

大跨度预应力鱼腹梁工具式组合内撑 在深基坑工程中的应用

胡炜

中交建筑集团有限公司

摘要: 本文以融腾智造园项目5#楼的深基坑为例,详细说明了深基坑及周围环境的关系。预应力鱼腹梁工具组合内支撑技术是通过前期的研究和考察,在设计方案的比选过程中选用的一种深基坑内支撑方法。通过介绍该技术的施工工艺流程和经济比选,明确了大跨度预应力鱼腹梁工具组合内支撑施工技术在深基坑中良好的应用前景。该技术对于我国深基坑支护的建筑工业化和装配化施工技术创新具有积极的促进作用。

关键词: 深基坑、预应力; 鱼腹梁

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.11.222

一、工程概况

项目位于无锡市梁溪区汇太路与创新路交汇处东北侧。规划建设建筑高度56米的9层洁净厂房,项目占地面积12797.4平方米,总建筑面积53292平方米,其中地下建筑面积9309平方米,地上建筑面积43983平方米,共包括地下1层和地上9层。项目相对标高±0.00m,相对绝对标高+4.60m,基于上述条件,项目现场自然绝对标高+4.40m,基坑开挖深度区间5.90-7.70m,开挖面积约10425.149平方米,周长407.073米。基坑工程设计施工年限1年,安全等级二级。根据地勘报告中提到,拟建场址下至深度70.00米处,地层为以杂填土、粉质粘土、粉质粘土夹粉土、粉砂夹粉土等为主的第四系全新统、更新统沉积物。

二、项目周边环境

项目东至华清路,西至创新路,南至汇太路,北至在建工程数据中心,项目地库线距离红线较低,平均约4-5米,项目南侧紧邻一条高压线,同时周边已有在建道路完工,周边道路管线复杂,工程用地紧张,项目场平布置困难,导致基坑支护无法采取放坡的条件,故本项目中只能采取垂直支撑加内支撑的形式进行基坑支护。

三、设计方案比较

根据工程基坑周边环境及分析,目前一般采用现浇混凝土内支撑和钢支撑(型钢)两种传统的内支撑形式。现浇混凝土内支撑具有变形小、刚度大的特点,但其施工工期长且拆除时噪声大,对环境有危害,同时该材料难以回收利用。另一种形式的支护是钢支撑,它的自重较轻、施工速度较快,同时材料可以回收再利用,从而降低了造价。但钢支撑并没有太大的刚度,基坑会产生更多的变形,为了解决这个问题,往往需要采用水平支撑和抛撑相结合的形式来进行支护,然而,这种形式的支护会导致土方开挖变得困难,并且对地下室的施

工工期产生影响。

本项目采用大跨度预应力鱼腹梁工具组合内支撑技术,针对上述问题,根据选型方案的不同,结合工程基坑的实际情况。通过对鱼腹梁进行装配和预应力控制的工艺,实现了将钢支撑系统与基坑墙壁紧密结合的效果,使其成为一个整体刚性结构,从而实现了基坑的稳定加固。大跨度预应力鱼腹梁工具组合内支撑施工技术是采用先进工艺和绿色环保的预应力原理开发而成的一种具有较大跨度基坑内支撑结构。它利用H型钢在支座(或角撑)上按住鱼腹梁两端,通过预拉力作用于鱼腹梁下弦钢纹线,使整个大跨径鱼腹梁有向坑外移动的趋势,从而达到刺激坑外被动土压的目的,达到控制移位的目的。通过对鱼腹梁两端的支撑施加预压应力,可以建立一个稳定的、闭合的受力体系,以实现大跨度的要求。

