

目 录

第一章 概述	1
第一节 平法制图的概念	1
第二节 钢筋下料长度计算概念	2
第三节 钢筋设计尺寸和施工下料尺寸	4
练习一	6
第二章 基本公式	7
第一节 差值种类	7
第二节 外皮差值公式推导	8
第三节 内皮差值公式推导	10
第四节 中心线法计算弧线展开长度	11
第五节 弯曲钢筋差值表	16
第六节 钢筋端部弯钩尺寸	17
练习二	22
第三章 箍筋	23
第一节 箍筋概念	23
第二节 根据箍筋的内皮尺寸计算钢筋下料尺寸	23
第三节 根据箍筋的外皮尺寸计算钢筋下料尺寸	27
第四节 根据箍筋的中心线尺寸计算钢筋下料尺寸	31
第五节 计算柱面螺旋线形箍筋的下料尺寸	33
第六节 圆环形封闭箍筋	37
第七节 箍筋算例	38
练习三	49
第四章 拉筋	50
第一节 拉筋的样式及其计算	50
第二节 拉筋端钩形状的变换	55
练习四	66
第五章 梁柱截面中间局部箍筋	68
第一节 梁柱截面中间局部箍筋的概念	68
第二节 横向局部箍筋计算	70
第三节 竖向局部箍筋计算	73
练习五	85
第六章 变截面构件箍筋	87
第一节 变截面悬挑梁箍筋	87

第二节 变截面加腋梁箍筋	97
练习六	101
第七章 多角形箍筋	102
第一节 多角形箍筋的概念	102
第二节 菱形箍筋	103
第三节 六角形箍筋	107
第四节 P_h 、 P_h 法计算八角形箍筋	113
第五节 喇叭形箍筋	118
练习七	129
第八章 框架梁中纵向钢筋下料长度计算	130
第一节 梁中钢筋概述	130
第二节 贯通筋的加上、下料尺寸	131
第三节 边跨上部直角筋的加上、下料尺寸	134
第四节 中间支座上部直筋的加上、下料尺寸	138
第五节 边跨下部跨中直角筋的加上、下料尺寸	139
第六节 中间跨下部筋的加上、下料尺寸	142
第七节 边跨和中跨搭接架立筋的下料尺寸	146
第八节 角部附加筋的加上、下料尺寸及其余钢筋计算	148
练习八	148
第九章 框架柱中竖向钢筋下料长度计算	149
第一节 框架柱中钢筋的加上和下料尺寸计算的概念	149
第二节 中柱顶筋的加上和下料尺寸计算	154
第三节 边柱顶筋的加上和下料尺寸计算	159
第四节 角柱顶筋的加上和下料尺寸计算	167
练习九	177
第十章 剪力墙中的分布筋计算	179
第一节 剪力墙中的箍筋概念	179
第二节 剪力墙边墙墙身竖向分布筋	180
第三节 剪力墙暗柱竖向筋	185
第四节 连梁	188
第五节 剪力墙水平分布筋	190
练习十	197
附录 1 非平法图常用钢筋计算	199
附录 2 非平法图柱箍筋的诺模图算法	207
附录 3 与本书有关的软件介绍	209
参考文献	210

第一章 概 述

第一节 平法制图的概念

“平法制图”是混凝土结构施工图中“平面整体表示方法制图规则”的图示方法简称。它是目前设计框架、剪力墙等混凝土结构施工图的通用图示方法。

一、“平法制图”与传统的图示方法之间的区别

1. 如框架图中的梁和柱，在“平法制图”中的钢筋图示方法，施工图中只绘制梁、柱平面图，不绘制梁、柱中配置钢筋的立面图（梁不画截面图；而柱在其平面图上，只按编号不同各取一个在原位放大画出带有钢筋配置的柱截面图）。

2. 传统的框架图中梁和柱，既画梁、柱平面图，同时也绘制梁、柱中配置钢筋的立面图及其截面图；但在“平法制图”中的钢筋配置，省略不画这些图，而是去查阅《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》。

3. 传统的混凝土结构施工图，可以直接从其绘制的详图中读取钢筋配置尺寸，而“平法制图”则需要查找相应的详图——《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》中相应的详图，而且，钢筋的配置尺寸和大小尺寸，均以“相关尺寸”（跨度、锚固长度、搭接长度、钢筋直径等）为变量的函数来表达，而不是具体数字。藉此用来实现其标准图的通用性。概括地说，“平法制图”简化了混凝土结构施工图的内容。

4. 柱与剪力墙的“平法制图”，均以施工图列表注写方式，表达其相关规格与尺寸。

5. “平法制图”中的突出特点，表现在梁的“集中标注”和“原位标注”上。“集中标注”是从梁平面图的梁处引铅垂线至图的上方，注写梁的编号、跨数、挑梁类型、截面尺寸、箍筋直径、箍筋间距、箍筋肢数、通长筋的直径和根数、梁侧面纵向构造钢筋或受扭钢筋的直径和根数等。如果“集中标注”中有通长筋时，则“原位标注”中的负筋数包含通长筋的数。“原位标注”概括地说分两种：标注在柱子附近处，且在梁上方，是承受负弯矩的箍筋直径和根数，其钢筋布置在梁的上部。标注在梁中间且下方的钢筋，是承受正弯矩的，其钢筋布置在梁的下部。

6. 在传统的混凝土结构施工图中，计算斜截面的抗剪强度时，在梁中配置 45° 或 60° 的弯起钢筋。而在“平法制图”中，梁不配置这种弯起钢筋。其斜截面的抗剪强度，由加密的箍筋来承受。

二、本书着重重点

1. 为配合“平法制图”在设计图中的广泛采用，本书特意为“平法制图”中钢筋加

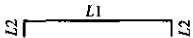
工形状和尺寸为例，阐明框架、剪力墙的各类钢筋的计算原理，并辅以大量典型示范计算例题，帮助读者消化理解。

2. 本书通过“平法制图”中钢筋例题，所阐明的钢筋加工计算原理，适用于所有混凝土结构施工图的钢筋加工计算。

第二节 钢筋下料长度计算概念

一、结构施工图中的钢筋尺寸

结构施工图中所标注的钢筋尺寸，是钢筋的外皮尺寸。它和钢筋的下料尺寸，不是一回事。

钢筋材料明细表			表 1-1
钢筋编号	简 图	规 格	数 量
①		$\phi 22$	2

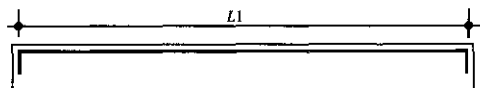


图 1-1

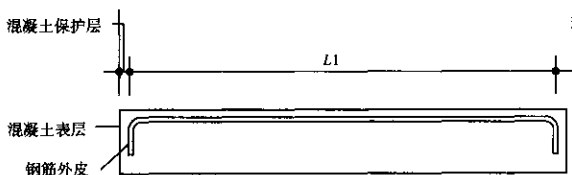


图 1-2

钢筋材料明细表（表 1-1）中简图栏的钢筋长度 $L1$ ，即图 1-1 所示。这个尺寸 $L1$ ，是出于构造的需要标注的。所以钢筋材料明细表中所标注的尺寸，就是这个尺寸。通常情况下，钢筋的边界线是从钢筋外皮到混凝土外表面的距离——保护层来考虑标注钢筋尺寸的。也可以这样说，这里的 $L1$ 是设计尺寸，不是钢筋加工下料的施工尺寸，见图 1-2。

切记住，钢筋混凝土结构图中标注的钢筋尺寸，是设计尺寸，不是下料尺寸。这里要指明的就是简图栏的钢筋长度 $L1$ 不能直接拿来下料的。

二、钢筋下料长度计算假说

钢筋加工变形以后，钢筋中心线的长度是不改变的。

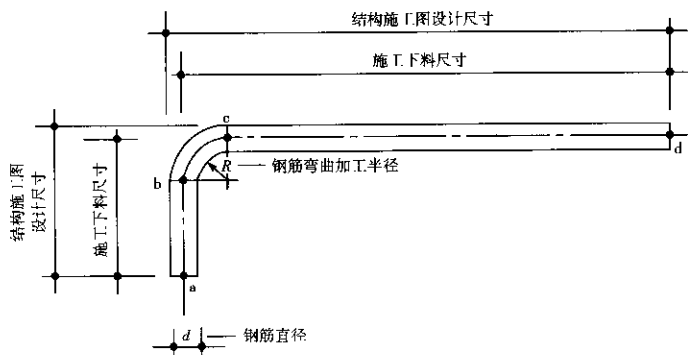


图 1-3

如图 1-3 所示，结构施工图上所示受力主筋的尺寸界限，是钢筋的外皮。实际上，钢筋加工下料的施工尺寸为：

$$ab + bc + cd$$

ab 为直线段；bc 线段为弧线；cd 为直线段。另外，箍筋的设计尺寸，通常是采用内皮标注尺寸的方法。不过，这也是从设计方便出发采用的。

三、钢筋下料长度计算的指导思想

计算钢筋下料长度，就是计算钢筋中心线的长度。钢筋下料长度计算的指导思想，是以科学、安全、质量、经济和施工方便为原则的。

钢筋工程是在框架和剪力墙结构施工中，技术性要求很高的工程，它极大地影响工程的质量。而且，成本所占比重也是很高的。

四、差值的加工意义

钢筋材料明细表的简图中，所标注外皮尺寸之和，大于钢筋中心线的长度。它所多出来的数值，就是差值。可用下式表示：

$$\text{钢筋外皮尺寸之和} - \text{钢筋中心线的长度} = \text{差值}$$

根据外皮尺寸所计算出来的差值，须乘以负号“-”后再运算。

1. 对于标注内皮尺寸的钢筋，其差值，随角度的不同，可能是正，也可能是负。

2. 对于围成圆环的钢筋，内皮尺寸就小于钢筋中心线的长度。所以，它不是负值，如图 1-4 所示。

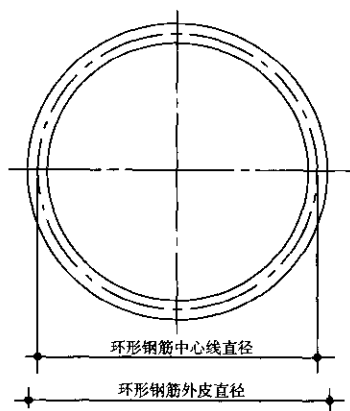


图 1-4

第三节 钢筋设计尺寸和施工下料尺寸

一、同样长梁中的有加工弯折的钢筋和直形钢筋

参看图 1-5、图 1-6。

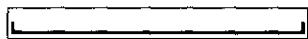


图 1-5

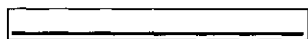


图 1-6

虽然图 1-5 中的钢筋和图 1-6 中的钢筋，两端都有相同距离的保护层，但是它们的中心线的长度并不相同。现在把它们的端部放大来看就清楚了。

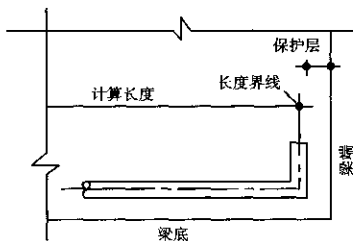


图 1-7

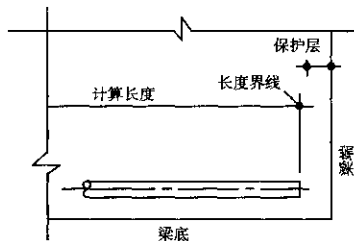


图 1-8

看过图 1-7 和图 1-8，经过比较就清楚多了。图 1-7 中右边钢筋中心线到梁端的距离，是保护层加二分之一钢筋直径。考虑两端的时候，其中心线长度要比图 1-8 中的短

了一个直径。

二、大于 90° 、小于或等于 180° 弯钩的设计标注尺寸

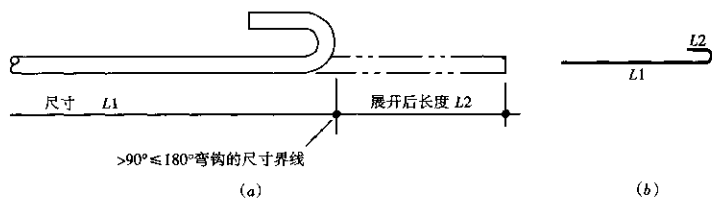


图 1-9

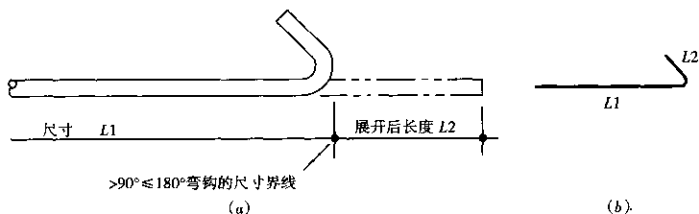


图 1-10

图 1-9 通常是结构设计尺寸的标注方法，也常与保护层有关；图 1-10 常用在拉筋的尺寸标注上。

三、内皮尺寸

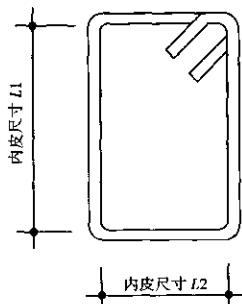


图 1-11

梁和柱中的箍筋，通常用内皮尺寸标注，这样便于设计。因为梁、柱截面的高、宽尺

寸，各减去保护层厚度，就是箍筋的高、宽内皮尺寸。见图 1-11。

四、用于 30°、60°、90°斜筋的辅助尺寸

遇到有弯折的斜筋，需要标注尺寸时，除了沿斜向标注它的外皮尺寸外，还要把斜向尺寸当作直角三角形的斜边，而另外标注出它的两个直角边的尺寸。见图 1-12。

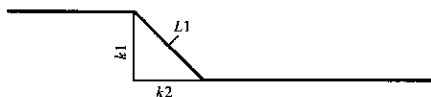


图 1-12

从图 1-12 上，并看不出是不是外皮尺寸。如果再看图 1-13，就可以知道它是外皮尺寸了。

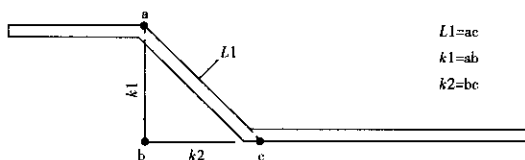


图 1-13

练 习 一

1. 结构施工图中所标注的钢筋尺寸，和钢筋的下料尺寸，是不是一回事？
2. 钢筋下料长度计算假说，是指什么说的？
3. 梁端部不带钩的通长筋，与端部带钩的通长筋，它们的外皮尺寸是否一样？为什么？
4. 梁端部钩上标注的钢筋尺寸，是代表什么尺寸？
5. 斜筋的辅助尺寸是代表外皮尺寸，还是代表内皮尺寸？

第二章 基本公式

第一节 差值种类

前面讲过，结构施工图上所标注的钢筋长度尺寸，与钢筋加工下料的长度尺寸之间的差，叫做“差值”。差值通常是负值，但是，也有时是正值。差值分为外皮差值和内皮差值两种。

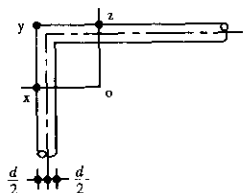


图 2-1

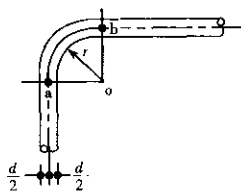


图 2-2

一、外皮差值

图 2-1 是结构施工图上 90°弯折处的钢筋，它是沿外皮 $xy+yz$ 衡量尺寸的；而图 2-2 弯曲处的钢筋，则是沿钢筋的中和轴（钢筋被弯曲后，既不伸长也不缩短的钢筋中心轴线） ab 弧线的弧长。因此，折线 $xy+yz$ 长度与弧线的弧长 ab 之间的差值，称为“外皮差值”。 $xy+yz > ab$ 。外皮差值通常用于受力主筋弯曲加工下料计算。

二、内皮差值

图 2-3 是结构施工图上 90°弯折处的钢筋，它是沿内皮 $(xy+yz)$ 衡量尺寸的；而图 2-4 弯曲处的钢筋，则是沿钢筋的中和轴弧线 ab 衡量尺寸的。因此，折线 $(xy+yz)$ 长度与弧线的弧长 ab 之间的差值，称为“内皮差值”。 $(xy+yz) > ab$ 。内皮差值通常用于箍

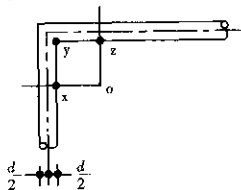


图 2-3

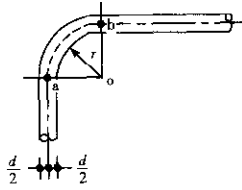


图 2-4

筋弯曲加工下料计算。即 90° 内皮折线 ($xy+yz$) 仍然比弧线 ab 长。

第二节 外皮差值公式推导

一、角度基准

钢筋弯曲前的原始状态——笔直的钢筋，弯折以前为零度。这个零度的钢筋轴线，就是“角度基准”。

如图 2-5 所示，部分弯折后钢筋轴线，与弯折以前的钢筋轴线（点划线），所夹成的角度就是加工弯曲角度。

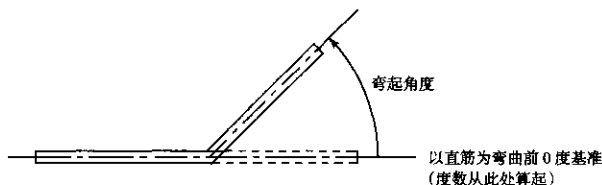


图 2-5

二、小于或等于 90° 钢筋弯曲外皮差值计算公式

图 2-6 是推导等于或小于 90° 弯曲加工钢筋时，计算差值的例子。钢筋的直径大小为 d ；钢筋弯曲的加工半径为 R 。钢筋加工弯曲后，钢筋内皮 p 、 q 间弧线，就是以 R 为半径的弧线。

题设钢筋弯折的角度为 α° 。

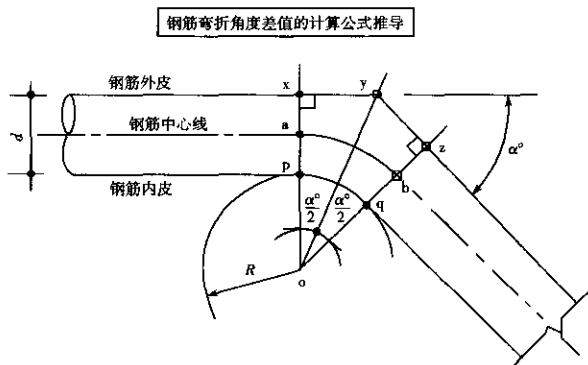


图 2-6

解:

自 o 点引线垂直交水平钢筋外皮线于 x 点, 再从 o 点引线垂直交倾斜钢筋外皮线于 z 点。∠xoz 等于 α° 。oy 平分 ∠xoz, 得到两个 $\alpha^\circ/2$ 。

前面讲过, 钢筋加工弯曲后, 钢筋中心线的长度是不会改变的。xy 加 yz 之和的展开长度, 同弧线展开的长度之差, 就是所求的差值。

$$\overline{XY} = \overline{YZ} = (R+d) \times \operatorname{tg} \frac{\alpha^\circ}{2}$$

$$\overline{XY} + \overline{YZ} = 2 \times (R+d) \times \operatorname{tg} \frac{\alpha^\circ}{2}$$

$$\widehat{AB} = \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \alpha$$

$$\overline{XY} + \overline{YZ} - \widehat{AB} = 2 \times (R+d) \times \operatorname{tg} \frac{\alpha^\circ}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \alpha$$

以角度 α° 、弧度 α 和 R 为变量计算外皮差值公式: $2 \times (R+d) \times \operatorname{tg} \frac{\alpha^\circ}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \alpha$ (2-1)

α° ——角度

α ——弧度

α 为弧度, α° 为角度, 注意区别。

用角度 α° 换算弧度 α 的公式:

$$\text{弧度} = \pi \times \text{角度} / 180^\circ \quad (2-2)$$

$$(\text{即 } \alpha = \pi \times \alpha^\circ / 180^\circ)$$

公式 (2-1) 中也可以包含把角度换算成弧度公式, 如公式 (2-3):

$$2 \times (R+d) \times \operatorname{tg} \frac{\alpha^\circ}{2} - \left(R + \frac{d}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha^\circ}{180^\circ} \quad (2-3)$$

三、钢筋加工弯曲半径的设定

常用钢筋加工弯曲半径 R 表

表 2-1

钢筋用途	钢筋加工弯曲半径 R
HPB235 级 ^① 箍筋、拉筋	2.5 倍箍筋直径 d 且 ≥ 主筋直径/2
HPB235 级 ^① 主筋	≥ 1.25 倍钢筋直径 d
HRB335 级 ^② 主筋	≥ 2 倍钢筋直径 d
HRB400 级 ^② 主筋	≥ 2.5 倍钢筋直径 d
平法框架主筋直径 d ≤ 25mm	4 倍钢筋直径 d
平法框架主筋直径 d > 25mm	6 倍钢筋直径 d
平法框架顶层边节点主筋直径 d ≤ 25mm	6 倍钢筋直径 d
平法框架顶层边节点主筋直径 d > 25mm	8 倍钢筋直径 d
轻骨料混凝土结构构件 HPB235 级主筋	≥ 3.5 倍钢筋直径 d

①HPB235、HRB335、HRB400 就是工地上习惯说的 I 级、II 级和 III 级钢筋。

【例 2-1】图 2-7 为钢筋表中的简图。并且已知钢筋是非框架结构构件 HPB235 级主筋, 直径 d=22mm。求钢筋加工弯曲前, 所需备料切下的实际长度。

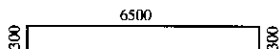


图 2-7

解:

1. 查表 2-1, 得知钢筋加工弯曲半径 $R=1.25$ 倍钢筋直径 $d=22\text{mm}$;
2. 由图 2-7 知, $\alpha^\circ=90^\circ$;
3. 计算与 $\alpha^\circ=90^\circ$ 相对应的弧度值 $\alpha=\pi \times 90^\circ/180^\circ=1.57$;
4. 将 $R=1.25d$ 、 $d=22$ 、角度 $\alpha^\circ=90^\circ$ 和弧度 $\alpha=1.57$ 代入公式 (2-1) 中求一个 90° 弯钩的差值为:

$$\begin{aligned} & 2 \times (1.25 \times 22 + 22) \times \text{tg}(90^\circ/2) - (1.25 \times 22 + 22/2) \times 1.57 \\ &= 99 \times 1 - 60.445 \\ &= 38.555\text{mm} \end{aligned}$$

5. 下料长度为:

$$6500 + 300 + 300 - 2 \times 38.555 = 7022.9\text{mm}$$

第三节 内皮差值公式推导

一、小于或等于 90° 钢筋弯曲内皮差值计算公式

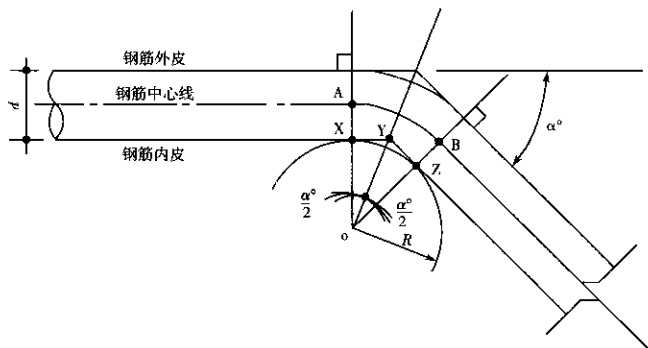


图 2-8

折线的长度	$\overline{XY} = \overline{YZ} = R \times \text{tg} \frac{\alpha^\circ}{2}$
二折线之和的展开长度	$\overline{XY} + \overline{YZ} = 2 \times R \times \text{tg} \frac{\alpha^\circ}{2}$
弧线展开长度	$\widehat{AB} = \left(R + \frac{\alpha}{2}\right) \times \pi \times \frac{\alpha^\circ}{180^\circ}$

以角度 α 和 R 为变量计算内皮差值公式:

$$\overline{XY} + \overline{YZ} - \widehat{AB} = 2 \times R \times \operatorname{tg} \frac{\alpha^\circ}{2} - \left(R + \frac{d}{2} \right) \times \pi \times \frac{\alpha^\circ}{180^\circ} \quad (2-4)$$

