

不良地基公路 施工技术

刘孔杰 郑瑞君
魏正义 魏学军 编著



人民交通出版社
China Communications Press

Buliang Diji Gonglu Shigong Jishu
不良地基公路施工技术

刘孔杰 郑瑞君 编著
魏正义 魏学军



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书以河北沿海高速公路秦皇岛至冀津界路段为依托,介绍了塑料排水板、水泥搅拌桩、碎石振冲桩、钻孔挤扩桩、冲击碾压强夯等处理软弱和砂土液化地基方法,以及盐渍土改性技术,详述了粉煤灰、气泡轻质土、EPS 块体路堤填筑技术,并以实际工程为例,综合利用这些方法和技术,成功地解决了台背跳车病害。同时,还探索了在处理的软基上修筑长寿命路面技术,以及路堤防护措施。

本书理论联系实际,便于应用。可供从事公路建设的科研、设计、施工及监理、检测技术人员参考和借鉴,亦可供有关大中专院校师生学习、参考。

图书在版编目(CIP)数据

不良地基公路施工技术/刘孔杰等编著. —北京:
人民交通出版社, 2009.9
ISBN 978-7-114-07936-8

I. 不… II. ①刘… III. 公路路基—工程施工
—施工技术 IV. U416.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 161603 号

书 名: 不良地基公路施工技术
著 作 者: 刘孔杰 郑瑞君 魏正义 魏学军
责任编辑: 刘永芬
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>
销售电话: (010) 59757969, 59757973
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京交通印务实业公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 23.75
字 数: 556千
版 次: 2009年9月 第1版
印 次: 2009年9月 第1次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-07936-8
印 数: 0001~3000册
定 价: 48.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

不良地基公路施工技术

编写委员会

主 任:刘孔杰

副 主 任:郑瑞君 侯岩峰 刘建奇 魏学军 刘吉川

编 委:刘孔杰 郑瑞君 侯岩峰 刘建奇 魏学军

魏正义 刘吉川 米增福 陈顺林 封晓黎

赵立波 宋应发 马文栋 于建游 李宪峰

张同辉 曾俊平 马印怀 杨永占 王石良

杨立伟 王志义 张玉珍 何义军 郭登科

朱 彤 孟月强 由继福 侯 立 郭久明

孙永兴 赵长海 石崇岭 马 悦

审 校:魏正义 米增福

前言

QIAN YAN

河北沿海高速公路全长210.06公里,其中秦皇岛、唐山段为北路段,长160.235公里,沧州段为南路段,长49.825公里。

本书依托河北沿海高速公路秦皇岛、唐山段(以下同),该路段位于渤海湾北部地域,沿途有50余公里盐渍土地带,经过20余公里砂土液化地段,穿过水网密布的稻田和鱼虾养殖区,泥沼、积水湿地、沿海滩涂,星罗棋布,少数路段还遭到海潮侵袭。在这样的地区修建高速公路,其成败的关键问题,在于如何处理软弱土地基和砂土液化地基,改良盐渍土土壤。

关于对不良地基治理,是一个复杂的课题,国内外许多部门、院校和专家,对该课题进行了诸多研究,出版了众多的图书、专著,有关这方面的论文,可说是学富五车。此外,因特网上有关这方面的咨询资料,犹如春节燃放的烟花,绚丽夺目,信手可拈,可谓浩如烟海。但是,不管哪种治理方法和措施,各有自己的用武之地,适应于不同的地域、土质类型和气候,反映不同历史时期的社会生产力发展水平。

众所周知,生产工具是衡量社会生产力水平发展的尺度。随着科学技术进步,工业化水平的提高,许多新型的施工机具不断革新,新型材料不断涌现,相应的对不良地基治理方法和措施,也不断推陈出新。沿海公路建设者们,以科学发展观为指针,以科学研究为先导,结合河北沿海高速公路工程实际,积极地对不良地基治理进行探索。一方面从浩瀚技术资料中,披沙检金,传承运用。同时,积极采用新材料,使用新技术、新设备和新工艺,在对不良地基治理上,继续探骊寻珠。经过三年努力钻研、拼搏,在治理桥头跳车病害,修筑长寿命路面的实线中,又向前迈出成功的一步。

