

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50422 - 2007

预应力混凝土路面工程技术规范

Technical code for engineerings of
prestressed concrete pavement

2007 - 03 - 26 发布

2007 - 12 - 01 实施

中华人民共和国建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

预应力混凝土路面工程技术规范

Technical code for engineerings of
prestressed concrete pavement

GB 50422 - 2007

主编部门：中华人民共和国建设部

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2007年12月1日

中国计划出版社

2007 北 京

中华人民共和国建设部公告

第 589 号

建设部关于发布国家标准 《预应力混凝土路面工程技术规范》的公告

现批准《预应力混凝土路面工程技术规范》为国家标准,编号为 GB 50422—2007,自 2007 年 12 月 1 日起实施。其中,第 3.1.5、4.1.3、4.2.4、5.1.1、5.2.2 (3) 条(款)为强制性条文,必须严格执行。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部
二〇〇七年三月二十六日

前 言

本规范是根据建设部“关于印发《2005 年工程建设标准规范制定、修订计划(第一批)》的通知”(建标函[2005]84 号)的要求,由东南大学会同有关单位共同编制而成。

随着我国经济建设的快速发展,对高速、重载交通下的路面的性能和建设要求也越来越高。近 10 年来,预应力技术不断发展并得到了广泛的应用,同时水泥混凝土路面的研究也取得进一步的发展,形成了比较完善的设计、施工技术规范,应用预应力混凝土技术建设性能优异的混凝土路面也成为国内路面发展的趋势。

本规范在编制过程中,依据已有的科研成果,参考了国内外的有关标准规范,结合试验路路面工程的设计和施工方面的实践经验,进行了一系列的试验分析和理论计算,同时考虑了我国现有的技术水平和经济条件,在力争做到技术先进、经济合理、安全适用、与其他标准协调的基础上,经过反复讨论、修改,最后经审查定稿。

本规范的主要内容包括:总则,术语、符号,基本规定,路面结构设计,材料,施工方法及技术要求,质量检查与验收。

本规范以黑体字标识的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由建设部负责管理和对强制性条文的解释,由东南大学负责具体技术内容的解释。在执行本规范过程中,如发现需要修改和补充之处,请将意见和有关资料寄送东南大学交通学院(地址:江苏省南京市四牌楼 2 号,邮编:210096,电话:025-83793131,传真:025-83794199,E-mail:qianzd@seu.edu.cn),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位:东南大学

参 编 单 位：江苏省交通厅

江苏省交通规划设计院

南京东大现代预应力工程有限责任公司

江苏新筑预应力工程有限公司

西安公路研究所

主要起草人：黄 卫 吕志涛 郭宏定 钱振东 钱国超

张健康 冯 健 栾文彬 张 晋 牛赫东

伍石生

目 次

1	总 则	· (1)
2	术语、符号	· (2)
2.1	术语	· (2)
2.2	符号	· (2)
3	基本规定	· (5)
3.1	设计参数	· (5)
3.2	结构构造和组合	· (8)
4	路面结构设计	· (9)
4.1	几何尺寸	· (9)
4.2	配筋	· (9)
4.3	滑动层	· (11)
4.4	伸缩缝	· (11)
4.5	枕梁	· (13)
4.6	锚固区	· (13)
4.7	后浇带	· (14)
5	材 料	· (15)
5.1	混凝土材料	· (15)
5.2	普通钢筋(材)和预应力钢筋	· (15)
5.3	锚具系统	· (16)
5.4	接缝材料	· (16)
5.5	外加剂	· (17)
6	施工方法及技术要求	· (18)
6.1	施工机具	· (18)
6.2	施工准备	· (19)
		· 1 ·

6.3	施工工序	· (19)
6.4	枕梁和伸缩缝施工	· (20)
6.5	滑动层铺设	· (21)
6.6	预应力钢筋与普通钢筋铺设	· (22)
6.7	预应力混凝土路面浇筑	· (23)
6.8	预应力钢筋张拉	· (23)
6.9	养护	· (24)
6.10	后浇带混凝土施工	· (24)
6.11	伸缩缝整修及填缝	· (24)
6.12	特殊气候条件下的施工	· (25)
7	质量检查与验收	· (26)
7.1	一般规定	· (26)
7.2	滑动层	· (26)
7.3	混凝土工程	· (26)
7.4	预应力工程	· (27)
附录 A	交通分析	· (28)
附录 B	预应力混凝土路面面板的力学模型	· (31)
附录 C	预应力混凝土路面面板应力分析及计算流程	· (35)
	本规范用词说明	· (40)
	附:条文说明	· (41)

1 总 则

1.0.1 为适应交通运输发展的需要,确保预应力混凝土路面工程质量,做到技术先进、经济合理、安全适用,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建无粘结预应力混凝土路面的设计、施工及验收。

1.0.3 预应力混凝土路面工程的建设,应积极采用新技术、新材料、新工艺、新设备,并应满足工程的使用条件、环境条件和经济条件的要求。

1.0.4 预应力混凝土路面工程的设计、施工及验收,除应执行本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 水泥混凝土路面 cement concrete pavement

以水泥混凝土做面层(配筋或不配筋)的路面,亦称刚性路面。

2.1.2 预应力混凝土路面 prestressed concrete pavement

预先在路面工作截面上施加压应力,以提高受力性能的水泥混凝土路面。

2.1.3 临界荷位 critical load position

预应力混凝土路面在荷载和温度综合作用下产生的最大疲劳损坏位置。

2.1.4 滑动层 sliding layer

为防止预应力混凝土路面板底摩阻力过大造成过多的预应力损失而在基层顶面设置的路面结构层。

2.1.5 无粘结预应力钢筋 unbonded prestressing tendon

采用专用防腐润滑油脂和塑料涂包的单根预应力钢绞线,其与被施加预应力的混凝土之间可保持相对滑动。

2.1.6 板底摩阻应力 slab bottom friction stress

由预应力混凝土路面面板与基层之间的相对滑动而引起的路面面板中的应力。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

E_t ——基层顶面当量回弹模量;

E_c ——混凝土弯拉弹性模量;

E_s ——钢筋的弹性模量;

E_0 ——路床顶面的当量回弹模量；
 E_1 ——基层回弹模量；
 E_2 ——底基层或垫层回弹模量；
 E_x ——基层和底基层或垫层的当量回弹模量；
 f_r ——混凝土弯拉强度标准值；
 f_{yk} ——普通钢筋的强度标准值；
 D_x ——基层和底基层或垫层的当量弯曲刚度；
 ρ ——混凝土密度。

2.2.2 作用、作用效应及承载力

$\sigma_{l,r}$ ——荷载疲劳应力；
 σ_l ——荷载应力；
 $\sigma_{\Delta T,r}$ ——温度疲劳应力；
 $\sigma_{\Delta T}$ ——路面面板温度应力；
 σ_p ——有效预应力引起的混凝土中的平均压应力；
 σ_F ——路基摩阻应力；
 σ_{pe} ——预应力钢筋的有效预应力；
 σ_{con} ——预应力钢筋张拉控制应力；
 σ_m ——第 n 项预应力损失值；
 N_s ——标准轴载的作用次数；
 N_i ——各类轴型 i 级轴载的作用次数；
 N_c ——设计使用年限内车道的标准轴载累计作用次数；
 P_i ——各类轴型的总重。

2.2.3 几何参数

d_n ——钢绞线公称直径；
 δ ——路面面板端部的位移值；
 L_s ——滑动区计算长度；
 r ——预应力混凝土板的相对刚度半径；
 h ——混凝土板的厚度；
 h_x ——基层和底基层或垫层的当量厚度；

h_1 ——基层的厚度；
 h_2 ——底基层或垫层的厚度；
 χ ——计算荷位距板端的距离。

2.2.4 计算系数及其他

a_i ——轴-轮型系数；
 g_r ——交通量年平均增长率；
 t ——设计使用年限；
 η ——车轮轮迹横向分布系数；
 μ_r ——路基摩擦系数；
 T_n ——路面面板温差最大值；
 c_v ——变异系数；
 γ ——可靠度系数；
 T_R ——混凝土面板的最大温度梯度计算值；
 k ——考虑孔道每米长度局部偏差的摩擦系数；
 μ ——预应力钢筋与孔道壁之间的摩擦系数；
 β ——配筋率；
 k_f ——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；
 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；
 ν ——与混合料性质有关的指数；
 w_0 ——原路面计算回弹弯沉值；
 k_t ——考虑温度应力累计疲劳作用的疲劳应力系数；
 α_c ——混凝土温度膨胀系数；
 ΔT ——混凝土路面面板上、下层温度差；
 ν_c ——混凝土的泊松比。