【例 2-2】图 2-9 为钢筋表中的简图。并且已知钢筋是非框架结构构件 HPB235 级主筋，直径 $d=22\text{mm}$ 。求钢筋加工弯曲前，所需备料切下的实际长度。

解:

1. 查表 2-1，得知钢筋加工弯曲半径 $R=1.25$ 倍钢筋直径 $d=22\text{mm}$;

2. 由图 2-9 知， $\alpha^\circ=90^\circ$;

3. 计算 α 的弧度值 $=90^\circ \times \pi/180^\circ=1.57$

4. 将 $R=1.25d$ 、 $d=22$ 、“ α° ” $=90^\circ$ 和弧度 $\alpha=1.57$ 代入公式 2-4 中求一个 90° 弯钩的差值

$$\begin{aligned} & 2 \times 1.25d \times \operatorname{tg}(90^\circ/2) - (1.25d + d/2) \times 1.57 \\ &= 2.5d - 1.75d \times 1.57 \\ &= 55 - 38.5 \times 1.57 \\ &= 5.445\text{mm} \end{aligned}$$

5. 下料长度为:

$$\begin{aligned} & 6456 + 278 + 278 - 2 \times (-5.445) \\ &= 6456 + 278 + 278 + 10.89 \\ &= 7022.89\text{mm} \end{aligned}$$

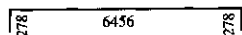


图 2-9

第四节 中心线法计算弧线展开长度

一、 180° 弯钩弧长

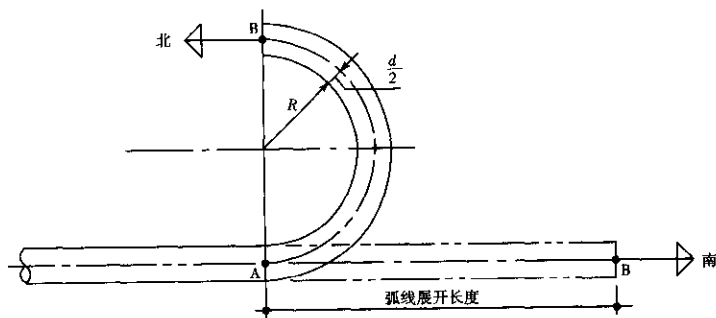


图 2-10

180°弯钩的展开弧线长度，也可以把它看成是由两个 90°弯钩组合而成。

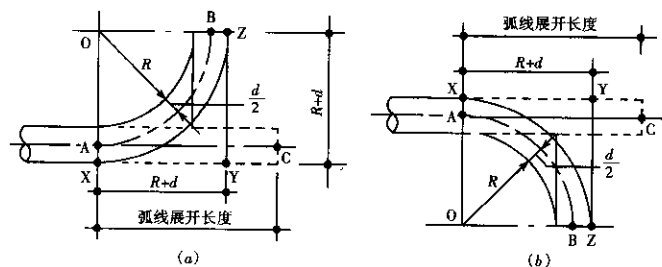


图 2-11

参看图 2-11，仍可以按照“外皮法”计算，结果是一样的。相当于把图 2-11 (a) 和图 2-11 (b) 加起来。它们都是：

$$\text{外皮法 } 180^\circ \text{ 弯钩弧长} = 4 \times (R+d) - 2 \times \text{差值} \quad (2-5)$$

结果是一样。

参看图 2-10，“用中心线法”计算 180°弯钩的钢筋长度时，则

$$\text{中心线法 } 180^\circ \text{ 弯钩弧长} = (R+d/2) \times \pi \quad (2-6)$$

验算：设 $d=10\text{mm}$ ； $R=2.5d$ ；差值 $=2.288d$ 。试用公式 (2-5)、(2-6) 分别计算之。

公式 (2-5) 外皮差值法：

$$4 \times (2.5 \times 10 + 10) - 2 \times 2.288 \times 10 = 94.24\text{mm}$$

公式 (2-6) 中心线法：

$$(2.5 \times 10 + 10/2) \times \pi = 94.24\text{mm}$$

计算结果证明两法一致。

二、135°弯钩弧长

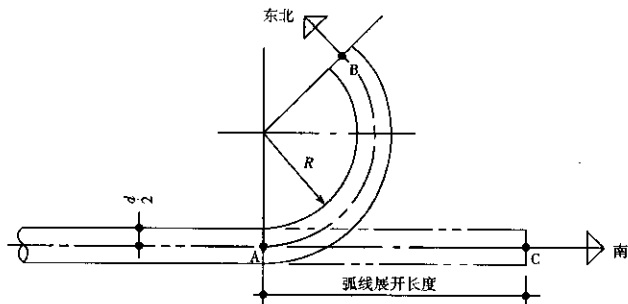


图 2-12

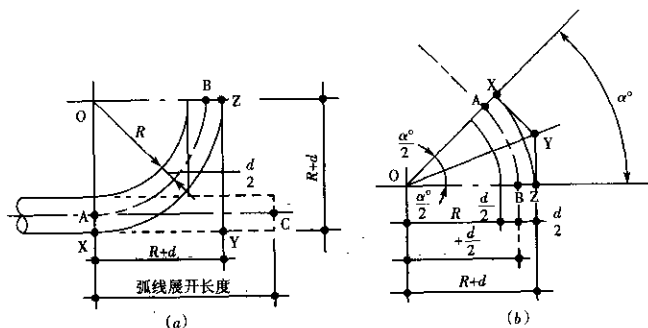


图 2-13

135°弯钩的展开弧线长度，也可以把它看成是由一个 90°弯钩和一个 45°弯钩的展开弧线长度组合而成。参看图 2-12，仍可以按照“外皮法”计算，结果是一样的。相当于把图 2-13 (a) 和图 2-13 (b) 加起来。

为了便于比较，这里还是先按照“外皮法”计算。

设箍筋 $d=10\text{mm}$ ， $R=2.5d$ ；差值 $=2.288d$ 。

外皮法：

1. 计算图 2-13 (a) 部分， $\alpha^\circ=45^\circ$ 。

$$\begin{aligned} & 2 \times (R+d) \times \text{tg}(\alpha^\circ/2) - 0.543d \\ &= 2 \times (2.5 \times 10 + 10) \times \text{tg}(45^\circ/2) - 0.543 \times 10 \\ &= 70 \times 0.414 - 5.43 \\ &= 23.55\text{mm} \end{aligned}$$

2. 计算图 2-13 (b) 部分， $\alpha^\circ=90^\circ$ 。

$$\begin{aligned} & 2 \times (R+d) \times \text{tg}(90^\circ/2) - 2.288d \\ &= 2 \times (2.5 \times 10 + 10) \times 1 - 2.288 \times 10 \\ &= 70 - 22.88 \\ &= 47.12\text{mm} \end{aligned}$$

3. $23.55 + 47.12 = 70.67\text{mm}$

中心线法：

$$\begin{aligned} & (R+d/2) \times \pi \times 135^\circ / 180^\circ \\ &= (2.5 \times 10 + 10/2) \times \pi \times 3/4 \\ &= 70.68\text{mm} \end{aligned}$$

135°弯钩的展开弧线长度的中心线法公式：

$$\text{中心线法 } 135^\circ \text{弯钩弧长} = (R+d/2) \times \pi \times 3/4 \quad (2-7)$$

三、90°弯钩的展开弧线长度的中心线法公式

由图 2-14 可得：

中心线法 90°弯钩弧长 = $(R + d/2) \times \pi/2$

(2-8)

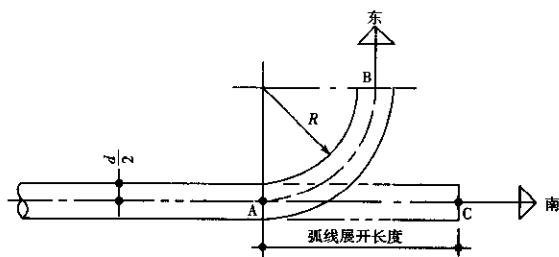


图 2-14

四、60°弯钩的展开弧线长度的中心线法

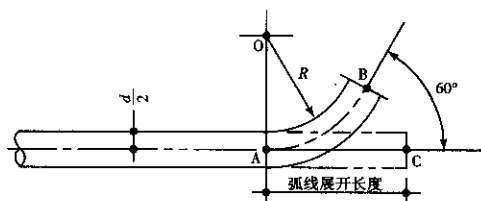


图 2-15

由图 2-15 可得：

中心线法 60°弯钩弧长 = $(R + d/2) \times \pi/3$

(2-9)

五、45°弯钩的展开弧线长度的中心线法

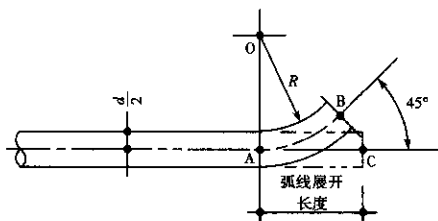


图 2-16

由图 2-16 可得:

$$45^\circ \text{弯钩的展开弧线长度} = (R + d/2) \times \pi/4 \quad (2-10)$$

六、30°弯钩的展开弧线长度的中心线法公式

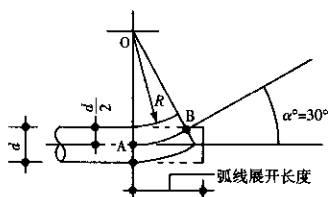


图 2-17

由图 2-17 可得:

$$30^\circ \text{弯钩的展开弧线长度} = (R + d/2) \times \pi/6 \quad (2-11)$$

七、圆环的展开弧线长度的中心线法公式

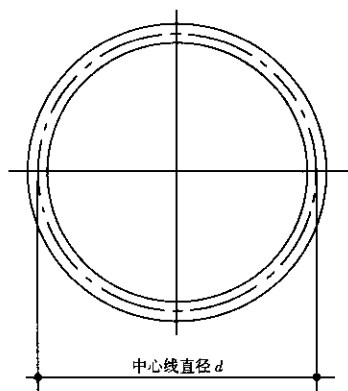


图 2-18

由图 2-18 可得:

$$\text{圆环的展开弧线长度} = d \times 2\pi \quad (2-12)$$

第五节 弯曲钢筋差值表

一、标注钢筋外皮尺寸的差值表

钢筋外皮尺寸的差值表之一

表 2-2

弯曲角度	箍 筋	HPB235 级主筋	平法框架主筋		
	$R=2.5d$	$R=1.25d$	$R=4d$	$R=6d$	$R=8d$
30°	0.305d	0.29d	0.323d	0.348d	0.373d
45°	0.543d	0.49d	0.608d	0.694d	0.78d
60°	0.9d	0.765d	1.061d	1.276d	1.491d
90°	2.288d	1.751d	2.931d	3.79d	4.648d
135°	2.831d	2.24d	3.539d	4.484d	5.428d
180°	4.576d	3.502d			

注意：(1) 135°和 180°的差值必须具备准确的外皮尺寸值；

(2) $d \leq 25\text{mm}$ 时， $R=4d$ (6d)； $d > 25\text{mm}$ ， $R=6d$ (8d)。括号内为顶层边节点要求。

根据表 2-2 中 HPB235 级主筋 180°外皮尺寸的差值，回过头来把例 2-1 的图 2-7 验算一下。它的下料尺寸应为

$$6500 + 300 + 300 - 3.502 \times 22 = 7022.955\text{mm}$$

结果与例 2-1 的计算答案一样。

钢筋外皮尺寸的差值表之二

表 2-3

弯曲角度	HRB335 级主筋	HRB400 级主筋	轻骨料中 HPB235 级主筋
	$R=2d$	$R=2.5d$	$R=1.75d$
30°	0.299d	0.305d	0.296d
45°	0.522d	0.543d	0.511d
60°	0.846d	0.9d	0.819d
90°	2.073d	2.288d	1.966d
135°	2.595d	2.831d	2.477d
180°	4.146d	4.576d	3.932d

注意：135°和 180°的差值必须具备准确的外皮尺寸值

135°的弯曲差值，要画出它的外皮线。参见图 2-19，外皮线的总长度为

$$wx + xy + yz$$

下料长度为

$$wx + xy + yz - 135^\circ \text{的差值}$$

如按图 2-19 推导算式时，则

$$90^\circ \text{弯钩的展开弧线长} = 2 \times (R+d) + 2 \times (R+d) \times \text{tg}(\alpha^\circ/2) - 135^\circ \text{的差值}$$

(2-13)

利用前面例子，仍设箍筋 $d=10\text{mm}$ ； $R=2.5d$ ； $\alpha^\circ=45^\circ$ ；差值 $=2.831\times d$ 。

则有

$$2\times(2.5\times10+10)+2\times(2.5\times10+10)\times\text{tg}22.5^\circ-28.31$$

$$=70+70\times0.414-28.31$$

$$=70.67\text{mm}$$

与前面例子计算的结果一致。

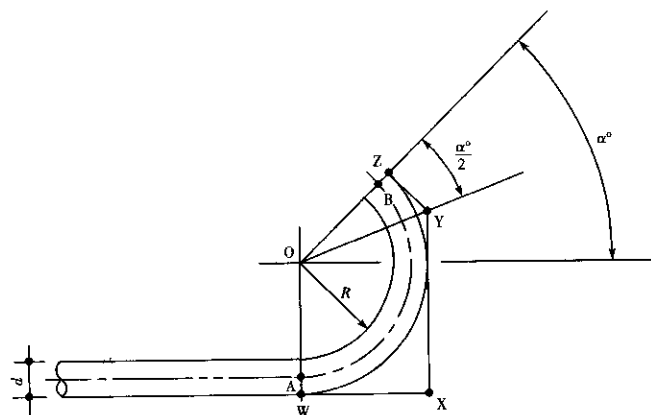


图 2-19

二、标注钢筋内皮尺寸的差值表

通常箍筋标注内皮尺寸。

钢筋内皮尺寸的差值表

表 2-4

弯曲角度	箍筋 (直径 d)
	$R=2.5d$
30°	$-0.231d$
45°	$-0.285d$
60°	$-0.255d$
90°	$0.288d$
135°	$0.003d$
180°	$0.576d$

第六节 钢筋端部弯钩尺寸

钢筋端部弯钩，系指大于 90° 的弯钩。

一、135°钢筋端部弯钩尺寸标注方法

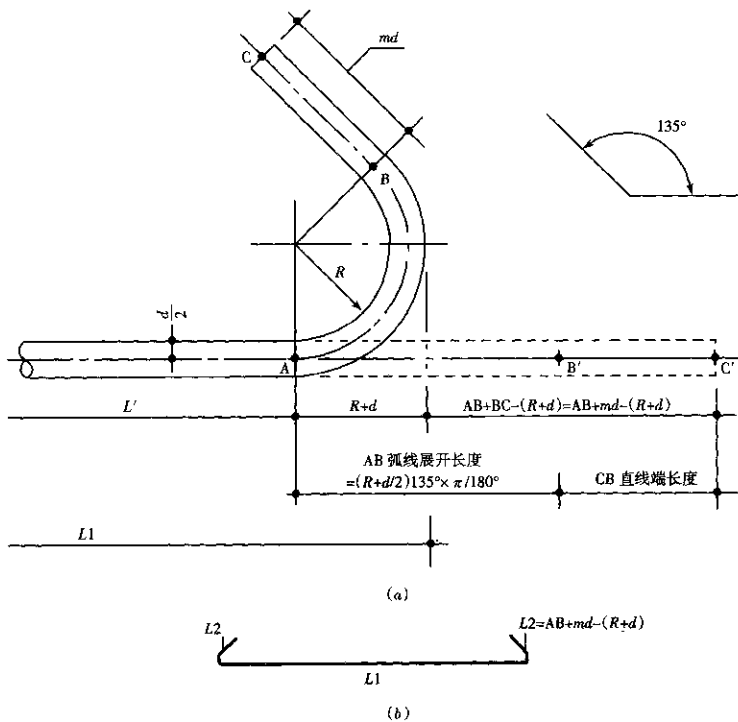


图 2-20

参看图 2-20 (a), AB 弧线展开长度是 AB' 。BC 是钩端的直线部分。从 A 点起弯起, 向上一直到直线上端 C 点。展开以后, 就是 AC' 线段。 L' 是钢筋的水平部分; $R+d$ 是钢筋弯曲部分外皮的水平投影长度。图 2-20 (b) 是施工图上简图尺寸注法。钢筋两端弯曲加工后, 外皮间尺寸就是 $L1$ 。两端以外剩余的长度 $AB+BC-(R+d)$ 就是 $L2$ 。

钢筋弯曲加工后的外皮的水平投影长度 $L1$ 为

$$L1 = L' + 2(R+d) \quad (2-14)$$

$$L2 = AB + BC - (R+d) \quad (2-15)$$

二、180°钢筋端部弯钩尺寸标注方法

参看图 2-21 (a), AB 弧线展开长度是 AB' 。BC 是钩端的直线部分。从 A 点起弯起, 向上一直到直线上端 C 点。展开以后, 就是 AC' 线段。 L' 是钢筋的水平部分; $R+d$

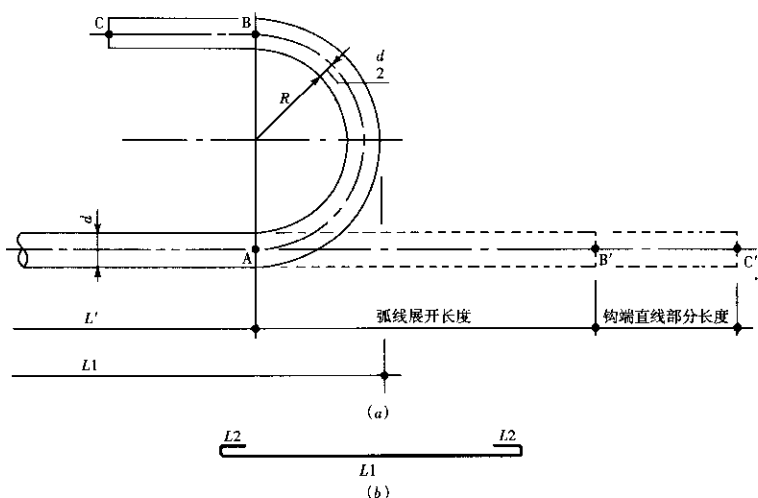


图 2-21

是钢筋弯曲部分外皮的水平投影长度。图 2-21 (b) 是施工图上简图尺寸注法。钢筋两端弯曲加工后，外皮间尺寸就是 L_1 。两端以外剩余的长度 $AB+BC-(R+d)$ 就是 L_2 。

钢筋弯曲加工后的外皮的水平投影长度 L_1 为

$$L_1 = L' + 2(R+d) \quad (2-14)'$$

$$L_2 = AB+BC-(R+d) \quad (2-15)'$$

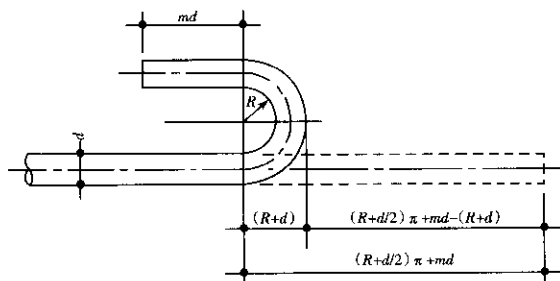


图 2-22

【例 2-3a】参看图 2-22。

设纵向受力钢筋直径为 d 加工 180° 端部弯钩； $R=1.25d$ ；钩端直线部分为 md 。当 $m=3$ 时，问在施工图上， L_2 值等于多少？

解:

$$L2 = (R + d/2)\pi + md - (R + d)$$

代入 m 、 R 值, 则

$$\begin{aligned} & (1.25d + d/2)\pi + 3d - (1.25d + d) \\ &= 1.75d\pi + 3d - 2.25d \\ &\approx 6.25d \end{aligned}$$

钢筋弯曲加工后的 180° 端部弯钩标注尺寸, 也就是大家都知道的 $6.25d$ 。见图 2-23。

【例 2-3b】

设箍筋直径为 d ; $R = 2.5d$; 钩端直线部分为 $3d$ 。

问 $L2$ 值等于多少?

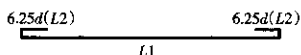


图 2-23

解:

$$\begin{aligned} L2 &= (R + d/2)\pi + 3d - (R + d) \\ &= (2.5d + d/2)\pi + 3d - (2.5d + d) \\ &= 3d\pi + 3d - 3.5d \\ &= 3d\pi - 0.5d \\ &\approx 8.924d \end{aligned}$$

三、常用弯钩端部长度表

这里把钢筋端部弯钩处的 30° 、 45° 、 60° 、 90° 和 135° 几种情况, 列成计算表格便于查阅。见表 2-5。

常用弯钩端部长度表

表 2-5

弯起角度	钢筋弧中心线长度	钩端直线部分长度	合计长度
30°	$(R + \frac{d}{2}) \times 30^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ}$	$10d$	$(R + d/2) \times 30^\circ \times \pi/180^\circ + 10d$
		$5d$	$(R + d/2) \times 30^\circ \times \pi/180^\circ + 5d$
		75mm	$(R + d/2) \times 30^\circ \times \pi/180^\circ + 75\text{mm}$
45°	$(R + \frac{d}{2}) \times 45^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ}$	$10d$	$(R + d/2) \times 45^\circ \times \pi/180^\circ + 10d$
		$5d$	$(R + d/2) \times 45^\circ \times \pi/180^\circ + 5d$
		75mm	$(R + d/2) \times 45^\circ \times \pi/180^\circ + 75\text{mm}$
60°	$(R + \frac{d}{2}) \times 60^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ}$	$10d$	$(R + d/2) \times 60^\circ \times \pi/180^\circ + 10d$
		$5d$	$(R + d/2) \times 60^\circ \times \pi/180^\circ + 5d$
		75mm	$(R + d/2) \times 60^\circ \times \pi/180^\circ + 75\text{mm}$
90°	$(R + \frac{d}{2}) \times 90^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ}$	$10d$	$(R + d/2) \times 90^\circ \times \pi/180^\circ + 10d$
		$5d$	$(R + d/2) \times 90^\circ \times \pi/180^\circ + 5d$
		75mm	$(R + d/2) \times 90^\circ \times \pi/180^\circ + 75\text{mm}$
135°	$(R + \frac{d}{2}) \times 135^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ}$	$10d$	$(R + d/2) \times 135^\circ \times \pi/180^\circ + 10d$
		$5d$	$(R + d/2) \times 135^\circ \times \pi/180^\circ + 5d$
		75mm	$(R + d/2) \times 135^\circ \times \pi/180^\circ + 75\text{mm}$
180°	$(R + \frac{d}{2}) \times \pi$	$10d$	$(R + d/2) \times \pi + 10d$
		$5d$	$(R + d/2) \times \pi + 5d$
		75mm	$(R + d/2) \times \pi + 75\text{mm}$
		$3d$	$(R + d/2) \times \pi + 3d$

【例 2-4】

图 2-24 所示是具有标注外皮尺寸的 135°HPB235 级主筋弯钩，试求它的展开实长。

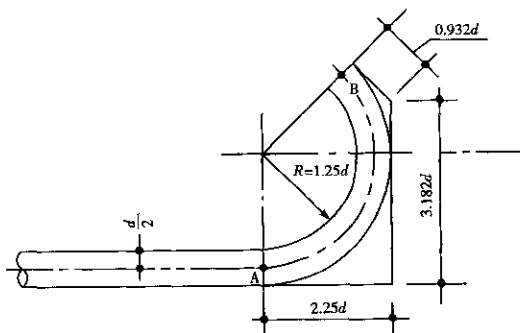


图 2-24

解：

利用三个外皮尺寸的和，减去外皮差值。查表 2-2 知外皮差值为 2.24d。

$$AB = 2.25d + 3.182d + 0.932d - 2.24d$$

$$= 4.124d$$

另从表 2-5 中，135°钢筋弧中心线长度栏得知，验证是正确的。

【例 2-5】

图 2-25 所示，是具有标注外皮尺寸的 HPB235 级主筋 180°弯钩，试求钩处标注尺寸。

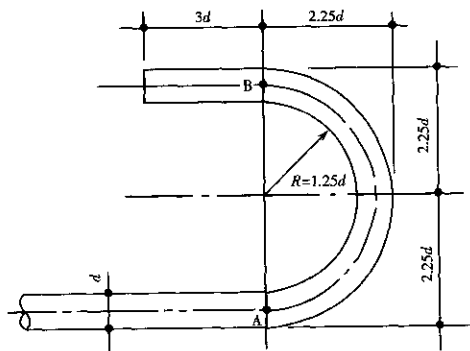


图 2-25

解：

先算出 A 点以外的展开长度，减去 2.25d 和两个外皮差值（查表 2-2 知外皮差值）

$2 \times 1.751d$, 再加上 $3d$ 。

$$3 \times 2.25d - 2 \times 1.751d + 3d \approx 6.25d$$

这就是大家所熟悉的 $6.25d$, 验证是正确的。

练 习 二

1. 什么是内皮尺寸法? 试述它的用途。
2. 什么是外皮尺寸法? 它与内皮尺寸法, 有何不同?
3. 试述差值的意义。差值有几种?
4. 什么是中心线法? 使用中心线法计算时, 用不用差值? 为什么?
5. 钢筋下料有几种算法?
6. 圆环钢筋如何计算?
7. 试将【例 2-1】中的图 2-7 外皮尺寸, 改成内皮尺寸, 并按内皮尺寸法计算出下料尺寸, 最后再与【例 2-1】中的答案对照, 是否一致?
8. 试将【例 2-1】中的直径 d , 由 22mm 改为 20mm, 重新计算之。
9. 有一钢筋闭合圆环, 钢筋直径 $d=20\text{mm}$, 环的外径为 300mm, 试求其下料长度。
10. 有一两端为 180° 弯钩的钢筋, 已知 $d=20\text{mm}$, $R=1.2d$, $md=5d$ 。试求其端钩的标注尺寸。
11. 有一段圆弧形钢筋, 中心角为 135° , $d=20\text{mm}$, $R=1.2d$, 试求其下料长度。