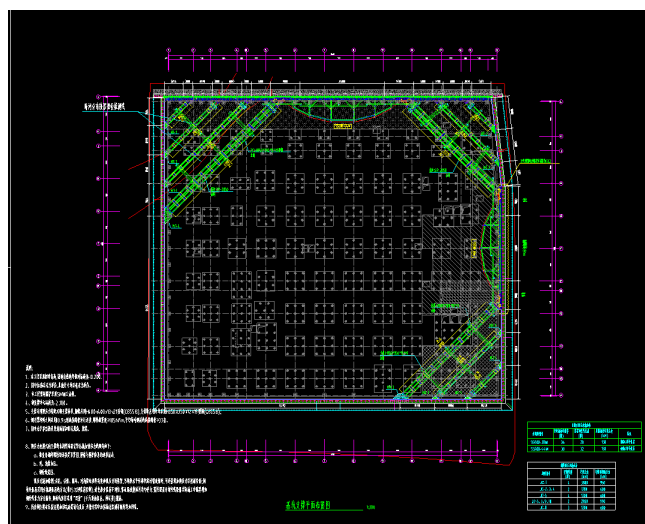


图2 设计方案平面图

四、施工流程及控制要点

(一) 施工流程

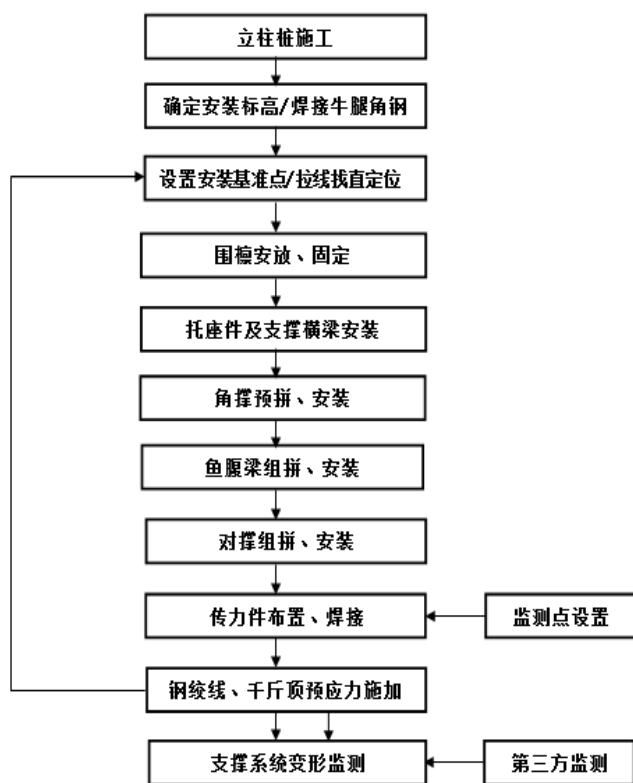


图3 施工流程图

(二) 主要阶段和施工控制点

1. 施工准备

根据设计文件，需要使用全站仪和水准仪对业主委托的测绘单位提供的导线点和水准点进行实地复测，这些结果将被提交给监理工程师进行审核和批准，以确定导线点和水准点的坐标数据，并将其作为施工测量控制的基准。接下来要进行施工控制网的部署，设立施工控制网节点，以保证满足施工测量的要求。

施工现场技术人员努力学习设计图纸、技术操作规范以及施工质量标准，以提高他们的技术水平。在施工过程中，每一位施工人员都一丝不苟，严格按照方案，按照设计标准进行施工。

工程施工开始前，项目部根据施工特点，在安全、质量、文明施工等方面逐级进行教育和交底工作，确保安全技术措施落到实处，提高现场员工安全、质量、文明施工的自觉性。

2. 型钢立柱施工

建筑工地需要对放样资料进行测算和复核。放线采用坐标法，先按照定位图纸和桩位图计算每根桩的座标，分别由不同的计算人员和校对人员自主校对、校对，最后签字确认后方可放线。

施工现场进行样桩放样和复核工作，严格遵守施工要求。先放好样桩，再用机械插上型钢，确认好后就可

以进行下一步的工序。桩位偏差宜在30mm。

插桩完成后，通过使用两根90°方向的铅垂线，检测竖柱杆身的垂直程度，保证桩在土壤中的垂直偏差不得超过桩长的0.5%。

桩的施工采用钢插入法。DS3测量仪需要安装在送桩过程中。根据现场实际情况和设计要求，使用DZ-60液压振动锤将立柱振动送入到设计标高，这期间需要根据插入型钢的长度和桩底标高进行调整。

