

学术思想

在抗震规范中不用地震烈度的一个建议^{*}

摘要 本文回顾了地震烈度在我国抗震规范中的作用,并从抗震理论的发展角度指出地震烈度概念与规范对地震动的规定之间的矛盾,以及对进一步改进的束缚这一矛盾主要表现在地震烈度要求简单而综合,但抗震设计则要求分清引起结构破坏的不同因素,以便对症下药地采取有效措施。文中提出在抗震规范中不再采用烈度而直接规定地震动参数进行计算,按震级与震中距离规定抗震构造措施。最后,本文在借用国外地震动观测资料上对比了现行规范与建议方法的合理程度,并以一个具体例子对比了两种方法的结果。

地震烈度的含义和作用

人们需要了解地震时震害轻重和地震动强弱的分布情况,从而提出了地震烈度这个概念。它是地震时包括震害在内的多种宏观地震现象的总和,它是地震后果的描述,并通过它来表示地震动的强弱。

地震烈度是用地震烈度表定义的。表 1 是从我国过去几十年来采用的“新的中国地震烈度表”^[1]中摘录出来的。地震烈度表通过人的感觉、器物的反应、人工结构物的损坏、与地表现象的变更等四类宏观现象的强弱程度的定性描述,综合地加以 12 个等级的划分,定义为烈度 1 至 12。这样定义

本文发表于《建筑结构学报》,1983 年,第 1 期,第 32—39 页

的烈度不是一个物理量，而只是一个宏观的、综合的、粗略的等级；和我们日常生活中使用的风级十分相似。它的优点是简单，可粗略地反映一种平均趋势。

表 1 新的中国地震烈度表（部分摘录）

烈度	房 屋	结 构 物	地 表 现 象	其 他 现 象
6	Ⅲ类房屋许多轻微损坏……	个别情况下，道路上湿土中或新填土中有细小裂缝……	特殊情况下，潮湿、疏松的土中有细小裂缝……	很多人从室内跑出，行动不稳……
7	Ⅲ类房屋大多数轻微损坏，许多损坏，可能有破坏	个别情况下，道路上有小裂缝	干土中有时产生细小裂缝	人从室内仓皇逃出
8	Ⅲ类房屋大多数损坏，少数破坏，可能有倾倒	路堤和路堑的陡坡上有不大的塌方	地上裂缝宽达几厘米	人很难站得住……家具移动
9	Ⅲ类房屋许多破坏，少数倾倒	道路上有裂缝	地上裂缝很多，宽达 10 厘米	家具翻倒并损坏

在抗震工作中，烈度这个概念是 50 年代从苏联引入我国的。1957 年，谢毓寿提出了“新的中国地震烈度表”，开始进行全国地震烈度区划，并在我国 1957 年抗震规范草案中引入了以烈度为指标的抗震设计方法。在这一段时期内，整理了我国近千年的地震历史资料，其中包括确定多次历史强震的地震烈度分布，绘出了等烈度线图，从而得到烈度衰减规律；另外，还确定了震中位置，并从震中烈度 I_0 换算出地震的震级 $M = 0.66I_0 + 0.98$ 。这些资料对我国地震活动性的研究极为宝贵。

我国的第一个抗震规范草案编制于 1957 年，在地震烈度方面，也搬用了当时苏联的经验，把根据全国地震活动性确定的各地点的烈度称为基本烈度，把考虑局部场地条件而调整后的烈度称为场地烈度，把考虑结构物重要性再调整的烈度称为设计烈度，然后按照设计烈度规定设计地震动最大加速度 a 与重力加速度 g 之比，即地震系数 $k = a/g$ 的数值，以及结构物的抗震构造措施。1959 年的抗震规范草案在计算中引入了反应谱 $\beta(T)$ ，但它与烈度或场地条件均无关系，在通常假定结构阻尼比为 5% 的条件下，它仅

为结构自振周期 T 的函数. 1964 年的规范草案认为场地条件的影响不是烈度的调整, 而是反应谱的调整, 如图 1 所示, 因而废弃了场地烈度这个名词. 1974 年规范草案和现行的 1978 年规范草案在烈度问题上大体沿用了 1964 年规范草案, 但将场地土的分类由 4 类改为 3 类, 如图 1.

