

钢筋混凝土梁全截面分析程序使用说明

陈建伟-2013010225

2015-12-26

目录

1	程序总体说明	3
1.1	总体概况	3
1.2	操作系统支持	3
1.3	软件支撑环境	3
1.4	编程语言	3
1.5	开发框架	3
1.6	界面语言	3
2	程序安装说明	3
2.1	作图软件安装	4
2.2	本程序安装	4
2.2.1	Mingw版本	4
2.2.2	msvc版本	4
3	程序使用说明	4
3.1	主界面	4
3.1.1	单筋梁截面计算	5
3.1.2	双筋梁截面计算	5
3.1.3	精度控制	6
3.1.4	其他选项	6
3.2	绘图窗口	7
3.2.1	gnuplot路径设置	8
3.2.2	绘图	8
3.2.3	数据更新	8
3.2.4	数据平滑	8
4	程序编译说明	8
4.1	源码获取	8
4.2	测试平台	8
4.3	编译方法	8
5	程序算法说明	9
5.1	算法概述	9
5.2	精度控制	9

1 程序总体说明

1.1 总体概况

本程序实现了对于给定截面的钢筋混凝土矩形梁的全截面分析（包括单筋与双筋），算法参考了《混凝土结构第三章》及第五章的部分内容。通过对数值积分手段（条带法）进行计算任意给定曲率下截面的弯矩 M ，混凝土边缘应力 ε_c ，钢筋应力 σ_s 及中和轴相对高度 ξ_n 并实现了对任意两者的作图分析。同时给出截面的极限弯矩，极限曲率，屈服曲率，相对受压区高度，破坏模式，配筋率，及相对误差分析。

1.2 操作系统支持

Microsoft Windows XP及以上

Linux(自行编译)

Mac OS X(自行编译)

1.3 软件支撑环境

gnuplot 5.0(安装包gp501-win32-mingw.exe已附在压缩文件中)

gnuplot简介：gnuplot是一个命令行的交互式绘图工具。用户通过输入命令，可以逐步设置或修改绘图环境，并以图形描述数据或函数，使我们可以借由图形做更进一步的分析。gnuplot是由Colin Kelly和Thomas Williams于1986年开始开发的科学绘图工具，支持二维和三维图形。它的功能是把数据资料和数学函数转换为容易观察的平面或立体的图形，它有两种工作方式，交互式方式和批处理方式，它可以让使用者很容易地读入外部的数据结果，在屏幕上显示图形，并且可以选择和修改图形的画法，明显地表现出数据的特性。本程序采用生成绘图脚本在程序中调用gnuplot进行绘图。

1.4 编程语言

C++(Mingw32 4.9、clang 64、msvc2012测试通过)

1.5 开发框架

Qt 5.5

1.6 界面语言

出于不同操作系统文字编码的考虑，主体部分使用英语。

2 程序安装说明

2.1 作图软件安装

如上所述，本程序采用作图软件gnuplot进行作图。使用作图功能须安装此软件。

安装方法：打开安装包gp501-win32-mingw.exe一路NEXT即可。

2.2 本程序安装

本程序使用两种编译系统进行编译（Mingw,msvc）产生两个版本的程序，二者完全相同。其中Mingw版本单文件exe即可直接运行，不无任何依赖项，缺点是运行速度较慢（尤其是高精度模式下）。msvc版本是动态链接版，对使用环境有一定的依赖，但其运行速度相对较快，在高精度模式下基本是Mingw版的两倍。

2.2.1 Mingw版本

双击ConcreteBeamAnalysis_Mingw32.exe即可直接运行。

2.2.2 msvc版本

进入ConcreteBeamAnalysis_msvc文件夹，点击ConcreteBeamAnalysis.exe即可运行。若程序提示缺失msvcr110.dll或msvcp110.dll，则应安装vs运行时补丁vcredist_x86.exe(也已附在安装文件中)。

