



Numerical Simulation on
Blasting Demolition for Architectural Structures

建筑结构爆破拆除 数值模拟

杨 军 杨国梁 张光雄 著



科学出版社

爆炸科学与技术国家重点实验室出版基金资助

建筑结构爆破拆除数值模拟

Numerical Simulation on Blasting Demolition for
Architectural Structures

杨 军 杨国梁 张光雄 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书结合建筑结构爆破拆除理论与工程实践,利用显式动力学有限元 LS-DYNA 软件,采用共节点分离式钢筋混凝土模型,对几种典型钢筋混凝土建筑物爆破拆除倒塌过程进行了有限元分析模拟,计算结果生动揭示了建筑结构爆破拆除破坏倾倒过程,可为爆破理论研究和设计方案选择提供科学依据。本书共分 10 章,包括概述、建筑结构爆破拆除模拟过程、钢筋混凝土结构爆破拆除理论模型、有限元计算方法、共节点分离式模型及试验验证、单元尺寸效应和界面单元分析,以及典型钢筋混凝土楼房建筑物、筒仓、烟囱、水塔和桥梁等构筑物的爆破拆除模拟计算实例等内容。

本书可供高等院校和研究单位从事爆破理论及工程技术研究的师生以及相关科研人员使用,也可作为建筑、冶金、煤炭、铁路、交通和水利水电等部门从事爆破技术和安全工程等专业技术工作者的业务参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构爆破拆除数值模拟/杨军,杨国梁,张光雄著. —北京:科学出版社,2012

ISBN 978-7-03-035450-1

I. ①建… II. ①杨… ②杨… ③张… III. ①建筑物-爆破拆除-数值模拟 IV. ①TU746.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 205129 号

责任编辑:钱 俊 / 责任校对:包志虹

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:北京耕者图文设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 9 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2012 年 9 月第一次印刷 印张:17 插页:4

字数:320 000

定价:78.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着我国城市建设和改造进入了大规模发展阶段,需要拆除的建筑物数量越来越多,拆除规模和难度越来越大,安全环保方面的要求也愈加严格,致使现有以经验公式为主的设计方法已经不能满足不断发展的拆除工程实践的需要。由于这些经验公式来自以往爆破试验和实践总结,参数选取范围过于宽泛,往往需要具有丰富实践经验的专家才能得出正确选择。对于各种建筑结构和复杂多变的周围环境,爆破专家要对拆除爆破方案和具体参数做出准确的判断具有一定的难度,设计不当是引起拆除爆破失败或不理想情况时有发生的原因之一。采用计算机模拟技术对爆破拆除过程进行系统分析,对解决这一难题提供了一种直观和便捷的途径。将数值模拟技术应用到爆破拆除设计中去,在爆前对设计方案进行检验,可以准确预测结构的倒塌姿态和倒塌范围,对爆破拆除设计起到辅助作用;通过分析爆破倒塌过程力学效应,探讨研究结构各种倾倒规律,完善爆破拆除理论,有利于促进爆破拆除技术朝着更为科学、精确和安全的方向发展。

本书通过分析钢筋混凝土结构倒塌的动力学过程,建立了结构倒塌的动力学模型,并探讨了该过程的前冲后座和触地震动等现象的力学机理。利用有限元模拟技术形象再现了建构筑物中钢筋混凝土立柱、剪力墙等构件断裂破坏过程,较为真实的反映了钢筋在结构破坏过程中的作用。根据理论分析和模拟试验,得出适合爆破拆除有限元数值模拟的钢筋和混凝土单元、材料、接触控制、失效控制、沙漏控制等系列参数,研究了单元尺寸效应和界面单元等具体问题。针对不同拆除对象系统讨论不同炸高、不同预处理方法对倾倒的影响,归纳了爆破切口尺寸的数学模型并模拟了不同延时间隔爆破时爆破切口的形成过程,以及切口对结构倒塌效果的影响,从而可为指导爆破方案设计及参数优化提供可靠的依据。本书集中了作者近年来教学、科研和工程实践的成果和收获,这些研究与国内爆破拆除技术同步发展,经历了从爆破后利用数值计算分析爆破效果到爆破设计前进行效果预测和方案比较,乃至以爆破模拟胜出竞得拆除标的等发展过程。相信随着爆破拆除技术的发展和数值模拟水平的提高,爆破模拟的需求会不断增加。