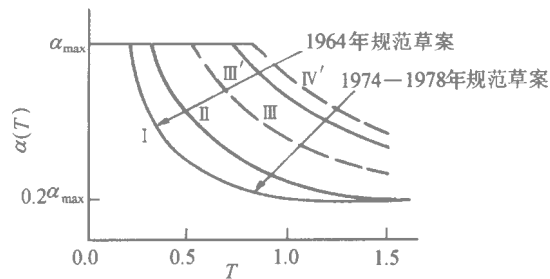


图 1 我国抗震规范关于反应谱的规定

烈度	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ
$\alpha_{\max}$	0.23	0.45	0.90

地震烈度作为地震动指标的矛盾

地震力理论从 20 年代起到现在, 经过了静力理论和反应谱理论 (形状不变的和可变的反应谱), 而到时间过程理论. 在静力理论与不变的反应谱理论阶段, 工程设计对地震动特性只规定了一个独立的变量, 即地震动最大加速度, 在此阶段, 地震动的工程要求与烈度概念之间并无根本性质的矛盾. 但是, 大约在 60 年代中期, 国内外地震工程界普遍认为地震动的重要特性至少应该包括地震动的幅值 (最大加速度或速度)、频谱组成和持续时间这三种独立参数, 不少规范已经采用了独立变化的加速度与反应谱.

国际上几十年的强震观测资料已经充分说明, 平均而言, 烈度相差一度, 最大加速度相差约一倍, 但离散性极大, 同一烈度所对应的最大加速度可以相差几十倍甚至百倍, 如图 2 所示^[2]. 这一结果表明, 加速度最大值仅仅只是影响烈度的因素之一, 图 3 表明, 除了通过加速度之外, 震级 M 还在通过其他地震动参数独立地影响着烈度. 这就是本文所说的当抗震理论要求考虑多个独立的地震动因素时, 以简单和综合为目的的烈度概念就与这种工程要求有了根本的矛盾. 下面分别从四个方面来阐明这一点.

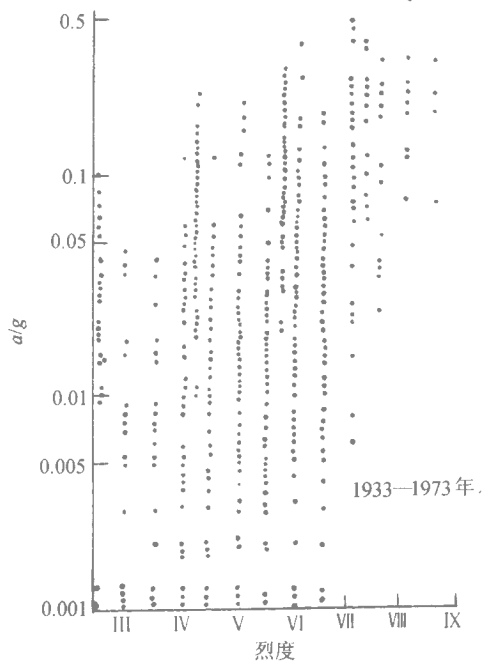


图 2 烈度与加速度的关系

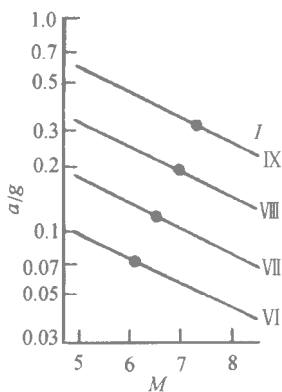


图 3 烈度、震级与加速度的关系

第一，地基失效与烈度。早在 60 年代有人就曾经指出 [3,4]，在抗震设计中应该区分由结构振动引起的破坏和由地基失效引起的破坏。在宏观调查中，地基失效将使烈度提高。对于这一问题，地震工作者与抗震工作者早就有过不同的意见。典型的例子是 1959 年美国 Hebgen 湖地震，断层破裂露出地表，并使附近山坡产生大滑坡，使河流堵塞；1952 年美国 Kern County 地震，断层破裂穿过几处隧道，因而使这些具体地点的烈度高达 IX 或 X 度。权威的地震学家认为，对隧道破坏的小面积地区评定为这样高的烈度是公正的，虽然它们附近最多不过 VIII 度“首先，

