

建筑抗震设计

计算与实例



人民交通出版社
China Communications Press

要 录 内

结构设计计算与实例

建筑抗震设计计算与实例

本书编委会 编



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书详细、系统地介绍了建筑抗震设计计算的方法,并列举了丰富的设计计算实例,方便读者理解、掌握。全书共分为十一章,内容包括:抗震设计概述,建筑场地、地基和基础,地震作用和结构抗震验算,砌体房屋,钢筋混凝土房屋,钢结构房屋,底部框架房屋和内框架房屋,空旷房屋,土、木、石结构房屋,建筑隔震、消能减震和非结构构件,建筑抗震设计常用数据等。

本书可供建筑工程设计人员参考使用,也可供大中专院校相关专业师生参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

建筑抗震设计计算与实例/本书编委会编. —北京:人民交通出版社, 2008.5

ISBN 978-7-114-07151-5

I. 建… II. 本… III. 建筑结构-抗震设计-计算方法
IV. TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 064071 号

书 名: 建筑抗震设计计算与实例

著 作 者: 本书编委会

责任编辑: 邵 江

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市吉祥印务有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 30.75

字 数: 749 千

版 次: 2008 年 9 月第 1 版

印 次: 2008 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07151-5

印 数: 0001-3000 册

定 价: 58.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

现在市场上的结构设计书大致可分两种,一种是结构设计教科书,侧重讲清道理;一种是设计参考书,侧重传授方法。很少有既讲道理又介绍方法和经验解决实际问题的书。设计人员设计时往往需要花费很多时间查找图书资料,广大学生在课程设计、毕业设计时也苦于如何将学到的专业知识转化为实际应用。一本既符合规范规定又有实际设计例题并收录有常用参考资料的手册是他们真正渴求的,而且随着近年来各种年新版建筑结构设计标准规范的修订和颁布实施,新形势对广大的设计人员和土木工程专业学生提出了新的更高的要求。正是出于这种思考,我们编写一套面向广大设计人员和土木工程专业学生的设计实例丛书——《结构设计计算与实例》。

《结构设计计算与实例》丛书紧扣现行建筑结构设计标准规范,重点突出了新的标准规范的设计要求,通过一系列计算例题和设计实例来促进新规范的理解应用。同时通过设计实例具体化一些规范的规定和要求,并根据实例整理出设计中常用的一些数据资料以便查用。最近几年电算的运用已经很普遍,但是设计方案是由设计人员来选定,计算结果也需要设计人员来判断和取舍,也有超过电算适用范围的工程。因此对于基本概念的了解和基本规范规定的熟悉就显得特别重要。为此,本书特别强调基本构件的计算和规范规定的理解,并在实例中分析,力求步骤清晰,促进基本技能的训练。

本系列丛书内容新而全,涉及内容广泛,编撰体例新颖,并且具有实用、可操作性强、可随查随用等特点。相信本丛书的出版,将会成为广大设计人员必备的参考书,也是土木工程专业学生课程设计的好的指导书。

本系列丛书共有以下分册:

1. 《钢结构设计计算与实例》
2. 《混凝土结构设计计算与实例》
3. 《地基基础设计计算与实例》
4. 《建筑抗震设计计算与实例》
5. 《轻型钢结构设计计算与实例》

《钢结构设计计算与实例》根据现行《钢结构设计规范》(GB 50017—2002)编写,主要内容包括:受弯构件、轴心受力构件、拉弯构件、压弯构件的计算,疲劳计算,连接计算和连接构件的设计,屋盖结构和屋面结构设计计算,支撑系统的计算,吊车梁设计,门式刚架设计,钢与混凝土组合梁设计,钢管结构设计等。书中还从工程概况、设计依据入手详细介绍了单层框架钢结构厂房设计步骤,同时列出了钢结构工程设计中常用的数据资料,是一本实用性很强的资料集。

《混凝土结构设计计算与实例》根据混凝土结构设计的特点,紧扣《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)系统性地介绍了混凝土结构受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭、受冲切及局部受压构件等的计算,板、梁、柱、墙的设计计算,根据实际工程分别列出了预应力混凝土结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结

