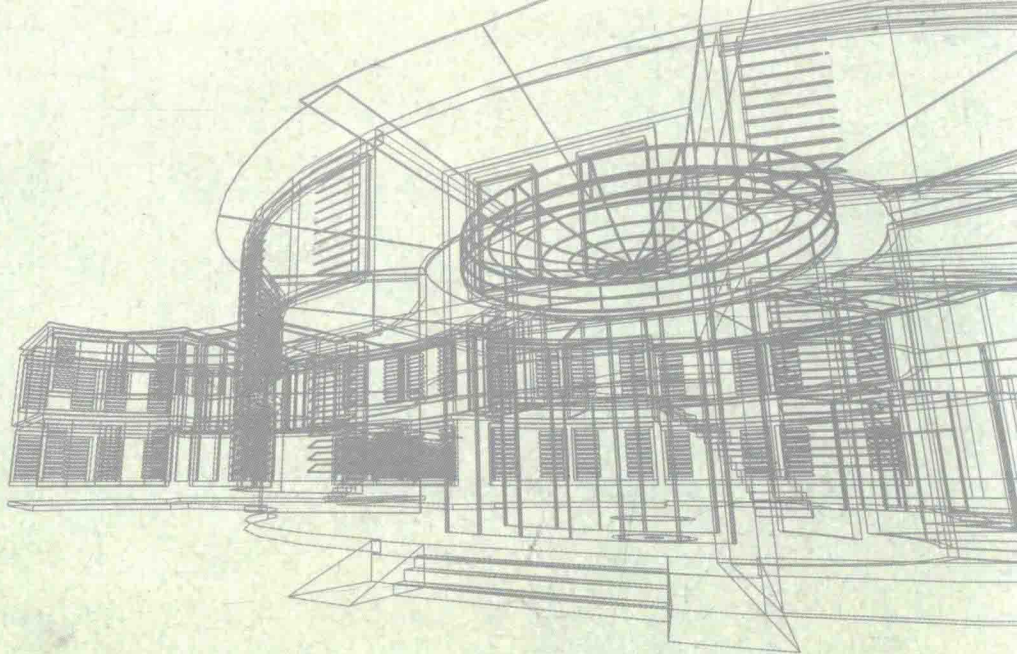


土建施工类

国家精品课程教改项目成果教材

21世纪全国高职高专土建系列 **工学结合型** 规划教材



(下册)

建筑结构学习指导与技能训练

徐锡权◎编 著

- 五大基础版块设置
- 全面巩固建筑结构理论
- 四组技能应用测试
- 深度考察知识运用能力

本书为《建筑结构（第2版）（下册）》配套使用的自主学习教材

教材预览、申请样书



微信公众号: pup6book



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

国家精品课程教改项目成果教材
21 世纪全国高职高专土建系列工学结合型规划教材

建筑结构学习指导与技能训练

(下册)

编 著 徐锡权



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书根据国家精品课程“建筑结构”教学要求进行编写,是与北京大学出版社出版的国家精品课程教改项目成果教材《建筑结构(第2版)(下册)》(徐锡权主编)配套使用的自主学习教材。全书对应《建筑结构(第2版)(下册)》的6个模块编写,每个模块包含:学习目标与要求、重点难点分析、典型示例分析、技能训练和参考答案、同时编写了阶段性技能测试及其答案、综合技能测试及其答案、《建筑结构(第2版)(下册)》习题答案及解析等,便于学生自我检测。

本书主要作为高职院校建筑工程技术、工程监理等土建类专业建筑结构课程的学习参考书,也是函授、自考、远程教育等土建类专业学生学习建筑结构课程的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构学习指导与技能训练.下册/徐锡权编著.—北京:北京大学出版社,2015.8

(21世纪全国高职高专土建系列工学结合型规划教材)

ISBN 978-7-301-25933-7

I. ①建… II. ①徐… III. ①建筑结构—高等职业教育—教学参考资料 IV. ①TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第125011号

- | | |
|-------|--|
| 书 名 | 建筑结构学习指导与技能训练(下册) |
| 著作责任者 | 徐锡权 编著 |
| 策划编辑 | 杨星璐 |
| 责任编辑 | 刘 嵩 |
| 标准书号 | ISBN 978-7-301-25933-7 |
| 出版发行 | 北京大学出版社 |
| 地 址 | 北京市海淀区成府路205号 100871 |
| 网 址 | http://www.pup.cn 新浪微博:@北京大学出版社 |
| 电子信箱 | pup_6@163.com |
| 电 话 | 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 |
| 印 刷 者 | 北京飞达印刷有限责任公司 |
| 经 销 者 | 新华书店 |
| | 787毫米×1092毫米 16开本 12印张 272千字 |
| | 2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷 |
| 定 价 | 28.00元 |

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话:010-62756370

前 言

为了满足目前高职院校工学结合人才培养模式改革的需要,适应学生自主学习的要求,我们组织编写了这本《建筑结构学习指导与技能训练(下册)》。

本书根据国家精品课程“建筑结构”教学要求进行编写,是与北京大学出版社出版的国家精品课程教改项目成果教材《建筑结构(第2版)(下册)》(徐锡权主编)(以下简称“主教材”)配套使用的自主学习教材。与主教材相对应,本书包括模块8 结构抗震能力训练、模块9 钢筋混凝土单层厂房计算能力训练、模块10 多高层钢筋混凝土房屋计算能力训练、模块11 砌体结构构件计算能力训练、模块12 钢结构构件计算能力训练、模块13 结构设计软件应用能力训练(选学内容)共6个模块。每个模块包含:学习目标与要求、重点难点分析、典型示例分析、技能训练和参考答案、同时编写了阶段性技能测试及其答案、综合技能测试及其答案、《建筑结构(第2版)(下册)》习题答案及解析等,便于学生自我检测。