因为影响是地震的直接表现,且充分满足烈度表中这一烈度的规定;第二,……从人类财产来看,地震的重要事实是它产生的震害,而不是其总能量或其波动的最大加速度。是破裂而不是振动引起了主要震害这一事实,对地震学家而言,理由太不充足,而不能降低烈度。”[5]

按照烈度表所定义,把地基失效引起的宏观现象包括在烈度之内,是言之有理的。地震烈度本来就是地震学家们为他们的目的而提出来的,问题在于抗震工作者按照自己的理解去使用它为另一目的服务,这是我们使用不当的缘故。

在抗震设计中,我们力图对症下药地采取抗震措施。对于因结构振动引起的破坏,药方是通过提高结构强度或改变刚度来提高结构物薄弱环节的抗震能力;对于地基失效,若仍采用这一药方则常失灵,这时的药方应该是场地选择、地基加固或特殊设计。我国抗震规范虽然已经这样规定,但是无法消除由于地基失效而使烈度评定过高的现象,因为烈度是地震学家们评定的。

第二,精与粗的矛盾。地震烈度的精度只能是一整度,地震学家都接受这一精度。在抗震工作中,一度之差相当于“地震荷载”相差 100%,抗震工作者不满足于这一精度。

第三,频谱可变性与烈度的根本矛盾。作者曾经指出^[6]我国现行规范中存在的这一矛盾。简单说来,例如在一次地震中,按照现行规范的理解,Ⅲ类地基上的Ⅷ度地区的震害将远大于Ⅰ类地基上的Ⅷ度地区的震害,因为,如图 1 所示,Ⅲ类地基上的反应谱面积远大于Ⅰ类。同属一烈度,震害却明显不同,这就与烈度是衡量震害的概念产生了根本的矛盾。

第四,烈度概念束缚了对地震动规定更多的独立因数,如持续时间或考虑震中距离对反应谱形状的影响。现在人们大多同意强地震动的持续时间与反应谱形状对结构物震害有重要影响,可是持续时间与反应谱形状都是地震震级、震中距离与场地条件的函数,不能从烈度来确定。图 4 给出了部分持续时间的统计结果^[7,8]。图 5 给出了工程力学研究所周雍年最近得到的关于震级与震中距离对反应谱形状的影响,所用强震观测数据得自 1976 年唐山地震及其余震。

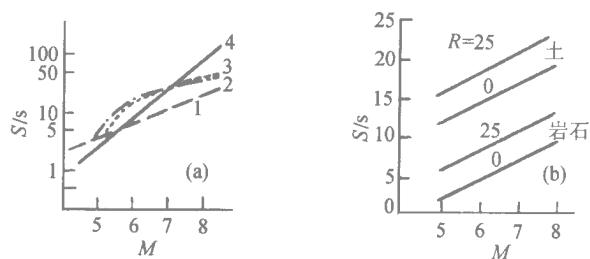


图 4 持续时间与震级、距离的关系

(a) 1—Gutenberg-Richter $\lg S = 0.25M$ (b) Trifunac Brady
2—Housner $S = 11M - 52$
3—Ambrassegs-Sarma $S = 11.5M - 53$
4—小林啓美 $\lg S = 0.5M - 2.08$