构、底部大空间剪力墙结构、筒体结构、板柱-剪力墙结构、单层钢筋混凝土柱厂房的设计以及设计常用的数据资料等。全书内容全面丰富,理论联系实际,实用性强。

《地基基础设计计算与实例》依据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)等规范以及根据地基基础设计实际工程的特点,详细介绍了土的物理性质指标、地基中应力的计算、建筑地基中基础沉降的计算、土的抗剪强度及地基稳定计算、土坡稳定和土压力计算等,根据实际工程全面系统地列举了浅基础设计、无筋扩展式基础设计、钢筋混凝土扩展式基础设计、柱下钢筋混凝土条形基础设计、十字交叉钢筋混凝土条形基础设计、筏形基础设计、箱形基础设计、桩基础设计、重力式挡土墙设计、锚定板挡土墙设计、基坑设计、地下连续墙设计、沉井设计等以及设计常用的数据资料。全书理论联系实际,内容丰富,实用性及可操作性强。

《建筑抗震设计计算与实例》根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)以及实际工程中抗震设计的内容,主要介绍了地震作用和结构抗震验算、多层砖房抗震设计、多层混凝土小砌块房屋抗震设计、配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋设计、钢筋混凝土框架结构抗震设计、钢筋混凝土抗震墙结构房屋设计、钢筋混凝土框架-抗震墙结构房屋设计、底部大空间抗震墙结构房屋设计、钢筋混凝土筒体结构房屋抗震设计、板柱-抗震墙结构房屋设计、预应力混凝土结构抗震设计、单层钢筋混凝土柱厂房抗震设计、多层和高层钢结构房屋抗震设计、钢结构工业厂房抗震设计等以及设计常用的数据资料。本书知识全面、简明实用,注重理论联系实际,具有很强的实用性和可操作性。

《轻型钢结构设计计算与实例》主要根据《钢结构设计规范》(GB 50017—2002)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)、《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》(CECS102:2002),按近年来轻型结构的新发展及工程设计成果,考虑建设、设计和施工的要求,将各方面的经验资料总结编写而成。主要内容包括:轻型钢结构各构件的计算、轻型钢结构的连接计算与设计、压型钢板的计算与设计、檩条与墙梁的计算与设计、屋架的计算与设计、刚架的计算与设计,还列举了单层轻型钢结构厂房的设计以及设计常用的数据资料。全书注重理论联系实际以及现代与传统方法的结合,在保证系统全面的同时,力求体现实用性和可操作性。

本套丛书主要有如下的特点和优越性:

1. 采用最新标准。丛书是最新建筑结构设计规范和实例设计相结合的书籍。
2. 快速实用。即帮助读者在短时间内掌握设计的主要方法并向读者提供一些简明实用的设计数据及相关资料。在书的前一部分介绍结构设计的基本知识以及基本算例;在书的后一部分详细列举了实际工程中经常采用的设计的实例,促进读者在实例中更好地理解规范和掌握设计方法。这种帮助读者快速学快速查,快速设计快速解决问题的轻松学习过程正是本套丛书的特色所在。此外,在书的最后还附有常用的数据资料供读者参考。
3. 内容全面。丛书从设计施工各个方面,参考大量的文献资料 and 实践经验编制而成,基本上能满足设计施工人员的要求。

本套丛书由一批具有丰富建筑工程设计工作经验的专家学者及高校教育工作者编写,在编写过程中还得到了部分专家的指导和帮助,在此深表谢意。限于编者的水平,同时建筑工程设计涉及面广,技术复杂,书中错误及疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

本书编委会

目 录

第一章 抗震设计概述	(1)
第一节 基本概念	(1)
一、震级和地震烈度	(1)
二、地震波	(3)
第二节 抗震设防准则	(5)
一、建筑抗震设防原则及标准	(5)
二、建筑抗震设防目标及类别	(6)
第三节 抗震概念设计	(6)
第四节 地震反应谱和重力二阶效应	(10)
一、地震反应谱	(10)
二、重力二阶效应	(12)
第二章 建筑场地、地基和基础	(14)
第一节 建筑场地	(14)
一、场地类别划分	(14)
二、建筑场地选用	(15)
【例 2-1】 剪切波速法确定场地类别	(16)
【例 2-2】 由地质钻孔资料确定场地类别	(16)
第二节 地基基础	(17)
一、地基基础抗震设计要求	(17)
二、可不进行抗震承载力验算的天然地基及基础	(18)
三、天然地基基础抗震承载力验算	(18)
四、地基土抗震承载力	(18)
【例 2-3】 杯形基础设计计算	(18)
【例 2-4】 某基础最终沉降量计算	(21)
第三节 液化地基	(22)
一、影响土液化的因素	(22)
二、液化地基判别和处理原则	(23)
三、地基液化判别及等级划分	(23)
四、抗液化措施	(24)
【例 2-5】 地基液化判别	(25)

