

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标[2014]189号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结工程实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准的主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.基本规定;4.材料;5.承载能力极限状态计算;6.正常使用极限状态验算;7.局部钢纤维混凝土结构构件;8.构造规定;9.结构构件抗震设计;10.工业建筑地面;11.城镇道路与桥梁桥面;12.城市隧道、边坡支护、建筑结构修复与加固工程。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由郑州大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送郑州大学(地址:河南省郑州市中原区科学大道100号,邮编450001)。

本标准主编单位:郑州大学

本标准参编单位:华北水利水电大学

大连理工大学

西南交通大学

武汉理工大学

武汉大学

东南大学

河南工程学院

中国建筑科学研究院有限公司

中国建筑第七工程局有限公司

贝卡尔特应用材料科技(上海)有限公司

上海哈瑞克斯钢纤维科技有限公司
天津恒沣栩翔金属新材料股份有限公司

玉田县致泰钢纤维制造有限公司

本标准主要起草人员：高丹盈 朱海堂 赵顺波 丁一宁

李志业 谷 倩 卢亦焱 孙 伟

韦庆东 焦安亮 孙 斌 杨 政

王宏君 朱秀艳 赵 军 李 杉

李晓克 田 水 王志杰 汤寄予

冯 虎

本标准主要审查人员：郑文忠 阎培渝 薛伟辰 卫 军

田稳苓 王恒栋 杜永峰 王 斌

巴松涛

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	6
3.1	一般规定	6
3.2	极限状态设计	6
3.3	耐久性设计	7
4	材料	8
4.1	钢纤维	8
4.2	钢纤维混凝土	8
4.3	钢筋	11
5	承载力极限状态计算	12
5.1	一般规定	12
5.2	正截面承载力计算	12
5.3	斜截面承载力计算	19
5.4	扭曲截面承载力计算	22
5.5	受冲切承载力计算	22
5.6	局部受压承载力计算	23
5.7	疲劳验算	26
6	正常使用极限状态验算	27
6.1	裂缝控制验算	27
6.2	受弯构件挠度验算	29
7	局部钢纤维混凝土结构构件	31
7.1	叠合式受弯构件	31

7.2	局部钢纤维混凝土深梁	33
7.3	牛腿	34
7.4	桩基承台	35
8	构造规定	40
9	结构构件抗震设计	42
9.1	一般规定	42
9.2	框架梁柱节点	42
9.3	剪力墙及连梁	45
9.4	板柱节点	46
10	工业建筑地面	48
10.1	一般规定	48
10.2	板厚设计	48
10.3	构造规定	50
11	城镇道路与桥梁桥面	54
11.1	一般规定	54
11.2	城镇道路路面	54
11.3	层布式钢纤维混凝土复合路面	57
11.4	城镇桥梁桥面	58
12	城市隧道、边坡支护、建筑结构修复与加固工程	60
12.1	一般规定	60
12.2	城市隧道支护	60
12.3	边坡支护工程	63
12.4	修补和加固工程	64
附录 A	钢纤维混凝土工业地面设计计算	68
附录 B	钢纤维混凝土残余弯拉强度测试方法	72
	本标准用词说明	78
	引用标准名录	79

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	6
3.1	General Requirements	6
3.2	Limit State Design	6
3.3	Durability Requirements	7
4	Materials	8
4.1	Steel Fiber	8
4.2	Steel Fiber Reinforced Concrete	8
4.3	Steel Reinforcement	11
5	Ultimate Limit State Design	12
5.1	General Requirements	12
5.2	Calculation of Flexural and Axial Capacity	12
5.3	Calculation of Shear Capacity	19
5.4	Calculation of Torsional Capacity	22
5.5	Calculation of Punching Shear Capacity	22
5.6	Calculation of Local Compression Capacity	23
5.7	Checking of Fatigue	26
6	Checking of Serviceability Limit States	27
6.1	Checking of Cracks	27
6.2	Checking of Deflection of Flexural Members	29
7	Steel Fiber Reinforced and Partial Reinforced Concrete Structural Members	31

7.1	Composite Flexural Members	31
7.2	Partially Steel Fiber Reinforced Concrete Deep Beams	33
7.3	Brackets	34
7.4	Pile Caps	35
8	Detailing Requirements	40
9	Seismic Design of Steel Fiber Reinforced Concrete	
	Structural Members	42
9.1	General Requirements	42
9.2	Joints of Frame	42
9.3	Shear Walls and Coupling Beams	45
9.4	Slab-Column Joints	46
10	Steel Fiber Reinforced Industrial Building Ground	48
10.1	General Requirements	48
10.2	Design of Ground Slab Thickness	48
10.3	Detailing of Requirements	50
11	Urban Road and Bridge Structures with Steel	
	Fiber Reinforced Concrete	54
11.1	General Requirements	54
11.2	Urban Road Pavement	54
11.3	Composite Pavement	57
11.4	Bridge Deck	58
12	Urban Tunnel, Slope Supporting, Repairing and	
	Strengthening Projects	60
12.1	General Requirements	60
12.2	Urban Tunnel Supporting with Steel Fiber	
	Reinforced Concrete	60
12.3	Slope Supporting Projects with Steel Fiber	
	Reinforced Shotcrete	63
12.4	Repairing and Strengthening Projects	64
Appendix A Design and Calculation of Steel Fiber		

	Reinforced Industrial Construction Floor	68
Appendix B	Test Method for Residual Flexural Tensile Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete	72
	Explanation of Wording in This Standard	78
	List of Quoted Standards	79

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

1 总 则

1.0.1 为规范钢纤维混凝土结构设计，做到安全适用、技术先进、经济合理，保证质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于钢纤维混凝土结构的设计，不适用于钢纤维轻骨料混凝土及特种钢纤维混凝土结构的设计。

1.0.3 钢纤维混凝土结构的设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

住房城乡建设部信息中心
浏览专用

2 术语和符号

2.1 术语

- 2.1.1 钢纤维 steel fiber**
钢材经加工制成的短纤维。
- 2.1.2 钢纤维长径比 aspect ratio of steel fiber**
钢纤维长度与直径或等效直径的比值。
- 2.1.3 钢纤维体积率 volume fraction of steel fiber**
钢纤维占钢纤维混凝土的体积百分数。
- 2.1.4 钢纤维混凝土 steel fiber reinforced concrete**
掺加适量、均匀分布钢纤维的混凝土。
- 2.1.5 喷射钢纤维混凝土 steel fiber reinforced shotcrete**
借助于空气压力以高速喷射至受喷面上而形成的、散布有不连续钢纤维的混凝土。
- 2.1.6 钢纤维混凝土结构 steel fiber reinforced concrete structure**
以钢纤维混凝土为主制成的结构，包括无筋钢纤维混凝土结构、钢筋钢纤维混凝土结构和预应力钢纤维混凝土结构。
- 2.1.7 钢筋钢纤维混凝土结构 steel fiber reinforced concrete structure with rebars**
配有受力钢筋的钢纤维混凝土结构。
- 2.1.8 预应力钢纤维混凝土结构 steel fiber reinforced concrete structure with prestressed rebars**
配置预应力筋并通过张拉或其他方法施加预应力的钢纤维混凝土结构。
- 2.1.9 钢纤维混凝土叠合式受弯构件 composite flexural member of steel fiber reinforced concrete**

预制构件采用钢筋钢纤维混凝土、现浇叠合层采用钢筋钢纤维混凝土或钢筋混凝土制作的叠合受弯构件。

2.1.10 钢纤维部分增强钢筋混凝土构件 reinforced concrete member partially strengthened with steel fibers

在构件受拉区或剪拉区配置钢纤维混凝土而其他区域为普通混凝土的钢筋混凝土构件。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

CF30——立方体抗压强度标准值为 $30\text{N}/\text{mm}^2$ 的钢纤维混凝土强度等级；

$f_{\text{fck}}、f_{\text{fc}}$ ——钢纤维混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

$f_{\text{ftk}}、f_{\text{ft}}$ ——钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

$f_{\text{tk}}、f_{\text{t}}$ ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

f_{tm} ——钢纤维混凝土弯拉强度标准值；

f_{mk} ——混凝土弯拉强度标准值；

f_{fu} ——钢筋钢纤维混凝土构件达到正截面承载力极限状态时，受拉区等效矩形应力图形的钢纤维混凝土抗拉强度；

$f_{\text{y}}、f'_{\text{y}}$ ——纵向普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值；

$f_{\text{ctk,L}}^f$ ——钢纤维混凝土比例极限弯拉强度标准值；

f_{R} ——钢纤维混凝土残余弯拉强度设计值；

R_e ——钢纤维混凝土弯曲韧度比。

2.2.2 作用和作用效应

F_{lu} ——钢纤维混凝土局部受压承载力；

F_{lu} ——混凝土局部受压承载力；

F_{fpu} ——钢筋钢纤维混凝土板受冲切承载力；

F_{pu} ——钢筋混凝土板受冲切承载力；

M_{fu} ——钢筋钢纤维混凝土构件正截面受弯承载力；

- N_{fu} ——钢筋钢纤维混凝土受压构件正截面轴向受压承载力；
- N_{ftu} ——钢筋钢纤维混凝土受拉构件正截面轴向受拉承载力；
- V_{fcs} ——钢筋钢纤维混凝土构件斜截面上由钢纤维混凝土和箍筋共同承担的剪力设计值；
- V_c ——根据钢纤维混凝土强度等级，不考虑钢纤维对混凝土轴心抗拉强度的影响，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算的构件斜截面上混凝土的受剪承载力设计值；
- V_{sv} ——按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算的构件斜截面上箍筋的受剪承载力设计值；
- V_{fu} ——钢纤维混凝土抗震框架节点受剪承载力；
- ω_{max} ——根据钢纤维混凝土的强度等级，不考虑钢纤维的影响，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算的钢筋混凝土或预应力混凝土构件最大裂缝宽度；

2.2.3 几何参数

- A_s 、 A'_s ——纵向受拉钢筋、受压钢筋的截面面积；
- A_{sv} ——箍筋截面面积；
- b ——矩形构件截面宽度，T形、I形构件截面的腹板宽度；
- d ——钢筋直径；
- d_f ——钢纤维直径或等效直径；
- e ——轴向力作用点至纵向受拉钢筋合力点的距离；
- h ——构件截面高度或地面板厚度；
- h_0 ——构件截面有效高度；
- l_f ——钢纤维长度；
- l_{fab} 、 l_{fa} ——钢筋钢纤维混凝土构件纵向受拉钢筋的基本锚固长度、锚固长度；

l_{faE} —— 钢纤维混凝土抗震节点内梁纵向钢筋锚固长度；

2.2.4 计算系数及其他

α_t —— 钢纤维对钢纤维混凝土轴心抗拉强度的影响系数；

α_{tm} —— 钢纤维对钢纤维混凝土弯拉强度的影响系数；

β_{lt} —— 钢纤维对钢纤维混凝土构件局部受压承载力的影响系数；

β_{tu} —— 钢纤维对钢筋钢纤维混凝土构件正截面受拉区钢纤维混凝土抗拉强度的影响系数；

β_v —— 钢纤维对钢筋钢纤维混凝土构件斜截面上混凝土受剪承载力的影响系数；

β_p —— 钢纤维对钢筋混凝土构件受冲切承载力的影响系数；

β_{cw} —— 钢纤维对钢筋钢纤维混凝土构件裂缝宽度的影响系数；

β_B —— 钢纤维对钢筋钢纤维混凝土受弯构件短期刚度的影响系数；

β_{sd} —— 钢纤维对叠合式构件钢筋应力的影响系数；

λ_f —— 钢纤维含量特征值；

ρ_f —— 钢纤维体积率；

φ_f —— 钢纤维混凝土层相对厚度。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 钢纤维混凝土结构方案设计、结构作用与作用效应分析应依据结构所属工程类别分别符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑地面设计规范》GB 50037 的规定。

3.1.2 钢纤维混凝土结构的设计方法、可靠度和极限状态表达式应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的有关规定。

3.1.3 钢纤维混凝土结构的耐久性设计应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的有关规定。

3.1.4 钢纤维混凝土结构及构件的构造要求应依据结构所属工程类别分别符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑地面设计规范》GB 50037 的有关规定。

3.2 极限状态设计

3.2.1 对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况，当采用内力形式表达时，钢纤维混凝土结构构件承载能力极限状态设计表达式应符合下式规定：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.2.1)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

S ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

R ——结构构件抗力设计值。

3.2.2 钢纤维混凝土结构构件抗力设计值应按下式计算：

$$R = R_f(f_c, f_s, a_k, \beta_f, \lambda_f, \dots) / \gamma_{Rd} \quad (3.2.2)$$

式中： $R_f(\cdot)$ ——结构构件的抗力函数，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，并应考虑钢纤维的影响；

γ_{Rd} ——构件的抗力模型不定性系数，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

f_c ——根据钢纤维混凝土强度等级，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定的混凝土强度设计值；

f_s ——钢筋强度设计值；

β_f ——钢纤维对构件抗力的影响系数；

λ_f ——钢纤维含量特征值；

a_k ——几何参数的标准值。

3.2.3 对偶然作用下钢纤维混凝土结构构件进行承载能力极限状态设计时，本标准公式（3.2.1）中的作用效应设计值 S 应按偶然组合计算，结构重要性系数 γ_0 不应小于 1.0；本标准公式（3.2.2）中混凝土和钢筋的强度设计值 f_c 、 f_s 应改用强度标准值 f_{ck} 、 f_{sk} 。

3.2.4 钢筋钢纤维混凝土结构构件正常使用极限状态下的裂缝控制、受弯构件挠度和叠合式受弯构件钢筋应力，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中有关规定，按钢筋混凝土构件计算，并应根据钢纤维混凝土强度等级及其受力特点对计算结果予以修正。

3.3 耐久性设计

3.3.1 钢纤维混凝土结构暴露的环境类别及其耐久性设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB 50010 和《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的有关规定。

3.3.2 钢纤维混凝土用于海水环境和受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境时，应有成熟的工程经验或技术论证。

4 材 料

4.1 钢 纤 维

4.1.1 钢纤维的技术要求及选用应符合现行行业标准《钢纤维混凝土》JG/T 472 的有关规定。

4.1.2 钢纤维体积率应根据结构设计要求确定，且不应小于 0.35%；当采用 1000MPa 级及以上等级的异形钢纤维且基体混凝土强度不低于 C40 时，钢纤维体积率不应小于 0.25%；具有特殊功能要求的钢纤维混凝土结构，当按计算所需钢纤维体积率小于以上规定时，应具有可靠的工程经验或经试验验证。

4.1.3 用于喷射钢纤维混凝土时，钢纤维抗拉强度等级不应低于 600MPa 级，长度不宜大于输料软管及喷嘴内径的 0.7 倍，且不宜小于最大骨料粒径的 2.5 倍。

4.1.4 喷射钢纤维混凝土中钢纤维类型及掺量的确定应考虑喷射过程中钢纤维的损失，其损失量宜通过现场试喷确定。喷射钢纤维混凝土中钢纤维的实际体积率不宜小于 0.35%。

4.2 钢纤维混凝土

4.2.1 钢纤维混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定，以 CF 表示。立方体抗压强度标准值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.2.2 钢纤维混凝土强度等级不应低于 CF25。喷射钢纤维混凝土和承受重复荷载的钢筋钢纤维混凝土结构构件的钢纤维混凝土强度等级不应低于 CF30；预应力钢纤维混凝土结构构件的钢纤维混凝土强度等级不应低于 CF40。钢纤维混凝土应满足结构设计对抗拉强度或弯拉强度、弯曲韧度比的要求。

4.2.3 钢纤维混凝土轴心抗压强度的标准值与设计值可按与钢

纤维混凝土相同强度等级的混凝土确定，且应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.2.4 钢纤维混凝土轴心抗拉强度的标准值和设计值可按下列公式确定：

$$f_{f_{tk}} = f_{tk}(1 + \alpha_t \lambda_f) \quad (4.2.4-1)$$

$$f_{f_t} = f_t(1 + \alpha_t \lambda_f) \quad (4.2.4-2)$$

$$\lambda_f = \rho_f l_f / d_f \quad (4.2.4-3)$$

式中： $f_{f_{tk}}$ 、 f_{f_t} ——钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值（N/mm²）；

f_{tk} 、 f_t ——根据钢纤维混凝土强度等级，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定的混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值（N/mm²）；