如果型钢在插入时无法正确对准桩位，应立即将其拔起重插。如果因碰到地下障碍物而出现偏离桩位的情况，也应立即拔除型钢，待其回填完毕后，再将地下障碍物清除干净。再次插入“样本桩”并再次插入桩。

插钢时注意型钢腹板的方向。根据设计图，技术人员在现场用一段2.35米长的白型钢定位线，将立柱桩腹板方向的一侧翼板方向标注出来，确保型钢翼板与白型钢定位钢线在插型钢时能够紧密贴合在一起。

桩顶标高严格按设计图把关，严禁超量投料。桩顶高度误差控制在+3厘米左右。

3. 牛腿结构

牛腿的位置和高度要根据设计图来决定。

基坑周围被保持同一水平面的钢制牛腿置于闭合边缘，其上包围的中心线允许在±2毫米的高度上不会有太大的落差。

牛腿在焊接之前，需要彻底清理围护桩连接部位的保护层，使型钢暴露出来，以便于连接钢板，并且进行牛腿的焊接。

焊接完成的钢制牛腿，需要确保其三个连接部位牢固可靠，禁止出现扭曲、虚焊的问题，其稳定性要足够好，不能出现扭曲、虚焊、虚焊等横向缺口必须在2度以内，仰角必须大于等于90度，但不能超出95度。

牛腿的垂直度、标高、水平度等参数需要测量技师在牛腿与围护结构的钢件对接过程中全程监控。

现场质检员依据GB50205《建筑钢结构焊接技术规范》对现场焊接作业进行了质量检查，检查内容包括坡口、缝隙及焊接部位的钝边等。

4. 定位控制

需确认轴线基准点后方可固定。基坑内相邻的两个转角的基点可以用全站的坐标计算来测量，或者在任意两个点的正中间的一个围挡上定位在外缘线上。平面安装定位通过这些基准点，采取两点一线挂线或挂线的方式进行。要求在牛腿上定位围樨并标注相关标识。轴体实际安装时的偏差要求不大于±20mm。

拉线所用的线材一般都是弦线或棉线，建议直径在

0.8~1.0mm之间,具体选择要视拉线的远近而定。线坠是为了确定中心而使用的,其大小不确定,一般直径应在25~50mm之间。要做到线坠重要部位准确无误,做到心中有数。

在基准中心点以外的位置,用拉力(拉力应为线断力的30%~80%)牢固地安装绞架,拉直弦线或棉线。然后在牛腿上面做标记,这样就能控制好仓位的摆放。

为了确保外侧围护结构在施加预应力后,受力均匀,基坑内侧的壁钩单边定位线应符合一条直线的要求。

5. 檩条安装

为减少接头数的同时,也保持了围檩式的长度不变,因此在安装围檩式时遵循了“先使用较长的围檩式,以减少接头数”的原则。

吊装围檩时,按支撑架设置的先后次序,一节一节地进行。可以使用吊机或挖机配合人工进行操作,将钢制围檩放置在牛腿支架上。在对铁钎就位后,检查钢制牛腿是否有松动,如果确实松动,需要立即补焊加固钢制牛腿。

围檩定位的方法是在已测量并放线后,将围檩移动到角钢上的围檩定位标记位置。

为了保证围檩的连接和搭接,必须有足够强度的连接和搭接用磨擦型高强度螺栓进行紧固。

6. 安装支架和支撑梁

安装支架组件时,需要控制其水平高度。推托座件顶部平面的水平标高可以通过角撑、对撑和鱼腹梁的定位标高来实现,但误差不能大于 $\pm 5\text{mm}$ 。托座上的部标高可以通过支承结构中心标高减去(H型钢二分之一规格加上支承梁规格和支承梁规格)来计算。

安装托座件时必须严格控制垂直度要求,即使立柱发生偏移,也必须使用垫板调节以达到垂直要求。若立柱高度定位错误,可用槽钢代替原托与支梁连接,则需将氧乙炔现场开至支梁及原托,但要注意控制开孔大小,以免受力后发生螺栓滑脱,支梁与支梁应连在一起,应先将氧乙炔现场开至支梁及柱和托座的连接螺栓,安装时必须保持前后一致的方向。

