



T/CECS G XXXX: 2020

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路纤维混凝土桥面铺装技术规程

Technical Specification for Fiber Reinforced Concrete Bridge Deck Pavement

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路纤维混凝土桥面铺装技术规程
Technical Specification for Fiber Reinforced Concrete Bridge Deck Pavement

T/CECS G: XXXX-2020

主编单位：北京新桥科技发展有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2020 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2017 年第二批工程建设标协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2017]031 号）的要求，由北京新桥科技发展有限公司承担《公路纤维混凝土桥面铺装技术规程》（以下简称“本规程”）的制定工作。

编制组在全面总结国内外近年来公路纤维混凝土桥面铺装建设经验和研究成果的基础上，经过广泛调查研究，充分吸收国内外先进技术，并广泛征集了行业内外意见和建议，完成本规程编写工作。

本规程分为 7 章，主要内容包括总则、术语和符号、设计要求、材料、配合比设计、施工、质量管理与检查验收。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理，由北京新桥科技发展有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或于蕾（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮政编码：100088；电子邮箱：yuleimabel@163.com），以便修订时研用。

主 编 单 位： 北京新桥科技发展有限公司

参 编 单 位： 安徽省公路工程建设监理有限公司

中交公路长大桥建设国家工程研究中心有限公司

广州北环高速公路有限公司

湖北武麻高速公路有限公司

主 编 人 员： 于蕾

参 编 人 员： 路凯冀、陈雷、刘兆磊、贾雷、高原、石晋涛、张述雄、张国庆、牛健、郝先云、李征、魏艺博

主 审： 罗立峰

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 设计要求	3
3.1 一般要求	3
3.2 典型结构形式	3
3.3 锚固筋设计	4
3.4 连续筋设计	4
3.5 纤维选型及掺量要求	5
3.6 材料适用环境要求	6
4 材料	6
4.1 纤维	6
4.2 水泥	6
4.3 矿物掺合料	7
4.4 细集料	7
4.5 粗集料	7
4.6 外加剂	7
4.7 水	7
4.8 钢筋网	7
5 配合比设计	8
5.1 一般规定	8
5.2 性能要求	9
5.3 配制强度的确定	10
5.4 目标配合比计算	11
5.5 施工配合比计算	15
6 施工	16
6.1 一般规定	16
6.2 桥面预处理	17
6.3 梁板植筋	17
6.4 钢筋网安装	17
6.5 模板安装	17
6.6 纤维混凝土制备	18
6.7 纤维混凝土运输	18
6.8 纤维混凝土摊铺	18
6.9 整平与抹面	19
6.10 分缝	20
6.11 表面处理	20

6.12 模板拆除	20
6.13 养生	20
6.14 开放交通	21
7 质量管理与检查验收	21
7.1 施工前的材料与设备检查	21
7.2 施工过程中质量管理与检查	23
7.3 交工验收阶段的工程质量检查与验收	24
本规程用词用语说明	25

1 总则

1.0.1 为规范公路纤维混凝土桥面铺装设计、施工与验收，提高公路纤维混凝土桥面铺装工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用各等级公路的新建桥梁、改扩建桥梁以及桥梁养护工程中的水泥混凝土面层或调平层。

1.0.3 纤维混凝土桥面铺装应遵守国家安全生产、环保等相关法律法规。

1.0.4 纤维混凝土桥面铺装的设计、施工和验收除应符合本规程的规定外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 纤维混凝土桥面铺装 fiber concrete bridge deck pavement

用纤维混凝土材料铺筑在桥面板上的保护层。

2.1.2 水泥混凝土调平层 cement concrete adjusting layer

位于桥梁梁板与铺装层之间的用来调节桥面标高和平整度的水泥混凝土层。

2.1.3 纤维体积率 fraction of fiber by volume

纤维占纤维混凝土体积的百分数。

2.1.4 聚合物纤维 polymer fiber

以合成高分子聚合物为原料制成的化学纤维。

2.1.5 抗裂 anti-cracking

抵抗裂缝的出现和扩展。

2.1.6 增韧 toughening

使混凝土具有非脆性破坏特征，提高抗弯拉性能、弯曲韧性和抗冲击性能。

2.1.7 抗裂纤维 anti-cracking fiber

掺加后使得混凝土具有比普通混凝土更强的抗裂性能的纤维。

2.1.8 增韧纤维 toughness improving fiber

掺加后使得混凝土具有增韧效果的纤维。

2.1.9 混杂纤维混凝土 hybrid fiber concrete

掺加两种或两种以上纤维的混凝土。

2.2 符号

/

3 设计要求

3.1 一般要求

3.1.1 桥面铺装宜与公路路面相协调；应有完善的桥面防水、排水系统；应结合已完成的桥梁上部结构设计综合考虑、协调设计。

3.1.2 调平层与纤维混凝土面层宜与梁板作为整体计算，同时考虑整体荷载效应和局部荷载效应，取最不利位置在正常使用阶段最不利荷载效应组合下的抗弯拉强度为纤维混凝土材料设计标准值。

条文说明

(1) 整体荷载效应应计算混凝土收缩差效应、桥面系自重以及使用阶段可变作用；

(2) 局部荷载效应主要为车辆轮载局部作用；

(3) 对于梁式桥，弯拉应力最不利位置取值一般为桥面连续处、连续梁负弯矩处等位置。

3.1.3 纤维混凝土抗压强度应不小于梁板混凝土抗压强度的 80%。

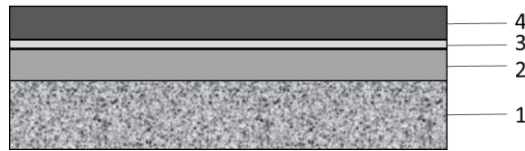
条文说明

在桥梁结构设计中，铺装混凝土的抗压强度一般不作为控制性指标进行设计，按照目前设计单位对铺装混凝土设计抗压强度取值做法，不进行受力计算，取不低于梁板混凝土抗压强度的 80%作为铺装混凝土抗压强度最低限定值。

