

机场除冰坪FC纤维混凝土试验研究

徐 坤

民航机场规划设计研究总院有限公司华北分公司 北京 100621

摘 要：本文首先研究了FC纤维对机场除冰坪水泥混凝土道面抗裂性能及28d弯拉强度的影响，试验结果显示：FC纤维能明显改善混凝土的抗裂性能，但混凝土弯拉强度同比素混凝土降低了9.2%。然后以北方地区某国际机场新建除冰坪项目为依托，进行了机场除冰坪FC纤维混凝土表面性能现场试验段的浇筑和观测，结果显示：FC纤维能够显著降低除冰坪表面裂缝及剥落量。最后，本文提出了FC纤维在机场除冰坪混凝土中的合理掺量范围。

关键词：机场除冰坪；FC纤维；抗裂性能；弯拉强度；试验段

1 问题的提出

在寒冷地区，飞机容易出现结冰情况，为飞行安全带来了极大影响，飞机除冰液能够有效消除和避免飞机出现结冰情况，因而被广泛应用。除冰液的主要成分是乙二醇，虽然不会直接与混凝土反应，但在长期冻循环过程中对混凝土表面有严重的劣化作用。根据前期调研，我国北方地区民航机场除冰坪破坏较为严重，其中东北地区破坏最为严重，图1为我国东北某机场除冰坪表面剥落情况。



图1 我国东北地区某机场除冰坪

机场除冰坪一般采用水泥混凝土道面，其表面产生的剥落必然要经历开裂、松散、剥落过程，提升混凝土抗裂性能，能有效减少面层剥落、提高混凝土道面使用寿命。另外，弯拉强度作为水泥混凝土道面的主要设计指标，也是提升混凝土道面耐久性的重要参数。FC纤维属于“国家863项目”，已应用在公路、桥梁、码头、机场等领域，取得了良好的经济效益和社会效益。但FC纤维混凝土的抗弯拉性能还有待进一步分析和验证。笔者拟结合机场除冰坪建设工程开展试验段研究，在水泥混凝土中掺入FC纤维，进行抗裂试验及弯拉强度研究，结

合试验室数据以及现场施工情况，研究FC纤维对机场除冰坪混凝土弯拉强度和表面抗裂性能的影响。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

本试验所采用原材料如下：

(1) 水泥采用天津金隅振兴环保科技有限公司生产的P.O42.5水泥；

(2) 细骨料及粗骨料均产自遵化市泉水头的4.75-26.5mm碎石和16-31.5mm碎石；

(3) 添加剂采用北京中航明星防水建材有限公司生产的引气型减水剂掺量为 $6.6\text{kg}/\text{m}^3$ ；

(4) FC纤维：采用杜强华微（北京）高新材料科技有限公司生产的国家863项目超高强度改性聚酯合成纤维，简称FC纤维。其外观为细绒丝状，参数见表1。

表1 FC纤维技术指标

性能	指标	试验方法
抗拉强度 (MPa)	≥ 900	GB/T 21120-2007
弹性模量 (GPa)	≥ 10	GB/T 21120-2007
断裂伸长率 (%)	15~25	GB/T 21120-2007
密度 (g/m^3)	1.25~1.35	/
抗碱保留率 (%)	≥ 98	GB/T 21120-2007

2.2 试验方法

抗裂试验的混凝土试件尺寸为 $600\text{mm} \times 600\text{mm} \times 20\text{mm}$ ，根据CECS38：2004《纤维混凝土结构技术规程》，规定的纤维混凝土开裂试验模具成型。试件成型2h后取下塑料薄膜，取出一组试件，各用1个电风扇吹试件表面，风向平行于试件表面，风速 $0.5\text{m}/\text{s}$ ，环境温度 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于60%。

弯拉试验的混凝土试件采用尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 550\text{mm}$ 的梁形试件，混凝土采用强制式搅拌机拌和，搅拌完成后立即倒入模具中，经过在24h后脱模，然后放置

养护室,标准养护28d后进行弯拉试验。

在净跨450mm、双支点荷载作用下的弯拉破坏,弯拉强度按照式(1)计算。需要指出的是,只有当断面发生在两个加荷点之间时,才能计算弯拉强度,否则该试件之结果无效。

$$F_f = \frac{1.5FL}{bh^2} \quad (1)$$

式中, F_f —弯拉强度 (MPa);

