基坑支护结构新技术——锚管桩

蔡昌斌

提　要　本文简单介绍地下室一种新型基坑支护结构——锚管桩，最近在浙江沿海软土地基中实践成功。它是利用管壁穿孔的钢管，在一定压力下向内注入掺有外加剂的水泥砂浆与纯水泥浆，迫使浆体从壁孔外渗至一定范围内的土体中，形成以钢管为核心(作为锚杆)外裹浆体的粗糙圆柱体，与土体间产生粘结摩阻力，从而使锚入土中的钢管拉住水平围楞(槽钢)与竖向排桩(槽钢)，以平衡基坑边壁土产生的主动侧压力，即用注浆锚管拉住槽钢排桩的一种新型支护方案。

一　前　言

地下室基坑支护采用锚管桩比其他支护桩有如下优点：

(1)安全可靠：锚管桩已在温州市内做过七幢高层建筑地下室基坑支护，其最大挖土深度 8.1m。用槽钢桩加锚管(锚管桩)作基坑支护其介面用槽钢桩，刚性介面整体性、稳定性好、强度大，比其它支护桩更安全可靠，又可以控制沉降与水平位移。

(2)确保工程质量：用槽钢桩作介面比喷锚网中的钢筋网砼作介面更容易目睹外形，可以量测其几何尺寸，此方案不需要喷射砼，也不需要养护时间，面临夏季大雨期也不存在砼介面剥落塌坍。用槽钢桩代替喷锚网中的钢丝网砼，槽钢可插入土中穿过滑动面，解决其抗隆起，其介面强度很大，整体稳定性很好，确保了工程质量。当挖土深度大于 6m 时，其基坑内外土体要用竖向锚管进行加固。

(3)施工方便：槽钢桩是用挖土机挖斗静压下去，槽钢围楞采用电焊，锚管用气压振管机振动入土，再向管内注入水泥砂浆，然后再在黑塑料管内注入水泥纯浆(作为二次注浆)，工艺不很复杂，容易掌握技术也容易监测。没有内支撑目视工地非常整洁，可以达到文明施工。不做内支撑挖土方便，挖土机与汽车行走方便，不存在轮压内支撑杆件而发生工程事故。过去用槽钢桩或砼灌注桩加内支撑，常有事故发生。

(4)加快施工进度：工程桩未施工完毕，就可以进入基坑支护桩施工，比钢筋砼灌注桩加内支撑加快二倍，比槽钢桩加内支撑加快一倍，比喷锚网也缩短工期。挖土完成，基坑支护也完成了。

(5)降低了工程造价：在同等条件下，采用锚管桩比钢筋砼灌注悬臂桩降低两倍，比喷锚网降低 15%～20%。

(6)解决场地狭窄与几何形状复杂的问题：锚管桩施工时适应性大，桩可垂直打入，很少占用场地位置，节约了挖土工作量。用了锚管桩后，周边土体强度变形也相应得到加固控制。

(7)可解决基坑渗水：当有地下水时槽钢可采用扣打，并在槽钢缝中喷射水泥砂浆，防止地下水渗入基坑。

在温州典型基坑深度影响范围内，主要土层分布如下：

(1)杂填土　厚度 1~2m

(2)粘　土　厚度 1~4m

(3)淤泥土　厚度 3~28m

地下水自然土面下去约 2.5m,夹带有砂砾层易渗水，淤泥渗透系数为 2×10^{-8}cm/s，淤泥土内摩擦角 $\Phi=5°\sim7°$，淤泥土粘聚力 c=12~15kPa。

二　施工流程与设备配置

1．施工流程

(1)根据槽钢桩外围线进行放样，采用槽钢立柱作定位架进行定位，准确掌握压槽钢桩的位置，用挖土机挖斗挖一条深 1.8m，宽约 2m 的基槽；

(2)用挖土机挖斗把一根槽钢吊起来，稳定后慢慢区下槽钢桩(型号为［25#)，压下后桩顶标高为自然土面下去 1.50m，桩要垂直压下去，水平方向目视排桩(槽钢)成一条直线；

