

文章编号: 1005-0523(2016)05-0018-07

结构施工图中截面注写方式表示的框架柱的识别算法研究

张维锦, 王 博, 饶志华

(华东交通大学土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 平法规定, 柱平法施工图的表示有截面注写方式和列表注写方式两种。截面注写方式系在柱平面布置图的柱截面上, 分别在同一编号的柱中选择一个截面按照一定的比例放大, 同时注写截面尺寸和具体配筋数值的方式来表达柱平法施工图。实际工程图纸中放大的柱截面大都直接表示在定位轴线上。本文便是针对这种截面法表示的框架柱, 利用其制图规则以及表示特点, 研究出一种计算机能够自动识别并且生成柱构件三维模型的算法并将其应用到三维钢筋、工程量算量软件中。经过对大量工程图纸的应用测试以及用户对实际工程的应用检验, 能够快速进行图纸识别、三维建模以及相关的 BIM 应用。

关键词: 结构施工图; 平法; 截面注写方式; BIM

中图分类号: TU375.3 文献标志码: A

DOI: 10.16749/j.cnki.jecjtu.2016.05.004

随着我国国民经济的飞速发展以及建筑行业标准化水平的不断提高, 结构设计行业迫切需要一种规范、通用的图示方法来传达设计信息, 为此, 我国将平法^[1]作为建筑行业通用的图示方法。平法把结构构件的尺寸以及相应的配筋信息等, 按照平面整体表示方法的制图规则, 整体直接地表示在各类构件的结构平面布置图上, 再与标准构造详图^[2]配合, 形成了一套新型完整的结构设计表示方法。用此方法传达施工图信息方便、简单、规范, 能够满足各结构设计、施工行业的需求, 已经被广泛应用。但是, 结构施工图纸全部是由计算机辅助软件参照 11G101 图集绘制的二维图形, 专业性、抽象性较强, 只有具备相关专业知识的技术人员才可以读懂图纸中的信息, 并且图纸中的信息在后期的概预算、施工组织管理等阶段中的利用率并不高。这与我国施工企业技术人员整体素质还普遍不高的现状相矛盾, 并且很容易因为技术人员的认知、理解能力、疲劳程度而产生主观的偏差, 影响图纸信息的正确传递以及循环利用。因此对于一种可以利用计算机自动识别二维图纸中的各类建筑构件以及其详细的尺寸、配筋信息, 并且能够自动参照二维图纸信息生成三维模型算法的研究是一个重要的课题。

针对识别转换 CAD 二维图纸自动生成三维模型算法的研究也有很多, 有通过提取其地形坐标数据, 匹配成三维点再分割成三角单元进而渲染生成三维地形的^[3]; 还有通过提取关键的几何拓扑信息, 并从平面图中识别“门”“窗”等构件再借助 Visual C++ 以及 OpenGL 重现真实的三维房屋^[4]。他们都是通过读取 CAD 图纸的 DXF 文件来完成转换的。DXF 文件是美国 Autodesk 公司制定并首先用于 AutoCAD 的图形交换的文件格式。它是一种基于矢量的 ASCII 格式, 文件的扩展名为“.DXF”, 用于外部程序和图形系统或不同的图形系统之间交换图形信息。由于它结构简单、可读性好、易于被其他程序处理, 因此已被各行业广泛应用。但是现有三维建模应用软件并没有真正做到“一键式提取转换”得到准确的三维模型, 大都是要经过一系列复杂的设置、操作甚至重新建立模型。因此, 研究出一种快速的“一键式提取转换”生成三维模型的算法是非常有必要的。框架结构是建筑中应用比较成熟、广泛的一种结构形式, 结构施工图中框架柱的平面表示方法有

收稿日期: 2016-06-07

作者简介: 张维锦(1962—), 男, 副教授, 研究方向为三维 CAD 及算量软件的开发与应用。

截面注写方式和列表注写方式两种,而前者在工程中的应用更为广泛。本文便是针对工程图纸中用截面注写方式表示的框架柱,研究出一套便捷的“一键式提取转换”生成三维模型的识别算法,并将其应用到三维钢筋、工程量造价软件中。

