

天津软土地基

TIANJIN SOFT SOIL FOUNDATION

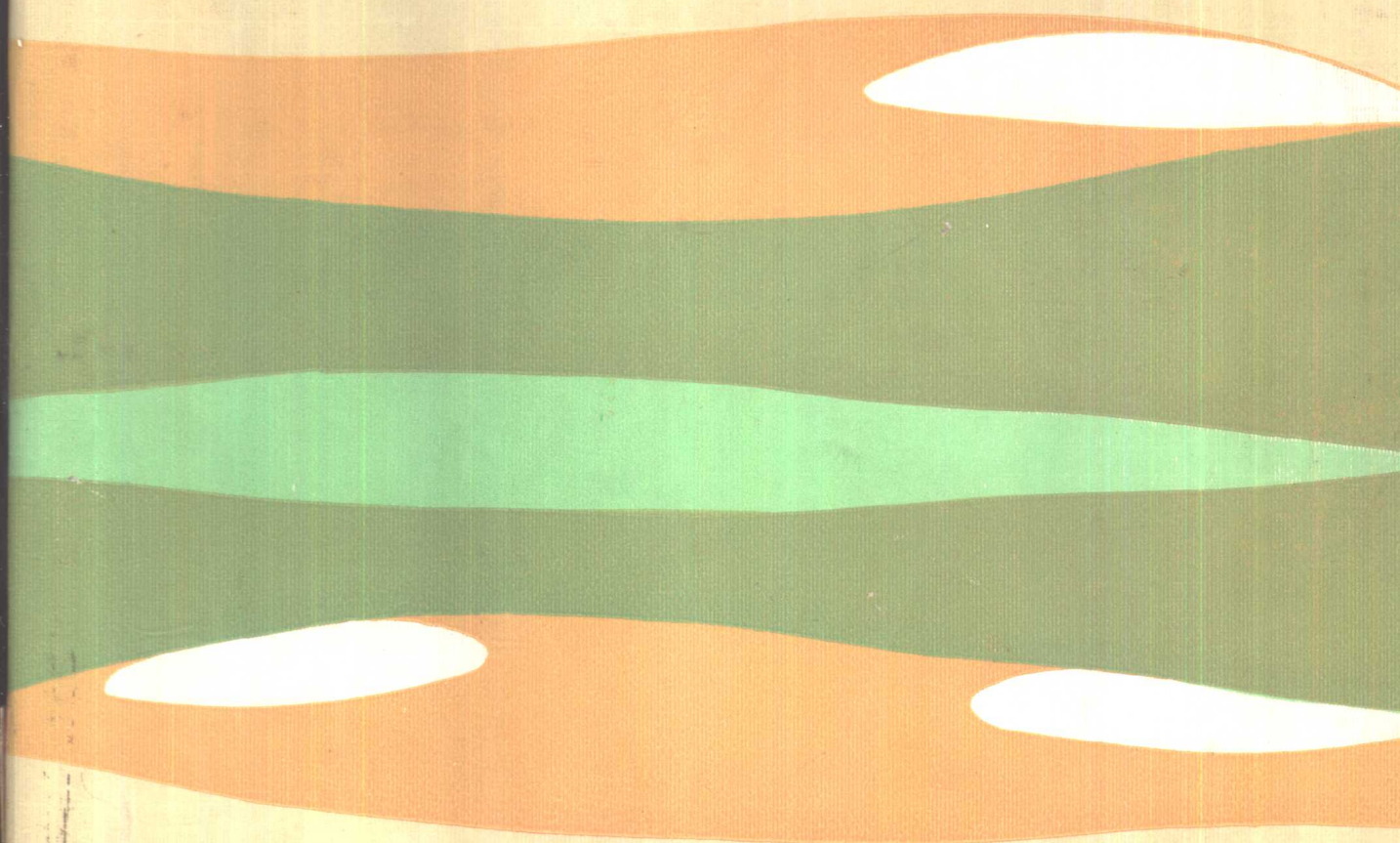
主 编 侯钊 副主编 陈环 钱征 崔竞立

CHIEF EDITOR HOU ZHAO DEPUTY CHIEF EDITOR

CHEN HUAN QIAN ZHENG CUIJING-LI

天津科学技术出版社

TIANJIN SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE



天津软土地基

TIANJIN SOFT SOIL FOUNDATION

主 编 候钊 副主编 陈环 钱征 崔竞立

CHIEF EDITOR HOU ZHAO DEPUTY CHIEF EDITOR

CHEN HUAN QIAN ZHENG CUIJING-LI

天津科学技术出版社

TIANJIN SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

责任编辑：李国常

天津软土地基

THE SOFT SOIL FOUNDATIONS OF TIANJIN

侯钊 主编 陈环 钱征 崔克立 副主编

*

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道130号

天津武清永兴印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本787×1092毫米 1/16 印张28.5 插页3 字数693 000

