

港口建筑物设计标准

第三分册

日本港湾协会 编

南京水利科学研究所等单位 译

人 民 交 通 出 版 社

港口建筑物设计标准

第三分册

(第五篇基础)

日本港湾协会 编

南京水利科学研究所等单位 译

人 民 交 通 出 版 社

1979年·北京

内 容 提 要

本书系由日本港湾协会出版的《港湾构造物设计基准》翻译过来的。全书共分十篇及附录，为了便利读者，现分七个分册出版，即：第一分册（第一篇总论，第二篇设计条件）；第二分册（第三篇材料，第四篇混凝土预制件）；第三分册（第五篇基础）；第四分册（第六篇水域设施，第七篇港外防护设施）；第五分册（第八篇系船设施，第九篇其它设施）；第六分册（第十篇疏浚与填筑）；第七分册（附录，专业名词、术语中日文对照索引）。

本册是第三分册，包括第五篇基础，内容有：地基承载力，桩的承载力，基础沉降，斜坡稳定，地基加固，桩基础等。可供从事港口工程设计施工人员参考。

港口建筑物设计标准

第三分册

（第五篇基础）

日本港湾协会 编

南京水利科学研究所等单位 译

人民交通出版社出版

（北京市安定门外和平里）

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：8.75 字数：255千

1979年7月 第1版

1979年7月 第1版 第1次印刷

印数：0001—7,300册 定价：0.73元

内部发行

出版说明

本书是由日本《港湾构造物设计基准》一书翻译过来的。原书系由日本运输省港湾局组织编写，由日本港湾协会1968年出版，1970年、1971年作了修改增补。遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，翻译出版这本书，供读者有选择地参考使用，并在生产实践中，不断研究和发展我国自己港口设计技术理论。

本书的翻译工作，是由交通部水运基建局请南京水利科学研究所负责组织有关单位共同完成的，最后由南京水利科研所总校。参加单位及其分工如下：

第一篇总论，由南京水利科学研究所技术情报室、水运规划设计院译校。

第二篇设计条件，由水运规划设计院译校。

第三篇材料，由第一航务工程局第二工程处译，山东省海运局校。

第四篇混凝土预制件，由天津大学水利工程系译校。

第五篇基础，由南京水利科学研究所土工研究室译校，华东水利学院农水系与水港系协助译校其中第三章。

第六篇水域设施，由华东水利学院水港系译校。

第七篇防护设施，由第一航务工程局设计研究院译校。

第八篇系船设施，由第三航务工程局设计处及科研所译校，第二航务工程局设计研究院协助译校其中第三章。南京水利科学研究所技术情报室协助校对其中第八、十、十一、十二、十三、十四及十五章。

第九篇其他设施，由天津大学水利工程系译校。

第十篇疏浚与填筑，由上海海运学院译，天津航道局校。

附录，由华东水利学院水文系译校。

为了使译本内容完整起见，除删去个别无关资料外，其他均按原文翻译出版。本书内容涉及面较广，篇幅较多，为了便利读者，现分七个分册出版，即：第一分册，包括第一篇总论，第二篇设计条件。第二分册，包括第三篇材料，第四篇混凝土预制件。第三分册，包括第五篇基础。第四分册，包括第六篇水域设施，第七篇港外防护设施。第五分册，包括第八篇系船设施，第九篇其它设施。第六分册包括第十篇疏浚与填筑。第七分册，包括附录，专业名词、术语中日文对照索引。

原书为活页式，经多次增改，部分图、表及公式的序号有重、缺现象，译稿未予重新编号，请读者使用时注意。

人民交通出版社 编辑部

目 录

第五篇 基 础

第一章 地基承载力	1
1-1 均布垂直荷载作用下的浅基承载力	1
1-1-1 一般原则	1
1-1-2 砂基承载力	1
1-1-3 粘性土地基的承载力	4
1-2 均布垂直荷载作用下的深基承载力	7
1-3 偏心荷载及倾斜荷载作用下的浅基承载力	9
1-4 地震时地基承载力	14
第二章 桩的承载力	15
2-1 桩的轴向允许承载力	15
2-1-1 一般原则	15
2-1-2 基本轴向允许承载力	17
2-1-3 单桩的轴向极限承载力	17
2-1-4 通过荷载试验确定轴向极限承载力	18
2-1-5 按静力承载力公式计算轴向极限承载力	20
2-1-6 用打桩公式推算轴向极限承载力	23
2-1-7 根据经验数据确定轴向极限承载力	26
2-1-8 桩材抗压强度验算	27
2-1-9 接头的折减	27
2-1-10 长细比的折减	27
2-1-11 侧面负摩擦的验算	28
2-1-12 桩的中心间距	30
2-1-13 群桩的承载力	30
2-1-14 桩的沉降量的验算	32
2-2 桩的允许抗拉力	38
2-2-1 一般原则	38
2-2-2 基本允许抗拉力	38
2-2-3 单桩的最大抗拉力	39
2-2-4 求桩的允许抗拉力时, 应该考虑的事项	40
2-3 桩轴垂直方向的允许承载力	41
2-3-1 一般原则	41
2-3-2 桩的工作状态的确定	43
2-3-3 通过荷载试验确定单桩的工作状态	44

