

地基基础技术 发展与应用

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF FOUNDATION TECHNOLOGY

中国建筑学会地基基础分会 2004 年学术年会论文集

(四川成都 2004 年 9 月)

主 编 滕延京

副主编 杨 军 王惠昌 康景文



知识产权出版社

中国建筑学会地基基础分会 2004 年学术年会论

地基基础技术发展与应用

(四川成都 2004 年 9 月)

主 编 滕延京

副主编 杨 军 王惠昌 康景文

知识产权出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国建筑学会地基基础分会 2004 年学术年会论文集: 地基基础技术发展与应用/
滕延京主编. —北京: 知识产权出版社, 2004. 8

ISBN 7-80198-033-6

I. 中… II. 滕… III. 地基-基础(工程)-学术会议-文集 IV. TU47-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 085382 号

内 容 提 要

本书收录了近年来我国地基基础技术的论文 103 篇, 基本反映了该领域的最新技术成果。论文集内容包括理论研究、设计与理论、支护技术、处理及加固、施工技术与应用、信息动态、检测检验及其他八个部分。编辑委员会推荐其中 20 篇候选论文, 参加中国建筑学会地基基础分会 2002 年至 2004 年度优秀学术论文评选。

本书可供从事地基基础工程的勘察、设计、施工及科研、教学人员参考。

本书的所有版权受到保护, 未经出版者书面许可, 任何人不得以任何方式和方法复制抄袭本书的任何部分, 违者皆须承担全部民事责任及刑事责任。

中国建筑学会地基基础分会 2004 年学术年会论文集

地基基础技术发展与应用

主编: 滕延京

责任编辑: 陆彩云 责任校对: 韩秀天

装帧设计: 杨 亮 责任出版: 杨宝林

知识产权出版社出版、发行

地址: 北京市海淀区马甸南村 1 号

通信地址: 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 邮编: 100088

网址: <http://www.cnipr.com>

(010) 82000893 (010) 82000860 转 8101 (010) 82000860 转 8110

北京市黄佳印刷厂印刷

新华书店经销

2004 年 9 月第一版 2004 年 9 月第一次印刷

787mm × 1092mm 1/16 印张: 39 字数: 946 千字

ISBN 7-80198-033-6/T · 118

定 价: 75.00 元

如有印装质量问题, 本社负责调换。

一、主办单位

中国建筑学会地基基础分会
四川省土木建筑学会
四川省建筑科学研究院
中国建筑西南勘察设计研究院

二、协办单位

核工业西南工程勘察设计院
中机工程勘察设计院
成都四海岩土工程有限公司
成都建明地基基础工程有限公司
四川宏都岩土工程有限公司
四川省华地建设工程有限责任公司
成都市康格瑞建筑地基工程有限公司
成都华建管桩有限公司
四川省紫坪铺开发有限责任公司

三、会议组织委员会

主 任： 滕延京
副主任： 杨 军 王德华 赵 翔
委 员： 陶 玲 王惠昌 康景文 彭盛恩 高世科 廖心北
李春祥 冯礼恭 袁永旭 伍军康 杨 新 李 洪

四、论文编辑委员会

主 编： 滕延京
副主编： 杨 军 王惠昌 康景文
编 委： 钱力航 顾晓鲁 赵 翔 王德华 江 涛 梅全亭
阎明礼 陈希泉 杨 敏 候伟生 刘松玉 彭芝平

目 录

第一篇 理 论 研 究

- 1 圆柱下独立基础变形反力特征试验研究 邱道怀
- 12 颗粒破碎对粗粒类土力学特性影响规律研究★ 刘松玉 童立元 邱 钰 缪林昌
- 21 减少沉降量桩基工程实例研究★ 朱向荣 方鹏飞
- 31 长期荷载作用下桩筏基础的时间效应★ 程泽海 陈云敏 王伟堂
- 37 新型堤坝及其地基性状数值分析 曲 晨 陶松垒
- 42 纳米硅水泥土本构模型研究 王立峰 朱向荣 王文军
- 49 高层建筑桩箱(筏)基础的共同作用设计方法的研究 董建国 袁聚云
- 56 强夯法有效加固深度影响因素的理论分析★ 高广运 逯 海 王铁宏
- 61 软土地基上填土土坡稳定分析中不排水强度确定
方法的比较 曹宇春 夏建中 王伟堂
- 68 高层建筑筏形基础内力分析 刘岳东
- 73 软土地基沉降量预测方法的对比分析 罗战友 夏建中 王伟堂
- 78 水平加筋垫层地基极限承载力进化求解及其影响因素研究 ... 陈昌富 杨 宇 赵明华
- 83 软土地基路堤填土速率控制标准的试验研究 金 晋 王炳龙 杨红伟
- 87 温州软土增强(固化)掺合料研究及思考 潘林有
- 92 太原东山黄土静力与动力性质对比★ 阎凤翔 白晓红 梁仁旺 栗润德

第二篇 设 计 与 理 论

- 97 润扬长江公路大桥南锚碇基础共同作用分析与研究★ 吴江斌 王卫东 朱合华
- 105 嵌岩长桩下长短桩桩基础设计的初步探讨★ 杨 敏 王 伟 杨 桦 黄上进
- 113 北京某桥梁工程基桩方案设计优化★ 席宁中 刘金砺 李 江 熊叔勇
- 117 形状不规则基础沉降量计算 方玉树 王铁龙
- 126 高层建筑 CFG 桩复合地基的沉降控制设计 ... 吕凯歌 胡建中 朱玉明 谭永坚 高 松
- 131 北京某大厦附属用房抗拔桩设计 胡立强 刘江江 高 松
- 135 群桩基础可靠性分析 刘春原 王 丽
- 141 高层建筑静压桩基础的设计研究 赖琼华
- 146 某工程软质岩石承载力的取值分析 罗森云

- 150 复杂地基上超高层建筑地基基础的沉降变形观测研究 梅全亭 徐 智
- 155 某高层建筑素混凝土桩复合地基沉降观测及分析 康景文 赵 翔 崔同建
- 162 高填方路基工后沉降控制后处理技术 周同和 郭院成 张季超
- 170 某高层公寓基础选型实例分析 许吉亮
- 175 CFG 桩承载力计算中的一个疑点 汪定燊 钱锦棠