(3)在桩的内侧用水平槽钢(型号［14#)即围楞把全部槽钢桩焊接串联起来，构成第一道腰带形水平围楞；

(4)确定锚管水平向孔位，即把锚管从二根［14#槽钢之间穿过，二根槽钢水平之间间距为 100，锚管从缝中穿过。

(5)把第一道锚管用液压振管机振入土中，并及时注浆(详见锚管的制作与设置)，注浆三天后予以挖土；

(6)沿基坑内侧挖第一皮，宽 6~7m，深约 2.8m(即在第一道围楞中心线下去 1m)，挖第一皮土时，挖土长度必须一段(段长约 15m)一段地挖土；

(7)焊第二道围楞，标高在挖土面下去 2.5m；

(8)设锚管、向管内注入水泥砂浆，当挖土深度≥6m 或毗邻房子很近时要作二次注浆(在黑塑料管内注入水泥纯浆)；

(9)继续分层(约 1m)分段(段长约 10m)挖土，越到下面段长越小；

(10)挖土到承台顶面时，设法采用间隔一个承台挖土，应改为人工挖土；

(11)一个承台挖好后，抓紧布管注浆。做完砖胎膜和垫层后，才可挖旁边的土。

2.施工设备配置

施工设备配置要求如表 1。

表1 施工设备配置

序 号	设备名称	型号规格	单位	数量	用 途
1	注浆泵	UBJ0.5～1.5kPa	台	1	管中注水泥砂浆、水泥浆
2	砂浆搅拌机	UJS25	台	1	搅拌砂浆
3	空气压缩机	V－6/7－1	套	1	振压锚管
4	切割机	J3G3－400	台	1	切割钢材
5	交流弧焊机	BX9-500	台	2	电焊钢材
6	台钻	Z516－1A	台	1	钢管壁钻孔
7	潜水泵	QY－25	台	1	抽基坑水
8	位移收敛计或测斜仪		台	1	测量坑壁位移
9	经纬仪	J2	台	1	放线、测角
10	水平仪	S3	台	1	测水平位移及过程
11	气压振管机		台	1	振压锚管于土中
12	高压水管	Φ25、Φ80	米	100	送浆、送砼
13	动力电缆		米	100	送电
14	配电箱		只	3	配电
15	张拉千斤顶	120C 型	只	1	作抗拔试验
16	卷扬拔桩机		台	1	拉拔槽钢桩
17	其他		台	若干	

三 锚管制作与设置

1. 锚管的制作

(1)锚管采用 *DN* 48×3 焊接钢管；

(2)根据锚管设计长度进行断料；连接时除了对焊连接外，还要用 3 ϕ14，e=100 在邦焊；

(3)在锚管外壁上钻二排梅花形 Φ6～Φ8 孔，在同一直线外壁上间距为 450～500，以利浆液外挤成 Φ150～Φ180 粗糙园柱形浆体；

(4)在每一个壁孔附近焊一只∠30×30×30，L=50 倒钩作为定位架，以增加拉拔力；

(5)头部焊 Φ89mm，e=200mm 锥头一只，以利进土，以便喷浆并使其形成蘑菇形扩大头；

2. 锚管设置

(1)锚管施工前，根据槽钢桩外围线与第一道围楞标高定出管位，并作出标记和编号。

(2)注浆过程中要做好锚管记录，按锚管编号逐一记录压管时测其土体特性、注浆数量(第一皮锚管约 20kg/m，以下几皮约 15kg/m)与质量、事故处理等，并和设计图加以比较，若发现有较大偏差时，要及时反馈修改锚管的设计参数。

(3)采用液压振管机振入土中，其后应及时注浆。

(4)锚管振入土体内后，用 *DN* 20 镀锌管扦入锚管内，压力注水，冲洗泥浆后再进行

一次注浆。

(5)采用低压(0.5~0.7MPa)方法注浆裹管，使水泥砂浆通过钢管壁孔，向管壁外挤压出水泥砂浆成 Φ150 园柱形砂浆体。一次压力注浆时应在钢管口部放入 1m 长 Φ25 塑料管，水泥砂浆从塑料管内注浆，注满后保持压力 3 分钟。压力注浆以满管孔为止。

(6)为提高锚管抗拔能力要采用二次挤压注浆方法，即在首次注入水泥砂浆终凝(时间 2 小时)前用纱布包住管口，再用高压(1.2～1.5MPa)在管外附入 Φ20 开孔塑料管内作二次注入水泥纯浆，注满后保持压力 5 分钟。此操作方法为：第二排锚管以下在初凝前需作二次注入水泥纯浆，把 Φ20 塑料放到管底，边注浆边晃动塑料管，浆注满后，防止水泥浆在管口部外溢，可及时堵住此浆。