本书由日照职业技术学院徐锡权编著,参加编写的人员还有日照职业技术学院魏松、周立军、刘涛、赵军、申淑荣、李颖颖、马方兴、王维、孙凡、姜爱玲、武可娟。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2015年1月

CONTENTS

目 录

| | | | |
|--------------------------|----|--------------------------|-----|
| 模块 8 结构抗震能力训练 | 1 | 四、技能训练 | 52 |
| 一、学习目标与要求 | 1 | 五、参考答案 | 54 |
| 二、重点难点分析 | 2 | 阶段性技能测试(七) | 57 |
| 三、典型示例分析 | 3 | 模块 12 钢结构构件计算能力训练 | 60 |
| 四、技能训练 | 6 | 一、学习目标与要求 | 60 |
| 五、参考答案 | 8 | 二、重点难点分析 | 61 |
| 阶段性技能测试(五) | 13 | 三、典型示例分析 | 62 |
| 模块 9 钢筋混凝土单层厂房 | | 四、技能训练 | 77 |
| 计算能力训练 | 16 | 五、参考答案 | 99 |
| 一、学习目标与要求 | 16 | 阶段性技能测试(八) | 110 |
| 二、重点难点分析 | 17 | 模块 13 结构设计软件应用能力训练 | 114 |
| 三、典型示例分析 | 17 | 一、学习目标与要求 | 114 |
| 四、技能训练 | 22 | 二、重点难点分析 | 115 |
| 五、参考答案 | 24 | 三、典型示例分析 | 126 |
| 模块 10 多高层钢筋混凝土房屋 | | 四、技能训练 | 128 |
| 计算能力训练 | 27 | 五、参考答案 | 128 |
| 一、学习目标与要求 | 27 | 综合技能测试(一) | 130 |
| 二、重点难点分析 | 28 | 综合技能测试(二) | 133 |
| 三、典型示例分析 | 29 | 附录 I 《建筑结构(第 2 版)(下册)》 | |
| 四、技能训练 | 36 | 习题答案及解析 | 136 |
| 五、参考答案 | 38 | 附录 II 阶段性技能测试答案 | 166 |
| 阶段性技能测试(六) | 40 | 附录 III 综合技能测试答案 | 175 |
| 模块 11 砌体结构构件计算能力训练 | 49 | 参考文献 | 180 |
| 一、学习目标与要求 | 49 | | |
| 二、重点难点分析 | 50 | | |
| 三、典型示例分析 | 51 | | |

模块 8

结构抗震能力训练

一、学习目标与要求

1. 学习目标

能力目标：能理解抗震的基本概念；能理解建筑抗震概念设计；能进行建筑场地类别的划分；能进行天然地基抗震承载力验算；能利用底部剪力法进行水平地震作用的计算。

知识目标：掌握建筑结构抗震的基本知识；熟悉建筑抗震概念设计；了解场地、地基、基础的抗震设计；能够用底部剪力法计算水平地震作用。

态度养成目标：培养严肃认真的学习态度，严谨的结构计算习惯，激发学习结构抗震知识的兴趣。

2. 学习要求

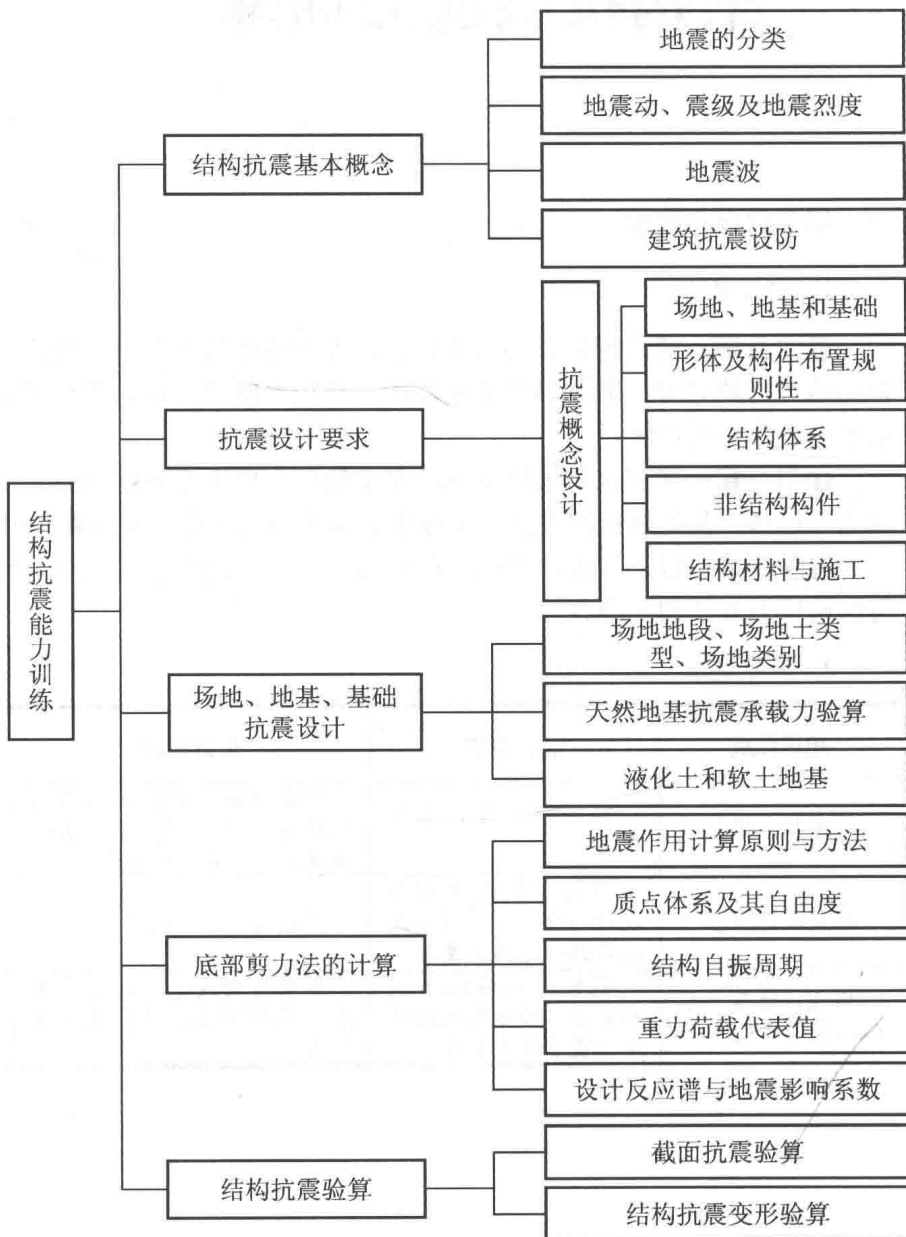
| 知识要点 | 能力要求 | 相关知识 | 所占分值 (100分) |
|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------|
| 抗震基本概念 | 能理解抗震的基本概念 | 地震分类、地震波、震级及烈度的概念，地震动、抗震设防目标、分类、标准等 | 30 |
| 抗震设计要求 | 理解建筑抗震概念设计的含义；了解建筑抗震的一些具体要求 | 建筑抗震概念设计 | 10 |
| 场地、地基、基础抗震设计 | 掌握建筑场地类别的划分；能进行天然地基抗震承载力验算 | 等效剪切波速、覆盖层厚度、液化等级、地基承载力修正 | 30 |