第三章 箍 筋

第一节 箍 筋 概 念

过去箍筋的样式有三种，现在施工图上多采用图 3-1 (c)。

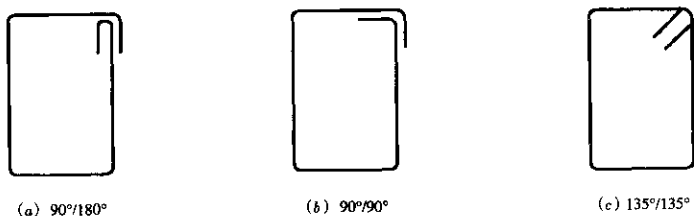


图 3-1 箍筋示意图

图 3-1 (a) 90°/180°和 (b) 90°/90°，用于非抗震结构；(c) 135°/135°用于平法框架抗震结构或非抗震结构中。

第二节 根据箍筋的内皮尺寸计算钢筋下料尺寸

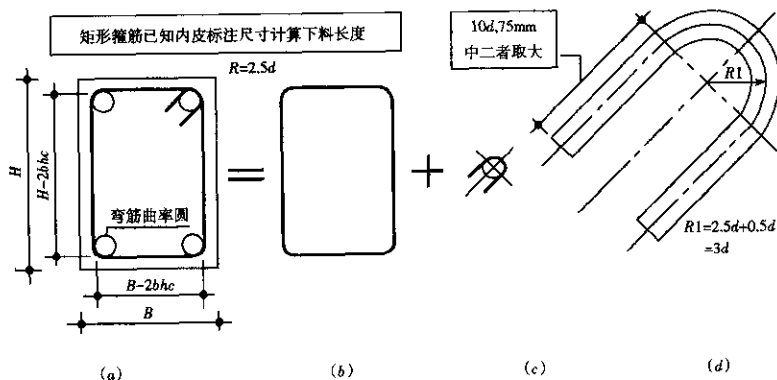


图 3-2

图 3-2 (a) 是绑扎在梁柱中的箍筋 (已经弯曲加工完的)。为了便于计算, 假想它是由两个部分组成: 一个是图 3-2 (b); 一个是图 3-2 (c)。图 3-2 (b) 是一个闭合的矩形, 但是, 四个角是以 $R=2.5d$ 为半径的弯曲圆弧。图 3-2 (c) 里, 有一个半圆, 它是由一个半圆和两个相等的直线组成。图 3-2 (d) 为图 3-2 (c) 的放大。

下面根据图 3-2 (b) 和图 3-2 (c), 分别计算, 加起来就是箍筋的下料长度。

图 3-2 (b) 部分

$$\begin{aligned} \text{长度} &= \text{内皮尺寸} - 4 \times \text{差值} \\ &= 2(H-2bhc) + 2(B-2bhc) - 4 \times 0.288d \\ &= 2H + 2B - 8bhc - 1.152d \end{aligned}$$

图 3-2 (c) 部分

$$\begin{aligned} \text{半圆中心线长: } 3d\pi &\approx 9.424d \\ \text{端钩的弧线和直线段长度:} \\ 10d > 75\text{mm 时 } 9.424d + 2 \times 10d &= 29.424d \\ 75\text{mm} > 10d \text{ 时 } 9.424d + 2 \times 75 & \end{aligned}$$

$$10d > 75\text{mm 时: } \boxed{\text{箍筋下料长度} = 2H + 2B - 8bhc + 28.272d} \quad (3-1)$$

$$75\text{mm} > 10d \text{ 时: } \boxed{\text{箍筋下料长度} = 2H + 2B - 8bhc + 8.272d + 150} \quad (3-2)$$

式中 bhc 代表保护层。

图 3-2 (b) 是带有圆角的矩形, 四边的内部尺寸, 减去内皮法的钢筋弯曲加工的 90° 差值就是这个矩形的长度。

图 3-2 (c) 是由半圆和两段直筋组成。半圆圆弧的展开长度, 是由它的中心线的展开长度来决定的。中心线的圆弧半径为 $R+d/2$, 半圆圆弧的展开长度是 $(R+d/2)$ 乘以 π 。箍筋的下料长度, 要注意钩端的直线长度的规定, 是 $10d$ 大? 还是 75mm 大? 可由公式 (3-1) 及公式 (3-2) 判断。

对上面两个公式, 进行进一步分析推导, 发现因箍筋直径大小不同, 当直径为 6.5mm 时, 采用公式 (3-2), 直径大于或等于 8mm 的钢筋, 采用公式 (3-1)。也就是

$$10 \times 8\text{mm} > 75\text{mm}$$

$$75\text{mm} > 10 \times 6\text{mm}$$

上面两个公式, 是用来进行钢筋下料的。下面讲一下箍筋各段尺寸的标注。

图 3-3 是放大的部分箍筋图。由于是内皮尺寸, 所以混凝土的保护层里侧界线, 就是箍筋的内皮尺寸界线。箍筋的四个框尺寸中, 左框的内皮尺寸和底框的内皮尺寸好标注, 因为它们就是根据保护层间的距离来标注的。

箍筋的上框 (L4) 内皮尺寸是由三个部分组成: 箍筋左框内皮到钢筋弯曲中心的长度; 加上 135° 弯曲钢筋中心线长度; 再加上末端直线钢筋长度。

箍筋的右框 (L3) 内皮尺寸也是由三个部分组成: 箍筋底框里皮到钢筋弯曲中心的长度; 加上 135° 弯曲钢筋中心线长度; 再加上末端直线钢筋长度。

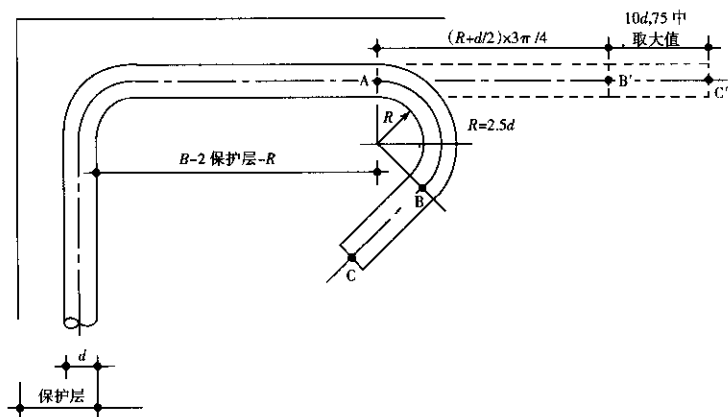


图 3-3

由图 3-3 和图 3-4 得知，可以把箍筋的四个框内皮尺寸的算法，归纳如下。

$$\text{箍筋左框 } L1 = H - 2bhc \quad (3-3)$$

$$\text{箍筋底框 } L2 = B - 2bhc \quad (3-4)$$

$$\text{箍筋右框 } L3 = H - 2bhc - R + (R + d/2)3\pi/4 + 10d \quad \text{用于 } 10d > 75 \quad (3-5)$$

$$\text{箍筋右框 } L3 = H - 2bhc - R + (R + d/2)3\pi/4 + 75 \quad \text{用于 } 75 > 10d \quad (3-6)$$

$$\text{箍筋上框 } L4 = B - 2bhc - R + (R + d/2)3\pi/4 + 10d \quad \text{用于 } 10d > 75 \quad (3-7)$$

$$\text{箍筋上框 } L4 = B - 2bhc - R + (R + d/2)3\pi/4 + 75 \quad \text{用于 } 75 > 10d \quad (3-8)$$

式中 bhc ——保护层；

R ——弯曲半径；

d ——钢筋直径；

H ——梁柱截面高度；

B ——梁柱截面宽度。

现在再把公式 (3-5)、(3-6)、(3-7) 和 (3-8) 整理一下。

$$\text{箍筋右框 } L3 = H - 2bhc + 14.568d \quad \text{用于 } 10d > 75 \quad (3-5')$$

$$\text{箍筋右框 } L3 = H - 2bhc + 4.568d + 75 \quad \text{用于 } 75 > 10d \quad (3-6')$$

$$\text{箍筋上框 } L4 = B - 2bhc + 14.568d \quad \text{用于 } 10d > 75 \quad (3-7')$$

$$\text{箍筋上框 } L4 = B - 2bhc + 4.568d + 75 \quad \text{用于 } 75 > 10d \quad (3-8')$$

如图 3-5，箍筋的内皮尺寸注法，是写在箍筋简图的里侧。下面验算一下箍筋下料公式 (3-1)、(3-2) 是否与公式 (3-3) 到 (3-8) 一致。

现在先把公式 (3-3)、(3-4)、(3-5) 和 (3-7) 加起来，减去三个角的内皮差值，看看是不是等于箍筋下料公式 (3-1)？

箍筋下料长度等于：

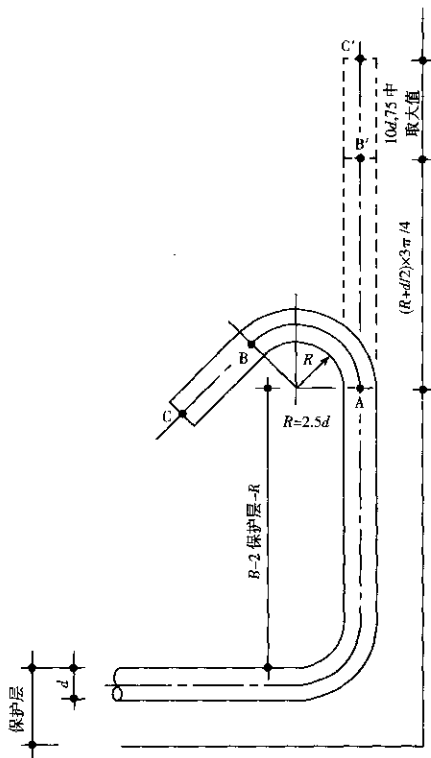


图 3-4

$$H-2bhc+B-2bhc+H-2bhc-R+(R+d/2)3\pi/4+10d+B-2bhc \\ -R+(R+d/2)3\pi/4+10d-3\times 0.288d$$

$$=2H+2B-8bhc-2R+2(R+d/2)3\pi/4+20d-0.864d$$

$$\because R=2.5d$$

$$\therefore \text{代入式中得下料长度} = 2H+2B-8bhc-5d+2(2.5dR+d/2)3\pi/4+20d-0.864d \\ = 2H+2B-8bhc-5d+18d\pi/4+20d-0.864d \\ = 2H+2B-8bhc+29.173d-0.864d \\ \approx 2H+2B-8bhc+28.273d$$

计算结果与公式 (3-1) 一致。公式 (3-3)、(3-4)、(3-5) 和 (3-7) 是用做钢筋弯曲加工；而公式 (3-1) 是用做钢筋下料的，各有用处。但是，它们的用料必须一致。

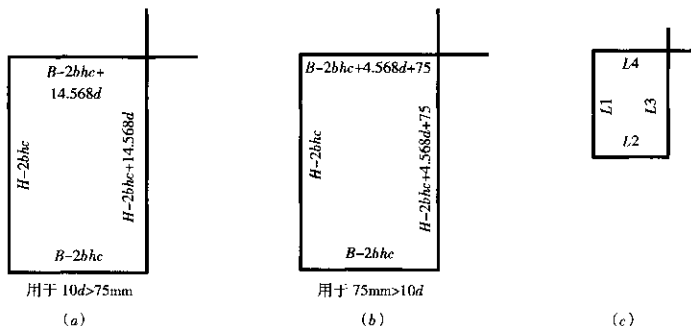


图 3-5

现在再把公式 (3-3)、(3-4)、(3-65) 和 (3-87) 加起来，减去三个角的差值，看看是不是等于箍筋下料公式 (3-2)?

箍筋下料长度等于：

$$\begin{aligned}
 & H-2bhc+B-2bhc+H-2bhc-R+(R+d/2)3\pi/4+75+B-2bhc \\
 & -R+(R+d/2)3\pi/4+75-3\times 0.288d \\
 & \because R=2.5d \\
 & \therefore \text{下料长度}=2H+2B-8bhc-5d+2(2.5d+d/2)3\pi/4+150-0.864d \\
 & \approx 2H+2B-8bhc+8.273d+150
 \end{aligned}$$

结果与公式 (3-2) 一致。

第三节 根据箍筋的外皮尺寸计算钢筋下料尺寸

施工图上个别情况，也可能遇到箍筋标注外皮尺寸，如图 3-6 所示。这时，要用到外皮差值来进行计算。参看图 3-7。

图 3-7 (a) 是绑扎在梁柱中的箍筋 (已经弯曲加工完的)。为了便于计算，假想它是由两个部分组成：一个是图 3-7 (b)；一个是图 3-7 (c)。图 3-7 (b) 是一个闭合的矩形。但是，四个角是以 $R=2.5d$ 为半径的弯曲圆弧。图 3-7 (c) 是弯钩及其末尾直线部分，从这里可以看出图中有一个半圆和两个相等的直线，长度就是半圆的中心线长度，再加上两段直线。图 3-7 (d) 为 (c) 的放大。

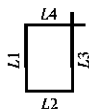


图 3-6

下面根据图 3-7 (b) 和图 3-7 (c)，分别计算，加起来就是箍筋的下料长度。

从箍筋的外皮尺寸计算钢筋下料尺寸公式 (3-9)、(3-10) 看，它们分别和公式 (3-1)、(3-2) 的比较完全相同。

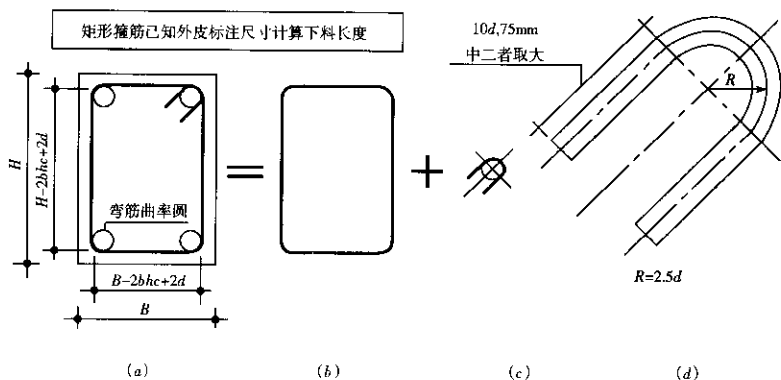


图 3-7

图 3-7 (b) 部分

图 3-7 (d) 部分

半圆中心线长:

$$3d\pi \approx 9.424d$$

长度=外皮尺寸-4+差值

$$=2(H-2bhc+2d)+2(B-2bhc+2d)-4 \times 0.288d$$

$$=2H+2B-8bhc+d-9.152d$$

$$=2H+2B-8bhc-1.152d$$

10d>75mm 情况下: 75mm>10d 情况下:

$$9.424d+2 \times 10d$$

$$=29.424d$$

$$9.424d+2 \times 75$$

$$=9.424d+150$$

10d>75mm 情况下:

$$\text{箍筋下料长度} = 2H+2B-8bhc+28.272d$$

(3-9)

75mm>10d 情况下:

$$\text{箍筋下料长度} = 2H+2B-8bhc+8.272d+150$$

(3-10)

上式中 bhc 代表保护层。

图 3-7 (b) 是带有圆角的矩形, 四边的外部尺寸, 减去外皮法的钢筋弯曲加工的 90 度差值就是这个矩形的长度。

图 3-7 (c) 是由半圆和两段直筋组成。半圆弧的展开长度, 是由它的中心线的展开长度来决定的。中心线的圆弧半径为 $R+d/2$, 半圆弧的展开长度是 $(R+d/2)$ 乘以 π 。箍筋的下料长度, 要注意钩端的直线长度的规定, 是 10d 大? 还是 75mm 大? 注意正确选择公式。

直径为 6.5mm 钢筋, 采用公式 (3-10), 直径大于或等于 8mm 的钢筋, 采用公式 (3-9)。也就是

$$10 \times 8\text{mm} > 75\text{mm}$$

$$75\text{mm} > 10 \times 6\text{mm}$$

上面两个公式，是用来进行钢筋下料的。下面讲一下箍筋各段尺寸的标注。图 3-8 是放大的部分箍筋图。由于是外皮尺寸，所以混凝土的保护层往左移一个 d ，就是箍筋的外皮尺寸界线。箍筋的四个框尺寸中，左框的内皮尺寸和底框的外皮尺寸好标注，因为它们就是根据保护层间的距离来标注的。

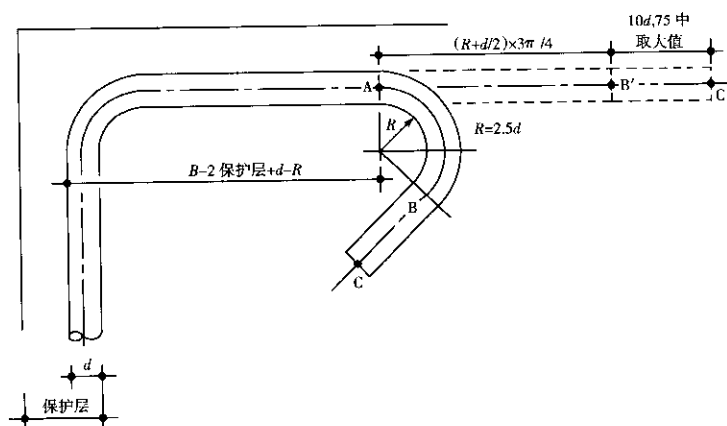


图 3-8

由图 3-8 可知，箍筋的上框（L4）外皮尺寸是由三个部分组成：箍筋左框外皮到钢筋弯曲中心；加上 135° 弯曲钢筋中心线长度；再加上末端直线钢筋。

由图 3-9 可知，箍筋的右框（L3）外皮尺寸也是由三个部分组成：箍筋底框外皮到钢筋弯曲中心；加上 135° 弯曲钢筋中心线长度；再加上末端直线钢筋。

按图 3-8 和图 3-9 所示，可以把箍筋的四个框外皮尺寸的算法，归纳如下。

$$\text{箍筋左框 } L1 = H - 2bhc + 2d \quad (3-11)$$

$$\text{箍筋底框 } L2 = B - 2bhc + 2d \quad (3-12)$$

$$\text{箍筋右框 } L3 = H - 2bhc + d - R + (R + d/2) \frac{3\pi}{4} + 10d \quad \text{用于 } 10d > 75 \quad (3-13)$$

$$\text{箍筋右框 } L3 = H - 2bhc + d - R + (R + d/2) \frac{3\pi}{4} + 75 \quad \text{用于 } 75 > 10d \quad (3-14)$$

$$\text{箍筋上框 } L4 = B - 2bhc + d - R + (R + d/2) \frac{3\pi}{4} + 10d \quad \text{用于 } 10d > 75 \quad (3-15)$$

$$\text{箍筋上框 } L4 = B - 2bhc + d - R + (R + d/2) \frac{3\pi}{4} + 75 \quad \text{用于 } 75 > 10d \quad (3-16)$$

式中 bhc — 保护层；

R — 弯曲半径；

d — 钢筋直径；

H — 梁柱截面高度；

B — 梁柱截面宽度。

下面这里验算一下箍筋下料公式公式 (3-9)、(3-10) 是否与 (3-11) 到 (3-16) 一致。

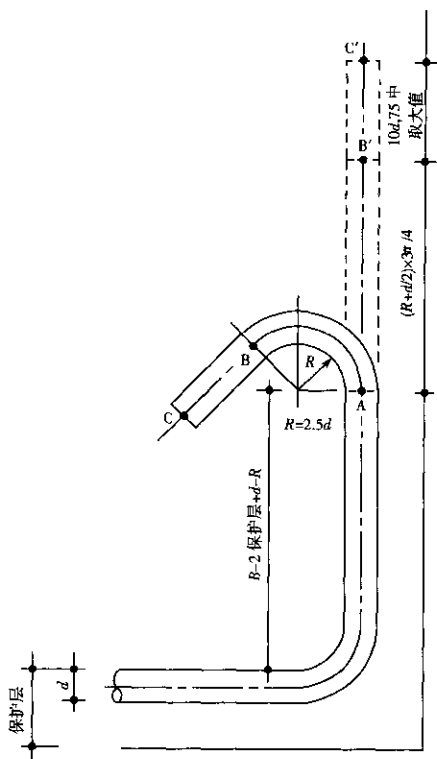


图 3-9

现在先把公式 (3-11)、(3-12)、(3-13) 和 (3-15) 加起来, 减去三个角的外皮差值, 看看是不是等于箍筋下料公式 (3-9)?

