



CECS 160 : 2004

中国工程建设标准化协会标准

建筑工程抗震性能化设计通则 (试用)

General rule for performance-based seismic
design of buildings



中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

建筑工程抗震性能化设计通则 (试用)

General rule for performance-based seismic
design of buildings

CECS 160 : 2004

主编单位:中国地震局工程力学研究所

中国建筑科学研究院工程抗震研究所

哈 尔 滨 工 业 大 学

批准单位:中国工程建设标准化协会

试用日期:2 0 0 4 年 8 月 1 日

中国计划出版社

2004 北 京

中国工程建设标准化协会标准
建筑工程抗震性态设计通则

CECS 160 : 2004

☆

中国地震局工程力学研究所
中国建筑科学研究院工程抗震研究所 主编
哈 尔 滨 工 业 大 学

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906413 63906414)

新华书店北京发行所发行

北京海洋印刷厂印刷

850×1168 毫米 1/32 12 印张 311 千字
2004 年 4 月第一版 2004 年 4 月第一次印刷
印数 1—5100 册

☆

统一书号:1580058 · 563

定价:50.00 元

前 言

根据中国工程建设标准化协会(2002)建标协字第 34 号文下达的任务,制订本通则。

本通则是在国家自然科学基金“九五”重大项目(编号 59895411)、地震科学联合基金“九五”重点项目(编号 9507444)、中国地震局“九五”重点项目(编号 95-05-01-04)和科学技术部项目(编号 2001DEB20060)的研究基础上,经对美国、日本、欧洲和中国台湾的建筑抗震设计规范和模式规范进行分析研究后,结合中国的抗震经验和研究成果,按基于性态的抗震设计思想编制的,反映了当代工程结构抗震设防的水平。从科研到编制经历了 8 年时间,有数十位工程抗震专家参与工作,先后举行过 11 次学术研讨会,召开过 34 次编制组工作会议。在定稿前,较广泛征求了国内专家的意见,并经专家审查会议通过。

根据国家计委[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求,现批准发布协会标准《建筑工程抗震性态设计通则》,编号为 CECS 160:2004,推荐给工程设计、施工、使用单位试用。

本通则是一本自愿采用的试用标准,主要适用于工业与民用建筑和部分构筑物基于性态的抗震设计。本通则规定的抗震性态设计原则也适用于土木工程结构,可作为今后制订各类工程结构抗震性态设计标准的一种模式。

建筑工程抗震设计时,首先应遵照执行现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。当建筑工程设计中需要试用基于性态的抗震设计时,或某些问题在现行国家标准中没有具体规定时,可以采用本通则的规定。

本通则中用黑体字印刷的条文是直接涉及人身、财产安全的重要条文,当采用本通则时,必须严格执行。

本通则由中国工程建设标准化协会工程抗震专业委员会 CECS/TC29 归口管理,由中国地震局工程力学研究所(哈尔滨市学府路 29 号,邮编 150080)负责解释。在试用中如发现需要修改或补充之处,请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位: 中国地震局工程力学研究所
中国建筑科学研究院工程抗震研究所
哈尔滨工业大学

参 编 单 位: 同济大学
中国建筑东北设计研究院
中国轻工业北京设计院

主要起草人: 谢礼立 王亚勇(以下按姓氏笔画排列)

王孝信 尹之潜 刘曾武 江近仁

陈 键 范立础 周雍年 张克绪

张敏政 张耀春 洪 峰 高光伊

高连玉 谢君斐 戴国莹

中国工程建设标准化协会

2004 年 5 月 25 日

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(3)
2.1	术语	(3)
2.2	符号	(4)
3	抗震设计基本要求	(7)
3.1	抗震设防	(7)
3.2	场地影响和地基基础	(9)
3.3	抗震结构体系	(10)
3.4	非结构构件	(12)
3.5	材料与施工	(12)
3.6	隔震建筑	(12)
3.7	质量控制	(13)
3.8	强震观测系统	(14)
4	场地类别评定和地震影响系数	(15)
4.1	场地分类	(15)
4.2	建筑场地地震影响系数	(17)
4.3	地震加速度时程	(22)
5	地基基础	(24)
5.1	一般规定	(24)
5.2	A类和B类基础抗震设计	(25)
5.3	C类基础抗震设计	(25)
5.4	D类和E类基础抗震设计	(26)
6	地震作用和结构抗震验算	(27)
6.1	一般规定	(27)

