

超深地下连续墙混凝土的研制与应用

何俊

上海材六科技有限公司 上海 200137

摘要: 本文全面且深入地呈现了超深地下连续墙混凝土从研制直至应用的完整过程。伴随工程建设朝着深部地下空间拓展,超深地下连续墙在诸多复杂工程中广泛应用,这对其所用混凝土性能提出严苛要求。文章开篇介绍超深地下连续墙的工程背景,随后深入探讨混凝土原材料的精准选择原则与具体考量要素,此为保障混凝土优良性能的根基。接着,通过严谨的配合比试验与优化,成功研制出满足C35P12水下强度等级的超深地下连续墙混凝土,并详细剖析试验过程与优化策略。最后,结合实际工程应用案例,充分展示该混凝土在超深地墙中的卓越应用效果与显著优势。

关键词: 超深地下连续墙混凝土; C35P12水下; 工程应用

引言

伴随我国城市化进程的不断加速,城市建设用地存量逐渐趋紧,为了平衡人口数量与城市建设用地之间的供求矛盾,大力拓展地下空间,提高地下空间利用率成为当前建筑领域重点发展方向;地下连续墙作为一种新型的建筑基坑围挡结构,其凭借优异的承载强度和抗变形刚度及可靠的抗渗密封性被广泛应用于建筑基坑的承重和挡水结构中。^[1]在当下大规模的城市轨道交通建设、超高层建筑的深基坑支护,以及大型水利设施基础构建等复杂且关键的工程领域中,超深地下连续墙已然成为不可或缺的基础结构形式。超深地下连续墙的混凝土性能,绝非单一维度的考量,它涵盖了混凝土的强度、抗渗性、和易性以及耐久性等多个关键指标。施工过程中的浇筑深度、地质条件差异,以及水泥、骨料、外加剂等原材料的特性,均会对混凝土性能产生显著影响。一旦混凝土性能欠佳,不仅可能引发墙体裂缝、渗漏等质量隐患,威胁工程结构安全,还会大幅增加后期维护成本,延误工程进度。所以,对超深地下连续墙混凝土性能展开深入研究与优化,从原材料的精准筛选到配合比的科学设计,每一个环节都不容有失。这不仅是保障工程质量、筑牢项目安全根基的必然选择,更是推动工程技术突破创新、迈向更高发展阶段的关键环节。

1 工程概况

本工程合流污水一期复线工程(总管部分)FXZ 1.7标(泵站土建工程),实施范围包括新建提升泵站及污水三期浦东北路泵站改造部分,实施内容包括新建进水闸门井及上部建筑、提升泵房及上部建筑、35kV变电间、综合用房、门卫、垃圾房、冲洗水池、除臭设施及其附属工程,本工程位于浦东北路洲海路。该工程的地下连续墙深度逼近100米,共计78幅连续墙。由于地下连续墙深

度大、施工条件复杂,对混凝土的坍落度、流动性以及和易性等性能指标提出了极高的要求,需要精心研制满足工程需求的混凝土^[1]。

2 原材料选择

2.1 水泥

选用江西亚东水泥生产的普通硅酸盐水泥,即P.O42.5水泥。该水泥初凝时间为227min,终凝时间为282min,3d抗压强度为29.6Mpa,28d抗压强度为49.6MPa,其性能稳定,能够为混凝土提供可靠的强度支撑。

2.2 矿粉

采用张家港恒昌矿粉厂生产的S95级矿粉,7d活性指数和28d活性指数满足相关标准要求。7d活性指数76%,28天活性指数101%,矿粉的掺入可有效改善混凝土的工作性能和耐久性。

2.3 粉煤灰

选用太仓粉煤灰厂家生产的C类II级粉煤灰。粉煤灰的加入能够增加混凝土的流动性和包裹性,粉煤灰的球状颗粒形态在混凝土浆体中起到类似“滚珠轴承”的作用,有效减少了水泥颗粒间的摩擦力,使得混凝土在浇筑过程中能更顺畅地流动,填充至复杂的地下连续墙模板空间内。同时,掺入粉煤灰能减少水泥用量,降低水化热。

2.4 细骨料

细骨料为机制砂,细度模数2.9,石粉含量4.3%,亚甲蓝值1.00,压碎指标为13.1%。其颗粒级配良好,能与其他材料较好地协同工作。

2.5 粗骨料

采用5-25mm连续级配碎石作为粗骨料,同时掺入一定比例的5-16mm碎石,可提供良好的骨架作用,保证混凝土的强度和稳定性。

2.6 外加剂

选用上海建工301标准型减水剂，减水率达17%。该外加剂能够有效减少混凝土的用水量，提高混凝土的流动性和强度。外加剂中也可以适当增加引气剂，引气剂则能够产生大量互不相连的微小气泡，提高混凝土的抗冻性和耐久性。在选用外加剂时，要根据混凝土的技术要求进行选择。

