

混凝土耐久性能对建筑结构长期安全性的影响研究

常兆强 许宇辉

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司工程实验监测院 陕西 西安 710100

摘要：混凝土耐久性能对建筑结构长期安全性具有深远影响。本文详细探讨了混凝土耐久性的定义与重要性，全面分析了混凝土耐久性不足导致的结构安全问题。提出了提高混凝土耐久性的具体策略，如优化混凝土配合比、采用高性能混凝土材料、加强混凝土养护与防护等，并强调了耐久性设计在建筑结构安全中的关键作用。

关键词：混凝土耐久性；建筑结构安全性；影响因素；提高策略

引言

混凝土作为现代建筑结构中最为常用的材料之一，其耐久性能直接关系到建筑结构的长期安全性。随着建筑行业的不断发展，建筑结构的规模越来越大，使用年限也越来越长，对混凝土耐久性的要求也越来越高。然而，在实际工程中，由于多种因素的影响，混凝土结构的耐久性往往难以达到预期，进而对建筑结构的安全性构成威胁。因此，深入研究混凝土耐久性能对建筑结构长期安全性的影响具有重要的现实意义。

1 混凝土耐久性的定义与重要性

1.1 混凝土耐久性的定义

混凝土的耐久性是指混凝土在长期使用过程中，抵抗各种环境因素（如物理作用、化学侵蚀、气候作用等）和内部因素（如材料老化、微裂缝发展等）作用，保持其原有性能和外观完整性的能力。这种能力具体体现在混凝土抵抗渗透、冻融循环、化学侵蚀、钢筋锈蚀等多个方面。例如，当混凝土具有良好的抗渗性时，能够有效阻止水分、氯离子等有害物质侵入混凝土内部，从而保护钢筋不受锈蚀；而良好的抗冻融性能则可以使混凝土在寒冷地区的冻融循环环境中，避免因水分结冰膨胀而产生的破坏。

1.2 混凝土耐久性的重要性

1.2.1 保障建筑结构安全性

混凝土的耐久性是建筑结构安全性的重要保障。耐久性能良好的混凝土能够有效地抵抗各种破坏因素的作用，保持结构的稳定性和承载能力，从而确保建筑结构在长期使用过程中的安全性。以高层建筑为例，其结构承受的荷载较大，且使用年限较长。如果混凝土的耐久性不足，可能会导致结构构件的承载力下降，如梁、柱等构件出现裂缝、变形等问题，严重时甚至引发结构倒塌等严重安全事故^[1]。例如，在一些老旧的高层建筑中，由于混凝土耐久性不足，钢筋锈蚀严重，导致梁、柱的

承载能力大幅降低，严重威胁到居民的生命财产安全。

1.2.2 延长建筑结构使用寿命

提高混凝土的耐久性可以显著延长建筑结构的使用寿命。耐久性能好的混凝土能够减少结构的维修和加固次数，降低维护成本，提高建筑结构的经济效益。一般来说，普通混凝土结构的使用寿命可能在50-100年左右，而采用高性能混凝土并注重耐久性设计的结构，其使用寿命可以延长至100年以上。例如，一些古代建筑之所以能够历经千年而屹立不倒，很大程度上得益于当时所采用的建筑材料（如天然火山灰水泥制成的混凝土）具有优异的耐久性。这些建筑材料在长期的自然环境中，能够抵抗各种侵蚀和破坏，保持结构的完整性。

1.2.3 促进建筑行业的可持续发展

随着全球对可持续发展理念的日益重视，建筑行业的可持续发展也成为重要议题。提高混凝土的耐久性可以减少建筑材料的消耗和废弃物的产生，降低对环境的负面影响，促进建筑行业的绿色、低碳发展。例如，通过优化混凝土配合比，采用工业废渣等作为掺合料，不仅可以提高混凝土的耐久性，还可以减少水泥的使用量，降低能源消耗和二氧化碳排放。

2 混凝土耐久性不足对建筑结构安全性的影响

2.1 降低结构承载能力

2.1.1 混凝土强度下降

当混凝土受到环境因素和内部因素的作用时，其强度会逐渐下降。强度的降低会导致结构构件的承载能力下降，无法满足设计要求的荷载条件。例如，在受到硫酸盐侵蚀的混凝土结构中，由于混凝土的膨胀和开裂，其抗压强度和抗拉强度都会显著降低。当结构承受的荷载超过其承载能力时，就会引发结构构件的破坏，如梁、柱的弯曲破坏、剪切破坏等。

2.1.2 钢筋锈蚀

钢筋锈蚀是混凝土结构耐久性不足的重要表现之

一。当混凝土内部的钢筋发生锈蚀时,其截面面积会减小,导致钢筋的承载能力下降。同时,钢筋锈蚀还会产生膨胀力,进一步加剧混凝土的开裂和破坏。例如,在受到氯离子侵蚀的混凝土结构中,钢筋表面的钝化膜被破坏后,钢筋会发生锈蚀现象^[2]。随着锈蚀的发展,钢筋的截面面积逐渐减小,其抗拉强度也会降低。当结构受到外力作用时,钢筋无法提供足够的拉力,导致结构构件的承载力不足而破坏。

