



International Metro Transit
Exhibition & Forum
Beijing

北京国际城市轨道交通展览会
暨高峰论坛(2019)

预制桩在地铁车辆场段中的应用

北京建华建材技术研究院

毛由田



目录

■ 预制桩性能的研究与发展

■ 预制桩产品及应用

■ 预制桩的连接技术

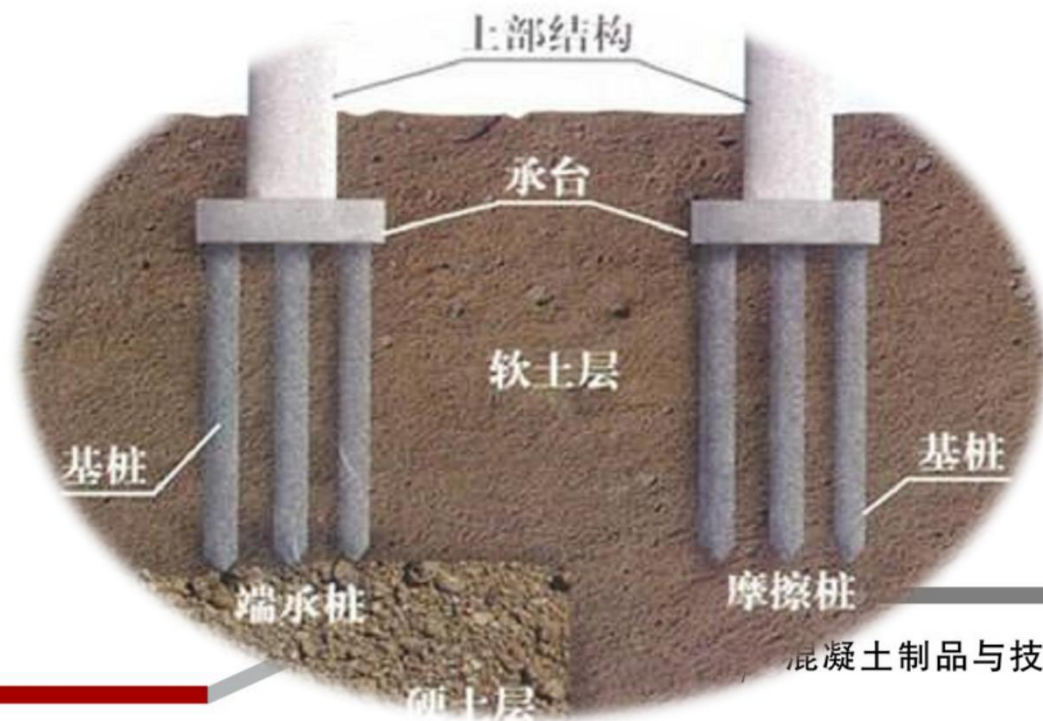
■ 预制桩工法介绍

一、引言



作为城市轨道交通建设节能减排和绿色低碳发展的需要，**预制装配式**技术不仅是建造方式的重大变革，同时也是转型升级的重要举措。

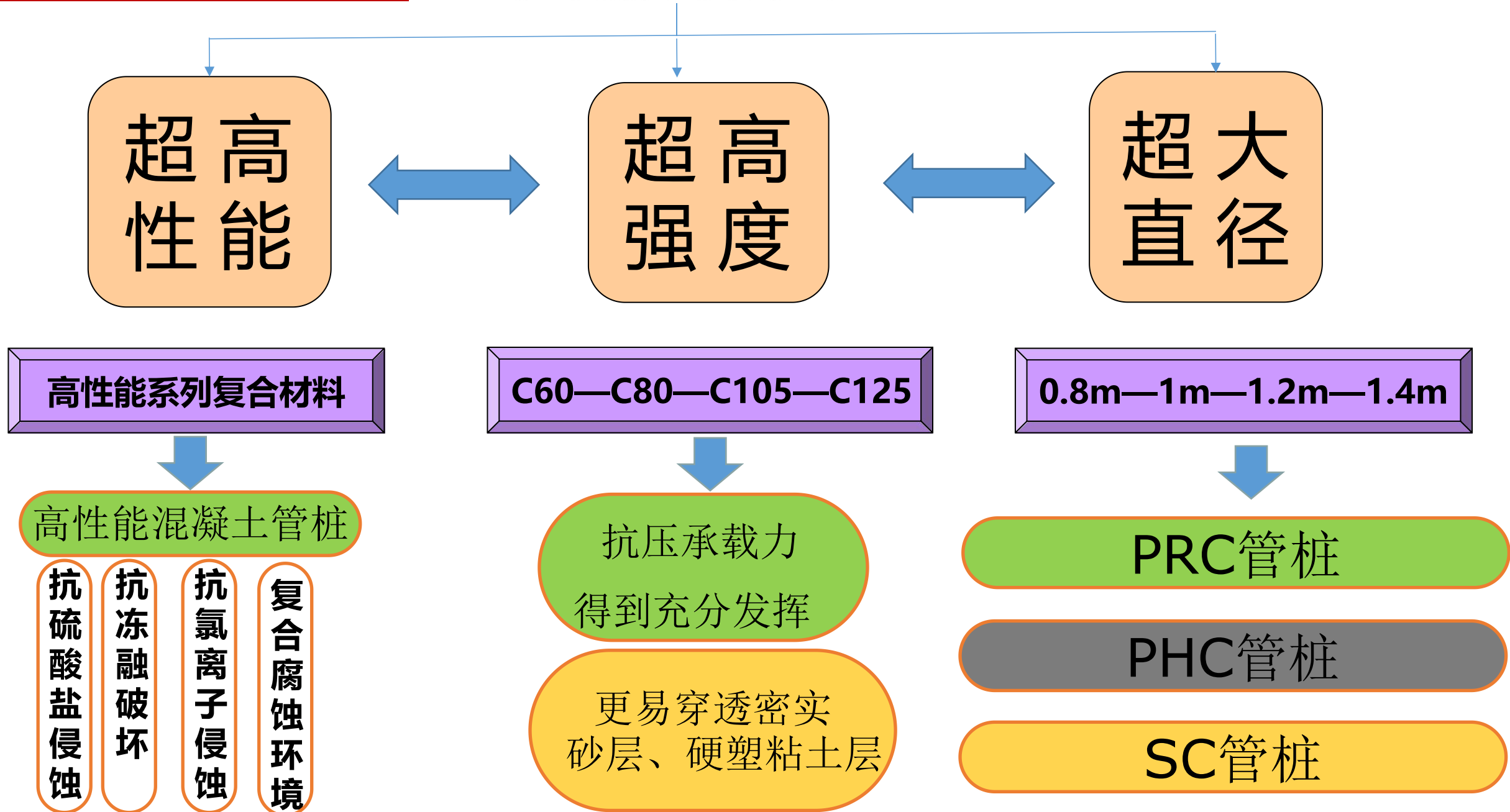
预制桩由工厂化制造，质量更易保证；采用空心薄壁结构，用料省；施工过程中不产生泥浆，方便、快捷，高效。符合国家节能减排、低碳环保的政策。



预制桩近些年发展突破的几个要点：

序号	概括	详细内容
1	生产制造工艺不断改进	1、从传统的手工作业生产转变为 机械化、自动化 的生产，提高生产效率。 2、 免压蒸技术 保证了预制桩的强度，降低了能源消耗。 3、 新型等强连接技术 ：桩与基础的半刚接连接技术、桩与桩快速接桩技术等。
2	桩类新产品多样化满足工程需要	混合配筋管桩PRC；钢管混凝土管桩SC；超高强度管桩UHC；高性能管桩（防腐桩）；高延性管桩；预应力高强空心方桩PHS；预应力实心方桩YRS等。
3	性能强度耐久性提升	通过提高混凝土 强度等级 、提高桩的 耐久性 、提高桩的 延性 等，使预制桩的适用性得到加强。
4	施工工法	1、研发新的施工工法，解决传统施工工法的挤土、震动大、穿透性差等缺点。 2、常用的施工工法有锤击工法、静压工法、 中掘工法 、 植中工法 和 复合桩工法 等。
5	适用领域得到扩大	传统预制桩主要用于竖向承压桩基础，研发各种新型的预制桩，用于 软基处理 、 桥梁工程 、 高桩码头工程 、 抗拔工程 、 基坑工程 、 边坡支挡工程 等新领域。
6	理论问题得到深入研究	预制桩水平承载力估算与参数；复合桩的承载力计算理论；桩身强度控制设计理论；抗震设计与支护设计理论。

产品技术路线

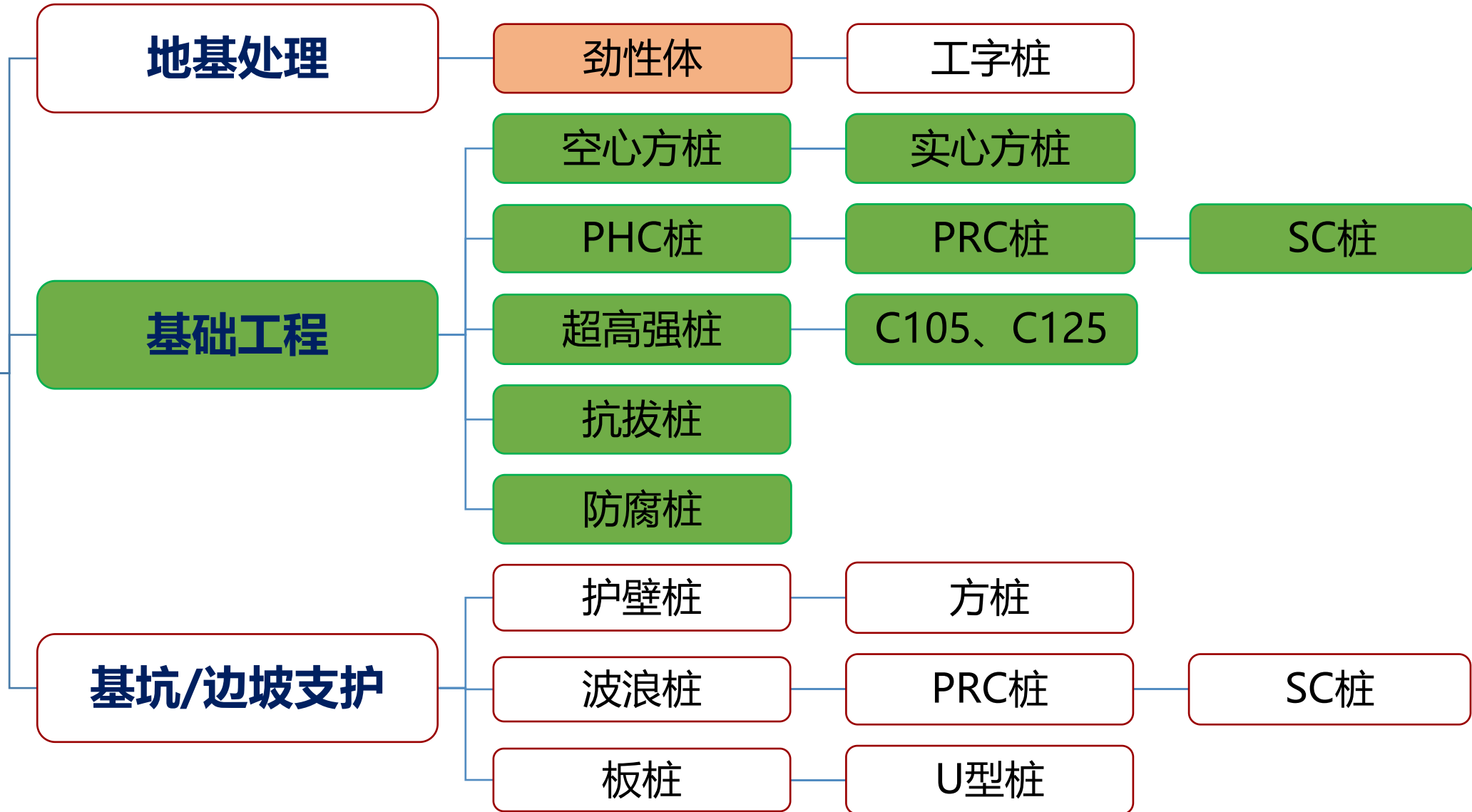


二、预制桩产品及应用

预制桩产品及应用



预制桩



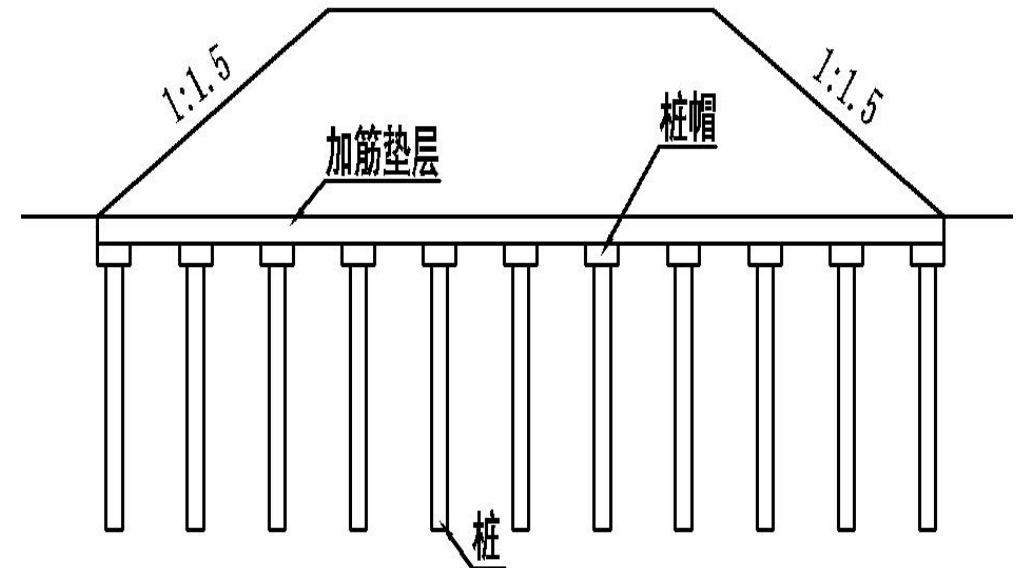
适用于地铁场段地基、道路工程路基及机场道面路基等地基、路基处理工程。



综合造价低于管桩且与CFG相当、完全可替代

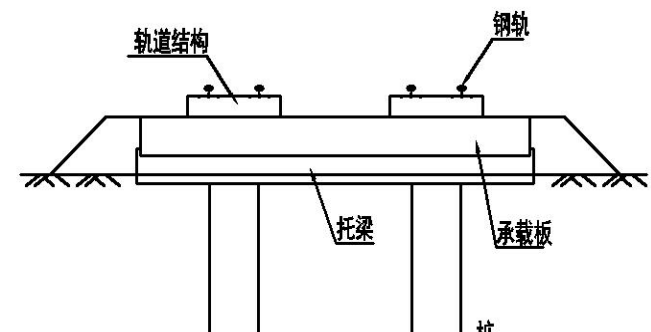
CFG用于刚性桩复合地基处理中。有以下特点：

- 1、桩身有预应力，有一定的抗水平能力
- 2、工厂预制，规格齐全，质量可控
- 3、桩身混凝土强度高
- 4、抗裂性能强
- 5、运输吊桩方便、工期大大缩短、施工环保。

