

# 利用锚杆桩对桩基加固失效地基的补强

戴雷

(武汉市城市综合开发集团三公司 武汉 430000)

韩行忠 陈静曦

(中国科学院武汉岩土力学研究所 武汉 430071)

众所周知锚杆补强是地基加固处理中的一种方法<sup>[1~5]</sup>，但对已经夯扩桩加固处理，且处理后的地基由于诸多原因引起夯扩桩断裂偏位，桩体强度严重偏低的工程进行大面积补强，并对其补强效果进行监测分析的工作还未见报导。在某小区，我们进行了这方面的地基土的加固试验研究，取得了一些经验和数据，特提出出来与同行们切磋。

## 1 工程概况

某小区拟建前后排列10栋住宅楼，楼高7层，砖混结构。该小区在建场区原始地形为低洼湖塘，因建设需要填土平整，地貌属长江隐覆三级阶地。据地质勘察报告知，该场区土岩层特征自上而下为：

### (1) 杂填土层

主要为杂填土，由砖渣、煤渣、碎石等混粘性土组成，色杂、湿松散，层厚1.2~4.8m。

### (2) 第四系全新统湖积淤泥层

灰~黑灰色，湿~饱和，流塑状态，含腐殖质，高压缩性，高灵敏度，位于人工填土之下且分布较广，层顶埋深1.2~4.8m，层厚变化1.4~6.1m。

(3) 第四系全新统冲积一般粘土层  
由粘土、粉质粘土、淤泥质粉质粘土、粉土等几个亚层组成。

(4) 第四系上更新统冲积粉质粘土层  
局部夹粉砂、砾砂，细小碎石。褐黄色，饱和~湿，中密~密实状态，层顶埋深变化在6.2~17.3m，最大揭露厚度为13.9m。

该地基因不能满足建筑物对地基的承载要求，故采用夯扩桩对地基进行加固。设计主楼桩径为 $\phi 77$ 二次夯扩，设计单桩承载力 $R_k = 500$  kN；裙房桩径为 $\phi 77$ 一次夯扩，设计单位桩承载力 $R_k = 350$  kN，选择第4层作夯扩桩的持力层。施工中采用双控法，以贯入度为主，控制桩长，沉管最后十击均在设计规定允许的40cm左右。桩身混凝土强度为C20，钢筋笼长度6m。

## 2 问题及分析

该批楼基础施工完毕后，进行了桩基承载力及桩完整性检测，检测结果列于表1。

从上述检测结果看，该小区10栋楼，有问题或

表1 桩基检测结果汇总表

Table 1 The result of pile surveying

楼号	总桩数 /根	静压结果/kN				动测结果/根				检测桩数 /根	抽检百分比 /%
		试桩1#	试桩2#	试桩3#	设计值	I类	II类	III类	IV类		
1	246	1 000	1 000	1 000	500	9	19	/	/	28	11
2	246	1 000	1 000	900	500	22	16	16	35	89	36
3	226	1 000	1 000	850	500	12	14	14	21	61	27
4	104	1 000	1 000	/	500	10	14	7	3	34	33
5	252	1 000	800	900	500	44	47	60	101	252	100
6	102	1 000	800	/	500	52	25	14	11	102	100
7	168	< 700	< 800	< 850	500	19	17	7	6	49	29
8	160	< 600	< 300	1 000	500	20	17	9	5	51	32
9	164	1 000	900	700	500	39	67	37	21	164	100
10	160	400	1 000	1 000	500	42	61	33	24	160	100

1999年7月20日收到初稿，1999年8月15日收到修改稿。

作者戴雷简介：男，30岁，1991年毕业于武汉水利电力学院工民建专业，现主要从事工程技术管理方面的工作。

基本有问题的占绝大多数, 主要反映如下几个方面:

(1) 静载试验不合格。这类桩基多为混凝土不密实或桩体疏松、断裂, 有的单桩竖向承载力极限值仅为 400 kN, 为设计要求的 2/5。

(2) III, IV类桩占总桩量的百分比比较大。最大的一栋几乎达到 161 根, 占该楼总桩数的 64% 以上。

(3) 该场地地基因原始地形为低洼湖塘, 后填土整平, 多处地层都有湖积淤泥层, 具流塑性, 当一处桩出现断裂, 因淤泥层的流动性, 周围桩体也都有被剪断的可能。

鉴于上述情况, 全部桩普查, 找出问题桩的桩位及缺陷部位, 经分析、分类后, 进行逐一补强。

### 3 加固失效地基的补强

首先根据该地区勘察报告所提供的地质情况, 在对桩进行全面普查情况下, 利用锚杆静压桩对该地基进行加固补强。补强要求为: 对 III 类桩补 1 根, IV 类桩补 2 根, 锚杆桩设计桩长 14.5~18.5 m 不等。要求设计单桩容许承载力: III 类桩加固为 250 kN, IV 类桩加固为 300 kN, 实际压桩力不小于 375 kN 和 450 kN。锚杆静压桩施工是利用建筑物自重作为反力进行压桩。

浇筑承台基础时, 首先进行桩位孔的预留, 在打完垫层开始扎钢筋笼时将木盒预埋在基础中, 木盒是上小下大的正方台, 上口规格 250 × 250, 下口规格 350 × 350。当上部结构施工至两层半(浇灌基础

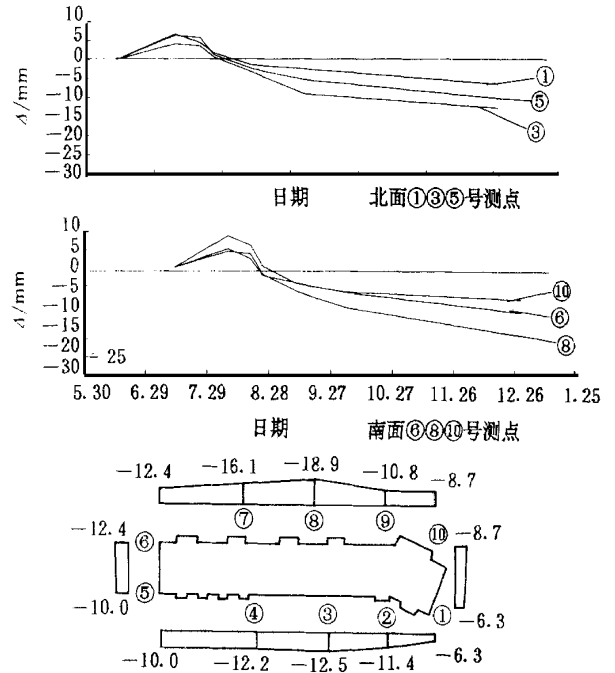


图 2 5# 楼测点沉降时程曲线  
Fig 2 Subsidence-time curve for the measuring points of 5# building

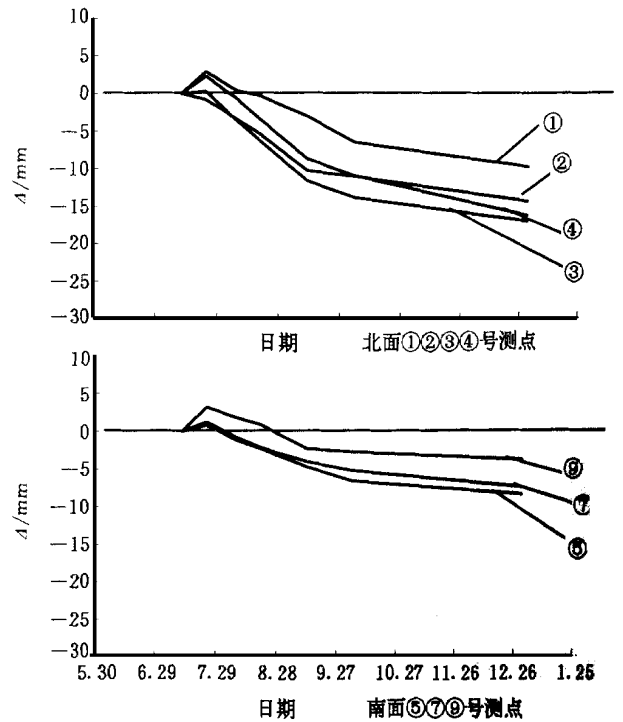


图 3 9# 楼测点沉降时程曲线  
Fig 3 Subsidence-time curve for the measuring points of 9# building

