

植生混凝土的配比优化及其对环境适应性研究

秦振国

(中铁二十三集团第一工程有限公司, 山东 日照 276800)

【摘要】 本文主要介绍了市政工程中植生混凝土的概述和配比优化, 以及其在环境适应性方面的研究。在配比优化中, 涉及骨料选择、水泥掺量、水灰比和植物栽培介质配比等因素。通过混凝土性能测试和评价指标用于评估植生混凝土的性能。在环境适应性研究中, 重点探讨了抗渗性能、抗滑性能和耐热性能。通过对植生混凝土的研究, 可以为市政工程边坡防护施工提供更经济和环保的施工工艺。

【关键词】 市政工程; 植生混凝土; 配比优化; 性能; 环境

引言

在当今快速发展的城市化进程中, 市政工程扮演着至关重要的角色。然而, 传统的市政工程防护材料, 如常规混凝土、砌石往往对生态环境和空气环境产生一定的负面影响。植生混凝土是一种近年来新兴的一种护坡防护形式, 既能对岩土坡面形成有效的防护, 同时也给喷播的草种提供生存环境。结合了工程力学、环境生态学、生物学等学科为一体, 与国家生态环境发展理念相符, 做到了有效的坡面防护, 同时也达到了与周围景观相协调的功能。

一、项目背景

机场北线道路工程东段项目位于成都市东部新区空港新城。本标段实施范围为(纬二路-迎宾大道)K4+820--K8+890.270。主干路标准红线宽度45m, 设计速度50km/h, 两侧绿线宽度各10-15m。设计内容包含道路、桥涵、匝道、交安、排水、照明及相关附属。路堑边坡采用挂网植生混凝土的进行防护, 采用Φ3镀锌铁丝网, 结构厚度10cm。

二、市政工程中植生混凝土的概述

植生混凝土的概述主要涉及配比优化, 环境适应性等内容。配比优化时需综合考虑水泥掺量、骨料粒径选择、水灰比及植物栽培介质配比, 以保证混凝土性能发挥及植物生长条件。另外需开展混凝土性能测试及评价指标研究来验证植生混凝土品质及可行性。从环境适应性来看, 有必要对植生混凝土抗渗性能、耐热性能、抗滑性能以及对生态环境的适应性等进行研究, 从而确保植生混凝土的耐久新、适应性和功能的实现, 以便适应当地的气候及土壤条件。

三、市政工程中植生混凝土配比优化

(一) 植生混凝土配比原理和要求

植物混凝土是一种结合工程力学、生态特性和工程特性的新型材料, 其功能是在工程应用中防护边坡、

促进植被生长、改善环境和生态质量。配比优化的目的是在确保混凝土工程性能符合强度需求前提下, 提供植物生长所需的条件。其中包括适当孔隙率有利于空气与水分交换、合理pH值与养分含量对植物生长的支撑、保持结构完整性所需的物理强度。植生混凝土的配比要求主要集中在选材及配比上, 例如水泥类型、集料粒径及类型、有机土及肥料添加量, 并对水胶比及其他技术参数进行及时调控。另外植生混凝土还要考虑便于施工与成型、养护时对植物生长产生的影响等。所以, 配比优化需要考虑机械性能、生态功能以及施工工艺等多方面的因素, 必须在试验与实践不断地进行调整才能达到最佳效果。

(二) 影响因素分析

在成都市东部新区进行植生混凝土配比优化的研究时, 深入分析关键影响因素对混凝土性能发挥的具体作用。首先, 水泥的选择应考虑其与植物生长的兼容性, 如可以选择低碱水泥如石膏水泥、细硅酸盐水泥等, 它适合植物生长的同时还能提供适中的强度和较低的水化热。考虑到可持续性, 添加粉煤灰或矿渣的复合水泥是一个较好的选择, 以改善混凝土的耐久性且能够保证根系的扩展。集料的选择应在确保结构稳定性的同时, 提供良好的透水性和透气性, 推荐使用5mm至10mm的集料, 以保证混凝土的稳定性和空隙率。有机土的添加量和类型也是影响因素中的重点, 应优选富含腐殖土, 这样做可以在不显著降低混凝土强度的同时, 提供植物所需的养分。至于水胶比, 这个参数直接关系到混凝土的工作性、强度和孔状结构, 一个合理的水灰比应在0.3到0.50之间, 这样既可以保证混凝土的结构性能, 又能提供适宜的孔隙结构。

(三) 配比优化方法

1. 骨料选择和掺合比例

植生混凝土配合比优化时, 骨料一般选用粗骨料,

骨料的种类、粒径大小及级配等因素既决定混凝土孔隙率与透水性又影响强度与耐久性。骨料应选用耐磨性好、含碱量低的、强度足够的原料。优化掺合比例，原始掺合比例：水泥：腐殖质：粗骨料：种植土=1:2:7:14，优化后的掺合比例：水泥：腐殖质：粗骨料：种植土=1:1.5:5:16.5，优化后的掺合比例植物生长率更高。不同地区需由试验确定合适的孔隙结构，保证植物根系发育并满足水分与气体交换要求，可通过引进不同粒径骨料并调整配比以优化孔隙率来适应植物生长。在兼顾生态效益的前提下，选择当地可持续可利用的骨料材料效益更好，从而减少材料运输中碳排放并提高植生混凝土环保特性。