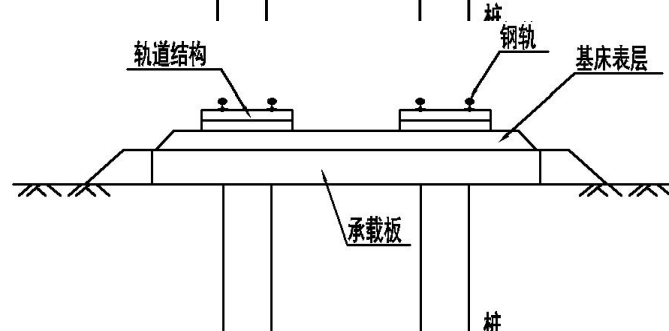


预制桩产品及应用 桩板结构

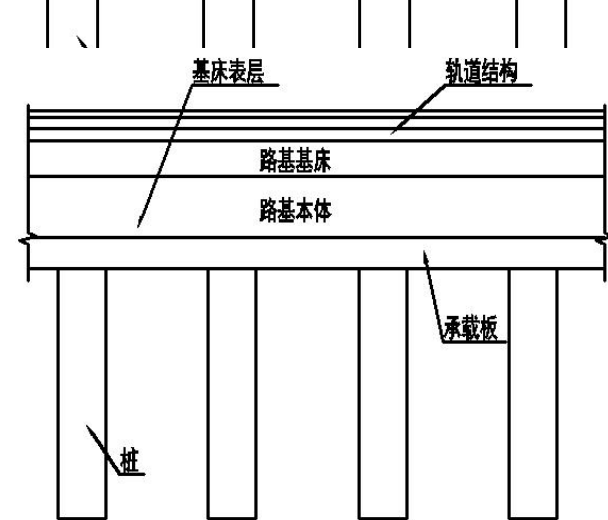
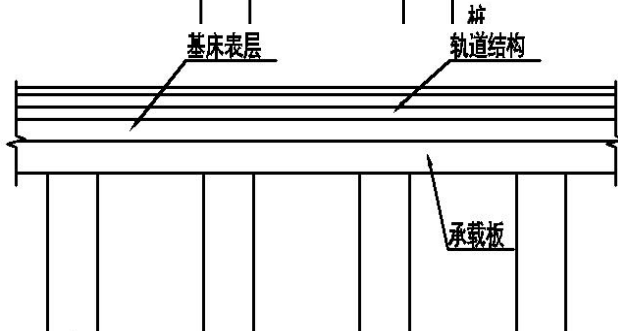
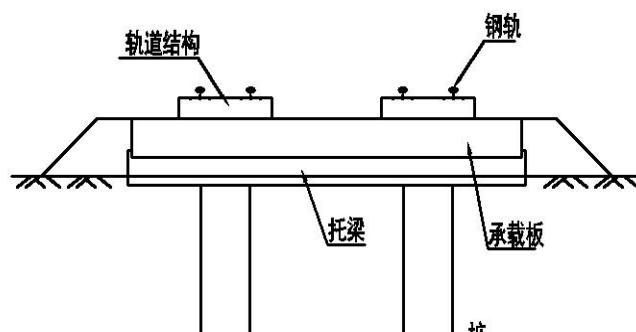
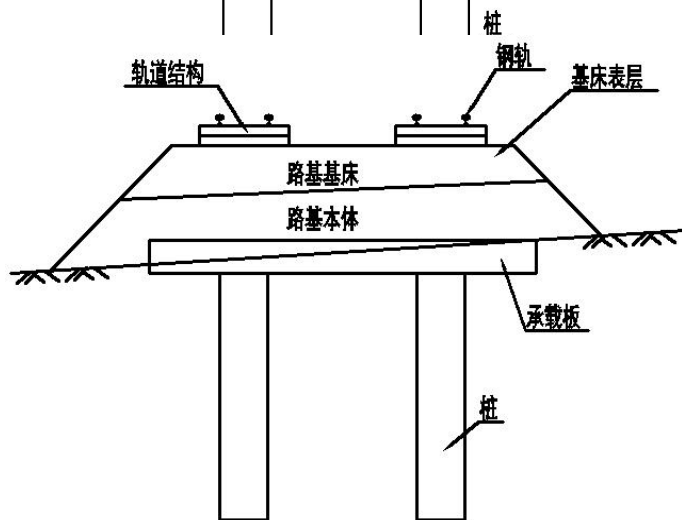
非埋式



浅埋式



深埋式



桩板结构路基由下部的预制桩基和上部的钢筋混凝土承载板组成，承载板直接与轨道结构连接。综合板式无砟轨道或双块式轨枕埋入式无砟轨道结构与桩基础各自的特点，充分利用桩土、板土之间的共同作用，以满足对无砟轨道强度和沉降变形的要求。

特点：

- (1) 结构简单、受力明确；
- (2) 具有较高的纵向、横向和竖向刚度，纵横向稳定性好；
- (3) 施工简单，缩短工期；
- (4) 与桥梁方案相比，工程造价低；
- (5) 单桩承载力高、无泥浆排放、施工现场干洁不受天气影响。

PHC管桩在工程应用中的担心：

- 1、认为管桩截面积小、抗剪能力差；
- 2、管桩的脆性；
- 3、管桩接桩质量不易控制，接头处是薄弱环节。

同外径管桩和灌注桩的性能比较-计算说明

- 1.管桩混凝土强度等级为C80；预应力钢筋抗拉强度设计值 $f_{py}=1000\text{N/mm}^2$ ，管桩直径 $D\geq 500$ ，螺旋箍筋采用 Φ^b5 ；
- 2.桩身轴心受压承载力设计值未考虑压屈影响；
- 3.桩身、截桩部位、填芯部位受剪承载力计算的按箍筋非加密区计算，箍筋间距 $S=80\text{mm}$ ；
- 4.等直径实心圆截面受剪承载力设计值按《混凝土结构设计规范》(GB50010) 计算， $\lambda=3$ ；箍筋采用采用 $\phi 8$ ；箍筋间距 $S=200\text{mm}$ ，混凝土取C30；
- 5.桩身轴心受压承载力特征值按设计值除以1.35计算；
- 6.桩锚入承台长度按50mm计算；
- 7.等直径实心圆截面桩身受弯承载力设计值按全截面配筋率均匀配筋计算，钢筋抗拉强度设计值 $f_y=360\text{N/mm}^2$ ，混凝土取C30。

UDC

中华人民共和国行业标准 JGJ

P

JGJ/T406-2017

备案号 J 2397-2017

预应力混凝土管桩技术标准
Technical standard for prestressed concrete pipe pile

2017-08-23 发布

2018-02-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

同外径管桩和灌注桩的性能比较-计算说明

- 1.管桩混凝土强度等级为C80；预应力钢筋抗拉强度设计值 $f_{py}=1000\text{N/mm}^2$ ，管桩直径 $D\geq 500$ ，螺旋箍筋采用 Φ^b5 ；
- 2.桩身轴心受压承载力设计值未考虑压屈影响；
- 3.桩身、截桩部位、填芯部位受剪承载力计算的按箍筋非加密区计算，箍筋间距 $S=80\text{mm}$ ；
- 4.等直径实心圆截面受剪承载力设计值按《混凝土结构设计规范》(GB50010) 计算， $\lambda=3$ ；箍筋采用采用 $\phi 8$ ；箍筋间距 $S=200\text{mm}$ ，混凝土取C30；
- 5.桩身轴心受压承载力特征值按设计值除以1.35计算；
- 6.桩锚入承台长度按50mm计算；
- 7.等直径实心圆截面桩身受弯承载力设计值按全截面配筋率均匀配筋计算，钢筋抗拉强度设计值 $f_y=360\text{N/mm}^2$ ，混凝土取C30。

UDC

中华人民共和国行业标准 JGJ

P

JGJ/T406-2017

备案号 J 2397-2017

预应力混凝土管桩技术标准
Technical standard for prestressed concrete pipe pile

2017-08-23 发布

2018-02-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

工程建设行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406

PHC桩桩身配筋和力学性能表 (1)

表 A.0.5-3 PHC 管桩桩身力学性能表

规格 (代号-外径- 壁厚)	型号	抗弯性能						等直径实心 圆截面受剪 承载力设计 值 [kN] $N=0$	等直径实心 圆截面受剪 承载力设计 值 [kN] $N=0.3FA$	等直径实心圆 截面受弯承载 力设计值 [kN·m] ($\rho=1\%$)	等直径实心圆 截面受弯承载 力设计值 [kN·m] ($\rho=1.5\%$)	
		按标准组合 计算的抗弯 剪力 \leq (kN)	桩身斜受剪 承载力设计 值 \leq (kN)	桩身斜受剪 承载力极限 值 \leq (kN)	截锥部位斜 截面受剪承 载力设计值 \leq (kN)	截锥部位斜 截面受剪承 载力极限值 \leq (kN)	填芯部位斜 截面受剪承 载力设计值 \leq (kN)					填芯部位斜 截面受剪承 载力极限值 \leq (kN)
PHC 100(95)	AB	151	179	250	122	171	141	197	128	166	65.8	93.6
PHC 100(95)	B	160	197	276	126	177	145	204				
PHC 100(95)	C	168	212	297	131	183	150	210				
PHC 150(95)	A	168	187	261	137	192	166	232	154	202	95.1	135.5
PHC 150(95)	AB	175	203	285	139	194	168	235				
PHC 150(95)	B	187	227	318	145	203	174	243				
PHC 150(95)	C	195	241	338	149	209	178	249				
PHC 500(100)	A	202	251	351	186	260	224	314	182	241	132.1	188.6
PHC 500(100)	AB	212	272	380	188	264	227	318				
PHC 500(100)	B	224	295	413	191	268	230	322				
PHC 500(100)	C	232	308	432	195	272	233	326				
PHC 550(110)	A	242	289	404	215	302	262	367	213	284	177.7	254.0
PHC 550(110)	AB	253	313	438	218	306	265	371				
PHC 550(110)	B	266	340	476	221	310	268	375				
PHC 550(110)	C	278	361	505	227	317	273	383				
PHC 500(125)	A	235	283	396	209	292	235	330	182	241	132.1	188.6
PHC 500(125)	AB	246	308	431	211	296	238	334				
PHC 500(125)	B	259	335	469	215	301	242	338				
PHC 500(125)	C	271	356	498	220	308	247	346				
PHC 550(125)	A	267	317	444	232	325	271	379	213	284	177.7	254.0
PHC 550(125)	AB	280	345	483	236	330	274	384				
PHC 550(125)	B	296	376	527	239	335	278	389				
PHC 550(125)	C	307	397	555	245	342	283	397				
PHC 600(110)	A	271	321	450	238	333	300	420	245	330	232.7	332.9
PHC 600(110)	AB	283	349	488	241	338	303	424				
PHC 600(110)	B	299	380	531	245	343	307	429				
PHC 600(110)	C	310	400	559	250	350	312	437				
PHC 600(130)	A	307	358	501	262	366	311	436	245	330	232.7	332.9
PHC 600(130)	AB	322	390	546	265	371	315	441				
PHC 600(130)	B	340	426	596	270	377	319	447				
PHC 600(130)	C	354	452	633	276	387	326	456				

工程建设行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406

PHC桩桩身配筋和力学性能表（2）

规格 (代号-外径-壁厚)	型号	抗剪性能						等直径实心圆截面受剪承载力设计值 [V] (kN) $A=0$	等直径实心圆截面受剪承载力设计值 [V] (kN) $A=0.3f_cA$	等直径实心圆截面受弯承载力设计值 [M] (kN·m) ($\rho=1\%$)	等直径实心圆截面受弯承载力设计值 [M] (kN·m) ($\rho=1.5\%$)	
		按标准组合计算的抗裂剪力 \leq (kN)	桩身斜受剪承载力设计值 \leq (kN)	桩身斜受剪承载力极限值 \leq (kN)	截桩部位斜截面受剪承载力设计值 \leq (kN)	截桩部位斜截面受剪承载力极限值 \leq (kN)	填芯部位斜截面受剪承载力设计值 \leq (kN)					填芯部位斜截面受剪承载力极限值 \leq (kN)
PHC700(110)	A	326	424	593	321	449	420	588	317	433	374.7	537.2
PHC700(110)	AB	342	458	641	333	466	432	605				
PHC700(110)	B	362	496	695	338	474	437	612				
PHC700(110)	C	386	538	753	344	482	443	620				
PHC700(130)	A	370	462	647	348	487	431	603				
PHC700(130)	AB	387	501	701	361	506	444	622				
PHC700(130)	B	409	544	761	367	514	450	630				
PHC700(130)	C	436	591	827	374	523	457	639				
PHC800(110)	A	384	497	696	372	520	516	723	398	549	565.7	812.2
PHC800(110)	AB	402	535	749	376	526	520	728				
PHC800(110)	B	428	583	817	393	551	538	753				
PHC800(110)	C	458	633	886	401	561	545	763				
PHC800(130)	A	437	541	757	403	564	528	740				
PHC800(130)	AB	457	583	816	407	570	533	746				
PHC800(130)	B	485	638	893	426	597	551	772				
PHC800(130)	C	517	694	971	434	608	560	783				
PHC1000(130)	A	574	704	986	522	731	757	1060	585	821	1122.1	1614.4
PHC1000(130)	AB	602	763	1068	529	741	764	1070				
PHC1000(130)	B	638	829	1160	537	752	772	1081				
PHC1000(130)	C	664	1030	1441	699	978	934	1307				
PHC1200(150)	A	794	929	1301	677	947	1024	1434	808	1148	1958.9	2822.1
PHC1200(150)	AB	830	1006	1408	685	958	1032	1445				
PHC1200(150)	B	890	1117	1564	710	994	1058	1481				
PHC1200(150)	C	927	1367	1914	905	1267	1252	1753	933	1331	2500.3	3603.9
PHC1300(150)	A	871	1110	1554	824	1154	1253	1754				
PHC1300(150)	AB	917	1205	1687	853	1194	1282	1795				
PHC1300(150)	B	970	1412	1977	974	1363	1403	1964				
PHC1300(150)	C	1010	1481	2074	982	1375	1411	1976	1066	1528	3133.2	4518.1
PHC1400(150)	A	942	1191	1667	889	1245	1409	1972				
PHC1400(150)	AB	990	1292	1808	920	1287	1439	2014				
PHC1400(150)	B	1046	1514	2120	1049	1469	1568	2195				
PHC1400(150)	C	1088	1588	2223	1058	1481	1577	2208				