1 截面注写方式表示的框架柱的识别机制

利用截面注写方式表示的框架柱施工图的图形以及文字特征,准确、高效的提取到柱详细信息,并且自动生成三维柱、钢筋模型。

1.1 柱的工程分类

根据结构形式的不同,柱可以分为框架柱、剪力墙暗柱、构造柱等,其截面形式也有矩形、圆形、L形、T形等多种形状。通过对比分析大量的工程图纸发现框架结构中的柱多为矩形。本文便是针对这种应用最为广泛的用截面注写方式表示的矩形框架柱研究其识别算法。图1所示的便是截面注写方式表示的框架柱施工图图例。

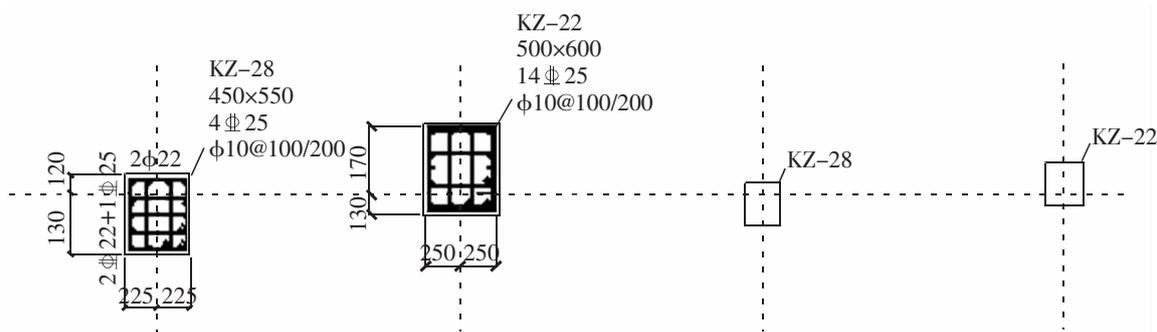


图1 截面注写方式表示的框架柱(mm)

Fig.1 The frame columns shown in the section drawing method(mm)

1.2 识别依据

结构施工图是由计算机辅助软件 AutoCAD 设计的图纸文件,都是以 DWG 格式存在的,然而这种格式的文件并不公开。为了能直接利用设计图纸的数据,避免重复的建模,我们可以利用 AutoCAD 的图形交换的文件格式——DXF 格式文件。DXF 文件保存了对象图元的坐标、长度、方向以及图层等信息,而结构设计人员在利用结构设计软件进行结构施工图的绘制时会把尺寸线、钢筋、柱边线等图元分图层绘制管理。柱的集标信息也有其各自的特点。因此,便可以利用这些表示特点进行信息的识别、处理,以减少程序的运行时间,提高识别成功率。

1.3 对象图元的指定

由于施工图纸中的各类图元是分图层管理的,并且 DXF 文件保存了对象图元的图层、坐标、长度等信息,因此,可以用以下的方法指定图元:

- 1) 所有轴线位于同一图层,因此可以用点击轴线的方法选中所有的轴线并指定其为轴线,同样可以用此方法指定柱;
- 2) 施工图中柱钢筋线都绘制在柱轮廓线的范围内,因此可以指定柱轮廓线以内的图元为钢筋;
- 3) 表示纵筋与箍筋的线段长度有很大区别,可以利用这一点区分纵筋和箍筋。

2 截面注写方式表示的框架柱的识别

平法图集 11G-101-1 规定:除芯柱之外的所有柱截面按本规定第 2.2.2 条第一款的规定进行编号,从相同编号的柱中选择一个截面,按另一种比例放大绘制柱截面配筋图,并在各配筋图上继其编号后再注写截面尺寸 $b \times h$ 、角筋或全部纵筋、箍筋的具体数值,以及在柱截面配筋图上标注柱截面与轴线关系 b_1 , b_1, h_1, h_2 的具体数值。

