

超高性能混凝土材料在桥梁工程中的应用

杨剑文

浙江交工宏途交通建设有限公司 浙江杭州 310051

摘要: 超高性能混凝土 (UHPC) 由于其优异的力学性能和耐久性, 在各种结构设计中得到了广泛的应用, 文章简述了UHPC在桥梁工程中的研究现状, 总结了目前UHPC在桥梁工程中的应用方向, 主要包括装配式桥梁、拱桥、人行斜拉桥以及正交异性钢桥面板等。最后, 分析了目前UHPC在应用上存在的限制及问题, 展望了UHPC在桥梁工程中的应用前景和进一步的研究方向。

关键词: 超高性能混凝土材料; 桥梁工程; 应用

Application of ultra-high performance concrete materials in bridge engineering

Jianwen Yang

Zhejiang Jiaogong Hongtu traffic construction Co., LTD, Hangzhou, Zhejiang, 310051

Abstract: Ultra-high performance concrete (UHPC) has been widely used in various structural designs because of its excellent mechanical properties and durability. This paper briefly describes the current research status of UHPC in bridge engineering, and summarizes the current application direction of UHPC in bridge engineering, mainly including prefabricated Bridges, arch Bridges, pedestrian cable-stayed Bridges and orthotropy steel bridge panels. Finally, the limitations and problems existing in the application of UHPC are analyzed, and the application prospect and further research direction of UHPC in bridge engineering are forecasted.

Keywords: ultra-high performance concrete material; Bridge engineering; Apply

1 超高性能混凝土的材料性能

1.1 压缩性能

UHPC混凝土在力学性能方面的优势主要体现在抗压方面。虽然钢纤维含量和养护条件对其强度有影响, 但其极限抗压强度基本可以保持在100MPa以上。试验的UHPC单轴抗压强度可达176.9MPa, 与数值模拟分析结果一致。许多研究积极探索符合区域条件的UHPC匹配方案。在我国, 加入粗集料的极限抗压强度已达到170.3MPa。影响UHPC抗压强度的主要因素有蒸汽压力条件、固化时间、纤维含量、试样几何尺寸、加载速率等, 在未经处理的情况下, UHPC的平均抗压强度仍显著高于普通混凝土, 且UHPC的抗压强度有显著提高, 蒸汽养护对UHPC强度的形成有着非常重要的影响。但在实际应用过程中, 高温固化难以实现, 而采用常温固化则面临着材料强度的浪费。因此, 如何在室温固化条件下制备出足够强度的UHPC, 对UHPC的推广应用具有重要影响。

1.2 力学强度

桥梁施工中一般不考虑混凝土的抗拉性能。但加入钢纤维后, UHPC的拉伸强度有所提高, 且在拉伸后仍能保持一定的拉伸应力。研究表明, 当钢纤维含量控制在3%左

右时, UHPC的拉伸强度和弯曲强度与钢纤维含量成正比, 钢纤维含量对材料强度影响明显。不同类型的钢纤维也会影响UHPC的拉伸性能。此外, 端钩钢纤维比其他类型的钢纤维更有优势。钢纤维的加入提高了UHPC的断裂能, 大大降低了混凝土的脆性。构造钢筋与钢纤维的组合可以优化构件形式, 提高桥梁结构的安全性。通常, 通过直接拉伸强度试验获得的UHPC (无纤维) 的平均拉伸强度为7—10MPa。日本规范中的平均抗拉强度值建议为5MPa, 而法国SETRA/AFGC规范中的直接抗拉强度和弯曲强度值分别为8MPa和8.1MPa。另一方面, UHPFRC (包括纤维) 的抗拉强度通常较高, 范围为7—15MPa。

1.3 耐久性

UHPC具有很低的水胶比、较高的堆积密度和较低的孔隙率, 因此在应用中可获得较高的抗有害介质侵蚀性、较低的渗透性和较好的耐磨性能。有研究学者在硫酸铵、硫酸钙、乙酸、硝酸盐和海水的环境中测试了UHPC的耐久性。试验结果非常令人鼓舞, 因为UHPC构件没有重量和强度损失。UHPC在抗氯离子渗透性、抗碳性和耐磨性方面均优于普通混凝土。因此, 在特殊环境条件下具有广阔的应用前景。

2 基于超高性能混凝土的桥梁工程应用

2.1 装配式桥梁

2.1.1 装配式UHPC肋板

利用该装配式UHPC肋板进行后期浇筑,就能够将该类板和钢筋连接在一起,从而提高整体桥梁的强度还能够降低桥梁的厚度。Little Cedar Creek桥就采取了这种施工方式,应用了与普通施工不同的施工材料以及施工方法。在强度相同的情况下,该预制板要比普通的混凝土板更薄一些,能够提高外观的美观度,同时还可以保证质量。UHPC的耐久性能较强,所以还可以提高桥梁的使用寿命。

刘杨等人深入研究了钢-UHPC组合装配式结构桥梁,探讨了提升桥梁跨越能力以及耐久性的具体技术,突破了技术瓶颈。认为这种组合装配式结构拥有较强的抗疲劳以及抗裂性能。该材料可以应用在装配式桥梁施工中。现阶段,国家也十分支持装配式桥梁工程的开展,这也给该材料的大幅度应用带来了更多机遇。

