深圳湾某软基处理工程质量事故分析及处理

高俊合　　李福民
（深圳市市政工程总公司，深圳，518034）　（深圳市规划国土局，深圳，518000）
徐玉胜
（铁科院深圳研究设计院，深圳，518000）

提　要　深圳湾某插塑料排水板软基处理工程，在填土过程中，出现沉降速率超标、砂垫层隆起、盲沟错位、集水井抬升，使排水系统遭到严重破坏，从而影响软基处理效果。本文讨论了事故发生原因及处理对策。

一　前　言

深圳湾某标段采用塑料插板排水固结法处理大面积软基。场地属于海湾潮间带及海积平原，地层自上而下依次为：淤泥质砂、淤泥和粘土。插板按等边三角形布置，插板间距为 1.0m。水平排水系统由砂垫层、盲沟、集水井构成。底基层采用砂性土填筑，其上覆盖预压土(采用不均匀加荷)。场区面积 16 万 m^2，插板 18 万根。主要工序有：铺土工布、铺填砂垫层、插板、填筑底基层、堆土预压等。

在填筑底基层土过程中，出现了大面积砂垫层隆起、盲沟位移、部分集水井被抬升后不出水，排水系统遭到严重破坏，从而影响软基处理效果。为及时总结经验教训，预防类似事故发生，现将该工程的质量事故分析及处理论述如下。

二　事故发生及发展过程

由于工期较紧，且该区填土需用南侧滨海大道预压卸载土，而滨海大道的卸载工期更紧张。所以场区填土只能分块进行，即插板完成一块填土一块。共分四块填土：H4-5 盲沟线以南(3 月 4 日~4 月 8 日，平均填土厚度 2.83m)；H4-5~H4-7 盲沟线之间(3 月 25 日~4 月 8 日，平均填土厚度 2.83m)；H4-6 盲沟线以西，H4-10 盲沟线以北(4 月 6 日~4 月 8 日，平均填土厚度 0.99m)；H4-7 盲沟线以北(事故发生时未填土)，见图 1。

(1)H4-2~H4-4 之间于 3 月 4 日开始填土，3 月 7 日发现局部土工布被压裂、盲沟扭曲，3、4 号集水井(图 1)被推歪斜。后经扶正，但由于被抬升并位移，所以集水井不再出水。由于此时填土不太厚，采取了将土挖除，更换土工布，将扭曲的盲沟重做，将集水井移到附近重做后，于 3 月 11 日又恢复出水，见图 1。