第三篇 支 护 技 术

- 179 土钉墙与桩锚组合支护结构的设计★ 王曙光 杨 斌 叶 焱
- 184 复杂周边条件下的坡道支护★ 高印立 陈希泉 李 华
- 188 某深基坑监测实例分析 张克恭 丁建文 王 军 王 斌
- 201 广州某大厦深基坑支护结构的增量法设计及施工实例 雷振宇 张季超 王遇国
- 207 复合型重力式挡墙深基坑支护新技术★ 周同和 郭院成 王立明 秦会来
- 211 一种复合式超高挡土墙的设计与施工 耿光旭
- 215 土体开挖对既成工程桩影响的初步探讨 连镇营 陈耀光 彭芝平
- 221 复合型重力式挡墙支护工程应用 郭院成 薛国华 秦会来 王立明 郑 仪
- 226 桩锚支护结构的施工效应分析 郭院成 王立明 张 泓
- 230 咬合桩在粉细砂地层深基坑围护中的应用★ 吴祖福

第四篇 处 理 及 加 固

- 233 某海关大楼改造桩基础安全度评估 杨 军 刘艳玲 彭芝平 陈耀光 高 松
- 241 抛石挤淤强夯法加固海涂地基研究 王伟堂 曹宇春 吴李泉
- 250 某商住楼基础加固改造★ 杨 军 彭芝平 陈耀光 罗文章 徐敦宇
- 256 复合地基增强体承载力计算分析 张东刚 马 骥 张 震 阎明礼 周恒瑾
- 263 抛掷回填砂卵石地基加固与利用 吴曙光 胡岱文
- 269 迫降处理灌注桩质量事故实例★ 辛艺阳 陈拥军
- 275 水泥土桩联合土工格栅复合地基的变形特征 崔 澍 闫澍旺 周宏杰
- 281 预浸水法处理大厚度自重湿陷性黄土地基★ 黄雪峰 孙树勋 徐毅明 金学菊
- 289 京郊河滩区域低密度楼群地基抗液化处理 张 武 邹佑学 王昆泰 张 科
- 297 锚杆静压桩逆作法地基处理技术的应用研究 周建民
- 302 广东科学中心软弱地基处理方案分析与比较 张季超 董华炜 周龙翔 曾华健
- 307 复合桩基在汕头地区的工程实践 黄上进 陈楚娟 蔡卢曙 陈伟军
- 314 小口径钢管混凝土桩在某商住楼基础托换中的应用 郝江南 袁志英
- 319 高地震设防区某综合楼地基处理方案分析及实践 康景文 杨双发 郑建兴
- 325 静压钢管桩托换法在某办公楼门厅地基加固工程中的应用 孙 云 赵 卿 刘 谦
- 329 锚杆静压桩托梁在危房加固纠偏中的应用 袁定安

334	某住宅楼地基基础加固设计与施工	卜良桃	毛晶晶
-----	-----------------------	-----	-----

第五篇 施工技术与应用

339	长螺旋水下成桩工艺及应用	吴春林	滕延京	刘国安	佟建兴	王科学	周同和
347	可重复多次高压劈裂注浆技术及工程应用	姚智全	杨生贵	金世玉			
351	某住宅小区强夯试验研究	唐建中	刘兴禄	周 昆			
365	后压浆技术在人工挖孔桩中的应用	张 峰	迟铃泉	熊 瑛	高 松		
370	岩石锚杆实用支护技术若干进展				杨建辉		
374	软质岩石上大直径挖孔灌注桩竖向承载力设计探讨				郑云松		
379	强夯法加固地基满夯作用效果及影响因素				董渝生		
384	深层喷射搅拌法施工技术	周同和	郭院成	陈宏伟			
390	夯扩载体素混凝土桩复合地基加固技术及应用	康景文	赵 翔	赵国永	王亨林		
398	嵌岩桩在复杂地质条件下的应用	申杰中	郑俊杰	郑文豫			
403	强夯与夯扩碎石桩联合处理深厚人工填土地基	杨素春	吴民利	张 勇			
409	施工振动对环境影响的监测★	耿光旭	赵 刚	李华平			
415	钻孔灌注桩桩端低压力后压浆施工技术				史书荣		
421	预应力管桩在塔吊基础中的应用	梁 琳	蔡长赓				
426	人工挖孔桩后压浆技术在工程中的应用				李春祥		
430	采用全套管钻机实施咬合桩施工在贵阳某工程中的应用				袁志英		
433	沉管灌注桩在厦门市深基坑支护中的应用				张洪涛		
438	浅析压力注浆在管桩遇孤石群夹层中的应用				林 梁		
443	长螺旋钻孔泵压混凝土后插筋灌注桩在山东威海地区的应用	金世玉	连海宁				
447	建筑垃圾再生骨料 CFG 桩的试验研究	王 健	王文龙				

第六篇 信息动态

450	关于地基基础概念设计的思考	钱力航
461	第五届国际地基处理学术会议综述	高文生 冯 禄
466	湖北省深基坑工程现状及发展趋势	袁内镇
476	补偿基础设计原理探讨	韩选江
484	综合地基处理技术	王洪有 何广谏 邱衍超
487	改变勘察方式 提高勘察质量	王惠昌 王 斌

第七篇 检测检验

493	平板载荷试验与螺旋板载荷试验差异分析★	王公山 李东文
-----	---------------------------	---------

- 500 DX 桩荷载传递机理的现场试验研究 沈保汉 陈 轮 王海燕 贺德新 孙君平
- 515 基桩竖向承载力自锚法测试技术研究与应用 邹新军 赵明华 张百全
- 519 新的高应变试桩方法用加速度计在自由落锤上测力的应用研究 陈放鸣 陈以力
- 524 $\phi 1\ 400\text{mm}$ 预应力混凝土大直径管桩的动力测试 刘永锋
- 529 PHC 桩沉桩前及缺陷处理后的完整性检测 ★ 黄 阳
- 534 柱锤冲扩桩法桩土应力比试验测试与分析 刘熙媛 窦远明 梁瑞琳 王恩远
- 538 低应变法中影响纵波波速若干问题之探讨 罗文章 关立军 王 伟 李华杰 徐敦宇
- 542 夯扩素混凝土桩复合地基质量检测方式的探讨 李晓岑 康景文
- 545 提高低应变反射波法缺陷识别分辨率的研究 牛冬生
- 551 高应变动力测桩直接从重锤上测力的冲击振荡效应研究 唐幸跃 陈舜展
- 559 桩周土阻力效应对基桩反射波法检测结果的影响 白永宏
- 564 大直径锤击沉管灌注桩承载性状的试验研究 陈鹭琳 黄明辉
- 569 云南国防中心综合大楼桩基础静载荷试验研究 梅全亭 张晓峰
- 575 预应力管桩的水平承载性能试验 尹金凤 许 洁 钟 刚 李 军
- 578 武汉地区预制桩质量事故的检测分析 李旭照 郑俊杰