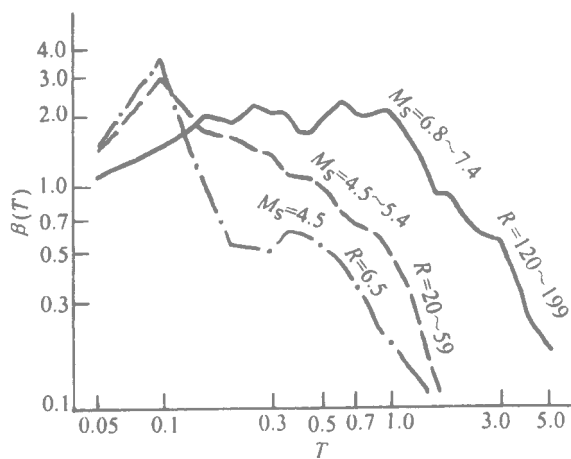


图 5 反应谱与震级 M 、震中距 R 的关系
(R 单位为 km , T 单位为 s)

在抗震规范中直接采用地震动参数

发现烈度的这种矛盾后，人们第一个想法是调和这一矛盾，如修改烈度的定义，认为它只由短周期的平房的震害所定义 降低 III 类场地设计反应谱的平台 $\alpha_{\max}$ 值，以减缓矛盾；或者否认或容忍这种矛盾。作者认为，合理的方案是在抗震规范中不再采用地震烈度这个概念，而直接使用地震动参数和

地震物理量。作者还认为，这一方案是可行的，而且在结构设计中是有先例的。在结构抗风设计中，人们并不采用风级这个与震级极为相似的概念，而是直接采用风压或风速，让风速这个简单粗略的概念广泛使用于群众日常生活。我们有什么理由不可以采用相似的方式，让地震学家与群众地震预报继续使用烈度、而在抗震规范中直接规定设计上要求的物理量呢？

在抗震规范中不用烈度而直接使用地震动物理量，还是国际上的共同趋势。日本在其抗震规范中从来就不采用烈度；美国在其抗震规范中也是按地震分区(从 0 至 4 共 5 个区)直接规定地震动加速度的，过去他们的分区是按烈度进行的，但其最新的 ATC-3 样板规范则是按地震动分区的，这一分区已在最近的石油结构抗震规范中采用。根据 1980 年国际抗震规范汇编所载的 33 个国家和地区的规范统计，直接采用地震动参数而不用烈度概念的有 18 个，占 1/2 强。

在我国现行抗震规范中，烈度有三个用途。第一，从全国烈度区划图来确定建筑场地的烈度；第二，通过烈度规定地震动加速度 a 或 $\alpha_{\max} = \frac{a}{g} \cdot \beta_{\max}$ ，如图 1 第三，按地震烈度规定结构抗震构造措施。下面分别阐述不采用烈度后如何代替这三项规定。

1. 采用地震动等加速度线图代替烈度区划图以满足前两项的要求

在我国有关部门编制烈度区划图时，先编制地震危险区划图。在危险区划图中，给出了今后 100 年内各地区可能发生地震的震级。图 6 中给出此图的一部分。烈度区划是在此图上按烈度衰减关系绘制的(如图 7)。绘制的步骤



图 6 华北部分地区地震危险区划图

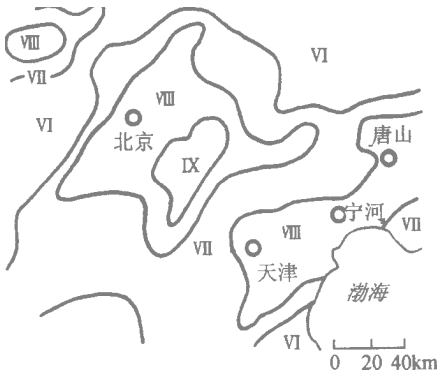


图 7 华北部分地区地震烈度区划图

是：(1)先分大地区按多次历史强震等震线图，统计出此地区的烈度衰减关系，如表 2 给出华北地区的这种关系；(2)根据我国历史经验，从经验关系 $M=0.66I_0+0.98$ 将图 6 中的震级区换算为震中烈度区，并假设震中烈度区与震级区重合；(3)按烈度衰减关系，从震中烈度区绘出更低的烈度区，并略作平滑而得烈度区划图