对比分析大量的工程图纸发现,框架柱中心点并非都在轴线交点上,如图1所示的柱中心点便不在轴线交点上。因此,对于用截面注写方式表示的框架柱的识别算法的重点就在于柱截面尺寸的缩放还原以及柱平面位置的校正。

2.1 柱集标信息的读取

通过对上述的平法规定以及大量工程图纸的研究可知,框架柱的集标信息包括四行,分别是柱名(含有字符“Z”或者“z”)、截面尺寸(含有字符“X”)、纵筋(含有字符“Φ”“Φ”“Φ”分别表示一、二、三级钢)、箍筋(含有字符“@”),同时 DXF 文件中的字符都保存了其左下角的定位点坐标。因此,对于集标有引线的柱,可以通过引线找到相应集标信息;对于集标没有引线的柱,找到距离其中心点最近的集标作为其集标信息。然后依次将以上各字符信息保存到定义的 Cstring 对象 str1, str2, str3, str4 中。

2.2 柱的识别

识别柱之前,先利用 DXF 文件分层管理对象图元的性质,将所有的轴线识别为轴网,用于柱的定位。

参照张维锦^[5]关于结构施工图中暗柱的识别方法,识别图纸中所有的框架柱以及其名称,其中包括放大表示的以及按实际尺寸表示的柱。用上述的方法可以成功的识别到所有的柱构件,但是放大表示的柱截面并不能自动缩小到实际尺寸。如图2所示初步识别后的放大显示的柱并没有缩小到实际尺寸,因此还需要对识别到的放大显示的柱构件进行缩放以及移位。

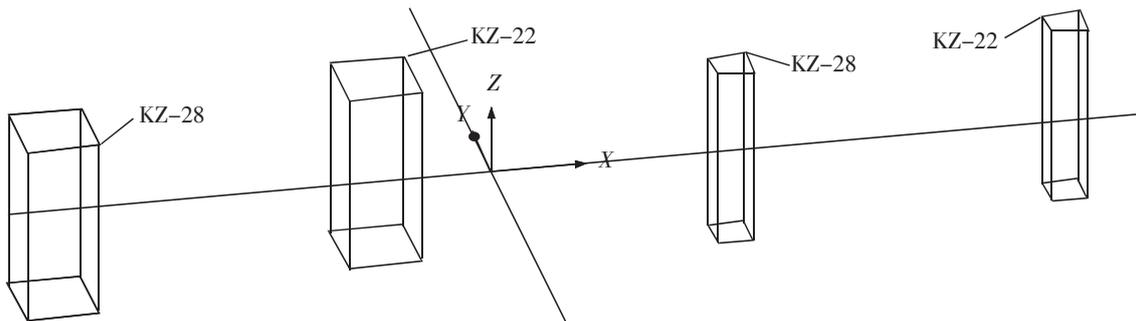


图2 初步识别后的柱效果图

Fig.2 The effect picture of the columns after preliminary identifying

2.3 柱截面尺寸的缩放还原以及平面位置的校正

如图3所示的放大显示的框架柱 KZ-28,根据集标信息可知其实际尺寸为 450 mm×550 mm,但图纸中的柱轮廓线尺寸为 900 mm×1 100 mm,很明显为了表达方便,绘图者将其放大了两倍显示。根据规范可知柱定位点是轴线交点 Q。因此,可以认定集标中包含柱名、尺寸、纵筋、箍筋信息的柱为放大显示的柱,通过坐标找到绘图时的放大倍数 n,并将识别到的放大显示的柱构件参照其中心点 P 缩小相同的倍数即得到实际尺寸的柱构件,再参照柱定位点 Q 将柱中心点与定位点之间的距离缩小相同的倍数 n 即可得到正确的尺寸以及位置的柱构件。

