

第十四届全国工程设计计算机应用学术会议论文集

计算机技术 在工程设计中的应用

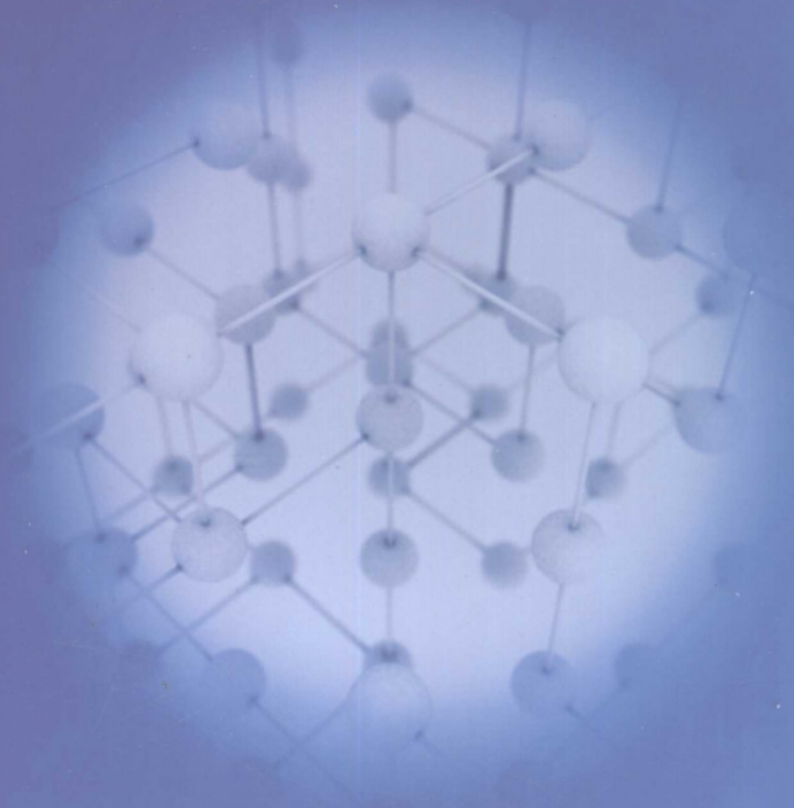
主 编 唐锦春
副主编 陈岱林 李云贵
孙炳楠 张 凯
楼文娟 陈水福



中国土木工程学会计算机应用分会
中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会
浙江省土木建筑学会

中国建材工业出版社

责任编辑 阎 竞



ISBN 978-7-80227-483-9



9 787802 274839 >

定价：80.00元

第十四届全国工程设计计算机应用学术会议论文集

计算机技术在工程设计中的应用

(2008年11月6日至8日 浙江·杭州)

主 编 唐锦春

副主编 陈岱林 李云贵 孙炳楠 张 凯 楼文娟 陈水福

中国土木工程学会计算机应用分会
中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会
浙江省土木建筑学会

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机技术在工程设计中的应用/唐锦春主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2008.10
ISBN 978-7-80227-483-9

I. 计… II. 唐… III. 建筑工程—计算机应用—学术会议—文集 IV. TU17-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 158938 号

内 容 简 介

本书收录了近两年来我国计算机技术在工程设计中应用的论文近百篇, 基本反映了该领域的最新技术成果。论文集内容涉及科学计算、工程设计计算方法、CAD 工程设计实践、建筑信息模型、协同设计、计算机仿真、专家系统、企业与行业信息化建设、行业计算机应用技术政策与国内外软件产品开发。

本书可供从事计算机在工程设计中应用的勘察、设计、施工及科研、教学人员参考。

第十四届全国工程设计计算机应用学术会议论文集

计算机技术在工程设计中的应用

主 编: 唐锦春

副 主 编: 陈岱林 李云贵 孙炳楠 张 凯 楼文娟 陈水福

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 杭州萧山新华印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 33.25

字 数: 839 千字

版 次: 2008 年 11 月第 1 版

印 次: 2008 年 11 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-483-9

定 价: 80.00 元

第十四届全国工程设计计算机应用学术会议

(2008年11月6日至8日 浙江·杭州)

指导部门:

建设部工程质量安全监督与行业发展司

主办单位:

中国土木工程学会计算机应用分会

中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会

浙江省土木建筑学会

承办单位:

浙江省土木建筑学会计算机应用学术委员会

会议组织委员:

唐锦春 浙江大学

李云贵 中国建筑科学研究院

陈水福 浙江大学

董福品 中国水利水电科学研究院

韩大建 华南理工大学

黄炎生 华南理工大学

任爱珠 清华大学

沈康辰 上海海运学院

王国俭 上海现代建筑设计(集团)公司

吴 军 浙江省建筑设计研究院

张毅刚 北京工业大学建筑工程学院

赵人达 西南交通大学

陈岱林 中国建筑科学研究院

孙炳楠 浙江大学

崔惠钦 中国建筑工程总公司信息中心

高学武 中国石化建设工程公司

胡加林 浙江省石油化工设计院

李坚权 广州市比约科工贸有限公司

楼文娟 浙江大学

舒宣武 华南理工大学建筑设计研究院

王 伟 哈尔滨工业大学

俞勤学 杭州市建筑设计研究院有限公司

张 凯 中国建筑科学研究院

致 谢

本届会议得到了下列单位的资助, 谨此深表感谢!

达索系统

欧特克中国有限公司/杭州佳华科技有限公司

株式会社 FORUM8

sgi/topteam 公司

杭州飞时达软件有限公司

北京迈达斯技术有限公司

第十四届全国工程设计计算机应用
学术会议组织委员会

2008年11月

前 言

第十四届全国工程设计计算机应用学术会议于2008年11月6日至8日在浙江省杭州市召开。会议由中国土木工程学会计算机应用分会、中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会、浙江省土木建筑学会联合主办,浙江省土木建筑学会计算机应用学术委员会承办。本书即为该届大会的论文集。

计算机与信息技术的应用已成为工程设计中最活跃的生产力,它是企业自主创新、提升核心竞争力、占领行业制高点的基础,是工程设计行业发展、适应我国现代化建设新需要的保障。

工程设计行业在建设领域中率先应用计算机技术。历经三十余年的快速发展,计算机技术促进了工程设计领域生产方式的变革,已成为工程设计技术在新世纪发展的命脉。行业学会每两年召开一届的计算机应用学术会议,见证和推动了我国工程设计领域计算机应用与信息化建设的历史进程。秉承“与时俱进,沟通信息,交流成果,相互学习,加强合作,取长补短,共同提高”的会议宗旨,组委会邀请行业领导及国内专家学者就科学计算、工程设计计算方法、CAD工程设计实践、建筑信息模型、协同设计、计算机仿真、专家系统、企业与行业信息化建设、行业计算机应用技术政策与国内外软件产品开发等计算机技术在工程设计中应用的相关专题进行交流沟通、相互学习;并将会议收到的近百篇优秀论文汇集成册。论文反映了近两年来我国工程设计行业计算机应用的新进展、新成果,可供同行参考。

在此,我们借大会召开及论文集出版之际,对所有关心、支持会议召开、论文集出版工作的各方面人士和有关单位表示衷心感谢!

第十四届全国工程设计计算机应用

学术会议组织委员会

2008年11月

前 言

第十四届全国工程设计计算机应用学术会议于2008年11月6日至8日在浙江省杭州市召开。会议由中国土木工程学会计算机应用分会、中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会、浙江省土木建筑学会联合主办,浙江省土木建筑学会计算机应用学术委员会承办。本书即为该届大会的论文集。

计算机与信息技术的应用已成为工程设计中最活跃的生产力,它是企业自主创新、提升核心竞争力、占领行业制高点的基础,是工程设计行业发展、适应我国现代化建设新需要的保障。

工程设计行业在建设领域中率先应用计算机技术。历经三十余年的快速发展,计算机技术促进了工程设计领域生产方式的变革,已成为工程设计技术在新世纪发展的命脉。行业学会每两年召开一届的计算机应用学术会议,见证和推动了我国工程设计领域计算机应用与信息化建设的历史进程。秉承“与时俱进,沟通信息,交流成果,相互学习,加强合作,取长补短,共同提高”的会议宗旨,组委会邀请行业领导及国内专家学者就科学计算、工程设计计算方法、CAD工程设计实践、建筑信息模型、协同设计、计算机仿真、专家系统、企业与行业信息化建设、行业计算机应用技术政策与国内外软件产品开发等计算机技术在工程设计中应用的相关专题进行交流沟通、相互学习;并将会议收到的近百篇优秀论文汇集成册。论文反映了近两年来我国工程设计行业计算机应用的新进展、新成果,可供同行参考。

在此,我们借大会召开及论文集出版之际,对所有关心、支持会议召开、论文集出版工作的各方面人士和有关单位表示衷心感谢!