续表

依据《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008），可按下式**估算**管桩身配筋率**不小于0.65%**的单桩水平承载力特征值：

$$R_{ha} = 0.75 \frac{\alpha^3 EI}{V_x} \chi_{0a}$$

依据上式，在同一地质条件下，桩顶位移相等前提下，**对比分析桩径相同的管桩（AB型）和实心灌注桩单桩水平承载力估算值。**

式中： $EI=0.85E_0I_0$ ； E_0 :混凝土弹性模量； I_0 :桩身换算截面惯性矩； χ_{0a} :桩顶允许位移； V_x :桩顶水平位移系数； α : 水平变形系数。

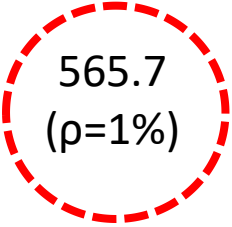
800管桩(C80)和灌注桩(C30)的抗剪性能比较

外径D 壁厚t (mm)	型号	桩身受剪承载力设计值 R_v (kN)	填芯部位斜截面受剪承载力设计值 R_v (kN)	等直径实心圆截面受剪承载力设计值[V] (kN) N=0
800 110	A	497	516	398
	AB	535	520	
	B	583	538	
	C	633	545	
800 130	A	541	528	
	AB	583	533	
	B	638	551	
	C	694	560	

管桩的抗剪承载力均大于相同直径灌注桩的抗剪承载力

管桩的工程应用中的疑问

800管桩(C80)和灌注桩(C30)的抗弯性能比较

外径D 壁厚t (mm)	型号	桩身开裂弯矩 M_{cr} (kN.m)	桩身设计弯矩M (kN.m)	等直径实心圆截面桩受弯 承载力设计值[M] (kN.m)
800 110	A	402	431	 565.7 ($\rho=1\%$) 812.2 ($\rho=1.5\%$)
	AB	469	575	
	B	568	772	
	C	585	976	
800 130	A	427	450	
	AB	496	604	
	B	599	818	
	C	721	1042	

各种直径A型管桩的弯矩设计值均小于相同直径灌注桩的抗弯承载力设计值，AB、B、C型的管桩的弯矩设计值均大于相同直径灌注桩（配筋率1%）的抗弯承载力设计值。

管桩(C80)和灌注桩(C30)的水平承载力

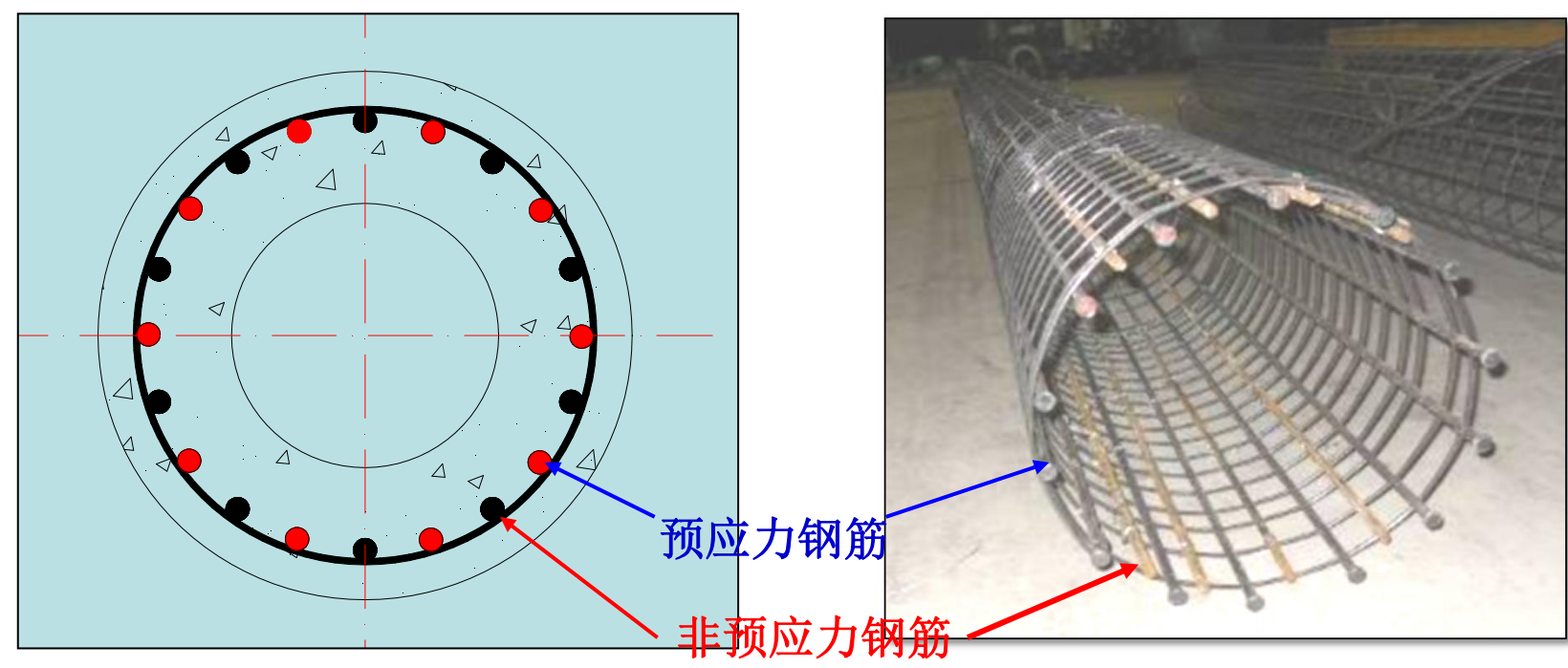
PHC管桩(AB型)和灌注桩桩基水平承载力估算值对比

管桩	实心灌注桩 (C30)	截面积比 管桩/灌注桩	水平承载力比 管桩/灌注桩
PHC400 (95)	Φ400	0.72	1.06
PHC500 (100)	Φ500	0.64	1.04
PHC500 (125)		0.75	1.07
PHC600 (110)	Φ600	0.60	1.02
PHC600 (130)		0.68	1.05
PHC700 (110)	Φ700	0.53	0.99
PHC700 (130)		0.60	1.03
PHC800 (110)	Φ800	0.47	0.97
PHC800 (130)		0.54	1.00
PHC1000 (130)	Φ1000	0.45	0.95

- 管桩和灌注桩的桩顶水平位移容许值、桩侧土水平抗力系数的比例系数m取值均相同；
- 为简化计算，忽略钢筋对桩身抗弯刚度EI的影响，不进行等刚度换算。

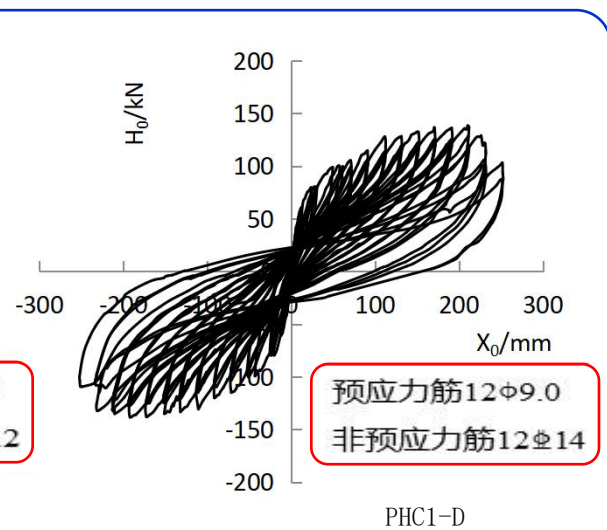
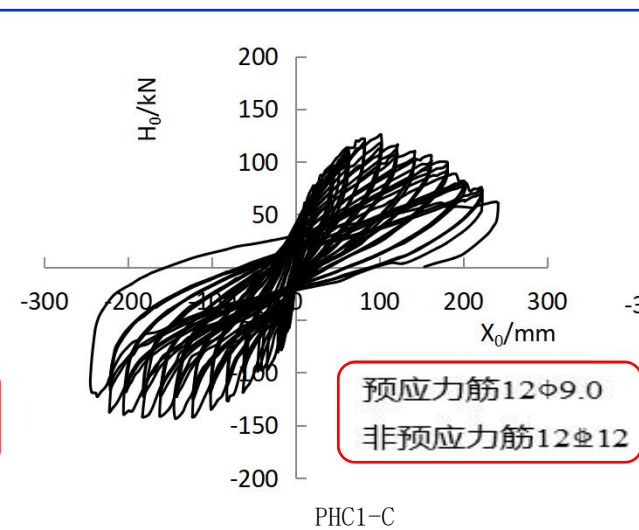
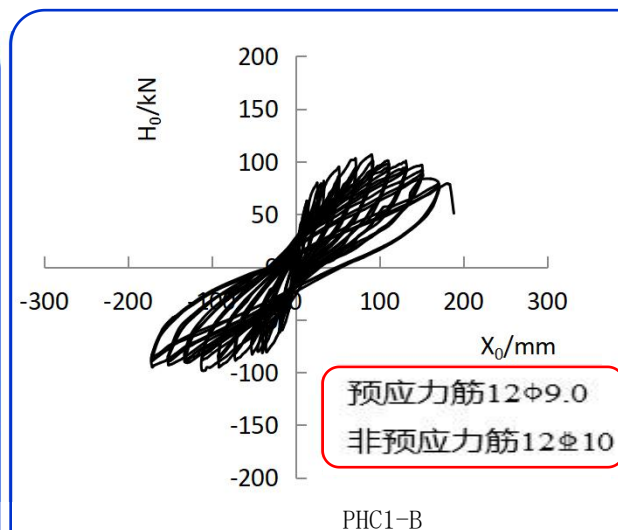
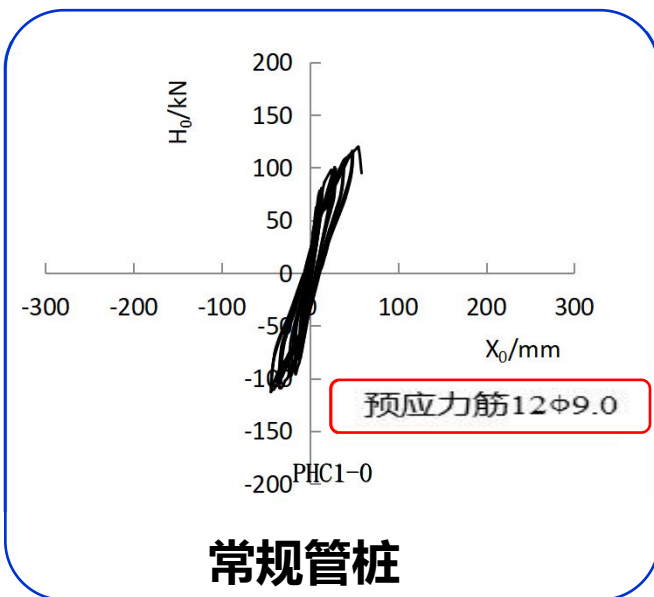
预制桩的应用技术 预应力混合配筋管桩 (PRC桩)

通过合理组合配筋方式与调整混凝土配方而生产形成的一种新型预应力混凝土桩，使桩身的延性和水平承载力得到较大幅度的提高。可广泛应用基坑、边坡处理、水利护岸、8度以上地震区等需要着重考虑抗弯抗剪性能的项目中。



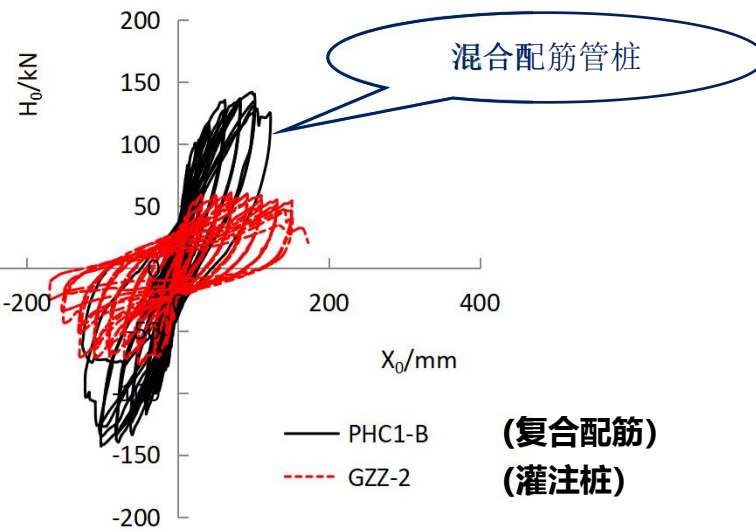
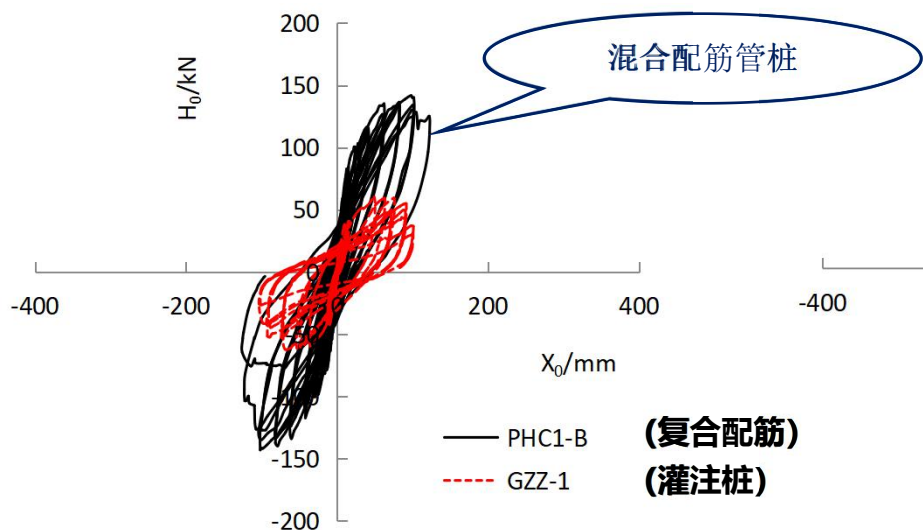
预制桩的应用技术 预应力混合配筋管桩 (PRC桩)

- **常规管桩：**滞回曲线不饱满，“捏缩效应”较为严重，发生脆性破坏。
- **混合配筋桩：**随着非预应力筋配筋率的增加，滞回曲线趋于饱满，“捏缩效应”得到了改善，显著提高了管桩耗能特性。破坏方式为延性破坏。桩身位移延性系数2.6-3.9，平均值为**3.25**
 - 预应力筋配筋率为0.42%~0.86%，非预应力筋配筋率为0.48%~1.47%。
 - 非预应力筋与预应力筋面积比0.56~3.16，总强度比为0.15~0.85。