第八篇 其 他

- 584 国家大剧院沉降分析与监测 ★ 沈 滨 唐建华 张乃瑞
- 590 地基土建筑适宜性 AHP-Fuzzy 综合评判 ★ 佟建兴 郭非祥 胡立强
- 599 尼泊尔王国色迪河大桥桥基岩体强烈变形问题的工程
对策研究 李渝生 王士天 许 强
- 605 九寨天堂甲蕃古城地基处理方案论证 董道洋
- 609 最小二乘平差和简单平差在基坑工程监测中的应用 宋建学 郑 仪 刘新民

带“★”的论文,是本书编辑委员会推荐的候选论文,参加中国建筑学会地基基础专业委员会 2002~2004 年度优秀学术论文评选。

第一篇 理论研究

圆柱下独立基础变形反力特征试验研究

邱道怀

(中国建筑科学研究院地基所 北京 100013)

【摘 要】 通过室内模型试验, 得出了圆柱下柔性基础和刚性独立基础的基础变形、基底反力的分布特征; 分析研究了这两种基础发生冲切破坏时的性状, 对于实际工程具有一定的意义。

【关键词】 圆柱; 独立基础; 反力; 变形。

1 前言

国内对钢筋混凝土基础的比较系统的试验研究是 1983 ~ 1985 年由湖南大学等单位进行的, 根据试验结果, 提出了几种经验计算公式^[5]。郭天强^[4]针对不同板厚设计了 1 000 mm × 1 000 mm 的方形基础, 得出了在地基土质均匀、柱下基础的厚跨比大于六分之一时, 基础板可以被认为刚性板, 在正常工作荷载下变形很小, 可被忽略的结论。文献 [4] [5] 研究的均是方柱下的独立基础, 本文拟对圆柱下的独立基础进行模型试验, 通过对比柔性基础和刚性基础在竖向荷载作用下的冲切破坏特征, 得出对工程设计有一定意义的结论。

2 模型试验内容

试验是在中国建筑科学研究院地基所的试坑内进行的, 试坑回填完毕后经载荷板试验, 地基土承载力特征值为 120 kPa, 弹性模量为 9.78 MPa。

基础板厚均为 200 mm, 混凝土强度等级为 C40。模型 1 的平面尺寸为 2 000 mm × 2 000 mm, 厚跨比为 1:10, 为柔性基础; 模型 2 的平面尺寸为 1 000 mm × 1 000 mm, 厚跨比为 1:5, 为刚性基础。圆柱直径均为 200 mm。图 1 为基础配筋详图。

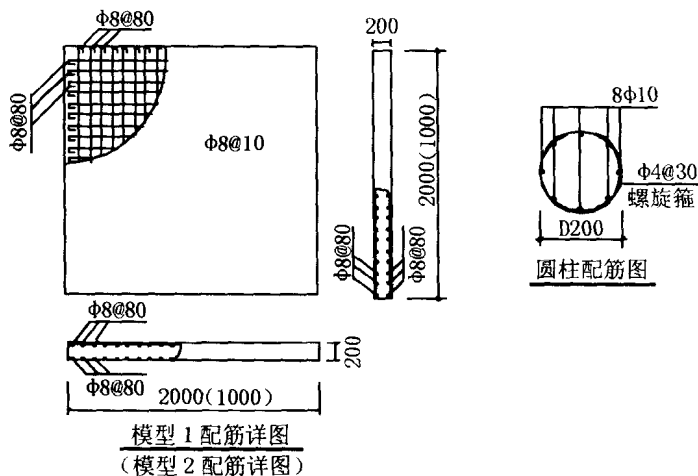


图 1 基础配筋详图

3 基础变形和基底反力分析

3.1 模型1 试验分析

3.1.1 变形分析

图2为模型1荷载——沉降曲线,图3为模型1沉降测点位置图。

图4为模型1的中心截面沉降曲线(截面位置如图3所示),图中横轴为截面上各点位置,纵轴代表沉降(单位为mm),图中7条曲线所对应的荷载水平自上而下依次为:100kN、200kN、300kN、400kN、500kN、600kN、700kN。从上至下有2条粗线,分别发生在加载的第四、第七级,分别表示中心截面圆柱边出现板底弯曲裂缝和筏板发生冲切破坏。

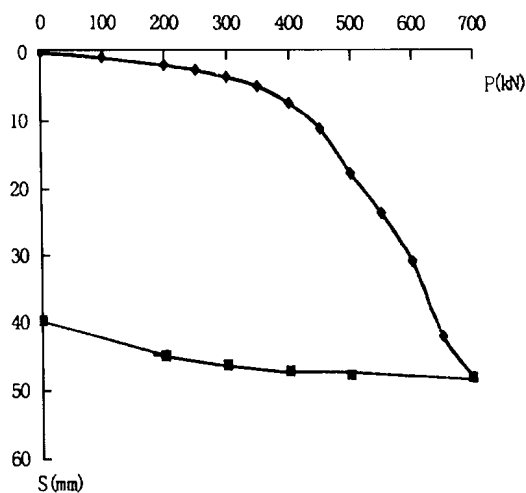


图2 模型1 荷载——沉降曲线

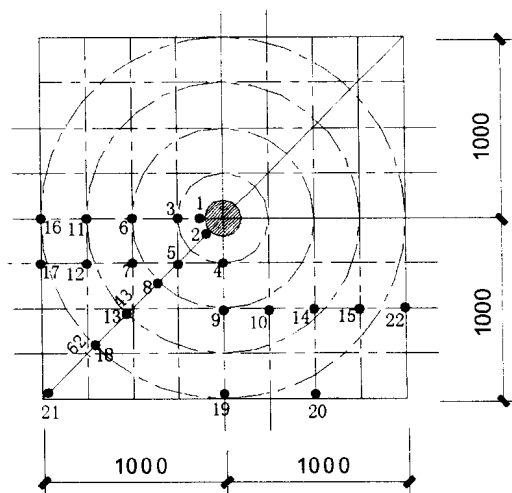


图3 模型1 沉降测点位置图(网格间距 250 mm)