第十四届全国工程设计计算机应用

学术会议组织委员会

2008年11月

目 录

一 科学计算、工程设计计算方法、CAD 工程设计实践

1.1 基于 ABAQUS 纤维梁元的混凝土单轴滞回本构模型的开发与应用	3
1.2 三维雷暴冲击风风场数值模拟	12
1.3 基于摄动有限元法的结构损伤识别的研究	20
1.4 人工神经网络在预测复合构件界面疲劳裂纹扩展速率中的应用	25
1.5 弹性曲弯网壳中特殊加劲构件的分析计算	32
1.6 公路预应力混凝土桥梁抗裂性可靠度分析	37
1.7 膜结构的非线性风振响应分析	44
1.8 强地震作用下钢筋混凝土桥梁的动力非线性分析与程序实现	50
1.9 三维地震作用下钢管混凝土拱桥的非线性分析	58
1.10 低层房屋风雨荷载作用的数值研究	63
1.11 三塔悬索桥的抗风稳定性分析	69
1.12 圆柱型建筑双幕墙风荷载数值模拟	75
1.13 钢-混凝土组合桥面板荷载试验的数值模拟	81
1.14 考虑结构与土体相互作用的大型冷却塔风致平均响应研究	87
1.15 装有防舞器的覆冰导线气动力数值模拟	92
1.16 Abaqus 在钢管混凝土模拟中的运用综述	98
1.17 计算机在边坡稳定分析中的应用	102
1.18 某超高层结构中巨型斜撑受力分析	107
1.19 某高层连体结构动力弹塑性分析	112
1.20 CFD 在隧道安全工程中的应用及基于 CFD 技术的长大隧道火灾疏散技术模拟	117
1.21 动力弹塑性分析软件 GSEPA 在高层结构中的应用	121
1.22 PKPM08 版 SATWE 及 QITI 模块在高层配筋砌块砌体结构中的应用	127
1.23 三维算量软件提取建筑工程 AutoCAD 图的方法	136
1.24 膜结构裁剪分析中生成短程线的一种数值方法	142
1.25 参数化设计思想在隧道衬砌辅助设计中的应用	149
1.26 工艺设备图形自动参数化	154
1.27 APC-Adcon 先控软件在连云港碱厂碳化工序的应用	159

1.28 基于三维 CAD 的中国古典建筑造型设计	164
1.29 古典建筑中多段连接模型的 CAD 设计	169
1.30 一种从二维照片重建建筑物三维 CAD 模型的方法	175
1.31 实时规划中投影的快速表现	180
1.32 三维场地设计与土石方平衡	185
1.33 STAT 实现工程量快速计算的方法	190
1.34 XML 在工程设计中的应用	196
1.35 基于微机的工程结构设计与 CAD 智能化的应用和发展	202
1.36 房屋建筑制图标准修订应与国际标准接轨	206