3.1.4 纤维混凝土桥面铺装构造设计除满足本节要求外，尚应符合现行《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)的有关规定。

3.2 典型结构形式

3.2.1 纤维混凝土作为调平层或面层，其典型结构形式如图 3.2-1 与图 3.2-2 所示。



1—桥面板；2—纤维混凝土调平层；3—防水层；4—沥青混凝土面层

图 3.2.1-1 纤维混凝土作为调平层典型结构形式



1—桥面板；2—纤维混凝土面层

图 3.2.1-2 纤维混凝土作为面层典型结构形式

3.2.2 应按层位及梁板类型确定纤维混凝土层厚度，如表 3.2.2 所示。

表 3.2.2 纤维混凝土适用层位及厚度范围

适用层位	调平层	面层		
厚度范围（cm）	6-8	实心板	空心板	T 梁、箱梁
		8-10	8-12	8-14

3.3 锚固筋设计

3.3.1 主梁顶面宜设置锚固筋，锚固筋宜用 $\Phi 8\text{mm}$ 钢筋。

3.3.2 无钢筋网片的混凝土桥面铺装，锚固筋应采用间距不大于 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ 的 $\Phi 8$ 闭合环形锚固筋。

3.4 连续筋设计

3.4.1 简支梁桥桥面连续处，应根据桥面连续构造特点将桥面铺装层按照与主梁协调受力考虑，验算在正常使用极限状态下的最大弯拉应力。

条文说明

“桥面连续”通过设置桥面连续结构实现，桥面连续结构通常在主梁架设完毕后在梁端预留位置布设钢筋网并浇筑混凝土，再在混凝土铺装层上浇筑一道沥青混凝土铺装层。根据这一部位的受力特征不同，可将之分为铰接式桥面连续构造、刚接式桥面连续构造以及拉杆式桥面连续构造。不同桥面连续构造型式，在受到二期恒载、汽车活载和温度荷载等作用下，受力特点略有不同。

3.4.2 无钢筋网桥面铺装不取消桥面连续处钢筋，桥面连续的纵向钢筋交错布置，交错长度宜大于 50cm，当桥面连续处梁端之间的间距大于 8cm 时，宜配置双层钢筋，或加大钢筋直径，并按桥面连续构造设计规定施工。

3.4.3 桥梁连续筋直径、间距与位置的设计应符合结构受力要求，并应符合现行《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）的规定。

3.5 纤维选型及掺量要求

3.5.1 纤维根据作用不同，分为抗裂纤维与增韧纤维。

3.5.2 有钢筋网时，面层宜采用增韧纤维，调平层可采用抗裂纤维；无钢筋网时，宜采用增韧钢纤维与聚合物抗裂纤维的混杂纤维。

条文说明

根据国内外现有研究，高模量纤维可以提高混凝土的强度，低模量的纤维可以提高纤维混凝土的延展性和韧性，具有高模量的钢纤维与具有低模量的聚合物纤维混合作为桥面铺装材料使用，既能提高强度也能提高铺装抗开裂能力及弯曲韧性，适用于无钢筋网的桥面铺装。

3.5.3 选择设计参数时，纤维掺量宜用体积率表达。纤维体积率范围宜符合表 3.5.3 规定。纤维最终掺量应经试验确定。

表 3.5.3 纤维体积率推荐范围（%）

纤维种类			抗裂	增韧
钢纤维			0.35-0.5	≥0.5
聚合物纤维	聚丙烯	单丝	0.1-0.15	/
		网状	0.1-0.15	/
		粗	0.05-0.1	0.1-0.15
	聚丙烯腈		0.1-0.15	/
	聚乙烯醇		0.05-0.1	0.1-0.15
	聚酰胺		0.05-0.1	/
耐碱玻璃纤维			0.35-0.5	0.5-1.5

注：增韧用粗纤维的体积率可大于 0.5%，并不宜超过 1.5%。

条文说明

纤维体积率是纤维混凝土中纤维含量的表示方法之一，该指标值与纤维自身性能无关，分析计算使用更加准确。而不同种类纤维密度差异较大，且密度受温度等条件影响，不便于设计的准确性。

3.5.4 纤维掺量应按质量计算，按公式 3.5.4 进行计算：

$$m = \rho V \quad (3.5.4)$$

式中： m —每立方米混凝土掺加的纤维质量，kg；

ρ —纤维密度，kg/m³；

V —纤维体积率，%。

条文说明

示例：假设设计时，按照表 3.5.3 选取了聚乙烯醇纤维，纤维体积率取 0.1%，按《公路工程水泥混凝土用纤维》(JT/T 524)，实测聚乙烯醇纤维密度为 1250kg/m³，则计算纤维质量为 1250 kg/m³×0.1%=1.25 kg/m³。

3.5.5 耐碱玻璃纤维用于增韧时，宜选择集束型。

3.6 材料适用环境要求

3.6.1 处在海水、海风、含氯除冰盐的环境禁止采用钢纤维混凝土；钢纤维混凝土不得采用海水、海砂，不得掺加氯盐类外加剂。

3.6.2 钢纤维混凝土不宜用于现行《混凝土结构设计规范》(GB 50010)规定的四、五类环境中；当有特殊需要时，应有可靠的技术论证。聚合物纤维混凝土不宜用于温度高于 60℃ 的热环境中。

4 材料

4.1 纤维

纤维技术要求应符合现行《公路工程水泥混凝土用纤维》(JT/T 524) 的规定。

4.2 水泥

4.2.1 水泥宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。当用于轻、中交通时，宜选用 42.5 水泥，当用于重、特种、极重交通时，宜选用 52.5 水泥。

