

电梯抗震设计与施工指南

日本电梯安全中心 编

徐佩香 张香荣 译

宋文和 校

中国建筑科学研究院建筑机械化研究所

362
55

电梯抗震设计与施工指南

日本电梯安全中心 编

徐佩香 张香荣 译

宋 文 和 校

中国建筑科学研究院建筑机械化研究所

一九八九. 六

电梯抗震设计与施工指南

编 辑	日本电梯安全中心
翻 译	徐佩香 张香荣
译 校	宋文和
责任编辑	陈传仁 施 俐
出 版	中国建筑科学研究院建筑机械化研究所 (地址:河北省廊坊市金光道5号) 电报挂号 0948 邮政编号 102849 电话: 22874 22876
印 刷	中国建筑科学研究院建筑机械化研究所印刷厂

序

在现代建筑中，电梯的应用越来越广泛，电梯使用中的安全问题也就显得至关重要。纵观国外的经验教训，电梯损坏最为严重的原因，还是地震灾害，以至危害人身安全，因此应当重视电梯的抗震设计与施工。鉴于我国目前尚缺乏电梯震害的调查和抗震设计与计算的研究，现将日本电梯安全中心编辑、日本电梯协会出版的“电梯抗震设计与施工指南”一书译出，以供有关单位参考。

该书因限于来源渠道问题，只作内部发行，请勿外传。本书前言、第一与第二部分由徐佩香高级工程师翻译，第三、四、五部分由张香荣经济师翻译。在译校和编辑过程中得到中国建筑机械化协会电梯协会的大力支持，特别是该会秘书长、所副总工程师彭克荣高级工程师在百忙中给予认真的技术校阅，在此表示衷心的感谢。

电梯抗震设计与计算，对我们来说是一项新课题。由于我们水平有限，错误和不当之处在所难免，欢迎广大读者和有关专家批评指正。

建筑机械化研究所技术情报室

一九八九年六月

内 容 简 介

本书详细论述了电梯抗震设计的意义和重要性，介绍了电梯抗震结构与计算方法，以及日本有关电梯和井道设施的抗震标准与规定等，对各主要部件附有计算实例与图表。内容丰富、图文并茂、数据详实，不仅适用于电梯设计与制造人员，也可供建筑电梯配置设计、施工和大专院校有关电梯专业教学等参考。

注 意

借书到期请即送还。
请勿在书上批改圈点，
折角。
借去图书如有污损遗失
等情形须照章赔偿。

北京卡片商店 0701

目 录

前言	(1)
一、基本事项	(3)
1—1 适用范围	
1—2 抗震安全性的目标	
1—3 抗震设计与施工	
1—4 容许应力	
二、设计地震力	(6)
2—1 设计时地震力的计算	
2—2 设计时水平地震系数	
三、抗震设计和施工指南	(12)
3—1 导轨	(12)
3—1—1 作用在导轨上的荷载	
3—1—2 导轨的计算	
3—1—3 导轨支架的计算	
3—1—4 对重导轨支架的计算	
3—2 机房设备	(51)
3—2—1 倾复计算	
3—2—2 位移计算	
3—2—3 地脚螺栓的容许荷载	
3—2—4 抗震止动器及其加固	
3—3 绳轮构造	(60)
3—3—1 绳槽深度	
3—3—2 绳防装置设置实例	
3—4 井道设备	(63)
3—4—1 井道设备的安装	
3—4—2 对井道内突出物的保护措施	
3—5 地震时运行管制装置	(69)
3—5—1 地震时管制运行程序	
3—5—2 地震传感器的设定值	
四、其他和建筑物施工相关的事项	(73)
五、现有电梯的抗震措施	(74)
附录：Ⅰ、相对震级的加速度	(75)
Ⅱ、紧急制动器作用时，导轨的适用范围	(76)

