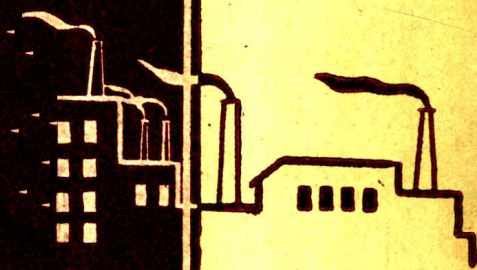


抗震建筑问题

М.Я.皮利季什 著



建筑工程出版社

抗 震 建 筑 問 題

謝 祖 明 譯

陳 府 祥 校

建 築 工 程 出 版 社 出 版

• 1 9 5 9 •

內容提要 本書闡述抗震結構的計算理論和实际計算方法，並敘述保證結構抗震性的構造措施和施工方法，以及被地震破坏了的建筑物的修補法。

本書可供設計及施工工程技術人員及科學研究人員參考之用。

原本說明

書 名 ВОПРОСЫ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

著 者 М. Я. Пильдиш

出版者 Стройиздат

出版地点及年分 Москва—Ленинград—1950

抗震建筑問題

謝祖明 譯

陳府祥 校

1959年12月第1版 1959年12月第1次印刷 1,350冊

850×1168 $1/32$ • 125千字 • 印張 $4\frac{3}{4}$ • 定價(10) 0.76元

建筑工程出版社印刷廠印刷 新华書店發行 書號: 977

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052號)

譯 者 的 話

我国有好些地震区，在这些区域中进行建筑时，必須解决建筑物的抗震問題。我国在这方面的研究比較少，同时我国工程技术人员对地震区建筑設計和施工的經驗比較缺乏，所以抗震建筑問題是我国目前进行大規模工业和民用建筑中的重大技術問題之一。

本書系根据苏联1950年出版的“抗震建筑問題”譯出。原書系根据苏联1948年頒布的“地震区房屋和結構物設計技術规范”(ТУ-58-48)而編写的，而这规范自苏联1951年頒布了“地震区建筑规范”(ПСН 101-51)后就被作廢了。本書內容有些地方已是陈旧，但值得我国工程技术人员参考的地方很多，特別是論及磚石房屋抗震計算的部分，实用价值很大。

本書第一章是从理論上来解釋地震对建筑物的作用及其現象，第二章是講述建筑物各构件的构造和施工方法，以及被地震破坏了的建筑物的修補法，此外，附录中还介紹了地震分級标准。在目前我国關於抗震建筑問題的資料缺乏的情况下，本書的出版，可起一些启发作用。

譯者技术水平和翻譯水平均低，譯文中如有謬誤之处，希讀者多加指正。

譯 者

目 录

前 言	6
概 論	7
第一章 抗震结构的計算	15
第一节 抗震結構的理論	15
第二节 單自由度彈性桿件的振動。地基按諧和規律發生位移	20
第三节 多自由度体系的强迫振動。地基按諧和規律發生位移	28
1. 一般情况	28
2. 均佈質體的懸臂梁	33
第四节 結構固有振動頻率的確定	37
1. 概述	37
2. 單自由度体系	37
3. 確定多自由度体系固有振動頻率的近似法	40
4. 質體沿長度均勻分佈的情形	48
5. 確定結構固有振動頻率的近似法	53
第五节 結構的实际計算方法	58
1. 概述	58
2. 骨架的計算	60
3. 磚石房屋的計算	61
4. 突出部分的計算	67
5. 計算荷載的組合	72
第二章 保證結構物抗震性的构造措施及施工方法	73
第六节 概述	73
第七节 磚石砌體的抗震性	74
第八节 抗震房屋及其構件之極限尺寸与構造方法	87
第九节 抗震房屋的構件	97
1. 基础	97

