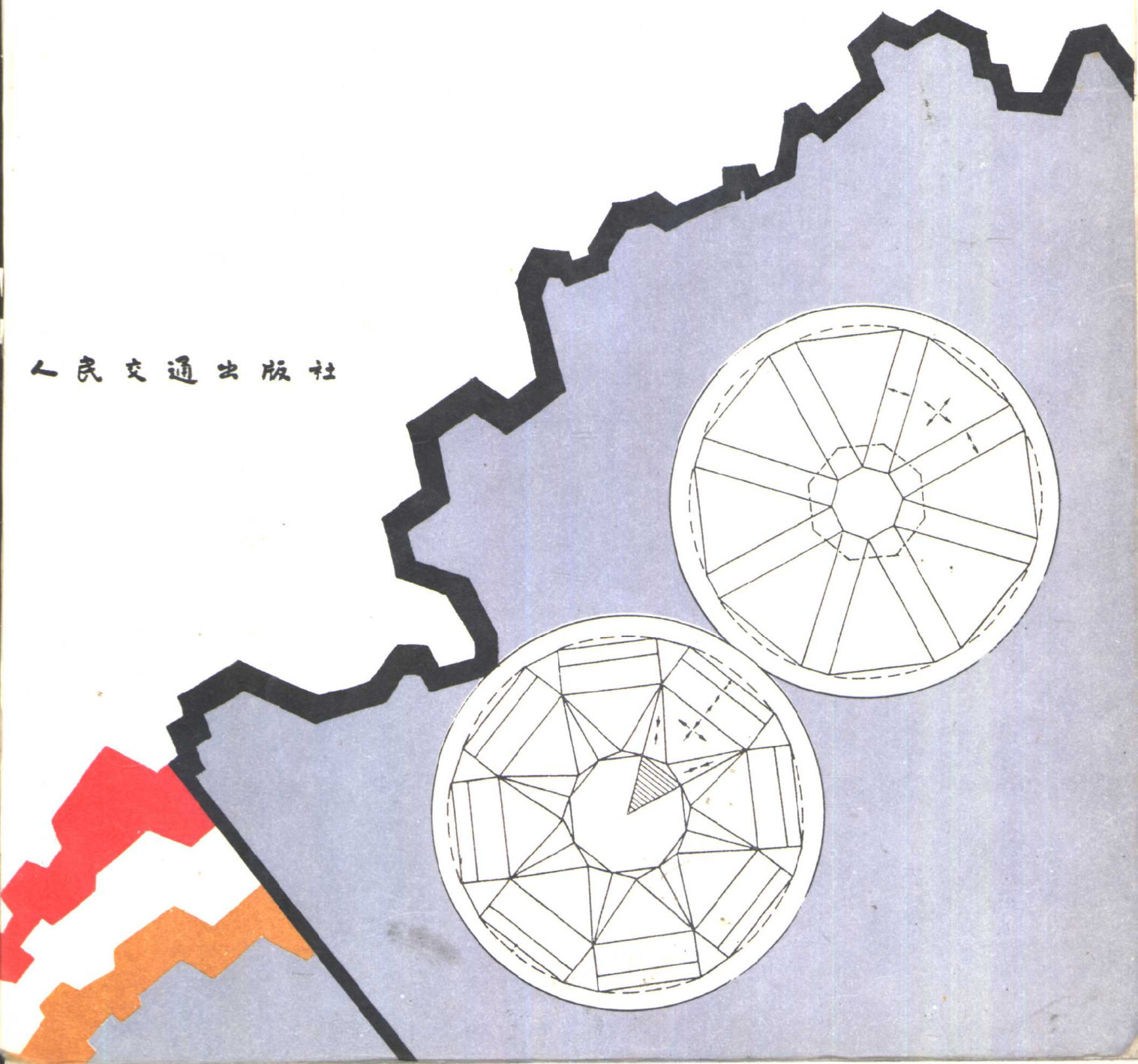


极限分析与土体塑性

陈惠发 著
詹世斌 译
韩大建 校

人民交通出版社



TJ4
C-371

极限分析与土体塑性

Jixian Fenxi Yu Tuti Suxing

陈惠发 著

詹世斌 译

韩大建 校

人民交通出版社

809570

内 容 提 要

本书阐述土力学极限分析的理论和应用,并且介绍了土体塑性理论的现代进展。在编排上,特别注意到了由浅入深的叙述方法,附有大量计算实例。

本书可供大中专院校师生、研究工作者、工程技术人员、初学者及有关专家使用和参考。

极限分析与土体塑性

Limit Analysis and Soil Plasticity

Elsevier Scientific Publishing Company, 1975.