【例 2-6】 地基承载力计算	(26)
【例 2-7】 液化等级判定	(27)
【例 2-8】 条形基础高度设计	(29)
【例 2-9】 矩形基础底面尺寸设计	(30)
【例 2-10】 基础宽度和高度设计	(31)
【例 2-11】 某地基持力层和软弱下卧层承载力验算	(31)
第四节 桩基	(32)
一、可不进行桩基抗震承载力验算范围	(32)
二、非液化土中低承台桩基的抗震验算	(32)
三、存在液化土层的低承台桩基的抗震验算	(32)
四、抗震措施	(33)
【例 2-12】 基础梁顶面局部受压承载力验算	(33)
【例 2-13】 单桩承载力验算	(34)
【例 2-14】 高层建筑灌注桩基础设计	(35)
【例 2-15】 非液化地基桩基承载力校核	(39)
【例 2-16】 液化地基上的桩基承载力设计	(41)
第三章 地震作用和结构抗震验算	(44)
第一节 概述	(44)
一、地震作用计算的一般原则	(44)
二、地震作用重力荷载代表值的确定	(45)
三、侧移刚度的计算	(45)
四、建筑结构自振周期计算	(47)
五、地震影响系数的确定	(49)
【例 3-1】 自振周期和地震作用计算	(50)
第二节 水平地震作用	(55)
一、底部剪力法	(55)
二、振动分解反应谱法	(56)
【例 3-2】 二层框架结构自振频率和振型计算	(59)
【例 3-3】 矩阵迭代法计算结构频率和振型	(60)
【例 3-4】 能量法计算结构基本频率和振型	(62)
【例 3-5】 等效质量法计算结构基本频率	(63)
【例 3-6】 振型分解反应谱法及底部剪力法计算层间地震剪力	(64)
第三节 竖向地震作用	(66)
一、竖向地震作用的基本计算	(66)
二、高层建筑的竖向地震作用	(67)
三、大跨度和长悬臂结构的竖向地震作用	(68)

【例 3-7】 砖房地震作用计算	(68)
【例 3-8】 内框架砖房地震作用计算	(69)
【例 3-9】 框架地震作用计算	(69)
【例 3-10】 钢屋架地震作用计算	(69)
【例 3-11】 钢悬臂屋架地震作用计算	(70)
第四节 结构抗震承载力验算	(71)
一、结构抗震承载力计算依据	(71)
二、截面抗震验算	(71)
【例 3-12】 六层砖混结构地震作用计算	(73)
第五节 结构抗震变形验算	(79)
一、结构抗震变形验算的一般规定	(79)
二、结构弹性变形的结构力学计算方法	(80)
第四章 砌体房屋	(85)
第一节 单层砌体房屋	(85)
一、单层砌体混合结构房屋结构方案及布置要求	(85)
二、砖墙平房结构方案及布置要求	(85)
第二节 单层砖柱厂房	(95)
一、单层砖柱厂房抗震计算要求	(95)
二、单层砖柱厂房横向抗震验算	(96)
三、单层砖柱厂房纵向抗震验算	(99)
四、单层砖柱结构厂房的抗震构造	(104)
【例 4-1】 单跨钢筋混凝土砖柱厂房抗震设计	(112)
【例 4-2】 单跨仓库纵向墙体设计	(116)
【例 4-3】 组合砖柱厂房抗震设计	(121)
第三节 多层砖砌体房屋	(126)
一、多层砖砌体房屋抗震结构体系	(126)
二、多层砖砌体房屋的抗震设计	(129)
三、多层砖砌体房屋截面抗震强度验算	(133)
四、多层砖砌体房屋的抗震构造	(134)
【例 4-4】 五层砖混结构办公楼抗震设计	(142)
【例 4-5】 三层砖混结构教学楼抗震设计	(146)
【例 4-6】 五层砖房抗震设计	(150)
【例 4-7】 六层办公楼抗震设计	(156)
第四节 混凝土砌块砌体房屋	(161)
一、截面抗震强度验算	(161)
二、砌块墙单层房屋的抗震构造	(162)