前 言

地震对建筑物的破坏（如对柱子、梁、墙等主体结构和机器设备的破坏，从而引起人身伤亡）已成为人们所担心的事情。由于机器设备的功能是各种各样的，机器设备的规模、结构、日常管理和运行方法也各不相同，所以准确地掌握每台设备在地震时的状态和受破坏的情况，以制定抗震措施是十分重要的。

电梯和其他建筑设备不同，它是沿着建筑物高度上下运输人和货物的升降装置。电梯有沿着导轨升降的轿厢和对重，还有直接上下移动的钢丝绳和随行电缆等。

1964年美国阿拉斯加地震（M3.4~8.6），使安科雷季市遭到破坏；1971年圣弗尔南多地震使洛杉矶市遭受破坏，于是要求加强建筑物内电梯抗震性能的呼声四起。此后，在日本也遭到了JMA地震烈度为IV度的地震破坏，其中1978年宫城县的海上地震（M7.5），如表1所示，仅电梯对重脱轨有183例，机房里机器移位、倾复、倾斜等有64例。据日本电梯协会调查，类似这种破坏情况，在其他地震中也存在着大致相同的调查结果。

宫城县海上地震电梯损坏一览表 （日本电梯协会调查）

时间：1978年6月12日17时14分 M=7.5

地震强度：宫城县V度，其他县IV度

表 1

电 梯 损 坏 项 目		宫城县	除宫城县 外的5个县	东北6县
1	曳引机、发电机、其他设备发生移位	42例	11例	53例
2	控制柜发生倾复、倾斜	9	2	11
3	限速器的开关动作失灵	4	2	6
4	链条脱落、损坏	0	3	3
5	对重脱轨	161	22	183
6	轿厢脱轨	4	1	5
7	轿厢、对重用导轨或支架变形	33	7	40
8	轿厢、对重用导轨变形、错位	36	18	54
9	钢绳、电缆的悬挂支架损坏	22	1	23
10	钢带的悬挂支架损坏	2	1	3
11	井道内设备损坏	1	1	2
12	紧急制动失灵	0	0	0
13	轿厢和轿架变形	0	0	0
14	其他微小损坏	7	17	24
	以上直接损坏小计	321	86	407
15	水淹或进水	28	8	36
16	因建筑物损坏而使电梯破坏	17	8	25
	以上间接损坏小计	45	16	61
	破坏总计 (A)	366	102	468
	设置电梯台数 (B)	1793	2758	4551
	破坏百分比A/B (%)	20.4	3.7	10.3
乘客被关在电梯内的例数		45	8	53
人身事故		0	0	0

日本电梯协会参照了圣弗尔南多的地震破坏情况，对电梯的抗震设计作了研究，1972年制定了“电梯抗震措施准则”，1974年又对该准则作了补充和修订，以加强电梯的抗震性能。随着日本东海地震的潜在危险，进一步要求加强电梯的抗震性能和编制这方面的标准。日本建筑中心根据建设省的建议，于1974年8月设立了「电梯抗震结构研究委员会」，经过讨论，在1976年3月制订了「电梯抗震标准草案」，建议提高电梯的抗震能力。

1979年，建设省委托日本建筑中心设立「建筑设备抗震结构调查委员会」，该委员会中的电梯分会对上述「电梯抗震标准草案」进行了详细的研究，于1980年3月制定了「电梯抗震设计及施工指南」，并上报建设省。

根据1980年7月14日的补充条例，对建筑标准法施行令中的一部分作了修改，提高了建筑物内电梯的抗震标准。此抗震标准规定了电梯的具体设计和施工方法，并对高度为60m以下建筑物内设置的电梯，制定了抗震设计和施工指南，刊登在本书（1981年版）中，并对其应用在全国进行了宣传和指导。

