ICS 91.080
CCS P 20

DB34

安 徽 省 地 方 标 准

DB34/T 4664—2024

公路桥梁回转式钢筋混凝土湿接缝设计规程

Standard for design of concrete wet joints of Highway bridges with looped reinforcement

地方标准信息服务平台

2024－01－11 发布 2024－02－11 实施

安徽省市场监督管理局 发 布

地方标准信息服务平台

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　材料 1
5　设计基本规定 2
6　构造设计 3
6.1　回转式钢筋接缝构造 3
6.2　钢筋构造 4
7　设计计算 5
7.1　一般规定 5
7.2　计算模式与力学模型 6
7.3　承载能力极限状态计算 8
附录A（资料性）　回转式钢筋混凝土湿接缝拉压杆节点平衡模型 14
附录B（资料性）　回转式钢筋接缝设计流程 15
附录C（资料性）　回转式钢筋接缝设计基本构造参数 16

地方标准信息服务平台

前　　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由安徽省交通控股集团有限公司提出。

本文件由安徽省交通运输厅归口。

本文件起草单位：安徽省交通控股集团有限公司、同济大学、安徽省华通路桥工程有限责任公司、安徽路达公路工程有限责任公司。

本文件主要起草人：刁凯、刘志权、胡可、曹光伦、石雪飞、毛洪强、孙敦华、曹皓、段海鹏、孙海鹏、陈维平、郑建中、陈发根、于春江、吴建民、宋军、孙晓翔、丁爱信、钟雨卓。

地方标准信息服务平台

公路桥梁回转式钢筋混凝土湿接缝设计规程

1 范围

本文件规定了公路桥梁回转式钢筋混凝土湿接缝的材料、设计基本规定、构造设计、设计计算。

本文件适用于公路桥梁回转式钢筋混凝土湿接缝结构的设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JGJ/T 178 补偿收缩混凝土应用技术规程

JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

JTG D60 公路桥涵设计通用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

回转式钢筋混凝土湿接缝 concrete wet joints using looped reinforcement

采用回转钢筋交错布置的预制混凝土构件湿接缝。

3.2

回转钢筋 looped reinforcement

预制构件接缝位置预留的U型连接钢筋。

3.3

横向锚固钢筋 transverse reinforcement

设置在回转钢筋交错重叠范围内，与回转钢筋垂直的钢筋。

3.4

回转式钢筋混凝土湿接缝拉压杆模型 strut-and-tie model for concrete wet joints using looped steel bars

以接缝内回转钢筋之间混凝土斜向承压，横向锚固钢筋受拉形成的回转钢筋之间的锚固传力模型。

4 材料

4.1 回转式钢筋接缝用普通钢筋应符合 JTG 3362 的规定。

4.2 回转式钢筋接缝用混凝土应符合 JTG 3362 的规定，接缝混凝土的强度等级应不小于预制梁板的混凝土强度等级，且不小于 C50。

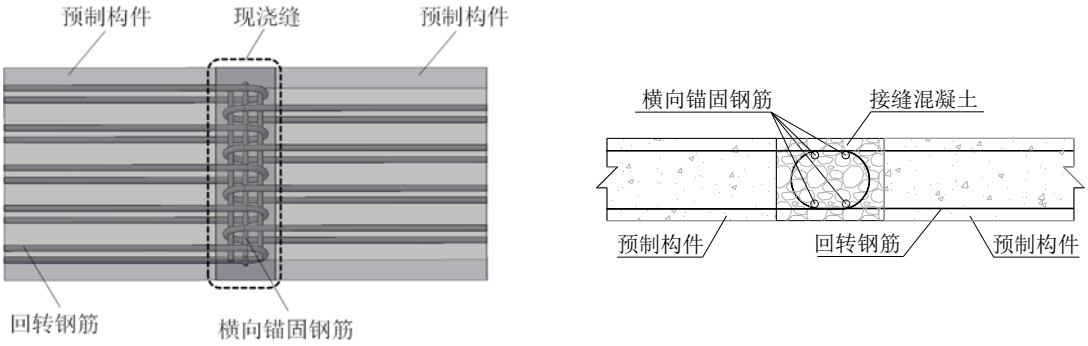
4.3 现浇湿接缝混凝土宜采用补偿收缩混凝土，相关技术指标应符合 JGJ/T 178 的规定，限制膨胀率应不小于 0.015%。

