \times 48} = 6.66 < 10.27$$

故に壓力線は核心の外に出づ。

(27) 式及び圖表 (6) に依り $K = \frac{1}{3}$

$$\frac{4y_0}{R} = \frac{4M}{RN} = \frac{10.27}{6} = 1.712$$

$\sin \alpha = 0.545, \lambda_2 = 1.62$

$$p_1 = \frac{4.56 \times 1.545}{576 \times 1.62} = 7,555 \text{ 又は } 3.37 \text{ ton/平方尺}$$

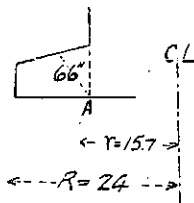
36. 底面鐵筋

(15) 式に依り上向彎曲率は

$$M_1 = \frac{p_1(R-r)^2}{12(R+z)r} [3R^2 + 2Rr + r^2 + 2z(2R+r)]$$

$R = 24, \quad R^2 = 576, \quad 3R^2 = 1,728$

$r = 15.7, \quad r^2 = 246.5, \quad 2Rr = 753.6$



第四十三圖

$$R-r=8.3, \quad (R-r)^2=68.9, \quad r^2=246.5$$

$$z=24 \times 0.545=13.08, \quad 2Rr=753.6, \quad 2z(2R+r)=\frac{1,666}{4,394.1}$$

$$R+z=37.08, \quad 2z=26.16,$$

$$2R+r=63.7, \quad 2z(2R+r)=1,666$$

$$12r=188.4$$

$$M_1 = \frac{7,555 \times 68.9 \times 4,394.1}{188.4 \times 37.08} = 327,500'' \#/\prime$$

(17) 式に依り下向力率は

$$M_2 = \frac{100}{6r} (R-r)^2 \left\{ \frac{3}{2} d_1(2R+r) - \frac{t}{4} (3R+r) \right\}$$

$$= \frac{100}{6 \times 15.7} \cdot 68.9 \left\{ 9 \times 63.7 - \frac{4}{4} \cdot 87.7 \right\} = \frac{6,890 \times 435.6}{94.2} = 35,500$$

$$M = M_1 - M_2 = 292,000'' \#/\prime$$

(24) 式より $d = \sqrt{\frac{292,000}{89.64}} = 57'' .5$

假定せる断面にては有効深 $66'' - 4'' = 62''$ 故に充分である

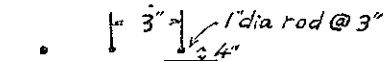
(25) 式及び圖表 (5) より

$$\frac{9M}{2,200d^2} = \frac{2,628,000}{2,200 \times 3,844} = 0.312$$

圖表 (5) に依り $K=0.287, \quad p = \frac{0.0824}{30 \times 0.713} = 0.00385$

$$a = p \times 62 \times 12 = 2.87'' \#/\prime$$

故に r 圓に沿ひ 3 吋毎に 1 吋丸鐵を入れる。



第四十四圖

37. 上面鐵筋

$$\frac{9M_2}{2,200 \times 62^2} = \frac{9 \times 35,500}{2,200 \times 3,844} = 0.0428$$

$$K=0.115, \quad p = \frac{0.0132}{30 \times 0.885} = 0.0005$$

$$62 \times 0.0005 \times 12 = 0.372'' \#/\prime$$

r 圓に沿ひ 1/2 吋丸鐵を 6 吋毎に入れる。内側にては外側の半量にて足る。

38. 剪 力

(21) 及び (22) 式に依り

$$S_1 = \frac{p_1}{(R+z)6r} (R-r) \left[2(R^2 + Rr + r^2) + 3z(R+r) \right]$$

$$2R^2 = 1,152$$

$$2Rr = 753.6$$

$$2r^2 = 493$$

$$3z(R+r) = \frac{+1,555}{3,953.6}$$

$$S_1 = \frac{7,555 \times 8.3 \times 3,953.6}{94.2 \times 37.08} = 71,000 \text{ per ft}$$

$$S_2 = \frac{100}{12r} (R-r) \left[9d_1(R+r) - t(2R+r) \right] = \frac{830 \times 1,889}{188.4} = 8,325$$

$$S = S_1 - S_2 = 62,675 \text{ #/ft} = 5,220 \text{ #/ft}$$

(23) 式に依り

$$D = \frac{292,000}{0.9 \times 66} = 4,900 \text{ #/ft}$$

$$\tau_0 = \frac{5,220 - 4,900 \times \frac{7}{8} \times \frac{4}{8.3}}{0.9 \times 66} = \frac{3,150}{59.4} = 53.2 \text{ #/ft}$$

若し混凝土の應剪強度を 50* と見れば殆ど鐵筋の要なし。然れども 5/8 吋の丸鐵を 18 吋毎に即ち 2.25 sq. ft 毎に用ふる事とする。

39. 中心より 20 呎の箇所の彎曲率

(15) 式により

$$M_1 = \frac{p_1(R-r)^2}{12(R+z)r} \left[3R^2 + 2Rr + r^2 + 2z(2R+r) \right]$$

$$r = 20, \quad r^2 = 400, \quad 3R^2 = 1,728$$

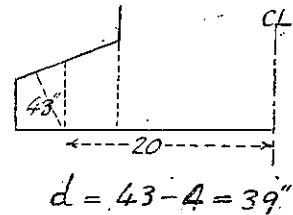
$$2Rr = 960, \quad 2Rr = 960$$

$$(R-r) = 4, \quad (R-r)^2 = 16, \quad r^2 = 400$$

$$R+z = 37.08 \quad 2z(2R+r) = 1,780$$

$$\frac{+}{4,868}$$

$$12r = 240$$



第四十五圖

$$2R + r = 68, \quad 3R + r = 92$$

$$\therefore M_1 = \frac{7,555 \times 16 \times 4,868}{240 \times 37.08} = 76,850 \text{ 吋}^2/\text{吋}$$

下向彎曲率は (17) 式より

$$M_2 = \frac{100 \times 16 \times 432}{120} = 5,760$$

$$\therefore M = M_1 - M_2 = 71,090 \text{ 吋}^2/\text{吋}$$

(25) 式により

$$\frac{9M}{2,200d^2} = \frac{639,810}{2,200 \times 1,521} = 0.1913,$$

$$K = 0.231$$

$$a = pd = \frac{(0.231)^2 \times 39}{23.07} = 0.0904 \text{ 吋}^2/\text{吋}$$

$$= 1.085 \text{ 吋}^2/\text{吋}$$

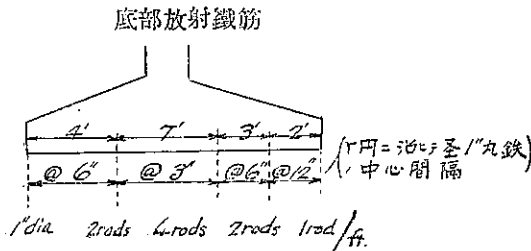
$$2 \times \frac{3'' \times 20}{15.7} = 7''.66$$

丸鐵 7''.66 吋毎に用ふるとすれば

$$0.7854 \times \frac{12}{7.66} = 1.23 \text{ 吋} > 1.085$$

40. 鐵筋の配置及び重量

鐵筋の距離は總て r 圓周に沿ひて定むるものとする



$$7' \times 4 = 28$$

$$7' \times 2 = 14$$

$$2' \times 1 = 2$$

$$44.$$

$$2\pi \times 15.7 = 98.7$$

$$2.67 \times 44 \times 98.7 = 11,600 \#$$

第四十六圖

腹鐵筋 $\frac{5}{8}$ 吋徑丸鐵を 18 吋毎に置く，長さの平均は $\frac{2+6}{2} = 4 \text{ 吋}$

$$5 \times \frac{1,608.5}{2.25} \times 1.043 = 2,980 \#$$

環狀鐵筋 上下共 5/8 吋徑の丸鐵を 1'-0'' 毎に置く

$$2 \times 16 \times 100.5 \times 1.043 = 3,355\#$$

上部放射鐵筋 $\frac{1}{2}$ 吋徑の丸鐵を 6 吋毎にし長さは .6ⁱⁿ 及び 18ⁱⁿ とす。

$$(12 + 18) \times 98.7 \times 0.667 = 1,974\#$$

計 19,909#

接手等の爲に 12.5% を増せば 22,000# $\div 10^{\text{tons}}$

柱筋の延長 水平鐵筋も縦と同様にすれば

$$2 \times \frac{41.79 \times 6}{144} = 3.48^{\text{sub } \#} = 0.76^{\text{ton}}$$

$$\text{鐵筋總計} = 10 + 0.76 = 10.8^{\text{ton}}$$

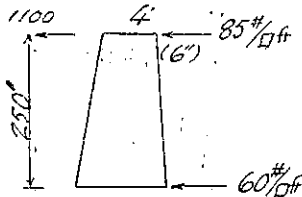
41. 柱及び基礎に要する總材料

全混凝土量	97.6 ^坪	柱
	3	階床等
	<u>+31.3</u>	基礎
總計	131.9 立坪	
總鐵筋量	30 ^{ton}	柱
	0.6	階床等
	<u>+10.8</u>	基礎
總計	41.4 ^{ton}	

第五章 250 呎塔の設計

第一節 柱

42. 條件及び主要寸法の決定



第四十七圖

$$d_1 = 4', \quad t_1 = 6', \quad p_1 = 85\#/\text{sq ft} \quad p_2 = 60\#/\text{sq ft}$$

$h = 250^{\text{in}}$ として d_2 & t_2 を求めんとす

$$M = \frac{2}{3} h^2 [(d_2 + t_2)(p_1 + p_2)$$

$$+ (d_1 + t_1)(3p_1 + p_2)] + 12 \times 1,100h$$

$$= \frac{2}{3} 62,500 [(d_2 + t_2)145 + 4.5 \times 315] + 13,200 \times 250$$

$$= 6.0417(d_2 + t_2) + 62.362 \quad 10^6 \text{ 〃}^\#$$

$$N = \frac{\pi W}{6} \left[d_1(2t_1 + t_2) + d_2(2t_2 + t_1) \right] h = 78.54 \times 250 \left[4(1 + t_2) + d_2 \left(2t_2 + \frac{1}{2} \right) \right]$$

$$= 1.9635 \left[(4 + 2d_2)t_2 + \frac{d_2}{2} + 4 \right] \quad \# 10^4$$

$$d_2 = 22.25, \quad t_2 = 13 \frac{1''}{2} = 1.125 = \frac{d_2}{20} \quad \text{と 假 定 す}$$

$$M = 6.0417(22.5 + 1.125) + 62.362 = 205.102 \quad \# 10^6$$

$$N = 1.9635(49 \times 1.125 + 11.25 + 4) = 1.3818 \quad \# 10^6$$

$$= 42.7^{\text{P}}$$

$$\frac{4M}{d_2 N} = \frac{205.102}{67.5 \times 1.3818} = 2.201, \quad p = 0.002 \quad \text{と する}$$

(8) 式及び圖表 (2), (3) より

$$\sin \alpha = 0.429, \quad \lambda_2 = 0.380, \quad \frac{N}{d_2 t_2} = \frac{1,381,800}{270 \times 13.5} = 379.5^\#$$

$$\left\{ \begin{array}{l} c = \frac{379.5 \times 0.571}{0.38} = 570 \\ f = 15 \frac{379.5 \times 1.429}{0.38} = 21,410 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} c_0 = \frac{570 \times 6.96}{6.4} = 623 \text{ \# / } \square'' \\ f_0 = \frac{21,410 \times 16.46}{16.1} = 21,950 \text{ \# / } \square'' \end{array} \right.$$

