上海远洋调度大厦工程深层搅拌施工对周围土体隆起的影响分析

方　良
（宏润建设集团）

提　要　深搅施工作为有效的止水和围护施工方法在上海软土地基基坑围护工程中得到广泛应用。由于深搅施工中伴随有压浆，使周围土体在短时间内引起较大隆起，在周围环境比较复杂的地区，较大的变形可能引起管线破裂，房屋局部抬升，造成危害。本文就远洋大厦工程深搅施工中监测的土体隆起情况作一些分析，并着手得到一些实用的结论。

一　工程概况

远洋大厦工程及周围环境见图 1，北面东大名路有多条重要市政管线，且大多年久失修，东面有五层保护建筑红楼，西面及南面有多层建筑，建筑离基坑边最近 8m，基坑深 13m。基坑土层在深 26m 范围以淤泥质土和粉质粘土为主，沿基坑周围有一排直径 1050mm 的围护桩，围护桩外侧为双头深层搅拌桩单桩 1200*700，搭接 200，桩深 18.8m，水泥掺入比为 13%，必须制定完善的监测和施工措施来保护这些设施。经有关方面研究决定对周围土体的隆起原则控制不超过 10mm，超过就要报警。

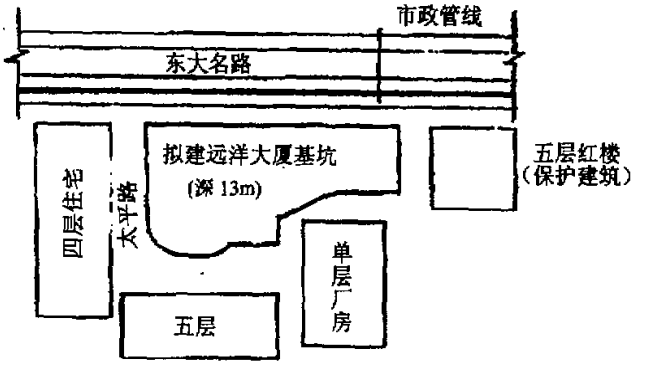


图1　基坑与周围建筑关系

图 2 为东大名路侧局部钻机中心与测点位置关系图。图中上排数字为施工的工期，中

间圆点为当天的钻机中心，下排为当天深搅施工数。施工中根据情况，控制每天打六根搅拌桩。图中 R1，R2，R3，R4 为垂直于深搅方向的四测点。R5，R6，R4，R7 为平行于深搅方向的四个测点。施工时开始盲目注重进度，使土体隆起过大，引起管线渗水。后来控制进度，从而减少了隆起并在测量中得到一些有规律的结果。

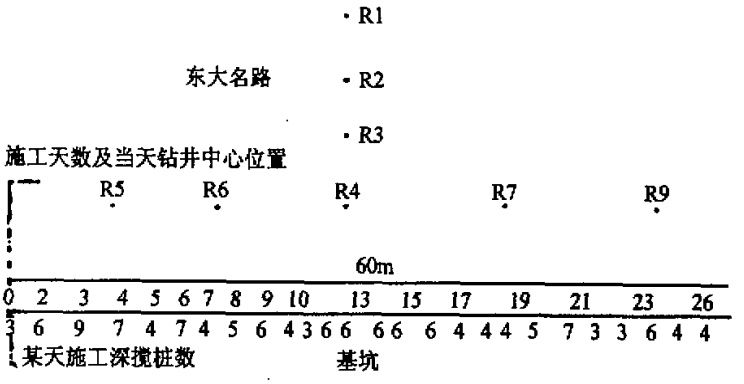


图2 局部测点布置与工期关系

二 监测数据分析

1. 最大隆起量与距离关系

图 3 为东大名路横断面 R1，R2，R3，R4 等最大隆起量与离深搅方向垂直距离的关系图，从图中看出深搅的影响范围大致为 26m(约相当于 1.4L，L 为深搅长度)，主要变形（大于 15mm）影响范围为 15m(0.8L)。距离影响源 7m(0.4L)变形最为集中近似水平，保持峰值 50～70mm。因此可以把最大变形与距离关系简化为下式：

$$y=\begin{cases}\alpha & (0\sim 0.4L)\\ bx+c & (0.4L\sim 0.8L)\\ dx+e & (0.8L\sim 1.4L)\end{cases} \tag{1}$$

式中 a，b，c，d，e 与单位时间的深搅数、深搅长度、灌浆压力有关。

2. 沉降量与工期关系

图 4 为沿深搅方向的各点沉降历时曲线，可以看出，测点的最大变形具有滞后性，深搅机离测点一段距离后，变形才达最大，然后开始缓慢下降。测点受深搅施工影响大致出现以下三个变形期：