5 设计基本规定

5.1 回转式钢筋接缝的设计计算及其作用、组合、抗力及使用年限应符合 JTG D60 的规定。

5.2 回转式钢筋接缝的耐久性设计应符合 JTG 3362 的规定。

5.3 回转式钢筋接缝由回转钢筋、横向锚固钢筋、接缝混凝土组成，见图 1。

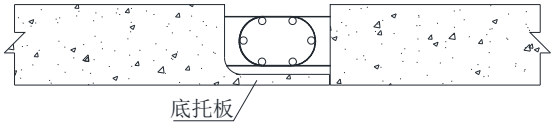


a）构造示意　　b）断面示意图

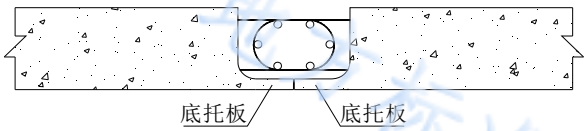
图1　回转式钢筋接缝示意图

5.4 回转式钢筋湿接缝可采用吊模或带底托板形式，采用带底托板设计时可按照下列规定执行：

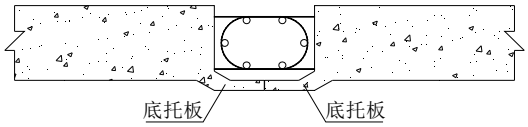
a） 根据构件的安装工艺要求，底托板可在单侧预制构件设置底托板，也可在两侧预制构件均设置底托板，其中两侧设置底托板的构造可采用平底型底托板，也可采用台阶型底托板，见图 2。底托板的构造应与预制主体结构进行联合设计。



a）单侧平底型底托板



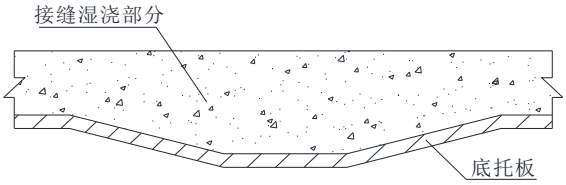
b）两侧平底型底托板



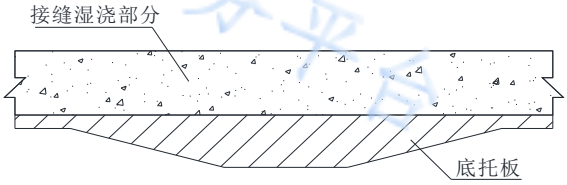
c）两侧台阶型底托板

图2　带底托板回转式钢筋湿接缝示意图

b） 带加腋或带肋断面预制钢筋混凝土桥面板的底托板结构可采用等厚布置，也可采用变厚布置，见图 3，应根据桥面板的总体受力要求选择合适的托板形式。



a）等厚型底托板

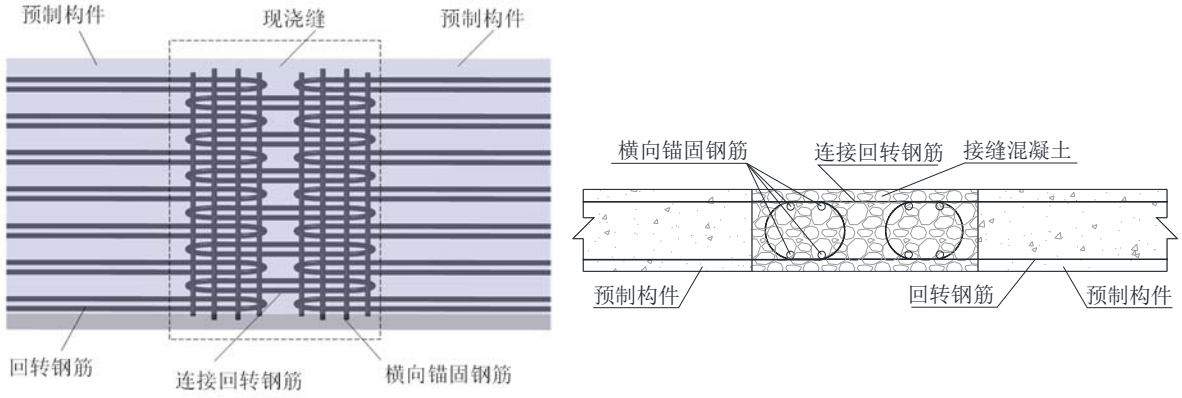


b）变厚型底托板

图3　带加腋断面底托板结构示意图

c） 采用带底托预制板时，在设计计算时应不考虑底托板参与湿接缝截面受力。

5.5 当湿接缝宽度大于 600 mm 时，可采用双环回转式钢筋连接，两侧预制构件的回转钢筋与连接回转钢筋形成双环锚固结构，构造示意见图 4。



a）构造示意图　　b）断面示意图

图4　双环回转式钢筋混凝土湿接缝构造示意图

6　构造设计

6.1　回转式钢筋接缝构造

6.1.1　回转式钢筋接缝两侧预制梁板的厚度不宜小于 160 mm。

6.1.2　接缝在采用平底托板时可根据预制梁板安装的要求确定两侧托板的长度 L，托板的最小厚度 h 宜大于 30 mm，见图 5，在托板和预制板断面之间应设置半径 R 不小于 50 mm 的圆倒角。