2. 防震圈梁	99
3. 牆的接合	105
4. 牆与楼板的接合	108
5. 柱子	110
6. 过梁	112
7. 突出部分	113
8. 炉子和烟囱	114
9. 山牆、防火牆、陽台	116
10. 骨架牆	118
11. 隔牆	118
12. 提高磚石牆砌体强度的方法	120
13. 鋼筋混凝土結構構件	124
第十节 施工条件对結構抗震性的影响	124
1. 磚石工程	124
2. 混凝土工程	129
第十一节 地震时破坏的磚石房屋的修复	138
附录 确定地震力的烈度	150

前 言

地震区房屋与结构物设计技术规范 (TY-58-48) ① 仅规定了抗震建筑的基本原则，很少涉及施工问题。

本书根据苏联学者在理论上的成就以及对许多地震余害的研究，说明规范中所作规定的一些理由，并介绍计算方法以及抗震结构的构造和施工措施等。

著者所应用的资料为：编制规范用的依据资料，苏联境内近十年来地震余害的考察结果，中央工业建筑科学研究所的实验资料，以及1949年全苏建筑工作者科学技术工程协会举办的抗震房屋构造设计竞赛的资料。

在第二章中也阐述了施工问题和建筑材料的选择，因为考察抗震建筑的破坏情况表明：上述因素往往给予房屋的抗震性能以决定性的影响。

著者希望本书能引起大家研究抗震结构的兴趣，特别是在地方性建筑材料的应用方面，以便使建筑材料的应用更为广泛。在有关砖石砌体抗震性能的研究一章中，叙述了这项研究工作的首要课题。

对抗震结构问题这样一个非常复杂而又广泛的问题，本书不奢求阐述详尽。但在设计和建造抗震建筑物方面急需一些实用参考资料，因此，著者希望本书能给在我国地震区内从事建筑设计与施工的工程师们一些帮助。

① 以下均简称为规范。

概 論

为了保障居民的安全和社会主义财产不受损害，在苏联地震区内建造房屋与结构物时，需采取特殊的防震措施。

在地震区内从事建筑的丰富经验，以及苏联许多科学研究机构的理论与实验研究，为我们积累了丰富的资料，这些资料对于苏联的许多地区和各加盟共和国在解决抗震建筑基本问题方面，是很有价值的。许多破坏性地震余害的研究明确地表明：抗震措施对于结构的安全有着决定性的意义。这种意义在某些地区因未设防而遭受破坏时，就更为显然了。

1923年9月1日日本各岛发生地震时，在几秒钟之内，127,266幢房屋完全毁坏了，126,233幢房屋局部损坏了；447,128幢建筑物失火了。近150,000人死亡，约100,000人受伤。

1959年1月23日在智利人口最稠密的地区中所发生的地震，摧毁了25,000幢房屋；约40,000人死亡。由于此次地震，损失了30亿美元。

虽然类似上述的地震是不多的，但在地球上每年总要发生好几十次，而带来了这样或那样的破坏。

与地壳造山过程有关的构造地震是最普遍的。

地球的质体迅速移动时，便产生了强烈的地下震动，其震波如同投石于水所引起的水波一般，向四周传播。发出震波的地震发源地谓之震源；其在地面的投影谓之震中。地震面积的大小视震源的深度而定。震源深度一般不超过10—30公里，但遇大地震时，震源深度通常为自30—40公里至100公里。

震源位置的深度不同，表现在地面上的现象也各异。当震源深度不大时，在地面上可以看到像地层裂缝、地层移动、地层倾

斜这样的地层运动的清晰痕迹；在这种情况下，虽然在震中地带地震是非常强烈的，但地震所波及的面积不大，且通常只带有局部的性质。当震源很深时，在地面上就不会现出地壳质体移动的直接痕迹；在这种情况下，地震所波及的面积通常非常大。

许多地震的记载中都已载明，地壳面层质体的移动是非常大的。这种移动既可是地层上倾或地层沉陷，也可是地层的水平位移；当地震扩展到几十公里有时到上百公里时，这种移动就有时达到几公尺。

