

超长钻孔灌注桩 承载性能研究与试验

RESEARCH AND TEST ON SUPER-LONG
BORED PILE BEARING BEHAVIOR

马 晔 张学峰 张小江 著



人民交通出版社

China Communications Press

超长钻孔灌注桩 承载性能研究与试验

马 晔 张学峰 张小江 著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书全面论述作者十余年来潜心研究超长钻孔灌注桩承载性能的理论与实践成果,围绕解决超长桩的定义及计算方法入手,首次引入桩土刚度概念,进而提出桩身荷载传递的刚度法函数解,完成了全新理论及计算方法。主要内容有:建立超长桩理论分析模型,采用室内外试验数据对模型进行拟合验证并分析超长桩桩侧、桩端土极限位移,讨论不同参数对超长桩承载性能的影响;用空间有限元仿真模型对超长桩承载性能进行分析;给出超长桩的界定方法和超长桩的定义;介绍了自主创新的大吨位锚桩反力梁测试系统的特点以及改进的自平衡法测试装置的特点及应用情况。

本书可供公路桥梁设计人员在特大桥、大桥基础设计及相关技术人员进行研究时参考。

图书在版编目(CIP)数据

超长钻孔灌注桩承载性能研究与试验/马晔等著. —北京:人民交通出版社, 2009.6
ISBN 978-7-114-07832-3

I. 超... II. 马... III. 钻孔灌注桩-承载力-性能分析
IV. TU753.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 098246 号

书 名: 超长钻孔灌注桩承载性能研究与试验

著 作 者: 马 晔 张学峰 张小江

责任编辑: 卢仲贤 黎小东

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: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 9.25

字 数: 160 千

版 次: 2009 年 6 月 第 1 版

印 次: 2009 年 6 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07832-3

定 价: 30.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

我国交通事业迅猛发展,长大桥梁与日俱增,与之相应的桩基工程,其桩径、桩长以及地质情况复杂的程度,大多远远超过了一般情况。据统计,2000年以来,我国钻孔灌注桩的年使用量已在300万根以上,其中超长钻孔灌注桩基础被大量应用。本书全面论述了超长钻孔灌注桩承载性能的理论研究和试验成果。

本书共7章,各章主要内容分别为:第1章介绍了超长钻孔灌注桩使用、研究和试验现状及研究、试验的意义。第2章对超长钻孔灌注桩荷载传递性能进行理论分析,求解荷载传递函数法的基本微分方程,分析桩身及桩端的荷载传递函数。第3章根据大量现场荷载试验和室内模型试验结果分析,提出桩土作用荷载传递函数形式,合理确定传递函数中相关参数,准确合理的体现基桩在竖向荷载作用下荷载传递规律,并建立合理的桩土体系,为基桩设计计算提供可靠的理论支持。第4章建立空间有限元仿真模型,研究超长桩的荷载传递规律及承载性能,并分析设计参数对基桩承载性能影响。第5章从研究钻孔桩的受荷机理出发,通过大量的现场试验、室内模型试验数据、参数进行统计,导出不同状态下的桩长、桩径的影响关系,给出超长钻孔灌注桩界限判断。第6章给出大吨位基桩荷载试验的先进测试方法和实例。第7章给出超长钻孔灌注桩室内模型试验介绍,并对试验结果进行分析研究。

本书第1、2、3、5章由马晔执笔,第4、7章由张学峰执笔,第6章由马晔、张小江执笔。

感谢“超长钻孔灌注桩承载性能的研究”课题组的全体同仁给予的支持。书中难免会有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正和交流探讨。