3 基本规定

3.1 设计参数

3.1.1 预应力混凝土路面设计应以 100kN 的单轴-双轮组荷载作为标准轴载。不同轴-轮型和轴载的作用次数与标准轴载的作用次数应按下列公式进行换算：

$$N_s = \sum_{i=1}^n \alpha_i N_i (P_i/100)^{16} \quad (3.1.1-1)$$

$$\alpha_i = 2.22 \times 10^3 P_i^{-0.43} \quad (3.1.1-2)$$

$$\alpha_i = 1.07 \times 10^{-5} P_i^{-0.22} \quad (3.1.1-3)$$

$$\alpha_i = 2.24 \times 10^{-8} P_i^{-0.22} \quad (3.1.1-4)$$

式中 N_s ——标准轴载的作用次数(次/d)；

N_i ——各类轴型 i 级轴载的作用次数；

P_i ——各类轴型的总重(kN)；

α_i ——轴-轮型系数。单轴-双轮组时, $\alpha_i = 1$ ；单轴-单轮时, 按式(3.1.1-2)计算；双轴-双轮组时, 按式(3.1.1-3)计算；三轴-双轮组时, 按式(3.1.1-4)计算。

3.1.2 预应力混凝土路面的交通等级, 按其在设计使用年限内设计车道所承受的标准轴载累计作用次数分为四级, 并应符合表 3.1.2 的规定。设计车道的交通量分析应按本规范附录 A 采用。

表 3.1.2 预应力混凝土路面的交通等级

交通等级	特重	重	中等	轻
设计车道标准轴载累计作用次数 $N_s (\times 10^4)$	>2000	100~2000	3~100	<3

3.1.3 预应力混凝土路面的设计使用年限和累计作用次数, 应符合下列规定：

1 路面设计使用年限, 可按表 3.1.3-1 采用。

表 3.1.3-1 设计使用年限

交通等级	设计使用年限(a)
特重	30
重	30
中等	20
轻	20

2 设计使用年限内车道的标准轴载累计作用次数,可按式计算确定:

$$N_e = \frac{N_s [(1 + g_r)^t - 1] \times 365}{g_r} \eta \quad (3.1.3)$$

式中 N_e ——设计使用年限内车道的标准轴载累计作用次数(次);

g_r ——交通量年平均增长率(%),由调查确定;

t ——设计使用年限(a);

η ——车轮轮迹横向分布系数,可按表 3.1.3-2 采用。

表 3.1.3-2 车轮轮迹横向分布系数

公 路 等 级		纵缝边缘处
高速公路、一级公路		0.17~0.22
二级、三级、四级公路	行车道宽>7m	0.34~0.39
	行车道宽≤7m	0.54~0.62

3.1.4 预应力混凝土路面工程的可靠度设计标准、变异系数及可靠度系数应符合下列要求:

1 预应力混凝土路面的设计安全等级、目标可靠度和可靠度指标,应符合表 3.1.4-1 的规定。路面的材料性能和结构尺寸参数的变异水平等级,宜按表 3.1.4-1 选用。

表 3.1.4-1 可靠度设计标准

公路技术等级	高速公路	一级公路	二级公路	三、四级公路
安全等级	一级	二级	三级	四级
目标可靠度(%)	95	90	85	80
目标可靠指标	1.64	1.28	1.04	0.84
变异水平等级	低	低、中	中	中、高

2 材料性能和结构尺寸参数的变异系数变化范围应符合表 3.1.4-2 的规定。

表 3.1.4-2 变异系数 c_v 的变化范围

变异水平等级	低	中	高
水泥混凝土弯拉强度,弯拉弹性模量	$c_v \leq 0.10$	$0.10 < c_v \leq 0.15$	$0.15 < c_v \leq 0.20$
基层顶面当量回弹模量	$c_v \leq 0.25$	$0.25 < c_v \leq 0.35$	$0.35 < c_v \leq 0.55$
水泥混凝土面层厚度	$c_v \leq 0.04$	$0.04 < c_v \leq 0.06$	$0.06 < c_v \leq 0.08$

3 可靠度系数应依据所选目标可靠度及变异水平等级按表 3.1.4-3 选用。

表 3.1.4-3 可靠度系数 γ

变异水平等级	目标可靠度(%)			
	95	90	85	80
低	1.20~1.33	1.09~1.16	1.04~1.08	—
中	1.33~1.50	1.16~1.23	1.08~1.13	1.04~1.07
高	—	1.23~1.33	1.13~1.18	1.07~1.11

注:变异系数在表 3.1.4-2 所示的变化范围的下限时,可靠度系数取低值;上限时,取高值。

3.1.5 预应力混凝土路面混凝土强度应按 28d 龄期的混凝土弯拉强度控制,且不得低于表 3.1.5 的规定。

表 3.1.5 混凝土弯拉强度标准值

交通等级	特重	重	中等	轻
弯拉强度标准值 f_c (MPa)	5.0	5.0	4.5	4.0

3.1.6 预应力混凝土路面面板的最大温度梯度计算值,可根据公路所在地的公路自然区划,按表 3.1.6 确定。

表 3.1.6 预应力混凝土路面面板的最大温度梯度计算值

公路自然区划	不同板厚的最大温度梯度 T_g (°C/mm)					
	140mm	160mm	180mm	200mm	220mm	240mm
Ⅱ、Ⅴ	0.102~0.108	0.097~0.103	0.092~0.098	0.087~0.092	0.083~0.088	0.078~0.083
Ⅲ	0.111~0.117	0.105~0.111	0.100~0.105	0.095~0.100	0.090~0.095	0.085~0.089
Ⅳ、Ⅵ	0.106~0.113	0.101~0.108	0.095~0.102	0.090~0.097	0.086~0.092	0.081~0.086
Ⅶ	0.114~0.121	0.109~0.115	0.103~0.109	0.098~0.103	0.093~0.098	0.087~0.092

3.2 结构构造和组合

3.2.1 预应力混凝土路面的路基、垫层、基层、路面横向坡度、路肩、排水及材料选型与要求应符合国家现行标准《公路路基施工技术规范》JTG F10 和《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 的有关规定。

3.2.2 预应力混凝土路面面板与基层之间应设置滑动层。

4 路面结构设计

4.1 几何尺寸

4.1.1 预应力混凝土路面面板长度宜为 90~210m, 面板宽度不宜超过两个标准车道宽度。

4.1.2 预应力混凝土路面面板厚度宜为 140~240mm。

4.1.3 预应力混凝土路面面板最小厚度应能满足板内预应力钢筋及锚具系统最小混凝土保护层厚度的要求。

4.1.4 预应力混凝土路面面板厚度和预应力钢筋配置应符合下式的要求:

$$\gamma(\sigma_{1r} + \sigma_{\Delta Tr}) + \sigma_F - \sigma_p \leq f_r \quad (4.1.4)$$

式中 γ ——可靠度系数, 可按本规范第 3.1.4 条取值;

σ_{1r} ——荷载疲劳应力(MPa);

$\sigma_{\Delta Tr}$ ——温度疲劳应力(MPa);

f_r ——混凝土弯拉强度标准值(MPa);

σ_p ——有效预应力引起的混凝土中的平均压应力(MPa);

σ_F ——路基摩阻应力(MPa)。

4.2 配 筋

4.2.1 预应力钢筋的有效预应力应按下式计算确定:

$$\sigma_{pe} = \sigma_{con} - \sum_{n=1}^5 \sigma_{ln} \quad (4.2.1)$$

式中 σ_{pe} ——预应力钢筋的有效预应力(MPa);

