软基上房屋的纠偏加固

周洪涛　丁善祥　储海岩
（南京市测绘勘察研究院，南京，210005）

提　要　本文以南京市“河西地区”一幢住宅楼纠偏加固为实例，阐述了锚杆静压桩和掏土纠偏对不均匀沉降房屋的综合治理，在居民仍然居住的情况下把大楼纠偏扶正，且是解决纵向倾斜，难度较大，经精心组织、精心设计、精心施工、精心监测，使其满足了国家规范，圆满通过了竣工验收，该项目的完成对河西地区具有现实指导意义。

一　概　述

南京市目前工程建设重点发展地段为河西地区，所谓“河西地区”是指外秦淮河以西长江夹江以东，纬八路以北近期规划的区域。而河西地区地基土层软弱，建筑工程尤其是地基基础工程质量极易发生事故。本文试以河西地区一幢住宅楼地基纠偏加固为工程实例，阐述这类工程纠偏加固的应用方法。

该住宅楼为七层砖混结构，基础型式为条基下沉管灌注桩，条基宽 0.8m，厚 0.3m，基础埋深－1.9m。建筑物长 46.5m，宽 11.5m，沉管灌注桩 Φ377 复打，桩长 23m。配 6Φ14，8.5m 长钢筋，在做基础进行土方开挖时，发生大面积桩倾斜，A 轴①～⑧之间桩顶位移 δ_{max} 达 1.4m,发现倾斜的桩均已断裂，钢筋笼未按设计要求配置，最短的仅 2～3m，甚至个别桩没有钢筋笼，对不合格桩采取了加固措施：即在 A 轴①～⑧增加 24 根 200×200mm，长 20m 的锚杆静压桩，施工到三层后压桩，到施工结束时，均未出现异常情况。1998 年 1 月交付使用后，沉降速率较快，不均匀沉降急剧发展，经 1998 年 4 月 27 日～5 月 26 日四次沉降观测结果表明，西段沉降量 17.8mm，东段沉降 3.0mm，最大沉降速率 0.613mm/d，平均 0.336mm/d，最大倾斜率达 5.6‰，1～7 楼均出现裂缝，最大裂缝宽度 2.2mm，长度 4m，并在不断继续恶化，已严重危及到主体结构安全，住户反映强烈，报纸、电视等媒体多次曝光，由于施工偷工减料，是河西地区较为典型的豆腐渣工程。省、市领导非常重视，已作为江苏省建筑质量典型工程上报国务院，并已编入了省政府“三讲”文件。

二　场地工程地质条件

建筑场地为软弱土层，部分地段原为河塘，未作清淤处理，用杂土回填而成，回填深

度3m，场地土层自上而下依次为：

①-1 杂填土：褐灰，松散，含大量碎砖、碎石，层厚2.0～3.0m。

①-2 淤泥质填土：灰黑，流塑，夹腐殖物，埋深1.0～6m，厚2.0～5.0m。

②-1 淤泥质粉质粘土：灰，流塑，埋深3.9～6.0m，厚2.8～9.7m。

②-2 淤泥质粉质粘土：灰，流塑，呈交互层状，厚20～27m。

②-2a 粉土—粉砂：灰，松散—稍密，呈透镜体状，厚0～3.2m。

③-1 粉砂：稍密—中密，埋深37m以下，未穿。

土岩层	ω	E	I_p	I_L	$a_{1\text{-}2}$ (MPa)	Es (MPa)	C (kPa)	Φ	f_r (kPa)
②-1	42	1.1	16	1.26	0.78	3.06	9.89	15°	65
②-2	36	1.01	14	1.29	0.504	5.23	14	18°	80
②-2a	30	0.85	11	1.39	0.294	9.36	19.8	25°	120

场地地下水位埋深-1.0m。

三 不均匀沉降原因分析

从沉降速率、裂缝开展情况分析，该楼属典型的不均匀沉降，不均匀沉降的原因有以下几种可能：

1．桩基施工质量问题：

(1)估计部份桩未达设计长度，且砼质量差。

(2)在施工中由于拔管速度过快等原因造成断桩、缩颈或吊脚桩。

2．西面地质条件由于存在填塘，故较东面更差。

3．土层中局部分布的小块粉砂层可能在东面分布较多，对桩的摩擦力大于西面，造成东部沉降量小于西部。

4．刚竣工时，该楼地基持力层的强度已处于临界状态，随着居民装潢及活荷载的变化，促使了沉降和不均匀沉降的产生。

5．由于上部结构出现裂缝以后导致刚度退化，使不均匀沉降加速发展。

四 纠偏加固方案

纠偏加固总的原则为“综合治理，分段实施，动态管理”，即对沉降大的西面采用锚压桩进行地基加固，并将桩与地基锚固成整体，使其沉降稳定，对沉降小的东面采用钻孔掏土及土中应力释放，地基土达塑性变形，使建筑物缓慢而又均匀地回倾。在实施过程中，特别要做好沉降监测工作。