λ_f ——钢纤维含量特征值；

ρ_f ——钢纤维体积率；

l_f ——钢纤维长度（mm）；

d_f ——钢纤维直径或等效直径（mm）；

α_t ——钢纤维对钢纤维混凝土轴心抗拉强度的影响系数，可按本标准第 4.2.6 条选用。

4.2.5 钢纤维混凝土弯拉强度标准值可按下式确定：

$$f_{f_{tm}} = f_{tm}(1 + \alpha_{tm} \lambda_f) \quad (4.2.5)$$

式中： $f_{f_{tm}}$ ——钢纤维混凝土弯拉强度标准值（N/mm²）；

f_{tm} ——与钢纤维混凝土相同强度等级的混凝土弯拉强度标准值（N/mm²）；

α_{tm} ——钢纤维对钢纤维混凝土弯拉强度的影响系数，可按本标准第 4.2.6 条的规定选用。

4.2.6 钢纤维对钢纤维混凝土抗拉强度的影响系数 α_t 和对钢纤维混凝土弯拉强度的影响系数 α_{tm} 宜通过试验确定。当缺乏试验

资料时，对于强度等级为 CF25～CF80 的钢纤维混凝土，可按表 4.2.6 选用。

表 4.2.6 钢纤维对抗拉强度、弯拉强度的影响系数

钢纤维品种	纤维外形	强度等级	α_t	α_{tm}
高强钢丝 切断型	端钩形	CF25～CF45	0.76	1.13
		CF50～CF80	1.03	1.25
钢板剪切型	平直形	CF25～CF45	0.42	0.68
		CF50～CF80	0.46	0.75
	异形	CF25～CF45	0.55	0.79
		CF50～CF80	0.63	0.93
钢锭铣削型	异形	CF25～CF45	0.70	0.92
		CF50～CF80	0.84	1.10

4.2.7 钢纤维混凝土性能应符合下列规定：

1 钢纤维混凝土受压和受拉弹性模量以及剪变模量，可按与钢纤维混凝土相同强度等级的混凝土确定，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

2 钢纤维混凝土弯拉弹性模量宜通过试验确定。当无实测资料时，可根据同强度等级混凝土弯拉强度标准值，按现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的规定执行。

3 钢纤维混凝土的泊松比和线膨胀系数，可按与钢纤维混凝土相同强度等级的混凝土确定，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.2.8 钢纤维混凝土弯拉疲劳强度设计值应符合现行行业标准《钢纤维混凝土》JG/T 472 的有关规定。

4.2.9 强度等级为 CF30～CF55 的喷射钢纤维混凝土弯拉强度标准值应符合现行行业标准《钢纤维混凝土》JG/T 472 的有关规定。

4.3 钢 筋

4.3.1 钢筋钢纤维混凝土结构中钢筋的选用应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.3.2 钢筋的强度标准值、抗拉强度和抗压强度设计值、最大力下的总伸长率以及弹性模量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

住房和城乡建设部信息中心
浏览专用

5 承载能力极限状态计算

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于钢筋钢纤维混凝土、预应力钢纤维混凝土基本构件的承载能力极限状态计算。深受弯构件、叠合构件、牛腿、剪力墙和桩基承台的承载力计算应符合本标准第7章的有关规定。

5.1.2 对于二维或三维非杆系钢筋钢纤维混凝土结构构件，结构构件的应力设计值分布可按弹性或弹塑性分析方法确定。配筋量应采用钢纤维混凝土抗拉强度设计值，并应根据主拉应力设计值的合力在配筋方向的投影确定；钢筋布置应按照主拉应力的分布区域确定。配筋量和钢筋布置应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的构造要求规定。

5.2 正截面承载力计算

5.2.1 钢筋钢纤维混凝土和预应力钢纤维混凝土结构构件的正截面承载力计算应符合下列规定：

1 受拉构件、受弯构件和大偏心受压构件正截面承载力计算，除应考虑钢纤维混凝土的抗拉作用外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。轴心受压和小偏心受压构件正截面承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

2 构件截面受拉区钢纤维混凝土应力图形可简化为等效矩形应力图。等效矩形应力图的钢纤维混凝土受拉区高度可按下列公式计算：

1) 受弯构件、大偏心受压构件和大偏心受拉构件

$$x_t = h - \frac{x}{\beta_1} \quad (5.2.1-1)$$

2) 轴心受拉构件和小偏心受拉构件

$$x_t = h \quad (5.2.1-2)$$

式中: x_t —— 等效矩形应力图的钢纤维混凝土受拉区高度 (mm);

h —— 构件截面高度 (mm);

x —— 等效矩形应力图的混凝土受压区高度 (mm), 应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定;

β_1 —— 系数, 应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

3 受拉区等效矩形应力图的钢纤维混凝土抗拉强度可按下列式计算:

$$f_{ftu} = f_t \beta_{ft} \lambda_t \quad (5.2.1-3)$$

式中: f_{ftu} —— 受拉区等效矩形应力图的钢纤维混凝土抗拉强度 (N/mm^2);

β_{ft} —— 钢纤维对构件正截面受拉区钢纤维混凝土抗拉强度的影响系数。

4 钢纤维对构件正截面受拉区钢纤维混凝土抗拉作用的影响系数 β_{ft} 宜通过试验确定。当无试验资料, 且钢纤维混凝土强度等级为 CF25~CF80 时, 可按表 5.2.1 选用。

表 5.2.1 钢纤维对构件受拉区钢纤维混凝土抗拉作用的影响系数 β_{ft}

受力类型	受弯构件和大偏心受压构件	轴心受拉构件和小偏心受拉构件	大偏心受拉构件
β_{ft}	1.30	0.40	0.65

5 对于钢纤维混凝土受弯构件和偏心受力构件, 混凝土强度等级对受压区混凝土等效应力值的影响系数 α_1 可取 1.0。

6 预应力钢纤维混凝土结构构件正截面承载力设计应符合

现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，构件制作、运输、吊装等施工阶段应进行应力验算。

5.2.2 矩形截面受弯构件正截面承载力计算（图 5.2.2）应符合下列规定：

1 矩形截面受弯构件正截面承载力应符合下式规定：

$$M_f \leq f_{fc} b x (h_0 - x/2) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p (h_0 - a'_p) - f_{tu} b x_t (x_t/2 - a) \quad (5.2.2-1)$$

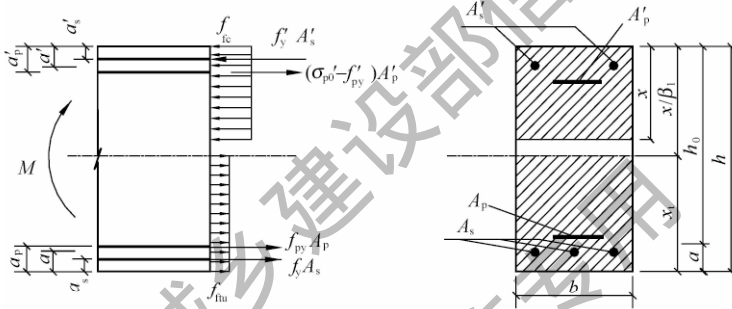


图 5.2.2 正截面承载力计算

2 钢纤维混凝土受压区高度 x 应符合下列规定：

$$f_{fc} b x = f_y A_s - f'_y A'_s + f_{py} A_p + (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p + f_{tu} b x_t \quad (5.2.2-2)$$

$$x \leq \xi_b h_0 \quad (5.2.2-3)$$

$$x \geq 2a' \quad (5.2.2-4)$$

式中： M_f ——弯矩设计值（ N/mm^2 ）；

f_{fc} ——钢纤维混凝土轴心抗压强度设计值（ N/mm^2 ）；

f_y 、 f'_y ——纵向普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值（ N/mm^2 ）；

A_s 、 A'_s ——纵向受拉钢筋、受压钢筋的截面面积（ mm^2 ）；

f_{py} 、 f'_{py} ——纵向预应力钢筋的受拉、受压强度设计值（ N/mm^2 ）；

- A_p 、 A'_p ——受拉区、受压区纵向预应力钢筋的截面面积 (mm^2);
- b ——截面宽度 (mm);
- h_0 ——构件截面有效高度 (mm);
- σ'_{p0} ——受压区纵向预应力钢筋合力点处钢纤维混凝土法向应力为零时的预应力钢筋应力 (N/mm^2), 应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定;
- a'_s 、 a'_p ——受压区纵向普通钢筋合力点、预应力钢筋合力点至截面受压边缘的距离 (mm);
- a ——受拉区全部纵向钢筋合力点至截面受拉边缘的距离 (mm);
- a' ——受压区全部纵向钢筋合力点至截面受压边缘的距离 (mm), 当受压区未配置纵向预应力钢筋或受压区纵向预应力钢筋的应力 ($\sigma'_{p0} - f'_{py}$) 为拉应力时, 公式 (5.2.2-1) 中的 a' 应用 a'_s 代替;
- ξ_b ——截面界限相对受压区高度 (mm), 应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.2.3 T形和I形截面受弯构件正截面受弯承载力计算 (图 5.2.3) 应符合下列规定:

1 当满足公式 (5.2.3-1) 的条件时, 应按宽度为 b'_f 的矩形截面并应同时考虑受拉区翼缘和腹板中钢纤维混凝土的抗拉作用, 并按公式 (5.2.3-2) 计算, 其中钢纤维混凝土受压区高度应按公式 (5.2.3-3) 确定 (图 5.2.3a)。

$$f_y A_s + f_{py} A_p + f_{ftu} b \left(h - \frac{h'_f}{\beta_1} \right) + f_{ftu} (b_f - b) h_f \leq f_{tc} b'_f h'_f + f'_y A'_s - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p \quad (5.2.3-1)$$

$$M_f \leq f_{tc} b'_f x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p (h_0 - a'_p)$$

$$-f_{tu}bx_t\left(\frac{x_t}{2}-a\right)-f_{tu}(b_f-b)h_f\left(\frac{h_f}{2}-a\right) \quad (5.2.3-2)$$

$$f_{ic}b'_f x = f_y A_s - f'_y A'_s + f_{py} A_p + (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p + f_{tu}bx_t + f_{tu}(b_f-b)h_f \quad (5.2.3-3)$$

2 当不满足公式 (5.2.3-1) 的条件时, 应考虑截面中受压区腹板的抗压作用和受拉区翼缘和腹板中钢纤维混凝土的抗拉作用, 并按公式 (5.2.3-4) 计算, 其中钢纤维混凝土受压区高度应按公式 (5.2.3-5) 确定 (图 5.2.3b)。

$$M_f \leq f_{ic}bx(h_0-x/2) + f_{ic}(b'_f-b)h'_f(h_0-h'_f/2) + f'_y A'_s(h_0-a'_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p(h_0-a'_p) - f_{tu}bx_t(x_t/2-a) - f_{tu}(b_f-b)h_f(h_f/2-a) \quad (5.2.3-4)$$

$$f_{ic}[bx + (b'_f-b)h'_f] = f_y A_s - f'_y A'_s + f_{py} A_p + (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p + f_{tu}bx_t + f_{tu}(b_f-b)h_f \quad (5.2.3-5)$$

式中: h'_f —— T 形、I 形截面受压区翼缘高度 (mm);

h_f —— I 形截面构件受拉区翼缘高度 (mm);

b_f —— I 形截面受拉区翼缘计算宽度 (mm);

b'_f —— T 形、I 形截面受压区翼缘计算宽度 (mm), 应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

3 T 形、I 形截面受弯构件的钢纤维混凝土受压区高度应符合本标准公式 (5.2.2-3)、公式 (5.2.2-4) 的规定。

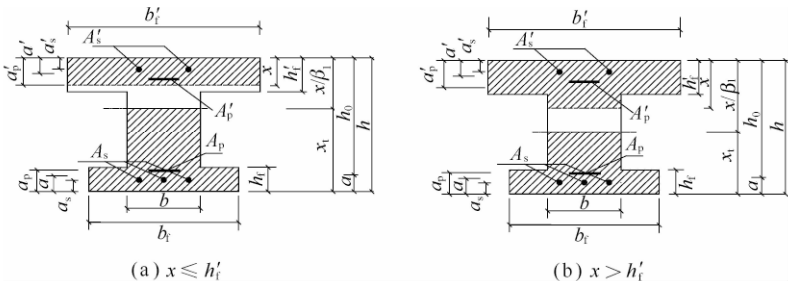


图 5.2.3 钢筋钢纤维混凝土 I 形截面受弯构件正截面承载力计算

5.2.4 受拉区采用钢纤维混凝土，受压区采用普通混凝土的钢纤维部分增强钢筋混凝土受弯构件，钢纤维混凝土的配置高度 x_f 不宜小于钢纤维混凝土受弯构件计算的受拉区高度 x_t ，且不应小于 $0.6x_t$ 。当 x_f 小于 x_t 时， x_t 应以 x_f 代替。

5.2.5 当计算中计入纵向普通受压钢筋时，应满足本标准公式 (5.2.2-4) 的条件；当不满足该条件时，正截面受弯承载力应符合下列规定：

$$M_f \leq f_{py}A_p(h - a_p - a'_s) + f_yA_s(h - a_s - a'_s) + (\sigma'_{p0} - f'_{py})A'_p(a'_p - a'_s) + f_{tu}bx_t(h - x_t/2 - a'_s) - f_{tu}(b_f - b)h_f(h - h_f/2 - a'_s) \quad (5.2.5)$$

式中： a_s 、 a_p ——受拉区纵向普通钢筋、预应力钢筋至受拉边缘的距离 (mm)。

5.2.6 矩形截面大偏心受压构件正截面承载力 (图 5.2.6) 应符合下列规定：

$$N_f \leq f_{ic}bx + f'_yA'_s - f_yA_s - f_{tu}bx_t \quad (5.2.6-1)$$

$$N_f e \leq f_{ic}bx(h_0 - x/2) + f'_yA'_s(h_0 - a'_s) - f_{tu}bx_t(x_t/2 - a_s) \quad (5.2.6-2)$$

式中： N_f ——轴向受压承载力设计值 (N)；

e ——轴向力作用点至纵向受拉钢筋合力点的距离 (mm)。

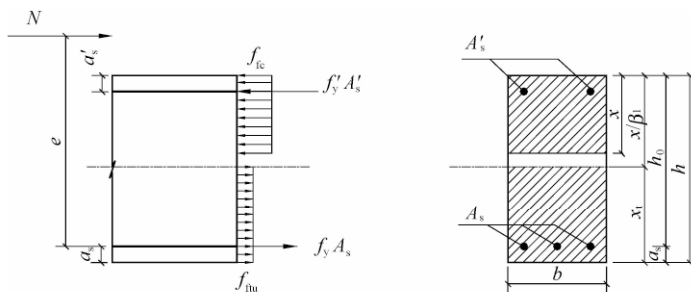


图 5.2.6 矩形截面大偏心受压构件正截面承载力计算

5.2.7 I形截面大偏心受压构件正截面受压承载力应符合下列规定：

1 当受压区高度 x 不大于 h'_f 时，应按宽度为受压翼缘计算宽度 b'_f 的矩形截面计算。

2 当受压区高度 x 大于 h'_f 时，应符合下列规定：

$$N_f \leq f_{fc}[bx + (b'_f - b)h'_f] + f'_y A'_s - f_y A_s - f_{tu} bx_t - f_{tu}(b'_f - b)h'_f \quad (5.2.7-1)$$

$$N_{fe} \leq f_{fc}[bx(h_0 - x/2) + (b'_f - b)h'_f(h_0 - h'_f/2)] + f'_y A'_s(h_0 - a'_s) - f_{tu} bx_t(x_t/2 - a_s) - f_{tu}(b'_f - b)h'_f(h'_f - a_s) \quad (5.2.7-2)$$

5.2.8 矩形截面轴心受拉构件正截面受拉承载力应符合下列规定：

$$N_{ft} \leq f_y A_s + f_{py} A_p + \beta_{tu} \lambda_f f_t A \quad (5.2.8)$$

式中： N_{ft} —— 轴向拉力设计值 (N/mm^2)；

A_s 、 A_p —— 纵向受拉钢筋、预应力钢筋的截面面积 (mm^2)；

A —— 构件的截面面积 (mm^2)。

5.2.9 矩形截面偏心受拉构件的正截面受拉承载力计算应符合下列规定：

1 轴向拉力作用点位于钢筋 A_s 的合力点和钢筋 A'_s 的合力点之间的小偏心受拉构件 (图 5.2.9a)。

$$N_{fue} \leq f_y A'_s (h_0 - a'_s) - \beta_{tu} \lambda_f f_t b h \left(\frac{h}{2} - a_s \right) \quad (5.2.9-1)$$

$$N_{fue}' \leq f_y A_s (h'_0 - a_s) + \beta_{tu} \lambda_f f_t b h \left(\frac{h}{2} - a'_s \right) \quad (5.2.9-2)$$