北京理工大学爆破学科组常年致力于爆破理论与安全技术方面的教学和科研工作,本书是近年来学科组在此方面研究的阶段总结,此中倾注了除作者之外,研究团队中陈鹏万教授、张奇教授、安二峰、戴开达等教师和多位博士、硕士研究生,以及北京理工北阳爆破公司佐建君经理等工程技术人员的心血。几年来大家齐心协力克服了许多困难,不仅探索出爆破拆除数值模拟研究方向,而且一起赢得了同

行的赞誉并取得了相应的社会效益。博士研究生谢春明、余德运、李顺波等参与了相关课题研究并一度成为科研的中坚力量,硕士研究生许沛、孙细刚、杨忠华和王磊等分别在筒仓、桥梁和界面元等研究方面做出了积极贡献。学科组的年青人活力充沛、刻苦耐劳,取得的创新性成果,为本书增添了不少富有学术价值和实用意义的篇章。经过本课题组师生的不懈努力,建构筑物爆破拆除及数值模拟课题2006年通过北京市科委鉴定,认为具有国际先进水平。该项目曾获得中国工程爆破协会科技进步一等奖(2006)、教育部科技进步二等奖(2009)等。

建构筑物爆破拆除及数值模拟研究课题的开展得到了中国工程爆破协会、北京工程爆破协会的大力支持,爆破界同仁同济爆破公司汪浩总经理,贵州新联爆破公司池恩安总经理,武汉爆破公司谢先启董事长、贾永胜总经理,铁锋爆破公司张志毅总经理,铁路科学研究院顾毅成研究员、杨年华研究员,北京华昌爆破公司朱国胜总经理、北京工业职业技术学院王汉军教授,安徽滁州爆破公司郑德明总经理等爆破专家,为本研究提供了许多珍贵的爆破拆除工程资料并协助开展研究,给予了大力支持和帮助。北京理工大学软件学院金乾坤副教授为本课题的软件应用提供了大力支持。

本课题还得到了爆破界国外友人的大力支持。日本爆破专家胜山邦久教授一直关注和支持本课题研究,他与韩国CACOH公司总经理昔哲基博士及大韩建设公社的朋友们,一起促成国际合作研究项目——大韩民国城市建筑拆除技术研究。北京理工大学承担了该研究项目中钢筋混凝土结构爆破拆除数值模拟研究部分,并为促进中日韩爆破技术交流合作发挥了重要作用。

中国矿业大学王树仁教授不顾年老体弱,认真审定了全书,王老师一丝不苟的治学态度,以及从学科发展着想和为读者负责的精神,不仅给予作者极大的鞭策,也直接影响了本书的出版质量。

在本书出版之际,作者对以上各位专家学者为本书做出的贡献、支持和帮助表示衷心的感谢和诚挚的敬意!同时感谢北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室出版基金资助。

由于作者水平有限,书中可能还存在不准确或不妥之处,恳请读者批评指正。

杨 军

2012年6月

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 建筑结构爆破拆除技术应用现状	1
1.2 建筑结构爆破拆除技术研究	4
1.2.1 建筑结构爆破拆除技术特征	5
1.2.2 国外有关建筑结构爆破拆除研究简介	6
1.2.3 国内研究涉及爆破理论、拆除方法和爆破安全	6
1.3 钢筋混凝土结构爆破拆除数值模拟研究现状	8
1.4 建筑结构爆破拆除数值模拟存在的问题	11
参考文献	12
第 2 章 建筑结构爆破拆除数值模拟过程及典型示例	15
2.1 拆除爆破数值模拟过程	15
2.1.1 拆除爆破数值模拟步骤	15
2.1.2 拆除爆破模拟的建筑结构材料模型选择	16
2.2 爆破模拟常用软件	17
2.2.1 基于有限元模拟软件 LS-DYNA	18
2.2.2 基于离散元模拟软件 SLM2DEM	23
2.2.3 ABAQUS 有限元程序	26
2.2.4 DDA 方法模拟建筑物爆破拆除	29
2.3 典型建筑结构拆除爆破过程的数值模拟	31
2.3.1 100m 钢筋混凝土烟囱定向倒塌爆破拆除的数值模拟	31
2.3.2 DDA 方法模拟三峡 RCC 围堰定向倾倒过程	34
2.3.3 框架结构楼房爆破拆除	37
参考文献	40
第 3 章 钢筋混凝土结构爆破拆除理论模型	41
3.1 结构失稳破坏理论模型	41
3.1.1 爆破切口高度理论模型	42
3.1.2 支撑立柱失稳理论模型	44
3.2 结构倒塌运动的数学模型	46
3.2.1 基于多体系统动力学方程的数学模型	46