F—受弯拉时的破坏荷载 (N);

L—两支点间的距离 (mm);

b—试件截面宽度 (mm);

h—试件截面高度 (mm)。

3 除冰坪 FC 混凝土试验研究

3.1 配合比设计

本试验结合相关的配合比设计规范,在水泥用量、砂率、碎石级配和减水剂掺量不变的条件下,确定FC纤维的不同掺量的混凝土配合比,其结果见表2。实验室所配置的混凝土的弯拉强度均在5.0MPa以上,抗压强度在35MPa以上,满足机场道面的设计要求。本试验根据纤维不同掺量的混凝土弯拉强度的对比试验,研究低FC纤维掺量混凝土能否满足机场道面混凝土弯拉强度要求,并与素混凝土进行对比,两种混凝土配合比参数列于表2中。

表2 道面混凝土配合比参数表

类型	水胶比	水泥 kg/m ³	细骨料 kg/m ³	粗骨料		水 kg/m ³	减水剂 kg/m ³	砂率%	FC纤维 kg/m ³
				16-31.5mm kg/m ³	4.75-26.5mm kg/m ³				
素混凝土	0.4	330	604	845	563	132	6.6	30	0
FC纤维混凝土	0.4	330	604	845	563	132	6.6	30	1.4

3.2 抗裂性能试验分析

根据《纤维混凝土结构技术规程》(CECS38:2004)和《纤维混凝土应用技术规程》中的有关规定,在水泥混凝土中按不掺加纤维和掺加1.4kg/m³的超高强FC纤维掺量进行抗裂试验。

试件制备:机械搅拌90秒,纤维分布均匀,无结团现象,倒入模具中,试件成型后,养护2小时,试件各用一台(φ45cm)电风扇吹试件表面,连续直吹8小时,环境温度为19-22℃。素混凝土与FC纤维混凝土的试件观测结果见表3。

表3 混凝土抗裂试验对比表

观测时间	24h	48h	7d	60d
素混凝土	2小时45分钟后开裂,裂纹宽度为1.2mm,长度为500mm	表面出现龟裂	有吸水和龟裂现象	有明显吸水和龟裂现象
FC纤维混凝土	未出现裂纹	未出现龟裂和裂纹	未出现龟裂和吸水现象	未出现龟裂和吸水现象,表面仍有水珠。

从表3可以看出:FC纤维混凝土在试件成型后至60d后,试验过程中自始至终都未出现裂纹,且在试验后期未出现吸水现象;素混凝土试件在24h内就开始出现裂纹,且在后期出现龟裂及吸水现象。由此可以得出结论:

(1) FC纤维可以再混凝土中形成均匀分布的三维支撑的体系,有效的阻止了混凝土在早期凝固阶段骨料的下沉,提高了混凝土的均质性,降低了混凝土的泌水,减少混凝土中各部分水化热的差异,从而有效防止混凝土的早期塑性开裂。

(2) FC纤维能降低早期混凝土中的拉应力,混凝土变形能力增强,减少微裂缝的产生,在混凝土凝固硬化过程中,能减少混凝土表面与内部的残余拉应力。

4 机场除冰坪 FC 纤维混凝土表面性能现场试验段

2021年北方地区某国际机场新建飞机除冰坪40余万m²,

FC纤维混凝土试验段选在除冰坪的除冰机位处,如图4阴影部分所示,面积约21000m²。如图2

作为濒临海边的机场,除冰坪道面既要受到富含盐分的海洋环境影响,又要受到飞机除冰过程中除冰液的腐蚀,经年累月,混凝土道面表面状况不佳。新建飞机除冰专用停机坪于2021年11月建成并投入使用,经过两个冬季后,道面表面状况良好。FC纤维混凝土道面与常规普通混凝土道面,FC纤维混凝土道面表面完好,没有出现裂纹,几乎无表面剥落现象,而普通混凝土道面表面出现了严重的剥落情况。混凝土中加入FC纤维凝固后,握裹水泥的高强纤维丝相互粘接成为致密的、乱向分布的网状增强系统,有利于防止并控制微裂缝的产生和发展,并增强了混凝土的韧性。试验表明,FC纤维能够显著降低机场除冰坪的破坏,提升道面耐久性能。