2 轴向拉力作用点不在钢筋 A_s 的合力点和钢筋 A'_s 的合力点之间的大偏心受拉构件 (图 5.2.9b)。

$$N_{ft} \leq f_y A_s - f'_y A'_s + \beta_{tu} \lambda_f f_t b x_t - f_{fc} b x \quad (5.2.9-3)$$

$$N_{\text{te}} e \leq f_{\text{tc}} b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s) - \beta_{\text{we}} \lambda_f f_t b x \left(\frac{x}{2} - a_s \right) \quad (5.2.9-4)$$

3 钢纤维混凝土受压区的高度 x 应满足本标准公式 (5.2.2-3) 的要求。当计算中计入纵向普通受压钢筋时, 尚应满足本标准公式 (5.2.2-4) 的要求, 当不满足时, 构件受拉承载力可按本标准公式 (5.2.9-2) 计算。

4 对称配筋的矩形截面偏心受拉构件, 可按本标准公式 (5.2.9-2) 计算正截面的受拉承载力。

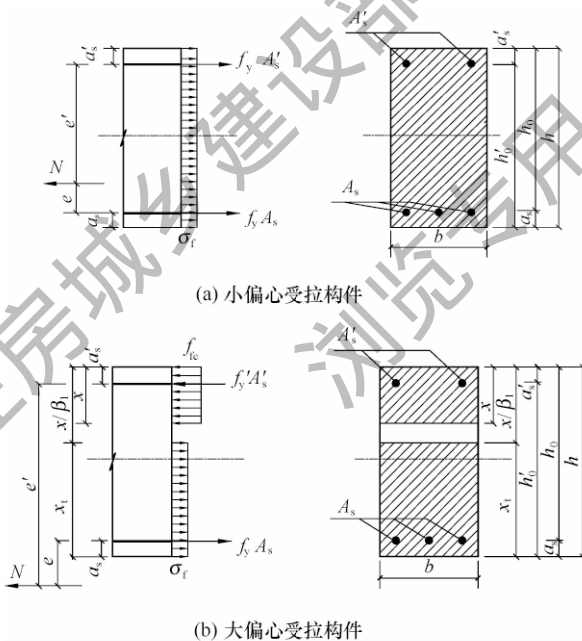


图 5.2.9 矩形截面偏心受拉构件正截面承载力计算

5.3 斜截面承载力计算

5.3.1 钢筋钢纤维混凝土和预应力钢纤维混凝土构件的受剪截面限制条件, 应根据钢纤维混凝土的强度等级按现行国家标准

《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定执行，其中混凝土轴心抗压强度 f_c 应以 f_{fcs} 代替。 f_{fcs} 可按下式计算：

$$f_{fcs} = f_c (1 + 0.15\lambda_f) \quad (5.3.1)$$

5.3.2 矩形、T形、I形截面受弯构件斜截面承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 有关规定，并应符合下列规定：

1 斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力设计值 V_{cs} 应以钢纤维混凝土和箍筋的受剪承载力设计值 V_{fcs} 代替。 V_{fcs} 可按下列公式计算：

$$V_{fcs} = V_{fc} + V_{sv} \quad (5.3.2-1)$$

$$V_{fc} = V_c (1 + \beta_v \lambda_f) \quad (5.3.2-2)$$

式中： V_c ——根据钢纤维混凝土强度等级，不考虑钢纤维对混凝土轴心抗拉强度的影响，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算的构件斜截面混凝土的受剪承载力设计值 (N)；

V_{sv} ——与箍筋有关的受剪承载力设计值 (N)，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算的与箍筋有关的受剪承载力设计值；

V_{fc} ——考虑钢纤维影响的与钢纤维混凝土有关的受剪承载力设计值 (N)；

β_v ——钢纤维对受弯构件斜截面上混凝土受剪承载力的影响系数。

2 钢纤维对受弯构件斜截面上混凝土受剪承载力的影响系数 β_v 宜通过试验确定。当无试验资料时，对于强度等级为 CF25～CF80 的钢纤维混凝土，可按表 5.3.2 的规定选用。

表 5.3.2 钢纤维影响系数 β_v 取值

钢纤维品种	剪切平直形	剪切异形	钢丝切断异形	铣削异形
β_v 取值	0.45	0.60	0.60	0.90

5.3.3 偏心受压构件、偏心受拉构件、配有弯起钢筋的受弯构

件以及预应力钢纤维混凝土受弯构件的受剪承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，其中混凝土和箍筋的受剪承载力设计值 V_{cs} 应以钢纤维混凝土和箍筋的受剪承载力设计值 V_{fcs} 代替， V_{fcs} 的计算应符合本标准第 5.3.2 条的规定。

5.3.4 不配箍筋和弯起钢筋的单向板类钢纤维混凝土受弯构件，其斜截面受剪承载力应符合下列公式规定：

$$V_{fc} \leq 0.7\beta_h f_t b h_0 (1 + \beta_s \lambda_f) \quad (5.3.4-1)$$

$$\beta_h = (800/h_0)^{1/4} \quad (5.3.4-2)$$

式中： β_h ——截面高度影响系数。当 $h_0 < 800\text{mm}$ 时， h_0 取 800mm ；当 $h_0 > 2000\text{mm}$ 时， h_0 取 2000mm 。

5.3.5 矩形、T形和I形截面的钢筋钢纤维混凝土受弯构件，构造箍筋的配置条件可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定执行。

5.3.6 受拉区采用钢纤维混凝土、受压区采用普通混凝土的钢纤维部分增强钢筋混凝土受弯构件，按本标准第 5.3.1 条～第 5.3.5 条规定进行斜截面设计计算时，各项公式中的 λ_f 应以 λ_{fp} 代替。 λ_{fp} 应符合下列规定：

1 承受集中荷载作用且剪跨比 $\lambda > 2.0$ 时， λ_{fp} 可按下式计算：

$$\lambda_{fp} = \frac{2h_f}{h} \lambda_f \left(\frac{4}{\lambda} - 1 \right) \quad (5.3.6-1)$$

2 承受集中荷载作用且剪跨比 $\lambda \leq 2.0$ 或承受均布荷载作用时， λ_{fp} 可按下式计算：

$$\lambda_{fp} = \frac{2h_f}{h} \lambda_f \quad (5.3.6-2)$$

3 当受拉区钢纤维混凝土高度 h_f 大于截面全高度 h 的 0.5 倍时， h_f 应取 $0.5h$ 。

5.3.7 偏心受压构件构造箍筋的配置条件可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定采用。

5.4 扭曲截面承载力计算

5.4.1 钢筋钢纤维混凝土结构构件在弯矩、剪力和扭矩共同作用下的截面控制条件应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.4.2 钢筋钢纤维混凝土结构构件在弯矩、剪力和扭矩共同作用下的受扭承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，其中混凝土轴心抗拉强度设计值 f_t 应以钢纤维混凝土轴心抗拉强度设计值 f_{ft} 代替。

5.4.3 钢筋钢纤维混凝土结构构件在纯扭作用下的承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，其中混凝土轴心抗拉强度设计值 f_t 应以钢纤维混凝土轴心抗拉强度设计值 f_{ft} 代替。

5.4.4 钢筋钢纤维混凝土结构构件在弯矩、剪力、轴力和扭矩共同作用下的承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。受剪承载力计算应符合本标准第 5.3 节的规定。受扭承载力的混凝土轴心抗拉强度设计值 f_t 应以钢纤维混凝土轴心抗拉强度设计值 f_{ft} 代替。

5.5 受冲切承载力计算

5.5.1 在局部荷载或集中反力作用下，不配置箍筋或弯起钢筋的钢筋钢纤维混凝土板的受冲切承载力应按下式计算：

$$F_{lpu} = F_{pu}(1 + \beta_p \lambda_f) \quad (5.5.1)$$

式中： F_{lpu} ——钢筋钢纤维混凝土板受冲切承载力 (N)；

F_{pu} ——根据钢纤维混凝土强度等级，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算的钢筋混凝土板受冲切承载力 (N)；

β_p ——钢纤维对钢筋混凝土板受冲切承载力的增强系数，宜通过试验确定。当无试验资料时，可取 0.45。

5.5.2 在局部荷载或集中反力作用下,当受冲切承载力不满足本标准第 5.5.1 条规定的要求且板厚受到限制时,可配置箍筋或弯起钢筋,且受冲切截面及受冲切承载力的计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定,其中的混凝土轴心抗拉强度设计值 f_t 应以钢纤维混凝土轴心抗拉强度设计值 f_{ft} 代替。

5.5.3 用钢纤维对钢筋混凝土板进行抗冲切局部增强时,钢纤维在冲切受压面板内的配置范围应向冲切受压面四周外延,且四周外延尺寸均不应小于 2 倍板厚。

5.6 局部受压承载力计算

5.6.1 采用钢纤维增强混凝土构件局部受压时,钢纤维混凝土的配置范围(图 5.6.1)不应小于局部受压计算底面积,并应符合下列规定:

1 钢纤维混凝土局部受压计算底面积的确定应符合现行国

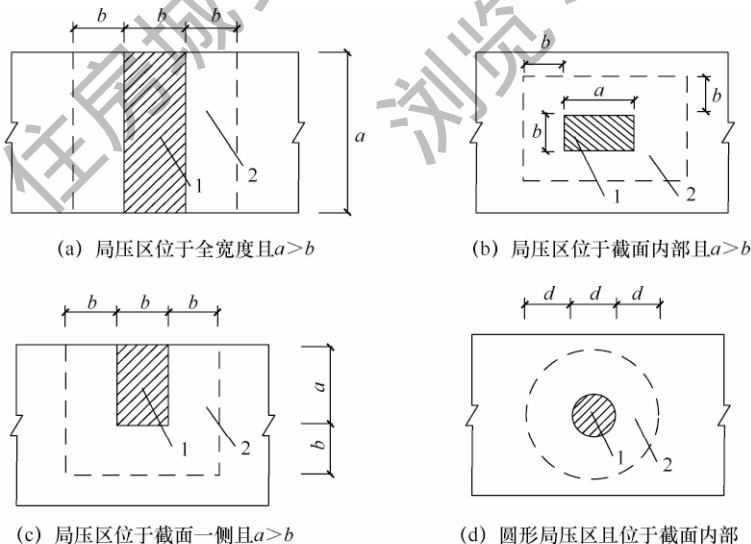


图 5.6.1 局部受压区钢纤维混凝土的平面配置范围

1—局部受压接触面积; 2—钢纤维最小配置范围

家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

2 配置区的平面范围应向局部受压面四周外延，其中矩形受压面每边外延一倍受压面短边边长，圆形受压面周边外延一倍受压圆面直径，且不应超过结构的外边缘。

3 配置区高度不应小于配置区平面的最小边长加 100mm。

4 三边临空和角部的局部受压区采用钢纤维增强时，可按混凝土进行局部受压计算。

5.6.2 不配置间接钢筋的钢纤维混凝土局部受压承载力应符合下列规定：

1 局部受压面上仅有局部荷载作用时：

$$F_l \leq \omega \beta_l f_{cc} (1 + \beta_{tl} \lambda_l) A_l \quad (5.6.2-1)$$

2 局部受压面上尚有非局部荷载作用时：

$$F_l \leq \omega \beta_l (f_{cc} - \sigma) (1 + \beta_{tl} \lambda_l) A_l \quad (5.6.2-2)$$

3 混凝土局部受压时的强度提高系数 β_l 可按下式计算：

$$\beta_l = \sqrt{\frac{A_b}{A_l}} \quad (5.6.2-3)$$

式中： F_l ——局部受压面上作用的局部荷载或局部压力设计值 (N)；

A_l ——钢纤维混凝土局部受压面积 (mm^2)；

ω ——荷载分布的影响系数：当局部受压面上的荷载为均匀分布时，取 1.0；当局部荷载为非均匀分布时，取 0.75；

σ ——非局部荷载设计值产生的混凝土压应力 (N/mm^2)；

β_l ——混凝土局部受压时的强度提高系数；

A_b ——混凝土局部受压时计算底面积 (mm^2)，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

f_{cc} ——承受局部受压作用的素混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm^2)，按现行国家标准《混凝土结

构设计规范》GB 50010 规定的混凝土轴心抗压强度设计值 f_c 值乘以 0.85 取用；

β_{lt} ——钢纤维对钢纤维混凝土构件局部受压承载力的影响系数。

4 钢纤维对钢纤维混凝土构件局部受压承载力的影响系数 β_{lt} 宜通过试验确定。当无试验资料且钢纤维混凝土强度等级为 CF25~CF80 时，可按表 5.6.2 的规定选用。

表 5.6.2 钢纤维影响系数 β_{lt}

钢纤维品种	剪切异形	钢丝切断异形	铣削异形
β_{lt} 取值	0.45	0.65	0.65

5.6.3 配置间接钢筋的钢纤维混凝土构件，其间接钢筋的配置范围和构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，其局部受压区的截面尺寸应符合下式规定：

$$F_l \leq 1.35\beta_c\beta_l(1+0.15\lambda_l)f_cA_{ln} \quad (5.6.3)$$

式中： β_c ——钢纤维混凝土强度影响系数，当钢纤维混凝土强度等级不超过 CF30 时，取 1.0；当钢纤维混凝土强度等级为 CF80 时，取 0.8；其间按线性内插法确定；

f_c ——与钢纤维混凝土强度等级相同的混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm^2)，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

A_{ln} ——钢纤维混凝土局部受压净面积 (mm^2)，对后张法构件，应在混凝土局部受压面积中扣除孔道、凹槽部分的面积。

5.6.4 配置方格网式或螺旋式间接钢筋的钢纤维混凝土构件，其局部受压承载力应符合下式规定：

$$F_l \leq 0.9[\beta_c\beta_l f_c(1+\beta_{lt}\lambda_l) + 2\alpha\rho_v\beta_{cor}f_{yv}]A_{ln} \quad (5.6.4)$$

式中： ρ_v ——间接钢筋体积配筋率，按现行国家标准《混凝土结

构设计规范》GB 50010 关于配置间接钢筋混凝土体积配筋率要求执行；

β_{cor} ——配置间接钢筋的局部受压承载力提高系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于配置间接钢筋混凝土局部受压承载力提高系数要求执行；

α ——间接钢筋对混凝土约束的折减系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 执行；

f_{yv} ——间接钢筋抗拉强度设计值 (N/mm^2)，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.7 疲劳验算

5.7.1 钢筋钢纤维混凝土受弯构件的正截面和斜截面疲劳验算方法应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.7.2 钢纤维混凝土轴心抗压疲劳强度设计值 f_{lc}^f 、轴心抗拉疲劳强度设计值 f_{lt}^f 应按下列公式确定：

$$f_{\text{lc}}^f = \gamma_{\rho} f_c \quad (5.7.2-1)$$

$$f_{\text{lt}}^f = 0.85 \gamma_{\rho} f_{\text{ft}} \quad (5.7.2-2)$$

式中： γ_{ρ} ——混凝土疲劳强度修正系数，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.7.3 钢纤维混凝土疲劳变形模量可按与钢纤维混凝土相同强度等级的混凝土确定，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

6 正常使用极限状态验算

6.1 裂缝控制验算

6.1.1 钢筋钢纤维混凝土和预应力钢纤维混凝土结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

6.1.2 按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定裂缝控制等级为一级和二级的构件，在荷载标准组合或准永久组合下的应力控制和受拉边缘法向应力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，其中混凝土轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 应以钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值 f_{ftk} 代替。

6.1.3 受拉区采用钢纤维混凝土、受压区采用普通混凝土的钢筋混凝土受弯构件，当按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定裂缝控制等级为二级时，正截面抗裂验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，并应考虑钢纤维及钢纤维混凝土层厚度对构件抗裂的影响，以 f_{ftkc} 代替混凝土轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 。当受拉区钢纤维混凝土层厚度 h_f 大于 $0.5h$ 时， h_f 应取 $0.5h$ 。 f_{ftkc} 可按下式计算：

$$f_{ftkc} = f_{tk} \left(1 + \frac{2h_f}{h} \alpha_f \lambda_f \right) \quad (6.1.3)$$

6.1.4 预应力钢纤维混凝土受弯构件的斜截面抗裂验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。混凝土的抗拉强度标准值和轴心抗压强度标准值应分别以钢纤维混凝土的抗拉强度标准值和轴心抗压强度标准值代替。

6.1.5 先张法预应力钢纤维混凝土构件的端部斜截面受剪承载力计算以及正截面、斜截面抗裂验算应符合现行国家标准《混凝土

土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，并应计入预应力钢筋在其预应力传递长度范围内实际应力值的变化。当 $\alpha_t \lambda_f > 0.4$ 时， $\alpha_t \lambda_f$ 应取 0.4。钢纤维混凝土中预应力钢筋的预应力传递长度 l_{tr} 可按下式计算：

$$l_{tr} = l_{tr} / (1 + \alpha_t \lambda_f) \quad (6.1.5)$$

式中： l_{tr} ——先张法构件预应力钢筋在普通混凝土中的预应力传递长度（mm），应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定执行。

