

大型地下结构工程预应力混凝土 施工技术的应用

Construction Technology of Prestressed Concrete Applied to Large Underground Structural Engineering

□ 陈汉长

(广东省第一建筑工程有限公司 广州 510010)

【摘要】受施工空间和材料的限制,地下结构工程预应力混凝土施工远较地上复杂和困难,介绍某大型地下停车库的底板、侧壁及框架梁结构应用有粘结和无粘结预应力混凝土施工技术,解决了相应的施工难题。

【关键词】有粘结预应力 无粘结预应力 锚具 波纹管

【中图分类号】TU755.6

/文献标识码 A

【文章编号】1004-1001(2006)02-0100-05

1 工程概况

广州某大型地下停车库工程地下3层、地上1层,总建筑面积为17 042 m²,采用钢筋混凝土框架结构,人工挖孔灌注桩基础,基坑底面标高为-13.60 m。结构平面较规则,呈“L”型,结构总长度126.9 m,总宽度60.3 m;底板厚700 mm,基础梁1 200 mm×700 mm;外侧板厚400~600 mm,地下1、2层板厚120 mm,最大梁400 mm×800 mm;首层板厚180 mm,最大梁500 mm×2 150 mm;⑨~⑩轴间设宽800 mm后浇带;底板、侧壁及部分框架梁应用有粘结预应力混凝土技术,混凝土达到90%设计强度后张拉;部分次梁应用无粘结预应力混凝土技术,混凝土达到75%设计强度后张拉。底板、侧板及首层梁板用C40抗渗微膨胀混凝土,地下1、2层梁板用C40微膨胀混凝土。

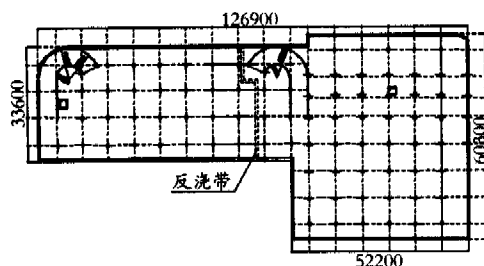


图1 平面示意图

【作者简介】陈汉长(1974),男,本科,工程师,联系地址:广州市流花路69号(510010),电话:(020)86661630。

【收稿日期】2005-12-09

2 预应力设计要点

(1) 底板用5B ϕ _j15.24,暗梁用4×5B ϕ _j15.24,底板张拉端距暗梁边2.5 m,固定端距暗梁边1.0 m,预应力筋曲线形布置(图2),单向张拉。

(2) 侧板用2B ϕ _j15.24@500 mm,第一道预应力筋离板面0.8 m,预应力筋直线形布置,单向张拉。

(3) 框架梁除首层用2×5B ϕ _j15.24,其它用5B ϕ _j15.24,预应力筋曲线形布置(图3),单向张拉;次梁用5U ϕ _j15.24;预应力筋直线形布置,单向张拉。

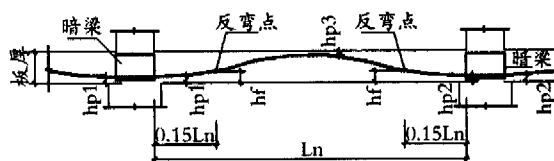


图2 底板预应力筋布置大样

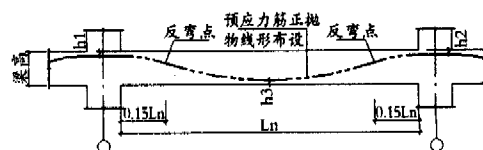


图3 框架梁预应力筋布置大样

(4) 张拉端和固定端:锚具采用I级锚具,张拉端底板、框架梁采用5孔群锚,侧板采用2孔群锚;固定端底板、侧板采用梨形压花锚具(图4),框架梁采用挤压锚具(图5);次梁张拉端采用夹片锚,固定端采用单