今天,人类社会文明,之所以取得如此进步,社会生产力取得巨大发展,都是人类几千年乃至上万年知识积累的结果。人们知识总是不断积累,社会总是不断进步,生产力水平总是不断提高。正是遵循这一基本规律,我们在总结实践经验的基础上,依据施工中所取得的科研成果,同时吸取有关著作中的资料,采取删繁就简,突出重点,力求更接近于施工作业的需要,经过系统分析、归纳整理,编纂成书,以期与同行们进行交流,更重要的是通过图书载体进行传承,不断丰富对不良地基治理技术的知识,为公路建设事业积累技术经验,为交通建设事业发展贡献微薄之力。

全书统一由刘孔杰、郑瑞君、魏正义、魏学军主持编写和审定。本书共分八章,第一、二章介绍了编写本书所依托的工程概况及浅层不良地地基处理技术,由孟月强、曾俊平、郭登科、朱彤编写;第三章 深层不良地基处理技术,重点介绍了碎石振冲桩、DX 挤扩桩等复合地基施工技术,由陈顺林、封晓黎、杨永占、石崇岭编写;第四章 盐渍土固化技术,重点论述了KD 固化剂和SH 胶固化盐渍土技术,由侯岩峰、何义军、马文栋、孙永兴编写;第五章 主要介绍不良地基上路堤施工技术,以具体工程实例,重点阐述了压实技术、轻质土、EPS 等施工技术,综合治理桥梁台背跳车病害,由刘吉川、李宪峰、赵立波、郭久明、王石良编写。第六章,重点探讨了不良地基上的路堤施工过程和最终沉降预测技术,由宋应发、杨立伟、侯立、马悦编写。第七章介绍了在软土地基路堤上修筑长寿命路面施工技术,由于建游、张玉珍、马印怀、由继福编写。第八章介绍不良地基路堤防护技术,由刘建奇、张同辉、王志义、赵长海编写。

本书所述内容,密切以依托工程为例,便于举一反三,有利于实际应用,期望让读者阅读后获得最佳效果,笔者则感到无限欣慰。在本书编写过程中,曾得到河北沿海高速公路筹建处、北京科技大学、河北交通设计研究院、河北中阔基础工程有限公司、中交第四航务工程勘察设计院北京交通分院,以及全体参建单位和监理单位大力支持,在此一并表示衷心感谢,并致以崇高的敬意。

前已述及,不良地基处理技术资料浩瀚,加之在实践中积累了许多宝贵经验和资料,鉴于笔者水平所限,绌短汲深,书中所述内容,可能会不少不妥之处,诚恳欢迎广大读者匡谬,使之日臻完善。

河北沿海高速公路,已投入使用两年有余,实践表明:施工中我们所采取的技术措施是成功的,愿本书所述经验能有的放矢,对河北省乃至其他省(市、区)公路施工有所借鉴和参考,祝愿河北公路建设事业蒸蒸日上。

作者

2009年6月

目 录

M U L U

第一章 依托工程概况	1
第一节 沿海公路项目工程	1
一、工程技术标准	1
二、路线基本走向	2
三、沿线气候、河流、地形、土壤.....	3
四、地质与水文地质	5
第二节 不良地基路段分布及处理对策	6
一、不良地基分布	6
二、不良地基工程处理原则	9
三、软土或软弱土地基处理对策	9
四、半刚性长寿命路面研究.....	11
第三节 软基处治设计标准和计算方法	11
一、软土地基设计标准.....	11
二、路基沉降验算方法.....	12
三、路堤和地基整体稳定性验算方法.....	13
第二章 浅层不良地基处理技术	15
第一节 软土地基处理方法	15
第二节 浅层软弱地基处理方法	15
一、换填施工方法.....	15
二、反压法处理软土方法.....	17
三、超载(堆载)预压处理方法	19
四、土工合成材料方法.....	21
第三章 深层不良地基处理技术	29
第一节 深层软基处理技术—排水固结法	29
一、排水固结法.....	29
二、排水固结法施工技术.....	30
三、塑料排水板施工.....	35
四、塑料排水板施工实例.....	38