陈惠发 著 詹世斌 译 韩大建 校

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

华燕印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:24.75 字数:620千

1995年8月第1版

1995年8月第1版第1次印刷

印数:0001—2000册 定价:38.00元

ISBN 7-114-02173-9

TU·00040

077006

中译本作者序

自本书 1975 年发表以来,已在土体*塑性理论以及在土体和类岩材料(如混凝土)问题中应用极限分析方法方面取得了重要进展,而以前却认为这些问题都超出了工程实用范围。同时,有限元分析的土体塑性理论在岩土工程问题中的应用,也蓬勃地发展起来了。极限分析与土体塑性之所以在岩土工程中被广泛接受,就在于这样的事实:在复杂受载的岩土问题的设计中,工程师根据比较简单的极限分析计算,以及采用电子计算机和迅速发展的有限元计算机程序,就能做出实际而又安全的决断。我们可以满怀信心地说,对几乎不受什么范围限制的实际问题,现在都可用极限分析方法直接计算破坏荷载,或者用有限元法得到渐进性破坏过程的完整数据。

趁出版本书的中译本之际,向中国读者提供一个简要的参考书目,我想是适宜和有用的。这些书目涉及到极限分析与土体塑性理论在土体和混凝土力学中应用的新近进展,它们在我 1975 年的原书中都没有列出。这些初期的成就已在下列两个讨论会文集和一本书中做了归纳:

R. H. G. Parry, Editor, Roscoe Memorial Symposium: Stress-Strain Behavior of Soils, Henly-on-Thames, Cambridge University, 1972.

A. C. Palmer, Editor, Proceedings of Symposium on the Role of Plasticity in Soil Mechanics, Cambridge University Press, 1973.

J. Salencon, Applications of the Theory of Plasticity in Soil Mechanics, John-Wiley, U. K., 1977

同时,在 ASCE 的讨论会及另一个国际讨论会论文集中也做了归纳:

R. N. Yong and H. Y. Ko, Editors, Limit Equilibrium, Plasticity and Generalized Stress-Strain in Geotechnical Engineering, ASCE, New York, 1981.

R. N. Yong and E. T. Selig, Editors, Application of Plasticity and Generalized Stress-Strain in Geotechnical Engineering, ASCE, New York, 1982.

G. N. Pand and O. C. Zienkiewicz, Editors, Proceedings, International Symposium on Soils Under Cyclic and Transient Loading, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 1982.

更新的研究概况可在下列书籍及评述性文章中找到:

W. F. Chen and A. F. Saleeb, Constitutive Equations for Engineering Materials, Vol. 1—Elasticity and Modeling, 1982.

此书既对本领域做了概述,又提供了相当广泛的参考文献。

* 英文“soil”一词,应译为“土体”。因台湾英文影印本书名译为“土壤”,译者拟保留此书名,在以后叙述中,“土壤”与“土体”意义相同。——译者注。

W. F. Chen and G. Y. Baladi, Soil Plasticity: Theory and Implementation, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1985.

C. S. Desai and R. H. Gallagher, Editors, Mechanics of Engineering Materials, John-Wiley, U. K. 1984.

该书对土体塑性及其计算机程序的应用做了简明而相当全面的介绍。书中还包括了“帽模型”的子程序及其算法。

G. J. Dvorak and R. T. Shield, Editors, Mechanics of Material Behavior, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1984.

W. F. Chen and W. O. McCarron, Modeling of Soils and Rocks Based on Concepts of Plasticity, AIT Symposium and Course on Laboratory Field Tests and Analysis of Geotechnical Problems, A. A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 1984.

Z. P. Bazant, Editor, Mechanics of Geomaterials: Rock, Concretes and Soils, John Wiley, U. K., 1984.

K. P. Chong and J. W. Smith, Editors, Mechanics of Oil Shale, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1984.

A. Sawczuk and G. Bianchi, Editors, IUTAM Symposium Proceedings on Plasticity Today, Applied Science, U. K., 1984.

W. F. Chen, Constitutive Modeling in Soil Mechanics, Chapter 5 in the Book on Mechanics of Engineering Materials, C. S. Desai and R. H. Gallagher, Editors, John-Wiley, U. K., 1984.

与有限元分析不同,极限分析为直接计算破坏荷载提供一个有效方法。因此,从事实际工作的工程师们对它怀有浓厚的兴趣。极限分析在钢筋混凝土结构方面的应用,登载于下列书籍和论文集中:

IABSE Colloquium Proceedings on Plasticity in Reinforced Concrete, Lyngby, Copenhagen, 1979, Vol. 28, Introductory Reports and Final Reports, Zurich, 1979.

W. F. Chen, Plasticity in Reinforced Concrete, Mc Graw-Hill, New York, 1982.

M. P. Nielsen, Limit Analysis and Concrete Plasticity, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.

理想塑性极限分析的早期应用主要局限于土体静力学。近年来,利用拟静力法已把静力学稳定性分析推广了包括地震荷载的情况。极限分析在土体动力学领域的推广情况,可在下列评述性文章中找到,这些文章论述了地震引起的滑坡问题及挡土墙结构问题:

W. F. Chen, Plasticity in Soil Mechanics and Landslide, Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol. 106, NO. EM3, 1980.

W. F. Chen and M. F. Chang, Limit Analysis in soil Mechanics and Its Applications to Lateral Earth Pressure Problems, Solid Mechanics Archives, Vol. 6, No. 3, 1981.