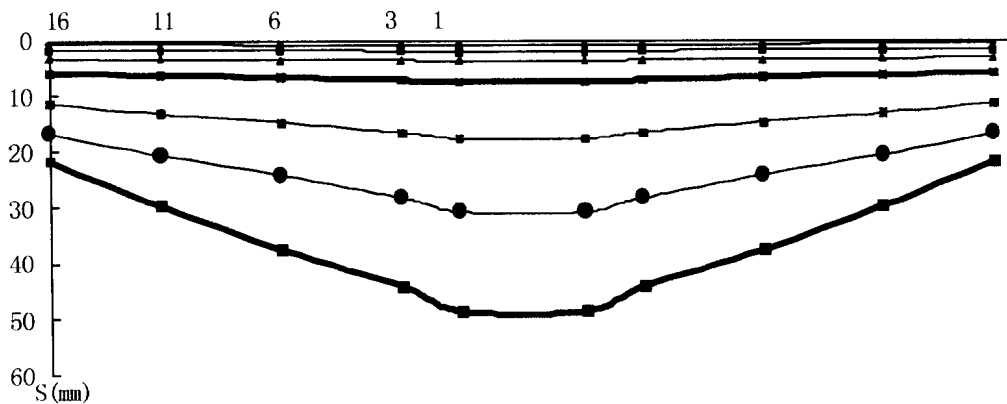


图4 模型1 中心截面沉降曲线

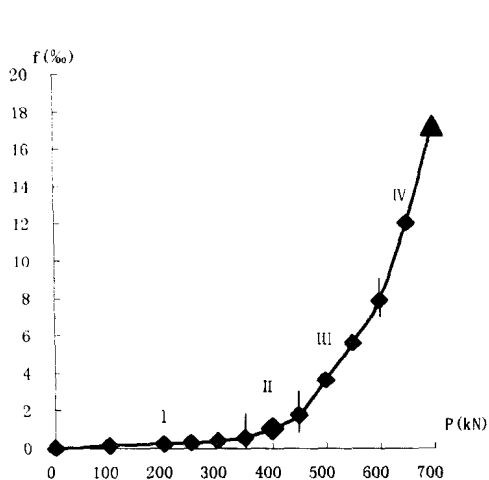


图5 模型1中心截面相对挠曲曲线

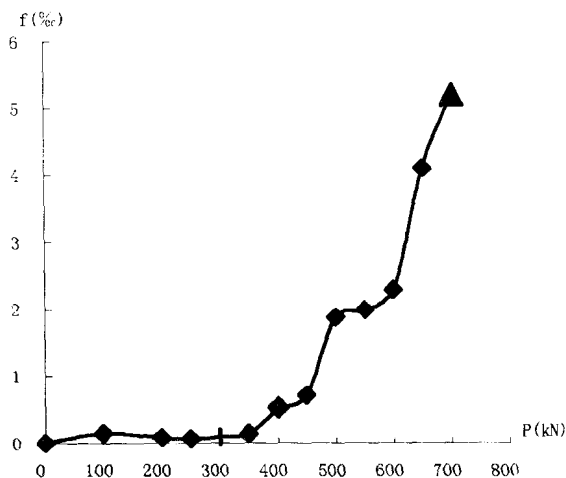


图6 模型1中心截面挠曲率增量曲线

从图4模型1的中心截面沉降曲线可见，在加载的前三级，筏板沉降均匀，加载至第四级(400kN)，中心截面的相对挠曲率为1.04‰，筏板开始出现弯曲裂缝；从中心截面相对挠曲曲线上可见明显的拐点。加载至700kN时，发生冲切破坏，圆柱处筏板明显下沉，挠曲率也加速增加，冲切破坏时的相对挠曲率为17.25‰。从图6模型1中心截面挠曲率增量曲线中可见，在筏板弯曲裂缝出现前，基础的相对挠曲率在前后荷载级之间增量很小，发生弯曲破坏和冲切破坏时，相对挠曲率增量出现两个明显的特征点（图中标有黑方块的为发生弯曲裂缝时的特征点，标有黑三角的为筏板发生冲切破坏时的特征点）。对照图7模型1圆柱与柱边筏板沉降差曲线，加载700kN发生筏板冲切破坏时，圆柱与柱边筏板沉降差为7.445 mm，如果继续加载，则沉降差可达到20~40 mm（文献[4]）。从图5可见，冲切破坏的极限荷载是600kN，此时，圆柱与柱边筏板沉降差为1.458 mm。

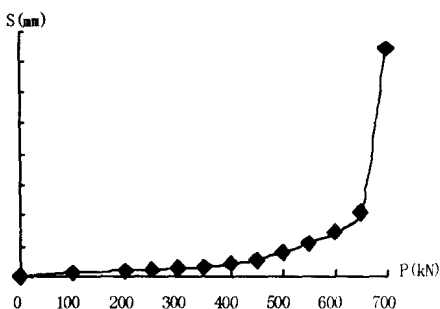


图7 模型1圆柱与柱独立沉降差曲线

从图4可见，加载过程中，筏板两端点的沉降一直在增加，本模型中心截面板边至圆柱边距离为900 mm，为板厚的4.5倍，可见，圆柱变形可以传递的范围大于4.5倍板厚。

从荷载——挠曲曲线可以看出，模型1破坏可以分为4个阶段（图5中标出的I、II、III、IV）。第一阶段模型在弹性范围内工作，荷载——挠曲曲线为直线；第二阶段为从出现裂缝到全部通过柱下的钢筋屈服，在第二阶段，挠曲曲线明显弯曲，挠度较第一阶段要快；继续加载，筏板基础进入第三阶段，该段末即为抗弯计算的极限荷载；随后基础弯曲破坏。按文献[4]，这种破坏属于弯曲破坏。

