

(日) 日本道路协会 编

蔡恩捷 译

人民交通出版社

道路土工
软土地基处理
技术指南

软土地基处理技术指南

RUANTU DIJI CHULI
JISHU ZHINAN

日本道路协会 编

蔡恩捷 译

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为日本道路工程技术标准, 1977年第一版。译本系根据1984年第11版翻译。全书共六章, 分别为: 软土地基的概念、路堤的稳定与沉降分析的基本观点、土质调查与结果的整理、软土地基的讨论、处理方法的讨论、处理工程的设计与施工, 以及施工管理与养护管理; 书后附录还有设计计算实例及动态观测仪器的介绍。本书可供从事公路建设的工程技术人员参考, 也可以供大专学校有关专业师生参考。

道路土工软弱地基对策工指针

日本道路协会

丸善株式会社1984年

道路土工《软土地基处理技术指南》

日本道路协会 编

蔡恩捷 译

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张: 7.625 字数: 155千

1989年4月 第1版

1989年4月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—4,090册 定价: 4.15元

序

日本道路土工技术指南自1956年初版发行以来，深受工程技术人员喜爱，已成为日本道路工程技术标准，经日本道路土工委员会，数年的研究，现在发展成为分册形式发行了。

《软土地基处理技术指南》是同时发行的《土质调查指南》、《施工技术指南》、《挡墙、涵洞、临时构造物工程技术指南》等四册道路土工技术指南中的一册；另加1972年发行的《护坡及边坡稳定工程技术指南》及1973年出版的《道路排水工程技术指南》，共计六册。这套指南包含了原来的道路土工技术指南的全部内容，并且作了补充修订。

在软土地区修筑道路的困难程度，很早就引起人们的重视，道路土工技术指南从初版开始就为它专辟一章了。自那以后的20年内，在盛行的国道绕越干道及高速公路等道路工程中，日本的道路工程技术人员在软土地区修筑了很多道路，而其工期之短是难以令人相信的。这个期间的成就是积累了有关对软土地基的调查、设计与施工的经验，用土质学理论对大量动态观测资料进行了分析，运用研究成果使软土地基处理技术发展到了相当水平，从而使初版时有关软土地基处理技术的内容仅有20页的一章，发展到目前具有十倍以上内容的一本书。

构成软土地基的土的性质，无疑是复杂而多样的，由于修筑构造物而发生变形的状况，理论上有许多问题还没有弄

清楚。因为当初施工实践少、资料缺，设计计算仅根据粗略的土力学假定条件进行，同实际的动态观测结果比较，发现差异很大，所以确实有必要对软土地基的处理技术进行一番回顾检查。正如当时的岩泽会长在初版序中所说的那样：“开花结果，结果开花，开花又结果，技术正是这样不断地开着更加美丽的花朵，结出更加丰硕的果实。”对于软土地基处理技术，人们的这种感受，更加深刻。

工程技术人员在使用本指南时，不应该机械地搬用书中的设计方法，而应该认真理解书中对各种实际经验分析资料的论述，施工时通过仔细认真的观察，及时发现情况，采取随机应变的措施。深信以这种冷静的态度取得的客观性的技术经验，正是为以后修订本指南结下的最好的果实。

日本道路协会会长 高野务

1977年1月

前 言

道路选线避开软土地区，在设计与施工上至今仍然是有利的。但是，今日的开发时代，充分利用土地的现实，迫使不得不经常将路线选在明知是相当软弱的软土地基地区。

在软土地区修建道路，由于高路堤稳定性不够或过大的沉降，低路堤因交通荷载的作用，常使道路发生变形，地基受震动，不仅道路本身的功能受到破坏，而且沿线的设施与环境也常常遭到危害。因此，软土地基上路基工程的施工，不但在调查、设计、施工阶段，而且在养护维修期间，都要比一般路基工程地段考虑得更慎重，下更大的工夫。工程技术人员必须树立这样的思想。

本指南以原来《道路土工技术指南》第七章“软土地基及其处理”和迄今积累的经验与研究成果为基础，由这方面有学识经验的专家组成的专题委员会增订改编而成的。它阐述了，在软土地基上修建与养护承担重型交通的道路时，所必要的地基处理工程的调查、设计、施工及养护的基本方针，并列出了标准方法。

于是，指南的内容由论述软土地基概念、路堤的稳定与沉降分析的基本观点的“总论”，以及“土质调查与结果的整理”、“软土地基的讨论”、“处理方法的讨论”、“处理工程的设计与施工”和“施工管理与养护管理”等各章所组成。附录列举了软土地基上的路堤稳定与沉降的讨论及施工管理用的测定仪器的具体实例，以帮助读者加深理解。

