

设计近场地震和远场地震的确定方法^{*}

高孟潭 鄢家全 韩 炜

(中国北京 100081 国家震局地球物理研究所)

摘 要

在建筑抗震设计规范(GBJ11-89)中,明确规定了要接近震或远震考虑场地的地震环境;并针对 1977 年版的地震烈度区划图,提出了确定近场地震和远场地震的方法.由于新颁布的中国地震烈度区划图(1990),是采用地震危险性概率分析方法编制的,原有的确定近震和远震的方法已经不宜.本文考虑到近场地震和远场地震的实质,根据地震危险性概率分析的基本思路,推荐了一种新的确定方法.该方法可以较为妥切地解决 GBJ11-89 规范与 1990 年版地震区划图之间的衔接问题.

主题词 烈度评定;近场;概率;远场

引 言

众所周知,分别按“近震”和“远震”来考虑地震环境对工程场地的影响,是我国建筑抗震设计规范(GBJ11-89)在科学技术方面的重大进步之一.为了更加科学地反映地震环境对场地设计地震反应谱的影响,GBJ11-89 规范通过大量的统计分析,阐明了近场地震和远场地震影响的实质,并针对 1977 版的中国地震烈度区划图,提出了确定近场地震和远场地震的方法.所谓“远场地震”实际上反映的是场地相关反应谱的特征.在目前的工程抗震实践中,反应谱特征主要由反应谱的平台高度和特征周期 T_g 来描述.平台高度由场地地震动幅值(或烈度值)决定,而特征周期由场地条件和“远震”、“近震”决定.现有资料分析表明,所谓“远震”反映的是影响场地的地震的震级大小.1977 年版的地震烈度区划图上(国家地震局,1981),影响场地的地震震级大小是一定的,因此,可以比较容易地确定具体场点的“远震”确定问题.但是,新颁布的中国地震烈度区划图(1990)采用的是地震危险性概率分析方法,该图给出的基本烈度,是场点 50 年内超越概率为 0.10 的烈度值.该值的含义与 1977 年版地震区划图的基本烈度的含义明显不同.因此,不能直接使用 GBJ11-89 规范中的方法来确定 1990 年版地震区划图的基本烈度是属于近震影响还是远震影响,必须考虑近震影响和远震影响的实质,根据地震危险性分析的基本思路,采用恰当的方法来确定.

^{*} 国家地震局震害防御司资助课题. 国家地震局地球物理研究所论著 95A0078.
1994 年 2 月 17 日收到初稿,1994 年 6 月 12 日收到修改稿并决定采用.

1 基本概念

对于一般的工业、民用建筑, 地震地面运动的反应谱主要由谱平台的高度和拐角周期来描述. 拐角周期(T_g)的大小反映了反应谱的宽窄. 在 GB11-89 规范中, T_g 除了和场地条件有关外, 还与基本烈度是近震还是远震有关(中华人民共和国原城乡建设环境保护部, 1989; 中国建筑科学研究院, 1989). 根据地震烈度衰减关系

$$I = C_1 + C_2 M - C_3 \ln(R + R_0) \quad (1)$$

可以推导出给定烈度情况下, 震级与距离之间的关系

$$M = (I - C_1 + C_3 \ln(R + R_0)) / C_2 \quad (2)$$

其中, C_1 , C_2 , C_3 和 R_0 为统计回归常数. 由上式可以看出, 对给定的烈度而言, 若 R 较大, 则 M 必然较大. 这是不难理解的. 如果一个场点的烈度值是由远处的地震引起的, 则其震级必定比近处地震的震级大. 因此, 所谓近震和远震, 反映的是近场小地震影响和远场大地震影响的问题.

在 GB11-89 规范中考虑以等烈度划分、分不同震级(或震中距)统计实际反映谱, 从而确定近震和远震的方法(周锡元等, 1991). 近震和远震的划分可以用图 1 来表示.

为了使用方便, GB11-89 规范规定, 按地震基本烈度和震中烈度相差是否等于或大于两度来确定. 当地震基本烈度与震中烈度相差小于两度时, 按“近震”处理, 否则按“远震”处理. 这种处理方法, 与图 1 的表示基本上是等价的. 只要知道引起场地基本烈度的地震的震级, 就可以确定震中烈度, 从而进一步确定“近震”和“远震”.