续表

| 知识要点 | 能力要求 | 相关知识 | 所占分值 (100分) |
|----------|--------------------------|--|----------------|
| 底部剪力法的计算 | 能利用底部剪力法进行水平地震作用的计算 | 质点体系及其自由度、自振周期、重力荷载代表值、设计反应谱、水平地震影响系数等 | 20 |
| 结构抗震验算 | 能理解抗震承载力、抗震变形验算公式中各符号的含义 | 结构构件截面抗震承载力验算、结构抗震变形验算 | 10 |

二、重点难点分析

1. 主要内容及相互关系框图



2. 重点与难点

本模块概念性的东西多，重点是对以下知识点的理解：构造地震、地震术语、地震序列、地震波、地震动、震级、地震烈度、基本烈度、地震区划、抗震设防烈度、地震影响、抗震设防分类、抗震设防标准、抗震概念设计、抗震计算、抗震措施、抗震构造措施、场地、特征周期、底部剪力法、质点体系、自振周期、重力荷载代表值、地震影响系数。

本模块的难点是在基本知识点理解的基础上，能对有抗震设防要求的建筑物进行概念设计，能对地基基础进行抗震设计，能运用底部剪力法进行水平地震作用的计算。

三、典型示例分析

1. 判断题

(1) 构造地震分布最广，危害最大。 ()

解：√。地震按其产生原因，分为火山地震、陷落地震、诱发地震和构造地震。构造地震则是由于地壳构造运动使岩层发生断裂、错动而引起的地面震动。地球内部不停地运动，在它的运动过程中始终存在巨大的能量，这种能量使地壳不断产生变形和褶皱，当能量的积聚超过地壳薄弱处岩层的承受能力时，该处岩层就会发生突然断裂和猛烈的错动来释放能量，并以波的形式传到地面，所以构造地震影响范围大，造成的危害也大。

(2) 对于一次地震，震级只有一个，烈度也只有一个。 ()

解：×。地震的震级是衡量一次地震释放能量大小的尺度，一次地震释放的能量是确定的，所以震级只有一个。地震烈度指地震时某一地区的地面和各类建筑物遭受一次地震影响的强弱程度，由于离震中的距离不同，各类建筑物的破坏程度不同，一般离震中越远受地震影响越小，则烈度越低。所以，同一次地震只有一个震级，但不同地区烈度不同，有多个烈度。

2. 选择题

(1) 某地区设防烈度为 7 度，乙类建筑抗震设计应按下列要求进行设计：()。

- A. 地震作用和抗震措施均按 8 度考虑
- B. 地震作用和抗震措施均按 7 度考虑
- C. 地震作用按 8 度确定，抗震措施按 7 度采用
- D. 地震作用按 7 度确定，抗震措施按 8 度采用

解：重点设防类(简称乙类)，应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施；但抗震设防烈度为 9 度时应按比 9 度更高的要求采取抗震措施；地基基础的抗震措施应符合有关规定，应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。所以，选 D。

(2) 在抗震设计地区的下列房屋中，其中何项需要进行天然地基及基础的抗震承载力验算？()

- A. 抗震设防烈度为 7 度，地基各层土承载力特征值均大于 90kPa，8 层且高度为 28m 的框架住宅
- B. 抗震设防烈度为 6 度，位于 I 类场地的一般性多层框架办公楼
- C. 地基主要受力层范围内不存在软弱黏性土层的 7 层砌体房屋
- D. 地基主要受力层范围内不存在软弱黏性土层的单层厂房