按照1980年7月的建筑标准法施行令修改本，对电梯的抗震措施作了新的规定，现叙述于下：

（1）第129条之4，第2项第二号：

「当地震或其他震动发生时，主钢丝绳不得从绳轮脱落」。

（2）第129条之4，第4项第三号：

「当地震或其他震动时，电梯的轿厢或对重不得脱离导轨」。

（3）第129条之6，第1项第六号：

「设在井道内的导轨支架和其他结构不得损坏，也不允许在井道内设置突出物。如果设置了突出物，应采取措施，使其在地震时不致影响钢丝绳、电线及其他部件的功能」。

（4）第129条之7：

「电梯的电动机、曳引机组、控制柜和轿厢的设置，必须保证在地震或其他震动发生时不会倾覆或移动」。

对于高度超过60m建筑物（该建筑物符合建筑基准法施行令第81条之2的规定）内，设置的电梯还没有作出抗震设计和施工的具体规定。日本建筑中心评定委员会只对高层建筑进行了评定。而设在高度超过60m的高层建筑内的电梯，则由升降设施性能评定委员对其抗震安全性逐个进行技术评定，从1982年4月到1983年末已评定了20多项。

1983年6月，日本建筑中心设立了「电梯抗震设计和施工指导委员会」，重新修订了建筑物内电梯的抗震设计和施工指南，这次修订也适用于高度超过60m的高层建筑用电梯。

电梯的抗震措施不会因为建筑物的高度变化而改变，要充分注意按照抗震设计和施工规定，把作用在电梯各部分上的地震烈度、应力和弯曲变形考虑在内，提高精度，并从井道的损坏和电源系统的故障来采取安全措施。如果发生地震，一方面应明确电梯的使用注意事项和管理员的任务；另一方面还要利用和地震传感器连动的地震管制运行装置，以确保人身安全。

一、基本事项

1—1 适用范围

(1) 本文适用于设置在建筑物内的客梯(包括客货两用梯)、医用梯和货梯(包括汽车库用电梯)。

(2) 本文不适用于为特别调查研究用的电梯抗震设计和施工。

解释: (1) 本文的适用范围限于设在建筑物内的电梯,它基本符合建筑基准法施行令第5章之3,第2节(升降机)规定范围内的电梯。参照第128条之3的解释,因此,也适用于液压梯或构筑物(第138条第2项1号)内的电梯。

应急电梯作为客梯来讲应符合本文条款的规定。

(2) 所谓「为特别调查研究用的电梯抗震设计和施工」

(a) 根据特别调查研究,求出设计用地震力,进行特殊的抗震设计。

(b) 属于特殊构造的电梯可不按本文之规定,是指超过本文规定的结构,其抗震性能需进行特别调查研究;本文的一部分或全部规定可能不适用。

1—2 抗震安全性的目标

(1) 在建筑物的使用年限内,设想可能发生中等地震,地震后,电梯应无故障地安全连续运行。

(2) 在建筑物的使用年限内,可能发生罕见的大地震,即使机器受到损坏,也必须保证乘客的安全。

解释: (1) 按照建筑基准法施行令的基本方针,建筑物的抗震设计应以下述要求为目标:如果发生中等地震,建筑物应无损伤;如果发生罕见的大地震,建筑构件虽有某些损坏,但不能产生生命财产的重大损伤或建筑物的崩塌。

建筑物内的电梯也应按照建筑物的抗震安全性来考虑设计和施工,当发生相当于JMT地震烈度V度以下的中等地震时,电梯设备不得发生变形、损坏、脱轨。地震后,经检查电梯应能连续运行。如果发生强烈地震,要求和地震传感器连动的地震管制运行装置应能使电梯停靠到最近层,让乘客迅速避难,以保证人身安全,防止机器损坏。

电梯设备抗震设计时所用的外力,应将电梯各部分所承受的强制变形力考虑在内,该力是由地震产生的惯性力和建筑物的层间错动形成的。在建筑物的弹性变形范围内进行电梯设备的断面设计时,算得的应力不得超过短期容许应力。对于高层建筑,则要把弹性变形时,最大层间的变形角所产生的强制变形力考虑在内,并以此来设计构件断面。

