

单元的宽度),式(35)可表示为:

$$\begin{cases} u=C'_4\xi+C'_3\xi\eta+C'_2\eta+C'_1 \\ v=C'_8\xi+C'_7\xi\eta+C'_6\eta+C'_5 \end{cases} \quad (36)$$

局部坐标系中节点的坐标分别记为: (ξ_1, η_1) , (ξ_2, η_2) , (ξ_3, η_3) , (ξ_4, η_4) 。将其代入式(36)可得:

$$U = \begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = [N_1 \ N_2 \ N_3 \ N_4] \begin{Bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \end{Bmatrix} \quad (37)$$

式中: $N_i=(1+\xi\xi_i)(1+\eta\eta_i)/4$ 。

3 结 语

本文根据结构单元的微分方程,结合有限元原理,提出了确定单元形函数的理论解。推导了杆系单元、板单元的形函数。推导出的形函数与已有的形函数完全一致,表明本文提出的方法是有效的。该方法基于结构的微分方程,理论上可用于任何单元形函数的求解。同时为建立特殊单元的形函数,应用有限元原理求解特殊问题提供了一种新的方法。

参考文献:

[1] 王丽莎,岑松,解琳琳,等.基于新型大变形平板壳单元的剪力墙模型及其在 Opensees 中的应用[J].工程力学,2016,33(3):47-54.
 [2] LU X Z, LIU K Q, CEN S, et al. Comparing different fidelity models for the impact analysis of large commercial aircrafts on a containment building[J]. Engineering Failure Analysis, 2015, 57: 254-269.

[3] ZHANG Q, CEN S. Multiphysics modeling: Numerical methods and engineering applications[M]. Beijing: Elsevier and Tsinghua University Press, 2016.
 [4] 叶绍松,阮祥发,赵燕.有限元法在结构分析中的应用[J].机械研究与应用,2005,18(4):8-9.
 [5] 王煥定,焦兆平.有限单元法基础 [M]. 北京:高等教育出版社,2002.
 [6] 傅永华.有限元分析基础[M].武汉:武汉大学出版社,2003.
 [7] 陈锡栋,杨婕,赵晓栋,等.有限元法的发展现状及应用[J].中国制造业信息化,2010,39(11):6-12.
 [8] 洪锦如.桥梁结构计算力学[M].上海:同济大学出版社,1998.
 [9] DASGUPTA G. Interpolants within convex polygon: Wachspress, shape functions[J]. Journal of Aerospace Engineering, 2003, 16(1):1-8.
 [10] MALSCH E A, DASGUPTA G. Interpolations for temperature distributions: A method for all non-concave polygons [J]. International Journal of Solid and Structures, 2004, 41(8): 2165-2188.
 [11] 王兆清,李术才,李树忱,等.多边形有限单元形函数的几何构造方法[J].岩土力学,2006,27:66-68.
 [12] 李术才,王兆清,李树忱.基于无理函数插值的多边形有限元方法[J].山东大学学报(工学版),2008,38(2):67-70.
 [13] 王丽,龙驭球,龙志飞.采用面积坐标方法和形函数谱方法构造四边形薄板元[J].工程力学,2010,27(8):1-9.
 [14] 夏晓舟,章青,蒋群.三维自然单元法插值形函数的导数计算[J].计算力学学报,2014,31(3):372-377.
 [15] 崔梦雷,李春光,张心善.全局坐标系下有限元形函数的直接构造方法[J].计算数学,2018,39(1):20-36.
 [16] 傅向荣,田歌.基于解析试函数有限单元法的研究进展[J].工程力学,2012,29:78-84.
 [17] 许晶,李世尧,王斌泰,等.解析型 Timoshenko 梁有限单元[J].西南交通大学学报,2019,54(3):492-498.
 [18] 许晶,夏文忠,王宏志,等.考虑大位移影响的解析型压扭杆单元[J].工程力学,2019,36(4):44-51.

(上接第 130 页)

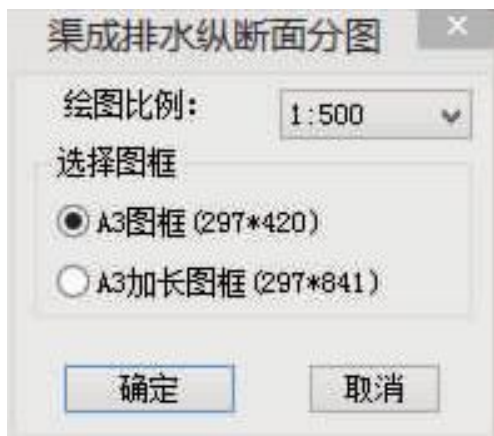


图 12 纵断面分图对话框

3 市政排水平面、纵断面设计其他程序

市政排水平面设计绘图菜单中还包括上交叉管线、输出井坐标、设置雨水口等程序;纵断面设计绘图菜还包括编辑主管道、编辑支线管道、上交叉管线、标注沟管信息、水力元素计算等程序。由于篇幅有限就不再赘述。

4 结 论

参数化绘图技术有效地解决了不依赖独立的数据文件进行市政排水平面和纵断面设计问题;参数化绘图技术更智能、更高效、更易于数据的存储和归档。