6.2	水平地震作用计算的底部剪力法	(37)
6.3	水平地震作用计算的振型分解法	(42)
6.4	竖向地震作用的计算	(44)
6.5	土-结构相互作用效应	(46)
6.6	建筑结构抗震验算	(51)
6.7	非建筑结构抗震验算	(56)
7	钢结构	(60)
7.1	一般规定	(60)
7.2	钢结构构件	(62)
7.3	钢结构节点	(65)
7.4	钢结构的抗震构造	(67)
7.5	质量控制	(70)
8	钢筋混凝土结构	(72)
8.1	一般规定	(72)
8.2	钢筋混凝土结构的抗震设计类别	(74)
8.3	钢筋混凝土结构的承载力	(75)
8.4	钢筋混凝土结构的抗震构造	(78)
8.5	装配式钢筋混凝土结构	(82)
8.6	质量控制	(84)
9	钢-钢筋混凝土组合结构	(85)
9.1	一般规定	(85)
9.2	型钢混凝土结构构件	(86)
9.3	钢管混凝土结构构件	(88)
9.4	组合接头	(88)
9.5	组合结构	(89)
9.6	E类结构抗震设计	(90)
9.7	质量控制	(90)
10	砌体结构	(92)
10.1	一般规定	(92)

10.2	构造柱和芯柱	(94)
10.3	圈梁	(96)
10.4	墙体	(98)
10.5	梁、柱和楼(屋)盖	(99)
10.6	墙体抗震验算	(101)
10.7	质量控制	(104)
11	隔震房屋	(107)
11.1	一般规定	(107)
11.2	计算要点	(109)
11.3	构造措施和施工要点	(115)
11.4	隔震元件的质量控制	(116)
12	非结构构件	(118)
12.1	一般规定	(118)
12.2	建筑构件	(121)
12.3	机械和电气部件	(124)
12.4	玻璃幕墙	(129)
12.5	质量控制	(130)
附录 A	我国主要城市抗震设防烈度、设计基本地震加 速度、特征周期分区和地震危险性特征分区	(132)
附录 B	场地分类和场地特征周期 T_g	(204)
附录 C	土层剪切波速的确定	(206)
附录 D	场地反应谱的阻尼修正	(208)
附录 E	推荐用于 I、II、III、IV 类场地的设计地震动	(209)
附录 F	叠层橡胶隔震支座的等效失稳临界 应力 σ_{cr} (MPa)	(211)
	本通则用词说明	(215)
	条文说明	(217)

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行《中华人民共和国建筑法》和《中华人民共和国防震减灾法》，实行以预防为主的地震工作方针，适当增加居民稠密的建筑的抗震能力和改善重要设施的抗震性能，使其在地震时及地震后能基本保持预定的使用功能，使所有建筑结构在遭受地震袭击时对生命的危害和社会经济的影响降到最低程度，制定本通则。