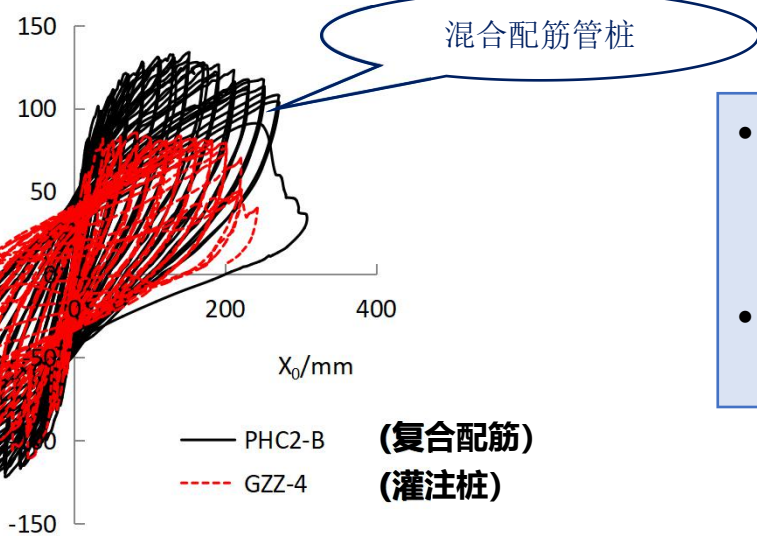
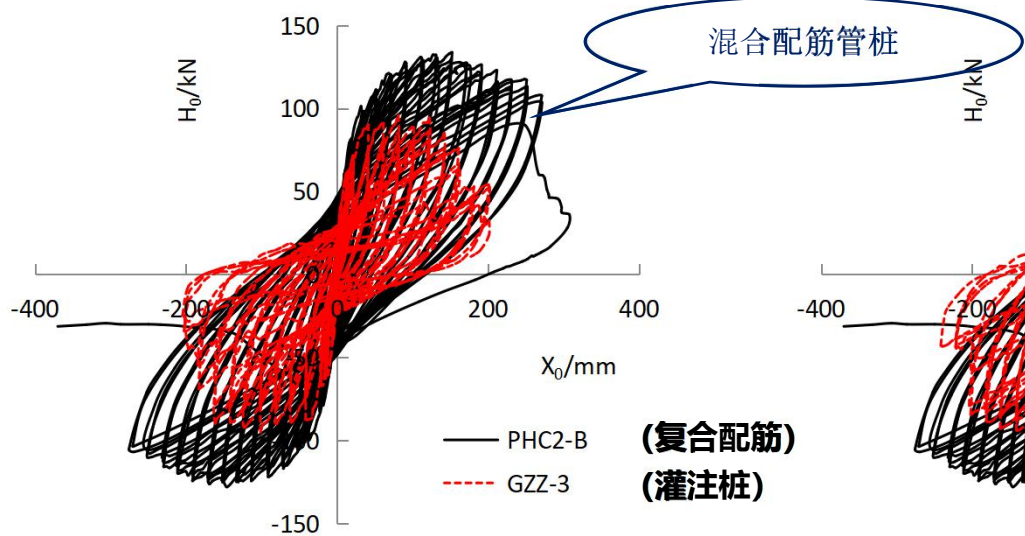


桩顶水平荷载-位移滞回曲线(郑刚等2017)

预制桩-PRC管桩



- PRC- II 型水平承载力为灌注桩 1、2 的 250%。
- 极限位移略小于灌注桩。



- PRC- I 型水平承载力为灌注桩 3、4 的 125%。
- 极限位移与灌注桩相当。



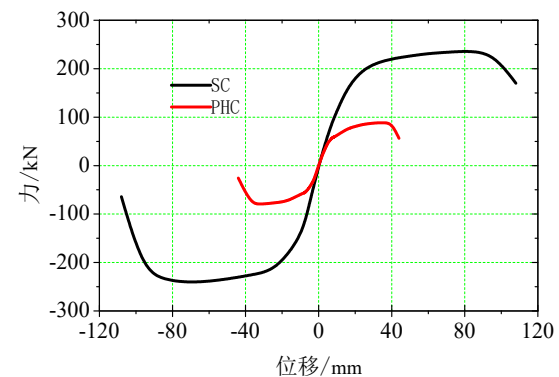
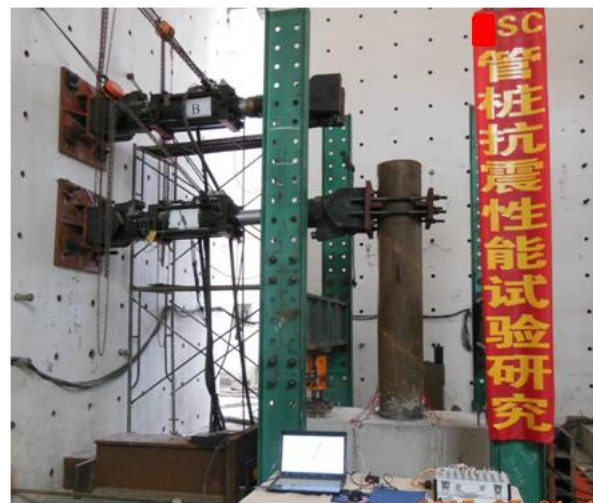
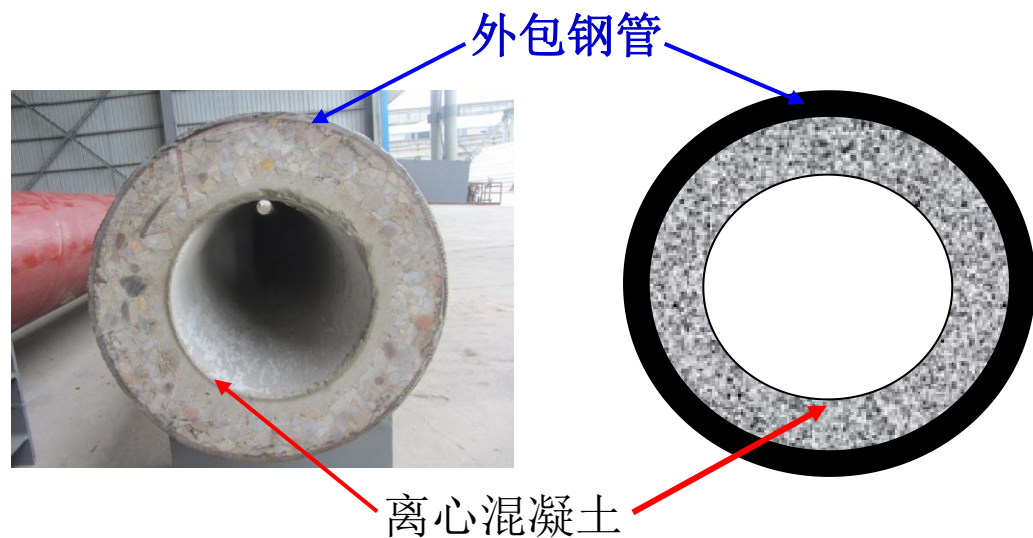
PRC桩用于基坑支护



PRC桩用于堆场立柱

预制桩的应用技术 钢管混凝土管桩 (SC桩)

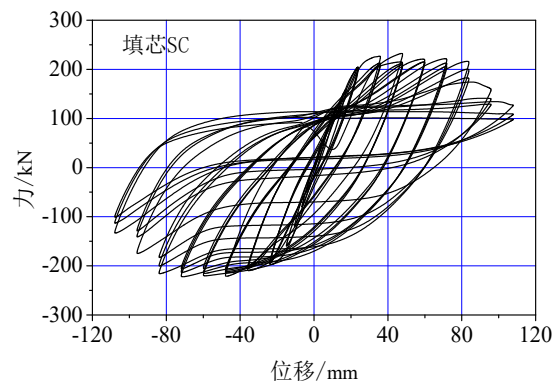
离心工艺制作，通过外部钢管对内部混凝土产生约束，使得混凝土处于三向应力状态，其强度大大提高，塑性和韧性明显改善，具有优良的延性。多用于码头、海工等工作条件复杂的地区。



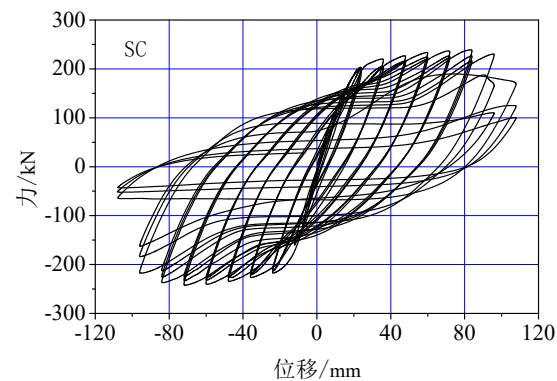
SC与PHC骨架曲线

延性平均 4.43

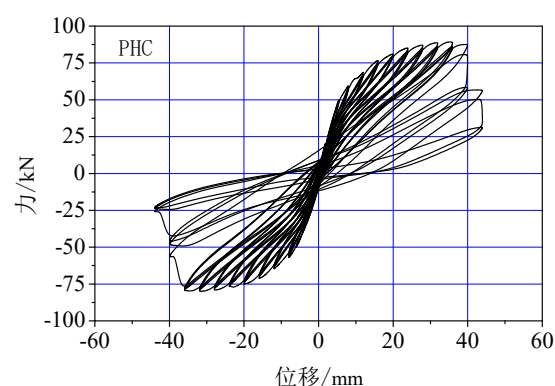
耗能参数 1.618



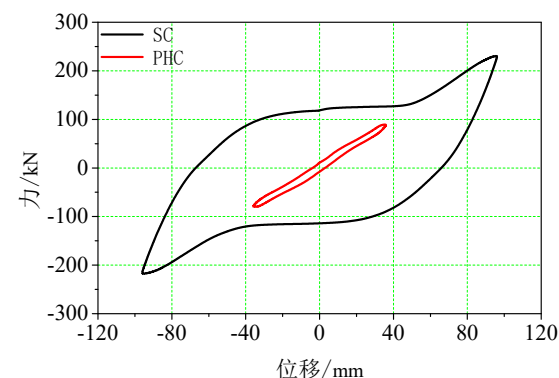
填芯SC桩力-位移滞回曲线



空心SC桩力-位移滞回曲线



空心PHC桩力-位移滞回曲线



SC与PHC耗能环曲线



SC桩用于码头



SC桩用于基坑、围堰

预制桩的应用技术 围护结构的应用

地铁建设区域一般地处市中心，不宜长时间影响城市道路交通。采用刚性、半刚性悬臂桩（板）支护，可加快施工速度，节约工期，降低造价。

根据工况需求，可选用预制管桩（PRC、PHC、SC），预制板桩（PC壁体桩、波浪桩、U型板桩、离心预应力板桩、离心U形桩）等。



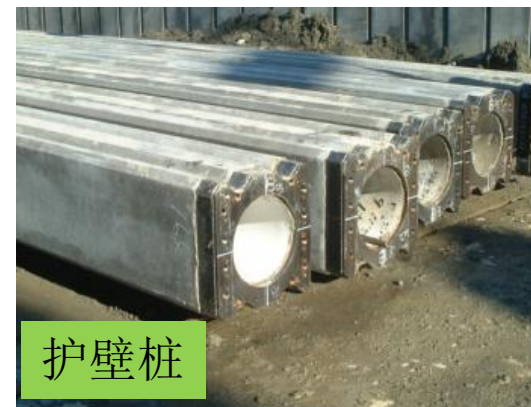
波浪桩



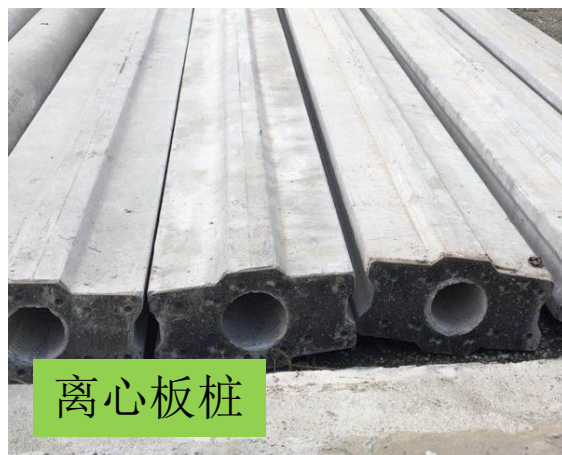
SC管桩



离心板桩



护壁桩



离心板桩



U型板桩



PRC桩



波浪桩

预制桩的应用技术

案例一：福州地铁6号线横岗车辆段 (管桩用作地基处理)

工程概况：

横岗车辆段选址位于长乐市的东南高速以东、S203省道以南，总用地面积约32.94公顷，主要以农田和河道为主，车辆段全场地为填方区。场地内分布有较厚软土、由于软土具有含水量大、压缩性大、强度低等特点、在上部荷载作用下易产生固结变形，引起地面沉降、房屋开裂、危害性中等。