箍筋下料长度等于:

$$\begin{aligned}
 & H - 2bhc + 2d + B - 2bhc + 2d + H - 2bhc + d - R + (R + d/2)3\pi/4 \\
 & + 10d + B - 2bhc + d - R + (R + d/2)3\pi/4 + 10d - 3 \times 2.88d \\
 & = 2H + 2B - 8bhc + 6d - 2R + 2(R + d/2)3\pi/4 + 20d - 6.864d \\
 & \because R = 2.5d \\
 & \therefore = 2H + 2B - 8bhc + d + 2(2.5dR + d/2)3\pi/4 + 20d - 6.864d \\
 & = 2H + 2B - 8bhc + d + 18d\pi/4 + 20d - 6.864d \\
 & \approx 2H + 2B - 8bhc + 29.173d - 6.864d \\
 & \approx 2H + 2B - 8bhc + 28.273d
 \end{aligned}$$

计算结果与公式 (3-9) 一致。公式 (3-11)、(3-12)、(3-13) 和 (3-15) 是用

做钢筋弯曲加工的；而公式（3-9）是用做钢筋下料的，各有用处。但是，它们的用料必须一致。

现在再把公式（3-11）、（3-12）、（3-14）和（3-16）加起来，减去三个角的外皮差值，看看是不是等于箍筋下料公式（3-10）？

箍筋下料长度等于：

$$\begin{aligned} & H-2bhc+2d+B-2bhc+2d+H-2bhc+d-R+(R+d/2)3\pi/4 \\ & +75+B-2bhc+d-R+(R+d/2)3\pi/4+75-3\times 2.288d \\ \therefore R &= 2.5d \\ \therefore &= 2H+2B-8bhc+6d-5d+2(2.5d+d/2)3\pi/4+150-6.864d \\ &\approx 2H+2B-8bhc+8.273d+150 \end{aligned}$$

结果与公式（3-10）一致。

现在再把公式（3-13）、（3-14）、（3-15）和（3-16）整理一下。

$$\text{箍筋右框 } L3 = H-2bhc+15.568d \quad \text{用于 } 10d > 75 \quad (3-13')$$

$$\text{箍筋右框 } L3 = H-2bhc+5.568d+75 \quad \text{用于 } 75 > 10d \quad (3-14')$$

$$\text{箍筋上框 } L4 = B-2bhc+15.568d \quad \text{用于 } 10d > 75 \quad (3-15')$$

$$\text{箍筋上框 } L4 = B-2bhc+5.568d+75 \quad \text{用于 } 75 > 10d \quad (3-16')$$

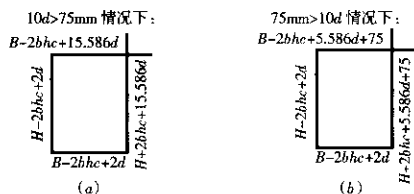


图 3-10

回过头来利用图 3-10 中的外皮尺寸，可以求出箍筋的下料尺寸。

计算图 3-10 (a) 的箍筋尺寸，就是利用公式（3-11）、（3-12）、（3-13'）、（3-15'）的和，减去三个 90°外皮差值便可。即：

$$\begin{aligned} & H-2bhc+2d+B-2bhc+2d+H-2bhc+15.568d+B \\ & -2bhc+15.568d-3\times 2.288d \\ & = 2H+2B-8bhc+28.272d \end{aligned}$$

答案正是（3-9）。

第四节 根据箍筋的中心线尺寸计算钢筋下料尺寸

现在要讲的方法就是对箍筋的所有线段，都用计算中心线的方法，计算箍筋的下料尺寸。参看图 3-11。

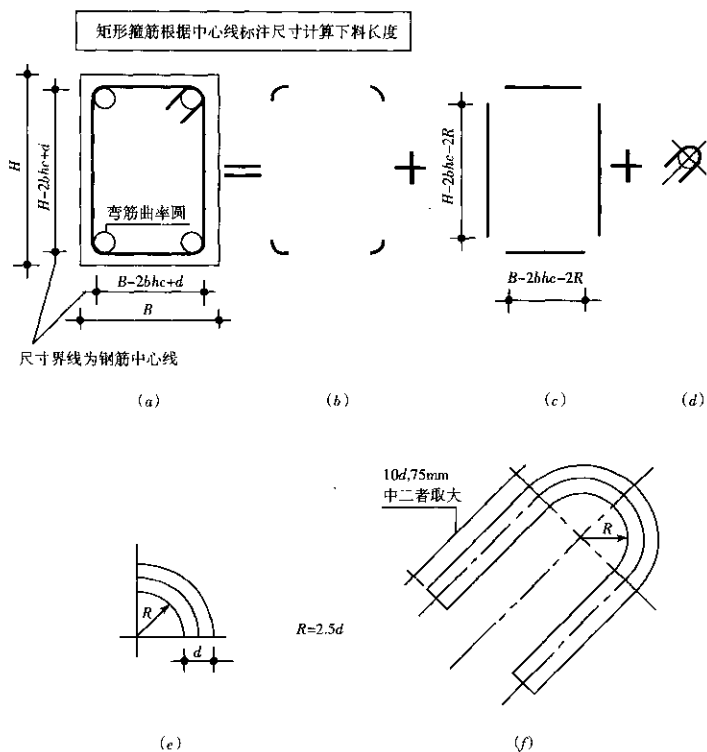


图 3-11

在图 3-11 中，图 (e) 是图 (b) 的放大。矩形箍筋按照它的中心线计算下料长度时，是先把图 (a) 分割成图 (b)、图 (c)、图 (d) 三个部分，分别计算中心线，然后，再把它们加起来，就是钢筋下料尺寸。

图 3-11 (b) 部分计算：

$$\begin{aligned} & 4(R+d/2)\pi/2 \\ & = 6\pi d \end{aligned}$$

图 3-11 (c) 部分计算：

$$\begin{aligned} & 2(H-2bhc-2R) + 2(B-2bhc-2R) \\ & = 2H + 2B - 8bhc - 20d \end{aligned}$$

图 3-11 (d) 部分计算：

$$\begin{aligned}\text{用于 } 10d > 75\text{mm: } & (R+d/2)\pi + 2 \times 10d \\ & = 3\pi d + 20d\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{用于 } 75\text{mm} > 10d: & (R+d/2)\pi + 2 \times 75 \\ & = 3\pi d + 150\end{aligned}$$

箍筋的下料长度:

用于 $10d > 75\text{mm}$:

$$\begin{aligned}& 6\pi d + 2H + 2B - 8bh_c - 20d + 3\pi d + 20d \\ & \boxed{= 2H + 2B - 8bh_c + 28.274d}\end{aligned}\quad (3-17)$$

用于 $75\text{mm} > 10d$:

$$\begin{aligned}& 6\pi d + 2H + 2B - 8bh_c - 20d + 3\pi d + 150 \\ & \boxed{= 2H + 2B - 8bh_c + 8.274d + 150}\end{aligned}\quad (3-18)$$

公式 (3-17)、(3-18) 与 (3-1)、(3-2) 以及 (3-9)、(3-10) 的计算结果都是一样的。这点只说明它们的一致性, 重要的是这些公式前面的计算过程。不管哪种方法, 我们都是使用前面的计算过程。

第五节 计算柱面螺旋线形箍筋的下料尺寸

一、柱面螺旋线形箍筋

图 3-12 为柱面螺旋线形箍筋图。

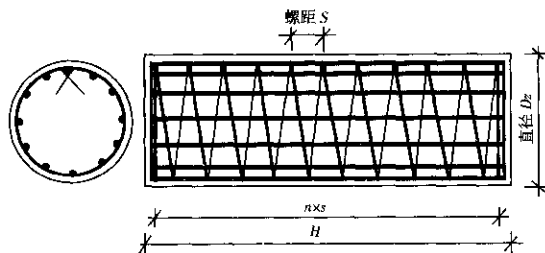


图 3-12

图中直径 D_c 是混凝土柱外表面直径尺寸; 螺距 s 是柱面螺旋线每旋转一周的位移, 也就是相邻螺旋箍筋之间的间距; H 是柱的高度; $n \times s$ 是螺距的数量。

螺旋箍筋的始端与末端, 应各有不小于一圈半的水平端。这里计算时, 暂采用一圈半长度。两端均加工有 135° 弯钩, 且在钩端各留有直线段。柱面螺旋线展开以后是直线(斜向); 螺旋箍筋的始端与末端, 展开以后是上下两条水平线。在计算柱面螺旋线形箍筋时, 先分成三个部分来计算: 柱顶部(图 3-12 左端)的一圈半箍筋展开长度即为图 3-13 中上部水平段; 螺旋线形箍筋展开部分即为图 3-13 中中部斜线段; 最后是柱底部

(图 3-12 右端) 的---圈半箍筋展开长度即为图 3-13 中下部水平段。

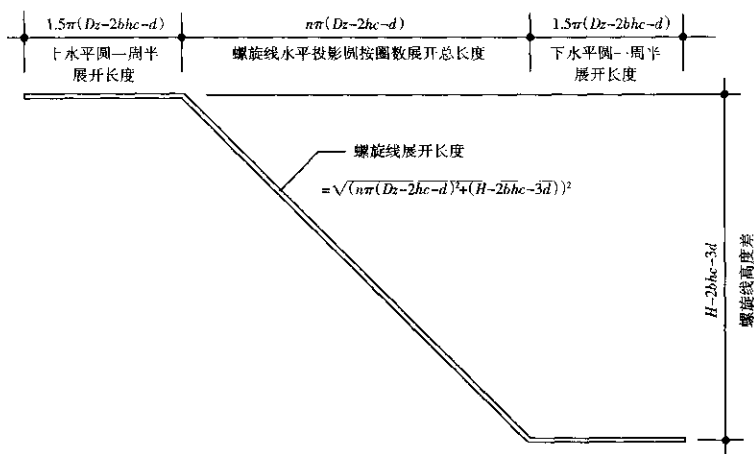


图 3-13

二、螺旋箍筋计算

上水平圆一周半展开长度计算：

$$1.5\pi(Dz-2bhc-d)$$

螺旋线展开长度：

$$\sqrt{(n\pi(Dz-2bhc-d))^2 + (H-2bhc-3d)^2}$$

下水平圆一周半展开长度计算：

$$1.5\pi(Dz-2bhc-d)$$

螺旋箍筋展开长度公式：

$$2 \times 1.5\pi(Dz-2bhc-d) + \sqrt{(n\pi(Dz-2bhc-d))^2 + (H-2bhc-3d)^2} - 2 \times \text{外皮差值} + 2 \times \text{钩长} \quad (3-19)$$

三、螺旋箍筋的搭接计算

螺旋箍筋的搭接部分，有搭接长度的规定。抗震结构的搭接长度，要求 $\geq LaE$ ，且 $\geq 300\text{mm}$ ；非抗震结构的搭接长度，要求 $\geq La$ 且 $\geq 300\text{mm}$ 。搭接的弯钩钩端直线段长度也有规定，抗震结构的长度，要求为 10 倍钢箍直径；非抗震结构的长度，要求为 5 倍钢箍直径。此外，两个搭接的弯钩，必须钩在纵筋上。

LaE 的数据见表 3-1、3-2 和 3-3。 La 的数据见表 3-4。 LaE 是抗震结构的搭接

数据, 而 L_a 是非抗震结构的搭接数据。

表 3-1、3-2、3-3 和 3-4 中的 “ Φ ” 是 “HPB235 级” 钢筋的符号; “ Φ ” 是 HRB335 级钢筋的符号; “ Φ ” 是 “HRB400 级” 钢筋的符号。

混凝土的强度种类, 按混凝土的强度等级来划分。计有 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75 和 C80。举例来说, 混凝土的强度等级是 C30, 钢筋直径为 22mm, “HRB335 级” 钢筋, 结构抗震等级为一级。假如要求搭接长度等于锚固长度 L_aE 时, 可查表 3-1 中 C30 列, “ Φ ” 的 “ ≤ 25 ”, 找到 L_aE 为 34d, 即 $34 \times 22 = 748\text{mm}$ 。

纵向受拉钢筋一、二级抗震等级锚固长度 L_aE

表 3-1

	符号	受拉钢筋直径	C20	C25	C30	C35	$\geq C40$
HPB235(Q235)	Φ		36d	31d	27d	25d	23d
HRB335(20MnSi)	Φ	≤ 25	44d	38d	34d	31d	29d
		> 25	49d	42d	38d	34d	32d
HRB400(20MnSiV、 20MnSiNb、20MnTi)	Φ	≤ 25	53d	46d	41d	37d	34d
		> 25	58d	51d	45d	41d	38d

纵向受拉钢筋三级抗震等级锚固长度 L_aE

表 3-2

	符号	受拉钢筋直径	C20	C25	C30	C35	$\geq C40$
HPB235(Q235)	Φ		33d	28d	25d	23d	21d
HRB335(20MnSi)	Φ	≤ 25	41d	35d	31d	29d	26d
		> 25	45d	39d	34d	31d	29d
HRB400(20MnSiV、 20MnSiNb、20MnTi)	Φ	≤ 25	49d	42d	37d	34d	31d
		> 25	53d	46d	41d	38d	34d

纵向受拉钢筋四级抗震等级锚固长度 L_aE

表 3-3

	符号	受拉钢筋直径	C20	C25	C30	C35	$\geq C40$
HPB235(Q235)	Φ		31d	27d	24d	22d	20d
HRB335(20MnSi)	Φ	≤ 25	39d	34d	30d	27d	25d
		> 25	42d	37d	33d	30d	27d
HRB400(20MnSiV、 20MnSiNb、20MnTi)	Φ	≤ 25	46d	40d	36d	33d	30d
		> 25	51d	44d	39d	36d	33d

纵向受拉钢筋非抗震等级锚固长度 L_a

表 3-4

	符号	受拉钢筋直径	C20	C25	C30	C35	$\geq C40$
HPB235(Q235)	Φ		31d	27d	24d	22d	20d
HRB335(20MnSi)	Φ	≤ 25	39d	34d	30d	27d	25d
		> 25	42d	37d	33d	30d	27d
HRB400(20MnSiV、 20MnSiNb、20MnTi)	Φ	≤ 25	46d	40d	36d	33d	30d
		> 25	51d	44d	39d	36d	33d

参看图 3-14 和图 3-15, 计算出每根钢筋搭接长度为:

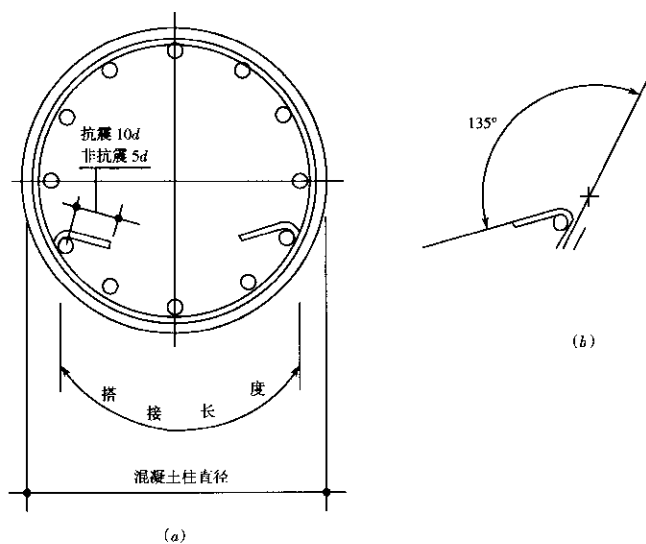


图 3-14

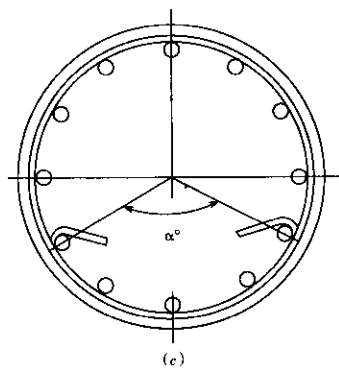


图 3-15

$$\left(\frac{Dz}{2} - bh_c + \frac{d}{2} \right) \times \frac{\alpha^\circ}{2} \times \frac{\pi}{180^\circ} + \left(R + \frac{d}{2} \right) \times 135^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} + 10d \quad (3-20)$$

公式 (3-19) 用于抗震结构。

$$\left(\frac{Dz}{2} - bhc + \frac{d}{2}\right) \times \frac{\pi}{2} \times \frac{180^\circ}{180^\circ} + \left(R + \frac{d}{2}\right) \times 135^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} + 5d \quad (3-21)$$

公式 (3-21) 用于非抗震结构。

公式 (3-20) 和公式 (3-21) 两式的第一项，是指两筋搭接的中点到钩的切点处长度；第二项是 135° 弧中心线长度和钩端直线部分长度。

第六节 圆环形封闭箍筋

圆环形封闭箍筋，如图 3-16 所示。可以把图 3-16 (a) 看做是由两部分组成：一部分是圆箍；另一部分是两个带有直线端的 135° 弯钩。这样一来，先求出圆箍的中心线实长，然后再查找带有直线端的 135° 弯钩长度，不要忘记，钩是一双。

设保护层为 bhc ；混凝土柱外表面直径为 Dz ；箍筋直径为 d ；箍筋端部两个弯钩为 135° ，都钩在同一根纵筋上；钩末端直线段长度为 a ；箍钩弯曲加工半径为 R ， 135° 箍钩的下料长度可从表 2-5 中查到。

$$(Dz - 2bhc + d)\pi + 2 \times \left[\left(R + \frac{d}{2}\right) \times 135^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} + a \right] \quad (3-22)$$

式中： a 为从 10d 和 75mm 两者中取大值。

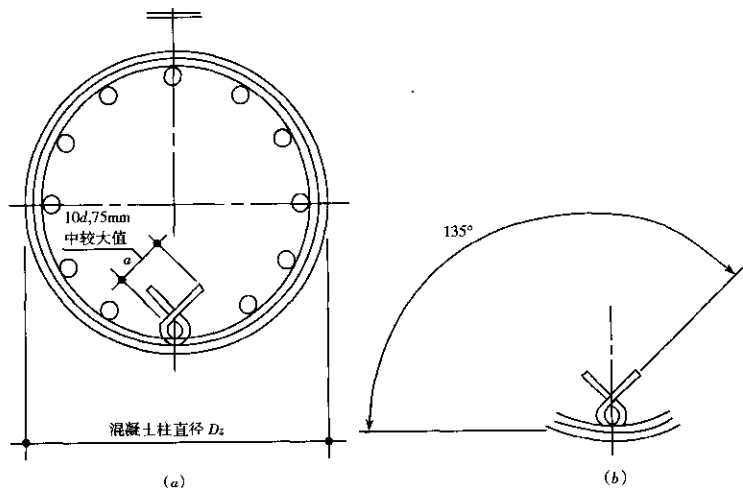


图 3-16

第七节 箍筋算例

【例 3-1】

已知梁高 $H=500$; $B=300$; 保护层 $bhc=25\text{mm}$; 钩为 135° ; 钢箍直径 $d=8\text{mm}$ 。试求出它的下料尺寸, 并画出简图, 注写内皮尺寸。参见图 3-17。

再问, 当 $d=6\text{mm}$ 时, 其他条件不变, 答案又该如何?

为了解题方便, 这里把公式 (3-3)、(3-4)、(3-5)、(3-6)、(3-7)、(3-8) 和简图图形 (图 3-18) 结合起来, 解题时就更醒目了。

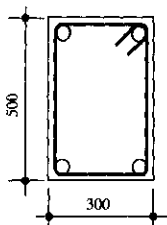


图 3-17

用于 $10d > 75\text{mm}$	用于 $75\text{mm} > 10d$
$L4 = B - 2bhc - R + (R+d/2)3\pi/4 + 10d$ 公式(3-7) $L1 = H - 2bhc$ 公式(3-3) $L3 = H - 2bhc - R + (R+d/2)3\pi/4 + 10d$ 公式(3-5) $L2 = B - 2bhc$ 公式(3-4)	$L4 = B - 2bhc - R + (R+d/2)3\pi/4 + 75$ 公式(3-8) $L1 = H - 2bhc$ 公式(3-3) $L3 = H - 2bhc - R + (R+d/2)3\pi/4 + 75$ 公式(3-6) $L2 = B - 2bhc$ 公式(3-4)
(a)	(b)

图 3-18

最后，试求它的下料长度。

那么，把已知数据代入各公式后，则

$$L1=500-50=450$$

$$L2=300-50=250$$

$$L3=500-50-20+3d3\pi/4+80=510+57.5\approx 567$$

$$L4=300-50-20+3d3\pi/4+80=310+57.5\approx 367$$

简图见图 3-19 (a)。

解前面的“再问”($d=6$)时则：

$$L1=500-50=450$$

$$L2=300-50=250$$

$$L3=500-50-15+3d3\pi/4+75=510+42.4\approx 552$$

$$L4=300-50-15+3d3\pi/4+75=310+42.4\approx 352$$

简图见图 3-19 (b)。

接着，当 $d=8$ 时，下料长度为

$$L1+L2+L3+L4-3\times 0.288\times 8\approx 1627$$

当 $d=6$ 时，下料长度为

$$L1+L2+L3+L4-3\times 0.288\times 6\approx 1599$$

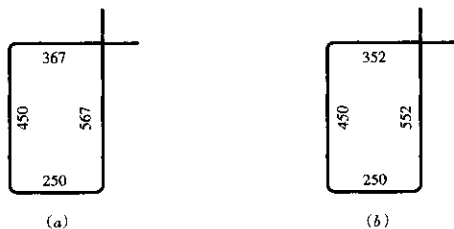


图 3-19

通过观察分析，可以发现图 3-18 (a) 和图 3-18 (b) 中的 $L1$ 与 $L3$ 之间的差值，以及 $L2$ 与 $L4$ 之间的差值分别为：

- $-R+(R+d/2)3\pi/4+10d$
- $-R+(R+d/2)3\pi/4+75$

这样一来，这里就可以事先令 $R=2.5d$ ，当 d 发生变化时，求出上两式的值，列出表格，以方便计算时使用。

【例 3-2】

设具有端部弯钩的箍筋简图（如图 3-20），并注有 $L1$ 和 $L2$ 的内皮尺寸。试求箍钩展开后的 $L3$ 和 $L4$ 的尺寸，以及它的下料长度。已知箍径等于 8mm，弯钩角度 135° 。

未弯钩箍筋简图中, 当 $R=2.5d$ 时, $L3$ 、 $L4$ 比 $L1$ 、 $L2$ 各自增多的值
内皮尺寸标注法用

表 3-5

$d(\text{mm})$	$L3$ 比 $L1$ $L4$ 比 $L2$ 增多的公式部分	$L3$ 比 $L1$ $L4$ 比 $L2$ 增多的值(mm)
6	$-R+(R+d/2)3\pi/4+75$	102
6.5		105
8	$-R+(R+d/2)3\pi/4+10d$	117
10		146
12		175

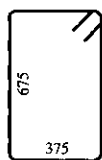


图 3-20

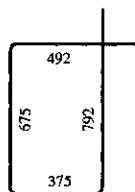


图 3-21

解:

查表 3-5 知, $L3=L1+117=792$

$L4=L2+117=492$

下料长度为

$675+375+792+492-3 \times 0.288 \times 8 \approx 2327$

结果如图 3-21 所示。

未弯钩箍筋简图中, 当 $R=2.5d$ 时, $L3$ 、 $L4$ 比 $L1$ 、 $L2$ 各自增多的值
外皮尺寸标注法用

表 3-6

$d(\text{mm})$	$L3$ 比 $L1$ $L4$ 比 $L2$ 增多的公式部分	$L3$ 比 $L1$ $L4$ 比 $L2$ 增多的值(mm)
6	$-R-d+(R+d/2)3\pi/4+75$	96
6.5		99
8	$-R-d+(R+d/2)3\pi/4+10d$	109
10		136
12		163

【例 3-3】

设具有端部弯钩的箍筋简图 (如图 3-22), 并注有 $L1$ 和 $L2$ 的外皮尺寸。试求箍钩展开后的 $L3$ 和 $L4$ 的尺寸以及它的下料长度。已知箍径等于 8mm , 弯钩角度 135° 。

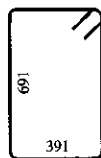


图 3-22

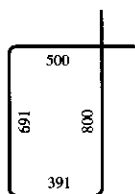


图 3-23

下料长度为:

$$691 + 391 + 800 + 500 - 3 \times 2.288 \times 8 = 2327$$

见图 3-23。

【例 3-4】

已知注有内皮尺寸的箍筋简图, 见图 3-24, 直径为 10mm。求其下料尺寸。

解:

钢筋下料长度为

$$550 + 350 + 696 + 496 - 3 \times 0.288 \times 10 = 2083$$

【例 3-5】

已知注有内皮尺寸 $L1$ 和 $L2$ 的箍筋简图, 见图 3-25, 直径为 12mm。补出 $L3$ 和 $L4$, 并求其下料尺寸。

解:

补注 $L3$ 和 $L4$ 时, 需要查表 3-5。当 $d=12\text{mm}$ 时, $L3$ 和 $L4$ 比 $L1$ 和 $L2$ 增多的值为 175, 则

$$L3 = 550 + 175 = 725$$

$$L4 = 250 + 175 = 425$$

见图 3-26。

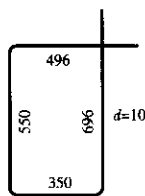


图 3-24

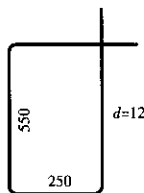


图 3-25

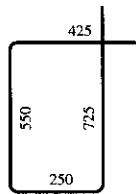


图 3-26

【例 3-6】

已知注有外皮尺寸 $L1$ 和 $L2$ 的箍筋简图, 见图 3-27, 直径为 12mm。补出 $L3$ 和 $L4$, 并求其下料尺寸。

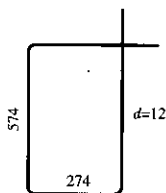


图 3-27

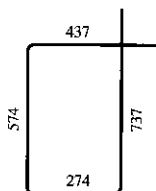


图 3-28

解:

查表 3-6。

$$L3 = 574 + 163 = 737$$

$$L4 = 274 + 163 = 437$$

答案见图 3-28。

【例 3-7】

图 3-29, 给出了混凝土构件截面的高度和宽度, 钩端直线段为 $5d$ 。试求出有钩箍筋简图与内皮 $L1$ 、 $L2$; 无钩箍筋的内皮 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 各段尺寸及其下料长度。已知保护层厚度为 25mm; 弯曲半径为 $2.5d$; $d=8\text{mm}$ 。

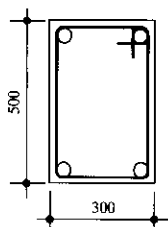


图 3-29



图 3-30

解:

按图 3-29 可知:

$$L1 = 500 - 2 \times 25 = 450$$

$$L2 = 300 - 2 \times 25 = 250$$

答案如图 3-30 所示。

再按图 3-31 所示求无钩箍筋的内皮 $L3$ 、 $L4$ 各段尺寸:

$$\text{内皮 } L3 = 450 - R + (R + d/2)\pi + 5d$$

$$= 450 - 2.5d + 3d\pi + 5d$$

$$= 450 + 3d\pi + 2.5d$$

$$= 450 + 75.398 + 20$$

$$= 545.398$$

$$\begin{aligned}
 \text{内皮 } LA &= 250 - R + (R + d/2)\pi + 5d \\
 &= 250 - 2.5d + 3d\pi + 5d \\
 &= 250 + 3d\pi + 2.5d \\
 &= 250 + 75.398 + 20 \\
 &= 345.398
 \end{aligned}$$

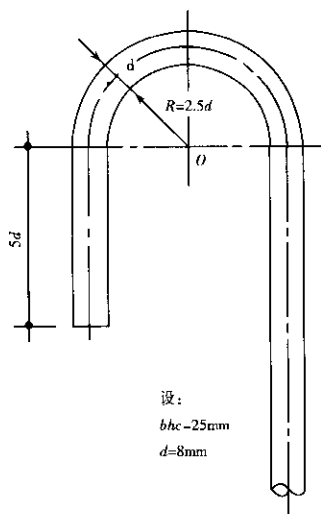


图 3-31

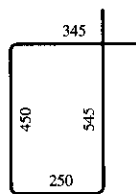


图 3-32

答案如图 3-32 所示。

计算下料长度前，请先看图 3-33 和图 3-34。图 3-33 是为了便于计算，把箍筋分成两个部分：一个是闭合矩形；另一个是端钩部分。然后，再把端钩部分成一个 270° 弧线和—个端钩直线部分。

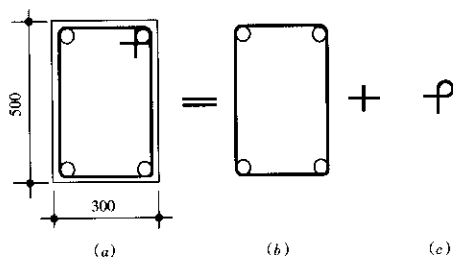


图 3-33

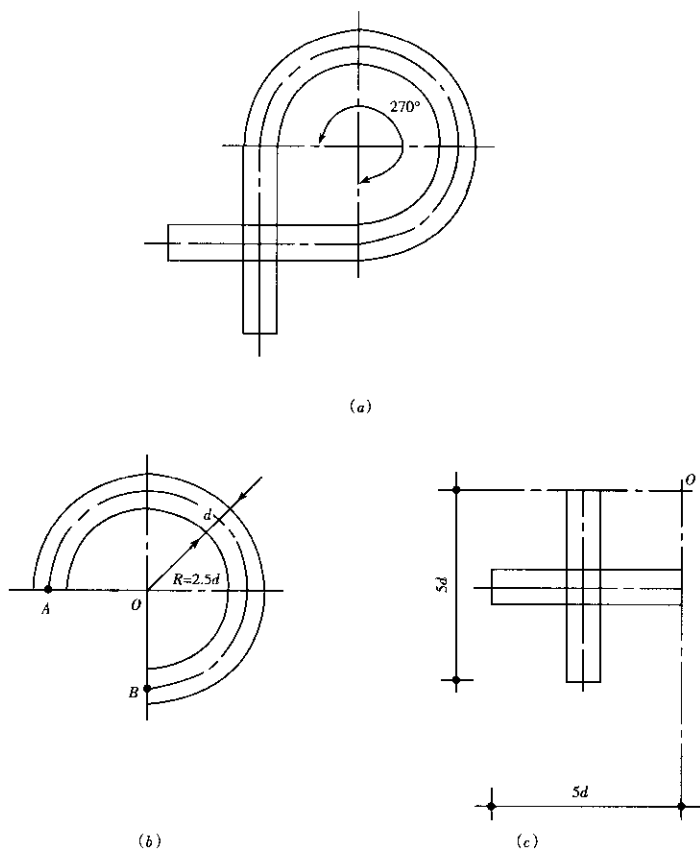


图 3-34

现在根据内皮尺寸计算它的下料长度。

先计算两个端钩部分：

图 3-33 (c) 为

$$\begin{aligned} & (R + d/2) \times 1.5\pi + 10d \\ &= 3 \times 1.5\pi + 80 \\ &= 94.137 \end{aligned}$$

图 3-33 (b) 加 (c)

$$\begin{aligned} & 2 \times (L1 + L2) - 4 \times 0.288 \times d + 94.137 \\ &= 2 \times (450 + 250) - 9.261 + 94.137 \end{aligned}$$

$$=1400-9.261+94.137$$

$$=1484.921$$

【例 3-8】

按图 3-29 所示, 给出了混凝土构件截面的高度和宽度, 钩端直线段为 $5d$ 。试求出有钩箍筋简图与外皮 L_1 、 L_2 ; 无钩简图的外皮 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 各段尺寸及其下料长度。已知保护层厚度为 25mm ; 弯曲半径为 $2.5d$; $d=8\text{mm}$ 。

解:

$$\text{外皮 } L_1 = 500 - 2 \times 25 + 2 \times 8 = 466$$

$$\text{外皮 } L_2 = 300 - 2 \times 25 + 2 \times 8 = 266$$

答案见图 3-35。

其次, 求无钩简图的外皮 L_3 、 L_4 尺寸如下:

$$\text{外皮 } L_3 = 466 - R - d + (R + d/2)\pi + 5d$$

$$= 466 - 2.5 \times 8 - 8 + 24\pi + 40$$

$$= 466 - 28 + 75.398 + 40$$

$$= 553.398$$

$$\text{外皮 } L_4 = 266 - R - d + (R + d/2)\pi + 5d$$

$$= 266 - 2.5 \times 8 - 8 + 24\pi + 40$$

$$= 266 - 28 + 75.398 + 40$$

$$= 353.398$$

下料长度

先计算端钩两部分端钩部分:

图 3-33 (c) 为

$$(R + d/2) \times 1.5\pi + 10d$$

$$= 3 \times 1.5\pi + 80$$

$$= 94.137$$

图 3-33 (b) 加 (c)

$$2 \times (L_1 + L_2) - 4 \times 2.288 \times d + 94.137$$

$$= 2 \times (466 + 266) - 73.216 + 94.137$$

$$= 1464 - 9.261 + 94.137$$

$$= 1484.921$$

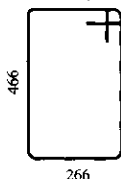


图 3-35

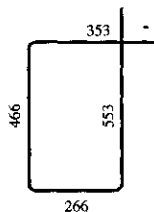


图 3-36

图 3-36 为本例之解。

【例 3-9】

如图 3-37 所示，给出了混凝土构件截面的高度和宽度，钩端直线段为 $5d$ 。试求出有钩箍筋简图与外皮 L_1 、 L_2 ；无钩简图的外皮 L_1 、 L_2 、 L_3 各段尺寸及其下料长度。已知保护层厚度为 25mm；弯曲半径为 $2.5d$ ； $d=8\text{mm}$ 。

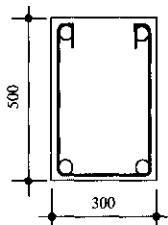


图 3-37

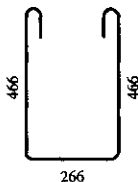


图 3-38

解：如图 3-38 所示：

$$\text{外皮 } L_1 = 500 - 2 \times 25 + 2 \times 8 = 466$$

$$\text{外皮 } L_2 = 300 - 2 \times 25 + 2 \times 8 = 266$$

$$\begin{aligned} \text{外皮 } L_3 &= 466 - R - d + 3d\pi + 5d \\ &= 466 - 20 - 8 + 75 + 40 \\ &= 553 \end{aligned}$$

参见图 3-39（无钩简图）。当标注有钩简图时，利用图 3-39 计算，则得出：

$$553 - 466 = 87$$

图 3-40 是外皮尺寸注法中，对 135° 和 180° 钩的尺寸习惯注法。

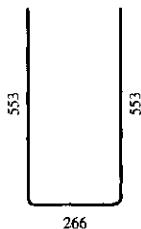


图 3-39

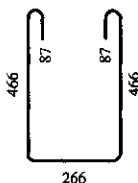


图 3-40

根据图 3-39 求它的下料长度为：

$$\begin{aligned} &2 \times 553 + 266 - 2 \times 2.288 \times 8 \\ &= 1372 - 36.608 \\ &\approx 1335 \end{aligned}$$

现在，再用中心线法核对上面的计算结果。图 3-40 的放大如图 3-41 所示。

左右竖向直线段： $2 \times 410 = 820$

底部横向直线段：210

两个钩端直线段： $2 \times 5d = 80$

两个底脚弧共 180° ，两个端钩弧共 360° ，为 $(R+d/2) 3\pi = 3d3\pi \approx 226$

用中心线法求下料长度如下：

$820 + 210 + 80 + 226 \approx 1336$

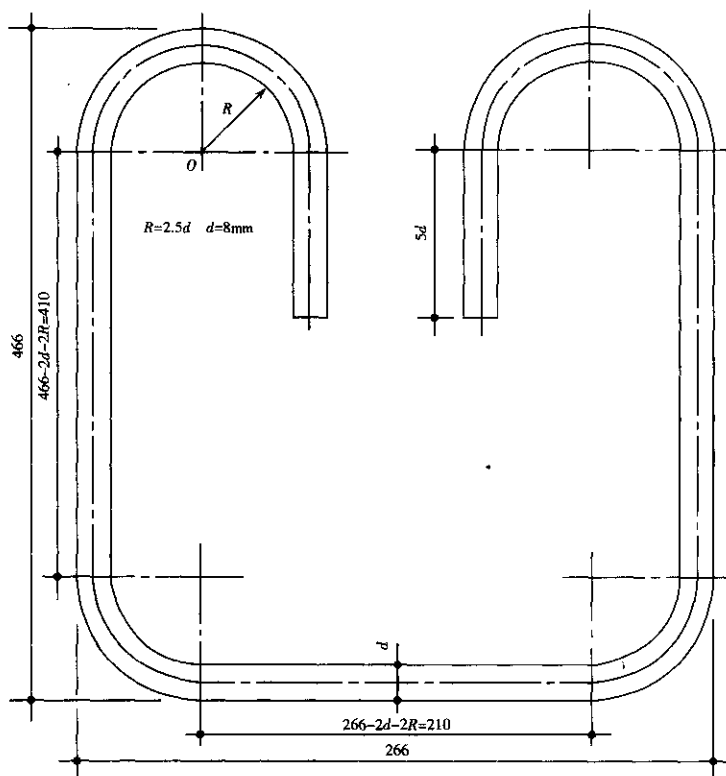


图 3-41

与根据图 3-39 求的下料长度基本一致。

【例 3-10】

把图 3-40 的两个 180° 钩，变换展开为两个 90° 钩，改注钩尺寸，并计算其下料长度，以证明与前例一致。参看图 3-42。

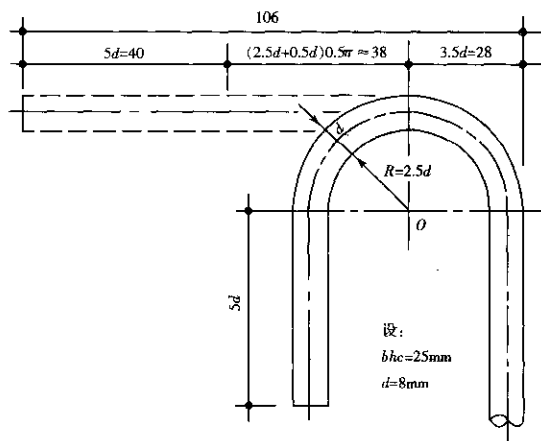


图 3-42

如图 3-42 所示, 将 180° 弯钩变换展开为 90° 弯钩, 其简图见图 3-43。

此时的下料长度为:

$$466 + 266 + 466 + 106 + 106 - 4 \times 2.288 \times 8 \approx 1337$$

与前面答案基本一致。

【例 3-11】

按图 3-44 所示, 端部带有 90° 弯钩的箍筋, 求其下料长度。

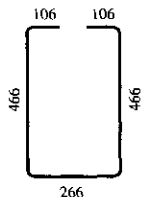


图 3-43

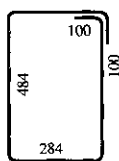


图 3-44

图中箍筋端部弯钩的投影应重合, 为了醒目故意分开画出来的。

这里标注的是内皮尺寸, 下料尺寸计算如下:

$$2 \times 484 + 2 \times 284 + 100 + 100 - 5 \times 0.288 \times 8 = 1724$$

章末附记

本章所举的例子中, 保护层都采用的是 25mm。但是, 真正计算时, 要遵照施工图纸上给出的保护层尺寸计算。

保护层厚度单位为 mm。

梁用保护层厚度有：25、30、35、40；

柱用保护层厚度有：30、35、40；

板、墙、壳用保护层厚度有：15、20、25、30。

上面所说保护层厚度，是指纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度 (mm)。它是由构件类别、混凝土强度等级和环境类别决定的。

练 习 三

1. 钢筋的计算，有几种方法？
2. 箍筋的弯钩，如何计算？
3. 如果给出梁或柱的截面尺寸，能标注出弯钩后箍筋内皮尺寸吗？
4. 已知箍筋的内皮尺寸，能换算成外皮尺寸吗？
5. 已知梁的截面宽度为 300mm，高度为 500mm，箍筋直径为 8mm，保护层为 25mm，端部的弯钩为 135° 。试求内皮尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 和下料长度。
6. 已知箍筋的样式如图 3-1 (a)，条件与前项“五”相同。试求内皮尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 和下料长度。
7. 已知箍筋的样式如图 3-1 (b)，条件与前项“五”相同。试求内皮尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 和下料长度。
8. 有一螺旋箍筋，已知 D_n 为 300mm，保护层为 25mm，箍筋直径为 8mm， n 为 8，弯钩为 135° ，端部直线长度为 10 倍箍筋直径。试求下料长度（提示：须先求弯曲角度，然后查相应角度的外皮差值）。
9. 已知柱截面尺寸，宽 $B=500$ ；高 $H=300$ ；保护层 $bhc=30$ mm；钩为 135° ；钢箍直径 $d=6$ mm。试求出它的下料尺寸，并画出简图，注写内皮尺寸。
10. 注有 L_1 和 L_2 的内皮尺寸的箍筋简图。试求箍钩展开后的 L_3 和 L_4 的尺寸以及它的下料长度。已知箍径等于 8mm，弯钩角度 135° 。
11. 已知注有内皮尺寸的箍筋简图， $L_1=500$ ， $L_2=300$ ， $L_3=646$ ， $L_4=446$ ，直径为 10mm。求其下料尺寸。
12. 已知混凝土梁截面的高度为 600mm，宽度为 400mm，钩端直线段为 $10d$ 。试求出有钩箍筋简图与内皮 L_1 、 L_2 ；无钩简图的内皮 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 各段尺寸及其下料长度。已知保护层厚度为 25mm；弯曲半径为 $2.5d$ ； $d=8$ mm。
13. 已知混凝土梁截面的高度为 400mm，宽度为 250mm，钩端直线段为 $10d$ 。试求出有钩箍筋简图与外皮 L_1 、 L_2 ；无钩简图的外皮 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 各段尺寸及其下料长度。已知保护层厚度为 25mm；弯曲半径为 $2.5d$ ； $d=8$ mm。

第四章 拉 筋

第一节 拉筋的样式及其计算

一、拉筋的作用与样式

拉筋在构件中，是固定纵向受力钢筋，防止位移用的。拉筋用来钩住纵向受力钢筋，并且还常常同时钩住箍筋。拉筋的端钩，有 90° 、 135° 、 180° 三种。两端端钩的角度，可以相同，也可以不相同。两末端钩的方向，可以同向，也可以不同向。参看图 4-1。

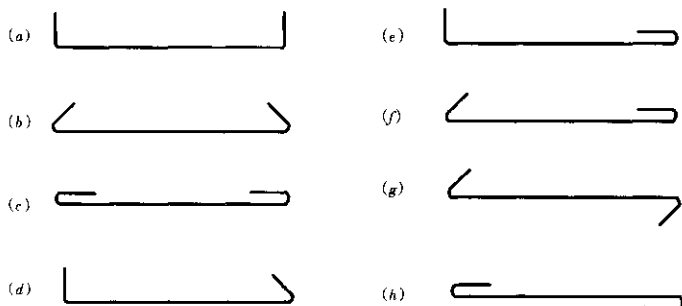


图 4-1

拉筋两端弯钩 $\leq 90^\circ$ 时，通常标注外皮尺寸，这样可以按照外皮尺寸的“和”，减去“外皮差值”，来计算下料长度。同时，也可以按照计算弧线的展开长度的方法，计算下料长度。另外，当拉筋两端弯钩 $> 90^\circ$ 时，除标注整体外皮尺寸外，在拉筋两端弯钩处（上方），标注下料长度的剩余部分。

二、两端为 90° 弯钩的拉筋计算

图 4-2 是两端为 90° 弯钩的拉筋尺寸分析图。图中 BC 直线长度是由施工图给出。从几何图形上看，它是由三部分组成：主干直线；两个 90° 弧线；两个端部直线。图 4-2 对拉筋的各个部位计算，做了详细的剖析。手头没有差值表时，就用计算弧线长度的方法，计算拉筋的下料长度。如果手头有差值表，就可以利用外皮尺寸来计算拉筋的下料长度。尽管计算方法不是惟一的，但是，对于拉筋简图来说，还是要按照图 4-3 的尺寸标注方法注写。

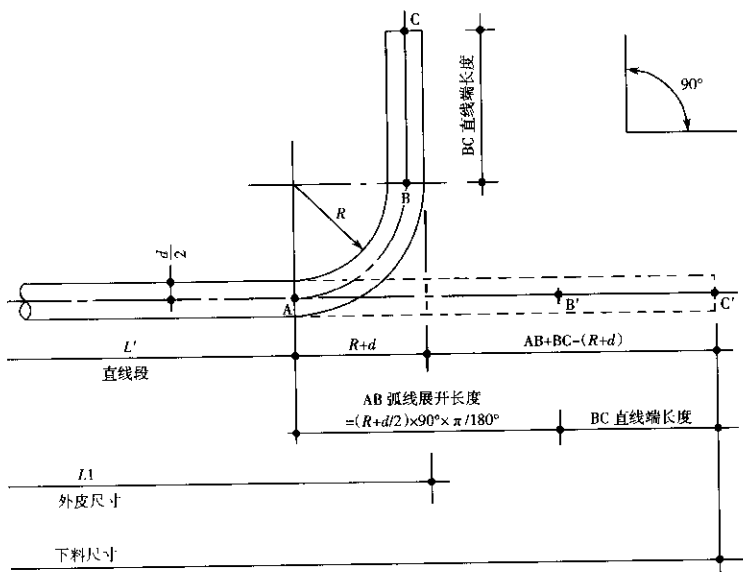


图 4-2

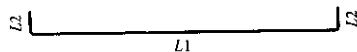


图 4-3

表 4-1、表 4-2 是下料长度计算。

双 90°弯钩“外皮尺寸法”与“中心线法”计算对比

表 4-1

“外皮尺寸法”	“中心线法”
$L_1 + 2L_2 - 2 \times 2.288d$ $= L_1 + 2L_2 - 4.576d$	$L_1 - 2(R+d) + 2L_2 - 2(R+d) + 2(R+0.5d)0.5\pi$ $= L_1 - 7d + 2L_2 - 7d + 3d\pi$ $= L_1 + 2L_2 - 4.576d$

表 4-1 中的 $R=2.5d$; $2.288d$ 为差值。

通常不用中心线法，而是用外皮尺寸法。两端为 90°弯钩的拉筋也有可能是标注内皮尺寸，见图 4-4、表 4-2。

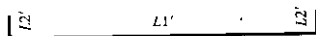


图 4-4

双 90°弯钩“内皮尺寸法”计算

表 4-2

设: $R=2.5d$; $L1'=L1-2d$; $L2'=L2-d$
$L1'+2L2'-2\times 0.288d$
$=L1-2d+2(L2-d)-2\times 0.288d$
$=L1+2L2-4d-0.576d$
$=L1+2L2-4.576d$

计算结果,与前两种方法一致。

三、两端为 135°弯钩的拉筋计算

两端为 135°弯钩的拉筋,是目前常用到的一种样式。在第二章的图 2-20 中,已经把两端为 135°弯钩的拉筋计算方法,讲解的非常详细了。

图 4-5 中,只是补充了内皮尺寸的位置和平法框架图中钩端直线段规定长度。拉筋简图的尺寸标注,仍须按照图 2-20 (b) 表示。

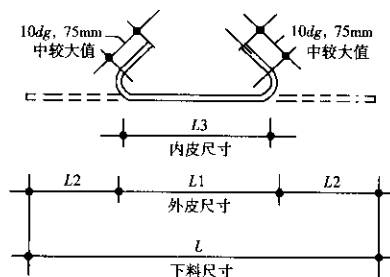


图 4-5

为什么把这种弯钩说成是 135°的弯钩呢?这是因为原来钢筋是笔直的,从直筋弯成这样的钩,是经过旋转 135°,见图 2-5。不能从内侧看,从内侧看就错了。135°弯钩,不能全部采用外皮尺寸标注。只有筋的主体,即水平部分,用外皮尺寸标注。而 135°弯钩部分,则是标注下料长度减去水平部分的外皮尺寸,两钩各二分之一。

在第二章表 2-2 中,虽然对 135°的外皮差值,给出为 $2.831d$,但是,实际上是不用的。这是因为外皮尺寸的确定 (AB、BC、CD、DE、EF) 比较麻烦。请看图 4-6, BC 段或 DE 段,都是由两种尺寸加起来的。而且,其中还要计算三角正切值。所以,第二章图 2-9 只说明 $2.831d$ 的理论出处。

图 4-7 也是这样,内皮尺寸的确定 (A'B'、B'C'、C'D'、D'E'、E'F') 比较麻烦。实际上也是不用的。也只是说明 $0.003d$ 的理论出处。

四、两端为 180°弯钩的拉筋计算

图 4-8 表示两端为 180°弯钩的拉筋,在加工前与加工后的形状。也可以认为,是把弯完的钢筋,展开为下料长度的样子。

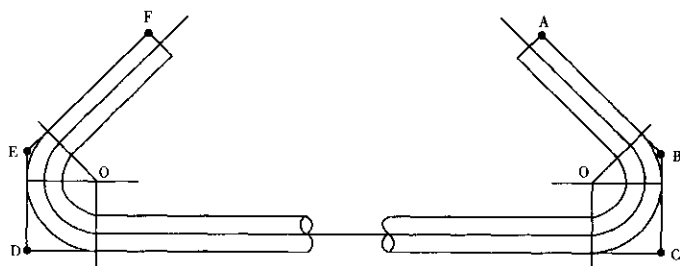


图 4-6

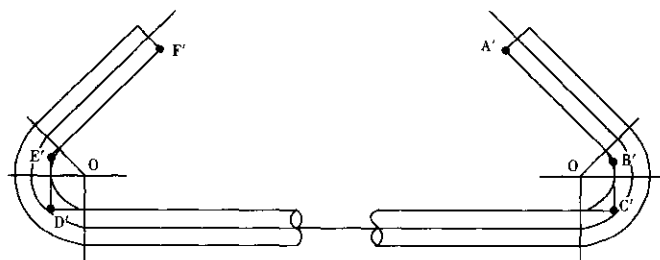


图 4-7

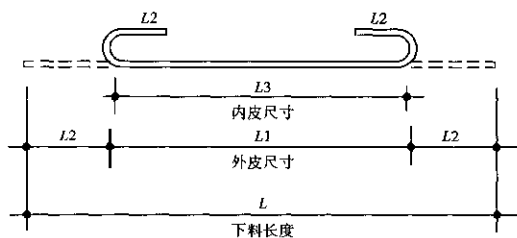


图 4-8

这里再说一下内皮尺寸 L_3 : (1) 如果拉筋直接拉在纵向受力钢筋上, 它的内皮尺寸就等于截面尺寸减去两个保护层的大小; (2) 如果拉筋既拉住纵向受力钢筋, 而同时又拉住箍筋时, 这时还要再加上两倍箍筋直径的尺寸。