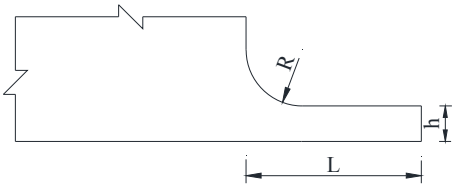


图5　平底托板接缝构造示意图

6.1.3　接缝在采用台阶型托板时可根据预制梁板安装的要求确定两侧托板的长度 L，托板的最小厚度 h 宜大于 30 mm，见图 6，在托板和预制板断面之间应设置 $\alpha 1$ 不大于 45° 的倒角，托板底面与梁板底面应通过倒角过渡，倒角与水平线角度 $\alpha 2$ 应不大于 45°。

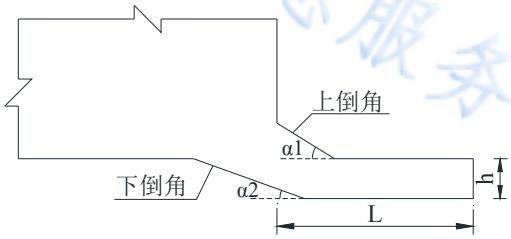


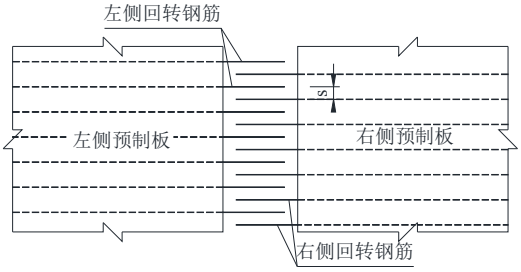
图6　台阶型托板接缝构造示意图

6.1.4　回转式钢筋接缝两侧预制板与湿接缝结合面处应进行凿毛处理，凿毛深度不宜小于 5 mm，且粗骨料外露。

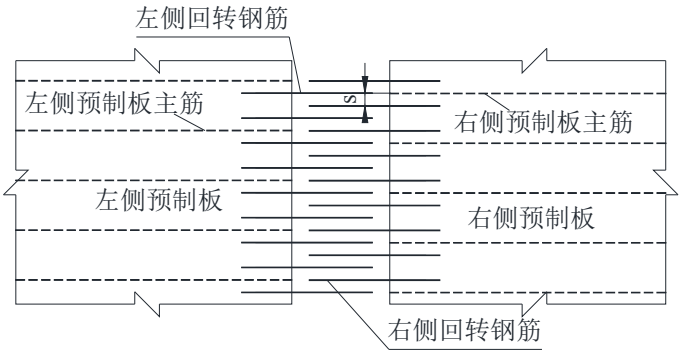
地方标准信息服务平台

6.2 钢筋构造

6.2.1 预制构件的主筋在满足回转最小半径要求时宜采用主筋回转形式，见图 7-a）；在主筋不满足回转半径要求时，可采用预埋回转钢筋形式，见图 7-b），预埋钢筋锚固长度应满足 JTG/T 3362 的要求。回转式钢筋接缝两侧的回转钢筋在接缝处应交错布置，相互对中。



a）主筋回转形式



b）预埋回转钢筋形式

图7 回转式钢筋接缝示意图

6.2.2 接缝两侧回转钢筋的最小重合长度应满足式（1）的要求，见图 8，且不应小于回转式钢筋回转圆弧的直径。

$$H_{\min} = s\cot\varphi \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

$H_{\min}$ ——两侧回转式钢筋之间产生相互作用的最小重合长度；

s ——对向相邻交叉回转式钢筋中心间距；

φ ——混凝土锚固破坏锥体的平面扩散角，应按照试验选取，无试验数据时可取为 50°。

地方标准信息服务平台

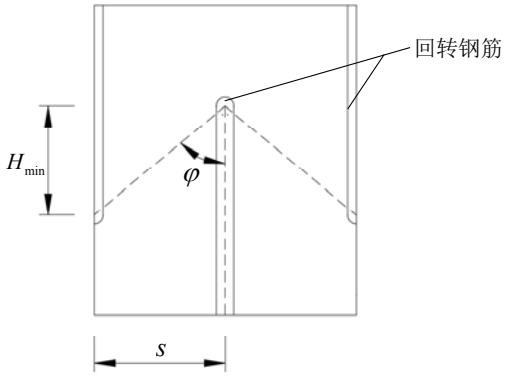


图8　最小重合长度计算示意图

6.2.3　两侧钢筋交叉安装后，对向相邻交叉回转式钢筋中心间距不应小于 2 倍钢筋直径，且净距不应小于 40 mm。

6.2.4　回转钢筋的最小弯曲内径除应符合本文件表 1 的规定外，尚应符合其他现行国家、行业标准的有关规定。

表1　回转式钢筋最小弯曲半径

钢筋类型	钢筋直径（mm）	最小弯曲内径
HPB-300	——	$4\phi_L$
HRB-400、HRB-500	< 28	$6\phi_L$
	≥ 28	$7\phi_L$
注：ϕ_L 为钢筋公称直径。		