2-3-4 按分析方法确定单桩的工作状态.....	45
2-3-5 按过去的资料确定单桩的工作状态.....	66
2-3-6 关于群桩作用的考虑.....	67
2-3-7 关于荷载性质的考虑	67
第三章 基础沉降	68
3-1 地基应力	68
3-2 瞬时沉降	76
3-3 固结沉降	79
第四章 斜坡稳定	86
4-1 总则	86
4-2 稳定计算方法	88
4-2-1 假定圆弧滑动面的情况	88
4-2-2 假定直线滑动面的情况	92
4-3 斜坡的稳定系数.....	93
第五章 地基加固	95
5-1 总则	95
5-2 换土法	96
5-2-1 设计顺序	96
5-2-2 设计要点	97
5-3 排水预压法	98
5-3-1 设计顺序	98
5-3-2 填土高度和填土宽度的确定	99
5-3-3 排水工程的设计	100
5-4 水力振动法	105
5-4-1 设计顺序	105
5-4-2 水力振动法的应用实例	106
5-4-3 水力振动法设计	107
5-5 挤实砂桩	108
5-5-1 设计顺序	108
5-5-2 挤实砂桩的设计	109
5-5-3 加固地基的强度试验	109
5-5-4 粘土地基的加固	109
5-6 井点法	109
5-6-1 设计顺序	109
5-6-2 井点法的适用范围	110
5-6-3 勘探	111
5-6-4 井点设计	111
第六章 桩基础	118
6-1 设计顺序	118
6-2 桩基础的荷载分配和沉降	118
6-2-1 荷载分配	118

6-2-2	可能发生固结沉降的桩基础	118
6-2-3	不同种类桩的使用	118
6-3	桩材的允许应力	118
6-4	桩的反力	120
6-4-1	桩的垂直反力	120
6-4-2	桩的水平反力	121
6-4-3	叉桩的反力计算	122
6-5	细部设计	123
6-5-1	施工时荷载的验算	123
6-5-2	桩与上部结构接合部分的设计	124
6-5-3	接头	127
6-5-4	桩尖	129
6-5-5	钢桩	130
6-5-6	木桩	131
6-5-7	预制钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩	131
6-5-8	就地浇筑的混凝土桩	131

第五篇 基 础

第一章 地基承载力

1-1 均布垂直荷载作用下的浅基承载力

1-1-1 一般原则

凡基础埋深 D (米) 小于基础宽度 B (米), 即 $D/B < 1.0$ 时, 称为浅基础。求浅基承载力时, 不考虑基础的侧向摩阻。

〔解说〕

地基承载力, 一般为基础底面承载力与基础侧向摩阻之和。基础底面承载力, 是指基础底面上所作用的某一压力, 在该压力下引起地基塑性流动。基础侧向摩阻, 是指基础侧面与土之间的摩擦阻力或粘阻力。底面承载力的研究比较多, 而侧向摩阻的研究相对来说比较少。对于 $D/B < 1.0$ 的浅基, 因为侧向摩阻远比底面承载力为小, 故不考虑基础的侧向摩阻是合适的。

1-1-2 砂基承载力

砂基的允许承载力由式 (1-1) 确定。

$$q_a = \frac{1}{F} (\beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D N_q) + \gamma_2 D \quad (1-1)$$

式中: q_a ——允许承载力 (如位于水下, 相应于考虑浮力后的数值) (吨/米²);

B ——基础短边宽度 (若为圆形基础, 代表直径) (米);

D ——基础埋深 (米);

γ_1 ——基础底面以下地基土的容重 (水位以下用浮容重) (吨/米³);

γ_2 ——基础底面以上地基土的容重 (水位以下用浮容重) (吨/米³);

F ——安全系数;

N_γ 、 N_q ——承载力系数 (参阅图1-1) ¹⁾;

β ——基础形状系数 (参阅表1-1)。

形 状 系 数 表1-1

基 形 状	条 形	正 方 形	圆 形	长 方 形
β	0.5	0.4	0.3	$0.5 \sim 0.1 \left(\frac{B}{L} \right)$ [注]

[注] B 为长方形的边宽 (米), L 为边长 (米)。

安全系数建议如下。

重要建筑物 $F > 2.5$

其它建筑物 $F > 1.5$

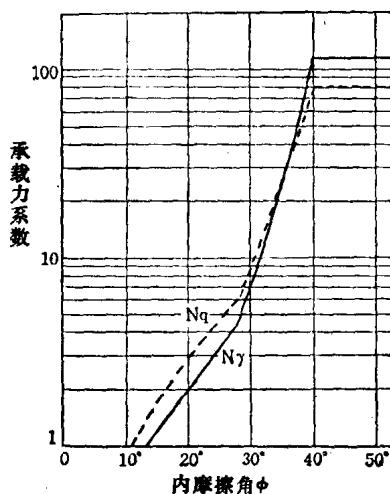


图1-1 内摩擦角, φ

1) 日本建筑学会编: “建筑基础构造设计标准, 同解说”, (昭和35年), P100

〔解说〕

(1) 随着荷载的增大, 基础沉降最初与荷载成比例地增加; 当达到某一荷载值时, 沉降急剧增加, 地基发生剪切破坏。地基产生剪切破坏时的荷载强度, 为地基的极限承载力。

太沙基 Terzaghi 的极限承载力 (q_d) 公式如下:

$$q_d = \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D N_q \quad (1-2)$$

上式中符号意义与式(1-1)相同。式(1-2)表明 q_d 由两项组成, 一项是假设没有填土荷载, 由地基土的重量所平衡的那部分荷载 (N_γ), 另一项是假定地基土没有重量, 由填土荷载所平衡的那部分荷载 (N_q)。

式(1-2)所示的极限承载力, 对应于包括基础自重及基础荷载在内的总荷载。但是考虑浮力的荷载强度, 亦即作为有效应力施加在基础底面上的荷载强度, 通常称为总荷载强度。而式(1-1)所示的允许承载力中, 基础底面以上的有效填土荷载强度 ($\gamma_2 D$), 是作为另一项列出的, 它与安全系数无关。并且这样设想, 为了使地基内不发生剪切破坏, 加在基础底面上的总荷载强度, 比起开挖前在同一位置处的有效上覆荷载强度来不宜过大。于是, $(q_d - \gamma_2 D)$ 表示净增加的荷载强度, 通常称为净荷载强度。式(1-2)可改写为如下形式。

$$q_d - \gamma_2 D = \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D (N_q - 1)$$

