

文章编号: 0451—0712(2006)08—0005—03

中图分类号: U414

文献标识码: B

水泥砂浆、水泥混凝土与沥青混凝土 对纤维不同的技术要求

李 红¹, 傅 智², 赵尚传², 罗 翥², 王大鹏²

(1. 北京建筑工程学院 北京市 100044; 2. 交通部公路科学研究院 北京市 100088)

摘 要: 提出了水泥砂浆、水泥混凝土、沥青混凝土对纤维的不同技术要求, 并按纤维不同的使用场合进行分类, 指导纤维在工程中正确合理地使用。

关键词: 水泥砂浆; 水泥混凝土; 沥青混凝土; 纤维; 技术要求

随着我国经济建设持续稳步地高速发展, 在交通、能源、水利、建筑等土木工程建设领域中, 在水泥砂浆、水泥混凝土、沥青混凝土中使用的纤维越来越多, 纤维品种也越来越庞杂。在这种情况下, 有必要告诫相关工程技术人员: 并非每种纤维在所有工程结构或构件中均可被普遍使用, 没有也不可能有一种纤维能够适用于所有工程结构。所以, 按结构或构件的不同使用要求对纤维进行分类, 并按分类进行合理正确的使用, 势在必行。

以公路路面工程为例, 数量及规模最大的是水泥混凝土路面和沥青混凝土路面, 随着我国交通事业的蓬勃发展, 交通量、轴载与总车重越来越大, 在这种严酷苛刻的交通运输条件下, 在特重交通量、超重轴载与超大总车重联合动载作用下, 本来使用得较好的钢筋水泥混凝土桥涵、普通水泥混凝土路面和沥青混凝土路面均面临着越来越严峻的考验, 公路路面工程等结构的破损越来越快, 使用寿命越来越短, 维修费用越来越高。公路工程结构破损加速的最重要的原因是频繁的超大车轮重载的冲击、振动和疲劳荷载作用, 为了应付这种公路全行业极为不利的局面, 我们必须双管齐下: 一方面通过立法限载; 另一方面, 在桥梁结构、水泥混凝土路面和沥青混凝土路面中大量使用抗冲击、耐振动、抗疲劳荷载与超载能力极强的纤维材料, 对传统水泥砂浆、水泥混凝土与沥青混凝土进行增强、改性和提高, 用纤维

复合材料来解决公路路面、桥面工程在特重交通量、超重载车辆作用下, 造成的快速早期破损难题。

众所周知, 纤维水泥混凝土的抗冲击韧性比普通水泥混凝土高 5 倍以上, 耐疲劳循环周次高 10 倍以上, 抗振动破损能力国内、外研究得极少, 预期也比普通水泥混凝土优异得多。也就是说, 在公路工程的桥梁、桥面、水泥混凝土路面、沥青混凝土路面、喷锚混凝土支护及边坡防护工程中, 纤维是我们改进公路工程结构及构件抵抗超重动载快速破坏作用的首选增强材料之一。纤维增强复合材料的使用是未来我国动载结构路面和桥面改进性能、经久耐用的一个重要发展趋势与攻坚方向。

然而, 遗憾的是: 目前各种纤维在公路工程结构中的使用, 由于市场经济的原因而相当混乱, 某些推销商宣称自己的某种纤维是所有结构均可使用的万能纤维, 殊不知, 由于这些有害的宣传, 已经造成了一些对纤维推广应用极为不利的影响, 反而导致不少工程技术人员不敢轻易地在重要的工程结构中添加和使用纤维。

另一方面, 迄今为止, 几乎无人提出纤维按使用场合的不同要求进行分类的问题, 致使多数工程技术人员在使用纤维材料时, 缺乏相关的分类使用的正确概念。本文在此将阐述纤维在水泥砂浆、结构水泥混凝土、沥青混凝土路面中使用的不同技术要求, 期待能够指导纤维正确合理地使用。

1 公路工程结构水泥混凝土所使用纤维的基本要求

对重要的公路工程水泥混凝土结构而言,应优先推荐使用高强、高模量、拉断应变小的纤维材料,如钢纤维水泥混凝土、耐碱玻璃纤维水泥混凝土、腈纶纤维水泥混凝土、塑钢纤维水泥混凝土等。

1.1 公路工程结构开裂原因分析

钢筋水泥混凝土工程已经使用了近百年,现代水泥混凝土随着强度的逐渐提高,结构开裂现象不仅越来越多,而且越来越严重。从控制钢筋水泥混凝土结构开裂的角度看,对能够控制开裂的纤维水泥混凝土的工程需求也越来越大。与此同时,防止与控制钢筋水泥混凝土结构开裂的难度也越来越大,已经成为钢筋水泥混凝土结构中的一项长期而艰巨的任务,学者称之为“一个永恒的研究主题”。