著 者

2009 年 4 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 研究及试验的意义	1
1.2 超长钻孔灌注桩使用现状	1
1.3 我国超长钻孔灌注桩试验研究现状	4
1.4 国外及港澳台地区试验研究现状	8
1.5 超长钻孔灌注桩承载性状研究方法综述	11
1.6 小节	17
第 2 章 超长钻孔桩荷载传递理论分析	18
2.1 超长桩轴向荷载作用下的传递函数模型	18
2.1.1 桩侧阻力—桩土相对位移的函数模型	18
2.1.2 桩侧土荷载传递函数	19
2.1.3 桩端土荷载传递函数模型	22
2.2 超长桩轴向荷载作用下传递函数解答	23
2.2.1 桩身荷载传递幂级数解	23
2.2.2 桩身荷载传递刚度法函数解	25
2.3 不同参数对超长桩承载性状的影响	29
2.4 超长桩荷载传递特征	37
2.5 小结	39
第 3 章 超长桩荷载传递函数试验拟合分析	40
3.1 试验数据双曲线拟合分析	40
3.1.1 试验数据双曲线拟合方法	40
3.1.2 室内试验双曲线函数拟合	41
3.1.3 室外试桩试验双曲线函数拟合	47
3.2 桩土极限位移分析	76
3.2.1 桩侧土极限位移	76
3.2.2 桩端土极限位移	77

3.3 小结	78
第4章 超长桩承载性能有限元分析	79
4.1 有限元计算模型建模	79
4.1.1 Drucker-Prager(DP)材料	79
4.1.2 接触分析	81
4.2 钻孔桩桩土作用数模分析	83
4.2.1 钻孔桩桩侧土体应力分布	83
4.2.2 钻孔桩数模计算假定	87
4.2.3 工程实例分析	87
4.3 设计参数对超长钻孔桩承载性能影响分析	93
4.3.1 桩体几何尺寸对桩竖向承载性能的影响	93
4.3.2 土体参数对桩承载性能影响	97
4.4 小结	105
第5章 超长钻孔桩的界限值判定	106
5.1 超长桩定义	106
5.1.1 桩土总刚度分析	106
5.1.2 桩土剪切刚度 K_s 影响	109
5.1.3 超长桩定义及其界定	109
5.2 超长桩界定值计算	111
5.3 小结	120
第6章 大吨位基桩静载试验及测试技术	121
6.1 该方法与常规方法比较的特点与优势	121
6.2 大吨位基桩试验系统设计	122
6.3 钻孔桩自锚桩法试验及测试技术	126
6.4 现场荷载试验研究	128
6.5 小结	130
第7章 超长钻孔桩单元桩模型试验	132
7.1 单元桩模型试验	132
7.2 小结	136
参考文献	138

第 1 章 概 述

1.1 研究及试验的意义

近 10 年来,随着我国经济的快速发展和科技能力的提升,公路建设迅猛发展,施工机械设备性能日趋完善,大桥及特大桥型桥梁不断修建,超长钻孔灌注桩使用量逐步增加。然而,对于超长钻孔灌注桩的承载性能,无论是理论研究还是现场试验研究工作都还比较缺乏,现行规范无法满足设计和施工的需要。桩结构设计仍然沿用普通桩的计算理论,这是极不合适的。因此,迫切需要对超长钻孔灌注桩进行大量的科学试验和理论研究,掌握超长钻孔灌注桩的受力特性及与桩周土的共同作用机理,得到正确的基桩承载能力计算方法,以满足现代桥梁建设发展的需要。

针对目前公路桥梁超长钻孔灌注桩的设计、试验中存在的问题,以我国公路桥梁跨江、跨河及跨海大桥的工程技术需求为背景,开展了超长钻孔灌注桩承载性能的深入研究与试验,具有重要的工程意义和理论价值。研究工作的目的,就是要为交通部^①将要实施的“十一五”期间国省道主干线公路大型桥梁工程建设项目提供一套更加实用、精细的超长桩计算方法及参数,配备相关超长桩的大吨位基桩荷载试验技术、成孔成桩检测与缺陷处理技术;并对超长桩进行更科学地定义,提出超长桩的界定值,从而使我国公路桥梁超长桩的设计更趋于合理,提升公路桥梁桩基技术水平,使今后公路桥梁超长桩的设计计算有技术可依,进而为公路桥梁钻孔灌注桩设计规范的编制、修改提供可靠的数据参数和可行的计算方法。