按本通则进行抗震设计的建筑结构，当遭受本地区多遇地震、抗震设防地震或罕遇地震的影响时，能按设计要求保证安全，基本上实现其预定的功能目标。

1.0.2 本通则适用于抗震设防烈度不大于 9 度（设计基本地震加速度值不大于 $0.40g$ ）地区建筑工程的抗震设计、隔震设计及其质量控制。

本通则第 1~6 章中有关抗震设计的基本原理、原则和方法，也可供其他土木工程（如桥梁、水工结构等）抗震设计参考应用。

注：1 位于抗震设防烈度低于 7 度或设计基本地震加速度值小于 $0.10g$ 的一户和两户独立的住宅可不遵守本通则的规定；

2 位于抗震设防烈度 6 度或设计基本地震加速度值小于 $0.05g$ 的地震区的建筑物只须遵守本通则第 6.1.4 条(2)款对 A 类建筑的规定；

3 无人居住的临时建筑可不遵守本通则的规定。

1.0.3 新建和改、扩建的建筑工程应按下列要求进行抗震设计，承建人应提交供确认已符合这些要求的设计文件：

(1)新建建筑应符合本通则的全部要求。结构系统（包括基础、框架、墙、楼面和屋盖等部件）的分析和设计应符合本通则第 5 章和第 6 章的有关要求。结构、结构构件及其材料应符合本通则第 7 章至第 11 章的设计和施工要求。建筑、电气和机械系统，包

括租用人和房主改建的构件设计应符合本通则第 12 章的规定。

(2) 现有建筑的改、扩建部分,如在结构上独立于现有建筑结构,应符合本通则对新建建筑的规定。

(3) 改、扩建部分在结构上不独立于现有建筑结构时,应同时符合下列三个要求,否则整个建筑应符合本通则对新建建筑的相应要求:

1) 改、扩建部分符合本通则对新建建筑结构的要求;

2) 改、扩建后现有建筑结构中的任一结构构件的地震作用不增加,或构件在承受增加的地震作用后仍符合本通则的有关规定;

3) 改、扩建部分不应导致现有建筑结构任一结构构件抗震能力的降低,或构件的抗震能力不低于对新建建筑结构的抗震要求。

(4) 当建筑的用途改变时,应符合相应建筑使用功能类别的抗震要求。

1.0.4 按本通则的规定进行建筑工程抗震设计和隔震设计时,尚应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《构筑物抗震设计规范》GB 50191 等中与本通则不相抵触的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 抗震设防烈度 seismic fortification intensity

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。

2.1.2 地震作用 earthquake action

由地震引起的在结构及其地基上的动力作用,包括水平地震作用和竖向地震作用。

2.1.3 设计地震动参数 design ground motion parameters

抗震设计采用的地震加速度(速度、位移)时程曲线、加速度场地设计反应谱和峰值加速度。

2.1.4 抗震性能水平 aseismic performance levels

对所设计的建筑物,针对可能会遇到的特定设计地震作用规定的最低性能要求和容许的最大破坏(或变形)。

2.1.5 抗震设计类别 category of seismic design

根据设计地震动参数和建筑使用功能,对建筑设计的防御标准所作的分组。

2.1.6 抗震建筑重要性分类 classification of importance for aseismic buildings

建筑抗震设计中,根据建筑遭遇地震后可能产生的后果对社会、政治、经济的影响程度及其在抗震救灾中的作用对建筑所作的分类。

2.1.7 设计基本地震加速度 basic design ground motion acceleration

50 年设计基准期内超越概率为 10% 的地震加速度的设计取

值。

2.1.8 场地 site

工程群体所在地。大体相当于一个厂区、居民点或自然村的范围,同一类场地应具有相似的设计谱特征。

2.1.9 建筑场地设计谱 site dependent design spectrum

抗震设计中采用的,根据自由地面上取得的地震加速度记录,取阻尼比为 0.05 的绝对加速度反应谱值与地震动加速度峰值之比的统计平均值,经平滑化和规一化后形成的谱。

2.1.10 设计谱特征周期 characteristic period of design spectra

场地设计谱下降段起始点所对应的周期值。其数值受地震震级、震中距、场地类别等因素的影响。

2.2 符 号

2.2.1 地震和地震动

I ——地震烈度;

M ——地震震级;

T_g ——特征周期;

A ——地震加速度;

g ——重力加速度;

v ——土层剪切波速度;