条文说明

根据《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40)，极重、特重、重型交通荷载等级时，水泥混凝土弯拉强度标准值≥5MPa，中等交通时 4.5MPa，轻交通时 4.0MPa。水泥标号是直接影响混凝土力学性能的重要参数，为了给交通安全以必

要的富余度，建议重交通以上用高标号水泥。

4.2.2 水泥技术要求应符合现行《通用硅酸盐水泥》（GB 175）的规定。

4.3 矿物掺合料

4.3.1 硅灰技术要求应符合现行《砂浆和混凝土用硅灰》（GB/T 27690）的规定。

4.3.2 矿渣宜采用 II 级及以上等级，技术要求应符合现行《高强高性能混凝土用矿物外加剂》（GB/T 18736）的规定。

4.4 细集料

4.4.1 细度模数宜保持在 2.3-3.0 区间。

4.4.2 细集料技术要求应符合现行《建设用砂》（GB/T 14684）的规定。

4.5 粗集料

4.5.1 公称最大粒径不宜大于 26.5mm。

4.5.2 宜形成连续级配，不宜采用单粒级集料直接配制纤维混凝土。

4.5.3 粗集料技术指标应符合现行《建设用碎石卵石》（GB/T 14685）的规定。

4.6 外加剂

4.6.1 外加剂宜采用无碱或低碱型，且不宜具有促凝作用。

4.6.2 外加剂技术要求应符合现行《混凝土外加剂》（GB 8076）的规定。

4.7 水

水技术要求应符合现行《混凝土用水标准》（JGJ 63）的规定。

4.8 钢筋网

4.8.1 钢筋网宜采用焊接型。

条文说明

根据桥梁工程质量验收情况，采用焊接网的桥面铺装层质量比绑扎钢筋网高，保护层厚度合格率高，桥面平整度高，能有效减少裂缝发生，铺装速度也比较快。

4.8.2 冷轧带肋钢筋直径宜为 8-12mm；热轧带肋钢筋直径宜为 8-16mm。

4.8.3 钢筋网长度不宜超过 12m，宽度不宜超过 3.3m，网格尺寸不宜超过 200mm×200mm。

4.8.4 钢筋网技术要求应符合现行《钢筋混凝土用钢筋焊接网》(GB/T 1499.3) 的规定。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 桥面铺装纤维混凝土配合比应满足混凝土拌合物性能、力学性能和耐久性能的设计要求。

5.1.2 各等级公路面层纤维混凝土配合比设计宜采用正交试验法，二级及二级以下公路面层可采用经验公式法；调平层纤维混凝土可采用经验公式法。

5.1.3 配合比设计应包括目标配合比设计和施工配合比设计两个阶段。目标配合比设计应确定混凝土的水泥用量、集料用量、水灰（胶）比、外加剂掺量以及纤维掺量。施工配合比设计应通过试拌确定拌和参数。

5.1.4 目标配合比设计应对混凝土性能进行全面检验，并规定施工配合比设计与目标配合比设计的允许偏差。目标配合比设计应按下列要求进行：

- 1 根据原材料、路面结构及施工工艺要求，通过正交试验或经验公式法计算，拟定混凝土配合比的控制性参数。

- 2 按拟定配合比进行试验室试拌，实测各项性能指标，选择弯拉强度、工作性、耐久性满足要求，且经济合理的配合比作为目标配合比。

- 3 根据试拌情况，对试拌配合比进行性能验证和调整，直至符合目标配合比要求。

5.1.5 施工配合比应符合目标配合比的实测数据，并按下列要求进行：

- 1 施工配合比中的水泥用量可根据拌和过程中的损耗情况，较目标配合比适当增加 5-10kg/m³。

- 2 根据目标配合比计算各种原材料用量，按照实际生产要求进行试拌。

- 3 进行混凝土的抗弯拉强度、工作性和耐久性检验，确定是否满足要求。

4 总结试验数据，提出施工配合比，确定设备参数，明确施工中根据集料实际含水率调整拌合楼（机）上料参数和加水量的有关要求。

5.1.6 当原材料变化时，应重新进行目标配合比和施工配合比设计与检验。

5.1.7 目标配合比设计中，进行混凝土试拌时，粗、细集料应处于饱和面干状态。

5.1.8 纤维混凝土的最大水灰（胶）比和最小单位水泥用量应符合表 5.1.8 的规定。最大单位水泥用量不宜大于 420kg/m^3 ，使用掺合料时，最大单位胶凝材料总量不宜大于 450kg/m^3 。

5.1.8 纤维混凝土最大水灰（胶）比和最小单位水泥用量

纤维种类		钢纤维		其他纤维	
公路等级		高速、一级	二级及以下	高速、一级	二级及以下
最大水灰（胶）比		0.47	0.49	0.47	0.49
有抗冰冻要求时最大水灰（胶）比		0.45	0.46	0.45	0.46
有抗盐冻要求时最大水灰（胶）比		0.42	0.43	0.42	0.43
最小单位水泥（胶凝材料）用量（ kg/m^3 ）	52.5 级	350	350	330	320
	42.5 级	360	360	340	330
有抗冰冻、抗盐冻要求时最小单位水泥（胶凝材料）用量（ kg/m^3 ）	52.5 级	370	370	340	330
	42.5 级	380	380	350	340

注：处在除冰盐、海风、酸雨或硫酸盐等腐蚀环境中时，最大水灰（胶）比宜比表中值降低 0.01-0.02。

5.1.9 掺加矿物掺合料种类宜为矿渣与硅灰，不宜掺加粉煤灰。掺量应经混凝土试配确定，并应满足纤维混凝土强度和耐久性能的设计要求以及施工要求。钢纤维混凝土矿物掺合料掺加量不宜大于胶凝材料的 20%。掺用矿渣粉或硅灰时，配合比设计应采用等量取代水泥法，应扣除水泥中相同数量的矿渣粉或硅灰。