6.1.6 矩形截面钢筋钢纤维混凝土受弯构件、大偏心受压和受拉构件的最大裂缝宽度，可采用荷载准永久组合并考虑长期作用影响的效应值按下式计算：

$$w_{fmax} = w_{fmax} (1 - \beta_{cw} \lambda_f) \quad (6.1.6)$$

式中： w_{fmax} ——按荷载准永久组合并考虑长期作用影响的效应计算的钢筋钢纤维混凝土构件最大裂缝宽度（mm）；

w_{fmax} ——根据钢纤维混凝土的强度等级，不考虑钢纤维的影响，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算的钢筋混凝土构件最大裂缝宽度（mm）；

β_{cw} ——钢纤维对钢筋钢纤维混凝土构件裂缝宽度的影响系数，可按本标准第 6.1.7 条确定。

6.1.7 钢纤维对钢筋钢纤维混凝土构件裂缝宽度的影响系数 β_{cw} 宜通过试验确定。当无试验资料时，可按下列规定确定：

1 当钢纤维混凝土强度等级不高于 CF45 时， β_{cw} 可按表 6.1.7 选用。

2 当钢纤维混凝土强度等级高于 CF45 时，对于采用抗拉强度不低于 $1000\text{N}/\text{mm}^2$ 的高强度异形钢纤维的钢纤维混凝土受弯构件， β_{cw} 可取 0.50；

3 对于钢纤维部分增强钢筋混凝土受弯构件， β_{cw} 应以 $2\varphi_f \beta_{cw}$ 代替，当 $\varphi_f > 0.5$ 时， φ_f 应取 0.5。

表 6.1.7 钢纤维对钢筋钢纤维混凝土构件裂缝宽度的影响系数

受力类型	受弯构件和大偏心受压构件	轴心受拉构件	偏心受拉构件
β_{cw}	0.35	0.45	0.42

6.1.8 矩形截面预应力钢纤维混凝土受弯构件，按荷载效应标准组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度 τ_{lmax} 可按本标准第 6.1.6 条计算。

6.2 受弯构件挠度验算

6.2.1 受拉区出现裂缝的钢筋钢纤维混凝土矩形截面受弯构件的短期刚度应按下式计算：

$$B_{fs} = B_s(1 + \beta_B \lambda_f) \quad (6.2.1)$$

式中： B_{fs} ——按荷载准永久组合计算的钢筋钢纤维混凝土受弯构件的短期刚度 ($N \cdot mm^2$)；

B_s ——根据钢纤维混凝土的强度等级，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算的荷载准永久组合下的受弯构件的短期刚度 ($N \cdot mm^2$)；

β_B ——钢纤维对钢筋钢纤维混凝土受弯构件短期刚度的影响系数。

6.2.2 钢纤维对钢筋钢纤维混凝土受弯构件短期刚度的影响系数 β_B 宜通过试验确定。当无试验资料时，可采用下列经验系数：

1 当钢纤维混凝土强度等级为 CF25～CF80 时， β_B 可取 0.35；

2 对于钢纤维部分增强钢筋混凝土受弯构件， β_B 可用 $2\varphi_f\beta_B$ 代替，且当 $\varphi_f > 0.5$ 时， φ_f 应取 0.5。

6.2.3 钢筋钢纤维混凝土受弯构件的挠度验算和刚度计算方法应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，并应以本标准第 6.2.1 条计算的 B_{fs} 代替钢筋混凝土构件的短期刚度 B_s 。

6.2.4 不允许出现裂缝的预应力钢纤维混凝土受弯构件的短期

刚度，可根据钢纤维混凝土的强度等级，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算。

6.2.5 允许出现裂缝的预应力钢纤维混凝土受弯构件的短期刚度，可采用荷载标准组合按本标准第 6.2.1 条的规定计算。其中， B_s 可根据钢纤维混凝土的强度等级，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算的荷载标准组合下的受弯构件短期刚度。

6.2.6 预应力钢纤维混凝土受弯构件的挠度验算和刚度计算方法应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，并应以本标准第 6.2.4 条和第 6.2.5 条规定计算的短期刚度 B_{is} 代替预应力混凝土受弯构件的短期刚度 B_s 。

7 局部钢纤维混凝土结构构件

7.1 叠合式受弯构件

7.1.1 钢纤维混凝土叠合式受弯构件的钢纤维混凝土截面高度不应小于 0.4 倍构件截面总高度；预制构件和叠合式受弯构件的弯矩设计值和剪力设计值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

7.1.2 预制构件和叠合式受弯构件的正截面承载力应符合下列规定：

1 预制构件正截面承载力应按本标准第 5.2.2 条的规定计算。

2 叠合层采用钢筋钢纤维混凝土的叠合式受弯构件正截面承载力应按本标准第 5.2.2 条的规定计算，其中正弯矩区段的钢纤维混凝土等效拉应力应按预制构件钢纤维混凝土的有关参数计算，负弯矩区段的钢纤维混凝土等效拉应力应按叠合层钢纤维混凝土的有关参数计算。

3 叠合层采用钢筋混凝土的叠合式受弯构件，其正弯矩区段正截面承载力应按下列规定计算：

1) 当受拉区钢纤维混凝土高度 x_t 小于预制构件截面高度 h_1 时，应按本标准第 5.2.2 条的规定计算，其中 f_{tc} 应以叠合层混凝土的 f_c 代替。

2) 当受拉区钢纤维混凝土高度 x_t 大于预制构件截面高度 h_1 时，应按本标准第 5.2.2 条的规定计算，其中 x_t 应以 h_1 代替， f_{tc} 应以叠合层混凝土的 f_c 代替。

4 叠合层采用钢筋混凝土的叠合式受弯构件，其负弯矩区段正截面承载力可按钢筋混凝土叠合式受弯构件计算。

7.1.3 预制构件和叠合式受弯构件的斜截面承载力计算应符合

本标准第 5.3.1 条和第 5.3.2 条的规定。叠合式受弯构件斜截面上钢纤维混凝土和箍筋的受剪承载力 V_{fcs} 应取叠合层和预制构件中较低的混凝土或钢纤维混凝土强度等级进行计算，且不应低于预制构件的受剪承载力。

7.1.4 叠合式受弯构件的叠合面应满足受剪承载力要求。叠合面受剪承载力可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算，计算时 f_t 应以预制构件的 f_{t0} 和叠合层的 f_t 或 f_{t0} 中的较低值采用。对不配箍筋的叠合板，叠合面抗剪强度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

7.1.5 钢筋钢纤维混凝土叠合式受弯构件在荷载准永久组合作用下，其纵向受拉钢筋的应力应符合下式规定：

$$\frac{\sigma_{sq}}{1 + \beta_{sl}\lambda_f} \leq 0.9f_y \quad (7.1.5)$$

式中： σ_{sq} ——按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算的纵向受拉钢筋应力（N/mm²）；

β_{sl} ——钢纤维对叠合式构件钢筋应力的影响系数，宜通过试验确定；当无试验资料时，可取 0.20。

7.1.6 钢筋钢纤维混凝土叠合式构件，按荷载准永久组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度可按本标准第 6.1.6 条的规定计算。其中，钢筋混凝土叠合式受弯构件的最大裂缝宽度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算。

7.1.7 叠合式受弯构件的挠度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定验算。预制构件第二阶段的短期刚度 B_{s1} 应采用钢筋钢纤维混凝土预制构件短期刚度 B_{fs1} ，叠合式受弯构件第二阶段的短期刚度 B_{s2} 应采用 B_{fs2} 代替。 B_{fs1} 、 B_{fs2} 应符合下列规定：

1 正弯矩区段内预制构件和叠合式受弯构件第二阶段的短期刚度应按下列公式计算：

$$B_{fs1} = B_{s1}(1 + \beta_{B1}\lambda_f) \quad (7.1.7-1)$$

$$B_{fs2} = B_{s2}(1 + \beta_{B2}\lambda_f) \quad (7.1.7-2)$$

式中： β_{B1} ——钢纤维对预制构件短期刚度的影响系数，宜通过试验确定；当无试验资料时，可取 0.25；

β_{B2} ——钢纤维对叠合式受弯构件第二阶段短期刚度的影响系数，宜通过试验确定；当无试验资料时，可取 0.35。

2 叠合层采用钢筋混凝土时，负弯矩区段内叠合式受弯构件第二阶段的短期刚度应按钢筋混凝土叠合式受弯构件计算。

7.1.8 钢筋钢纤维混凝土叠合式受弯构件箍筋、叠合面粗糙度的构造要求以及采用混凝土叠合层的层厚限制，均应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。钢纤维混凝土叠合梁的叠合层厚度不宜小于 80mm，叠合板的叠合层厚度不宜小于 40mm。钢纤维混凝土的强度等级不宜低于 CF30。

7.2 局部钢纤维混凝土深梁

7.2.1 受拉区采用钢纤维混凝土且跨高比不大于 2.0 的单跨简支深梁，可按本节规定设计。

7.2.2 局部钢纤维混凝土矩形截面深梁的斜截面受剪承载力应符合下列规定，当 $\varphi_f > 0.5$ 时，应取 0.5。

$$V \leq 1.4 f_t b h_0 (1 + 0.6 \varphi_f \lambda_f) + 0.5 f_{yh} \frac{A_{sh}}{s_v} h_0 \quad (7.2.2)$$

式中： V ——局部钢纤维混凝土深梁的剪力设计值 (N)；

A_{sh} ——深梁上部 0.8h 范围内一层水平分布钢筋的截面面积 (mm^2)；

s_v ——水平分布钢筋的竖向间距 (mm)。

7.2.3 局部钢纤维混凝土深梁的受剪截面限制条件，应根据钢纤维混凝土的强度等级按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中钢筋混凝土深梁设计的有关规定计算，计算公式中的 f_c 应以 f_{cds} 代替，且当 $\varphi_f > 0.5$ 时，应取 0.5。 f_{cds} 应按下列式计算：

$$f_{cds} = f_c (1 + 0.3 \varphi_f \lambda_f) \quad (7.2.3)$$

7.2.4 一般要求不出现斜裂缝的局部钢纤维混凝土深梁，当符合下列条件时，可不进行斜截面受剪承载力计算，但应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定配置分布钢筋。按下式计算时，当 $\varphi_f > 0.6$ 时，应取 0.6。

$$V_k \leq 0.5 f_{tk} b h (1 + 1.15 \varphi_f \lambda_f) \quad (7.2.4)$$

式中： V_k ——按荷载效应的标准组合计算的剪力值 (N)。

7.2.5 局部钢纤维混凝土深梁的正截面抗裂弯矩应按下列公式计算。计算时，当 $\varphi_f > 0.6$ 时，应取 0.6；当 $l_0/h > 1.0$ 时，应取 1.0。

$$M_{cr}^0 = \gamma_f f_{ft} W \quad (7.2.5-1)$$

$$\gamma_f = (1.15 + 0.08 l_0/h)(1 + \varphi_f) \quad (7.2.5-2)$$

式中： M_{cr}^0 ——局部钢纤维混凝土深梁正截面抗裂弯矩 (N·mm)；

γ_f ——受拉区钢纤维混凝土塑性影响系数；

W ——截面受拉边缘的弹性抵抗矩 (mm³)。

7.3 牛 腿

7.3.1 钢纤维混凝土牛腿，当竖向力作用点至下柱边缘的水平距离 a 不大于牛腿与下柱交接处的垂直截面有效高度 h_0 时，其截面尺寸应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，裂缝控制应符合下式规定：

$$F_{vk} \leq \beta \left(1 - 0.5 \frac{F_{hk}}{F_{vk}} \right) \frac{f_{tk} b h_0}{0.5 + \frac{a}{h_0}} (1 + \beta_{brv} \lambda_f) \quad (7.3.1)$$

式中： F_{vk} ——作用于牛腿顶部按荷载效应标准组合计算的竖向力值 (N)；

F_{hk} ——作用于牛腿顶部按荷载效应标准组合计算的水平拉力值 (N)；

β ——裂缝控制系数，支承吊车梁的牛腿取 0.65，其他牛腿取 0.80；

f_{tk} ——与钢纤维混凝土相对应强度等级的普通混凝土轴

心抗拉强度标准值 (N/mm^2);

a ——竖向力作用点至下柱边缘的水平距离, 此时应考虑安装偏差 20mm, 当考虑安装偏差后的竖向力作用点仍位于下柱截面以内时取 0;

b ——牛腿宽度 (mm);

β_{brv} ——钢纤维对牛腿抗剪能力的影响系数, 可取 0.47;

h_0 ——牛腿与下柱交接处的垂直截面有效高度 (mm)。

7.3.2 在牛腿中, 由承受竖向力的受拉钢筋和承受水平拉力的锚筋所组成的纵向受力钢筋的总截面面积应符合下列公式规定:

$$A_s \geq \frac{F_v a - 0.43 f_{tu} b h_0^2}{0.85 f_y h_0} + 1.2 \frac{F_h}{f_y} \quad (7.3.2-1)$$

$$a/h_0 \leq 0.3 \quad (7.3.2-2)$$

式中: F_v ——作用在牛腿顶部的竖向力设计值 (N);

F_h ——作用在牛腿顶部的水平拉力设计值 (N)。

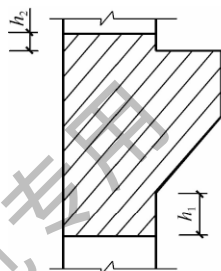


图 7.3.3 钢纤维混凝土配置范围

7.3.3 牛腿中配置的钢纤维混凝土 (图 7.3.3) 进入相邻下柱中的范围 h_1 不应小于 0.5 倍柱截面高度 h_c , 进入上柱中的范围 h_2 不应小于 50mm。

7.4 桩基承台

7.4.1 钢筋钢纤维混凝土桩基承台设计除应符合本节规定外, 尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

7.4.2 钢筋钢纤维混凝土桩基承台受柱冲切的承载力计算应符合下列规定:

1 承台受柱冲切破坏锥体应采用自柱边或承台变阶处至相应桩顶边缘连线构成的锥体, 锥体与承台底面的夹角不应小于

45°，当小于 45°时应取 45°。

2 对于桩数不少于 4 根的钢筋钢纤维混凝土矩形承台和三桩三角形钢筋钢纤维混凝土承台，可按下式计算承台的受柱冲切承载力：

$$F_{fpu} = F_{pu}(1 + \beta_p \lambda_f) \quad (7.4.2)$$

式中： F_{fpu} ——未配置箍筋、弯起钢筋时，钢筋钢纤维混凝土承台冲切破坏锥体上受柱冲切的承载力 (N)；

F_{pu} ——按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 计算的钢筋混凝土承台受柱冲切的承载力 (N)；

β_p ——钢纤维对钢筋混凝土承台受冲切承载力的影响系数，宜通过试验确定；当无试验资料时，可取 0.45。

7.4.3 当桩位于受柱冲切破坏锥体以外时，钢筋钢纤维混凝土桩基承台的受桩冲切承载力可按下列规定计算：

1 承台受角桩冲切破坏锥体侧面锥线采用从承台底角桩内边缘引 45°冲切线与承台顶面或承台变阶处相交点；当柱位于 45°冲切线以内时，应取从承台底角桩内边缘至柱边相交点。

2 未配置箍筋、弯起钢筋时，钢筋钢纤维混凝土矩形承台和非矩形承台受角桩冲切承载力可按下式计算：

$$F_{fpu}^p = F_{pu}^p(1 + \beta_p \lambda_f) \quad (7.4.3-1)$$

式中： F_{fpu}^p ——钢筋钢纤维混凝土承台受角桩冲切的承载力 (N)；

F_{pu}^p ——按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 计算的钢筋混凝土承台受角桩冲切的承载力 (N)。

3 钢筋钢纤维混凝土矩形承台，当符合下式条件时 (图 7.4.3)，其受方形边桩冲切的承载力可按本标准公式 (7.4.3-1) 计算。

$$b_p + 2h_0 \leq b \quad (7.4.3-2)$$

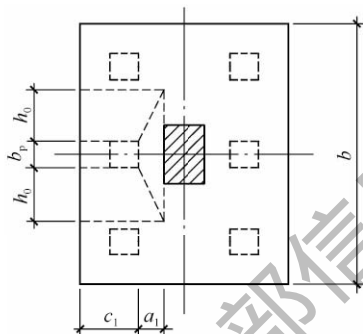


图 7.4.3 矩形承台边桩冲切破坏锥体

7.4.4 钢筋钢纤维混凝土桩基承台斜截面受剪承载力计算应符合下列规定：

1 柱下桩基独立承台应分别对柱边与桩边、变阶处与桩边连线形成的斜截面进行受剪承载力计算；当柱边外有多排桩形成多个剪切斜截面时，尚应对每个斜截面进行承载力计算。

2 未配置抗剪钢筋的钢筋钢纤维混凝土承台的斜截面受剪承载力可按下式计算：

$$V_{fu} = V_u(1 + \beta_s \lambda_f) \quad (7.4.4)$$

式中： V_{fu} ——钢筋钢纤维混凝土承台的斜截面受剪承载力 (N)；

V_u ——按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 计算的钢筋混凝土承台斜截面受剪承载力 (N)；