故に假定の通り定める

43. 耐震安定度

(5) 式により

$$g = \frac{h}{2} \cdot \frac{d_2 t_2 + d_1 t_2 + d_2 t_1 + 3d_1 t_1}{2d_2 t_2 + d_1 t_2 + d_2 t_1 + 2d_1 t_1} = 125 \frac{25.3 + 4.5 + 11.25 + 6}{50.6 + 4.5 + 11.25 + 4}$$

$$= 125 \frac{47.05}{70.35} = 83'.7 = 1,003''$$

$$\alpha = \frac{205.102 \times 9,800}{1.3818 \times 1,003} = 1,450 \text{ mm / } \text{sec}^2$$

44. 諸断面に於ける彎曲率

(1) 式により

$$M = \frac{2}{3} \left[h \left\{ (d + t)(p_1 + p) + (d_1 + t_1)(3p_1 + p) \right\} + \frac{3}{2} \times 12 \times 1,100 \right] h$$

$$= \frac{2}{3} \left[h \left\{ (d+t)(85+p) + 4.5(255+p) \right\} + 19,800 \right] h$$

第 十 四 表

h	$d(ft)$	$t(ft)$	$(d+t)$	p_1+p	A $(d+t)(p_1+t)$	B $4.5(255+p)$	$\{(A)+(B)\}$	$\frac{\{(A)+(B)\}h}{10^6}$	C $\frac{C}{\{(A+B)h+198\}}$	$\frac{[C]}{10^7} 2h$	$\frac{M''\#}{10^7}$
0	4.	.5	4.5	170.	765	1530	—	—	—	—	—
25	5.85	.5625	6.4125	167.5	1073	1519	2592	.648	.846	.423	.141
50	7.5	.625	8.325	165	1372	1508	2880	1.440	1.638	1.038	.546
75	9.55	.6875	10.2375	162.5	1662	1496	3158	2.369	2.567	3.850	1.283
100	11.4	.75	12.15	160	1944	1485	3429	3.429	3.627	7.254	2.418
125	13.25	.8125	14.0625	157.5	2215	1474	3689	4.611	4.809	12.023	4.008
150	15.1	.875	15.975	155	2476	1463	3939	5.909	6.107	18.320	6.107
175	16.95	.9375	17.8875	152.5	2727	1452	4178	7.312	7.509	26.283	8.761
200	18.8	1.000	19.8	150.	2970	1440	4410	8.820	9.018	36.072	12.024
225	20.65	1.0625	21.7125	147.5	3205	1429	4634	10.427	10.625	47.891	15.937
250	22.5	1.125	23.625	145	3425	1417.5	4842.5	12.106	12.304	61.521	20.510

45. 撓 度

$$\frac{8I}{\pi} = dt(d^2 + t^2), \quad \delta = \int_3^{250} \frac{mM}{IE} dz$$

第 十 五 表

h	d''	t''	$d''t''$	d^2	t^2	d^2+t^2	$\frac{8I}{\pi \times 10^7}$	$\frac{mM''}{12 \times 10^7}$	$\frac{\pi}{96} \cdot \frac{m''M''\#}{I}$
0	48	6	288	—	—	—	—	—	—
25	70.2	6.75	474	4928	45	4073	0.2358	3.525	14.95
50	92.4	7.5	693	8538	56	8594	0.5956	27.30	45.83
75	114.6	8.25	943	13130	68	13198	1.245	96.23	77.3
100	136.8	9.	1231	18740	81	18821	2.319	24.18	104.2
125	159.0	9.75	1550	25281	95	25376	3.935	501.	127.2
150	181.2	10.5	1903	32800	110	32910	6.261	916.	146.2
175	203.4	11.25	2288	41400	126	41526	9.494	1531.	161.3
200	225.6	12.	2707	50800	144	50944	13.78	2405.	174.3
225	247.8	12.75	3159	61400	162	61562	19.45	3588.	184.5
250	270.	13.5	3645	72900	182	73082	26.63	5128.	192.6

$$\frac{\pi}{96} \int_0^{230} \frac{mM}{I} dz = \frac{25 \times 12}{3} \left[192.6 + 4(14.95 + 77.3 + 127.2 + 161.3 + 184.5) + 2(45.83 + 104.2 + 146.2 + 174.3) \right]$$

$$= 100 [192.6 + 2261 + 941.06] = 339,466$$

$$\delta = \frac{96 \times 339,466}{\pi \times 3,625,000} = 2.922''$$

46. 軸壓力

$$N = 78.54 \left[4(1+t) + d \left(\frac{1}{2} + 2t \right) \right] h = 6.545 \left[48 + 4t'' + \frac{d''}{2} + \frac{d''t''}{6} \right] h$$

第十六表

h	4t''	$\frac{d''}{2}$	$\frac{d''t''}{6}$	$(48 + 4t'' + \frac{d''}{2} + \frac{d''t''}{6})$	$\frac{[\dots]h}{10^4}$	$\frac{N}{10^6}$	$\frac{2M''}{10^6}$	$\frac{15N}{dt}$	$\frac{N}{dt}$	$\frac{\lambda_1 = 4M}{\lambda_2 dN}$
0	24	24.0	48.0	—	—	—	—	—	—	—
25	27	35.1	79.0	189.1	0.473	0.0310	2.82	981.2	—	2.591
50	30	46.2	115.5	239.7	1.199	0.0786	10.92	1701.0	—	3.010
75	33	57.3	157.5	295.8	2.218	0.1453	25.66	2306.0	—	3.080
100	36	68.4	205.1	357.5	3.575	0.2342	48.36	2853.0	—	3.018
125	36	79.5	253.3	424.8	5.310	0.3480	80.16	3370.0	—	2.895
150	42	90.6	317.1	497.7	7.465	0.4892	122.13	3856.0	257	2.756
175	45	101.7	381.3	576.0	10.080	0.6610	175.22	4335.0	289	2.605
200	48	112.8	451.2	660.0	13.200	0.8650	240.48	4795.0	320	2.462
225	51	123.9	526.6	749.5	16.860	1.1050	318.74	5250.0	350	2.329
250	54	135.0	607.5	844.5	21.112	1.3820	410.20	5690.0	379.5	2.200

47. 柱鐵筋

第十七表

h	假定 p	sin α	1 + sin α	λ ₂	f = $\frac{15N}{dt} \cdot \frac{1 + \sin \alpha}{\lambda_2}$	c = $\frac{N}{dt} \cdot \frac{1 - \sin \alpha}{\lambda_2}$	決定 p	pdt	使用 pdt	$\frac{\alpha = \pi pdt}{使用鐵筋斷面積 sq in}$	
0	—	—	—	—	—	—	—	.002	0.576	0.948	2.98
25	—	—	—	—	—	—	—	.002	0.948	0.948	2.98
50	.002	.616	1.616	0.171	16100	—	—	.002	1.385	1.385	4.35
75	.003	.542	1.542	0.223	15950	—	—	.0024	2.268	2.268	7.13
100	.003	.534	1.534	0.2325	18840	—	—	—	—	—	—
	.002	.616	1.616	0.17	26220	—	—	.0027	0.324	3.324	10.44

125	.003	.518	1.518	0.25	20500	—	.0029	4.495	4.495	14.12
	.002	.600	1.600	0.187	28750	—				
150	.003	.498	1.498	0.277	20800	—	.0029	5.519	5.519	17.37
175	.003	.467	1.467	0.312	20400	—	.0029	6.635	6.635	20.85
200	.003	.430	1.430	0.356	19280	—	.0027	7.309	7.309	22.96
	.002	.520	1.520	0.275	26500	—				
225	.003	.391	1.391	0.407	17950	—	.0025	7.900	7.900	24.82
	.002	.478	1.478	0.321	24200	569				
250	.002	—	—	—	—	—	.002	7.290	7.900	24.82
										+
										149.81

$$\text{縦鉄筋} = \frac{149.81 \times 25}{144} = 26^{\text{cub } \text{ft}} = 5.7^{\text{ton}}$$

水平鉄筋は下部 75 呎を 0.3% 以上を 0.2% として平均 0.25% とする $\frac{138,200}{150} \cdot \frac{2.5}{1000}$
 $= 23.04^{\text{cub } \text{ft}} = 5.04^{\text{ton}}$ 両方にて $5.7 + 5.04 = 10.74^{\text{ton}}$

接手其他として 12.5% を増せば $10.74 \times 1.125 = 12.1^{\text{ton}}$

全鉄筋量 總計 = 12.1^{ton}

第二節 基礎

48. 主要寸法の決定

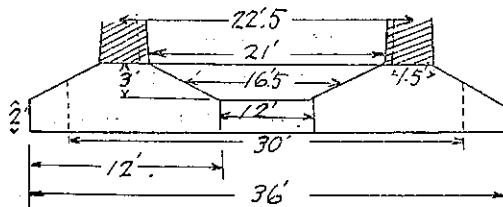
基点に於ける柱よりの彎曲率 = 205.102 "# = 17.092' # 10⁶

同 軸壓力 = 1.3818 10⁶

剪力 = $S = \frac{250}{9} [4.5 \times 230 + 23.625 \times 205] + 1,100 = 0.164381 \# 10^6$

階床等の重量 = 0.05 # 10⁶

基礎の形を第四十八圖の如く假定する



第四十八圖

$$A_1 = \frac{452.4}{106.0}, \quad A_2 = \frac{1017.9}{904.8}, \quad 4A_m = \frac{2,827.4}{1,972.1}$$

$$\begin{aligned} \text{混凝土の容量 } V &= \frac{3}{6}(106.3 + 904.8 + 1,972.1) + 904.8 \times 2 \\ &= 1,491.5 + 1,809.6 = 3,301.1 = 15.3^{\text{cu}} \\ &= 0.49516^{\text{cu}} \quad 10^6 \end{aligned}$$

$$\text{土の容量 } 904.8 \times 5 - 3,301.1 = 1,224 = 0.1224^{\text{cu}} \quad 10^6$$

$$N = 1.3818 + 0.05 + 0.49516 + 0.1224 = 2.0495^{\text{cu}} \quad 10^6$$

$$M = 17.092^{\text{cu}} + 0.164381 \times 5 = 17.914^{\text{cu}} \quad 10^6$$

$$y_0 = \frac{17.914}{2.0495} = 8.75 \quad \text{Core} = \frac{D^2 + d^2}{8D} = \frac{1,296 + 144}{8 \times 36} = 4' < 8.75$$

故に壓力は核心の外に出づ。(27) 式及び圖表 (6) に依り

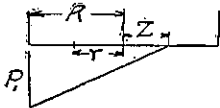
$$\frac{4y_0}{R} = \frac{35}{18} = 1.945, \quad \sin \alpha = 0.37, \quad \lambda_2 = 1.257$$

$$p_1 = \frac{2,049,500}{324} \cdot \frac{1.37}{1.257} = 6,900^{\text{#/sq}} = 3.08^{\text{ton/sq}}$$

49. 鐵筋の決定, 配置及び其重量

彎曲率は (15) 式に依り

$$M_1 = \frac{p_1(R-r)^2}{12(R+z)r} [3R^2 + 2Rr + r^2 + 2z(2R+r)]$$



第四十九圖

$p_1 = 6,900,$	$3R^2 = 972,$	$3R^2 = 972$
$R = 18,$		$2Rr = 424.8$
$R^2 = 324,$		$r^2 = 139$
$r = 11.8$	$r^2 = 139.2$	$2z(2R+r) = 636.7$
		$2,172.5$

$$R - r = 6.2, \quad (R - r)^2 = 38.5$$

$$Rr = 212.4 \quad 4Rr = 849.6$$

$$2Rr = 424.8$$

$$z = 18 \times 0.37 = 6.66, \quad R + z = 24.66$$

$$2R + r = 47.8, \quad 2z(2R + r) = 636.7$$

$$M_1 = \frac{6,900 \times 38.5 \times 2,172.5}{141.6 \times 24.66} = 165,200^{\text{#/sq}} \quad \text{又は} \quad \text{"/sq}$$

$$M_2 = \frac{100}{6r} (R-r)^2 \left\{ \frac{3}{2} d_1(2R+r) - \frac{t}{4} (3R+r) \right\}$$

$$= \frac{3,850}{6 \times 11.8} \left\{ 47.8 + 7.5 - \frac{3}{4} \times 65.8 \right\} = 16,820 \text{ '#/ft}$$

$$M = M_1 - M_2 = 148,380 \text{ '#/ft}, \quad d = \sqrt{\frac{M}{89.64}} = 40.65 \text{ ''}$$