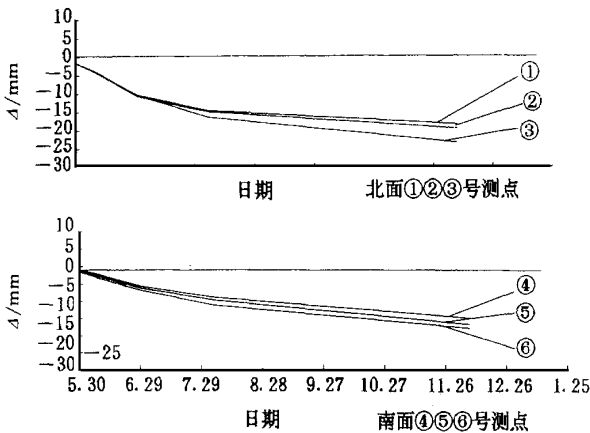


图 1 1# 楼测点沉降时程曲线  
Fig 1 Subsidence-time curve for the measuring points of 1# building

后不少于 28 d), 人员、设备进场, 安装好压桩架, 装上千斤顶, 接通油泵即可引用建筑物自重进行压桩。接桩采用硫磺胶泥, 将桩压至设计深度或满足设计要求为止。压完桩后, 敲掉多余桩段, 清除孔内碎屑污水杂质等, 速将配制好的早强微膨胀混凝土倒入孔内, 振动捣实抹平即可完成整个工艺流程。

锚杆静压桩采用超高压泵及配套的油压千斤顶施工, 油泵压力表直接反映压桩力并经过标定的千斤顶换算成压桩力标准值, 作出压桩力曲线。

整个补强工作完毕后, 我们又对其建筑物的沉降进行了观测。

### 4 建筑物的沉降观测

首先在各建筑物四周布置沉降观测点, 沉降观测点布置按地基中桩体质量情况酌情增补。

现在把 3 栋具有代表性的楼地基沉降数据列表 2~ 4, 其对应的沉降曲线见图 1~ 3。

表 2 第 1 栋建筑物沉降观测成果

Table 2 The result of subsidence observation for 1<sup>#</sup> building

观测 次序	工程 状况	观测 日期	测点高程/m 及沉降量/mm						
			1	2	3	4	5	6	7
1	一层完	(1996)	23 786 1	23 882 4	23 864 7	23 931 5	23 884 2	23 886 9	
		5. 25	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	
2	三层完	6 9	- 3 9	- 4 0	- 4 2	- 2 3	- 2 8	- 3 4	
		6 30	- 10 3	- 10 7	- 10 4	- 5 7	- 6 2	- 6 9	
3	五层完	8 5	- 14 6	- 14 9	- 16 4	- 8 9	- 9 8	- 11 2	
		8 5	- 14 6	- 14 9	- 16 4	- 8 9	- 9 8	- 11 2	
4	七层完	12 8	- 18 6	- 19 6	- 23 4	- 14 9	- 16 8	- 17 9	
		12 8	- 18 6	- 19 6	- 23 4	- 14 9	- 16 8	- 17 9	
5	主体完工 后三个月	12 8	- 18 6	- 19 6	- 23 4	- 14 9	- 16 8	- 17 9	
		12 8	- 18 6	- 19 6	- 23 4	- 14 9	- 16 8	- 17 9	

