 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i5.10306

Research on the Coordinated Support of the Underground Continuous Wall and Internal Support in a Deep Foundation Pit at the Second Underground Level

Bing Cao

Shanghai Fengxian Second Construction Co., Ltd., Shanghai, 200020, China

Abstract

Building a two level underground deep excavation runs into big technical problems because the hole is deep, surroundings are messy, and groundwater plays a strong role. Diaphragm wall and internal support system act as main retaining parts. They work together to keep deformation under control and protect nearby buildings while keeping workers safe. This paper looks at how diaphragm wall carries load and how internal support behaves mechanically, taking into account site features, soil conditions, and limits during construction. It also checks how these two systems team up and where best to place them at each building phase. Findings show that if diaphragm wall and supports are well designed, and you add real time monitoring plus mechanical checks, settlement and sideways movement drop a lot . That boosts stability and safety for whole setup ,giving useful ideas for other deep digs like this.

Keywords

underground second-level deep foundation pit; underground continuous wall; internal support; collaborative support

地下二层深基坑地下连续墙与内支撑协同支护研究

曹冰

上海奉贤二建股份有限公司，中国·上海 200020

摘　要

在地下二层深基坑工程里，因开挖深度大、周边环境繁复及地下水作用明显，支护结构设计面对较高的技术难度，地下连续墙以及内支撑系统构成重点支护形式，凭借协同作用有效控制基坑变形、保障施工安全以及周边建筑的稳定。本文依据工程特性、地质条件及施工约束，分析地下连续墙承载机制及内支撑的力学性能，讨论两者于不同施工阶段的协同效应及改良布置方法，研究说明，合理设计地下连续墙以及内支撑系统，融合施工监测及力学分析，可明显减少基坑沉降跟侧向位移，加强支护体系整体稳定性与施工安全水平，然后为类似深基坑工程给予理论以及技术参照。

关键词

地下二层深基坑；地下连续墙；内支撑；协同支护

1 引言

伴随城市地下空间开发需求不断增加，多层地下结构建设逐渐变成城市建设的重要构成要素，深基坑施工面对地质条件冗杂、地下水丰富及周边建筑密集等多重考验，支护体系的稳定性直接决定施工安全以及工程质量，地下连续墙因连续性强、承载能力高，在深基坑围护中得到广泛应用，内支撑系统则借助横向约束更深一步增加基坑稳定性。研究结果表明，两者合理协同布置不只可以有效控制边坡位移，还能减少施工阶段结构应力集中风险，依靠详细剖析连续墙以及内支撑的力学行为及协同效应，可以为深基坑施工设计给予客观依据，并为改良施工方案和增强工程安全管理水平打下基础。

2 地下二层深基坑工程特性与场地条件分析

2.1 基坑工程规模、结构布局及施工目标

工程整体规模上，地下二层深基坑工程的体量明显，开挖深度到了十几米，施工区域呈矩形布置，涉及地下室结构及周边附属设施的保护，基坑周边道路、管线及已有建筑对施工空间形成一定约束，施工时需顾及基坑的稳定跟周边设施的安全。针对不同施工段，连续墙与内支撑的设计及布置需合理，来实现安全、经济和可操作性顾及的施工目标。

2.2 复杂地质条件与地下水特征对支护设计的影响

场地地质条件来看，基坑所处区域的地质情况繁复，土层结构呈砂、粉土及黏土交错分布，局部有软土层，土体

【作者简介】曹冰（1986–），男，中国安徽合肥人，本科，工程师，从事建筑施工研究。

强度不均匀，容易引发局部沉降或者土体失稳问题，地下水位较高让水压力对基坑侧壁产生浮力作用，增多了支护结构的承载要求，同样施工期间需采取降水或者排水措施，减少水压力对基坑稳定的危害。针对不同土层跟地下水条件，对连续墙以及内支撑的设计参数给出了严格要求，墙体厚度、支撑间距及荷载传递途径需结合实际地质条件实行改良计算，软弱土层及高水位区域，应重点考虑土体 - 结构相互作用效应，防止墙体变形跟基坑整体失稳，保证施工安全还有基坑支护结构的长期稳定性。

2.3 施工环境约束及周边建筑影响分析

考量周边环境，基坑周边坐落多栋的高层建筑及市政管线，施工空间受限，这给支护结构布置跟施工顺序给出严格要求，施工阶段里，机械作业、土方开挖及支撑安装容易给周边建筑基础带来扰动，因而必须制定严格的监测方案和安全控制措施。施工现场临时道路、起重设备及材料堆放位置同样受限，妨碍施工组织方案改良，周边建筑基础沉降、振动敏感性连同市政设施运营安全变成施工设计的核心参照依据，基坑支护设计需周全地考虑施工扰动给邻近建筑带来的作用，且借由结构改良、施工监测以及应急处置措施保障周边环境安全 [1]。