五、塑料排水板处理地基固结计算·····	41
第二节 深层软基处理技术—软土复合地基法·····	42
一、软土复合地基概述·····	43
二、深层水泥搅拌桩—软土复合地基·····	44
三、振冲碎石桩—软土复合地基·····	55
第三节 深层软基处理技术——DX 桩复合地基·····	63
一、DX 桩基本原理和施工方法·····	63
二、DX 桩设计和承载能力计算·····	68
三、DX 桩工程实例·····	72
四、DX 桩试桩评述·····	78
第四节 强夯处理地基法·····	79
一、强夯法加固地基原理·····	79
二、强夯加固设计·····	81
三、强夯施工技术要求·····	85
四、强夯施工管理·····	85
五、强夯施工步骤·····	86
六、强夯施工质量检验与评定·····	87
七、强夯施工方案实例·····	88
第五节 砂土液化地基处理·····	90
一、砂土液化危害性和发生条件·····	90
二、砂土液化的判别·····	92
三、砂土液化地基处治方案·····	94
四、高真空击密法处理砂土液化地基技术·····	95
第四章 改性盐渍土稳定土·····	101
第一节 防治盐渍土病害经验·····	101
第二节 沿海公路上盐渍土·····	102
一、滨海盐渍土特性·····	103
二、工程实例:盐渍土现场测试与分析·····	106
第三节 KD 固化剂改性盐渍土技术·····	112
一、土壤固化材料·····	112
二、KD 固化剂研究与配制·····	116
三、KD 固化剂改性盐渍土工程性质分析·····	118
第四节 SH 胶液固化盐渍土·····	127

一、SH 胶固化改性盐渍土试验方案	127
二、SH 固化盐渍土性质室内试验	128
三、石灰 + SH 胶现场试验	136
第五节 KD 固化剂改性盐渍土施工	142
一、改性盐渍土路拌法施工技术	142
二、KD 固化盐渍土工程实例	148
第六节 SH 胶法改性盐渍土路堤施工	151
一、SH 胶改性盐渍土填料施工工艺	151
二、SH 胶固化盐渍土路拌法关键技术及质量评定	153
三、SH 胶固化盐渍土厂拌施工法	154
四、SH 胶固化盐渍土施工关键技术和质量检测	155
第七节 固化剂改性技术总结与展望	155
第五章 不良地基路堤施工	158
第一节 一般公路路堤施工技术	158
一、路基施工程序	158
二、路堤填料技术要求	159
三、路堤压实机械选用	161
四、机械压实质量和压实参数	170
五、压实机械配备	173
第二节 冲击压实	175
一、冲击压实作业准备	175
二、冲击压实	178
三、冲击压实安全作业保护	180
四、冲压试验检测结果	180
五、河北沿海公路冲击压实施工规程	182
第三节 软土地基上路堤施工技术	187
一、软土地基上路堤填筑技术要求	187
二、软土地基路堤沉降和位移观测	190
三、观测成果在填筑过程中的应用	192
四、超载预压卸载标准判断分析	192
第四节 粉煤灰路堤施工	198
一、粉煤灰路堤	198
二、沿海公路软土地基路堤	199

三、粉煤灰路堤施工	201
四、粉煤灰路堤压实研究	204
五、粉煤灰路用性能评价	208
第五节 气泡混合轻质土填料	209
一、气泡混合轻质土制作	210
二、气泡混合轻质土特性	210
三、气泡混合轻质土应用性能	212
四、气泡轻质土材料试验研究	212
第六节 桥涵台背填筑	220
一、桥头跳车与台背路堤	220
二、气泡混合轻质应用研究	221
三、台背气泡轻质土路堤工程实例	235
四、台背 EPS 轻质块体路堤工程实例	242
第六章 路堤稳定性判别与工后沉降预测	252
第一节 软土地基路堤沉降	252
一、天然软土变形破坏机理分析	252
二、软土地基施工控制方法	253
第二节 沿海公路路堤观测试验	254
一、试验研究内容	254
二、试验路段选取	254
三、试验路段地质基本特征	254
四、试验方案设计及变形观测方法	255
第三节 河北沿海公路观测资料成果图	263
一、地表沉降变化曲线	263
二、侧向水平位移变化关系曲线	264
三、孔隙水压力变化曲线	266
四、土压力变化曲线	266
第四节 软土地基路堤施工中稳定性判别	267
一、 $S_t \sim \delta_n$ 法判断法	267
二、拐点法判断法	268
三、加速度法	269
第五节 软土地基路堤沉降预测方法	272
一、曲线拟合理论预测沉降量方法	272

二、人工神经网络系统预测分析	283
第六节 施工超载预压和卸载控制标准	285
一、施工超载预压设计	285
二、预压卸载控制方法及控制标准	287
三、工程实例分析	290
四、超载预压卸载分析比较	292
第七章 半刚性路基上长寿命路面	293
第一节 河北沿海公路一般路面结构	293
第二节 半刚性路基上长寿命沥青路面	294
一、长寿命沥青混凝土路面	294
二、沥青系列路面	295
三、SAC 多碎石沥青路面	297
四、多碎石沥青混凝土路面实例	308
第三节 半刚性基(底)层上长寿命路面施工关键技术	325
一、防止路堤下沉的关键技术	325
二、路面基层(底)施工关键技术	329
三、SAC 系列路面施工关键技术	337
四、长寿命路面面层施工效果	343
第八章 不良地基公路防护	345
第一节 路堤安全防护措施	345
第二节 人工结构物防腐技术	351
一、钢筋混凝土结构防腐技术	351
二、沿海高速公路桥梁防腐设计	352
三、高性能混凝土及施工	354
四、防腐涂层施工	358
五、评述	359
附录一 河北沿海高速公路土建工程施工监理单位一览表	361
附录二 DX 挤扩灌注桩施工记录表	362
附录三 有关规范摘录	364
后记	365
参考文献	366