条文说明

由于桥面不具备长期的湿养生条件，粉煤灰早期基本不参与水化，对早期强度没有贡献，却容易导致混凝土早期开裂，因此规定桥面混凝土中不宜掺粉煤灰。

5.1.10 冰冻地区的纤维混凝土中必须掺加引气剂。

条文说明

掺加引气剂可有效改善混凝土内部毛细孔结构，避免结晶水压胀裂混凝土，对提高混凝土的抗冻耐久性有积极的促进作用，因此建议在冰冻地区混凝土中掺加引气剂。

5.2 性能要求

5.2.1 纤维混凝土拌合物的工作性应符合下列规定：

1 滑模摊铺机摊铺时，现场坍落度碎石混凝土宜为 10-30mm，卵石混凝土宜为 5-20mm。

2 三辊轴机组摊铺时，拌合物现场坍落度宜为 20-40mm。

3 小型机具摊铺时，拌合物的现场坍落度宜为 5-20mm。

5.2.2 纤维混凝土的抗冻性、耐磨性、含气量及最大气泡间距系数应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG T F30) 要求。

5.3 配制强度的确定

纤维混凝土配制 28d 弯拉强度的均值宜按式 5.2 计算。

$$f_c = \frac{f_r}{1-1.04C_v} + ts \quad (5.2)$$

式中： f_c —纤维混凝土配制 28d 弯拉强度的均值 (MPa)；

f_r —纤维混凝土设计弯拉强度标准值 (MPa)，根据设计确定；

t —保证率系数，可按表 5.2-1 确定；

s —弯拉强度试验样本标准差 (MPa)，有试验数据时应使用试验样本的标准差，无试验数据时按公路等级及设计弯拉强度，参考表 5.2-2 规定范围取值；

C_v —弯拉强度变异系数，应按统计数据取值，小于 0.05 时取 0.05；无统计数据时，参考表 5.2-3 的规定范围取值，其中高速公路、一级公路变异水平应为低，二级公路变异水平应不低于中。

表 5.2-1 保证率系数 t

公路等级	判别概率 p	样本数 n (组)			
		6-8	9-14	15-19	≥ 20
高速	0.05	0.79	0.61	0.45	0.39
一级	0.10	0.59	0.46	0.35	0.30
二级	0.15	0.46	0.37	0.28	0.24
三、四级	0.20	0.37	0.29	0.22	0.19

表 5.2-2 各级公路水泥混凝土面层弯拉强度试验样本的标准差 s

公路等级	高速	一级	二级	三级	四级
目标可靠度/%	95	90	85	80	70
目标可靠指标	1.64	1.28	1.04	0.84	0.52

样本的标准差 s (MPa)	$0.25 \leq s \leq 0.50$	$0.45 \leq s \leq 0.67$	$0.40 \leq s \leq 0.80$
------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

表 5.2-3 变异系数 C_v 的范围

弯拉强度变异水平等级	低	中	高
弯拉强度变异系数 C_v 的范围	$0.05 \leq C_v \leq 0.10$	$0.10 \leq C_v \leq 0.15$	$0.15 \leq C_v \leq 0.20$

5.4 目标配合比计算

5.4.1 当采用正交试验法进行设计时，应符合下列规定。

1 不掺加掺合料的混凝土可选择水泥用量、用水量、砂率、纤维体积率 4 个因素；掺矿物掺合料的混凝土可选基准胶凝材料用量、用水量、砂率、纤维体积率 4 个因素。每个因素至少选择 3 个水平，并宜选用 $L_9(3^4)$ 正交表安排实验方案。

2 对正交试验结果进行直观及回归分析，回归分析考察指标应包括坍落度、弯拉强度、磨耗量。有抗冰冻、抗盐冻要求的地区，还应包括抗冻等级、抗盐冻性。

3 满足要求的正交配合比，可确定为目标配合比。

5.4.2 二级及二级以下公路桥面铺装纤维混凝土，当采用经验公式法计算时，可按下列规定进行：

1 计算水灰（胶）比

碎石或破碎卵石混凝土

$$\frac{W}{C} = \frac{1.5684}{f_c + 1.0097 - 0.3595 f_a} \quad (5.3.2-1)$$

卵石混凝土

$$\frac{W}{C} = \frac{1.2618}{f_c + 1.5492 - 0.4709 f_a} \quad (5.3.2-2)$$

式中： $\frac{W}{C}$ ——水灰比；

f_a ——胶凝材料实测 28d 抗弯拉强度 (MPa)；

f_c ——纤维混凝土配制 28d 弯拉强度的均值 (MPa)。

计算水灰（胶）比大于表 5.1.8 的规定时，应按表 5.1.8 取值。

2 砂率

根据砂的细度模数和粗集料种类，按表 5.3.2-1 选取。

表 5.3.2-1 砂率取值表

砂细度模数		2.3-2.5	2.5-2.8	2.8-3.0
砂率 S_p (%)	碎石	30-34	32-36	34-38
	卵石	28-32	30-34	32-36

注：1.相同细度模数时，机制砂的砂率宜偏低限取用。

2.破碎卵石可在碎石和卵石之间内插取值。

3 用水量

(1) 根据粗集料种类和坍落度要求，按经验公式 5.3.2-3 与式 5.3.2-4 计算单位用水量。

碎石

$$W_0 = 104.97 + 0.309S_L + 11.27 \frac{C}{W} + 0.61S_p \quad (5.3.2-3)$$

卵石

$$W_0 = 86.89 + 0.370S_L + 11.27 \frac{C}{W} + 1.00S_p \quad (5.3.2-4)$$

式中： W_0 —单位用水量，kg；

S_L —坍落度，mm；

S_p —砂率，%，

$\frac{C}{W}$ —灰（胶）水比。

(2) 计算单位用水量大于表 5.3.2-2 最大用水量规定时，应通过采用减水率更高的外加剂降低单位用水量。

$$W'_0 = W_0 \left(1 - \frac{\beta}{100}\right) \quad (5.3.2-5)$$

式中： W'_0 ——掺外加剂混凝土单位用水量 (kg/m^3)；

β ——外加剂实测减水率 (%)。

表 5.3.2-2 最大单位用水量 (kg/m^3)