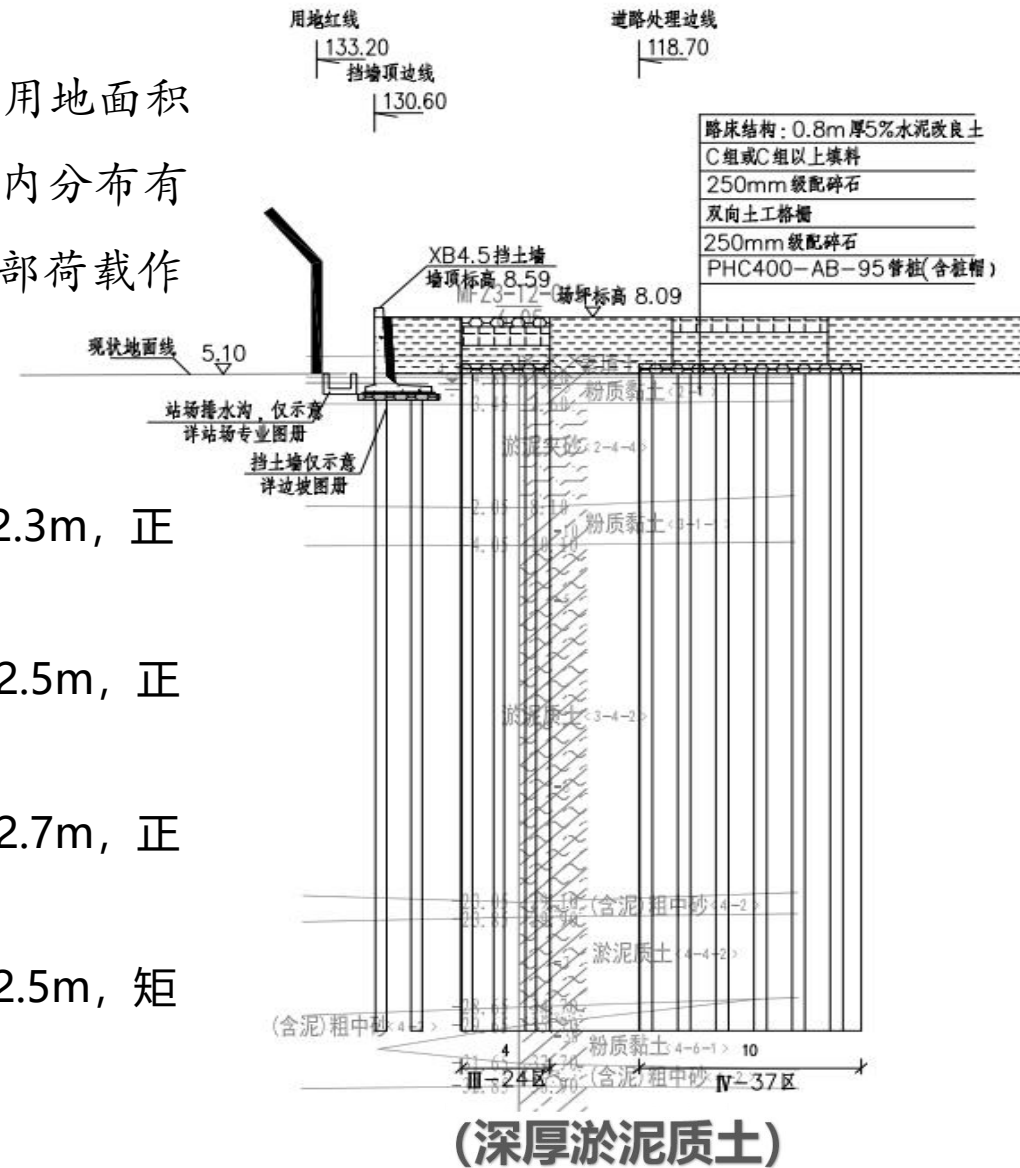
地基处理方案：

平过道：采用桩网复合地基，桩型为PHC400-AB-95,桩径0.4m，桩间距2.0-2.3m，正方形布桩，桩长35-37m；持力层为中粗砂。

碎石道床区：采用桩网复合地基，桩型为PHC400-AB-95,桩径0.4m，桩间距2.5m，正方形布桩，桩长31-40m；持力层为中粗砂。

场内道路区：采用桩网复合地基，桩型为PHC400-AB-95,桩径0.4m，桩间距2.7m，正方形布桩，桩长17-40m；持力层为中粗砂。

挡墙区：采用管桩复合地基，桩型为PHC400-AB-95,桩径0.4m，桩间距1.6x2.5m，矩形布桩，桩长16-39m。持力层为中粗砂。



案例二：芜湖地铁2号线一期梦溪路车辆段项 (大直径管桩应用)

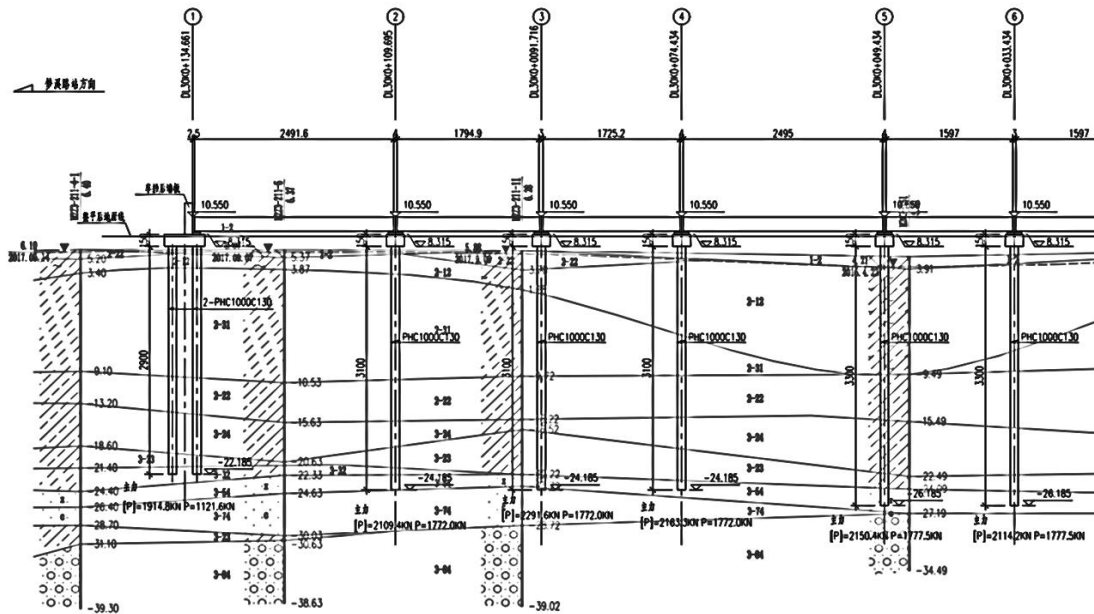
工程概况：湖地铁2号线一期梦溪路车辆段桥基大直径管桩。梦溪路车辆基地接轨于梦溪路站西侧，段址位于宁芜高速以东、沪渝高速以北、赤铸山东路以南、地块较为方正，宽度约570m，长度约1300m。地形地貌为长江中下游冲积平原，地形较平坦开阔，车辆段位于田地、林地中，分布有河塘、房屋。自上而下出露地层有：

1-2: 素填土 (Q_4^{ml})，灰褐色，多为粉土，夹植物根系，Ⅱ级；

2-12: 淤泥质粉质粘土 (Q_4^{al+pl})，软塑，Ⅱ级， $\gamma=17.8\text{kN/m}^3$ ， $C_u=7.6\text{kPa}$ ， $\Phi_u=9.0^\circ$ ， $E_{s1-2}=3.85\text{MPa}$ ， $\sigma_0=80\text{KPa}$ ；

2-23: 粉质黏土 (Q_4^{al+pl})，可塑，Ⅱ级， $\gamma=18.6\text{kN/m}^3$ ， $C_u=19.3\text{kPa}$ ， $\Phi_u=13.0^\circ$ ， $E_{s1-2}=5.41\text{MPa}$ ， $\sigma_0=140\text{KPa}$ ；

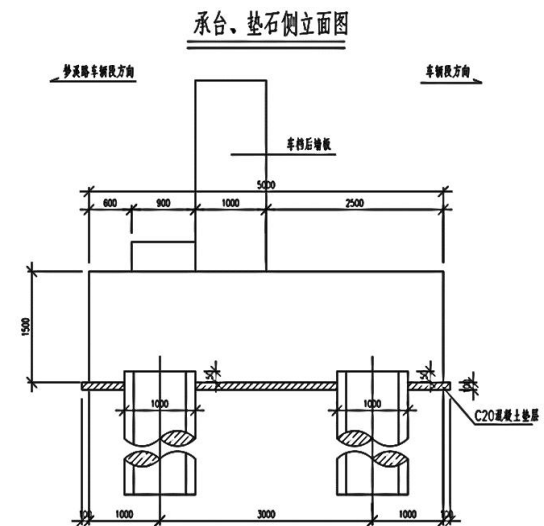
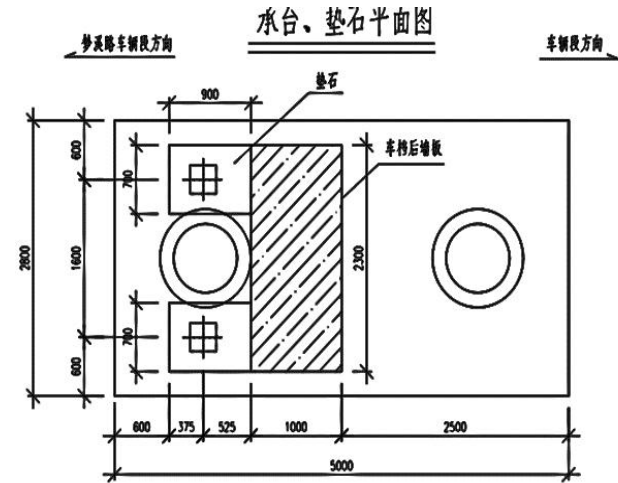
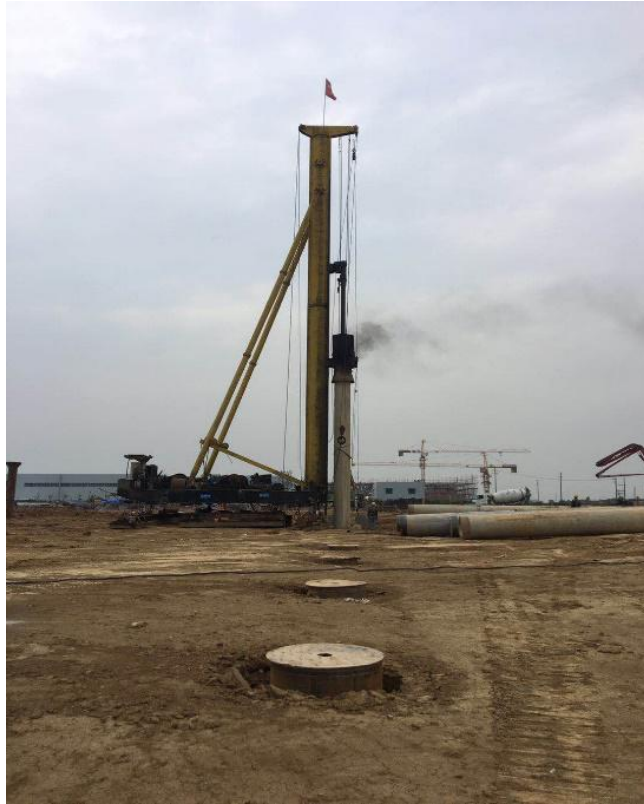
3-24: 粉质黏土 (Q_4^{al+pl})，硬塑，Ⅱ级， $\gamma=19.5\text{kN/m}^3$ ， $C_u=45.7\text{kPa}$ ， $\Phi_u=14.5^\circ$ ， $E_{s1-2}=7.58\text{MPa}$ ， $\sigma_0=200\text{KPa}$ ；



案例二：芜湖地铁2号线一期梦溪路车辆段项 (大直径管桩应用)

设计概况：

桩型为PHC1000-C-130，设计桩长为29~38m，持力层选择3-54密实细砂层。



三、预制桩的连接技术

焊缝连接

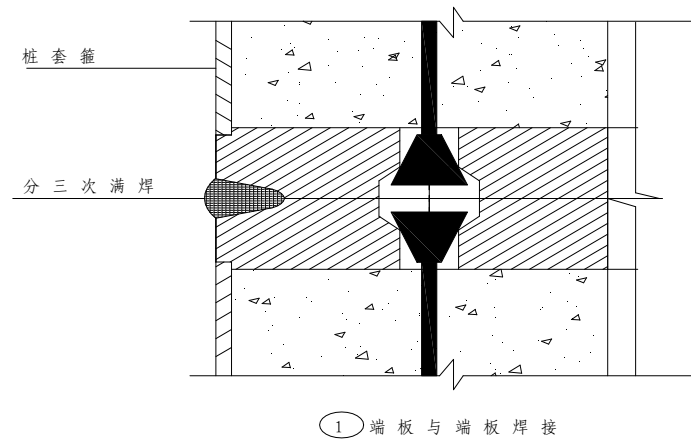
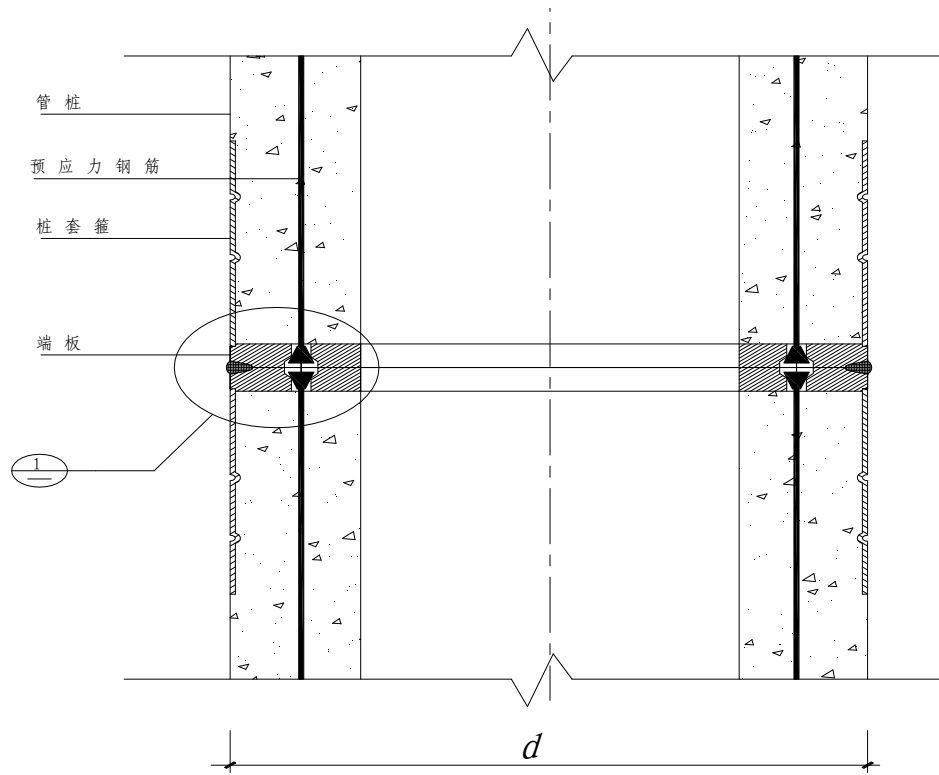
抱箍连接

