# 软土地区深基坑围护结构经济设计的若干技术措施

张　煜　王晓涵
(绍兴建筑业管理局)

笔者于九十年代初率先在绍兴从事深基坑围护结构的设计和施工，后来又负责绍兴地区深基坑围护结构方案的审查工作。工程实践的经验和教训告诉我们，一个深基坑围护结构的设计人员应当有这样的基本思想：立足稳定保可靠，面对临时讲经济。稳定在围护结构的安全可靠性方面起着纲举目张的作用，稳定的问题解决了，整个围护结构的可靠性也有了基本的保证，也就是说，围护结构的可靠性设计的关键在于其稳定设计。在稳定的前提下，应当十分注意我们所要设计的围护结构的是临时结构，那么就不能不充分考虑它的经济性，倘若仍完全依据现行的技术规范象普通建筑那样进行设计，就将造成无谓的而且往往是价值较大的浪费。

从立足稳定保可靠，面对临时讲经济的思想出发，围护结构的基本设计原则应当是注重经验，周密布置，简化计算。围护结构的受力非常复杂，其计算模型与实际受力有很大的差异，因此围护结构的设计必须十分注重工程实践经验的积累，并注意分析围护结构的现场实际情况；围护结构的设计必须把重点放在方案的对比选择、构造措施的保障到位上来，因为方案和构造措施对围护结构的安全可靠和经济合理有着决定性的作用，应当指出的是周密布置的前提是经验的积累。而具体分析计算由于围护结构依照计算假定的精确计算并不意味着实际计算结果的准确，更由于计算对安全可靠和工程造价影响是很小而可以简化计算。迷信和依赖电脑软件而忽视经验积累和工程实际来设计围护结构是本末倒置的做法，电脑软件只能作为围护结构设计的“辅助”手段。

笔者在围护结构的设计和审查过程中，逐步有了上述的一些思想认识，并在工程实践中对软土地基深基坑围护结构在可靠的前提下进行经济合理的设计作了不少探索和尝试，积累了一些行之有效的设计技术措施，下面要讨论的技术措施主要是针对软土地基中钢筋混凝土桩的围护结构而言的。

## 一　优先采用支撑体系

作为围护结构的桩基一端均伸入地基土中作弹性嵌固。另一端或自由或用水平支撑简支(如图 1)