孔挤压锚具(图6)。

(5) 有粘结预应力筋在后浇带等长期暴露的位置用镀锌波纹管,其它部位可用不镀锌波纹管;底板和框架梁采用 $\phi 55$ 金属圆波纹管,侧板用金属椭圆波纹管。

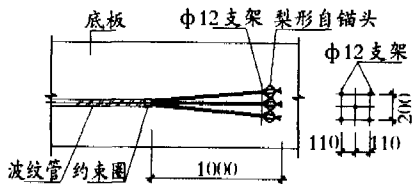


图4 梨形压花锚具

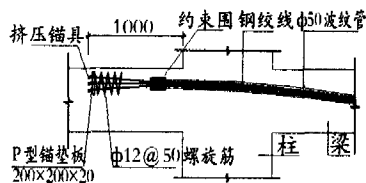


图5 挤压锚具

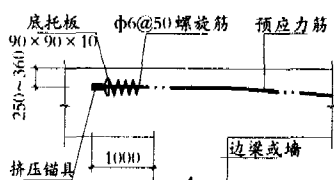


图6 单孔挤压锚具

3 工程特点及难点

(1) 结构平面尺寸较大,预应力筋分成2段或数段,然后在结构的中间部位进行搭接,每段预应力筋分别张拉锚固;采用板面张拉的工艺,具体作法如下:

预应力筋在接近张拉端的部分向板面倾斜 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$,并将张拉端锚垫板与梁板面筋焊接固定,应确保锚垫板与预应力筋的中心线垂直;若锚垫板处的梁板面筋太密,则需将局部的钢筋进行调整。用专门制作的塑料组合穴模(或泡沫)套在张拉端锚垫板外露出的预应力筋上,混凝土浇筑完后抽出塑料组合穴模(或泡沫)。满足张拉时安装千斤顶。

楼板在张拉端处承压不满足,该位置板加厚,否则容易造成局部混凝土被压裂;框架梁有粘结预应力筋张拉在梁侧,即板底张拉,张拉处楼板加厚至400mm(图7);次梁无粘结预应力筋在板面张拉,张拉处楼板加厚至200mm(图8);承受局部荷载。

(2) 预应力筋布设时应控制好曲线支座的最高点、跨中最低点及反弯点;采用钢筋马凳进行焊接固定。

4 有粘结和无粘结预应力施工

4.1 施工准备

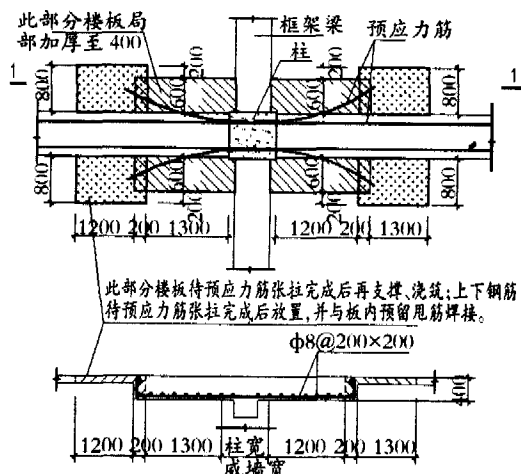


图7 有粘结预应力筋板内交错张拉大样

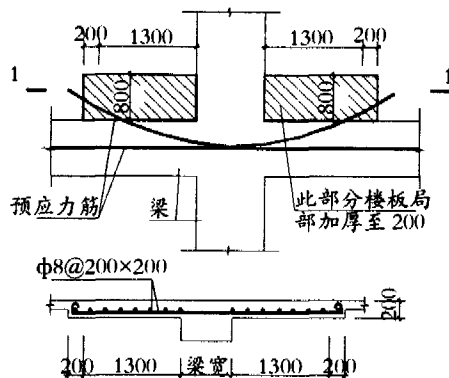


图8 无粘结预应力筋板内交错张拉大样

4.1.1 预应力材料

(1) 预应力筋用 $\phi 15.24$ 钢绞线,抗拉强度标准值 $f_{pk}=1860$ MPa,张拉控制应力 $\sigma_{cm}=1395$ MPa,单根预应力筋张拉力 $N_{cm}=195.3$ MPa;预应力筋进场时按现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T5224等的规定抽取试件作力学性能检验,其质量须符合有关标准的规定;钢绞线复检应包含弹性模量测定。