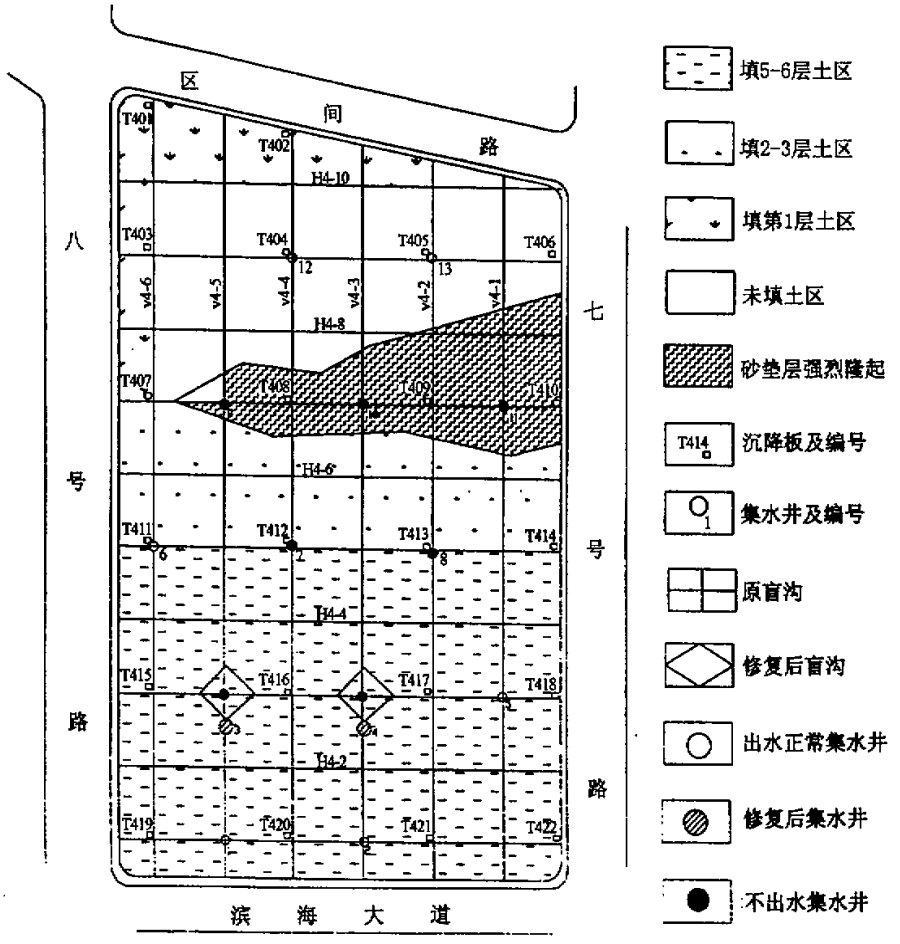


图1 事故现场示意图

(2)3 月 13 日发现填土区域的北缘，砂垫层隆起、推挤成波浪，盲沟隆起位移。

(3)3 月 15 日，发现一沉降板被推移数米远，砂垫层、盲沟继续隆起、位移。随后发现 7 号集水井被推移位移，不出水，盲沟走位，砂垫层成波浪状，沉降板歪斜，孔压线被拉断。根据沉降观测报告，在填土区域沉降速率超标，而其前缘则隆起。其中 T412 沉降板 3 月 8 日隆起值 229mm，T413 沉降板 3 月 16 日隆起值 209mm、3 月 18 日达 407mm。在监理工程师的干预下，3 月 18 日暂停填土。

(4)经过一段时间后，沉降趋于稳定。从 3 月 23 日又开始填土。由于汽车太多，而推土机和压路机相对太少，填土区域堆土过多，未及时推平、碾压，造成填土区域沉降过速，而其前缘部分的砂垫层、盲沟、集水井隆起、位移。3 月 26 日下午高峰期，运土汽车多达百辆，而推土机和压路机仅 2~3 台，现场没有技术人员统一指挥，造成 11 号集水井被推倒，沿 7 号路有三处淤泥被挤出。根据监测报告，T413 号沉降板 3 月 26 日的日沉降量

达 385mm，超过设计允许的日沉降量的 20 多倍。而其前面的 T408、T409、T410 沉降板则连续几天大幅度隆起(见表 1)。情况十分严重，3 月 31 日暂停了现场填土施工。

三　事故性质判断

(1)根据现场调查，有 5 个集水井(7、8、9、10、11 号)不出水；在 10、11 号二个集水井周围，盲沟有多处被截断，局部土工布爆裂；在 9、10、11 号集水井以北，砂垫层隆起，呈波浪状；隆起较高部位，一部分排水板缩进淤泥层或被拉断(图 1)。这种现象势必影响淤泥层的正常排水固结。初步判断，在上述范围内，排水系统已受到一定程度的破坏。

表 1　3 月 26 日后几个沉降板连续隆起值（mm）

沉降板号		T408	T409	T410
日期	3 月 29 日	220		
	3 月 30 日	406	1268	260
	3 月 31 日	533	447	

(2)根据监测报告(表 2)，凡出水正常的集水井附近，沉降速率较大，平均为 8.7~9.3mm/d；不出水的集水井附近，沉降速率较小，平均为 6.0~6.4mm/d。据此判断，排水系统受到的破坏是局部的，并非完全被破坏。因为 3、4 号集水井经修复后出水正常，而且其附近的沉降板沉降速率相对较大(4.9~11.4mm/d),平均为 9.1mm/d。可见，局部的破坏经修复后，有可能恢复正常排水。

表 2　集水井出水情况与沉降速率的关系

集水井	1#(出水正常)		2#(出水正常)	
沉降板号	T419	T420	T420	T421
累计隆起量(mm)	14	37	37	52
平均沉降速率(mm/d)	7	12	12	8.8
断面处各沉降板沉降速率平均(mm/d)	9.3			
集水井	3#(出水正常)		4#(出水正常)	
沉降板号	T415	T416	T416	T417
累计隆起量(mm)	148	59	59	465
平均沉降速率(mm/d)	11.4	11.1	11.1	4.9
断面处各沉降板沉降速率平均(mm/d)	9.1			
集水井	5#(出水正常)		6#(出水正常)	
沉降板号	T417	T418	T411	
累计隆起量(mm)	148	59	81	
平均沉降速率(mm/d)	11.4	11.1	14.6	
断面处各沉降板沉降速率平均(mm/d)	8.7			
集水井	7#(出水不正常)		8#(出水不正常)	
沉降板号	T412		T413	
累计隆起量(mm)	748		795	
平均沉降速率(mm/d)	4.8		7.9	
断面处各沉降板沉降速率平均(mm/d)	6.4			
集水井	9#（出水不正常）	10#（出水不正常）	11#（出水不正常）	
沉降板号	T407	T408	T409	T410
累计隆起量(mm)	1793	1159	1722	260
平均沉降速率(mm/d)	5.8	5.5	4.8	8
断面处各沉降板沉降速率平均(mm/d)	6.0			