6.2.5　回转式钢筋重合长度范围的交错环内应配置横向锚固钢筋，横向锚固钢筋不应少于 4 根，直径不宜小于 12 mm，净距不应小于 40 mm，中心距不应大于 200 mm。

6.2.6　带底托板预制的湿接缝，在底托板内应均匀配置直径不小于 8 mm 的构造钢筋，并与预制板内钢筋可靠连接。

7　设计计算

7.1　一般规定

7.1.1　回转式钢筋湿接缝的正常使用极限状态的抗裂性验算可按照 JTG 3362 的规定进行计算，计算时可按照数量较少一侧回转钢筋连续通过湿接缝作为受力钢筋面积进行计算。

7.1.2　回转式钢筋接缝在交叉重叠范围外截面的承载能力计算应按照 JTG 3362 的规定执行。

7.1.3　回转式钢筋接缝在符合 JTG D60 规定的汽车荷载作用下，可不单独进行抗剪承载能力验算。

地方标准信息服务平台

7.1.4　回转式钢筋接缝在交叉重叠范围内的承载能力极限状态验算可按照本文件 7.3 条的规定，根据不同的受力状态选取对应的方法进行计算。

7.1.5　采用双环回转式钢筋混凝土湿接缝，可分别对每个交叉重叠范围内的承载能力分别进行计算。

7.1.6　回转式钢筋接缝的设计计算可参照本文件附录 B 规定的流程执行。

7.1.7　参照本文件附录 C 给出的基本构造参数设计的回转式钢筋接缝，可不考虑疲劳效应的影响。

7.2　计算模式与力学模型

7.2.1　回转式钢筋湿接缝在两侧预制构件受拉或受弯时，受拉侧回转钢筋与其核心混凝土之间的作用模型宜按照拉压杆受力模型考虑，其中湿接缝内回转钢筋之间的混凝土斜向承压，见图 9。压杆的压力与回转钢筋拉力及横向锚固钢筋的拉力形成节点平衡，见附录 A。

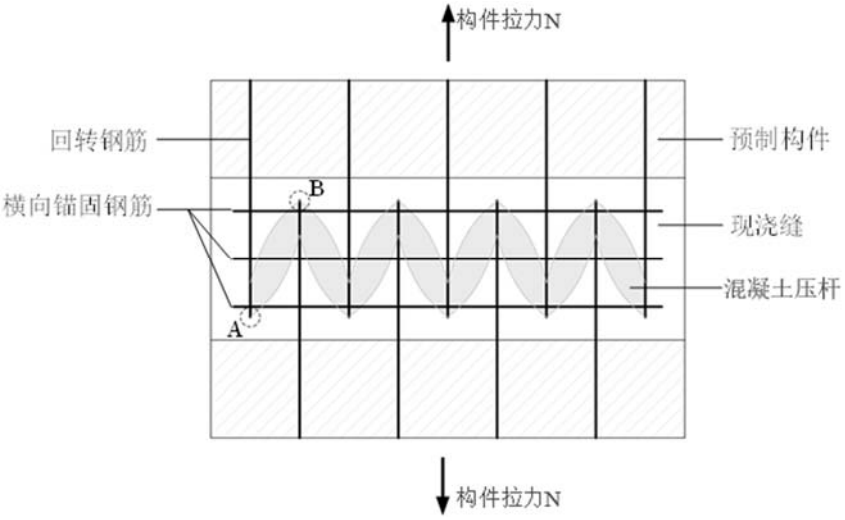
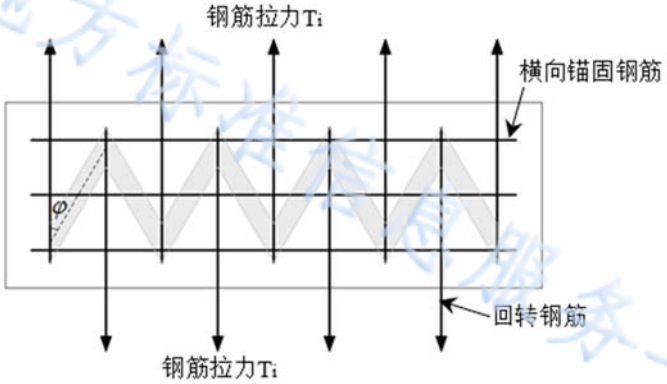


