

# 用托板法治理岩溶塌陷区的基础沉降

李名桂

(桂林工学院勘察设计院)

**摘要** 建筑在岩溶区近40年的大型建筑,由于岩溶发育,逐步形成土洞,进而发生地基塌陷,并造成墙体开裂。使用托板法进行地基处理,至今已逾2年,未再发生新的沉降塌陷。

**关键词** 岩溶; 塌陷; 地基; 托板法; 治理

**中图分类号** P642.25; TU434; TU433.4

桂林地区岩溶发育,地下水的构成与地下溶洞或岩溶裂隙相通。由于地基土中亲水矿物吸水后湿化性很强,因而持力层长期受地下水及溶蚀裂隙水的潜蚀和淋滤搬运作用,在土体中形成深层土洞并随着时间的推移而不断发育,并向上部发展,达到一定程度时,就会造成地基塌陷、引起墙体开裂,使整座建筑物成为危房,甚至可能发生房屋倒塌的突发事件。我院教四楼即属于此类危房之一,使用托板法治理后取得良好的效果。

## 1 调查现状 确定治理方案

该楼为建于1956年的六层大楼,在基础施工前仅对浅部地基土持力层作了插杆工作,未发现岩溶塌陷区。

1983年冬,该楼东北部12m长范围内的地基突然发生塌陷并引起墙体开裂。之后情况继续发展。为此采用压力灌注水泥浆法进行处理。并对部分基础用毛石进行回填,但效果不理想。不久地基又产生新的下沉,墙体继续开裂。一楼的联合教室地面形成一个直径约4m的凹陷区,墙体由一楼开裂到三楼,裂缝宽2~15mm,该教室只好停用。

为此进行了钻探调查,发现造成地基塌陷的主要原因是由于岩溶区长期受地下岩溶水及溶蚀裂隙水对土体中亲水矿物的湿化软化作用,以及潜蚀和淋滤搬运作用,使原来的超固结土逐渐在深溶沟部位形成欠固结土,并在基岩和土层的交界面上首先形成深层土洞,这些深层土洞随着时间的推移不断由下往上发育,并造成地基土持力层承载力降低、稳定性变差。在上部载荷的作用下,造成地基土沉降塌陷。随之使建筑物基础发生下沉,继之墙体发生开裂。为此,提出了4种治理方案进行比较。

(1) 压力灌浆法。该法是常用的地基处理方法。过去有很多成功的经验。但该楼溶沟深达20多米,并与场地溶洞及其管道相通。还有土洞存在。土洞外围地基土呈硬塑状态,而土洞发育的具体部位与压力水泥灌浆孔的位置不一定均能连通。因而采用压力灌浆显然很难控制灌浆位置。并且灌浆效果也不易检验。1983年在该场地就是采用此法,证明不宜再予使

1995年4月4日收稿,9月4日改回。

作者简介:李名桂,男,1949年出生,工程师,工程地质专业。

用。

(2) 旋喷桩处理法。此方法在处理软土地基有相当成功的经验。但在岩溶区土洞, 软土与其周围硬塑粘土组成不均匀地基采用旋喷桩时其成桩直径很难控制, 粗细不均而且在硬塑粘土中桩径一般不会大于 500mm。满足不了该楼地基治理的需要。

(3) 树根桩治理法。由于现有基础为浆砌片石, 如用树根桩、钻进中的机械破碎作用很难保证基础的整体性, 故而限制了树根桩的采用。

(4) 托板治理法。用托板将基础托起, 使之不再随塌陷的发展而加剧沉陷。该方法的理论前提是在强岩溶发育区的老建筑物经过多年(该楼建成近 40 年)的沉降固结, 固结度已超过 95% 以上。而对场陷区、地基土处于欠固结状态, 采用托板时, 建筑物基础将不会再生新的沉降。这样, 对于未经处理的部位与岩土工程治理的部位, 不会因治理而产生新的差异沉降, 可达到岩土工程治理的目的。此外, 该法易于检验, 只要严格施工程序管理, 岩土工程治理的质量可以保证。

经过反复研究比较, 确定托板法作为该楼的地基处理方法。

## 2 托板治理方法

托板治理是沿塌陷的建筑物基础走向, 在基础内外两侧各布置一排钻孔桩, 要求钻孔桩的桩头嵌入完整基岩 0.3~0.5m, 在桩顶上现浇承台梁, 再在承台梁与原有建筑物基础之间安装预制托板。托板安装完成后再用压力灌浆的方法将托板与建筑物基础连成整体。即用托板把整个塌陷区的建筑物基础承托起来的岩土治理方法。