1.2 超长钻孔灌注桩使用现状

自 1963 年在河南安阳冯宿桥首次将民间水利打井技术用于公路桥梁桩基础以来,泥浆护壁钻孔灌注桩以其工艺简单、承载力大、适应性强、无需大型动力

^①交通部现已更名为交通运输部,后同。

超长钻孔灌注桩承载性能研究与试验

机械设备等特点,迅速在全国桥梁基础工程中得到广泛推广,40多年来已逐渐发展为一种较为成熟的深基础类型。

由于我国大跨径桥梁的快速发展,对墩、台基础承载能力的要求日益提高,这就催生了大吨位超长钻孔灌注桩的需求。而钻孔灌注桩多年的经验积累、施工工艺和机械日益完善,以及泥浆处理技术的应用,又为钻孔灌注桩的发展提供了较好的物质基础,使其呈现出向长、大发展的趋势。

1985年,洛阳黄河大桥桩径已达2.2m,随后广东肇庆大桥、四川泸州长江大桥,桩径达2.8m,黄石大桥、湘潭二桥桩径分别为2.8m和3m,南昌新八一大桥则达4m。目前我国钻孔桩最大直径已达5m;深度过百米的已不再是少数。表1-1为我国超长钻孔桩的部分使用情况。

我国部分长、大钻孔灌注桩一览表

表 1-1

序号	桥 名	桩径(cm)	桩长(m)	主 跨 桥 型
1	南京长江二桥	300	83 ~ 102	双塔双索面五跨连续钢箱梁斜拉桥(北汊大桥:连续梁)
2	南京长江三桥	250 ~ 300	91 ~ 105	双塔双柱钢箱梁斜拉桥
3	江苏润扬长江大桥	200 ~ 280	51.2 ~ 100.7	北汊钢斜拉桥,南汊钢悬索桥
4	江苏江阴长江大桥	200 ~ 300	平均 85	钢悬索桥
5	江苏苏通长江大桥	250 ~ 280	114 ~ 117	双塔斜拉桥
6	江苏五河口大桥	250、200	90 ~ 95、70 ~ 75	预应力混凝土双塔双索面斜拉桥
7	江苏石湖大桥	150、100	75、48	无背索独塔斜拉桥
8	东海大桥	250	120	主通航孔双塔单索面叠合梁斜拉桥
9	山东东营利津黄河大桥	150	115	五跨连续预应力混凝土斜拉桥
10	济南黄河大桥	150	82 ~ 88	斜拉桥
11	山东北镇黄河大桥	150	107	连续刚构桥
12	浙江洞头大桥	200	109	连续刚构桥
13	浙江瑞安飞云江三桥	250	109	独塔双索面斜拉桥
14	浙江舟山西堠门大桥	280	40 ~ 55.5	钢箱梁悬索桥
15	浙江湖州南太湖大桥	200	74 ~ 77	独塔混凝土斜拉桥
16	浙江钱塘江四桥	200	93.5	钢管拱桥
17	浙江钱塘江五桥	180	81	连续刚构
18	浙江钱塘江六桥	200 ~ 230	105 ~ 114.5	连续刚构

续上表

序号	桥 名	桩径(cm)	桩长(m)	主 跨 桥 型
19	浙江钱塘江九桥	250	100	自锚式悬索桥
20	浙江临海大桥	250	80.8	独塔单索面斜拉桥
21	杭州湾跨海大桥北航道	250 ~ 280	125	双塔双索面钢箱梁斜拉桥
22	杭州湾跨海大桥南航道	250	120	双塔双塔双索面钢箱梁斜拉桥
23	杭州湾跨海大桥南、北航道引桥	250	90 ~ 95	混凝土梁桥
24	安徽安庆长江大桥	300	84 ~ 91	双塔斜拉桥
25	安徽芜湖长江大桥	300	47.7 ~ 60.2	钢桁结合梁公、铁两用桥
26	安徽铜陵长江大桥	280	100 ~ 108	双塔斜拉桥
27	湖北荆州长江大桥	250、200	77.5 ~ 108、 80	北汉双塔斜拉桥、南汉高低双塔斜拉桥
28	湖北巴东长江大桥	300	46 ~ 56	双塔双索面斜拉桥
29	武汉军山长江大桥	250	40 ~ 42	双塔双索面钢箱梁斜拉桥
30	湖北鄂黄长江大桥	300	44 ~ 47	斜拉桥
31	武汉白沙洲长江大桥	155	79	钢、混凝土混合结构斜拉桥
32	武汉汉江索桥	240	51.5 ~ 66	钢管混凝土系杆拱
33	武汉阳逻长江大桥	300	44 ~ 96	悬索桥
34	湖北仙桃汉江大桥	180	111	独塔斜拉桥
35	广东深圳海湾大桥	250	90	斜拉桥
36	广东洛溪大桥	150	27 ~ 47	连续刚构
37	广东湛江海湾大桥	250 ~ 290	100.6	斜拉桥
38	广东九江大桥	250 ~ 300、 300、220 ~ 250	40 ~ 72 50 ~ 60	独塔斜拉桥
39	辽宁营口辽河大桥	250	105	双塔双索面预应力混凝土斜拉桥
40	福建厦门海沧大桥	200	65	三跨连续悬索桥
41	福建青州闽江大桥	200	70	双塔双索面斜拉桥

