

建筑地基研究文集

JIANZHU DIJI YANJIU WENJI

陈皓彬 著

福建省地图出版社

建筑地基研究文集

陈皓彬著

2005·福州

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑地基研究/陈皓彬著. —福州: 福建省地图出版社, 2005. 12

ISBN 7-80516-802-4

I. 建... II. 陈... III. 地基—基础(工程)—文集 IV. TU47-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 119063 号

书 名: 建筑地基研究文集

编制作者: 陈皓彬

责任编辑: 杨祥麟

出版发行: 福建地图出版社

印 刷: 福建省地质印刷厂

印 数: 1000

版 次: 2005 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-80516-802-4/T. 13

定 价: 96.00 元

本书如有印装质量问题, 影响阅读, 请直接向承印厂调换。

绪言

原天地之美，而达万物之理。

——引自《庄子·知北游》

本文集是作者近 40 余年的主要研究成果。归纳起来，其内容可分为五个方面：1、工程地质条件的研究和地基土工程分类；2、软土地基设计施工经验的总结分析；3、桩基工程的发展应用；4、高层建筑箱形基础的设计经验；5、设计的规范化和地区经验的结合。

50 年代我国大规模经济建设开始的时候，福州和全国其他大小城市一样，只有解放前探矿部门及外国传教士的一些零散地质资料，所需的工程地质资料几乎没有。后来虽逐渐有所积累，却缺乏分析研究。工作中无规可循，土的定名混乱，地层层位关系不清。在软土上建造房屋，更是从缺资料无经验开始，房屋裂损事故时有发生。这就是当时我们面临的主要问题。

针对这一情况，我们首先积极开展福州盆地工程地质条件的研究分析，摸清盆地乃至福建部分地区工程地质条件的分布规律^{[1][2][5][7][8]}。其后提出的福州第四纪土的分类表^[2]，即为省内各单位接受，成为福州等地进行工程勘察的重要依据。书中其他地质和地基土方面的诸多论述几乎也是当时和当今工程实际中经常遇到和关注的基本问题，其重要性是不言而喻的。

其次，我们逐步开展了软土地基调查研究，经过 20 余年的摸索，总结出不少成功与失败的经验教训，才有了较为系统的设计施工经验^{[11][12][14]}。70 年代以后，随着建设事业的发展 and 桩基应用需要的增加，又抓了桩基设计施工课题的调查与研究^{[14][21][23][24]}，对促进桩基设计水平的提高发挥了一定作用。后来随着施工工艺和设备的完善与改进，提高了工程质量，造价也逐步有所降低，桩基使用范围扩大了，设计自由度更大了。这些都曾引起省内外较大的反响与欢迎。

作者深信，不论城市和农村，在今后的建设中，多层房屋仍将是量大面广的工程项目，而天然地基当是一种优先的选择。不可讳言，多层房屋的裂损是过去，也是当今常见的工程现象，吸取这些经验，将有助于减少或避免裂损和事故的发生。如果掉以轻心，则错误和事故终将难免重复出现。可以指出，多层房屋要不出现裂损，主要系于设计方面。需要设计师们有更广泛的知识面和实践经验。从某种意义上来说，它甚至比高层建筑设计更有难度，决不宜小看。

桩基的应用前景则主要系于施工技术条件。由于桩工机械和施工工艺的发展提高，桩型选择性增多了。目前 30 层以内的高层建筑和 2 层地下室的主要地基基础技术大体已经解决，设计所需的数据也更趋地区化。这是技术进步的一种表现。但是，桩的设计和检测还带有一定的纯经验性质。紧密结合施工技术的改进提高，上升为系统理论、地区化的设计经验，是进一步发展的需要。桩基工程的设计施工才能更合理，更经济。

当 70 年代末国内高层建筑发展时，我们不失时机地开展了高层建筑箱形基础的应用研究，对设计计算中的疑点、难点给出了我们的回答，作者提出的计算方法^[17]与实际检测有较好的吻合性，改变了以往这类问题难以计算的看法，曾成为当时的一个讨论热点，受到工程界的欢迎和积极反响。与

其相联系的深基础开挖和施工技术，近些年各地更有长足的进展，相信今后会有更多的运用。

1991年我省建筑地基基础勘察设计规范的批准发行^{[28][29]}是我省勘察设计施工技术发展趋向成熟的表现。具有鲜明的地方特色和地基设计与结构设计相统一的特点，相信今后会有更好发展。

工程建设离不开观测和试验，它是一个系统的随机过程。运用概率理论来揭示自然规律的奥秘，是不可少的。在调查研究中，作者一直努力寻求地区性经验与工程应用的结合，以求得出各种数理统计关系，并在多篇文章中有所阐述^{[12][14][23][24][28]}。有资料显示，它是获得普遍意义的数据的重要手段，甚至可能也是通向理论的桥梁。可惜的是，我们掌握资料的数量有限，涵盖地区太少，完整的抽象认识并未真正完成，这是令人遗憾的。工程建设并非单纯的技术因素，需要将经验提炼和简化，上升为理论。理论意味着真正的认识，才是我们的最终目的。

综上所述，可以见到，在纵、横两个方面来看，随着50年代以来各个不同时期建设事业的发展，作者结合当时需要，对一系列工程界敏感疑点和难题，给出了一些回答。它涵盖了包括工程地质学、土力学、基础工程学、结构设计理论和计算机应用以及建筑施工在内的多个学科的手段，才由不认识到有点认识，由认识不多到多一些认识，也才有所前进。深信进入信息时代的今天，这也应是我等科技人员必不可少的修养。