第一章 依托工程概况

本书依托工程系河北沿海公路北段,所述的技术内容,基于本项目工程经验总结,以及结合项目所进行的研究成果。为便于论述,首先简略介绍一下依托工程的基本概况。

第一节 沿海公路项目工程

为了适应环渤海经济开发和发展,1986年河北省交通厅决定修建沿海高速公路。近几年来,随着曹妃甸港口建设伊始,大吨位运输车辆骤增,原有公路已不堪负重,河北省沿海高速公路(以下简称“沿海公路”)应运而生,于2005年5月16日动工,2007年12月21日交付使用。

沿海公路北端起自京沈高速公路 K258 处,途经秦皇岛、抚宁、昌黎、乐亭、滦南、唐海、丰南与天津市海滨大道相接,全长 160.236km,它将山海关、秦皇岛、唐山、曹妃甸、天津港联结一起,对沿海产业链形成,意义非凡。

沿海公路北段分成两个项目,同时进行建设。第一个项目,自起点到乐亭路段,长82.04 km,简称 Q 项目;第二个项目起自乐亭到冀津界段,长 78.196km,简称 T 段。

从项目的名称可一目了然,它沿渤海边缘匍匐延伸,经过广阔的斥卤不毛之地,穿越前人开发的一望无际的稻田,飘过阡陌纵横鱼虾池田,直达冀晋界;特别一提的是:三十多年前令人触目惊心唐山大地震就发生在这里。在这样的地带,如何建成一条合格的、高质量的高速公路,面临诸多技术难题,如何解决这些技术难题,成为项目建设中主旋律。

一、工程技术标准

河北省沿海公路,是一条全封闭、全立交、双向四车道高速公路,北段全长 160.236km,其所采用的主要技术指标,如表 1-1 所示。

河北沿海高速公路所采用的主要技术指标表

表 1-1

技术指标	单位	设计采用值	技术指标	单位	设计采用值
公路等级		高速公路	路基宽度	m	28
设计速度	km/h	120	行车道宽度	m	2×7.5
停车视距	m	>210	中间带宽度	m	4.5
平曲线最小半径	m	3 500	中分带宽度	m	3.0
平曲线最小长度	m	1 036.53	硬路肩宽度	m	3.5
缓和曲线最小长度	m	384.457	桥涵与路基同宽	m	28
不设超高最小平曲线半径	m	5 500	路拱标准横坡	%	2%
最大平曲线半径	m	8 500	路肩横坡	%	3%
最大纵坡	%	2.214	桥涵设计荷载		公路-I级
最小坡长	m	310.0	路面等级		沥青混凝土
凸型竖曲线最小半径	m	17 000	设计	特大桥	1/300
凹型竖曲线最小半径	m	10 000	洪水	大、中、小桥涵	1/100
			频率	路基	1/100