M. F. Chang and W. F. Chen, Lateral Earth Pressures on Rigid Retaining Walls Subjected to Earthquake Forces, Solid Mechanics Archives, Sijthoff & Noordhoff, The Netherlands, 1982.

W. F. Chen, Soil Mechanics, Plasticity and Landslides, A Chapter in the Special Anniversary Volume on Mechanics of Material Behavior to Honor Daniel C. Drucker, G. J. Dvbrak and R. T. Shield, Editors, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1984.

C. J. Chang, W. F. Chen, and J. T. P. Yao, Seismic Displacements in Slopes by Limit Analysis, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE Vol. 110, No. 7, 1984.

E. Mizuno and W. F. Chen, Plasticity Modeling and Its Application to Geomechanics, AIT Symposium and Course on Laboratory, & Field Test and Analysis of Geotechnical Problems, A. A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 1984.

W. F. Chen and T. Sawada, Earthquake-Induced Slope Failure in Non-homogeneous, Anisotropic Soils, Soils and Foundations, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 23, No. 2, 1983.

应当强调指出,极限分析方法的用途并非到此为止。由于极限分析方法能简单而有效地帮助我们感性地理解实际问题,因此,它的新用途不仅是可能的,而且还具有很强的吸引力。随着极限分析方法被越来越多的工程师用来处理他们的特殊问题,它的价值也会显得越来越高。特别是在处理实际问题时,它的直观性和新颖性具有很强的引诱力。

本书出版后,曾在土力学及岩土工程界引起了振奋。这种振奋和热情既来自从事实际工作的工程师们,也来自从事土力学和岩土工程研究的学术工程师们。通过阅读许许多多的书评,我已感受到了这一点。这些书评来自全世界的各种工程学会杂志,包括:

The Civil Engineer in South Africa

The Civil Engineering in U. K.

Geotechnique Engineering in Southeast Asia

Geoderma in West Germany

Geotechnique in U. K.

Earth Science Reviews/Atlas in West Europe

Applied Mechanics Reviews in U. S. A

及许多其它杂志。这些书评都已由出版者 Elsevier 直接转给了我。

众所周知,在岩土工程领域内,常常有一种强烈的意见是来自从事实际工作的工程师,他们认为,设计主要是根据经验和典型例证;另一种强烈的意见则来自从事学术工作的工程师,他们认为,设计首先应根据土体是弹性或塑性连续介质这一假设,再考虑土体的可能现场条件调整设计。这两方面的工程师往往坚持截然不同的观点。然而,从事实际工作的工程师和学术工程师对本书的评述却是一致的。这一事实本身就证明了根据严格的数学概念建立起来的极限平衡法,最后已融合成为理想塑性极限分析的一般定理。对于工程师和学生,这意味着在分析和计算土力学的实际稳定问题时,可以很有把握地采用这一有力的分析方法。因此我想把一些书评载入本书的中译本里是适时的,这将使中国读者更清楚地看到和感受到由于本书的发表所产生的一致观点和全部热情。

我高兴地感谢詹世斌先生把本书译成中文本。感谢我过去的学生韩大建博士为中译本做了仔细的校对。特别要感谢王仁、罗崧发、傅子智、傅淑梅、陈福顺、张民诸先生对本书翻评工作的大力支持。

陈惠发

West Lafayette, Indiana

1984年10月

书 评

评述 1(载于 The Civil Engineering in South Africa, 1976 年 2 月)

尽管我也听过并讲授过土力学的研究生的三门课程,但在阅读这一新著中,可以说我是第一次领悟到了什么是分析整个土体“结构”力学的内在统一方法或基本哲理。

毋庸置疑,只有运用以基本的、实用的和图解的简单途径为特征的极限分析,才有可能以同样的方法推导:1943 年 Tevzaghi 对带有张裂缝的边坡临界高度的解,或 Rankine 对竖直坑壁临界高度的解,或 Fellenius 于 1927 年给出的纯粘土上条形基础临界荷载的公式。该书不仅用同样的方法和清晰的观点重新推导了比较老的、经过试验的熟知公式。而且还为从事实际工作的工程师提供了更新和更肯定的有用资料。

最近所沿用的新方法,就是利用一系列图形使非均匀材料的边坡稳定分析变得极其简单,甚至当薄弱层位于加强层之下时也是如此。

然而什么是极限分析呢?极限分析一直被认为是个相当古老的方法,即试图找出最大胆和最保守的解答后,再从中确定一个解。但是,正如该书所清楚阐明的,情况并非真正如此。如果采取“过分简单化”的做法,可以把极限分析描述为求上限和下限的过程,就是说:

下限:由满足(a)平衡方程;(b)应力边界条件;(c)处处都不违背屈服准则的应力分布所单独确定的荷载,不会大于实际破坏荷载。

上限:按满足(a)速度边界条件;(b)应变与速度相容条件的假想破坏模式,使外功率与内部能量耗损率相等所确定的荷载,不会小于实际破坏荷载。

如果上限荷载与下限荷载相等,则所得到的解是准确解。

这一分析方法不仅简单,而且据我所知,对形象化地估计土体如何发生破坏也是最好的方法。该书以严格的理论推证及大量的实际例子介绍和解释了整个方法,并取得了令人钦佩的成功。