锚杆静压桩与钻孔掏土法即软土触变法综合纠偏加固方法的原则为：

1．在方案制定前应做好以下几方面的工作：

(1)仔细研究地基土勘察资料、软土的特点、扰动后的流变特点。

(2)应对房屋各角点和裂缝二侧实际倾斜数据及其沉降数据认真研究，分析造成沉降

差异与倾斜的原因，进行针对性的纠倾工作。

(3)居民仍然住在住宅楼中，要保护居民的生命、财产安全，具有特别重大的责任，要求居民给予纠偏加固工作密切配合。

(4)周围环境条件，交通运输状况。

2．原施工沉管灌注桩不满足设计要求，而导致不均匀沉降，据此验算锚杆静压桩及掏土量。

3．纠偏加固工作的详细步骤和要点。

4．纠偏过程中，哪些锚杆静压桩要先封桩头，以防沉降。

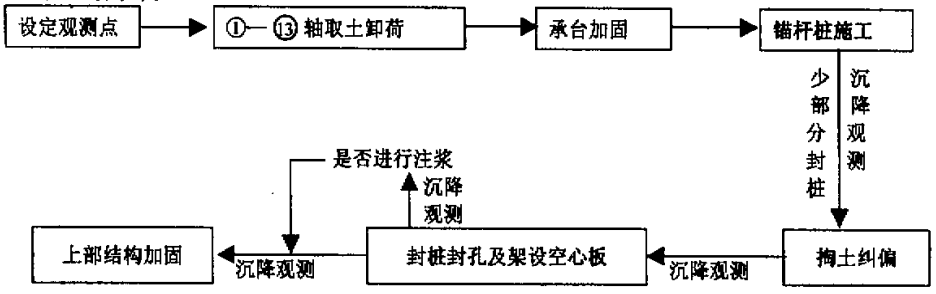
5．对房屋沉降、裂缝、倾斜的监测方案，一天几次，何时要加强，要重点考虑。

6．防止纠偏施工时房屋裂缝开展、破损甚至倒塌的各项应急措施。

7．预估纠偏后建筑物地基可能持续的变形，即滞后的回倾量。密切观测建筑物裂缝变化情况，根据裂缝变化规律调整纠倾速率或采用相应的辅助措施。

8．建立报警装置与安全应急措施，对掏土孔要准备好石子、黄砂、水泥，及时灌入孔内并注浆，以减小回倾速率。

施工流程为：



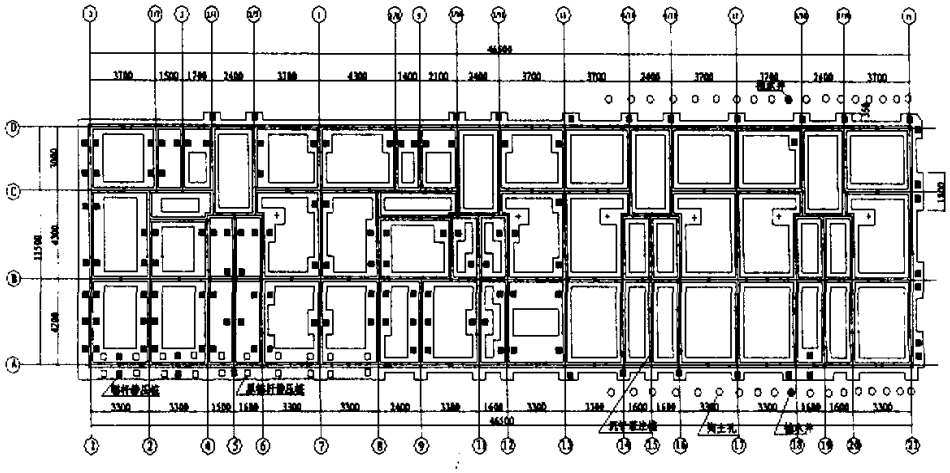


图 1　纠偏加固平面布置图

本工程锚杆静压桩 127 根，截面 200×200mm，桩长 18m（桩尖土层为粉土及粉砂夹层），原设计纠偏采用 Φ150 斜掏土孔，倾角分别为 45°、60°、75°，但由于沉管桩施工偏差较大，在斜孔施工中多次发生打到桩上，为了防止将桩损坏，后将 Φ150 改为 Φ400～Φ450 直孔，在基础外侧掏土，共布孔 40 个。由于压桩过程中会引起建筑物的附加沉降，因此对压桩顺序严格要求，首先把 1 轴压完，即封桩，然后分别从 12 轴向 2 轴及 13 轴向 21 轴压桩，锚杆静压桩由压桩力和桩长双控，以压桩力控制为主，压控力为 400kN。