插销连接

法兰连接

预制桩的连接技术

一、焊缝连接

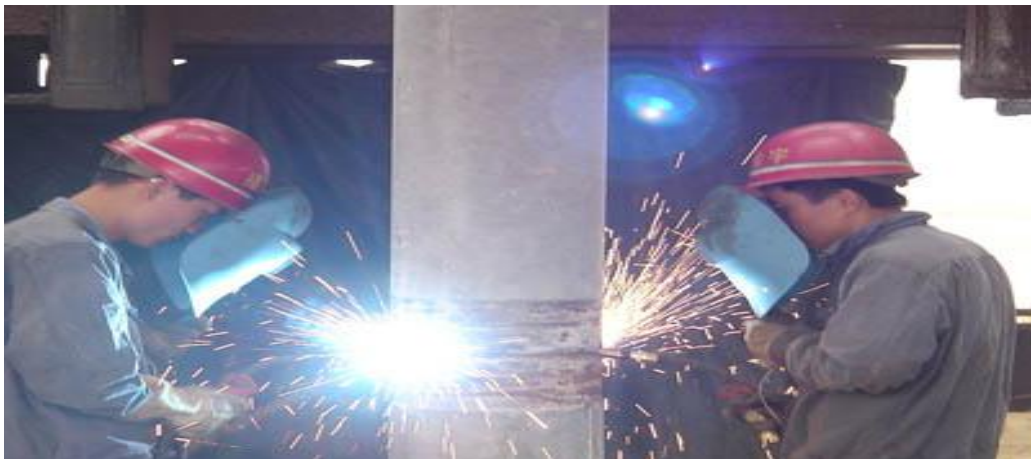


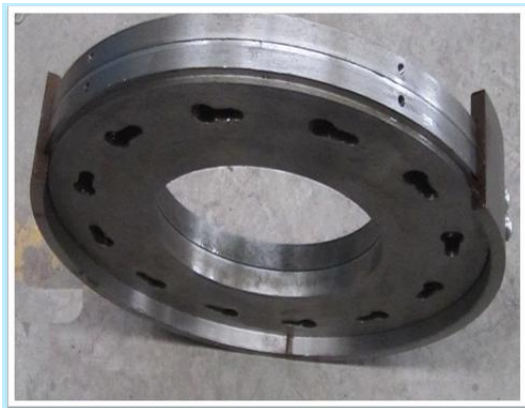
优点:

- ① 其施工工艺较简单，仅需要人工现场焊接；
- ② 焊接接头其整体造价相对节省；

缺点:

- ① 施工质量难以保证；
- ② 焊接完成后需要冷却8min后再行沉桩，工效较低。

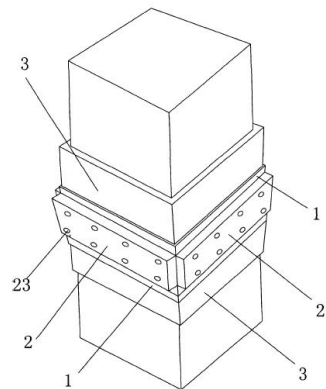




端板机械连接



桩身机械连接



方桩

优点:

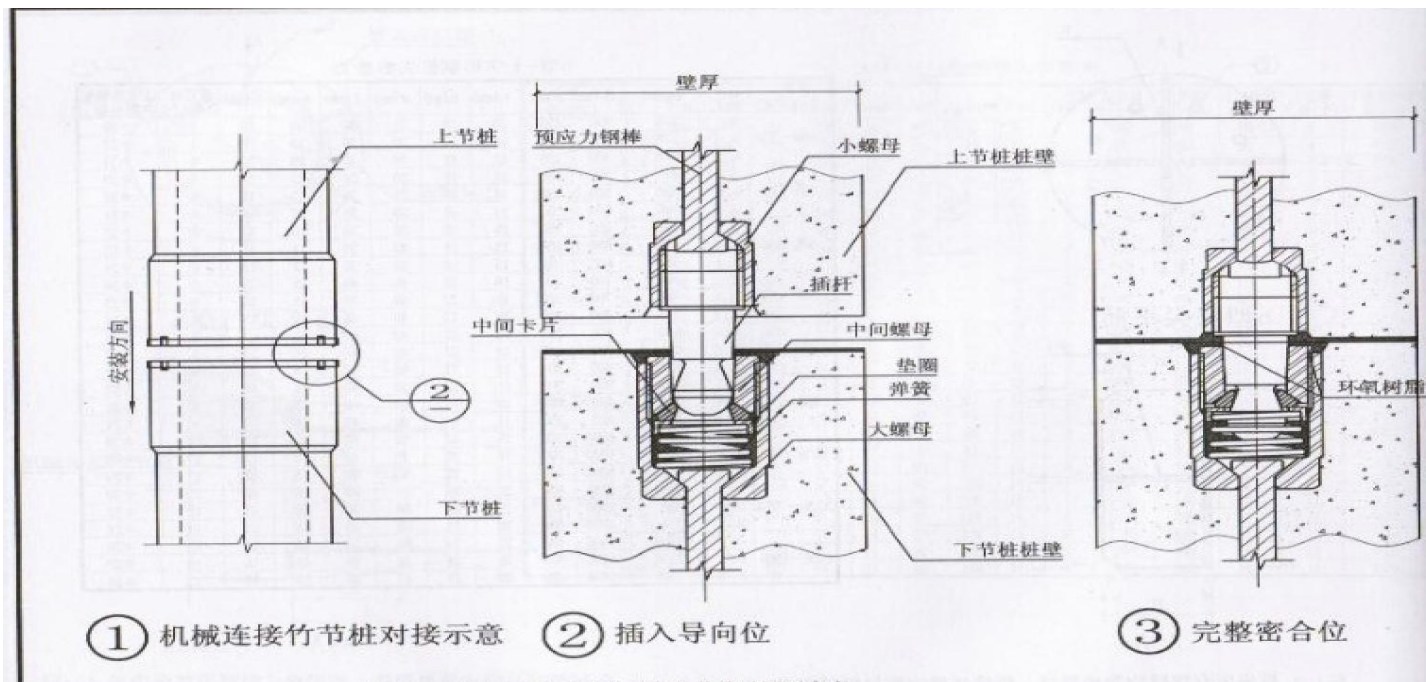
- ① 有较高的抗拔、抗弯承载力，能达到等强连接的效果，并具备相当的安全储备；
- ② 接桩受外部天气环境影响较小；
- ③ 降低桩身连接时的人为因素，加快工程进度；
- ④ 减少施工人员工作量，提高施工效率。

缺点:

- ① 其造价较高于焊接接头。

预制桩的连接技术

三、插销式机械连接



特点:

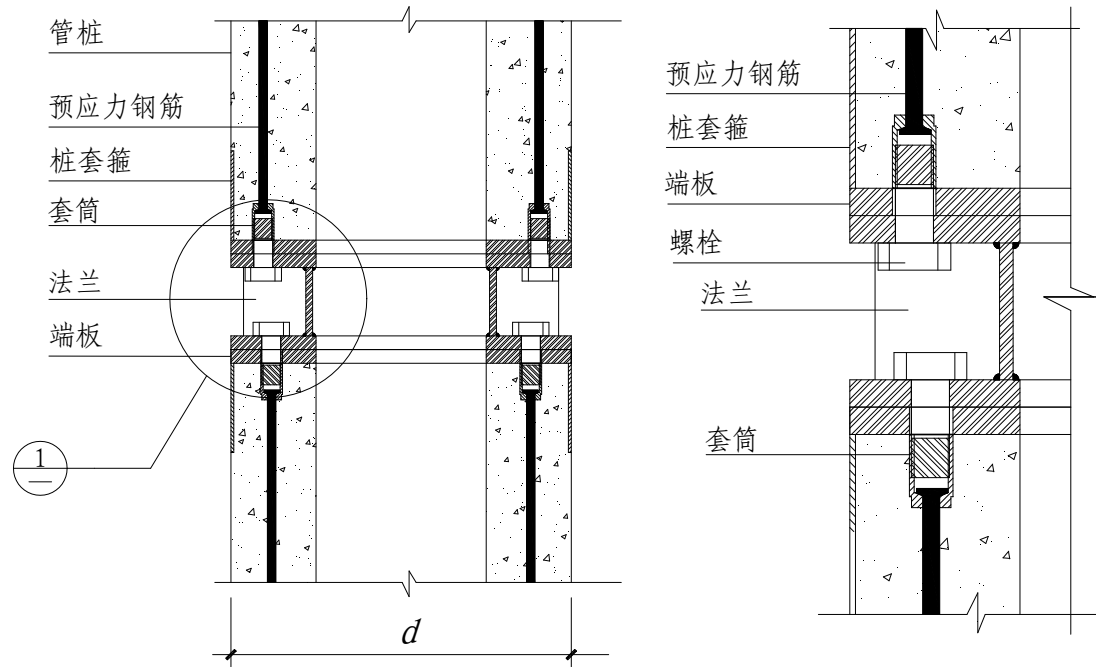
适用于黏性土层的地基处理桩连接，主要用于抗压桩、抗拔连接。

优点:

- ① 接桩受外部天气环境影响较小;
- ② 降低桩身连接时的人为因素、加快工程进度
- ③ 接头防腐处理简单、防腐效果较好
- ④ 对比抱箍式连接造价有一定优势

缺点:

- ① 接头受弯承载力能力较差;
- ② 桩端无端板保护，施工时桩头易破损



① 端板与端板法兰连接

优点:

- ① 接桩受外部天气环境影响较小;
- ② 降低桩身连接时的人为因素, 加快工程进度; 减少施工人员工作量, 提高施工效率;
- ③ 对于有特殊要求的情况, 方便拆装;

缺点:

- ① 其造价对比其它几类高。



	焊接	抱箍式	插销式	啮合式	法兰式
安装便利性	方便	较方便	较复杂	较复杂	较方便
连接质量稳定性	较差	稳定	一般	稳定	稳定
力学性能	不稳定	抗拔、抗弯性能优	抗弯性能较差	一般	稳定
造价	低	较高	低	高	高
适用性	抗压	抗压、抗拔	抗压，较硬土层不适用	抗压、抗拔	抗压、抗拔、抗弯

在地铁车辆场段中的应用建议：

1、从力学性能、经济性考虑建议使用

抱箍式连接和插销式连接

在路基填土较高、需要考虑路基滑移对桩抗弯性能有要求时推荐采用抱箍式连接。

2、对桥墩基础或桥墩等大直径桩连接推荐使用**法兰式连接**。

3、在较硬土层中采用锤击施工时，由于插销式连接桩头无端板，桩头容易受损，从而影响插销的安装质量，推荐采用**抱箍式连接**。

四、预制桩施工工法简介

- 静压法
- 锤击工法
- 内引孔锤击工法
- 旋挖植桩工法
- 劲性复合桩工法

1、静压法

工法介绍

静压法就是利用压桩机把管桩压入地基土（岩）层一定深度的施工方法，简称静压法。适用于覆盖层易压穿、桩端持力层为强风化、全风化岩层；软土、一般可硬塑的粘性土层；中密-密实的碎（卵）石土、砂土、粉土层等地质条件。



抱压式液压压桩机



顶压式液压压桩机

2、锤击工法

工法介绍

锤击沉桩是利用桩锤（柴油锤或液压锤）下落时的瞬时冲击机械能，克服土体对桩的阻力，改变其静力平衡状态，使桩体下沉，达到新的静力平衡状态，如此反复地锤击桩头，桩身不断地下沉，直至达到设计标高。适用于软土、粘性土、粉土、砂土、软质岩石等。当存在较厚的密实砂层、卵石层时难以穿过；在住宅区、临近建筑物等地区有较大局限性。

打桩设备

- （1）打桩机：履带式自行打桩机、步履式打桩机或滚管式打桩机。
- （2）打桩锤：柴油打桩锤或液压打桩锤。
- （3）辅助吊机。
- （4）自动打桩记录仪。

柴油锤



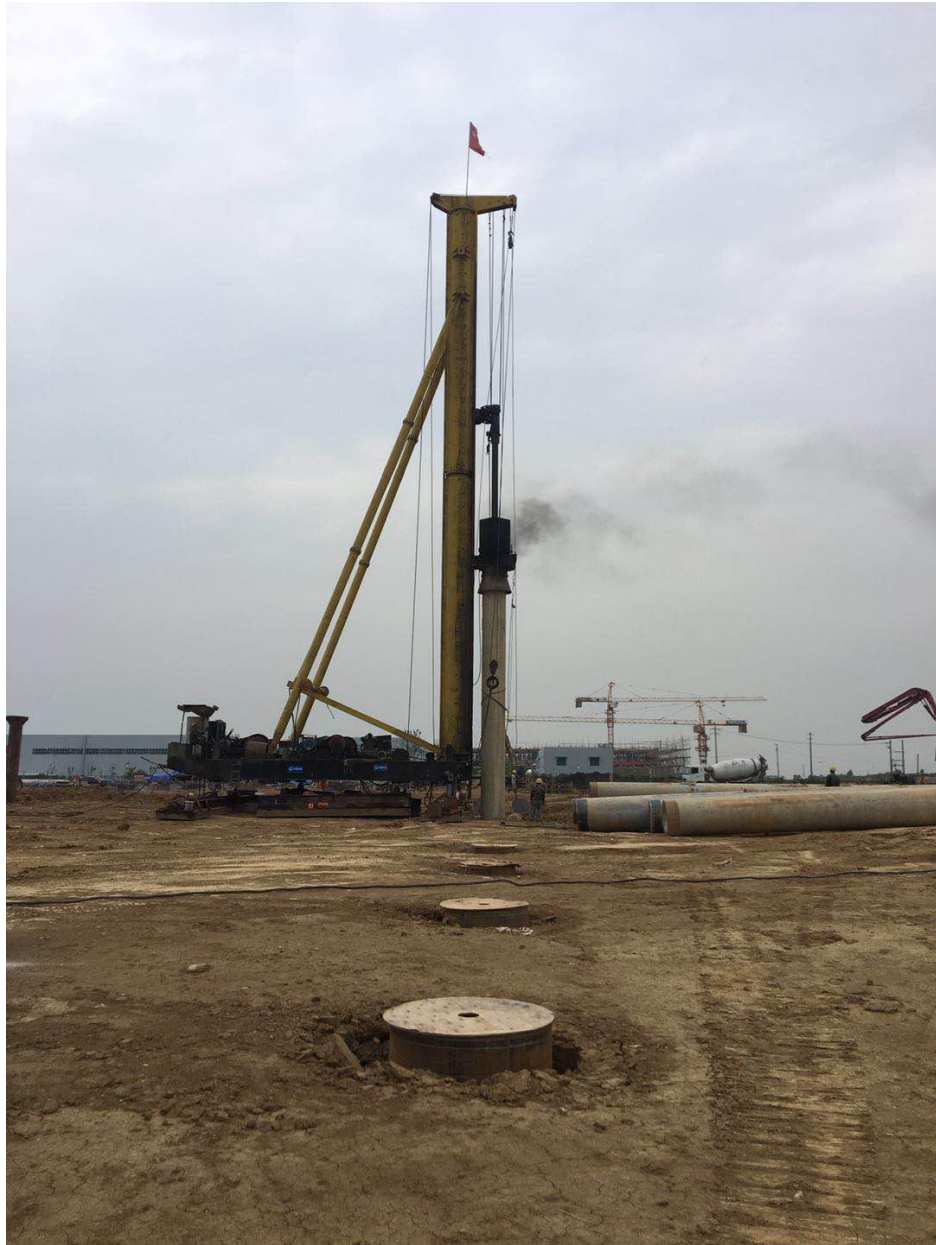
液压锤



特大型液压锤 (带消音罩)