1987年11月第1版

1987年11月第1次印刷

印数：1-4 530

书号：15212·218 定价：10.50元

ISBN 7-5308-0144-9/TU·3

编委会名单

List of editor board

顾问

Counsellor

路启蕃

LU QIFAN

徐选

XU XUAN

柴长清

CHAI CHANGQING

栗培英

LI PEIYING

主编

Chief editor

侯钊

HOU ZHAO

副主编

Deputy chief editor

陈环

CHEN HUAN

钱征

QIAN ZHENG

崔竞立

CUI JINGLI

委员

Members

王之模

WANG ZHIMO

王秀伦

WANG XIULUN

申伯熙

SHEN BEXI

刘翼熊

LIU YI-XIONG

刘蕙茹

LIU HUIRU

吴家珣

WU JIAXUN

李乃扬

LI NAIYANG

李中岐

LI ZHONGQI

李秉实

LI BING-SHI

李家琛

LI JIASHEN

陈宝利

CHEN BAOLI

张瑞

ZHANG RUI

张元祜

ZHANG YUANYI

张景恒

ZHANG JINGHENG

周家宝

ZHOU JIABAO

荆原

JING YUAN

郝春元

HAO CHUNYUAN

翁鹿年

WUNG LUNIAN

高福田

GAO FUTIAN

柴世珏

CHAI SHIYU

袁浩清

YUAN HAOQING

黄介然

HUANG JIERAN

顾晓音

GU XIAOLU



副主编 陈 环
CHEN HUAN

1930年生于河北丰润县，1952年毕业于天津大学水利系并留校任教。一直从事土力学、地基与基础的教学和科研工作。现任天津大学水利系岩土工程教授、地质地基教学研究室主任。中国土木工程学会土力学与基础工程学会理事、中国水利学会岩土工程专业委员会委员、天津水利学会岩土专业委员会副主任和天津建筑学会地基基础学术委员会委员。

主要从事软土基本性质及其实际应用的科学研究。1980年以来进行真空预压加固软土地基的机理研究，填补了该领域的空白，获国家“六五”科技攻关先进项目一等奖和交通部科技一等奖。先后撰写了10余篇论文。同时，对土坡稳定、土的抗剪强度、桩土相互作用和振冲桩变形计算等项目进行了研究。上述论文分别发表在国内外学术会议论文集和专业科技刊物上。

Deputy chief editor
Cheng Huan

Born in 1930 in Feng-ren county of Hebei Province, Cheng Huan graduated from Tianjin University in 1952 and became a teacher in the university. He has been teaching soil mechanics, subsoil and foundation and doing the research work on the above areas. He was a lecturer from 1956 to 1978, and became an associate professor in 1979. He is now a professor of the geotechnical engineering and the director of the Geology and Foundation Teaching and Research Section in the Hydraulic Engineering Department of Tianjin University. Besides, he is also the member of council of the Soil Mechanics and Foundation Society of the Chinese Civil Engineering Society, and the member of the Geomechanics Committee of the Chinese Hydranlic Engineering Society, the deputy director of the Geotechnical Engineering Committee of the Hydraulic Engineering Society of Tianjin and the member of the Foundation Academic Committee of Tianjin Architectural Society.

Chen Huan's sphere of study mainly concerns the soft soil behavior and its practical application. Since 1980, he has been engaged in the research on the vacuum preloading soft soil foundation, which filled in the gap in the field in china. The result of which was awarded the first price by both the state and Ministry of Communications Apart from a dozen of thesis on the above subject, he also made researches on the slope stability, soil shear strength, soil piles interaction, and vibro-replacement stone column. He wrote scientific thesis on all these subjects, which have been included in the proceedings of academic conferences and published in technical periodicals, at home and abroad.