施工工艺	碎石	卵石
滑模摊铺机摊铺	160	155

三辊轴机组摊铺	153	148
人工与小型机具摊铺	150	145

注：破碎卵石最大单位用水量可在碎石和卵石之间内插取值。

4 单位胶凝材料用量

单位胶凝材料用量应按式 5.3.2-6 与 5.3.2-7 计算，计算值小于表 5.1.8 的规定时，应按表 5.1.8 取值。

(1) 不掺外加剂时单位胶凝材料用量

$$C_0 = \frac{W_0}{\frac{W}{C}} \quad (5.3.2-6)$$

式中， C_0 ——单位胶凝材料用量， kg/m^3 ；

W/C ——水灰（胶）比；

(2) 掺外加剂时单位胶凝材料用量

$$C_0 = \frac{W'_0}{\frac{W}{C}} \quad (5.3.2-7)$$

式中， C_0 ——单位胶凝材料用量， kg/m^3 。

5 集料用量

可按密度法或体积法计算。按密度法计算时，钢纤维及耐碱玻璃纤维混凝土单位质量可取基体混凝土单位质量加掺入纤维的单位质量之和，聚合物纤维混凝土和玄武岩纤维混凝土单位质量可取 $2400\text{--}2450\text{kg}/\text{m}^3$ ，按体积法计算时，应计入设计含气量。经计算得到的配合比，应验算粗集料填充体积率不宜小于 70%。

6 试配

(1) 对于钢纤维混凝土，保持水胶比不降低，可适当提高砂率、用水量和外加剂用量；钢纤维长径比为 35-55 的钢纤维混凝土，钢纤维体积率增加 0.5% 时，砂率可增加 3%-5%，用水量可增加 4kg-7kg，胶凝材料用量应随用水量相应增加，外加剂用量应随胶凝材料用量相应增加，外加剂掺量也可适当提高；当纤维体积率较高或纤维混凝土配制强度较高时，其砂率和用水量等宜给出范围的上限值。

条文说明

粗纤维的尺寸参数对混凝土工作性能影响较大，通过增加砂率、胶浆量、以及外加剂用量的方法，可以解决纤维混凝土的工作性不足问题，但砂浆量过多会降

低混凝土的强度，因此对砂率和用水量应给出上限值，保证混凝土强度满足设计要求。

(2) 对于抗裂纤维体积率为 0.05%-0.10% 的聚合物纤维混凝土和耐碱玻璃纤维混凝土，可按计算配合比进行试配和调整；当纤维体积率大于 0.10% 时，可适当提高外加剂用量或（和）胶凝材料用量，但水胶比不应降低。

条文说明

聚合物纤维体积率大于 0.10% 时，可能引起混凝土工作性不良或混凝土强度下降，可以通过提高外加剂掺量来解决工作性问题，用提高胶凝材料用量来解决混凝土强度下降问题。降低水胶比虽然可以增加混凝土的强度，但也会使混凝土工作性能下降以及增加混凝土开裂的风险。

(3) 对于掺加增韧聚合物纤维的混凝土，配合比调整可按本条第 1 款进行，砂率和用水量等宜给出范围的下限值。

条文说明

增韧聚合物纤维一般掺量比抗裂纤维高，可参考钢纤维混凝土配合比调整方法进行，由于聚合物纤维混凝土可能引起混凝土强度下降，可能涉及减少砂率和用水量来保证强度的做法，但减少砂率和用水量会影响混凝土的工作性能，因此对砂率和用水量应给出下限值，保证混凝土的工作性能满足施工要求。

(4) 混凝土试配应采用强制式搅拌机，搅拌方法宜与施工采用的方法相同。

(5) 每盘混凝土试配的最小搅拌量不应小于搅拌机公称容量的 1/4 且不应大于搅拌机公称容量。

(6) 在计算配合比的基础上进行试拌。水胶比宜保持不变，应通过调整配合比其他参数使拌合物性能符合 5.2 节要求，然后修正计算配合比。

(7) 在修正后的计算配合比基础上，进行抗弯拉强度试验，并应符合下列规定：

① 应至少采用三个不同的配合比。当采用三个不同的配合比时，其中一个应为修正后的计算配合比，另外两个配合比的水胶比宜比修正后的计算配合比增加和减少 0.05，用水量应与试拌配合比相同，砂率可分别增加和减少 1%。

② 进行混凝土强度试验时，每个配合比至少应制作一组试件，标准养护到 28d 时试验。

7 调整

(1) 根据抗弯拉强度试验结果，绘制强度和水胶比的现性关系或插图法确定略大于配制强度的强度对应的水胶比。

(2) 在修正后的计算配合比的基础上，用水量和外加剂用量应根据确定的水胶比做调整。

(3) 胶凝材料用量应以用水量除以确定的水胶比计算得出。

(4) 粗集料和细集料用量应在用水量和胶凝材料用量确定后进行调整。

8 校正

调整后的纤维混凝土配合比应按下列方法进行校正。

(1) 纤维混凝土配合比校正系数应按下列式计算：

$$\delta = \frac{\rho_{c,t}}{\rho_{c,c}} \quad (5.3.2-8)$$

式中： δ ——纤维混凝土配合比校正系数；

$\rho_{c,t}$ ——纤维混凝土拌合物的表观密度实测值； kg/m^3 ；

$\rho_{c,c}$ ——纤维混凝土拌合物的表观密度计算值。 kg/m^3 。

(2) 调整后的配合比中每项原材料用量均应乘以校正系数（ δ ）。

9 确定目标配合比

校正后的纤维混凝土配合比，应在满足混凝土拌合物性能要求和混凝土试配弯拉强度的基础上，对设计提出的混凝土抗压强度及耐久性项目进行检验和评定，符合要求的，可确定为目标配合比。