2.3.1 柱截面尺寸的缩放与还原

如图3所示 KZ-28 截面,根据识别柱时保存的柱角点坐标 1(2 000,2 000)、2(2 900,2 000)、3(2 900,3 100)、4(2 000,3 100)以及中心点 P(2 450,2 550),可以找到包含在柱轮廓线内的轴线交点 Q(2 450,2 860),将其作为

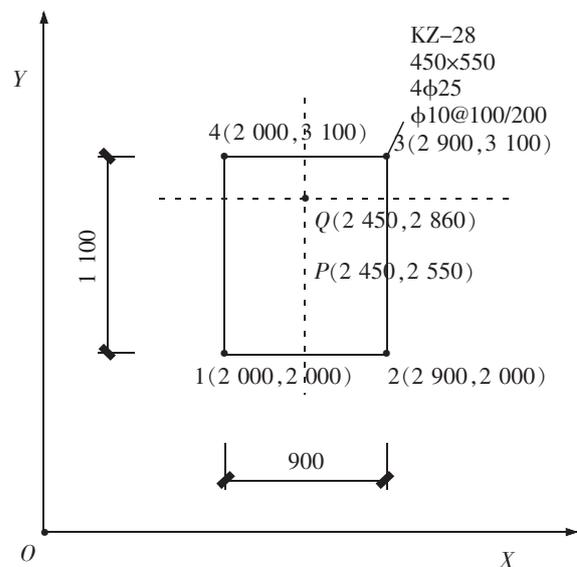


图3 KZ-28 截面(mm)

Fig.3 The section of KZ-28(mm)

该柱的定位点。将以上各点连同坐标按顺序保存到预先定义好的 POINT 类型数组 Po[6]中,相当于保存了一个点的集合。通过保存的点的坐标信息,可以计算出柱放大后的截面尺寸 $b_1=900\text{ mm}, h_1=1100\text{ mm}$, ($b_1=Po[2].x-Po[1].x, h_1=Po[4].y-Po[1].y$)与 str2 中保存的柱的真实截面尺寸 ($b_1=450\text{ mm}, h_1=550\text{ mm}$)比较,可以得到放大倍数 $n=\frac{b_1}{b}=\frac{h_1}{h}=2$ 。然后参照中心点 P 将柱缩小 n 倍,即得到如图 4(a)中实线表示的实际尺寸的柱构件。

2.3.2 柱平面位置的校正

通过上述过程,可以准确的识别到所有的柱构件并将放大显示的柱缩放到实际尺寸,但是其平面位置会因为上述柱截面参照其中心点缩放产生偏差。因此,可以参照图 4(b)所示的定位点 Q,将柱中心点 P 与定位点 Q 之间的距离缩小相同的倍数 $n(n=2)$,即可得到新的柱中心点 R。之后参照柱原中心点 P 将其移动到新的中心点 R 即完成了柱平面位置的校正,如图 4(b)中实线表示的柱。