主 编 侯 钊
HOU ZHAO

1915年生于山东省济南市。1941年毕业于国立西北工学院土木系。曾任西北公路局帮工程司，青藏、青新公路工程处帮工程司、副工程司，山东省公路局代理总工程师，天津港务局工程师、基建科长、处长、工务处长、副总工程师、港口土建高级工程师，天津市建筑学会地基基础学术委员会委员

参加和主持过的主要工程：塘沽新港软土地基加固的试验与施工；新港轮船闸修理闸门的设计与监造；钢木组合结构船闸大修工程的设计、施工；船闸“空气帷幕”防咸工程的试验、设计及施工（国内首次采用）。

Chief editor
Hou Zhao

Hou Zhao was born in the city of Ji-Nan of Shangdong Province in 1915. He graduated from the Civil Engineering Department of China National North-west Engineering College in 1941. He worked as a technician and later an assistant engineer with the North-west China Highway Bureau; He was an assistant engineer with Qinghai-Xinjiang and Qinghai-Tibet Highway Department; an acting Chief Engineer with the Highway Bureau of Shangdong Province. In Tianjin Port Administration Bureau, he worked as an engineer; a deputy chief engineer; the director of the Capital Construction Department and of the Construction Managing Department. He is now the Senior engineer in charge of the harbour engineering and the civil engineering. Hou Zhao is also a member of the Soil Foundation Academic Committee of the Architectural Society of Tianjin.

The major projects Hou Zhao participated in and took charge of are as follows:

1. The Testing and the construction of the soft foundation improvement in Xingang, Tangu, Tianjin.
2. The design and the supervision of the repairing project of the Xing-gang Shiplock Gate.
3. The design and the construction of the overhaul projects of shiplocks.
4. The design the testing and the construction of the "Pneumatic Barrier System" for salt reduction in shiplock.



副主编 钱 征
QIAN ZHENG

1926年生。1957年毕业于天津大学水利工程系水道及港口专业。现在交通部一航局研究所、天津软基开发公司进行岩土工程研究，任副总工程师。同时担任中国土力学及基础工程学会理事；天津市建筑学会理事；国际土力学及基础工程学会会员。

先后主持了软土的流变性质及长期强度、厚型观测、软土地基加固和测试仪器等研究工作。并为8个国际学术会议撰写过论文。参加了《软土地基与地下工程》、《基础工程学》和《地基处理手册》等书的编写工作。

Deputy Chief editor
QIAN ZHENG

Qian Zheng, born in 1926, graduated from the Waterway & Harbour Section of the Hydraulic Engineering Department of Tianjin University in 1957. Ever since he has been serving as a senior engineer with the Research Institute of the First Bureau of Navigation Engineering, the Ministry of Communications, and with the Tianjin Development Company for Soft Soil Improvement as a chief engineer. He enjoys the member of the council of the Chinese Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering of China, the membership of the council of the Tianjin Architectural Society the member of the International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering (ISSMFE).

Mr. Qian Zheng has been in charge of the research work on the rheological properties and long term strength of soft marine clays, on the prototype observations, on the soil foundation improvement and detecting apparatus, etc. Mr. Qian Zheng has delivered his various papers for eight international conferences. He also joins as a participant in the work of compiling the following books: SOFT FOUNDATION UNDERGROUND CONSTRUCTION, FOUNDATION ENGINEERING, and HANDBOOK FOR SOIL IMPROVEMENT.



副主编 崔竞立
CUI JINGLI

1922年出生于江苏，1940~1943年上海圣约翰大学土木工程系肄业，1944年重庆大学土木工程系毕业后从事铁路测量、城市建设、都市计划等技术工作，任助理工程师。1950年起在天津市房管局、建工局从事工业与民用建筑工程的施工与设计工作，任工程师。1957年至今在天津市建筑设计研究院从事地基基础专业研究工作，并担任中国建筑学会地基基础学术委员会副主任委员，天津市建筑学会地基基础学术委员会主任委员，中国大百科全书土木卷编委等职务。