(1)硅酸盐类水泥的收缩过大。化学减缩、干燥收缩、自生体积收缩均随着水灰比降低与水泥强度等级提高越来越大,水泥细度越来越细,更加剧了收缩开裂的趋势。水泥本身的收缩大,是所有水泥混凝土工程结构与构件开裂的第一位的原因。

(2)高强水泥混凝土中水泥用量越来越多。在低水灰比的高强水泥混凝土中,自生体积收缩和化学减缩引起的收缩与水泥浆总体积成正比,水泥用量增加,水泥浆总体积增大,自生体积收缩和化学减缩量增加,开裂可能性增大。

(3)强度越来越高,材料越来越脆。随着水泥混凝土强度提高,水泥混凝土的变形能力减弱,脆性越来越大,导致结构开裂可能性增大。

(4)结构越来越纤细轻巧,薄壁结构大大增加。公路水泥混凝土结构 90% 以上使用的是薄壁结构,薄壁结构的抗裂控制难度比一般结构大得多,甚至比大体积水泥混凝土的抗裂难度还要大。

需要指出的是,普通水泥混凝土、钢筋水泥混凝土结构开裂是必然的,因为在设计计算中,当荷载作用上后,偏压与受弯结构是允许开裂的。如果结构在荷载作用下不开裂,所配钢筋拉应力建立不起来,钢筋就使不上劲,所以除非是挡水结构,对于大多数公路工程结构而言,仅需要控制裂缝宽度与裂缝数量。预应力水泥混凝土结构是抗裂性较强的结构,但是在目前采用的高强高脆薄壁水泥混凝土结构中,裂缝宽度已经大大超过了其能够承受的容许裂缝宽度,某些工程中预制的钢筋水泥混凝土梁,由于其开裂程度已经大大超出了允许值而无法架设,只得废

弃。因此,改善高强高脆薄壁水泥混凝土结构的抗裂性,已经成为提高水泥混凝土结构质量的一项艰巨任务。而实现结构裂缝有效控制的手段之一是使用纤维复合水泥混凝土材料。

1.2 水泥混凝土结构对纤维的具体技术要求

对于公路、铁路上的钢筋水泥混凝土桥梁、水泥混凝土路面、钢筋水泥混凝土枕木而言,不仅需要改善其抗裂性,更重要的是改进其动荷载性能,如改进抗冲击性能、提高耐疲劳性能、增强抗振动能力等,这些目标均需要通过高强高模量的纤维来实现,掺加纤维是实现动载结构经久耐用的必由之路。要实现此目的,必然应按工程结构的具体使用要求,对所用的纤维性能提出相应的技术指标要求。

重要的水泥混凝土结构对纤维的具体技术要求如下:

(1)单丝抗拉强度高,一般不低于 500 MPa;

(2)纤维的弹性模量高,弹性模量一般不应低于 10 000 MPa;

(3)纤维的延伸率小,一般不应大于 5%;

(4)纤维的耐碱性要高,pH 值为 13.5 时浸泡 28 d,强度损失应不大于 5%;

(5)纤维的长度应与水泥混凝土中骨料最大粒径相匹配,纤维应比最大粒径长 1/3 以上;

(6)纤维的防锈、耐腐蚀性能高,环境适应性强;

(7)表面遭受车轮磨损的路面结构,要求纤维具有合理的形状,提供足够的安全性,满足交通运输业特殊的安全适应性要求;

(8)纤维单位重量的根数要多,锚固性能好,并满足构件抗裂性与经济性要求;

(9)搅拌不成团,既不能形成钢纤维的刺猬团(搅拌不开或不匀),也不得形成软纤维的棉线团(影响强度的大孔隙缺陷),层布钢纤维不参与搅拌,无需要控制成团与否,这是工艺适用性的要求。

1.3 桥面、路面中正在研究使用其他纤维

在公路桥面、路面中,除了《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)中规定的钢纤维外,正在研究使用的其他纤维有:

(1)耐碱玻璃纤维,用量少、增强效果明显,水泥混凝土中掺加后强度高、比重小,缺点是纤维锚固性较差,搅拌时纤维易断裂;

(2)腈纶纤维,断裂延伸率(10%~20%)过大;

(3)碳纤维,强度最高,弹性模量极大,锚固性不佳,正在研究表面改性及涂层技术;