福建在全国来说，只是一个小的天地。技术资源有限。这本文集也许水平不高，贻笑大方，可却都是当时当地实际历史的反映。时至今日，早期房屋有的甚至已经拆除，也成了历史。然而，这里反映的，不纯粹是个人的研究成果，而是20世纪50年代至90年代初这一段历史时期，福建省地基基础工程技术研究和发展的一个侧面和缩影。书中还展示了此一时期省内外许多同行们的辛劳成果（各篇参考资料均有列出）。因而既是一份具体论述一个地区和城市的系列研究的地方性乡土资料，也可为当今工程提供一定的经验借鉴。作者不敢掠美于人，迟迟于多年之后，才先自辑成一集，供后来者回顾和寻觅我省建筑科学技术发展的轨迹，并籍此机会就正于工程界学者与同仁，为促进这门还不那么成熟的年轻学科的发展聊尽绵薄之力。如今福州，乃至福建正处在蓬勃发展的时期，科技面貌和人文环境日新月异。前事不忘，后世之师也。

这些文章之所以能够问世，曾经得到过许多关心这一专业成长的省内外有识之士的支持、扶持和帮助。没有这些帮助，我是不可能有所事事的。要感谢的人士实在是太多了，恕我未能一一枚举。还要一提的是，本集收录了由作者著文并和他人共同署名或共同商定的两篇论文^{[9][25]}，对于他们的支持与首肯，特专致谢忱。

此次汇编时内容未作改动，以保持原作风貌。仅有一些勘误和删节，有的重新排了版。有的文末加了“后续说明”，算是该文写成后相关方面的部分反映吧。其间引用的书刊资料均一一注明其出处，并向他们致以诚挚的感谢。

陈皓彬

1998年7月21日

[] 号内的数字是本书目录篇号。

全书一瞥——浏览与简介

1 地质和地基土篇

[1] 福州盆地工程地质条件的初步剖析 (1961. 3)

本文从地质发展史的观点出发,参照了前人关于福建地质调查和地理考察的研究成果,结合收集的浅钻和深孔勘探资料,具体分析和论证了福州盆地的形成过程、地壳升降及第四纪地层沉积特点,将福州盆地和闽江河谷第四纪沉积划分为五个时期,论述了各期沉积的分布规律,给出了盆地主要古地形地貌以及由此派生的工程地质条件。原文曾在福建省土木建筑学会学术报告会上及设计院内部作过介绍。主要内容刊载于福建省土木建筑学会1965年举办的“地基基础讲习班”讲义《地基与基础》第五讲。

[2] 福州盆地第四纪土的分类表 (1963. 12)

本表采用作者在《福州盆地工程地质条件的初步剖析》一文中的观点,将一般泛称的土的名称变成特指的地方性名称,土名和土层与当地的地形地貌及其形成的层位关系结合了起来,改变了历来只按国家规定进行土的定名的惯例,是我省首次在工程勘察上正式采用地方定名的先例。从而有利于地质评估和工程应用。该表推出后,曾经先在本院施行,也受到福州地区各勘察设计单位的欢迎,作为土层定名的依据,沿用至今。

[3] 泥质页岩辗压施工法 (1956. 5)

本文介绍了泥质页岩的一个非常不常见的用途,即在特殊的情况下作为填方造地材料的一次研究与应用结果。该文曾于1957年由中国城市建设出版社单独出版(单位名义署名)。

[4] 人工砂垫层施工经验 (1957. 10)

本文是福州地区大量推广砂垫层地基的技术经验小结。采用了此前作者在某机场建设工地通过亲身参与的数十万平方米的大面积砂垫层施工时所摸索的经验,包括人工、履带拖拉机、振动器的试压比较和垫层在水饱和状态下容易压实的试用结果。1957年12月5日在福建省城市建设局技术处召开的技术会议上作过发言介绍。

[5] 城市杂填土的初步研究 (1964. 5)

城市杂填土组成复杂,软硬厚薄不一,素来是困扰建筑施工和工程质量的一个难点。本文在研究城市发展历史的基础上,对福州城市杂填土的形成、组成和分布特点进行了调查分析,提出了杂填土地基设计施工应当注意的问题和相应采取的措施。本文1964年5月在华东地区勘察技术交流会上作过介绍,并刊载于《地基基础讲习班》教材第八讲。

[6] 谈谈几个山地工程地质问题 (1965. 12)

在山地建设中,常见一些不良的物理地质现象,如滑坡、冲沟、残坡积土问题等,其工程性能有一定的特殊性,常为工程界所关注。有的虽然比较少见,却是一个不可忽视的问题。在加强山区建设的今天,了解和熟悉这个问题是十分必要的。本文原载于福建省建筑学会《会讯》第4期,1965年12月)

附: 滑坡地形地貌的特征 (1960. 12)

本文摘自作者编写的一份工程勘察报告书的第五章,内有诸多不常见,却多是众所关心的、重要的地质地貌现象,如滑坡、冲沟、岩堆等,对城市环境和工程影响较大,有一定的参考价值,特节录于此备查。

[7] 福州市城市用地工程地质分区图说明书 (1980.12)