有地壳构造现象的痕迹并不一定都证明是地震活动区，只是有近代造山过程的痕迹时，才是危险的。以古代的地壳构造运动为例，在烏拉尔就有许多这种痕迹，但它并不属于地震活动区。

在地震活动区内，应绝对避免在有明显断层痕迹的地方进行建筑。在这些地方建筑的危险性，可举1906年加利福尼亚的地震为例来说明。在旧金山附近，1906年地震发生后，地层便沿着断层线产生了达6公尺的水平位移，致使公路、墙壁等皆被截断或损毁。

为了合理地设计地震区内的房屋与结构物，必须知道与土壤的振动特征有关的结构内力的大小。在地震的发生过程中目前认为系自震源起发出一种称为深波的地震波。这种深波分为纵波和横波两种；纵波引起沿着自震源起的半径排列着的质体连续不断的压缩与膨胀，而横波则引起同一质体的横向剪移。

横波的传播比纵波慢，因此在地壳相应点测出要迟些。

我们知道这两组波又称为先行波。随这两组波之后，在震中便产生了主振动，并传播到地壳的面层，主要引起房屋与结构物的破坏。

反射、折射及扩散等现象使地壳质体的运动大为复杂化，并产生新体系的振波，其中也有音波。对地震记录图的研究表明：地震振动系许多周期和振幅都不同的振波相叠合的结果。振动周期的大小自几百分之一秒到十秒及十秒以上。这样就使共振的计算发生极大的困难。但经验证明：破坏性的地震波，其周期系在

一定的範圍內。

1906年舊金山發生破壞性地震時，其破壞振波的周期約為1秒。而1923年東京地震時，根據準確的測量，其破壞振波的周期等於1.35秒。在彈性介質中，例如岩石土壤或結實而乾燥的土壤，有着表示介質特性的一定的振動周期。而在潮濕土壤及塑性土壤中，例如流砂，則有着各種不同的振動周期；在這種情況下，共振的危險更易發生。在抗震建築方面，許多研究工作者認為：破壞震波的周期可取在1秒到2秒的範圍內。

土壤質體的振幅在頗大程度上與土壤的性質有關。通常土壤愈松和愈潮濕時，其振幅也就愈大。1923年東京地震時，土壤振幅的二倍為88.6公厘（於堅硬的坡積土壤）至270公厘（於柔軟的沖積土壤）。

設計結構時，有些情況一般都不考慮，因此就減小了地震時發生共振的可能性。在這些情況中，首先包括：當結構構件內的塑性變形在增長時而產生的內阻尼的相當大的影響。

改變地震過程中的振動周期是減小發生共振可能性的重要因素。建築物很少在長時間內經受同一周期的地震波的作用。

土壤與基礎間的粘結是減小產生於結構中內力的大小的因素。建築物在振動過程中，便因此因素而使能量擴散。

減小內力的另一個因素是當建築物振動時，通過基礎在土壤內放射彈性波。這種作用的效果決定於建築物的大小和動力特性，也決定於周圍介質的密度。

因為考慮到土壤的地震振動的基本特性（這種特性影響着產生於結構中的內力的大小）很複雜並很少研究，所以在計算建築物時，應尽可能使計算草圖更為簡單。我們可以想像：地震時，建築物好像漂浮在傳播着極不均勻的振波的介質中，建築物就像海洋中的船舶一樣，與四周介質的運動完全無關，它的運動僅與其本身的剛度、質量和尺寸有關。設計船舶時，通常是繪出船舶結構圖，並計算船舶結構承受一定的標準振波的作用。位於震中地帶（在此地帶，由深波引起的豎向振動具有重要的意義）的地

区，地震作用时，可以假定土壤在水平平面内所发生的地震振动系按照諧和規律：

$$a = a_0 \sin 2\pi \frac{t}{T}, \quad (1)$$

式中： a ——在時間 t 內土壤質体的位移；

a_0 ——振幅；

T ——振動周期；

振動質体的最大加速度

$$\ddot{a}_{\text{max}} = \frac{4\pi^2}{T^2} a_0 \text{ ①}。 \quad (2)$$

此加速度与重力加速度之比称为地震系数：

$$k_1 = \frac{\ddot{a}_{\text{max}}}{g} = \frac{4\pi^2}{T^2} \times \frac{a_0}{g}。 \quad (3)$$

