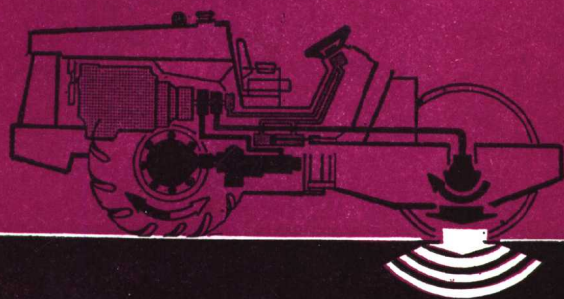


[瑞典]L.福斯布拉斯德
甘杰贤 卢锡忠
秦丽芳 刘书民
甘杰贤 张富德

著
译
校

土石填方的 振动压实



人民交通出版社

Tushi Tianfang de zhendong Yashi

土石填方的振动压实

[瑞典]L.福斯布拉德 著

甘杰贤 卢锡忠 译

秦丽芳 刘书民

甘杰贤 张富德 校

人民交通出版社

VIBRATORY SOIL AND ROCK
FILL COMPACTION

Lars Forssblad

Copyright © Dynapac Maskin AB

Printed by Robert Olsson Tryckeri AB

土石填方的振动压实

[瑞典]L. 福斯布拉德 著

甘杰贤 卢锡忠 秦丽芳 刘书民 译

甘杰贤 张富德 校

人民交通出版社出版

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: 6.25 字数: 128 千

1986年2月 第1版

1986年2月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—3,000 册 定价: 1.50 元

内 容 提 要

本书主要叙述了土石填方的振动压实的基本理论和方法，同时还介绍了振动压实机在各种情况下的应用。书中的许多技术数据和经验对于道路、建筑、港口等工程的基础设计和施工很有参考价值。

本书可供道路、建筑、港口等土建技术人员参考，也可供建筑机械和筑路机械技术人员以及有关院校的师生参考。

中译本序言

利用振动压实土、碎石、砾石、砂和沥青混和料等筑路材料和其他建筑材料是一门从五十年代才逐步发展起来的新技术。通过振动压实的公路路基和路面、铁路路堤、建筑物基础以及土石坝工程、机场跑道等，具有压实质量好、承载能力强、使用寿命长、维修费用少等优点。因此，这种新的工艺，许多工业先进的国家六十年代就已广泛采用；我国由于缺少振动压实设备，直至近年来才刚刚开始采用。

1983年我厂秦丽芳工程师参加瑞典DYNAPAC公司在北京的技术座谈会时，获得一本该公司研究部主任L·福斯布拉德博士的原著“VIBRATORY SOIL AND ROCK FILL COMPACTION”（1981年版）。我们阅读后觉得是一本关于振动压实方面比较好的参考书，于是组织力量把它翻译出来，以满足从事振动压实工作的技术人员的需要。

本书是作者从事土石等材料振动压实研究工作几十年经验的结晶。书中主要论述了振动压实的基础理论和振动压路机的应用，特别着重于实际应用方面。书中还列举了许多振动压实的经验数据和振动压路机在各种具体条件下应用的示例，可供设计、选择和使用振动压路机时参考。

本书第8、9两章由秦丽芳工程师翻译；第11章由卢锡忠工程师翻译；第15、16、17、19章由刘书民工程师翻译；其余各章由甘杰贤工程师翻译，全书由他统校定稿。本书还特请中国公路桥梁工程公司张富德总工程师帮助详细审校一

遍，改正了译稿中的一些错误，在此向他表示感谢。

预计本书在国内出版后，对我国当前推广土石等材料振动压实工艺，加速发展振动压实设备，将起到一定的促进作用。本书可供从事振动压实研究和施工的技术人员，大专院校建筑机械和土木建筑、水利工程专业的师生参考。