从图4可见，加载过程中，筏板两端点的沉降一直在增加，本模型中心截面板边至圆柱边距离为900 mm，为板厚的4.5倍，可见，圆柱变形可以传递的范围大于4.5倍板厚。

从荷载——挠曲曲线可以看出，模型1破坏可以分为4个阶段（图5中标出的I、II、III、IV）。第一阶段模型在弹性范围内工作，荷载——挠曲曲线为直线；第二阶段为从出现裂缝到全部通过柱下的钢筋屈服，在第二阶段，挠曲曲线明显弯曲，挠度较第一阶段要快；继续加载，筏板基础进入第三阶段，该段末即为抗弯计算的极限荷载；随后基础弯曲破坏。按文献[4]，这种破坏属于弯曲破坏。

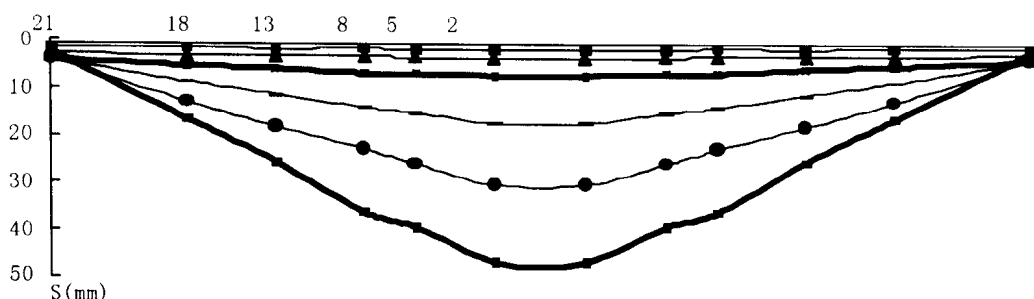


图8 模型1对角线沉降曲线

图8为模型1的对角线沉降曲线(截面位置如图3所示),图中横轴为截面上各点位置,纵轴代表沉降(单位为mm),图中7条曲线所对应的荷载水平自上而下依次为:100kN、200kN、300kN、400kN、500kN、600kN、700kN。从上至下有2条粗线,分别发生在加载的第四、第七级,分别表示中心截面圆柱边板底出现裂缝和圆柱完全冲切下去的沉降。

图9为模型1对角线相对挠曲曲线,图10为模型1对角线挠曲率增量曲线。

从对角线沉降曲线上。可以得出与中心截面类似的结论,加载至400kN时,相对挠曲率为1.367‰,筏板出现弯曲裂缝;此挠曲率大于中心截面的相对挠曲率,说明对角线方向先于中心线方向出现弯曲破坏,这个特点在正方形基础中是一致的。

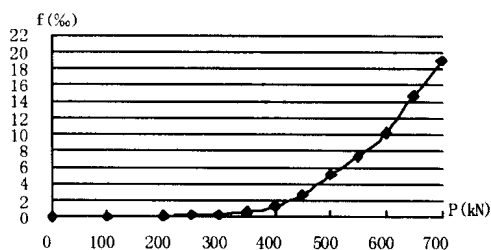


图9 模型1对角线相对挠曲曲线

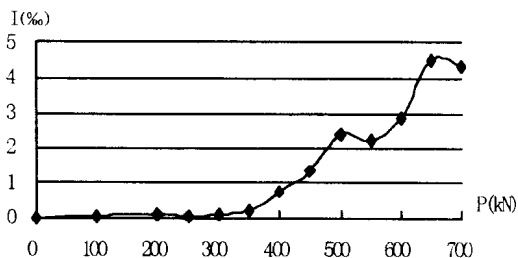


图10 模型1对角线挠曲率增量曲线

从图9模型1对角线相对挠曲曲线和图10模型1对角线挠曲率增量曲线可以看出与中心截面一样的规律,不再赘述。

从对角线沉降曲线上可见,端部的21点在筏板出现弯曲裂缝后,沉降增量很小,筏板达到极限荷载(600kN)的前一级(500kN)后,沉降逐渐减小,说明筏板在弯曲破坏前,变形可以传递的距离略小于该点,该点距离圆柱1314mm,约为板厚的6.5倍。结合中心线上的16点处的沉降分析,可以得出结论:筏板在弯曲破坏前,最大变形传递距离大约为板厚的5倍左右。

从图11模型1对角线与中心线挠曲率对比曲线可见,模型出现弯曲裂缝后,对角线的挠

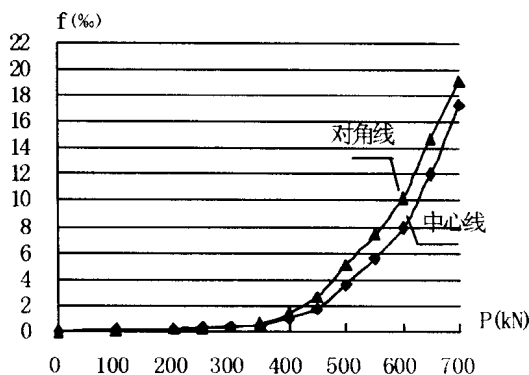


图11 模型1对角线与中心线挠曲率对比

曲大于中心线方向,但在弯曲裂缝出现前,在相对挠曲都是很小的情况下,中心线方向的相对挠曲率略大于对角线方向,说明对于圆形结构,正方形筏板基础,受荷开始时,沿基础中心线方向挠曲开始是大于对角线方向的,但随着荷载的施加,对角线方向相对挠曲增加较快,对角线方向会先于中心线方向发生弯曲破坏。

3.1.2 基底反力分析

图 12 为模型 1 的压力盒位置图,图 13 为模型 1 的中心截面基底反力曲线。从图 12 可见,中心截面筏板从加载一开始就表现处中心点处反力最大,逐渐向两端递减的规律,只是在加载至 400kN 筏板出现弯曲裂缝前,基底反力差异不大。从第五级开始,中心点处基底反力加大,此时端点处的基底反力基本上达到最大值,随着荷载的继续施加,中心点处反力迅速增加,两端点的反力减小,至 700kN 筏板完全发生冲切破坏时,端部反力降至约 0.06MPa,这种现象与文献 [4] 类似。