地震烈度以“度”計，它是按照系数 k_1 和加速度 $\ddot{a}_{\text{max}}$ 之大小来变化的。有各种地震烈度表，但所有这些表都是有条件的，因为諧和振動特性的假設就是有条件的；而且振動的振幅和周期在絕大多數情況下都不用實驗來測定。編制这些烈度表系利用地震破坏記錄，而这些記錄都带有大部分的主觀性。

此外，結構的破坏还取决于与地震烈度无关的其他許多因素；其中首先包括結構的构造特点、施工質量以及其他影响結構抵抗地震力作用的因素。

苏联全苏标准 (OCT) 4537 烈度表採取 12 度 (見附录)。

确定苏联地震区烈度問題的巨大大國民經濟意义，促进了苏联科学院地球物理研究所的研究工作，同样也促进了各加盟共和国科学院的許多研究所多年来对我国境内地震区域划分問題的研究。地震区域划分問題就是要确定在某一区域内发生地震的潛在可能及其可能烈度。为此，就要把所研究的地区内发生地震的历史記載資料 (地震統計图表)，把用于編制地震震中图的仪器觀測

① 用点表示对時間的微商。

資料，最后並把該地区的地質研究資料（地壳图）分出种类。根据所蒐集的資料，1936年苏联科学院地震研究所^①（科学技术博士 Г.П. 哥尔士柯夫）編制了我国第一个地震区域划分图，頒佈于規定在地震区内建筑的各种规范中。根据第一个地震区域划分图出版以后所蒐集的資料，1947年又制定了新的苏联地震区域划分图〔26〕。

地震区域划分图的制成，是苏联科学上的巨大成就。第一个有系統的地震区域划分图的編制，說明了苏联地震学在应用方面的成就。此图的編制是俄罗斯特别是苏联地震学学派，其中有科学院院士 В.В. 哥利庆和 П.М. 尼基弗罗夫、В.Ф. 波乞可夫斯基教授、Г.П. 哥尔士柯夫教授以及許多其他学者长期工作的結果。

在不同土壤条件的地震区内建筑时，在开始建筑前应先考虑建筑場地特殊情况作地震小区域划分图，这样就可能使建筑工程更为經濟並更为可靠。

已如上述，地震荷載的数量特征——地震計算加速度——是一个假定值；因此，大多数研究人員认为：为了确定产生于結構构件内的慣力的大小而作复杂的数学計算是不适当的。所以进行計算时，仅考虑地震力的靜力作用。此地震力决定于相应的質量与相应于一定烈度的地震加速度假定值的乘积。

但是，仅考虑地震力的靜力作用，在很多情况下不能正确地估計产生于結構中的內力，这是无庸爭辯的。这种情况就使得各国所採用的地震系数都不相同。美国、日本和意大利的规范就是根据这个原則而制定的（表1）。

表1所列各資本主义国家所採用的結構計算資料与我們的规范比較，都具有共同的缺点：就是沒有在国内作精确的地震区域划分。表1中的資料表明：试图規定各个情况时与土壤条件或結構的动力特性（房屋的高度）有关的地震系数值。这种办法是由于对确定地震烈度的所有因素缺乏綜合研究的結果。