5.5 施工配合比计算

5.5.1 水泥用量可根据拌和过程中的损耗情况，较目标配合比适当增加 5-10 kg/m^3 ，用水量按照水灰比计算增加。

条文说明

考虑搅拌机内壁挂浆，为保证实际拌合物中水泥浆含量，在拌和时多加一定质量的水泥浆。

5.5.2 用水量应按下列式计算：

$$m'_w = m_w - m_s w_s - m_g \quad (5.4.2)$$

式中： m'_w ——施工配合比中的用水量， kg ；

m_w ——目标配合比中的用水量， kg ；

m_s ——目标配合比中的细集料用量， kg ；

w_s ——工地细集料含水率， $\%$ 。

m_g ——目标配合比中的粗集料用量， kg ；

w_g —工地粗集料含水率，%。

5.5.3 细集料用量应按下列式计算：

$$m'_s = m_s \times (1 + w_s) \quad (5.4.3)$$

式中： m'_s —施工配合比中的细集料用量，kg。

5.5.4 粗集料用量应按下列式计算：

$$m'_g = m_g \times (1 + w_g) \quad (5.4.4)$$

式中： m'_g —施工配合比中的粗集料用量，kg。

5.5.5 按照调整用水量后的各材料用量试拌，进行混凝土的抗弯拉强度、工作性和耐久性检验，确定是否满足要求。

5.5.6 确定施工配合比，确定设备参数，明确施工中根据集料实际含水率调整拌合楼（机）上料参数和加水量的有关要求。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 高速、一级公路路面层宜采用滑模摊铺工艺，调平层可采用三辊轴机组铺筑工艺；二级及二级以下公路可采用三辊轴机组铺筑工艺；三、四级公路可采用人工与小型机具铺筑工艺。

条文说明

滑模摊铺动态平整度好，施工质量保证率高，用于高等级公路路面层较为适宜；从施工控制指标考虑，调平层对平整度要求比面层低，用三辊轴经济性好；二级及二级以下公路施工质量控制指标较高等级公路低，采用三辊轴既能满足要求经济性也好；而三四级公路的质量控制指标用人工和小型机具施工即可满足，同时具有良好的经济性。

6.1.2 各等级公路既可以采用有钢筋网桥面铺装工艺，也可以采用无钢筋网桥面铺装工艺。

6.1.3 纤维混凝土桥面铺装施工除满足本章要求外，尚应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG T F30）与《公路桥涵施工技术规范》（JTG T F50）

的有关规定。

6.2 桥面预处理

6.2.1 先将梁板顶面混凝土凿毛，去除表面浮浆层、松散层及油迹等杂物。在梁板顶面凿毛完成后，采用空压机及高压水枪将梁面冲洗干净，对梁表面进行充分湿润，但不得有积水。

6.2.2 对于分段、分幅施工的桥面铺装，严格处理纵、横向施工缝，要求施工缝表面粗糙，并用空压机清扫、高压冲洗干净。

6.2.3 梁板及湿接缝顶面压倒的预埋锚固筋必须撬起恢复到设计位置，撬起高度以保证钢筋保护层（ $\geq 20\text{mm}$ ）为宜。

6.3 梁板植筋

6.3.1 采用预制梁板时，预埋锚固筋不符合设计要求，应首先处理。

6.3.2 采用现浇梁板时，应按本规程要求预埋锚固筋。

6.4 钢筋网安装

6.4.1 根据桥梁控制测量基点，在待安装焊接钢筋网片的两侧，沿桥纵向每隔2-3米设置钢筋焊接网的顶面标高控制标示，易于施工操作工人准确确定钢筋网的设计位置。

6.4.2 将架立筋与钢筋网在十字交叉点焊接，支垫间距不宜小于 $100\text{cm} \times 100\text{cm}$ ，架立高度以铺装厚度设计值为准则，保证钢筋网位于铺装层中部，且距离铺装顶面净保护层厚度为 3.5cm 。

6.4.3 钢筋网搭接区宜采用叠搭法、扣搭法和平搭法，搭接区内应采用钢丝绑扎两道，在搭接区内设置一排架立钢筋竖直支垫，并与钢筋网焊接连接。

6.4.4 钢筋网仅在伸缩缝处断开，在桥面连续构造处应通长设置，并与桥面连续筋按规范绑扎连接。

6.4.5 钢筋网应尽可能延伸到防撞护栏边缘，确保两类钢筋的锚固长度。

6.4.6 桥面铺装层混凝土浇筑时，严禁运输车辆直接在钢筋上行走，以避免造成钢筋焊接网片塌陷。

6.5 模板安装

6.5.1 应严格控制模板高程，保证桥面纵坡、横坡坡度的准确，模板内表面应涂刷脱模剂。

6.5.2 模板安装空隙处，应采用光面泡沫条等措施填塞密实，防止漏浆。

6.5.3 模板安装应稳固、顺直、平整，无底部漏浆、高低错台等现象。

6.6 纤维混凝土制备

6.6.1 纤维混凝土应采用集中拌和、自动计量的强制式搅拌机设备进行搅拌。

6.6.2 检查原材料变化情况，扣除集料含水率，进行现场试拌配合比现场调整，砂石材料含水率每班检测 2 次。

6.6.3 严格控制纤维掺加体积率，先将纤维、粗、细集料、水泥以及矿物掺合料等干料搅拌均匀，一般以 60s 为宜，然后加入水和外加剂搅拌 120-180s。纤维体积掺量较大或外加剂采用粉剂时，可延长搅拌 30s。