Deputy Chief Editor
CUI JINGLI

Mr. Cui Jing-li was, from 1940 to 1943, in the Civil Engineering Department of ST. John's University in Shanghai, and was graduated from the Civil Engineering Department in Chongqing University in 1944. Before the founding of the People's Republic of China, Mr. Cui Jing-li was engaged in the technical work of railway survey, urban construction and city planning as an assistant engineer. After the founding of New China, from 1950 to 1957, Mr. Cui Jingli worked as an engineer in the fields of construction and design for industrial and civil buildings with the Tianjin Rstate Administrative Bureau. Ever since, he has been conducting the research work as a senior engineer on soil and foundation at the Tianjin Research Institute of Building Science, Technology and Design. Mr. Cui Jing-li also holds the posts of deputy director of the Soil Foundation Academic Committee of the Architectural Society of China, director of the Soil Foundation Academic Committee of Tianjin Architectural society and enjoys the membership of the editorial board for the Civil Engineering Volume of China Great Encyclopaedia.

前 言

天津新港的陆域系吹填而成，是典型的软土地基，它给港口各种建筑物的设计、施工都带来不利影响。解放以来，新港陆续扩建，对新港软土地基也进行了一系列的试验研究，积累了不少宝贵经验。特别是天津大学范恩锬教授在五、六十年代就做过大量工作，付出辛勤劳动。所有这些研究试验成果，必将对今后大规模建港工程和港区附近的建筑工程提供有益的参考资料。

为了系统地整理汇编有关新港软土地基的资料，使研究成果不致散失，由天津港务局、天津市水运工程学会、天津市建筑学会共同发起，组成《天津软土地基》编辑委员会，并于1981年8月1日召开了首次会议，明确分工，开展工作。经过编委会和执笔同志的共同努力，反复修改、核对、补充后由天津科学技术出版社出版。

我们谨向大力协助本书编辑出版的天津大学、天津市建筑科学研究所、第一航务工程设计与科研院等单位致以衷心的感谢。

由于编者的水平所限，本书的编、选难免有疏漏不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

1987年1月

Preface

Tianjin is an area with most of its soil foundations soft, especially in the coastal region.

Since the founding of the People's Republic of China, as well as the extension of Xingang Harbour, a great number of studies and experiments have been conducted on the soft soil behaviour and soil foundation improvement of the area, and thereby some important data and experiences have been obtained. The scientific results of the experiments have not only helped the construction of Xingang Harbour, but are also believed to be of great use for reference by other relative engineering constructions at home and abroad.

For this purpose, important thesis on the soft soil foundation have been collected and published in book form. The main aspects of these thesis concern are as follows

- 1) Engineering Properties of Foundation and Soil.
- 2) Soft Soil Foundation Improvement.
- 3) Stability of slope.
- 4) Deformation of Foundation and Foundation Design.
- 5) Pile Foundation.
- 6) Dynamic of Soil Properties.

This book can be used for reference by engineers and scientists specialized in coastal and harbour engineering and civil engineering. It can also be used as a reference textbook by college students in the relative fields.

内 容 提 要

天津新港是我国北方最大的人工港口。自解放以来不断扩建，现在已成为闻名世界的国际贸易商港。天津新港建筑在软弱的吹填土上，在扩建过程中，对软土的特性曾进行了一系列的试验研究，取得一些有意义的成果。为了不使这些成果散失，特收集其主要部分编印成册，并作了一些必要的补充订正。本书内容共分六章：（一）地基与土的工程性质；（二）软土地基处理；（三）边坡稳定；（四）地基变形与基础设计；（五）桩基；（六）土的动力性质。本书可供港工、土建设计人员工作中参考，也可作为大专院校有关专业师生的参考读物。

目 录*

概述.....侯 钊

第一章 地质与土的工程性质

1. 海洋软土的流变性质及其长期强度 钱 征 杨国强 曾锡庭.....(5)
2. 软土剪切粘滞系数的研究 范恩锐 钱 征.....(11)
3. 塘沽新港软粘土抗剪强度的研究 陈 环.....(17)
4. 饱和软粘土中不同形态水的划分 范恩锐 钱 征 杨国强.....(27)
5. 天津新港软土的一些工程特性 钱 征.....(33)
6. 静力触探贯入阻力 P_s 与十字板抗剪强度 C_u 的关系 袁浩清.....(44)
7. 塘沽和新港地区工程地质条件特征 申伯熙.....(47)