2. 水泥掺量和灰水比

合适的水泥掺量可以保证混凝土所需力学性能，灰水比对混凝土工作性和强度等耐久性能有直接影响。水泥掺量不能过多，水泥掺量过多会使混凝土孔隙率下降，对植物根系生长不利，对土壤微生物活性影响较大。另一方面水泥用量太少，会导致混凝土强度下降，从而影响混凝土的结构性能。合适的水泥掺量对植生混凝土的力学性能和适宜的生长环境至关重要。水泥掺量应在混凝土强度和植物生长需求之间找到平衡点。经过现场试验掺量范围大约是每立方米混凝土 100 到 190 公斤左右时效果最佳。这个范围内的水泥用量可以为大多数植物提供一个良好的生长基础，同时保持混凝土的结构性能。灰水比也是影响混凝土性能的关键因素。对于植生混凝土，一个合理的灰水比通常在 0.35 到 0.50 之间。低于 0.35 的灰水比虽然可以提高混凝土的强度，但会减少孔隙率，影响植物根系的生长和土壤微生物的活性。而高于 0.50 的灰水比可能会导致混凝土强度不足，无法满足结构要求。这样的配比可以提供一个既有良好结构强度又支持植物生长的环境。根据不同地区的气候条件，需要通过实验和现场测试来调整这个范围，确保混凝土既满足工程性能要求，又提供适合植物生长的条件。

3. 植物栽培介质配比

植物栽培介质在植生混凝土中起着至关重要的作用，它不仅需要提供植物所需的营养物质，还要保持良好的空气和水分透过性以促进根系发展。介质配比应考虑有机质内容、保水性、透气性及 pH 值等因素。有机质如腐殖土或者堆肥能够提供养分，同时增加介质的保水能力；砂或者珍珠岩等无机物则可以增加介质的透气性。介质的 pH 值应该调节到植物最适宜的范围，一般情况下，介质的 pH 值范围应该在 5.5 到 7.5 之间，这个范围适合大多数植物吸收土壤中的养分，以确保根系能够最有效地吸收养分。

配比优化时，还需考虑不同植物对介质的特定需求，如有些植物可能需要更疏松或更紧实的生长基质。植物栽培介质的配比通常通过大量的试验来确定，这些试验会考察不同配比下植物的生长情况，以及介质的物理和化学稳定性。

（四）混凝土性能测试和评价指标

混凝土性能测试与评价指标，是确保植生混凝土品质与功能得以发挥的重要依据。性能测试通常包括力学性能，耐久性能以及生态性能等方面的评估。力学性能测试集中在混凝土抗压强度，抗折强度以及弹性模量等方面，能够体现材料承载能力以及稳定性。耐久性能又是由抗渗性和耐化学腐蚀试验评定的，这些试验与混凝土在各种环境状况下的寿命有关。生态性能评价包括水分保持能力、植物生长支持能力和温室气体排放的检测，从而反映出植生混凝土的环境效益。另外，为评价植生混凝土对生态环境的影响，需要测试孔隙率，透水率及介质 pH 值。这些试验结果可以为调整配比，改善材料性能，提高施工工艺等提供依据。

四、市政工程植生混凝土环境适应性的研究

（一）抗渗性能

1. 植生混凝土的水平抗渗性

植生混凝土作为市政工程中新兴的边坡防护材料，在水平抗渗透性方面扮演着至关重要的角色。其主要机制是通过其多孔结构在表面形成一层防护屏障，有效地阻止边坡表面水流的渗透。这种独特的结构不仅可以减缓水流对边坡的冲刷，降低土壤侵蚀，还能够一定程度上缓存雨水，为植物提供必要的水分供给，同时还能够通过水的延时排放，减少洪涝风险。考虑到边坡稳定性，这就要求严格控制材料的设计、施工工艺以及养护过程。通过在植生混凝土中加入适量的抗渗添加剂，如硅酸盐和聚合物，可以进一步提高其抗渗效果。

2. 植生混凝土的垂直抗渗性

垂直抗渗透性是衡量植生混凝土允许水分垂直渗透到底层土壤中以维持植物生长所需的水分的重要指标。垂直抗渗同时还与水土保持、地下水补给和生态平衡维护密切相关。试验表明，通过控制植生混凝土中的孔隙率和孔径分布，可以在保证结构强度的同时，优化其垂直抗渗性能。具体而言，合理的孔隙结构设计不仅能够提供足够的空间供植物根系生长，还能够通过毛细作用帮助土壤吸收和保持水分。进一步的通过添加有机质如泥炭或者生物降解材料，可以在不影响植生混凝土结构强度的前提下，提高其垂直抗渗透性。这样的设计和材料选择有助于形成一