二 建筑信息模型、协同设计、计算机仿真、专家系统及其他

2.1 基于 BIM 技术的建筑信息模型设计研究	215
2.2 建筑结构信息模型的研究	219
2.3 基于 IFC 的 BIM 及其数据集成平台研究	227
2.4 理正图层级协同设计平台的研发与应用	233
2.5 施工图阶段各工种协同设计的研究	238
2.6 建筑工程项目设计文件信息标准化及协同设计的探索与实践	241
2.7 计算机在地质图像中的应用	247
2.8 Civil 3D 在山地城市竖向规划中的应用研究	251
2.9 长江口深水航道通航能力的仿真研究	256
2.10 工程装备中虚拟样机技术的应用	262
2.11 基于 GIS-CAD-VR 的城市地震仿真系统	267
2.12 南京地区基坑设计专家系统的开发	275
2.13 基于虚拟仪器技术的室内温湿度监测系统	280
2.14 基于虚拟现实环境的结构火灾反应模拟	284
2.15 地理信息系统 (GIS) 在土木工程中的应用	290
2.16 虚拟现实技术在土木工程及避难模拟中的应用与程序实现	296
2.17 计算机在日照分析领域的应用与发展	302
2.18 恶意木马类病毒原理与网络安全	310
2.19 移动计算 (Mobile Computing) 在建筑工程领域的应用及发展趋势	315
2.20 移动通信工程设计中的数据挖掘	320
2.21 钢筋混凝土对无线通信的影响	326

三 企业与行业信息化建设

3.1 面向工程项目协同工作的视频会议系统	335
3.2 沟通管理在企业管理系统开发中的应用	341
3.3 Web Services 在企业应用系统中的应用	348
3.4 WebGIS 在房产管理系统中的应用	354
3.5 设计院图档管理及自动更新技术的研究	359
3.6 施工企业信息化概述及解决方案	365
3.7 基于总控模式的集群项目业主方信息管理	370
3.8 浅析建筑设计院的网络升级	376

四 工程设计软件产品研发

4.1 新一代三维工厂设计管理系统软件的开发	381
4.2 PMCAD2008 模型输入关键技术研究及应用	388
4.3 基于矢量图形的建筑平面图形智能识别方法研究	394
4.4 接力 PKPM 结构设计数据进行钢筋量统计	398
4.5 模板、单构件方式开发工程量统计软件	402
4.6 计算机结构模型常见缺陷及其检测	407
4.7 建筑计算结果与 Office Excel 共享技术的研究与应用	412
4.8 PKPM08 版 PMCAD 模块改进与接旧数据要点	419
4.9 PKPM 物资管理软件架构及 OOP 技术的应用	423
4.10 浅析数字工厂三维技术	429
4.11 室内自然通风模拟分析软件 NVA5 的研究	435
4.12 混凝土小型空心砌块结构的墙体排块设计	440
4.13 砌体结构 CAD 软件 (QITI) 研究	446
4.14 建筑结构通用分析与设计软件 GSSAP 的研制开发及工程应用	452
4.15 温室结构设计软件的研究和开发	458
4.16 钢结构详图软件的开发与功能介绍	464
4.17 复杂任意截面编辑器及其在三维建模分析软件中的应用	470
4.18 钢结构详图设计软件 GJGXT 2.3	475
4.19 自主知识产权三维图形平台的研究与应用	483
4.20 应用 ObjectARX 技术开发铁路车站横断面设计软件	491
4.21 设计流程控制系统的开发与实践	496

4.22 交互式铁路线路方案设计系统	501
4.23 钢筋混凝土结构加固软件包研制	507
4.24 砌体结构加固设计工具箱软件研制及应用	511
4.25 SketchUp 给国产 CAD 软件的启示	516
4.26 电力排管辅助设计软件介绍	520

第一部分

科学计算、工程设计计算方法、
CAD 工程设计实践

基于 ABAQUS 纤维梁元的混凝土单轴滞回本构模型的开发与应用

周新炜¹ 李志山² 李云贵¹

(1 中国建筑科学研究院软件所 2 广州数力工程顾问有限公司)

【摘要】 本文旨在研究一种切实可行的方法,以模拟建筑结构在地震荷载作用下的弹塑性动力时程分析,定量获得结构的性能水准,进而判定其是否满足性能目标。作者借助具有强大非线性分析能力的通用有限元程序 ABAQUS,利用其用户材料接口 UMAT/VUMAT 开发了适用于纤维梁模型的混凝土单轴滞回本构模型,并在此基础上成功模拟了钢筋混凝土框架结构在地震作用下的弹塑性动力时程分析。

【关键词】 ABAQUS; UMAT/VUMAT; 纤维梁元; 单轴滞回本构模型; 弹塑性动力时程分析

1 前言

基于性能的抗震设计兴起于 20 世纪 90 年代,是建筑结构抗震设计一个新的发展方向,该设计方法使抗震设计从宏观定性的目标向具体量化的多重目标过渡,有助于人们更清晰地认识结构在地震荷载作用下的各种反应,有利于设计人员设计出安全、经济的结构方案[1][2]。