第二章 软土地基处理

1. 粘土现场定水头渗透试验 唐 敏 孙万禾.....(56)
2. SH_6 型孔隙水压力仪及其在现场测量中的应用 杨德元 唐 敏.....(64)
3. 十字板剪力试验方法的改进 刘文敏.....(70)
4. 真空预压的机理分析 陈 环.....(73)
5. 真空井点预压的固结应力分析 陈 环.....(84)
6. 袋装砂井——强夯加固新港软土地基的试验研究 钱 征 李广武.....(92)
7. 强夯法加固软土地基试验 张澄涛 何锦桓.....(101)
8. 振冲法加固塘沽长芦盐场二化软粘土地基的现场测试 方永凯 张鲁年
孟广州 郑培成.....(113)
9. 袋装砂井预压加固天津新港软土地基的试验研究 钱 征 李广武.....(120)
10. 袋装砂井——真空预压法加固软土地基 叶伯荣 陆舜英 唐羿生 高志义
.....(126)
11. 短密砂井加固塘沽软土地基总结 北京铁路局勘测设计院 铁道部铁道科
学研究所 交通部第一公路工程局.....(132)
12. 天津新港射水砂井加固效果试验研究 唐 敏 孙万禾.....(140)
13. 油罐充水预压加固软土地基 王永槐 陈全裕 方永凯.....(153)
14. 天津新港地区软基加固可行性研究 唐 敏 张美燕.....(181)
15. 排水预压法加固港口软土地基的一些新进展 刘翼熊 叶柏荣 钱 征.....(190)
16. 天津新港高桩码头排水砂井加固软土地基效果的检验 刘翼熊.....(193)
17. 运用石灰桩加固软土地基的实际效果 范恩锐.....(205)
18. 水泥石灰拌合法的室内试验 王玉兰 王淑兰 许登明.....(212)
19. 塑料板排水法加固软基的试验研究报告 曾锡庭 刘家豪等.....(221)

* 英文目录放最后

第三章 边坡稳定

1. 海河防潮闸工程中的滑坡 陈环 (235)
2. 天津新港第一码头扩建工程采用排水砂井提高码头岸坡稳定性的研究 赵令
炜 朱国杰 朱家模 吴家铸 刘翼熊 史桂卷 (248)
3. 天津新港钢铁码头岸坡的变形及加固措施 交通部第一航务工程勘察设计院
..... (262)
4. 天津新港地区码头岸坡工程设计综述 郭连清 蔡友民 (268)
5. 边坡稳定计算理论和工程经验的分析 陈环 (278)
6. 天津新港码头岸坡地震时的稳定性分析 叶柏荣 刘翼熊 高志义 (290)

第四章 地基变形与基础设计

1. 软地基上建筑物开裂的原因及控制办法 范恩镜 (300)
2. 塘沽软土上浅基础房屋的变形开裂问题与地基基础改进设计探讨 张瑞 (303)
3. 塘沽新港中学教学楼沉降和裂缝的调查分析 邱中明 沈训能 林永成
赵根五 章思维 薛绍栋 (319)
4. 新港船坞钢板桩坞墙土压力的研究 叶柏荣 方兆麟 曾锡庭 (329)
5. 天津新港集装箱堆场地基形变模量试验研究 孙万禾 唐开生 黄桐琴 (337)

第五章 桩基

1. 天津新港单桩承载力的试验研究 刘翼熊 叶柏荣 杨德元 (348)
2. 天津新港塘沽钻孔灌注桩的试验及应用 李乃扬 (355)
3. 天津新港等软土地区水平荷载试桩资料的分析 鲍秀清 (362)
4. 天津新港地区的桩基承载力及其确定方法 曾锡庭 杨德元 马纯良 (370)
5. 天津新港地区打入桩的施工经验 摘自《港口工程》 (376)
6. 天津市新港地区桩基座谈会会议纪要 高桩码头桩基试验小组 (383)

第六章 土的动力性质

1. 天津新港码头“7.28地震”震害调查报告 交通部一航局设研院天津新港码头
7.28震害调查组 (386)
2. 饱和粘土动强度变化规律及其试验方法的探讨 高志义 李美美 翟亚军 (400)
3. 三个试样逐级加荷法确定原状饱和软粘土的动强度 李美美 翟亚军 (410)
4. 饱和软粘土的动强度 要明伦 (422)
5. 在振动作用下软弱粘性土的强度与变形特征的研究——软土振动载荷试验报告
..... (428)