在第二章的【例 2-3】中, 计算过两端为 180° 弯钩的拉筋, 当时采用的方法是中心线法。现在, 再用外皮法和内皮法计算, 比较一下。

图 4-9 中的 A、B、C、D、E、F 是外皮包络线, 是作为利用外皮求下料长度而画

的；图 4-10 中的 A' 、 B' 、 C' 、 D' 、 E' 、 F' 也是外皮包络线，也是作为利用外皮求下料长度而画的。

【例 4-1】

按外皮尺寸法，计算两端为 180° 弯钩的钢筋的 L_2 值（参看图 4-8、图 4-9）：设钢筋直径为 d ； $R=2.5d$ ；钩端直线部分为 $3d$ 。

问 L_2 值等于多少？

解：

$$\begin{aligned} L_2 &= 4(R+d) + 3d - (R+d) - 2 \times 2.288d \\ &= 3(R+d) + 3d - 4.576d \\ &= 3(2.5d+d) + 3d - 4.576d \\ &\approx 8.924d \end{aligned}$$

与例 2-3b 基本一致。

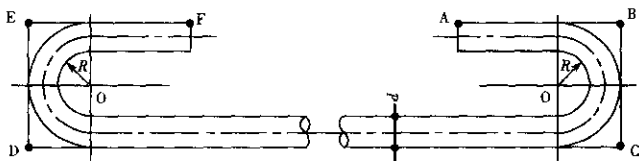


图 4-9

【例 4-2】

按内皮尺寸法，计算两端为 180° 弯钩的钢筋的 L_2 值（参看图 4-8、图 4-10）：设钢筋直径为 d ； $R=2.5d$ ；钩端直线部分为 $3d$ 。

问 L_2 值等于多少？

解：

$$\begin{aligned} L_2 &= 4R + 3d - (R+d) - 2 \times 0.288d \\ &= 4 \times 2.5d + 3d - 2.5d - d - 0.576d \\ &\approx 8.924d \end{aligned}$$

与例 4-1 一致。

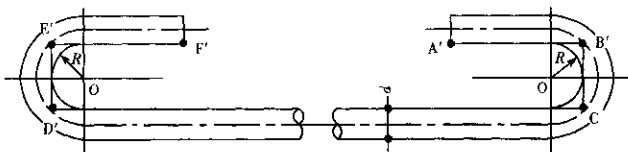


图 4-10

五、一端钩 $\leq 90^\circ$ ，另一端钩 $> 90^\circ$ 的拉筋计算

如图 4-1 中 (d) 和 (e) 所示，就是“拉筋一端钩 $\leq 90^\circ$ ，另一端钩 $> 90^\circ$ ”类型的。而在图 4-11 中 $L1$ 、 $L2$ 属于外皮尺寸； $L3$ 属于展开尺寸。有外皮尺寸与外皮尺寸的夹角，外皮差值就用得着了。图 4-1 中的 (b)、(c)、(f)、(g)、(h) 两端钩处，均须标注展开尺寸。

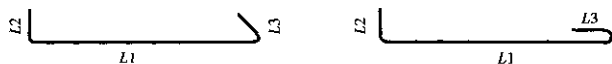


图 4-11

第二节 拉筋端钩形状的变换

一、两端 135° 钩，预加工变换为 90° 钩

钢箍的绑扎工作状态为两端 135° 钩，而在钢筋的绑扎前，要求预加工两端为 90° 钩。也就是说，下料的长度不变。参看图 2-20， $L2$ 标注的是展开长度。而此时要求把钢筋沿外皮弯起 90° 钩。此时弯起的高度为（图 4-12）：

$$L2' = (R+d) + (R+d/2) \times 45^\circ \times \pi / 180^\circ + md$$

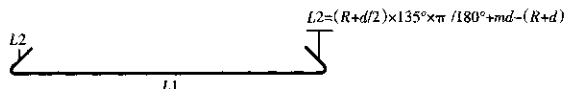


图 4-12

当 $R=2.5d$ 时

$$L2 = (R+d/2) \times 135^\circ \times \pi / 180^\circ + md - (R+d)$$

$$= 3d \times 135^\circ \times \pi / 180^\circ + md - 3.5d$$

$$= 7.068d + md - 3.5d$$

$$= 3.568d + md$$

$$L2' = (R+d) + (R+d/2) \times 45^\circ \times \pi / 180^\circ + md$$

$$= 3.5d + 3d \times 45^\circ \times \pi / 180^\circ + md$$

$$= 3.5d + 2.356d + md$$

$$= 5.856d + md$$

验算：

两端 135° 钩的下料长度部分为：

$$L1 + 2L2 = L1 + 2 \times (3.568d + md)$$

$$= L1 + 7.136d + 2md$$

预加工为两端 90° 钩的下料长度部分为：

$$\begin{aligned}
 L1+2L2' &= L1+2 \times (5.856d+md) - 2 \times 2.288d \\
 &= L1+11.712d+2md-4.576d \\
 &= L1+7.136d+2md
 \end{aligned}$$

验算结果一致。

现在可以这样说，按 135° 绑扎的端钩，预制为 90° 的端钩，可按图4-13注写：

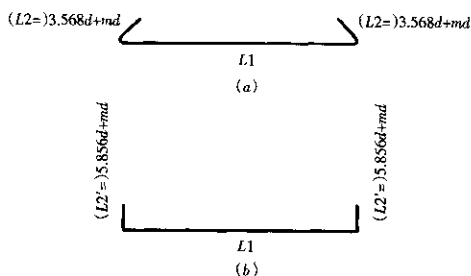


图 4-13

拉筋端钩由 135° 预制成 90° 时 $L2$ 改注成 $L2'$ 的数据表

表 4-3

d_{mm}	md	$L2=3.568d+md$	$L2'=5.856d+md$
6	$5d$ 30	51	65
	$10d$ 60	81	95
	75	96	110
6.5	$5d$ 32.5	56	71
	$10d$ 65	88	103
	75	98	113
8	$5d$ 40	69	87
	$10d$ 80	109	127
	75	104	122
10	$5d$ 50	86	109
	$10d$ 100	136	159
	75	111	134
12	$5d$ 60	103	130
	$10d$ 120	163	190
	75	118	145

【例 4-3】

已知具有双端为 135° 的拉筋（图 4-14）：

$$d=6;$$

$$md=5d=30;$$

$$L1=362;$$

$$L2=51;$$

$$\text{下料长度}=L1+2L2=464。$$

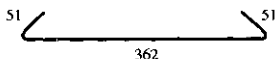


图 4-14

求具有双端为 135° 的拉筋中的一个钩预加工为 90° ，请利用表 4-3 查找数据，画出钢筋，注出 $L2'$ ，并计算下料长度以资验算。

解：

查表 4-3 知， $L2'$ 为 65；并且其下料长度

$$362+51+65-2.288 \times 6=464.272$$

验算答案正确，见图 4-15。

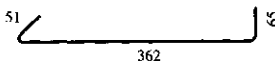


图 4-15

二、两端 180° 钩，预加工变换为 90° 钩

钢筋的绑扎工作状态为两端 180° 钩，而在钢筋的绑扎前，要求预加工两端为 90° 钩。也就是说，下料的长度不变。参看图 2-23， $L2$ 标注的是展开长度。而此时要求把钢筋沿外皮弯起 90° 钩。此时弯起的高度为：

$$L2' = (R+d) + (R+d/2) \times 90^\circ \times \pi / 180^\circ + md$$

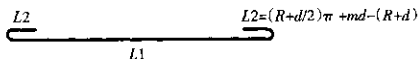


图 4-16

当 $R=2.5d$ 时

$$L2 = (R+d/2)\pi + md - (R+d)$$

$$= 3d \times \pi + md - 3.5d$$

$$= 9.424d + md - 3.5d$$

$$= 5.924d + md$$

$$L2' = (R+d) + (R+d/2) \times 90^\circ \times \pi / 180^\circ + md$$

$$= 3.5d + 3d \times 90^\circ \times \pi / 180^\circ + md$$

$$= 3.5d + 4.712d + md$$

$$= 8.212d + md$$

验算：

两端 180° 钩的下料长度为：

$$L1+2L2=L1+2\times(5.924d+md)$$

$$=L1+11.848d+2md$$

预加工为两端 90°钩的下料长度为:

$$L1+2L2'=L1+2\times(8.212d+md)-2\times2.288d$$

$$=L1+16.424d+2md-4.576d$$

$$=L1+11.848d+2md$$

验算结果一致。

现在可以这样说,按 180°绑扎的端钩,预制为 90°的端钩,可按图 4-17 注写:

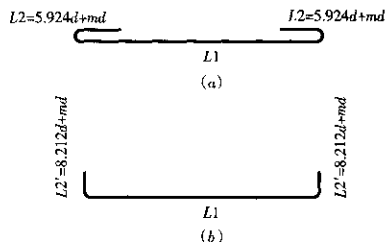


图 4-17

拉筋端钩由 180°预制成 90°时 L2 改注成 L2' 的数据表

表 4-4

d_{mm}	md		$L2=5.924d+md$	$L2'=8.212d+md$
6	5d	30	66	79
	10d	60	96	109
		75	111	124
6.5	5d	32.5	71	86
	10d	65	104	119
		75	114	129
8	5d	40	87	106
	10d	80	127	146
		75	122	141
10	5d	50	109	132
	10d	100	159	182
		75	134	157
12	5d	60	131	159
	10d	120	191	219
		75	146	174

表 4-4 中 $L2'$ 只不过比 $L2$ 多了 2.288d 而已 (d 为变量)。

【例 4-4】

已知具有双端为 180°的拉筋:

$$d=6;$$

$$md=5d-30;$$

$$L1=362;$$

$$L2=66;$$

$$\text{下料长度}=L1+2L2=494。$$

简图如图 4-18 所示。

求具有双端为 180° 的拉筋中的一个钩预加工为 90° ，请利用表 4-4 查找数据，画出拉筋，注出 $L2'$ ，并计算下料长度以资验算。

解：

查表 4-4 知， $L2'$ 为 79；并且其下料长度

$$362+66+79-2.288 \times 6=493.272$$

验算答案如图 4-19 所示，基本正确。

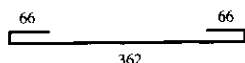


图 4-18

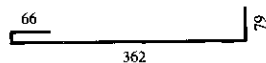


图 4-19

三、两端端钩反向的拉筋

前面讲过的拉筋，它的端钩均位于同一侧。位于同一侧的拉筋，受拉时是偏心受拉。如果两端端钩是反向的，则力是通过拉筋的重心，受力状态理想。参看图 4-20。

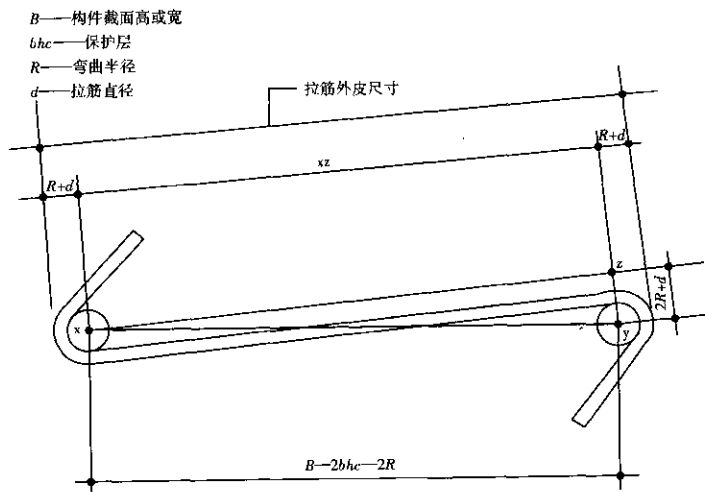


图 4-20

xy 平行于构件截面的底边；xz 平行于拉筋的箍身；yz 垂直于 xz。yzx 是直角，称 xz 为底边；称 yz 为对边；称 xy 为斜边。xy 虽然叫做斜边，但是，它是平行于构件截面的底边的。因此它是可以计算出来的，等于 $B-2bhc+5d$ 。对边也是可以计算出来的，等于 $2R+d$ 。这样一来，就可以用勾股弦法计算了。

$$\begin{aligned}xz^2 + yz^2 &= xy^2 \\yz &= 2R+d \\xy &= B-2bhc-2R \\xz^2 + (2R+d)^2 &= (B-2bhc-2R)^2 \\xz &= \sqrt{(B-2bhc-2R)^2 - (2R+d)^2}\end{aligned}$$

∴ 拉筋外皮尺寸 平行于 xz

拉筋外皮尺寸 = $xz + 2R + 2d$

$$\therefore \boxed{\text{拉筋外皮尺寸 } L1 = \sqrt{(B-2bhc-2R)^2 - (2R+d)^2} + 2R + 2d} \quad (4-1)$$

【例 4-5】

设有梁 $B=400$

$bhc=25$

$d=6$

$R=2.5d$

求具有两端 135° 钩，面方向相反的拉筋外皮尺寸和 $L1$ 。

解：

$$\begin{aligned}\text{拉筋外皮尺寸 } L1 &= \sqrt{(400-50-30)^2 - (30+6)^2} + 30 + 12 \\&= 360\end{aligned}$$

从计算结果来看，钩方向相反的拉筋外皮尺寸 $L1$ ，反而比钩方向相同的拉筋外皮尺寸 $L1$ 节省 2mm，而且受力状态又理想。

请注意，并不是所有钩方向相反的拉筋外皮尺寸 $L1$ ，比钩方向相同的拉筋外皮尺寸 $L1$ 都节省 2mm。记住钩方向相反的拉筋外皮尺寸 $L1$ 是多元函数，它是随保护层、钢筋加工弯曲半径、拉筋直径和沿拉筋长度方向的截面尺寸 B 四个变量的变化面变化。

现在，做些数据表格，每张表格中，把拉筋直径 d 和构件宽度 B ，固定为常量，以便于查看计算。见表 4-5 到表 4-15。

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 $L1$ 比较表 (mm) 表 4-5

限于 $B=150$ ； $R=2.5d$ 使用

		端钩同向	端钩异向
d	bhc	$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
6	25	112	102
	30	102	90
6.5	25	113	101
	30	103	88

续表

		端钩同向	端钩异向
d	bhc	$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
8	25	116	93
	30	106	72
10	25	—	—
	30	—	—
12	25	—	—
	30	—	—

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 $L1$ 比较表

(mm)

表 4-6

限于 $B=180$; $R=2.5d$ 使用

		端钩同向	端钩异向
d	bhc	$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
6	25	142	135
	30	132	125
6.5	25	143	135
	30	133	124
8	25	146	132
	30	136	120
10	25	150	123
	30	140	106
12	25	—	—
	30	—	—

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 $L1$ 比较表

(mm)

表 4-7

限于 $B=200$; $R=2.5d$ 使用

		端钩同向	端钩异向
d	bhc	$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
6	25	162	157
	30	152	146
6.5	25	163	156
	30	153	146
8	25	166	155
	30	156	144
10	25	170	150
	30	160	137
12	25	174	138
	30	164	119

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 $L1$ 比较表

(mm)

表 4-8

限于 $B=250$; $R=2.5d$ 使用

		端钩同向	端钩异向
d	bhc	$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
6	25	212	208
	30	202	198
6.5	25	213	208
	30	203	198
8	25	216	209
	30	206	198
10	25	220	207
	30	210	197
12	25	224	204
	30	214	192

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 $L1$ 比较表

(mm)

表 4-9

限于 $B=300$; $R=2.5d$ 使用

		端钩同向	端钩异向
d	bhc	$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
6	25	262	259
	30	252	249
6.5	25	263	260
	30	253	249
8	25	266	260
	30	256	250
10	25	270	261
	30	260	250
12	25	274	260
	30	264	249

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 $L1$ 比较表

(mm)

表 4-10

限于 $B=350$; $R=2.5d$ 使用

		端钩同向	端钩异向
d	bhc	$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
6	25	312	310
	30	302	300
6.5	25	313	310
	30	303	300

续表

d	bhc	端钩同向	端钩异向
		$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
8	25	316	312
	30	306	301
10	25	320	313
	30	310	302
12	25	324	313
	30	314	302

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 $L1$ 比较表 (mm) 表 4-11限于 $B=400$; $R=2.5d$ 使用

d	bhc	端钩同向	端钩异向
		$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
6	25	362	360
	30	352	350
6.5	25	363	361
	30	353	351
8	25	366	362
	30	356	352
10	25	370	364
	30	360	354
12	25	374	365
	30	364	355

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 $L1$ 比较表 (mm) 表 4-12限于 $B=450$; $R=2.5d$ 使用

d	bhc	端钩同向	端钩异向
		$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
6	25	412	410
	30	402	400
6.5	25	413	411
	30	403	401
8	25	416	413
	30	406	403
10	25	420	415
	30	410	405
12	25	424	416
	30	414	406

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 $L1$ 比较表 (mm)

表 4-13

限于 $B=500$; $R=2.5d$ 使用

		端钩同向	端钩异向
d	bhc	$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
6	25	462	461
	30	452	450
6.5	25	463	461
	30	453	451
8	25	466	463
	30	456	453
10	25	470	466
	30	460	455
12	25	474	467
	30	464	457

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 $L1$ 比较表 (mm)

表 4-14

限于 $B=550$; $R=2.5d$ 使用

		端钩同向	端钩异向
d	bhc	$L1 = B - 2bhc + 2d$	$L1 = \sqrt{(B - 2bhc - 2R)^2 - (2R + d)^2} + 2R + 2d$
6	25	512	511
	30	502	501
6.5	25	513	511
	30	503	501
8	25	516	514
	30	506	503
10	25	520	516
	30	510	506
12	25	524	518
	30	514	508

同向、异向双钩拉筋的外皮尺寸 L1 比较表 (mm)

表 4-15

限于 $B=600$; $R=2.5d$ 使用

d	bhc	端钩同向	端钩异向
		$L1=B-2bhc+2d$	$L1=\sqrt{(B-2bhc-2R)^2-(2R+d)^2}+2R+2d$
6	25	562	561
	30	552	551
6.5	25	563	561
	30	553	552
8	25	566	564
	30	556	554
10	25	570	566
	30	560	556
12	25	574	569
	30	564	559

请特别注意, 当钢筋弯曲半径 ($R=2.5d$) $<$ 纵向受力钢筋的直径时, 应该用纵向受力钢筋的直径取代 ($R=2.5d$), 另行计算。

再比如, 具有异向钩的拉筋, 绑扎后的样子和尺寸, 如图 4-21 (a):

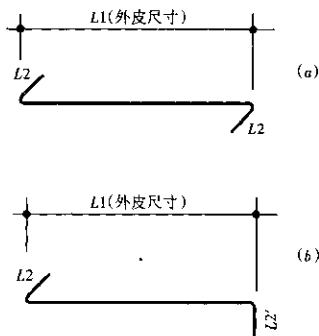


图 4-21

该拉筋预加工成 90° , 图 4-21 (b)。图中 $L2'=L2$ + 外皮差值。外皮差值见表 2-2。

四、同时勾住纵向受力钢筋和箍筋的拉筋

在梁、柱构件中经常遇到拉筋同时勾住纵向受力钢筋和箍筋。参见图 4-22。这种钢箍的外皮长度尺寸, 比只勾住纵向受力钢筋的拉筋, 长两个箍筋直径。如果是具有异向的钩的拉筋, 可以采用表 4-5~表 4-15 中的数据计算。

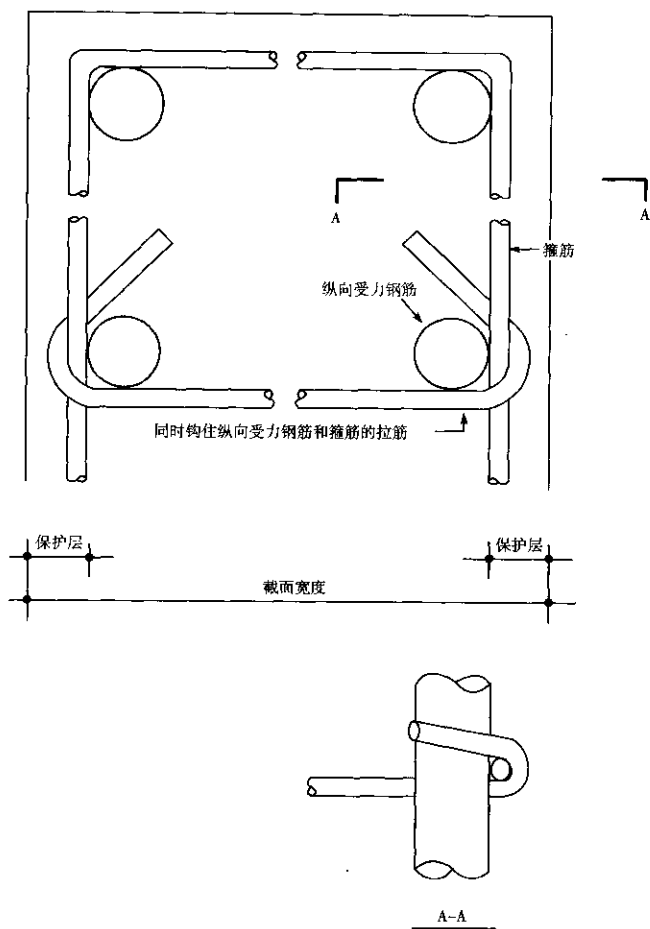


图 4-22

从公式 4-1 根号中的因子分析可以看出，外皮尺寸 $L1$ 存在定义域，截面宽度是有限度的。

练 习 四

1. 拉筋共有几种样式，它们各自的特点是什么？

2. “差值”是用在“中心线法”中吗?
3. 拉筋的下料长度计算, 哪种计算方法最方便?
4. 拉筋两端同为 135° 弯钩, 问两弯钩同向省料? 还是反向省料?
5. 对于具有 180° 弯钩钢筋, 人们常说的 $6.25d$, 它是指受力主筋, 还是指箍筋?
6. 拉筋端部的弯钩尺寸, 是如何计算标注的?
7. 拉筋的 180° 弯钩, 能用外皮法或内皮法计算吗?
8. 图纸上已给出 135° 弯钩处的尺寸, 但是, 想事先预加工成 90° 弯钩, 问如何换算成外皮尺寸?