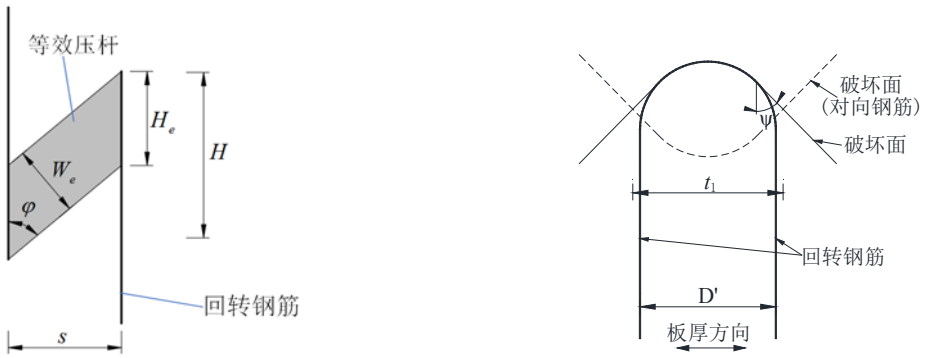
图9　混凝土压杆示意图

7.2.2　在进行回转式钢筋湿接缝在两侧预制板受拉或受弯设计计算时，可将“枣核”形压杆短柱等效为等截面“棱柱”形压杆，压杆尺寸及位置示意见图 10。



a）等效压杆位置示意图

地方标准信息服务平台



b）等效压杆宽度参数示意图　　c）等效压杆厚度参数示意图

图10　接缝等效压杆示意图

7.2.3　在采用拉压杆模型对回转式钢筋接缝承载能力进行计算时，混凝土等效截面压杆的面积及相关参数应按照以下规定进行计算：

a)　混凝土等效压杆面积 A_C 可按照式（2）进行计算；

$$A_C = t_e W_e \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

A_c——压杆面积（mm²）；

t_e——压杆厚度（mm）；

W_e——压杆宽度（mm）。

b)　混凝土等效压杆的宽度 W_e 可按照式（3）进行计算。

$$W_e = H_e \sin\varphi = (H - s\cot\varphi)\sin\varphi = H\sin\varphi - s\cos\varphi \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：

W_e——压杆宽度（mm）；

H_e——相邻环筋之间相互作用的有效重合长度（mm）；

H——相邻环筋中心重合长度（mm）；

s——为相邻环筋中心间距（mm）；

φ——混凝土锚固破坏锥体的平面扩散角，应按照试验选取，无试验数据时可取为 50°。

c)　混凝土等效压杆的厚度 t_e 可按照式（4）进行计算；

地方标准信息服务平台

$$t_e = \min\left(t, t_1\right) \quad (4)$$

式中：

t_e——压杆厚度（mm）；

t——预制构件的厚度（mm）；

t_1——对侧环筋破坏面重合厚度（mm）。

d) 回转钢筋接缝在发生拉压杆破坏时，两侧回转钢筋破坏面重合厚度t_1可按照式（5）进行计算；

$$t_1 = D'\cos\psi + \left(H - s\cot\psi + D'\sin\psi - D'\right)\tan\psi \quad (5)$$