由此可见, 图1-1所示的 N_q 值为太沙基求得的 N_q 值减去 1。因而, 用式(1-1)求得的 q_a , 是施加于基础底面考虑浮力的总荷载强度。

(2) 太沙基在推导他的承载力公式时, 假定地基的塑性平衡状态如图 1-2 所示。他只考虑了基础底面以下的滑动面, 而把基础底面以上的土作为填土荷载来考虑。由图可见, 剪切破坏一直扩展到地表面或者基础底平面。只有密实或者坚硬地基, 就是说, 出现塑性流动时只要微小应变的那种地基, 才会出现剪切破坏。太沙基称这种情况为整体剪切破坏。至于压缩性较大的松土, 在出现像图1-2所示的塑性流动以前, 由于基础下地基土的局部剪切已产生大量沉降, 这时地基实际上已经破坏了。太沙基称这种情况为局部剪切破坏。荷载试验中, 对应于这两种剪切破坏的荷载强度与沉降量之间的关系示于图1-3中。

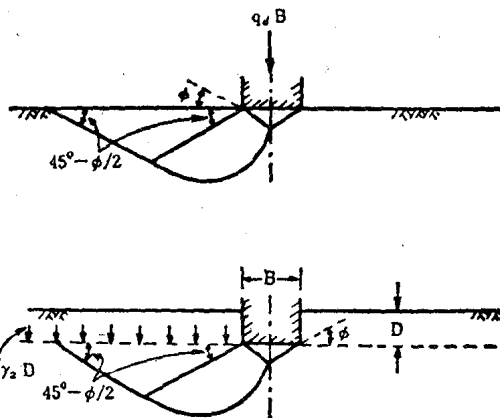


图1-2 条形基础下地基的塑性平衡状态

为了判定究竟会发生那一种剪切破坏, 大多数要根据各个具体情况而定。对于局部剪切破坏的情况, 太沙基建议采用 $2/3 \tan \phi$, 这是一个经验值。

(3) 承载力系数 N_γ 和 N_q , 是土的内摩擦角和基础底面糙度的函数。实际基础底面都是很粗糙的, 因此, 可以认为这些系数仅仅是内摩擦角的函数。整体剪切破坏和局部剪切破坏的承载力系数示于图1-4中。

使用图1-4中所示的承载力系数的原则如下: 如果内摩擦角较小, 则按局部剪切破坏选用; 如果内摩擦角较大, 则按整体剪切破坏选用。但在实用上, 要具体确定剪切破坏的形式是极其困难的。为此, 图1-1的承载力系数, 是综合了以上两种情况而定出的。

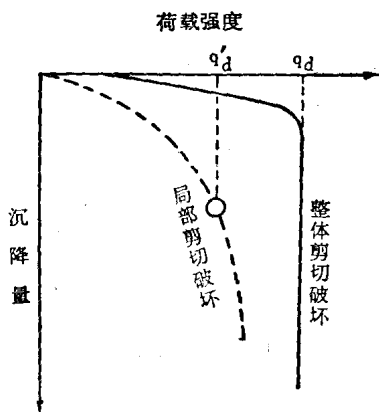


图1-3 荷载试验的荷载强度与沉降量之间的关系

(4) 条形基础是二维问题; 有限长基础却是三维问题。对于三维问题, 目前还没有精确解。表 1-1 的形状系数, 对于圆形和正方形基础是根据荷载试验结果确定的; 至于长方形基础, 则可根据条形基础和正方形基础的数值内插确定。

(5)上面说过,在太沙基的承载力理论中,把基础底面以上的全部土体,仅仅作为填土荷载来考虑,即不考虑这部分土的抗剪强度。这当然偏于安全方面。可是,这一假设与实际观测到的地基位移情况不一致。为此,迈耶霍夫(Meyerhof)不采用这一理论,而假定滑动面一直伸出地面。

具有粗糙底面的条形浅基,迈耶霍夫假设的地基塑性平衡状态,示于图1-5中。

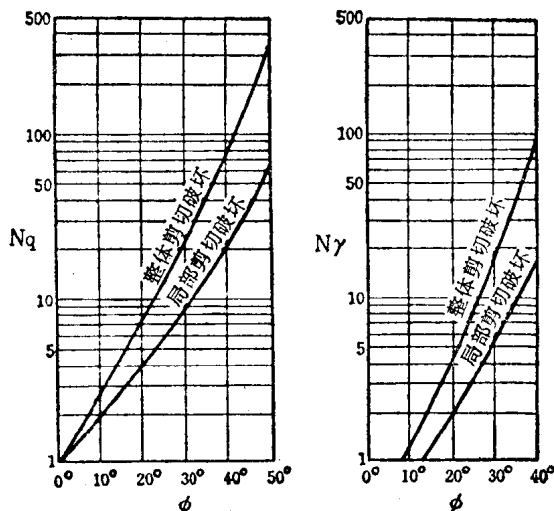


图1-4 太沙基的承载力系数

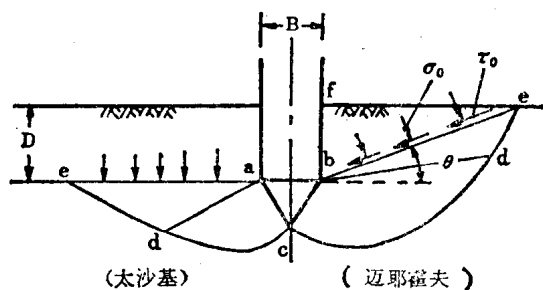


图1-5 具有粗糙底面的条形浅基下的地基塑性平衡状态

be 为一假想地面, be 面以上土楔 bef 的重量, 作用于 be 面上的垂直应力 σ_0 和剪应力 τ_0 代替, be 面的倾角 θ 随基础埋深的增大而增加。