《福州市城市用地工程地质分区图》系应福州市建设局委托，为福州城市规划提供、报请国务院审批而进行编制的基础资料，是由福建省土木建筑学会地基基础学术委员会主持，会同省、市建筑设计院、福州大学和省第二水文工程地质大队等6个单位于1980年共同编制完成的，连同说明书和相应图幅均按期提交并报批，交付使用。本文是其说明书部分。1981年9月本成果在“福建省土木建筑学会第二次代表大会”上曾全文分发交流。

[8] 地基土的工程分类 (1989.3)

本文系为编制福建省标准《建筑地基基础勘察设计规范》而撰写的一篇研究论文。目的在于探讨和改进现行地基土工程分类的现实途径与方法。文中提出了具体的分析依据、分类方法与标准，可供实际工程应用。本文曾刊载于福建省建设委员会1991年出版的《福建省标准〈建筑地基基础勘察设计规范〉背景材料》一书中。

[9] 关于按查表法确定地基承载力的若干改进 (1991.3)

本文根据福建地区特点和现有资料，对国标中确定部分地基土承载力的数据作了一些补充修正，收录于我省1991年编制的省标附录中。

[10] 土工试验计算应用程序编制说明 (1986.5)

本文载于《福建建筑》1986年第3期

2 软土地基及基础篇

[11] 关于福州市某些建筑物地基设计的初步分析 (1957.9)

1956年我院率先在福州市开展了建筑物的沉降观测工作，本文就是这次观测工作的小结。文中对建筑物的沉降分布不仅受地基条件制约，也和建筑结构体型布局有紧密关联，以及基底下有一较好薄的土层对改善建筑物沉降状况和工程质量的重要性等，均有所阐述，具有一定的现实意义。本文曾以油印本在福建省城市建设局召开的技术会议上介绍过，现再重印。重印时作了个别文字上的修改。

[12] 福州软土地基的变形特征 (1962.12)

本文根据福州13座建筑物的沉降观测资料，讨论了软土地基的变形特征，指出：福州现有的一般5层以下民用房屋的沉降，可按地基类型、沉降特点和地基的工作条件划分为正常、准正常和非正常三种沉降类型；地基的平均沉降及沉降速率与沉降类型有关，并和差异沉降存在一定的相关统计关系；沉降的分布则取决于平面形状、荷载差异、上部结构刚度、基础型式和地基的均匀性等。最后，本文讨论了有关地基和基础的设计与施工问题。

后续说明

1 本文全文刊载于中国土木工程学会《第一届全国土力学及基础工程学术会议论文集》，pp.236~246，中国工业出版社出版，1964年8月。

2 中国建筑科学研究院地基基础研究所于1964年展开全国性的软土地基调查。作者有幸参与他们在福州地区的工作，事后负责整理有关资料，送交他们汇总，包括本人在《关于福州市某些建筑物地基设计的初步分析》和《福州软土地基的变形特征》二文中的部分资料，写进了该院的研究报告《软土地基设计施工主要问题及其经验》(1965)之中。该院此一报告获1978年全国科学大会奖。

[13] 软土地基 (1966.1)

本文是福建省土建学会为普及地基基础专业知识而举办的讲习班第十一讲的讲义，是一次科学技术的普及活动资料。学员对象是福州地区省、市下属施工单位（部分设计单位）的施工技术人员80余人，讲习班设在省科协礼堂，每周

六晚上课 2 个半小时，历时半年结业（1965 年 8 月至次年 2 月）。

[14] 软土地基的设计与施工（1977. 11）——福建省软土地基调查资料之一

本文是 1975 年 5 月至 1976 年 12 月开展的一次全省的软土地基调查报告。通过收集资料，摸清情况，技术经济分析，恢复了中断八九年的沉降观测，进行了福州、厦门、泉州、漳州和三明等市部分建筑物裂缝与使用情况的调查，紧密结合当前需要和地区特点，重点作了软土承载力、沉降与基础设计的分析和计算对比等方面的研究。着重对大量而常见的天然地基设计中的紧迫问题进行调查，提出了改进设计的意见和方法。调查报告分为两册，即《软土地基的设计与施工》（内容共分五章）和《软土地基工程实例汇编》。调查报告由福建省工业民用建筑设计院和福建省科学技术情报研究所共同出版。

后续说明

1 本书于 1977 年提出后，受到工程界的普遍关注。1978 年 4 月在福州召开的华东六省一市的“华东勘察地基专业组”成立大会上，作者就本文作了专题报告。并以详细摘要刊载于华东地区建筑标准设计协作办公室组织编辑、出版的《地基基础技术资料选编》一书中。

2 本书由福建省基本建设委员会以“软土地基设计计算理论及施工处理技术”——福建省软土地基基础设计与施工的调查研究（软土地基的认识、地基处理、各类基础和各类桩基的设计施工经验）的名义推荐，获 1978 年福建省科学大会奖，作者本人获邀参加了该次表彰大会。

3 作者 1980 年 12 月应邀在北京市建筑学会举行的专题学术报告会上就本书内容作过介绍。

4 《软土地基与地下工程》（孙更生、郑大同著，中国建筑工业出版社出版，1984 年）一书在多处引用和采用了本书的资料，如专节介绍福州软土特性及住宅调查（pp19~21）、福州变形控制的设计经验（p111）、大型现场荷载板试验研究成果（pp127~131）和后来的桩基偏位分析成果（p511）。