(3)根据 4 月 1 日~4 月 15 日观测资料的统计(表 3)，只填 1~2 层土区域平均沉降速率

为 6.3mm/d，而已填 5-6 层土区域的平均沉降速率为 8.50~9.58mm/d。可见填土厚度对沉降速率影响较大。

表 3 沉降速率与填土厚度关系

沉降板号	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422
沉降速率	5.8	5.5	4.8	8	14.6	4.8	7.9	11	11.4	11.1	4.9	6.6	7	12	8.8	9.8
V			6.3mm/d													8.5~9.58mm/d
N			已填 1-2 层													已填 5~6 层

注：407~422 表示 T407~T422，V 表示平均沉降速率，N 为填土层数。

四 事故原因分析

(1)砂垫层填筑及插板

该区在施工前，为海水淹没，淤泥极度稀薄。水抽干后，由于工期要求紧，淤泥没有得到晾晒就铺上了土工布，接着就铺砂垫层。由于砂垫层部分区域是用推土机填筑，而非人工填筑，故导致产生一些淤泥包，尤其是 H4-4 盲沟线以南。这为事故的发生埋下了隐患。

(2)集水井抽水情况

由于砂垫层填筑和插板、填土、集水井抽水均不是同一个施工单位，虽然填土进行了，但抽水单位迟迟没有得到落实，影响了抽水工作，对砂垫层排水、淤泥固结造成一定影响。

(3)填土厚度及速度

由于第一层填土普遍较厚。H4-5~H4-7 盲沟线之间，3 月 26 日开始填第一层土时，集中了近百辆汽车，而推土机和压路机仅 2~3 台，造成局部推土过多，而又未及时推平，碾压方向混乱(应平行于而不应垂直于推土方向碾压)，填土速度远超过设计要求(每 50cm 为一层，填筑 10 天)。从而导致沉降超标(T413、T411、T415、T414)，其附近则强烈隆起(T412、T408、T409、T410)，见表 4、图 1。

表 4 中部短时间内沉降 (-) 及隆起 (+) 情况

日期 \ 沉降板号	T408	T409	T410	T411	T412	T413	T414	T415
3 月 26 日				-35	+84	-385		-25
3 月 27 日	+22			+19		+210		+18
3 月 28 日					+33			
3 月 29 日	+220	+287				-22	-22	-16
3 月 30 日	+406	+1268	+206					-15
3 月 31 日	+533	+447						

从上表可以看出，发生沉降的沉降板日沉降量均超过设计的≤15mm/d 的要求。可见加荷速率过快，外荷载超过了软基的允许强度，使软基发生剪切破坏，侧向挤出，从而使

砂垫层隆起、盲沟位移、集水井被抬升。

五　事故处理

事故发生后立即停止了填土，采取了如下措施：

(1)凡是发生砂垫层隆起、盲沟位移、集水井被抬升的已填土区域，一律用人工挖除砂垫层，挖除淤泥包，重新施工土工布、插板、集水井。

(2)未填土区域，凡有淤泥包的地方，一律将淤泥包清除，重新铺砂垫层。

六　结　语

(1)插板软基处理工程工艺并不复杂，但施工中每一步都必须严格按照设计要求进行。尤其要控制加载速率，否则，必然引起沉降超速、砂垫层和盲沟隆起、集水井抬升。

(2)插板、填土、抽水要有机结合统一协调，最好一个单位施工，避免前后脱节、相互推诿。

(3)软基处理施工有其内在规律，切不可行政干预，操之过急，一旦出现质量事故，将不仅欲速则不达，相反造成巨大经济损失。

参考文献

[1]《深圳地区地基处理技术规范》(SJG-96)，1996年7月。

[2] 铁道部科学研究院深圳研究设计院：《深圳湾填海区软基处理工程施工图设计》，1998年5月。