3 程序使用说明

3.1 主界面

打开主程序RCBeamAnalasys.exe，主界面如下：

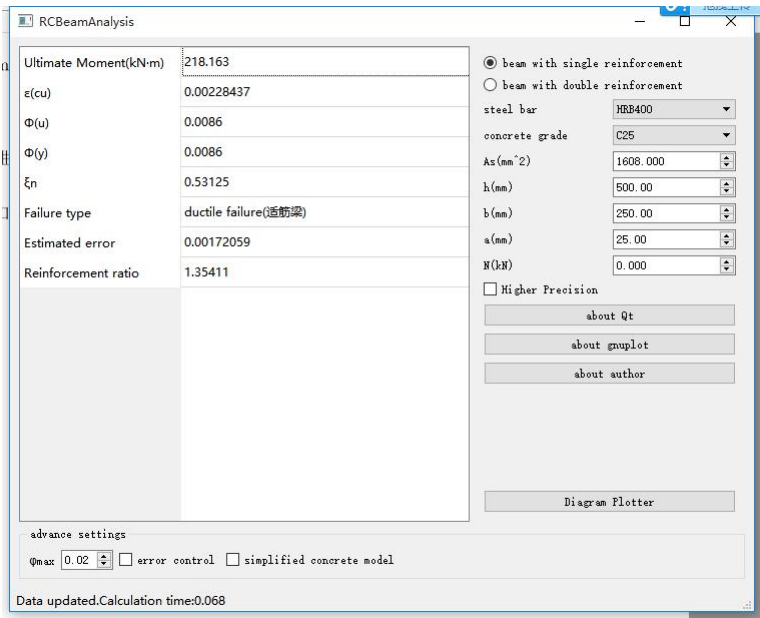


图 1:

3.1.1 单筋梁截面计算

通过分别设置steel bar（钢筋种类）、 concrete beam（混凝土等级）、 A_s （受拉钢筋面积）、 h （截面高度）、 b （截面宽度） a （保护层厚度），程序可实时计算出截面的极限弯矩（ M_u ），极限曲率（ Φ_u ），屈服曲率（ Φ_y ），相对受压区高度（ ξ_n ），破坏模式(failure type)，相对误差（estimated error),受拉配筋率（reinforcement ratio）。程序的默认数据是《混凝土结构》教材P106页习题5-2，教材答案是（《规范》计算方法）221.67，本程序得到的答案是218.163（普通模式），217.414（高精度模式），可见本程序可以达到较满意的精度。

3.1.2 双筋梁截面计算

本程序默认是单筋梁模式，需要勾选（beam with double reinforcement)进入双筋梁截面模式。此时增加参数 A_s' (受压钢筋面积)， a' （受压区保护层厚度）。下图给出的计算示例是《混凝土结构》P114页5-4的数据，教材中依据《规范》的计算结果是88.44,，本程序运行结果是90.3567（普通模式），90.1995（高精度模式），可见具有足够的精度。