3.2.2 基于铰接双连杆双向折叠下落运动的数学模型	47
3.3 结构前冲、后坐理论模型	48
3.3.1 结构倒塌前冲理论模型	49
3.3.2 结构倒塌后坐理论模型	50
3.4 结构触地震动理论模型	51
3.4.1 结构触地震动速度	51
3.4.2 高层建筑物爆破拆除塌落震动的数学模型	52
参考文献	54
第4章 建筑结构爆破拆除有限元数值模拟	56
4.1 显式动力有限元程序 LS-DYNA 理论基础	56
4.1.1 LS-DYNA 发展过程	56
4.1.2 LS-DYNA 功能概述	57
4.1.3 LS-DYNA 算法基础	57
4.1.4 LS-DYNA 程序计算方法	62
4.2 建筑结构爆破拆除有限元模型的建立	63
4.2.1 爆破拆除数值模拟基本假设	63
4.2.2 钢筋混凝土有限元模型建立过程	64
4.2.3 钢筋和混凝土材料本构模型研究	68
4.3 建筑结构爆破拆除有限元模拟的单元删除及其他问题	73
4.3.1 爆破切口形式及切口形成的实现	73
4.3.2 材料失效方式的控制	73
4.3.3 接触方式的选择	74
4.3.4 沙漏能及计算时间的控制	76
参考文献	76
第5章 共节点分离式钢筋混凝土模型及试验验证	78
5.1 共节点分离式钢筋混凝土模型原理及建模方法	79
5.1.1 共节点分离式模型基本原理	79
5.1.2 共节点分离式模型建模方法	80
5.2 三层框架结构倒塌数值模拟研究	81
5.2.1 框架结构有限元模型	81
5.2.2 数值模拟结果分析	85
5.3 三层框架结构倒塌试验研究	88
5.3.1 浇筑试验模型	88
5.3.2 试验测试设备的布置	89
5.3.3 模型试验结果分析	91

5.4 数值模拟结果与试验结果比较分析	96
5.4.1 结构倒塌过程比较分析	96
5.4.2 结构破坏状态比较分析	98
5.4.3 结构触地震动比较分析	99
参考文献	99
第6章 爆破拆除模拟中的单元尺寸效应和界面单元问题	100
6.1 “单元尺寸效应”原理	100
6.2 不同单元尺寸下数值模拟结果比较	101
6.2.1 结构的有限元模型	101
6.2.2 结构倒塌过程比较	102
6.2.3 支撑立柱破坏过程比较	104
6.2.4 爆堆范围比较	105
6.2.5 结构倒塌 y 向速度比较	105
6.3 结构拆除模拟的界面单元问题	107
6.3.1 界面弹簧连接及几种黏结滑移的经验公式	107
6.3.2 界面元分离式模型建模方法	110
6.3.3 界面元分离式钢筋混凝土模型的试验验证	110
6.4 界面元分离式钢筋混凝土模型的实际应用	124
6.4.1 工程概况	124
6.4.2 测水塔有限元模型	125
6.4.3 数值模拟结果分析	126
参考文献	133
第7章 典型楼房建筑结构爆破拆除数值模拟	134
7.1 框架结构折叠爆破拆除数值模拟	135
7.1.1 16层框架结构楼房折叠爆破拆除数值模拟	135
7.1.2 框架结构爆破拆除数值模拟中充填墙体影响研究	142
7.2 剪力墙结构楼房爆破拆除有限元模拟研究	150
7.2.1 工程概况	150
7.2.2 计算模型	151
7.2.3 剪力墙结构楼房定向坍塌过程有限元模拟分析	152
7.3 核心筒-框架结构折叠爆破拆除数值模拟	157
7.3.1 工程概况	157
7.3.2 模型建立	159
7.3.3 模拟结果分析	160
参考文献	165