(4)塑钢纤维(改进聚丙烯纤维),正在研究中。

1.4 路面、桥面中不允许或需要限制使用的纤维

(1)钢纤维的抗拉强度小于380 MPa、钢丝切断型纤维头部尖锐造成行车不安全、波浪状易成团的纤维;废旧船板、废旧钢轨疲劳寿命损失很大,未经过回火处理制造的钢纤维。

(2)低强度小模量聚丙烯纤维或网,搅拌时易成棉线团,只能增加降低强度的孔隙率。

(3)抗拉强度小于500 MPa的低模量纤维,控制不了重要结构中裂缝的发展和宽度,水泥未凝固时能够抽出,凝固后纤维本身却如橡皮筋一样会被拉长。试验表明,低强度低模量纤维只增韧不增强。

2 公路沥青混凝土路面、桥面所使用纤维的基本技术要求

在公路沥青混凝土柔性路面中所使用纤维的技术要求,与水泥混凝土刚性路面有很大差别。沥青混合料是热拌和、热摊铺、热碾压成型的,从热施工工艺上讲,沥青混凝土所用纤维必须具备耐热性、易热碾压性与不成团性;从沥青混凝土材料适用性上讲,有亲油性、大应变性、无锚固外形、耐老化性等要求;从纤维增强效果与经济性上讲,沥青混凝土所用的纤维要细,单位重量根数多。

(1)耐热性:纤维高温稳定性好,在沥青混合料加热到最高温度为180℃的条件下,不熔融或熔化。

(2)易热碾压性:纤维提高沥青混合料的压实难度小;刚性较低,弹性模量较小;保证碾压密实度,碾压反弹量少;保温时间长,降温速度慢。

(3)不成团及均匀性:纤维在沥青混合料搅拌过程中不得成棉线团,分布均匀。

(4)亲油性:纤维中应没有亲水基团,具备亲油性或吸油性,与沥青材料的相容性好。

(5)大应变性:纤维具备与沥青混凝土路面相适应的较大应变能力,断裂应变达到15%~25%,适应碾压或车辆运营中的柔性变形和蠕变,使应力尽快松弛。

(6)无锚固外形:纤维在沥青混凝土柔性路面中的变形一方面源自纤维自身的较大应变,另一方面是来自沥青混凝土在纤维表面的滑移,既然允许滑移,就不必要限制纤维滑移的锚固外形,直接使用其光滑表面及固有截面形状。

(7)耐老化性:在沥青混凝土柔性路面中所使用的纤维,其抗老化能力应比沥青更强、更耐久。

(8)单位重量根数多:比表面积较大,纤维要细,单位重量的根数足够多,有较大的增强效果,掺量低,经济性好。

我国在沥青混凝土中已经成功使用的纤维有:木质素纤维、耐热聚丙烯细纤维、聚丙烯腈纶细纤维等。与改性沥青一样,在沥青混合料中掺用纤维后,至少提高拌和与碾压温度25℃左右,不仅拌和加热能耗提高,摊铺难度增大,而且碾压功能也需相应提高,在低气温条件、降温速度较快时的施工难度明显增大,保证沥青混合料路面质量需更严格地控制摊铺、碾压时的温度场。这一点特别重要,如果达不到沥青混合料规定的压实度,不如不掺纤维。

3 水泥砂浆所使用纤维的基本技术要求

水泥砂浆分为抹面水泥砂浆与结构水泥砂浆。抹面水泥砂浆对纤维的要求是最低的,几乎没有特殊要求,农村建土坯房,在泥土中加麦草、稻草或稻壳等农作物纤维,砖房抹面也可在水泥浆中加麻刀等植物纤维。

在抹面水泥砂浆中使用纤维也应遵循其与基体材料强度、变形、抗裂性相匹配的原则,并应兼顾其抹面施工工艺等要求:(1)纤维的单丝抗拉强度应比基体材料的强度高;(2)水泥浆中掺用的纤维必须是耐碱的;(3)纤维应耐锈蚀与耐老化;(4)纤维刚度适宜抹面;(5)不成团,且搅拌均匀。

问题是在大型土建工程中边坡防护、隧道防护使用的喷锚水泥砂浆、喷锚细石水泥混凝土和喷锚水泥混凝土中所使用的纤维品种,比抹面砂浆的要求高得多,喷锚细石水泥混凝土和喷锚混凝土所使用纤维的基本技术要求,除耐磨要求外,应与第1章要求相同。喷锚水泥砂浆如果以表面防护为主,应力要求很低,则满足抹面水泥砂浆的要求即可;如果喷锚水泥砂浆是一个受力构件,以受力为主、防护为辅,则应满足结构水泥混凝土对纤维的要求。