原《道路土工技术指南》中有关软土地基处理技术的叙述，初版时20页，1967年修订时35页，这一次猛然超过原来的七倍。如果说原来指南的叙述只不过是教科书式的，那末这一次的内容由于近十年来进行了大量的工程实践与动态观测记录分析，可以说比较接近实际，而且更成熟了。有关各种处理工程的设计与施工，只要是道路路堤地基处理方面的问题，不用参考其它专业书籍，只充分理解本指南，就能够得到满意的答案。

软土地基的处理，根据道路的性质、使用情况，进行多方面考虑固然是有利的，但由此工程费用也将相应增加。本指南不可能涉及所有的情况，只着重叙述具有重要意义的国道。因此，读者切不可忘记，首先必须明确修建的道路所处的地位，然后对指南中提出的标准与内容作适当的斟酌。

软土地区地震时，发生灾害的可能性很大。因此，一向被忽视的软土地基上土工构造物的抗震问题，认为必须考虑的要求越来越迫切了。本指南也叙述了这方面的内容，专门补充了松软冲积砂土地基部分。不过，一般来说，包括基础地基在内的路堤，地震时的状态还没有完全弄清楚，因而这里没有提供设计时分析稳定性的恰当的方法。

正因为这样，很难说篇幅增加后这本指南的内容已经完善了。相反可以说比以前提出了更多的问题，因此恳切希望工程技术人员使用本指南时，能搜集现场的经验，努力解决这些问题。深信大家取得的成果将使本指南变得更出色。

道路土工委员会委员长

福岡正巳

1977年1月

目 录

第一章 总论	1
第一节 本指南的目的及适用范围.....	1
第二节 软土地基的概念.....	3
第三节 软土地基与道路土工.....	6
一、路堤的稳定.....	7
二、路堤的沉降.....	7
三、挡墙、涵洞等的稳定及沉降.....	8
四、低路堤的沉降.....	9
五、地震的考虑.....	10
第四节 软土地基的处理.....	11
一、地基处理的作业程序.....	11
二、地基的处理方法.....	12
第二章 土质调查与结果的整理	14
第一节 概述.....	14
第二节 初步调查.....	15
一、初步调查的目的.....	15
二、现有资料的利用.....	16
三、实地踏勘.....	17
四、土质调查.....	18
第三节 第一阶段调查.....	19
一、第一阶段调查的目的.....	19
二、触探.....	19

三、钻探及取样	20
四、原位试验	20
五、土工试验	20
第四节 第二阶段调查	21
一、第二阶段调查必要性的判断	21
二、触探	22
三、取样	23
四、土工试验	24
第五节 调查结果的整理	26
一、土质调查结果一览图的绘制	26
二、土质剖面图的绘制	28
第六节 设计用地基条件的假定	29
一、土工试验结果可靠性的评价	30
二、土层的划分	31
三、土性指标的确定	33
第三章 软土地基的讨论	40
第一节 概述	40
第二节 沉降与破坏	43
一、路堤的沉降	43
二、路堤的破坏	45
第三节 初步讨论	47
一、地基条件	47
二、路堤极限高度及总沉降量的推算	49
第四节 概略讨论	51
一、设计条件的假定	52
二、沉降的概略计算	56
三、稳定的概略计算	58

第五节 详细讨论	60
一、设计条件的假定	60
二、沉降的详细计算	61
三、稳定的详细计算	71
四、路堤的沉降形状及对侧向地基的影响	73
第六节 地震的讨论	76
一、地震的危害	76
二、砂性土地基上路堤的讨论	77
第四章 处理方法的讨论	81
第一节 概述	81
第二节 处理方法的种类及其效果	81
一、处理方法的种类	81
二、各种处理方法的效果	81
第三节 处理方法的选择	88
一、选择处理方法的程序	88
二、处理目的及适用的处理方法	88
三、选择处理方法时应考虑的条件	90
第四节 处理方法的应用	97
一、低路堤	97
二、半填半挖地段	100
三、倾斜基底上的路堤	101
四、拓宽路堤	102
五、与构造物相连接的路堤	103
六、对周围地基的影响	108
七、涵洞	108
八、地基的液化	112
第五章 处理工程的设计与施工	113