然るに假定断面は 50 吋の有効深を有す
鐵筋は (25) 式に依り

$$\frac{9M}{2,200d^2} = \frac{9 \times 148,380}{2,200 \times 2,500} = \frac{1.3354}{5.5} = 0.243$$

$$K = 0.257$$

$$pd = \frac{0.066 \times 50}{30 \times 0.743} = \frac{3.3}{22.29} = 0.1465 \text{ sq''/in} = 1.75 \text{ sq''/ft}$$

r 圓に沿ひ 7/8 吋丸鐵を 4 吋毎に用ふ。

剪 力 350 呎柱と比較するに土壓も (R-r) も減少し厚さ略等しきを以て計算する
必要はない。18 吋角毎に 1/2 吋徑の丸鐵を用ふる事とする。

上面鐵筋

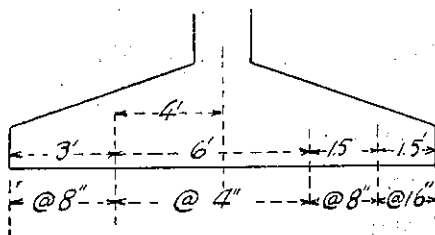
$$M_2 = 16,820 \text{ '# (25) 式に依り}$$

$$\frac{9 \times 16,820}{2,200 \times 2,500} = \frac{1.53138}{55} = 0.0275, \quad K = 0.1$$

$$p = \frac{0.1}{30 \times (1 - 0.1)} = \frac{0.01}{27} \quad \therefore a = \frac{50 \times 12}{2,700} = 0.226 \text{ sq''/ft}$$

1/2 吋徑の丸鐵を 9 吋毎に用ふる。

鐵 筋



r 圓に沿ひて徑 7/8 吋丸鐵の中心距離

第五十圖

底面鐵筋

$$\begin{aligned} 3 \times 6 &= 18 \\ 1.5 \times 4.5 &= 6.75 \\ 0.75 \times 1.5 &= 1.15 \\ \hline &25.90 = 26 \end{aligned}$$

$$\text{重さ} = 2.05 \times 26 \times 74.1 = 3,950 \text{ '#}$$

上面鉄筋径 1/2 吋丸鉄を 9 吋間隔とする

$$\text{重さ} = 0.667 \times 15 \times \frac{12}{9} \times 74.1 = 990 \#$$

腹鉄筋径 1/2 吋丸鉄を 1 呎 6 吋角に用ふ。平均の長さ = 4呎

$$\text{重さ} = 0.667 \times 4.0 \times \frac{904.8}{2.25} = 1,080 \#$$

環状鉄筋上下兩面に 1 呎毎に径 1/2 吋の丸鉄を入れる。平均長 = $\pi \times 24 = 75.4$

$$\text{重さ} = 2 \times 0.667 \times 12 \times 75.4 = 1,206 \#$$

$$\text{計} = 3,950 + 990 + 1,080 + 1,206 = 7,226$$

接手其他の爲に 12.5% を増して 8,130# = 3.63^{ton}

柱鉄筋の延長 = 5呎 水平筋も同様に入れる事とする。

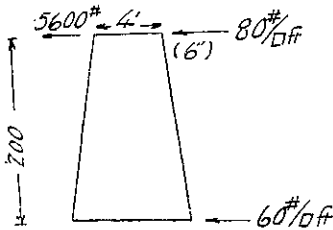
$$2 \times \frac{\pi \times 7.9 \times 5}{144} \times 0.21875 = 3770 \# = 0.4 \text{ ton}$$

$$\text{總計} \quad 4.23 \text{ ton}$$

第六章 200 呎塔の設計

第一節 柱

50. 条件及び主要寸法の決定



第五十一圖

4 番珪鋼線 2 本の切斷強度

$$T = 2 \times \frac{750 \times (5.19)^2}{4^2} = 2 \times 1,265 \text{ kg}^2 = 2 \times 2,800 \#$$

$$= 5,600 \#$$

$$d_1 = 4', \quad h = 200', \quad p_1 = 80, \quad p_2 = 60, \quad t_1 = 6''$$

$$M = \frac{2}{3} T^2 \left[(d_2 + t_2)(p_1 + p_2) + (d_1 + t_1)(3p_1 + p_2) \right] + 12Th$$

$$= \frac{2}{3} 40,000 \left[(d_2 + t_2)140 + 4.5 \times 300 \right] + 12 \times 5,600 \times 200$$

$$= \frac{11.2}{3} (d_2 + t_2) + 49.44 \quad 10^6 \text{ } \#$$

$$N = \frac{\pi w}{6} \left[d_1(2t_1 + t_2) + d_2(2t_2 + t_1) \right] h$$

$$= 78.54 \times 200 \left[4(1+t_2) + d_2 \left(2t_2 + \frac{1}{2} \right) \right]$$

$$= 1.5708 \left[(4 + 2d_2)t_2 + \frac{d_2}{2} + 4 \right] \quad 10^4 \#$$

先づ $d_2 = 20'$, $t_2 = 1' = 12''$ の如く假定する。

$$M = \frac{11.2}{3} \times 21 + 49.44 = 127.84 \quad 10^6 \text{ #}''$$

$$N = 1.5708 [44 + 10 + 4] = 91.1064 \quad 10^4 \# \dots 28.15 \text{ 坪}$$

$$\frac{4M}{d_2 N} = \frac{127.84}{60 \times 0.911064} = 2.34$$

鉄筋量を $p = 0.2\%$ として圖表 (2), (3) に依り

$$\sin \alpha = 0.482, \quad \lambda_2 = 0.315$$

$$c = \frac{91.1064 \times 0.518}{240 \times 12 \times 0.315} = 520.5 \# / \square'', \quad f = \frac{15 \times 520.5 \times 1.482}{0.518} = 22,320 \# / \square''$$

$c_0 = 570 \# / \square''$ 鉄筋の應力少し大き過ぎるも

次に鉄筋量を $p = 0.3\%$ とすると

$$\sin \alpha = 0.395, \quad \lambda_2 = 0.4025$$

$$f = \frac{15 \times 91.1064 \times 1.395}{240 \times 12 \times 0.4025} = 16,450 \# / \square''$$

故に鉄筋量を 0.215% とする。

51. 耐震安定度

(5) 式に依り

$$g = 100 \frac{20 + 4 + 10 + 6}{40 + 4 + 10 + 4} = 100 \frac{40}{58} = 69' = 828''$$

$$\alpha = \frac{127.84 \times 9800}{91.1064 \times 828} = 1,660 \text{ mm} / \text{sec}^2$$

52. 彎曲率

$$M = \frac{2}{3} h \left[\left\{ d + t(80 + p) + 4.5(240 + p) \right\} h + 12 \times 5,600 \times \frac{3}{2} \right]$$

第十八表

h	\bar{d} (in ft)	\bar{t} (in ft)	$80+p$	A $(\bar{d}+\bar{t})(80+p)$	B $4.5(240+p)$	$\{A+B\}$	$\frac{\sqrt{A+B}}{10^3}$	$\frac{c}{\sqrt{A+B}+1.00800}$ 10^3	$\frac{[c]h}{10^3}$	$M''\#/10^6$
0	4	.5	160.	—	1440.	—	—	—	—	—
25	6	.5625	157.5	1033	1428.75	2462	0.6155	1.6235	4.059	2.706
50	8	.625	155.	1335	1417.5	2753	1.3765	2.3845	11.9225	7.9483
75	10	.6875	152.5	1630	1406.25	3036	2.277	3.285	24.6375	16.425
100	12	.75	150.	1913	1395.	3308	3.308	4.316	43.16	28.773
125	14	.8125	147.5	2185	1383.75	3569	4.461	5.469	63.362	45.575
150	16	.865	145.	2446	1372.5	3819	5.729	6.7365	101.048	67.365
170	18	.9375	142.5	2699	1361.25	4060	7.105	8.113	141.973	94.652
200	20	1.0	140.	2940	1350.	4290	8.580	9.583	191.760	127.840

53. 撓 度

$$\frac{8I}{\pi} = dt(d^2 + t^2), \quad \delta = \int_0^{200} \frac{mM}{IE} dz$$

第十九表

h	d''	t''	dt	d^2	t^2	$d^2 + t^2$	$\frac{8I}{\pi}$	$\frac{mM}{12 \times 10^3}$	$\frac{mM\pi}{12 \times 8I}$
0	48	6	288	2304	36	2340	—	—	0
25	72	6.75	486	5184	46	5230	2.54	0.6765	26.62
50	96	7.5	720	9216	56	9272	6.67	3.9741	59.1
75	120	8.25	990	14400	67	14467	14.32	12.319	86.1
100	144	9	1296	20736	81	20817	27.00	28.773	106.5
125	168	9.75	1638	28224	96	28320	46.35	56.968	122.8
150	192	10.5	2016	36864	110	36974	74.40	101.048	135.8
170	216	11.25	2430	46656	125	46781	113.60	165.641	145.8
200	240	12	2880	57600	144	57744	166.20	255.68	153.7

$$\frac{\pi}{96} \int_0^{200} \frac{mM}{I} dz = \frac{25 \times 12}{3} [153.7 + 4(26.62 + 86.1 + 122.8 + 145.8)$$

$$+ 2(59.1 + 106.5 + 135.8)]$$

$$= 100 \{153.7 + 1,525.3 + 602.8\} = 228,180$$

$$\delta = \frac{228,180 \times 96}{\pi \times 3,625,000} = 1''.92$$

54. 軸壓力

$$N = 6.545 \left[48 + 4t'' + \frac{d''}{2} + \frac{d''t''}{6} \right] h$$

第二十表

h	$4t''$	$\frac{d''}{2}$	$\frac{d''t''}{6}$	$\left[48 + 4t'' + \frac{d''}{2} + \frac{d''t''}{6} \right]$	$\frac{[\dots]h}{10^4}$	$\frac{N}{10^4}$	$\frac{d''}{4}$	$\frac{4M}{dN}$
0	24	24	48	144	—	—	—	—
25	27	36	81	192	0.48	3.14	16	5.375
50	30	48	120	246	1.23	8.05	24	4.115
75	33	60	165	306	2.295	15.02	30	3.646
100	36	72	216	372	3.72	24.38	36	3.220
125	39	84	273	444	5.55	36.35	42	2.988
150	42	96	336	522	7.83	51.24	48	2.739
175	45	108	405	606	10.605	69.40	54	2.527
200	49	120	480	696	13.92	91.106	60	2.338