该书在内容编排上做到了使数量浩瀚的材料变得简明、有条理和合乎逻辑。全书分四个主要部分:(a)极限分析方法;(b)极限分析在经典土力学问题中的应用及(c)在混凝土块和岩石承载力问题上的进展;(d)土体塑性理论的现代进展。因此很显然,该书所包含的内容,比简单介绍极限状态分析的基本知识时要多得多。在此无须详述各部分内容。

只要提及一点就够了:这是一本综合性很强的书,但却没有一般大部头书本所犯的那种冗长而使人难以理解的弊病。虽然文体远不算优雅,往往是平铺直叙,甚至有时还弄得语法颠倒;送我评述的一册中居然有几页空白,这对一本如此有价值的书来说,简直是令人难以理解的错误。然而,即使提出这些苛刻批评,也不能掩盖这样的事实:本书很可能在其论题及标准上成为一部经典。如果所有从事于土力学及工程科学的工作人员希望自己能跻身于最新发展的前茅,而且希望用新颖的方法来代替那些古老的、有时是熟知公式的拐弯抹角的推导方法,这便是他们的一本必读书。可以肯定,本书对所有工程师,不仅对那些为求解土力学问题而致力于寻找简单而实用的分析方法的岩土工程师,而且对那些试图理解和领悟工程学的哲理及所有物理过

程的根本统一性的工程师都是很有益处的。

评述 2(载于 *Geotechnical Engineering*, 1976 年 12 月)

一些年来,陈博士在塑性力学及其在岩土工程的应用领域中是很活跃的。通过专著“极限分析与土体塑性”,表明了他本人就是这一有力的数学工具的杰出解释者之一。该书涉及的范围很广,它全面地论述了塑性理论及其在土体、岩石和混凝土的著名问题中的应用。特别是在引论中,作者精辟地概述了极限分析的基本原理,这是一个可以把极限分析方法应用到广泛工程问题的基础。

全书分为十二章,题为(1)引论,(2)极限分析的假设和定理,(3)极限分析的上限法,(4)极限分析的下限法,(5)基础的渐进性破坏,(6)条形基础的承载力,(7)方形、矩形和圆形基础的承载力,(8)主动和被动土压力,(9)边坡稳定性,(10)混凝土块或岩石的承载力,(11)混凝土、岩石和土的拉伸强度的双冲模试验,(12)土体塑性——理论和应用,毫无疑义,承载力问题一直是塑性力学工作者进行广泛和深入研究的课题。书中有四章反映了这一主题,这些出色的章节证明了作者具有把大量文献综合成一个合乎逻辑的、易读形式的非凡能力。但评述者出乎意料地发现,作者关于极限分析应用于土压力问题方面所做的研究工作甚少。运用于挡土结构的,特别是有关柔性挡土墙方面的设计方法,还有待进一步研究。极限分析法可能是预测和解释竖直柔性挡土墙中土与结构界面处性状的一个最好方法。

虽然还没有大量可靠的和恰当的试验资料可用以验证极限分析的预测结果,但在陈博士的书中,已运用可以利用的资料,特别是有关基础及其承载力问题的资料取得了良好效果。土的离心模型试验可能会为将来与理论结果进行比较提供更多的数据。但在边坡稳定性一章中缺少预测结果与现场特性的比较是不适当的,因为获得这个问题的场地观测数据并不困难(尤其是软粘土上的堤坝)。这只是对这本佳作的一点小小的批评。

陈博士的书不象是为大多数从事实际工作的工程师而写的,虽然本书提供的设计步骤比其它塑性理论书籍的更容易、更方便。本书是学术性著作,它着力于解释材料的应力-应变行为,而不是着重提供设计方法,在这方面,陈博士取得了令人钦佩的成功。他的著作在今后许多年内都会鼓励着研究工作者。尽管它的价格惊人,但人们仍将感到有必要保存一册在自己的私人图书馆内。

E. W. Brand

评述 3(载于 *Civil Engineering*, 1977 年 2 月)

本书为土力学展现了一个全新的面貌,尽管价格昂贵,还是要将它推荐给我们当中的热心者。所谓“热心者”,或许是这样的人,连他们的枕边也保存着一册“土木工程”……,但极限分析的定义也许更简单。本书涉及了土体或其它材料的塑性破坏荷载问题的发展、应用和评定。书中几乎包括了土力学稳定问题的各个方面:除了基础承载力、侧向土压力及与边坡稳定有关的问题之外,还包括了为确定混凝土和岩石承载力方面的过去从未发表过的最新进展。

土体塑性理论是近 200 年前由库仑建立起来的,这已为 Terzaghi 的文献所证实。相反,本书作者并没有试图去深入论述这个题目。对金属塑性的研究,不象土压力理论那样会遇到一些不能令人满意的问题,而是引进流动法则把应力与应变率联系起来。几十年前,金属塑性理论的研究经历了一个独立的演进过程,现在又回过头来拯救土体塑性的许多“脆弱”的理论。在此书中,令人兴奋地看到了这一未来发展途径的苗头,这将使我们能更好地理解粘土、非粘土、混