三、砌块夹心墙平房的抗震构造	(163)
四、砌块砌体的抗震构造	(167)
【例 4-8】 六层住宅抗震设计	(191)
【例 4-9】 十一层住宅抗震设计	(199)

第五章 钢筋混凝土房屋

第一节 单层钢筋混凝土柱厂房	(205)
一、单层厂房抗震等级	(205)
二、单层钢筋混凝土厂房抗震计算	(205)
三、单层混凝土柱厂房柱的抗震构造	(210)
四、单层混凝土柱厂房围护墙系统的抗震构造	(215)
五、单层钢筋混凝土柱厂房的屋盖结构抗震构造	(220)
【例 5-1】 机械厂金加工车间抗震设计	(226)
第二节 框架结构	(240)
一、框架结构抗震内力计算	(240)
二、框架结构抗震构造	(245)
【例 5-2】 框架梁正截面受弯构件计算	(247)
【例 5-3】 框架梁斜截面受剪承载力计算	(247)
【例 5-4】 现浇混凝土框架结构抗震设计	(248)
第三节 抗震墙结构	(265)
一、多高层混凝土结构设计要点	(265)
二、抗震墙和部分框支抗震墙抗震计算	(266)
三、抗震墙结构的内力位移计算	(267)
四、抗震墙结构的截面强度计算	(271)
五、抗震墙结构抗震构造	(273)
【例 5-5】 框架柱斜截面承载力计算	(277)
【例 5-6】 高层住宅地震作用下顶点水平位移计算	(278)
第四节 框架-抗震墙结构	(281)
一、框架-抗震墙共同工作的条件及侧力分配	(281)
二、内力分析	(282)
第五节 筒体结构	(286)
一、轴压比	(286)
二、边缘构件	(286)
三、连梁	(287)
四、框筒柱配筋	(289)
五、墙体	(289)
六、楼盖结构	(289)

七、带加强层的筒体结构设计	(290)
八、筒中筒结构的转换层	(291)
第六节 板柱-抗震墙结构	(292)
一、板柱-抗震墙结构布置	(292)
二、板柱-抗震墙设计要求	(292)
三、板柱-抗震墙的抗震构造	(293)
【例 5-7】 框架梁柱节点受剪承载力计算	(295)
第六章 钢结构房屋	(297)
第一节 单层钢结构厂房	(297)
一、单层钢结构厂房抗震计算	(297)
二、单层钢结构厂房抗震构造	(298)
【例 6-1】 单层钢结构厂房抗震设计	(300)
第二节 多高层钢结构房屋	(346)
一、多高层钢结构抗震设计规定	(346)
二、多高层钢结构抗震计算	(348)
三、多高层钢结构抗震构造	(353)
第七章 底部框架房屋和内框架房屋	(359)
第一节 底部框架房屋	(359)
一、底部框架房屋抗震计算	(359)
二、底部框架房屋抗震构造	(365)
【例 7-1】 底部内框架房屋抗震设计	(368)
第二节 多层内框架房屋	(375)
一、多层内框架房屋抗震设计	(375)
二、多层内框架房屋的抗震构造措施	(377)
【例 7-2】 多层内框架房屋抗震设计	(382)
第八章 空旷房屋	(387)
第一节 砖结构单层空旷房屋	(387)
一、横向抗震验算要点	(387)
二、横向抗震验算	(387)
三、门厅或舞台的横向抗震	(389)
四、空旷砖砌房屋纵向抗震验算	(392)
五、受力计算	(393)
六、砖结构空旷房屋的抗震构造	(398)
第二节 钢筋混凝土结构单层空旷房屋	(400)

一、钢筋混凝土结构单层空旷房屋抗震规定	(400)
二、单层空旷房屋的抗震计算	(402)
三、钢筋混凝土结构单层空旷房屋抗震构造	(403)
第九章 土、木、石结构房屋	(404)
第一节 土房屋	(404)
第二节 木结构房屋	(404)
第三节 石结构房屋	(405)
第十章 建筑隔震、消能减震和非结构构件	(406)
第一节 建筑隔震设计	(406)
第二节 房屋消能减震	(411)
第三节 非结构构件	(414)
一、非结构构件的抗震设计计算要点	(414)
二、非结构构件的基本抗震措施	(415)
第十一章 建筑抗震设计常用数据	(419)
参考文献	(480)

