

预制混凝土构件配比技术的转化与应用

杨雄文

(川铁建筑新材料(叙永)有限公司, 四川 泸州 646400)

摘要 为了降低建筑工程的生产成本, 并提高生产效率, 在实验室条件下, 本研究对预制混凝土构件配比进行了深入研究和优化, 包括配比设计原则的探索、试验材料的精选与方法的改进。通过实验室试配和现场试验两个阶段, 确定了最佳混凝土配合比。随后, 将这一技术应用于实际工程中, 并对应用效果进行了评估与对比分析。预制混凝土构件配比技术在 3 天强度、脱模时间、布料时间和脱模剂用量等关键指标上均优于传统配比技术。新配比的 3 天强度提升了 25%, 达到 25 MPa; 脱模时间缩短了 25%, 从 24 h 减少到 18 h; 布料时间减少了约 33%, 从 15 min/个减少到 10 min/个; 脱模剂用量减少了约 40%, 从 5 kg/m³ 降至 3 kg/m³。预制混凝土构件配比技术减少了脱模剂的使用, 让工程实验更加环保, 可进一步推进混凝土预制构件生产行业的持续发展和创新。

关键词 实验室; 工程实践; 新构件; 混凝土配比

中图分类号: TU528

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)07-0013-03

混凝土作为现代建筑的核心材料, 其配比技术直接影响着建筑的质量和耐久性。近年来, 随着科技的进步和工程需求的提升, 预制混凝土构件配比技术逐渐从实验室研究转化为工程实践, 在实验室阶段, 科学家们通过精密的试验和计算, 不断优化混凝土的配比方案。考虑到各种因素, 如水泥类型、骨料大小、掺合料种类等, 以期找到最佳的配比组合。在这一阶段, 技术的可行性和经济性成为重要的考量因素。工程师们需要根据具体的工程需求和施工条件, 选择合适的配比方案, 及时调整配比, 以确保混凝土的质量和性能。

1 预制混凝土构件配比技术的实验室研究

1.1 实验室条件下的混凝土配比试验

1.1.1 配比设计原则

混凝土的工作性是指混凝土在施工过程中易于操作的程度, 包括流动性、保水性等。良好的工作性有助于提高施工效率和质量。在保证混凝土性能的前提下, 尽量减少水泥用量, 降低水灰比, 以达到节能减排的目的^[1]。在设计混凝土配比时, 需要确保混凝土具有良好的和易性, 以满足施工的要求。混凝土的耐久性是指其在长期使用过程中抵抗各种环境因素(如冻融循环、化学侵蚀等)的能力。在设计时应考虑混凝土所处的环境条件, 选择合适的材料和配合比, 让混凝土具有良好的耐久性。

1.1.2 试验材料与方法

混凝土的原材料直接影响其性能, 混凝土配合比的设计是确保混凝土满足使用要求的关键步骤。设计

时需要考虑的因素包括强度等级、耐久性、工作性(如坍落度)以及经济合理性等, 在设计过程中, 可以通过调整原材料比例、使用双掺或多掺技术等方式来优化混凝土的性能。混凝土配合比的试验通常包括实验室试配和现场试验两个阶段。实验室试配主要是通过改变原材料比例, 测试不同配合比下的混凝土性能, 以确定最佳配合比。

1.1.3 试验结果与性能分析

不同混凝土配合比下的试验结果见表 1。

表 1 不同混凝土配合比下的试验结果

水泥用量 (kg/m ³)	水灰比	坍落度 (mm)	28 天抗压强 度 (MPa)	耐久性指 标 (%)
350	0.5	120	35.2	85
320	0.45	110	37.8	90
300	0.4	95	40.5	92
380	0.55	135	33.1	80
360	0.5	125	36.4	83
400	0.6	145	31.8	78

从水泥用量来看, 试验中的水泥用量在 300 到 400 kg/m³ 之间变化。在这一范围内, 随着水泥用量的减少, 我们看到 28 天抗压强度整体呈现出上升的趋势。例如, 当水泥用量为 300 kg/m³ 时, 抗压强度达到了最高的 40.5 MPa, 而当水泥用量增加到 400 kg/m³ 时, 抗压强度降低到 31.8 MPa。水灰比对混凝土的性能也有显著影响。试验中水灰比的变化范围在 0.4 到 0.6 之间。

随着水灰比的降低，混凝土的抗压强度和耐久性指标均有所提高。特别是当水灰比为0.4时，抗压强度和耐久性分别达到了40.5 MPa和92%。坍落度作为衡量混凝土工作性的重要指标，在试验中也展现出了与水灰比和水泥用量的相关性。随着水灰比的降低和水泥用量的减少，坍落度也相应减小，从最高的145 mm降低到最低的95 mm。