55. 柱鐵筋

第二十一表

h	$\frac{15N}{dt}$	假定 p	$\sin \alpha$	λ_2	$f = \frac{15N}{dt} \cdot \frac{1 + \sin \alpha}{\lambda_2}$	決定 $p\%$	pdt	使用 $\pi p dt$
0	—	—	—	—	—	—	—	4.27
25	969	0.003	0.674	0.084	19,300	0.28	1.36	4.27
50	1,676	0.003	0.626	0.132	20,650	0.29	2.09	6.57
		0.002	0.694	0.096	29,600			
75	2,277	0.03	0.596	0.163	22,700	0.32	3.16	9.93
		0.004	0.535	0.207	16,870			
100	2,822	0.003	0.565	0.199	22,200	0.32	4.15	13.04
		0.004	0.498	0.274	15,450			
125	3,330	0.003	0.534	0.234	21,820	0.31	5.08	15.96
150	3,813	0.003	0.492	0.281	20,250	0.29	5.85	18.38
175	4,280	0.003	0.446	0.336	18,425	0.26	6.32	19.86
		0.002	0.537	0.255	25,800			
200	4,745	—	—	—	—	0.22	6.34	19.92
Sum								107.93

縱鐵筋

$$\frac{25 \times 107.93}{144} = 18.75^{\text{cub. ft}} = 4.1^{\text{ton}}$$

12.5%増して 4.61

水平鐵筋 鐵筋量にて下半を 0.3%, 上半を 0.2% とする。平均 0.25% となる。

$$\frac{91.1064}{150} \times \frac{2.5}{1,000} = 15.2^{\text{cub. ft}} = 3.33^{\text{ton}}$$

12.5%増して = 3.75

總計 4.61 + 3.75 = 8.36^{ton}

56. 剪 力

(10) 式より剪力を計算すると次表の如き結果になる。

第二十二表

z	S#/□"	p'
25'	19.1	0.087%
50'	19.25	0.0875%
100'	23.8	0.11 %

故に之のみにては鐵筋量は極めて僅かにして足る事が判る。

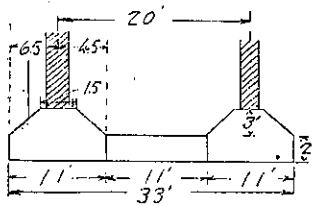
第二節 基 礎

57. 主要寸法の決定

$$M = 127.84 \text{ " # } = 10.653 \text{ ' # } 10^6 \quad N = 0.91106 \text{ } 10^{6\#}$$

$$S = -\frac{h}{9} [(d_1 + t_1)(2p_1 + p_2) + (d_2 + t_2)(p_1 + 2p_2)] + T = 120,933 \text{ #}$$

基礎の形を第五十二圖の如く假定する。



混凝土の容量

33' dia.	855.3	21.5 dia.	368.0	54.5 dia.	2332.8
11' dia.	-95.0	18.5 dia.	-268.8	29.5 dia.	-683.5
	760.3		94.2		1649.3

$$V = 7(0.3 \times 2 + \frac{1}{2}(2,503.8)) = 2,772.5^{\text{cub. ft}} \quad 12.83^{\text{ton}}$$

第五十二圖

重 さ = 0.415875^{ft} 10⁶

土の容量 = 760.3 × 5 - 2,772.5 = 1,029^{cub. ft}

重 さ = 0.1029 10⁶

全 M = 10.653 + 0.120933 × 5 = 11.2577

$$N = 0.91106 + 0.415875 + 0.1029 + 0.020165 = 1.45 \quad 10^6$$

$$\frac{M}{N} = \frac{11.2577}{1.45} = 7.77$$

$$\frac{4y_n}{R} = \frac{4M}{NR} = 1.885$$

(27) 式及び圖表 (6) に依り

$$\sin \alpha = 0.415, \quad \lambda_2 = 1.345$$

$$p = \frac{N}{r^2} \frac{(1 + \sin \alpha)}{\lambda_2} = \frac{1,450,000 \times 1.415}{272.25 \times 1.345} = 56,100^{\#} = 2.5^{100} / \square \text{ft}$$

58. 鐵筋の決定

底面鐵筋 (15) 式より

$$M_1 = \frac{p_1(R-r)^2}{12(R+z)r} [3R^2 + 2Rr + r^2 + 2z(2R+r)]$$

$$M_2 = \frac{100}{6r}(R-r)^2 \left\{ (2R+r) \frac{3}{2} d_1 - \frac{t}{4} (3R+r) \right\}$$

$$R = 16.5, \quad R^2 = 272.25, \quad 3R^2 = 816.75$$

$$r = 10.5, \quad r^2 = 110.25, \quad 2Rr = 346.5$$

$$2Rr = 346.5, \quad R-r = 6, \quad r^2 = 110.25$$

$$(R-r)^2 = 36 \quad 12r = 126, \quad 2z(2R+r) = 582.9$$

$$z = 16.5 \times 0.415 = 6.7 \quad \frac{+}{1,856.4}$$

$$R+z = 23.2$$

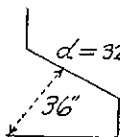
$$2R+r = 43.5, \quad 2z(2R+r) = 87 \times 6.7$$

$$3R+r = 60 \quad = 582.9$$

$$M_1 = \frac{5,610 \times 36 \times 1,856.4}{126 \times 23.2} = 0.1283 \quad 10^6$$

$$(2R+r) \frac{3}{2} d_1 = 43.5 \times \frac{5 \times 3}{2} = 326.25$$

$$\frac{t}{4} (3R+r) = \frac{3}{4} \times 60 = 45, \quad 326.25 - 45 = 281.25$$



第五十三圖

$$M_2 = \frac{36 \times 28,125}{6 \times 10.5} = 16,100, \quad M = M_1 - M_2 = 112,200^{\#} / \square \text{ft}$$

$$\frac{9M}{2,200d^2} = 0.18375$$

(25) 式及び曲線 (5) に依り

$$K=0.226, \quad pd = \frac{0.0511 \times 50}{30 \times 0.774} = 0.11 \text{ 吋}$$

● 圓に沿ひ徑 3/4" の丸鐵を 4" 吋毎に配置する。

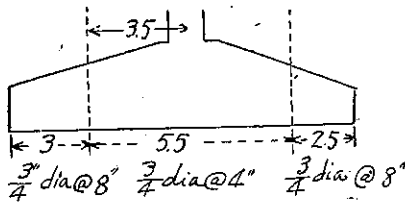
上面鐵筋

$$\frac{9M}{2,200d^2} = \frac{9 \times 16100}{2,200d^2} = \frac{144,900}{2,200 \times 2,500} = 0.0264$$

$$K=0.092, \quad pd = \frac{0.0085 \times 50}{30 \times 0.908} = 0.0156 \times 12 = 0.184 \text{ 吋}$$

徑 1/2 吋丸鐵を 1 呎毎に入れれば充分なるも突端の便を考へて 9 吋毎に配置する。

59. 鐵筋の配置及び鐵筋量



第五十四圖

底面鐵筋 $\frac{3}{4}$ 吋徑 $66' \times 1.502 \times (3 + 1.5) \times 5.5 = 2,452\#$

上面鐵筋 $\frac{1}{2}$ 吋 $0.667 \times 10' \times \frac{66 \times 12}{9} = 587$

腹鐵筋 $\frac{1}{2}$ 吋 $0.667 \times 3.7 \times \frac{760.3}{2.25} = 835$

上下面の環狀鐵筋 $\frac{1}{2}$ 吋徑 $0.667 \times 69.1 \times 22 = 4,889$

12.5% 増して

$\frac{+ 1015}{4,889} = 5,500\#$

柱鐵筋の延長 水平筋も同様に入れる

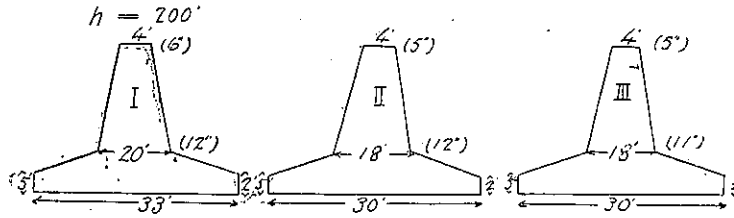
$$2 \times \frac{\pi \times 6.34 \times 5}{144} \times 490 = 720\#$$

總計 $6,220\# = 2.78^{ton}$

第三節 諸種の設計

60. 諸設計の比較表

第五十五圖の如き I, II, III の 3 種 のものを設計比較するに



第五十五圖

第二十二表

柱

		I	II	III
混 凝 土	立坪	28.2	25.7	23.3
鐵 筋	ton	8.36	9.3	10.1
撓 度	吋	1''.92	2''.4	2''.7
耐 震 度	mm/sec ²	1,660	1,590	1,600

基礎

第二十三表

		I	II	III
混 凝 土	立坪	12.9	11.6	11.6
鐵 筋	ton	2.62	2.52	2.52
最大應力	ton/□ft	2.5	3.28	3.28
sin α		0.415	0.16	0.16

此比較表を見るに經濟上には大差ないから (I) の設計が撓度及び基礎に於ける壓力の配分等の點にて最もよい。之を採用する。

第七章 100 呎塔の設計

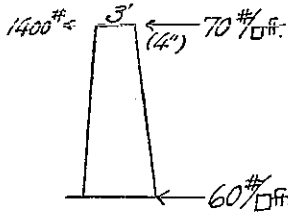
第一節 柱

61. 低柱に於ける設計方針の變化

前述の 660 呎, 350 呎, 250 呎, 200 呎等の柱の設計には第一章の終りに述べし大體方針に依り, 經濟的設計をなし得らるゝけれども, 是以下の高さになると柱の自重が減じて, 風壓より生ずる彎曲率の方が影響する所大となる。即ち普通の突桁のやうな狀況に近くなるから鐵筋量の割合を増加し且つ鐵筋に其安全強度近くの應力を生ずるやうにして混凝土の量を節約する方がよくなつて來る。即ち使用せる鐵筋の張力を充分利用する方が無暗に大きな鐵筋の少なき混凝土柱を造るより經濟的にて且つ鮮かな設計が出来る。柱自身を小型にすると鐵筋の割合は増しても實際の量の増加は少ない。100 呎柱は此新方針に依りて設計する事にする。

62. 設計條件及び主要寸法の決定

頂點に於て 8 番の珪鋼線 2 本の切斷強度を受くるものとする。



第五十六圖

$$T = 7.0 \frac{(2.59)^2}{4^2} \times 2,205 \times 2 = 1,400 \#$$

$$h = 100 \text{ ft}, \quad p_1 = 70 \#/\text{sq ft}, \quad p_2 = 60 \#/\text{sq ft}, \quad d_1 = 3'$$

$$M = \frac{2}{3} h^2 \left[(d_2 + t_2)(p_1 + p_2) + (d_1 + t_1)(3p_1 + p_2) \right] + 12 \times 1,400 \times h$$

$$= \frac{2}{3} 10,000 \left[130(d_2 + t_2) + 3 \frac{4}{12} \times 270 \right] + 12 \times 1,400 \times 100$$

$$= \frac{2.6}{3} (d_2 + t_2) + 7.68 \text{ " # } 10^6$$

$$N = \frac{\pi^2 v}{6} \left[d_1(2t_1 + t_2) + d_2(2t_2 + t_1) \right] h$$

$$= 78.54 \left[3 \left(\frac{2}{3} + t_2 \right) + d_2 \left(2t_2 + \frac{1}{3} \right) \right] 100$$

$$= 7,854 \left[2 + 3t_2 + 2d_2 t_2 + \frac{d_2}{3} \right]$$

先づ $d = 8'$, $t = 6'' = 0.5$ と假定する

$$M = \frac{2.6 \times 8.5}{3} + 7.68 = 15.0467 \text{ " # } 10^6$$

$$N = 7,854 \left[2 + 1.5 + 8 + \frac{8}{3} \right] = 111,265 \# \quad 3.44 \#$$

$$\frac{4M}{dN} = \frac{15.0467}{24 \times 0.111265} = 5.67$$

$$\frac{15N}{dt} = \frac{15 \times 111,265}{96 \times 6} = 2,898$$

第二十四表

假定 p	$\sin \alpha$	λ_2	$f = \frac{15N}{dt} \cdot \frac{1 + \sin \alpha}{\lambda_2}$	$c = \frac{N}{dt} \cdot \frac{1 - \sin \alpha}{\lambda_2}$	c_0
0.8%	0.476	0.1875	22,820	540	605 #/sq"
0.7%	0.510	0.164	26,700	577	