图 14 为模型 1 的对角线截面基底反力曲线,与中心截面区别在于发生冲切破坏时,端点的基底反力降低至零。

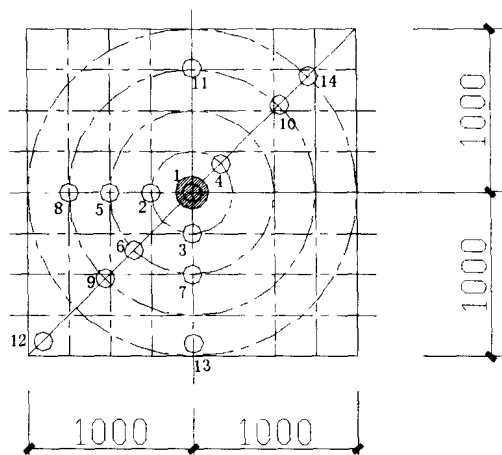


图 12 模型 1 压力盒位置图

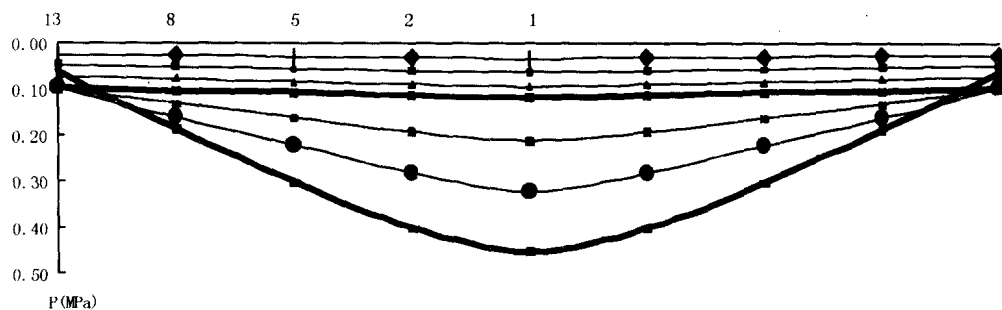


图 13 模型 1 中心截面基底反力曲线

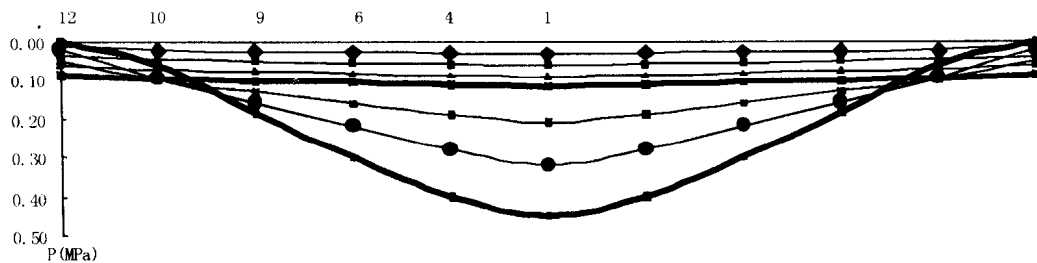


图 14 模型 1 对角线截面基底反力曲线

3.2 模型 2 试验分析

3.2.1 变形分析

图 15 为模型 2 的荷载——沉降曲线，图 16 为模型 2 的沉降测点布置图。

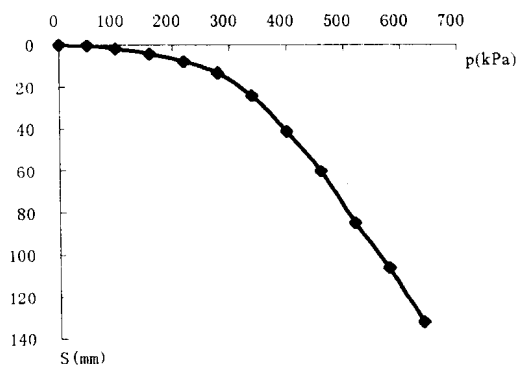


图 15 模型 2 荷载——沉降曲线图

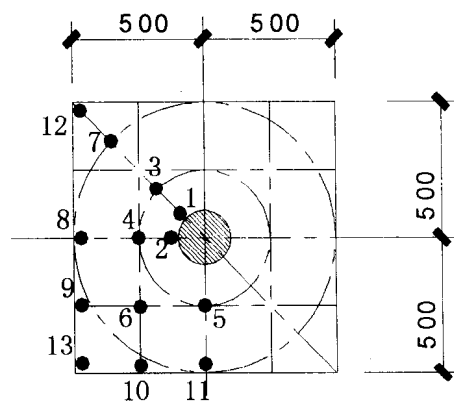


图 16 模型 2 沉降测点位置图

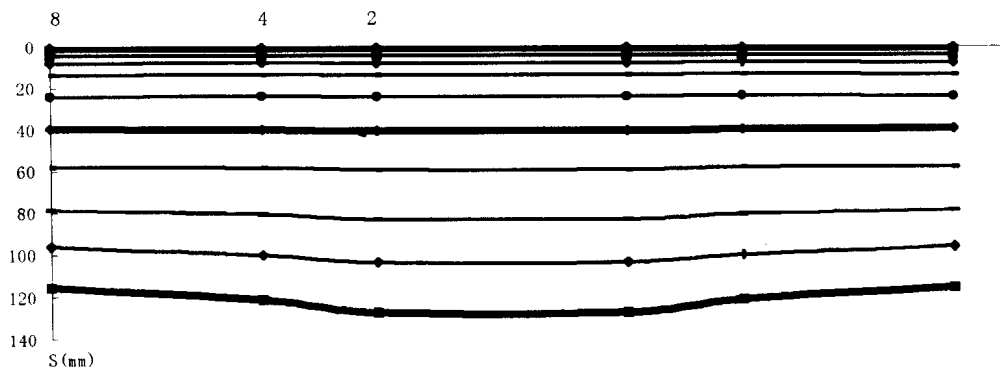


图 17 模型 2 中心截面沉降曲线

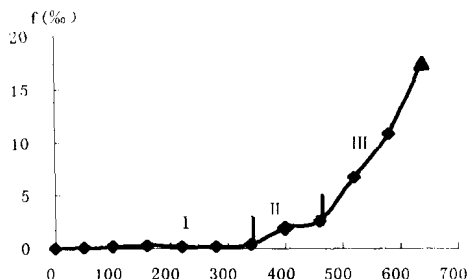


图 18 模型 2 中心截面相对挠曲曲线

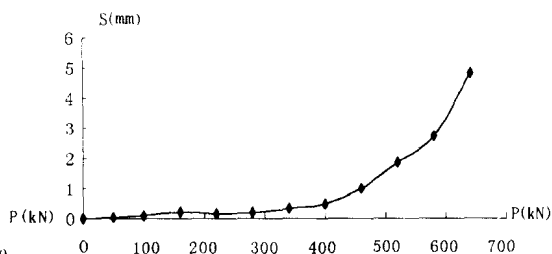


图 19 模型 2 圆柱与柱边筏板沉降差曲线

图 17 为模型 2 的中心截面沉降曲线（截面位置如图 16 所示），图中横轴为截面上各点位置，纵轴代表沉降（单位为 mm），图中 11 条曲线所对应的荷载水平自上而下依次为：50kN、100kN、160kN、220kN、280kN、340kN、400kN、460kN、520kN、580kN、640kN。从上至下有 2 条粗线，分别发生在加载的第七级、第十一级，分别表示中心截面出现弯曲裂缝和筏板发生冲切破坏时的前一级荷载（冲切破坏荷载为 670kN）。

从图 17 可见，在中心截面出现弯曲裂缝前，筏板沉降均匀，加载至第七级（400kN），中心截面的相对挠曲率为 1.90‰，筏板开始出现弯曲裂缝；从中心截面相对挠曲曲线上可见明显的拐点。加载至 670kN 时，发生冲切破坏，圆柱处筏板明显下沉，此前一级的相对挠曲率为 17.58‰。