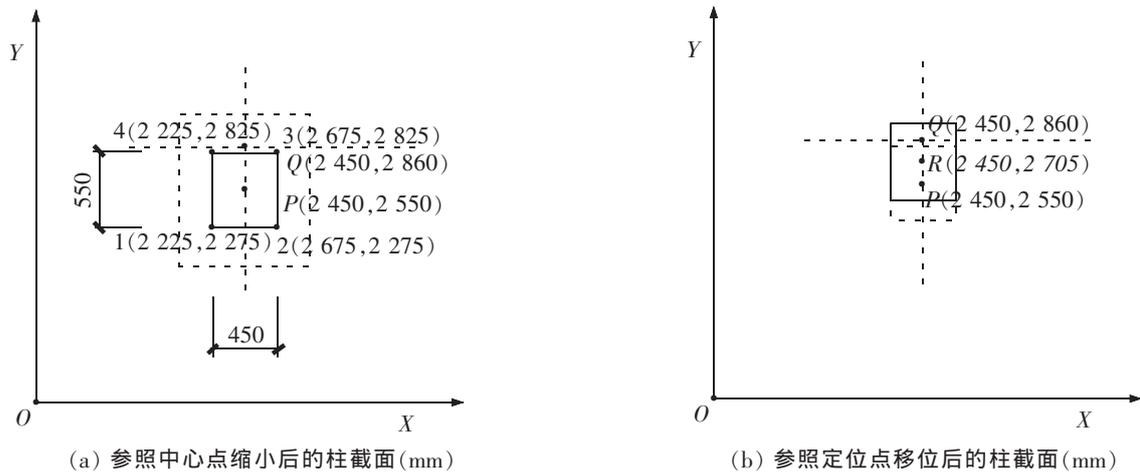


图 4 柱截面缩小、移位

Fig.4 Shrinking and moving the section

通过上述操作将放大显示的柱构件缩小到了实际的尺寸并将其移动到了正确的平面位置,完成了对截面注写方式表示的框架柱的识别,如图 5 所示为识别成功后的柱效果图。

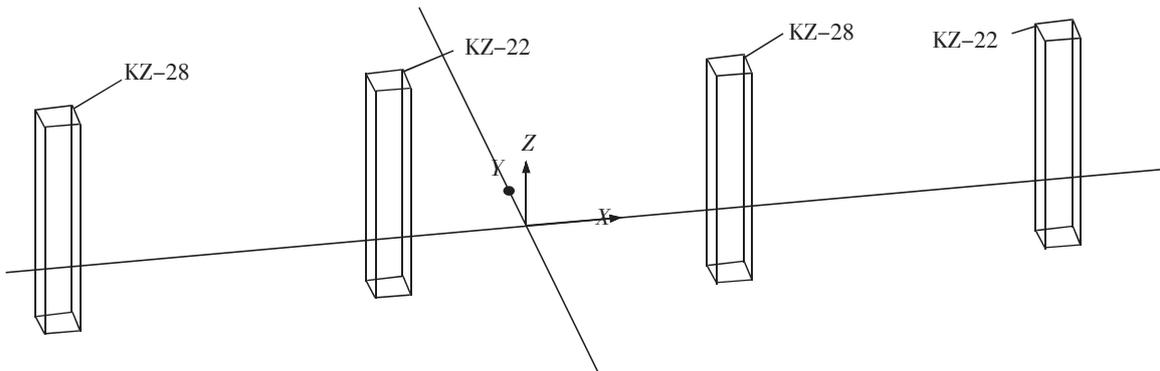


图 5 识别成功的柱效果图

Fig.5 The effect picture of the columns after successful identifying

3 截面注写方式表示的框架柱钢筋的识别

根据施工图表示柱纵筋、箍筋的特点以及分类提取到的集标信息,生成满足规范要求的柱钢筋的三维模型。

3.1 柱纵筋的识别

根据对规范以及大量工程图纸的研究发现,柱纵筋的表示方法有多种。针对其各自的表示特点研究出

相应的识别算法。

3.1.1 读取柱 b、h 边中部钢筋原位表达式

平法图集 11G-101-1 规定:当纵筋采用两种直径时,须注写截面各边中部筋的具体数值(对于采用对称配筋的矩形截面柱,可仅在一侧注写中部钢筋,对称边省略不注写)。因此,当纵筋采用两种直径时,柱钢筋除了集标表示的角筋外还有中部原位标注表示的 b、h 边的中部钢筋,如图 6(a)所示的柱截面两侧的原位标注信息表示的便是各边的中部纵筋信息。据上述规定可知当矩形柱采用非对称配筋时,柱截面各边的中部都会有原位标注信息。对于上述两种情况,都可以根据字符串的坐标信息,直接读取到距离柱边线最近的字符串信息,作为该边的中部钢筋信息保存到相应的链表里,附近没有原位标注信息的说明其采用了对称配筋,可直接利用对边的原位标注信息。