解：地基主要受力层范围内不存在软弱黏性土层(抗震设防烈度为 7 度，软弱黏性土层的地基承载力特征值小于 80kPa)，不超过 8 层且高度在 24m 的一般民用框架建筑，是不需要验算的，选项 A 房屋高度为 28m，需要验算。所以，选 A。

3. 简答题

(1) 抗震设防的目标是什么？实现此目标的设计方法是什么？

答：我国国家标准《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)将抗震设防目标与 3 种烈度相对应，分为 3 个水准，具体描述如下。

第一水准：当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震(简称“小震”)影响时，主体结构不受损坏或不需修理可继续使用。

第二水准：当遭受相当于本地区抗震设防烈度的设防地震(简称“中震”)影响时，可能发生损坏，但经一般修理仍可继续使用。

第三水准：当遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震(简称“大震”)影响时，不致倒塌或发生危及生命的严重损失。

通常将其概括为：“小震不坏，中震可修、大震不倒”。建筑抗震设计时，通过两阶段设计实现上述 3 个水准的设防目标。

第一阶段设计是承载力验算，取第一水准(多遇地震)的地震动参数计算结构的弹性地震作用标准值和相应的地震作用效应，这样既满足了在第一水准下具有必要的承载力可靠度，又满足第二水准的损坏可修的目标。对大多数的结构，可只进行第一阶段的设计，而通过概念设计和抗震构造措施来满足第三水准(罕遇地震)的设计。

第二阶段设计是弹塑性变形验算，对有特殊要求的建筑、地震时易倒塌的结构以及有明显薄弱层的不规则结构，除进行第一阶段设计外，还要进行结构薄弱部位的弹塑性层间变形验算并采取相应的抗震构造措施，实现第三水准的设防目标。

(2) 如何选择建筑场地？

答：选择建筑场地时，应根据工程需要和地震活动情况、工程地质和地震地质的有关资料，对抗震有利、不利和危险地段做出综合评价。对不利地段，应提出避开要求；当无法避开时应采取有效措施。对危险地段，严禁建造甲、乙类的建筑，不应建造丙类的建筑。

4. 计算题

(1) 已知 4 层砖砌体房屋各项荷载见表 8-1。楼、屋盖层面积每层均为 300m^2 。请计算各楼层的重力荷载代表值及总重力荷载代表值。

表 8-1 4 层砖砌体房屋各项荷载

| 屋盖 | 屋面层恒载 3600N/m ² | | 雪荷载 300N/m ² | | | 女儿墙自 重 120kN | 阳台栏板 30kN | |
|---------|-------------------------------|----------------------|----------------------------|-------|--------|------------------|--------------|----|
| | 楼盖恒载 | 楼面活载 | 阳台栏 板 40kN | 山墙 | 横墙 | 外纵墙(含 窗)600kN | 内纵墙 | 隔墙 |
| 第 4 层 | 3600N/m ² | 1800N/m ² | 230kN | 600kN | 600kN | 250kN | 50kN | |
| 第 2、3 层 | 3600N/m ² | 1800N/m ² | 220kN | 600kN | 600kN | 250kN | 50kN | |
| 第 1 层 | 3600N/m ² | 1800N/m ² | | 260kN | 1000kN | 300kN | 50kN | |

解：由规范查得雪荷载的组合值系数为 0.5，楼面活荷载的组合值系数为 0.5。把第 4 层的半层墙重等重力集中于顶层，则

$$G_4 = (3.6 + 0.5 \times 0.3) \times 300 + 120 + 30 + (230 + 600 + 600 + 250 + 50) / 2 = 2140(\text{kN})$$

$$G_3 = (3.6 + 0.5 \times 1.8) \times 300 + 40 + (230 + 600 + 600 + 250 + 50) / 2 + (220 + 600 + 600 + 250 + 50) / 2 = 3115(\text{kN})$$

$$G_2 = (3.6 + 0.5 \times 1.8) \times 300 + 40 + (220 + 600 + 600 + 250 + 50) / 2 + (220 + 600 + 600 + 250 + 50) / 2 = 3110(\text{kN})$$

$$G_1 = (3.6 + 0.5 \times 1.8) \times 300 + 40 + (220 + 600 + 600 + 250 + 50) / 2 + (260 + 1000 + 600 + 300 + 50) / 2 = 3355(\text{kN})$$

(2) 某单层钢筋混凝土框架计算简图如图 8.1 所示，集中于屋盖的重力荷载代表值 $G=1200\text{kN}$ 。梁的抗弯刚度 $EI=\infty$ ，柱的截面尺寸 $b \times h=400\text{mm} \times 400\text{mm}$ ，采用 C25 混凝土，结构的阻尼比为 $\zeta=0.05$ 。II 类场地，设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度为 $0.10g$ ，建筑所在地区的设计地震分组为第二组。结构自振周期 $T=0.88\text{s}$ 。求结构在多遇地震作用下的水平地震作用标准值。

解：由设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度为 $0.10g$ ，多遇地震，查表得 $\alpha_{\max}=0.08$ ；由 II 类场地，设计地震分组为第二组，查表得 $T_g=0.4\text{s}$ ；由阻尼比为 $\zeta=0.05$ ，得阻尼调整系数 $\eta_2=1$ ；对单质点体系， $G_{\text{eq}}=G=1200\text{kN}$ 。

因为 $T_g=0.4\text{s} < T=0.88\text{s} < 5T_g=5 \times 0.4=2\text{s}$ ，所以地震影响系数取

$$\alpha = \left(\frac{T_g}{T}\right)^\gamma \eta_2 \alpha_{\max} = \left(\frac{T_g}{T}\right)^{0.9} \eta_2 \alpha_{\max} = \left(\frac{0.4}{0.88}\right)^{0.9} \times 1.0 \times 0.08 = 0.039,$$