凝土和岩石等在应力作用下的行为。

迄今还沿用的许多经验公式看来是过时了,现在,可将极限分析的一般理论应用到土体和岩石的塑性力学中。从这种意义上讲,回忆一下 Roscoe 等人关于土体塑性力学的简单等向强化方面的论著是适宜的。见“土体的应力-应变行为”(剑桥大学出版社)。

该书是土力学中的一个里程碑。在 638 页篇幅中,包括了极限分析的一般理论,详细描述了极限分析方法,并列举了许多实际例子。为便于直接应用,已把近年来的许多新发展概括成图表形式。该书还介绍了这些理论在近年来用于有限元法中所取得的成就,并指出了如何进行大量的分析运算,以便用更好的模型逼近真实情况。当工程师们运用该书所阐述的极限分析方法求解自己的特殊问题时,就会发现其更高的价值。

工程师越是熟悉这本参考书,它的价值就显得越大。本书是一本值得订购和保存的佳作。

评述 4(载于 *Geoderma*, 15(1976))

阅读本书后得到这样一个印象:看来作者对最近两个世纪来发表的关于土力学问题的庞大数量的科学成果具有渊博的知识。作者在什么地方解释近 20 年来的最新发展,就在什么地方引用许多关系式及有关结果。曾对这些发展做过贡献的只是少数人。该书的目的是以有条理的、系统的方式向公众介绍近年来的最重要的成果。本书包含两个主题:渐进性破坏和极限分析。

为了使读者对受载土体从零载增加到破坏荷载的整个过程所发生的各种现象有一个清楚的物理概念。该书用了一部分篇幅详述了渐进性破坏解,虽然这些解是用现代计算技术和土的数学塑性理论获得的,但这里所发表的内容却具有相当的广泛性,并且避免了罗列不必要的公式。

在说明了物理背景之后,作者集中地论述了破坏荷载的求法。这时提出了极限分析进行讨论。极限分析是一个能求出破坏荷载上限和下限的方法。在上、下限之间有一个破坏荷载的准确解。精确的分析可导致上、下限相互逼近,从而对破坏荷载给出一个更好的估计。为寻找上、下限所需要的计算,是根据下面的定理进行的:

(1)由任何静力许可应力场确定的荷载,不会大于实际破坏荷载(下限定理)。

(2)对任何运动许可速度场,根据外功率与内部能量耗损率相等求出的荷载,不会小于实际破坏荷载(上限定理)。

导出静力许可应力场及运动许可速度场是极限分析的技能。按照作者的意思,极限分析的优点如下:

(1)无论一个问题的几何形状及荷载条件多么复杂,总能获得破坏荷载的一个实际值。

(2)应用起来比较简单。

(3)能向工程师提供一个破坏模式的清晰图形。

(4)通过与现有的满意解做数值比较的方法,证明所获得的许多解是有依据的。

作者约用 150 页的篇幅叙述了极限分析的定理和推导静力许可应力场及运动许可速度场的技巧。这一部分内容可看作是学习如何应用极限分析的教科书。由于避开了数学上的复杂性,阅读这部分只需具备土力学的基本知识。约用了 250 页篇幅论述极限分析在熟知的“经典”土力学问题上的应用,包括求基础承载力、侧向土压力及边坡稳定问题。书中介绍了许多极限分析解,并与传统方法的结果做了比较。在好几个场合中,极限分析已达到了可靠性、完整性的水平,其结果已在表格中列出。

有两个方面应进一步引起注意:第一,关于充分描述松散土的应力-应变关系的弹性-塑性应变强化模型的论述;第二,关于用新的、非直接试验确定土的拉伸强度的论述(迄今,在土力学有关领域中,对土的拉应力注意极少)。

该书可以认为是土力学工作者不断趋于采用极限分析方法的一个里程碑,因为它是第一本,也是唯一的一本论述这一主题的参考书。可以把该书推荐给对计算破坏荷载有兴趣的任何人。该书既可作为处理各种应用问题的手册,又可作为教科书,它把两者很好地结合了起来,肯定会被收藏到土力学书籍的宝库中。

A. J. koolen (Wageningen)

评述 5(载于 *Geotechnique*, 1976 年 3 月)

该书是对土力学论著的最受欢迎的一个补充。它包含了极为丰富的材料,这些材料又是从事于计算土木工程中的极限荷载的所有工程师们所特别感兴趣的。全书共十二章,分为四大部分。

第一部分(第一至四章),论述极限分析方法的基本原理及其发展。前两章对现有极限分析法所用的基本假设及定理做了清晰的解释。在这里,对证明上、下限定理所用的方法,明确了其正确性是依赖于“凸性”和“正交性”这样一些概念。同时,与不一定服从正交法则的 $c-\phi$ 材料有关的基本定理,也得到了证明。第三、四章介绍了求上、下限解的各种方法的发展,并附有许多实际例子。