如图 6(b)所示,当柱纵筋采用同一种直径时,直接在集标中表示其数量、直径。对于这种情况,可以通过反算得出各边中部钢筋的数量,即 $n_b = \frac{b}{b+h} \times (N-4) \div 2 = 2.3$ 取 2, $n_h = \frac{h}{b+h} \times (N-4) \div 2 = 2.7$ 取 3, (n_b 、 n_h 表示 b、h 边中部钢筋的根数、N 表示集标中纵筋的总根数),即按照各边长所占的比例分配钢筋,小数大于 0.5 向上取整,小于 0.5 向下取整,等于 0.5 时长边向上取整,短边向下取整。

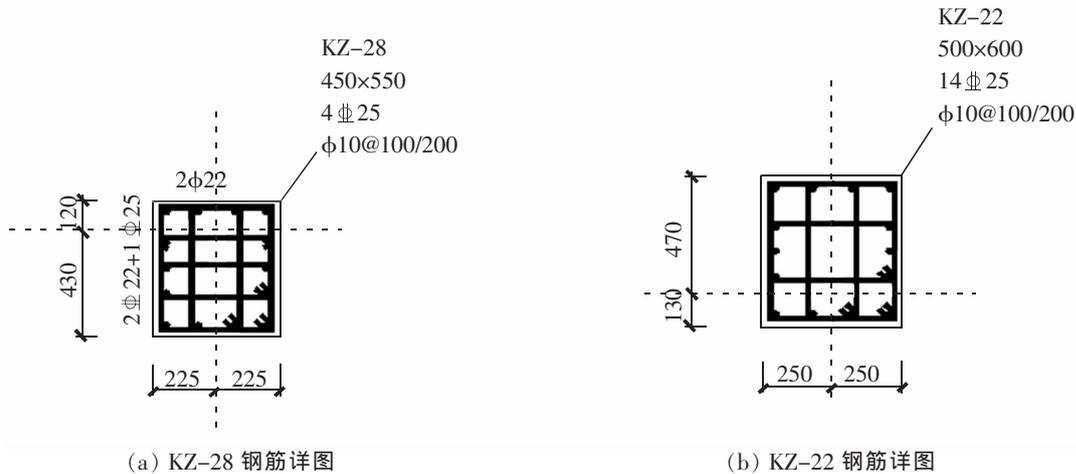


图 6 截面注写方式表示的柱钢筋(mm)

Fig.6 The column reinforcement shown in section drawing method(mm)

3.1.2 柱纵筋的识别

将柱轮廓线内缩工程信息中规定的混凝土保护层厚度加箍筋直径加纵筋半径得到图 7(a)中的虚线,我们称之为“纵筋定位线”。

根据集标中的钢筋信息,在纵筋定位线的 4 个角点生成相应直径的纵筋,如图 7(a)中的 1~4 号钢筋;根据之前保存在链表里的各边中部钢筋的根数以及直径,在相应边的(表示相应边的中部钢筋根数)等分点处生成各边的中部钢筋,如图 7(a)中的 5~8 号钢筋。

如图 6 所示的 KZ-28,其 h 边中部钢筋采用了两种直径,原位标注中用“+”加以区。此时,可以根据对称原则,在中间的等分点处生成一根直径为 25 的钢筋,如图 7(a)中的 10,13 号钢筋,在两侧的等分点处生成直径为 22 的钢筋,如图 7(a)中的 9,11,12,14 号钢筋。

3.2 箍筋的识别

箍筋是用多段线或者多根直线绘制的,主要有大箍、小箍、拉筋 3 种形式,如图 7(b)中的 1,2,4 号箍筋。框架柱的箍筋可以分为标准柱箍筋和非标准柱箍筋两种,前者每根柱纵筋都有箍筋、拉筋拉结,如图 6(a)所示的 KZ-28,后者并不是每根柱纵筋都有箍筋拉结,如图 6(b)所示的 KZ-22。