由于我们水平有限，经验不足，译文中尚难免有不当之处，敬请读者批评指正。

洛阳建筑机械厂总工程师 陈世林

1984年11月

目 录

1.前言	1
2.土的压实原理	3
2.1 土类和含水量	4
2.2 压实度	7
3.土的分类	8
3.1 颗粒尺寸和级配	8
3.2 稠度试验	11
3.3 土的分类法	11
3.4 土的成因	17
3.5 特殊类型的填方材料	18
4.实验室和现场试验	20
4.1 实验室试验	20
4.2 现场试验	30
5.规范	38
6.土的压实原理和方法	43
7.振动压实机及其压实效果	49
7.1 设备的类型	49
7.2 振动压路机的压实效果	55
7.3 不够确切的一些参数	66
7.4 术语和标准	67
8.应用	68
8.1 筑堤工程	69

8.2	基层和底基层	88
8.3	狭窄面积和小型工程的碾压	94
9.	生产率计算	97
10.	关于压实工作的意见和指导原则	103
10.1	取土坑的调查和工厂加工	103
10.2	挖掘、运料和摊铺设备	106
10.3	含水量的调整	109
10.4	下层土的调整	110
10.5	气候条件	110
10.6	土的体积	111
10.7	挑选合适的压实设备	112
10.8	现场压实试验	113
10.9	振动参数的检查	116
11.	特殊情况的应用	118
11.1	干压实	118
11.2	深压实	121
11.3	水下压实	128
11.4	边坡压实	130
11.5	压路机压实混凝土	132
11.6	加筋土和钢管涵周围的压实	135
11.7	冬季压实	137
11.8	煤的压实	141
12.	振动压路机上的压实计	142
12.1	测量原理	142
12.2	用实验室试验鉴定	144
12.3	瑞典在砂和砾石上的试验	145
12.4	影响试验结果的因素	146

12.5	压实计的校正	147
12.6	现场试验	148
12.7	测试压路机	150
12.8	结论	151
13.	在压实工作中能量的消耗	153
13.1	计算原理	153
13.2	与实验室试验数据比较	156
13.3	结论	157
14.	机械费用的计算	158
14.1	固定费用	158
14.2	运营费用	159
15.	机械在特殊条件下工作	162
16.	适用于牵引拖式振动压路机的拖拉机规格	165
17.	振动压实机械引起的地面振动对建筑物的损害	168
17.1	基本规律	168
17.2	安全标准	170
17.3	地面振动的测定	173
17.4	检查	174
17.5	沉陷	174
17.6	结论	175
18.	由于振动压实对管道、墙壁及其它结构物产生的负荷	176
19.	附录	178
20.	参考文献	180

1. 前 言

压实是建筑和土木工程施工的一个重要组成部分，尽管压实费用在整个建设费用中所占比例不大（一般不到5%），但是，压实时采用的压实方法，对建筑物的安全、质量和寿命有着决定性的影响。

有效的压实能显著地改善填方工程的承载能力和稳定性，提高不渗透性，在多数情况下，几乎可以消除沉陷。因此，压实使土具有足够的稳定性，以承受永久荷载和交通荷载。压实还可以大量减少街道、道路和机场的养护费用。

填方材料大小不同，从颗粒小于0.002mm的粘土，直至1m或尺寸更大的石块填料。它们也可以是用水泥、石灰或沥青产品稳定过的土。此外矿渣和粉煤灰，以及其它残余产物、废料或再生料，也将越来越普遍地用作填方材料。煤堆为了防止自然燃烧，有时也必须进行压实。

由于被压实材料的性质存在着很大的差异，加之施工现场和气候条件大不相同，因此，对于压实规定一些简单而通用的规则在某种程度上说是不可能的。所以，在许多情况下要进行压实机械的挑选。

现在振动压实已经得到越来越广泛的应用，振动压实机的销售额已占整个压实设备销售额的大约70%。

本手册的主要目的是叙述振动压实的基本原理和实际应用，为压实工作的设计、操作、控制提供依据。近年来振动

压实的许多新的应用，例如石方填筑、水泥稳定土、干砂、粉土、粘土等的压实方面，已有了更大的发展。

沥青面层的振动压实属于另一个发展领域，另在其他著作中论述。

2. 土的压实原理

压实是指通过施加外力，增大某种材料的密度。土由矿物颗粒和孔隙所组成，通常部分孔隙被水分所填充，如图2.1。压实时土中颗粒发生位移，孔隙体积减少。在粗颗粒土中，水分被挤压出来。