σ_{con} ——预应力钢筋张拉控制应力(MPa);

σ_{ln} ——第 n 项预应力损失值(MPa)。

预应力损失值应取下列五项:

张拉端锚具变形和预应力钢筋内缩 σ_{11} ;

预应力钢筋的摩擦 σ_{12} ;

预应力钢筋的应力松弛 σ_{13} ;

混凝土的收缩和徐变 σ_{14} ;

采用分批张拉时,张拉后批预应力钢筋所产生的混凝土弹性压缩损失 σ_{15} 。

4.2.2 预应力钢筋的预应力损失值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。预应力钢筋的摩擦系数可按表 4.2.2 采用。

表 4.2.2 预应力钢筋的摩擦系数

钢绞线公称直径 d_n (mm)	k	μ
9.5、12.7、15.2、15.7	0.004	0.09

注:表中系数也可根据实测数据确定。其中, k 为考虑孔道每米长度局部偏差的摩擦系数; μ 为预应力钢筋与孔道壁之间的摩擦系数。

4.2.3 在一般气候环境下的预应力混凝土路面,预应力总损失也可按预应力钢筋张拉控制应力的 20% 确定,且预应力总损失值不应小于 80MPa。

4.2.4 平均预压应力指扣除全部预应力损失后,在混凝土总截面面积上建立的平均预压应力。预应力混凝土路面的平均预压应力在扣除路基摩阻力后不应小于 0.7MPa,平均预压应力不应大于 4.0MPa。

4.2.5 预应力钢筋应配置在路面面板板厚 1/2 下 10~30mm 范围内;预应力钢筋的配筋率及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。

4.2.6 横向钢筋的配筋率可按式(4.2.6)计算,且最小配筋率不应小于预应力钢筋配筋率的 1/8;横向钢筋的间距及构造应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 的有关规定。

$$\beta = \frac{E_c f_r}{2E_c f_{yk} - E_s f_r} (1.3 - 0.2\mu_r) \times 100 \quad (4.2.6)$$

式中 β ——配筋率；

f_{yk} ——普通钢筋的强度标准值(MPa)；

E_s ——钢筋弹性模量(MPa)；

μ_r ——路基摩擦系数,宜现场实测。

4.3 滑动层

4.3.1 预应力混凝土路面的滑动层应符合下列规定：

1 滑动层应铺设在基层的顶面,基层应平整无坑凹。

2 滑动层材料可选用防水材料、细粒状材料及沥青材料。防水材料可选用土工织物、油毛毡、聚乙烯薄膜,细粒状材料可选用粒径相近的细砂或石屑。当采用细粒状材料滑动层时,细粒状材料的厚度不宜大于 20mm,其上应铺设防水材料。

4.4 伸缩缝

4.4.1 预应力混凝土路面面板伸缩缝的宽度应大于路面面板端部的位移值。路面面板端部的位移值应按下列公式计算确定：

$$\delta = \alpha_c T_n L_s - \frac{\rho \mu_r L_s}{2E_c} \quad (4.4.1-1)$$

$$L_s = \frac{\alpha_c E_c T_n}{\rho \mu_r} \quad (4.4.1-2)$$

式中 δ ——路面面板端部的位移值(mm)；

ρ ——混凝土密度(g/mm³)；

α_c ——混凝土温度膨胀系数；

T_n ——路面面板温差最大值(℃),取路面面板年最高温度与路面合拢时温度的差值；

L_s ——滑动区计算长度(m),滑动区计算长度不应大于路面面板长度的 1/2。

4.4.2 预应力混凝土路面伸缩缝应符合下列规定：

1 伸缩缝的间距宜为 90~210m。伸缩缝宜采用钢梁型(见

图 4.4.2-1)或毛勒型(见图 4.4.2-2),当采用其他类型伸缩缝时,其材质应符合国家现行有关标准的规定。伸缩缝应涂专用防腐油脂或环氧树脂。

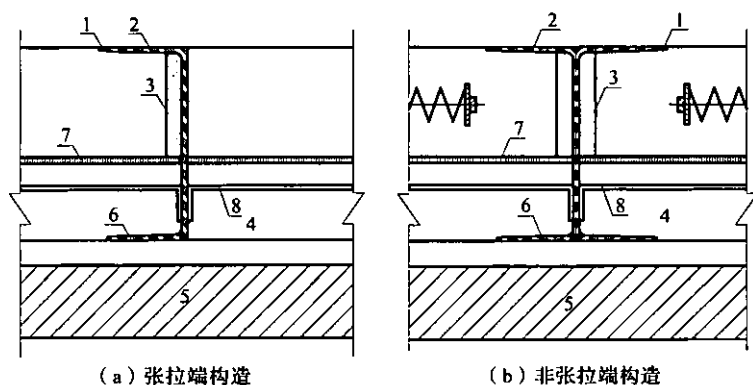


图 4.4.2-1 钢梁型伸缩缝纵截面结构

1—嵌缝胶;2—滑动涂层;3—填缝材料;4—枕梁;
5—基层;6—型钢;7—滑动层;8—连接钢筋

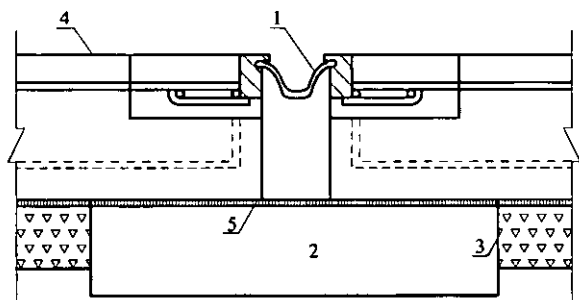


图 4.4.2-2 毛勒型伸缩缝纵截面结构

1—密封橡胶带;2—枕梁;3—基层;4—后浇带;5—滑动层

2 伸缩缝预留的膨胀宽度不宜小于 20mm,收缩宽度宜控制在 50~80mm;预应力混凝土路面封锚浇筑后,在伸缩缝预留槽口内应填充聚氨酯等嵌缝材料。在环境温差小,且经试验验证不需

设伸缩缝时,也可不设伸缩缝。

3 钢梁型伸缩缝的悬臂内侧宜有滑动涂层。

4.5 枕 梁

4.5.1 预应力混凝土路面枕梁(见图 4.5.1)应符合下列规定:

1 枕梁应采用现浇钢筋混凝土。枕梁内配筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 构造配筋的有关规定。

2 枕梁宽度应与路面面板宽度相同,长度宜为 2~4m,厚度宜为 200~250mm,且枕梁顶面应与基层顶面平齐;枕梁施工完毕后,枕梁顶面宜涂刷沥青。

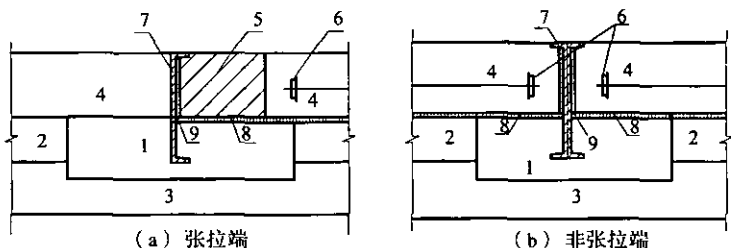


图 4.5.1 枕梁纵截面结构

1—枕梁;2—基层;3—底基层;4—路面面板;

5—后浇带;6—锚具;7—伸缩缝;8—滑动层;9—填缝材料

4.6 锚 固 区

4.6.1 预应力混凝土路面面板端部的局部受压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。

4.6.2 预应力混凝土路面面板板端构造应符合下列规定:

1 路面面板板端应适当增大面板厚度,加厚区的长度应根据预应力大小、混凝土强度、张拉方式、面板厚度等因素综合确定,且不应小于路面面板的宽度。

2 板端加厚区变截面处宜采用线性渐变过渡。板端加厚厚

度不应小于板厚的 1.2 倍,且不应小于 200mm;当板厚大于 200mm 时,板端可不加厚。变截面区的长度不宜小于加厚区长度的 1/5(见图 4.6.2)。

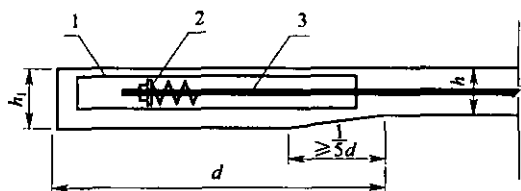


图 4.6.2 路面面板板端加强结构示意图

1—双层钢筋网;2—锚具;3—预应力钢筋;

h —板厚; h_1 —板加厚厚度; d —板加厚区长度

3 在板端内部应配置双层加强钢筋网,纵向加强钢筋的配筋率不宜小于 2%。当板端不加厚时,纵向加强钢筋的配筋率应适当提高。张拉端的加强钢筋网应延伸至后浇带。双层钢筋网的设置及混凝土保护层厚度应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.6.3 预应力钢筋的锚具系统及防腐体系应符合国家现行标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

4.7 后 浇 带

4.7.1 预应力混凝土路面后浇带构造应符合下列规定:

1 后浇带预留尺寸应满足张拉设备施工的要求。

2 后浇带宽度应与路面面板宽度相同;后浇带的混凝土强度不应低于路面面板的混凝土强度。

3 后浇带用混凝土宜掺入膨胀剂。

4 后浇带混凝土底部滑动层的滑动能力不应低于预应力混凝土路面的滑动能力。

5 后浇带的加强钢筋不应削弱。

5 材 料

5.1 混凝土材料

5.1.1 水泥应采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥。水泥的质量应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB 175 和《道路硅酸盐水泥》GB 13693 的有关规定。

5.1.2 预应力混凝土路面使用的粗集料、细集料应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTG F30 的有关规定。

5.1.3 清洗集料、拌和混凝土及养护所用的水应符合国家现行标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

5.1.4 混凝土的配合比设计应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTG F30 的有关规定；混凝土性能要求应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

5.2 普通钢筋(材)和预应力钢筋

5.2.1 预应力混凝土路面用普通钢筋宜采用 HRB335 级、HRB400 级热轧带肋钢筋,也可采用 HPB235 级和 RRB 级钢筋。普通钢筋(材)可根据使用部位和功能,按表 5.2.1 确定,也可根据施工实际情况确定。

表 5.2.1 钢筋(材)等级及规格

部位和功能	钢筋(材)等级	钢筋直径(mm)	外 形
板内横向钢筋	HRB335	12	螺纹
板端钢筋	HRB335	12 或 16	螺纹
架立钢筋	HPB235	8 或 10	光面

续表 5.2.1

部位和功能	钢筋(材)等级	钢筋直径(mm)	外 形
伸缩缝基础或枕梁	HRB335	12 或 16	螺纹
板后浇带	HRB335	12	螺纹
伸缩缝钢梁	A3	钢板厚 8~10, 型钢<16	[、]型钢或钢板

5.2.2 预应力混凝土路面用预应力钢筋应符合下列要求:

1 钢绞线性能应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定。

2 预应力钢筋用的钢绞线不应有死弯,当有死弯时必须切断;预应力钢筋的每根钢丝应是通长的,严禁有接头。

3 预应力钢筋外包材料,应采用高密度聚乙烯,严禁使用聚氯乙烯;涂料层应采用专用防腐油脂。预应力钢筋性能还应符合国家现行标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

5.3 锚具系统

5.3.1 预应力混凝土路面用锚具应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的有关规定。

5.3.2 夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和重复使用性能。锚具性能应符合国家现行标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

5.4 接缝材料

5.4.1 预应力混凝土路面接缝材料宜采用塑胶、橡胶泡沫板或沥青纤维板。

5.4.2 预应力混凝土路面应优选耐老化性能好的树脂类、橡胶类或改性沥青类填缝材料。填缝材料包括常温施工式和加热施工式,其技术指标应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTGF30 的规定。

5.4.3 填缝时应使用背衬垫条。背衬垫条材料可采用聚氨酯、橡胶、微孔泡沫塑料等,其形状应为圆柱形,直径应比接缝宽度大2~5mm。

5.5 外 加 剂

5.5.1 外加剂品种和掺量应根据设计要求,结合施工条件通过试验及技术经济比较确定。

5.5.2 外加剂的品种、掺量及使用性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。

5.5.3 膨胀剂掺量和使用性能应符合国家现行标准《混凝土膨胀剂》JC 476 的有关规定。

6 施工方法及技术要求

6.1 施工机具

6.1.1 预应力混凝土路面施工机具应满足施工进度和质量的要求。

6.1.2 混凝土拌和物可采用工厂生产或现场拌制。现场拌制时，混凝土拌和机具应符合下列要求：

1 混凝土拌和机具总功率不应低于 $20\text{m}^3/\text{h}$ 。

2 混凝土拌和机具应采用强制式水泥混凝土搅拌机或搅拌站。

6.1.3 混凝土拌和物运输机具及运输要求应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTGF30的有关规定。

6.1.4 混凝土的摊铺成型可采用滑模式摊铺机、轨道式摊铺机或传统的小型机具配合人工进行，所需的摊铺成型机具宜按表6.1.4选用。

表 6.1.4 混凝土摊铺成型机具

滑模式摊铺机	轨道式摊铺机	人工方式
供料机	供料机	供料机
摊铺机	匀料机	匀料机
纹理制作机	摊铺机	插入式振捣器
养护剂喷洒机	缝槽成型机	振动梁
切缝机	缝槽修整机	滚筒
—	表面修整机	磨光机
—	纹理制作机	压纹棍
—	养护剂喷洒机	养护剂喷洒机
—	防护帐篷	—

6.2 施工准备

6.2.1 预应力混凝土路面面板施工前应由设计单位向施工单位进行技术交底。设计文件、图纸、资料应齐全。

6.2.2 预应力混凝土路面面板施工前,其路基、垫层、基层及下封层的工程质量应符合国家现行标准《公路路基施工技术规范》JTG F10和《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034 的有关规定。