注: 沉降相对差极值  $\Delta_{max} = 8.5 \text{ mm}$ 。

表 3 第 5 栋建筑物沉降观测成果

Table 3 The result of subsidence observation for 5<sup>#</sup> building

观测 次序	工程 状况	观测 日期	测点高程/m 及沉降量/mm									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	一层完	(1996)	23 918 7	23 909 8	23 905 5	23 922 6	23 902 3	23 913 5	23 910 7	23 919 0	21 918 8	23 920 2
		7. 13	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
2	三层完 (补桩)	8 8	+ 6 7	+ 3 3	+ 4 1	+ 3 4	+ 6 3	+ 5 3	+ 4 4	+ 4 6	+ 6 3	+ 8 9
		8 19	+ 4 4	+ 2 5	+ 3 6	+ 2 8	+ 5 7	+ 2 4	+ 1 3	+ 3 8	+ 3 4	+ 6 2
3	四层完	8 25	+ 1 9	+ - 0 8	+ 0 7	- 0 4	+ 1 3	- 2 2	- 3 7	- 1 8	- 2 7	+ 0 4
		9 11	- 1 4	- 3 6	- 3 2	- 4 6	- 2 4	- 4 3	- 6 2	- 6 7	- 6 9	- 4 6
4	五层完	10 4	- 2 4	- 7 8	- 8 9	- 8 8	- 5 2	- 6 9	- 10 5	- 11 4	- 8 6	- 6 7
		10 4	- 2 4	- 7 8	- 8 9	- 8 8	- 5 2	- 6 9	- 10 5	- 11 4	- 8 6	- 6 7
5	六层完	12 29	- 6 3	- 11 4	- 12 5	- 12 2	- 10 0	- 12 4	- 16 1	- 18 9	- 10 8	- 8 7
		12 29	- 6 3	- 11 4	- 12 5	- 12 2	- 10 0	- 12 4	- 16 1	- 18 9	- 10 8	- 8 7
6	七层完	12 29	- 6 3	- 11 4	- 12 5	- 12 2	- 10 0	- 12 4	- 16 1	- 18 9	- 10 8	- 8 7
		12 29	- 6 3	- 11 4	- 12 5	- 12 2	- 10 0	- 12 4	- 16 1	- 18 9	- 10 8	- 8 7
7	主体完工 后三个月	12 29	- 6 3	- 11 4	- 12 5	- 12 2	- 10 0	- 12 4	- 16 1	- 18 9	- 10 8	- 8 7
		12 29	- 6 3	- 11 4	- 12 5	- 12 2	- 10 0	- 12 4	- 16 1	- 18 9	- 10 8	- 8 7

注: 沉降相对差极值  $\Delta_{max} = 12.6 \text{ mm}$ 。

表 4 第 9 栋建筑物沉降观测成果

Table 4 The result of subsidence observation for 9<sup>#</sup> building

观测 次序	工程 状况	观测 日期	测点高程/m 及沉降量/mm								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	一层完	(1996)	23 7492	23 9417	23 9508	23 7657	23 7712	23 9138	23 7793	21 8532	23 7265
		7. 12	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
2	三层完 (补桩)	7. 24	+ 2 9	+ 2 3	+ 0 3	- 0 8	+ 0 8	+ 0 70	+ 1 2	+ 1 9	+ 3 2
		8 8	+ 0 4	- 0 7	- 3 6	- 3 4	- 1 2	- 1 3	- 0 8	+ 0 2	+ 1 8
3	四层完	8 19	- 0 3	- 3 4	- 6 3	- 5 4	- 2 3	- 2 4	- 2 1	- 1 4	+ 0 9
		9 11	- 3 0	- 8 7	- 11 7	- 10 3	- 4 7	- 5 6	- 4 0	- 5 5	- 2 3
4	五层完	10 4	- 6 5	- 11 0	- 13 9	- 11 1	- 6 6	- 7 2	- 5 2	- 6 3	- 2 7
		10 4	- 6 5	- 11 0	- 13 9	- 11 1	- 6 6	- 7 2	- 5 2	- 6 3	- 2 7
5	六层完	12 29	- 9 8	- 16 3	- 17 1	- 14 4	- 8 4	- 8 6	- 7 4	- 6 9	- 3 8
		12 29	- 9 8	- 16 3	- 17 1	- 14 4	- 8 4	- 8 6	- 7 4	- 6 9	- 3 8
6	七层完	12 29	- 9 8	- 16 3	- 17 1	- 14 4	- 8 4	- 8 6	- 7 4	- 6 9	- 3 8
		12 29	- 9 8	- 16 3	- 17 1	- 14 4	- 8 4	- 8 6	- 7 4	- 6 9	- 3 8
7	主体完工 后三个月	12 29	- 9 8	- 16 3	- 17 1	- 14 4	- 8 4	- 8 6	- 7 4	- 6 9	- 3 8
		12 29	- 9 8	- 16 3	- 17 1	- 14 4	- 8 4	- 8 6	- 7 4	- 6 9	- 3 8