第二部分(第五至九章),论述极限分析方法在经典土力学问题,诸如承载力、侧向土压力及边坡稳定问题中的应用。其中,有三章(第五至七章)着重论述承载力问题,这在现有方法中可算是处理这个问题的最全面的论述,尽管分析是限于“总压力”范围,也未包括对倾斜的及偏心受载的基础性状的分析。该书对上述问题的极限分析结果,与传统的平衡分析和滑移线解的结果在各变量变化很广的范围内做了全面的分析比较。

第三部分(第十和十一章),把极限分析成功地应用到了混凝土块及其它类岩材料的承载力问题中。对**双冲模试验**(一种新型的试验)和确定混凝土、岩石及土体拉伸强度的圆柱分裂试验的解析解和试验结果都做了介绍。

第四部分(第十二章),论述本构模型的现代发展。本构模型可代表土体和类岩材料的弹性、塑性、工作强化及断裂行为。书中介绍了三个描述类岩材料(如混凝土)行为的模型:Drucker 和 Prager 的弹性-理想塑性(广义 Von Mises)模型;Roscoe 和 Burland 的弹性-塑性应变强化模型以及弹性-塑性应变强化-断裂模型。这些模型的公式在有限元分析中的应用也做了描述。

这本 638 页的书虽然很贵,但无论如何也会受到大学教师、研究工作者以及从事实际极限分析的土木工程师们的热烈欢迎。

R. G. J

评述 6(载于 *Earth Science Reviews/Atlas* 12-1 和 *Applied Mechanics Reviews* Vol. 29, 1976 年 5 月)

本书主要是论述极限分析的理论及其在土力学的重要实际问题中的应用。第一章,定量地介绍了极限分析方法,以及一些最优秀的先驱者。第二章,仔细地讨论了极限分析法的基本假设,同时介绍了两个基本定理和几个重要推论。第三章,讨论了土力学中对 Tresca 和库仑材料应用极限分析的运动学定理的各种方法,所考虑的破坏机构包括了被薄层变形材料,或均匀或

非均匀变形区分隔的刚性块相对运动。还描述了从一个给定类型的机构求得破坏荷载的最小的可能上限的方法。第四章,透彻地讨论了可获得破坏荷载下限的静力定理。这两章是下两章处理基础承载力问题的一个导论。第五章,运用与增量积分相关联的有限元法所获得的结果,讨论了刚性基础下各类土层的渐进性破坏过程(数值分析过程的细节在第十二章叙述)。特别有意义的是,书中把与数值解得到的极限荷载相对应的速度场同 Prandtl 和 Hill 所建议的场做了比较。

第六至九章,论述了条形基础的承载力(第六章)、矩形和圆形基础的承载力(第七章)、作用在挡土墙上的主动和被动土压力(第八章)及边坡稳定性(第九章)。从处理土力学中设计问题的工程师们的观点看,占 235 页篇幅的这四章组成了本书最有价值的部分。书中详尽地分析了大量的专门例子,而且明确地指出了所考虑的应力场或破坏机构在什么条件下能对破坏荷载提供一个严格的下限或上限,或仅仅是一个近似值。许多图表给了这些结果的应用以很大方便。对许多典型问题的极限分析结果,均与早期方法所获得的结果做了比较。认真阅读过这四章的读者,都不会对在土力学和金属塑性中运用极限分析的许多技巧感到生疏。

第十章,讲述了混凝土块和岩石的承载力。这里使用的屈服准则是库仑应力准则加上零拉伸截断或者小拉伸截断。由常应力三角形网格组成的静力许可应力场是特别有趣的。书中对计算的承载力均与试验结果做了比较。第十一章,讲述了岩石、混凝土及土体的分裂试验和双冲模试验。

第十二章,讨论了土体理想塑性的广义 Von Mises 模型、土体的弹性-塑性应变强化模型及混凝土的弹性-塑性应变强化-断裂模型,并用有限元法对土层上的刚性基础和受冲模压入的混凝土块的平面应变等问题进行了增量法处理。

这本杰出的专著,不仅可用作土力学极限分析方面的有价值的参考书,而且也是一本极好的极限分析教材,尽管大多数例子取自土力学。

William Prager, 瑞士

评述 7(载于 *Applied Mechanics Reviews*, Vol. 32, 1979 年 1 月)

Drucker 教授在本书的序中说:“作者把这个领域中迄今只为少数人所熟知的许多内容,用统一的方法做了综述”,这是完全正确的。评述者想进一步强调“用统一的方法”这种提法,因为本书达到了高水平教科书和组编良好的专著的要求。

全书分四大部分。第一部分,讲述了极限分析方法,这是处理困难的土力学问题的有力工具。作者还对这一论题进行了历史性回顾,并且详述了极限分析中最重要的现代技巧。整个论述是由简到繁,以便于读者真正理解这个方法,所列举的许多例子也是为了对这一方法加深理解。