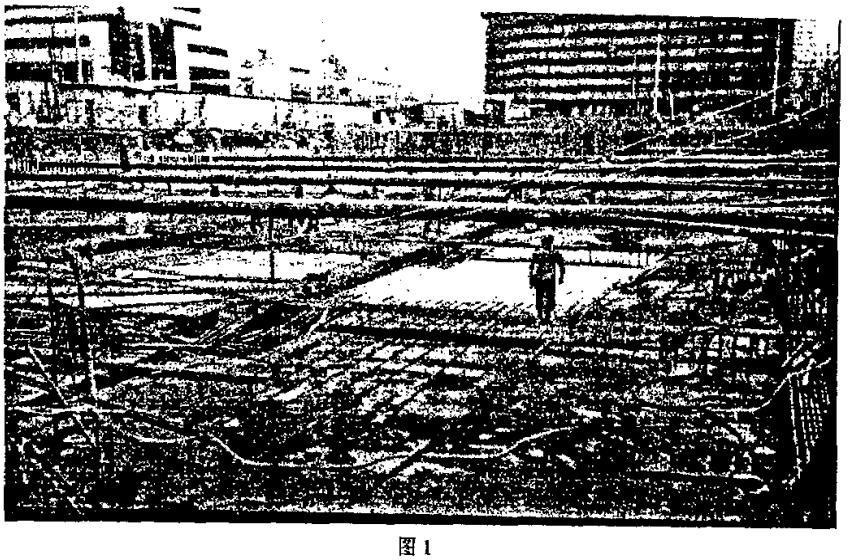


图 1

除非基坑非本文所讨论的深基坑，那么采用水平支撑体系的围护结构具有极大的优越性：这种体系比之于悬臂结构在可靠性上更易于得到保证，悬臂结构的失稳破坏具突发性，后果严重，且抢险加固难度很大，简支结构的失稳破坏必须在支撑失效后才可能发生，而支撑的破坏是渐变性，且加固也容易；悬臂结构可能因为局部的围护桩的失稳或强度破坏而导致整个围护结构的崩溃，简支结构即便局部的围护桩破坏，也不致影响整个围护结构正常工作。如前所述，围护结构的可靠性是前提，而稳定对于可靠性是第一位的，是最关键的，对于设计施工人员来说，采用简支结构，就意味着围护结构的可靠性有了基本的保障，有了这样的保障，我们采用其它的节约成本的技术措施才有了基础。

采用有支撑的围护结构对于降低围护结构造价的作用同样是十分显著的，在绍兴这样的软土地基中，围护桩伸入土体中的长度，对于悬臂系统通常需要二倍的挡土高度，对于简支系统仅等于挡土高度即可，也就是说，采用简支系统，围护桩长度可以减少三分之一，此外，简支系统比较于悬臂系统，对抗弯强度的要求由于弯矩的减少而降低，因此，桩的直径和配筋均可得到一定程度的减少。综合考虑增加支撑设置的费用，改悬臂系统为简支系统可节约造价 30%左右。

## 二　坦然面对地下水

不少的设计和审查人员十分关注围护结构的挡水问题，或在围护桩之间嵌入水泥搅拌桩，或在围护桩后密排水泥搅拌桩，其目的都是以此组成挡水帘幕，用以阻挡水的渗流和防止由此而造成的桩间土坍落。必须指出，这是一种想当然的做法，它在理论和实际上都是没有理由的，只会造成人为的浪费。因为象绍兴这样的软土地基，其粘性土的渗透系数小于 $10^{-8}$cm / s，而粘性土中只有当水头梯度大于起始梯度时才会发生渗流。软土地基尽管

有地下室存在，但对于浅基坑仍然是可以干作业的，对于深基坑，虽然基坑四周的底部一定范围内会出现渗流现象，但这样的渗水量是很小的，即不会引起常规布置的围护桩的桩间土坍落，也不需要用大容量的水泵向外排水。笔者设计的多个围护结构均未采用挡水措施，而是任其自流，在基坑安装若干普通的水泵间往外排水即可，即使是基坑深度达7.5M的，也不影响正常的施工作业。可以这么说，不设挡水帘幕不但可以节约造价，而且可以释放部分土压力，促使围护结构更趋稳定。

应当指出的是，地下水固然可以“任其自流”，而地表水应有组织排放，不然渗入桩后土体或流入基坑中都是不足取的。

## 三　因临时而临界

因为是临时结构，应当充分利用结构的极限承载力，进行临界设计，因为已经采用了简支结构，其可靠稳定便有了基本的保证，可以进行临界设计。

具体地来说，结构重要系数，可以取用0.9来设计，因为围护结构是重要的，但它必竟是临时的。对于钢筋混凝土桩只要满足强度要求，而不必控制裂缝的宽度，当桩的间距不是由桩的强度而是由桩的净间距控制时，可以把这个净间距增加到60cm。

原则地说，我们应该有这样一个概念，在稳定有保障的前提下允许临界设计的结构的个别构件乃至结构的局部出现少量的问题、如个别桩的断裂、部分桩间土的塌落等，发生这样的现象是不会危及稳定的，而且是不难处理的，但却可以大有利于降低工程成本。

## 四　利用土压力滞后效应

施加到围护结构的大压力随基坑土方的开挖而增加，但并不是在土方开挖至基底的即时就达到了计算值，而是存在一个滞后效应，也就是说，在土方开挖完工后经过一定的时间过程，桩后的主协土压力才会直到峰值。事实很能说明这样的现象，一些设计有问题的围护结构，土方开挖完还能正常起作用，但过了一段时间问题往往就暴露出来了，尽管其间没有什么外加的不利作用。