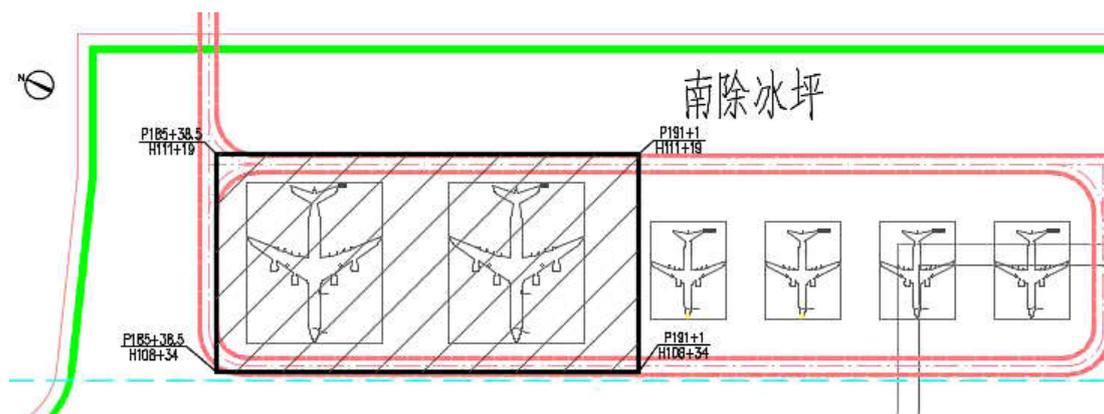


图2 FC纤维混凝土试验段位置示意图

结束语：根据FC纤维混凝土室内试验、试验段铺筑及工程应用等可以发现：

(1) 在水泥混凝土中添加FC纤维，能明显改善混凝土的抗裂性能。

(2) 在水泥混凝土中添加FC纤维，并不能有效提高水泥道面的弯拉强度。从本工程试验段的数据来看，添加FC纤维比不添加FC纤维的水泥混凝土，弯拉强度略有降低，平均弯拉强度降低9.2%。

(3) 在工程实际中，建议增大FC纤维掺量，最佳掺量范围1.4~2kg/m³，同时调整改变搅拌方式，使FC更加均匀分散于混凝土中，并增长FC纤维长度，以使其更好发挥其性能优势。

(4) 从当前使用效果来看，添加FC纤维的混凝土表面抗裂性能、抗剥落优于普通混凝土，但其长期性能需要时间进一步检验。

参考文献

[1] YODDUMRONG P, RODSIN K, KATAWAETHWARAG S. Seismic strengthening of low-strength RC concrete columns using low-cost glass fiber reinforced polymers (GFRPs)[J]. Case studies in construction materials, 2020,13.

[2] 孙家瑛. 聚丙烯纤维对高性能混凝土抗折强度、抗冲击性能影响研究[J]. 市政工程, 2000,000(002):24-27.

[3] 姚武, 马一平, 谈慕华, 吴科如. 聚丙烯纤维水泥基复合材料物理力学性能研究(II) — 力学性能. 建筑材料学报, 2000,9(3):235-239.

[4] 王成启, 吴科如. 钢纤维和碳纤维混凝土力学性能的研究[J]. 建筑材料学报, 2003,6(3): 253-256.

[5] Yanru Zhao, Lei Wang, Zhenkun Lei, et al. Study on bending damage and failure of basalt fiber reinforced concrete under freeze-thaw cycles[J]. Construction and Building Materials, 2018, 163 (28): 460-470.

[6] 李长辉, 杨放, 王启材, 陈宇, 韦志远, 吴堃. 改性合成纤维混凝土弯曲及抗冲击试验[J/OL]. 建筑科学与工程学报:1-12[2022-10-10].

[7] 杨慧, 曹亚, 陈磊. 超高强改性合成纤维在机场道面混凝土中的应用研究[J]. 科学技术与工程, 2015,15(19):184-187.

[8] 《纤维混凝土结构技术规程》(CECS38: 2004). 北京: 中国计划出版社, 2004.

[9] 《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40-2011). 北京: 人民交通出版社, 2011.

[10] 《民用机场水泥混凝土道面设计规范》(MH/T5004-2010). 北京: 中国民用航空局, 2010.