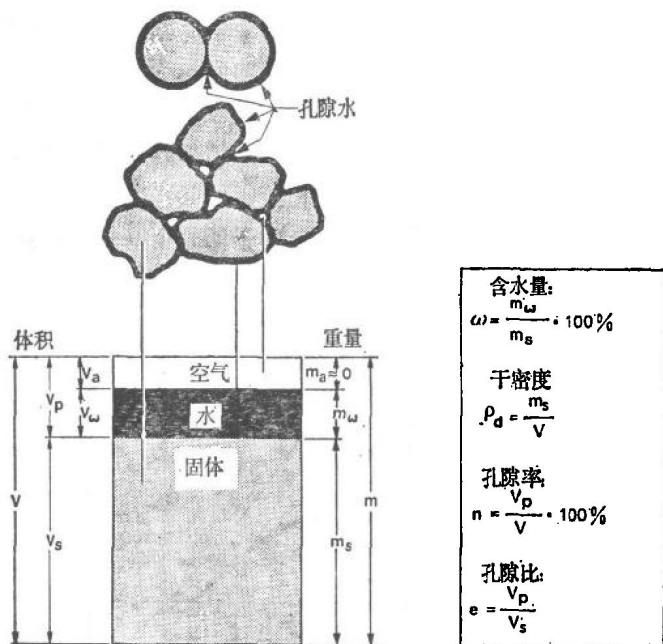


图2.1 土的结构和基本定义

决定压实效果最重要的因素是：

- 材料的种类
- 含水量（湿度）
- 压实方法和施加能量

2.1 土类和含水量

当使用同一方法压实不同含水量的土时，其所得密度很大程度上取决于土的含水量。密度的计算通常象图2.1那样，以土的干密度表示。关于试验室土压实的标准方法将在第4章中叙述。粉土的正常压实曲线如图2.2曲线①所示。在低含水量时，材料的内摩阻力和颗粒间的内聚力阻碍着压实，把含水量提高一些，材料就较易压实一点，获得最大干密度时对应的含水量为最佳含水量。当水分增加超过最佳含水量值之后，土便逐渐地成为易于互相压紧的状态。可是，对于渗透性低的土，水分体积的增加导致土的密度降低。因此，图2.2密度曲线①倾斜下降。

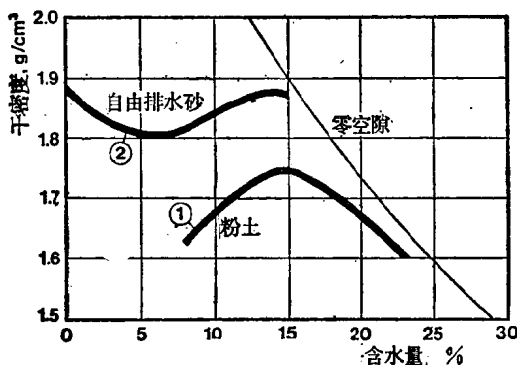


图2.2 粉土和自由排水砂实验室压实曲线

在渗透性土中，例如自由排水砂砾石，当颗粒被压紧至较高密度时，水分就被挤压出来。在此情况下，最佳含水量相当于全部孔隙被水分充填的饱和含水量。

图2.2的曲线②，是自由排水土具有的形状不同的压实曲线。它有两个最大密度的位置，其中一个在饱和含水量时；而另一个在完全干燥状态时。干燥材料的压实，实用上适用于岩石填方、轧制碎石，有时也适用于砂砾石的压实，见11.1节“干燥材料的压实”。由于砂砾石的压实曲线比较平坦，在许多情况下，也可以把处于干燥和饱和含水量之间的，天然含水量的砂砾石压实至较高的密度。

压实含水量处于干燥和饱和状态之间的土时，其难度取决于毛细管力的大小，它们发生于部分水分充填的小孔隙中，使颗粒之间互相保持着“弹性连接”。这种连接的力称为视内聚力，它随颗粒尺寸的减小而增加。