结构在多遇地震作用下的水平地震作用标准值为： $F_{\text{Ek}} = \alpha G_{\text{eq}} = 0.039 \times 1200 = 46.8(\text{kN})$ 。

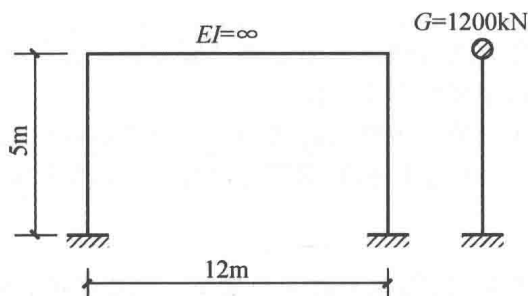


图 8.1 计算题(2)图

(3) 某二层钢筋混凝土框架如图 8.2(a)所示，集中于楼盖和屋盖处的重力荷载代表值相等， $G_1=G_2=1300\text{kN}$ ，如图 8.2(b)所示， $H_1=4\text{m}$ ， $H_2=8\text{m}$ 。结构总水平地震作用标准值(即底部剪力) $F_{\text{Ek}}=72.93\text{kN}$ ，顶部附加地震作用系数 $\delta_n=0.092$ ，已知 $F_i = \frac{H_i G_i}{\sum_{i=1}^n H_i G_i} F_{\text{Ek}} (1 - \delta_n)$ 。

求作用在各质点上的水平地震作用标准值。

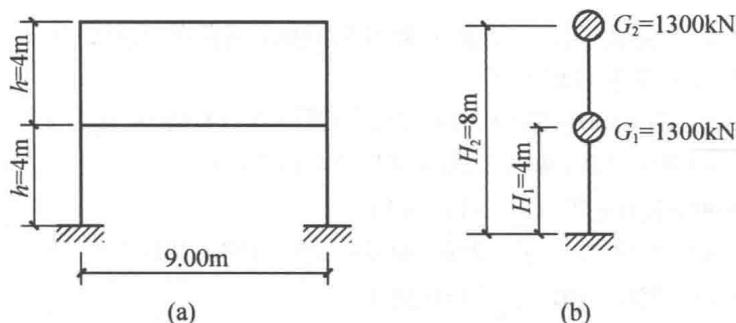


图 8.2 计算题(3)图

$$\text{解: } F_1 = \frac{H_1 G_1}{\sum_{i=1}^n H_i G_i} F_{\text{Ek}} (1 - \delta_n) = \frac{1300 \times 4}{1300 \times 4 + 1300 \times 8} \times 72.93 \times (1 - 0.092) = 22.07 (\text{kN}),$$

$$F_2 = \frac{H_2 G_2}{\sum_{i=1}^n H_i G_i} F_{\text{Ek}} (1 - \delta_n) = \frac{1300 \times 8}{1300 \times 4 + 1300 \times 8} \times 72.93 \times (1 - 0.092) = 44.15 (\text{kN}),$$

$$\Delta F_n = \delta_n F_{\text{Ek}} = 0.092 \times 72.93 \text{kN} = 6.71 \text{kN}.$$

结论: 作用在质点 1 上的水平地震作用标准值为 22.07kN; 作用在质点 2 上的水平地震作用标准值为 44.15+6.71=50.86(kN)。

四、技能训练

1. 判断题

- (1) 在进行抗震设计时, 结构平面凹进的一侧尺寸为其相应宽度的 20%时, 认为其是规则的。 ()
- (2) 框架结构按底部剪力法计算, 单质点体系取全部重力荷载代表值。 ()
- (3) 震源到震中的垂直距离称为震源距。 ()
- (4) 结构的重力荷载代表值等于竖向荷载加上各可变荷载组合值。 ()
- (5) 对于多层砌体房屋, 构造柱和圈梁都可以提高结构的抗震能力。 ()

2. 选择题

- (1) 水平地震作用标准值 F_{Ek} 的大小除了与质量、地震烈度、结构自振周期有关外, 还与下列何种因素有关? ()
 - A. 场地特征周期
 - B. 场地平面尺寸
 - C. 荷载分项系数
 - D. 抗震等级
- (2) 一般情况下, 工程场地覆盖层的厚度应按地面至剪切波速大于多少的土层顶面的距离确定? ()
 - A. 200m/s
 - B. 300m/s
 - C. 400m/s
 - D. 500m/s
- (3) 地震烈度主要根据()来评定。
 - A. 地震震源释放出的能量的大小
 - B. 地震时地面运动速度和加速度的大小
 - C. 地震时大多数房屋的震害程度、人的感觉以及其他现象
 - D. 地震时震级大小、震源深度、震中距、该地区的土质条件和地形地貌

(4) 下列关于地震波的描述正确的是()。

- A. 根据传播方式不同,地震波可以分为两种类型:体波和面波
- B. 体波分为纵波和横波,横波的特点是周期短、振幅小
- C. 面波分为瑞利波和乐夫波
- D. 纵波传播最快,横波次之,面波最慢

3. 名词解释

(1)构造地震;(2)地震序列;(3)地震波;(4)地震动;(5)基本烈度;(6)地震区划;(7)抗震设防烈度;(8)场地;(9)底部剪力法;(10)重力荷载代表值;(11)地震影响系数。

4. 简答题

- (1) 什么是地震震级?什么是地震烈度?两者有何关联?
- (2) 我国规范根据重要性将抗震设防类别分为哪几类?不同类别的建筑对应的抗震设防标准是什么?
- (3) 怎样划分场地土类型和场地类别?
- (4) 什么是砂土液化?液化会造成哪些危害?
- (5) 简述可液化地基的抗液化措施。
- (6) 简述计算地震作用的方法和适用范围。
- (7) 什么是抗震概念设计?