第一节 概述	113
第二节 表层处理法	114
一、表层排水法	115
二、砂垫层法	116
三、铺垫法	118
四、稳定剂处治法	119
第三节 换填法	121
一、开挖换填法	122
二、强制换填法	124
第四节 反压护道法	125
第五节 慢速加载法	127
第六节 压重法	130
一、路堤荷载压重法	131
二、降低地下水位法	133
三、真空压重法	136
第七节 垂直排水法	138
一、砂井排水法	138
二、纸板排水法	148
第八节 挤实砂桩法	151
第九节 振浮压实法	159
第十节 石灰桩法	163
第六章 施工管理及养护管理	169
第一节 施工管理	169
第二节 质量及施工检验管理	170
一、软土地基处理的施工管理	170
二、路堤填筑工程的施工管理	171
第三节 沉降管理及稳定管理	172

一、动态观测.....	172
二、沉降管理.....	175
三、稳定管理.....	177
第四节 应急措施.....	181
一、采取应急措施所必需的调查.....	182
二、应急措施.....	183
第五节 养护管理.....	185
一、巡回检查.....	185
二、修补.....	186
附录一 软土地基处理工程的设计计算实例.....	189
附录二 各种动态观测仪器.....	218

第一章 总 论

第一节 本指南的目的及适用范围

在软土地基上修建道路时，由于路堤稳定性不够或过大的沉降，不仅使道路本身受到大的损害，而且使沿线地区也常遭受危害。因此，软土地基的调查、设计、施工及养护，必须比一般地基更加谨慎。

本指南论述了在软土地基上新建及养护道路所必要的地基处理工程的调查、设计、施工及养护的基本方针，并列举了标准方法。

对于同软土地基的路基工程一起施工的挡墙及涵洞等构造物，只作必要的最低限量的叙述。关于持力层上的深基础桥梁及高架构造物的下部工程的处理措施未加叙述（参考图1-1）。

应用本指南时，必须按照道路的性质、工程的规模与内容及其它条件，充分注意如下事项，以便正确地运用。

1. 地基条件

软土地基大部分是天然形成的。因而软土地基的面积、深度、成层及各层的性质，可因地形、地质生成条件与后来环境条件的不同，而有明显的差别，且相当复杂多样。因而切忌机械地搬用本指南，不加区别地进行设计与施工，而应当按照软土地基的特性确定处理方法。

2. 道路条件

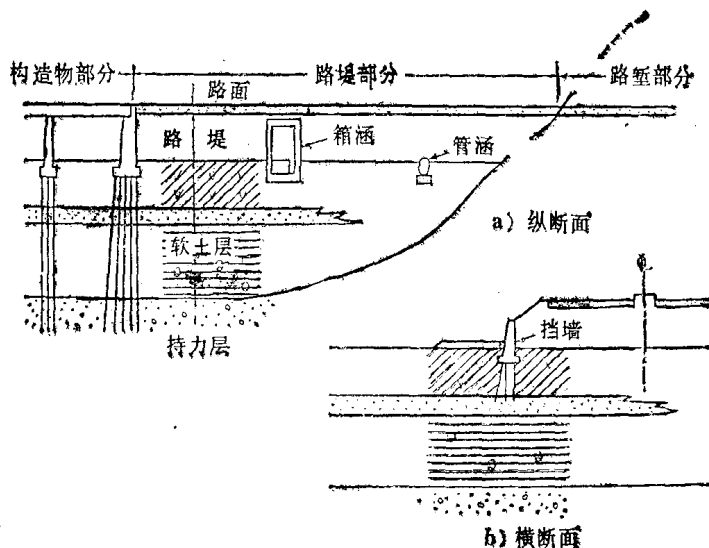


图1-1 道路及软土地基断面

软土地基的处理方法，很大程度取决于修建或养护道路的条件。即按照不同的道路类别或规格、重要性、交通量，尤其是大型车辆的交通量、沿线的条件以及经济性，对工程规模与安排、施工及养护等问题的考虑差别很大。因此，软土地基处理工程设计中，作为设计标准的容许位移量或施工后的剩余沉降量，以及破坏安全系数等指标，必须考虑道路条件进行充分论证。

3. 施工条件

软土地基处理工程进行设计时，应认真地调查它对地基的适用性、施工的可行性与施工效率、施工方法的可靠性，以及对沿线的影响等施工条件，选择最合适的规模、形式与施工方法，这一点很重要。也就是说，软土地基的性质通常

是很复杂的，很难切实掌握地基的性状，在设计阶段准确地预测工程施工中或完工后路堤和构造物会发生的现象。而且，由于在软土地基上施工常给道路附近的路堤和各种设施带来意料不到的危害，因此必须按照沿线环境条件及其重要性，选择可靠而又能紧急应变的处理措施，事先做设计。

4. 施工及养护管理

研究软土地基的处理问题，采取的步骤是，首先进行仔细的土质调查，再运用工程学的知识，分析现象。不过，即使进行多么仔细的调查，现在仍然没有这样的知识，能够完全把握软土地基的复杂性质以及路堤与构造物会发生的现象。