第五章 梁柱截面中间局部箍筋

第一节 梁柱截面中间局部箍筋的概念

梁、柱构件的截面较大时,根据构造要求,除了紧贴周边纵向受力钢筋外皮设置钢箍外,还需要设置局部箍筋。梁宽大于或等于 350mm 时,需要设置四肢箍筋,或梁中纵向受力钢筋,在一排中多于五根时,宜采用四肢箍筋。但是,四肢箍筋,又有两种配置方案:一种是外围箍筋加局部箍筋(见图 5-1 和图 5-2);另一种是两个局部箍筋相搭接(见图 5-3)。

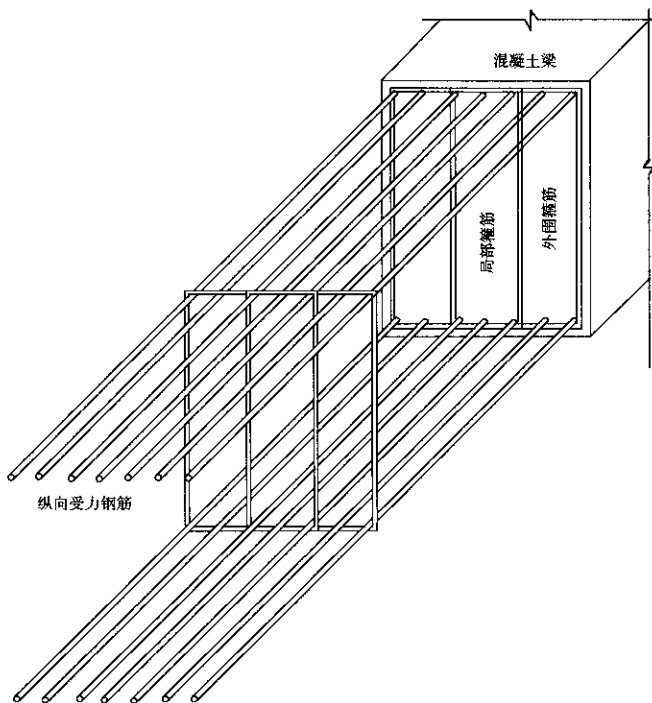


图 5-1

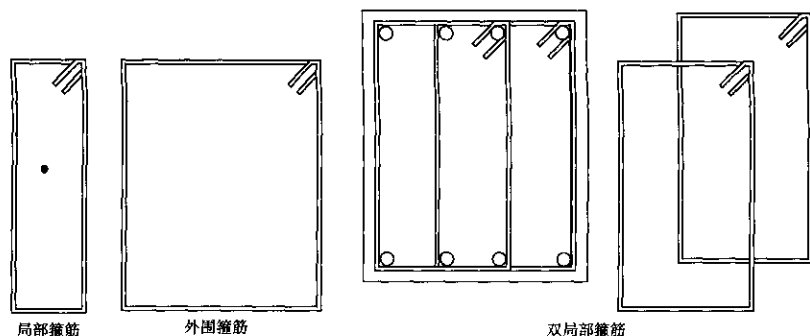


图 5-2

图 5-3

箍筋在梁中除了增强抵抗斜拉破坏外，它还能固定梁和柱中的纵向受力钢筋，不产生位移，以保证其力学性能要求，也利于浇筑混凝土而不致影响混凝土施工质量。

混凝土柱中的纵向受力钢筋，要求每隔一根限制自由度（位移）。经绑扎后，它不能上、下、左、右移动，见图 5-4。

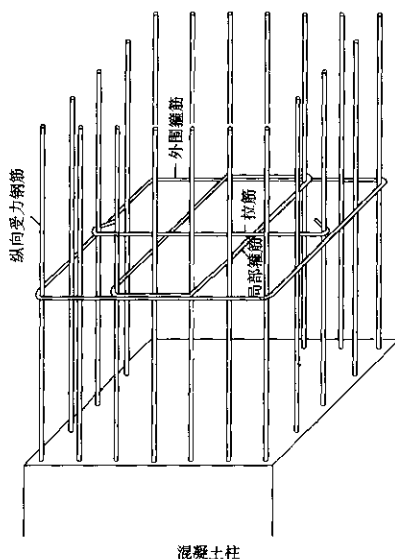


图 5-4

有时不宜于加双肢箍时，可以由拉筋来调剂，见图 5-5。

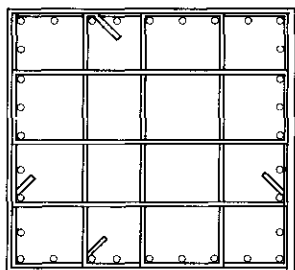


图 5-5

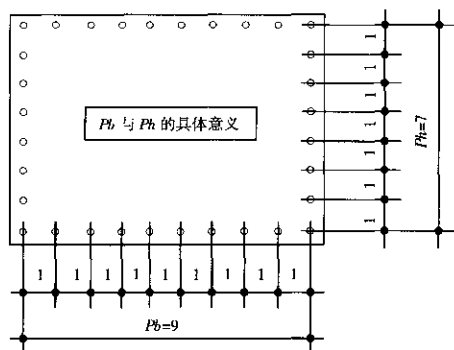


图 5-6

第二节 横向局部箍筋计算

横向局部箍筋的计算，是根据外围箍筋和局部箍筋之间的比例关系进行计算的。参看图 5-6，先讲一下“ P_b ”和“ P_h ”的意义。 P_b 是指水平方向的纵向受力钢筋之间的空隙数。以后计算会用到它。同理，“ P_h ”是指竖直方向的纵向受力钢筋之间的空隙数。

下面再讲一下“ i ”和“ j ”的概念。参看图 5-7。“ i ”和“ j ”都是为以后计算局部箍筋做准备的。 i 是一个横排纵向受力钢筋的总数。 j 是一个竖排纵向受力钢筋的总数。右下脚的那一根纵向受力钢筋，既属于横排纵向受力钢筋，又属于竖排纵向受力钢筋，是可以共用的。

前面已经讲过，箍筋通常是标内皮尺寸的。局部箍筋的内皮尺寸如何计算呢？其前提是箍筋的间隔必须是均匀的。如横向局部箍筋计算原理图（图 5-7）所示。首先考虑竖

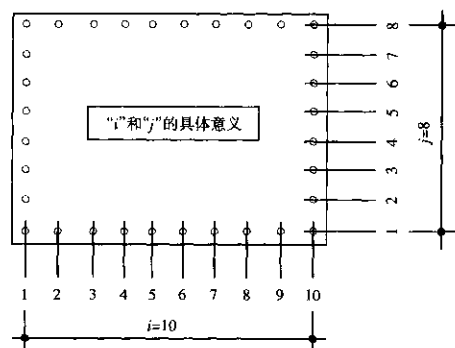


图 5-7

排纵向受力钢筋的间隙数目 P_h 也即

$$P_h = j - 1$$

再从图 5-8 中求出横向局部箍筋沿竖向的内皮尺寸。即先求

$$Q_h = i - 1$$

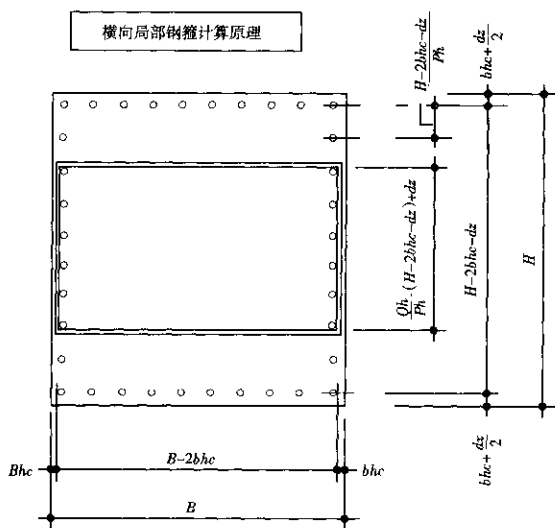


图 5-8

符号注释

dz —纵向受力钢筋直径

dg —箍筋直径

P_h —截面横排纵向受力钢筋之间总空隙数

P_h —截面竖排纵向受力钢筋之间总空隙数

i —横排纵向受力钢筋数

j —竖排纵向受力钢筋数

$P_h = i - 1$

$P_h = j - 1$

Q_h —竖向局部箍筋所包围横排纵向受力钢筋之间的空隙数

Q_h —横向局部箍筋所包围竖排纵向受力钢筋之间的空隙数

即横向局部箍筋内部，沿竖向的纵向受力钢筋的间隙数目。接着，按下列步骤进行：

1. 求右侧竖排筋的上、下两端钢筋中心线间距离为

$$H - 2bhc - dz$$

2. 求相邻两筋中心线间距离为

$$\frac{H - 2bhc - dz}{P_h}$$

3. 求横向局部箍筋内沿竖向若干钢筋中心线间距离为

$$\frac{Q_h \times (H - 2bhc - dz)}{P_h}$$

4. 求横向局部箍筋沿竖向的内皮尺寸为

$$\frac{Q_h}{P_h} (H - 2bhc - dz) + dz \quad (5-1)$$

因为图中出现两种直径，这里用两种符号规定两种直径： dz 表示纵向受力钢筋的直径； dg 表示箍筋的直径。

图 5-9 是具有标注横向局部箍筋的箍筋加工图。

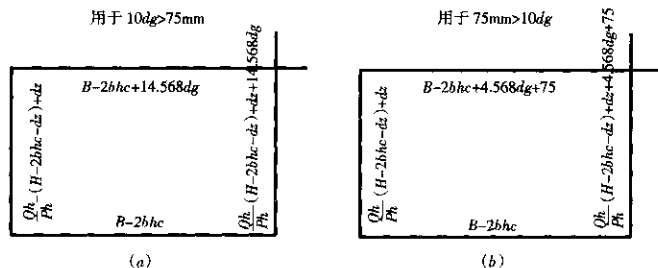


图 5-9

第三节 竖向局部箍筋计算

上面说的横向局部箍筋，只是在柱中使用。而竖向局部箍筋，既可以在柱中使用，又可以在梁中使用。竖向局部箍筋计算，和横向局部箍筋计算的方法，基本上是一样的。前面如图 5-3 的双竖向局部箍筋，有时是用在梁中。它在柱中，通常是不使用的。

一、竖向局部箍筋计算原理

图 5-10 为竖向局部箍筋计算的原理图。

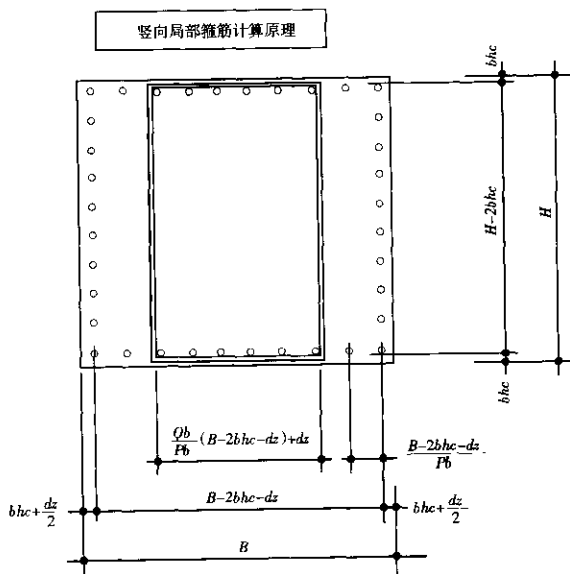


图 5-10

首先考虑一个横排纵向受力钢筋的间隙数目 Pb 等于多少？也可以按 $Pb = i - 1$ 计算。再看图中如何求出竖向局部箍筋沿横向的内皮尺寸。先求 Qb ，即竖向局部箍筋内部，沿横向的纵向受力钢筋的间隙数目。接着，按下列步骤进行：

1. 求底部横排筋的左、右两筋中心线间距离为

$$B - 2bhc - dz$$

2. 求相邻两筋中心线间距离为

$$\frac{B - 2bhc - dz}{Pb}$$

3. 求竖向局部箍筋内两头横向钢筋中心线间距离为

$$\frac{Qb \times (B - 2bhc - dz)}{Pb}$$

4. 求竖向局部箍筋沿横向的内皮尺寸为

$$\frac{Qb}{Pb} (B - 2bhc - dz) + dz \quad (5-2)$$

图 5-11 是竖向局部箍筋的加工尺寸图。

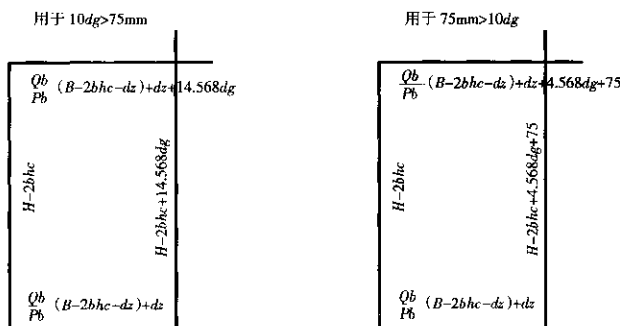


图 5-11

二、各种不同情况的算例

【例 5-1】

图 5-12 是混凝土柱截面施工图。

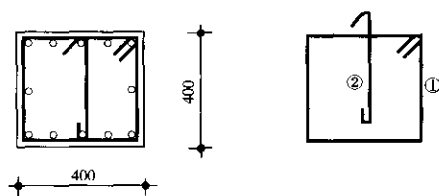


图 5-12

已知：箍筋和拉筋的直径 $d=6$ ；

柱截面宽度 $B=400$ ；

柱截面高度 $H=400$ ；

箍筋端钩角度 $=135^\circ$ ；

拉筋端钩角度 $=135^\circ、180^\circ$ 各一；

保护层 $bhc=30\text{mm}$ ；

箍筋和拉筋的弯曲半径 $R=2.5d$ 。

求 1.1、1.2、1.3、1.4 和下料长度。

解:

1. 计算箍筋

(1) 箍筋宽度内皮尺寸为

$$\begin{aligned} L1 &= H - 2bh_c \\ &= 400 - 60 \\ &= 340 \end{aligned}$$

(2) 箍筋高度内皮尺寸为

$$\begin{aligned} L2 &= B - 2bh_c \\ &= 400 - 60 \\ &= 340 \end{aligned}$$

(3) 箍筋右翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bh_c + 4.568d + 75 \\ &= 400 - 60 + 27.408 + 75 \\ &\approx 442 \end{aligned}$$

(4) 箍筋上翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bh_c + 4.568d + 75 \\ &= 400 - 60 + 27.408 + 75 \\ &\approx 442 \end{aligned}$$

(5) 箍筋下料长度为

$$\begin{aligned} &L1 + L2 + L3 + L4 - 3 \times 0.288d \\ &= 1564 - 5.184 \\ &\approx 1559 \end{aligned}$$

2. 计算拉筋

(1) 拉筋外皮长度

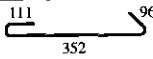
$$\begin{aligned} L1 &= H - 2bh_c + 2d \\ &= 400 - 60 + 12 \\ &= 352 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L2 &= 5.924d + 75 \quad (180^\circ \text{钩部分, 参看图 4-17}) \\ &\approx 111 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L3 &= 3.568d + 75 \quad (135^\circ \text{钩部分, 参看图 4-13}) \\ &\approx 96 \end{aligned}$$

钢筋材料明细表

表 5-1

钢筋编号	简 图	规 格	下料长度	数 量
①		φ6	1559	22
②		φ6	559	22

(2) 拉筋下料长度

$$L1+L2+L3=559$$

把具有答案的简图，放入在表 5-1 中。

【例 5-2】

图 5-13 是混凝土梁截面施工图。

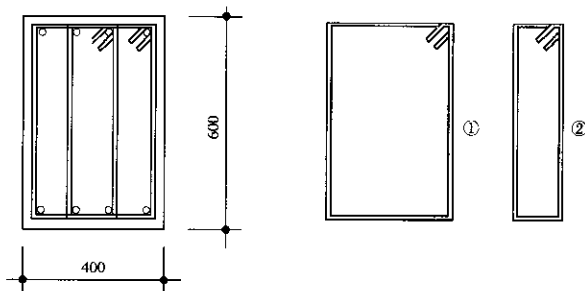


图 5-13

已知：梁截面有两个箍筋：①外围箍筋；②竖向局部箍筋。

还知道：

箍筋的直径 $d=6$ ；

纵向受力钢筋的直径 $d_z=22$ ；

梁截面宽度 $B=400$ ；

梁截面高度 $H=600$ ；

箍筋端钩角度 $=135^\circ$ ；

保护层 $bhc=25\text{mm}$ ；

箍筋的弯曲半径 $R=2.5d$ ；

$i=4$ ，

$Pb=i-1$

$=3$ ；

$Qb=1$ 。

求两个箍筋各自的 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 和下料长度。

解：

1. 计算箍筋①

(1) 箍筋高度内皮尺寸为

$$L1 = H - 2bhc$$

$$= 600 - 50$$

$$= 550$$

(2) 箍筋宽度内皮尺寸为

$$L2 = B - 2bhc$$

$$= 400 - 50$$

$$= 350$$

(3) 箍筋右翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L3 = H - 2bhc + 4.568d + 75$$

$$= 600 - 50 + 27.408 + 75$$

$$\approx 652$$

(4) 箍筋上翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L4 = B - 2bhc + 4.568d + 75$$

$$= 400 - 50 + 27.408 + 75$$

$$\approx 452$$

(5) 箍筋下料长度为

$$L1 + L2 + L3 + L4 - 3 \times 0.288d$$

$$= 2004 - 5.184$$

$$\approx 1999$$

2. 计算竖向局部箍筋②

(1) 箍筋高度内皮尺寸为

$$L1 = H - 2bhc$$

$$= 600 - 50$$

$$= 550$$

(2) 箍筋宽度内皮尺寸为

$$L2 = \frac{Qb}{Pb}(B - 2bhc - dz) + dz$$

$$= \frac{1}{3}(400 - 50 - 22) + 22$$

$$\approx 131$$

(3) 箍筋右翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L3 = H - 2bhc + 4.568d + 75$$

$$= 600 - 50 + 27.408 + 75$$

$$\approx 652$$

(4) 箍筋上翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L4 = \frac{Qb}{Pb}(B - 2bhc - dz) + dz + 4.568d + 75$$

$$= \frac{1}{3}(400 - 50 - 22) + 22 + 27.408 + 75$$

$$\approx 234$$

(5) 箍筋下料长度为

$$L1 + L2 + L3 + L4 - 3 \times 0.288d$$

$$= 550 + 131 + 652 + 234 - 5.184$$

$$= 1562$$

把具有答案的简图，放入在表 5-2 中。

钢筋材料明细表

表 5-2

钢筋编号	简图	规格	下料长度	数量
①		$\phi 6$	1999	22
②		$\phi 6$	1562	22

【例 5-3】

图 5-14 是混凝土梁截面施工图。

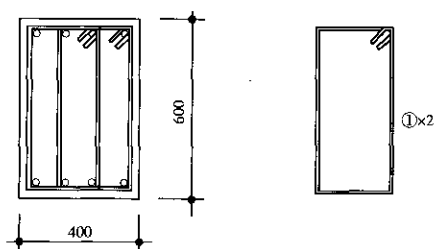


图 5-14

已知：梁截面有两个箍筋，是形状和尺寸完全相同的竖向局部箍筋。

还知道：

箍筋的直径 $d=8$ ；

纵向受力钢筋的直径 $d_s=22$ ；

梁截面宽度 $B=400$ ；

梁截面高度 $H=600$ ；

箍筋端钩角度 $=135^\circ$ ；

保护层 $bhc=25\text{mm}$ ；

箍筋的弯曲半径 $R=2.5d$ ；

$i=4$ ；

$Pb=i-1$

$=3$ ；

$Qb=2$ 。

因为两个箍筋是形状和尺寸完全相同的竖向局部箍筋，所以，求一个箍筋就可以了。

箍筋的 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 和下料长度，计算如下。

解：

计算竖向局部箍筋①如下。

1. 箍筋高度内皮尺寸为

$$\begin{aligned} L1 &= H - 2bh_c \\ &= 600 - 50 \\ &= 550 \end{aligned}$$

2. 箍筋宽度内皮尺寸为

$$\begin{aligned} L2 &= \frac{Qb}{Pb}(B - 2bh_c - dz) + dz \\ &= \frac{2}{3}(400 - 50 - 22) + 22 \\ &\approx 241 \end{aligned}$$

3. 箍筋右翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bh_c + 14.568d \quad \text{———} (d=8) \\ &= 600 - 50 + 116.544 \\ &\approx 667 \end{aligned}$$

4. 箍筋上翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$\begin{aligned} L4 &= \frac{Qb}{Pb}(B - 2bh_c - dz) + dz + 14.568 \times 8 \\ &= \frac{2}{3}(400 - 50 - 22) + 22 + 116.544 \\ &\approx 358 \end{aligned}$$

5. 箍筋下料长度为

$$\begin{aligned} &L1 + L2 + L3 + L4 - 3 \times 0.288 \times 8 \\ &= 550 + 241 + 667 + 358 - 6.912 \\ &= 1809 \end{aligned}$$

把具有答案的简图，放入在表 5-3 中。

钢筋材料明细表

表 5-3

钢筋编号	简图	规格	下料长度	数量
①		φ8	1809	44

【例 5-4】

如图 5-15 所示，已知柱截面有三个箍筋：①外围箍筋；②竖向局部箍筋；③横向局部箍筋。

还知道：

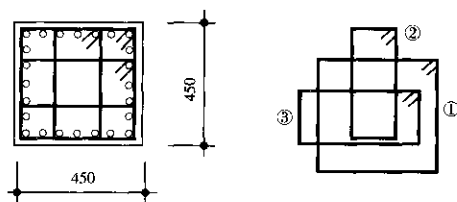


图 5-15

箍筋的直径 $d=6$;
 纵向受力钢筋的直径 $d_z=22$;
 柱截面宽度 $B=450$;
 柱截面高度 $H=450$;
 箍筋端钩角度 $=135^\circ$;
 保护层 $bhc=30\text{mm}$;
 箍筋的弯曲半径 $R=2.5d$;

$i=7$;

$j=7$;

$Pb=i-1=6$;

$Ph=j-1=6$;

$Qb=2$;

$Qh=2$ 。

求三个箍筋各自的 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 和下料长度。

解:

1. 计算箍筋①

(1) 箍筋高度内皮尺寸为

$$\begin{aligned} L1 &= H - 2bhc \\ &= 450 - 60 \\ &= 390 \end{aligned}$$

(2) 箍筋宽度内皮尺寸为

$$\begin{aligned} L2 &= B - 2bhc \\ &= 450 - 60 \\ &= 390 \end{aligned}$$

(3) 箍筋右翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 450 - 60 + 27.408 + 75 \\ &\approx 492 \end{aligned}$$

(4) 箍筋上翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L4 = B - 2bhc + 4.568d + 75$$

$$=450-60+27.408+75$$

$$\approx 492$$

(5) 箍筋下料长度为

$$L1 + L2 + L3 + L4 - 3 \times 0.288d$$

$$=1764-5.184$$

$$\approx 1759$$

2. 计算竖向局部箍筋②

(1) 箍筋高度内皮尺寸为

$$L1 = H - 2bhc$$

$$=450-60$$

$$=390$$

(2) 箍筋宽度内皮尺寸为

$$L2 = \frac{Qb}{Pb}(B-2bhc-dz)+dz$$

$$= \frac{2}{6}(450-60-22)+22$$

$$\approx 145$$

(3) 箍筋右翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L3 = H - 2bhc + 4.568d + 75 \text{———} (d=6)$$

$$=450-60+102.408$$

$$\approx 492$$

(4) 箍筋上翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L4 = \frac{Qb}{Pb}(B-2bhc-dz)+dz+4.568 \times 6 + 75$$

$$= \frac{2}{6}(450-60-22)+22+102.408$$

$$\approx 247$$

(5) 箍筋下料长度为

$$L1 + L2 + L3 + L4 - 3 \times 0.288 \times 6$$

$$=390+145+492+247-5.184$$

$$\approx 1269$$

3. 计算横向局部箍筋③

(1) 箍筋高度内皮尺寸为

$$L1 = \frac{Qh}{Ph}(H-2bhc-dz)+dz$$

$$= \frac{2}{6}(450-60-22)+22$$

$$=145$$

(2) 箍筋宽度内皮尺寸为

$$L2 = B - 2bhc$$

$$=450-60$$

$$\approx 390$$

(3) 箍筋右翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L3 = \frac{Qh}{Ph}(H-2bh_c-dz)+dz+4.568d+75 \quad (d=6)$$

$$= \frac{2}{6}(450-60-22)+22+102.408$$

$$\approx 247$$

(4) 箍筋上翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L4 = B-2bh_c+4.568 \times 6+75$$

$$=450-60+102.408$$

$$\approx 492$$

(5) 箍筋下料长度为

$$L1+L2+L3+L4-3 \times 0.288 \times 6$$

$$=145+390+247+492-5.184$$

$$\approx 1269$$

把具有答案的简图，放入在表 5-4 中。

钢筋材料明细表

表 5-4

钢筋编号	简图	规格	下料长度	数量
①		φ6	1759	44
②		φ6	1269	44
③		φ6	1269	44

【例 5-5】

已知：如图 5-16 所示，柱截面有三个箍筋：①外围箍筋；②竖向局部箍筋；③横向局部箍筋。

还知道：

箍筋的直径 $d=10$ ；

纵向受力钢筋的直径 $dz=22$ ；

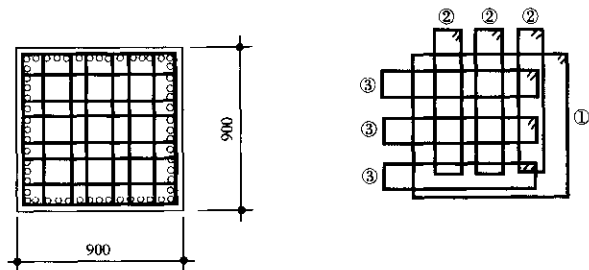


图 5-16

柱截面宽度 $B=900$;
 柱截面高度 $H=900$;
 箍筋端钩角度 $=135^\circ$;
 保护层 $bhc=30\text{mm}$;
 箍筋的弯曲半径 $R=2.5d$;
 $i=15$;

$j=15$;
 $Pb=i-1=14$;
 $Ph=j-1=14$;
 $Qb=2$;
 $Qh=2$ 。

求三个箍筋各自的 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 和下料长度。

解:

1. 计算箍筋①

(1) 箍筋高度内皮尺寸为

$$\begin{aligned} L1 &= H - 2bhc \\ &= 900 - 60 \\ &= 840 \end{aligned}$$

(2) 箍筋宽度内皮尺寸为

$$\begin{aligned} L2 &= B - 2bhc \\ &= 900 - 60 \\ &= 840 \end{aligned}$$

(3) 箍筋右翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 14.568d \\ &= 900 - 60 + 14.568 \times 10 \\ &\approx 986 \end{aligned}$$