绘制等加速度线图的步骤与绘制烈度区划图的步骤一样，关键是如何得到地区的加速度衰减关系 $a(M,R)$ ， M 是震级， R 是震中距。

表 2 华北地区地震烈度衰减关系

I 半 徑^[a] I_0	10			9			8			7			6		
	a	b	r	a	b	r	a	b	r	a	b	r	a	b	r
10	11	5	7	22	13	17	48	32	40	102	78	89	219	191	204
9				12	6	8	29	15	21	69	39	52	166	100	129
8							4	3	3	9	6	8	20	13	16
7										6	4	5	19	12	15
6													7	4	5

[a] a = 长轴半径, b = 短轴半径, r = 圆半径,均以 km 计

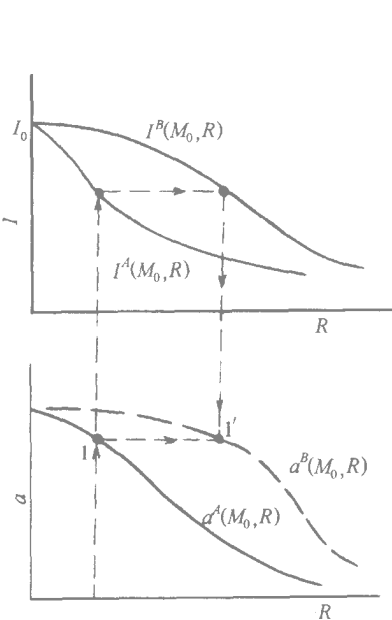


图 8 加速度衰减关系的转换

美国西部和日本都已经有了大量的强震观测数据，从而可以得到加速度衰减关系 $a(M,R)$ 和速度衰减关系 $v(M,R)$ ，以及其他地震动参数的衰减关系。但是在缺乏足够观测数据的地区如何确定这种衰减关系呢？一个可行的原则是：按照地区的烈度衰减关系修正另一地区的 $a(M,R)$ 关系。美国最近的建议^[9]是：假设震中烈度 I_0 和有感范围（约相当于烈度 III）所对应的最大加速度值不因地区而异，从而按照东部地区的烈度衰减关系将西部地区的关系 $a(M,R)$ 加以修正而用之于

东部.当然,还可以采用其他的方法.例如,我们可以采用图 8 所示的方法,按箭头所示,从 A、B 两地区已知的烈度衰减关系 $I^A(M_0, R)$ 和 $I^B(M_0, R)$ 和 A 地区已知的加速度衰减关系 $a^A(M_0, R)$ 求得 B 地区的加速度衰减关系 $a^B(M_0, R)$. 这里 M_0 表示要求 I^A, I^B, a^A 中的震级均相同.这一方法等于假定:当震级相同时,不同地震的同一烈度所对应的最大加速度值相同.

由于我国自己的强震观测资料还很少,不得不借用外国资料.我们建议的方法如此,现行规范采用的方法也是如此.下面试分析一下这两种方法的合理性.

图 1 中所示的我国现行规范所规定的烈度与地震动参数 a_{max} 的关系是从外国资料得来的,这种统计数据的关系大体上如图 2 所示.在采用这一方法时,假定只要烈度相同则所对应的最大加速度也相同,并不考虑地区与震级、震中距有无差异.由于同一烈度所对应的最大加速度值离散很大,随统计者的主观取舍,烈度与加速度的关系可以有不小的变化.有人基本上根据同一组数据,曾作过如表 3 所示的建议,前后相差将近一倍之多,可见数据离散性之大.这么大的离散性显然表明,除了最大加速度之外,还有其他独立的地震动因素在影响着烈度.图 3 表明,震级可能就是一个.