在粘土和其它粘性土中，除存在着视内聚力之外，由于很小颗粒之间有分子力的作用，还存在着大量的实际内聚力。内聚力越大需要压实能量就越大。

粗颗粒材料没有内聚力，例如填石、石子、砾石和砂，它们比细颗粒土更容易压实，见图2.3。用振动压实法可以压实较厚的铺层，对于承载能力来说，它们也是最佳的填充材料并且不易受浸泡和霜冻作用的影响。

细颗粒粘性材料（粉土和粘土）的压实性能很大程度上取决于含水量，因此也取决于气候条件。由于它们有内聚力的存在，压实时铺层厚度必须薄于粗颗粒材料。

在粗颗粒材料中，粉土或粘土含量只要超过5~10%，就足够使材料具有不渗透性，这样就必须在最佳含水量时压实，例如大多数道路的基层材料就是如此，因此图2.2压实

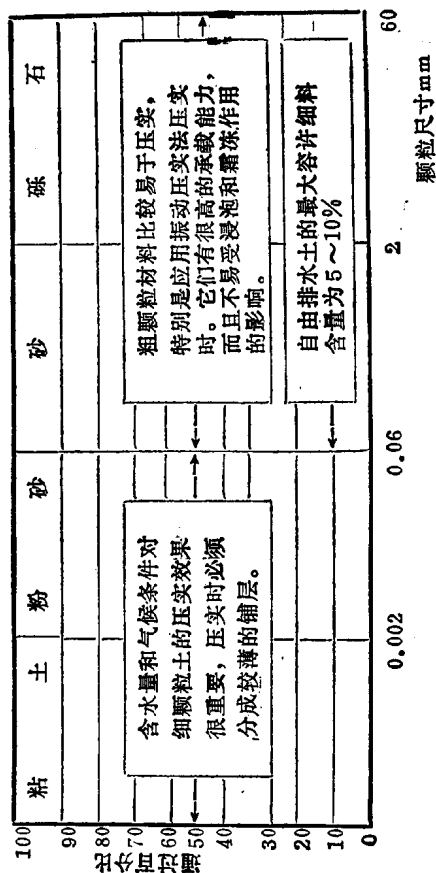


图2.3 细颗粒土和粗颗粒土的压实性能

曲线①代表了大多数材料的压实特性。

2.2 压 实 度

用以确定最佳含水量和相应的最大干密度 ($\rho_{d_{max}}$) 的实验室压实试验方法有好几种, 均见第 4 章。在实验室中压实试验所得的最大干密度作为标准的密度。对现场压实工作规定一个最小密度要求, 例如可以规定 95% 的压实度, 意思是说现场压实的密度值, 必须高于实验室 (标准的) 密度的 95%。

$$\text{压实度} = \frac{\rho_{d_{\text{现场}}}}{\rho_{d_{\text{max}}}} \cdot 100\%$$

3.土 的 分 类

由于土的性质差异很大，按照不同的目的发展了若干种土的分类法。

3.1 颗粒尺寸和级配

颗粒尺寸和级配，对土的力学性质是至关重要的。

下表是参照颗粒尺寸来分类的方法：

石块（漂石） 石头（大卵石） 砾 石 砂	粗粒度颗粒，能用眼睛检查鉴别，或使用筛分法更精确地鉴别
粉 土 粘 土	细颗粒 颗粒不能用眼睛直观鉴别 鉴别和分类要用液体比重计分析和其他特殊试验方法

各国采用的颗粒尺寸分类法略有不同，特别是在粗颗粒范围内（见图3.1）。砂和粉土之间的重要分界线，其颗粒尺寸选择在0.06mm或0.074mm（200号筛）。

应用一系列标准筛进行筛分的结果，可用级配曲线图表示（如图3.2所示）。级配曲线表示颗粒尺寸的分布，并指示土是否级配均匀或良好。均匀级配土具有大致相等的颗粒尺寸。其均匀系数：

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} < 5 .$$