工程实例——芜湖地铁2号线一期梦溪路车辆段项目



工程实例—蒙华铁路



3、内引孔锤击工法

工法介绍

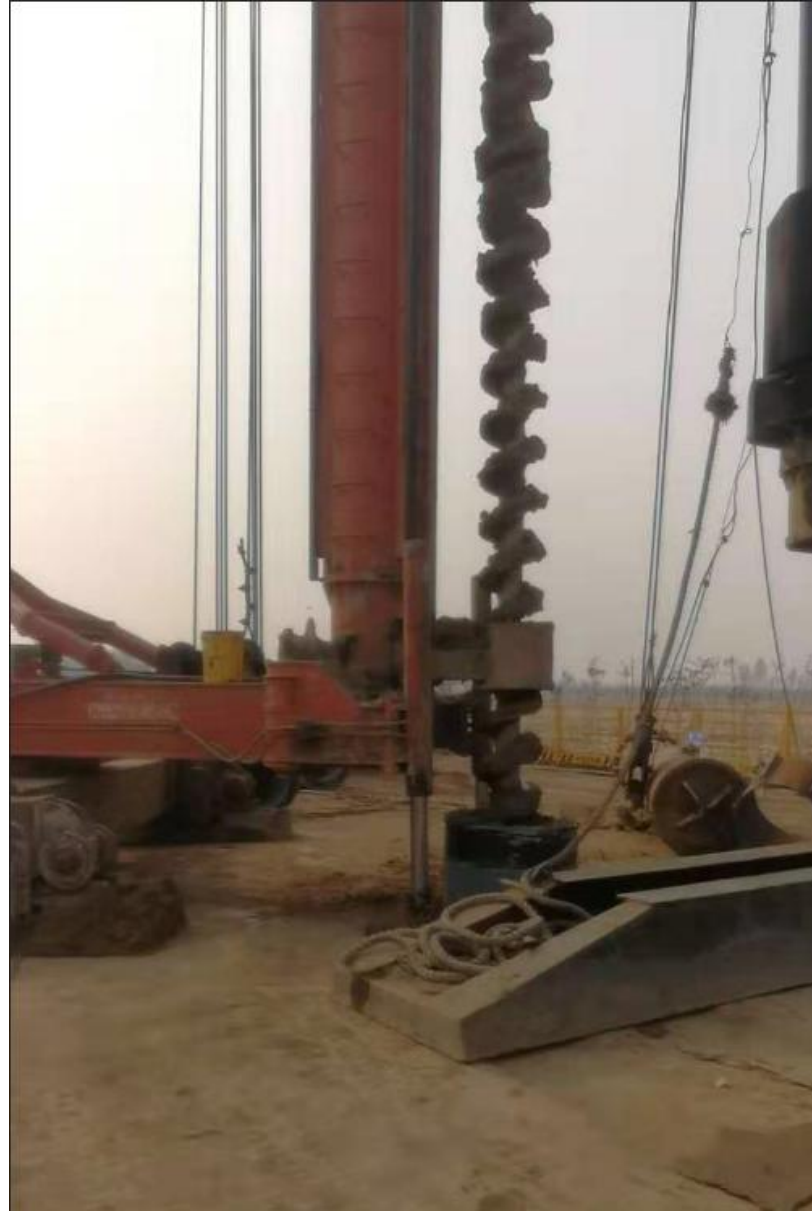
针对大直径管桩中空特点、结合锤击施工和长螺旋引孔施工方法，充分发挥各自优点。它利用钻机在**管桩内取土**、减小桩端阻力，达到沉桩目的。

工法特点

- ① 可在黏土、粉细砂、圆砾土及易坍孔和地下承压水地质下顺利地完成的桩。
- ② 钻机取土仅取管桩内孔里的土，属**部分取土**。既能保证足够的侧摩阻力不损失，又减小全挤土带来的不利影响。
- ③ 不需泥浆等，施工既文明又不受天气影响。



工程实例—京雄高铁



4、旋挖植桩工法

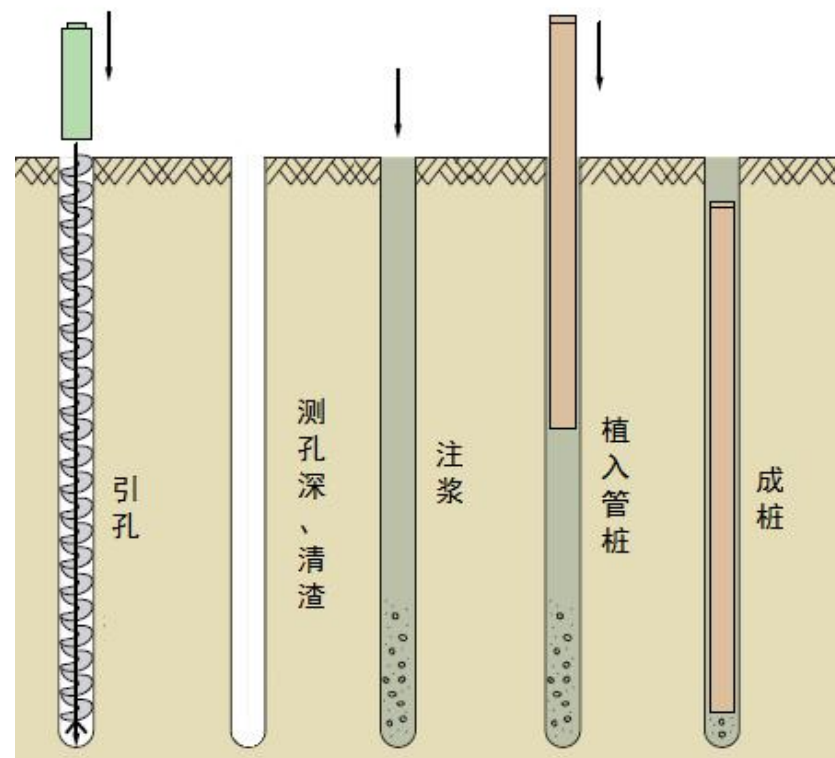
工法介绍：

场地由砾石、卵石组成，管桩难以锤击进入。目前以旋挖钻孔灌注桩为主要桩型，这种成桩工艺比较传统，经济成本较高，工期较长，施工质量难以保证。旋挖植桩工法就是用旋挖机钻孔成孔，灌入水泥砂浆（细石混凝土），再将管桩植入，充分发挥持力层和管桩桩身的承载力。旋挖植桩工法适应于桩端持力层为密实的卵砾石、中粗砂等。

工法特点：

1. 管桩桩身强度高，一般为C80，也可采用C105、C125。
2. 由于管桩是工厂化预制，施工质量可靠、可控；
3. 施工工期短、不需要28天龄期。
4. 施工现场文明整洁。

取土注浆后植入PHC桩



旋挖植桩工法

工艺流程

旋挖成孔



测量孔底



灌入砂浆



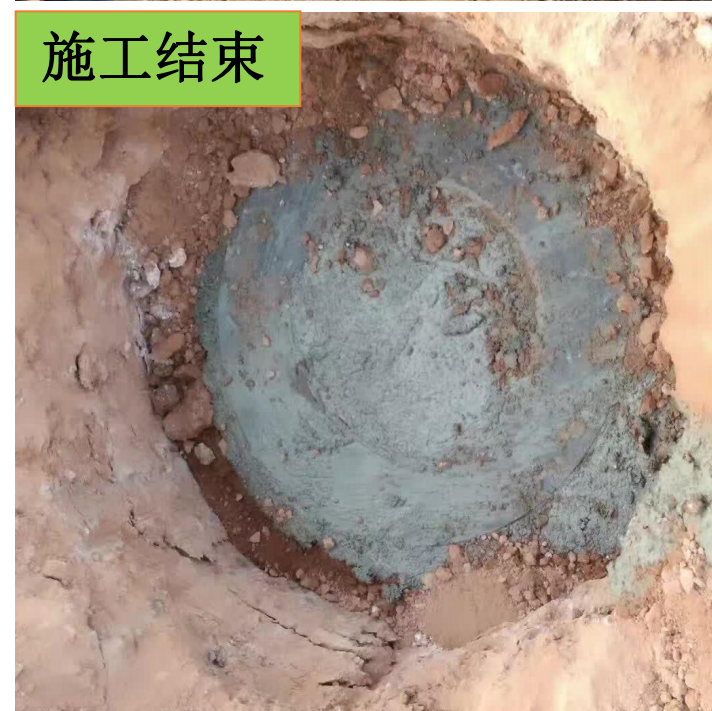
砂浆充满



压入管桩

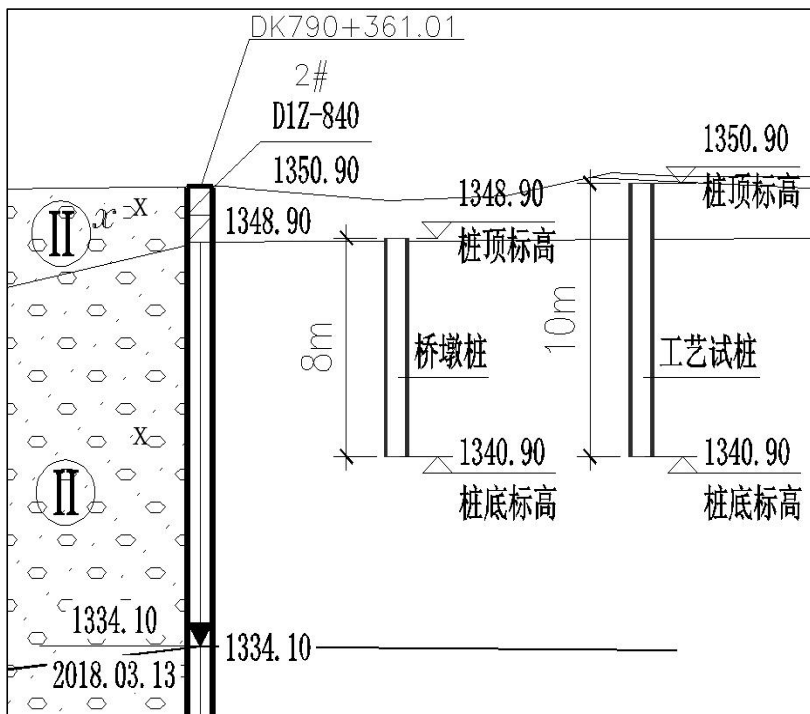


施工结束

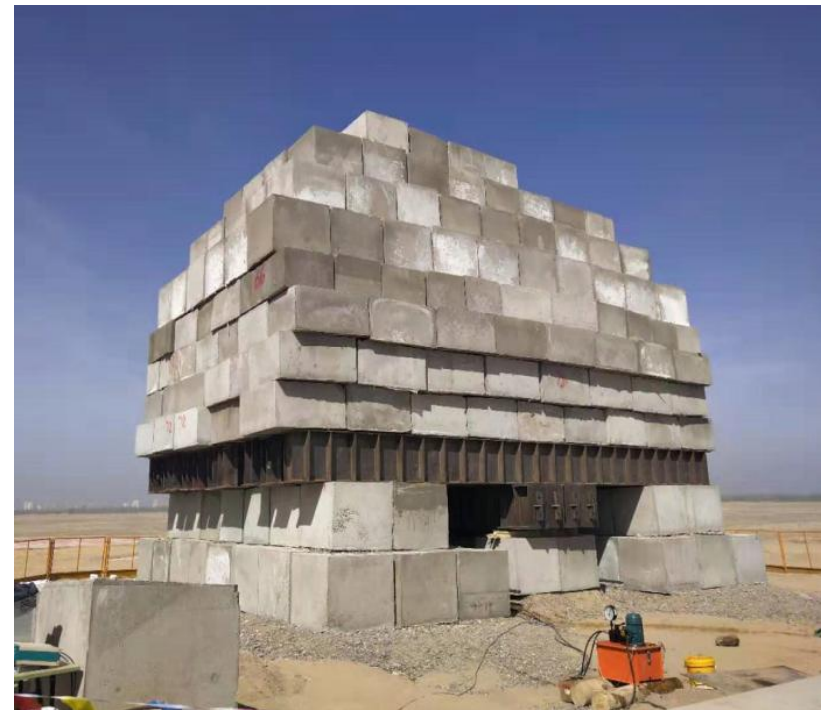


工程案例

和若铁路



桩型PHC 1000 AB 130-8 闭口型桩尖。采用旋挖钻成孔，孔径1.2m，孔深8m；导管先灌注M15级混合砂浆，灌入高度2.5m（约3m³），然后将管桩插入孔中对管桩垂直度进行校正。锤击累计计数217击，最后贯入度8mm /30击。试桩检测桩身极限承载力13320kN。



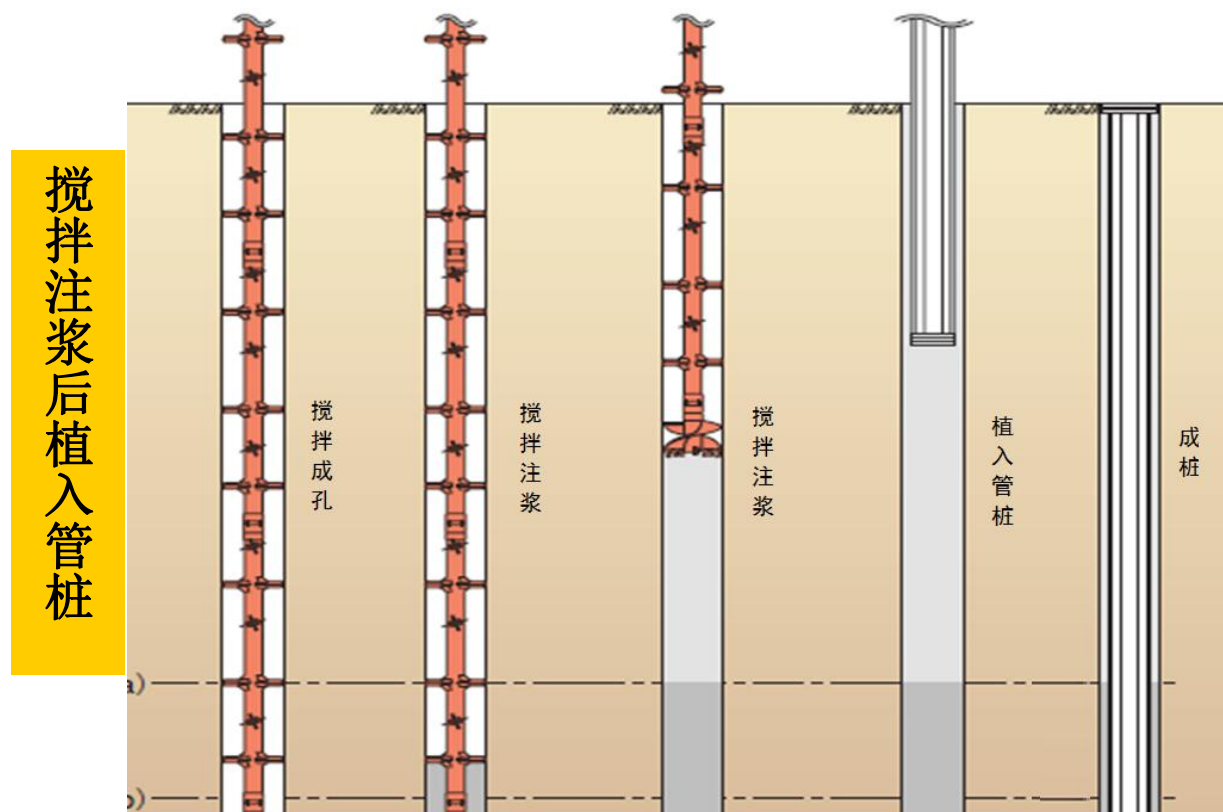
五、劲性复合桩工法

工法介绍

在旋喷桩、水泥土搅拌桩、注浆中插入高强度预应力管桩作为劲性体形成的复合基桩。属于柔刚复合桩。管桩劲性复合桩适用于淤泥、淤泥质土、填土、粘性土、粉土、砂土、强风化软质基岩等。执行标准：行业标准《劲性复合桩技术规程》JGJ/T327-2014。