β_s ——钢纤维对斜截面上混凝土受剪承载力的影响系数，宜通过试验确定。当无试验资料时，可按本标准第 5.3.2 条确定。

7.4.5 钢筋钢纤维混凝土桩基承台局部受压承载力计算应符合下列规定：

1 当柱或桩的混凝土强度等级高于承台的钢纤维混凝土强度等级为 $5\text{N}/\text{mm}^2$ 及以上时，应验算钢纤维混凝土承台在柱底和桩顶处的局部受压承载力。

2 未配置间接钢筋的钢筋钢纤维混凝土承台的局部受压承载力应按下列式计算：

$$F_{lu} = F_{lu}(1 + \beta_u \lambda_f) \quad (7.4.5-1)$$

3 配置间接钢筋的钢筋钢纤维混凝土承台的局部受压承载力应按下列式计算：

$$F_{lu} = 0.9[\beta_c \beta_l (1 + 0.15\lambda_f) f_c + 2\alpha \rho_v \beta_{cor} f_{yv}] A_{ln} \quad (7.4.5-2)$$

式中： F_{lu} ——钢筋钢纤维混凝土承台局部受压承载力（N）；

F_{lu} ——按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007计算的钢筋混凝土承台局部受压承载力（N）；

β_u ——钢纤维对钢筋混凝土承台局部受压承载力的影响系数，宜通过试验确定；当无试验资料时，可按本标准第 5.6.2 条确定；

β_c ——混凝土强度影响系数；

β_l ——混凝土局部受压时的强度提高系数；

α ——间接钢筋对混凝土约束的折减系数；

ρ_v ——间接钢筋的体积配箍率；

β_{cor} ——配置间接钢筋的局部受压承载力提高系数；

f_{yv} ——间接钢筋抗拉强度设计值（ N/mm^2 ）；

A_{ln} ——混凝土局部受压净面积（ mm^2 ）。

4 承台在柱底、边桩或角桩顶部处的局部受压的计算底面积应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

7.4.6 在钢筋钢纤维混凝土桩基承台中应优先采用变形钢筋，对集中布置在桩截面范围内的带状钢筋，其伸进桩截面的长度应满足纵向受拉钢筋在钢纤维混凝土中的最小锚固长度 l_{fa} 要求，

且伸过桩顶截面中心线的长度不小于 $5d$ 并向上 90° 弯折。

7.4.7 钢筋钢纤维混凝土桩基承台的构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定，并应符合本标准中第 8 章关于钢筋钢纤维混凝土结构构件的构造规定。

住房和城乡建设部信息中心
浏览专用

8 构造规定

8.0.1 钢纤维混凝土结构构件的一般构造要求和梁、板、柱、预埋件、预制构件接头及吊环等构造要求，除应符合本标准的规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

8.0.2 钢筋在钢纤维混凝土中锚固长度、延伸长度和绑扎搭接长度应符合下列规定：

1 当计算中充分利用纵向受拉钢筋强度时，受拉钢筋的基本锚固长度应按下列公式计算：

普通钢筋

$$l_{fab} = \alpha \frac{f_y}{f_{ft}} d \quad (8.0.2-1)$$

预应力钢筋

$$l_{fab} = \alpha \frac{f_{py}}{f_{ft}} d \quad (8.0.2-2)$$

式中： l_{fab} 、 l_{fab} ——受拉普通钢筋、预应力钢筋在钢纤维混凝土中的基本锚固长度（mm）；

f_{ft} ——钢纤维混凝土轴心抗拉强度设计值（N/mm²），按本标准第 4.2.4 条确定。当钢纤维混凝土强度等级高于 CF40 时，按 CF40 取值；

d ——钢筋直径（mm）；

α ——锚固钢筋外形系数，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

2 受拉钢筋的锚固长度应根据锚固条件按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行修正，且修正

后的受拉钢筋锚固长度 l_{fa} 和 l_{fm} 应取基本锚固长度的 0.7 倍、 $250f_t/f_{ft}$ (mm) 和 200mm 三者中的较大者。 f_t 应为与钢纤维混凝土相对应强度等级的混凝土轴心抗拉强度设计值。

3 纵向受拉钢筋和受压钢筋在跨中或支座边截断时，其延伸长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，受拉钢筋锚固长度 l_a 应以 l_{fa} 代替。

4 非预应力受拉和受压钢筋允许的绑扎搭接条件和搭接长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，受拉钢筋锚固长度 l_a 应以 l_{fa} 代替。

住房城乡建设部
浏览专用

9 结构构件抗震设计

9.1 一般规定

9.1.1 钢筋钢纤维混凝土结构的抗震设计应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.1.2 抗震设防的钢筋钢纤维混凝土结构的抗震设防类别与设防标准应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.1.3 考虑地震作用组合的钢纤维混凝土结构的荷载效应设计值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.1.4 考虑地震作用组合验算钢纤维混凝土结构构件的承载力时，应按承载力抗震调整系数 γ_{RE} 进行调整。承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定执行。

9.1.5 钢纤维混凝土结构的抗震变形验算应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

9.1.6 钢纤维混凝土结构的纵向受力钢筋的抗震锚固与搭接长度及其相关要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定， l_a 受拉钢筋锚固长度应以 l_{aE} 代替。

9.1.7 抗震设防的钢纤维混凝土结构，当钢纤维混凝土强度等级超过 CF60 时，宜采用异形钢纤维，且钢纤维抗拉强度等级不宜低于 1000MPa 级，钢纤维体积率不应低于 0.65%。

9.2 框架梁柱节点

9.2.1 对于一级、二级和三级抗震等级的现浇框架梁柱节点，

按计算需配置较多箍筋造成施工困难时，可采用钢筋钢纤维混凝土框架梁柱节点。

9.2.2 钢筋钢纤维混凝土框架梁柱节点的抗震设计除应符合本节规定外，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.2.3 钢筋钢纤维混凝土框架梁柱节点剪力设计值 V_j 的计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.2.4 考虑地震作用组合的钢纤维混凝土框架梁和框架柱的受剪截面限制条件应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，混凝土轴心抗压强度 f_c 应以 f_{cs} 代替。 f_{cs} 应按本标准公式 (5.3.1) 计算。

9.2.5 考虑地震作用组合的钢纤维混凝土框架梁和框架柱的斜截面受剪承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定， V_c 应以 V_{fc} 代替。 V_{fc} 应按本标准公式 (5.3.2-2) 计算。

9.2.6 钢筋钢纤维混凝土框架梁柱节点核心区的受剪水平截面应符合下列规定：

1 框架梁柱节点核心区受剪承载力应符合下式规定：

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} [0.3\eta\beta_c f_{fc} b_j h_j (1 + 0.17\lambda_f)] \quad (9.2.6)$$

式中： V_j ——框架梁柱节点核心区的剪力设计值 (N)；

b_j ——框架梁柱节点核心区的截面有效验算宽度 (mm)；

h_j ——框架梁柱节点核心区的截面高度 (mm)；

η ——正交梁对框架梁柱节点的约束影响系数；

β_c ——钢纤维混凝土强度等级影响系数，按与钢纤维混凝土强度等级相同的混凝土确定；

γ_{RE} ——承载力抗震调节系数。

2 b_j 、 h_j 、 η 、 γ_{RE} 的取值均应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.2.7 钢筋钢纤维混凝土框架梁柱节点的抗震受剪承载力应符合下列规定：

1 9度设防烈度的一级抗震等级框架

$$V_{fj} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[0.9\eta_f f_t b_j h_j (1 + \beta_j \lambda_f) + \frac{f_{yv} A_{svj}}{s} (h_{l0} - a'_s) \right] \quad (9.2.7-1)$$

2 其他情况

$$V_{fj} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left\{ \left[1.1\eta_f f_t b_j h_j (1 + \beta_j \lambda_f) + 0.05\eta_f N \frac{b_j}{b_c} \right] + \frac{f_{yv} A_{svj}}{s} (h_{l0} - a'_s) \right\} \quad (9.2.7-2)$$

式中： N ——对应于考虑地震作用组合剪力设计值的节点上柱底部的轴向力设计值（ N ），且当 $N > 0.5f_{tc}b_c h_c$ 时，取 $N = 0.5f_{tc}b_c h_c$ ；当 N 为拉力时，取 0；

b_c 、 h_c ——分别为上柱底截面的宽度、高度（ mm ）；

A_{svj} ——配置在核心区有效验算宽度范围内同一截面沿剪力方向箍筋各肢的全部截面面积（ mm^2 ）；

h_{l0} ——框架梁截面有效高度，节点两侧梁截面高度不等时取平均值（ mm ）；

s ——节点核心区箍筋间距（ mm ）；

β_j ——钢纤维对框架梁柱节点抗震受剪承载力的影响系数。

3 钢纤维对框架梁柱节点抗震受剪承载力的影响系数 β_j 应按下列规定取值：

当 $\eta_f = 1.0$ 时， $\beta_j = 1.05$ ；

当 $\eta_f = 1.5$ 时， $\beta_j = 0.7$ 。

9.2.8 钢筋钢纤维混凝土框架梁柱节点的钢纤维含量特征值 λ_f 不应小于表 9.2.8 的规定。

表 9.2.8 框架梁柱节点最小钢纤维含量特征值

框架抗震等级	一	二	三
λ_f	0.9	0.7	0.5

9.2.9 框架节点中钢纤维混凝土进入相邻梁和柱中的范围不应小于 500mm，且不宜大于 1000mm。

9.2.10 钢筋钢纤维混凝土框架梁柱节点的箍筋的构造要求应符合表 9.2.10 规定。

表 9.2.10 框架梁柱节点配箍构造要求

框架抗震等级	最小配箍特征值	最小体积配箍率	最小箍筋直径 (mm)	箍筋最大间距 (mm)
一	0.09	0.45%	10	150
二	0.07	0.35%	8	150
三	0.05	0.25%	8	200

9.3 剪力墙及连梁

9.3.1 各抗震等级的剪力墙墙肢截面以及剪力墙洞口连梁，考虑地震作用组合的弯矩设计值和剪力设计值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.3.2 考虑地震作用组合的钢纤维混凝土剪力墙及连梁的受剪截面限制条件应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，混凝土轴心抗压强度 f_c 应以 f_{fcs} 代替。 f_{fcs} 应按本标准公式 (5.3.1) 确定。

9.3.3 考虑地震作用组合的钢纤维混凝土剪力墙及连梁的斜截面抗震受剪承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，混凝土轴心抗拉强度设计值 f_t 应以 f_{ft} 代替。 f_{ft} 应按本标准公式 (4.2.4-2) 确定。

9.3.4 考虑地震作用组合的钢纤维混凝土剪力墙洞口连梁的正截面受弯承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.3.5 考虑地震荷载组合时，剪力墙的墙肢截面厚度与分布钢筋配置构造以及剪力墙与筒体洞口连梁的纵向钢筋、斜筋和箍筋构造应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.4 板柱节点

9.4.1 钢纤维混凝土板柱节点的结构形式及构造措施应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和本标准第 8.0.1 条的有关规定。8 度设防烈度时宜采用有托板或柱帽的板柱节点。

9.4.2 对一级、二级、三级抗震等级的板柱节点应进行抗震受冲切承载力验算。考虑地震作用组合的钢纤维混凝土板柱节点受冲切截面和受冲切承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，其中混凝土轴心抗拉强度设计值 f_t 应以 f_{ft} 代替。 f_{ft} 应按本标准公式 (4.2.4-2) 确定。

9.4.3 在地震作用组合下，当考虑板柱节点临界截面上的剪应力传递不平衡弯矩时，考虑抗震等级的等效集中反力设计值 $F_{l,eq}$ 应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定计算。由地震作用组合的不平衡弯矩在板柱节点处引起的等效集中反力设计值应乘以增大系数，对一级、二级、三级抗震等级板柱结构的节点，该增大系数可分别取 1.7、1.5、1.3。

9.4.4 在地震作用组合下，配置箍筋或栓钉的板柱节点，受冲切截面及受冲切承载力应符合下列规定：

1 受冲切截面的等效集中反力设计值按下式计算：

$$F_{l,eq} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} 1.2 f_t \eta u_m h_0 (1 + \beta_p \lambda_f) \quad (9.4.4-1)$$

2 受冲切承载力的等效集中反力设计值按下式计算：

$$F_{l,eq} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} [(0.3 f_t + 0.15 \sigma_{pc,m}) \eta u_m h_0 + 0.8 f_{yv} A_{svu}] (1 + \beta_p \lambda_f) \quad (9.4.4-2)$$

3 对配置抗冲切钢筋的冲切破坏锥体以外的截面，尚应按下式验算受冲切承载力：

$$F_{l,eq} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.42 f_t + 0.15 \sigma_{pc,m}) \eta u_m h_0 (1 + \beta_p \lambda_f) \quad (9.4.4-3)$$

式中： $F_{l,eq}$ ——板柱节点考虑抗震等级的等效集中反力设计值 (N)；

β_p ——钢纤维对钢筋混凝土板受冲切承载力的影响系数，宜通过试验决定；当无试验资料时，可取 0.45；

$\sigma_{pc,m}$ ——计算截面周长上两个方向混凝土有效预压应力按长度的加权平均值 (N/mm^2)，宜控制在 $1.0 N/mm^2 \sim 3.5 N/mm^2$ 范围内；

A_{svu} ——与呈 45° 冲切破坏锥体斜截面相交的全部箍筋截面面积 (mm^2)；

u_m ——计算截面的周长 (mm)。公式 (9.4.4-1)、公式 (9.4.4-2) 中 u_m 取距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $h_0/2$ 处板垂直截面的最不利周长；公式 (9.4.4-3) 中 u_m 应取最外排抗冲切钢筋周边以外 $0.5h_0$ 处的最不利周长。

9.4.5 沿两个主轴方向贯通节点柱截面的连续预应力钢筋及板底纵向普通钢筋配置方法及配筋量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

10 工业建筑地面

10.1 一般规定

10.1.1 采用钢纤维混凝土建造工业建筑地面的垫层、面层或垫层兼面层时，其设计方法和构造要求除应符合本章规定，尚应符合现行国家标准《建筑地面设计规范》GB 50037 的有关规定。

10.1.2 下列情形下可采用钢纤维混凝土工业建筑地面：

1 受机械磨损或重物冲击严重，对抗裂、抗冲击性和耐磨性要求较高的地面；

2 需要在较大范围内不设接缝的地面；

3 地面堆载较大，采用普通混凝土地面不能满足承载力设计和变形验算要求的地面；

4 其他有特殊设计要求，需要采用钢纤维混凝土建造的地面。

10.1.3 当钢纤维混凝土仅用作地面垫层时，其强度等级不应小于 CF25；当钢纤维混凝土用作地面垫层兼面层及无切缝地面时，钢纤维混凝土强度等级不宜小于 CF30。

10.1.4 地基设计应符合现行国家标准《建筑地面设计规范》GB 50037 的相关规定。当采用压实填土时，地基土的压实系数不宜小于 0.94。

10.2 板厚设计

10.2.1 钢纤维混凝土地面板的承载力安全等级和结构重要性系数应符合现行国家标准《建筑地面设计规范》GB 50037 的有关规定。

10.2.2 钢纤维混凝土地面的荷载标准值与荷载分项系数应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑地面设计

规范》GB 50037 的有关规定。车辆起动和刹车的动力系数可取 1.1~1.2；钢纤维混凝土的材料分项系数应取 1.4。正常使用极限状态验算时，荷载和材料分项系数均应取 1.0，且不考虑动力系数。

10.2.3 钢纤维混凝土切缝地面的地面板厚度不宜小于 120mm，无切缝地面的地面板厚度不宜小于 140mm。

10.2.4 仅采用钢纤维混凝土做地面面层时，其厚度不宜小于 60mm，在确保面层与混凝土垫层可靠粘结情况下，面层厚度可减薄，但不应小于 40mm。面层下混凝土垫层的厚度应符合现行国家标准《建筑地面设计规范》GB 50037 的有关规定。