支座部件安装完毕后,需要保证与钢柱桩的牢固配合,这时就需要使用扭矩必须达到200牛米规定要求的摩擦型高强度螺栓。

施工人员必须在施加预应力前或预应力后进行检查,确保支梁与角撑、鱼腹梁的连接有效(仅限大跨径)。角撑需要使用高强度的螺栓进行紧固,使预应力支撑系统的整体刚性得以提高。

7. 角撑安装

安装和施加预应力困难是由于存在角撑和围钎夹角的问题。每一个角撑在安装之前都需要事先在地面上进行拼接,并且在拼接好之后还要检查一下支架的直度是怎样的。拼接支承的两头,包括千斤顶和T0构件,应控制不超过2cm的偏心度。通过检查合格后,按照不同的位置进行整体吊装,使其就位。

在角撑预拼过程中,需要使用高强度螺栓进行牢固连接,如WA部件,特制的千斤顶,T0部件等。此外,还需要在特殊千斤顶的十字架中间位置设置,即在拆卸时容易卸掉预应力的前后各留出三丝空隙。

在部分角撑连接时,必须使用相应厚度的钢板填充,以防受力后支撑系统产生偏心,如果各部件之间留有多余空隙。

8. 鱼腹梁安装

在安装鱼腹梁时,为了保证螺栓的紧固力符合设计和规范的要求,必须在地面上按照设计好的跨度预先拼装好。

每隔一段时间,需要对安装的千斤顶和油表进行校准,同时要将校准结果做好记录。

用砂轮机切断预应力筋下料时,不能用氧、乙炔切割,也不能用电焊切断,以免造成灼伤预应力筋。

钢丝施工要求:

计算出的 $L/5000$ 应小于等于5,当同束长度相对差大于20米时,每次抽查2束。

将已完成预拼的鱼腹梁整体吊起,放在支承牛腿上,通过人工拖动两端,经支承吊起后,保证了支承的整体顺畅。

千斤顶施加的张力要保证与预应力筋的轴心完全吻合,这是在进行拉力工作时必须做到的。在没有设计规定的情况下(需与设计及时沟通),应保证实际伸长值与理论伸长值之间的差距符合要求,并在 $\pm 6\%$ 范围内保持差距,否则需停止张拉,直至确定原因后方可继续张拉,并采取相应的调整措施。

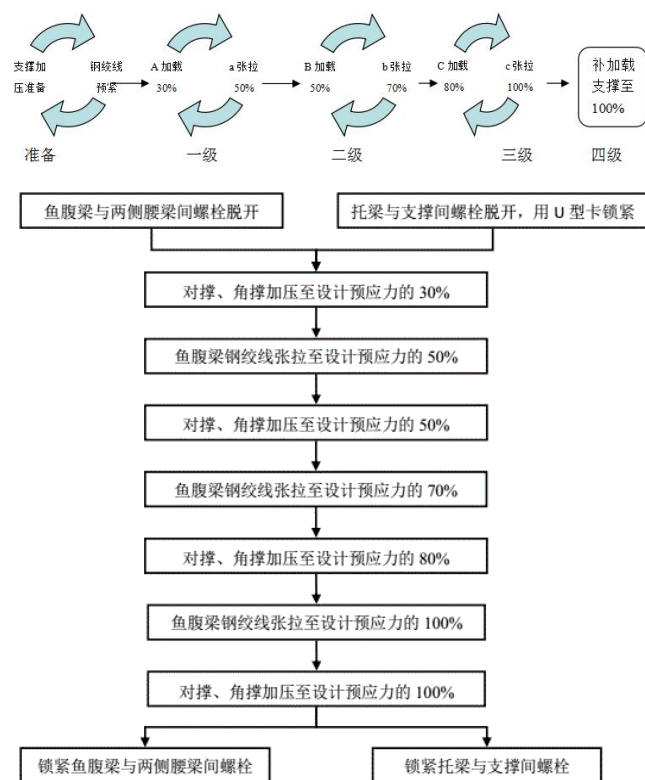
依次按顺序依次进行钢绞线的张拉过程,并考虑到束间摩擦阻力的作用。为此,我们分三次进行了张拉工艺,以达到设计应力的目的。首先进行第一次拉力,使设计应力达到张力的20%;再作二次张拉,使设计应力上升至张力的70%;最终,在设计应力达到百分之百之前,张力会在张拉中第三次逐渐增大。确保达到设计规定的应力要求后,完成鱼腹梁钢束张拉。