(2) 所用锚具、夹具符合国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T14730-2000)的规定。

(3) 金属波纹管径向、抗渗漏性能进场复检。

(4) 孔道灌浆用水泥按规定复检。

4.1.2 预应力机具

(1) 油泵:压力50 MPa的2YBZ2-80, YBZ1.5-63;

(2) 千斤顶: YCD1500B-200千斤顶;

(3) 其他机具: JY-50挤压机、YH3压花机、UB3C灌浆机及配套设备、Y90L-2切割机、BOSH100手持角磨机、380V电焊机、GIZ-19电钻。

高压油泵、千斤顶和压力表配套送有资质的试验室进行标定,标定期限不宜超过半年。

4.2 有粘结预应力筋布设

4.2.1 下料组装

(1) 预应力筋下料严格按下料单用无齿锯切割机进行切割并做好标识;有专人负责对切割完的各种规格预应力筋的数量和长度进行复核。

(2) 固定端采用梨形压花固定端锚具,把切好的预应力筋穿过压花机夹片同时顶入压花机顶杆,向油缸供高压油,由于压花机夹片夹住了预应力筋,顶杆将预应力筋挤压成一个梨型的自锚头。

(3) 下好料的预应力筋应当卷起来,宜按布筋顺序木方架空堆放,不致于搅乱。

4.2.2 铺筋次序

(1) 底板:安装桩承台和暗梁普通钢筋、箍筋,安装板普通钢筋底筋;预留柱和墙钢筋;铺放暗梁和板长跨方向预应力筋;铺放板短跨方向预应力筋;铺放板普通钢筋负筋;组装承压板。

(2) 侧板和框架梁:安装普通钢筋,安装预应力筋控制点支架,布设预应力筋,安装张拉端配件。

4.2.3 预应力筋布设

(1) 波纹管 and 支托布设:波纹管安装前,按设计图中预应力筋曲线矢高在梁箍筋上焊接 $\phi 12$ mm 钢筋支托,底板底筋上绑 $\phi 12$ mm 马凳支托。从梁或底板一端穿入 $\phi 55$ mm 金属圆波纹管,边穿边用连接套管连接,波纹管与支托钢筋用铁丝绑牢。波纹管安装就位后,应检查其位置、曲线形状是否符合设计要求,波纹管的固定是否牢靠,如有破损,应及时用粘胶带修补。

(2) 穿筋和安装承压板:预应力筋套好约束圈后从固定端波纹管穿入,梨形压花固定端锚具与波纹管端部钢绞线裸露自由段 ≥ 1.0 m;预应力筋遇集水井可绕开,绕开的预应力筋距洞口 ≥ 300 mm,水平偏移的曲率半径 ≥ 7000 mm;挤压固定端锚具与波纹管端部钢绞线裸露自由段长度 ≥ 300 mm;固定端安装 $\phi 12$ mm 钢筋支架,张拉端安装螺旋筋及承压板,承压板与预应力筋焊接固定;张拉端外露出的预应力筋套泡沫块,混凝土浇筑完后凿掉泡沫块,为张拉时安装千斤顶预留出斜槽(图9)。波纹管端部在张拉端的接缝处用胶带密封,在固定端用棉纱密封。

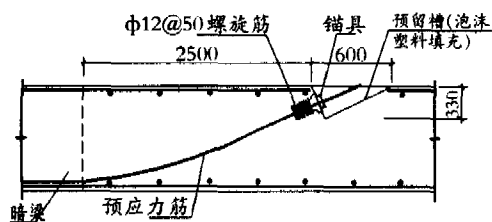


图9 预应力筋在板内张拉端

(3) 泌水排气孔的设置:锚具或喇叭口及每跨最高点设置灌浆孔或排气孔,孔距 ≤ 12 m (直线孔道 ≤ 20 m)。灌浆孔(或排气孔)在跨内高点处设在孔道上侧方,在跨内低点处应设在下侧方。泌水管设在每跨曲线孔道的最高点处,开口向上,露出梁面的高度一般不小于100 mm,泌水管用于排除孔道灌浆后水泥浆的泌水,并可二次补浆(图10)。波纹管上可先不打孔,待孔道灌浆前再用钢筋穿过泌水管打穿波纹管。