2.2 引发结构变形与开裂

2.2.1 温度裂缝

由于混凝土的热胀冷缩特性,当温度变化较大时,混凝土内部会产生温度应力。当温度应力超过混凝土的抗拉强度时,就会引发温度裂缝。温度裂缝的出现会降低混凝土的密实度和抗渗性,进一步加剧混凝土的耐久性破坏。例如,在大体积混凝土结构中,由于水泥水化热的作用,混凝土内部温度会升高。当混凝土表面散热较快时,内部温度与表面温度之间的差异会产生较大的温度应力,从而引发温度裂缝。这些温度裂缝会成为侵蚀性物质进入混凝土内部的通道,加速混凝土的破坏。

2.2.2 干缩裂缝

混凝土在硬化过程中会发生干缩现象,即混凝土体积的收缩。当干缩受到约束时,就会产生干缩裂缝。干缩裂缝的出现会降低混凝土的强度和耐久性,影响结构的安全性。例如,在干燥的环境中浇筑的混凝土结构,由于其表面水分蒸发较快,而内部水分蒸发较慢,就会产生较大的干缩应力。当干缩应力超过混凝土的抗拉强度时,就会引发干缩裂缝。干缩裂缝会使混凝土内部的钢筋暴露在外界环境中,加速钢筋的锈蚀。

2.3 缩短结构使用寿命

2.3.1 维修成本增加

当混凝土结构的耐久性不足时,需要进行频繁的维修和加固工作。这不仅会增加维护成本,还会影响结构的正常使用。例如,在一些老旧的混凝土桥梁中,由于耐久性不足导致桥面铺装层破损、梁体开裂等问题频发。为了保障桥梁的安全通行,需要不断进行维修和加固工作,如更换桥面铺装层、对梁体进行粘贴钢板加固等,这些工作都需要投入大量的人力、物力和财力。

2.3.2 结构提前报废

在极端情况下,当混凝土结构的耐久性严重不足时,可能会导致结构提前报废。这不仅会造成巨大的经济损失,还会对社会稳定和人民生命财产安全构成威胁。例如,在一些受到严重化学侵蚀的工业建筑结构中,由于混凝土的耐久性极差,结构构件在短时间内就

出现严重的破坏现象^[3]。当破坏程度超过结构的承载能力时,就会导致结构提前报废,需要拆除重建,这不仅会造成巨大的经济损失,还会影响企业的正常生产。

3 提高混凝土耐久性的策略

3.1 优化混凝土配合比

3.1.1 合理控制水灰比

水灰比是影响混凝土密实度和强度的重要因素。合理控制水灰比可以提高混凝土的密实度和抗渗性,减少水分和侵蚀性物质的渗入。例如,在配制混凝土时,应根据工程需求和环境条件确定合适的水灰比。对于需要较高耐久性的结构,应采用较低的水灰比。一般来说,水灰比越小,混凝土的密实度越高,抗渗性越好,但混凝土的施工性能可能会受到一定影响。因此,在实际工程中需要综合考虑各种因素,选择合适的水灰比。

3.1.2 采用合理的骨料级配

合理的骨料级配可以提高混凝土的密实度和工作性能。通过优化骨料的粒径分布和搭配比例,可以减少混凝土内部的孔隙和微裂缝,提高混凝土的耐久性。例如,在配制高性能混凝土时,应采用连续级配的骨料,并合理控制粗骨料和细骨料的比例。粗骨料可以提供骨架支撑作用,细骨料可以填充粗骨料之间的空隙,使混凝土形成更加密实的结构。

3.1.3 掺加矿物掺合料和外加剂

掺加矿物掺合料和外加剂可以改善混凝土的性能,提高其耐久性。例如,掺加粉煤灰可以减少水泥用量,降低水化热;掺加减水剂可以降低混凝土的水灰比,提高混凝土的密实度和强度。例如,在一些大型混凝土工程中,掺加适量的粉煤灰可以显著降低水泥的水化热,减少温度裂缝的产生。同时,粉煤灰中的活性成分还能与水泥水化产物发生二次反应,提高混凝土的后期强度和耐久性。减水剂的加入可以使混凝土在较低的水灰比下获得良好的工作性能,提高混凝土的密实度和抗渗性。

3.2 采用高性能混凝土材料

3.2.1 高强度混凝土

高强度混凝土具有优异的力学性能和耐久性。通过提高混凝土的强度等级,可以减少结构构件的截面尺寸,降低结构的自重和成本。同时,高强度混凝土还具有较好的抗渗性和抗裂性能,能够提高结构的耐久性。例如,在高层建筑和大跨度桥梁等工程中,广泛采用高强度混凝土来满足结构的承载力和耐久性要求^[4]。高强度混凝土可以承受更大的荷载,同时其密实的结构也能有效抵抗侵蚀性物质的侵入。