我国已是大直径超长钻孔桩的使用大国,但也存在不少问题。

(1) 超长钻孔灌注桩的理论研究仍然远远滞后于工程实践,对超长钻孔灌注桩的荷载传递机理不清楚,桩的设计仍沿用普通桩的计算理论而并非建立在超长钻孔灌注桩的承载变形机理的基础之上。原理论假定桩侧摩阻力和桩端阻力同时达到极限状态,再计入安全系数,确定基桩竖向承载力。而大量试验表

明,超长钻孔灌注桩的侧阻力远先于端阻力发挥,且端阻力往往难以达到极限;此外,该理论没有反映侧阻力和端阻力与桩—土体系变形之间的关系,而桩顶的沉降与承载力关系密切,显然该理论与当前大部地区的超长钻孔灌注桩是不适应的。若采用旧有方法,往往造成基桩盲目向长大发展。

(2)我国超长钻孔灌注桩虽然广泛应用,但目前仍然没有被人们认可的超长桩的定义和便于操作的界定。工程中多以长度、长径比来确定,但因理解不一,在定量方面也就各异。

(3)现行灌注桩设计规范,不能有效地指导超长钻孔灌注桩的设计。例如,有关超长桩的定义、极限承载力的定义、荷载效应等,都亟待明确。

(4)超长钻孔灌注桩荷载试验的方法问题。超长钻孔灌注桩巨大的承载能力及其传递机理的分析研究,都离不开荷载试验。但是,由于超长钻孔灌注桩的单桩极限承载力往往很大,有时达数万千牛,常规的钢筋混凝土锚桩反力梁法或预应力反力系统也都难以应对或耗费巨大,且难以达到极限荷载。

1.3 我国超长钻孔灌注桩试验研究现状

桩基承载力的确定一直是人们关注的课题,而基桩现场静载荷试验,是世界公认的可靠方法。相对而言,采用接近于竖向抗压桩的实际工作条件的试验方法,确定单桩竖向(抗压)极限承载力作为设计依据,或对工程桩的承载力进行抽样检验和评价,这些方法所获取的有关设计参数,能较好地反映工程桩的工作状况。根据所施加的荷载和桩的沉降值,可评估出其承载力和安全储备。

自改革开放以来,我国交通事业迅猛发展,长大桥梁与日俱增,与之相应的桩基工程,其桩径、桩长及地质情况复杂的程度,大多远远超过了一般情况。据统计,2000年以来,我国钻孔灌注桩的年使用量已在300万根以上,其中入土深度大于百米的已不再是少数;浙江杭州钱塘江新建的几座大桥,桩长大都在80~150m;苏通大桥钻孔灌注桩直径为250~280cm,长度已达114~117m。而规范所指的“常用桩”通常是指直径1m左右、桩长30~40m的桩。《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)提供的计算方法和桩基设计参数,主要也是依据这类常用桩试验获取的。这都是20世纪60年代由交通部公路科学研究院会同有关单位,通过对105根这类常用桩试验,经数理统计、分析的成果。显然,原有的计算方法和相应的设计参数,与当前的工程实践相去甚远。