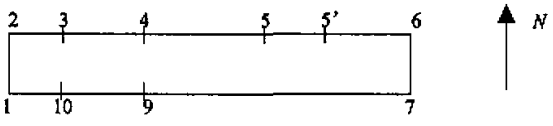
钻孔掏土施工原则为由稀到密、由浅到深，循序渐进，施工顺序由东向西间隔跳打，当倾斜率达 4‰时，停止掏土，根据监测结果决定封孔，最终达到整体纠偏目的。

五　变形监测结果分析

对该楼布置了 10 个沉降观测点，按照国家精密水准测量规范中关于国家二等水准测量的作业方法，所用测量仪器为徕卡 N3 型精密水准仪，对住宅楼 4 个角进行倾斜观测，观测仪器为 T2 经纬仪，采用几何解析法直接测出。

1．沉降量分析

(1)各观测点沉降量



单位：mm

点号	累计值 1998.4.27~2000.1.18	加固前 1998.4.27~99.1.5	加固期 1999.1.5~4.23	纠偏期 1999.4.23~7.30	纠偏后 1999. 7.30~2000.1.18
1	114.0	76.7	17.1	9.9	11.7
2	115.1	76.3	17.4	9.2	13.1
3	102.9	62.8	14.0	14.5	16.8
4	13.1	以 1999.8.26 为起点			8.7
5	80.2	31.8	6.8	31.8	10.8
6	69.1	19.1	3.8	40	7.5
7	82.1	21.2	3.7	50.5	8.4
8'	49.7		4.7	34.5	8.7
9	39.4	以 1999.1.22 为起点	10.4	21.9	8.9
10	39.1		12.8	15.0	12.4

(2)沉降速率

时间 \ 点号	1	2	3	5	5'	6	7	9	10
1999.3.23(纠偏前)	0.25	0.32	0.28	0.12	0.091	0	0	0.12	0.18
1999.7.8(掏　土 0	0.088	0.076	0.159	0.429	0.429	0.524	0.506	0.241	0.153
1999.7.30(纠偏完)	0.1	0.1	0.113	0.138	0.081	0.125	0.088	0.125	0.1
2000.1.18	0.0375	0	0	0.0375	损坏	0	0.05	0.05	0.031

近半年各测点沉降量及沉降速率

点　号	1999.7.30~9.28	1999.9.28~11.22	1999.11.22~2000.1.18
1	6.2	2.6	2.0
2	6.1	3.8	2.3
3	5.9	5.6	1.8
4	4.7	3.7	2.5
5	4.2	3.4	1.3
5'	6.3	2.0	点损坏
6	4.2	1.4	0.6
7	3.9	1.8	0.8
9	2.8	4.5	0.9
10	5.3	4.6	1.4
时间(d)	60	56	57
平均沉降量(mm)	5.58	3.34	1.51
平均沉降速率(mm/d)	0.093	0.06	0.0265

(3)基础倾斜

起止点	间距（m）	1999.2.23（纠偏前）		2000.1.18	
		沉降差（mm）	倾斜（%）	沉降差（mm）	倾斜（%）
1~2	11.5	0.2	0.017	0.6	0.052
6~7	11.5	2.0	0.17	8.8	0.77
1~7	46.5	65.0	1.40	35.4	0.76
2~6	46.5	66.8	1.44	46.0	0.99

2．房屋垂直度

点	方向	1998.4.29（起始点）		1999.4.13（纠偏前）		1999.7.8(纠偏期)		1999.11.23	
		倾斜(mm)	垂直度(‰)	倾斜(mm)	垂直度(‰)	倾斜(mm)	垂直度(‰)	倾斜(mm)	垂直度(‰)
1	W	96	4.53	94	4.43	88	4.15	66	3.11
	N	20	0.94	6	0.28	15	0.71	12	0.57
2	W	62	3.37	84	4.57	72	3.91	66	3.59
	N	2	0.11	2	0.11	1	0.054	1	0.054
6	W	49	2.66	68	3.70	61	3.32	55	2.99
	N	14	0.77	8	0.43	8	0.43	17	0.92
7	W	72	3.40	104	4.91	87	4.10	56	2.64
	N	16	0.75	9	0.42	32	1.51	38	1.79

