

文章编号: 0451-0712(2001)03-0029-03

中图分类号: TU43

文献标识码: B

复杂边界条件下土体极限承载力的荷载增量逼近求解

黄醒春 顾隽超

(上海交通大学建筑工程与力学学院 上海市 200030)

摘 要: 在拓展 Bishop 极限分析方法的基础上, 采用坡脚反向虚拟荷载及垂直荷载增量逐次逼近的方法建立复杂几何边界条件下的土体极限承载力的计算方法。该方法求解简便, 借助简单的计算机程序可求解任意几何边界条件下的土体极限承载力。对坝堤极限堆物荷重、天然边坡顶部极限承载力等的计算有一定理论意义和实用价值。

关键词: 土体极限承载力; 复杂几何边界条件; 荷载增量逐次逼近

土体极限承载力的定量计算是岩土工程中的重要研究内容。迄今, 国内外许多岩土工程研究者及工程技术人员对各种条件下的土体极限承载力进行了大量的从理论、实验到工程现场的统计分析研究, 取得了许多重要的理论成果和有工程实用价值的经验型、半经验型的计算方法和计算公式。在理论计算方面, 目前比较常用的计算方法仍然是基于 Prandtl 解的各种经验修正公式^[1,2]。这些方法都是建立在简单滑移线场理论基础之上并对滑移线的形式作相应假定的前提下建立极限承载力计算公式的, 一般来说仅能应用于计算地表为水平时土体的极限承载力。而对于地表为斜面、边坡等复杂边界条件时, 由

于滑动面随坡面形状、地表荷载分布特征而变化, 使上述求解方法无法直接应用, 其求解方法还仅限于有限元等数值计算方法^[3,4]。

本研究将在假定滑动面为圆弧的前提下, 建立合理的力学解析模型。通过坡脚反向虚拟荷载及荷重的增量逐次逼近的方法, 建立适用于任意复杂边界条件下的土体极限承载力的计算方法。以期对软土地基工程、沉井工程等提供借鉴。

1 力学模型及基本公式

假定: ①滑动面是圆弧面; ②滑动面经过荷载的最外端; ③所研究的为平面应变问题且土是各向同

收稿日期: 2000-09-21

Construction and Management of Municipal Traffic Infrastructure

Gao Xiangyu

(Guangzhou University, Guangzhou 510405, China)

Abstract: The function and the achievements of the departments of municipal governments in charge of construction of traffic infrastructure and management on traffic operation and control, both in United State and China, are introduced in this paper. The management mechanism and the processes of the two system are compared in the field of engineering construction and product development, etc, based on statistical data. Some problems possibly existed in this area are diagnosed according to the analysis of data. Some suggestions for the management system reform and improvement are made.

Key words: Traffic engineering; Management; Municipal construction

性的。将计算区域内的土体划分为 n 个垂直条带,在坡脚施加反向虚拟荷载 Q_n ,在坡顶施加动态荷载 $P = P + \Delta P$,从而建立如图 1 所示的计算模型。