概 述

一、天津沿海地区的成陆过程

据地质部门研究证实，天津沿海一带，从10万年前至今的期间内，曾有三次海进和海退，即由海洋变陆地和由陆地变海洋曾反复六次。现地面下厚约50~70m的土层即在此期间沉积形成。

距今约5000年左右，天津还处于最后一次海进期间。南迄黄骅县，西至白洋淀附近，皆为一片汪洋，属于渤海的一部分。稍后，开始了最后一次海退。在漫长的海退岁月中，逐渐沉积形成了天津以东的滨海平原。由于海退的暂时停顿，形成了大致与海岸线平行的数条贝壳堤。贝壳堤是海岸线在该处停留较长时间的遗迹。

有史以来，黄河曾数次在天津附近入海。黄河及其它河流，从上游携带大量泥沙，入海时沉积造陆，使陆地向海延伸。前述的贝壳堤就是陆地向海延伸的证据之一。地质工作者根据黄河在历史上曾经三次流经天津附近入海的地点和时间和对黄河挟砂造陆能力的分析，正好与三条贝壳堤形成的时代相吻合。足以说明渤海沿岸的大片陆地主要是黄河造陆的产物。

由上述情况可见，天津至塘沽广大滨海平原是数千年来逐渐成陆的，愈近海岸，成陆时间愈短，土质愈软。1958年修建海河防潮闸时曾在-5m高程处挖出古币“崇禎通宝”、陶质酒瓶和瓷瓶碎块。并在东沽渔船闸-2m高程处挖出酒瓶和铁炮。说明此层土的形成时间不会超过400年。新港港区在上述海河防潮闸以东，更靠近海边，尤其近年来新建泊位越来越向海发展，陆域都是在海中吹填造成的，其土质是最软弱的。以四港池的地质调查资料为例，-1.0~-13.2m为淤泥质粘土与淤泥质土组成，粒径大都小于0.05mm。小于0.005mm的粘土颗粒占很大比重，因而含水量大，天然容重低，土质很软。淤泥层的天然含水量高达62%，天然容重仅 16.6kg/m^3 ，液性指数 $I_c = 1.75$ 。

新港工程就是在这样软的土质条件下建造的。

二、天津港沿革和建设简述

天津新港是我国最大的人工港口，华北的对外贸易中心。它是由天津内港（海河沿岸）逐渐向海岸发展扩建而成。

根据考证资料，很早以前，天津地区就有水运活动。港口的形成约在唐代

(公元648年)，地点约在今天津市东郊的军粮城（名漂榆邑）。当时，军粮城地处海口，与海河相通，水运交通方便，成为漕粮转运的重要枢纽。宋朝，由于定都洛阳，且连年战乱，航运大为减少，南宋时，金定都于中都（今北京），航运逐渐恢复。金贞佑年间（公元1214~1217年），天津已有直沽寨之称；成为向中都转运漕粮的枢纽。至元朝，天津改称海津镇，粮食转运更趋繁忙。明燕王朱棣（明成祖）进军，从天津渡河取胜，遂正式命名为天津（意为天子之津梁）。至1904年建天津城并设卫。天津卫的名称由此而来。明成祖定都北京后，明清两代的都城均设在北京。天津一直成为转运漕粮与其它货物的枢纽。因此，纵观天津港的历史变迁，可归纳为：唐始（开始形成）、宋衰（衰落）、金复（复苏）、元兴（兴盛）和明、清为进一步发展繁盛时期。

清代末年，国力日衰，列强覬覦，均思染指中国。1840年第一次鸦片战争后，帝国主义列强大举入侵，为了进攻北京，迫使清政府屈服，天津首当其冲。八国联军就是先攻陷大沽口炮台自北塘登陆，进攻天津、北京的。随军事侵略而来的就是经济侵略。战舰、商船接踵而来，在海河两岸，强占租界，修建码头。列强夺取了海关权，以不平等条约为保护，通过水陆运输，掠夺中国人民的财富。太古、怡和等外国轮船公司的船舶，在海河航道横行。虽有几家中国民族资本的航运公司，艰苦经营，也受到外资的排斥和压迫。海河沿岸码头由英租界紫竹林（约在今之大同道口）以下逐步扩建至小刘庄附近，形成了近代天津内港港区。塘沽附近也建成了八号码头等。