6.2.3 材料进场时应按相关规范的规定进行进场验收;预应力混凝土路面面板施工前,应检查所需材料的储量、性能,确保所有材料的数量和质量。

6.3 施工工序

6.3.1 预应力混凝土路面施工应有施工组织设计和施工技术方案,并经审查批准。

6.3.2 预应力混凝土路面面板的施工,可采用顺序施工法或交替施工法(见图 6.3.2)。

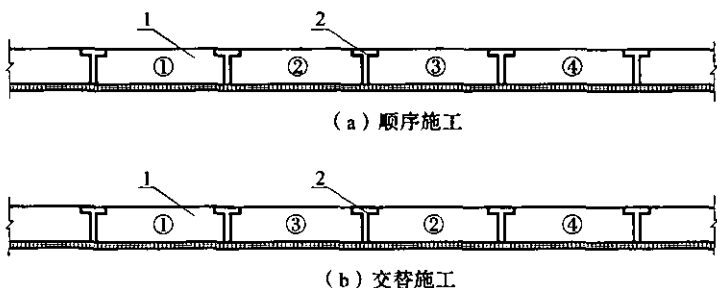


图 6.3.2 预应力混凝土面板施工顺序

1—混凝土面板;2—伸缩缝

6.3.3 预应力混凝土路面面板的施工可按图 6.3.3 所示的工序进行。

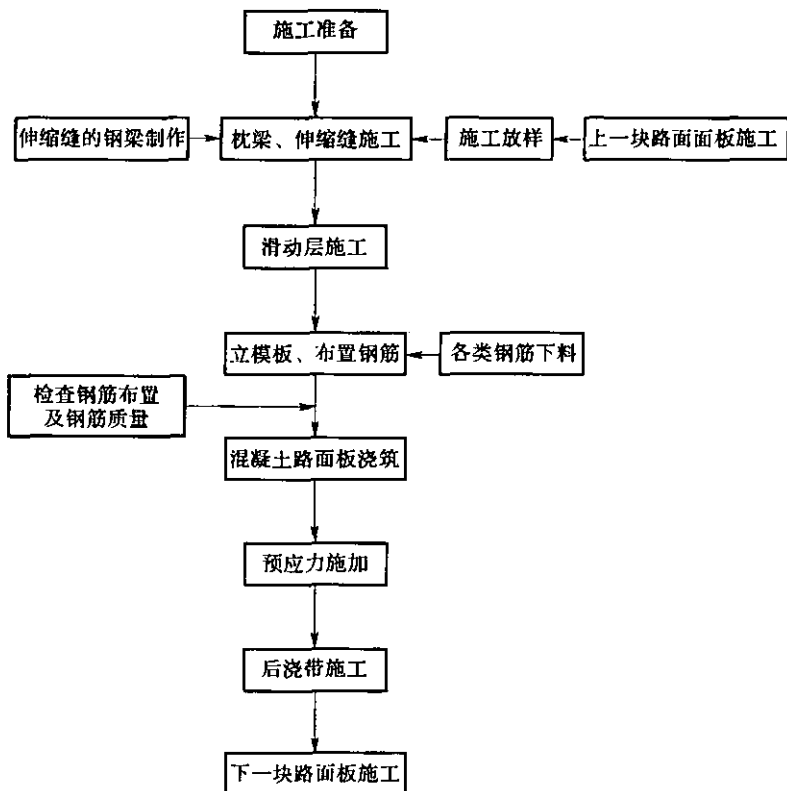


图 6.3.3 预应力混凝土路面面板施工工序

6.4 枕梁和伸缩缝施工

6.4.1 枕梁和伸缩缝施工前应检查基层和下封层,确保其质量符合设计要求。

6.4.2 枕梁基坑应根据设计要求进行放样开挖。

6.4.3 枕梁浇筑前,枕梁内钢筋和伸缩缝装置应固定牢固。

6.4.4 枕梁及伸缩缝施工可按图 6.4.4 所示的工序进行。

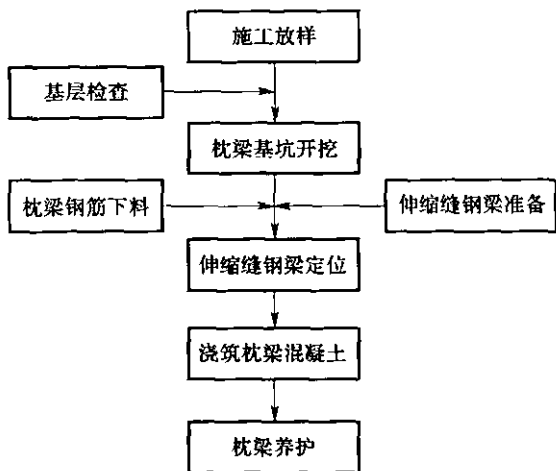


图 6.4.4 枕梁及伸缩缝施工工序

6.5 滑动层铺设

6.5.1 在混凝土浇筑前应在基层顶面设置滑动层。滑动层的设置应符合本规范第 4.3.1 条的要求。当采用沥青表面处治或乳化沥青稀浆封层作下封层时,下封层可直接作为滑动层。也可在下封层上铺设土工织物作为滑动层。

6.5.2 当滑动层采用沥青表面处治时,其性能及施工要求应符合国家现行标准《公路沥青路面施工技术规范》JTGF40 的有关规定;当滑动层采用乳化沥青稀浆封层时,其性能及施工要求应符合国家现行标准《路面稀浆封层技术规程》CJJ 66 的有关规定。

6.5.3 当采用土工织物作滑动层时,其设置应符合下列规定:

1 滑动层铺设前,应清扫预应力混凝土板块范围内的杂物,进行基层质量的全面检查,对发现破损处应进行修补。

2 滑动层铺设时,宜先铺设细粒状材料,再覆以土工织物。细粒状材料铺设厚度应符合本规范第 4.3.1 条的规定,且应均匀。

土工织物宜采用土工合成材料,土工合成材料的宽度宜大于路面宽度;土工合成材料间的搭接宜采用缝制或粘贴,搭接的长度不应小于 300mm。

3 细粒状材料和土工合成材料的性能应符合国家现行有关标准的规定。

4 土工合成材料铺设完后,应做好保护工作,特别应防止穿钉鞋作业或尖锐物的打击。

6.6 预应力钢筋与普通钢筋铺放

6.6.1 准备工作应符合下列规定:

1 检查预应力钢筋的规格尺寸和数量,逐根检查并确认其端部组装配件可靠无误;检查外包层的完整性,如发现大面积破损漏油,则不宜使用,局部小型破损应进行修补,才能使用。

2 模板的架设与拆除应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTGF30 的有关规定。

6.6.2 预应力钢筋下料应在路面板块范围内,下料前宜先铺设板端下层钢筋网;下料时应机械切割,严禁使用电焊或者气割下料。

6.6.3 预应力钢筋及横向钢筋布置定位应符合下列要求:

1 按设计位置标定横向钢筋和预应力钢筋;预应力钢筋应布置在横向钢筋上。

2 按标定位置逐根绑扎预应力钢筋和横向钢筋;用架立钢筋将预应力钢筋架至设计位置,严禁使用水泥混凝土块架立预应力钢筋。

3 逐根检查钢筋绑扎和定位情况,允许偏差应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

6.6.4 预应力钢筋配套锚具的安装应符合国家现行标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

6.7 预应力混凝土路面浇筑

6.7.1 预应力混凝土路面浇筑应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTGF30 的有关规定。

6.7.2 浇筑混凝土时,除应符合本规范第 6.7.1 条的规定外,还应符合下列要求:

1 预应力钢筋铺放、安装完毕后,应进行隐蔽工程验收,当确认合格后方可浇筑混凝土。

2 混凝土浇筑时宜从两端向中间进行;混凝土浇筑时,严禁踏压碰撞无粘结预应力钢筋、支撑架以及端部预埋部件。

3 张拉端、固定端混凝土必须振捣密实。

6.8 预应力钢筋张拉

6.8.1 预应力混凝土路面应采用后张法施工。张拉用锚具、穴模应与预应力钢筋配套。

6.8.2 预应力钢筋的张拉除应符合国家现行标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定外,还应符合下列规定:

1 预应力钢筋张拉应采用二次张拉工艺。第一次张拉宜在面板浇筑完成 12h 后,且混凝土强度不低于设计抗压强度的 30%,张拉时预应力钢筋应由面板中间向两侧交替张拉,第一次张拉应力宜为 $0.3\sigma_{con}$,也可根据工程经验确定;第二次张拉在面板浇筑完成 6~7d 后,且混凝土强度不低于设计抗压强度的 75%,第二次张拉采用超张拉,张拉应力为 $1.05\sigma_{con}$,持荷 2min,再卸荷至 σ_{con} 后锚固,或第二次张拉时直接张拉至 $1.03\sigma_{con}$ 后锚固。

2 预应力钢筋的锚固,应在张拉控制应力处于稳定状态下进行。锚固后应切除过长的预应力钢筋。预应力钢筋切除应采用机械方法,严禁采用电弧切断。预应力钢筋切断后露出锚具夹片外的长度不得小于 30mm。预应力钢筋锚固后应及时进行防护处理。

3 预应力钢筋张拉及放张时应填写施工记录。

6.9 养 护

6.9.1 预应力混凝土路面铺筑完成后应立即开始养护,养护可采用喷洒养护剂同时保湿覆盖的方式。在雨天或养护用水充足的情况下,也可采用覆盖保湿膜、土工布、湿麻袋等水湿养护方式。

6.9.2 养护时间应根据混凝土弯拉强度增长情况确定,且不宜小于设计弯拉强度的80%。养护天数宜为14~21d,高温天气不宜少于14d,低温天气不宜少于21d。

6.9.3 混凝土板养护初期,严禁行人、车辆通行,在达到设计强度的40%后,行人方可通行。面板达到弯拉强度后,方可开放交通。

6.10 后浇带混凝土施工

6.10.1 后浇带施工应在第二次预应力施加完48h后进行,施工时应符合下列要求:

1 后浇带施工前应检查滑动层,确保其质量满足施工要求。同时将已浇筑的混凝土路面面板端部凿毛,清理后浇带范围内的杂物。

2 应理顺预留的连接钢筋,绑扎或焊制后浇带内钢筋网,并填塞伸缩缝内的填缝材料。

3 后浇带施工宜采用小型机械和人工浇筑,浇筑用混凝土的强度等级不宜小于路面面板混凝土强度等级。后浇带表面按普通混凝土路面饰面要求饰面拉毛。

6.11 伸缩缝整修及填缝

6.11.1 在后浇带或预应力混凝土路面面板非张拉端混凝土浇筑3d后,应用锯缝机按设计要求在伸缩缝钢梁两侧整修伸缩缝并填塞填缝料。

6.11.2 填缝料的性能要求应符合本规范第5.4.2条的规定,伸缩缝的填缝应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术

规范》JTG F30 的有关规定。

6.12 特殊气候条件下的施工

6.12.1 预应力混凝土路面铺筑期间,应收集月、旬、日天气预报资料,遇有影响混凝土路面施工质量的天气时,应暂停施工或采取必要的防范措施,制定特殊气候的施工方案。

6.12.2 预应力混凝土路面在特殊气候条件下的施工应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTG F30 及其他相关标准的有关规定。

7 质量检查与验收

7.1 一般规定

7.1.1 预应力混凝土路面施工质量的控制、管理与检查应贯穿整个施工过程,应对每个施工环节严格控制把关,对出现的问题,应立即进行纠正直至停工整顿。

7.1.2 预应力混凝土路面中的路基材料及施工要求应符合国家现行标准《公路路基施工技术规范》JTGF10的有关规定。

7.1.3 预应力混凝土钢筋工程及模板工程应符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTGF30及现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的有关规定。

7.1.4 预应力混凝土路面基层的质量检查验收应符合国家现行标准《公路路面基层施工技术规范》JTJ034和其他相关标准的规定。

7.2 滑动层

7.2.1 滑动层的施工质量检查和验收应符合下列规定:

1 滑动层铺设应平整均匀,滑动层材料应符合设计要求。

2 沥青表面处治滑动层的质量检查标准应符合国家现行标准《公路沥青路面施工技术规范》JTGF40的有关规定。

3 乳化沥青稀浆滑动层的质量检查标准应符合国家现行标准《路面稀浆封层技术规程》CJJ66的有关规定。

4 土工织物滑动层应检查铺设厚度和布设宽度,搭接情况应符合本规范第6.5.3条的规定。

7.3 混凝土工程

7.3.1 预应力混凝土路面施工中的检验项目及质量评定标准应

符合国家现行标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTG F30 及《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1 的有关规定。

7.3.2 预应力混凝土路面应检验在预应力张拉前的混凝土抗压强度、28d 龄期的抗压强度和抗折强度,检验的方法按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GBJ 107 的规定分批检验评定。掺膨胀剂混凝土的检验还应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的检验要求。

7.3.3 预应力混凝土的冬期施工除应符合本规范的规定外,还应符合国家现行标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104 的有关规定。

7.3.4 预应力混凝土的原材料、配合比设计及混凝土施工等的质量检查和验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

7.4 预应力工程

7.4.1 预应力工程的质量检查和验收应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和国家现行标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定执行。

附录 A 交通分析

A.1 交通调查与分析

A.1.1 设计车道使用初期的年平均日货车交通量,可按下述方法确定:

利用当地交通量观测站的观测和统计资料,或通过设立站点进行交通量观测,获取所设计公路的初期年平均日交通量(双向)和车辆组成数据,剔除 2 轴 4 轮以下的客、货车交通量,得到初期年平均日货车交通量(双向)。

调查分析双向交通的分布情况,选取交通量方向分配系数,一般情况可采用 0.5。依据设计公路的车道数,交通量车道分配系数宜按表 A.1.1 确定。使用初期年平均日交通量(双向)乘以方向分配系数和车道分配系数,即为设计车道的年平均日货车交通量(ADTT)。

表 A.1.1 交通量车道分配系数

单向车道数	1	2	3	≥ 4
车道分配系数	1.0	0.8~1.0	0.6~0.8	0.5~0.75

注:交通量大时,取低值;交通量小时,取高值。

A.1.2 设计基准期内交通量年平均增长率,可按公路等级和功能以及所在地区的经济和交通发展情况,通过调查分析,预估设计基准期内的交通增长量,确定交通量年平均增长率 g_t 。

A.2 轴载调查与分析

A.2.1 利用当地称重站的测定和统计资料,或通过设立站点进行轴载调查和测定,获取所设计公路的车型、轴型和轴载组成数据,计算设计车道使用初期的标准轴载日作用次数。计算时可选

用轴载当量换算系数法或车辆当量轴载系数法。

1 当采用轴载当量换算系数法时,计算应符合下列规定:

统计 1000 辆 2 轴 6 轮以上客、货车辆中单轴、双联轴和三联轴三种轴型分别出现的次数,并分别称取其轴重。称重测定资料分别按轴型和轴重级位整理,得到各种轴型的轴载谱。单轴轴载按 10kN 分级,双联轴和三联轴轴载按 20kN 分级。各种轴型不同轴载级位的标准轴载当量换算系数可按下式计算:

$$k_{p,ij} = \alpha_{ij} \left(\frac{P_{ij}}{100} \right)^{16} \quad (\text{A. 2. 1-1})$$

式中 $k_{p,ij}$ ——各种轴型不同轴载级位的标准轴载当量换算系数;

i ——轴型;

j ——轴载级位;

P_{ij} —— i 种轴型 j 级轴载的轴重(kN);

α_{ij} —— i 种轴型 j 级轴载的轴-轮型系数,按本规范第 3.1.1 条确定。

设计车道使用初期的标准轴载日作用次数可按下式计算:

$$N_s = \frac{\text{ADTT}}{1000} \sum_i n_i \sum_j (k_{p,ij} \cdot P_{ij}) \quad (\text{A. 2. 1-2})$$

式中 N_s ——标准轴载的作用次数(次/d);

n_i ——每 1000 辆 2 轴 6 轮以上客、货车辆中 i 种轴型出现的次数。

2 当采用车辆当量轴载系数法时,计算应符合下列规定:

将 2 轴 6 轮以上客、货车辆分为三大类:整车类,细分为单后轴货车、双后轴货车和大客车三类;半挂车类,细分为 3 轴、4 轴、5 轴和 5 轴以上三类;全挂车类,细分为 4 轴、5 轴、6 轴和 6 轴以上三类。各类车辆的轴型分为单轴、双联轴和三联轴三种。

称重测定资料分别按车型和轴型整理得到相应的轴载谱。单轴轴载按 10kN 分级,双轴轴载和三轴轴载按 20kN 分级。

各类车辆的当量轴载系数可按下式计算：

$$k_{p,k} = \sum_i \left[\sum_j (k_{p,ij} \cdot P_{ij}) \right] \quad (\text{A. 2. 1-3})$$

式中 $k_{p,k}$ ——车辆当量轴载系数；

k ——车辆类型。

标准轴载日作用次数可按下式计算：

$$N_s = \text{ADTT} \times \sum_k (k_{p,k} \cdot p_k) \quad (\text{A. 2. 1-4})$$

式中 p_k —— k 类车辆的组成比例(以分数计)。

A. 2. 2 设计基准期内水泥混凝土面层临界荷位处所承受的标准轴载累计作用次数,可按本规范式(3. 1. 3)计算。

附录 B 预应力混凝土路面面板的力学模型

B.0.1 纵向预应力的处理模型应符合下列要求：

预应力钢筋仅在锚固端与混凝土结合，在其他地方会发生纵向相对滑动。对路面面板施加预应力时，将预应力作为一种外力加在路面面板的锚固端，扣除预应力钢筋与周围接触的混凝土或套管之间的摩阻损失（见图 B.0.1，图中未画出板底的摩阻力）。