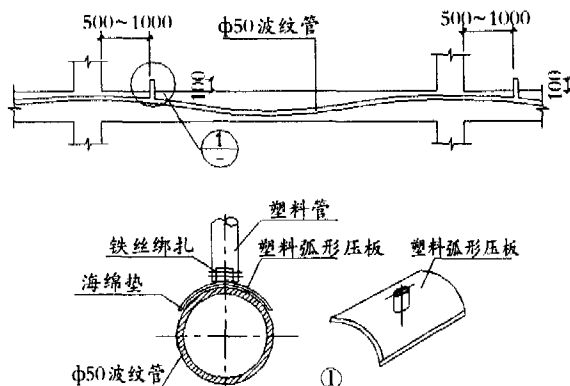


图10 灌浆孔留设大样

4.3 无粘结预应力筋布设

4.3.1 下料制作

无粘结预应力筋包涂完成后,按图纸尺寸及千斤顶夹持长度编号下料,用砂轮切割机切断,套上螺旋筋和底托板,将固定端挤压成型,缠绕成盘后运到施工现场,分类堆放;有破损用塑料水密性胶带缠绕修补,破损严重应予以更换。

4.3.2 铺筋次序

绑扎普通钢筋,安装梁中控制点支架,布设无粘结预应力筋,安装张拉端配件。

4.3.3 布设

(1) 按图纸标高在已就位的梁箍筋上焊接 $\phi 12$ mm 支托,间距约2 m,从固定端穿入梁内并从张拉端穿出,用铁丝绑固。

(2) 张拉端单根无粘结预应力筋应套好螺旋筋、承压板,承压板与加厚板筋焊接固定,保证无粘结预应力筋中心线与承压板垂直。

(3) 每根用塑料组合穴模套在张拉端锚垫板外露出的预应力筋上,为将来安装千斤顶预留出斜槽。

(4) 检查无粘结预应力筋的标高是否符合设计要求,外皮是否破损。

4.4 后浇带位置特殊处理

在后浇带位置的预应力筋采用镀锌波纹管;后浇带处梁内预应力筋搭接如图11;跨过后浇带的预应力筋,

须等后浇带浇注完毕,方可张拉预应力筋。

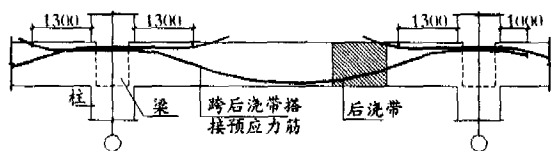


图 11 后浇带处梁内预应力筋搭接

4.5 混凝土浇注

普通钢筋、预应力筋铺放和端头固定完成,隐蔽验收合格后,方可浇筑混凝土。

混凝土及外加剂中对预应力筋有侵蚀作用物质的含量应符合国家有关规范标准要求。

混凝土浇筑振捣密实,尤其预应力筋张拉端及固定端处。混凝土振捣过程中不要使预应力筋、波纹管、支撑钢筋和锚具的位置发生变动,严禁踩踏预应力筋张拉端,严禁用振捣棒直接接触预应力筋和波纹管。混凝土浇筑完成后做好养护,防止产生收缩裂缝。每区段多预留两组试块作同条件养护用以确定预应力筋的张拉日期。

4.6 预应力筋张拉

4.6.1 张拉前的准备

(1) 千斤顶和油表配套送试验室标定,根据校验报告计算出张拉力所对应的油表读数。

(2) 张拉前对预应力结构构件两侧模板及端部模板拆除,并将张拉端槽孔和外露钢绞线剔凿清理干净,满足安放锚板及千斤顶张拉就位,在结构边缘位置张拉须搭设千斤顶张拉操作平台。

(3) 按照下面公式计算出预应力筋理论伸长值,报监理审核确认。

$$\Delta L = \int_0^L \frac{Pe^{-(kL+\mu\theta)}}{A_y E_s} dx = \frac{PL}{A_y E_s} \left[\frac{1-e^{-(kL+\mu\theta)}}{kL+\mu\theta} \right]$$