现今大量的桩基工程都需要进行基桩静载荷试验,以解决理论和计算方法滞后的现状。随着超长钻孔灌注桩的应用,如何进行大吨位荷载试验,从加载设

备、加载方法、终止标准,以及如何判析试验所获取的信息,正确确定桩侧极限摩阻力、桩端阻力、单桩极限承载力等问题,摆在桥梁工作者面前。

国内超长桩钻孔灌注桩试桩静力荷载试验方法有压重法、锚桩法和自平衡试桩法。

1. 压重法

压重法大多是将大的工字钢支撑在开挖后的地坑上或码放好的混凝土预制块上,再将钢锭、铁块、沙袋等重物码放在工字钢上作为压重,形成千斤顶加载的反力支撑。此法的优点是有一定的机动性,可对工程桩抽样检测,但压重法加载吨位有限,地面承受了较大的附加荷载。国内超长桩钻孔灌注桩试桩静力荷载试验采用此法较少。南京城西主干道(软土地基)采用此法对三根超长钻孔灌注桩进行荷载试验,这三根桩桩径均为100cm,桩长分别为65.1m、72.9m、69.2m,最大加载吨位分别为12 000kN、15 000kN、12 000kN。

2. 锚桩法

对于荷载较大的试桩加载装置,主要是“锚桩法”,又称“锚桩反力梁法”。根据预估试验荷载的大小,确定锚桩数量和长度。从20世纪60年代我国第一根泥浆护壁钻孔桩诞生以来,交通部公路科学研究院长期致力于其承载力的研究。对于大吨位基桩静载试验,主要采用的是锚桩反力梁法。但大直径超长桩在特大桥梁中应用日益增多,常规的锚桩反力梁装置已难以满足大吨位基桩试验的要求;于是增加锚桩数量和长度、增大承台和反力梁的尺寸,致使人力物力耗费巨大,且难以操作。为解决此难题,交通部公路科学研究院经多年研发、实践,开发出“大吨位基桩静载试验预应力反力系统装置”,并已获得国家专利,表1-2给出了国内部分采用此法对超长钻孔灌注桩试桩的基本情况。

国内部分锚桩法静荷载试验汇总表

表 1-2

序号	工程名称	试桩数量 (根)	试桩桩长 (m)	试桩桩径 (cm)	最大加载力 (kN)	试验方法
1	杭州钱塘江四桥	2	63.32	φ120	33 000	慢速荷载维持法
			69.32		35 000	慢速荷载维持法
2	杭州钱塘江五桥	2	69.96	φ120	33 000	慢速荷载维持法
			46.83		20 500	慢速荷载维持法
3	杭州钱塘江六桥	2	77.29	φ120	32 500	慢速荷载维持法
			80.64		36 000	慢速荷载维持法
4	汕头市梅溪河金凤大桥—西港高架桥	2	80.30	φ100	22 000	慢速荷载维持法
			42.50		12 000	慢速荷载维持法

续上表

序号	工程名称	试桩数量 (根)	试桩桩长 (m)	试桩桩径 (cm)	最大加载力 (kN)	试验方法
5	湛江海湾大桥	2	60.32	$\phi 120$	22 000	慢速荷载维持法
			67.82		24 000	慢速荷载维持法
6	青岛海湾大桥	3	49.00	$\phi 120$	38 000	慢速荷载维持法
			52.00		40 000	慢速荷载维持法
			36.50		40 000	慢速荷载维持法
7	温州市江滨路工程 一(软土地基)	3	53.64	$\phi 80$	9 108	慢速荷载维持法
			60.15	$\phi 80$	9 936	慢速荷载维持法
			56.68	$\phi 80$	10 764	慢速荷载维持法
8	温州市江滨路工程 二(软土地基)	3	75.33	$\phi 100$	11 000	慢速荷载维持法
			84.72	$\phi 120$	13 600	慢速荷载维持法
			81.24	$\phi 100$	11 000	慢速荷载维持法
9	湖南茅草街大桥	1	60	$\phi 100$	16 720	慢速荷载维持法
10	瑞安国际大酒店	3	66.69	$\phi 100$	13 972	慢速荷载维持法
			80.24	$\phi 100$	14 283	慢速荷载维持法
			96.30	$\phi 100$	14 904	慢速荷载维持法
11	江阴长江公路大桥	2	98.5	$\phi 100$	19 500	慢速荷载维持法
			81.5	$\phi 100$	24 000	慢速荷载维持法
12	湖南茅草街大桥	1	60.0	$\phi 100$	16 720	慢速荷载维持法