为了定量的得到结构在地震作用下的动力反应,通常有三种途径,振动台试验、拟动力实验和计算机数值模拟。由于实验建造模型费用昂贵,实际多采用计算机数值模拟。通过对结构进行动力时程分析,可以获得地震作用下结构全过程的内力和变形,结构构件开裂和屈服的部位和顺序,发现应力和塑性应变集中的区域,从而判断结构的屈服机制、薄弱环节和可能的破坏模式。通过动力时程分析,可以获得建筑结构的性能水准,从而检验其是否满足相应的性能目标。

目前,弹性动力时程分析已经颇为成熟,国内外很多计算分析软件都能得到较精确的结果,而弹塑性动力时程分析还有待深入研究[3]。大震作用下将整个建筑结构按完全弹性设计是极不经济的,而应该考虑结构的塑性变形与耗能。钢筋和混凝土结构为目前建筑结构的主要用材,两者发生塑性变形涉及到材料非线性问题,而结构在大震作用下发生的大变形又将涉及到几何非线性,因此,对建筑结构进行弹塑性动力时程分析要求计算软件具有强大的非线性求解能力,纵观当前有限元软件市场,ABAQUS 正是这样一款满足需求的软件。ABAQUS 以其强大的非线性求解能力著称,在大部分模拟中,甚至高度非线性问题,用户只需向其提供一些工程数据,如结构的几何形状、材料性质、边界条件及载荷工况,即可得到满意的解答。

为了模拟建筑结构中梁柱构件在地震作用下的反应,采用实体单元来模拟是不切实际的,单元划分太细计算代价过大,单元划分粗糙则结果不够准确,因此实际结构的分析计算常采用梁元和壳元模型来分别模拟梁柱和墙板。常用的梁元模型有塑性铰和纤维束两类,

其中的纤维束模型, 直接从材料的本构关系出发解决弹塑性问题, 避免过多的假定, 相比塑性铰模型而言更加准确, ABAQUS 提供的梁单元正是这类纤维束模型。

在地震荷载作用下, 混凝土处于一种拉压循环往复的应力应变状态, 当采用纤维梁模型模拟混凝土梁柱构件在地震作用下的反应时, 就需要一种适用于纤维梁单元的滞回本构模型, 而 ABAQUS 中自带的三种混凝土本构模型: 弥散裂缝模型 (Concrete smeared cracking)、开裂模型 (Cracking model for concrete) 和弹塑性损伤模型 (Concrete damaged plasticity) 均不能满足这样的要求。然而, ABAQUS 提供了二次开发的功能, 例如扩充材料本构模型的接口—UMAT/VUMAT。本文正是利用此接口, 在 ABAQUS 中加入一种全新的单轴混凝土滞回本构模型, 用来模拟混凝土梁柱构件在地震作用下的受力特性, 并在此基础上完成钢筋混凝土框架结构在大震作用下的弹塑性动力时程分析。

2 混凝土单轴滞回本构模型的开发

20 个世纪, 为了得到混凝土的应力应变关系, 很多学者展开了大量的工作^[4]。这其中有经验模型、线弹性模型、非线性弹性模型、基于屈服函数和流动准则的塑性模型、塑性断裂模型、塑性损伤模型、微平面模型等等。考虑到所开发的混凝土本构模型将用于 ABAQUS 中的纤维梁模型, 本文将主要讨论由实验数据进行曲线拟合得到的单轴经验模型。

2.1 梁柱构件的箍筋约束效应

Iyengar^[5], Mander^{[6] [7]}, Attard^[8], Saatcioglu^[9], Popovics^[10], 过镇海^[11]等人都曾对箍筋约束效应做了大量研究, CEB-1990^[12]规范也给出了考虑箍筋约束效应的应力应变关系曲线。实验数据表明: 钢筋混凝土梁柱构件中的箍筋不仅明显地提升了被约束混凝土的轴心抗压强度, 而且大大提高了构件的延性耗能能力。在实际工程中, 梁柱构件一般都配有一定的箍筋, 因此, 合理的混凝土本构模型应考虑箍筋对核心混凝土的约束效应。