第 8 章 筒仓结构爆破拆除有限元模拟	166
8.1 钢筋混凝土筒仓群结构特点和基本假定	166
8.2 双排二层框架筒仓结构爆破拆除有限元模拟研究	167
8.2.1 实体模型	167
8.2.2 单元划分及材料参数	169
8.2.3 炸高 6.9m 时的有限元计算结果及其分析	169
8.2.4 炸高 2.9m 时有限元模拟结果及分析	175
8.2.5 炸高 6.9m 时不同割筋部位情况模拟及结果分析	178
8.3 双排单层框架筒仓结构爆破拆除有限元模拟	182
8.3.1 实体模型	182
8.3.2 倒塌过程有限元模拟结果及分析	183
8.4 三排混合框架筒仓结构倒塌有限元模拟	185
8.4.1 实体模型	185
8.4.2 爆破方案	186
8.4.3 三排混合框架筒仓结构倒塌过程有限元计算结果	186
8.5 三排筒仓结构中间劈开定向倒塌有限元模拟	188
8.5.1 结构概况和爆破方案	188
8.5.2 有限元模型建立	190
8.5.3 数值模拟结果分析	191
参考文献	196
第 9 章 烟囱、水塔类构筑物爆破拆除数值模拟	197
9.1 烟囱、水塔类构筑物的结构及材料特性	197
9.2 百米高烟囱折叠爆破拆除倒塌过程有限元模拟	198
9.2.1 工程背景	198
9.2.2 烟囱有限元模型的建立	199
9.2.3 烟囱有限元模型倒塌效果分析	199
9.3 高耸薄壁冷却塔爆破拆除数值模拟	204
9.3.1 模型及爆破方案	204
9.3.2 数值模拟结果分析与比较	206
9.4 爆破拆除 X 梁双曲线冷却塔倒塌过程数值模拟	212
9.4.1 工程概况	212
9.4.2 有限元模型的建立	213
9.4.3 计算结果	214
参考文献	218

第 10 章 钢筋混凝土桥梁爆破拆除数值模拟	219
10.1 桁架拱连拱桥爆破拆除数值模拟	219
10.1.1 工程概况	219
10.1.2 爆破参数设计	220
10.1.3 模型简介	221
10.1.4 数值模拟结果分析	222
10.2 钢筋混凝土桁式组合拱桥爆破拆除数值模拟	227
10.2.1 工程概况	227
10.2.2 爆破方案及参数设计	228
10.2.3 桁式组合拱桥爆破拆除模拟	230
10.2.4 模拟结果分析	233
10.3 钢筋混凝土双曲拱大桥深孔爆破拆除模拟	238
10.3.1 工程概况	238
10.3.2 爆破方案及参数设计	239
10.3.3 爆破过程数值模拟及分析	242
10.4 下承式 80m 肋拱公路桥爆破拆除数值模拟	245
10.4.1 工程概况	245
10.4.2 爆破拆除方案	246
10.4.3 桥梁的有限元模型	247
10.4.4 模拟结果分析	247
参考文献	254

彩图

CONTENTS

Preface

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Application status of blasting demolition for buildings and structures	1
1.2 Study on the technique of blasting demolition for buildings and structures	4
1.2.1 Technical features of blasting demolition for buildings and structures	5
1.2.2 Foreign research on blasting demolition for tall buildings and structures and demolition methods	6
1.2.3 Domestic study on the blasting theory, demolition methods and safety control	6
1.3 Status of numerical simulation study on blasting demolition for reinforced concrete structure	8
1.4 Existing problems of numerical simulation of blasting demolition for buildings and structures	11
References	12
Chapter 2 The technique and typical examples of numerical simulation using blasting demolition for buildings and structures	15
2.1 The technique of numerical simulation using blasting demolition	15
2.1.1 The process of numerical simulation of blasting demolition	15
2.1.2 The material models selection for buildings and structures of blasting demolition simulation	16
2.2 Commonly used software for blasting simulation	17
2.2.1 LS-DYNA based on finite element simulation	18
2.2.2 SLM2DEM based on discrete element method simulation	23
2.2.3 ABAQUS finite element program	26
2.2.4 DDA method for blasting demolition simulation for buildings and structures	29