式中：

t_1——对侧环筋破坏面重合厚度（mm）；

D'——为回转钢筋两肢钢筋之间的中心距（mm）；

ψ——混凝土锚固破坏锥体的厚度扩散角，应按照试验选取，无试验数据时可取为 45°。

7.3 承载能力极限状态计算

7.3.1 回转钢筋接缝承载能力极限状态计算应按式（6）的规定进行，式中符号含义与 JTG/T 3362 的规定相同。

$$\gamma_0 S \le R \quad (6)$$

式中：

γ_0——结构重要性系数，根据总体结构设计确定；

S——构件湿接缝内力，由结构总体计算确定；

R——湿接缝抗力，根据不同受力状态按本文件7.3.2～7.3.5规定进行计算。

7.3.2 轴心受拉构件承载能力计算应按以下规定执行：

a) 预制构件接缝处于轴心受拉状态时，接缝内承载能力验算应分别对回转钢筋受拉承载能力、横向锚固钢筋受拉承载能力及混凝土压杆承载能力进行验算。

b) 回转式钢筋及周围混凝土构成的拉杆的承载力应按照式（7）进行计算。

$$N_{Ubar} = A_U f_{dU} \quad (7)$$

式中：

N_{Ubar}——单根回转式钢筋抗拉承载力（kN）；

A_U——单根回转式钢筋截面积（包括上下两层）（mm^2）；

f_{dU} ——回转式钢筋的抗拉强度设计值（*MPa*）。

c） 横向锚固钢筋及周围混凝土构成的拉杆的承载力应按照式（8）进行计算。

$$N_{Tbar} = A_T f_{dT} \quad \cdots\cdots (8)$$

式中：

N_{Tbar} ——横向锚固钢筋抗拉承载力（*N*）；

A_T ——横向锚固钢筋截面积（mm^2）；

f_{dT} ——横向锚固钢筋的抗拉强度设计值（*MPa*）；

d） 混凝土等效压杆的承载力应按照下列规定进行计算：

1） 等效压杆的承载力应按照式（9）进行计算；

$$N_{Con} = A_C f_{ce} \quad \cdots\cdots (9)$$

式中：

N_{Con} ——单个压杆的抗压承载力（N）；

A_C ——单个压杆的受压面积（mm^2），按照本文件7.2.4进行计算；

f_{ce} ——压杆混凝土有效设计强度（MPa）；

2） 混凝土压杆强度应按照式（10）进行计算；

$$f_{ce} = \beta_s f_{cd} \quad \cdots\cdots (10)$$

式中：

f_{cd} ——混凝土轴心抗压强度设计值（MPa）；

β_s ——轴拉荷载作用下横向锚固钢筋对混凝土强度的影响系数。

3） 轴拉荷载作用下横向锚固钢筋对混凝土强度的影响系数应按照式（11）进行计算；

$$\beta_s = 0.3 + 0.4\frac{A_T f_{dT}\cos\varphi}{0.5 A_C f_{cd}} \le 0.7 \quad \cdots\cdots (11)$$

式中：

β_s ——轴拉荷载作用下横向锚固钢筋对混凝土强度的影响系数；

地方标准信息服务平台

A_T——横向锚固钢筋截面积（mm^2）；

f_{dT}——横向锚固钢筋的抗拉强度设计值（MPa）；

A_C——单个压杆的受压面积（mm^2），按照本文件7.2.4进行计算；

f_{cd}——混凝土轴心抗压强度设计值（MPa）；

e) 回转式钢筋接缝混凝土抗压承载能力应满足下列要求：

1) 单个内部回转式钢筋的承载力由回转式钢筋受拉和压杆受压两者中的不利因素决定，按式（12）计算：

$$N_u = \min(N_{Ubar}, N_{Con-strut}) \quad (12)$$

式中：

N_u——接缝单个内部节点的承载力（N）；

$N_{Con-strut}$——接缝单个内部节点处压杆沿接缝轴向的分力（N）。

2) 接缝单个内部节点处压杆沿接缝轴向的分力应按照式（13）进行计算；

$$N_{Con-strut} = 2N_{Con}\cos\varphi \quad (13)$$

式中：

$N_{Con-strut}$——接缝单个内部节点处压杆沿接缝轴向的分力（N）；

N_{Con}——单个压杆的抗压承载力（N）。

f) 回转式钢筋接缝的抗拉承载力可按照式（14）进行计算。

$$T_u = nN_u \quad (14)$$

式中：

T_u——回转式钢筋接缝抗拉承载力（N）；

n——少筋侧回转式钢筋的根数。

7.3.3 受弯构件承载能力计算应按以下规定执行：

a) 预制构件接缝处于受弯状态时，接缝内承载能力验算应分别对回转钢筋受拉承载能力、横向锚固钢筋受拉承载能力及混凝土压杆承载能力进行验算。

b) 回转式钢筋及周围混凝土构成的拉杆的承载力计算应按照式（15）进行计算。

$$N_{Ubar} = \frac{1}{2}A_U f_{dU} \quad (15)$$

地方标准信息服务平台

式中：

N_{Ubar}——单根回转式钢筋抗拉承载力（N）；

A_U——单根回转式钢筋截面积（包括上下两层）（mm^2）；

f_{dU}——回转式钢筋的抗拉强度设计值（MPa）。

c） 横向锚固钢筋及周围混凝土构成的拉杆的承载力计算应按照式（16）进行计算。

$$N_{Tbar} = \frac{1}{2} A_T f_{dT} \quad \cdots\cdots (16)$$

式中：

N_{Tbar}——横向锚固钢筋抗拉承载力（N）；

A_T——横向锚固钢筋截面积（mm^2）；

f_{dT}——横向锚固钢筋的抗拉强度设计值(MPa)，当钢筋抗拉强度设计值大于330MPa时，按照330MPa取用。

d） 混凝土压杆的承载力计算应符合下列规定：

1） 压杆的承载力计算应按照式（17）进行计算；

$$N_{Con} = \frac{1}{2} A_C f_{ce} \quad \cdots\cdots (17)$$

式中：

N_{Con}——单个压杆的抗压承载力（N）；

A_C——单个压杆的受压面积（mm^2）；

f_{ce}——压杆混凝土有效强度（MPa）；

2） 混凝土压杆强度计算应按照式（18）进行计算；

$$f_{ce} = \beta_b f_{cd} \quad \cdots\cdots (18)$$

式中：

f_{cd}——混凝土轴心抗压强度设计值（MPa）；

β_b——弯曲荷载作用下横向锚固钢筋对混凝土强度的影响系数。

3） 弯曲荷载作用下横向锚固钢筋对混凝土强度的影响系数应按照式（19）进行计算；

地方标准信息服务平台

$$\beta_b = 0.45 + 0.4\frac{A_T f_{dT}\cos\varphi}{0.5A_C f_{cd}} \le 0.85 \quad (19)$$