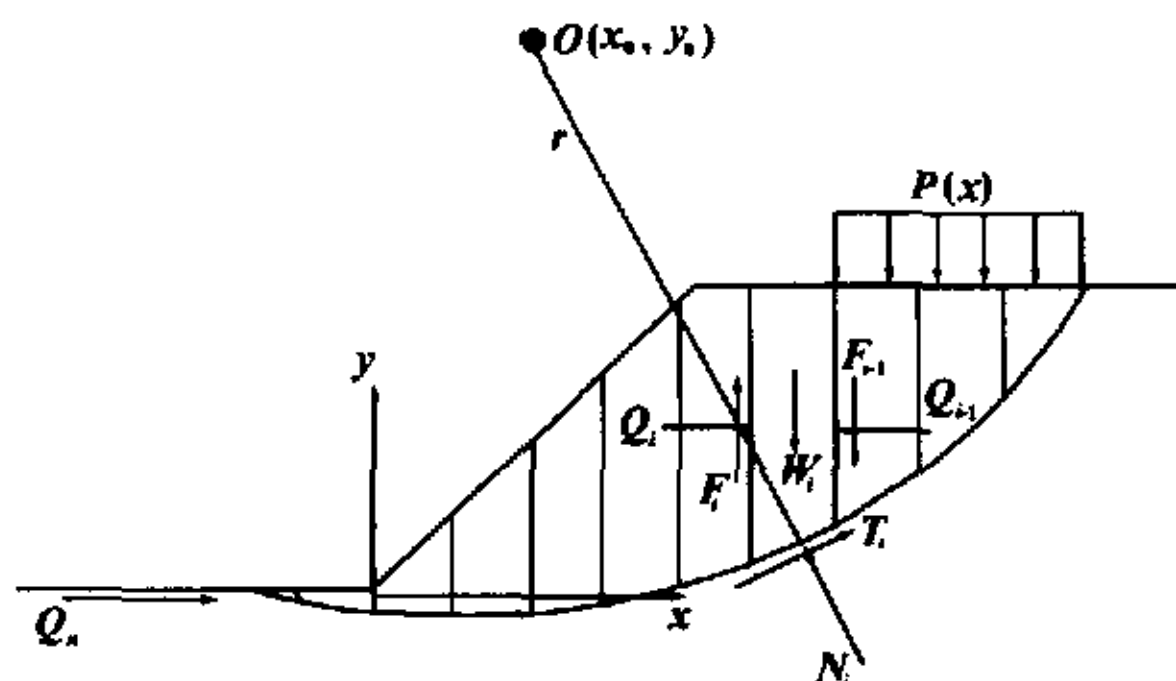


图 1 计算模型

为了不失一般性,边坡坡面可为任意曲线或折线,坡顶荷载可为任意分布荷载。假设在顶部荷载 P 及虚拟荷载 Q_n 的作用下土体沿某一滑动面处于极限平衡状态,任意条分土体满足静力平衡及临界运动条件。以第 i 条分为例,其静力平衡状态如图 2。

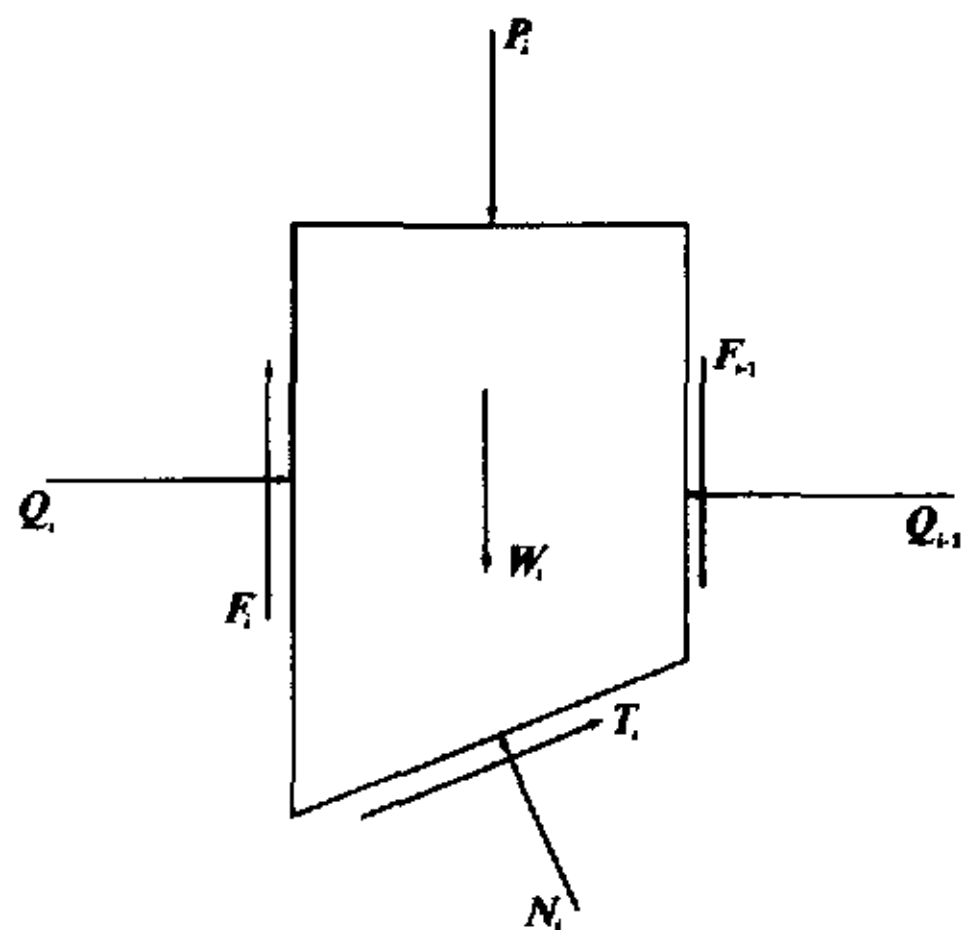


图 2 土条静力平衡及外力分布示意

由静力平衡可得临界状态下的计算公式:

$$\left. \begin{aligned} Q_i - Q_{i-1} + N_i (\tan \varphi \cos \alpha_i - \sin \alpha_i) &= 0 \\ P_i + W_i - F_{i+1} - F_i - N_i (\tan \varphi \sin \alpha_i - \cos \alpha_i) &= 0 \\ Q_{i-1} (h_{i-1}/2 + \tan \alpha_i \Delta L_i/2) - Q_i (h_i/2 - \tan \alpha_i \Delta L_i/2) + \mu \gamma (h_i^3 - h_{i-1}^3)/12(1 - \mu) - (F_{i+1} + F_i) \Delta L_{i-1}/2 &= 0 \end{aligned} \right\} (1)$$

由上式整理得:

$$\left. \begin{aligned} N_i &= \frac{S_1 + S_2 + S_3}{\Delta L_{i-1} \cdot S_4 - S_5 \cdot S_6} \\ Q_i &= Q_{i-1} - N_i \cdot S_5 \\ F_i &= P_i + W_i - F_{i+1} - N_i \cdot S_4 \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\text{式中: } S_1 = Q_{i-1} \left(\frac{h_{i-1} - h_i}{2} + \tan \alpha_i \cdot \Delta L_i \right);$$

$$S_2 = (P_i + W_i - 2F_{i+1}) \Delta L_{i-1}/2;$$

$$S_3 = \frac{\mu \gamma}{12(1 - \mu)} (h_i^3 - h_{i-1}^3);$$

$$S_4 = \tan \varphi \sin \alpha_i - \cos \alpha_i;$$

$$S_5 = \tan \varphi \cos \alpha_i - \sin \alpha_i;$$

$$S_6 = \frac{1}{2} (h_i - \tan \alpha_i \Delta L_i);$$

μ 为土体泊松比;

γ 为土体密度;

c 为土体凝聚力;

φ 为土体内摩擦角。

其余变量物理意义如图 2 所示。

由上式联合求解可得: $\{Q_i, F_i, N_i, P_i\}$ (其余为已知量)。由于上式是在虚拟荷载 Q_n 使得土体处于极限平衡状态得出的,而实际土体并不一定达到临界状态,因此每次求出的 P_i 并非一定是土体的极限承载力。同时,公式的推导是在事先假定滑动面的前提下进行的,该假定的滑动面也并非一定是最危险的滑动面。因此,实际求解过程中必须确定最危险滑动面,在此基础上计算出使得虚拟荷载 $Q_n = 0$ 时对应的土的容许荷载,即极限承载力 P 。本文采用危险滑动面追踪及基于 $P = P + \Delta P$ 的荷载增量逐次逼近的方法求解土体在任意几何边界条件下的极限承载力。

2 解析方法概要

设定初始圆心 $O(x_0, y_0)$, 确定相应的圆弧面。

设定初始垂直外荷载 P , 同时考虑到在外荷载 P 的作用下,土体并不一定能处于极限平衡状态,因此在滑动面左侧的坡脚加一虚拟力 Q_n ,迫使土体保持极限平衡状态。

按计算精度要求给出一定的 $(\Delta x, \Delta y)$, 分别令 $x = x + \Delta x, y = y + \Delta y$, 按等步长在一定范围内进行搜索设定滑动面的动态圆心 $O(x_0, y_0)$ 。

在相同外荷载 P 作用下,对于每个 $O(x_0, y_0)$ 所对应的滑动圆弧,将研究土体划分成 n 个条分,建立相应条分的静力平衡方程的一般表达式。根据初始条件按照从坡顶到坡脚的顺序依次对每个土条所对应的平衡方程进行迭代求解,计算出给定荷载 P 作用下的 Q_i, F_i , 最后求出使土体保持极限平衡状态实际所需的力 Q_n 。通过计算结果的比较,确定与最小 Q_n 相对应的滑弧(即给定 P 力作用下的最危险

滑动圆弧)。

如果计算所得对应于最危险滑动面的 $Q_n > 0$, 说明土体在荷载 P 的作用下产生滑动; 如果 $Q_n < 0$, 说明土体在 P 作用下尚未达到极限平衡状态, 这时须继续加载直至土体达到极限平衡状态。