6.7 纤维混凝土运输

6.7.1 应选用运输能力与纤维混凝土搅拌机的搅拌能力及纤维混凝土施工用量相匹配的运输设备。

6.7.2 运输时间一般不宜超过 60min。

6.7.3 采用搅拌运输车运送混凝土时，运输过程中宜以 2-4r/min 的转速搅动，当搅拌运输车到达浇筑现场时，应高速旋转 20-30s 后再卸料。当运输时间过长时，应通过坍落度试验确定，当小于铺筑工艺要求的坍落度时，严禁向运输车内加水，宜在现场添加适量相同品牌的外加剂产品，在罐车内高速旋转至少 60s 后再卸料浇筑。

6.8 纤维混凝土摊铺

6.8.1 滑模摊铺机铺筑

1 宜采用与相邻路面水泥混凝土相同的滑模摊铺机连续摊铺；不应因摊铺宽度不足或设置施工缝而切断纵、横向钢筋。

2 滑模摊铺机履带上、下桥的台背阶梯部位应提前铺设混凝土坡道，长度不宜短于钢筋混凝土搭板。混凝土坡道应振捣密实，强度应满足摊铺机行走的需要。

3 钢制履带的滑模摊铺机直接在梁顶或护栏底座表面行走时，应采用胶垫进

行防护。

4 桥梁护栏应在桥面滑模铺装前安装完毕。

5 滑模摊铺机侧模底部的纵向施工缝位置应架设半模板，半模板上部应按横向钢筋直径和数量预留开口。铺装剩余桥面前，应拆除半模板，并不得损伤路面边角。

6 挤压底板前宜配备压入纤维的夯实杆或搓平梁，滑模摊铺机振捣频率宜不低于 183Hz，铺装速度宜控制在 0.75-1.0m/min，应缓慢匀速、不间断地推进。

6.8.2 三辊轴机组铺装

1 三辊轴机组铺装工艺可用于高速公路调平层施工、二级及二级以下公路桥面铺装施工。

2 铺装长度不足 10m 时，可使用小型搅拌机现场搅拌，严禁人工拌和。

3 加强各工序之间的衔接，振捣密实与成型饰面所需时间不得超过拌合物初凝时间。

4 不得采用插入式振捣棒振捣，应采用大功率振动板全面振动出浆；用底面带凸棱的振动梁振捣并压入纤维。

条文说明

三辊轴机组摊铺纤维混凝土时，不得采用插入式振捣方式，是为了保证混凝土中的纤维分布均匀性和结构连续性，将钢纤维压入混凝土表面内，以确保行车安全。

6.8.3 人工与小型机具布料

1 将混凝土倒在指定位置用铁铲将其大致铺平，摊铺高于设计标高 2cm-3cm，严禁抛掷和搂耙，防止混凝土离析。在摊铺过程中发现有纤维混凝土结团现象须及时人工撕开抖散或剔除，拌和料从卸出到浇注不宜超过 40 分钟。

2 用平板式振捣器纵横交错全面振实出浆，再用底面带凸棱的振动梁振捣并压入纤维。

6.9 整平与抹面

可用三辊轴整平机将表面滚压平整，也可用方钢、方木或铝合金直尺刮平 1~2 遍，保证表面平整度。混凝土表面无泌水时，用圆盘式抹光机压光、收面、提浆。

经抹平修整的表面不得裸露纤维或留有浮浆，转角或小面积地方可用抹子收浆。

6.10 分缝

6.10.1 对于钢纤维、聚丙烯粗纤维、聚乙烯醇纤维以及耐碱玻璃纤维作为增韧混凝土使用，且内含钢筋网时，桥面铺装可不设纵向施工缝，横向在每个墩顶部设一道横向假缝，其它以 15m-20m 间距设横向假缝，并与防撞栏的假缝对齐。缝宽 3mm-5mm，缝深 2.5cm，切缝时间根据气温和混凝土强度确定。一般强度控制在混凝土强度为 8MPa-15MPa 之间，切缝完成后用聚氨脂焦油灌缝。

6.10.2 不设钢筋网的混凝土桥面铺装浇注后必须在 72h 内完成桥墩顶桥面铺装的横向切缝，切缝应顺直，且与防撞护栏的假缝对齐，缝宽 3mm，缝深 2cm，以防止表面开裂。

6.10.3 抗裂纤维混凝土桥面铺装分缝方法应符合现行《纤维混凝土结构技术规程》（CECS 38）的有关规定。

6.11 表面处理

当混凝土达到一定强度后，一般是初凝时，针对纤维混凝土种类及所在层级进行表面处理，见表 6.11。

表 6.11 表面处理工艺选择

纤维混凝土种类		面层	调平层
钢纤维混凝土		刻槽机横向刻槽	小型铣刨机横向铣刨
聚丙烯	单丝	拉毛	
聚丙烯	网状	拉毛	
聚丙烯	粗	刻槽机横向刻槽	
聚丙烯腈		拉毛	
聚乙烯醇		刻槽机横向刻槽	
聚酰胺		刻槽机横向刻槽	
耐碱玻璃纤维		刻槽机横向刻槽	

6.12 模板拆除

6.12.1 应根据同步养生混凝土抗弯拉强度和气候条件，确定拆模时间，拆模时混凝土抗弯拉强度应大于设计值的 30%，且拆模时间不应小于 12h。

6.12.2 拆模后应及时清理施工缝的漏浆、杂物。

6.12.3 拆模后宜继续养生。

6.13 养生

6.13.1 保湿养护 有条件的施工单位可以采用保湿养护,混凝土初凝后采用喷雾器雾化保湿养护,混凝土收面结束后铺设土工布洒水养护,以确保混凝土强度,避免出现裂纹。