表 1 植生混凝土环境适应性研究概览

研究领域	子项	详细描述
抗渗性能	水平抗渗透性	通过多孔结构形成防护屏障，减缓边坡表面水流渗透，降低土壤侵蚀，缓存雨水，并减少洪水风险
	垂直抗渗透性	允许水分垂直渗透到根部，满足生长需求，与水土保持、地下水补给和生态平衡密切相关
耐热性能	高温影响评估	考虑高温对混凝土、抗裂能力、化学反应速率的影响，进行实验和模拟以适应高温天气
	热膨胀应对	预留伸缩缝或使用高热膨胀系数材料调节，选用低热膨胀系数骨料，加入纤维材料增强抗裂性
抗滑性能	表面摩擦系数	通过粗糙化处理提高摩擦系数，增加边坡与土体的摩擦阻力；适用锚杆挂网
	表面纹理与根际结合	优化表面纹理，促进根系与混凝土结合，增强抗滑能力

个健康的植物生长环境，同时保证边坡的稳定性。

（二）耐热性能

1. 植生混凝土的高温影响评估

在高温环境下，植生混凝土的耐热性能成为评估其结构与功能完整性的关键因素。高温不仅可能导致混凝土内部的水分蒸发，降低其内在的抗裂能力，还可能加速化学反应的速率，影响耐久性。项目所在地夏季多高温天气且日照时间长，高温所引起的水分蒸发会影响植生混凝土的生态功能。此外，植生混凝土可能会因为连续的高温而导致表面龟裂，使其防护边坡的能力减弱。针对这些问题，需要通过试验和模拟分析来评估不同温度条件对植生混凝土性能的影响，并根据评估结果对材料配比进行适当调整。

2. 植生混凝土的热膨胀应对措施

由于温度升高导致的材料膨胀，可能会在混凝土结构中引发应力，从而影响其整体稳定性。为了解决这一因素，材料选择的优化变得极为重要。在设计阶段，可以通过预留伸缩缝或使用具有较高热膨胀系数的配合材料来吸收和调节温度变化带来的内部应力。在材料选择方面，使用低热膨胀系数的骨料，如玄武岩或石英砂，可以减少植生混凝土整体的热膨胀。同时，可以加入适量纤维材料如聚丙烯纤维，不仅可以增强混凝土的抗裂性，还可以在一定程度上抵抗温度引起的结构变化。此外，适量增加混凝土中的空气含量同样有助于提高其对热膨胀的抵抗力。

（三）抗滑性能

1. 植生混凝土表面摩擦系数与边坡稳定性

植生混凝土表面的摩擦系数是确保边坡在湿滑条件下稳定的重要参数。摩擦系数低意味着在雨水侵蚀或地表水流作用下，更易发生滑移。因此对植生混凝土进行科学分析，特别是针对东部新区夏季多雨天气，为保证在在湿滑情况下仍具有足够的抗滑能力，在植生混凝土中加入 Φ3 镀锌铁丝网，铁丝网每隔 2m 设置一道钢筋锚杆，以此来增加混凝土的抗滑性

能和整体稳定性。

2. 植生混凝土表面纹理与根际结合

植生混凝土的表面纹理直接关系到植物根系与混凝土的结合程度，进而影响整体的抗滑能力。表面纹理的优化成凹凸不平的表面，能够提供更多的空间供植物根系延伸，也有利于根系与混凝土之间结合更稳固，这就要求在植生混凝土施工时加以注意。此外，表面的微孔结构可以促进空气和水分的交换，有助于根系的呼吸和水分吸收，从而促进植物的生长，增强根系对土体的固定作用。同时研究不同植被类型对纹理的适应性，进一步通过生物工程方法，如选择适宜的植被种类和布局，优化根系与混凝土的结合。如表 1 所示。

五、结束语

植生混凝土作为一种新兴和具有潜力的防护工程材料，在可持续发展和环境保护的背景下，在市政工程中受到越来越多的关注和推广使用。本文从植生混凝土的配比优化和环境适应性的角度进行研究，提出了在项目所在地区气候下的各种适用指标，以此进一步提高植生混凝土的性能和适应性，为城市建设和环境保护提供了一种有效的施工工艺。

参考文献：

[1] 濮俊缘,李克庆,张思奇.多因素影响下湿喷混凝土的强度与配比优化[J].矿业研究与开发,2022,42(11):153-157.

[2] 张建国,邢立文,赵璐.泽城西安水电站面板混凝土优化配比研究[J].中国水能及电气化,2022(09):35-41.

[3] 杨帆,张友锋,余姚.低温养护下矿物掺合料湿喷混凝土力学性能及配比优化研究[J].硅酸盐通报,2022,41(05):1589-1598.

[4] 花瑞.干硬性混凝土配合比优化及其性能研究[J].混凝土世界,2022(01):57-60.