式中: P 为预应力筋的张拉力(N); l 为从张拉端至计算截面的孔道长度(m); θ 为从张拉端至计算截面曲线孔道部分切线的夹角之和(rad); k 为孔道每米局部偏差对摩擦的影响系数,取为 0.001 5; μ 为预应力筋与孔道壁的摩擦系数,取为 0.25; E_s 为预应力筋的弹性模量(MPa); A_y 为预应力筋的截面面积(mm²);

(4) 同条件养护的混凝土试件送试验室检测,混凝土抗压强度报告呈报监理工程师确认后,方可进行预应力筋的张拉;有粘结预应力混凝土达到 90% 设计强度后张拉;无粘结预应力混凝土达到 75% 设计强度后张拉。

4.6.2 张拉顺序

先张拉下层预应力筋,再张拉上层预应力筋;先张

拉次梁内预应力筋,再张拉框架梁内预应力筋。张拉时对板内预应力筋采用顺序张拉的方式从一边向另一边进行张拉,对单根梁内各孔预应力筋则采用从中间向两边对称进行张拉。

4.6.3 张拉控制力

$$\begin{aligned} \text{张拉控制应力 } \sigma_{con} &= 75\% \times f_{ptk} = 0.75 \times 1860 \\ &= 1395 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{单根预应力筋张拉力 } N_{con} = 195.3 \text{ kN}.$$

4.6.4 张拉程序

$$0 \rightarrow 0.1 \sigma_{con} \rightarrow 103\% \sigma_{con} \text{ 锚固 (有粘结)}$$

$$0 \rightarrow 103\% \sigma_{con} \text{ 锚固 (无粘结)}$$

4.6.5 安装锚板及夹片

在张拉槽孔清理完毕后,将锚板从预应力筋端部套入并贴紧承压垫板或喇叭管,注意工作锚板与锚垫板对中,然后将夹片放入锚板内并打紧,各夹片应间隙均匀,端部齐平。

4.6.6 张拉

启动油泵进行预应力张拉,有粘结预应力筋张拉 $0.1 \sigma_{con}$ 时量千斤顶外露长度 L_1 ,加荷至 $1.03 \sigma_{con}$ 一次张拉,量千斤顶外露长度 L_2 后回油,撤掉千斤顶并作记录;无粘结预应力筋在张拉前量预应力筋自张拉端垫板的外露长度 L_1 ,加荷至 $1.03 \sigma_{con}$ 一次张拉后回油撤掉千斤顶,量自张拉端垫板的外露长度 L_2 并作记录。每根构件张拉完毕后,应检查端部和其他部位是否有裂缝,并填写张拉记录表;张拉时如发现混凝土破裂应立即停止张拉,待查明原因并妥善处理后方可继续张拉。

通过油表读数及伸长值测量对预应力筋张拉实行双控管理,实际伸长值与理论伸长值的差值 $-5\% \sim +5\%$ 范围满足规范规定的 $\pm 6\%$ 。

4.7 灌浆与封锚

4.7.1 灌浆

有粘结钢绞线张拉完后静停 12 h 进行观察,如未发现异常则尽快进行孔道灌浆(一般不超过 72 h),以防预应力筋锈蚀或松弛。

灌浆用 42.5 MPa 普通硅酸盐水泥,水灰比为 0.4~0.45,水泥浆内掺减水剂的氯盐不得超标,水泥浆抗压强度 ≥ 30 MPa。

灌浆前清除管道内杂物,保证管道畅通。压浆次序自下而上,压浆从一端压入(两跨宜从中部压入),一次压满,待另一端溢出浓浆后,封闭出浆管,并检查确认无漏浆时封闭进浆管,然后撤除压力。输浆压力 ≥ 0.5 MPa,输浆管长度 ≥ 30 m 增加 0.1~0.2 MPa。水泥浆自调制至压入管道的间隔时间不得 > 40 min。

(下转第 108 页)