[15] 软土地基工程实例汇编——福建省软土地基调查资料之二

本篇登载了福建省软土地基调查中的 42 个工程的设计施工情况和相关资料。

[16] 福州几幢中高层建筑箱形基础的情况介绍（1978. 11）

本文是参加 1978 年 11 月在北京召开的“全国高层建筑箱形基础设计施工研讨及经验交流会”上的发言摘要。

[17] 箱形基础基底反力的实用计算（1979. 9）

本文根据高层建筑箱形基础测试研究成果，就基底反力的计算及其影响因素作了比较，提出了按分层总和法的地基模型计算反力的计算方法（作者称为轮算法），编制了计算用表，使反力和常规沉降计算依据一致，并便于考虑多层地基土性变化、基础平面、刚度、相邻房屋等有关因素对反力的不同影响，计算结果比较接近实际，和现场实测资料较为吻合。可适用于层状地基条件下矩形平面的箱形基础反力的计算。

后续说明及相关资讯

1 本文于 1979 年 8 月写成，系 1979 年为我国首次编制高层建筑箱形基础设计规范而作的一次研究。正文和附录一、附录二发表在《建筑结构学报》1981 年第 4 期和《中国土木工程学会第三届土力学及基础工程学术会议论文集》（1981 年 10 月中国建筑工程出版社出版）。

2 同年 10 月在全国高层建筑箱形基础规范编制会议上作过介绍，11 月在成都召开的中国建筑学会地基基础学术委员会的成立会议上作了大会发言。

根据 1979 年在四川成都召开的中国建筑学会地基基础学术委员会的审查意见, 本文的主要内容被收录于《高层建筑箱形基础设计与施工规程 JGJ6-80》的《条文说明》中。推荐作为三个设计计算方法之一。

3 1980 年 3 月和 12 月分别在上海土木工程学会、北京勘察与地基经验交流会上和 1982 年 6 月在福州召开的福建省土木建筑学会第二次代表大会暨 1982 年年会上, 就本文作了专题介绍。

4 《基础工程学》(陈仲颐、叶书麟主编, 中国建筑工业出版社, 1990 年第一版) 第五章介绍了本文提出的计算方法(轮算法即逐次逼近法, p172), 收录了本文附录二的计算用表 (PP247~253)。

5 工程应用方面, 据了解, 西南建筑设计研究院曾采用本文方法, 设计了成都、唐山等地的近 10 个高层建筑工程项目。西安、郑州有关设计单位还在设计工程的过程中, 进行了箱基反力、内力的现场测试, 对本文方法进行验证与复核。结果表明, 像在北京和上海一样, 这些远隔千里的非软土地区, 本文方法和实测数据也有较好的吻合度, 能满足设计要求。例如在西安的西北建筑设计院和河南省电力勘察设计院都曾花费大量人力物力开展过这一工作。他们的成果将在本书正文之后加以简介。

6 《建筑结构》第 3 期 (1991 年 6 月出版, 中国建筑工业出版社) 刊载了《非矩形平面箱基反力计算与实测分析》(作者: 西南交通大学周京华、王玉钰、周朝华) 一文, 在本文对矩形平面箱基反力研究的基础上, 采用基本相同的轮算法对非矩形平面的设计应用作了推广, 是一次很好的发展尝试。比较计算显示, 按整体计算和按分块计算在 Y 形平面箱基的反力分布仍然比较接近, 但分块计算方法简便。该文还对该校一座 18 层工字形教学楼进行了测试验证。证明轮算法计算结果和实测也比较接近。详情亦在本书正文之后加以简介。

[18] 箱基基底反力计算算例

本文由陈皓彬设计计算, 原是《箱形基础基底反力的实用计算》一文的附录三, 未随该文公开发表。曾以油印本形式当年在本院内散发交流。现作为单独一文刊出, 以窥该计算方法之计算过程及其全貌。也可为从新编制程序提供思路及借鉴。

[19] 箱形基础整体弯曲及配筋计算程序 (1981.3—1982.7)

本程序原采用 ALGOL-60 语言由本书作者编写。现以 BASIC 语言改写, 更具通俗性, 可在 QBASIC 程序上运行。程序全文较长从略。其编制思路请参阅文末所附作者 1983 年 10 月在福建省土木建筑学会电算委员会一次年会上所作的“箱形基础整体弯曲及配筋计算程序说明”发言(要点)。

[20] 关于箱基计算方法及其设计应用(提纲) (1980.11)

本文是在福建省土木建筑学会学术报告会上的一次发言。

3 桩基工程篇

[21] 静压桩单桩荷载试验研究 (1974.3)

本文叙述了福建省体育馆静压桩工程的一次单桩荷载试验成果。试验中进行了不同桩长, 即不同桩基持力层的比较和桩身与桩底的分离试验, 讨论了极限荷载及桩周与桩尖阻力的划分, 并与用静力学理论计算及按触探方法预估的承载力作了比较与探讨。本文曾在福建省土木建筑学会的学术报告会议上作过介绍。

[22] 某工程桩顶偏位的分析 (1981.9)

本文对某工程的桩顶位移事故作了一次调查分析, 提出了今后类似工程设计施工应当注意的事项, 供参考。曾在当年福州召开的“全省桩基设计施工会议”上作过报告和分发。

[23] 桩基工程调查综合分析 (1981. 11)

本文是1981年12月在省土木建筑学会召开的“全省桩基设计施工经验交流会议”大会上的报告。在同年12月华东地区桩基技术经验交流会上作过专题发言。除反映调查报告的主要意见外,更多的是一些讨论和个人看法,供讨论参考。

[24] 单桩竖向承载力的回归分析与应用 (1989. 10)

