



高层建筑结构 概念设计

郁彦 著

中国铁道出版社

高层建筑结构概念设计

郁彦 著



中国铁道出版社

1999年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书分五章——建筑结构设计总概念;基础设计概念;框架结构设计概念;剪力墙和筒体结构设计概念;其它结构问题设计概念。作者根据几十年从事建筑结构的经验,提出了一些崭新的有开拓性独创性的见解,供从事建筑结构的同行参考。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构概念设计/郁彦著.
-北京:中国铁道出版社,1999.7

ISBN 7-113-03286-9

I. 高… II. 郁… III. 高层建筑-结构设计 IV. TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 13325 号

书 名:高层建筑结构概念设计

著作责任者:郁 彦 著

出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:王俊法

封面设计:马 利

印 刷:北京市彩桥印刷厂

开 本:850×1168 1/32 印张:5.875 插页:1 字数:152千

版 本:1999年7月第1版 1999年7月第1次印刷

印 数:1~2000册

书 号:ISBN7-113-03286-9/TU·594

定 价:16.00元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

序

本书是作者几十年来在设计实践中积累的经验和进行理论研究的总结,特别是对高层建筑结构中有些关键问题在已有成果的基础上进行了深入的探讨和分析,得出了一些崭新的、有开拓性的、独创性的见解。这本书是他解放思想实事求是的产物。现将书中内容略举几项,就可证明这一点,如提出并证明了无梁楼盖的柱间板带就是支承在柱间的暗梁,在任意柱网,任意荷载布置均能简便应用;分析了框架结构某一梁端出现塑性铰,整栋框架刚度变化的基本原理;考虑了框支剪力墙侧边缘不同的约束条件,引起墙板内力不容忽视的变化;从理论上分析了高层建筑基础多种内在潜力;特别对容易被人忽视的问题,从理论上分析清楚;书中一些表格给人以数量概念,以便从经济上控制设计。

本书内容突出实用,并提出了一些设计新理解、新概念。论题颇多,文字简练,仅求说明问题,减少篇幅,便于阅读。

中国建筑科学研究院

徐培福

1998.7

前 言

改革开放以来,我国建筑事业蓬勃发展,在一些大中城市高层建筑如雨后春笋般地建造起来;建筑高度不断加大,结构体系种类不断增多,体型日益多样化;要求建筑设计水平也不断提高,对设计人员提出不少新问题和难点。笔者意图除在这本书里介绍自己的工程实践外,并企图研究分析其中的一些问题。

本书共五章:第一章建筑结构设计总概念;第二章基础设计概念;第三章框架结构设计概念;第四章剪力墙和筒体结构设计概念;第五章其它结构问题设计概念。结尾几篇附录。其中附录 5 给出结构设计的思想概念,采用工程设计语录的方式来表达。第一段是根据自己思想认识编写的,第二段是国外一些结构设计知名人士提出的,并附原文。

工程实践经验说明建筑结构设计要做到安全、经济、合理,关键在于对结构受力的实际情况有充分理解;只有掌握了结构受力客观规律或真实情况,才能做出正确设计。笔者正是根据这个道理来研究分析在设计中常遇到的一些问题,从而提出一些有独特性的见解,不少带有突破性。有些结论是很明显的,有些仅属理论分析的问题,还有待于实践的检验。

特别要强调的是文中内容多出自个人的认识和体会,藉以把个人的拙见坦率地介绍给大家,衷心地期待读者提出意见。

中京建筑事务所

郁彦 1998年9月1日

目 录

第 1 章 建筑结构设计总概念

1.1	概念设计	1
1.2	结构的总体布置	2
1.3	地区地震的基本烈度	2
1.4	地震力的随机性	3
1.5	小震不坏,大震不倒.....	3
1.6	结构的自振周期	4
1.7	高层建筑振型曲线	5
1.8	加速度反应谱和影响系数	9
1.9	建筑抵抗罕遇地震的可能性.....	12
1.10	地震力的垂直分量	14
1.11	高层建筑的倾覆问题	14
1.12	地震力的传递	16
1.13	实荷载和虚荷载	18
1.14	结构内力调幅和钢筋在结构中所起的作用	18
1.15	结构的延性	22
1.16	工程塑性铰	22
1.17	地震力和风荷载	28
1.18	三维空间计算	28
1.19	直接动力法	31
1.20	高层建筑结构的薄弱层	32
1.21	新旧混凝土设计规范安全度	33

第 2 章 基础设计概念

2.1	基础梁和基础板的内在潜力.....	34
2.2	基础反梁计算.....	36

2.3	高层建筑基础的埋置深度·····	37
2.4	高低层结构的稳定性·····	40
2.5	地下结构的长度·····	41
2.6	地下室结构抗震延性·····	42
2.7	高层建筑基础的整体弯曲·····	43
2.8	上部结构和地基基础的协同作用·····	45
2.9	高低层整体基础·····	47
2.10	满堂基础板·····	49
2.11	软硬地基基础和高低层基础连接·····	50
2.12	边设计边施工基础设计·····	51
2.13	基础梁配筋表·····	52
2.14	地下室跨空基础墙·····	53
2.15	基础厚底板·····	54
2.16	地下室挡土墙·····	54
2.17	单独基础拉梁·····	55
2.18	柱下基础梁的抹角·····	56
2.19	桩板复合地基·····	56
2.20	桩顶构造·····	57