拉端穿入钢管。拉索就位后安装张拉端锚具。

卷扬机摆放在锚固端,用于牵引穿索钢绞线。打磨锚垫板安装锚具并在固定端锚具底部安装垫块(图5),使其锚具于钢绞线截面垂直,减小锚具与钢绞线磨擦。

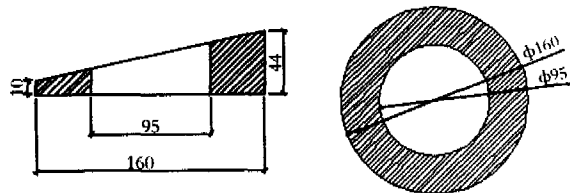


图5 锚具底部安装的垫块

3.4 索的张拉

张拉前对已标定的张拉设备和锚具应做仔细的检查,确认无误后先将每根索拉紧,然后对7根索同时进行张拉。张拉采用一端张拉,一次张拉到位。

(1) 张拉设备选用。张拉设备选用150 t千斤顶。

(2) 张拉时的技术参数及控制原则。预应力张拉有2个主要技术参数:张拉力和张拉伸长值。通过以下张拉控制措施保证张拉索力值:①张拉操作前,对千斤顶、油压表和油泵进行标定。油压表采用0.4级精密油压表,与油泵配套标定。②拉索张拉过程中,对张拉伸长值进行测试,其值为135~140 mm。③现场实际张拉采用百分表固定于最下层挑梁端部进行控制,现场实际张拉应力为抗拉强度标准值1860 N/mm²的0.56,即1041.6 N/mm²;最下层挑梁端部向上挠度为0.75 mm,未发现裂缝,张拉顺利完成。

(3) 张拉力的控制还可以通过应力测试的方法进行,即在每根挑梁的端部斜拉管处粘贴应力应片,通过张拉前后应力变化差值判断挑梁受力是否符合在斜拉管的作用下同时工作的设计意图。

3.5 锚具的保护

待张拉端张拉调整完成后,切除多余钢绞线,外露长度不小于30 mm;安装防松夹板,端部锚具用密封罩(图6),罩内注入建筑1#油脂防腐。

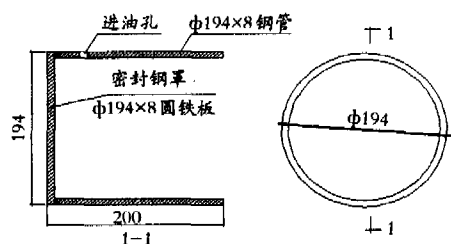


图6 密封钢罩

4 结束语

该工程采用斜拉管预应力结构形式,它解决了约束

条件下空间结构体系的稳定性问题,满足构件的受力性能要求,同时也满足了空间造型美观的要求。通过对此结构的总结,希望能为今后同类工程提供参考。

(上接第103页)

灌浆完后相隔1 h对每个排气孔进行人工补浆,待所补水泥浆初凝后即可切除排气孔。每班做1组7.07 cm³标准试件,标准养护28 d用来评定水泥浆强度。灌浆工作完毕后,应全面彻底清洗设备。

4.7.2 切割封锚

有粘结预应力筋在孔道灌浆完成24 h后即可对锚具夹片3 cm外多余预应力筋进行切割;无粘结预应力筋张拉锚固后,可切割锚具3 cm之后多余预应力筋,涂防腐油脂的专用塑料保护帽套牢锚具端面、夹片及外露的钢绞线。切割采用角磨机逐根进行,不得采用气割或电焊。

切割完成后将张拉端附近混凝土表面清理干净,扫一道水泥浆,用C40微膨胀混凝土封堵,并捣筑密实。

5 结束语

应用预应力混凝土技术降低了结构钢筋及混凝土的用量,提高了结构的刚度及抗裂要求,有效地减少了混凝土裂缝的产生,提高了地下室的防水抗渗性能,减少伸缩缝的留设。底板、侧板固定端锚具采用梨形压花固定端锚具,施工方便,节约钢材和人工。地下停车库已完成几个月,未发现裂缝、渗漏现象。

● 广告 ●

钢 结

构 网

WWW.C S C-E.COM

广州市粤湘信息服务有限公司

电话:(86-20)84241762

传真:(86-20)84237527

电子邮件:csc@csc-e.com