从耐久性指标来看，随着水泥用量的减少和水灰比的降低，混凝土的耐久性也有所提高。当水泥用量为300 kg/m³、水灰比为0.4 h，耐久性指标达到了最高的92%。这说明在这种配合比下，混凝土能够更好地抵抗环境因素（如冻融循环、化学侵蚀等）的侵蚀，从而具有更长的使用寿命。改变混凝土的配比，尤其是降低水泥成分以及减小水灰比，在能提升混凝土的压力抵抗功能、持久性能以及稳定程度方面有着显著效果。

1.2 配比技术的优化与创新

1.2.1 新型添加剂的应用研究

新型添加剂的应用可以改善混凝土的性能。例如，聚羧酸系超塑化剂（PCA）作为一种最新一代的混凝土外加剂，不仅具有掺量低、减水率大、保坍效果好等优点，而且生产和应用过程无污染，其分子结构设计自由度大，产品功能可调性强^[2]。通过科学合理的配合比计算，结合高活性矿物掺合料（如矿渣粉和硅粉）和高效减水剂的“三掺技术”，可以配制出便于超高压泵送、和易性好的混凝土。这种设计不仅能满足混凝土高强度、耐久性、绿色环保等性能要求，还能够降低水泥使用量，从而取得较好的经济效果。

1.2.2 环保与高性能混凝土的实验室探索

绿色高性能混凝土（GHPC）的概念强调了在生产过程中大量利用工业废渣、降低水泥用量、合理选用外加剂等措施，以实现混凝土生产的绿色化。在材料选择方面，研究表明，通过使用低品质粉煤灰、矿粉等复合矿物掺合料，可以降低混凝土的碳排放量，提升其工作性能、力学性能及抗渗耐久性。在配比优化方面，利用人工智能技术，如条件变分自编码器（CVAE），可以在保证设计要求的同时，设计出具有较低排放和自然资源消耗的混凝土配方，这种方法的应用为混凝土工程师提供了一种新的工具，以创建既满足结构需求又最好地解决当地环境问题的混凝土配方。

1.3 新型配比技术的性能验证

传统的混凝土配比方法往往基于经验公式和试错法，而新型配比技术则更多地依赖于科学计算和精准控制。为了验证新型配比技术的性能，设计了一系列

严格的试验方案，选取了多种不同的原材料组合，按照新型配比技术进行混合，并制备成混凝土试件^[3]。这些试件在标准养护条件下养护28天后进行力学性能测试，包括抗压强度、抗折强度等。除此之外，还进行了耐久性试验，包括抗冻性、抗渗性等，以全面评估新型配比技术的性能。新型配比技术与传统配比技术的性能对比见表2。

表2 新型配比技术与传统配比技术的性能对比

配比技术	抗压强度 (MPa)	抗折强度 (MPa)	抗冻性 (次)	抗渗性 (等级)
新型配比技术	50.2	7.8	> 300	P12
传统配比技术	42.5	6.5	> 200	P10

通过对比新型配比技术和传统配比技术的性能数据可明显看出，新型配比技术在多个方面都表现出更优越的性能。采用新型配比技术的混凝土试件，其抗压强度达到了50.2 MPa，相比传统配比技术的42.5 MPa有了明显的提升。在抗折强度方面，新型配比技术也表现出更高的数值，为7.8 MPa，而传统技术为6.5 MPa。在耐久性试验中，新型配比技术同样展现出卓越的性能。其抗冻性超过了300次，明显高于传统技术的200次。这意味着在寒冷环境下，采用新型配比技术的混凝土构件将具有更长的使用寿命和更好的稳定性。在抗渗性方面，新型配比技术达到了P12等级，也高于传统技术的P10等级，防水性能较好。

2 预制混凝土构件配比技术的工程实践转化

2.1 从实验室到工程现场的技术转化策略

在实验室阶段对高性能混凝土（如UHPC）进行深入研究，探索其在极端环境下的稳定性和抗渗性能等关键性能指标，通过回收固体废物等方式生产环保型超高性能混凝土，提高了混凝土的耐久性和微观结构，还促进了生态友好型材料的研究^[4]。利用建筑垃圾、废浆、粉煤灰等再生资源作为原料或掺合料，合理利用固体废弃物替代部分黏结剂或骨料，有效提升混凝土的性能。完善混凝土掺合料标准，加快机制砂石工业化、标准化和绿色化，推广应用高性能混凝土，鼓励使用C35及以上强度等级预拌混凝土，推广大掺量掺合料及再生骨料应用技术。

2.2 工程实践中的技术难点与解决方案

原材料波动问题，如粗骨料的颗粒形状及级配问题，影响高性能混凝土的质量。UHPC（超高性能混凝土）在施工中面临的挑战，包括对养护温度、湿度的高要求，以及低水胶比、掺杂钢纤维等因素导致的浆体黏性过大。施工技术难度大，需要高度专业化的技术和严格