(2) 如果发生JMT地震烈度为V度或VI度以上的大地震时,电梯不得发生过大的变形和明显的损坏或者脱轨,设备的重要功能也不得损坏。因此,在作抗震设计和施工时,要特别注意电梯的各个部分在强震时的动力特性。

如果发生使建筑物产生弹塑性变形范围内的地震，预计建筑物会出现约1/100弧度的层间变形角。地震以后，电梯运行可能会发生故障，但不得因建筑物的变形而损坏电梯的导轨和出入口，不得妨碍乘客的进出。

除了以上抗震设计和施工措施之外，还可通过和地震传感器连动的地震管制运行装置来救灾，它使运行中的轿厢尽快停靠到最近层，让乘客安全地离开轿厢，并防止设备的严重损坏。地震过后，使电梯很快恢复原有功能，这是一种非常有效的措施。近几年地震调查证明，凡装有此种装置的电梯，很少受到破坏。

因此，希望现有的电梯都能增设这一装置，特别是高层建筑和大型建筑物内的电梯或重要客梯和病床梯（参照3—5）。

现将以上阐述的问题归纳于下表：

表 2 抗震安全性的目标

地震的强度	地震发生频度	相当于JMT的地震烈度	建筑物的抗震设计目标	电梯的抗震设计目标
中等地震	在建筑物的使用年限中，可能发生若干次地震	V度的下限	保持建筑物的功能	保持电梯的功能，地震过后，按规定进行检查以后，能立即投入运行
大地震	在建筑物的使用年限中，很难遇到此类大地震	V度的上限 VI度以上	即使建筑物的部分构件出现裂纹，但也要防止建筑物全部崩塌、压坏、倾复，以保护人身安全	和地震传感器连动的管制运行装置，应把轿厢停靠到最近层。即使电梯遭到某些损坏，也不得发生重大功能故障，应能让乘客安全离开轿厢

1—3 抗震设计和施工

(1) 按照设计地震力进行设计和施工时，在电梯各个部件及构件内产生的应力和变形都应在材料的容许应力以内，或在规定的容许范围内。

(2) 设计地震力不得使电梯设备出现移位、倾复、脱轨等故障。

(3) 不得因为地震使主钢丝绳从绳轮上脱落。

(4) 地震时，随行电缆等不得因井道内的突出物而损伤，所以应对这些突出物增设防护措施。

解释：(1)在作电梯的抗震设计时，所用的设计力及其他荷载，在设备或构件内所产生的应力应控制在材料的短期容许应力以内。

对导轨来说，即使应力小于短期容许应力，而弯曲变形却超过规定值时，则会出现导轨脱离导轨的危险，所以必须保证导轨的弯曲变形不超过容许范围。

(2) 机房设备和井道支架等安装支承构件，地震时，应保证不使设备产生移位、倾复和脱轨。因此，施工时应按规定采用高强度支承件。

(3) 主钢丝绳不得因地震而从绳轮上脱落，因此，应对绳轮的构造作出适当规

定，这里所说的绳轮除了包括曳引轮之外，还包括卷筒、倒向轮、轿厢和对重的动滑轮等。

限速器绳和平衡绳虽不是主钢丝绳，但也应按主钢丝绳来对待。这类绳轮和张紧轮应采用同样的抗震措施。

(4) 随行电缆不得因地震的振动而和井道内的突出物接触而损坏。平衡绳或平衡链、限速器钢丝绳等也按此要求。此处所说的井道内突出物即导轨支架，安装井道设备的支撑构件以及厅站的地坎等，对于这些突出物应采取适当的措施。