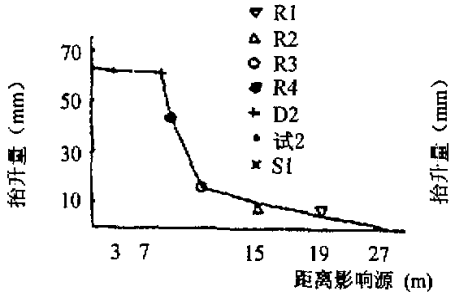


图3

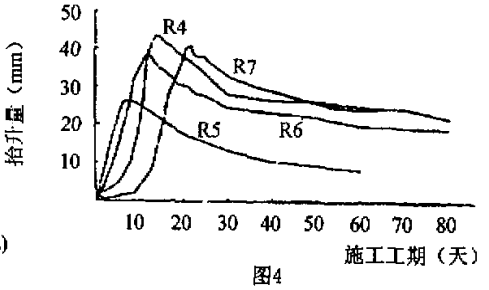


图4

急剧变形期：随成桩数量的增加和距离的拉近，测点的变形快速增加。到离影响源一小段距离，变形累变量达到峰值。对 R4 点而言，此阶段大约持续 6 天多，按每天前进 3m 计算，则急剧变形阶段的影响区域大约在相当于深搅长度范围内。

快速回落期：从峰值点开始，曲线快速回落，相对回落变形量占抬升总量的 1/3。

缓慢回落期：在快速回落期 20 天后，曲线经历 25 天左右趋于稳定。回落周期为 45 天左右，回落总量占抬升总量的 1/3～1/2。

3.最大隆起量与垂直距离关系

图 5 为垂直深搅方向 R2，R3，R4 随工期的变形曲线，可以看出在急剧变形阶段最大抬升量与测点到深搅前进方向垂直的距离近似成反比关系。当垂直距离大于 19m 时(对于 R2)，最大变形量已可忽略。

4.施工段的最大隆起量曲线

图 6 为整个施工区段的平行于施工段的各点的最大隆起量，图中整体呈抛物线变化，中间最大量大约是边界点的 4 倍。

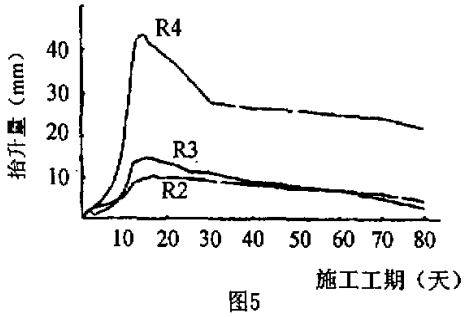


图5

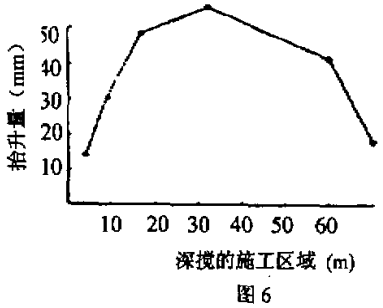


图 6

5. 某天施工引起的隆起量与距离关系

图 7 的纵坐标为第 9 天和第 11 天当天的深搅量引起 R4，R3，R2，R1 的隆起量，横坐标为当天的深搅桩心与测点的距离。由图可以推测当天施工深搅引起的隆起量与深搅到测点距离近似成反比，用公式表示如下：

$$y_0 = \frac{\alpha_i}{x_{ij}^2} \tag{2}$$

其中距离 Y_{ij} 为第 i 天施工深搅桩引起垂直于前进方向的 j 点隆起量，a_i 为常数，它与深搅桩心到垂足（R1，R2，R3，R4 的连线与深搅前进方向的交点）的距离有关，a_i 随桩位置变化与其到垂足的距离成反比。X_{ij} 为桩心到测点的距离。Y_{ij} 与 X_{ij} 的平方成反比。下面表 1 用第 13 天和第 11 天的桩中心和测点距离与当天变形量关系来反求常数 a_i，各个 a_i 比较接近。从计算值及实际测量曲线可以看出公式（2）基本可以反映实际曲线变化。

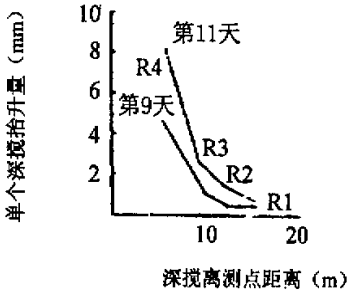


图 7

表 1

13(天)	R2	R3	R4
$y13$	1mm	1.7mm	5.3mm
$x13$	20m	15.5m	9.45m
$a13=x13*x13*y13$	400	408	473
$a13$(平均)		427	
11 天	R2	R3	R4
$y11$	1.5mm	2.6mm	8.1mm
$x11$	20.314m	15.833m	9.933m
$a11=x11*x11*y11$	619	652	799
$a11$(平均)		690	

三 结 论

远洋基坑围护施工中，周围土体变形有较多的反映。有关方面投入巨大力量进行土体变形监测，从监测数据分析中可看到：

深搅施工的明显影响范围大约相当于钻入的长度，横断面最大隆起量又呈“三线段”形式（见图 3）。测点隆起曲线随时间呈三阶段变形（见图 4），变形明显阶段在深搅桩长

范围。在深搅长度范围内每天施工单独引起的测点距离的隆起量又与桩心到测点距离的平方成反比。今后在深搅与隆起的关系研究中尚需对不同地质深搅深度、桩径、施工速度等引起的隆起量做深入归纳，以使深搅与隆起关系理论更加完善。另外在隆起曲线的下降段，将伴随有因挖土而下陷，也需继续讨论。

参考文献

[1] 叶书麟：《地基处理与托换技术》，中国建筑工业出版社，1994。