在第一部分做了充分地准备之后,第二部分便论述极限分析在最重要的土力学问题(基础承载力、侧向土压力及边坡稳定问题)中的应用。许多近年来发展中很有价值的结果均概括成图表形式,以便于直接应用。评述者要强调的是,书中包含了各向异性及非均匀土的许多解答,而这些结果大部分都是由作者获得的。很重要而又很有价值的一点是,本书与本领域中的其它论著不同,作者把极限分析的结果与传统的极限平衡解和滑移线解进行了比较和讨论。

第三部分,论述了混凝土块及岩石承载力问题的新进展,而这些内容从未以书著形式讨论过,大部分结果也是由作者所获得。

第四部分,介绍了土体塑性理论的现代进展,讨论了土体的两个弹性-塑性模型及混凝土的一个弹性-塑性-断裂模型,还介绍了由有限元法得到的数值解以及极限分析解。

我们满意地看到作者如何驾驭了最困难的问题。他提出了清晰的、有启发性的论述。本书将肯定会促进极限分析方法在实际工作中的应用,因为在论述时,总是从问题的基本要素开始演示解法,而又以实际应用结束。可以把本书推荐给多少与土力学有关的工程师。书的纸质及印刷极好,与 Elsevier 出版的(岩土学工程的发展)系列很相配。

A. Kezodi,匈牙利

序

我很高兴地向读者推荐这本基础理论与实际应用相结合的、内容极其广泛的著作。从中你会了解到有关土力学和混凝土的极限分析、理想塑性和一般塑性理论的基本概念,以及关于这些理论的有益的历史回顾和详细的发展过程。凡是直接关心土体和基础问题的工程人员,都可以查到许多以标准土力学词汇表示的有用的数据表及这些数据的有效性的理论依据。

或许你对土体并不很感兴趣,但又想学会在结构和机械中运用传统的塑性极限分析法,本书恰好为你提供了极好的材料。作者把这个领域中迄今只为少数人所知的许多内容,用统一的方法做了综述,而陈惠发教授自己在这领域中也做出过不少贡献,提出了一些很有价值的观点和方法。

学生、研究者、工程人员、初学者和有关专家,都可在阅读本书和今后参考本书时大获裨益。

D. C. Drucker

前 言

本书专门论述了适用于土力学的极限分析理论和应用。还介绍了土体塑性理论的现代进展。第五和十二章所述的关于土体塑性和类岩材料(如混凝土)的某些资料,事实上是首次发表。

本书内容大致分为四部分。

第一部分是第一至四章,从回顾极限分析的历史和提出基本假设开始,详述了极限分析的方法,包括现代极限分析方法的各个方面。这些方法均用许多例子做了说明。

第二部分是第六至九章,讨论了极限分析在所谓“经典土力学问题”上的应用,包括:(1)基础承载力;(2)侧向土压力问题;(3)边坡稳定性。为了便于直接运用,已把许多近期的研究成果归纳成图形或表格形式。在许多情况下,还把极限分析解与常用的极限平衡和滑移线解进行了比较和讨论。

第三部分是第十和十一章,论述了关于混凝土块和岩石承载力问题的最新进展(以前从未著作论述过),介绍了各种混凝土承载力问题的理论和试验结果。

第四部分是第五和十二章,讨论了土体塑性理论的现代进展。第十二章介绍了土体的两个弹性-塑性模型和混凝土的一个弹性-塑性-断裂模型。第五章给出了用有限元得到的数值结果和极限分析解。某些混凝土块的有限元解在第十一章介绍。

在编排上,特别注意到了由浅入深的叙述方法。在阅读第一至十一章时,要求读者具有土力学和弹性理论的一些基本知识。阅读第十二章则要求读者具有一些塑性理论和有限元法的知识。

事实上,本书是靠全国科学基金会(National Science Foundation)对里海大学弗里茨工程试验室(Fritz Engineering Laboratory, Lehigh University)的土体塑性研究工作给予了资助才得以完成。在此课题下完成的一分题为**土力学的极限分析和极限平衡解**的综述报告,构成了本书的初稿。另外,还从研究本课题的我的许多学生中得到了很多收益,特别值得提出的有 H. L. Davidson, A. C. T. Chen, T. Atsuta, N. Snitbhan, J. L. Rosenfarb 等博士和 M. W. Giger, S. Covarrubias, C. R. Scawthorn, B. E. Trumbauer, T. A. Colgrove, J. L. Carson, M. W. Hyland 等先生。书中包括了许多为此课题准备的以“技术报告”形式首次发表的结果。第五和十二章主要是以 Davidson 和 A. C. T. Chen 博士的论文为基础写成的。Snitbhan 先生阅读了全部原稿,并提出了许多合理的建议。

我的同事、学生、朋友以及我在里海大学土木工程系为研究生讲授塑性课程所取得的经验,都对形成本书有很大影响。我永远难忘有幸受教于布朗大学的 D. C. Drucker。我十分感谢 H. Y. Fang 教授的热情支持和有益的建议。