基于上述设想,迈耶霍夫导得的浅基极限承载力公式,在实用上,相当于将式(1-2)右边各项分别乘以修正系数 d_γ , d_q , 即,

$$q_d = \beta \gamma_1 B N_\gamma d_\gamma + \gamma_2 D N_q d_q \quad (1-3)$$

式中:

$$\left. \begin{aligned} d_\gamma &= 1, & (\phi \leq 10^\circ) \\ d_\gamma &= 1 + 0.6 \left(\frac{D}{B} \right), & (\phi > 10^\circ) \\ d_q &= 1, & (\phi \leq 10^\circ) \\ d_q &= 1 + 0.2 \left(\frac{D}{B} \right), & (\phi > 10^\circ) \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

式(1-3), (1-4)只适用于 $D/B \leq 1$ 的情况。

(6)计算砂基承载力时,需要砂的内摩擦角资料。如果没有试验资料,则可采用下列数值。

松砂	30°
普通砂	35°
夯实砂	40°

此外,还可以利用标准贯入试验结果估算承载力,比如采用如图1-6所示的 N 与承载力系数的关系。图1-6中的系数,已经综合整体剪切破坏和局部剪切破坏两种情况。

必须注意,使用式(1-1)时,应将由图1-6查得的 N_q 值减去1。

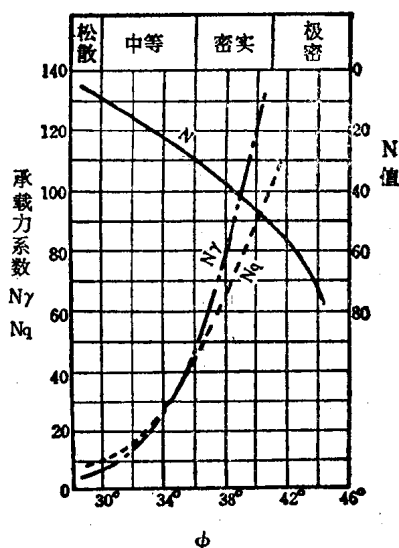


图1-6 承载力系数与 N 之间的关系

(7)以上是荷载作用于水平砂基的情况。至于斜坡上或斜坡顶附近的承载力问题，迈耶霍夫²⁾和梅原³⁾曾进行过研究。

1-1-3 粘性土地基的承载力

粘性土地基的允许承载力由式 (1-5) 求出。

$$q_a = N_c \frac{c_0}{F} + \gamma_2 D \quad (1-5)$$

式中： q_a ——允许承载力（如位于水下，相应于考虑浮力后的数值）（吨/米²）；
 N_c ——承载力系数（参阅图1-7）⁴⁾；
 c_0 ——基础底面处地基土的内聚力（吨/米²）；

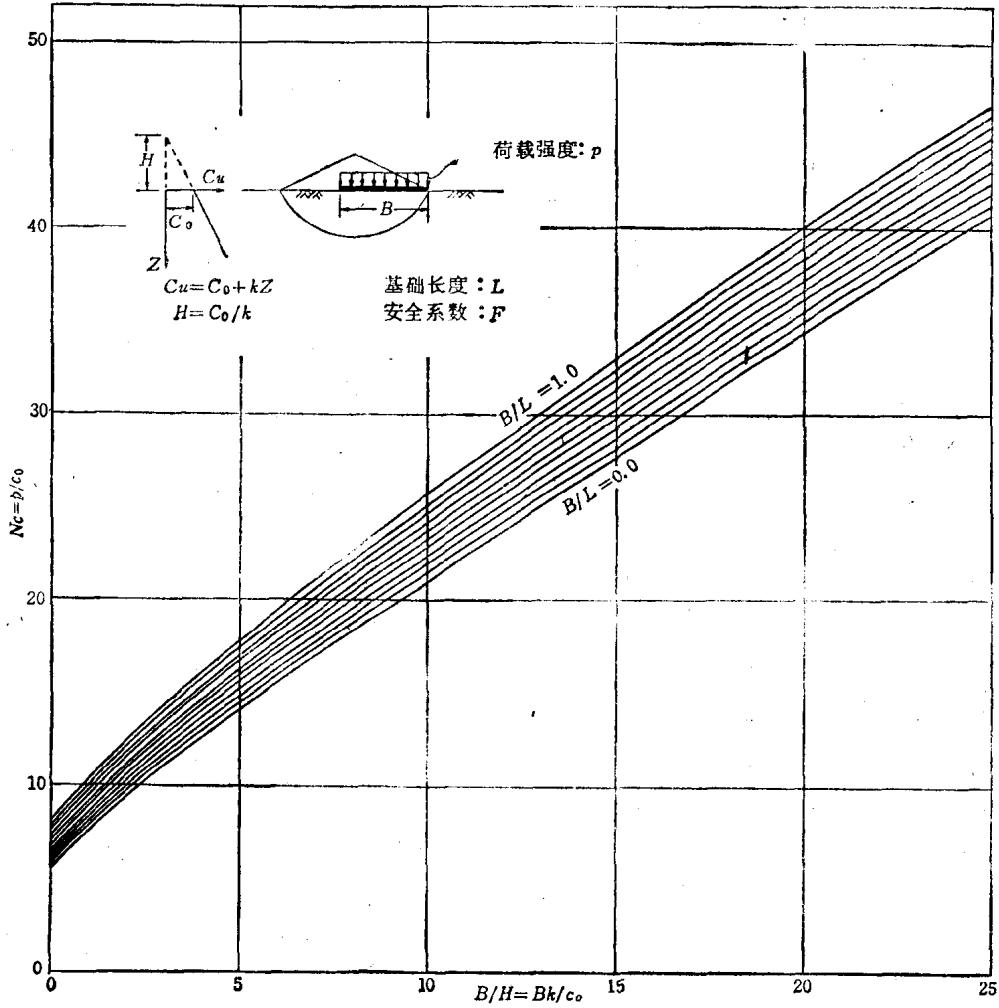


图1-7 承载力系数 N_c ①

- 2) G.G. Meyerhof, "The Ultimate Bearing Capacity of Foundations on Slopes", Proc. 4th Int. Conf. S.M.F.E., Vol. 1 (1957), P. 384~P. 389,
- 3) 梅原: "マウソドの偏心傾斜荷重に対する安定", 港研設計基準課資料, No. 12, (1965)
- 4) 中瀬明男: "粘性土地盤の支持力", 港研報告, Vol. 5, No. 11, (1966)