2007年预测日交通量为48787辆,其中,大货车占54%。

二、路线基本走向

河北省沿海高速公路北段*,从京沈高速公路K258处起,呈东北西南走向,终点止于冀津界,连接天津境内的海滨大道(图1-1)。

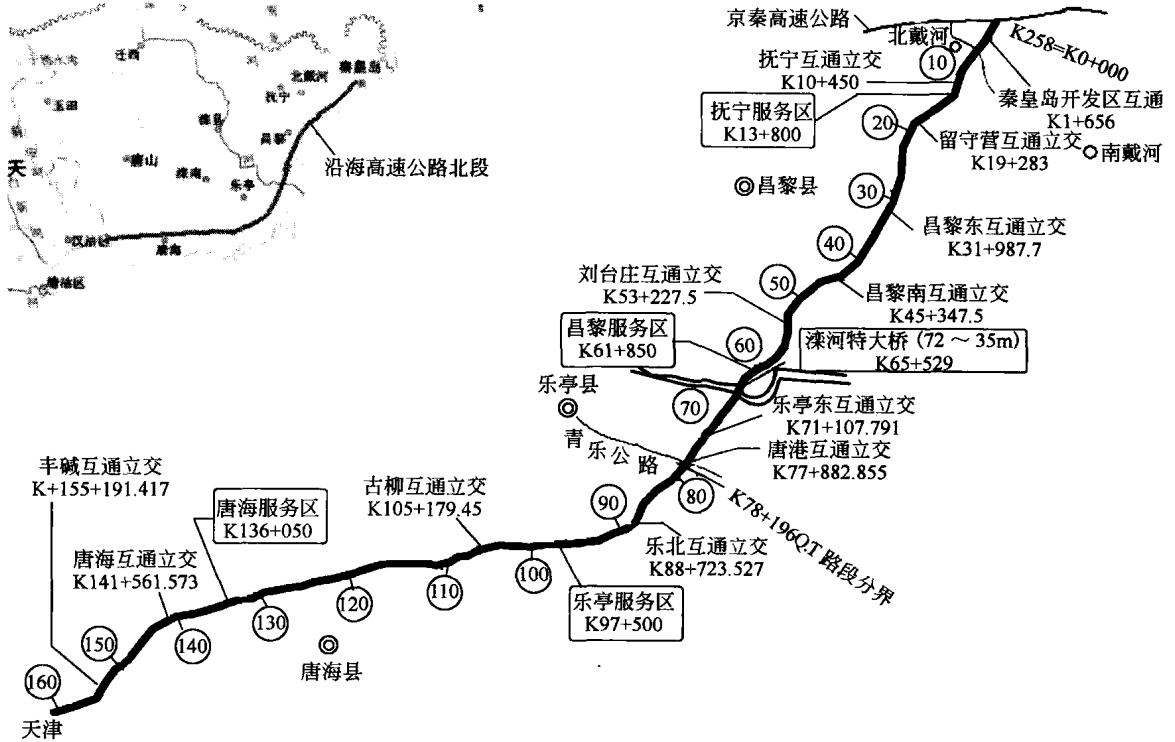


图1-1 河北省沿海高速公路走向示意图

秦皇岛路段项目(以下简称Q项目),与京沈高速公路、102国道、北戴河连接线、榆北线、规划的抚南线、榆西线、规划的榆西线、205国道、抚昌黄线、青乐线、规划的蛇刘线、唐港高速路相互交叉,同时还跨越京山铁路、京秦铁路。

唐山路段项目(以下简称T项目),与唐港公路、乐北线、西曾线、古柳线、迁唐线、唐海线、大碱线、丰碱连接线相交,同时还跨越挖港铁路、规划疏港铁路、汉南铁路。

在建设的过程中,秦皇岛路段分成Q1~Q7等七个标段,布设有京秦、秦皇岛开发区、抚宁、留守营、昌黎东、昌黎南、刘台庄、乐亭东、唐港等9座互通立交。唐山路段分成T1~T6等六个标段,布设有乐北、古柳、唐海、南堡开发区、丰碱等5座互通立交。承建各标段土建和路面部分的施工单位一览表,详见本书附录一。

Q项目上的京秦互通立交是一座枢纽性立交,位于沿海公路的起点,里程桩号为K0+000~K0+650,沟通了东北-天津方向交通流,有力地缓解了京秦高速公路上的交通压力。

T项目上的唐海立交,位于K121+700~K128+800处,是一座双喇叭形立交,沿海公路在此与疏港公路相交,成为新兴的曹妃甸港口重要交通枢纽。

*从本页起,以下所指沿海公路均系指河北沿海高速公路的北段。

曹妃甸位于渤海海滩,是通向海外的又一条新的通道。不难看出,当今和未来,这里交通十分繁忙,载重汽车成为主要交通流。唐海立交为沟通沿海和内地交通,发挥着举足轻重的作用。

总之,在沿线设置数量诸多的互通式立交,实现了沿海高速公路与沿线高速路、国道、省道、地方道路及城镇间的交通量转换,把城乡经济、地域经济和京津地区经济联成一体。同时设置了49座分离式立设置,保证了高速公路、铁路及其他道路各自安全运营。

河北沿海公路沿线,还跨越大小河流数十条,全线建有特大桥1座、大桥17、中桥61座、小桥48座、涵洞164道,这些桥涵的建设,保持了沿海各水系原有地面径流流向,方便公路两边的村民往来,带动着沿线地方经济的振兴。