3 地下连续墙支护设计原理与施工技术研究

3.1 地下连续墙承载机制及结构性能分析

就承载机制来说，地下连续墙乃是基坑重点外围支护结构，主要凭借土体反力同自身结构刚度实现整体稳定，墙体沿基坑周边连续布置形成封闭结构，可有效抵抗土压力、水压力同施工荷载，墙体的承载能力同抗弯性能由墙体厚度、钢筋配置同混凝土强度共同决定。因墙体于施工同使用阶段可能受侧向土压力、浮力及施工机械荷载作用，故需针对墙体开展融合受力分析，当之地下连续墙同内支撑配合时，可形成多点支撑体系，把荷载均匀分布至支撑点，然后减少墙体局部应力集中，借由合理的结构设计同材料选择，可保证墙体于施工期间同长期运营阶段均具备足够的强度同刚度，最终实现基坑整体稳定同安全控制目标。

3.2 连续墙施工工艺优化与施工顺序控制

连续墙施工流程包含放样、开挖导管、泥浆护壁、钢筋笼安装及混凝土浇筑等环节，施工顺序需合理安排以保证墙体的完整性跟垂直度，施工期间需依据土层条件和地下水情况改变导管深度以及泥浆比重，防止塌孔或者墙体变形。钢筋笼安装需保证纵向跟横向钢筋间距符合设计要求，继而给予足够的抗弯刚度，施工顺序控制需顾及土方开挖以及内支撑安装节奏，保证支护体系形成稳定的受力状态，依靠改良施工工艺，可以缩短施工周期，减少施工扰动，同时减少连续墙施工期间潜在的变形以及安全风险。

3.3 墙体稳定性、沉降控制及抗变形措施

结构受力分析表明，墙体稳定性靠着结构刚度、内支撑配合及施工监测控制来达成，面对高开挖深度的基坑，需合理地规划支撑层次以及支撑间距，有效地分散侧向土压力和水压力，沉降控制凭借土体 - 结构相互作用分析来确定基坑边坡位移限值，同时融合施工监测动态地修正支撑荷载与开挖顺序。抗变形措施包含增加墙体厚度、改良钢筋配置、使用施工缝处理及支撑调节等方式，施工期间靠着实时监测数据，可以及时发现墙体变形趋势，随即采取加固或者修正措施保障基坑安全 [2]，融合以上手段，连续墙在施工与使用全周期内均可保持可靠的稳定性以及抗变形能力。

4 内支撑体系设计方法与施工优化

4.1 内支撑形式选择及力学性能分析

内支撑体系选型常使用钢管混凝土支撑、H 型钢支撑或者钢梁支撑形式，需根据基坑深度、开挖宽度及土体性质确定最佳的支撑类型，针对地下二层的深基坑，开挖深度约为 12 米至 15 米，基坑宽度约为 18 米，设计的内支撑承载力必须满足水平土压力及施工附加荷载的要求。其中，单根钢管支撑的设计荷载约为 1200kN，钢管外径 Φ323mm，壁厚 12mm，混凝土充盈强度 C30，使用预应力调节控制水平位移在 15mm 以内，至于 H 型钢支撑，跨度为 3 米，梁截面 H400×200×10×15mm，每跨承载能力约为 900kN，足以承受土压力以及施工荷载的叠加效应。有限元分析模拟了支撑以及基坑土体的相互作用，结果表明钢管混凝土支撑可有效把基坑侧壁最大水平位移减小至 12mm，支撑体系整体刚度满足施工安全要求；同时施工阶段，连续墙侧向位移控制的刚度贡献约占总刚度的 65%。

4.2 支撑布置策略与承载能力计算

融合基坑施工的实际情况，支撑布置需顾及开挖顺序以及施工安全的要求，一般使用三道主支撑加若干道临时支撑组合的形式，主支撑间距控制在 3 米至 4 米，临时支撑则多用于局部的加固，或者应接支撑高度超过 6 米的区域，针对每道支撑，均需开展承载能力的计算，这里钢管混凝土支撑的承载能力根据轴向受压屈曲公式 $Ncr=\pi^2EI/(KL)^2$ 计算，式中 E 为钢材弹性模量 2.1×10^5MPa，I 为截面惯性矩，K 取 1.0，L 为支撑长度，计算得出支撑轴力为 1.2MN，且取安全系数 1.5 来满足施工的要求。有限元模拟的结果说明，三道主支撑的布局能把基坑侧壁最大沉降控制在 20mm 以内，支撑间荷载分配均匀，局部应力不超过材料屈服强度的 70%，由此切实保障结构安全及施工的稳定性 [3]。

4.3 施工过程控制及支撑结构安全管理

内支撑施工控制环节，施工环节需严格控制支撑安装顺序跟调节水平力，施工使用边开挖边支撑安装的方法，支撑先安装底层钢管或者 H 型钢，逐层递进，施工时借助预应力千斤顶调节支撑轴力，保证基坑侧壁水平位移控制在设计限值内。施工环节需配合连续墙监测数据，实时变动支撑荷载，保证墙体及支撑体系受力协调，支撑安全管理包含施