表 3 烈度与加速度关系的不同建议

a I	VI	VII	VIII	IX
年 份				
1964	0.04	0.075	0.15	0.30
—1970	0.05	0.10	0.20	0.40
—1978	0.06	0.125	0.25	0.50

咱们这里建议的方法就考虑到了震级的影响.我们是在同一震级的条件下采用烈度与加速度的对应关系的,这比不区分震级来采用烈度与加速度的关系当然要更合理一些.

有了加速度衰减关系之后,就可以像绘制烈度区划图一样,从地震危险区划图绘制出等加速度线图.这样得到的华北地区的等加速度线图见图 9.对比图 9 和图 7,可见两者在形状上是很相似的;在数值上,Ⅸ度区约相应于 $0.5g$,Ⅷ度区相应于 $0.3g \sim 0.5g$,主要为 $0.4g$,Ⅶ度区相应于 $0.2g \sim 0.3g$,主要为 $0.23g$.

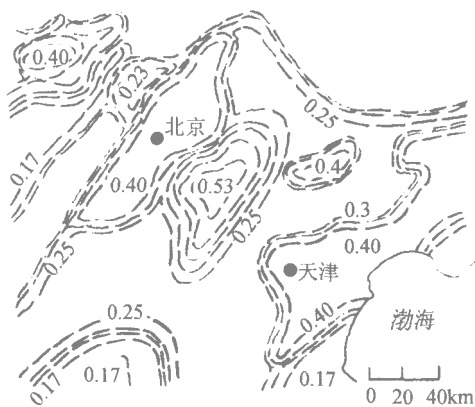


图 9 华北部分地区等加速度线示意图

2. 用震级 M 和震中距 R 的分区图来规定抗震构造措施

抗震构造措施的含义很广，可以包括各项抗震设防标准，如是否设防，结构材料、类型与高度的限制，圈梁与构造柱的设置，局部构造尺寸，砂浆标号与配筋多少等等。这些规定大多是根据过去的地震经验和工程判断得来的，而这些经验，在我国，过去又是与烈度相联系的。若不采用烈度，就需要把这些经验改变到震级和震中距上来。

烈度区实际上就是 (M, R) 图上的一个区带，现在以华北地区的图形等震线为例，从表 2 和 $M=0.66I_0+0.98$ 的关系可得图 10。图中 A 至 E 区相

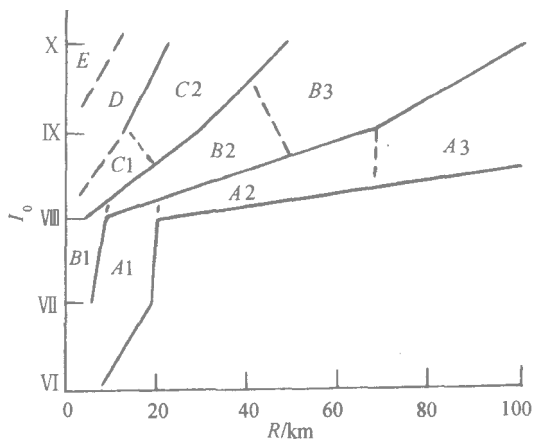


图 10 (M, R) 分区图

当于烈度 VI 到 X 度区。过去按烈度归纳的经验可以直接改变到 A 到 E 区来；但是，更好的方法是根据历史上得到抗震经验的具体 (M, R) 数据，重新归纳抗震经验。

如图 10 所示，一个区的范围很广，如 C 区，可以包括江苏溧阳那样的近震区 C1 区，也可以包括唐山地震时天津市那样的远震区（C2 区）。这两种 7 度区的抗震经验是很不同的，近震区刚性大的平房破坏严重，远震区刚性小的厂房与烟囱破坏严重。按烈度来归纳经验无法区分这种不同的经验；但若按 (M, R) 分区来归纳经验，就可以在 (M, R) 图上将 C 区再划分一下。如图 4 和 5 所示，在 (M, R) 分区图上还可以方便地进一步考虑持续时间与谱形变化的影响，这些都是烈度所无法考虑的。