① 原文为 N_d , 应为 N_c 。——校者注

F ——安全系数；

γ_2 ——基础底面以上地基土的容重（水位以下用浮容重）（吨/米³）；

D ——基础埋深（米）。

安全系数建议如下。

重要建筑物 $F > 2.5$

其它建筑物 $F > 1.5$

〔解说〕

（1）一般说明

粘性土地基的承载力问题，最早是由普兰特耳（Prandtl）解出的。对于条形基础，内聚力为 c_0 的粘性土地基的极限承载力（ q_d ），普兰特耳解得为：

$$q_d = 5.14c_0$$

推导上式时，假定基础底面没有剪应力。至于底面粗糙的基础，太沙基提出下式。

$$q_d = 5.71c_0$$

形 状 系 数

表1-2

基 础 形 状	条 形	正 方 形	圆 形	长 方 形
形 状 系 数	1.0	1.3	1.3	$1 + 0.3 \left(\frac{B}{L} \right)$

注：表中 B 为长方形的边宽， L 为边长

无论是普兰特耳还是太沙基，他们推导时都采用由直线和对数螺旋线组成的滑动面。费伦尼斯（Fellenius）采用圆弧滑动面得出下式。

$$q_d = 5.52c_0$$

太沙基在他的承载力理论中，建议如表 1-2 所示的基础形状系数。

以上所有公式，都假定地基土的内聚力是一常量。但在实际上，粘性土的内聚力一般随深度而增大。因此，在应用假定内聚力为常量的承载力公式时，应该把基础底面以下 $2/3B$ （ B 为基础宽度）深度处的内聚力，作为地基土的平均内聚力计算承载力。

图 1-7 的承载力系数，是按内聚力随深度线增大和滑动面为圆弧的假定求得的。若内聚力固定不变。用各公式计算得的结果示于图 1-8 中。由图 1-8 可见，按图 1-7 得到的承载力系数值最大，但对地基土的内聚力随深度而增加的情况，采用基础底面下 $2/3B$ 深

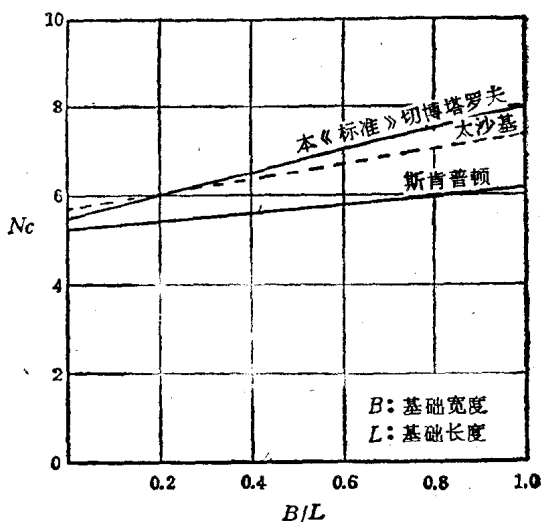


图1-8 内聚力为常量的承载力系数

度处的内聚力，代入原有公式后，反推得的承载力系数，却大于用图 1-7 查出的数值。

图 1-7 包括从正方形基础到条形基础，至于圆形基础，可以和正方形基础同样考虑。

根据图 1-7 的承载力系数，对于条形基础，可按下式计算允许承载力⁵⁾。

5) A. Nakase, "Contribution to the Bearing Capacity of Soil Stratum", Rept. P. H. T. R. I., No. 4, (1963), P. 25

$$\left. \begin{aligned} q_a &= \frac{1}{F} (1.84k_B + 5.52c_0) + \gamma_2 D, H/B \geq 0.4 \\ q_a &= \frac{1}{F} (1.13k_B + 6.94c_0) + \gamma_2 D, H/B \leq 0.4 \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

(2) 有限厚度的粘性土层地基承载力

基础底面以下为薄层粘性土，粘性土下面为岩层情况，滑动机理和承载力的确定，与均质土层情况完全不同。图1-9为条形基础下地基的承载力系数⁶⁾。此时假定滑动面为圆弧，或者假定滑动面为直线。图中以承载力系数的倒数表示；虚线以下，说明假定滑动面为直线时所得的承载力系数比较小。

(3) 强度不等的双层粘性土地基的承载力

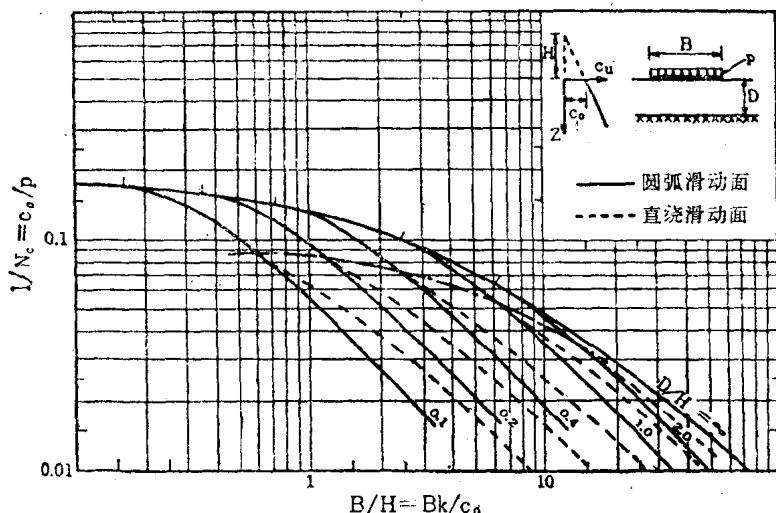


图1-9 位于有限厚度粘性土层上条形基础的地基承载力

巴顿 (Button)求得强度不等的双层粘性土地基的承载力⁷⁾。图1-10(a)为两层粘性土各有常量内聚力时条形基础的承载力系数 N_c ；图1-10(b)为上层粘性土的内聚力随深度线性地降低，而下层粘性土的内聚力为常量时条形基础的承载力系数 N_c 。两者都假定滑动面为圆弧。图1-10(b)中上层粘性土的强度分布，相应于地面附近的内聚力因干燥而增大的情况。