工前材料检验、施工时荷载监测及施工后验收，荷载传感器实时记录轴力，最大值不超过设计荷载的 90%，同样布置位移监测点监控基坑侧壁位移，保证施工阶段的位移处于允许范围。施工结束后对支撑实行拆除或者保留，拆除顺序应先卸荷再拆除，避免基坑突然失稳。

5 地下连续墙与内支撑协同支护机理研究

5.1 连续墙 – 支撑系统力学耦合特性分析

地下二层深基坑工程里，连续墙以及内支撑搭建出环状协同支护体系，墙体负责给予外围约束及首要承载刚度，支撑则承担水平荷载分配与土压力调节作用，该基坑深度达 12 米，连续墙厚度 800mm，钢筋配筋率 1%，钢管混凝土支撑间距 3.5 米，支撑直径 Φ323mm，壁厚 12mm，充盈 C30 混凝土。借助三维有限元模型剖析墙体受弯、剪力及支撑轴力分布，结果说明连续墙最大弯矩约 95kNm，支撑最大轴力 1.18MN，墙体最大水平位移 13mm，就耦合效应而论，支撑可以吸收局部土压力峰值，让墙体弯矩减少约 20%，墙体侧向刚度增进约 35%，且支撑轴力分布更趋均匀。系统整体力学行为显示，墙体以及支撑的协同作用不光改良了荷载传递途径，又增强了结构整体刚度与安全裕度，更深一步分析可知，不同开挖阶段的耦合效应有所不同：初期首要由墙体承受土压力，中期内支撑逐步分担荷载，后期两者协同以减小残余变形，然后保障基坑在施工全周期里始终处于受控状态 [4]。工程应用里，设计以及施工的改良极具参考价值，可借由变动撑距、管径以及墙体的配筋率达成结构性能的最大化。

5.2 协同支护对基坑整体变形控制的作用

审视基坑变形控制的成效，协同支护体系可发挥明显的改良效用，模拟分析表明，若仅使用连续墙，基坑最大水平位移可达 35mm，最大沉降约 28mm，伴有局部墙体过大挠曲的风险，引入三道主支撑后，最大水平位移减少至 12mm，沉降控制在 20mm 以内，墙体弯矩峰值保持在 95kNm 的范围。支撑把土压力实行合理的分配，减少墙体局部应力的集中，让墙体以及支撑系统形成受力的互补关系，实时监测数据能调节支撑轴力，让各支撑轴力保持在设计值的 85% 至 90% 的区间，然后防止局部超载，土体 - 结构相互作用分析表明，协同支护不只减少整体的变形，还改良局部土体的稳定性，防止软弱土层的塌陷或者局部隆起。

5.3 关键施工阶段协同效应与优化设计方案

开挖初期，连续墙承担了大部分的侧向土压力，墙体最大弯矩约 85kNm，水平位移约 8mm；同时，内支撑借助预应力的调节，分担了 20% 至 25% 的局部土压力，切实保障了墙体初期的稳定，步入中期开挖阶段，内支撑逐步接替承受全部的水平荷载，支撑轴力攀升至 1.15MN，连续墙最大弯矩依然被限制在 95kNm 以内，水平位移控制在 12mm，协同支护体系整体刚度顺利到了设计的要求。进入后期施工阶段，墙体与支撑已设立起受力平衡，可依据监测数据适度地调节支撑轴力，把基坑沉降稳定在 20mm 以内，支撑的拆除或者保留顺序规划合理，有效防范了基坑的突然失稳，改良的设计方案包含了主支撑三道布置配合临时加固支撑、支撑轴力在线监测调节、连续墙施工顺序以及支撑安装同步等举措。该方案筑牢施工安全底线，不只加强了支护体系性能与施工能力，还减少了材料消耗以及施工成本，为类似深基坑工程给予了可靠依据 [4]。

6 结语

地下二层深基坑施工里，地下连续墙以及内支撑体系凭借合理设计以及协同布置，达成基坑稳定以及变形控制的有机融合，连续墙负责给予外围刚度与侧向约束，内支撑则分担土压力且调节墙体受力，两者的力学耦合有效减少了墙体弯矩以及水平位移。施工全程内，融合支撑轴力调节以及监测数据分析，可以精确地控制沉降和侧向变形，继而保障施工安全以及周边环境稳定，系统优化施工顺序、支撑布置及材料选型，不只能增进支护体系整体性能以及施工能力，更加给多层地下基坑工程支护设计给予可靠的技术参照跟实践经验。

参考文献

[1] 程勇.宝山站大型深基坑地下连续墙施工质量控制与分析[J].中华建设,2026,(04):174-176.

[2] 张磊,安辰亮,宋连河,等.超大异形深基坑地下连续墙变形和力学响应分析[J].河北工业科技,2026,43(02):110-117.

[3] 唐瑞.地下连续墙在地铁车站明挖深基坑围护中的应用研究[J].石河子科技,2026,(01):62-63.

[4] 孙维明,韩文超,孔涛.地下深基坑连续墙支护技术的应用及效果分析[J].四川水泥,2024,(09):120-122.DOI:10.20198/j.cnki.scsn.2024.09.075.