β ——场地设计谱。

2.2.2 作用和作用效应

F ——结构地震作用;

G ——结构重力荷载;

S_E ——地震作用效应;

M ——弯矩;

M_{ov} ——倾覆力矩;

V ——剪力;

N ——轴向力；
 S ——地震作用效应与其他荷载效应的基本组合；
 T ——扭矩；
 σ ——正应力；
 τ ——剪应力；
 ϵ ——正应变；
 γ ——剪应变；
 u ——侧移。

2.2.3 材料性能和结构抗力

f ——材料强度(包括地基承载力)；
 m ——质量；
 ρ ——质量密度；
 γ ——重力密度；
 E ——弹性模量；
 G ——剪变模量；
 K ——结构(构件)的刚度；
 R ——结构构件承载力。

注：对作用和材料强度的标准值，尚应加下标 k 。

2.2.4 几何参数

A ——构件截面面积；
 A_n ——构件净截面面积；
 A_s ——钢筋截面面积；
 b ——构件截面宽度；
 d ——土层深度或厚度，钢筋直径；
 h ——计算楼层层高，构件截面高度；
 l ——构件长度或跨度；
 t ——抗震墙厚度，楼板厚度；
 B ——结构总宽度；
 H ——结构总高度，柱高度；

I ——截面惯性矩；

L ——结构总长度；

W ——截面模量；

W_p ——截面塑性模量。

2.2.5 计算系数

α ——水平地震影响系数；

$\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值；

$\alpha_{v\max}$ ——竖向地震影响系数最大值；

γ_0 ——结构重要性系数。

2.2.6 其他

i, j, m ——序数；

n ——总数，如楼层数，墙体数等；

$P(\cdot)$ ——事件 $(\cdot)$ 的概率；

N ——贯入锤击数；

T ——结构自振周期；

X_{ji} ——位移振型坐标(j 振型 i 质点的 x 方向相对位移)；

Y_{ji} ——位移振型坐标(j 振型 i 质点的 y 方向相对位移)；

ω ——结构自振圆频率。

3 抗震设计基本要求

3.1 抗震设防

3.1.1 建筑结构应按本节要求确定设计地震动参数、抗震设计类别和建筑重要性类别,以明确其抗震设防的水平。

注:抗震设防指为使建筑工程在地震作用下能按设计要求实现预定功能所采取的防御措施。

3.1.2 建筑结构的设计地震动参数应按下列方法确定:

(1)建筑场地的设计地震动参数应根据建筑所在地点的地震动参数分区给出的设计基本地震加速度或相应的抗震设防烈度,按照建筑重要性分类、场地设计谱和特征周期 T_g 的分区确定。

(2)对作过抗震设防区划或地震安全性评价的城市、地区和厂矿,应按经批准的抗震设防烈度或设计地震动参数并根据建筑重要性类别确定抗震设计用的设计地震动参数。

(3)建筑场地的设计地震动参数应按本通则第4章提供的方法确定。

3.1.3 抗震建筑使用功能的分类应符合下列要求:

(1)建筑应根据其使用功能分为四个类别:

Ⅳ类,地震时或地震后使用功能不能中断或存放大量危险物品或有毒物品的建筑,一旦因地震破坏而导致这些物品的释放和外逸会给公众造成不可接受的危害。这些物品包括有毒的气体、爆炸物、放射性物品等。一些放有少量这样物品的实验室不列入此类。

Ⅲ类,地震后使用功能必须在短期内恢复的或对震后运行起关键作用的建筑或人口稠密的建筑场所,如医院、学校、消防站、警察局、通讯中心、应急控制中心、救灾中心、发电厂、自来水厂、体育