2.3	Numerical simulation of blasting demolition process for typical buildings and structures	31
2.3.1	The Numerical simulation of directional collapse blasting demolition of a 100m reinforced concrete chimney	31
2.3.2	DDA simulation of the directional collapse process of the Three Gorges RCC cofferdam	34
2.3.3	Blasting demolition of frame-structured building	37
	References	40
Chapter 3	Theoretical model of the blasting demolition for reinforced concrete structure	41
3.1	Theoretical model of the structural instability damage	41
3.1.1	Theoretical model of the blasting cut height	42
3.1.2	Theoretical model of the bearing columns instability	44
3.2	Mathematical model of the structure collapsing movement	46
3.2.1	Mathematical model based on the multibody dynamics equations	46
3.2.2	Mathematical model based on the bidirectional-folded movement of the hinged two-link	47
3.3	Theoretical model of the forward rush and back seating	48
3.3.1	Theoretical model of the forward rush of the structure collapsing	49
3.3.2	Theoretical model of the back seating of the structure collapsing	50
3.4	Theoretical model of the ground vibration of the structure colliding	51
3.4.1	The velocity of the ground vibration of the structure colliding	51
3.4.2	Mathematical model of the colliding vibration of blasting demolition of tall buildings	52
	References	54
Chapter 4	Finite element numerical simulation of blasting demolition for buildings and structures	56
4.1	The Theoretical basis of explicit dynamic finite element program LS-DYNA	56
4.1.1	The development process of LS-DYNA	56
4.1.2	Features overview of LS-DYNA	57
4.1.3	The algorithm basis of LS-DYNA	57
4.1.4	The Calculation method of LS-DYNA program	62

4.2	Finite element model building of blasting demolition for buildings and structures	63
4.2.1	The basic assumption of numerical simulation of blasting demolition ...	63
4.2.2	The model building process of finite element model of reinforced concrete	64
4.3	Element deletion and other problems concerning finite element simulation of blasting demolition for buildings and structures	73
4.3.1	Types and the realization in the form of blasting cut	73
4.3.2	Control in the failure mode of materials	73
4.3.3	Selection in the contact mode	74
4.3.4	Hourglass energy and control of the calculation time	76
	References	76
Chapter 5	Common node separate model for reinforced concrete material and its test verification	78
5.1	Principles and building method of common node separate model for reinforced concrete material	79
5.1.1	Basic principles of common node separate model for reinforced concrete material	79
5.1.2	Building method of common node separate model for reinforced concrete material	80
5.2	Numerical simulation study of the collapse of a three-tier framed structure	81
5.2.1	Finite element model of the framed structure	81
5.2.2	Analysis of the result of the numerical simulation	85
5.3	Experimental research of the collapse of a three-tier framed structure	88
5.3.1	Foundation of the experimental model	88
5.3.2	Realization of the collapse of the experimental model	89
5.3.3	Lay out of the experimental test equipments	91
5.4	Comparison analysis between the numerical simulation result and the experiment result	96
5.4.1	Comparison analysis of the collapse process of the structure	96
5.4.2	Comparison analysis of the failure state of the structure	98
5.4.3	Comparison analysis of the touchdown vibration of the structure	99
	References	99

Chapter 6 Size effect and interface element problem of the blasting demolition

simulation	100
6.1 Principles of ‘size effect’	100
6.2 Comparison of numerical simulation results with different element sizes	101
6.2.1 Finite element model of the structures	101
6.2.2 Comparison of the collapse process of the structures	102
6.2.3 Comparison of the failure process of the supporting columns	104
6.2.4 Comparison of the muckpile scopes	105
6.2.5 Comparison of the collapsing speed of the structure in Y direction	105
6.3 Interface element problem of the demolition simulation of the structure	107
6.3.1 Interfacial spring links and several empirical formulas on bond slip	107
6.3.2 Modeling method of the separated interface element model	110
6.3.3 Test verification of the separated interface element model of the reinforced concrete	110
6.4 Practical application of the separated interface element model of the reinforced concrete	124
6.4.1 Project overview	124
6.4.2 Finite element model of the water tower	125
6.4.3 Analysis of the numerical simulation result	126
References	133

Chapter 7 Numerical simulation of blasting demolition for typical building

structures	134
7.1 Numerical simulation of folding blasting demolition for framed structure	135
7.1.1 Numerical simulation of folding blasting demolition for a sixteen-tier frame-structured building	135
7.1.2 Influence study of filling wall to numerical simulation of blasting demolition for framed structure	142
7.2 Finite element simulation study of blasting demolition for building with shear-wall structure	150
7.2.1 Project overview	150
7.2.2 Calculation model	151