之にて鉄筋の量と應力の關係が判明したから比例により 0.83% を採用すると鉄筋の方が 22,000 以内になる事が判る。5/8 吋徑の丸鐵を 6 吋毎間隔に配置する。

63. 耐震安定度

$$g=50 \frac{8 \times \frac{1}{2} + 3 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{3} + 3 \times 3 \times \frac{1}{3}}{8 + 3 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{3} + 2 \times 3 \times \frac{1}{3}}$$

$$= 50 \frac{4 + 1.5 + \frac{8}{3} + 3}{8 + 1.5 + \frac{8}{3} + 2} = 39'.43 = 473''$$

$$\alpha = \frac{15.0467 \times 9,800}{0.11127 \times 473} = 2,795 \text{ mm/sec}^2$$

64. 彎曲率

$$M = \frac{2}{3} h \left[h \left\{ (d+t)(70+p) + \frac{10}{3}(210+p) \right\} + 25,200 \right]$$

$$= \frac{1}{18} h \left[h \left\{ (d''+t'')(70+p) + 40(210+p) \right\} + 302,400 \right]^{**}$$

第二十五表

h	d''	t''	d''+t''	70+p	$\frac{A}{(d+t)(70+p)} \cdot 10^4$	$\frac{B}{40(210+p)} \cdot 10^4$	$\frac{\{A+B\}}{10^4}$	$\frac{\{A+B\}h}{10^6}$	$\frac{C = \{A+B\}h}{10^6} + 0.3024$	$\frac{[C]h}{10^6}$	$\frac{M''}{10^6}$
0	36	4.	40.	140	0.56	1.12	1.68	—	—	—	—
20	48	4.4	52.4	138	0.72312	1.112	1.8351	0.36702	0.66942	13.3884	0.7438
40	60	4.8	64.8	136	0.88128	1.104	1.9853	0.79412	1.09652	43.8608	2.4367
60	72	5.2	77.2	134	1.03448	1.096	2.1305	1.27830	1.58070	94.8420	5.2690
80	84	5.6	89.6	132	1.18272	1.088	2.2707	1.81656	2.11896	169.517	9.4176
100	93	6.	102.	130	1.3260	1.080	2.4060	2.4060	2.70840	270.840	15.0467

65. 撓 度

$$\frac{8I}{\pi} = dt(d^2 + t^2)$$

第二十六表

h	d''	t''	d''t''	d ²	t ²	d ² +t ²	$\frac{dt(d^2+t^2)}{10^6}$	$\frac{mM}{12 \times 10^3}$	$\frac{\pi mM}{12 \times 8I}$
0	36	4.	144.0	1290	16	1312	0.189	—	—

20	43	4.4	212.2	2304	19	2323	0.490	0.1488	30.4
40	60	4.8	288.0	3600	23	3623	1.043	0.9747	93.4
60	72	5.2	374.4	5184	27	5211	1.951	3.1614	162.1
80	84	5.6	470.4	7056	31	7087	3.333	7.5340	227.0
100	96	6.0	576.0	9216	36	9252	5.324	15.0470	282.6

$$\frac{\pi}{96} \int_0^{100} \frac{mM}{I} dz = 240'' \left(\frac{282.6}{2} + 227 + 162.1 + 93.4 + 30.4 \right)$$

$$= 240 \times 654.2 = 157,008$$

$$\delta = \int_0^{100} \frac{mM}{IE} dz = \frac{12 \times 8 \times 157,008}{\pi \times 3,625,000} = 1.0325$$

66. 軸壓力

$$N = 6.545 \left[3(8+t) + d(2t+4) \right] h = 6.545 \left[24 + 3t'' + \frac{d''}{3} + \frac{d''t''}{6} \right] h$$

第二十七表

h	3t''	$\frac{d''}{3}$	$\frac{d''t''}{6}$	$\left[24 + 3t'' + \frac{d''}{3} + \frac{d''t''}{6} \right]$	[...]h	$\frac{N\#}{10^4}$	$\frac{4M}{dN}$	$\frac{15N}{dt}$
0	12.0	12	24.0	—	—	—	—	—
20	13.2	16	35.2	88.4	1768	1.157	5.360	822
40	14.4	20	48.0	106.4	4256	2.787	5.825	1451
60	15.6	24	62.4	126.0	7560	4.948	5.922	1985
80	16.8	28	78.4	147.2	11776	7.710	5.820	2460
100	18.0	32	96.0	170.0	17000	11.1265	5.635	2900

67. 柱の鐵筋及び其重量

第二十八表

h	假定 p	sin α	λ ₂	f	c ₀	決定 p	pdt	使用 πpdt
0	—	—	—	—	—	—	0.88	2.77
20	0.004	0.616	0.115	11,550	—	0.0041	0.88	2.77
40	0.005	0.586	0.118	19,500	—	0.0046	1.83	5.75
	0.004	0.625	0.100	23,600	—			
60	0.007	0.517	0.154	19,550	—	0.0063	2.36	7.42
	0.006	0.546	0.141	21,800	—			
80	0.008	0.480	0.182	20,600	—	0.0077	3.63	11.40
	0.007	0.514	0.158	23,600	564			
100	0.008	0.475	0.190	22,500	600	0.0083	4.80	15.08

+ 42.42

縦鉄筋

$$\frac{20 \times 42.42}{144} = 5.9 \text{ cub. ft} = 1.285 \text{ ton}$$

12.5% 増して $1.285 \times 1.125 = 1.45 \text{ ton}$

水平鉄筋

全體に 0.3% の鉄筋を使用する事とする。

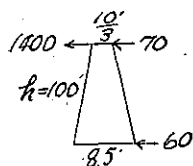
$$\frac{11.1265}{150} \times \frac{3}{1,000} = 2.25 \text{ cub. ft} = 0.485 \text{ ton}$$

12.5% 増して $0.485 \times 1.125 = 0.55 \text{ ton}$

計 2.00 ton

第二節 基礎

68. 主要寸法の決定

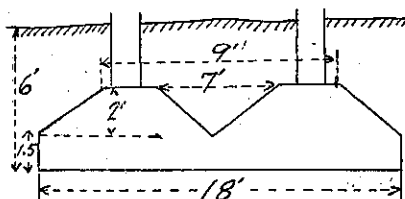


第五十七圖

$$M = 15.0467 \text{ ''} = 1.2539 \text{ '}' \cdot 10^6$$

$$N = 111,265 \text{ \#}$$

$$S = \frac{100}{9} \left[\frac{10}{3} (200) + 8.5 (190) \right] + 1400 = 26,755 \text{ \#}$$



第五十八圖

$$\text{混凝土の容量} = 254.5 \times 1.5 = 381.75$$

$$+ \frac{2}{6} (63.6 + 254.5 + 572.6) = 299$$

$$- \frac{2}{3} (38.5) = -25.6$$

$$2.5 \times \pi \times 8 \times 6 = 37.7 \text{ cub. ft}$$

$$+ 693.$$

$$693 \text{ cub. ft} = 3.21 \text{ ton}$$

重量 $103,950 \text{ \#}$

$$\text{土の容量} = 254.5 \times 6 - 693 = 834$$

重量 $= 83,400$

$$N = 111,265 + 103,950 + 83,400 + 1,385 = 300,000$$

$$M = 1.2539 + 26755 \times 6 = 1.41443 \cdot 10^9 \text{ ''}$$

$$y_0 = \frac{1,414,430}{300,000} = 4.715$$

Neumann 及び Keck 氏の略近式 (Hütte Taschenbuch) に依り

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{max} = \left(0.372 + 0.056 \frac{c}{r} \right) \frac{P}{c\sqrt{rc}} \\ \frac{c+x}{c} = 2.33 + 0.58 \left(\frac{c}{r} \right)^2 \end{array} \right.$$

$$c = r - y_0 = 9 - 4.715 = 4.275$$

$$\frac{c}{r} = \frac{4.275}{9} = 0.475$$

$$\begin{aligned} \therefore \sigma_{max} = p_1 &= \left(0.372 + 0.056 \frac{4.275}{9} \right) \frac{300,000}{4.275\sqrt{4.275 \times 9}} \\ &= \frac{0.3986 \times 300,000}{4.275 \times 6.21} = 4,510 \text{ #/sq. in.} \quad 2.01^{ton}/\text{sq.} \end{aligned}$$

$$\frac{c+x}{c} = 2.33 + 0.58 \times (0.475)^2 = 2.46, \quad c+x = 4.275 \times 2.46 = 10.5$$

$$z = 10.5 - 9 = 1.5, \quad \sin \alpha = 0.167$$

又 (27) 式及び圖表 (6) より $K=0$ として

$$\frac{4 \times 4.715}{9} = 2.0955, \quad \sin \alpha = 0.172, \quad \lambda_s = 0.965$$

$$p_1 = \frac{300,000 \times 1.172}{81 \times 0.965} = 4,510 \text{ #/sq. in.} \quad \text{同一の結果を得る。}$$

69. 鐵筋の決定

底面鐵筋 (15) 式より

$$M_1 = \frac{p_1(R-r)^2}{12(R+z)r} \left[3R^2 + 2Rr + r^2 + 2z(2R+r) \right]$$

$$R=9', \quad 12r=50.4, \quad 3R^2=243$$

$$r=4.2, \quad z=1.5, \quad 2Rr=75.6$$

$$R-r=4.8, \quad R+z=10.5, \quad r^2=17.6$$

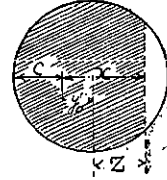
$$R^2=81, \quad 2R+r=22.2, \quad 2z(2R+r)=66.6$$

$$r^2=17.6, \quad 3R+r=31.2, \quad \frac{66.6}{402.8}$$

$$(R-r)^2=23 \quad 2z(2R+r)=66.6$$

$$M_1 = \frac{4,510 \times 23 \times 402.8}{50.4 \times 10.5} = 78,900 \text{ #/sq. in.}$$

下向彎曲率は (16) 式より



第五十九圖

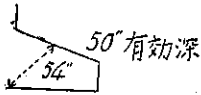
$$M_2 = -\frac{100}{6r}(R-r)^2 \left\{ \left(\frac{3}{2}d_1 + e \right) (2R+r) - \frac{t}{4}(3R+r) \right\}$$

$$\frac{3}{2}d_1 + e = \frac{3}{2} \times 3.5 + 2.5 = 7.75, \quad \left(\frac{3}{2}d_1 + e \right) (2R+r) = 172$$

$$\frac{t}{4} = \frac{4.5}{4} = 1.125, \quad \frac{t}{4}(3R+r) = 35.1, \quad 172 - 35.1 = 137$$

$$\therefore M_2 = \frac{13,700 \times 23}{6 \times 4.2} = 12,500 \text{ "#/"} \quad M = M_1 - M_2 = 66,400 \text{ "#}$$

(25) 式及び圖表 (5) に依り



第六十圖

$$\frac{9M}{2,200 \times 32^2} = \frac{597,600}{2,200 \times 1,024} = 0.265, \quad K = 0.266$$

$$pd = 32 \times \frac{0.071}{30 \times 0.734} = \frac{32 \times 0.071}{22.02} = 0.103 \text{ "/} \text{in}$$