第一章 抗震设计概述

第一节 基本概念

一、震级和地震烈度

1. 地震震级

地震震级是地震本身强度大小的等级,它是衡量地震震源释放出总能量大小的一种量度。震级和地震波能量关系近似可如式(1-1)表示:

$$\lg E = 11.8 + 1.5M \quad (1-1)$$

式中 M ——地震震级;

E ——地震波释放出的能量。

震级与震源释放能量的大小有关,震级每差一级,地震释放的能量将差 32 倍。

一般认为,小于 2 级的地震,人们感觉不到,只有仪器才能记录下来,称为微震;2~4 级地震,人就感觉到了,称为有感地震;5 级以上地震能引起不同程度的破坏,称为破坏性地震;7 级以上的地震,则称为强烈地震或大震;8 级以上的地震,称为特大地震。据 1935 年后所提出的震级测算方法计算,1960 年 5 月发生在智利的 8.5 级地震,是记录到的世界最大地震,它所释放出来的能量之大是空前的,海啸规模巨大,地面形态变化非常显著,其破坏性之大,在世界上是十分罕见的。

2. 地震烈度

地震烈度是指地震对某一地区的地表和各类建筑物影响的强弱程度。对应于某次地震,受到影响的区域内,按地震烈度表可以对每一地点评定出一个烈度,具有相同烈度的地点的包络外圈称为等烈度线。

震级、烈度以及震中距的关系如式(1-2):

$$I = 0.92 + 1.63M - 3.491 \lg R \quad (1-2)$$

式中 I ——震中烈度;

M ——地震震级;

R ——震中距。

一般说,随距离震中的远近不同,烈度就有差异,距震中愈远,地震影响愈小,烈度就愈低;反之,距震中愈近,烈度就愈高。此外,地震烈度还与地震大小、震源深度、地震传播介质、表土性质、建筑物动力特性、施工质量等许多因素有关。

为评定地震烈度,就需要建立一个标准,这个标准就称为地震烈度表。它是以描述震害宏观现象为主的,即根据建筑物的损坏程度、地貌变化特征、地震时人的感觉等方面进行区分。目前,绝大多数国家包括我国都采用分成 12 度的地震烈度表。国家地震局颁布了具有参考物理指标的《中国地震烈度表(1999)》。

3. 震中烈度

震中烈度即指震中的烈度,震级与震中烈度的关系如式(1-3):

$$M=0.58I_0+1.5 \quad (1-3)$$

必要时可参考地震影响面积的大小作适当调整。表 11-1 给出了震源深度为 10~30km 时,震级 M 和震中烈度 I_0 的大致对应关系。

4. 基本烈度

我国 1990 年地震烈度区划图标明的基本烈度(中国地震烈度区划图标明的地震烈度)为 50 年期限内,一般场地条件下,可能遭遇超越概率为 10% 的地震烈度;与此相应的为《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)提出的与地震动峰值加速度分区对应的烈度值。

5. 抗震设防烈度

抗震设防烈度是按国家规定的权限批准作为一个地区抗震设防依据的地震烈度。一般情况下取基本烈度。但还须根据建筑物所在城市的大小,建筑物的类别、高度以及当地的抗震设防小区规划进行确定。

6. 等震线

一次地震发生后,在该地震波及的地区内,根据现场调查和通讯调查,按照烈度表可对该区域内尽可能多的点评出一个烈度。烈度相同区域的外包线,称为等烈度线或等震线。图 1-1 为 1976 年唐山大地震的等震线。