10.2.5 钢纤维混凝土地面板的内力分析计算可采用本标准附录 A 规定的方法。

10.2.6 钢纤维混凝土的残余弯拉强度 f_{R1k} 、 f_{R3k} 与比例极限弯拉强度 $f_{ctk,L}^f$ 应按本标准附录 B 的试验方法确定，且其比值应符合下列规定：

1 切缝地面

$$\frac{f_{R1k}}{f_{ctk,L}^f} \geq 0.4 \quad (10.2.6-1)$$

$$\frac{f_{R3k}}{f_{ctk,L}^f} \geq 0.3 \quad (10.2.6-2)$$

2 无切缝地面

$$\frac{f_{R1k}}{f_{ctk,L}^f} \geq 0.6 \quad (10.2.6-3)$$

$$\frac{f_{R3k}}{f_{ctk,L}^f} \geq 0.4 \quad (10.2.6-4)$$

式中： $f_{ctk,L}^f$ ——钢纤维混凝土的比例极限弯拉强度标准值 (N/mm^2)；

f_{R1k} ——对应于试验梁切口张开水平位移为 0.5mm 时的钢纤维混凝土残余弯拉强度标准值 (N/mm^2)；

f_{R1k} 不应小于 $1.5N/mm^2$ ；

f_{R3k} ——对应于试验梁切口张开水平位移为 2.5mm 时的

钢纤维混凝土残余弯拉强度标准值 (N/mm^2)；
 f_{R3k} 不应小于 $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 。

10.2.7 钢纤维混凝土地面板的正截面受弯承载力应符合下列公式规定：

$$m_{\text{Ed}} + m'_{\text{Ed}} \leq m_{\text{Rd}} + m'_{\text{Rd}} \quad (10.2.7-1)$$

$$m_{\text{Rd}} = \frac{f_{\text{R3k}}}{\gamma_{\text{fc}}} \times \frac{h^2}{6} \quad (10.2.7-2)$$

$$m'_{\text{Rd}} = \frac{f_{\text{ctk},\text{I}}^{\text{f}}}{\gamma_{\text{fc}}} \cdot \frac{h^2}{6} \quad (10.2.7-3)$$

式中： $m_{\text{Ed}} + m'_{\text{Ed}}$ ——最不利荷载组合下相邻板底和板顶正、负弯矩的最大值之和 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)；

$m_{\text{Rd}} + m'_{\text{Rd}}$ ——板底和板顶正截面承载力设计值的最大值之和 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)；

m_{Rd} ——板底正截面承载力设计值 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)；

m'_{Rd} ——板顶正截面承载力设计值 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)；

$f_{\text{ctk},\text{I}}^{\text{f}}$ ——钢纤维混凝土的比例极限弯拉强度标准值 (N/mm^2)；

f_{R3k} ——对应于试验梁切口张开水平位移为 2.5mm 的钢纤维混凝土残余弯拉强度标准值 (N/mm^2)，可取 $1.0\text{N}/\text{mm}^2 \sim 5.0\text{N}/\text{mm}^2$ ；

γ_{fc} ——钢纤维混凝土材料分项系数；

h ——地面板厚度 (mm)。

10.2.8 连续钢纤维混凝土地面板可不验算其受冲切承载力。

10.3 构造规定

10.3.1 钢纤维混凝土地面板的接缝可采用切缝、平头缝、企口缝、传力杆缝。各种接缝的构造要求应符合下列规定：

1 当传力杆用于缩缝时，缝间可不放置填缝材料；当传力杆用于伸缝时（图 10.3.1-1），缝间应放置填缝材料。传力杆宜采用光圆钢筋，其尺寸与间距可按表 10.3.1 选用，最外边传力

杆与接缝或自由边的距离宜为 150mm。传力杆一端应套管或蘸沥青。

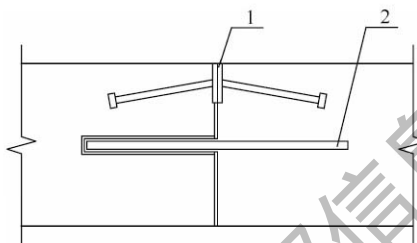


图 10.3.1-1 带护边专用传力杆
1—护边钢板；2—传力杆

表 10.3.1 传力杆尺寸与间距 (mm)

地面板厚度	钢筋直径	最小长度	最大间距
$h \leq 200$	16	400	300
$200 < h \leq 300$	20	500	300
$h > 300$	25	500	300

2 变形缝用作伸缝、沉降缝时，其宽度宜为 20mm，缝内应填充低弹模弹性材料。当变形缝位于经常承受机械磨损、冲击的区段时，其两侧宜加护边角钢保护，并宜设置传力杆（图 10.3.1-1）。

3 钢纤维混凝土地面板应设置隔离缝（图 10.3.1-2）与

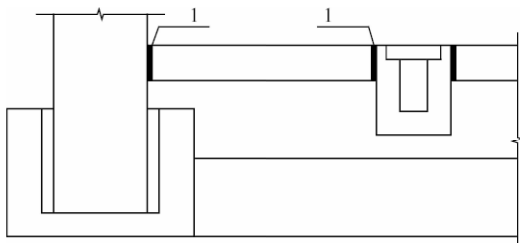


图 10.3.1-2 柱、墙体和沟渠四周的隔离缝设置
1—低弹性材料

柱、墙体等建筑构件及沟渠四周隔开。对于有切缝地面，隔离缝宽宜为 10mm；对于无切缝地面，隔离缝宽宜为 20mm。隔离缝内宜填低弹性材料。

4 其他各类接缝的要求应符合现行国家标准《建筑地面设计规范》GB 50037 的有关规定。

10.3.2 钢纤维混凝土地面板的纵向缩缝和横向缩缝设置应符合下列规定：

1 以纵向缩缝与横向缩缝将地面分成板块，板块形状应为正方形或矩形，矩形长宽比不宜大于 1.5。

2 纵向和横向缩缝宜垂直相交，不得互相错位。

3 纵向缩缝可采用假缝、平头缝、企口缝或传力杆缝；横向缩缝宜采用假缝。假缝宽度宜为 3mm~8mm，深度宜为地面板厚度的 1/3（图 10.3.2），缝内可充填弹性填缝料。

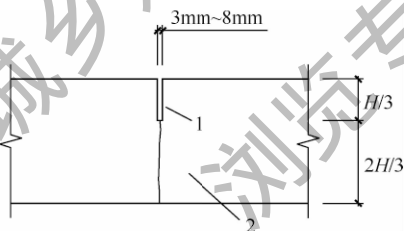


图 10.3.2 假缝尺寸要求

1—假缝；2—钢纤维混凝土地面板

4 当钢纤维混凝土仅做面层时，地面分缝的设置应符合现行国家标准《建筑地面设计规范》GB 50037 的有关规定。

10.3.3 钢纤维混凝土地面可分条浇筑或一次浇筑施工。非同次浇筑的钢纤维混凝土地面间应设置施工缝，宜采用传力杆缝、平头缝或企口缝。施工缝的设置宜与缩缝结合，并应符合本标准第 10.3.2 条规定。

10.3.4 钢纤维混凝土无切缝地面的接缝应采用带传力杆的伸缩缝、隔离缝。无切缝地面浇筑分仓的形状应为正方形或矩形，矩

形长宽比不大于 1.5。分仓区域尺寸不宜大于 $45\text{m} \times 45\text{m}$ 。地面
板应与柱、墙体等结构构件通过隔离缝脱开。

10.3.5 钢纤维混凝土地面的柱角、墙角和设备基础等角部区域
宜布置不少于 5 根 HPB300 级、直径 12mm、间距 100mm、长
1m 的附加“八字形”钢筋（图 10.3.5）。

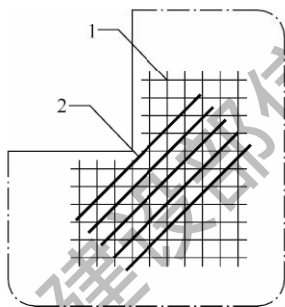


图 10.3.5 角部附加“八字形”钢筋

1—钢网支撑；2—角部附加钢筋

11 城镇道路与桥梁桥面

11.1 一般规定

11.1.1 钢纤维混凝土可用于城镇道路路面、混凝土拱桥、钢筋混凝土与部分预应力混凝土梁桥以及其他类型桥梁。

11.1.2 钢纤维混凝土城镇道路路面与桥梁桥面的设计除应符合本标准的规定外，尚应符合现行行业标准《城市道路工程设计规范》CJJ 37、《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 和《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的有关规定。

11.2 城镇道路路面

11.2.1 城镇道路路面钢纤维混凝土弯拉强度标准值应符合表 11.2.1 的规定。

表 11.2.1 钢纤维混凝土弯拉强度标准值

交通等级	特重、重	中等	轻
钢纤维混凝土弯拉强度标准值 (N/mm ²)	6.0	5.5	5.0

11.2.2 钢纤维混凝土路面在全幅摊铺时可不设纵向伸缩缝。路面板横向伸缩缝间距应根据当地气候条件、路面板厚度、钢纤维掺量和已有资料及工程经验确定，可比同条件混凝土路面横向伸缩缝间距延长，但不宜超过 15m。

11.2.3 各交通等级的钢纤维混凝土路面板厚度，可按下列规定确定并满足计算要求：

1 当钢纤维体积率为 1.0%~1.5% 时，其厚度可按现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 规定的普通混凝土路面板初选厚度的 65%~55% 选用；当钢纤维体积率为 0.6%~1.0% 时，其厚度可按现行行业标准《城镇道路路面设计规范》

CJJ 169 规定的普通混凝土路面板初选厚度的 75%~65% 选用；当钢纤维体积率低于 0.6% 时，其厚度的折减量应通过试验确定并满足计算要求。

2 特重、重交通路面的钢纤维混凝土路面板厚度不宜小于 180mm；中等、轻交通路面的钢纤维混凝土路面板厚度不宜小于 160mm。

11.2.4 钢纤维混凝土路面板结构设计应以行车荷载和温度梯度综合作用产生的疲劳断裂作为设计的极限状态，应符合下式规定：

$$\gamma_r(\sigma_{pr} + \sigma_{tr}) \leq f_{itm} \quad (11.2.4)$$

式中： γ_r ——可靠度系数，应符合现行国家行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定；

f_{itm} ——钢纤维混凝土弯拉强度标准值 (N/mm^2)；

σ_{pr} ——行车荷载疲劳应力 (N/mm^2)；

σ_{tr} ——温度梯度疲劳应力 (N/mm^2)。

11.2.5 钢纤维混凝土路面板在标准轴载作用下，在临界荷位处产生的荷载疲劳应力应按下列公式确定：

$$\sigma_{pr} = k_r k_{ff} k_c \sigma_{ps} \quad (11.2.5-1)$$

$$k_{ff} = (1 - 0.30\lambda_f) N_e^{0.057} \quad (11.2.5-2)$$

式中： σ_{ps} ——标准轴载在四边自由板临界荷位处产生的荷载应力 (N/mm^2)；

k_r ——考虑接缝传荷能力的应力折减系数；

k_c ——考虑偏载和动载等因素对路面疲劳损坏影响的综合系数；

k_{ff} ——考虑设计基准期内荷载应力累计疲劳作用的疲劳应力系数；

N_e ——设计基准期内标准轴载累积作用次数。

σ_{ps} 、 k_r 、 k_c 和 N_e 均应符合现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定。

11.2.6 钢纤维混凝土路面板在温度梯度作用下，临界荷位处的

温度疲劳应力计算应符合现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定，其中混凝土的弯拉强度标准值应以钢纤维混凝土的弯拉强度标准值代替。

11.2.7 原混凝土路面上钢纤维混凝土加铺层的设计，除应符合现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 隔离式或直接式加铺层厚度可按下式计算：

$$h_{of} = \frac{h_f}{h_{dc}} \sqrt[n]{h_{df}^n - c \left(\frac{h_{df}}{h_{dc}} \cdot h_c \right)} \quad (11.2.7-1)$$

2 结合式钢纤维混凝土加铺层厚度可按下式计算：

$$h_{of} = 0.9 \left(h_{df} - \frac{h_{df}}{h_{dc}} \cdot h_c \right) \quad (11.2.7-2)$$

式中： h_{of} ——原混凝土路面上钢纤维混凝土加铺层厚度（mm）；

h_f ——在原路面地基上修筑钢纤维混凝土单层板所需的厚度（mm）；

h_{df} ——根据加铺层钢纤维混凝土弯拉强度标准值计算的，在原路面地基上修筑普通混凝土单层面板所需的厚度（mm）；

h_{dc} ——根据原路面混凝土弯拉强度标准值计算的，在原路面地基上修筑普通混凝土单层面板所需的厚度（mm）；

h_c ——原混凝土路面板厚度（mm）；

c ——原路面的损坏状况系数，当原路面基本完整时取 1.0，有少量损坏时取 0.75，部分破坏时取 0.50，破坏严重时取 0.35；

n ——指数。当采用隔离式时，取 2.0；采用直接式时，取 1.4。

11.2.8 在沥青混凝土等柔性路面上铺筑钢纤维混凝土加铺层时，可将原有柔性路面作为基层，加铺钢纤维混凝土面层，并应符合下列规定：

1 钢纤维混凝土加铺层铺筑前应对较严重的车辙、拥包进行铣刨，对坑槽和网裂较严重的路段应进行结构补强；

2 钢纤维混凝土加铺层厚度不宜小于 140mm；

3 钢纤维混凝土加铺层可按新建钢纤维混凝土路面面层设计。

11.2.9 钢纤维混凝土路面加铺层接缝与原路面接缝间应符合下列规定：

1 直接式和结合式钢纤维混凝土路面加铺层的接缝应与原路面的接缝重合；当原路面横向缩缝间距小于 4.5m 时，加铺层内可间隔取消一条横向缩缝；原路面纵向缩缝可被加铺层覆盖；纵向工作缝应与旧路面的纵向工作缝相对应。

2 隔离式加铺层路面的接缝可不必与原路面接缝相对应。

11.3 层布式钢纤维混凝土复合路面

11.3.1 层布式钢纤维混凝土复合路面的设计除应符合本标准规定外，尚应符合现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定。

11.3.2 层布式钢纤维混凝土复合路面中所用钢纤维除应符合本标准第 4.1 节的规定外，其上、下各层钢纤维混凝土的钢纤维体积率宜为 0.9%~1.5%，钢纤维长径比宜为 60~100。

11.3.3 层布式复合路面钢纤维混凝土的弯拉强度应符合本标准第 11.2.1 条的规定。

11.3.4 层布式复合路面钢纤维混凝土弯拉强度应通过试验确定。当无试验资料且满足本标准第 11.2.1 条的规定时，层布式钢纤维混凝土弯拉强度可按混凝土弯拉强度的 1.18 倍~1.30 倍采用；钢纤维含量特征值为低值时应取下限，为高值时应取上限，中间可线性内插。

11.3.5 层布式路面钢纤维混凝土弯拉弹性模量可根据同强度等级普通混凝土弯拉强度标准值，按现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 执行。

11.3.6 层布式钢纤维混凝土复合路面的横向缩缝间距可按本标准第 11.2.2 条的规定确定。

11.3.7 各交通等级下的层布式钢纤维混凝土复合路面板的初选厚度，当上、下层钢纤维体积率为 0.9%~1.5%时，可按现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 规定的水泥混凝土路面板初选厚度的 75%~65%选用。层布式钢纤维混凝土复合路面板的厚度不应小于 140mm。

11.3.8 层布式钢纤维混凝土复合路面板在标准轴载作用下，在临界荷位处产生的荷载疲劳应力可按本标准公式 (11.2.5-1) 确定，其中层布式钢纤维混凝土复合路面的疲劳应力系数 $k_{ff,1}$ 应按下式计算：

$$k_{ff,1} = (1 - 0.18\rho_{f,1}l_f/d_f)N_c^{0.057} \quad (11.3.8)$$

式中： $k_{ff,1}$ ——层布式钢纤维混凝土复合路面的疲劳应力系数；

$\rho_{f,1}$ ——层布式钢纤维混凝土局部钢纤维体积率（%）。

11.3.9 层布式钢纤维混凝土复合路面板在温度梯度作用下，临界荷位处产生的温度疲劳应力计算应符合现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定。

11.3.10 层布式钢纤维混凝土复合路面板的厚度应按本标准第 11.2.7 条进行强度验算，其中钢纤维混凝土弯拉强度标准值 f_{fm} 应以层布式钢纤维混凝土弯拉强度标准值 $f_{fm,1}$ 替换。

11.3.11 在沥青混凝土等柔性路面上，铺筑层布式钢纤维混凝土加铺层时，宜将原有柔性路面作为基层，加铺层应按新铺层布式钢纤维混凝土复合路面板计算。层布式钢纤维混凝土复合路面也可作为沥青混凝土路面的基层。