设定加载步长 ΔP , 令 $P = P + \Delta P$, 重复以上步骤, 通过逐次逼近的方法使 Q_n 趋向 0, 此时所得的 P 就是土体的极限承载力, 滑弧为实际的滑动面。即当外荷载为 P 时, 土体沿滑弧产生滑动。计算流程如图 3。

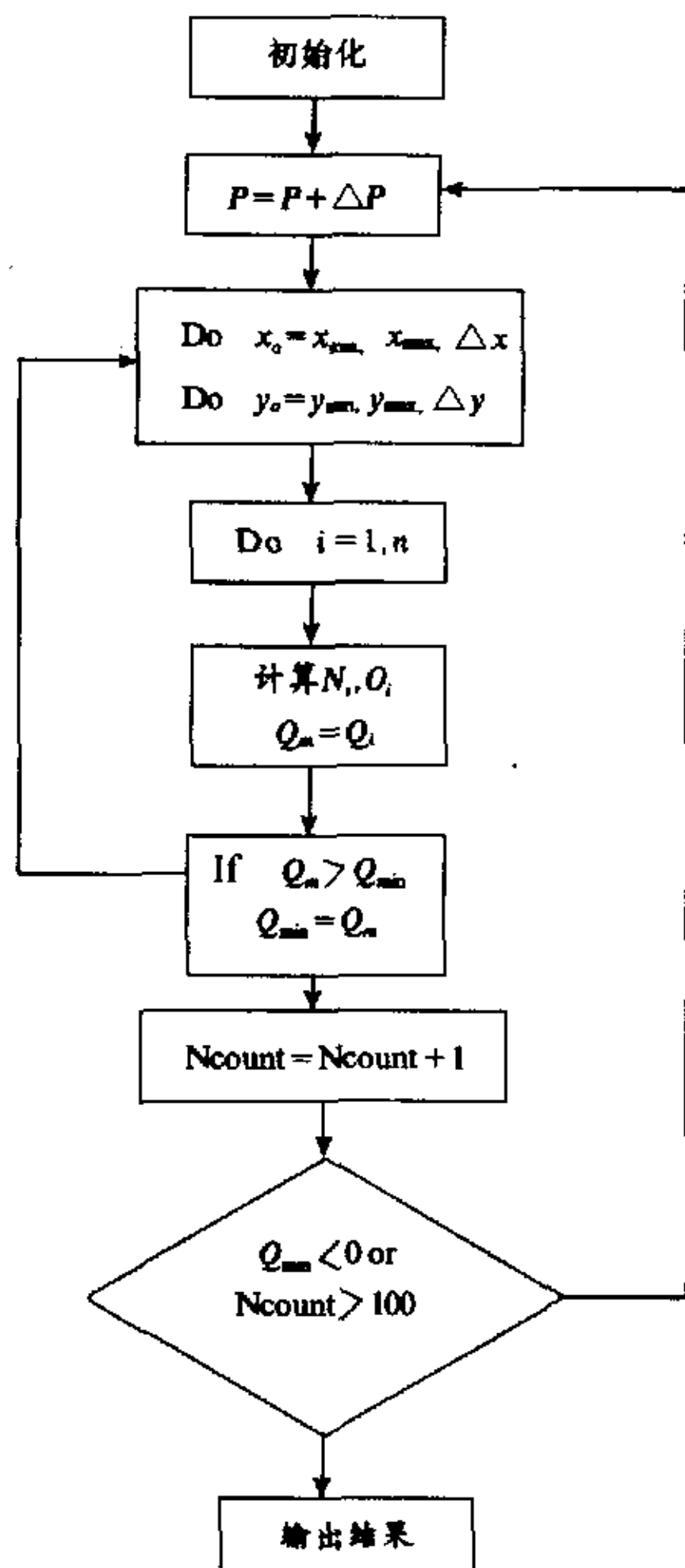


图3 计算流程

3 算例分析与考察

算例的荷载及几何边界条件如图 4。

根据前述计算方法, 将计算区域等分成 200 个铅垂土条; 假定滑移面通过荷载外侧作用点, 初步设定滑动圆弧及相应圆心; 取初始荷载 $P = 100 \text{ kN/m}$, $\Delta P = 10 \text{ kN/m}$ 。通过迭代运算即可得到相应结果如图 5。