1—4 容许应力

(1) 钢材、混凝土等的容许应力可按照建筑基准法施行令的规定，而地震荷载的容许应力则采用短期容许应力。

(2) 在地震荷载作用下，导轨的容许弯曲变形可按以下规定：

$$D_m = A - 0.5 \text{ (cm)} \dots\dots\dots (1)$$

式中 D_m —在地震荷载作用下导轨的容许弯曲变形

A —导轨的活动量

(3) 在机房和井道内安装设备时，所使用的地脚螺栓（埋在混凝土内）的容许荷载，可由实验所得的拉拔锚固力除以下表中的安全系数获得。

表 3 地脚螺栓的设计安全系数

地脚螺栓的用途	锚固力的安全系数
安装机房内的设备	7
安装井道内的设备	4

解释：(1)地震时，作用在设备和构件上的荷载可由自重、额定载荷和地震力的合力来计算，此合力所产生的应力应小于短期容许应力。因此，地震荷载的容许应力可采用短期容许应力。

钢材和混凝土的容许应力在建筑基准法施行令第90条、第91条和92条中有所规定，其具体数值在建设省第1794号（1980年11月27日）的标准强度中给出。受压材料的纵向弯曲容许应力与1799号文件（1980年12月1日）的规定相同。

(2) 在地震荷载作用下导轨的容许弯曲变形是以轿厢和对重不会从导轨上脱落为目标来规定的。因此，所谓导轨的弯曲变形必须由导轨本身的弯曲变形加上导轨支架和中间隔梁等支撑构件的弯曲变形之和来确定。

从导轨的横向间隙中减去0.5cm，就是容许弯曲变形值。这意味着制造和装配的误差，至少应保证导轨和导轨之间有0.5cm的横向间隙。

(3) 地脚螺栓一般采用机械加工的地脚螺栓。很少采用化学蚀刻加工的地脚螺栓。这类地脚螺栓的锚固力主要受混凝土的强度和施工的好坏所左右。为了确保安全，

容许锚固荷载可将试验测得的锚固力除以安全系数得到。

地脚螺栓的安全系数，机房用比井道用的要高。这是因为机房的动力设备和控制装置一旦发生移位或倾复，就会发生严重的破坏，而且不易修复，所以其安全性能要求高些。

地脚螺栓的容许荷载即短期容许破断应力乘以地脚螺栓的有效面积所得值。

二、设计地震力

2—1 设计地震力的计算

(1) 设计水平地震力可按下式计算，其作用点为设备的重心

$$F_H = K_H W \text{ (kg)} \dots\dots\dots (2)$$

式中 F_H —设计水平地震力

K_H —设计水平地震力系数

W —设备的重量

(2) 对机房设备来说，还应考虑垂直地震力，其计算方法可按下式进行

$$F_v = K_v \cdot W \text{ (kg)} \dots\dots\dots (3)$$

$$K_v = 1/2 K_H \dots\dots\dots (4)$$

式中 F_v —设计垂直地震力

K_v —设计垂直地震系数

解释：(1) 电梯设备的设计地震力，应把设备的地震响应(它是伴随着建筑物的地震响应一起发生的)计算在内。但一定要采用电梯设备的力学模型来计算，应用响应评价法来加以明确。为此本文决定采用地震系数法来代替复杂的计算方法。即规定设计水平地震力等于设备的重量乘上设计水平地震系数(以后还要讲述)，其作用点为设备的重心。

(2) 关于机房设备，应查明倾复的可能性，必将设计用垂直地震力考虑在内。

据观测，地震的垂直部分波形的最大振幅大多为水平部分的 $1/2 \sim 1/3$ ，而上部楼层的响应放大倍率在水平方向的变化并不大。因此，设计垂直地震力，可以用设计水平地震系数的 $1/2$ 乘以设备的重量来求得，其作用点同样也在设备的重心上。

2—2 设计用水平地震系数

(1) 凡设置在高度为60m以下建筑物内的电梯，其设计水平地震系数以标准地震系数为基础，取大于下式的计算值：

$$K_H = Z K_S \dots\dots\dots (5)$$

式中 K_H ——设计水平地震系数

Z ——地区系数(按表5选取)

K_S ——设计标准地震系数(按表4选取)

表 4 设计标准地震系数 K_S

设备设置地点		客梯和病床梯	货梯
机房设备	2层以上的楼层	1.0	1.0
	1层及地下室	0.4	0.4
井道设备	2层以上的楼层	0.6	0.45
	1层及地下室	0.4	0.4