的施工要求,如原材料配比、混合均匀度等。针对此类情况需要采用新型材料和工艺,如研发的抗冲击耐疲劳的环保型再生橡胶混凝土,为处理“黑色污染”提供了可行方案。通过优化配合比,选择优质的原材料,包括必备的水泥和骨料之外,还需掺入足够数量的矿物细粉掺合料和高效外加剂。目前,研究人员正在开发新的材料和工艺来解决 UHPC 的施工难点,采用特殊设计的立轴行星搅拌主机,提高搅拌均匀度和效率,无死角,使混凝土和纤维能更好地达到分散效果。

3 预制混凝土构件配比技术的应用案例分析

3.1 典型工程案例介绍

传统的混凝土预制构件生产线往往只能生产单一类型的构件,这导致了生产成本的增加和资源的浪费。为了解决这个问题,对现有的 PC 构件生产线进行了改造和优化,使其能够兼容生产更多种类的混凝土预制构件。以新材料叙永公司为隆黄铁路生产的铁路线路防护栅栏及为叙毕铁路生产的 L 型挡咋块等产品的生产实际为例,进行了预制混凝土构件配比技术的应用^[5]。在这个项目中,对生产线的设备进行了全面的检修和恢复,确保其性能达到最佳状态。针对不同类型的预制构件生产流程进行了深入的分析,找出了其共性和差异性,以此为基础对生产线进行了布置、改造和新增设备的工作。例如,针对布料工位进行了布料机轨道的改造,并新增了筒式送料机的清洗设备设施。

在生产流程的优化方面,着重对吊装、脱模、布料铺设、钢筋的捆绑以及废料处置等核心环节进行了细致的调整和提升。特别是在预制混凝土构件的配比技术领域,我们投入了大量的研发力量,进行了深入的专项试验与精细的调整。通过不懈的努力,我们成功开发出一种新型的混凝土配比方案,这种配比方案不仅能够满足构件的强度需求,而且还具有出色的流动性,进一步提升了生产效率和产品质量。

3.2 应用效果评估与对比分析

通过预制混凝土构件配比技术的应用,取得了明显的效果。新配比的混凝土在 3 天强度上有了明显的提升,这让构件能够更快地达到脱模强度,从而提高了生产效率。新配比的混凝土具有更好的流动性,这使得布料过程更加顺畅,减少了布料时间和人力成本。新配比的混凝土还减少了脱模剂的用量,降低了生产成本。与传统的混凝土配比相比,预制混凝土构件配比技术在多个方面都表现出明显的优势。

从 3 天强度来看,新构件配比达到了 25 MPa,相比传统配比的 20 MPa,强度提升了 25%。在脱模时间

方面,新构件配比技术将脱模时间从传统的 24 h 缩短至 18 h,缩短了 25% 的脱模时间。布料时间也从传统的 15 min/个减少到新构件配比的 10 min/个,效率提升了约 33%。布料时间的缩短意味着在相同的时间内可以完成更多的构件布料工作,脱模剂用量方面,新构件配比技术相较于传统配比减少了约 40%,从 5 kg/m³ 降至 3 kg/m³。这不仅降低了生产成本,还有利于环保和节能减排。

3.3 案例中的经验与教训

在本次项目中认识到对不同预制构件的生产流程进行深入分析的重要性。只有充分了解各种构件的生产特点和要求,才能制定出合理的生产线配置方案和工艺细则。通过专项试验研究与调整,成功开发出了适用于多种小型构件的预制混凝土构件配比技术。为此,在设备改造和新增过程中,需要多加关注设备的兼容性和通用性,以避免因设备不匹配而造成的生产延误和成本增加。在生产工艺优化过程中,需要多加重视现场试验和数据分析的重要性,让优化措施优势最大化。

4 结束语

在实际工程中,新配比的 3 天强度提升了 25%,脱模、布料时间都大幅缩短,不仅提高了生产效率,还有效降低了生产成本。值得一提的是,脱模剂用量的减少不仅为企业节约了成本,还为环保事业做出了积极贡献。此技术的应用,不仅显著提高了混凝土预制构件的生产效率与质量水平,更推动了该行业的持续稳健发展和技术创新。预制混凝土构件配比技术的成功转化与应用,展现了科技进步与环保理念的深度融合,为建筑工程领域的未来发展提供了新的思路和方向。

参考文献:

- [1] 饶江,张东海,孙少彬,等.土木工程建筑中混凝土结构的施工技术应用[J]. 前卫,2022(23):79-81.
- [2] 雷宇霜,金浏,杜修力.结构尺寸对 FRP 筋混凝土梁弯剪扭复合受力性能的影响[J]. 工程力学,2023(40):1-17.
- [3] 苏运磊,王晓锋.岩土工程中混凝土灌注桩技术的实践与应用[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(02):170-173.
- [4] 孙俊昭,赵志刚.安全“双体系”在检测实验室的应用与实践[J]. 造纸科学与技术,2022,41(06):74-76.
- [5] 樊健生,丁然.超高性能混凝土在房屋建筑结构中的研究与应用进展[J]. 硅酸盐学报,2023,51(05):1246-1258.