(7)向管内注浆数量：第一皮为 20kg / m，第二皮以下为 15kg / m。

(8)当注浆用水泥砂浆时，其水灰比不宜超过 0.4，若超过时应加三乙醇胺促凝剂，促使早凝和控制泌水。施工时当浆体工作度(坍落度)不能满足时，可外加 EA－2 高效减水剂，不可加水。

(9)砂浆强度用 70mm 立方试块进行测定，共做三组，每组三块试件，给出三天、二十八天龄期强度。

(10)锚管端部通过 2 根槽钢([14#)水平围楞与连接件把锚管端部焊牢。

四　锚管现场测试工作

(1)锚管桩支护施工要进行现场抗拔试验。要在非锚管上进行抗拔试验直至破坏，用来确定极限荷载，并据此估计锚管的界面(管外砂浆园柱体与粘土之间)极限粘结强度。

(2)试验锚管一组三根，长度 6m (不含非粘结段)，测试结果如表 2～4，试验锚管与工作锚管采用相同的施工工艺进行一次制作，其管径、注浆材料参数以及施工方法等应与工作锚管完全相同。抗拔测试结果见表 2 所示。

(3)锚管的现场抗拔试验宜用穿孔液压千斤顶加载，锚管、千斤顶、测力杆三者应在同一轴线上，否则容易拉断，测试不准。

(4)测试管进行抗拔试验时的注浆体抗压强度不低于 6MPa。根据试验得出的极限荷载，可算出界面粘结强度的实测值，这一试验平均值应大于设计计算所用标准值的 1.25 倍，否则应进行反馈修改设计。

(5)极限荷载下的总位移必须大于测试管非粘结长度段锚管弹性伸长理论计算值 80%，否则这一测试数据无效。

(6)上述试验也可不进行到破坏，但此时所加的最大试验荷载值应使锚管界面粘结应力的计算值(按粘结应力沿粘结长度均匀分布算出)超出设计计算所用标准值。

表 2　锚管现场抗拔测试资料(未破坏)

	试件 1 *DN*38×2.5mm，长 6m						
加	加荷值(MPa)	1	4	5	8	10	12
	初延伸值(mm)	9	11	16	19	26	38
荷	5 分钟后延伸值(mm)	9	11	16	19	26	39
卸	卸荷值(MPa)	12	11	10	8	4	0
荷	回缩值(mm)	39	38	36	35	32	20
	试件 2*DN*48×3mm，长 6m						
加	加荷值(MPa)	1	3	6	10	12	17
	初延伸值(mm)	8	11	13	16	17	24
荷	5 分钟后延伸值(mm)	8	12	13	16	17	30
卸	卸荷值(MPa)	17	15	12	10	5	0
荷	回缩值(mm)	30	29	28	27	26	22
	试件 3*DN*48×3mm，长 6m						
加	加荷值(MPa)	1	4	5	8	12	15
	初延伸值(mm)	8	11	13	16	20	28
荷	5 分钟后延伸值(mm)	8	11	13	14	20	33
卸	卸荷值(MPa)	15	12	10	8	4	0
荷	回缩值(mm)	33	32	31	30	29	25

五　应急措施

(1)在基坑边沿安设 4～8 只测斜管，布点在每边中点处、转角处，埋设后经常观测土体变形情况，其观测结果及时把信息反馈给设计人员，以便拟定应急措施；

(2)若发现开挖土方后，坡顶位移过大(≥1%)并不收敛，应立即用挖土机挖斗将土向基坑边沿回填反压或用砂包反压，待稳定后再采取加固措施；

(3)加密加长锚管及时注浆，并要在水泥砂浆中加 4‰～5‰三乙醇胺促凝剂；

(4)准备部分钢管在基坑转角部位加钢管内支撑或加槽钢、钢管斜撑；

(5)在基坑边缘趾部或临时加深的承台要打一排竖向槽钢桩或二排注浆锚管，提高坑壁整体稳定性，减少地下室基坑底部土体的隆起。另外施工时每天要听取天气预报，排除天然灾害，与恶劣环境作斗争。