式中：

β_b——弯曲荷载作用下横向锚固钢筋对混凝土强度的影响系数；

A_T——横向锚固钢筋截面积（mm^2）；

f_{dT}——横向锚固钢筋的抗拉强度设计值（MPa）；

A_C——单个压杆的受压面积（mm^2），按照本文件7.2.4进行计算；

f_{cd}——混凝土轴心抗压强度设计值（MPa）。

e） 回转式钢筋接缝抗弯承载能力应满足下列要求：

1） 单个内部回转式钢筋的承载力由回转式钢筋受拉和压杆受压两者中的不利因素决定，及式（20）；

$$N_u = \min(N_{Ubar}, N_{Con-strut}) \quad (20)$$

式中：

N_u——接缝单个内部节点的承载力（N）；

$N_{Con-strut}$——接缝单个内部节点处压杆沿接缝轴向的分力（N）。

2） 接缝单个内部节点处压杆沿接缝轴向的分力应按照式（21）进行计算；

$$N_{Con-strut} = 2N_{Con}\cos\varphi \quad (21)$$

式中：

$N_{Con-strut}$——接缝单个内部节点处压杆沿接缝轴向的分力（N）；

N_{Con}——单个压杆的抗压承载力（N）。

3） 回转式钢筋接缝受拉区抗拉承载力应按照式（22）进行计算；

$$T_{ud} = nN_u \quad (22)$$

式中：

T_{ud}——回转式钢筋接缝受拉区抗拉承载力（N）；

n ——少筋侧回转式钢筋的根数。

地方标准信息服务平台

4) 回转式钢筋接缝抗弯承载能力应按照式（23）进行计算。

$$x=\frac{T_{ud}}{\alpha f_{cd}b} \quad \cdots\cdots (23)$$

$$M_u=T_{ud}y=T_{ud}\left(h-a_s-\frac{x}{2}\right)$$

式中：

x ——等效受压区高度（mm）；

α ——少筋侧回转式钢筋的根数；

b ——受压区混凝土宽度（mm）；

y ——弯曲承载力计算力臂（mm）；

a_s ——钢筋中心到混凝土表面距离（mm）；

7.3.4 偏心受拉构件承载能力计算时，当弯矩与轴力比值 $M/N \geq 10$ 时，接缝应按照受弯构件进行计算；当弯矩与轴力比值 $M/N < 10$ 时，应按照轴心受拉构件进行计算。

7.3.5 受压构件承载能力计算应按以下规定执行：

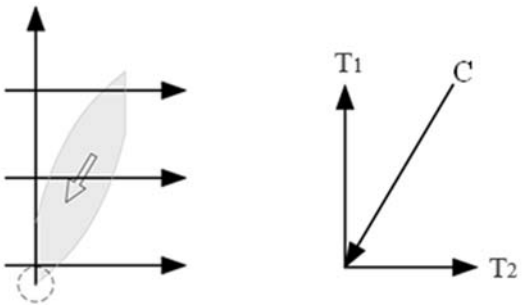
a) 受压构件的回转式钢筋接缝应按照 JTG 3362 的有关规定进行极限承载能力验算。

b) 受压构件的回转式钢筋接缝进行承载能力验算时，钢筋面积应按照单侧回转钢筋的面积计入。

地方标准信息服务平台

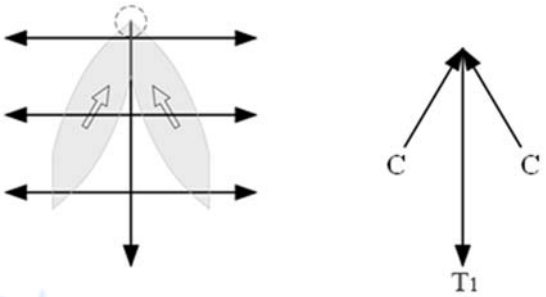
附　录　A
（资料性）
回转式钢筋混凝土湿接缝拉压杆节点平衡模型

A.1　回转式钢筋接缝内回转钢筋在外侧形成的节点平衡应按照图 A.1 所示模型计算，T_1为节点承受的回转钢筋拉力，T_2为节点承受的横向锚固钢筋拉力，C 为节点承受的混凝土压杆压力。