房屋高度南面 $H=21.2$m，北面 $H=19.4$m。

注：由于该住宅楼没有施工期间观测数据，垂直度是根据水平位移测量数据反算而得。

从沉降观测曲线图(图 2)中可以看出，前期及锚杆静压桩封桩之前，房屋沉降速度较快，很不稳定，在纠偏施工期间，沉降急剧发展，沉降速率控制在 0.5mm/d，当封桩、封掏土孔之后沉降立即趋缓，随时间推移，沉降日趋稳定且均匀。

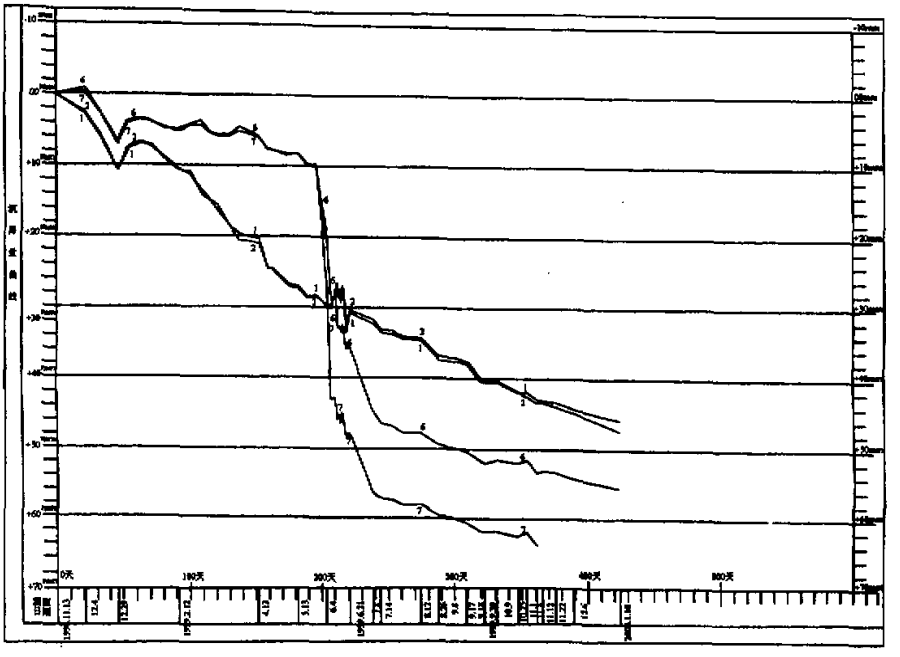


图 2　日均沉降曲线图

六　纠偏加固评价

该房屋的纠偏加固有别于其它房屋的纠偏加固。首先，该房屋经多种媒体多次曝光，已成为大家关心的焦点工程，在社会上造成了不良影响；第二，该住宅楼采用沉管灌注桩，且已对 A 轴①～⑧进行过锚杆桩加固，房屋竣工后，未发现质量异常。当居民装潢入住后，超过了地基承载力的临界状态，使房屋出现了较大的不均匀沉降，承重砖墙、圈梁均出现裂缝，导致房屋进行第二次加固；第三，该房屋纠偏加固是在居民仍然居住的情况下进行的，风险极大，动态控制要求高，根据跟踪监测结果，及时调整设计施工方案，程序严格，动态管理；第四，房屋是沿纵轴方向发生倾斜，房屋纵向刚度大，纠偏难度大，易产生裂缝(仅在纠偏期间使原裂缝有一定的开展)。

这些都给纠偏加固处理提出了很高的要求，也给尽快有效解决河西地区房屋地基不均匀沉降的纠偏加固，提供了可靠的技术参数和施工经验，具有重要的现实指导意义。

七 结 论

1．纠偏加固后的房屋沉降速率减缓、均匀、稳定，符合国家标准，达到了纠偏加固的目的，取得了满意的效果。

2．工程实践表明，锚杆静压桩结合掏土纠偏综合治理，是解决软土地区房屋不均匀沉降的行之有效的方法，既加固了地基，又扶正了倾斜的建筑。

3．建筑物纠偏加固必须实行信息化施工，动态管理，根据变形监测结果不断调整设计、施工方案，以期更加切合实际。

参考文献

[1] 叶书麟等：《地基处理与托换技术》，中国建筑工业出版社，1994 年。