本文根据单桩竖向承载力的随机性质,采用多元回归方法,对单桩承载力进行了统计分析,建立了相关的资料数据库,提出了实用的设计方法。该方法写进了福建省标准《建筑地基基础勘察设计规范 DBJ13-91》。

文末附列了单桩承载力回归统计资料(91版)。

单桩承载力回归分析计算程序示例(1989.10)则从略。

[25] 关于单桩承载力静力计算方法的改进 (1991. 3)

本文具体介绍了对国家规范中单桩承载力静力计算方法的改进意见。并被列进福建省标准《建筑地基基础勘察设计规范 DBJ13-07-91 条文说明及背景材料》一书中。文末附补充算例数则。

[26] 工程围护桩问题 (1993. 11)

本文介绍了工程围护桩的计算比较和设计实例。

4 综合与工程报告篇

[27] 沿海地区基础工程的综合分析 (1987. 3)

本文对沿海地区基础工程面临的主要情况和问题进行了调查和讨论。列出了各类基础的经济技术对比资料,分析了当前基础工程失效和裂损的出现概率与表现形式,讨论了桩基和天然地基有关承载力和基础性状的设计与估价问题,

[28] 福建省标准《建筑地基基础勘察设计规范》DBJ13-91

本规范编制组编(陈皓彬主编),福建省建设委员会批准,福建科技出版社出版,1991。

后续说明

1 本书和上海、天津、浙江、深圳四省、市的相应建筑地基规范一起,曾由中国建筑工业出版社汇编,全文收录在该社出版的《建筑地基基础规范选编》一书中(1993年7月出版)。

2 本书获1994年福建省科技进步二等奖。

[29] 福建省标准《建筑地基基础勘察设计规范》条文说明及背景资料

陈皓彬、高有潮等著文,编制组讨论通过,福建省建设委员会出版,1991。

目录

绪言

全书一瞥——浏览与简介

1 地质和地基土篇

1 福州盆地工程地质条件的初步剖析	(1)
2 福州盆地第四纪土的分类表	(19)
3 泥质页岩碾压施工法	(21)
4 人工砂垫层设计施工经验	(26)
5 城市杂填土的初步研究	(29)
附：福州市历史沿革	(43)
6 谈谈几个山地工程地质问题	(45)
附：滑坡地形地貌的特征	(51)
7 福州市城市用地工程地质分区图说明书	(54)
8 地基土的工程分类	(64)
9 关于按查表法确定地基承载力的若干改进	(75)
10 土工试验计算应用程序编制说明	(80)

2 软土地基及基础篇

11 关于福州市某些建筑物地基设计的初步分析	(84)
12 福州软土地基的变形特征	(92)
后续说明	
13 软土地基	(100)
14 软土地基的设计与施工——福建省软土地基调查资料之一	(103)
第一章 地基处理	(105)
第二章 软土承载力与变形指标	(124)
第三章 建筑物的沉降分析与计算	(135)
第四章 基础设计问题	(157)
第五章 主要结论与建议	(169)
参考资料	(174)
后续说明	(177)
15 软土地基工程实例汇编——福建省软土地基调查资料之二 (全册另载)	
16 福州几幢中高层建筑箱形基础的情况介绍	(178)
17 箱形基础基底反力的实用计算	(185)
1 根据与前提	(186)

2	计算方法	(189)
3	比较计算	(196)
4	小结	(206)
	主要参考资料	(207)
	附录一	(208)
	附录二	(209)
	后续说明	(213)
18	箱基基底反力计算算例	(216)
19	箱形基础整体弯曲及配筋计算程序	(249)
	附箱形基础整体弯曲及配筋计算程序说明	
20	关于箱基计算方法及其设计应用	(255)
3	桩基工程篇	
21	静压桩单桩荷载试验研究	(258)
22	某工程桩顶偏位的分析	(274)
23	桩基工程调查综合分析	(286)
24	单桩竖向承载力的回归分析与应用	(299)
	附录单桩承载力回归统计资料 (91版)	
	单桩承载力回归分析计算程序示例	
25	关于单桩承载力静力计算方法的改进	(307)
	附单桩承载力静力计算举例	(311)
26	工程围护桩问题	(314)
4	综合与工程报告篇	
27	沿海地区基础工程的综合分析	(326)
	后续说明	
5	编后语	(347)

1 地质和地基土篇

福州盆地工程地质条件的初步剖析 (节录)

陈皓彬 (福建省建设厅设计院, 福州, 1961年3月)

提 要: 本文从地质发展史的观点出发, 参照了前人关于福建地质调查和地理考察的研究成果, 除利用本院勘察工程中大量 30 米以内的浅钻资料外, 还收集了省地质局、省水文地质大队和华东勘察院的数十孔深钻成果, 最深孔达 110 余米, 具体分析和论证了福州盆地的形成过程。根据盆地地层构造和地壳升降运动及第四纪地层沉积特点, 提出了福州盆地和闽江河谷第四纪沉积, 划分为五个时期及各期沉积分布规律的观点, 给出了盆地主要古地形地貌图, 讨论了由此派生的工程地质条件与建筑要求。

1 绪 言

本文分析和论证了福州盆地的地质地貌、形成过程和工程地质条件以及一些建筑经验。由于问题复杂, 作者水平低, 有些问题也需要时间, 需要更多的细致工作以后才能弄清, 因此本文只能是抛砖引玉, 错误、不当之处在所难免, 尚祈专家学者及关心此一问题的有关人士不吝批评指正。