电梯设计地震系数的计算可用楼层响应加速度（以下称楼层响应）来计算。即按面（2）项来计算。

（2）设在高度超过60m的建筑物内的电梯，其设计水平地震系数可用基于楼层响应 F_R 的（6）式来计算，应取计算比较大的值。

$$K_H = \frac{F_R}{g} K_2 \cdot I \dots \dots \dots (6)$$

式中： K_H ——设计水平地震系数

F_R ——各楼层响应加速度的最大值

g ——重力加速度

K_2 ——考虑设备响应放大倍率的系数

I ——重要性系数

附：

i) F_R 值可用基于建筑物弹性响应分析的楼层响应加速度的最大值。

ii) 井道设备的 K_H 值不得低于0.4。

iii) 机房设备的 K_H 值，按2.2（1）项选取。

iv) K_2 值的求取可先算出建筑物和设备的固有振动频率之比 f_b/f_m ，再按图 1 来求得。

v) I 值，通常取1.0，货梯则取0.75。

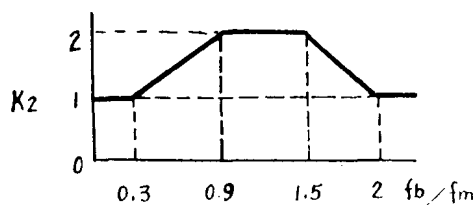


图 1 考虑电梯设备的响应放大倍率的系数

解释：（1）高度为60米以下建筑物的抗震计算，一般不采用地震响应分析的振

型分析来作抗震设计，因此建筑物的振型特性不能数字化。

设在高度为60m以下建筑物内的电梯的设计地震系数，可采用简便的方法来计算，但要把建筑物的振动特性考虑在内。

为此，设计标准地震系数，应考虑到不同地区的地震活动情况（用地区系数 Z 表示），日本不同地区的地区系数 Z 见表5，一般 Z 值取0.7~1。

（a）机房设备的设计标准地震系数

设在楼顶的机房设备，若处于地震烈度为 V 度上限的强震地区，估计会受到水平地震系数大于1的地震力，本文遵照建筑基准法施行令和抗震规定，将设计标准地震系数 K_s 规定为1.0。

对于设在二层以上楼层的机房（但不是设在顶层，故称中间层机房）设备，按照直线插入法递减设计抗震系数，使设计时避免了许多麻烦。为了提高强度的裕量，决定和顶层机房设备一样，采用设计标准地震系数。

对于1层或地下层的机房（下部机房）设备，其设计标准地震系数仍取0.3作为基准，而下述的井道（1层和地下层）设备，设计标准地震系数提高到0.4。

（b）井道设备的设计标准地震系数

井道设备的设计标准地震系数 K_s ，当在二层以上时取0.6（货梯采用0.45），对于1层和地下室，采用0.4。

作用在建筑物上层的井道设备上的地震力较大，可按照设备和建筑物的振动特性采取大于上述地震系数的地震力。

对于电梯来说，还有以下不同于其他建筑设备的特征：

i) 轿厢和对重不是简单振动系统，为使振动特性的非线性段衰减效果较好，应降低响应放大倍率。

ii) 导轨的地震荷载实际上是作用在上下导轨的二点上，计算时规定采用作用在三个跨度（span）中点上的应力值来计算弯曲变形。而作用在其他各点的载荷是减少弯曲变形的，所以是偏于安全的算法。

（2）高度超过60m的建筑物内的电梯，其设计水平地震系数可按下述方法来计算，该方法是以前述为基础的。而设计水平地震系数的最小值和低于60m的建筑物内的电梯一样，采用0.4。至于机房设备的设计水平地震系数，可按2.2（1）的规定。

（a）楼层响应

高度超过60m的建筑物的结构计算，可根据建筑基准法施行令第81条之2的特别说明，必须确认它的结构受力是安全的。对几种地震运动波形进行响应分析时，往往采用验算抗震安全性的方法。