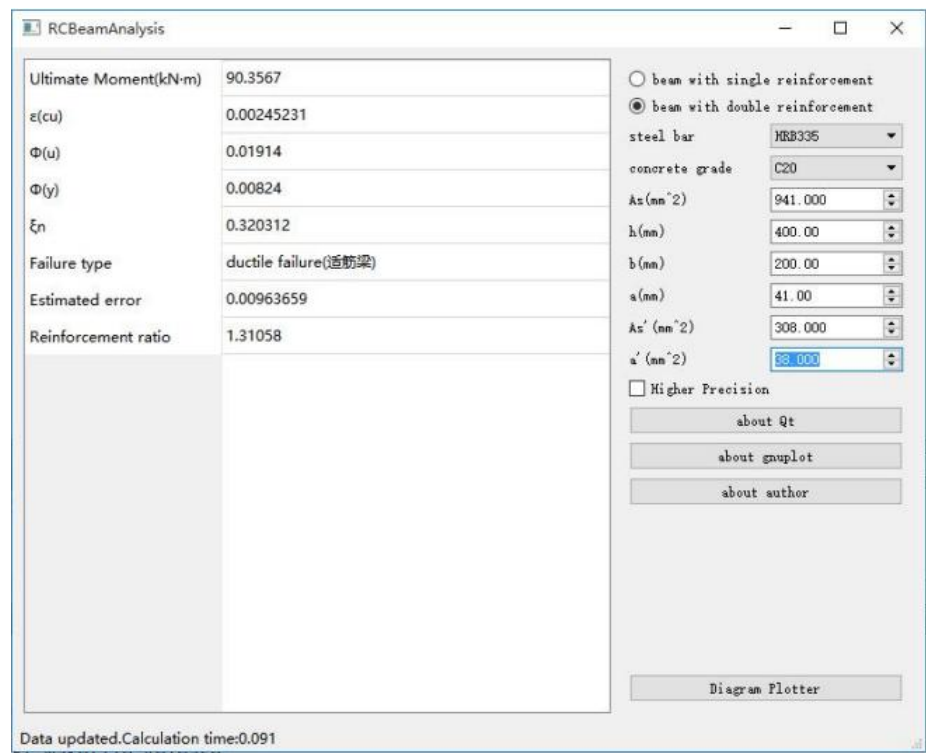


图 2: 双筋梁

3.1.3 精度控制

由于数值积分存在精度问题（条带划分密度），本程序支持较高精度的计算。然而与此同时带来的时计算时间上的减慢。一般来说，在普通精度模式下，普通PC对每个算例的计算时间大概在0-0.5s之间，基本可以做到实时显示，在高精度模式下，每个算例的计算时间提高到1-5s，由于本程序采用的单线程模式且并未进行模型-视图分离，程序可能会存在一定的不稳定与卡顿。就极限弯矩而言，一般情况下，高精度模式的计算结果仅比普通模式低1-2kN·m，考虑到混凝土本构模型的参数也仅有2位有效数字，在一般情况下使用普通模式即可，若在作图中发现离散度较大时可考虑采用高精度模式。高精度模式可以随时通过” Higher Precision” 复选框选中与取消。

3.1.4 其他选项

在advanced settings 中，本程序提供了更多可调控的选项：其中的 Φ_{max} 可以控制计算的曲率范围（最大0.1);error control选项则可以在作图中过滤掉相对误差超过控制范围的点（默认没有勾选）;勾选simplified model选项则可以使用《规范》确定的简化版本的混凝土本构关系（P34页2-23），经测试在一般梁范围内其计算出的极限弯矩与普通模式相差不大，然而得到的全曲率图形则有较大误差（见下图），此外其运算速度较原始本构模型更慢：

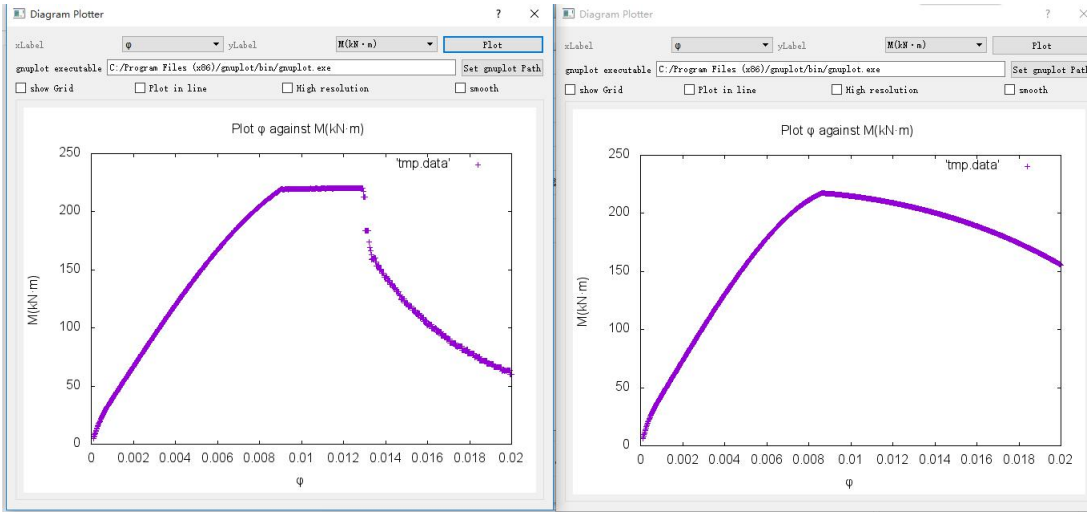


图 3: 两种模型对比

3.2 绘图窗口

本程序同时提供对曲率 ϕ 、截面弯矩 M 、混凝土受压边缘应变 ϵ_c 、混凝土受压边缘应力 σ_s ，受拉钢筋应力 σ_s 、及中和轴相对高度 ξ_n （及相对误差error)其中任意两者的全过程绘图分析。只需点击“Diagram Plotter”按钮就可以打开绘图窗口。