5. 计算题

(1) 已知某建筑场地的钻孔地质资料见表 8-2,试确定该场地的类别。

表 8-2 钻孔资料

| 土层底部深度/m | 土层厚度/m | 岩土名称 | 土层剪切波速/ $m \cdot s^{-1}$ |
|----------|--------|------|--------------------------|
| 1.5 | 1.5 | 杂填土 | 180 |
| 3.5 | 2.0 | 粉土 | 240 |
| 7.5 | 4.0 | 细砂 | 310 |
| 15.5 | 8.0 | 砾砂 | 520 |

(2) 已知在设防烈度为 8 度的某 IV 类场地有幢 4 层砌体房屋,各层楼(屋)盖水平标高处质点的重力荷载代表值分别为 $G_4=1441kN$, $G_3=G_2=2410kN$, $G_1=2660kN$,如图 8.3 所示,求该结构等效总重力荷载。

(3) 已知结构的自振周期 $T=0.58s$,设防烈度为 8 度,设计基本地震加速度为 $0.30g$,II 类场地,设计地震分组为第二组。屋面和楼面重力荷载分别为 $G_1=2000kN$, $G_2=3000kN$, $G_3=3000kN$,图 8.4 所示高度单位为 mm。求底部剪力法求结构顶部附加地震作用系数。

(4) 某 4 层钢筋混凝土框架结构,其计算简图和层高如图 8.5 所示,楼层重力荷载代表值如下: $G_1=10360kN$, $G_2=9330kN$, $G_3=9330kN$, $G_4=6130kN$, $G_5=820kN$,抗震设防烈度为 8 度,II 类场地,设计地震分组为第二组,考虑填充墙刚度影响后,结构的自振周期 $T=0.6s$,求各楼层的地震剪力标准值。

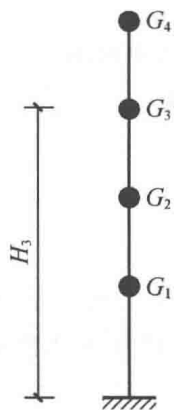


图 8.3 计算题(2)图

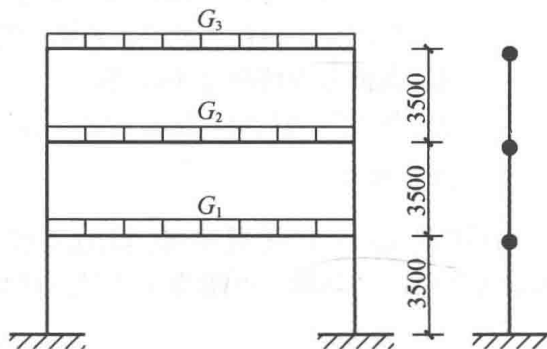


图 8.4 计算题(3)图

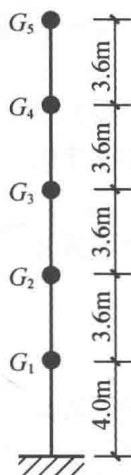


图 8.5 计算题(4)图

五、参考答案

1. 判断题

(1) \checkmark ; (2) \checkmark ; (3) \times ; (4) \times ; (5) \checkmark 。

2. 选择题

(1) A; (2) D; (3) BC; (4) ACD。

3. 名词解释

略。

4. 简答题

(1) 答：地震的震级是衡量一次地震释放能量大小的尺度，国际上常用里氏震级(M)表示。

地震烈度指地震时某一地区的地面和各类建筑物遭受一次地震影响的强弱程度。地震烈度表是评定烈度大小的尺度和标准，主要根据地震时人的感觉、器物的反应、建筑物的

破损程度和地貌变化特征等宏观现象综合判定划分。

对于一次地震，表示地震大小的震级只有一个，但它对不同的地点影响程度不同。一般地，震级越大，震中的烈度越高，离震中越远，受地震影响就越小，烈度也就越低，即同一次地震只有一个震级，但不同地区烈度不同，所以有多个烈度。

(2) 答：抗震类别主要分为以下 4 类。

① 特殊设防类：指使用上有特殊设施，涉及国家公共安全的重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害等特别重大灾害后果，需要进行特殊设防的建筑，简称甲类。

② 重点设防类：指地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的生命线相关建筑，以及地震时可能导致大量人员伤亡等重大灾害后果，需要提高设防标准的建筑，简称乙类。

③ 标准设防类：指大量的除①、②、④款以外按标准要求进行设防的建筑，简称丙类。

④ 适度设防类：指使用上人员稀少且震损不致产生次生灾害，允许在一定条件下适度降低要求的建筑，简称丁类。

抗震设防标准有以下 4 类。

① 标准设防类：应按本地区抗震设防烈度确定其抗震措施和地震作用，达到在遭遇高于当地抗震设防烈度的预估罕遇地震影响时不致倒塌或发生危及生命安全的严重破坏的抗震设防目标。

② 重点设防类：应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施；但抗震设防烈度为 9 度时应按比 9 度更高的要求采取抗震措施；地基基础的抗震措施应符合有关规定。同时，应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

③ 特殊设防类：应按本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施；但抗震设防烈度为 9 度时应按比 9 度更高的要求采取抗震措施。同时，应按批准的地震安全性评价的结果且高于本地区抗震设防烈度的要求确定其地震作用。