该法主要工序是: 钻孔成桩施工工序→承台梁施工→托板安装→基础与托板之间压力灌浆。

对于治理工程中的各构件必须进行认真的设计计算, 以求得所需各构件的大小尺寸及相应的刚度和强度。达到经过治理后建筑物的安全需要。

按该楼的实际情况, 各主要构件设计计算按下列原则: (1) 托板, 按简支梁板计算(计算过程从略, 下同); (2) 承台梁按连续梁计算; (3) 桩基础按端承桩计算; 鉴于在室内施工、受房屋高度所限, 不能采用大型钻机施工, 故选用桩径为 190mm, 桩距为 1.0m。虽然按桩基设计规定、本工程桩的细长比超出规范规定, 但在岩土工程勘察中、已知塌陷区有土洞及软流塑土, 只要在桩基砼浇注时, 多次反插、增多砼灌入量, 以加大桩径(实际上本工程的充盈系数最高已达到 12.5), 不会因桩的细长比而影响桩的承载力。

对于设计托板的长、高、宽, 除了必须考虑建筑物载荷总量外, 为了便于搬运, 还必须考虑单块托板不要重量过大。

## 3 施 工

### 3.1 钻孔成桩

在钻进成孔过程中选用带导正器的四翼钻头钻穿粘土层, 再使用普通合金钻头钻进完整基岩 0.3~0.5m, 并提取岩芯观察孔底是否属完整基岩面。即必须保证桩基投影面积内全断面均为石灰岩。为此该工程不少钻孔深入基岩超过 0.5m、其中有几个钻孔穿透多层薄层溶洞及岩溶裂隙。这样才真正保证桩端承载力满足设计要求。往孔内浇灌混凝土之前必须查明孔底是否沉渣过厚、一般沉渣厚度不得超过 10cm。如果沉渣过厚必须进行洗孔和排渣。同时, 必

须使用水下浇注混凝土的办法进行成桩浇注工艺。在整个浇灌过程中采用套管反插时必须始终保证导管没入砼中 1.0~1.5m 深度, 以防止断桩。

### 3.2 现浇承台梁

现浇承台梁之前必须把各桩的桩头浮浆清理干净, 露出钢筋和新鲜混凝土桩面。当挖好地沟、并用水准仪进行找平后方可进行承台梁的浇注。浇注工作必须连续进行, 结束后再用水准仪进行一次找平工作。

### 3.3 托板安装

托板是预制的。托板安装采取分块分段进行。每完成一段及时加固一段, 再进入下一段。托板安装完毕, 在基础与托板之间用 1:1~1:3 的纯水泥浆进行低压力灌浆, 目的是为了基础与托板之间, 及托板与地基土之间能紧密连结。当做完地面回复工作之后, 做精密沉降观测, 并做好存档工作。

## 4 效果

该楼地基塌陷治理由于严格进行工序质量管理, 钻孔桩经动测检验全部合格。各混凝土构件、取砼样进行抗压试验均符合要求。施工完毕后, 经 109 天精密水准仪观测结果, 显示沉降量趋近于零(表1)。即没有新的沉降。由此说明整个治理工程是成功的。

实践证明, 托板法对于治理岩溶地区建筑物的地基塌陷问题是一种较可靠的方法。特别对于治理以浆砌片石为基础的房屋地基塌陷问题更显示出其优越性和可靠性。该法的不足是, 施工难度较大, 工序流程时间长。

沉降观测资料由林文介副教授提供, 顺此致谢。

## REGULATION OF FOUNDATION SETTLEMENT OF KARST COLLAPSE REGION BY USING PLATE STOCK

Li Mingui

(Research Institute of Engineering Survey and Design, Guilin Institute of Technology)

**Abstract** Great buildings built for about 40 years in the karst region gradually formed soil caves and caused foundation collapse and crack of the wall body as a result of well-developed karst. Making foundation processing by using the plate stock method went through over two years. New settlement collapse has not arisen.

**Key words** karst; collapse; foundation; plate stock method; regulation

表 1 教四楼东部长期沉降量观测成果统计

Table 1 The observation result statistics of long-time settlement in the eastern part of the fourth teaching building