辛亥革命后，孙中山先生有修建北方大港发展海运事业的倡议，惜未能实现。日本侵华时期，为了掠夺华北的战略物资（煤、盐等）决定在海河河口附近修建新港。当时对于选择港址，日本内部有两派意见：一派主张在滦河河口；另一派主张在天津海河河口。最后，日本军部决定在现在的位置修建新港。1939年开始修建。初步规划年吞吐量为2750万t。先建南北两防波堤，港内水域面积约18km²。并修建码头、装煤机及船闸等。因侵华战争失利，屡次缩小建港规模。至1945年，日本投降时，共建成南、北防波堤各7km多，钢板桩码头700m，第一码头3000t级船闸（闸底标高-5m）一座（并未通航），装煤机两座。

国民党政府接管新港后，不仅未积极续建，且维护不力，致使航道淤浅，3000t级轮船已不能进港停靠。1945年至1949年间，仅建成仓库三座（钢屋架，瓦楞铁顶，砖墙）共9000m²。直至拆卖器材，维持开支，解放前夕，新港港区已破烂不堪。

解放以后，港口建设工作受到了极大重视。为了顺利进行建港工程，于1951年8月24日成立塘沽建港委员会，开始了第一期建港工程。主要工程项目包括：
1) 加固第一码头，从原来的水深-6m加深至-8.5m。将5000t级码头改建为8000t级，使万吨级远洋货轮不满载直接停靠；
2) 浚深航道；
3) 大修装煤机；

4) 大修船闸。1952年10月第一期建港工程提前完成,天津港首次成为国际贸易港口。第一期建港完成后,于1958年又在一码头东端与装煤机之间扩建了一码头五段,第一次采用了高桩承台式结构,码头后方采用排水砂井予压加固软土地基。此期间还在海河的塘沽区段改建了八号码头的两个泊位,将原来破损严重的木码头改建为钢筋混凝土码头。

1959年开始第二期建港,修建了第三码头五个万吨级泊位。(突堤三个泊位,顺岸两个泊位)。突堤泊位采用无梁大板高桩承台结构。顺岸泊位改用梁板结构。这期工程原计划还有万吨级船闸(二线船闸)及外海灯塔。由于当时出现三年自然灾害,国家经济困难,只完成了五个万吨级泊位(水深-9~-11m),其余两项工程均中途下马。万吨级船闸挖成了半个基坑,外海灯塔仅浇筑成一个沉箱(由秦皇岛预制场地拖运至新港)。

第三码头主体建成时,是“有马无鞍”——只有泊位,没有库场等配套设施。为了接运进口粮食,在码头面上以车船直取,第三码头才得投产使用。在挖泥过程中,发现顺岸码头第一个泊位有较明显的位移、承台的桩帽有开裂现象。不得已采用分期挖深的办法。顺岸部分挖至-6m暂停。经过一定时间,再挖至-8m,-9m。由桩的开裂和精密测量结果说明码头边坡土体有位移。如事先采用砂井预压的措施,边坡土体位移是可以避免的。

由于我国对外贸易的迅速发展,进出口船舶大量增加,港口压船情况严重,造成极大的经济损失。为此,周总理发出“三年改变港口面貌”的号召。1973年天津港第三期建港工程开始。四月成立了天津港建港指挥部,调集了筑港大军数万人。这是天津港规模空前的扩建工程。第一步的计划是“前七”,“后六”共13个万吨级泊位。其中包括一个集装箱泊位。这是我国自行设计施工,装备比较完善的第一个集装箱码头。为了适应内外贸易的发展,1985年又建成了三个集装箱泊位。近期,还将在东突堤建造十一个深水泊位。

在扩建码头的同时,还加铺了二线铁路调车场,加宽主航道为双航道,使万吨级货轮可以同时对驶。并改造了盐码头、粮食码头等。天津新港的生产和建设突飞猛进,面貌日新月异,必将为我国的四个现代化建设发挥更大的作用。