① 现为苏联科学院地球物理研究所。

各国計算結構所採用的地震系数值

表 1

地 名 和 結 構 形 式	地 震 系 数	
	用于水平力	用于垂直力
智 利 (緬多扎)		
A. 平 房:		
高度小于6公尺	0.1	} 0.2
高度大于6公尺	0.125	
B. 多層房屋:		
第一層	0.0833	
第二層	0.1	
其他各層	0.125	
意 大 利		
A. 遭受强烈地震的地区:		
房屋高度小于10公尺	0.125	} 0.5
房屋高度大于10公尺	0.167	
B. 遭受輕微地震的地区:		
房屋高度小于15公尺	0.1	
房屋高度大于15公尺	0.125	
加利福尼亞 (山他-巴尔巴拉)		
建于容許压力为4公斤/平方公分的土壤上的房屋	0.1	
建于容許压力为3公斤/平方公分的土壤上的房屋	0.15	
建于容許压力小于2公斤/平方公分的土壤上的房屋	0.20	
槽基础的房屋	0.20	
美国太平洋沿岸		
建于容許压力大于2公斤/平方公分的土壤上的房屋	0.075	
建于容許压力小于2公斤/平方公分的土壤上的房屋	0.1	
槽基础的房屋	0.1	
日 本 (东 京)		
建筑物	0.1	} 0.167
桥 梁	0.333	

由于苏联学者在工程地震学方面有系統地研究結果, 技术规范包括了更具体和更客觀的标准, 这些标准考虑了所研究的地区內所有复杂的地質特点。

苏联在工程地震学和结构的抗震性方面，同样地进行了大量的理论和实验工作。利用格鲁吉亚苏维埃社会主义加盟共和国科学院院士 K.C. 札夫里耶夫和 A.Γ. 納札罗夫的研究成果，探讨出抗震结构动力计算的实际计算方法。B.O. 切索赫尔教授、科学技术副博士 B.A. 貝賀夫斯基、科学技术副博士 B.Γ. 季森科、科学技术副博士 C.B. 墨維节夫、科学技术副博士 A.Γ. 楚拉楊、工程师 Γ.Π. 維利格連兆以及其他许多学者的工作，为解决抗震建筑的基本问题积累了大量的资料。

我们这些具有重大国民经济意义的科学成就，在技术规范中都得到了反映。规范原文曾于1948年9月全苏建筑工作者科学技术工程协会所召开的全苏抗震建筑会议上讨论和通过。

因考虑上述选择准确计算草图的困难，在技术规范中便特别注意旨在保证结构抗震性能的构造方法。构造要求是根据地震余害的研究经验，以及按理论计算地震力对结构的作用的分析而制定的。构造措施主要是为了保证材料的整体性，因材料受地震力的作用会趋于分裂；并保证各构件有足够的强度，而使结构成为各部分共同工作的刚性结构。1948年阿什哈巴德市9级地震余害的研究经验令人信服地证明：相应地采取各种抗震措施，可以决定性地提高房屋与结构物的抗震性。

大量使用砖石材料的结构是特别容易损坏的，其原因在技术规范有关构造要求一章里已有详尽的说明。

经验证明：如果设计正确并且施工时遵守专门的措施，是可以建造能够抵抗很大地震力的砖石抗震结构的。在大部分地震区内，砖石材料是很普遍的地方性材料。因此，从国民经济观点出发，在建筑中不利用它们是不合理的。

通常计算结构受地震力的静力作用时，系假设结构产生一确定的振动过程，并且其固有振动周期与破坏性地震波的周期大不相同。高耸结构的固有振动周期接近于破坏性地震波的周期；对于这种结构，需采用考虑荷载重复作用影响的修正系数。在这种情况下，通常计算结构的弯曲。

对地震余害的研究証明：在絕大多数情况下，房屋的牆壁不是按受弯图形破坏的。通常，由于地震力的作用，牆砌体中产生斜縫，这些斜縫証明：在砌体中产生了很大的切应力。这样的应力是不可能由于上述方法求得的內力而产生的。

另一个众所週知的事实是：主要的破坏发生在地震开始后的最初几秒鐘內，亦即初震的影响，也就是說，結構固有振动的影响具有主要意义。本書对此問題的研究，得出如下的結論：正是初震給剛性結構以破坏作用。而且这种作用在頗大程度上是发生在地震的最初一段時間內，亦即阻尼效应尚未发展之前。本書第一章地震力作用下房屋磚石結構的計算方法，就是以此概念为基础的。