工法特点

- ① 可有效提高承载力；
- ② 施工工艺为非挤土桩工艺对周边环境的影响小；
- ③ 施工减少泥浆排放，使施工现场文明，整洁；
- ④ 成桩速度快，工效好，有效缩短工期；
- ⑤ 预制桩由工厂加工，质量可靠。



工艺流程

施工准备场地平整

搅拌桩桩机就位

搅拌桩施工

搅拌桩移位

静压桩机就位

插入管桩、压至标高

施工结束

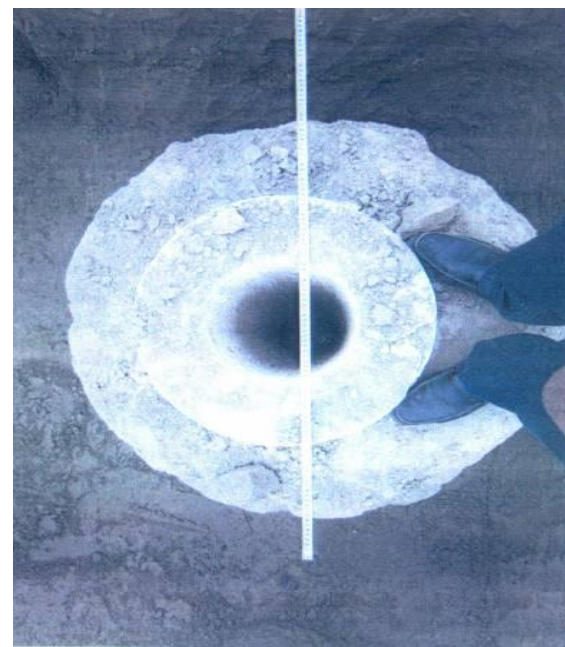
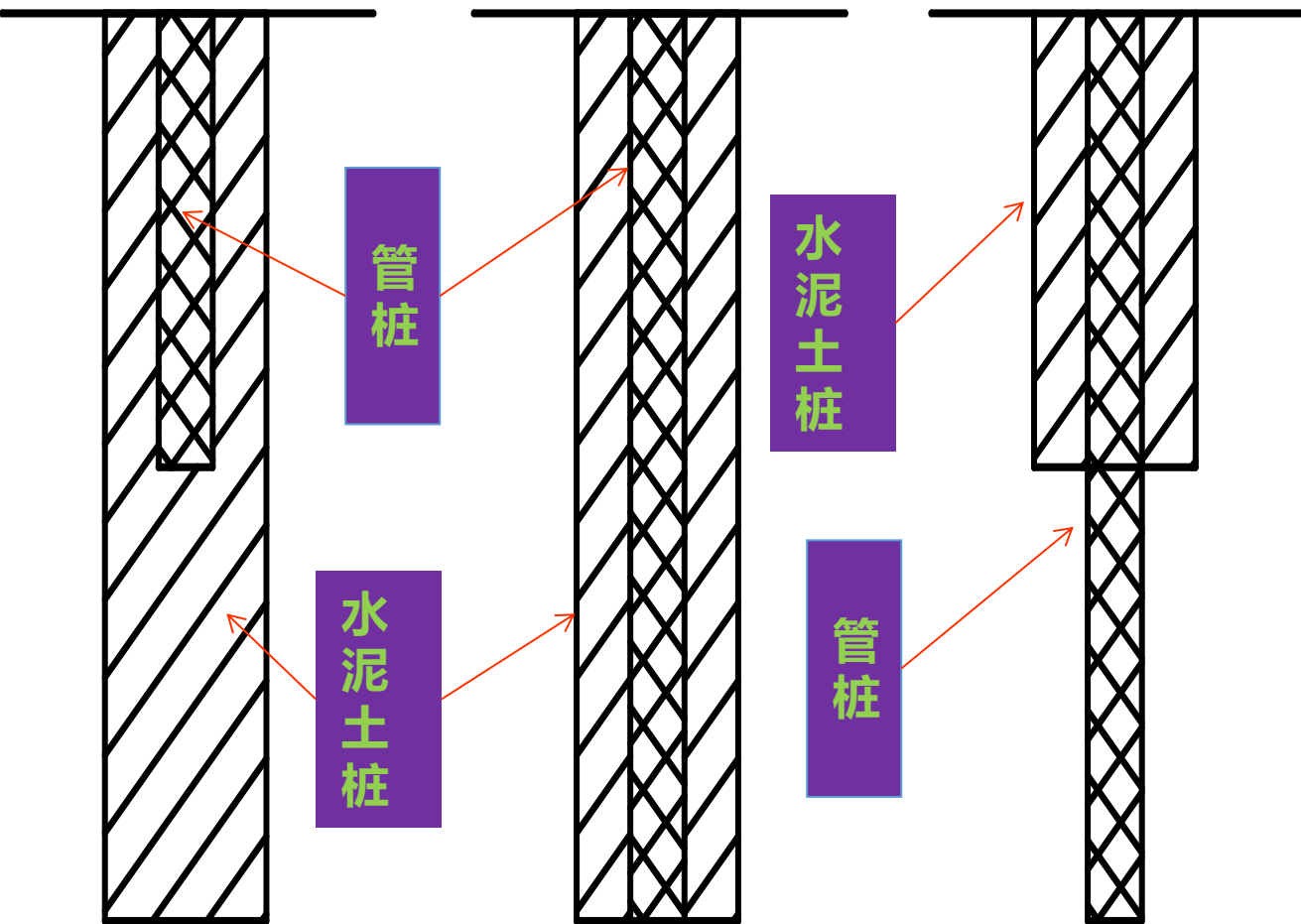


桩身构造

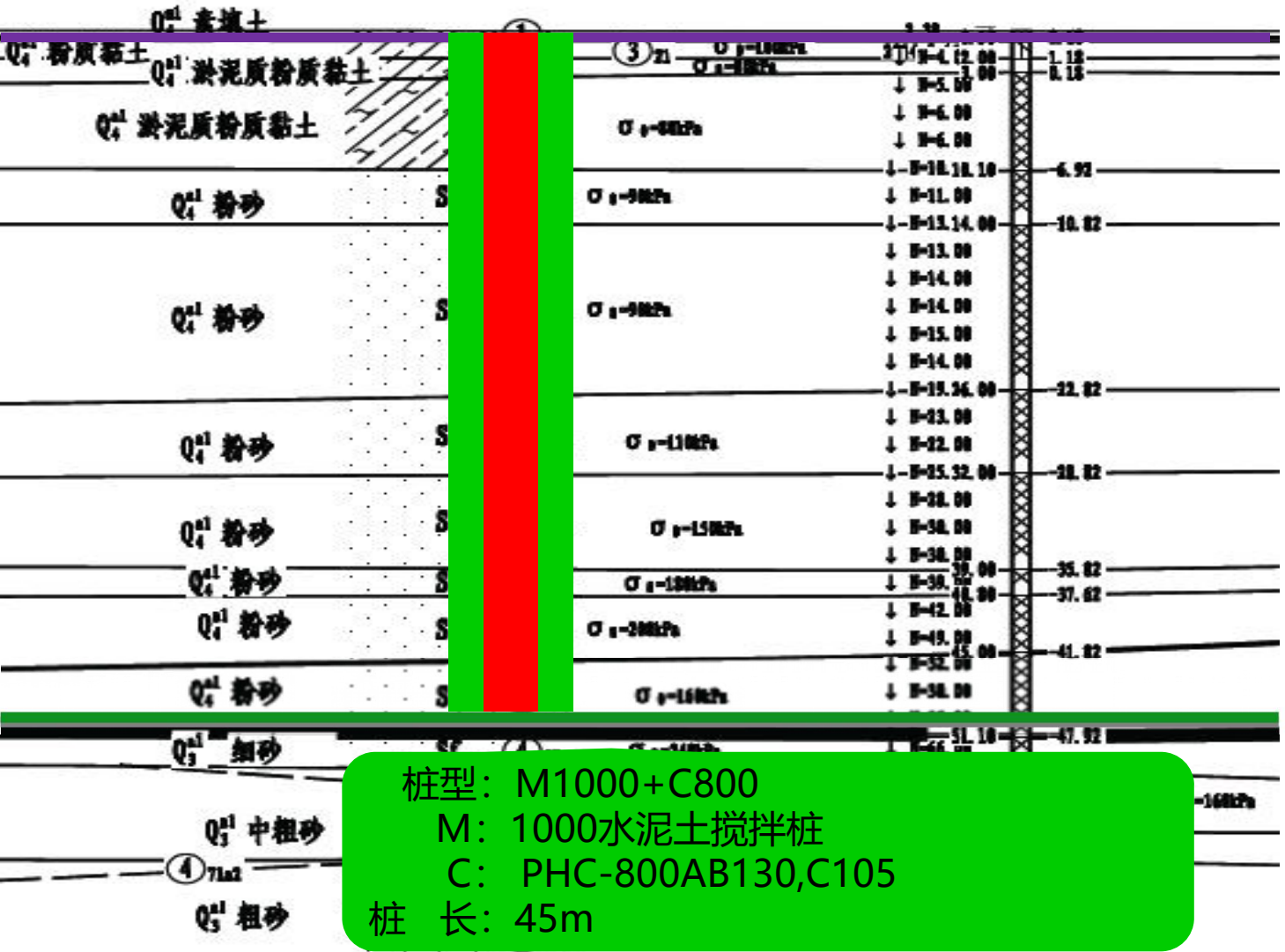
短芯复合桩

等芯复合桩

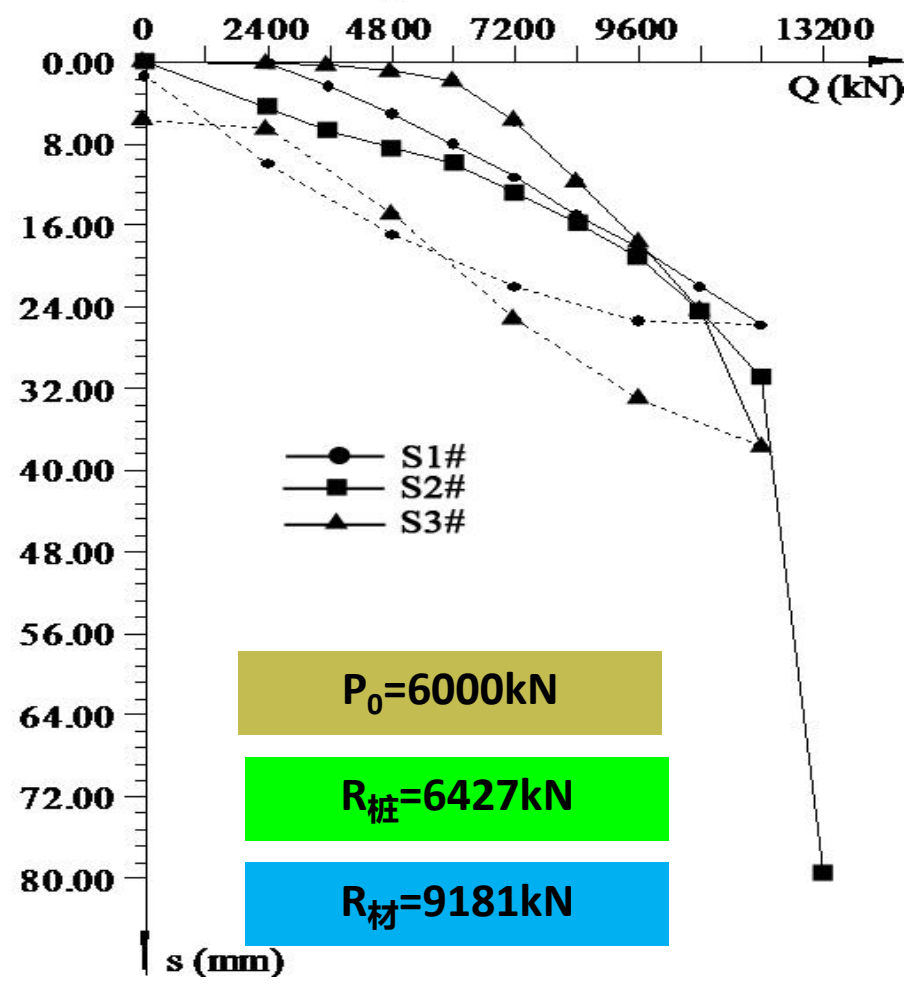
长芯复合桩



劲性复合桩——工程案例（连镇线铁路）



Q-s 曲线



预制桩在地铁场段的应用概况

预制管桩在铁路桥梁的应用概况

序号	项目	工点	预制桩型	应用时间
1	长沙市轨道交通5号线	水渡河车辆段	PHC400AB(95)	2017年
2	沈阳地铁10号线	桑林子车辆段	PHC500AB (125)	2017年
3	厦门轨道交通3号线	蔡厝车辆段	KFPHC500AB(125)	2017年
4	成都地铁17号线一期	TJ05B标A区	PHC600AB(130)	2018年
		TJ05B标B区	PHC700AB (110)	2018年
5	西安地铁地铁6号线	TJSG-12标	PHC600AB(130)	2018年
			PRCⅡ600AB (130)	2018年
6	苏州轨道交通5号线	胥口车辆段	PHC400A(95)	2017年
7	台州市域铁路S1线	城南车辆段	PC700AB(110)	2017年
8	上海轨道交通6号线	港城路停车场	PHC300AB(70)	2017年



Metro Trans

谢谢！
THANKS !