3.2.2 自密实混凝土

自密实混凝土是一种具有高流动性和自密实性的高性能混凝土。它不需要振捣就可以自行填充模板内的空间,减少了振捣过程中对混凝土的扰动和损伤。自密实混凝土具有较好的密实度和抗渗性,能够提高结构的耐久性。例如,在一些复杂形状的混凝土结构中,采用自密实混凝土可以方便地浇筑和成型,提高施工质量和效率。同时,自密实混凝土的密实度高,能够有效防止水分和侵蚀性物质的渗入,提高结构的耐久性。

3.2.3 纤维增强混凝土

纤维增强混凝土是在普通混凝土中掺加一定量的纤维材料(如钢纤维、聚丙烯纤维等)制成的。纤维的加入可以提高混凝土的抗拉强度和韧性,减少混凝土的开裂和破坏。同时,纤维还可以阻止裂缝的扩展和连通,提高混凝土的耐久性。例如,在路面工程和抗震结构中,广泛采用纤维增强混凝土来提高结构的耐久性和抗震性能。钢纤维可以增强混凝土的抗拉强度,提高路面抵抗车辆荷载和温度变化引起的应力能力;聚丙烯纤维可以阻止混凝土裂缝的扩展,提高混凝土的抗裂性能。

3.3 加强混凝土养护与防护

3.3.1 充分养护

养护是保证混凝土强度和耐久性的重要环节。充分的养护可以使混凝土内部的水分得到充分的反应和蒸发,减少混凝土的干缩和开裂。同时,养护还可以提高混凝土的密实度和抗渗性,增强混凝土的耐久性。例如,在混凝土浇筑后,应及时进行覆盖和洒水养护,保持混凝土表面的湿润状态。养护时间应根据混凝土的强度等级和环境条件进行确定。一般来说,普通混凝土的养护时间不少于7天,对于高性能混凝土和特殊环境下的混凝土,养护时间应适当延长。

3.3.2 表面防护

表面防护是提高混凝土结构耐久性的有效手段之一。通过在混凝土表面涂刷防护涂料或设置防护层,可以减少水分和侵蚀性物质对混凝土的侵蚀作用。例如,在海边或盐碱地地区的建筑结构中,可以在混凝土表面涂刷防腐涂料或设置防水层来提高结构的耐久性。防腐涂料可以阻止氯离子等侵蚀性物质进入混凝土内部,防水层可以防止水分渗入混凝土,减少钢筋锈蚀的可能性。

3.4 改进结构设计

3.4.1 合理设置构造措施

在结构设计中,应合理设置构造措施来提高混凝土的耐久性。例如,在混凝土梁中设置箍筋和腰筋可以限制裂缝的发展;在混凝土板中设置温度钢筋可以减少温度裂缝的产生。例如,在梁的设计中,合理设置箍筋的间距和数量,可以有效约束混凝土的横向变形,提高梁的抗剪强度和抗裂性能。在板的设计中,设置温度钢筋可以分散温度应力,减少温度裂缝的出现。

3.4.2 考虑耐久性设计

在进行结构设计时,应充分考虑混凝土的耐久性要求。根据结构所处的环境条件和使用年限,确定合适的混凝土强度等级、配合比和防护措施。同时,还应考虑结构在长期使用过程中的维修和加固需求,为结构的耐久性设计留有余地。例如,对于一些长期处于恶劣环境中的结构,如海洋工程结构、化工建筑结构等,在设计时应采用高性能混凝土,并采取严格的防护措施。同时,在设计文件中应明确结构的维修和加固方案,以便在结构出现问题时能够及时进行处理。

结语

混凝土耐久性能对建筑结构长期安全性具有至关重要的影响。通过研究可以看出,混凝土耐久性不足会对建筑结构的安全性造成严重威胁,降低结构承载能力、引发结构变形与开裂、缩短结构使用寿命等。为了提高混凝土结构的耐久性,保障建筑结构的长期安全性,我们应采取一系列有效的策略,如优化混凝土配合比、采用高性能混凝土材料、加强混凝土养护与防护、改进结构设计等。这些策略的实施需要设计、施工、养护等各个环节的共同努力和协作配合。只有这样,我们才能建造出更加耐久、安全的建筑结构,为社会的可持续发展做出贡献。

参考文献

- [1]汪晨.建筑工程混凝土结构耐久性设计的探讨[J].价值工程,2022,41(14):48-50.
- [2]侯佳,何鹏飞,高虎.结构混凝土的力学性能和耐久性试验研究[J].工程与建设,2024,38(06):1434-1437.
- [3]杨意,白亚琼,李琪,等.关于既有混凝土结构耐久性评定方法的研究[J].工程质量,2024,42(07):26-30.
- [4]姜志慧.混凝土结构耐久性研究与提升策略探讨[J].居业,2024,(04):217-219.