2.1.2 装配式UHPC梁

与普通的混凝土相比UHPC拥有较强的抗裂性能,一般应用在主梁施工中。早在2001年,美国就提出了装配式UHPC的研究计划,探索出了23-41米的工厂预制梁制备工艺,为规模化以及模块化生产提供了更多可能。UHPC梁横截面的类型多样,主要有箱型、工字型以及T字型。2006年美国弗吉尼亚州就使用了UHPC进行桥梁建设,利用该材料代替了抗剪钢筋,依然达到了理想的抗拉效果。和普通的混凝土梁相比装配式UHPC梁横截面积较小,整体的重量比较轻,所以能够减轻桥梁重量。不仅方便安装和使用,还能够同等条件下,尽量延长桥梁跨距。UHPC材料有较强的耐久性能,在后期使用过程中不需要花费较多资金维护保养,也就可以减少因保养而造成的交通堵塞事件。

季孙华针对UHPC梁的具体应用进行了研究,在中国上海袁家河桥建设过程中,就使用了UHPC梁,整个桥梁的自重只有传统桥梁的1/2,吊装难度大幅度降低,在三个小时之内就成功吊装了7片梁。这不仅节省了工程造价,还能够提高桥梁的性能,为其他桥梁的建设提供了示范。

2.2 拱桥

2021年,我国云南省首次利用UHPC梁建设了箱形结构的拱桥。在建设过程中使用了大量的普通石英砂,这些石英砂也是制作UHPC的主要材料。在建设前期,将这些石英砂运送到试验基地,通过优化材料配比等多种方式,提高了该材料的耐磨性以及受压能力。在建设过程中,根据施工场地的气候条件优化了减水剂,进一步提高了拱桥的使用性能。

2.3 人行斜拉天桥

韩国的某座办公楼人行天桥就是UHPC斜拉桥,UHPC虽然重量较轻,但强度较高,所以可以用作斜拉桥的板桥材料。该人行天桥在建设的过程中使用了大量的UHPC板作为前梁板,用普通混凝土制作后梁板。前者为7 cm,后者为18m,通过前后梁板的长度来形成前后梁板的平衡。这样既能够达到美观效果,又能够提高天桥的实用性。

2.4 正交异性钢桥面板

钢桥在建设环节以及后期维护环节,极有可能出现问题,进而导致钢桥面板开裂,沥青铺装受损。这会增加桥面腐蚀的几率,从而破坏整个结构的稳定性,也会影响到桥面的美观。同济大学叶奋在研究UHPC的过程中提出了一种正交异性钢桥面组合结构,就是将钢桥面板和UHPC组合在一起的一种结构。这与普通的钢桥面板铺装相比,耐久性以及强度更高一些,能够降低面板出现病害的几率。在浇筑施工过程中,不需要工作人员进行压力成型,也不需要采取蒸汽养护等方式。在应用后期不会出现坑槽以及开裂的情况,该面板的适用性比较强。

3 UHPC在桥梁建设中的问题及发展趋势

1材料造价偏高。建筑工程公司是一种盈利性企业,在建设过程中注重提升经济效益,十分关注材料造价方面的问题。UHPC材料虽然使用性能较高,但是在制作时需要掺入一些价格比较高的细骨料,所以整体的成本较高。与普通的混凝土材料相比造价更高一些。

2缺乏完备规范。各企业的UHPC材料配比各不相同,现阶段还缺少统一的配比,这提高了制定规范的难度。现阶段我国还没有根据该材料提出统一的计算、验收规范,导致市面上的UHPC材料质量参差不齐,这在一定程度上也影响到了该材料的大幅度应用。

3缺乏统一的理论和实验研究。现阶段,越来越多的学者开始深入研究UHPC材料,但把更多的目光放在了力学测试这一阶段,学者之间的交流和配合比较少。而且由于缺少相关的理论以及实践研究,所以很多研究者无法得到权威性的指导,在这种情况下研究进程缓慢。

我国在飞速发展建设的过程中,对于桥梁工程的建设需求量在不断增加。UHPC材料在抗腐蚀、抗渗透、强度这些方面都有明显的优势,如果能够深入研究、大幅度应用,就可以提高现阶段的桥梁建设水平,支持我国桥梁工程的发展。所以未来要想提高研究工作的顺利性。需要在市场上制定统一的规范,以保证材料的质量。之后再从降低造价这个角度入手进行改进优化,这样才能够提高该材料在桥梁工程中的应用范围。

结语

UHPC材料在施工过程中的应用优势明显,能够提高桥梁构件接缝连接的完整性,大幅度降低桥面变形以及裂缝相关的问题。UHPC可望用于解决常规预应力混凝土连续箱梁的一般挠度和裂缝、钢桥面铺装层的损伤和钢结构的疲劳裂缝等问题,钢-混凝土组合梁负弯矩区混凝土裂缝及与大跨度桥梁相关的一系列具有挑战性的问题。对UHPC的制备工艺、材料性能、结构设计方法和性能指标等方面的深入研究,将促进UHPC的广泛应用,降低材料成本。

参考文献:

- [1]黄政宇.超高性能混凝土抗氯离子渗透性能的试验研究[J].公路工程,2021(6):114-120.
- [2]张潇.河砂和骨料对UHPC性能的影响研究[J].低温建筑技术,2021(9):22-25.