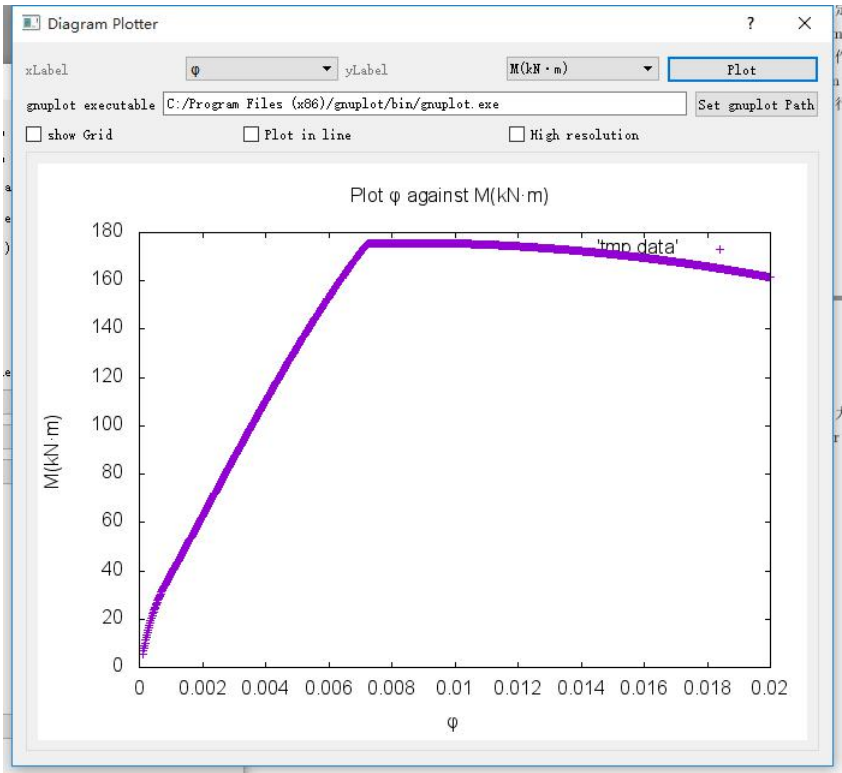


图 4: 绘图窗口

3.2.1 gnuplot路径设置

首次运行，程序因找不到gnuplot绘图软件会产生提示，这时应点击“Set gnuplot Path”按钮向程序指出gnuplot的位置，gnuplot的位置一般在（安装路径）/gnuplot/bin/gnuplot.exe,若采用默认安装路径，则安装路径为C:/Program Files（32位）或C:/Program Files（x86）（64位）。

3.2.2 绘图

在设置好gnuplot路径后，点击“Plot”按钮即可绘图。同时可通过x-label,y-label选择绘制的各种参数。同时本程序提供多种绘图选项：高分辨率模式（High Resolution）（默认分辨率640*480，高分辨率1024*768），线模式（Plot in line），显示网格（Show Grid）。修改完设置后，需重新点击Plot按钮，图片才会更新。

3.2.3 数据更新

在绘图窗口打开的同时，也可同时调整主界面中混凝土梁的参数，只需重新点击Plot就可以重新绘图。

3.2.4 数据平滑

在一般情况下，使用高精度模式已可做出相对平滑的真实曲线，若用户对此时的曲线仍不满意，可以采用数学方式平滑曲线，勾选smooth选项再作图，则会使用n阶Bezier(贝塞尔曲线)进行平滑，一般可达到满意的效果。

4 程序编译说明

4.1 源码获取

本程序完全开源，可以访问<http://github.com/StevenChenSE/RCBeamAnalysis> 进行源码的下载并自行编译。

4.2 测试平台

(1)Windows 10,Qt5.5.1,Mingw32 4.9.2及msvc2012版本，Windows平台建议使用Mingw版本的Qt以避免文字编码问题。

(2)Mac OS X 10.11,Qt 5.5.0,clang64bit(LLVM 7.0.0)

4.3 编译方法

任意平台操作系统都需安装Qt（下载地址：<http://www.qt.io/download/>）及QtCreator（建议安装）与gnuplot(无需绘图功能则不需要)方可成功编译运行本程序。在源代码文件夹进入终端环境，依次输入以下命令即可编译本程序：



图 5: 编译命令

此时可在此文件夹中找到RCBeamAnalysis的可执行文件。

5 程序算法说明

5.1 算法概述

本程序主要参考了冯鹏老师的课件与《混凝土结构》P67页的算法。对于任意截面在0.001到0.02的曲率下等间隔选取1000个点进行截面分析，从而得到梁的各种截面曲率下的弯矩。其中混凝土受压本构关系选择教材P33页过镇海教授提出的模型（可更改为简化版模型），受拉本构关系取自教材P33页过镇海教授提出的模型，钢筋采用理想弹塑性模型，参数均取设计值。

5.2 精度控制

在截面分析的过程中，对 ϵ_c 的确定采用了二分查找的算法，起算点 ϵ 假定相对中和轴高度0.5，最小 $\epsilon_{\min}=0$ ，最大 ϵ_{\max} 的相对中和轴高度为1，迭代运算至 $\text{abs}(\epsilon - \epsilon_{\max}) < 1e-11$ 或相对误差小于EPSILON为止，在数值积分中，条带分为PRECISION条。相对误差的定义是：

$$\text{error} = \left| \frac{C + T_c + T_s + N_s'}{T_c + T_s} \right|$$

	普通模式	高精度
相对误差	0.005	0.00001
条带划分	100	1000

图 6: 精度控制参数