如何利用滞后效应的时差来作经济方面的考虑呢？基坑开挖、垫层施工采用分段流水作业的，在主动土压力完全施加前这样的一个“时差”内完成垫层的施工，同时对基坑四周50~100cm的垫层作加厚配筋处理，施工时使其与围护桩紧密接触，发挥垫层及垫层下块石的相对大的水平刚度作用，抵挡围护桩在基坑底面处的水平位移，使围护桩一端的支承状态界于弹性嵌固与简支之间。这样，可使围护结构的安全可靠程度超过设计的要求。反之，如果我们保持设计的安全可靠指标，那么，我们在设计时就可以适当加大桩的间距，减少桩的配筋，缩短桩的长度，笔者的经验是采取上述的措施后，可以简单地取主动大压力的80%来进行围护结构的计算。

分段快速施工垫层的益处还在于可避免基坑底表土体经雨淋水泡而性能弱化，导致实际挡土高度的增长。

## 五　其它技术措施

尽量放坡在基坑四周场地许可的情况下，适当放坡即桩顶标高底于地面标高 1~2m（如图 2）这样处理的直接经济效益是，围护桩的高度减少了 1~2m，此外，虽然对于抗倾覆的作用微不足道，但对于减少围护桩弯矩的作用是相当明显的。

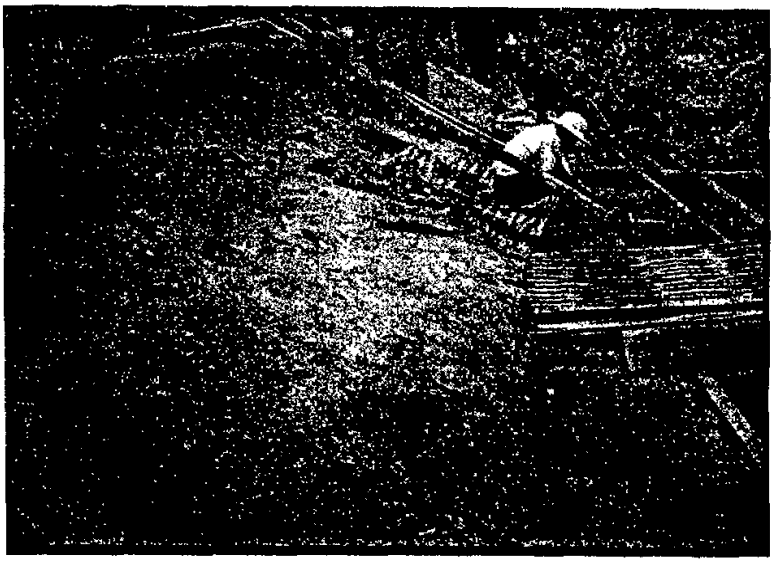


图 2

减少角桩转角上的围护桩所受土压力较小，因此转角上的桩可取消(图 3)，一个建筑物的基坑往往不是完全成矩形的，有不少的转角，取消角桩也是有一定经济价值的，况且这么些桩打下去完全是无谓的浪费。

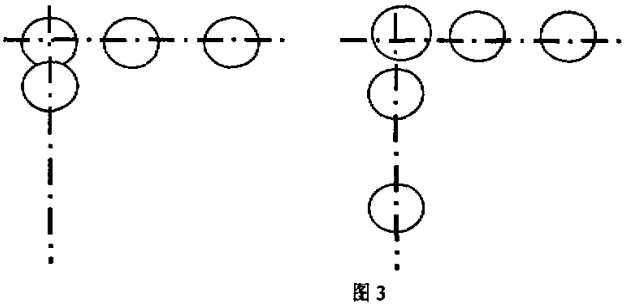


图 3

非对称配筋，围护桩一般呈圆形，习惯采用对称均匀配筋，而实际上受压钢筋不可能充分受力，笔者主张非对称配筋，这在施工上稍加注意便可控制，却可节约 30%左右的钢筋。

笔者综合运用上述方法，进行围护结构的设计和审查，取得了良好的社会经济效益。