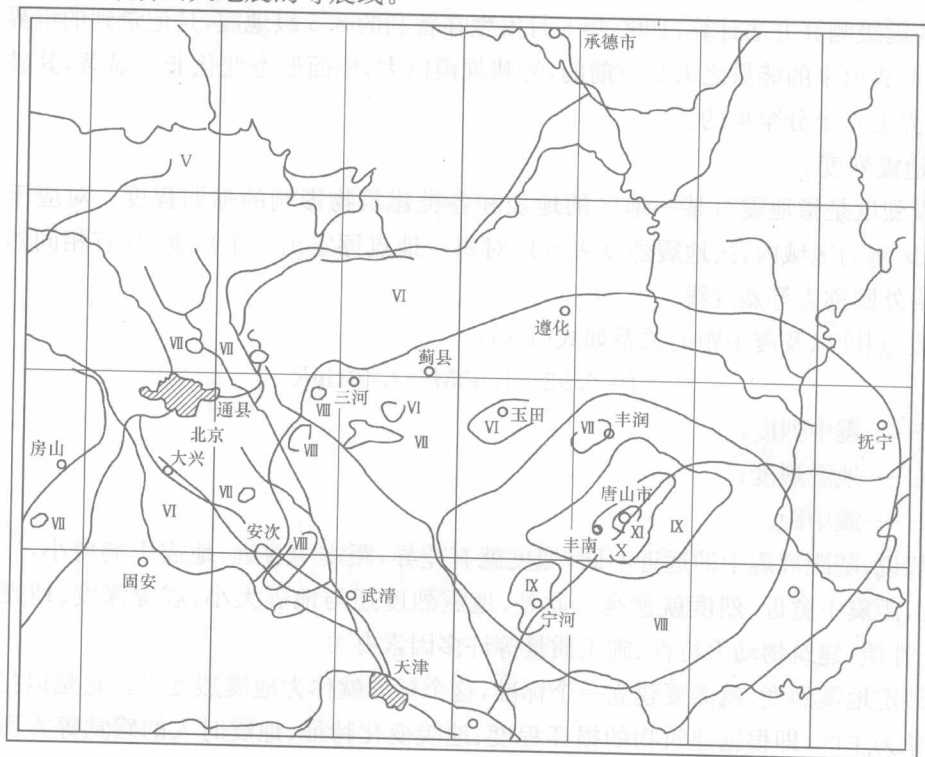


图 1-1 唐山大地震等震线

一般来说,某地点的烈度随震中距的增大而递减。因此,等震线的度数也随震中距的增加而递减。但由于震源往往不是一个点,尤其是大地震或强烈地震,其震源往往是几十、几百千米的断裂错位,所以,等震线不可能是一些同心圆,又由于地质、地形等影响,等震线多是一些不规则的曲线。

在等震线图中常可见到一些零星分布的烈度异常区。所谓异常,指的是这一片小地区的烈度与其周围大片地区的烈度相比不一样。例如 1976 年唐山地震时,在唐山西北约 50km 处的玉田县,就是Ⅶ度区中的Ⅵ度低异常区。

二、地震波

地震发生时,震源处的岩石破裂,并产生巨大的残余变形,地震的能量便从震源释放出来,其中小部分的能量引起振动,以波的形式传到地球表面各处,这就是地震波。

地震波按其传播的途径不同,分为体波和面波两类。

在地球内部传播的波称为体波。体波又分为纵波和横波两类。

从震源发生的以弹性波形式向各个方向传播的体波到达地球表面后,经过途中层状地壳岩层界面的折射和反射,产生沿地表传播的波称为面波,它是在一定条件下激发的次生波。面波有两种——瑞利波(Rayleigh wave)和勒夫波(Love wave)。

纵波,或称 P 波(Primary wave),是由震源通过介质的质点以疏密相间的方式向四周传播的压缩波(图 1-2),其质点的振动方向与波的传播方向一致。声音在空气中的传播即是一种纵波。纵波的周期短、振幅小、波速快。其波速可按式(1-4)计算:

$$v_P = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \quad (1-4)$$

式中 E ——介质弹性模量;

μ ——介质泊松比;

ρ ——介质密度。



图 1-2 纵波

横波,或称 S 波(Secondary wave),它通过介质的质点在垂直于传播方向以蛇形振动的形式传播(图 1-3)。横波传播时,物体的体积不变,但形状改变,即发生剪切变形,故又称为剪切波。因此,对于没有固定形状的液体,横波无法通过。地震学者据此推测地核的外核可能为液体。横波介质质点的振动方向与波的传播方向垂直。与纵波相比,横波的周期长、振幅大、波速慢。横波的波速可按式(1-5)计算:

$$v_S = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (1-5)$$

式中 G ——介质的剪切模量。其余符号意义同式(1-4)。

纵波引起地面垂直方向振动,横波引起地面水平方向的振动。

由式(1-4)、式(1-5),当取 $\mu=1/4$ 时,得式(1-6):