3.2.1 标准柱箍筋的识别

根据上述标准柱箍筋的特点,直接按照保存的集标中的柱箍筋信息参照柱角四根纵筋生成大箍,如图 7 (b)中的 1 号箍筋。判断 b, h 边中部纵筋的根数,如果是偶数则从最外排的中部纵筋开始直接参照相邻两排中部纵筋生成小箍,如图 7(b)中的 2 号箍筋;如果是奇数,则参照最外侧一排中部纵筋生成拉筋剩余的按照上述方法生成小箍,如图 7(b)中的 4,3 号箍筋。

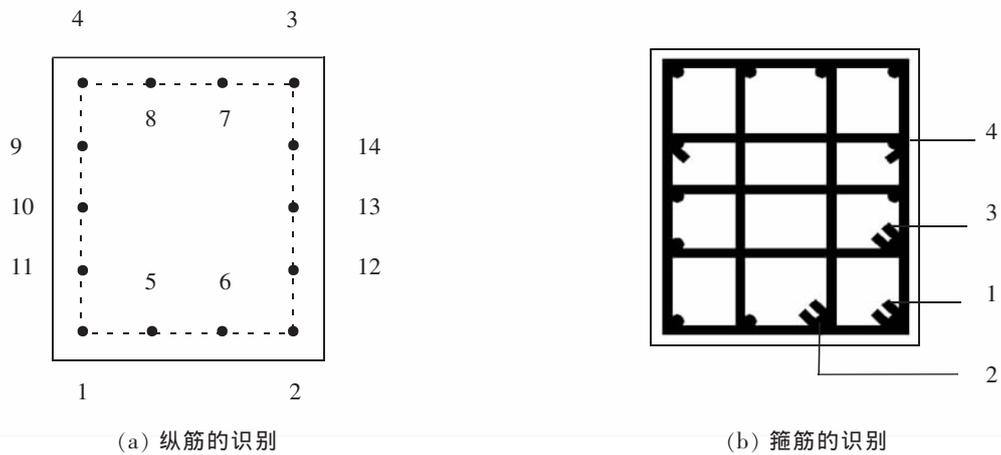


图 7 KZ-28 钢筋的识别
Fig.7 The KZ-28 reinforcement identification

3.2.2 非标准柱箍筋的识别

相对于标准柱箍筋,非标准柱箍筋的数量比较少,布置的也相对比较简单。因此可以直接参照上述方法生成大箍。小箍和拉筋可以参照以下方法按图生成:用多段线绘制的箍筋,可直接按照图纸绘制箍筋的位置生成小箍或者拉筋;用多根直线绘制的箍筋,可以通过共用的直线的端点将各直线连接,能够连通的为小箍,不能连通的通过判断该线段节点 20 mm 范围内是否有纵筋,有纵筋的则为拉筋。之后将箍筋的端点校正到距离其最近的柱纵筋外侧,便完成了柱箍筋的识别。

至此便完成了柱构件以及柱钢筋的识别,并能直接生成柱、钢筋三维模型。

4 试验结果

选取具有代表性的结构施工图纸,将 DXF 格式的图纸导入维锦真三维软件平台,只需点击“提框架柱”按钮,单击选中任意一条柱轮廓线,软件成功的提取到所有的框架柱以及相应的配筋信息、自动将放大柱缩小到实际尺寸并且能够三维显示在其实际位置上。真正做到了“一键式提取转换”生成三维柱、钢筋模型。如图 8 所示为识别成功后的三维柱、钢筋模型图。