3. 自平衡试桩法

自平衡试桩法的工作原理是将荷载箱置放在桩底或放在被称之为桩的“自平衡点”施加作用力,利用桩土间的摩阻力和桩端持力层的支承力作为施力的反力体系,即利用桩的自锚作用。

自平衡试桩法具有加载装置简单、无需加载平台、无需锚桩反力系统、不占用施工场地、环境因素影响少等优点,此法在理论上和实践操作、应用方面尚不完善、成熟,甚至在桥梁界也有较大争议,但其独特、简易、经济的加载方式,对于在大吨位超长桩荷载试验的应用极具诱惑力。由于荷载箱的存在,将原来的一根长桩人为地分解成上下两段短桩(或三段、甚至多段短桩),最下段桩的受力及位移方向与正常使用基桩的受力及位移方向相同,上段桩的受力及位移方向与正常使用基桩的受力及位移方向正好相反。通过荷载箱加载,能够测得下段桩的桩侧向上摩阻力、向下位移、桩底位移和桩底反力,上段桩的桩侧向下摩阻

力、上位移和桩顶位移等参数,可以建立位移与桩侧摩阻力等参数的相关关系。但是,超长桩的上下桩侧摩阻力的发挥是异步的、侧阻力和端阻力的发挥也是异步的,两段短桩的受力机理和荷载传递特性与整根超长桩有非常大的区别,仍需进一步深入探讨、研究。表 1-3 给出了国内部分采用此法对超长钻孔灌注桩试桩的基本情况。

国内部分自平衡法静荷载试验汇总表

表 1-3

序号	工程名称	试桩数量 (根)	试桩桩长 (m)	试桩桩径 (cm)	最大加载力 (kN)	试验方法
1	湛江海湾大桥(双 荷载箱)	1	73.5	$\phi 120$	上 $2 \times 9\ 350$	慢速荷载维持法
					下 $2 \times 7\ 650$	慢速荷载维持法
2	东营黄河公路大桥 (单荷载箱)	4	121	$\phi 120$	$2 \times 15\ 000$	慢速荷载维持法
			121	$\phi 120$	$2 \times 16\ 500$	慢速荷载维持法
			78	$\phi 100$	$2 \times 8\ 800$	慢速荷载维持法
			78	$\phi 100$	$2 \times 6\ 610$	慢速荷载维持法
3	杭州湾跨海大桥 (一个单荷载箱,一个 双荷载箱)	2	85	$\phi 250$	$2 \times 36\ 850$	慢速荷载维持法
			125	$\phi 280$	上 $2 \times 29\ 000$	慢速荷载维持法
					下 $2 \times 13\ 000$	慢速荷载维持法
4	陕西太枣沟特大桥	1	89	$\phi 120$	$2 \times 13\ 000$	慢速荷载维持法
5	润扬长江公路大桥	6	60.5	$\phi 280$	120 000	慢速荷载维持法
			60.5	$\phi 120$	30 000	慢速荷载维持法
			61.66	$\phi 120$	30 000	慢速荷载维持法
			75.45	$\phi 150$	40 000	慢速荷载维持法
			53.3	$\phi 150$	40 000	慢速荷载维持法
			89.0	$\phi 150$	40 000	慢速荷载维持法
6	苏通大桥	2	76.0	$\phi 100$	13 760	慢速荷载维持法
			76.0	$\phi 100$	13 760	慢速荷载维持法
7	益阳市赤山大桥	1	67.0	$\phi 150$	$2 \times 7\ 700$	慢速荷载维持法
8	南县麻河口大桥	2	66.5	$\phi 220$	$2 \times 11\ 200$	慢速荷载维持法
			49.5	$\phi 150$	$2 \times 4\ 800$	慢速荷载维持法
9	汉寿沅水大桥	1	66.5	$\phi 150$	$2 \times 8\ 000$	慢速荷载维持法
10	松花江特大桥	3	65.0	$\phi 200$	$2 \times 28\ 000$	慢速荷载维持法
			65.0	$\phi 200$	$2 \times 28\ 000$	慢速荷载维持法
			65.0	$\phi 200$	$2 \times 28\ 000$	慢速荷载维持法