第3章 框架结构设计概念

3.1	框架梁的塑性铰·····	58
3.2	无柱帽无梁楼盖·····	60
3.3	框架的温度应力·····	66
3.4	楼层错层柱·····	69
3.5	井字梁的内力分析·····	72
3.6	井字梁计算图表·····	74
3.7	梁的扭转·····	81
3.8	楼板上的轻隔墙和汽车轮压·····	81
3.9	双向板的抗扭·····	82
3.10	相邻大小跨度楼板和悬挑板·····	84
3.11	构件端节点的弹性约束·····	85

3.12	等截面梁对称荷载弯矩计算	87
3.13	关于梁的一些问题	88
3.14	深梁	91
3.15	梁钢筋柱外搭接	92
3.16	连梁活荷载的不利布置	92
3.17	梁柱不同强度等级混凝土	93
3.18	柱的轴压比和柱截面表	94
3.19	短柱和柱的破坏特征	96
3.20	柱节点核心区	97
3.21	斜柱拉筋	98
3.22	柱的箍筋	99
3.23	屋顶局部突出的塔楼	101
3.24	顶点位移	101
3.25	恢复力曲线	102
3.26	斜框架	102
3.27	填充墙的影响	105
3.28	民族形式建筑边柱构造	105
3.29	钢骨混凝土柱	106

第4章 剪力墙及筒体结构设计概念

4.1	框肢剪力墙	109
4.2	框架剪力墙结构顶点位移近似分析	111
4.3	框剪结构中剪力墙的合理数量	113
4.4	框剪结构中水平力分配	114
4.5	TBSA 程序剪力墙钢筋调整建议	114
4.6	建筑的转换层	116
4.7	住宅剪力墙结构设计实践	118
4.8	剪力墙的内力重分布	118
4.9	长条形平面剪力墙结构的简化计算	119
4.10	计算模型中的问题	120
4.11	剪力墙的高厚比	123

4.12	剪力墙的分布钢筋	124
4.13	筒体结构的顶箍和腰箍	125
4.14	高层建筑高宽比	126
4.15	楼板支座约束条件	127
4.16	剪力墙底层大洞口及交错洞口	127
4.17	电梯井及楼梯间	128
4.18	剪力墙结构的整体作用	129
第5章 其它结构设计概念		
5.1	结构设计的基本功	130
5.2	高层建筑结构设计简化计算	137
5.3	用宏观概念进行设计	142
5.4	悬挑楼梯	144
5.5	螺旋楼梯	146
5.6	体积力和表面力	148
5.7	计算机的使用	150
5.8	结构构件参考尺寸	150
5.9	不合理的结构构造	153
5.10	结构施工图改革建议	154
5.11	设计节约问题	156
附 录		
附录 1	梁弯矩配筋表	158
附录 2	高层建筑结构实例资料	165
附录 3	各种边缘条件框支墙内力及挠度	168
附录 4	图例	172
附录 5	工程设计语录	173

第1章 建筑结构设计总概念

1.1 概念设计

概念设计是运用人的思维和判断力,从宏观上决定结构设计中的基本问题。要做好这项工作的首要条件,是对结构的功能要有比较透彻的了解。掌握了结构受力的规律和真实情况,用正确的概念指导工作,就能掌握重点,冲破由于对问题的错觉或狭隘经验所产生的障碍和束缚;同时,才能使结构设计更好的符合客观实际,创造出优秀的设计成果,避免在设计中发生原则性的错误。

概念设计包括的范围很广,要考虑的方面很多。不仅仅要分析总体布置上的大原则,也要顾及到关键部位的细节。具体来说,要做好结构布置方案,以创造对抗震的有利条件。分析地震力的性质和所选定结构体系的受力特点使主观意图符合客观实际。了解地震力和竖向荷重的传递途径及内力重分布的趋向,有效的布置结构构件。预计结构的破坏过程和破坏机制,以加强结构的关键部位和薄弱环节。注意建筑结构的连接整体性,做到大震不倒,小震不坏。做好结构的强度和刚度在平面内和沿高度的均匀分布,避免应力过度集中。估计和控制塑性铰区出现的部位和范围,有针对性的进行构造布置。多安排高延性的耗能构件使结构对抗震设有多道防线。考虑非结构性部件对主体结构抗震产生的有利和不利影响,保护和防止这类部件的破坏和坠落。铭记国内外震害的经验教训,使设计有所借鉴。密切配合建筑专业在设计上的创新,进一步提高建筑的使用功能和造型的多样化。给施工创造有利条件,以保证结构的工程质量。要讲求实效和经济效益,加快设计速度,提高设计质量,等等。