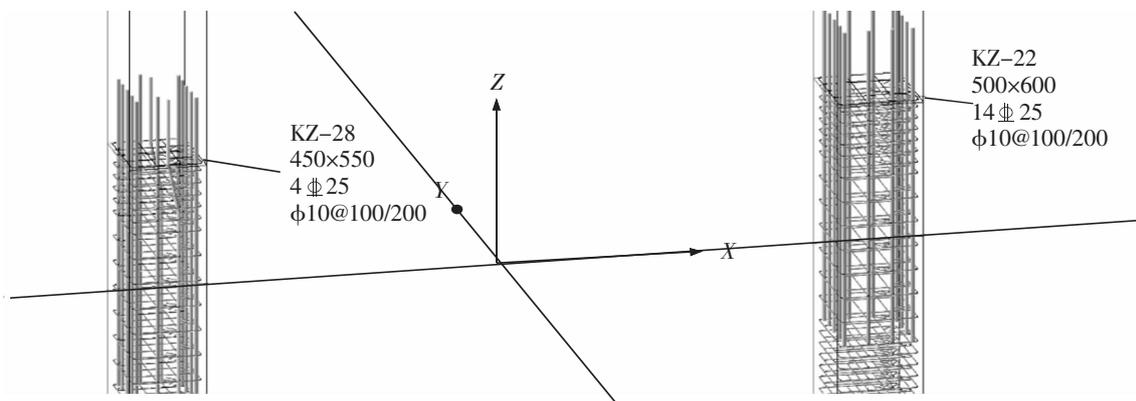


图 8 识别成功的一层柱三维模型图(mm)
Fig.8 The 3D model of the columns on the first layer after successful identifying (mm)

5 结论

通过对比、分析研究规范以及大量工程图纸,得到结构施工图中原位放大柱的表示方法以及特点,再利用 DXF 文件保存对象基本属性的性质,建立一种原位放大柱的识别算法,能够快速、高效的识别柱、钢筋,并且生成三维模型。上述算法已经被应用于“维锦真三维”三维模型算量软件,并且经实际工程测试取得良好的效果。

参考文献:

- [1] 中国建筑标准设计研究院. 11G-101-1 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[S]. 北京:中国计划出版社,2011.
- [2] 中国建筑标准设计研究院. 12G-901-1 混凝土结构施工钢筋排布规则与构造详图[S]. 北京:中国计划出版社,2012.
- [3] 周方晓,李昌华,赵亮. DXF 文件三维地形数据的提取及可视化[J]. 工程勘察,2011(3):54-57.
- [4] 倪得晶,杨晔,姜晓彤. 基于 DXF 文件的三维房屋的重建算法[J]. 科协论坛,2011(3):79-81.
- [5] 张维锦,汪雷,石学荣,等. 结构施工图中暗柱识别算法研究[J]. 华东交通大学学报,2015(2):117-122.
- [6] 姚宜斌,孔建. 基于 DXF 文件的图件转换方法研究及程序实现[J]. 大地测量与地球动力学,2011,31(1):117-122.
- [7] 任沂军. AutoCAD 中 DXF 文件的坐标转换分析与实现[J]. 测绘通报,2006(7):63-65.
- [8] 孟德舒. DXF 格式文件转换的研究与实现[J]. 北京测绘,2014(3):76-79.

Study on Identification Algorithm of Frame Columns in Section Drawing

Zhang Weijin, Wang Bo, Rao Zhihua

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: According to the plane-method, methods for marking the column leveling construction drawing include the list drawing method and the section drawing method, which refers to the fact that a cross section is respectively selected among the columns with the same serial number, and enlarged on the basis of a certain proportion, meanwhile the size of the cross section and the number of the specific reinforcement are noted. In practical engineering, most of the column cross sections which are amplified in the engineering drawings are directly marked on the positioning axis. This paper, based on cartographic rules and characteristics of the section drawing method, presents an algorithm for the automatic recognition and generation of 3D models of column components, and applies it in the three dimensional steel bar software and engineering quantity calculation software. By a large number of testing, for engineering drawings and the actual project application, the algorithm can quickly identify the drawings, model 3D modeling, and find its application in BIM as well.

Key words: structure construction drawing; plane-method; section drawing method; BIM

(责任编辑 王建华)