④ 适度设防类：允许比本地区抗震设防烈度的要求适当降低其抗震措施，但抗震设防烈度为 6 度时不应降低。一般情况下，仍应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

(3) 答：根据场地土的剪切波速 v_s 将建筑场地土划分为 5 类，见表 8-3。

表 8-3 土的类型划分和剪切波速范围

| 土的类型 | 岩土名称和性状 | 土层剪切波速范围/ $m \cdot s^{-1}$ |
|----------|--|----------------------------|
| 岩石 | 坚硬、较硬且完整的岩石 | $v_s > 800$ |
| 坚硬土或软质岩石 | 破碎或较破碎的岩石或软或较软的岩石，密实的碎石土 | $800 \geq v_s > 500$ |
| 中硬土 | 中密、稍密的碎石土，密实、中密的砾、粗、中砂， $f_{ak} > 150kPa$ 的黏性土和粉土，坚硬黄土 | $500 \geq v_s > 250$ |
| 中软土 | 稍密的砾、粗、中砂，除松散外的细、粉砂， $f_{ak} \leq 150kPa$ 的黏性土和粉土， $f_{ak} > 130kPa$ 的填土，可塑新黄土 | $250 \geq v_s > 150$ |
| 软弱土 | 淤泥和淤泥质土，松散的砂，新近沉积的黏性土和粉土， $f_{ak} \leq 130kPa$ 的填土，流塑黄土 | $v_s \leq 150$ |

注： f_{ak} 为由载荷试验等方法得到的地基承载力特征值(kPa)； v_s 为岩土剪切波速。

建筑的场地类别根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度按表 8-4 划分为 4 类, 其中 I 类分为 I_0 、 I_1 两个亚类。

表 8-4 各类建筑场地的覆盖层厚度(m)

| 岩石的剪切波速或土的等效剪切波速/ $m \cdot s^{-1}$ | 场 地 类 别 | | | | |
|------------------------------------|---------|-------|----------|--------|-----|
| | I_0 | I_1 | II | IV | IV |
| $v_{se} > 800$ | 0 | | | | |
| $800 \geq v_{se} > 500$ | | 0 | | | |
| $500 \geq v_{se} > 250$ | | <5 | ≥ 5 | | |
| $250 \geq v_{se} > 150$ | | <3 | 3~50 | >50 | |
| $v_{se} \leq 150$ | | <3 | 3~15 | >15~80 | >80 |

(4) 答: 砂土液化是指饱和砂土和饱和粉土在地震力的作用下瞬时失掉强度, 由固体状态变成液体状态的力学过程。砂土液化主要是在静力或动力作用下, 砂土中孔隙水压力上升, 抗剪强度或剪切刚度降低并趋于消失所引起的。

砂土液化造成的危害是十分严重的。喷水冒砂会使地下砂层中的孔隙水及砂颗粒被搬到地表, 从而使地基失效, 同时地下土层中固态与液态物质缺失, 导致不同程度的沉陷, 使地面建筑物倾斜、开裂、倾倒、下沉, 道路路基滑移, 路面纵裂; 在河流岸边, 则表现为岸边滑移, 桥梁落架等。此外, 强烈的承压水流携带土层中的大量砂颗粒一并冒出, 堆积在农田中将毁坏大面积的农作物。

(5) 答: ①全部消除地基液化沉陷的措施有以下几种。

a. 采用桩基时, 桩端伸入液化深度以下稳定土层中的长度(不包括桩尖部分)应按计算确定, 且对碎石土, 砾、粗、中砂, 坚硬黏性土和密实粉土尚不应小于 0.5m, 对其他非岩石土尚不宜小于 1.5m。

b. 采用深基础时, 基础底面应埋入液化深度以下的稳定土层中, 其深度不应小 0.5m。

c. 采用加密法(如振冲、振动加密、挤密碎石桩强夯等)加固时, 应处理至液化深度下界; 振冲或挤密碎石桩加固后, 桩间土的标准贯入锤击数不宜小于液化判别标准贯入锤击数临界值。

d. 用非液化土替换全部液化土层。

e. 采用加密法或换土法处理时, 在基础边缘以外的处理宽度应超过基础底面下处理深度的 1/2 且不小于基础宽度的 1/5。

② 部分消除地基液化沉陷的措施有以下几种。

a. 处理深度应使处理后的地基液化指数减少, 当判别深度为 15m 时, 其值不宜大于 4, 当判别深度为 20m 时, 其值不宜大于 5; 对独立基础和条形基础, 尚不应小于基础底面下液化土特征深度和基础宽度的较大值。

b. 采用振冲或挤密碎石桩加固后, 桩间土的标准贯入锤击数不宜小于规定的液化判别标准贯入锤击数临界值。

c. 基础边缘以外的处理宽度应超过基础底面下处理深度的 1/2 且不小于基础宽度的 1/5。

③ 基础和上部结构处理措施。

a. 选择合适的基礎埋置深度。

- b. 调整基础底面积, 减少基础偏心。
- c. 加强基础的整体性和刚度, 如采用箱基、筏基或钢筋混凝土交叉条形基础, 加设基础圈梁等。
- d. 减轻荷载, 增强上部结构的整体刚度和均匀对称性, 合理设置沉降缝, 避免采用对不均匀沉降敏感的结构形式等。
- e. 管道穿过建筑处应预留足够尺寸或采用柔性接头等。

(6) 答: 计算地震作用的方法和适用范围如下。

- ① 底部剪力法。
- ② 振型分解反应谱法。

高度不超过 40m、以剪切变形为主且质量和刚度沿高度分布比较均匀的结构, 以及近似于单质点体系的结构, 可采用底部剪力法等简化方法。其他的建筑结构宜采用振型分解反应谱法。