11.4 城镇桥梁桥面

11.4.1 对于简支、连续体系结构和轻型拱式结构的城镇桥梁桥面，当采用钢纤维混凝土做铺装层时可按本节规定设计；对于重型拱式桥梁，当钢纤维混凝土桥面铺装填充料上时，宜按本标准第 11.2 节城镇道路路面的有关规定设计。

11.4.2 桥面铺装层的钢纤维混凝土除应满足本标准第 4.1 和 4.2 节的有关规定外,强度等级不应低于 CF40,弯拉强度标准值不应低于 5.5MPa。

11.4.3 桥面钢纤维混凝土铺装层厚度应根据气候条件、使用条件、桥梁结构对桥面的要求和钢纤维混凝土的性能并根据已有工程资料或当地经验确定,宜为 80mm~100mm,有特殊需要时可适当减薄,但不应小于 60mm。

11.4.4 桥面钢纤维混凝土铺装层内宜配置钢筋网或焊接钢筋网片。钢筋直径不应小于 8mm,网格间距不宜大于 200mm,保护层厚度宜取 35mm。跨径较小、刚度较大的桥梁桥面或当地确有工程经验时,可取消钢纤维混凝土桥面铺装层内的钢筋网。

11.4.5 桥面铺装层分缝应符合下列规定:

1 应采用垂直相交的矩形分块纵缝和横缝,纵缝两侧的横缝不得互相错位。

2 纵缝的间距应根据桥面宽度、行车道宽度及施工铺筑宽度确定,但不应大于 15m,单向坡三车道或小于三车道的桥面可不设纵缝。纵缝构造可按现行行业标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 的有关规定设计。

3 横缝分为缩缝或伸缝,横向缩缝间距应依据气候条件、钢纤维性能和体积率、桥面长度等因素确定,宜为 10m~15m。伸缝间距可取为缩缝间距的 2 倍,伸缝宽度宜取 5mm~8mm。横缝构造可按现行行业标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 的有关规定设计。

4 桥面铺装层在桥梁结构伸缩缝处应设变形缝或施工缝,缝边宜采用型钢加强,缝两侧桥面铺装层的钢纤维混凝土宜提高强度等级和纤维掺量。

12 城市隧道、边坡支护、建筑结构修复与加固工程

12.1 一般规定

12.1.1 本章适用于矿山法施工隧道采用喷射钢纤维混凝土支护、钢纤维混凝土模筑衬砌、喷射钢纤维混凝土基坑边坡支护以及喷射钢纤维混凝土修复与加固建筑工程的设计。

12.1.2 隧道洞室支护中，软弱围岩的初期支护、裂损隧道衬砌修补、既有衬砌结构加固以及用作高地应力的硬岩地层岩爆保护时，可采用喷射钢纤维混凝土。

12.1.3 隧道洞室支护中的二次衬砌，对抗拉、抗剪、抗裂、抗冲击、抗疲劳、抗震、抗爆等性能要求较高的地下结构，对存在高水压、高地应力、挤压性围岩和有抗震设防和国防要求的地下结构以及寒冷地区隧道可采用钢纤维混凝土模筑衬砌。

12.1.4 用于边坡或基坑支护时，可根据边坡稳定情况将喷射钢纤维混凝土与锚杆或钢筋网结合使用。

12.1.5 喷射钢纤维混凝土支护结构的设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 和《铁路隧道设计规范》TB 10003 的有关规定。

12.2 城市隧道支护

12.2.1 喷射钢纤维混凝土支护和衬砌参数应根据下列地质条件进行设计：

- 1 岩体完整性，节理裂隙发育程度；
- 2 岩石矿物成分，岩块强度和变形特征，物理膨胀性；
- 3 初始地应力情况；
- 4 地下水情况；

5 地温、水温等特殊地质条件。

12.2.2 用于围岩初期支护的喷射钢纤维混凝土应符合下列规定：

1 喷射钢纤维混凝土抗压强度等级不应低于 C30，并应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的有关规定。

2 喷射钢纤维混凝土的钢纤维掺量应根据弯曲韧性指标要求确定。弯曲韧性指标宜符合表 12.2.2 的规定，其中弯曲韧性比 $R_{e,150}$ 应按现行行业标准《钢纤维混凝土》JG/T 472 中规定的对应于跨中挠度 δ_k 为 $L/150$ 时的弯曲韧度比确定，能量吸收值 G 可通过方板法弯曲韧性试验确定。

3 喷层厚度应根据围岩地质条件确定，当喷层厚度大于 200mm 时，应分次喷射施工。

4 喷射钢纤维混凝土符合表 12.2.2 规定的弯曲韧性指标时，初期支护可不再设置钢筋网，其中围岩分级应符合《工程岩体分级标准》GB/T 50218 的规定。

表 12.2.2 初期支护的喷射钢纤维混凝土的弯曲韧性指标

围岩级别	能量吸收值 G (J)	弯曲韧性比 $R_{e,150}$ (%)
IV	700	50
V	1000	60
V 以下及挤压型，膨胀性	>1000	>60

5 喷射钢纤维混凝土原材料和配合比设计应符合现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 和《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的有关规定。

12.2.3 采用喷射钢纤维混凝土单层衬砌的围岩应符合下列规定：

1 围岩无显著变形或采取先期支护措施围岩变形已基本稳定；

2 岩块具有足够的强度，岩面和喷射混凝土层之间的粘结

强度能得到保证；

3 地下水不发育。

12.2.4 用于隧道单层衬砌的喷射钢纤维混凝土应符合下列规定：

1 能量吸收值宜为 800J~1050J，弯曲韧性比不应小于 55%。

2 喷射钢纤维混凝土与岩面间的粘结强度不应小于表 12.2.4-1 的规定。

表 12.2.4-1 喷射钢纤维混凝土与岩面间的粘结强度

项目	与围岩面间的粘结强度 (MPa)
非结构性的防护	0.1
支护结构	0.5

3 喷层厚度不应小于 60mm，不宜大于 250mm。单层衬砌设计参数可按照表 12.2.4-2 选用，围岩分级应符合《工程岩体分级标准》GB/T 50218 的规定。对于不同跨度单双线隧道的隧道横断面尺度对设计参数的影响可采用锚杆参数调节。

表 12.2.4-2 单层衬砌设计参数

围岩级别		II	III
岩块强度 R_c (MPa)		≥ 30	≥ 30
喷层厚度 (mm)	单线隧道	80	120
	双线隧道	100~120	160
锚杆		局部设置或系统设置	局部设置或系统设置

4 喷射钢纤维混凝土的抗冻性、抗渗透性及耐久性指标应满足设计要求。

12.2.5 地下结构模筑钢纤维混凝土衬砌应符合下列规定：

1 钢纤维混凝土衬砌可按现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 中有关规定设计，且应符合下列规定：

- 1) 钢纤维混凝土结构构件承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算的要求, 裂缝控制等级, 变形和裂缝宽度的规定限值以及耐久性要求等均应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的规定;
 - 2) 钢筋钢纤维混凝土结构构件正常使用极限状态下的裂缝宽度、钢筋应力以及受弯构件挠度可按本标准第 6 章的规定计算;
 - 3) 钢纤维混凝土构件承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算, 应按实际采用的钢纤维长径比或等效长径比和体积率计算钢纤维含量特征值 λ_f , 当 $\lambda_f > 1.2$ 时, 宜取 1.2。
- 2 钢纤维混凝土衬砌材料应符合下列规定:
- 1) 钢纤维混凝土轴心抗压强度、抗拉强度、受压和受拉弹性模量, 剪切模量、泊松比、线膨胀系数应符合本标准第 4.2 节的规定;
 - 2) 钢纤维的体积率宜根据设计要求的抗拉强度、弯拉强度、韧性要求中至少一项通过试验确定或根据已有资料经过计算确定。

12.2.6 钢筋钢纤维混凝土衬砌结构的承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计计算及构造措施应符合本标准第 5 章、第 6 章和第 8 章的规定。

12.3 边坡支护工程

12.3.1 边坡喷射钢纤维混凝土支护设计应根据岩土性状、地下水、边坡高度、坡度、周边环境、坡顶建筑物荷载、地震力及气候等因素确定。可采用防护型喷射钢纤维混凝土或与锚杆、预应力锚杆等配合使用。

12.3.2 永久性边坡宜采用预应力锚杆或预应力锚杆与非预应力锚杆相结合的支护类型。坡面宜采用厚度不小于 8cm 的配筋喷

射钢纤维混凝土支护。

12.3.3 边坡喷射钢纤维混凝土支护设计应包括防排水设计。边坡的喷射钢纤维混凝土护层内应设泄水孔。

12.3.4 下列边坡工程的锚喷支护设计应通过试验验证或专家论证：

- 1 高度大于 30m 的岩石边坡和高度大于 20m 的土质边坡工程；
- 2 地质及环境条件复杂、稳定性极差的边坡工程；
- 3 滑坡内的边坡工程；
- 4 失稳破坏后边坡工程。

12.4 修补和加固工程

12.4.1 用于修补和加固既有裂损结构的喷射钢纤维混凝土加固设计应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关规定，且应符合下列规定：

1 喷射钢纤维混凝土的加固设计与施工应优先采用卸荷加固方法，结构计算简图应根据结构的实际受力状况确定；

2 结构构件的承载力计算，应综合考虑结构构件截面在加固前已有的应力、加固截面的应变滞后和加固部分与原结构共同工作的程度；还应综合考虑实际的荷载偏心、结构变形和温度作用引起的附加内力；

3 应根据加固后结构自重增大与构件刚度变化等，对加固结构及其相关结构和建筑物的地基基础进行验算。

12.4.2 加固和修复采用的喷射钢纤维混凝土强度等级不应低于 CF30，且应比被加固结构的混凝土强度等级高（1~2）级。

12.4.3 喷射钢纤维混凝土层的最小厚度应符合下列规定：

- 1 用于结构构件承载力加固时，其厚度不应小于 60mm；
- 2 用于结构耐久性修复时，其厚度不应小于 40mm。

12.4.4 加固结构表面宜涂刷界面剂或植插锚固筋，且应符合下列规定：

1 用于非结构加固的喷射钢纤维混凝土与既有混凝土间的粘结力应大于 0.5MPa；

2 用于结构加固的喷射钢纤维混凝土与既有混凝土间的粘结力应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的规定。

12.4.5 采用喷射钢纤维混凝土加固的钢筋混凝土构件应符合下列规定：

1 加固钢筋混凝土轴心受压构件时，其正截面承载力应按下列式计算：

$$N \leq \phi [f_{c0} A_{c0} + f'_{y0} A'_{s0} + \alpha (f_{fc} A_{fc} + f'_y A'_s)] \quad (12.4.5)$$

式中：N——构件的轴向力设计值 (N)；

ϕ ——构件的稳定性系数，以加固后截面为准，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定；

f_{c0} ——原构件混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²)；

A_{c0} ——原构件的截面面积 (mm²)；

f'_{y0} ——原构件纵向钢筋抗压强度设计值 (N/mm²)；

A'_{s0} ——原构件纵向钢筋截面面积 (mm²)；

A_{fc} ——喷射钢纤维混凝土截面面积 (mm²)；

f_{fc} ——喷射钢纤维混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²)，按相同强度等级喷射混凝土强度设计值选用；

f'_y ——构件加固用纵向钢筋抗压强度设计值 (N/mm²)；

A'_s ——构件加固用纵向受压钢筋截面面积 (mm²)；

α ——考虑后加固部分应变滞后和新旧混凝土协同工作差异时，加固用喷射钢纤维混凝土和纵向钢筋的强度利用系数，可取 0.8。

2 当采用卸荷加固时，加固用喷射钢纤维混凝土和纵向钢筋的强度利用系数可根据卸荷后原构件的实际应力水平或相关试验数据予以提高。

3 加固钢筋混凝土偏心受压构件时，其承载力计算应按整体截面根据现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 以及本标准第 5 章中的有关规定执行，其中新增喷射钢纤维混凝土和纵向钢筋的强度设计值应按下列规定予以折减：

- 1) 加固后为大偏心受压构件时，受压区新增喷射钢纤维混凝土和纵向钢筋的抗压强度设计值、受拉区新增加的纵向钢筋抗拉强度设计值和喷射钢纤维混凝土的抗拉强度设计值均应乘以折减系数 0.9；
- 2) 加固后为小偏心受压构件时，受压区新增喷射钢纤维混凝土和纵向钢筋的抗压强度设计值均应乘以折减系数 0.8，受拉区新增加的纵向钢筋抗拉强度设计值和喷射钢纤维混凝土的抗拉强度设计值均应乘以折减系数 0.9。

4 加固梁板为受弯构件时，应根据结构的实际情况，分别在受压区和受拉区采用不同的加固形式。对在受压区加固的受弯构件，其承载力、抗裂度、裂缝宽度及变形计算和验算可按本标准第 7.1 节的规定确定；对在受拉区加固的受弯构件，计算其承载力时，新增纵向钢筋抗拉强度设计值和喷射钢纤维混凝土的抗拉强度设计值应乘以折减系数 0.9。

5 喷射钢纤维混凝土的抗压强度应按现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 规定的相同强度等级喷射混凝土强度设计值选用。

6 受拉区喷射钢纤维混凝土的抗拉强度应按现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 规定的相同强度等级喷射混凝土抗拉强度值和本标准 4.2 节规定确定。

7 当允许受拉区喷射钢纤维混凝土开裂，则应考虑受拉区钢纤维混凝土的残余抗拉强度，其裂缝宽度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的正常使用极限状态允许的裂缝宽度限值。新增喷射钢纤维混凝土的抗拉强度设计值应乘以折减系数 0.9。

12.4.6 当采用喷射钢纤维混凝土夹板墙对墙砌体进行抗震加固时应符合下列规定：

1 楼层抗震能力的增强系数可按下式计算：

$$\eta_{pi} = 1 + \frac{\sum_{j=1}^n (\eta_{pij} - 1) A_{ij0}}{A_{i0}} \quad (12.4.6)$$

式中： η_{pi} ——面层加固的第 i 楼层抗震能力的增强系数；

η_{pij} ——第 i 层中第 j 加固墙段的增强系数；

n ——第 i 楼层中在验算方向上面层加固的抗震墙道数；

A_{ij0} ——第 i 楼层第 j 墙段在 $1/2$ 层高处的净截面面积 (mm^2)；

A_{i0} ——第 i 楼层中在验算方向上原有抗震墙在 $1/2$ 层高处的净截面总面积 (mm^2)。

2 第 i 层中第 j 加固墙段的增强系数 η_{pij} 可按表 12.4.6 采用。

表 12.4.6 墙体加固后的增强系数

原墙体砌筑砂浆的强度等级	加固墙段的增强系数
M2.5、M5	2.5
M7.5	2.0
M10	1.8

附录 A 钢纤维混凝土工业地面设计计算

A.1 接缝荷载折减系数

对于由不同类型接缝组成的地面，用于地面缝边弯矩计算的荷载应进行折减。地面接缝荷载折减系数可按表 A.1 选用。

表 A.1 地面接缝的荷载折减系数

接缝类型		荷载折减系数 χ
隔离缝	缝张开宽度 (mm)	1.0
切缝	≤ 1	0.65
	≤ 2	0.75
	≤ 3	0.85
切缝相交处	—	$1 - \sqrt{2}(1 - \chi_1)$
带传力杆缝	—	0.60

注： χ_1 ——切缝的荷载折减系数。

A.2 内力分析

A.2.1 钢纤维混凝土地面垫层或垫层兼面层厚度应按承载能力极限状态设计。当集中荷载作用在板中心时，相邻板底和板顶正负弯矩值之和可按下式计算：

$$m + m' = \frac{\gamma_0 S_0}{6(1 + 2r/L)} \quad (\text{A.2.1})$$

式中： m ——单位宽度地面板底正弯矩设计值 (N·mm)；

m' ——单位宽度地面板顶负弯矩设计值 (N·mm)；

γ_0 ——结构重要性系数，应符合现行国家标准《建筑地面设计规范》GB 50037 的有关规定；

S_0 ——考虑多点荷载对主荷载影响的作用在地面板上的荷

载设计值 (N);

r ——圆形荷载支承面的计算半径或者当量圆计算半径 (mm);