总的说来,要做好结构的概念设计需要具备的知识和经验是

多方面的。要获得这方面的技能,就得不断地总结设计经验,在工作中勤于思考,广泛阅读科技成果和技术资料。深入施工现场,理论联系实际,以探索结构的真实工作情况。这样就会在概念性的认识上逐步有所前进。

1.2 结构的总体布置

结构的总体布置是影响建筑抗震性能的关键问题。建筑各结构单元的平面形状应当力求简单规则;立面体型应当避免过大的伸出或收进;结构布置应当均匀对称。这些基本要求对提高结构的抗震性能是非常有利的。但是,当建筑的适用和美观要求同结构的抗震要求有矛盾时,也应设法配合建筑专业解决这类问题。但要切记保证建筑的安全,仍是结构专业的首要职责。

现在简单的谈一下结构在总体布置上的主要问题。抗震结构在总体布置上有两大忌:一是上部刚度大,底层仅有柱的鸡腿建筑;二是平面刚度极不均匀,产生大扭转的建筑。两者在设计上全是难以解决的问题。有足够剪力墙或有核心筒的建筑,对维持整体稳定有利,并很大程度上减弱框架的受力;对一般建筑尽可能做框剪结构,避免做纯框架结构,以节约建筑材料。对异形建筑的局部薄弱环节和容易产生工程塑性铰的部位,用局部加强的办法解决。

1.3 地区地震的基本烈度

地区地震基本烈度,指在今后一定时期内(一般指一百年)和在一般场地条件下,可能遭遇到的最大地震烈度。我国已规定的地区地震基本烈度,是地震工作者分析了一千多年来的地震历史记录,根据地震地质构造条件和我国经济政策,并通过调查研究得出的成果,因此,我国地震区烈度的划分是有充分依据的。但事实说明华北地区近几年来发生的几起地震均超出原规定的6度,即

邢台 10 度,海城 9 度,唐山 10~11 度,与规定的基本烈度相差很大。所以,每一地区均存在着超烈度的可能性。因为地震科学在世界范围内仍是个年轻的科学;根据过去的历史和地震地质现状,来推测将来发生的地震,不可能绝对准确。有了超烈度的概念才能慎重的考虑结构延性和裂而不倒的问题。

对一栋钢筋混凝土建筑的使用年限要求达到 100 年,这是一个世纪长的时间。所以,在地震区每栋建筑很可能受到相当烈度地震的考验。在抗震设计问题上不能存有侥幸心理。

从另一方面看,同一地区,同类建筑破坏的程度相差很大。这就说明建筑物破坏的轻重也决定于建筑本身的内在因素。特别是结构构造措施处理好,施工质量也好,即使地震超出基本烈度也可能避免破坏和倒塌。

1.4 地震力的随机性

地震力有随机性,我们只能按规范的规定进行抗震设计。了解了地震力反应实际情况,就有助于从宏观上考虑设计问题。地震力是重力惯性引起的虚荷载,有冲击性、反复性和短暂性,更有随机性。前面已经提到华北地区近年来发生的几起地震均远远超出原规定的 6 度,唐山经地震后基本烈度只定为 8 度。事实说明,规定的地区烈度在有些地段并不能十分肯定,很可能超出当地的基本烈度。现行规范提出罕遇地震的问题,但工程设计人员很难考虑。既然如此,只能按规定的烈度进行设计计算,否则无所适从。

1.5 小震不坏,大震不倒

对抗震设计总的要求就是使建筑小震不坏,大震不倒。小震指 7 度以下的常遇地震,大震指超出设计烈度的罕遇地震。小震不坏主要是保建筑(保物),大震不倒是保人,人比物更重要,所以

大震不倒才是抗震设计的重点。解决这项问题主要靠结构延性的概念和结构构造。

小震不坏,单从结构角度来说,指经地震后不需修理或稍加修理可以继续使用;大震不倒指楼板不坠落。楼板落地是建筑倒塌的标志。

1.6 结构的自振周期

结构的自振周期可以简单的表达为

$$T = \alpha \sqrt{\frac{m}{K}}$$

式中 α ——不同情况无量纲系数;
 m ——质量;
 K ——结构刚度。

刚度 K 很难计算准确,如和主体连接的填充墙,焊接外墙板和室内设备等以及基础和地下室周围的土质情况等,均对自振周期起一定的影响。一日本资料表明,一栋 15 层在软土地基上的建筑,由于地下结构构造不同,计算周期由 0.8s 变化到 2.2s。

按三维空间计算结构刚度要比按平面计算大很多。平面杆件系统仅考虑单方向的截面,而三维空间计算,常把所有纵横构件截面(包括筒体)均按整体计算,计算刚度大、周期短、地震力大、位移小。目前规范按平面计算,建筑顶点位移限制在几百分之一;三维计算常达几千分之一,甚至万分之一。周期计算结果有很大的差别。这也说明周期和刚度计算,算不准确。

从实用观点出发,采用经验系数已敷使用。对一般民用建筑按建筑楼层总数 n 计算:钢框架结构 $0.1n$;混凝土框架结构 $0.09n$;框剪结构 $0.08n$;框筒结构 $0.07n$;剪力墙结构 $0.06n$,均以 s 计。当然也可以用计算机计算。计算地震力大些或小些不是主要问题,有依据就行了。