$$v_p = \sqrt{3} v_s \quad (1-6)$$

可见,纵波比横波传播速度要快。根据波速不同,分析地震记录图上纵波和横波到达的时差,常用来确定震源距。

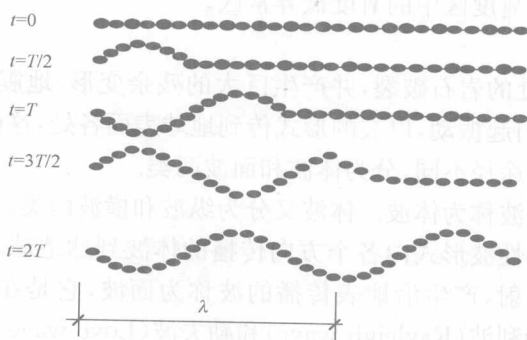


图 1-3 横波

瑞利波传播时,质点在波的传播方向和地面法线所确定的铅垂平面内,以滚动形式作逆进椭圆运动(图 1-4)。

勒夫波传播时,质点在地面上作垂直于波传播方向的振动,以蛇形方式前进(图 1-5)。

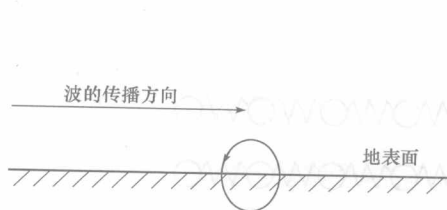


图 1-4 瑞利波

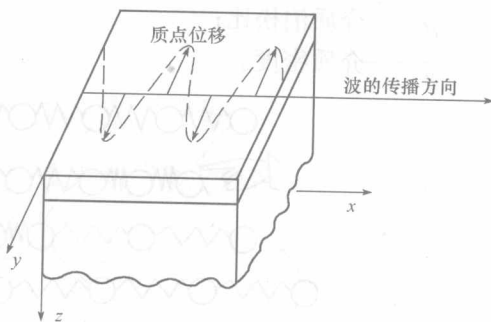


图 1-5 勒夫波

面波振幅大、周期长,只在地表附近传播,振幅随深度的增加迅速减小,速度约为横波的 90%,面波比体波衰减慢,能传播到很远的地方。

地震发生时,在地震仪上可记录到如图 1-6 所示的地震记录。最先达到的是纵波(P),表现出周期短、振幅小的特点。其次到达的是横波(S),表现出周期长、振幅较大的特点。接着是面波中的勒夫波(L)、瑞利波(R)。过去一般认为,面波的振幅最大,横波和面波都达到时振动最为剧烈,使工程结构物发生破坏,但近年来,尤其是从 1995 年 1 月 17 日日本阪神大地震震后的宏观调查及地震记录中发现,由纵波造成的破坏也是不容忽视的。

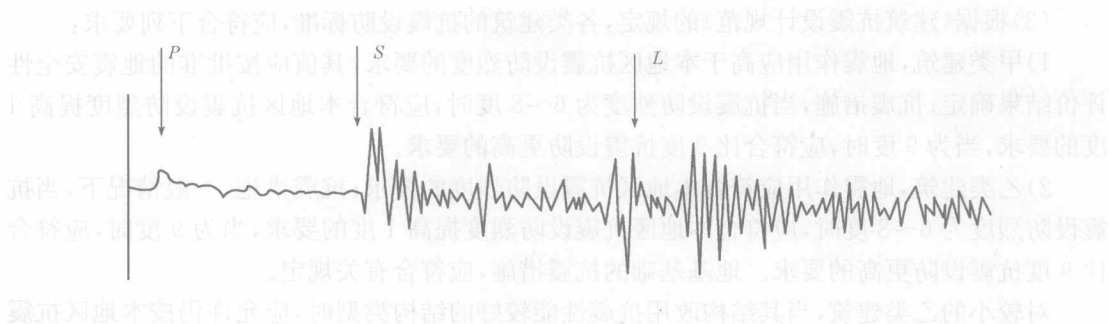


图 1-6 地震记录

第二节 抗震设防准则

一、建筑抗震设防原则及标准

(1) 建筑物抗震设防的依据主要有:

1) 中国地震烈度区划图。国家地震局和建设部于 1992 年联合发布了《中国地震烈度区划图(1990)》。该图比例尺为 1:400 万,采用地震危险性概率方法进行编制,给出了各地 50 年超越概率为 10% 的地震烈度即基本烈度。

2) 地震动参数区划图。国家质量技术监督局于 2001 年发布的《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001),提供了 II 类场地上,50 年超越概率为 10% 的地震动参数区划图,该图比例尺为 1:400 万,共有两张图,即《中国地震动峰值加速度区划图 A1》和《中国地震动反应谱特征周期区划图 B1》。