图 18 和图 19 均出现两个明显的特征点（图中标有黑方块的为发生弯曲裂缝时的特征点，标有黑三角的为筏板发生冲切破坏前一级时的特征点）。对照图 19 模型 2 圆柱与柱边筏板沉降差曲线，加载 640kN 发生筏板冲切破坏前一级时，圆柱与柱边筏板沉降差为 4.815 mm，加载至 670kN 时，则圆柱完全冲切下去，此时未持荷观察，按文献 [4]，冲切破坏时的沉降差可达 30~40mm。从图 18 模型 2 中心截面相对挠曲曲线上可见，极限荷载应该是第八级的 460kN，此时圆柱与柱边筏板沉降差为 0.985mm。

图 18 中可见，与模型 1 这样的柔性基础相比，模型 2 这样的刚性基础的破坏仅有前 3 个阶段，第三阶段的起始点对应的荷载就是冲切破坏的极限荷载。

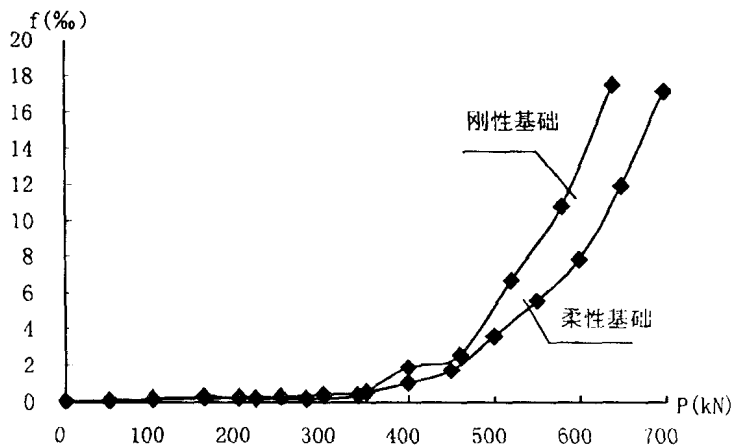


图 20 模型 1 与模型 2 中心截面相对挠曲对比曲线

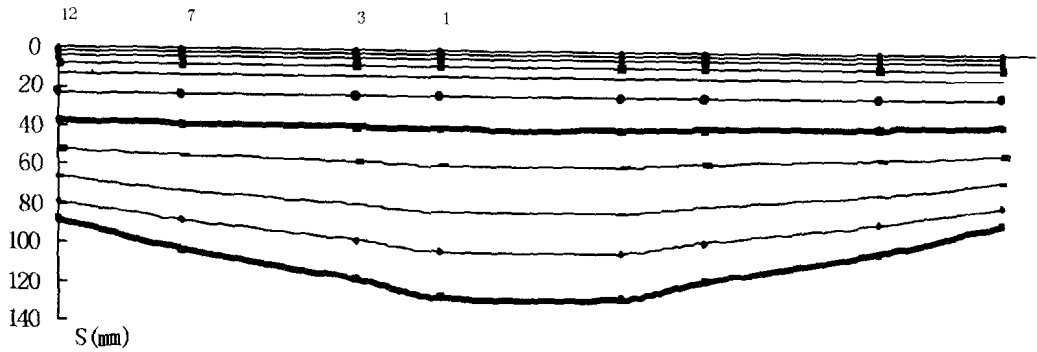


图 21 模型 2 对角线沉降曲线

从图 20 模型 1 与模型 2 的中心截面挠曲率对比曲线中可见, 模型 2 在筏板弯曲裂缝出现前, 中心截面的相对挠曲率一直在相当小的水平上, 在弯曲破坏前一级 (340kN), 相对挠曲率仅为 0.367‰, 相当于在弹性范围内工作; 出现弯曲裂缝时, 相对挠曲率突然增加, 然后相对挠曲有个相对平缓的增长段, 达到极限荷载后, 筏板即进入冲切破坏阶段, 挠曲迅速增加, 这与模型 1 是有明显区别的 (模型 1 出现弯曲裂缝时的相对挠曲为 1.04‰, 裂缝出现的前一级相对挠曲为 0.541‰), 说明模型 1 (板的厚跨比为 1:10) 这种柔性板发生冲切破坏时表现出延性特征, 是均匀增加的; 模型 1 这种柔性板出现弯曲裂缝的荷载与板的极限荷载差值大于模型 2 这种刚性板 (二者的出现弯曲裂缝时的荷载均为 400kN, 模型 1 的极限荷载为 600kN, 模型 2 的极限荷载为 640kN); 模型 2 (板的厚跨比为 1:5) 这种刚性板发生冲切破坏前, 表现出脆性特征, 板的相对挠曲会突然增加。