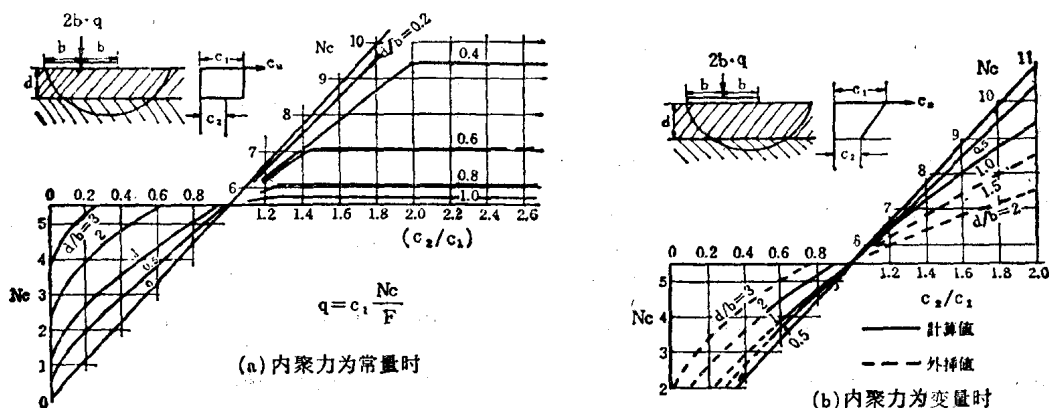


图1-10 双层粘性土地基的承载力系数

6) 参阅引用文献4)

7) S.J.Button: "The Bearing Capacity of Footings on a two Layer Cohesive Subsoil", Proc.3rd Int.Conf.S.M.F.E., Vol.1, (1953), P.332~P.335

(4) 砂层和粘性土层组成的双层地基承载力

对于粘性土层为砂层所覆盖的情况,如果基础底面与粘性土层之间的砂层厚度 (D_s) 为基础最小宽度 (B) 的两倍以上时,则可把它作为砂基计算承载力。 $D_s \leq 1.5B$ 时,假定基础荷载像图1-11所示那样扩散到粘性土层的表面,然后计算粘性土层的承载力。若 $1.5B < D_s < 2B$ 时,则分别当作砂基和粘性土地基进行计算,取其小值作为地基承载力。

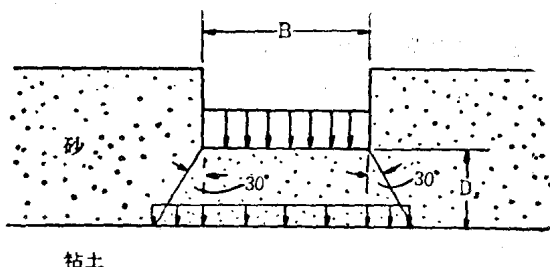


图1-11 双层地基(砂和粘土)的荷载分布图

(5) 复杂地基的承载力

若砂层与粘性土层复杂地交互成层,或者粘性土地基中在局部区域其强度不同,对于这些情况,可以假定各种滑动面进行稳定计算。根据地基情况,滑动面形状可以选用圆弧、直线或其它复合形式(参阅第四章斜坡稳定)。

此外,斜坡或斜坡顶附近的承载力问题,迈耶霍夫曾有研究结果⁹⁾。

1-2 均布垂直荷载作用下的深基承载力

凡基础埋深 D (米) 大于基础宽度 B (米) 时,称为深基础。深基础的承载力为底面承载力和基础侧向摩阻之和。

深基础的承载力,由式(1-7)确定。

$$q_a = q_{a1} + \Delta q_a \quad (1-7)$$

式中: q_{a1} ——基础底面的允许承载力(参阅1-1均布垂直荷载作用下的浅基承载力)(吨/米²);

Δq_a ——由基础侧向摩阻产生的允许承载力增量(吨/米²)。

对于砂基,由基础侧向摩阻产生的允许承载力增量由式(1-8)确定。

$$\Delta q_a = \frac{1}{F} \left(1 + \frac{B}{L} \right) \frac{D^2}{B} K_A \gamma_2 \mu \quad (1-8)$$

式中: F ——安全系数(与计算 q_{a1} 时采用的值相同);

K_A ——侧面摩擦角 $\delta = 0$ 时的主动土压力系数;

γ_2 ——基础底面以上地基土的容重(水位以下用浮容重)(吨/米³);

D ——基础埋深(米);

μ ——基础侧面与砂的摩擦系数, $\mu = \tan 2/3 \phi$;

B ——基础宽度(米);

L ——基础长度(米)。

对于粘性土地基,基础侧向摩阻产生的允许承载力增量由式(1-9)确定。

$$\Delta q_a = \frac{2}{F} \left(1 + \frac{B}{L} \right) \frac{D_c}{B} c \quad (1-9)$$

式中: c ——内聚力(采用埋深范围内的平均值)(吨/米²);

D_c ——基础埋深(只考虑水下部分)(米)。

〔解说〕

(1) 对于砂基中的深基础,地表以下深度 Z 处的侧向摩阻应力 (f) 为:

8) 参阅引用文献2)。

$$f = \gamma Z K_A \mu$$

整个埋深范围内的平均侧向摩阻应力 ($\bar{f}$) 为:

$$\bar{f} = \frac{1}{D} \int_0^D \gamma Z K_A \mu dZ = \frac{1}{2} K_A \gamma D \mu$$