(4) 箍筋上翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$\begin{aligned}
 L_4 &= B - 2bhc + 14.568d \\
 &= 900 - 60 + 14.568 \times 10 \\
 &\approx 986
 \end{aligned}$$

(5) 箍筋下料长度为

$$\begin{aligned}
 &L_1 + L_2 + L_3 + L_4 - 3 \times 0.288d \\
 &= 840 + 840 + 986 + 986 - 8.64 \\
 &\approx 3643
 \end{aligned}$$

2. 计算竖向局部箍筋②

(1) 箍筋高度内皮尺寸为

$$\begin{aligned}
 L_1 &= H - 2bhc \\
 &= 900 - 60 \\
 &= 840
 \end{aligned}$$

(2) 箍筋宽度内皮尺寸为

$$\begin{aligned}
 L_2 &= \frac{Qb}{Pb}(B - 2bhc - dz) + dz \\
 &= \frac{2}{14}(900 - 60 - 22) + 22 \\
 &\approx 139
 \end{aligned}$$

(3) 箍筋右翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$\begin{aligned}
 L_3 &= H - 2bhc + 14.568d \quad (d=10) \\
 &= 900 - 60 + 14.568 \times 10 \\
 &\approx 986
 \end{aligned}$$

(4) 箍筋上翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$\begin{aligned}
 L_4 &= \frac{Qb}{Pb}(B - 2bhc - dz) + dz + 14.568 \times 10 \\
 &= \frac{2}{14}(900 - 60 - 22) + 22 + 145.68 \\
 &\approx 285
 \end{aligned}$$

(5) 箍筋下料长度为

$$\begin{aligned}
 &L_1 + L_2 + L_3 + L_4 - 3 \times 0.288 \times 10 \\
 &= 840 + 139 + 986 + 285 - 8.64 \\
 &\approx 2241
 \end{aligned}$$

3. 计算横向局部箍筋③

(1) 箍筋高度内皮尺寸为

$$\begin{aligned}
 L_1 &= \frac{Qh}{Ph}(H - 2bhc - dz) + dz \\
 &= \frac{2}{14}(900 - 60 - 22) + 22 \\
 &= 139
 \end{aligned}$$

(2) 箍筋宽度内皮尺寸为

$$L2 = B - 2bhc$$

$$= 900 - 60$$

$$\approx 840$$

(3) 箍筋右翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L3 = \frac{Qh}{Ph} (H - 2bhc - dz) + dz + 14.568d \text{ ————— } (d=10)$$

$$= \frac{2}{14} (900 - 60 - 22) + 22 + 145.68$$

$$\approx 285$$

(4) 箍筋上翼筋沿内皮尺寸展开长度为

$$L4 = B - 2bhc + 14.568 \times 10$$

$$= 900 - 60 + 145.68$$

$$\approx 986$$

(5) 箍筋下料长度为

$$L1 + L2 + L3 + L4 - 3 \times 0.288 \times 10$$

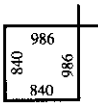
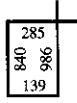
$$= 139 + 840 + 285 + 986 - 8.64$$

$$\approx 2241$$

把具有答案的简图，放入在表 5—5 中。

钢筋材料明细表

表 5—5

钢筋编号	简 图	规 格	下料长度	数 量
①		φ10	3643	44
②		φ10	2241	44
③		φ10	2241	44

练 习 五

1. 有 Qb 、 Qh 、 Pb 和 Ph 四个元素，问局部竖箍使用哪几个元素？再问局部横箍又使用哪几个元素？

2. 试根据 i 和 j , 算出 Pb 和 Ph 。

3. 利用例 5-4 和图 5-15, 只不过是把柱截面的尺寸, 改为 500×500 , 求它的局部竖箍和局部横箍的加工尺寸和下料尺寸。

4. 利用例 5-5 和图 5-16, 只不过是把柱截面的尺寸, 改为 1000×1000 , 求它的局部竖箍和局部横箍的加工尺寸和下料尺寸。

第六章 变截面构件箍筋

第一节 变截面悬挑梁箍筋

一、变截面构件箍筋的概念

参看图 6-1，悬挑梁距柱 50mm 开始设置箍筋，一直到距梁端 50mm+b1 处为止。

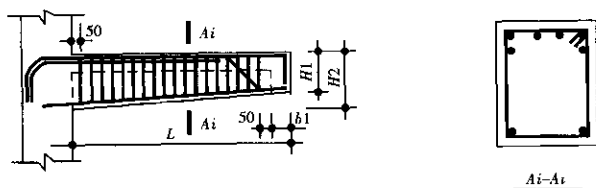


图 6-1

当一个构件沿长度方向，截面尺寸发生变化，如图 6-2 所示，一个比一个小。处于不同的截面的箍筋，高度尺寸是不一样的。再如构筑物钢筋混凝土烟囱和球面以及回转面薄壳体，当沿其回转轴线移动，并垂直其回转轴截断时，可以获得若干大小不同的圆形截面。当在工程中，遇到构件沿长度方向，截面尺寸发生变化时，就必须根据箍筋的间距和配置范围，一个一个地算出它们的加工尺寸和下料尺寸。

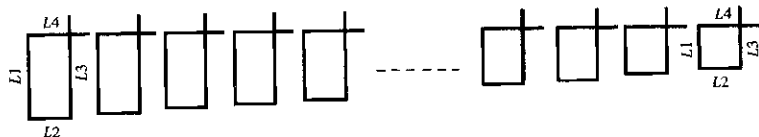


图 6-2

二、悬挑梁箍筋的计算

如何计算图 6-1 所示的一系列不同尺寸的箍筋，首先要知道，第一个箍筋的位置。是位于距梁根部分 50mm 的地方。

1. 变截面构件箍筋尺寸变化规律把图 6-1 和图 6-3 结合起来看箍筋尺寸有如下变化

特点:

(1) 每个箍筋宽度, 都是一样的, 只是高度不同。

相邻两个箍筋的高度差, 就是 ac 两点间的距离。也就是说, 所有相邻两个箍筋的高度差大小都等于 ac ;

(2) 从图 6-3 中可以看出, $\angle abc = \alpha^\circ$, 因为 $\angle abc$ 是 α° 的同位角;

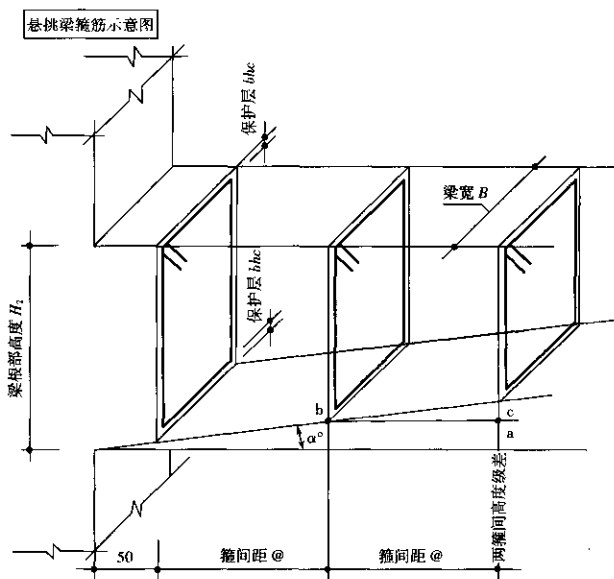


图 6-3

(3) 这样一来, $ab \times \tan \alpha^\circ$ 值, 就是相邻两个箍筋的高度差。

2. 计算步骤

(1) 求角度

$$\alpha^\circ = \arctg \frac{H2 - H1}{L} \quad (6-1)$$

(2) 求左起第一个箍筋所在截面的高度

$$H3 = H2 - 50 \times \tan \alpha^\circ \quad (6-2)$$

(3) 求左起第一个箍筋的高度

$$K1 = H2 - 50 \times \tan \alpha^\circ - 2 \times bhc \quad (6-3)$$

(4) 求相邻两个箍筋的高度差

$$ca = ab \times \tan \alpha^\circ \quad (ab \text{ 为箍筋间距}) \quad (6-4)$$

(5) 求箍筋的内皮宽度

$$Bg = B - 2 \times bhc \quad (6-5)$$

(6) 求箍筋数量

$$G_{jsl} = \frac{L - 100 - b1}{ab} + 1 \quad (6-6)$$

【例 6-1】

参看图 6-1, 已知:

悬挑梁的外伸臂长度 $L=3000\text{mm}$;

梁宽 $B=300\text{mm}$;

梁根部高度 $H2=500\text{mm}$;

梁端部高度 $H1=300\text{mm}$;

箍筋直径 $d=6\text{mm}$;

$b1=200\text{mm}$;

箍筋间距 $@=ab-200\text{mm}$;

保护层 $bhc=25\text{mm}$;

箍筋加工弯曲半径 $R=2.5d$ 。

解:

$$\begin{aligned}(1) \text{ 求角度 } \alpha^{\circ} &= \arctg \frac{H2-H1}{L} \\ &= \arctg \frac{500-300}{3000} \\ &= \arctg 0.0666 \\ &= 3.814^{\circ}\end{aligned}$$

(2) 求左起第一个箍筋内皮的高度

$$\begin{aligned}K1 &= H2 - 50 \times \text{tg} \alpha^{\circ} - 2 \times bhc \\ &= 500 - 3.333 - 50 \\ &= 447\end{aligned}$$

(3) 求相邻两个箍筋的高度差

$$\begin{aligned}ca &= ab \times \text{tg} \alpha^{\circ} \text{———} (ab \text{ 为箍筋间距}) \\ &= 200 \times 0.0666 \\ &= 13.333\end{aligned}$$

(4) 求箍筋的内皮宽度

$$\begin{aligned}Bg &= B - 2 \times bhc \\ &= 300 - 50 \\ &= 250\end{aligned}$$

(5) 求箍筋数量

$$\begin{aligned}Gjsl &= \frac{L - 100 - b1}{ab} + 1 \\ &= \frac{3000 - 100 - 200}{200} + 1 \\ &= 14.5\end{aligned}$$

取 15 个高度不同的箍筋。

注意, 箍筋的高度差, 为了避免后面的箍筋高度误差过大, 小数点不要提前进位。

所有箍筋的内皮宽度 $L2$ 都是一样的。

下面计算 15 个箍筋的具体加工尺寸和下料尺寸。

①号箍筋:

$$L1=447$$

$$L2=250$$

$$L3 = H - 2bhc + 4.568d + 75 \text{ (公式 3-6'; } H \text{ 代表箍筋所在截面高度)}$$

$$= H2 - 50 \times \text{tga}^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 \text{ (} H = H2 - 50 \times \text{tga}^\circ \text{)}$$

$$= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75$$

$$\approx 549$$

$$L4 = B - 2bhc + 4.568d + 75$$

$$= 300 - 50 + 27.408 + 75$$

$$\approx 352$$

下料长度为

$$447 + 250 + 549 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1593$$

②号箍筋:

$$L1 = 447 - 13$$

(13.333, 取 13, 以保证高度)

$$= 434$$

$$L2 = 250$$

$$L3 = H - 2bhc + 4.568d + 75 - 13$$

$$= H2 - 50 \times \text{tga}^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 13$$

$$= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 13$$

$$\approx 536$$

$$L4 = B - 2bhc + 4.568d + 75$$

$$= 300 - 50 + 27.408 + 75$$

$$\approx 352$$

下料长度为

$$434 + 250 + 536 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1567$$

③号箍筋:

$$L1 = 447 - 13 - 13$$

(13.333, 取 13)

$$= 421$$

$$L2 = 250$$

$$L3 = H - 2bhc + 4.568d + 75 - 13 - 13$$

$$= H2 - 50 \times \text{tga}^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 13 - 13$$

$$= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 13 - 13$$

$$\approx 523$$

$$L4 = B - 2bhc + 4.568d + 75$$

$$= 300 - 50 + 27.408 + 75$$

$$\approx 352$$

下料长度为

$$421 + 250 + 523 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1541$$

④号箍筋:

$$L1 = 447 - 40$$

(13.333 $\times$ 3 $\approx$ 40)

$$= 407$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 40 \\ &= H2 - 50 \times \tan \alpha^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 40 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 40 \\ &\approx 509 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$407 + 250 + 509 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1513$$

⑤号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 53 & (13.333 \times 4 = 53.333, \text{取 } 53) \\ &= 394 \end{aligned}$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 53 \\ &= H2 - 50 \times \tan \alpha^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 53 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 53 \\ &\approx 496 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$394 + 250 + 496 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1487$$

⑥号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 66 & (13.333 \times 5 = 66.665, \text{取 } 66) \\ &= 381 \end{aligned}$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 66 \\ &= H2 - 50 \times \tan \alpha^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 66 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 66 \\ &\approx 483 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 & (\text{公式 } 3-8') \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$381 + 250 + 483 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1461$$

⑦号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 80 & (13.333 \times 6 = 79.98, \text{取 } 80) \\ &= 367 \end{aligned}$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 80 \\ &= H2 - 50 \times \operatorname{tg} \alpha^{\circ} - 2bhc + 4.568d + 75 - 80 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 80 \\ &\approx 469 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$367 + 250 + 469 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1433$$

⑧号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 93 & (13.333 \times 7 = 93.331, \text{取 } 93) \\ &= 354 \end{aligned}$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 93 \\ &= H2 - 50 \times \operatorname{tg} \alpha^{\circ} - 2bhc + 4.568d + 75 - 93 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 93 \\ &\approx 456 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$354 + 250 + 456 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1407$$

⑨号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 106 & (13.333 \times 8 = 106.664, \text{取 } 106) \\ &= 341 \end{aligned}$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 106 \\ &= H2 - 50 \times \operatorname{tg} \alpha^{\circ} - 2bhc + 4.568d + 75 - 106 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 106 \\ &\approx 443 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$341 + 250 + 443 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1381$$

⑩号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 120 & (13.333 \times 9 = 119.997, \text{取 } 120) \\ &= 327 \end{aligned}$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 120 \\ &= H2 - 50 \times \text{tga}^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 120 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 120 \\ &\approx 429 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned} \quad (3-8')$$

下料长度为

$$327 + 250 + 429 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1353$$

⑩号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 133 \\ &= 314 \end{aligned} \quad (13.333 \times 10 = 133.33, \text{取 } 133)$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 133 \\ &= H2 - 50 \times \text{tga}^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 133 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 133 \\ &\approx 416 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$314 + 250 + 416 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1327$$

⑪号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 146 \\ &= 301 \end{aligned} \quad (13.333 \times 11 = 146.663, \text{取 } 146)$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 146 \\ &= H2 - 50 \times \text{tga}^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 146 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 146 \\ &\approx 403 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$301 + 250 + 403 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1301$$

⑫号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 160 \\ &= 287 \end{aligned} \quad (13.333 \times 12 = 159.996, \text{取 } 160)$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 160 \\ &= H2 - 50 \times \operatorname{tg} \alpha^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 160 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 160 \\ &\approx 389 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$287 + 250 + 389 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1272$$

⑭号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 173 & (13.333 \times 13 = 173.329, \text{取 } 173) \\ &= 274 \end{aligned}$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 173 \\ &= H2 - 50 \times \operatorname{tg} \alpha^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 173 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 173 \\ &\approx 376 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$261 + 250 + 376 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1246$$

⑮号箍筋:

$$\begin{aligned} L1 &= 447 - 186 & (13.333 \times 14 = 186.662, \text{取 } 186) \\ &= 261 \end{aligned}$$

$$L2 = 250$$

$$\begin{aligned} L3 &= H - 2bhc + 4.568d + 75 - 186 \\ &= H2 - 50 \times \operatorname{tg} \alpha^\circ - 2bhc + 4.568d + 75 - 186 \\ &= 500 - 3.333 - 50 + 27.408 + 75 - 186 \\ &\approx 363 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= B - 2bhc + 4.568d + 75 \\ &= 300 - 50 + 27.408 + 75 \\ &\approx 352 \end{aligned}$$

下料长度为

$$248 + 250 + 363 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 1221$$

验算:

这里只验算⑮号箍筋的 $L1$ 就可以了。

$$L1 = H2 - [(L - 50 - b1) \times \operatorname{tg} \alpha^\circ] - 2bhc$$

$$=500-[(3000-50-200)\times\text{tg}3.814^{\circ}]-50$$

$$\approx 500-2750\times 0.0666-50$$

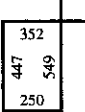
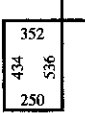
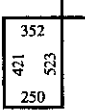
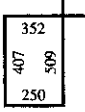
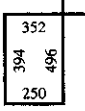
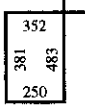
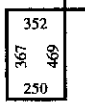
$$\approx 267$$

⑮号箍筋的 $L2\approx 261$ ，误差为 6mm（小数舍入所致）。

把具有答案的简图，放入在表 6-1、表 6-2 中。

悬挑梁变截面箍筋材料明细表

表 6-1

钢筋编号	简 图	规 格	下料长度 mm	数 量
①		φ6	1593	5
②		φ6	1567	5
③		φ6	1541	5
④		φ6	1513	5
⑤		φ6	1487	5
⑥		φ6	1461	5
⑦		φ6	1433	5

续表

钢筋编号	简 图	规 格	下料长度 mm	数 量
⑧		Φ6	1407	5

悬挑梁变截面箍筋材料明细表

表 6-2

钢筋编号	简 图	规 格	下料长度 mm	数 量
⑨		Φ6	1381	5
⑩		Φ6	1353	5
⑪		Φ6	1327	5
⑫		Φ6	1301	5
⑬		Φ6	1272	5
⑭		Φ6	1246	5
⑮		Φ6	1221	5

第二节 变截面加腋梁箍筋

图 6-4 是边跨加腋梁的节点图, 其中上部有纵向受力筋、左上角负筋、腋下部斜筋和梁下部纵筋, 另外, 还有箍筋。这里主要是讲腋间的变截面中的箍筋。距柱 50mm 处, 设置的变截面箍筋, 是最高的一个。腋底边缘的坡度, 是由 C1 和 C2 来决定。跨中梁的高度定为 H。

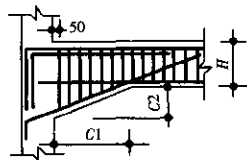


图 6-4

图 6-5 是位于中间支座处, 两侧都是加腋梁的对称节点。就其箍筋的数量而言, 如果 H、C1 和 C2 都一样, 就是边跨加腋梁箍筋的两倍。计算的思路, 和边跨加腋梁箍筋是一样的。

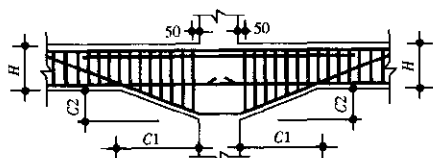


图 6-5

计算步骤:

$$1. \text{ 求角度 } \alpha^{\circ} = \arctg \frac{C2}{C1}; \quad (6-7)$$

$$2. \text{ 求从贴近柱子起的第一个箍筋所在截面的高度 } H3 = H + C2 - 50 \times \tg \alpha^{\circ} \quad (6-8)$$

$$3. \text{ 求从贴近柱子起的第一个箍筋的高度 } H1 = H + C2 - 50 \times \tg \alpha^{\circ} - 2 \times bhc \quad (6-9)$$

$$4. \text{ 求相邻两个箍筋的高度差 } ca = ab \times \tg \alpha^{\circ} \quad (ab \text{ 为箍筋间距}) \quad (6-10)$$

$$5. \text{ 求箍筋的内皮宽度 } Bg = B - 2 \times bhc \quad (6-11)$$

$$6. \text{ 求箍筋数量 } Gjsl = \frac{C1 - 50}{ab} + 1 \quad (6-12)$$

【例 6-2】

由图 6-4 可知:

梁高度 $H=500\text{mm}$;

梁宽 $B=300\text{mm}$;

腋长度 $c1=1000\text{mm}$;

腋高度 $c2=500\text{mm}$;

箍筋 $d=6\text{mm}$

箍筋间距 $@=ab=200\text{mm}$

保护层 $bhc=25\text{mm}$

箍筋加工弯曲半径 $R=2.5d$

解:

$$\begin{aligned}(1) \text{ 求角度 } \alpha^{\circ} &= \arctg \frac{C2}{C1} \\ &= \arctg \frac{500}{1000} \\ &= \arctg 0.5 \\ &= 26.565^{\circ}\end{aligned}$$

(2) 求从贴近柱子起的第一个箍筋所在截面的高度

$$\begin{aligned}H3 &= H + C2 - 50 \times \tg 26.565^{\circ} \\ &= 500 + 500 - 50 \times 0.5 \\ &= 975\end{aligned}$$

(3) 求从贴近柱子起第一个箍筋内皮的高度

$$\begin{aligned}H1 &= H + C2 - 50 \times \tg 26.565^{\circ} - 2 \times bh_c \\ &= 500 + 500 - 50 \times 0.5 - 50 \\ &= 925\end{aligned}$$

(4) 求相邻两个箍筋的高度差

$$\begin{aligned}ca &= ab \times \tg \alpha^{\circ} \quad \text{--- (ab 为箍筋间距)} \\ &= 200 \times 0.5 \\ &= 100\end{aligned}$$

(5) 求箍筋的内皮宽度

$$\begin{aligned}Bg &= B - 2 \times bh_c \\ &= 300 - 50 \\ &= 250\end{aligned}$$

(6) 求箍筋数量

$$\begin{aligned}G_{jsl} &= \frac{C1 - 50}{ab} + 1 \\ &= \frac{1000 - 50}{200} + 1 \\ &= 4.75 + 1 \\ &= 5.75\end{aligned}$$

取箍筋数量=5, 不能取 6。因为取 6, 将会算出的箍高小于等截面中的箍高。
现在按边跨加腋梁箍筋, 计算①、②、③、④和⑤的加工与下料尺寸。

①号箍筋:

$$\begin{aligned}L1 &= H + C2 - 50 \times \tg 26.565^{\circ} - 2 \times bh_c \\ &= 500 + 500 - 50 \times 0.5 - 50 \\ &= 925\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L2 &= B - 2 \times bh_c \\ &= 300 - 50 \\ &= 250\end{aligned}$$

$$L_3 = L_1 + 4.568d + 75$$

$$= 925 + 4.568d + 75$$

$$= 925 + 27.408 + 75$$

$$\approx 1027$$

$$L_4 = 250 + 4.568d + 75$$

$$= 250 + 27.408 + 75$$

$$\approx 352$$

下料长度为

$$925 + 250 + 1027 + 352 - 3 \times 0.288 \times 6 \approx 2549$$

由于相邻两箍的高度差为100，计算②号箍筋时，只需L1、L3各减100；下料长度减200就可以了。再计算后面箍筋时，依次照此加数即可。

②号箍筋：

$$L_1 = 925 - 100$$

$$= 825$$

$$L_2 = 250$$

$$L_3 \approx 1027 - 100$$

$$= 927$$

$$L_4 \approx 352$$

下料长度为

$$2549 - 200 \approx 2349$$

③号箍筋：

$$L_1 = 825 - 100$$

$$= 725$$

$$L_2 = 250$$

$$L_3 \approx 927 - 100$$

$$= 827$$

$$L_4 = 352$$

下料长度为

$$2349 - 200 = 2149$$

④号箍筋：

$$L_1 = 725 - 100$$

$$= 625$$

$$L_2 = 250$$

$$L_3 \approx 827 - 100$$

$$= 727$$

$$L_4 \approx 352$$

下料长度为

$$2149 - 200 = 1949$$

⑤号箍筋：

$$L1 = 625 - 100$$

$$= 525$$

$$L2 = 250$$

$$L3 = 727 - 100$$

$$= 627$$

$$L4 = 352$$

下料长度为

$$1949 - 200 = 1749$$

验算

这里只验算⑤号箍筋的 $L1$ 就可以了。

$$L1 = 975 - 4 \times ab \times \operatorname{tg} \alpha^\circ - 2bhc$$

$$= 975 - 800 \times 0.5 - 50$$

$$= 525$$

⑤号箍筋的 $L1 = 525$ ，误差为 0mm。

把具有答案的简图，放入在表 6-3 中。

加腋梁变截面箍筋材料明细表

表 6-3

钢筋编号	简图	规格	下料长度 mm	数量
①		φ6	2549	5
②		φ6	2349	5
③		φ6	2149	5
④		φ6	1949	5
⑤		φ6	1749	5