图A.1 回转钢筋边结点受力示意图

A.2　回转式钢筋接缝内回转钢筋在中间形成的节点平衡应按照图 A.2 所示模型计算，T_1为节点承受的回转钢筋拉力，C 为节点承受的混凝土压杆压力。

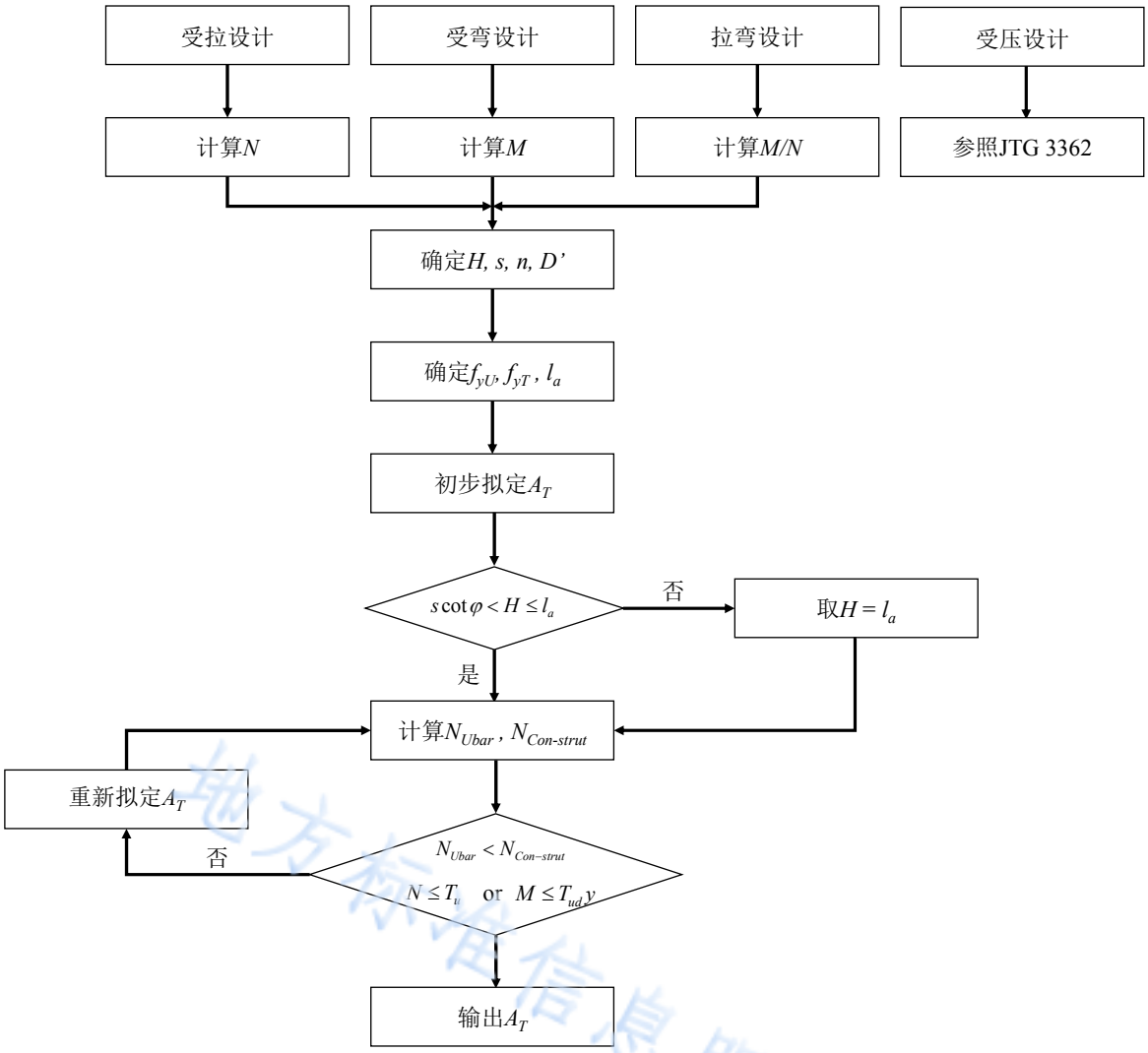


图A.2 回转钢筋中间结点受力示意图

地方标准信息服务平台

附　录　B
（资料性）
回转式钢筋接缝设计流程

回转式钢筋接缝的设计计算可按照图B.1 所示流程进行。



图B.1 回转式钢筋接缝设计计算流程图

地方标准信息服务平台

附 录 C
（资料性）
回转式钢筋接缝设计基本构造参数

C.1 公路桥梁常用的回转式钢筋接缝的主要参数可按照表 C.1 选取，表中给出了不同板厚构件，在配置不同直径的回转式钢筋条件下，应设置的横向锚固钢筋直径及最小重合长度。

表C.1 回转式钢筋接缝推荐的设计参数

桥型	板厚（mm）	环筋直径（mm）	环筋间距（mm）	横筋直径（mm）	横筋根数	最小重合长度（mm）	最小接缝宽度（mm）
T梁	160	12	100	12	4	150	220
	180	12	100	12	4	150	220
小箱梁	200	12	100	12	4	150	220
	200	16	100	12	4	180	250
钢混组合梁、桩板式结构等	220	22	120	20	4	220	300
	400	28	120	20	4	250	350
	220	12	150	12	4	200	260

C.2 按照表 C.1 参数设计的回转式钢筋接缝结构，预制构件回转式钢筋达到设计强度前，接缝不会发生破坏。

地方标准信息服务平台