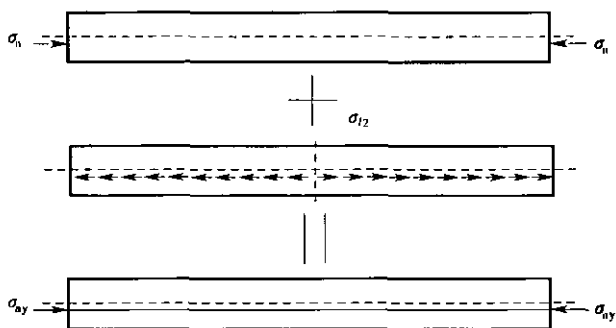


图 B.0.1 预应力施加分解

σ_n —名义预压应力； σ_{t2} —预应力钢筋摩阻损失； σ_{ny} —扣除 σ_{t2} 的预压应力

B.0.2 预应力损失的处理模型应符合下列要求：

预应力混凝土路面的预应力损失计算按本规范第 4.2.2 条的规定确定。本规范第 4.2.2 条中的各项应力损失不是同时发生的，预应力损失值的组合可根据应力损失出现的先后与全部完成所需要的时间，按预施应力和使用阶段来进行。对于后张预应力混凝土路面，可分为：

$$\text{预施应力阶段：} \quad \sigma_t^I = \sigma_{t1} + \sigma_{t2} + \sigma_{t4} \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$\text{使用阶段：} \quad \sigma_t^{\text{II}} = \sigma_{t3} + \sigma_{t5} \quad (\text{B.0.2-2})$$

在有限元模型分析中,将以上计算的 σ_{11} 、 σ_{13} 、 σ_{14} 、 σ_{15} 等效为一组和预施应力方向相反的外力,分别作用于锚固端混凝土上。

B. 0. 3 钢筋的处理模型应符合下列要求:

预应力混凝土路面面板采用整体式模型。在整体式有限元模型中,将钢筋弥散于整个单元中,单元视为连续均匀材料,即将钢筋和混凝土综合为一种材料,其弹性矩阵为:

$$[D]=[D_c]+[D_s] \quad (\text{B. 0. 3-1})$$

式中 $[D]$ ——模型单元的应力应变矩阵;

$[D_c]$ ——混凝土的应力应变矩阵;

$[D_s]$ ——等效分布钢筋的应力应变矩阵。

模型不考虑混凝土的开裂,按一般匀质体计算,具体表达式为:

$$[D_c]=\begin{bmatrix} D_1 & D_2 & D_2 & 0 & 0 & 0 \\ & D_1 & D_2 & 0 & 0 & 0 \\ & & D_1 & 0 & 0 & 0 \\ \text{对} & & & D_3 & 0 & 0 \\ & & \text{称} & & D_3 & 0 \\ & & & & & D_3 \end{bmatrix} \quad (\text{B. 0. 3-2})$$

$$\text{其中, } D_1 = \frac{E_c(1-\nu_c)}{(1+\nu_c)(1-2\nu_c)}, D_2 = \frac{\nu_c E_c}{(1+\nu_c)(1-2\nu_c)}, D_3 = \frac{E_c}{2(1+\nu_c)}。$$

式中 E_c ——混凝土弯拉弹性模量(MPa);

ν_c ——混凝土的泊松比。

对于等效的分布钢筋,其应力应变关系矩阵 $[D_s]$ 可按下式计算:

$$[D_s]=E_s \begin{bmatrix} \beta_x & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & \beta_y & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & \beta_z & 0 & 0 & 0 \\ \text{对} & & & 0 & 0 & 0 \\ & & \text{称} & & 0 & 0 \\ & & & & & 0 \end{bmatrix} \quad (\text{B. 0. 3-3})$$

式中 E_s ——钢筋的弹性模量(MPa);

$\beta_x, \beta_y, \beta_z$ ——预应力混凝土路面面板分别沿 x, y 和 z 方向的配筋率。

B.0.4 温度应力的处理模型应符合下列要求:

预应力混凝土路面的温度应力由变温引起,主要有两类:一类是板截面上温度不一致产生的翘曲应力;另一类是由于温度上升或下降时引起的热胀冷缩而在板内产生的热压应力或收缩应力:

- 1 两个不同时刻温度场产生的温度场差。
- 2 结构在同一时刻不同位置形成的温度差,即温度梯度。

对于第1款,模型假定为均匀变化;对于第2款,温度梯度引起的温度翘曲应力,在预应力混凝土路面模型中宜采用热弹性三维有限元方法。

B.0.5 板底摩阻力的处理模型应符合下列要求:

预应力混凝土路面,板底摩阻力对路面受力影响很大,必须予以考虑。板底摩阻力主要由以下三方面的因素引起:

- 1 由施加预应力引起的板底摩阻力。
- 2 由温度引起的板底摩阻力。
- 3 由车辆荷载引起的板底摩阻力(可忽略)。

根据线性叠加原理,在分析处理时将上述三项同时考虑进去,进行一次迭代求解板底摩阻力(选取的是每一断面的最大值)。

预应力混凝土路面在预应力、温度应力、荷载应力的共同作用下,摩阻力沿板底并非均匀分布,板底摩擦系数为变量,与板底位移有关。图 B.0.5 为板底摩阻力随板底位移的变化情况,板底位移增大时,板底摩阻力也随之增大,当位移达到 w_s 时板底摩阻力最大,位移再增大,板底摩阻力趋于定值 τ_s 。在路面面板模型中假定在板中处不发生位移,即板中附近处摩阻力很小,板端处最大。

对于细砂滑动层, $w_s \approx 0.6\text{mm}$,可采用图 B.0.5 中的理论曲线 3 用于板底摩阻力的分析。在分析过程中,采用以下做法:

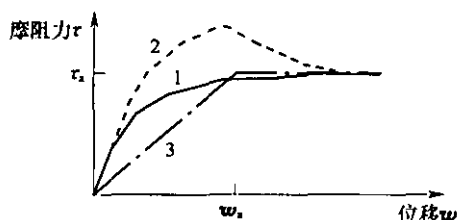


图 B.0.5 板底摩阻力随位移变化图

1—砂层;2—压实的砾砂;3—理论假设

1 在沿板长的某个断面上,假定板底摩阻力 τ 是均匀分布的,该断面中的摩擦系数的取值原则为:先在不考虑摩阻力的情况下,计算出板底各结点的位移,然后根据每一断面的水平向(沿板长)最大位移确定摩擦系数。当 $w \geq 0.6\text{mm}$ 时, $\mu_t = f$ (给定值);当 $w \leq 0.6\text{mm}$ 时, $\mu_t = wf/0.6$ 。根据各结点的形函数,分配摩阻力,进行第二次计算,此时已考虑了摩阻力的影响。

2 只考虑沿板长方向的板底摩阻力。

3 以板中处位移为基准,用其他各点相对于板中的位移来决定摩擦系数的大小(因垂直荷载的影响很小,忽略由荷载组合引起的板底摩阻力)。

B.0.6 地基的处理模型应符合下列要求:

刚性路面的地基模型通常可采用温克勒地基或弹性半空间地基模型。在计算分析时假定:在变形过程中,板与地基始终紧密接触,无间隙。

B.0.7 地基反力集度的处理模型应符合下列要求:

地基反力集度的计算应与所采用的地基模型相对应,应根据地基的计算模型,在已知位移的情况下求力的运算。

附录 C 预应力混凝土路面面板应力分析及计算流程

C.1 荷载应力分析

C.1.1 预应力混凝土路面面板的临界荷位为面板纵向边缘中部。

C.1.2 标准轴载在临界荷位处产生的荷载疲劳应力可按下式计算确定：

$$\sigma_{l,r} = k_f k_c \sigma_L \quad (\text{C.1.2})$$

式中 $\sigma_{l,r}$ ——荷载疲劳应力(MPa)；

σ_L ——荷载应力(MPa)；

k_f ——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,按本规范附录 C 第 C.1.4 条计算确定；