因此，设在高度超过60m的建筑物内的电梯应根据动力分析所取得的数据来进行抗震计算。

具体的方法是按本文所述，根据各楼层响应的最大值，算出设计水平地震系数。楼层响应可从地震波的动力分析取得各层楼板的震动强度，一般用加速度 gal 来表示。此值系根据该建筑物的弹性响应分析求得〔地震输入的最大振幅往往发生在加速度为200~250 gal ，速度为25~30 $Kine$ 时， gal （伽）（ cm/sec^2 ）， $Kine$ （节）（ cm/sec ）〕，由于不同

表 5

地区系数 (Z)

	地 方	数值
(1)	(2) ~ (4) 以外的地方	1.0
(2)	北海道内 青森县内 秋田县 山形县 福島县内 新潟县 富山县内 石川县内 轮岛市 珠洲市 凤至君 珠洲君 岛取县内 米子市 仓吉市 境港市 东伯君 西伯君 日野君 岛根县 冈山县 广岛县 德岛县内 美马君 三好君 香川县内 高松市 丸龟市 坂出市 善通寺市 观音寺市 小豆君 香川君 绫歌君 冲多度君 三丰君 爱媛县 高知县 熊本县 (除去(3)所列举的市和君) 大分县 (除去(3)所列举的市和君) 宫崎县	0.9
(3)	山口县 福冈县 佐贺县 长崎县 熊本县内 八代市 荒尾市 水俣市 玉名市 本渡市 山鹿市 牛深市 宇土市 饱托君 宇土君 玉名君 鹿本君 苇北君 天草君 大分县内 中津市 日田市 丰后高田市 杵筑市 宇佐市 西国东君 东国东君 速见君 下毛君 宇佐君 鹿儿岛县 (除去名濑市和大岛郡)	0.8
(4)	冲绳县	0.7

的地震运动,其波形的响应是不同的,原则上可用图 2 所示的建筑物例子,但应采用波形的最大响应值。

然而,楼层响应沿着建筑物的短边或长边有所不同,因而要注意设备方向不同时其振动特性也有所不同,应从短边方向或长边方向,选择其中一个楼层响应。

(b) 设计水平地震系数

固定在建筑物内的设备,直接承受上述地震加速度。一般情况下,设备的振动特性有振动放大的性能,此放大的比率称为设备的响应放大倍率。

由于设备不是简单的振动系统,所以正确评价设备的响应放大倍率是困难的,当计算设计水平振动系数时,可用本文叙述的考虑设备响应放大倍率的系数 K_z 。

(c) K_z 值

K_z 的计算可用建筑物的固有振动频率 f_b 和设备的固有振动频率 f_m 按图 1 来求取。

建筑物的固有振动频率可从该建筑物的特征值分析中取得,如果固有振动周期已给出,则可按下式求得。

$$f_b = \frac{1}{T_B} \quad (\text{Hz}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

如果不知道建筑物的固有振动周期(固有振动频率),可用下式求取:

$$T_B = (0.02 + 0.01a) H \quad (\text{秒}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中, a 是该建筑物的钢结构层(大部分柱子和梁由钢结构建造)的总高度和建筑物的高度 H (除地下层)之比。