L ——地面板相对刚度半径 (mm)。

A. 2. 2 当集中荷载作用在板角时, 荷载内力计算值可按下式计算:

$$m + m' = \frac{\gamma_0 S_0}{2(1 + 4r/L)} \quad (\text{A. 2. 2})$$

A. 2. 3 当荷载作用在板边时, 荷载内力计算值可按下列情况计算:

1 单独集中荷载作用下

$$m + m' = \frac{\gamma_0 S_0}{3.5(1 + 3r/L)} \quad (\text{A. 2. 3-1})$$

2 车轮荷载作用下

1) 当轮轴平行于板边时:

$$m + m' = \frac{zP}{3} \quad (\text{A. 2. 3-2})$$

式中: P ——车辆和运输机械单个轮轴处作用在地面板上的荷载设计值 (N);

z ——当量力臂 (图 A. 2. 3a), 取 X 为圆形荷载支承面的计算半径或者当量圆计算半径 r , 计算 X/Y 和 X/L 。

2) 当轮轴垂直于板边时:

$$m + m' = \frac{zP}{2} \quad (\text{A. 2. 3-3})$$

式中: P ——车辆和运输机械单个轮轴处作用在地面板上的荷载设计值 (N);

z ——当量力臂 (图 A. 2. 3b), 取 Y 为圆形荷载支承面的计算半径或者当量圆计算半径 r , 计算 Y/X 和 X/L 。

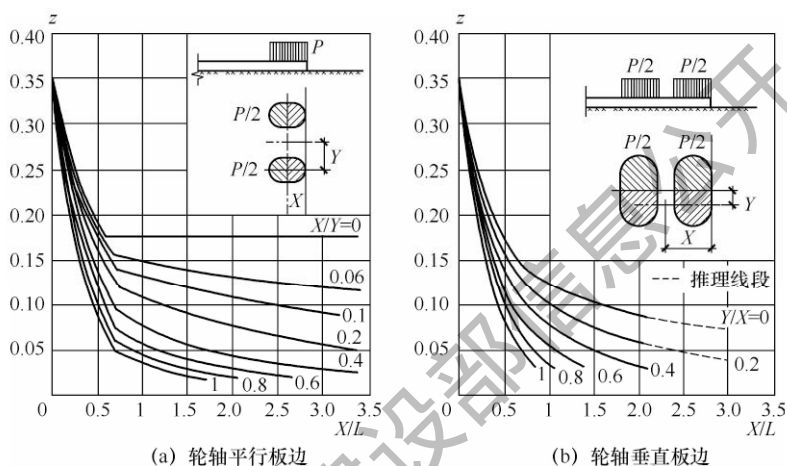


图 A.2.3 当量力臂值 z

A.3 相对刚度半径计算

A.3.1 当基层是回弹地基时，地面板的相对刚度半径 L 按下式计算：

$$L = 0.54 \times \sqrt[4]{\frac{E \cdot h^3}{K}} \quad (\text{A.3.1})$$

式中： L ——地面板相对刚度半径 (mm)；
 E ——钢纤维混凝土弹性模量 (N/mm^2)；
 h ——地面板厚度 (mm)；
 K ——回弹地基的反力系数 (N/mm^3)。

A.3.2 当基层是弹性地基时，地面板的相对刚度半径 L 按下式计算：

$$L = 0.5h \sqrt[3]{\frac{E}{E_0}} \quad (\text{A.3.2})$$

式中： E_0 ——弹性地基的变形模量 (N/mm^2)。当缺乏试验资料时，可按现行国家标准《建筑地面设计规范》GB 50037 选取。

A.4 板厚计算

A.4.1 板厚计算应符合下列规定：

1 应根据荷载条件、地基情况和拟采用地面结构的特性，结合工程经验选取板厚初始值 h_0 ，确定各有关设计参数和板的相对刚度半径；

2 应根据各种荷载作用下板的内力确定最不利荷载组合下板的内力设计值，并应根据本标准第 10.2.7 条规定计算钢纤维混凝土面板厚度。

A.4.2 板厚应符合本标准第 10.2.3 条最小限值的规定。

住房城乡 建设部信息中心
浏览专用

附录 B 钢纤维混凝土残余弯拉强度测试方法

B.1 试验设备

B.1.1 液压伺服试验机的量程不应小于 200kN，相对误差不应大于 1.0%，试验机必须具有足够的刚度，并应能实现位移控制加载。

B.1.2 荷载传感器量程应根据试验要求确定，精度不应低于 1%。

B.1.3 位移传感器和夹式应变仪的量程不应小于 5mm，精度不应低于 0.01mm。

B.1.4 动态数据采集系统应能实时采集荷载、应变与位移的数值，采样频率不宜低于 5Hz。

B.1.5 挠度测量架应包括水平安装的铝板、固定钮、位移传感器触头顶板等。

B.1.6 试件加载位置（图 B.1.6）中，辊轴直径为 $30\text{mm} \pm 1\text{mm}$ ，长度为 160mm；三个辊轴可自由滚动，两个支承辊轴中心线之间的间距 l 为 $500\text{mm} \pm 2.0\text{mm}$ 。

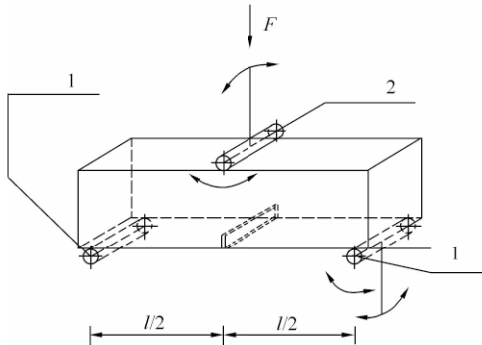


图 B.1.6 试件加载位置
1—支承辊轴；2—加载辊轴

B.2 试件制作和养护

B.2.1 试件制作养护应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 规定。

B.2.2 试件尺寸宜采用 150mm×150mm×550mm。

B.2.3 试件的填料步骤（图 B.2.3），先填充区域 1，再填充区域 2，区域 1 的面积应达到区域 2 的 2 倍。当模具中的混凝土达到试件高度 90%时应进行振捣，振捣过程中应加满并整平混凝土。振捣应采用外部振动法。

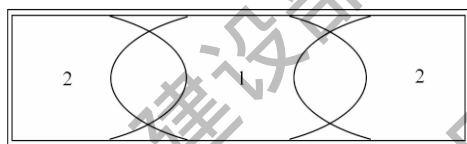


图 B.2.3 试件制作填料分区

B.2.4 应将试件成型时的侧面作为支承面，支承面跨中预开口，开口宽度不大于 5mm，深度宜为 25mm±1mm。开口应位于梁的跨中且垂直于梁轴线，宜采用自动切割机，在开口处喷水的湿切作业切割。

B.3 试验步骤

B.3.1 应进行试件尺寸测量，并应作出安装位置和测试仪表位置的标记。

B.3.2 应将试件无偏心地放置于支座上，并应以试件预开口面作为支承面。预开口处水平张开位移和挠度测量的位移传感器应安装在跨中（图 B.3.2-1 和图 B.3.2-2）。

B.3.3 挠度测量装置应采用型钢或铝材制作的刚架，固定刚架与试件侧面的螺栓，要求刚架的一端可滑动，另一端可转动（图 B.3.2-2）。当采用挠度测试时，可按公式（B.3.3）将跨中挠度值换算为跨中切口水平位移值：

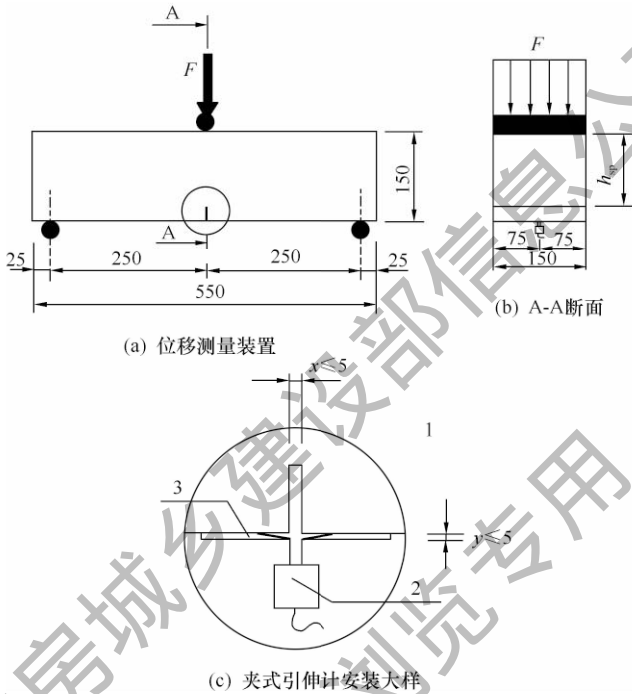


图 B.3.2-1 预开口处的水平张开位移测量装置
1—预开口详图；2—夹式应变仪；3—刀口

$$\delta = 0.85CMOD + 0.04 \quad (\text{B.3.3})$$

式中： δ ——试件跨中挠度值（mm）；

$CMOD$ ——跨中切口水平位移值（mm）。

B.3.4 加载前应预加载，确保试件、加载装置以及铰支座充分接触，仪器设备工作正常。

B.3.5 启动试验机，采用跨中切口水平张开位移控制加载，水平张开位移应控制为 0.05 mm/min。当跨中切口水平张开位移达到 0.1mm 时，应调整加载速度为 0.2mm/min。

B.3.6 当跨中切口水平张开位移达到 4mm 时终止试验。

B.3.7 当测得在比例极限荷载对应的切口水平张开位移与

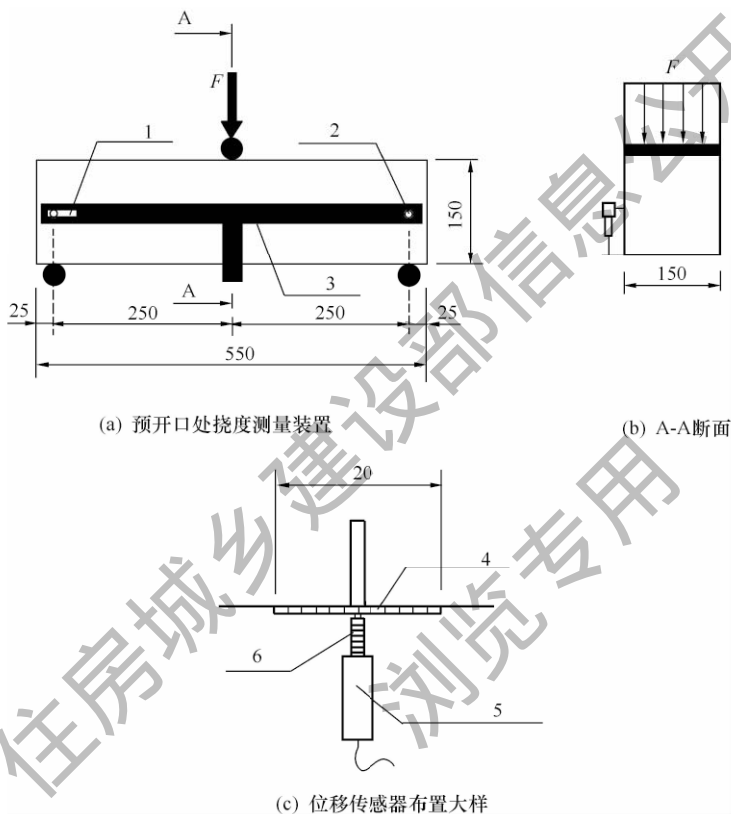


图 B. 3. 2-2 预开口处挠度测量装置

- 1—滑动固定端；2—转动固定端；3—刚架；
4—1mm厚铝板；5—位移传感器；6—弹簧杆

0.5mm 切口水平张开位移范围内的最小荷载值小于对应于跨中切口水平位移值为 0.5mm 时荷载值的 30% 时，应重新检查试验装置并舍弃该试验结果。

B. 3. 8 若裂缝未出现在试件的预开口处，应舍弃该试验结果。

B.4 试验结果计算

B.4.1 比例极限弯拉强度的确定应符合下列规定：

1 比例极限弯拉强度 $f_{ct,L}^f$ 应按下列式计算：

$$f_{ct,L}^f = \frac{3F_L l}{2bh_{sp}^2} \quad (\text{B.4.1})$$

式中： $f_{ct,L}^f$ ——钢纤维混凝土比例极限弯拉强度 (N/mm^2)；

F_L ——对应于比例极限弯拉强度 $f_{ct,L}^f$ 的荷载 (N)；

l ——试件跨度 (mm)；

b ——试件宽度 (mm)；

h_{sp} ——试件从切口顶端到试件顶部的距离 (mm)。

2 对应于 $f_{ct,L}^f$ 的荷载 F_L 应取为对应于荷载-切口水平张开位移曲线上、切口水平张开位移 $CMOD$ 在 $0\text{mm} \sim 0.05\text{mm}$ 范围内的最大荷载值 (图 B.4.1)。

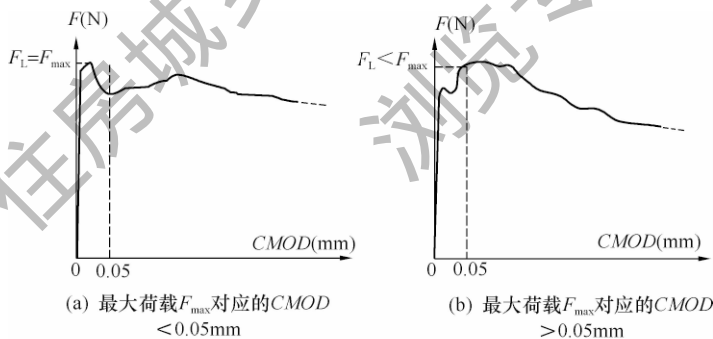


图 B.4.1 荷载 F 与切口张开水平位移 $CMOD$ 关系曲线

B.4.2 残余弯拉强度 $f_{R,j}$ 的确定应符合下列规定：

1 残余弯拉强度 $f_{R,j}$ 应按下列式计算：

$$f_{R,j} = \frac{3F_j l}{2bh_{sp}^2} \quad (\text{B.4.2})$$

式中： $f_{R,j}$ ——对应切口水平张开位移为 $CMOD_j$ 时的残余弯拉

强度(N/mm²)；

F_j ——对应切口水平张开位移为 $CMOD_j$ 时的荷载值 (N)；

l ——试件跨度 (mm)；

b ——试件宽度 (mm)；

h_{sp} ——试件从切口顶端到试件顶部的距离 (mm)。

2 对应于不同切口水平张开位移为 $CMOD_j$ 时的荷载值 F_j 应取为荷载-切口水平张开位移曲线上、不同切口水平张开位移所对应的荷载值 (图 B. 4. 2)。

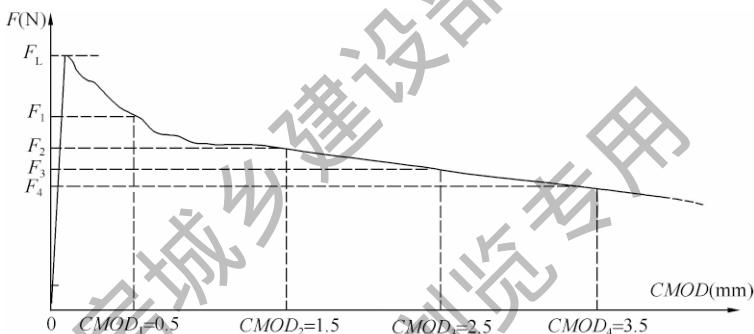


图 B. 4. 2 荷载 F_j 与切口水平张开位移 $CMOD_j$ ($j=1, 2, 3, 4$)

B. 5 试验报告与评估

B. 5. 1 试验报告主要应包括试件混凝土配合比、试件制作与养护情况、试件尺寸、试验方法、荷载-切口水平张开位移曲线、比例极限弯拉强度和残余弯拉强度试验结果等。

B. 5. 2 进行钢纤维混凝土弯拉强度评定时，宜根据 12 根钢纤维混凝土标准梁试件的弯拉强度测定结果进行比例极限弯拉强度标准值 $f_{ctk,L}^f$ 和各残余弯拉强度标准值 $f_{R,jk}$ 的评定。评定时应排除异常结果，应取置信区间为 $\pm 10\%$ 偏差时，置信水平不小于 90% 的平均值为弯拉强度标准值。

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示严格，非这样做不可的：

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：

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，在条件允许时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 2 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 3 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 4 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 5 《建筑地面设计规范》 GB 50037
- 6 《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 7 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》 GB 50086
- 8 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 9 《工程岩体分级标准》 GB/T 50218
- 10 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223
- 11 《混凝土结构加固设计规范》 GB 50367
- 12 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
- 13 《城市桥梁设计规范》 CJJ 11
- 14 《城市道路工程设计规范》 CJJ 37
- 15 《城镇道路路面设计规范》 CJJ 169
- 16 《钢纤维混凝土》 JG/T 472
- 17 《公路水泥混凝土路面设计规范》 JTG D40
- 18 《铁路隧道设计规范》 TB 10003