一个有弹性约束的单质点,只有质量没有平面尺度,各方向的

约束刚度是均匀的,只有一个周期。具体的结构在平面上有尺度,纵横两个方向的刚度可能不同,加上扭转刚度,一栋建筑一个振型,出现三个计算周期。

结构上的地震力反应在计算上,振型和周期是成对出现的。但周期对振型的影响很小。在高层建筑中,每楼层做为一个质点,这样几层楼就能计算出几个振型和周期(图 1.1)。计算草图是一串糖葫芦,高层建筑高宽比一般为 1:3 或 1:4,是个粗笨的大方块。它的振型不可能象抽象的一串糖葫芦那样苗条地扭那么多弯,要扭三扭已不容易,特别是对框剪和剪力墙结构。

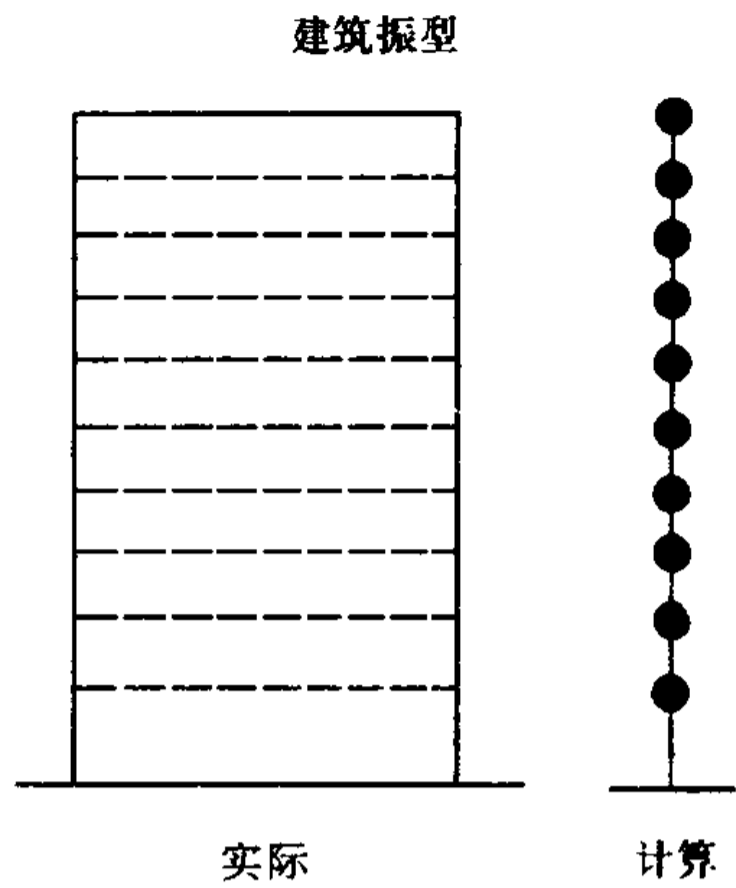


图 1.1 建筑振型

1.7 高层建筑振型曲线

经统计分析,各类形的高层建筑结构间的振型曲线有一定的规律。试看几个不同层数不同类型的几个工程前三个振型曲线的实际情况(图 1.2~图 1.6)。这是某一届全国高层会议论文中介绍的几栋建筑,不是有意挑选的。将各建筑的振型曲线沿高度分为十段。各振型曲线均已正规化,也就是顶端无量纲数值为 1。几个工程按结构类型、宏观刚度顺序排列。

(1)纯框架(20层 66m 高);(2)南宁国贸(41层 138.7m 高);(3)西都大厦(28层 88.9m 高);(4)广东国际大厦(62层 193.2m 高);(5)等截面和变截面剪力墙。其结构类型见振型曲线小结(表 1.1.1 和表 1.1.2)。

按下面对几个实际工程的分析,掌握了振型曲线反弯点的近似位置,用手绘即可得到实用曲线。特别是第一振型,从底部垂线的切线起顺手可以绘出较正确的曲线,这是经实绘了几次得出的