- ③ 时程分析法。

特别不规则的建筑、甲类建筑和一些高层建筑, 应采用时程分析法进行多遇地震下的补充计算。

(7) 答: 建筑结构抗震概念设计, 是根据地震灾害和工程经验等所形成的基本设计原则和设计思想, 进行建筑和结构总体布置并确定细部构造的过程, 是以现有科学水平和经济条件为前提的。

5. 计算题

(1) 解:

- ① 确定覆盖层厚度。

因为地表下 7.5m 以下土层的 $v_s = 520\text{m/s} > 500\text{m/s}$, 故取覆盖层厚度为 7.5m。

- ② 计算等效剪切波速。

土层计算深度 $d_0 = \min(7.5\text{m}, 20\text{m}) = 7.5\text{m}$, 则

$$t = \sum_{i=1}^n (d_i / v_{si}) = \frac{1.5}{180} + \frac{2.0}{240} + \frac{4.0}{310} = 0.02957(\text{s})$$

$$v_{se} = d_0 / t = \frac{7.5}{0.02957} = 253.6(\text{m/s})$$

查表 8-4, v_{se} 位于 250~500m/s 之间, 且 $d_0 > 5\text{m}$, 故属于 II 类场地。

(2) 解:

该结构为多质点体系, 则结构等效总重力荷载

$$G_{eq} = 0.85 \sum_{i=1}^4 G_i = 0.85 \times (2660 + 2410 \times 2 + 1441) = 7582.85(\text{kN})。$$

(3) 解:

- ① 结构等效总重力荷载

$$G_{eq} = 0.85 \sum_{i=1}^3 G_i = 0.85 \times (2000 + 3000 + 3000) = 6800(\text{kN})。$$

- ② 水平地震影响系数。

由设防烈度 8 度, 查主教材表 8-14 及注得, $\alpha_{\max} = 0.24$ 。

由 II 类场地，设计地震分组为第二组，查表主教材表 8-15 得， $T_g = 0.4s$ 。

由于 $T_g = 0.4s < T = 0.58s < 5T_g = 2.0s$ ，得

$$\alpha_1 = \left(\frac{T_g}{T}\right)^\gamma \eta_2 \alpha_{\max} = \left(\frac{0.4}{0.58}\right)^{0.9} \times 0.24 = 0.1718。$$

③ 水平地震作用。

结构总水平地震作用标准值

$$F_{Ek} = \alpha_1 G_{eq} = (0.1718 \times 6800) \text{kN} = 1168.24 \text{kN}$$

由于 $T = 0.58s > 0.55s$ 且 $T = 0.58s > 1.4 \times T_g = 1.4 \times 0.4s = 0.56s$ ，考虑顶部附加水平地震作用，由主教材表 8-16 得结构顶部附加地震作用系数

$$\delta_n = 0.08T - 0.02 = 0.08 \times 0.58 - 0.02 = 0.0264。$$

(4) 解：

① 结构等效总重力荷载

$$G_{eq} = 0.85 \sum_{i=1}^5 G_i = 0.85 \times (10360 + 9330 + 9330 + 6130 + 820) = 30574.5 (\text{kN})。$$

② 水平地震影响系数。

由设防烈度 8 度，查主教材表 8-14 得， $\alpha_{\max} = 0.16$ 。

由 II 类场地，设计地震分组为第二组，查表主教材表 8-15 得， $T_g = 0.40s$ 。

由于 $T_g = 0.4s < T = 0.60s < 5T_g = 2.0s$ ，得

$$\alpha_1 = \left(\frac{T_g}{T}\right)^\gamma \eta_2 \alpha_{\max} = \left(\frac{0.40}{0.60}\right)^{0.9} \times 0.16 = 0.1111。$$

③ 水平地震作用。

结构总水平地震作用标准值

$$F_{Ek} = \alpha_1 G_{eq} = (0.1111 \times 30574.5) \text{kN} = 3396.8 \text{kN}。$$

由于 $T = 0.60s > 1.4 \times T_g = 1.4 \times 0.40s = 0.56s$ ，考虑顶部附加水平地震作用，由主教材表 8-16 得

$$\delta_n = 0.08T - 0.02 = 0.08 \times 0.60 - 0.02 = 0.028，$$

$$\Delta F_n = \delta_n F_{Ek} = (0.028 \times 3396.8) \text{kN} = 95.11 \text{kN}。$$

各层水平地震作用标准值和各层地震剪力标准值计算过程及结果见表 8-5。

表 8-5 各层地震作用标准值和地震剪力标准值

| 楼层 | G_i / kN | H_i / m | $G_i H_i / \text{kN} \cdot \text{m}$ | $F_i = \frac{G_i H_i}{\sum_{j=1}^n G_j H_j} F_{Ek} (1 - \delta_n) / \text{kN}$ | $\Delta F_n / \text{kN}$ | $V_{Eki} = \sum_{i=1}^n F_i / \text{kN}$ |
|----|-------------------|------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|--|
| 5 | 820 | 18.4 | 15088 | 217.9 | 95.11 | 313.01 |
| 4 | 6130 | 14.8 | 90724 | 1310.1 | | 1623.11 |
| 3 | 9330 | 11.2 | 10449.6 | 150.9 | | 1774.01 |
| 2 | 9330 | 7.6 | 70908 | 1023.9 | | 2797.91 |
| 1 | 10360 | 4.0 | 41440 | 598.4 | | 3396.31 |
| 合计 | 35970 | | 228609.6 | 3301.2 | 95.11 | |