全线还布设了1个主线收费站、12个匝道收费站,4个服务区、3个养护工区,还建设有5.36万平方米沿线设施房屋建筑,用于公路日常管理,以维护公路正常运营。

三、沿线气候、河流、地形、土壤

从地理位置上分析,河北沿海公路除去Q1标段外,其余大部分路段位于渤海沿岸。据地质调查资料显示,渤海北部沿岸至山东省黄河入口处,多属于淤泥质平原海岸,其中包括滦河、海河、黄河三角洲海岸。河北沿海公路恰横穿滦河平原,沿线地形为宽广的冲积、海积平原,地势平坦、景色单调,平均潮差1.65m。涨潮时含有大量泥沙,冲积到海岸,遇到大风时潮水呈泥浆状。

1. 气候

渤海海岸范围,包括辽宁、河北、山东,河北沿海公路位于渤海湾中北部,路线经过地域属于温带大陆季风性气候,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥,时常还遭遇到内蒙古高压气流的影响,春秋刮起的西北风,经常出现7~8级;夏季潮湿多雨,冬季多西北风,年平均风速3.5m/s。

根据气象部门统计资料显示,Q路段年平均气温11℃左右,极端最低气温-24℃,极端最高气温40℃,最大冰冻深度80~120cm,年平均降雨量684.5mm。冬季干旱少雨,夏季雨水集中。

T路段年平均气温10.5℃,极端最低气温-24.8℃,极端最高气温38.6℃,极端较差63.4℃。春、秋季气温月际变化较大,秋温高于春温。由于海洋的影响,日温差比年温差明显偏小,春季日温差较大,平均无霜期184天,最大冰冻深度80cm,发生在T1标段,最高潮水位38.3m,最低潮水位0.24m。

2. 河流与地表土壤

路线所经的沿海平原,河流较多,均属入海过境河流,分别属于滦河、海河水系,大体从西流向东,分别注入渤海湾。

Q路段跨越的主要河流有:戴河、洋河、沙河、碱河、饮马河、滦河。

T路段跨越的河流有:青河、深河下游排水总干渠、第二泄洪道、第一泄洪道、青龙河、双龙河、黑沿子排水渠、沙河、涧河。

上述河流,多发源于燕山山脉,上游纵坡较大,一般大于5%,下游纵坡较小,一般小于1%。它们流至下游时,流速减缓,河槽宽浅,多属季节性河流。加之下游地势低洼,地下水、地表水十分发育,地面形成许多沼泽、泥潭。沿海公路正是从中穿越,从筑路角度来看,这些临海地区视为软弱、泥沼地带,无疑给路基稳定研究带来新课题。

图 1-2 是建成的沿海公路一角。从图中可知,路线所经地域,临近海湾、低洼、泥沼地带,土质软弱,还经常受到潮汐影响。因此,土中、水中含有大量的易溶盐类物质,在旱季随着水分蒸发,地表层结晶出一片片白色的盐霜或盐壳,俗称盐碱地带,植物难以生存,这类地表土在工程上称之为盐渍土。

盐渍土一般是指地表以下 1m 深土层内易溶盐平均含量大于 0.3% 的土。根据土壤中易溶盐含量类型和含量不同,盐渍土分为弱、中、强、过盐渍土。在干燥状态下,土壤中的易溶盐呈结晶状态,并具有比较高的强度;然而,一旦遭受地面水的侵蚀,它又成液态状态,土体性质也随之发生变化,伴随着含盐量增加,土的抗剪强度逐渐变为零,几乎丧失了强度。

反之,在气候干燥时候,随着土中水分蒸发,易溶盐类物质变成结晶状态,体积又会产生膨胀(图 1-3)。在这样的地基上修建建筑物,或用其填筑的路堤,由于盐渍土的松胀作用,路基很容易失去强度和稳定,使路堤遭到不同程度的损坏或破坏,同时对建设在该种地基中的混凝土或钢筋还会产生腐蚀作用。按照盐渍土对混凝土、混凝土中的钢筋、钢结构腐蚀程度,分为弱、中、强腐蚀三个等级(表 1-2)。