经验。振型只有形式没有绝对值。

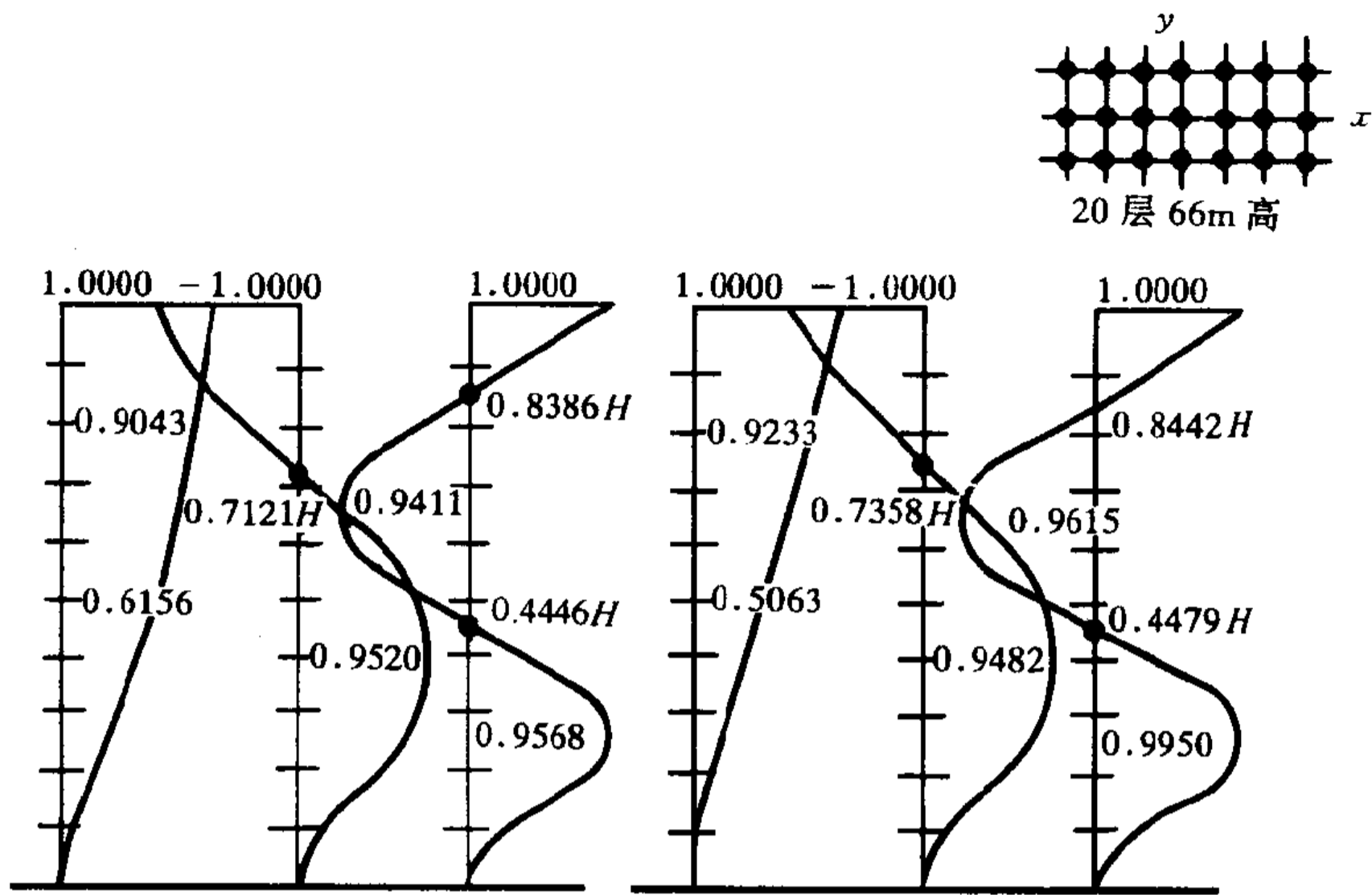


图 1.2 纯框架结构振型曲线

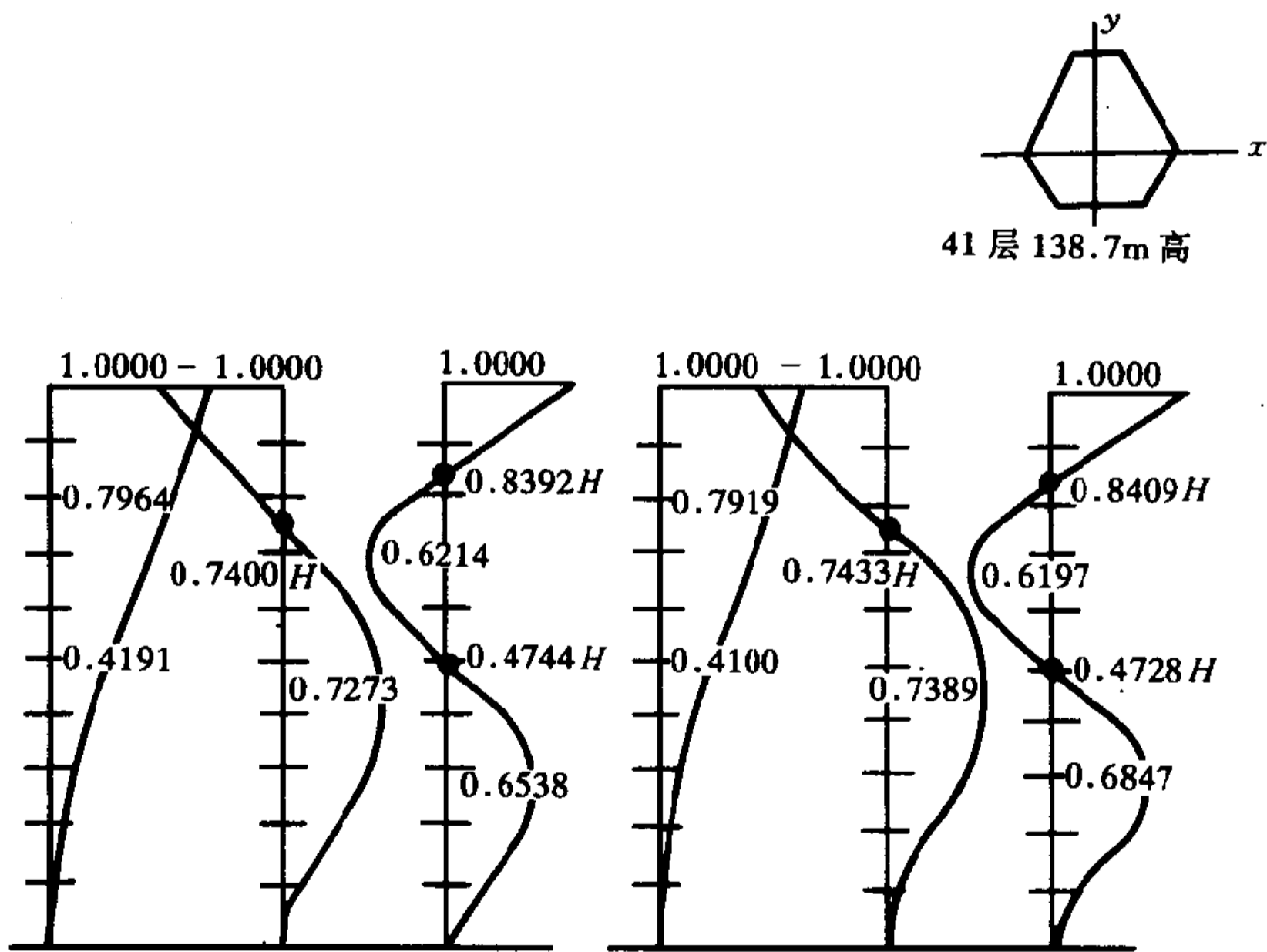


图 1.3 南宁国贸大厦振型曲线

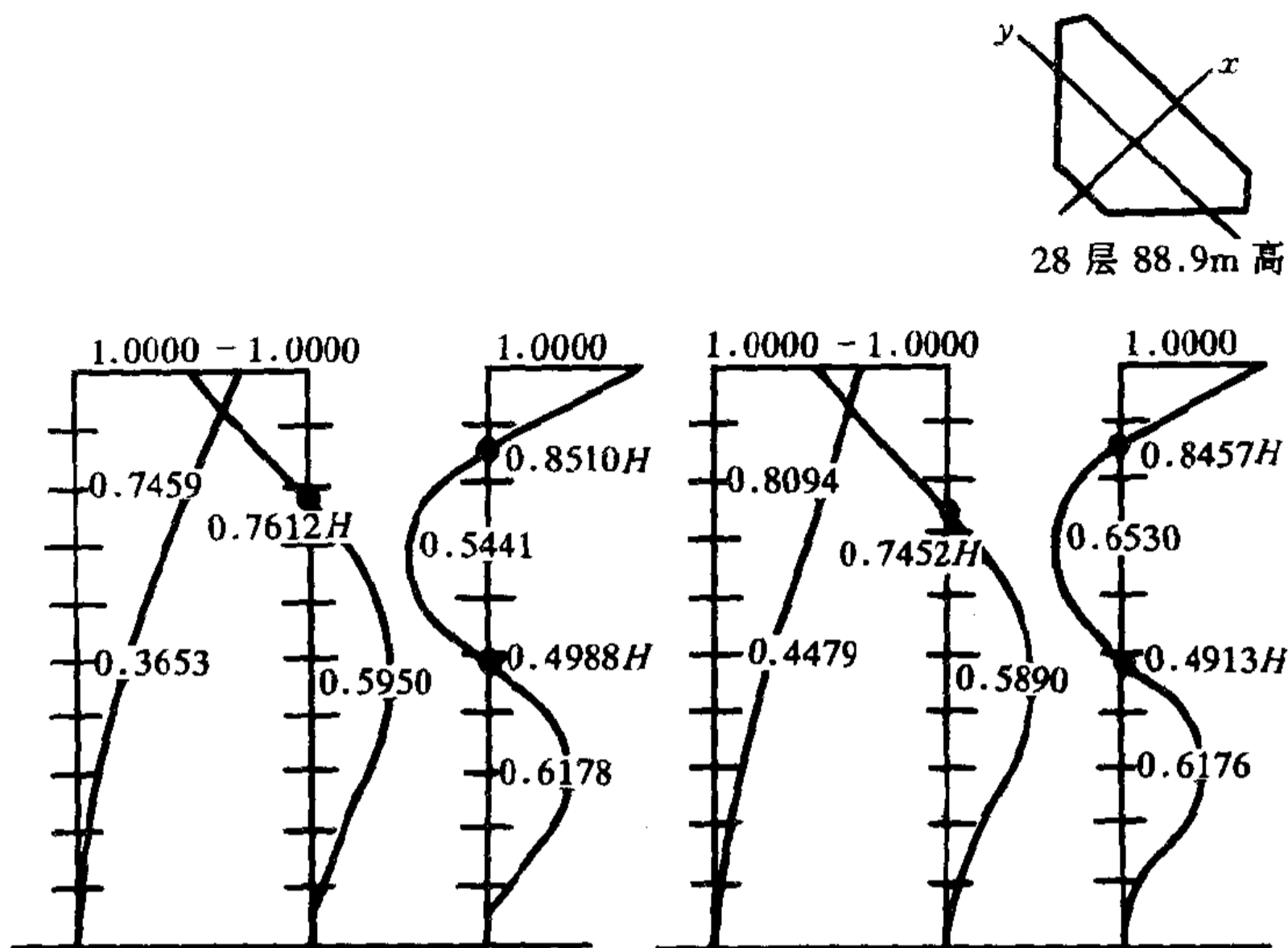


图 1.4 西安西都大厦振型曲线