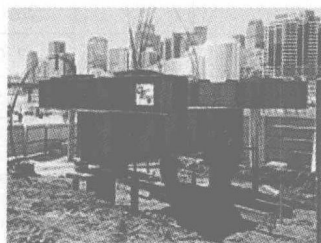
1.4 国外及港澳台地区试验研究现状

基桩试验研究在国外较早的得到系统的研究和发展。在基桩荷载试验方面,应用较多的判断试桩极限荷载的方法仍是荷载一位移曲线方法。以前,受试验条件的约束且大直径桩使用不多,国外的基桩荷载试验通常以小直径、压入桩试验来模拟大直径钻孔桩为设计提供准确的依据。这样的试验结果带来的问题是不能完全反映实际工程中大直径钻孔桩的特性。近年来,随着对建筑物防震减灾、桥梁结构防船撞问题的重视,加上大跨径、跨海桥梁的不断修建,桥梁基础越来越多地在滩涂及近岸处等以前较少选用的地方选址,桥梁桩基承受的荷载也越来越大。这些因素使得桩基础的选用桩径日渐增大,桩体埋深也不断加深,并且大直径钻孔桩的使用增多。因此,近年来,国外的桩基础试验也在向大直径、大埋深方向发展。在试验方法方面,国外及港澳台地区不仅采用传统的静、动载试验方法,还发展了动静试验方法和类似于自平衡试验方法的双向试验方法。在测试手段上,国外及港澳台地区的试验较早的实现了数据采集的电子化、自动化与集成化。

表 1-4 中列出了国外及港澳台地区有代表性的采用静荷载方法试桩的试验资料。这些试桩桩径 0.6 ~ 1.8m,桩长 12 ~ 66m,嵌岩深度最大 2m。在静荷载试验的加载方式上,国外及港澳台地区多采用“桩顶处反力架 + 液压千斤顶或堆载 + 液压千斤顶”的加载方式,但在反力梁的构造上,国外及港澳台地区多采用钢结构的形式(图 1-1)。反力梁系统采用钢结构的形式,使得反力梁系统可以做到构件模块化,便于构件的存储、安装、运输与再利用;也便于根据试验场地的条件,灵活制订试验方案。而在静荷载试验加载方法方面,“慢速荷载维持法”、“快速荷载维持法”、“等速贯入法”在国外及港澳台地区都有应用,只是不同地区或国家的加载控制标准不同。



a) 英国 PMC 公司



b) 澳大利亚 FRANKI 公司

图 1-1 钢构件反力梁系统

由于传统的静荷载试验方法是在桩顶加载,在试验过程中存在诸多不便,试验工况有时与实际工况不相符,因此国外还发展了“双向静荷载试验方法”。这是一种类似于我国自平衡法的试验方法,其基本试验方法是根据桩的使用条件,在桩身一处或多处截面上设置一层或多层荷载箱,通过荷载箱向桩身施加荷载从而达到试验目的。该试验技术目前在国外得到很好的发展,美国 LOADTEST 公司运用该技术取得了很大成功。表 1-5 中列出了美国 LOADTEST 公司运有代表性的采用“双向静荷载试验方法”进行基桩试验的资料。