三、对新港软土地基的试验研究成果

回顾建国以来,建港工作能够顺利进行,与对软土地基的研究工作是分不开的。这些研究工作包括从软土的基本性质到实际工程应用的研究,其中大量的的是有关软土地基处理的研究工作,如生石灰桩、灰土垫层、砂石垫层、砂井预压、电渗排水,直到最近实验的强夯法、袋装砂井、真空预压与水泥拌合加固等。这里应特别提到的是范恩锐教授的工作,是他首先对新港软土及其处理进行了全面的研究。特别是他对生石灰桩加固软土地基的研究,是在总结继承我国劳动人

民长期实践的工程经验的基础上，创造性地应用于加固软土的工程实际。这不仅在我国是首次的深入研究，在世界范围内也是领先的。范教授不幸逝世后，他的研究成果未能全面总结，他的遗著也散存各处未加系统整理。我们广大科技人员进行的大量研究成果，也未能系统整理与集中。这对总结经验作为今后建港工作的借鉴是一个损失。因此，关心建港工作的同志一致希望，系统地整理收集新港软土地基的研究成果，予以出版。这不仅是对今后天津的港口建设提供了宝贵资料而且对国内其它类似的工程建设也是十分有益的。同时对国内外的技术经验交流也会起到良好作用。

本论文选集共分六章：第一章地质与土的工程性质（论文七篇）、第二章软土地基加固（论文十九篇）、第三章边坡稳定（论文六篇）、第四章软基的设计与计算（论文五篇）、第五章桩基（论文五篇）、第六章土的动力性质（论文六篇）总共收集论文48篇。在编辑过程中我们对某些论文作了相应的删节和修改。虽然有的论文只能反映当时的认识和结论，而在今天则已有了进一步的发展，但它反映了当时的水平，对现在的工程建设仍有一定意义，有便于读者了解当时的具体情况。

本论文选集既收入了50年代开始的一些研究成果，也包括了我市在软土地基方面的最新研究成果。如收入第八届欧洲土力学及基础工程学术会议的论文三篇（1983年），其它国际会议论文两篇（1983年）。即将送交第十一届国际土力学与基础工程学术会议交流的论文三篇（1985年）和在我国一级学术刊物上发表的论文若干篇。这些论文在国际和国内均有一定的影响。

侯 钊

1986年4月

第一章 地质与土的工程性质

1. 海洋软土的流变性质及其长期强度*

钱 征 杨国强 曾锡庭 (交通部一航局科学研究所)

内 容 提 要

通过对海洋软土的剪切流变试验发现这种土的应变速率 $\dot{\gamma}$ 、粘滞系数 η 和时间 t 之间在双对数纸上为线性关系。

另外,本文总结了用十字板流变仪在现场测定海洋软土的长期强度,粘滞系数等流变参数。

一、概述

系统的土流变学的科学研究于1948年首先在荷兰由葛兹(Geuze E.C.W.A)和我国科学家陈宗基(Tan Tjong Kie)开始^[1]。

为探索解决码头位移的途径,我们开展了对渤海西岸海洋软土的流变性质及长期强度的试验研究^{[2][3]}。本文是这些工作的总结。

二、海洋软土的流变性质

笔者设计并试制了一种和二维问题相似的单剪仪,对原状土样的剪切流变性质及长期强度进行了研究。

(一) 土的单剪仪

国内外许多学者采用过单剪仪进行流变研究。但各自的构造不尽相同。图1-1为港61型土的单剪仪构造示意图。

(二) 蠕变特性

1. 试验工作 试验是用前述单剪仪在恒温室中进行。试验时一组土样在同一竖向荷重作用下使其完全固结,分别加上不同的剪应力 τ_1 、 τ_2 、 τ_3 …… τ_n 后,量测不同时间的变形 Δx ,然后计算角应变 γ ($= \frac{\Delta x}{h}$) (式中 h 为土样的高度)。

图1-2 为角应变 γ 和时间关系曲线。

2. 剪应变发展的规律 从资料看出变形的衰减和连续特性决定于剪应力 τ 的大小。当 $\tau < \tau_{\infty}$ 时 (τ_{∞} 为土的极限持久强度),变形实际上是属于衰减型的(图1-2)。若 $\tau > \tau_{\infty}$ 时,则整个曲线分成以下几个阶段(图1-3): OA ——瞬时弹塑性阶段; AB ——不稳定流动阶段;

* 该论文刊在国际海洋岩土工程及近岸离岸结构物会议论文集——编注——