2.2 本构模型的选择

本文主要根据 Mander 的研究工作选取了如图 1 的应力应变曲线关系。

2.2.1 受压骨架曲线

根据 Mander 等人的研究, 考虑箍筋约束效应的混凝土轴心抗压强度和对应的峰值应变分别由以下两式确定:

$$f_{cc} = f_c \left(2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f_1}{f_c}} - \frac{2 f_1}{f_c} - 1.254 \right) \quad (1)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_c \left[5 \left(\frac{f_{cc}}{f_c} - 1 \right) + 1 \right] \quad (2)$$

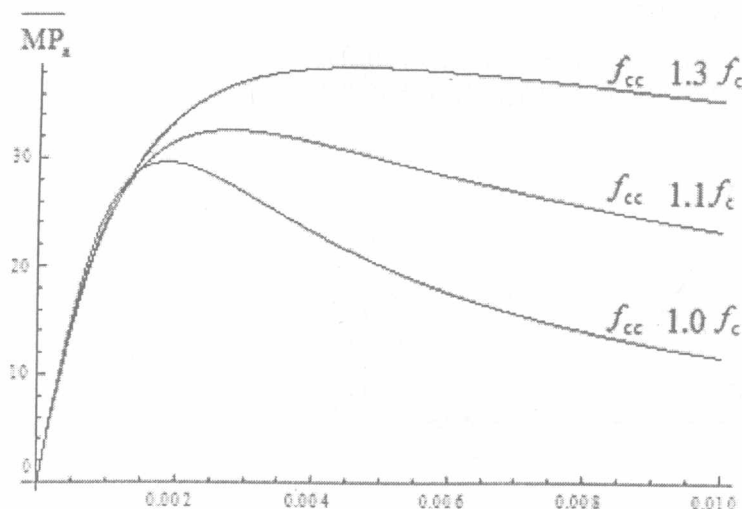


图1 考虑箍筋约束的受压应力应变曲线

其中 f_{cc} 和 f_c 分别为考虑和未考虑箍筋约束效应的混凝土轴心抗压强度； f_l 为侧向等效约束应力； ε_{cc} 和 ε_c 分别为考虑和未考虑约束的混凝土峰值应变。

单调加载下，混凝土受压应力应变骨架曲线由下式确定：

$$\sigma = \frac{f_{cc} x r}{r - 1 + x^r} \quad (3)$$

其中 $x = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{cc}}$ ， $r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}$ ，初始切线模量 $E_c = 5000 \sqrt{f_c}$ ，峰值割线模量 $E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}}$ 。

混凝土受压时，根据箍筋对核心混凝土约束的强弱，会得到不同的应力应变曲线，图2为C45混凝土考虑箍筋约束效应后的对比情况。

从图2看到，考虑箍筋效应后，不仅峰值应力和峰值应变有了较大的提高，而且当应力超过峰值后，下降段相比未考虑箍筋约束时平缓，而且随着箍筋约束效应的增强，下降段趋于水平。可见，箍筋明显地增强了被约束混凝土的延性。