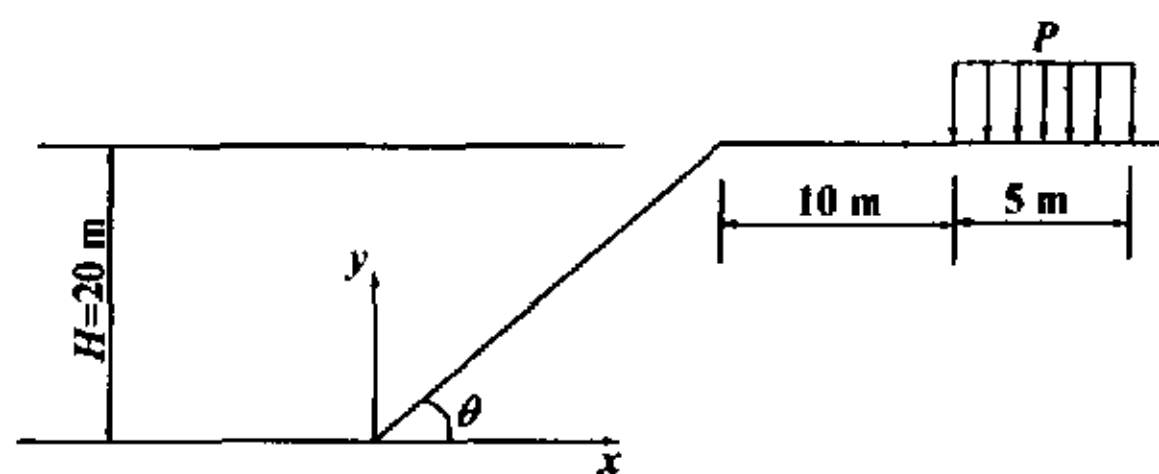


图4 算例边界条件及荷载示意

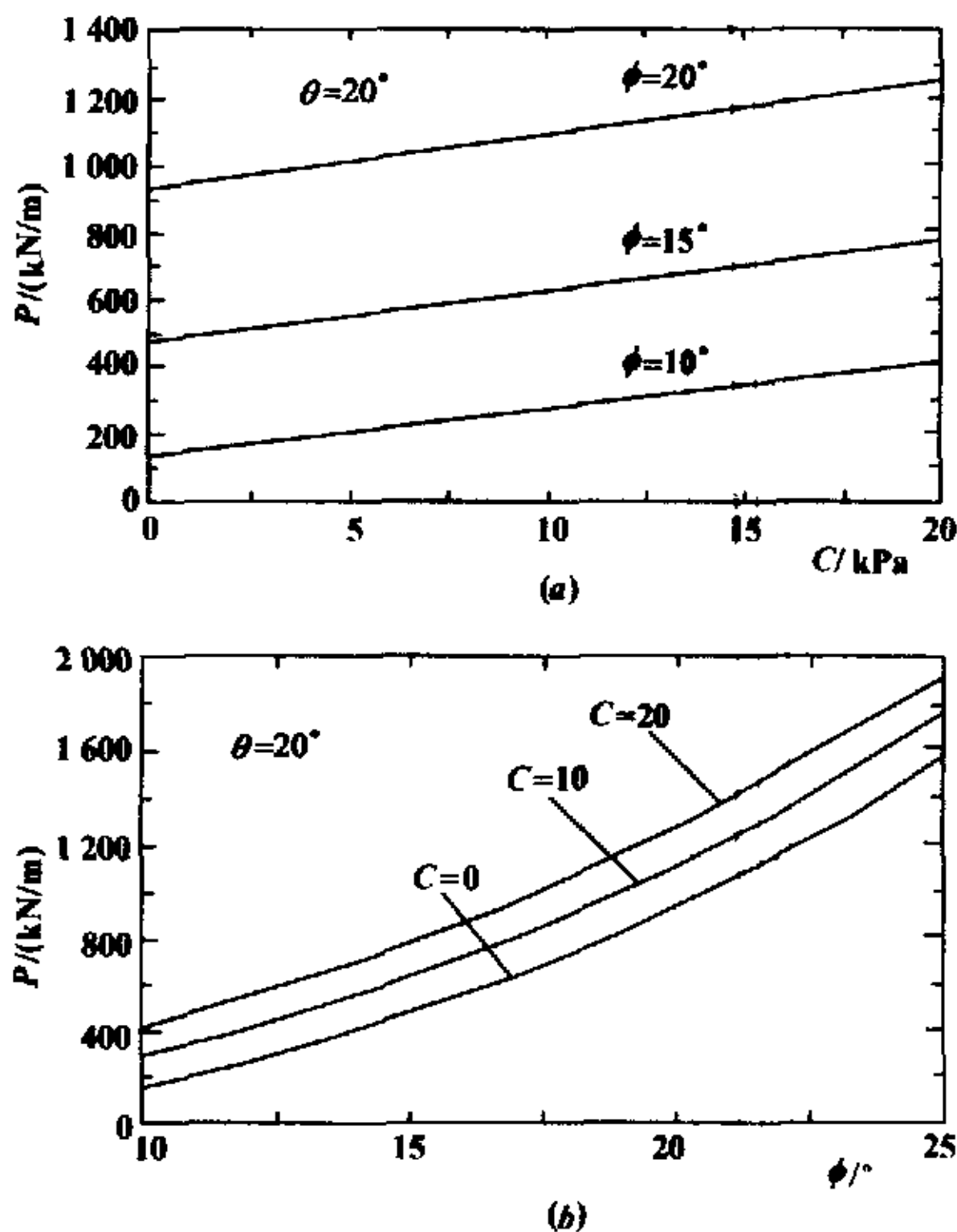


图5 不同条件下的土体极限承载力

图 5 中 P 为土体表面极限分布荷载, 图 5(a) 为一定摩擦特性下土体极限承载力随土体粘结力 C 的变化。可以看出: 一定摩擦条件下土体极限承载力与粘结力成正比。图 5(b) 为给定粘结力 C 时土体极限承载力随其内摩擦角 ϕ 的变化, 显然随着土体内摩擦角的增大其极限荷载相应地呈非线性增大。

4 结论

上述分析结果表明: 采用坡脚反向虚拟荷载及垂直荷载增量逐次逼近的方法可以有效地建立包括边坡在内的任意边界条件下平面应变问题的土体极限承载力的解析表达式。该方法求解简便, 借助计算机程序进行迭代计算即可求解出任意几何边界条件下的土体极限承载力。对坝堤极限堆物荷重、天然边

文章编号: 0451-0712(2001)03-0032-03

中图分类号: U418.67

文献标识码: B

用沥青罩面改造旧水泥混凝土路面技术

吴英俊

(铁道部科学研究院 北京市 100081)

摘 要: 以深圳市东环快速路旧路改造为例, 详述了在旧水泥混凝土路面上加罩沥青层的设计和施工经验。

关键词: 水泥混凝土; 沥青罩面; 改造技术

近年来, 城市道路的交通量和汽车载重量急剧增加, 对路面结构的损坏也日渐加重, 越来越多的旧水泥混凝土路面出现了不同程度的病害, 急需进行补强处理, 加之由于城市规模和人口的不断扩大, 许多原有道路的规划等级和功能发生了较大的变化,

老路面已不能适应城市发展的需要, 因此迫切希望对旧有混凝土路面进行彻底改造。为了有效地利用旧有水泥混凝土路面, 节约工程投资, 采用沥青罩面层补强是改善其使用性能的最有效措施。目前国内对沥青路面上加铺沥青层已有可依据的规范, 但对

收稿日期: 2000-12-26

坡顶部极限承载力等的计算有一定理论意义和实用价值。

参考文献:

- [1] 陈仲颐, 叶书麟. 基础工程手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.
- [2] 胡中雄. 土力学与环境土力学. 上海: 同济大学出版社, 1997.

- [3] 张述勇等. 土力学及地基基础. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993.
- [4] 朱伯里, 沈珠江. 计算土力学. 上海: 上海科技出版社, 1986.
- [5] 江正荣. 地基与基础施工手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [6] 郑颖人, 沈珠江. 岩土塑性力学原理. 重庆: 解放军后勤工程学院, 1998.

Computation of Ultimate Bearing Capacity in Complex Boundary by Iteration Calculating Method

Huang Xingchun, Gu Junchao

(Shanghai Communications University, Shanghai, 200030, China)

Abstract: Based on expanding the Bishop's limited analyzing method, a calculating method, which is suitable for ultimate bearing capacity under complex boundary conditions, has been established by iteration calculating method of loading increment and exerting fictitious pressure. It is shown that the method can be conveniently applied to solve the problem of ultimate bearing capacity for plane problem in any boundary conditions by results. Especially, it is suit to calculating limited load on the dikes and ultimate bearing capacity of natural slope.

Key words: Ultimate bearing Capacity; Complex boundary conditions; Loading increment and fictitious pressure