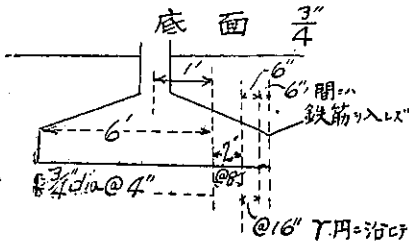
徑 3/4 吋の丸鐵を r 圓に沿ひ 4 吋毎に入れる。

上面鐵筋 $\frac{9 \times 12,500}{2,200 \times 1,024} = 0.05, \quad K = 0.124$

$$pd = 32 \times \frac{0.0154}{30 \times 0.876} = 0.01875 = 0.225 \text{ "/} \text{in}$$

徑 1/2 吋の丸鐵を 9 吋毎に入れる。

70. 鐵筋の配置及び重量



第六十一圖

底面 $3 \times 6 = 18$

$$\frac{3''}{2} \times 2 = 3$$

$$\frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = 0.4$$

21.4

$$1.502 \times 21.4 \times 26.4 = 850 \text{ #}$$

上面徑 $\frac{1''}{2}$ $7.5 \times \frac{12}{9} \times 26.4 \times 0.667 = 176$

環狀 " " $2 \times 9 \times \pi \times 9 \times 0.667 = 340$

腹部 " " $2.6 \times \frac{254.5}{2} \times 0.667 = 196$

1,562

接手の爲 12.5% を増して $1,562 \times 1.125 = 1,757$

柱鉄筋の延長

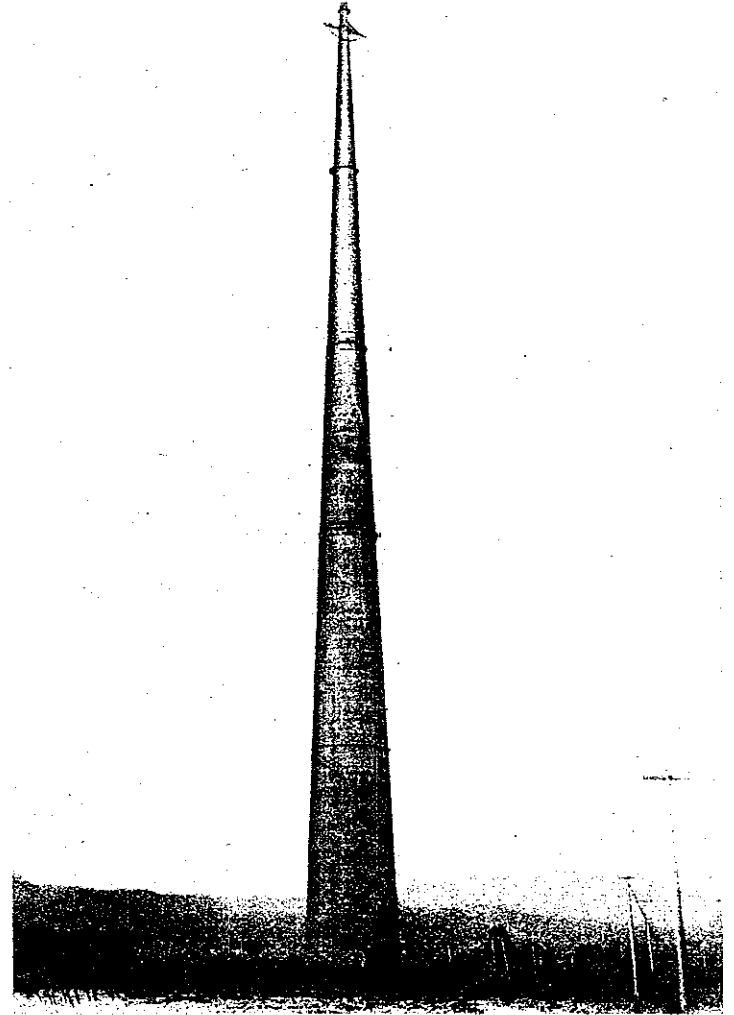
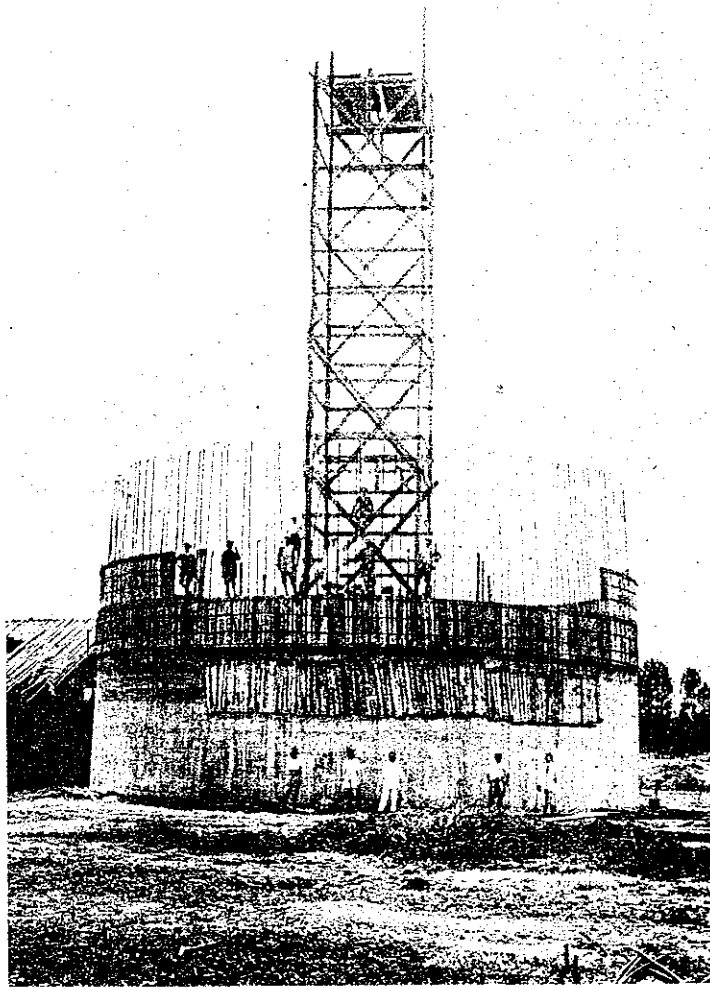
$$\text{縦 徑 } \frac{5''}{8} \text{ 丸鐵を } 6'' \text{ 毎に入れる } 2 \times 25.1 \times 6 \times 1.043 = 315$$

$$\text{箍 鐵 筋 } \frac{25.6 \times 3 \times 490}{1,000} \times 1.125 = 43$$

$$\text{總鐵筋量} = 2,115^{\#} = 0.95^{\text{ton}}$$

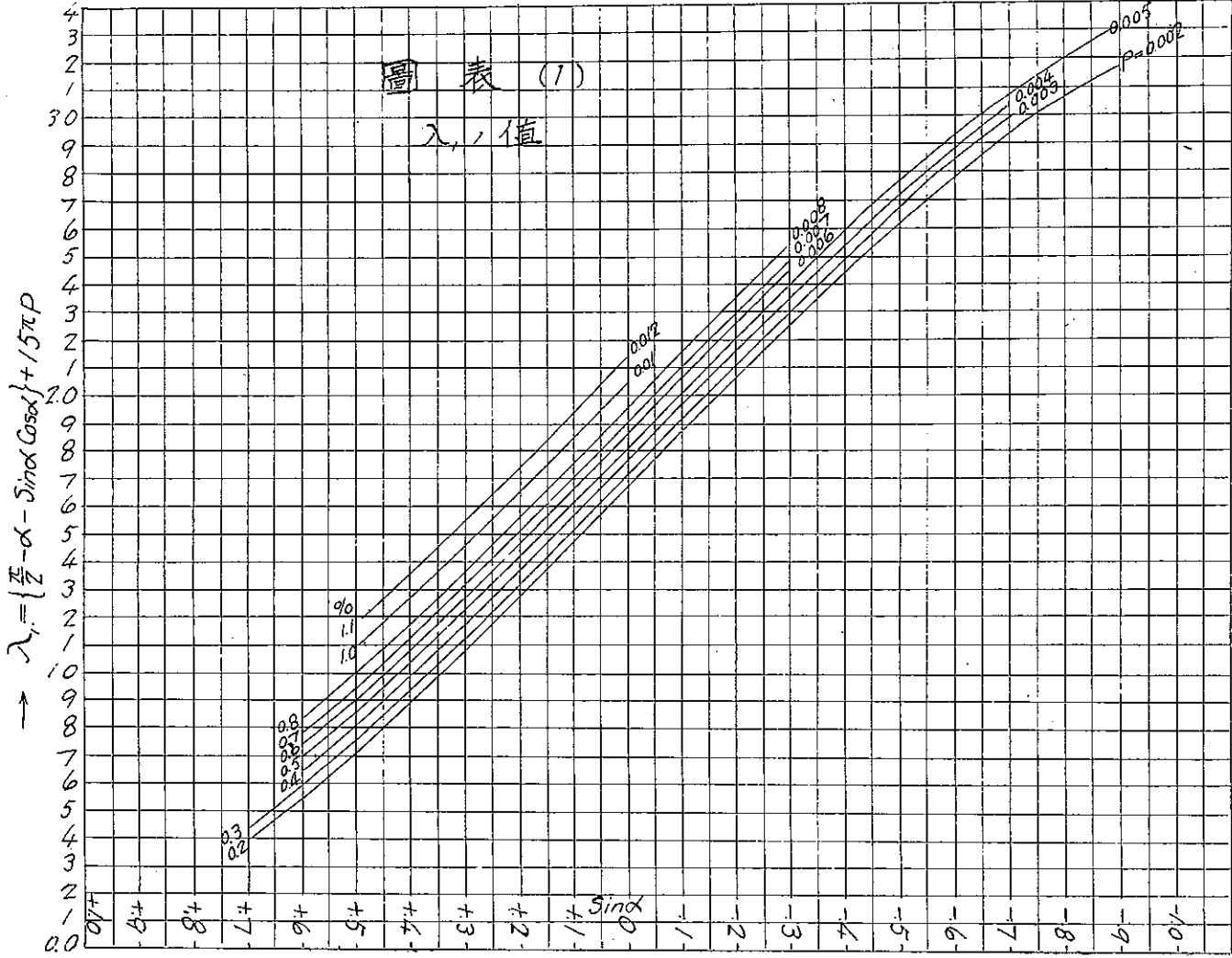
附言。 卷末にあげたる附圖は本設計書によりて得たる原ノ町無線電信塔の設計圖なり参照せられたし。 (完)

(土木學會誌第十二卷第五號附圖)