次 序	观测 日期	间隔 天数	累计 天数	沉 降 观 测 点 号															备 注	
				68	67	41	66	65	64	63	62	61	60	59	58	36	35	54		
1	1991.2.2			本次	1.41	1.32	0.86	1.61	1.82	2.25	1.86	2.15	1.71	1.57	2.01	2.09	2.23	2.03	1.71	
8	1992.7.14	217	481																	
9	10.6	84	565	本次	-1.99	-1.97	-2.04	-3.22	-3.42	-3.33	-2.83	-2.69	-2.39	标志动	-2.12	-2.01	-2.63	-2.17	-2.15	1. 1992年9月30日开 始桩施工。
				累计	-1.55	-1.69	-2.43	-3.67	-3.39	-3.00	-2.71	-1.45	-1.21	0	0.92	0.46	3.54	0.48	-1.5	2. 1993年3月29日托 板安装完毕。
10	12.1	56	621	本次	-0.17	-0.13	-0.16	-0.05	-0.36	-0.58	0.04	0.39	0.82	2.65	标志动	1.71	0.76	0.33	0.35	3. 自托板安装完和压 力增长之后,自 1993年7月11日 至1993年10月 22日的104天 中,精密水准已观 测不到有沉降,完 全稳定。
				累计	1.72	-1.82	-2.59	-3.72	-3.72	-3.58	-2.67	-1.06	-0.39	2.65	0	2.17	4.30	0.81	-1.15	4. 观测用5004精密水 准仪和铝钢尺,精 度为I等水准。
11	12.10	9	630	本次	-0.33	-0.39	-0.11	0.13	0.08	0.29	-0.05	0.13	0.74	1.53	1.72	1.68	1.74	1.76	1.29	5. 个别观测次序呈较 大上升,可能与观 测误差有关,如65 ~68各点,最终累 计沉降→0,是正 常的,而58~62 各点,在施工期沉 降较大。
				累计	-2.05	-2.21	-2.70	-3.59	-3.67	-3.29	-2.62	-0.93	0.35	4.18	1.72	3.85	6.04	2.57	0.14	6. 累计数除个别标志 晃动外,均自 1991年2月2日 起始。
12	12.15	5	635	本次	0.72	0.46	0.62	0.71	1.09	1.01	1.04	0.88	0.98	0.60	0.40	0.38	0.26	0.26	0.03	7. 观察技术负责:林 文介副教授。
				累计	-0.33	-1.75	-2.08	-2.88	-2.58	-2.28	-2.58	-0.05	1.33	4.78	2.12	4.23	6.30	2.83	0.17	
13	12.22	7	642	本次	-0.02	-0.13	-0.32	0.07	-0.36	0.08	0.45	0.75	0.61	0.52	4.17	1.52	0.99	1.05	0.68	
				累计	-1.35	-1.88	-2.40	-2.81	-2.94	-2.20	-1.13	0.70	1.94	5.30	6.29	5.75	7.29	3.88	0.85	
14	12.26	4	646	本次	-0.32	0.03	-0.10	-0.43	-0.49	-0.74	-0.95	-0.78	-0.62	-0.54	6.57	2.60	-0.77	-0.65	-0.31	
				累计	-1.67	-1.85	-2.50	-3.24	-3.43	-2.94	-2.08	-0.08	1.32	4.76	12.86	8.35	6.52	3.23	0.54	
15	12.31	5	651	本次	0	0.31	0.66	0.60	0.15	0.14	0.33	0.28	0.24	0.58	0.42	0.52	0.12	0	-0.14	
				累计	-1.67	-1.54	-1.84	-2.64	-3.28	-2.80	-1.75	0.20	1.56	5.34	13.28	8.87	6.64	3.32	0.40	
16	1993.1.9	9	660	本次	0.06	-0.37	-0.44	0.01	0.22	-0.01	-0.42	-0.52	-0.80	-1.07	-0.93	-0.49	-0.72	-0.64	-0.20	
				累计	-1.61	-1.91	-2.28	-2.63	-3.06	-2.81	-2.17	-0.32	0.76	4.27	12.35	8.38	5.92	2.59	0.20	
17	1.21	12	672	本次	0.07	0.37	0.84	0.26	0.28	0.53	0.87	1.07	1.26	1.70	3.39	1.54	1.68	1.65	1.56	
				累计	-1.54	-1.54	-1.44	-2.37	-2.78	-2.28	-1.30	0.75	2.02	5.97	15.74	9.92	7.60	4.24	1.76	
18	2.5	15	687	本次	0.59	0.29	-0.04	0.10	0.33	0.43	0.34	0.67	0.48	0.51	0.90	-0.37	0.38	0.48	0.30	
				累计	-0.95	-1.25	-1.48	-2.27	-2.45	-1.85	-0.96	4.20	2.50	6.48	16.44	9.55	7.98	4.72	2.06	
19	7.11	159	846	本次	1.31	1.30	1.84	1.68	2.38	2.47	3.30	4.71	5.18	4.65	4.27	标志动	3.38	2.42	1.79	
				累计	0.36	0.05	0.36	-0.59	-0.07	0.62	2.35	6.13	7.68	11.13	20.71	0	11.36	7.14	3.85	
20	10.22	104	850																	