2 福州盆地发展史

(1) 前人研究程度

1、福州地处福建省东部沿海, 距海仅 30 余公里, 属我国东南沿海硬化地块的一部分 (据赵鹏大)。为了更好地了解盆地发展历史, 必须从福建海岸问题的研究入手, 来分析和解剖福州盆地的形成过程和第四纪沉积特征。因为离开了形成过程、地质发展史和沉积特征, 就不能全面地正确认识 and 解决我们的问题, 无法进一步讨论工程地质问题。

2、福建海岸问题的研究始于 1912 年, 德国学者 VonRichhofen 考察了我国南部沿海后, 根据南海的沉积特征, 提出我国南部沿海属下降海岸。此一观点曾长期流行于海内外。1934 年, 李庆远经重点调查, 也进一步肯定了 Richhofen 的论点。1935 年侯德封等在《福建厦门龙岩间地质矿产简报》

中第一次提出了闽南海岸上升的意见。此后,不少学者曾发表过各种意见,并指出福建海岸具有下降而又上升的特点。福建师范学院地理系对闽江地貌的考察进一步推进了这些逐步深入的见解,形成了当前福建海岸问题的总汇,也反映了福建海岸问题研究的成熟度和水平。

3、前人的研究无疑对我们探讨福州盆地发展史具有决定性的意义,但他们的研究多限于地质地貌方面,缺少更多勘探资料的佐证。建国后有关部门(主要是省地质局及其前身——华东地质局)先后又进行了大量野外调查,大大地丰富了本区的地质资料,但也多着重于矿产调研方面,对于水文地质和工程地质的研究调查尚付阙如。1959年省地质局水文地质大队进行了1/25000供水普查,在一定程度上弥补了某些不足,但工程地质工作方面仍然是十分不够的。

除文末的参考资料外,本文还利用了省地质局水文地质大队在福州市供水普查中的深孔钻探资料。特此致谢。

(2) 福州盆地的形成

1、福州盆地下伏地层为:第四纪沉积地层、白垩纪侵入岩和侏罗纪火山岩系地层,其余一切老地层均被剥蚀无遗。这种情况和闽西闽北迥然不同,而与沿海一致。

2、侏罗纪火山岩系喷发时,福建大陆大部处于海底或接近海平面,其证据是:(1)火山岩系中有凝灰岩质页岩,其中混有石子,有的页岩具有层理夹在流纹岩之间,说明页岩沉积后又来了一次流纹岩的喷出;(2)沿海流纹岩山均具有平坦的山头和突出的平坦面,上有残丘,说明可能是海底经历准平原化运动而形成的。

火山岩系喷发以后先后又有几次花岗岩侵入,其中主要有三期,分别称为鼓山花岗岩(γ_1)、魁岐花岗岩(γ_2)和铜盘花岗岩(γ_3),并先后发生过几次大的断裂,主要是一、二期大断裂,从而伴生了许多断层群。

3、鼓山花岗岩形成后所产生的一期大断裂规模最大,它发生在穿越最常见的粗中粒肉红色正常(鼓山)花岗岩之中,随后魁岐花岗岩(含角闪石的细粒花岗岩)便趁此断裂侵入,形成了一期构造群。铜盘花岗岩侵入后发生了二期断裂,但规模较小,未能改变一期断裂所形成的主要构造特征,只是使构造更趋紊乱和破碎而已。

4、一期断裂为北东走向,与海岸线基本一致,如鼓山涌泉寺到狮屁股一段,鼓山花岗岩与魁岐花岗岩的整个接触面走向为 $N40^\circ E$,从而产生了NE和NW两组断层群,形成了盆地的下列一些断层:①乌龙江断层,②闽江大桥—白云洞断层,③猫稠—猫头山断层,④麒麟山—将军山断裂带,⑤长寿山—圭峰山断层,⑥新店溪断层,⑦洪山桥断层等。

5、一期断裂的地形后果是沿海东侧断块下降为海,西留为陆,从而完成了福建沿海地形的轮廓塑造,海岸线基本形成。这从下列几方面可以得到说明:①沿海海岸基本线十分平直(仅闽江口入海处略有转折,系受NW向断裂影响所致);②沿海常能见到格外平直的陡岸与海水接触,不可能是先蚀成平整倾斜面后再上升的结果,而是断裂所致;③火山岩和火成岩属于块状体,经受压力后和一般柔性地层不同而不产生褶皱,此一平直面便不能用褶皱轴来解释;④闽南沿海的大担、二担等小岛实际是断层块段的残余;⑤尽管实际海岸线十分曲折,但自基本海岸线突入陆地的距离均大致相等。

6、由于福州盆地的一、二期断裂以地堑形式出现,盆地四周的断层规模较大,又多倾向盆地,

形成以盆地为中心的断层凹陷。凹陷内部岩层由于受构造影响而变得四分五裂，极易遭受剥蚀，经过准平原化运动，便使原先深成的花岗岩暴露于地表，盆地的轮廓於是形成。

(3) 升降运动

经过侏罗、白垩纪燕山运动和准平原化运动以后，第三纪喜马拉雅运动规模较大，但从福建来看，却显得不怎么强烈。例如就目前所知，老第三纪赤石层中就未发现任何大的断层（多为单斜层），因此喜马拉雅运动的影响可以和新构造运动一样，当成是以升降运动为主的造山运动来对待。