4 研究结论

(1)本文对水泥砂浆、水泥混凝土、沥青混凝土中所使用的纤维提出了不同的技术要求,并要求按纤维使用场合的不同进行分类,指导纤维在工程中正确合理地使用。

(2)用纤维复合材料来解决公路水泥混凝土路面、沥青混凝土路面与桥面工程在特重交通量、超重载车辆造成的快速早期破损难题,代表了未来我国

文章编号: 0451—0712(2006)08—0008—04

中图分类号: U418. 5

文献标识码: B

阻沙或积沙法测定风沙流活动强度

金昌宁¹, 董治宝², 刘健¹, 张天华¹, 阿米娜¹

(1. 新疆交通科学研究院 乌鲁木齐市 830000; 2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 兰州市 730000)

摘 要: 现有的确定风沙流输沙强度之方法在运用到防沙工程设计上时,常因误差较大,难以满足工程需要。为解决这一问题,所提出的方法是首先设置起到阻沙作用的高立式沙障,然后在一段时间后,如一年或一个风季后,通过量测高立式沙障所在处的积沙量,再结合气象资料等,计算而得风沙流输沙强度。这种反向的“由果推因”之方法虽然需要的时间较长,却在一般情况下低于公路工程等的设计周期,可满足工程设计对时间的要求。而且以这种方法确定的风沙流输沙强度与实际出入不大,并经实践证明是可以满足防沙工程设计需要的。

关键词: 路基工程; 输沙强度; 风沙流; 高立式沙障; 防沙工程

在风沙研究领域,所谓风沙流活动强度,也称输沙强度或输沙率,是指气流在单位时间内通过单位宽度或面积所搬运的沙量^[1]。而在防沙工程设计方面,输沙强度则是需要较为准确掌握的最为重要的参数指标,其大小对防沙工程防护带宽度的确定有着直接的决定作用,因而也直接影响着工程造价及其后期维护费用。

1 现状分析

输沙强度计算一直是从事沙漠科学研究的学者极为关注的问题,尽管国内外学者在理论、实验及野外观测等的基础上提出了许多理论或经验公式,但由于边界条件的难以确定和区域性的差异,很难与特定区域内的实际输沙强度相符合^[2]。

目前,确定输沙强度的方法有两种。

第一种方法是用理论或经验公式来计算。首先

利用理论分析或风洞实验等,确定出输沙强度与风速之关系公式;有此公式后,然后利用气象资料,尤其是风速、风向、风时等风况资料,计算出输沙强度。以这种方法进行研究的人很多,推导出的理论或经验公式也有数十种之多。在这些公式中,有的公式表明输沙强度与摩阻速度的3次方成正比,有的公式表明输沙强度与风速超过起动速度的那部分风速的3次方成正比,有的公式表明输沙强度与摩阻速度的2次方成正比,有的公式表明输沙强度与风速超过起动速度的那部分风速的2次方成正比,有的公式表明输沙强度与风速为幂函数关系,等等^[3~5]。众多公式各有不同,令使用者无所适从。更为重要的是,已有研究表明,以这些公式计算所得结果往往与实验结果,特别是野外观测结果都有不小的差距。因其误差较大,则很少在防沙工程设计中运用。

第二种方法是目前常用的,是先用积沙仪在野

收稿日期: 2006—02—22

路用材料的重大改进方向与发展趋势。

(3)分析了造成公路路面、桥面早期快速破损的原因,对水泥混凝土路面与桥面使用的纤维,从结构适用性方面,提出了高强、高模量、小变形的要求;从复合材料适应性方面,提出了耐碱、阻锈、长度匹配的要求;从磨损结构的使用安全性、锚固性和拌和不成团方面,提出了外形要求;从经济性角度,提出单位重量的纤维根数要多。

(4)从沥青混合料热施工工艺上,提出所用纤维

必须具备耐热性、易热碾压性与不成团性;从与沥青混凝土材料适应性上讲,有亲油性、大应变性、无锚固外形、耐老化性要求;从纤维增强效果与经济性上,提出沥青混凝土所用的纤维要细,单位重量根数多。

(5)水泥砂浆分为结构水泥砂浆与抹面水泥砂浆,承受应力的结构水泥砂浆应遵循结构水泥混凝土使用纤维的规定;抹面水泥砂浆中使用纤维应遵循其与基体材料强度、变形、抗裂性相匹配的原则,并应兼顾其抹面施工工艺等要求。