7. 2. 3	Finite element simulation analysis of directional collapse process of building with shear-wall structure	152
7. 3	Numerical simulation of the folding blasting demolition for a framed core-tube hybrid structure	157
7. 3. 1	Project overview	157
7. 3. 2	Modeling	159
7. 3. 3	Analysis of the simulation result	160
	References	165
Chapter 8	Finite element simulation of blasting demolition for silo structures	166
8. 1	Features and basic assumptions of reinforced concrete silo structures	166
8. 2	Finite element simulation study of blasting demolition for two rows of two-tier framed silo structures	167
8. 2. 1	Solid model	167
8. 2. 2	Unit division and material specifications	169
8. 2. 3	Finite element calculation result and its analysis with a 6. 9m burst heigh	169
8. 2. 4	Finite element simulation result with a 2. 9m burst heigh and its analysis	175
8. 2. 5	Simulation of different cutting reinforcement areas and its analysis ...	178
8. 3	Finite element simulation of the blasting demolition for two rows of one-tier framed structures	182
8. 3. 1	Solid model	182
8. 3. 2	Finite element simulation result of the collapse process and its analysis	183
8. 4	Finite element simulation of the collapse of three rows of hybrid framed silo structures	185
8. 4. 1	Solid model	185
8. 4. 2	Blasting scheme	186
8. 4. 3	Finite element calculation of the collapse process of three rows of hybrid framed silo structures	186
8. 5	Finite element simulation of the two-way splitting directional collapse for three rows of silo structures	188
8. 5. 1	Structure overview and blasting scheme	188

8.5.2	Foundation of the finite element model	190
8.5.3	Analysis of the numerical simulation result	191
	References	196
Chapter 9 Numerical simulation of blasting demolition for structures such as chimneys and towers		
9.1	Structures and material features of structures like chimneys and towers	197
9.2	Finite element simulation of the collapse process of the folding blasting demolition for a chimney over a hundred meter high	198
9.2.1	Project background	198
9.2.2	Foundation of the finite element model of the chimney	199
9.2.3	Analysis of the collapse of the finite element model of the chimney	199
9.3	Numerical simulation of the blasting demolition for a high thin-walled cooling tower	204
9.3.1	Model and blasting scheme	204
9.3.2	Analysis and comparison of the numerical simulation result	206
9.4	Dynamic simulation of the collapse process of the blasting demolition for a hyperbolic cooling tower	212
9.4.1	Project overview	212
9.4.2	Foundation of the finite element model	213
9.4.3	Calculation result	214
	References	218
Chapter 10 Numerical simulation of blasting demolition for reinforced concrete bridges		
10.1	Numerical simulation of blasting demolition for a trussed arch-connected arch bridge	219
10.1.1	Project overview	219
10.1.2	Blasting parameter design	220
10.1.3	Model introduction	221
10.1.4	Analysis of numerical simulation result	222
10.2	Numerical simulation of blasting demolition for a trussed combination arch bridge	227
10.2.1	Project overview	227
10.2.2	Blasting scheme and parameter design	228

10.2.3	Simulation of blasting demolition for a trussed combination arch bridge	230
10.2.4	Analysis of the simulation result	233
10.3	Simulation of the deep hole blasting demolition for a reinforced concrete hyperbolic arch bridge	238
10.3.1	Project overview	238
10.3.2	Blasting scheme and parameter design	239
10.3.3	Numerical simulation of the blasting process and its analysis	242
10.4	Numerical simulation of the blasting demolition for a 80m Under-supported Arch Rib Road Bridge	245
10.4.1	Project overview	245
10.4.2	Blasting demolition scheme	246
10.4.3	Finite element model of the bridge	247
10.4.4	Analysis of the simulation result	247
	References	254

Content introduction

The architectural structure demolition blasting theory and engineering practice were combined in this book, using the dynamic explicit finite element software LS-DYNA with the common node separate reinforced concrete model, several typical reinforced concrete buildings collapse process of demolition blasting were analyzed which obtained consistent with the practical engineering. The book includes 10 chapters, involving an overview, the simulation process of blasting demolition of reinforced concrete structure, theoretical model, finite element method, common node separate model and experimental verification, the size effect and interface unit analysis, architectural structures and other typical reinforced concrete structures blasting demolition simulation, such as silos, chimneys, towers and bridge, and so on.

This book for teachers, graduate students and researchers engaged in blasting theory and engineering technology of colleges and scientific research units to use. The book also can be used as reference book for professional technical workers engaged in blasting technology and safety engineering and other business, application areas conclude architectural structure, metallurgy, coal, railway, transportation, and water conservancy and hydropower and other departments.