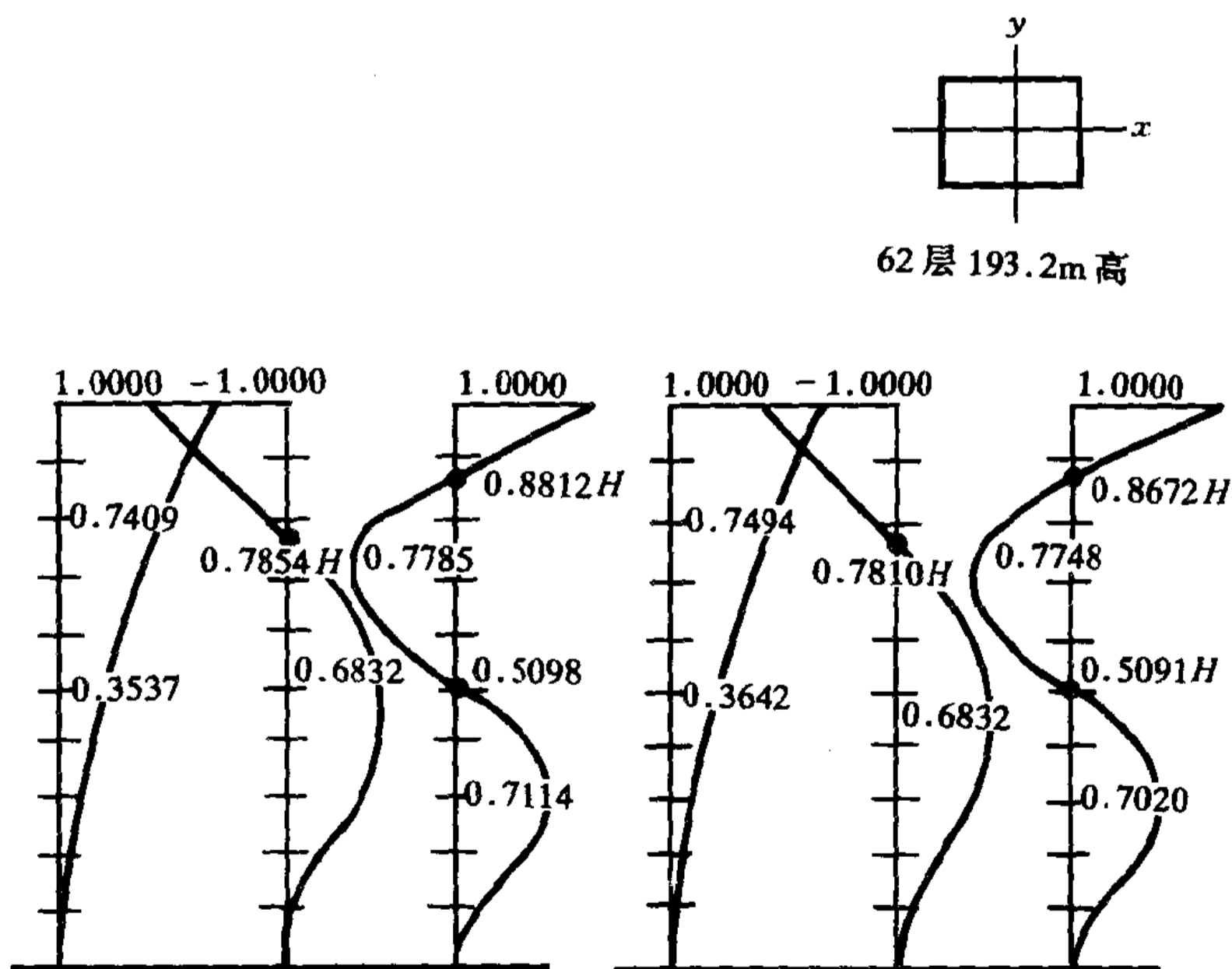


图 1.5 广东国际大厦振型曲线

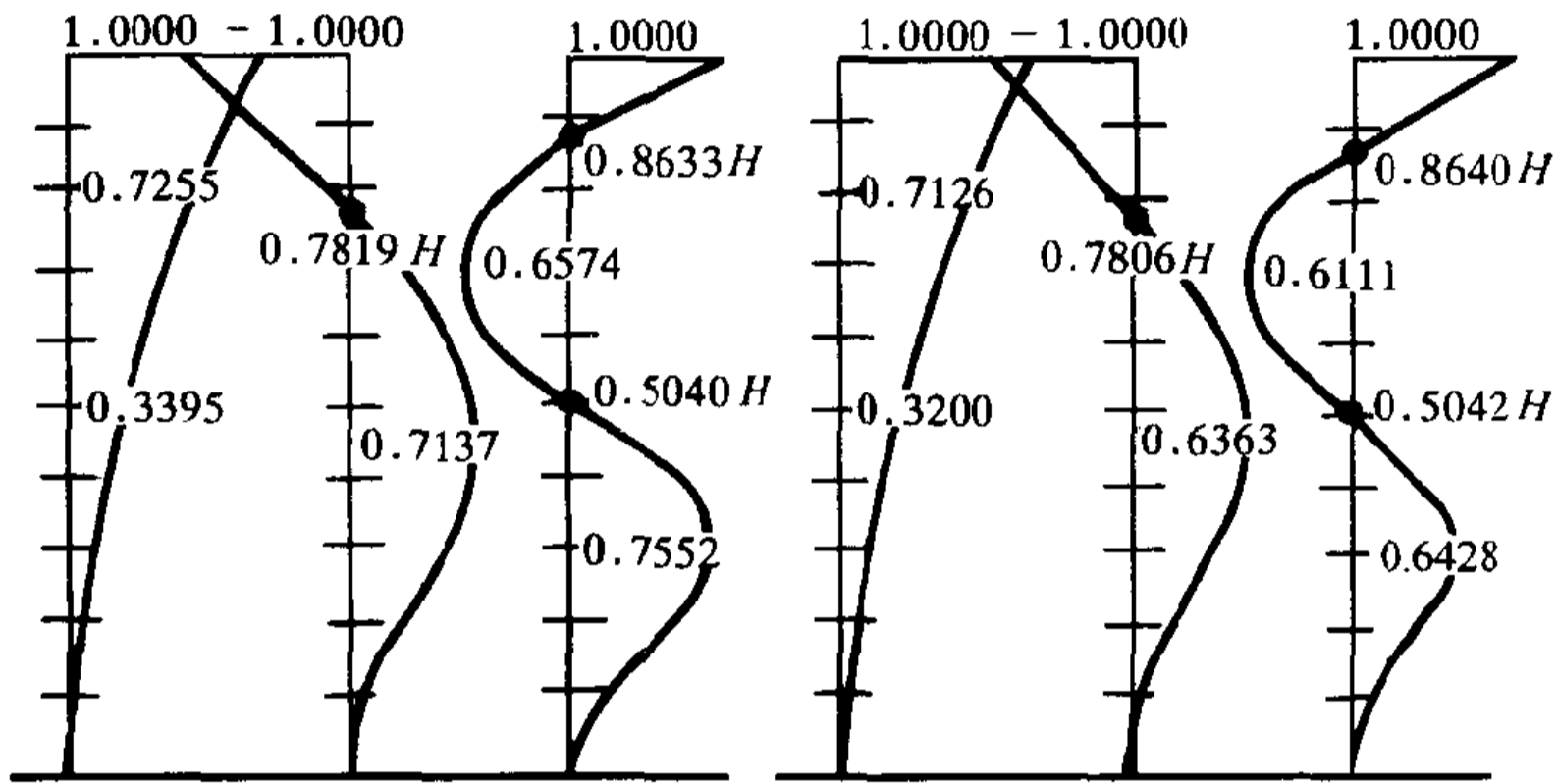
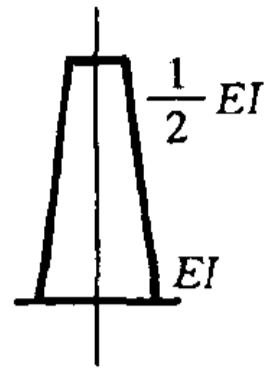


图 1.6 剪力墙结构振型曲线

前面的比较给出各工程振型曲线的零点位置和最大相对水平位移。各类型结构曲线的零点高度极相近并有一定的规律。结构刚度越大曲线零点位置稍高些,而最大相对位移稍小些。表 1.1.1 和表 1.1.2 给出振型曲线小结,这样可以直接绘出结构的振型曲线。

在计算上周期和振型成对出现,但周期对振型曲线影响很小。

振型曲线小结(一)

表 1.1.1

工程名称	振型 类型	第 II 振型 零点	第 III 振型零点		第 I 振型 X 值	
			上零点	下零点	0.8H 处	0.5H 处
框架(例题)	纯框架	x:0.712 1H	0.844 2H	0.447 9H	0.923 3	0.506 3
		y:0.735 8H	0.838 6H	0.444 8H	0.904 3	0.615 6
南宁国贸	内筒外框	x:0.743 3H	0.840 9H	0.472 8H	0.791 9	0.410 0
		y:0.740 0H	0.839 2H	0.410 0H	0.798 4	0.419 1