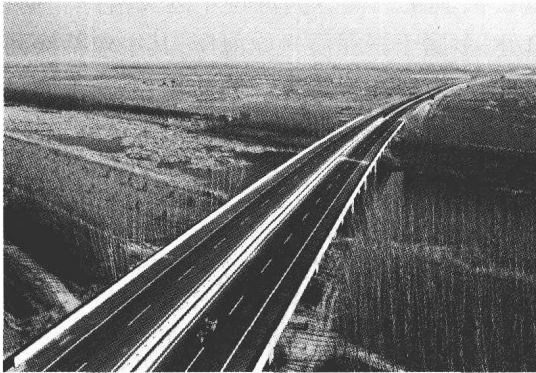


图 1-2 地下水、地表水发育的滦河平原

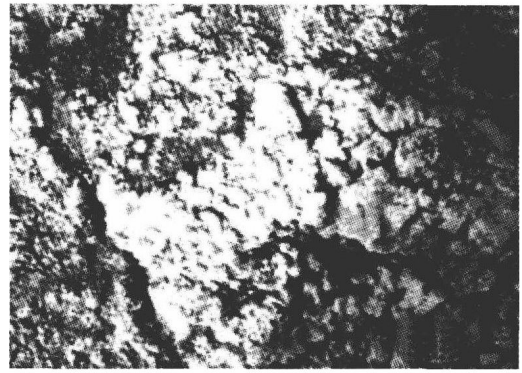


图 1-3 不毛之地—盐碱地貌

地下水、地表水对混凝土及其内部钢筋、钢结构的腐蚀

表 1-2

里程桩号	水样类型	对混凝土	对混凝土中钢筋	对钢结构
K69 + 600 ~ K82 + 398	CL · HCO ₃ ⁻ - Na ⁺ · Ca ₂ ⁺ 型	无	中	中
K82 + 398 ~ K91 + 398	CL · HCO ₃ ⁻ - Na ⁺ · Ca ₂ ⁺ 型	无	弱	中
K91 + 398 ~ K111 + 648	HCO ₃ ⁻ - Mg ₂ ⁺ 型	无	弱	弱
K111 + 648 ~ K123 + 598	CL · HCO ₃ ⁻ - Na ⁺ 型	无	弱	中
K123 + 598 ~ K136 + 298	CL · HCO ₃ ⁻ - Na ⁺ · Ca ₂ ⁺ 型	无	中	中
K136 + 298 ~ K153 + 598	CL · HCO ₃ ⁻ - Na ⁺ · Ca ₂ ⁺ 型	无	弱	弱
K153 + 598 ~ 终点	CL - Na ⁺ · Mg ₂ ⁺ 型	中等	弱	弱

表 1-2 系摘自沿海公路勘测资料,表中资料显示出了盐渍土类型,展示出氯盐、亚氯盐、亚硫酸盐盐渍土等易溶盐物质,对混凝土和钢筋腐蚀均产生腐蚀作用。

河北沿海公路靠近冀津边界路段,那里盐业、鱼虾养殖业兴旺发达,盐池、鱼虾养殖池一望无际,池间小道阡陌纵横。所建公路不可避免地从那里穿过,如何保证路基稳定,如何对这些

软弱地基进行治理,这也是本项目首先要解决的问题。沿海公路项目建设者们,以科研为先导,通过科学实验,精心设计和施工,成功地解决了这一技术难题,如今通过这里的高速公路已贯通,无疑又给盐业、水产业带来一片生机,实现路与产业共赢的新的格局(图 1-4)。

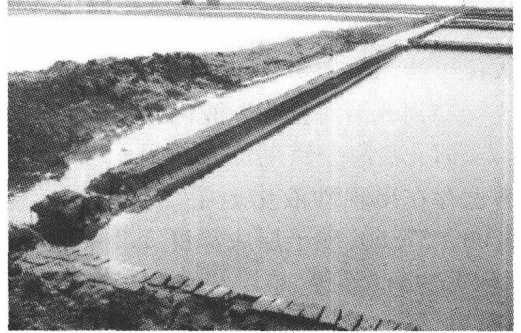


图 1-4 沿海公路穿越盐池地貌

任何事物都在发展,不都是不可改造的。盐渍土地区虽然不利于植物生长,然而,社会生产的现实证明,还是可以改造的。渤海沿岸的先民们,为开拓沿海疆业,历经千百年艰苦奋斗,特别是近十几年来,大兴水利工程,引滦入津,对土壤进行改良,在不毛之地开拓出一片片农田,建起完善的水利灌溉排水系统,大大小小的排灌渠密如蛛网,适宜了农业耕种。

稻田、农田虽然去了盐渍化,但是从工程意义上讲,仍然属于软弱地基,不利于道路、桥梁稳定。因此,如何提高软弱地基承载力的问题,仍是沿海公路建设成败的关键技术问题。

四、地质与水文地质

据沿海公路地质勘测资料显示,公路沿线地层比较简单,从 Q 路段起点处揭露的地层,基本上为元古界至太古界时代,岩层为黑色方斜长石均质混合岩石,呈全风化、强风化、弱风化状态。其余路段基本上是第四纪全新世 Q_4 地层,属于冲积、洪积层,出露地层有亚砂土、亚黏土、粉砂、细砂、中砂、黏土、砾石、卵石等。