9. 预应力应用

(1) 预应力应用的顺序和原理:

顺序:对撑→角撑→鱼腹梁

原则:分区、分级、循环。以下为单个区域循环加压过程



(2) 预应力应用要求

各构件装配完成后，需要按照特定的顺序施加预应力。

确认各部件螺栓的连接是否牢固，同时确认螺栓与围护系统之间的连接条件，并对螺栓与围护系统之间的连接条件进行确认。

在接受检查验收通过之后，需要先给角撑施加压力，然后再对鱼腹梁使用钢绞线进行加压。

(3) 预应力施加时的注意事项

①张拉前需校准设备，如张拉器，油缸，油表。

②已经安装好的相邻支架在施加新的预应力支架后，受力可能会减小，所以预应力可以按照设计要求进行追加。当墙体水平位移率超过警戒值时，为了控制变形，需要使用具有复加预应力的装置——支撑连接件，使预应力适当增加。

③在施加预应力时，应及时检查各接点的衔接情况，将预应力的施加过程记录下来。严禁因不能均匀接触预埋件而在施加预应力后造成偏心受压的支撑。受力后，为了避免基坑壁面水平位移不断增大、支撑不稳等现象的发生，需要严格检查并排除支撑和受压面不垂直而产生的渐变问题。

④加压时，通过在千斤顶后部设置钢板来保证千斤顶油缸伸出不超过10cm的长度，从而对油缸长度进行调整。

⑤支撑的加压严格按照设计图上提供的轴力进行，不允许在不到位或者超负荷的情况下进行加压。

⑥拉伸钢绞线时，首先要检查拉伸区和接合区（包括焊接处和传力件螺栓接合处），然后再进行拉伸钢绞线的施工作业，这样才能完成拉伸钢绞线的工作。

在进行钢绞线张拉时，需逐根操作，采取分批（按15%的超张拉控制）超张拉的方法，确保避免部分拉得不到位，使受力达到整齐划一的要求。

首先，在给钢绞线施加拉力时，要按照张拉荷的50%、80%在图纸上注明的比例来执行。待稳定后再装入百分百荷载，15分钟在这个张拉荷载下不间断。锁死操作前观察锚头有无移位现象。

10. 监测应力及变形

工具式支撑系统通常与包含构件整体水平位移和轴向变化的基坑监测同时进行。

总体水平位移监测是根据工程大小确定所需数量，通过固定监测点的位置在与钢钎平行的正上方，采用拉钢丝线固定并设置铝质发射板的方式监测。检查频率：正常为每日2-3次，不正常为每日4-6次。

装配式钢支撑构件主要受力点采用弦式反力计或应变片直接布置，通过传导电缆导线整合变形应力，从而实现对构件轴力的监控。监测频次一般在一天1-2次，出现异常时可增加到3-6次。

监测结果由专业人员进行分析并及时通知有关方面，同时对报警值的控制严格按照设计指标执行，直至基坑开挖结束，结构混凝土达到预定强度为止，通过连续监测过程。

六、结束语

地下空间日益匮乏，周边采用自然放坡支护形式越来越少，这在城市不断发展的今天，于是就有了大跨度预应力鱼腹梁，采用工具式组合内支撑施工工艺。这种施工技术既便于建设，又能起到有效的配套作用。目前，该技术已成功应用于融腾智造园A、B块建设项目，并取得了显著的效果和明显的优势。值得关注的是，该技术是基于深基坑支护系统打造而成。无锡有很多土质较差的地区，这些地方存在着许多工程建设项目，而这个成果可以被广泛应用和推广。

参考文献

[1] 李增玉, 马秀玲, 蒲伟. 预应力鱼腹梁工具式组合内支撑施工应用[J]. 低碳地产, 2016, 2(018): 24.
 [2] 方年春. “装配式预应力鱼腹梁钢结构支撑技术的应用.” 山西建筑 43.13(2017): 2.