结 束 语

从定性发展到定量，是科学发展的规律；从烈度改变到直接采用地震动参数，是地震工程科学的发展所决定的。为了克服在这一转变中缺乏地区资料的困难，本文提出了在同一震级时利用烈度与加速度关系的方案，以改变过去不分震级地利用外国的烈度与加速度的关系。当然，这一方案还只是一个设想，尚需在使用中加以验证。

文中提出的转换方法，还可以用来转换其他地震动参数，如均方根加速度与速度的衰减关系。

参 考 文 献

- [1] 谢毓寿. 新的中国地震烈度表. 地球物理学报, 1957, 6(1)
- [2] Ambraseys, N. N. Dynamics and Response of Foundation Materials in Epicentral Regions of Strong Earthquakes. Proc. 5WCEE, 1973, 1
- [3] 刘恢先. 关于设计规范中地震荷载计算方法的若干观点和建议. 中国科学院工程力学研究所, 地震工程研究报告集, 第 2 集. 科学出版社, 1965
- [4] 周锡元. 土质条件对建筑物所受地震荷载的影响. 中国科学院工程力学研究所, 地震工程研究报告集, 第 2 集. 科学出版社, 1965
- [5] Steinbrugge, K. V. and Moran, D. F. An Engineering Study of the Southern Cali-

foria Earthquake of July 21, 1952 and Its Aftershocks. BSSA, 1954, 41(1)

- [6] 胡聿贤 我国抗震设计规范中存在的一个问题——调整反应谱形状与烈度概念之间的矛盾. 中国科学院力学研究所, 地震工程研究报告集, 第 4 集. 科学出版社, 1981
- [7] Chang, F. K. and Krinitzsky, E. L. Duration, Spectral Content and Predominate Period of Strong Motion Earthquake Record from Western United States. Rept. 8, State-of-the-Art for Assessing Earthquake Hazards in the United States, 1977, AD-A050-750
- [8] Trifunac, M. D. and Brady, A. G. A. Study on the Duration of Strong Earthquake Ground Motion. BSSA, 1975, 65(3)
- [9] Battis, J. Regional Modification of Acceleration Attenuation Functions. BSSA, 1981, 71(4)

关于我国现行建筑抗震设计规范

GBJ 11—89 的几点讨论*

摘要 在简单介绍此规范的编制背景及过程之后,就下述四个问题进行详细的讨论:设计地震动指标、抗震设计思想及其实现、场地影响与小区划以及概念设计与抗震构造措施。在讨论中将与国际有关规定进行对比,并尽力说明作者对这些规定的理解,必要时将指出优缺点及改进的建议,希望能引起工程界的重视。

前 言

1978年规范的修订工作由中国建筑科学研究院负责,包括两个组,一个是规范修订组,一个是专家顾问组,各二三十人,前者负责规范的编写,后者就一些重大原则问题进行讨论。除主编单位中国建筑科学研究院外,参加单位近30个,包括全国从事地震工程及建筑设计的主要科研院所、大专院校及设计部门。规范修订的实质性讨论可以说起始于1982年,以海南岛会议为标志,历时长达7年,1989年3月正式颁布,1990年开始与1978年规范TJ 11—78并行施行,1978年规范于1992年废止。在1990—1991年内,建设部抗震办公室组织了多次大规模的统一培训,以加深对新规范的理解,方便使用。

我国抗震规范的制定有几个代表性的版本,1959年的第一个草案参考

了前苏联 1957 年版本,但是 1964 年的草案作了重大的改变,增加了我们自己的研究成果,其中包括:废除一些过于烦琐的构造细则的规定;废除场地烈度的方式,采用调整反应谱而不调烈度来考虑场地条件影响的方式;将设计加速度系数 k_C 分解为结构系数 C 与峰值加速度系数 k ,即 $k_C = Ck$. 1974 年的正式规范继承了 1964 年规范草案的这些优点,并作了液化判别与非发震断层附近的设计烈度不变等重大修改. 1978 年规范继续上版的优点,并补充了对结构抗震有效的构造措施. 1989 年规范又一次作了许多重大的修改. 作者认为 1964 年规范草案, 1974 年规范及 1989 年规范是有我国特色的好规范,是当时国际先进甚至领先的规范.