福島縣原ノ町無線電信塔及び築造中の光景

附圖第一

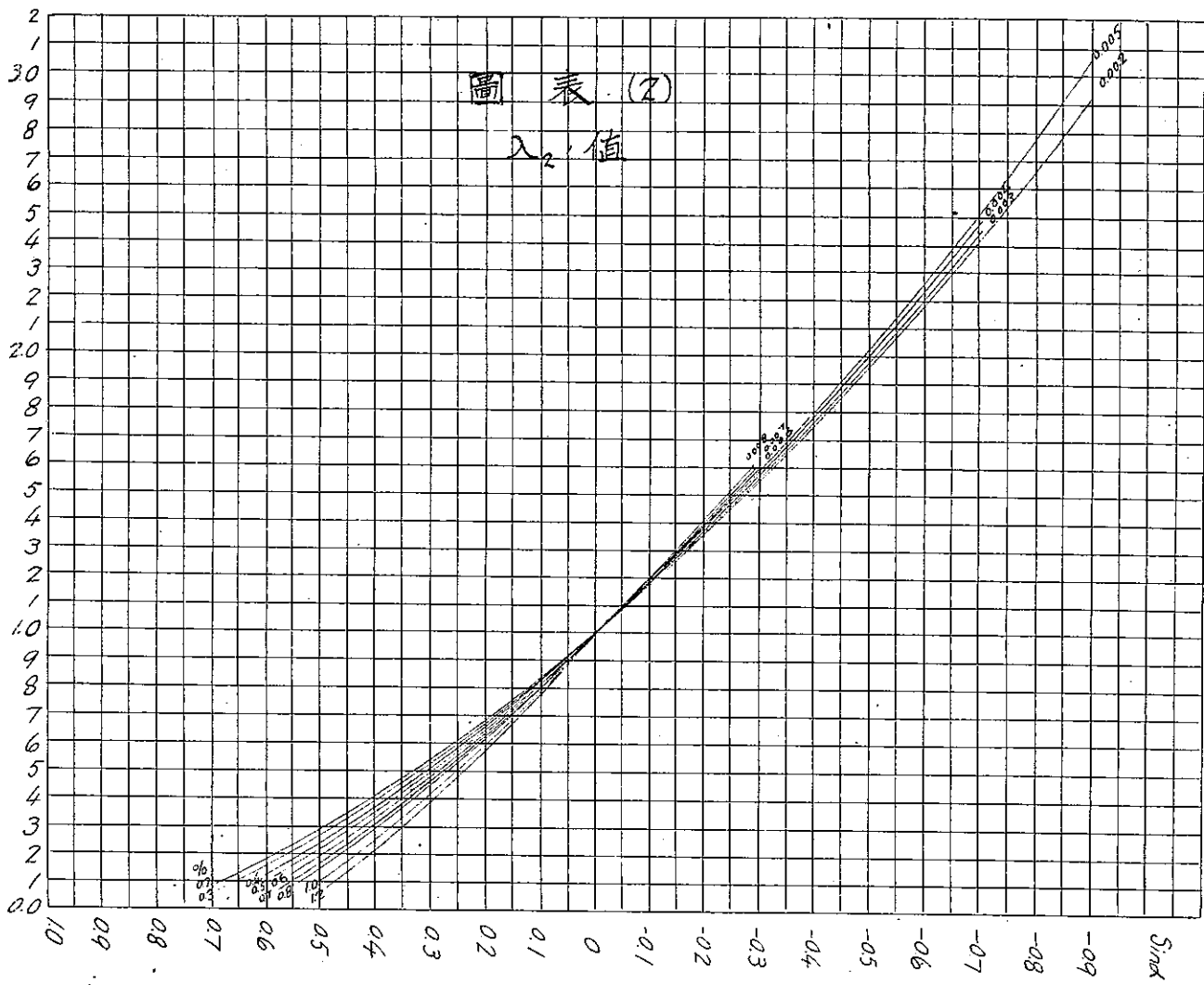


附圖第二

圖表(2)

λ_2 值

→ $\lambda_2 = \cos\alpha - (\frac{\pi}{2} - \alpha) \sin\alpha - 15\pi p \sin\alpha$
 (千米每小時風速十級時所繪之圖)



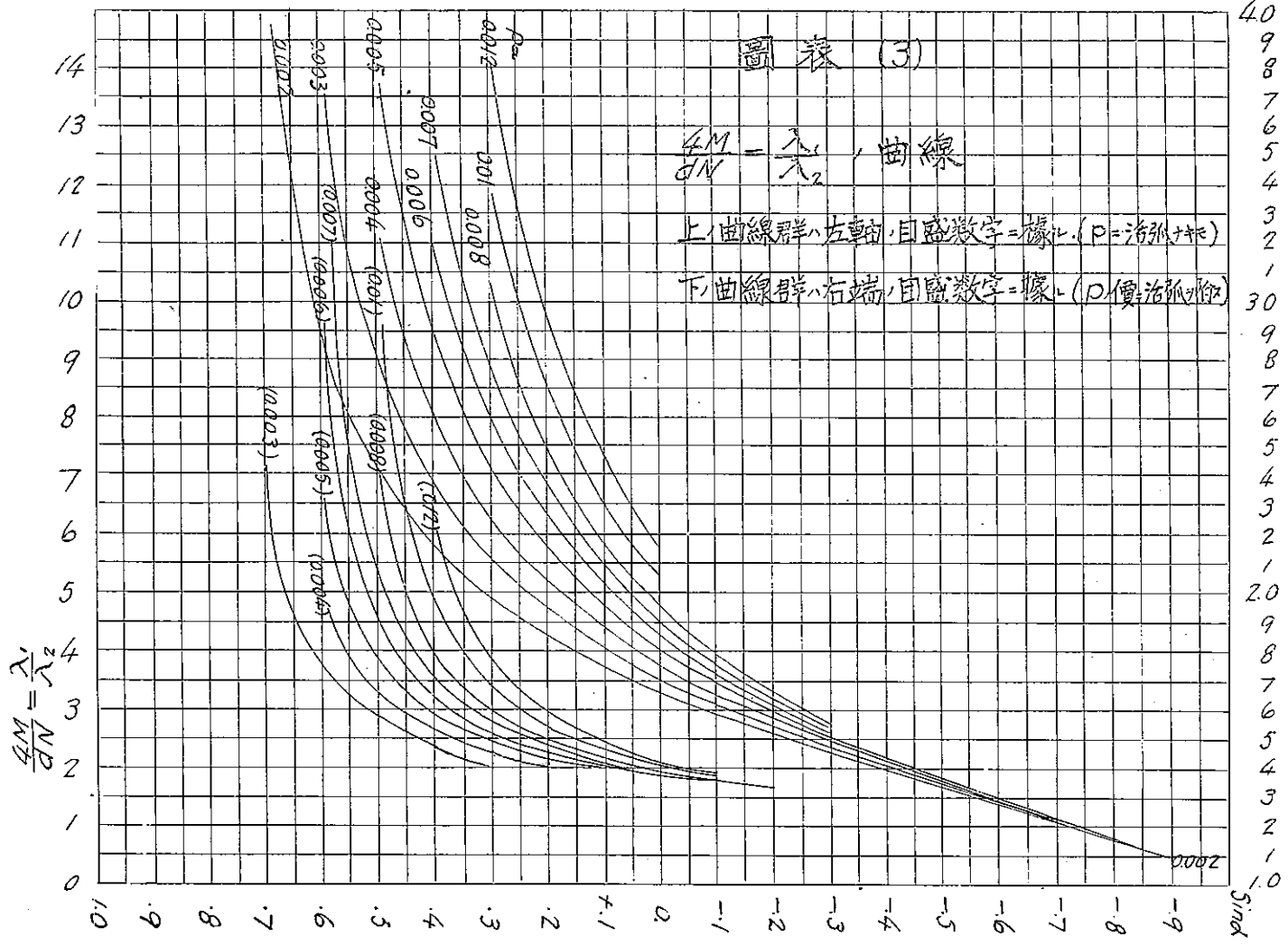
附圖第三

圖表 (3)

$$\frac{GM}{GN} = \frac{\Delta_1}{\Delta_2} \text{ 曲線}$$

上曲線群左端，自感數字 = 據₁ (P = 活弧 + K)

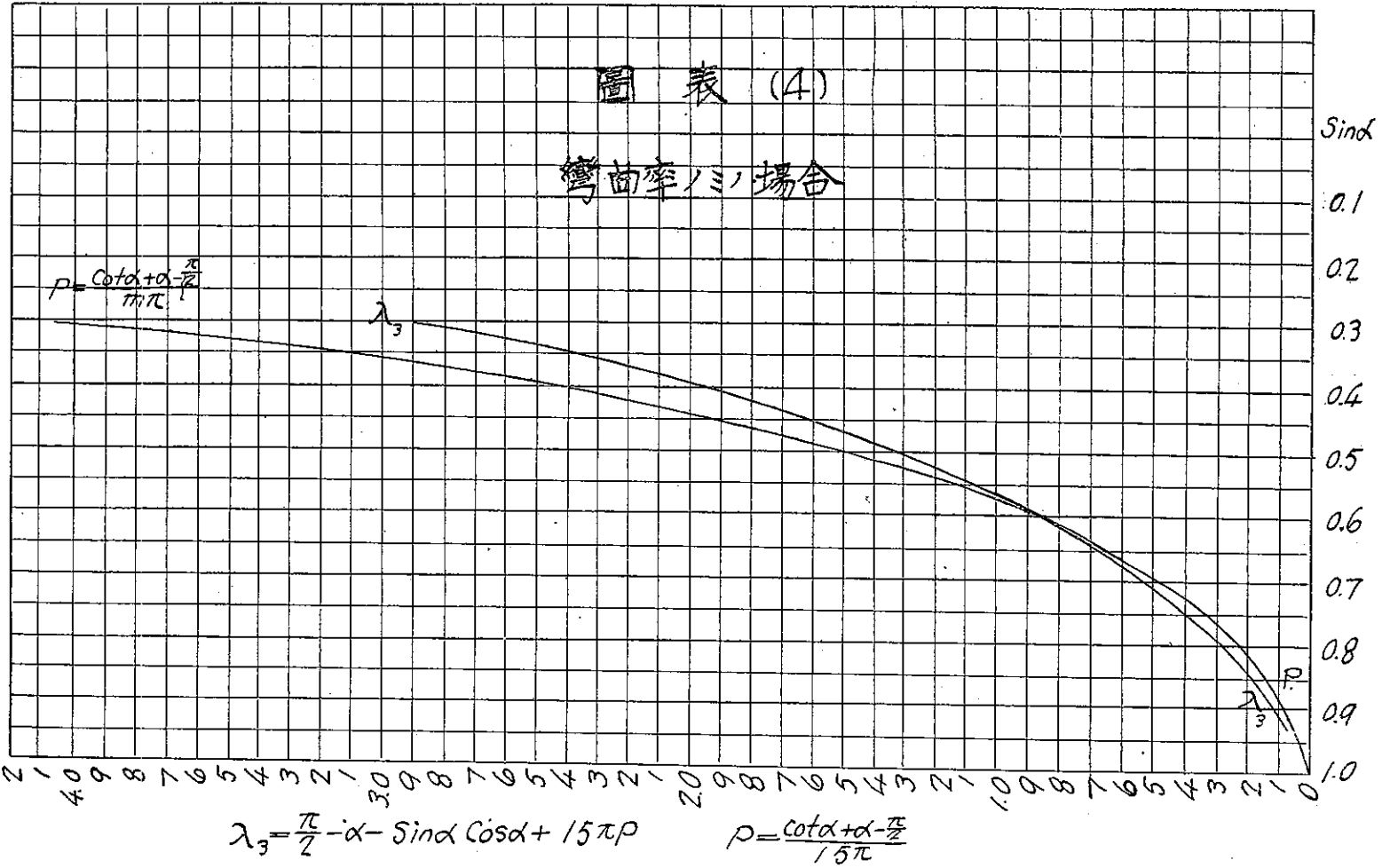
下曲線群右端，自感數字 = 據₂ (D = 價活弧 + K)



(二十六卷會誌第十二卷第五號附圖)