国外及港澳台地区基桩静荷载试验基本资料

表 1-4

序号	桩径 (m)	桩长 (m)	桩体工作类型	试验极限荷载 (kN)	试 验 方 法	试验地点/报道时间
1	1.8	45.0	摩擦桩	24 000	慢速荷载维持法	香港/1998
2	1.5	30.2	摩擦桩	24 480	慢速荷载维持法	香港/2001
3	0.65	30.1	摩擦桩	2 450	—	—/1995
4	0.8	66.0	摩擦桩	7 000	—	—/1997
5	1.2	31.7	嵌岩端承桩	10 770	慢速荷载维持法	香港/2001
6	1.32	23.0	嵌岩端承桩	26 000	慢速荷载维持法	香港/2001
7	0.615	12.0	嵌岩端承桩	3 460	—	—/1976
8	1.2	38.7	摩擦桩	13 630	慢速荷载维持法	香港/2001
9	1.2	38.7	摩擦桩	5 200	慢速荷载维持法	香港/2001
10	1.2	31.8	摩擦桩	19 100	慢速荷载维持法	香港/2001
11	1.2	25.6	摩擦桩	11 150	慢速荷载维持法	香港/2001
12	1.2	31.2	嵌岩端承桩	30 220	慢速荷载维持法	香港/2001
13	1.46	52.1	摩擦桩	11 500	慢速荷载维持法	香港 Kowloon 西部 通道 3 期工程/1993
14	1.46	40.6	摩擦桩	11 600	慢速荷载维持法	香港 Kowloon 西部 通道 3 期工程/1993
15	1.46	42.2	摩擦桩	11 200	慢速荷载维持法	香港 Kowloon 西部 通道 3 期工程/1993
16	1.0	36.9	摩擦桩	8 700	—	香港 Telford 花园 大厦工程/1982
17	1.31	50.9	摩擦桩	5 400	慢速荷载维持法	香港/2001
18	1.32	50.2	摩擦桩	5 500	慢速荷载维持法	香港/2001

续上表

序号	桩径 (m)	桩长 (m)	桩体工作类型	试验极限荷载 (kN)	试 验 方 法	试验地点/报道时间
19	0.6	25.0	摩擦桩	6 180	—	马来西亚/1998
20	1.05	23.0	摩擦桩	8 250	—	马来西亚/1998
21	1.0	63.0	摩擦桩	15 000	—	马来西亚/1998
22	0.61	20.0	摩擦桩	7 350	—	马来西亚/1998
23	0.9	29.0	摩擦桩	4 820	—	马来西亚/1998
24	1.2	40.4	嵌岩端承桩	30 250	慢速荷载维持法	香港/2001
25	1.3	60.2	嵌岩桩	13 200	慢速荷载维持法	香港/2001
26	1.3	60.2	嵌岩端承桩	24 500	慢速荷载维持法	香港/2001
27	1.3	25.8	嵌岩端承桩	23 000	慢速荷载维持法	香港/2001
28	1.3	24.7	嵌岩端承桩	11 400	慢速荷载维持法	香港/2001
29	1.3	24.7	嵌岩端承桩	23 000	慢速荷载维持法	香港/2001
30	1.0	43.2	嵌岩端承桩	18 260	慢速荷载维持法	香港/2001
31	1.02	35.6	嵌岩端承桩	25 500	慢速荷载维持法	香港/2001
32	1.2	29.1	嵌岩端承桩	26 400	慢速荷载维持法	香港/2001
33	1.2	40.6	端承桩	30 000	慢速荷载维持法	香港/2001
34	1.5	49.4	端承桩	19 600	慢速荷载维持法	香港/2001
35	1.2	39.4	端承桩	30 270	慢速荷载维持法	香港/2001
36	1.02	37.1	端承桩	18 000	慢速荷载维持法	香港/2001

美国 LOADTEST 公司采用“双向静荷载试验方法”荷载

超过 135MN 的工程列表

表 1-5

序号	试 验 地 点	桩径(m)	桩长(m)	荷载箱层数	最大试验荷载	试验时间
1	韩国 Incheon2 号桥	3.0	67	1	31 350tons (279MN)	2005
2	韩国 Incheon2 号桥	2.4	63	1	26 526tons (236MN)	2005
3	韩国 Incheon2 号桥	2.45	65	1	18 658tons (166MN)	2005
4	美国 Pomeroy-Mason 桥	2.5	26.5	1	18 400tons (163MN)	2003