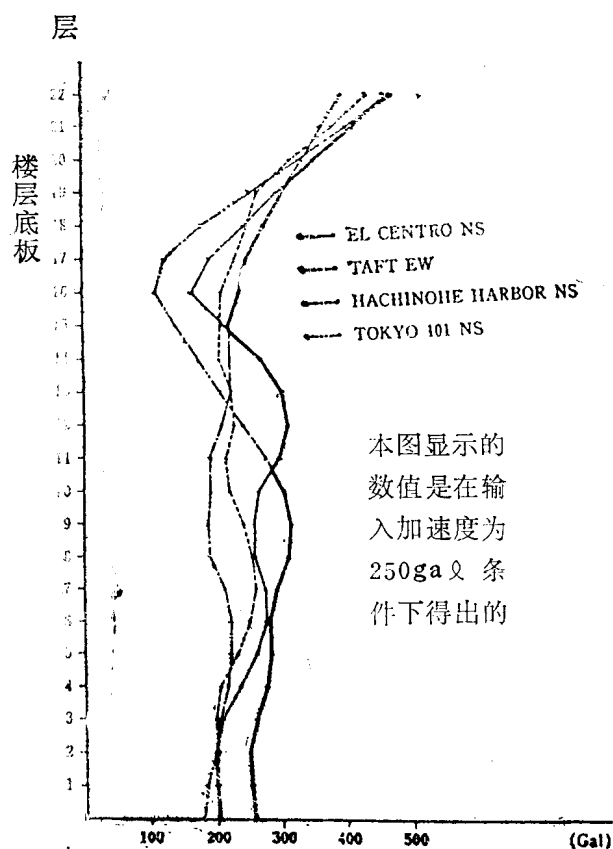
设备的振动频率的选取,必须对设备进行实验后再确定。但根据历次的实验和计算,其结果大致都在表 6 的范围内。所以,如果不知道 f_m 值,可以采用表内最安全的值(通常用下限值)。

表 6 电梯设备固有频率 f_m 的值

设备名称	固有振动频率 f_m	备 注
曳引机	3—5 (Hz)	防震支承
发电机	4—5 (Hz)	防震支承
控制柜	6—12 (Hz)	固定支承
轿 厢	1.5~4 (Hz)	
对 重	2—5 (Hz)	

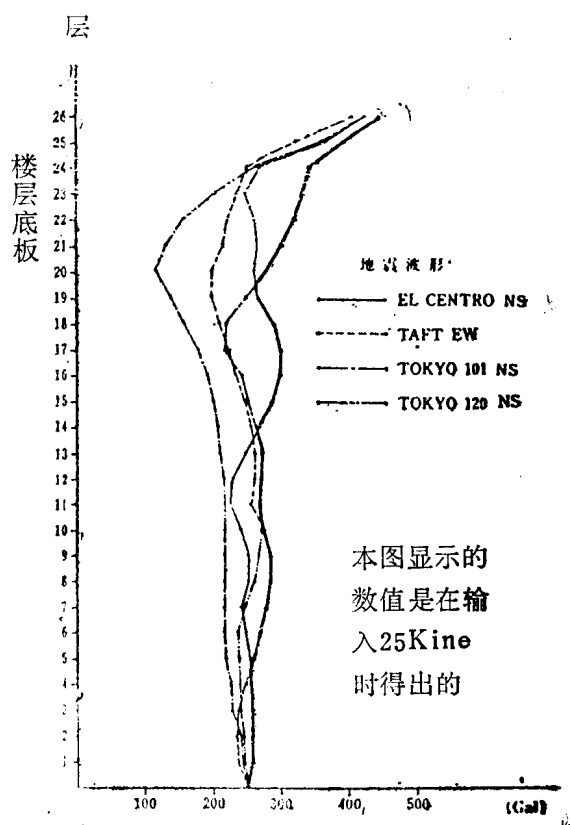
(d) 重要度系数

设在高度超过60m以下的建筑物内的电梯,如果是客梯、病床梯和货梯的话,则其设在井道内的设备(指2层以上的楼层)所用的设计标准地震系数和设在高度超过60m的建筑物内的电梯设备同样处理,但其设计标准地震系数应乘以0.75。



最大底板响应加速度（楼层响应）

(1) 输入波形的最大加速度振幅
250cm/s²



最大底板响应加速度（楼层响应）

(2) 输入波形的最大速度振幅
25kine

图 2 建筑物的楼层响应实例

注 1、图中，将 4 种地震波和地震输入的最大振幅 250gal 和 25kine 来进行建筑物的响应分析，所取得的结果列于楼层响应图上。图中以粗线表示最大值。