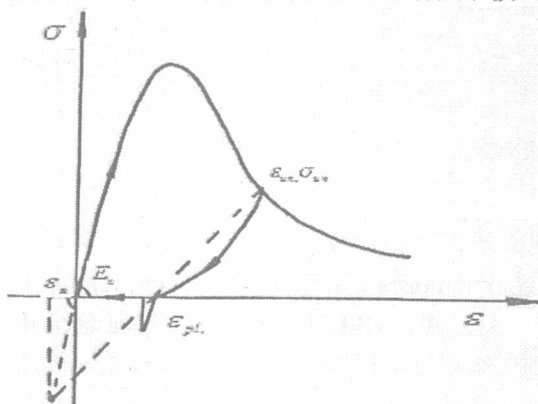


图2 受压卸载曲线

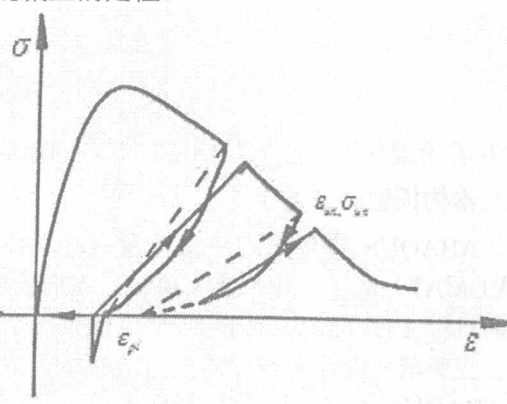


图3 受压加卸载滞回曲线

2.2.2 受压加卸载曲线

混凝土在循环加卸载情况下, Mander 提出的应力应变关系曲线如图 3 所示。为了提高计算效率, 本文将加卸载曲线简化为直线, 如图 4 所示。

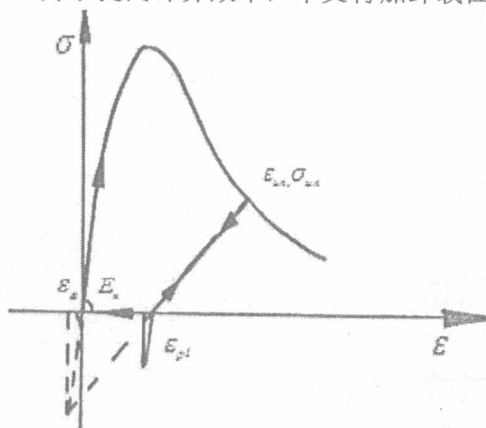


图 4 简化的 Mander 受压卸载曲线

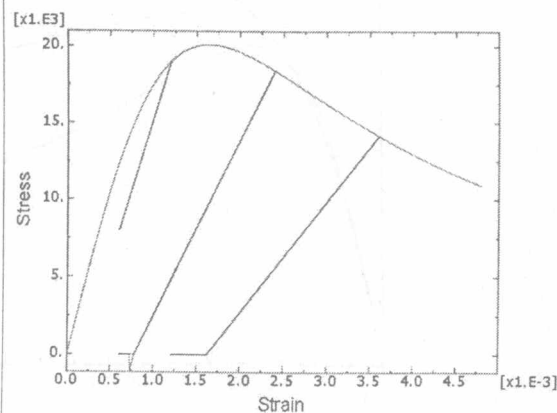


图 5 受压加卸载滞回曲线

在本文采用的本构模型中, 混凝土受压后按图 4 所示直线路径卸载, 直到与应变轴相交, 此时的应变值为卸载点 $(\varepsilon_{un}, \sigma_{un})$ 对应的塑性应变 (ε_{pl}) 。此后受拉加载, 如果混凝土未曾开裂, 则接受拉弹性加载, 直至开裂。混凝土如果再受压加载, 加载曲线首先沿着应变轴达到卸载时的塑性应变点 $(\varepsilon_{pl}, 0)$, 然后接受压卸载曲线原路返回至骨架曲线, 图 5 为多次加卸载示意图。

2.2.3 受拉骨架曲线

包括 Yankelevsky^[14], Carreira^[15]在内的很多学者针对混凝土的受拉应力应变曲线提出了很多种不同的表达形式, 有单直线模型、双直线模型、三直线模型、曲线直线模型、曲线模型等。本文选取的受拉骨架曲线为 Mander 本构模型采用的单直线模型, 由下式定义:

$$\sigma = \begin{cases} E_c \varepsilon & \sigma \leq f_t \\ 0 & \sigma > f_t \end{cases} \quad (4)$$

其中 f_t 为混凝土轴心抗拉强度, 不考虑箍筋约束效应。

2.3 本构模型的开发

ABAQUS 提供给用户来开发材料本构模型的子程序接口分为隐式 (UMAT) 和显示 (VUMAT) 两种。用户定义的材料本构模型通过一个 Fortran 源程序 (.for) 或者由其编译生成的目标文件 (.obj) 链接到 ABAQUS 中, 由于子程序与 ABAQUS 存在变量传递甚至共享一些变量, 因此子程序需按固定的格式编写^[16]。作者将编写好的材料子程序成功地链接到 ABAQUS 并完成了计算分析。