3) 设计基本地震加速度与抗震设防烈度的对应关系,见表 11-4。

4) 设计特征周期。《建筑抗震设计规范》中,设计特征周期的取值根据“设计地震分组”确定,见表 11-5。

(2) 建筑抗震设防遵守的原则主要有:

1) 结构构件的截面抗震验算,应采用设计表达式(1-7):

$$S \leq R / \gamma_{RE} \quad (1-7)$$

式中 S ——结构构件内力组合的设计值,包括组合的弯矩、轴向力和剪力设计值;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数,除另有规定外,应按表 11-6 采用;

R ——结构构件承载力设计值。

当仅计算竖向地震作用时,各类结构构件承载力抗震调整系数均宜采用 1.0。

2) 抗震设防烈度为 6 度及以上地区的建筑,必须进行抗震设计。

3) 建筑抗震设防适用于抗震设防烈度为 6、7、8 和 9 度地区一般的建筑工程的抗震设计及隔震、消能减震设计。抗震设防烈度大于 9 度地区的建筑 and 行业有特殊要求的工业建筑,其抗震设计应按有关专门规定执行。

4) 抗震设防烈度必须按国家规定的权限审批、颁发的文件(图件)确定。

5) 抗震设防烈度可采用中国地震烈度区划图的基本烈度。对已编制抗震设防区划的城市,可按批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防。

(3)根据《建筑抗震设计规范》的规定,各类建筑的抗震设防标准,应符合下列要求:

1)甲类建筑,地震作用应高于本地区抗震设防烈度的要求,其值应按批准的地震安全性评价结果确定;抗震措施,当抗震设防烈度为6~8度时,应符合本地区抗震设防烈度提高1度的要求,当为9度时,应符合比9度抗震设防更高的要求。

2)乙类建筑,地震作用应符合本地区抗震设防烈度的要求;抗震措施,一般情况下,当抗震设防烈度为6~8度时,应符合本地区抗震设防烈度提高1度的要求;当为9度时,应符合比9度抗震设防更高的要求。地基基础的抗震措施,应符合有关规定。

对较小的乙类建筑,当其结构改用抗震性能较好的结构类型时,应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震措施。

3)丙类建筑,地震作用和抗震措施均应符合本地区抗震设防烈度的要求。

4)丁类建筑,一般情况下,地震作用仍应符合本地区抗震设防烈度的要求;抗震措施应允许比本地区抗震设防烈度的要求适当降低,但抗震设防烈度为6度时不应降低。

5)抗震设防烈度为6度时,除具体规定外,对乙、丙、丁类建筑可不进行地震作用计算。

为方便查找使用,现将建筑抗震设防的标准列于表11-7中。

二、建筑抗震设防目标及类别

(1)抗震设防目标是:当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时,一般不受损坏或不需修理可继续使用;当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时,可能损坏,经一般修理或不需修理仍可继续使用;当遭受高于本地区抗震设防烈度预估的罕遇地震影响时,不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。

(2)抗震设防烈度必须按国家规定的权限审批、颁发的文件(图件)确定。

(3)抗震设防烈度可采用中国地震烈度区划图的基本烈度。对已编制抗震设防区划的城市,可按批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防。抗震设防类别可分为甲、乙、丙、丁四级。

1)甲级属于重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害的建筑。

2)乙级属于地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的建筑。

3)除甲、乙、丁类以外的一般建筑属于丙级。

4)丁级为抗震次要建筑。

第三节 抗震概念设计

20世纪70年代以来,人们把结构的抗震设计分为两大部分:抗震计算设计和抗震概念设计。抗震计算设计是对地震作用效应进行定量计算。抗震概念设计则是指正确地解决总体方案、材料使用和细部构造,以达到合理抗震设计的目的。由于地震震动的不确定和复杂性,构件的轴向变形、 $P-\delta$ 效应、材料特性的时效变化、结构阻尼、地基与结构共同作用等因素在结构分析中难于考虑,使目前抗震计算仍不够严密。要使结构具有较好的抗震性能和使计算分析结果更能反映地震时结构反应的实际情况,应首先做好抗震概念设计。

1. 场地和地基

(1)选择建筑场地时,应根据工程需要,掌握地震活动情况、工程地质和地震地质的有关资料,对抗震有利、不利和危险地段作出综合评价。对不利地段,应提出避开要求;当无法避