馆、大型影剧院、会议中心等。有些放有危险物品的设施,如果它们的外释范围能得到控制而且对公众的危害不大,也列入这一类,如炼油厂、芯片制造基地等。

Ⅱ类,除了Ⅳ类、Ⅲ类和Ⅰ类以外的建筑和设施均属此类。

Ⅰ类,地震时破坏不危及人的生命和不造成严重财产损失的建筑,如一般仓库等。

(2)不同使用功能类别的建筑在各级地震动水平下的最低抗震性能要求应按表 3.1.3 采用。

(3)当建筑有多种用途时,应取其最高的使用功能类别进行设计。

(4)当使用功能为Ⅳ类的抗震建筑的工作通道需要通过相邻建筑时,相邻建筑应符合Ⅳ类使用功能的要求。当工作通道与其他建筑的距离小于 5.0m 时,使用功能属于Ⅳ类的抗震建筑应对可能来自邻近建筑落下的碎片采取防护措施。

表 3.1.3 各级地震动水平下的最低抗震性能要求

地震动水平	抗震建筑使用功能			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
多遇地震 (T_{MJ} 年超越概率为 63%)	基本运行	充分运行	充分运行	充分运行
抗震设防地震 (T_{MJ} 年超越概率为 10%)	生命安全	基本运行	运行	充分运行
罕遇地震 (T_{MJ} 年超越概率为 5%)	接近倒塌	生命安全	基本运行	运行

注:1 表中 T_{MJ} 是由建筑重要性类别规定的年限,根据这个年限和给定的超越概率,可确定相应重要性类别的设计地震动参数。对重要性类别为丙类的建筑,取 $T_{MJ}=50$ 年;乙类的建筑,取 $T_{MJ}=100$ 年;甲类的建筑,取 $T_{MJ}=200$ 年。

- 充分运行指建筑和设备的功能在地震时或震后能继续保持,结构构件与非结构构件可能有轻微的破坏,但建筑结构完好。
- 运行指建筑基本功能可继续保持,一些次要的构件可能轻微破坏,但建筑结构基本完好。
- 基本运行指建筑的基本功能不受影响,结构的关键和重要部件以及室内物品未遭破坏,结构可能损坏,但经一般修理或不需修理仍可继续使用。

5 生命安全指建筑的基本功能受到影响,主体结构有较重破坏但不影响承重,非结构部件可能坠落,但不致伤人,生命安全能得到保障。

6 接近倒塌指建筑的基本功能不复存在,主体结构有严重破坏,但不致倒塌。

3.1.4 建筑的抗震设计类别,应根据设计地震动参数和建筑使用功能类别的要求,按表 3.1.4 确定。

表 3.1.4 抗震设计类别

设计地震加速度值 $A(g)$ (T_M 年超越概率为 10%)	建筑使用功能分类			
	I	II	III	IV
$A \leq 0.05$	A	A	A	B
$0.05 < A \leq 0.10$	A	B	B	C
$0.10 < A \leq 0.20$	A	C	C	D
$0.20 < A \leq 0.30$	B	C	D	E
$0.30 < A \leq 0.40$	B	D	E	E

注:1 $A > 0.40g$ 的情况应作专门研究;

2 抗震设计类别 E 为最高的抗震设计标准;抗震设计类别的应用,在以后相应章节具体规定。

3.1.5 抗震建筑重要性的分类,应根据建筑物对社会、政治、经济和文化影响的重要性分为甲、乙、丙、丁四个类别。具体分类应按现行国家标准《建筑抗震设防分类标准》GB 50223 和其他有关规定执行。

3.2 场地影响和地基基础

3.2.1 场地应按对建筑抗震的影响,划分为有利、不利和危险地段,并应符合下列规定:

(1)坚硬土或开阔、平坦、密实均匀的中硬土地段,应划为有利地段。

(2)软弱土、液化土、条状突出的山咀,高耸孤立的山丘,非岩质的陡坡、河岸和边坡边缘,平面上分布成因、岩性、状态明显不均匀的故河道、断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷及半填半挖地基等地段,应划为不利地段。