图 21 为模型 2 的对角线沉降曲线 (截面位置如图 16 所示), 图中横轴为截面上各点, 纵轴代表沉降 (单位为 mm), 图中 11 条曲线所对应的荷载水平自上而下依次为: 50kN、100kN、160kN、220kN、280kN、340kN、400kN、460kN、520kN、580kN、640kN。从上至下有 2 条粗线, 分别发生在加载的第七级、第十一级, 分别表示中心截面发生弯曲破坏和筏板发生冲切破坏前一级时的荷载。图 22 为模型 1 的对角线相对挠曲曲线。

从对角线沉降曲线上。可以得出与中心线截面类似的结论, 加载至 400kN 时, 相对挠曲率为 2.829‰, 筏板出现弯曲裂缝; 此挠曲率大于中心截面的相对挠曲率, 说明对角线方向先于中心线方向出现弯曲破坏, 这个特点在圆形结构正方形基础中都是一致的。

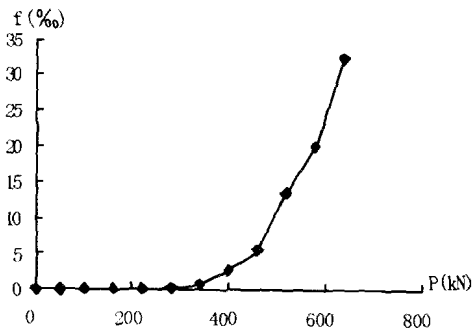


图 22 模型 2 对角线相对挠曲曲线

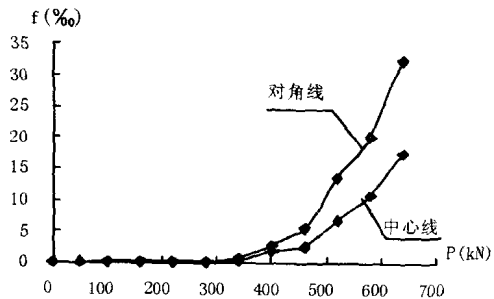


图 23 模型 2 对角线与中心线相对挠曲对比曲线

与模型 1 相对比,可以看出,模型 2 的对角线沉降始终在增加,与模型 1 在冲切破坏后沉降逐渐减小不同。

可见,对于刚性板(本文的厚跨比为 1:5,一般厚跨比大于 1:6),冲切破坏后,板四角仍继续下沉;对于柔性板(本文的厚跨比为 1:10,一般厚跨比小于 1:6),筏板冲切破坏后,板四角的沉降会逐渐减小。

图 23 为对角线与中心线相对挠曲对比曲线,可见,在弯曲破坏前,对角线和中心线的相对挠曲均很小,从弯曲破坏开始,对角线的挠曲大于中心线的挠曲,且随着荷载的施加,二者之间的差越来越大。对照图 11 模型 1 的对角线与中心线挠曲率对比曲线,可见,柔性基础(模型 1)在弯曲破坏后,随着荷载的施加,对角线与中心线的挠曲差几乎不变。这说明,刚性基础在弯曲裂缝出现后,当继续施加荷载时,对角线方向破坏程度要明显大于中心线方向,而对于柔性基础,两个方向破坏程度几乎相同。

3.2.2 基底反力分析

图 25 为模型 2 中心截面的基底反力曲线(截面位置如图 24 所示),图中横轴为截面上各点位置,纵轴代表基底反力(单位为 kPa),图中 11 条曲线所对应的荷载水平自上而下依次为:50kN、100kN、160kN、220kN、280kN、340kN、400kN、460kN、520kN、580kN、640kN。从上至下有 2 条粗线,分别发生在加载的第七级、第十一级,分别表示 C—C 截面圆柱边筏板发生弯曲破坏和筏板发生冲切破坏前一级的荷载。

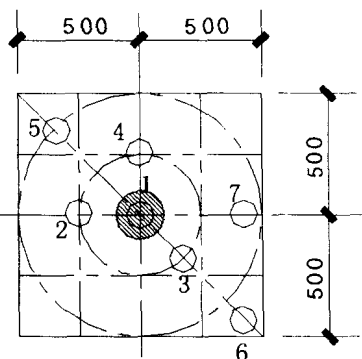


图 24 模型 2 压力盒位置图

可见,直至筏板开始出现弯曲裂缝,基底反力分布的规律是中心点反力小,往两端逐渐加大。模型出现弯曲裂缝后,中心点处基底反力突然加大,但仍然是中心点反力小于端部反力,随着荷载的继续施加,至模型完全发生冲切破坏时,中心点处反力最大,两端反力最小,但两端的反力仍然是在增加的,只是冲切破坏后,两端的基底反力增速减缓。

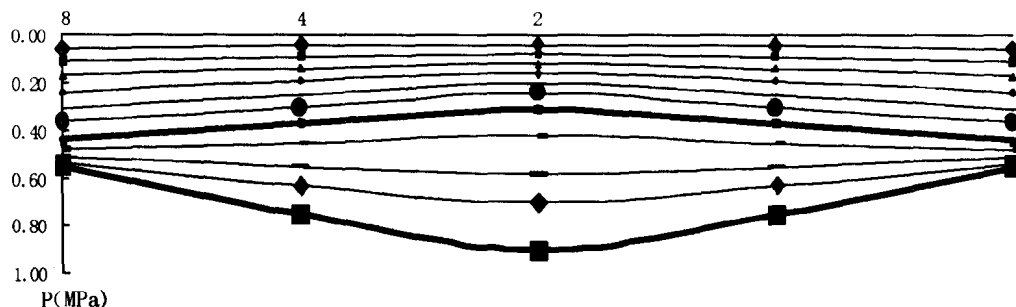


图 25 模型 2 C—C 截面基底反力曲线

与图 13 模型 1 中心截面基底反力曲线对比可见,刚性基础(模型 2)与柔性基础(模型 1)的基底反力分布规律相差很大,主要差别在于刚性板的基底反力开始是中心点处反力小于两端点,而柔性板的地基反力开始时就是中心点处大于两端点,这也说明刚性板具有较强的调整地基反力分布的能力;同时可见,冲切破坏后,刚性板的板端的基底反力并没有像柔性板的基底反力那样,迅速减小至零左右,而是继续缓慢增加。