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,按公路等级查表 C.1.2 确定。

表 C.1.2 综合系数 k_c

公路等级	高速公路	一级公路	二级公路	三、四级公路
k_c	1.30	1.25	1.20	1.10

C.1.3 标准轴载在临界荷位处产生的荷载应力可按下列公式计算确定：

$$\sigma_L = 0.077 r^{0.60} h^{-2} \quad (\text{C.1.3-1})$$

$$r = 0.537 h \left(\frac{E_c}{E_t} \right)^{1/3} \quad (\text{C.1.3-2})$$

式中 r ——预应力混凝土板的相对刚度半径(m),按式(C.1.3-2)计算；

h ——混凝土板的厚度(m)；

E_c ——混凝土弯拉弹性模量(MPa)；

E_t ——基层顶面当量回弹模量(MPa)，按本规范附录 C 第 C.1.5 条计算。

C.1.4 设计基准期内的荷载疲劳应力系数可按下式计算确定：

$$k_f = (N_e)^{\nu} \quad (\text{C.1.4})$$

式中 N_e ——设计使用年限内车道的标准轴载累计作用次数；

ν ——与混合料性质有关的指数，预应力混凝土路面中， $\nu=0.057$ 。

C.1.5 新建公路的基层顶面当量回弹模量可按下列公式计算确定：

$$E_t = a h_x^b E_0 \left(\frac{E_x}{E_0} \right)^{1/3} \quad (\text{C.1.5-1})$$

$$E_x = \frac{h_1^2 E_1 + h_2^2 E_2}{h_1^2 + h_2^2} \quad (\text{C.1.5-2})$$

$$h_x = \left(\frac{12 D_x}{E_x} \right)^{1/3} \quad (\text{C.1.5-3})$$

$$D_x = \frac{E_1 h_1^3 + E_2 h_2^3}{12} + \frac{(h_1 + h_2)^2}{4} \left(\frac{1}{E_1 h_1} + \frac{1}{E_2 h_2} \right)^{-1} \quad (\text{C.1.5-4})$$

$$a = 6.22 \times \left[1 - 1.51 \left(\frac{E_x}{E_0} \right)^{-0.45} \right] \quad (\text{C.1.5-5})$$

$$b = 1 - 1.44 \times \left(\frac{E_x}{E_0} \right)^{-0.55} \quad (\text{C.1.5-6})$$

式中 E_0 ——路床顶面的当量回弹模量(MPa)；

E_x ——基层和底基层或垫层的当量回弹模量(MPa)，按式 (C.1.5-2) 计算；

E_1 、 E_2 ——基层和底基层或垫层的回弹模量(MPa)；

h_x ——基层和底基层或垫层的当量厚度(m),按式(C. 1. 5-3)计算;

D_x ——基层和底基层或垫层的当量弯曲刚度(MN·m),按式(C. 1. 5-4)计算;

h_1, h_2 ——基层和底基层或垫层的厚度(m);

a, b ——与 E_x/E_0 有关的回归系数,分别按式(C. 1. 5-5)和式(C. 1. 5-6)计算。

底基层和垫层同时存在时,可先按式(C. 1. 5-2)~式(C. 1. 5-4)将底基层和垫层换算成具有当量回弹模量和当量厚度的单层,然后再与基层一起按上述各式计算基层顶面当量回弹模量。无底基层和垫层时,相应层的厚度和回弹模量分别以零值代入上述各式进行计算。

C. 1. 6 在旧柔性路面上铺筑预应力混凝土面层时,原柔性路面顶面的当量回弹模量可按下式计算:

$$E_t = 13739w_0^{-1.04} \quad (\text{C. 1. 6})$$

式中 w_0 ——以后轴重 100kN 的车辆进行弯沉测定,经统计整理后得到的原路面计算回弹弯沉值(0.01mm)。

C. 2 温度应力分析

C. 2. 1 在临界荷位处的温度疲劳应力可按下式计算确定:

$$\sigma_{\Delta T_f} = k_1 \sigma_{\Delta T} \quad (\text{C. 2. 1})$$

式中 $\sigma_{\Delta T_f}$ ——路面面板温度疲劳应力(MPa);

$\sigma_{\Delta T}$ ——路面面板温度应力(MPa);

k_1 ——考虑温度应力累计疲劳作用的疲劳应力系数。

C. 2. 2 温度疲劳应力系数可按下式计算确定:

$$k_1 = \frac{f_r}{\sigma_{\Delta T}} \left[a \left(\frac{\sigma_{\Delta T}}{f_r} \right)^c - b \right] \quad (\text{C. 2. 2})$$

式中 a, b, c ——回归系数,按所在地区的公路自然区划查表 C. 2. 2 确定。

表 C.2.2 回归系数 a 、 b 、 c

系 数	公路自然区划					
	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	V	Ⅵ	Ⅶ
a	0.828	0.855	0.841	0.871	0.837	0.834
b	0.041	0.041	0.058	0.071	0.038	0.052
c	1.323	1.355	1.323	1.287	1.382	1.270

C.2.3 最大温度梯度时混凝土板的温度翘曲应力可按下式计算确定:

$$\sigma_{\Delta T} = \frac{E_c \alpha_c \Delta T}{2(1-\nu_c)} \quad (\text{C.2.3})$$

式中 E_c ——混凝土弯拉弹性模量(MPa);
 α_c ——混凝土温度膨胀系数;
 ΔT ——混凝土路面面板上、下层温度差(°C);
 ν_c ——混凝土泊松比。

C.3 路基摩阻应力分析

C.3.1 路基摩阻应力可按下式计算确定:

$$\sigma_F = \mu_r \rho \chi \quad (\text{C.3.1})$$

式中 σ_F ——路基摩阻应力(MPa);
 μ_r ——路基摩擦系数,宜现场实测;
 ρ ——混凝土密度(g/mm³);
 χ ——计算荷位距板端的距离(m),宜取路面面板长度的1/2。

C.4 预应力混凝土路面面板厚度及配筋计算流程

C.4.1 预应力混凝土路面计算流程可按下列程序进行:

1 收集交通资料,包括:初始年日平均交通量和交通组成(各类车辆的比例)、方向分配系数(来向和去向的比例)、车道分配系数(每个方向有两个以上车道时每个车道的比例)以及交通量的年

平均增长率。

2 利用收集的交通资料,按式(3.1.1-1)计算设计车道的初始年日标准轴载作用次数 N_0 ,按表 3.1.2 确定公路的交通等级,按表 3.1.3-1 确定其设计使用年限 t 。根据公路的交通组织和车道宽度,由表 3.1.3-2 选定轮迹横向分布系数 η 。然后,按式(3.1.3)计算设计车道使用年限内的标准轴载累计作用次数 N_c 。

3 初拟路面结构,包括:路基类型和土质、垫层和厚度、基层类型和厚度,并按本规范第 4.1.1 和 4.1.2 条的规定初拟面板厚度和平面尺寸。

4 按表 3.1.5 所列混凝土弯拉强度标准值的最低要求,设计混凝土混合料组成,同时根据现场试验确定混凝土弹性模量 E_c 。

5 确定基层顶面当量回弹模量 E_1 。对于新路,按初拟路面结构,按式(C.1.5-1)计算基层顶面当量回弹模量。当在旧柔性路面上铺筑预应力混凝土面层时,按式(C.1.6)计算原柔性路面顶面当量回弹模量。

6 计算荷载疲劳应力 σ_{Lr} 。按式(C.1.3-1)计算标准轴载产生的荷载应力 σ_L 。按照交通等级,选定综合系数 k_c 。由第 2 步得到的 N_c 按式(C.1.4)计算疲劳荷载应力系数 k_f 。按式(C.1.2)将各项相乘后即得到荷载疲劳应力 σ_{Lr} 。

7 计算温度疲劳应力 $\sigma_{\Delta Tr}$ 。按公路所在自然区划由表 3.1.6 选取最大温度梯度 T_g ,按式(C.2.3)计算最大温度梯度时的温度应力 $\sigma_{\Delta T}$,按式(C.2.2)计算温度疲劳应力系数 k_t ,最后由式(C.2.1)计算确定温度疲劳应力 $\sigma_{\Delta Tr}$ 。

8 计算预应力混凝土路面板底摩阻应力 σ_F 。宜通过现场试验测定 μ_f ,按式(C.3.1)计算板底摩阻应力 σ_F 。

9 按式(4.1.4)进行计算确定所需的预应力值 σ_p 。如果求得的预应力值 $\sigma_p > 4.0 \text{ MPa}$,则需增大路面板厚,重复第 5 步以后的计算,直至满足所求预应力值 $\sigma_p \leq 4.0 \text{ MPa}$ 为止。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。