基础与砂土的侧向接触面积乘以 $\bar{f}$ 就是总侧向摩阻, 再除以基础底面积就得到式 (1-8) 所示的 Δq_a 。

基础侧面与砂之间的摩擦角不会比砂的内摩擦角 ϕ 大。对混凝土与砂的情况, 可假定为 $2/3 \phi$ 。

(2) 对于粘性土地基中的深基础, 考虑到地下水位以上的土在夏季有可能出现干燥收缩。因此, 水位以上部分的侧面积不能作为有效接触面。式 (1-9) 中 $\bar{c}$ 应该是有效接触面积部分的平均内聚力。就硬粘土来说, 实用上 $\bar{c}$ 的上限为 3.5 吨/米²。

对于内聚力为常量的粘性土地基中的深基础底面承载力, 斯肯普顿 (Skempton)⁹⁾ 提出的承载力系数示于图1-12中, 计算公式如下。

(a) 荷载作用于地面 ($D=0$)

$N_{C0} = 5$, 条形基础

$N_{C0} = 6$, 正方形及圆形基础

(b) $D/B < 2.5$

$N_{CD} = (1 + 0.2D/B) N_{C0}$

(c) $D/B > 2.5$

$N_{CD} = 1.5 N_{C0}$

(d) 长方形基础

$N_C (\text{长方形}) = (1 + 0.2B/L) N_C (\text{条形})$

对于基础埋深不等于零的条形基础的允许承载力, 迈耶霍夫提出如下公式¹⁰⁾。

$$q_a = \frac{1}{F} c_0 N_{cq} + \gamma_2 D$$

N_{cq} 值见图1-13, 图中的 N_{cq} 包含侧面粘阻力。

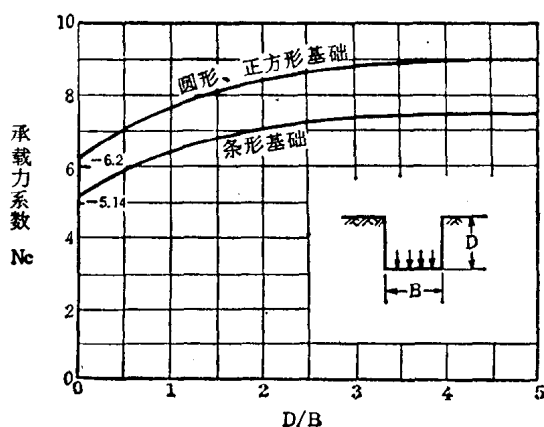


图1-12 斯肯普顿的承载力系数

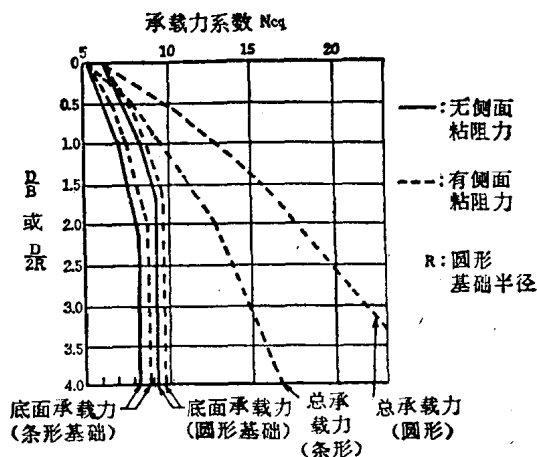


图1-13 迈耶霍夫的承载力系数

9) A.W. Skempton, "The Bearing Capacity of Clays", Proc. Building Research Congress, Dir. 1 (1951), P. 180~P. 189

10) G.G. Meyerhof, "The Ultimate Bearing Capacity of foundations," Géotechnique 2, (1951), P. 301~P. 332

对于条形基础以外的其它各种基础，迈耶霍夫建议如下公式。

$$N_{cq}(\text{长方形}) = \left(1 + 0.15 \frac{B}{L}\right) N_{cq}(\text{条形})$$

$$N_{cq}(\text{圆形}) = 5.7$$

至于正方形基础，可以和圆形基础同样考虑。

1-3 偏心荷载及倾斜荷载作用下的浅基承载力

〔解说〕

(1) 一般说明

设计港工建筑物所要处理的承载力问题，多数情况中，荷载合力是偏心倾斜的。对于这种情况，通常假定基础底面反力呈直线变化，求出最大反力，把它和地基的所谓承载力进行比较。可是，设想在局部地基上加上较大的外力，该部分地基土就会产生变形，从而应力减少，并且使附近的地基土中的应力增大。所以，实际的反力分布，可能比原先假定的要均匀些。此外，如果地基中一旦出现局部的塑性流动，就认为基础下面的整个地基都已发生塑性流动，亦即地基已达极限平衡状态，这样的假设未免过于安全。因此，要解决偏心倾斜荷载作用下的地基承载力，应该采用一开始就从偏心倾斜荷载出发的承载力计算公式。

诚然，关于偏心倾斜荷载作用下的地基承载力问题，目前已有一些计算公式，但是它们都缺乏作为设计标准所必备的丰富实践经验。所以，在现阶段，应用下列各个方法时，宜采用1.0以上的安全系数。

(2) 立石方法¹¹⁾

立石采用圆弧滑动面，求解位于砂基表面的条形基础在偏心倾斜荷载作用下的承载力问题。他分析荷载合力的偏心位置与荷载水平分量的方向的各种组合。图1-14为承载力最小的两种情况。

极限承载力的垂直分量由式(1-10)确定。

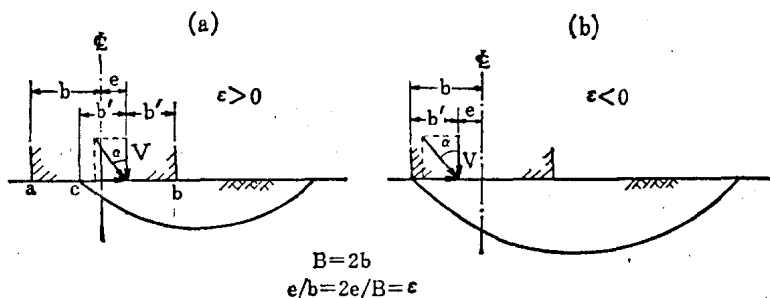


图1-14 条形基础在偏心倾斜荷载作用下，地基内产生的滑动面

$$\left. \begin{aligned} q_v &= \frac{\gamma_1 B}{2} N \\ F &= \frac{q_v}{B} \end{aligned} \right\} \quad (1-10)$$