1、经准平原化运动后，支离破碎的盆地基底沉积了赤石层，它可能是在海底进行的。喜马拉雅运动的发生，地壳急剧上升至 300m 标高，赤石层于是产生褶皱，并开始剥蚀。此时上升可能停顿了一个相当长的时期，造成侧向的侵蚀活动剧烈，形成了 300m 标高以上宽阔陡峻的凹形河谷，最宽处可达到 1000~5000m。

2、第四纪新构造运动发生，从 300m 高度开始，地壳继续上升，河谷继续遭受剥蚀，上升一直到 -60m 标高才停止，即今天的盆地基底标高上，於是盆地雏型基本构成。这次上升的结果，是使所有老的地层都被剥蚀殆尽，但由于停顿期短，来不及进行侧蚀活动，300m 标高以下的河谷就都显得比较狭窄，基底风化厚度不大于 10~30m，形成了闽江下游的谷中谷的情况。自此以后，盆地在已形成的雏型条件下，经受着新构造运动的作用，发生了数度的下降和上升，但升降幅度均未超过原有的范畴，其中主要可分为二个阶段：第一阶段是中更新世的大下降，大约下降了 500m，第二阶段是上更新世至今日的间歇性上升，并夹杂着某些轻微的下降。

3、第四纪中更新世的大下降，从 -60m 标高开始，海平面升高到 400~500m 标高，盆地底部沉积了砂砾层。下降至 400~500m 标高后曾停顿一个时期，形成了相应的莲花峰六级侵蚀阶地，此阶地在东南沿海有普遍的分布，也和同一高程的蚌壳堆积阶地相对应。这次下降的结果决定了福建海岸为下降海岸的特征，后来的上升均未超过这次下降的幅度。

4、继上述大下降之后，是间歇性的地壳上升和夹杂于其间的某些下降，先后形成了六级到一级等六级阶地。其中六级阶地是在上述大下降结束后的上升阶段中形成的。嗣后的五级阶地的形成，大致可以分为下述四个阶段：

①在第四纪上更新世，间歇性地壳上升主要有两次：先后形成了高盖山五级阶地和乌山四级阶地（高程为 180~200 和 70~80m，但此高程在沿海不同地区尚有一些地区性的差异）。它们主要是遭受剥蚀，原先沉积的砂砾层则承受风化和冲刷。由于地形、水文情况的变化和气候多雨，河谷流量较大，使盆地底部砂砾层多被剥蚀掉。上升末期又曾有短期停顿，形成的高河漫滩，堆积了粘土质覆盖层，并同时经受着夷平和切割作用。这就是盆地的一期沉积。

②至第四纪全新世，上次上升大致到标高 -80m 处，因而 -80m 以下的砂砾层得以保留至今。嗣后，又有重新下降，下降从 -40m 开始，约达 +40m 即行停止，下降幅度约为 80m。在这次下降中，由于盆地北部底部高程与其相当（包括市区、新店区及乌山以北地区），闽江经此则河面突然变得宽阔，水流冲刷力骤减，因而沉积条件大为改变，各种河床相、漫滩相以至湖相的沉积物都有。这就是盆地的第二期沉积物。下降停顿后侧蚀活动加强，故在回升过程中形成了仓前山三级阶地和相应的堆积阶地，河谷因此而逐渐南移（向软弱地段发展），逐步塑造成了今日河床的风貌。

③这次回升大约到 $-25\sim-20\text{m}$ 处停止了。在停顿过程中经历着剥蚀和切割,使先前的沉积物遭到较大的破坏,只留下厚约 $15\sim 20\text{m}$ 的第二期沉积,而使盆地地形变得更为复杂。其后,又发生了轻微的下降,下降从 $-25\sim-20\text{m}$ 开始,大约下降了 $25\sim 50\text{m}$,即下降到 $10\sim 25\text{m}$ 的标高上停止,然后侧蚀活动加剧,第二次回升又复开始,从而形成了前屿二级侵蚀阶地($+10\text{m}$)和相应的堆积阶地。这次升降的结果使原先的地面上增加了第三期沉积物。从盆地水流的宣泄条件来看,比过去是更为不利了。同时,由于盆地四周及上游的剥蚀与风化营力的降低,细粒物质显著地增多,但基本条件仍未改变,这第三期沉积物仍然为闽江河谷变迁所控制,河床相、漫滩相、湖沼溺谷相并存发展,不过要显得比过去更为细粒、松散和软弱罢了。

④应当指出的是,在上述两次轻微下降过程中,由于海平面的变化,无疑创造了海侵的条件,加上出海处比较狭窄,盆地内海、河的影响是交替的,它们互相制约。从第二、三期沉积物来看,无疑河相是主要的,但海水的顶托作用仍然不轻。然而由于二、三期沉积宣泄条件不同,二期所受海潮的作用显然要比三期要轻,也就是说二期的宣泄条件要比前期为差,这从二期沉积物保留了较为明显的海水成分来看,就足以说明的了。

⑤第二次回升后,闽江河道即告定型,改道营力逐渐消亡。据有关资料,现在闽江底部仍保留了 $-40\sim-20\text{m}$ 的第二期沉积,而第三期沉积却已为后期的沙层所取代,说明现代闽江河道主要从第二次回升后即已定型,而摆动幅度较前已大为缩小了。

⑥第二次回升以后即到了现代,回升幅度大致接近于当今海平面,没有停顿就又继续下降(个别地段曾切割第三期沉积)而开始了第四期的沉积时期。这时,海面降到标高 $+5\sim+8\text{m}$,海水侵入盆地。和以前不同的是,盆地受海潮的影响达到了最高点,盆地变成了福州湾,沉积了厚约 $5\sim 6\text{m}$ 的淤泥(最薄而言,原始地形有切割地段则变厚),大片地分布于今日盆地一切相应高程的地方,这就是所谓的盆地第四期沉积。