70 年代至 80 年代似乎是抗震规范大改变的年代. 这些重大进展产生的原因可能在于多次重大地震经验教训及近代科学技术发展^[1]. 这些地震除了重复表明一些已认识到的抗震经验之外, 各类新型工程及经抗震设计的近代工程如钢筋混凝土结构、高耸结构、桥梁、生命线工程、油罐等又取得新的抗震经验,特别是近几十年来大量设置于地面、地下与各种工程结构之上的强震加速度仪取得的记录的大量积累与分析, 计算技术的提高, 地震工程研究取得的新成果, 全世界对地震灾害防减意识的加强等等因素, 都对抗震规范的改进起了重大的推动作用. 我国新规范制定前, 抗震设计规范中有代表性的 1981 年日本建筑抗震设计规范及 1978 年美国 ATC 3-06 样板规范刚刚公布, 欧美与我国的建筑设计规范又都正式采用了以可靠度理论为基础的概率设计格式. 日本与美国新规范的编制起始并完成于 70 年代, 历时均约 5 年, 参加者集中了其国内的几十位地震工程专家、设计师和官员. 日本规范的主要特色在于采用了大、小两种地震的二级抗震设计思想, 以体现小震不坏、大震不倒的设计目的; 美国 ATC-3 规范的主要改进是采用有效峰值加速度 EPA 与有效峰值速度 EPV 的双地震动参数作为设计指标, 以近似描述反应谱, 并引入了综合考虑地震危险性与工程重要性的规定, 从而形成了抗震设计的新潮流. GBJ 11—89 新规范就是在继承并发扬我国规范的特色的基础上, 充分总结国内外强震现场经验、理论研究成果, 在当时抗震设计新思想的背景之下进行修订编制的. 下面将分别就我国新规范的主要内容作一些讨论.

抗震设计的地震动指标

新规范沿用了我国过去 30 年的传统，用地震烈度作为抗震设计的指标。当然，地震烈度是一个宏观词，必须转换为物理量，才能进行定量设计。新规范规定地震烈度转换为地震动峰值加速度的数值与 1978 年规范相同，如表 1 所示。注意这里 $\alpha_{\max} = \beta_{\max} a_{\max}$ ，规范中不出现 $a_{\max}$ 。在设计中与峰值加速度 $a_{\max}$ 连在一起使用的还有放大倍数反应谱 $\beta(T, \zeta)$ ， T 为结构自振周期， ζ 为结构阻尼比。新规范的重要特色之一是考虑了地震大小远近（在同一烈度、同一场地上，远震的加速度比较小）对反应谱的影响，如表 2 所示。表中括号里是 $\beta_{\max} = 2.25$ 时的数值。远地震的设计反应谱的特征周期 T_g 较大。就定性而言，这些规定是符合当前国际认识新水平的。

表 1 地震烈度与设计地震加速度的关系

规范	物理量	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ
1959 年	$Ck = EPA/g$	—	0.025	0.05	0.10
1964 年	$(C = 1/3)$ $k = a_{\max}/g$	—	0.075	0.15	0.30
1978 年	$\alpha_{\max}/g =$ $\beta_{\max} a_{\max}/g$	0.12	0.23	0.45	0.90
1989 年	小震： $\alpha_{\max}/g$	0.04	0.08	0.16	0.32
	中震： $\alpha_{\max}/g$	0.12(0.05)	0.23(0.10)	0.45(0.20)	0.90(0.40)
	大震： $\alpha_{\max}/g$	0.25	0.50	0.90	1.40

表 2 设计反应谱的特征周期 $T_g(s)$

地震远近	场 地 类 别			
	I	II	III	IV
近震	0.2	0.3	0.4	0.65
远震	0.25	0.4	0.55	0.85
远震 T_g /近震 T_g	1.25	1.33	1.38	1.31