3 配合比试验和优化

本工程所涉及的超深地下连续墙，因其特殊的使用环境和承载需求，对混凝土性能设定了严苛标准。其强度等级明确为水下C35，这意味着混凝土需要达到普通C40混凝土的抗压强度。抗渗等级达 P12，表明混凝土需拥有出色的抗渗性能，以抵御来自地下水的长期渗透压力，防止因渗漏引发墙体结构受损、钢筋锈蚀等问题，保障超深地下连续墙的耐久性与安全性。同时，坍落度要求控制在(220±20)mm，扩展度要求为(450±50)mm，如此严格的流动性指标，旨在保证混凝土在超深且复杂的地下连续墙模板空间内能够顺利自流平、均匀填充，避免出现空洞、蜂窝等浇筑缺陷。为全面满足这些性能要求，混凝土必须具备良好的抗渗性和流动性。抗渗性良好的混凝土，

内部孔隙率低且孔隙结构细小、封闭，能有效阻挡水分渗透路径；而优异的流动性则依赖于合理的配合比设计，包括优质骨料的选用、减水剂的掺量等，使混凝土浆体在保持一定黏聚性的同时，具备足够的流动性，从而确保在水下浇筑过程中，混凝土能够克服自身重力与阻力，精准到达指定位置，实现密实成型，为超深地下连续墙的高质量建设筑牢根基。

表1 混凝土初始配合比

水	水泥	矿粉	粉煤灰	人工砂	5-25mm 碎石	5-16mm 碎石	外加剂
173	260	90	85	710	820	200	4.35

3.1 混凝土试配

在水下浇筑过程中，足够的砂浆包裹粗骨料是保证混凝土流动性与填充性的关键。如果混凝土砂率小、粗骨料级配较差，搅拌出的混凝土极易出现离析的现象，严重影响水下浇筑混凝土的质量。根据以往的工程经验，在灌注过程中出现的各种各样的事故大多都是由于混凝土质量较差导致的，所以一定要严格控制混凝土的质量，反复实验确定混凝土的配合比。^[2]本次混凝土优化试验先将砂率在40% - 48%之间进行调整，具体试验情况如下表所示：

表2 混凝土适配试验1——砂率调整

试验编号	砂率	外加剂掺量	工作性能			抗压强度		抗渗检测
			坍落度	扩展度	倒置排空时间	7d强度	28d强度	
1	40%	1.0%	180	370*380	12s	36.7	48.5	1.2Mpa 8h无渗水
2	42%	1.0%	190	390*400	11s	37.2	47.3	1.2Mpa 8h无渗水
3	45%	1.0%	220	470*490	7s	42.6	54.8	1.2Mpa 8h无渗水
4	48%	1.0%	205	410*430	9s	41.2	52.4	1.2Mpa 8h无渗水

从上述表格中数据可以得出，随着外加剂掺量的提升，倒置排空时间体现出先降后升的特点，主要是一开始外加剂掺量没有到位，混凝土的流动性不好，但是后续随着外加剂掺量的提升，混凝土的流动性过好，导致混凝土包裹性逐渐变差，因此倒置排空时间延长，经过多轮试验和优化，确定了满足工程要求的混凝土配合比：水173kg、水泥260kg、矿粉90kg、粉煤灰85kg、人工砂780kg、碎石5-25mm 750kg、碎石5-16mm 200kg、外加剂3.92kg。

4 工程应用

4.1 工程效果与效益评估

对施工中的地下连续墙进行坍落度和扩展度检测，结果表明采用优化后的水下C35P12混凝土很好地满足了工程的质量要求，坍落度和扩展度数据稳定，混凝土浇筑过程整体顺利，同时，通过合理的原材料选择和配合

比优化，在一定程度上降低了混凝土成本，取得了良好的经济效益。

表3 地下连续墙混凝土浇筑实测项目

混凝土浇筑时间	坍落度/mm	扩展度/mm
06: 10	220	430*450
06: 34	210	420*430
07: 12	220	450*460
08: 26	220	460*470
09: 07	230	440*450
09: 39	210	430*460
10: 21	220	450*480

5 结论与展望

5.1 研究成果总结

通过对超深地下连续墙混凝土的研制和应用研究，取得了以下成果：在混凝土配合比方面，成功研制出满足工

程对强度、抗渗性、工作性要求的水下C35P12混凝土；在性能试验和优化方面，明确了砂率、外加剂掺量等关键性能指标影响因素，并通过试验优化了配合比；在工程应用方面，将优化后的混凝土应用于实际工程，在施工过程中，混凝土性能稳定，有效解决了工程中的质量问题和施工难点，带来了显著的经济效益和社会效益^[3]。

5.2 未来研究方向

超深地下连续墙混凝土的研究仍处于不断发展阶段。未来，需要在高性能混凝土材料的研发方面持续探索，如添加纳米材料等以提高混凝土的耐久性和抗裂性；加强智能化施工技术的研究，开发智能混凝土浇筑

设备，提高施工的精准性和效率；同时，关注混凝土生产和应用过程中的环境影响，降低二氧化碳排放等，以进一步推动超深地下连续墙工程建设的可持续发展。

参考文献

- [1]林能枝.地下连续墙施工技术探究[J].城市建筑,2020,17(35):131-133.
- [2]候建林,王林涛,陈道政,等.超深地下连续墙混凝土灌注质量控制技术[J].山西建筑,2020,046(002):50-52.
- [3]李铭,余春春,杨利剑.地下连续墙混凝土浇筑质量分析[J].丽水学院学报,2014,36(02):59-62.