谨对 Shirley Matlock 小姐迅速无误地打印出原稿表示诚挚的谢意。

陈惠发

1974年2月于宾夕法尼亚伯利恒

目 录

中译本作者序

书评

序

前言

第一章 引论	1
--------	---

1.1 引言	1
1.2 滑移线法和极限平衡法	3
1.3 极限分析法	4
1.4 土体塑性理论的简要历史回顾	7

第二章 极限分析的假设和定理	9
----------------	---

2.1 引言	9
2.2 理想塑性假设和库仑屈服准则	9
2.3 土体变形的运动学假设和流动法则的概念	15
2.4 小变形假设和虚功方程	19
2.5 极限分析定理	20
2.6 服从非相关流动法则的材料的极限定理	24

第三章 极限分析的上限法	28
--------------	----

3.1 引言	28
3.2 由窄过渡层隔开的刚性块的滑动	29
3.3 均匀变形区与刚性块滑动的混合	38
3.4 非均匀变形区与刚性块滑动的混合	44
3.5 假想机构的最小解的评定	54
3.6 耗损函数	60

第四章 极限分析的下限法	65
--------------	----

4.1 引言	65
4.2 莫尔图和基本关系式	66

4.3 应力间断	69
4.4 Tresca 材料间断面上的跃变条件	72
4.5 库仑材料间断面上的跃变条件	75
4.6 视为铰接桁架的间断应力场——Tresca 材料	78
4.7 视为铰接桁架的间断应力场——库仑材料	83
4.8 用图解法构造间断应力场	90
4.9 求解重叠间断应力场问题的组合方法	92

第五章 基础的渐进性破坏 99

5.1 引言	99
5.2 带缺口的拉伸试样的平面应变(Von Mises 材料)	100
5.3 冲模压入矩形块问题(平面应变情况, Von Mises 材料)	102
5.4 不排水粘土层上的均匀条状荷载(Von Mises 材料)	105
5.5 弹性土层的刚性条形基础	107
5.6 不灵敏粘土的超固结层上的刚性条形基础(广义 Von Mises 材料)(Davidson, 1974)	109
5.7 不排水粘土层的刚性条形基础(Von Mises 材料)(Davidson, 1974)	116
5.8 弹塑性应变强化层上的刚性圆柱冲模(等向强化的 Von Mises 材料)	121
5.9 简要的历史概况	123
5.10 摘要和结论	124

第六章 条形基础的承载力 126

6.1 引言	126
6.2 极限分析法、滑移线法和极限平衡法	127
6.3 土体的控制参数	131
6.4 一般 $c-\varphi-\gamma$ 土上条形基础的承载力	132
6.5 无粘性土上条形基础的承载力(N_c 系数)	145
6.6 $c-\varphi$ 无重土上条形基础的承载力(N_c 和 N_q 系数)	159
6.7 用滑移线法确定承载力	166
6.8 非均匀和各向异性土上的基础承载力	170
6.9 摘要和结论	175

第七章 方形、矩形和圆形基础的承载力 177

7.1 引言	177
7.2 半无限介质上的方形、矩形和圆形基础——下限解	177
7.3 半无限介质上的方形和矩形基础——上限解	178
7.4 有限块上的方形和圆形基础——下限解	181
7.5 有限块上的方形和圆形基础——上限解	184

7.6	半无限土层上的方形和圆形基础——下限解(Shield,1955c)	186
7.7	半无限土层上的方形和圆形基础——上限解(Shield,1955c)	191
7.8	用滑移线法求圆形基础的承载力	195
第八章 主动和被动土压力		204
8.1	引言	204
8.2	竖直挡土墙问题的库仑解	205
8.3	一般挡土墙问题的库仑解(图 8.7a)	210
8.4	双三角形机构(图 8.8)	212
8.5	对数夹层机构(图 8.9 和 8.10)	215
8.6	圆弧夹层机构(图 8.12)	218
8.7	结果的讨论	221
8.8	与已知解的比较	227
8.9	土压力表	233
8.10	摘要和结论	243
第九章 边坡稳定性		244
9.1	引言	244
9.2	通过坡趾的对数螺旋机构	246
9.3	通过坡趾下方的对数螺旋机构	251
9.4	各向异性和非均匀土坡的稳定性	256
9.5	临界滑动面的形状及其相应的正应力分布	268
9.6	摘要或结论	274
第十章 混凝土块或岩石的承载力		275
10.1	引言	275
10.2	简化材料模型	276
10.3	用零拉伸截断改进的库仑应力准则(图 10.8a)	279
10.4	用小而非零拉伸截断改进的库仑准则(图 10.8b)	280
10.5	在条状荷载下的承载力——上限解	281
10.6	在条状荷载下的承载力——下限解	284
10.7	三维的方形和圆形冲模——上限解	286
10.8	三维的方形和圆形冲模——下限解	288
10.9	摩擦对物块承载力的影响	292
10.10	带有同心缆索孔槽的混凝土块(图 10.4a)	292
10.11	带有偏心缆索孔槽的混凝土块——小偏心率情形(图 10.4b)	295
10.12	带有偏心缆索孔槽的混凝土块——大偏心率情形(图 10.24b)	297