在施工及养护管理中，为了知道路堤和构造物及地基的状况应进行观测，根据观测的结果对处理方案进行必要的修改，这是很重要的。此外，不但要充分利用以往类似工程的经验，而且要了解已修筑的路堤和构造物的状况，尽量累积资料，为今后工程的顺利进展提供参考。

第二节 软土地基的概念

软土地基一般由含大量粘土和粉砂土的一类细颗粒土、大孔隙的有机质土或泥炭及松砂等土层构成。这些土层堆积越新，地下水位越高，堆积在上层的土层厚度越薄，或者厚度越小而只作用着小的覆盖土压力的情况，其性质越坏，而形成问题较多的软土地基。通常，软土地基的成因和土质，随地形的生成环境不同而变化很大。

图1-2及表1-1表示软土地基各种分布地区典型的成因与地基特征。由于构成软土地基的土多种多样，很难按照土层

和土质进行确切的地层分类。

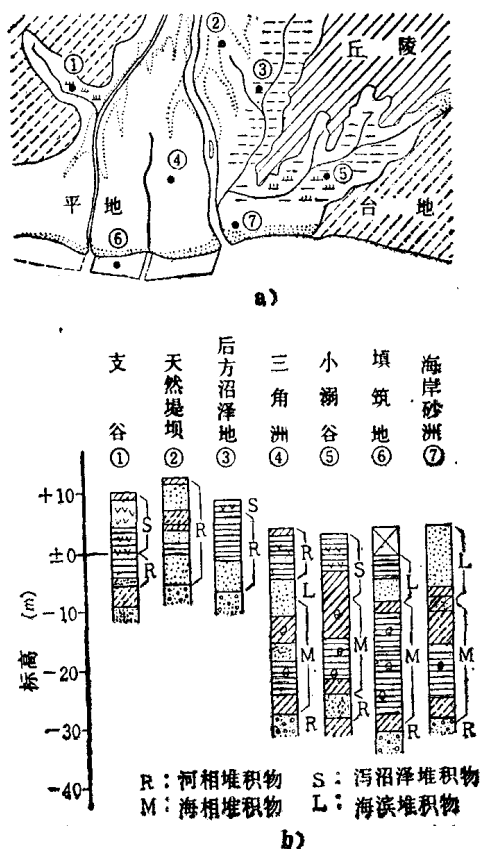


图1-2 软土地基的分布与成层

表1-2将软土地基按地形的生成类别与土层、土质类别，分为性质截然不同的泥炭质地基、粘性土地基及砂性土地基。

软土地基的分布地区与性状

表1-1

分布地区	软土地基的性状
三角洲洼地	缓流河流的河口三角洲形成的地基。多数为粘土与砂的交互层。有时形成下部具有厚的海相粘土层的大规模软土地基
后方沼泽地	天然堤坝背后的后方沼泽地地基。多数为粘土与砂砾的交互层地基。有时上部堆积有厚的河相有机质土、粘土等
小 溺 谷	海岸沙洲封闭湾口的溺谷地基。经常是上部堆积有厚的海湖相泥炭和有机质土，下部堆积有厚的海相粘土
支 谷	主流堆积物封闭出口的支谷地基。上部堆积有泥炭、有机质土、粘土等。软土地基的厚度一般不很大
海岸沙洲天然堤坝	沿海岸沙洲或大河流天然堤坝的地基。一般是良好的地基，有时上部堆积有厚的松砂层，下部分布有厚的粘土层
沿海填筑地	最近填造的填筑地基。尤其当扰动海底，用粘土或粉土填得很厚，且没有完全固结时，问题很多

软土地基的分类与一般土性

表1-2

地形分布地区	地基类别	土质土质类别	符 号	土 性			
				w (%)	e (%)	γ_s (kg/cm ³)	N
支谷	泥炭质	高有机质土 (P)	vv	300	7.5	0.4	1
后方沼泽地	粘性土	泥炭 [P]	vv	300	7.5	以下	以下
小溺谷	粘性土	黑泥 [M ₁]	vv	200	~5		
三角洲洼地	粘性土	有机质土 [O]	vv	200	5		
沿海填筑地	粘性土	细粒土 (F)	vv	100	2.5	1	4
天然堤坝	粘性土	火山灰质粘性土 [V]	vv	100	2.5	以下	以下
海岸沙洲	粘性土	粘土 [C]	vv	100	2.5	1.25	
海洋砂洲	粘性土	砂性土 [SF]	vv	50	1.25	0	10
	粘性土	砂性土 [S]	vv	30	0.8	以下	以下