附圖第四

圖表(4)
彎曲率の場合



土木學會誌第十二卷第五號附圖

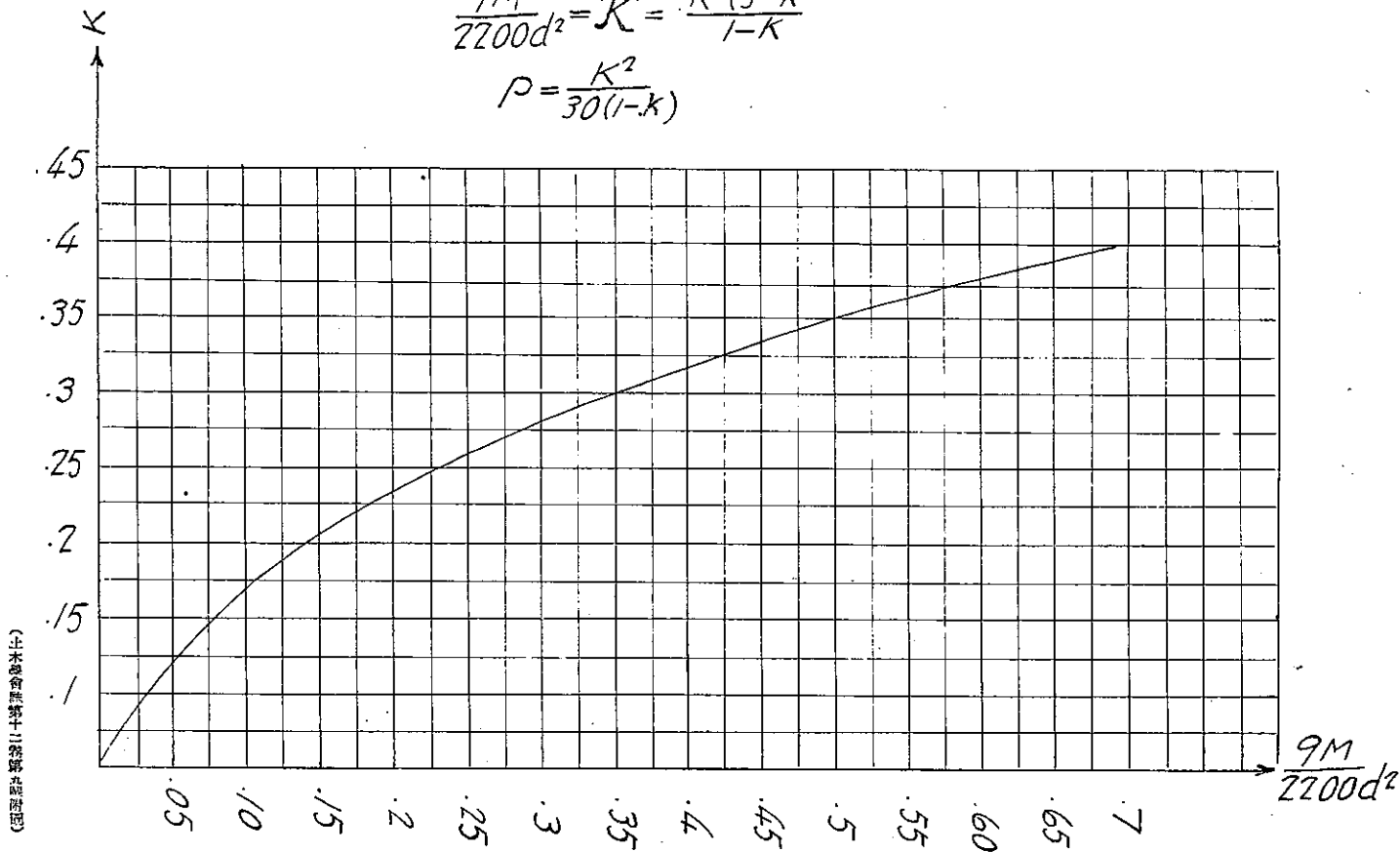
5-516

附圖第五

圖表(5)

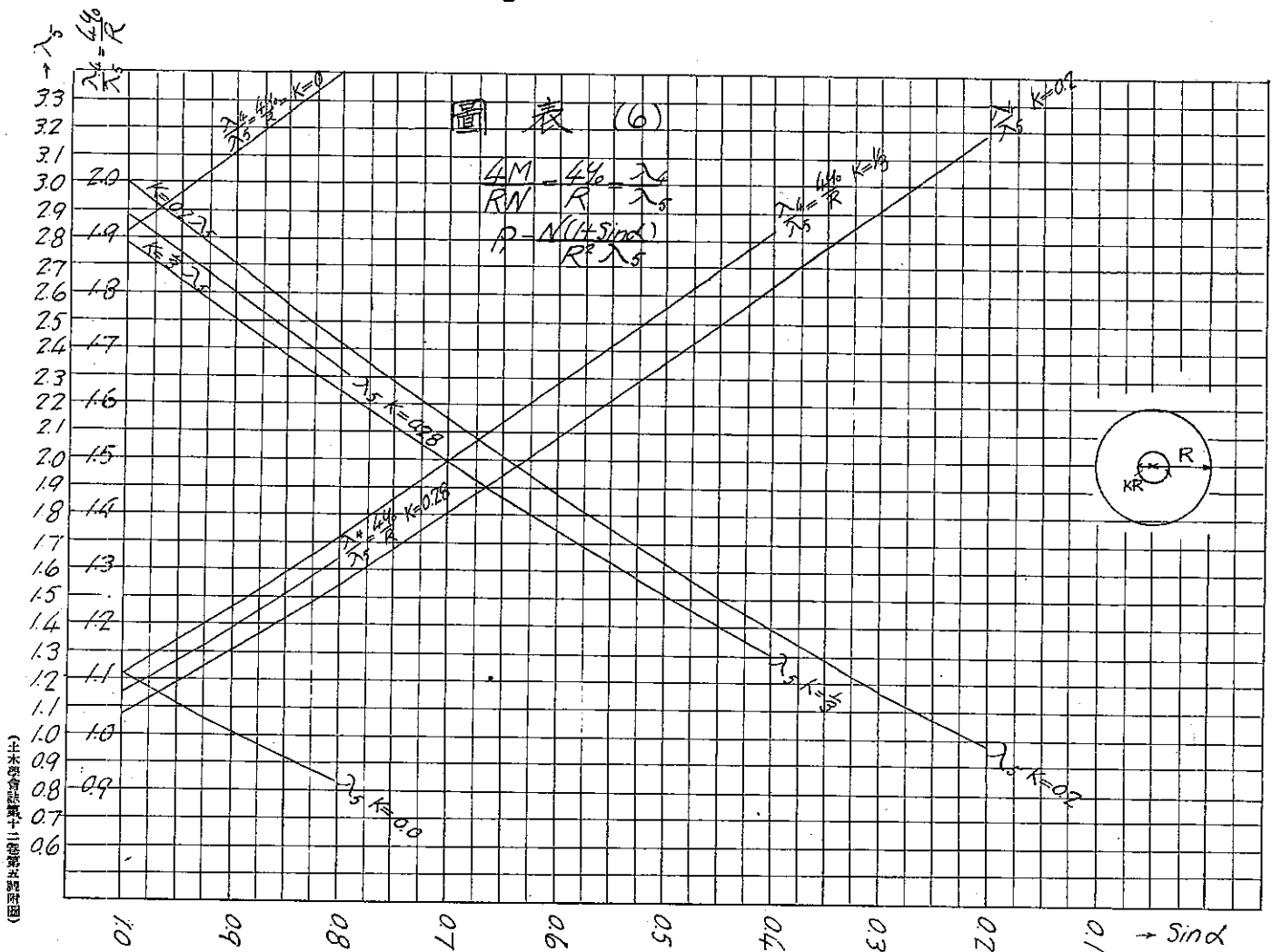
$$\frac{9M}{2200d^2} = K = \frac{K^2(3-K)}{1-K}$$

$$\rho = \frac{K^2}{30(1-K)}$$



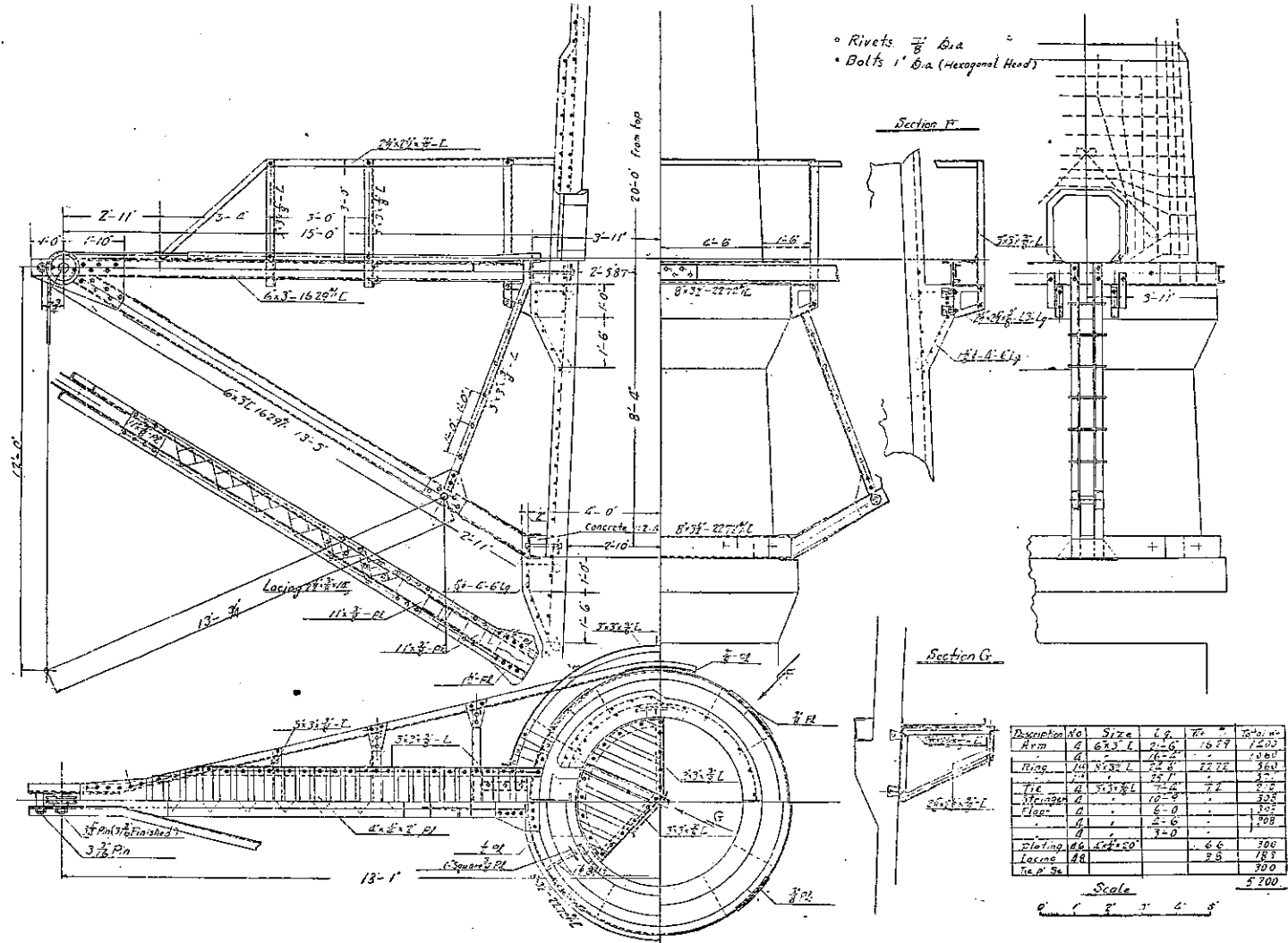
(此表係根據圖十(1)之數據繪成)

附圖第六



（圖）

附圖第八 原ノ町 660 呎鐵筋混凝土柱頂部詳細圖



(土木學會誌第十二卷第五號附圖)

附圖第九 原ノ町.660尺鐵筋混凝土柱 柱正面全圖