1. 地表土层分布

在研究区 15m 深度内的土层,均为第四世(Q_4)滨海沉积层,基本特征如下:

- (1) 亚黏土:埋深 0~4.1m。黑灰色,软弱土,含有机质,具腥味。
- (2) 亚砂土:埋深 4.1~11.6m。灰色,软弱土,含有机质,具腥味,含贝壳。
- (3) 亚黏土:埋深 11.6~15m。灰色,软弱土,含有机质,具腥味,含少量贝壳。

综上所述,地表 0~15m 范围内,均为软弱的亚黏土和亚砂土,地下水位浅,埋深 2.30m。

2. 砂液化土层

渤海北部地域,属于华北平原地震结构区,沿海公路毗邻海岸,在广阔的平原上匍匐蜿蜒,路线穿越昌黎断裂带,这一带地震活动频繁。1976 年 7 月 26 日唐山大地震就发生在这里。时年地震动峰值加速度为 0.1~0.2g,地震动反应谱特征周期为 0.35~0.4s。鉴于这里地下水位比较高,饱和亚砂土和砂土发育,极易产生砂土液化。据当年地震资料显示,砂土液化现象十分严重,遍布河渠、道路、田野与乡村,在河渠和古河道,喷水冒砂的现象比比皆是,喷出的沙堆呈串珠状分布,其中路线跨越的滦河附近地区,属于砂土液化严重区域。

1) 砂液化

当突然发生地震时,地层中砂土层遭到巨大地震力作用,其孔隙压力突然升高,孔隙水来不及排出,在须臾间砂成为液体状态,地基承载力急剧下降,地面建筑物稍纵即破坏,并瞬间沉入流沙中,地面呈现的喷沙冒水现象,这种现象人们称之为砂土液化(图 1-5)。

唐山大地震、台湾花莲地震、日本大阪地震、土耳其地震证明,砂土液化给人类带来广泛而极大的灾害。沙土液化问题与地震烈度一样,直接关系到人民生命和财产安全,已引起多方面的特别关注。

2) 河北沿海公路砂液化分布

河北沿海公路勘测资料显示,在地表土层里,普遍存在出现砂液化地层,液化指数(I_N)大致为0.08~57.60,砂土层底深度2.2~16.2m,砂层厚度1.5~8m不等,单段长度11~1.921km,砂土液化总里程达21.568km,占沿海公路全线总里程的26.3%。其中:砂土液化程度属于严重的路段如表1-3所示。



图 1-5 地震时发生的砂液化现象

河北沿海公路严重砂土液化路段表

表 1-3

序号	分段里程	长度(m)	层底深度(m)	层厚度(m)
1	K83 + 045.50 ~ K83 + 283.50	138.00	14.20	6.00
2	K83 + 045.50 ~ K83 + 283.50	138.00	14.20	6.00
3	K102 + 149.50 ~ K102 + 207.50	58.00	11.35	6.00
4	K106 + 786.00 ~ K107 + 084.00	298.00	6.20	2.00
5	K119 + 221.00 ~ K119 + 568.50	347.50	4.30 ~ 8.70	4.30 ~ 6.20
6	K122 + 265.00 ~ K122 + 637.00	372.00	2.70	2.70

第二节 不良地基路段分布及处理对策

综上所述,河北沿海公路除去 Q1 标段外,其余路段大多数地基基本上都属于不良地基。本书所称的不良地基,包括有软土、稻田、湿地、泥沼、盐池、鱼虾养殖池、滩涂、盐渍土、砂液化路段。其中,盐渍土路段长达 51km、砂液化路段长 21km。

一、不良地基分布

1. 软土地基路段

本书所述软土路段,从地形、地貌来讲,主要指路线穿过的滨海平原、沼泽、湿地、滩涂、盐池、鱼虾养殖池路段。在这些路段,表现为地面多为淤泥质土,下部为低液限黏土、粉土,地基十分软弱(图 1-6)。

从颗粒分析,软土以细粒土为主,其物理力学特征:

- 天然含水率高,接近或大于液限;
- 孔隙比一般大于 1,压缩性高,压缩系数 $a_{1-2} > 5\text{kPa}^{-1}$, 或 $a_{1-3} > 10\text{kPa}^{-1}$;
- 强度低,快剪的内摩擦角 $\varphi < 5^\circ$,凝聚力 $c < 20\text{kPa}$;