⑦海成第四期淤泥沉积后,地壳有轻度的上升,中途没有沉积间断,海相影响日益降低,河相因素逐渐增加,在广大的河漫滩(即今天福州平原上)地段便有了约厚 1m 的盆地表层粘土层的沉积,海平面重又恢复到了标高零点的位置。这是盆地最新的第五期沉积物,此一过程目前仍在继续。

⑧第五期粘土层沉积的同时,由于河流的影响日益增强,在河漫滩和河床上相应堆积了砂层和砂洲,其中局部积水地段还夹杂有某些粘土或淤泥薄层、夹层的沉积。

⑨在历史年代中,堆积了人工填土层。在盆地支流和人类活动的作用下,某些地段的第五期沉积曾遭到割切与破坏,被割切的地带又复有更新的细粒或较粗粒的粘土类沉积,从而形成了当今盆地支流交叉、分布复杂的平原景观。

5、通过上述盆地升降运动过程的分析,可以看出有以下几个特点:

①升降运动的强度逐渐减弱。从升降幅度来看,如以盆地基底形成时的上升高度作为 100 ,那么,其后的升降指数(正号为升,负号为降)如下:

$+100$ (下更新世) $\rightarrow -53$ (中更新世) $\rightarrow +51$ (上更新世) $\rightarrow -8$ (全新世) $\rightarrow +6$ (全新世) $\rightarrow -5$ (全新世) $\rightarrow +2$ (全新世) $\rightarrow -0.5$ (现代) $\rightarrow +0.5$ (现代)。总共五升四降(请参见文末补图)。

②从福建沿海阶地形成来看,高级阶地(四、五、六级)多为侵蚀阶地。二、三级则为侵蚀、堆积兼备,但从福州盆地来说,二级以上均为侵蚀阶地。只有一级阶地为内叠式堆积阶地,上升幅度没

有超过以前的下降幅度。故总的来说,虽然盆地目前仍处在上升阶段,但仍摆脱不了下降海岸的特点。

③福州盆地是在构造作用下断层凹陷的基础上发展起来的,四周均有较高的山脉,仅入海处有较小较低的出口,在河海的交替作用下,使得第四纪沉积分布变得复杂。进一步研究它们的规律,将有助于对盆地历史变迁的更深入地了解。

(4) 古地貌和闽江河谷的变迁

1、福州盆地雏形完成于第四纪下更新世 (Q_{IV}),其下切深度达 -60m ,但由于构造、岩性、古地形和水流的影响,不同地段的下切是不同的。盆地底部基岩顶面标高如表1所示。从中可以看出,基本上可以分为I~IV四个区, I区包括乌山~于山一线以南至现代闽江及后屿(延至硫酸厂)一带,为古闽江河谷。底部平均标高为 -50m ,最低为 -63.20m ,一般为 $-40\sim-60\text{m}$ 。其中有的标高小于 -40m ,是因为临近山坡所致。II区为盆地和北南向的连接地带,是盆地接纳北、南向地表径流的主要通道,北向为新店溪洪流,包括新店、五四路、汤边、温泉路,南至福马路、王庄一带,基底基岩标高为 $-27.27\sim-37.03\text{m}$,平均为 -32m ;南向为大樟溪洪流,基岩标高为 -37m 上下。III区为新店溪两侧,包括乌山、屏山和康山在内的北岸地带,是古闽江的北岸,底部基岩标高为 $2.19\sim-24.70\text{m}$,平均在 -20m 上下;其间可分为两区:大梦山以西平均为 -13m ,西湖以东平均为 -25m 。IV区为南台岛,属古闽江南岸,底部基岩比较平坦,起伏于 $-17.54\sim-20.95\text{m}$ 之间。

福州盆地下底部基岩顶面标高

表1

区别	平均标高 (m)	测点值 (m)
I区	-50	-50.50, -45.23, -43.95, -41.71, -63.20, -52.30, -56.00, -51.91, -53.90, -43.0, -54.20
II区	-32	-31.61, -27.27, -37.03, -35.00, -28.60, -34.49, -31.40
III区	-13/-25	-12.19, -14.43, -24.70
IV区	-19	-20.95, -17.54

2、根据盆地地貌沉积物特征和升降运动过程,可对闽江河谷的变迁作如下的阐述:

(1) 第一期沉积

古闽江河道经洪塘南,在乌山—于山和吉祥山间的峡谷流过五里亭,由后屿南经硫酸厂西(鼓山和大顶山之间)流出盆地。在这个时期中,最深下切到标高 -65m 左右,约相当于当时的侵蚀基准面,其沉积物是砂卵石,无细粒沉积。这是因为峡谷陡窄,细粒物质无法停留。沉积物硬存厚度为 10m ,平均层顶标高为 -40m (测点值请见表2),层顶大致向河流下游倾斜,例如福机点为 -37.57m ,硫酸厂点为 -49.53m ,茶亭点处最高,系受于山—吉祥山影响后期剥蚀主流改道所致。横屿附近点则因处在北面,非主流冲击方向,沉积物保留较多;而丝绸厂点沉积较深,可能与北部来的洪水冲刷有关。这些碎屑沉积物越往下,卵石越多,石径 $2\sim 10\text{cm}$,最大 20cm ,成分为花岗岩、流