式中： q_v ——极限承载力的垂直分量（吨/米²）；

γ_1 ——砂的容重（水位以下用浮容重）（吨/米³）；

B ——基础宽度（米）；

$r = R/b = 2R/B$ （ R 为滑动圆弧半径）；

V ——偏心倾斜荷载合力的垂直分量（吨/米）；

N ——承载力系数（参阅图1-15）；

11) 立石、福家、须田、光本：“倾斜偏心荷重を受ける带状基礎の支持力に関する研究”，運研報告，12卷，1号，（昭和37年）

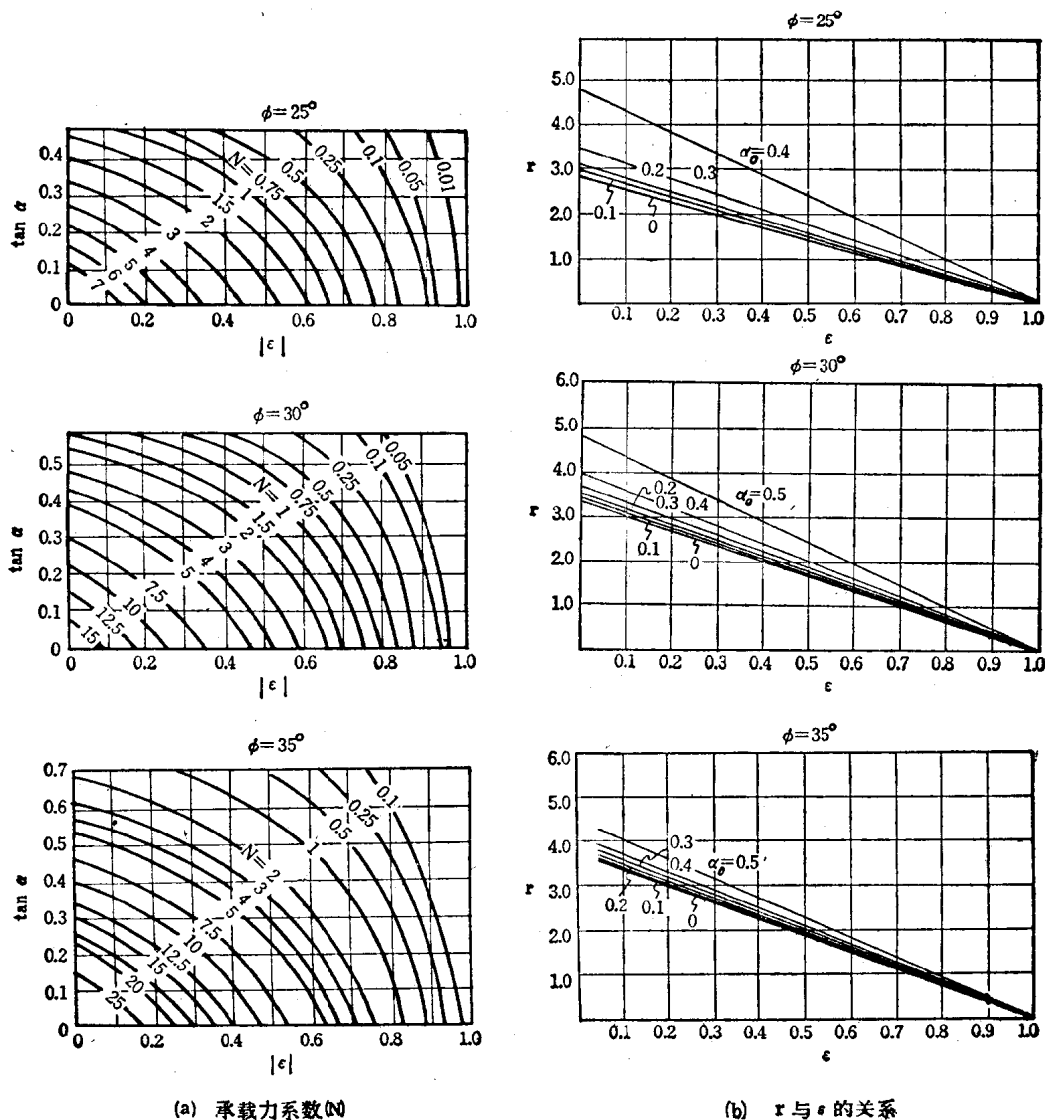


图1-15 位于砂基表面的条形基础，在偏心倾斜荷载作用下的承载力计算图（之一）

F ——安全系数。

立石的承载力系数 N 示于图 1-15 中。这一系数不仅与砂的内摩擦角 ϕ 有关，而且是代表偏心量的系数 ($e = 2e/B$)，以及倾角正切 ($\alpha_0 = \tan \alpha$) 的函数。后来，有人将立石的方法推广到基础位于抛石床上的情况¹²⁾。

立石用同样方法，在偏心倾斜荷载作用下求解，内聚力为常量的粘性土地基的承载力¹³⁾。

(3) 迈耶霍夫方法^{14) 15)}

12) 参阅引用文献3)

13) 天竺良吉：“最新岸壁の設計法”，技報堂，(昭和34年)，P.26~44

14) G.G.Meyerhof, “The Bearing Capacity of Foundations under Eccentric and Inclined Loads”, Proc.3rd Int.Conf.S.M.F.E., Vol.1, (1953), P.440

15) 参阅引用文献7)，P.428, P.438