因此，对于柔性結構，强迫振动乃是危險的。在此情况下，主要是計算結構承受弯曲的作用。而对于剛性結構，由初震而引起的固有振动乃是危險的。在这种情况下，則計算結構承受橫向力的作用。决定橫向力的大小要考虑結構的剛度。

处于地震力作用下的結構，其应力状态的这种解釋，为旨在保証房屋的抗震性而採取的构造措施作出了一系列的結論。

第一章 抗震結構的計算

第一节 抗震結構的理論

設計位於地震区的房屋与結構物，需要知道地震力的特征与大小。

一方面考虑到所发生現象的复杂性以及震中地区的范围与地震所波及地区的范围相比的局限性，另一方面設計抗震結構物时系从这样的假定出发，即假定地震时，結構物遭受由結構物地基所引起的水平面內的諧和振动作用。

最粗糙的观念是把結構物看作下端固定、上端自由的悬臂梁，且其下端处在振动运动中。

抗震理論有两种——动力理論和靜力理論。

动力抗震理論是以必須用动力方法来檢驗結構的强度和稳定性为出发点的，並假定結構的地基产生諧和振动运动。显然，这种見解在原則上是正确的，因为地震現象就其本身性質說来，便帶有动力的特性。但是在許多情況下，对抗震結構問題純粹的靜力解釋可能产生这样的結果：即所得結果与結構內所产生內力的真实分佈情况没有什么共同之处。

但採用动力理論遇到一系列的困难。在絕大多数情況下，动力理論需要进行复杂而繁冗的計算。地震荷載的大小与特性极不肯定。結構的基本动力特性——固有振动頻率，同样也很少有可靠的数值。因为即使是对于可看作为稜梁的最簡單的結構，这些特性在頗大程度上仍与基础的嵌固程度、材料的动力特性等因素有关。

对于复杂的結構——如由牆、楼板及其他部分（彼此間的联系是彈性联系）所組成的房屋，用近似法所确定的固有振动頻

率，那更是具有假定的特点。

由于上述原因，目前一般所通用的是靜力抗震理論。靜力抗震理論是以这样的假設为基础的，即地震荷載是靜力作用的水平力，它与結構的質量成正比並决定于建筑地区的地震烈度。震动可能按周期作用于結構上，与此有关現象的动力特征，直到最近都被考虑为限制結構固有振动頻率的附加要求。

按照技术规范，房屋与結構物是根据靜力抗震理論进行計算的。同时，对于柔性結構，其动力效应利用专门系数来計算。

按照技术规范来計算房屋与結構物时，首先必須确定建筑区的原始地震烈度（平均地震烈度），再根据工程項目的重要性来确定結構物的地震計算烈度。

地震計算力和构造措施决定于結構物的地震計算烈度。

結構物的地震計算烈度表見表 2。

在地震烈度为 6、7、8 度的建筑地点，对于特別重要的房屋与結構物，地震計算烈度应比該地区或地点的平均地震烈度高一度。

对不滿 25 人同时工作的、但其中有特別貴重的設備或者对于企业生产有重大意义的生产房屋，地震計算烈度取等于建筑地区（或地点）的平均地震烈度。

次要的房屋及結構物，如其损坏不致引起人畜的死亡和貴重設備的損毀者，建造时可不考虑抗震要求。但地震烈度为 9 度的区域例外，在 9 度地震烈度区域内，此类房屋及結構物的地震計算烈度採用 7 度。

临时房屋及結構物（有人长期逗留的临时住宅或其他建筑物除外）不考虑抗震之要求。

編制表 2 的原則在于所規定的地震計算烈度不低于 7 度，因为再低就不必採取任何防震措施。防震措施只有对于地震計算烈度为 7 度或 7 度以上的結構方須採取。同时在表 2 中，各个工程項目对于国民經济的意义是不同的。这种决定抗震措施的办法是正确的，因为它既能更經濟地使用建筑材料，又足以保証結構的