6.13.2 覆盖养护 若没有条件,也应采用塑料薄膜养护,塑料薄膜应在纤维混凝土浇筑完毕后、表面仍然湿润时及时地覆盖到纤维混凝土表面。

6.13.3 厚型塑料薄膜宽度一般小于 2m,整平层每整平宽度达到 2m 时,应立即横桥向覆盖厚型塑料薄膜,不得拖延,防止混凝土水分蒸发散失,并及时修整不满足要求的边缘与边角,保证周边密实。

6.13.4 实测混凝土强度大于设计强度的 80%后,可停止养生。不同气温条件下最短养生龄期参考表 6.13.4 确定。

表 6.13.4 不同气温条件下最短养生龄期参考表/d

养生期间日平均气温/℃	5-9	10-19	20-29	30-35
养生龄期/d	24	21	14	10

注:在 5℃-9℃养生时,应同时采取保温保湿双重覆盖养生措施。

6.14 开放交通

6.14.1 养生初期,人、畜、车辆不得通行,达到设计弯拉强度 40%后,可允许行人通行。

6.14.2 弯拉强度达到设计强度,且填缝完成后,方可开放交通。

7 质量管理与检查验收

7.1 施工前的材料与设备检查

7.1.1 在工程开始前,应对各种原材料按第 4 章的规定进行所有指标试验,并对材料数量、供应计划、材料场堆放及储存条件等进行检查,以确定料源。施工过程中材料来源或规格发生变化时,应对材料来源、材料质量等进行复检。

7.1.2 各种材料都应在进场前以“批”为单位,按表 7.1.2-1 及表 7.1.2-2 进行检查,不符合本规程技术要求的材料不得进场。

表 7.1.2-1 纤维混凝土原材料进场前检查的项目与频率

材料类型	检查项目	检查频率	检测方法
水泥	强度 凝结时间 细度 (80 μ m 方孔筛筛余量)	每批检测 1 次, 当 1 批超过 200t 时每 200t 检测 1 次	GB 175
	安定性 SO ₃ 含量 氧化镁 氯离子	必要时	
硅灰	二氧化硅 含水率 细度 (45 μ m 方孔筛筛余量) 活性指数	每批检测 1 次, 当 1 批超过 200t 时每 200t 检测 1 次	GB/T 18736
	烧失量 氯离子 需水量比	必要时	
矿渣	含水率 细度 (45 μ m 方孔筛筛余量) 活性指数	每批检测 1 次, 当 1 批超过 200t 时每 200t 检测 1 次	GB/T 18736
	氧化镁 三氧化硫 烧失量 氯离子 需水量比	必要时	
细集料	颗粒组成(筛分) MB 值 小于 0.075mm 含量	每批检测 1 次, 当 1 批超过 500t 时每 500t 检测 1 次	JTG E42
	密度 含水率	必要时	
粗集料	外观(石料品种等) 针片状颗粒含量 颗粒组成(筛分) 磨光值 (仅用于面层时) 压碎值	每批检测 1 次, 当 1 批超过 500t 时每 500t 检测 1 次	JTG E42
	含水率 吸水率 密度	必要时	

注:“必要时”是指施工各方任何一个部门发现试验数据有异常波动, 提出需要检查时, 或是根据需要商定的检查频度。

表 7.1.2-2 纤维进场前检查的项目与频率

材料类型	检查项目	检查频率	试验方法
纤维	外观 长度及偏差 直径或当量直径及偏差 长径比及偏差（仅钢纤维） 抗拉强度 初始模量 断裂延伸率 含水率 耐碱性	每批检测 1 次，钢纤维每批超过 25t 时每 25t 检测 1 次，聚合物纤维每批超过 15t 时每 15t 检测 1 次，耐碱玻璃纤维每批超过 20t 时每 20 检测 1 次，玄武岩纤维每批超过 20t 时每 20 检测 1 次。	JT/T 524
	分散性相对误差 抗压强度比	必要时	JT/T 524

注：“必要时”是指施工各方任何一个部门发现试验数据有异常波动，提出需要检查时，或是根据需要商定的检查频度。

条文说明

《公路桥涵混凝土质量检验与验收》(JTGF40) 未明确原材料进场时检查频率“批”量的要求，导致“批”的确定过于随意，“批”的量过小，抽检频率太大，反之，抽检频率太小。本规程考虑各种材料的产能及质量状况等因素，对“批”的量进行了明确。

7.1.3 施工前应对各种施工机械和设备进行调试，对机械设备的配套情况、技术性能、传感器计量精度等进行检查、标定。

7.2 施工过程中质量管理与检查

7.2.1 纤维混凝土工作性能、力学性能、耐久性能除应符合本规程的规定外，还应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》的相关规定。

7.2.2 纤维混凝土拌合物的纤维体积率应在浇注地点取样，每工作班检验 1 次，试验方法按《纤维混凝土试验方法标准》(CECS 13) 进行，结果应符合本规程的规定。

条文说明

《纤维混凝土试验方法标准》(CECS 13) 中关于纤维混凝土拌合物纤维体积率的测试方法目前规定适用于钢纤维和聚合物纤维，是用水洗的方法冲洗出纤维测量其质量后换算为体积率。耐碱玻璃纤维密度与混凝土密度接近，冲洗时不如

钢纤维和聚合物纤维容易分离，但经试验确认也可以用水洗方法测量，需反复多冲洗几遍。

7.2.3 纤维混凝土桥面铺装施工过程中质量控制应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG T F30）的相关规定。

7.3 交工验收阶段的工程质量检查与验收

纤维混凝土桥面铺装交工检查与验收应符合现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1）的相关规定。

本规程用词用语说明

1 本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示稍有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”；

2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”；

3) 当引用本规程中的其他规定时，表述为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应符合本规程第×.×节的有关规定”、“应符合本规程第×.×.×条的有关规定”或“应按本规程第×.×.×条的有关规定执行”。