注: 沉降相对差极值  $\Delta_{max} = 13.3 \text{ mm}$ 。

从表中数据及测点的沉降曲线中可以看出, 该处经补强处理后的地基在建筑物施工过程中各点沉降均比较均匀, 各楼地基沉降相对差分别为 8.5, 12.6, 13.3mm, 且已稳定。

### 5 讨论与建议

(1) 利用锚杆桩对桩基加固失效地基补强后, 我们对建筑物进行了沉降观测。从观测结果看, 基础倾斜方向两端点的沉降差与基础距离的比值均 0.004, 满足国家标准《GBJ7-89》中第 5.2.4 条对多层建筑基础的倾斜要求。

(2) 对于地基有淤泥层构造的情况, 在桩基施工过程中要特别注意。若是利用夯扩桩进行加固, 首先钢筋笼必须纵穿淤泥层; 其次施工中应充分考

虑淤泥层的流塑性。因振动将加剧淤泥的流动, 若桩体有缺陷, 则无法抵抗地基土的剪力, 导致桩体断裂。

(3) 该地基基础经锚杆桩再次补强后, 已全部满足建筑物对地基承载力的要求, 因此避免了地基失效的浪费, 保证了建筑物的安全。

### 参 考 文 献

- 1 陆培炎 桩基设计方法 岩石力学与工程学报, 1994, 13(4): 375 ~ 388
- 2 郑俊杰, 袁内镇, 王松鹤 石灰桩与锚杆静压桩补强静压预制桩基础 岩石力学与工程学报, 1998, 17(2): 204~ 206
- 3 周志道 锚杆静压桩法 工业建筑, 1984, (1): 43~ 47
- 4 黄 强 深基坑工程支护设计技术 北京: 中国建筑出版社, 1995
- 5 魏希成 支挡结构设计手册 北京: 中国建筑出版社, 1995

## ANCHORAGE PILE REMEDY TO AN INVALID REINFORCED FOUNDATION

Dai Lei<sup>1</sup> Han Xinzhong<sup>2</sup> Chen Jingxi<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> The Third Company of City Development, Wuhan 430000 China

<sup>(2)</sup> Institute of Rock and Soil Mechanics, the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071 China

### 1997 年发表国内论文最多的中科院研究所和高校前 15 名排行榜

位次	研究所	发表论文数	位次	研究所	发表论文数
1	长春应用化学所	208	1	清华大学	1 465
2	大连化学物理所	189	2	北京医科大学	1 010
3	上海光学精密机械所	182	3	华中理工大学	944
4	化学所	169	4	中国协和医科大学	857
5	植物所	154	5	西安交通大学	758
6	兰州化学物理所	145	6	上海交通大学	749
7	上海硅酸盐所	122	7	南京大学	734
7	生态环境中心	122	8	浙江大学	733
8	物理所	111	9	中国科学技术大学	731
8	海洋所	111	10	北京大学	723
9	长春光学精密机械所	109	11	上海医科大学	658
9	高能物理所	109	12	天津大学	649
10	动物所	105	13	上海第二医科大学	596
11	地质所	104	14	华南理工大学	594
12	感光化学所	102	15	四川大学	592

注: 本表数据选自《中国科学计量指标: 论文与引文统计(1998 卷)》。