由以上的分析可以看出, 判断给定场点基本烈度是近震影响还是远震影响, 主要看造成该烈度的地震震级和震中距(事实上, 因为给定烈度后震级和震中距是不独立的, 只考虑一个参数就可以了). 1977 年版的地震烈度区划图是按确定性方法编制的, 区划图上给定场点的地震基本烈度是该场点未来百年内可能遭遇的最大地震烈度. 该烈度和某个确定震级的地震危险区有关, 即该烈度是给定危险区地震的震级和危险区到场点的距离按地震烈度影响场确定的. 也就是说, 1977 年版的地震烈度区划图上的烈度是与某一个特定的“地震”相联系, 因此, 按图 1 给出的关系或震中烈度和基本烈度的关系是不难确定近震和远震问题的.

1990 年版地震烈度区划图是按地震危险性概率分析方法编制的. 图上的烈度表示场点 50 年内超越概率为 0.10 的烈度值. 该烈度值已经不仅仅与某一个“地震”有关, 而是对场地地震随机环境综合分析的结果. 它是由不同大小和远近的地震, 按其发生概率计算确定的(高孟潭, 1993). 也就是说, 1990 年版地震烈度区划图的基本烈度值, 可以

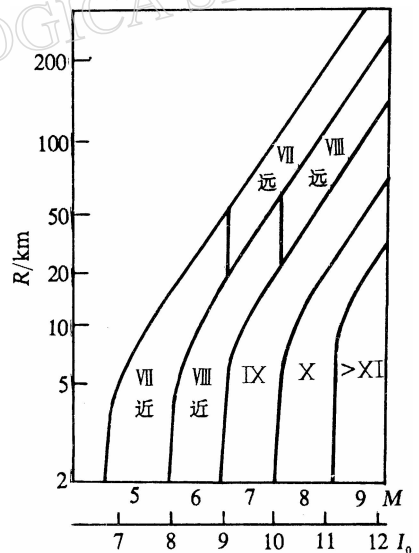


图 1 同等烈度按震级和震中距划分近震、远震示意图(据周锡元等的结果)

对应于很多具有概率含义的“地震”. 因此, 难以直接用 GBJ11-89 规范的方法, 确定 1990 年版区划图上的基本烈度值是属于近震还是属于远震.

2 推荐的确定近震和远震的方法和算例

虽然影响 1990 年版地震烈度区划图上场点基本烈度值的“地震”很多, 但它们对基本烈度值的贡献是不同的. 在一个潜在震源区内发生的地震也是如此. 这些潜在地震对给定场点的基本烈度而言, 可能是近震影响, 也可能是远震影响. 设第 l 个潜在震源区对给定场点基本烈度的影响为“远震”影响和“近震”影响的可能性分别为 P_{Fl} 和 P_{Nl} . 笔者曾根据编制中国地震区划图(1990 年版)的概率模型, 推导了潜在震源区在给定场点基本烈度条件下的地震概率分布函数(1994)

$$P_{lm}(m_j | I \geq I_d) = \frac{1}{Q} \frac{N_{mj}}{N_s} P_{lm}(m_j) \quad (3)$$

其中, I_d 为场点基本烈度, m_j 为第 j 震级档震级, Q 为归一化系数, N_{mj} 为当震级为第 j 个震级档的地震发生时使得场点烈度超过 I_d 的微面元总数, N_s 为潜在震源区空间离散化面元总数, $P_{lm}(m_j)$ 为该潜在震源区的震级概率分布函数, 该概率分布可以由地震带震级概率分布和地震空间分布函数得到. 根据前面的论述, 如果发生在该潜在震源区内的地震震中烈度比场点基本烈度大于或等于 2 度, 则其对场点基本烈度的影响为远震影响. 根据地震烈度衰减关系, 可以确定其最小的震级, 设地震烈度衰减模型为椭圆模型, 即场点的烈度是根据烈度长轴衰减关系和短轴衰减关系, 以及长轴方向确定的. 在所采用的衰减关系式, 根据长轴衰减关系确定的最小震级和根据短轴衰减关系确定的最小地震可能会有差别, 因此, 可以考虑两个数值的平均值

$$M_{\min} = \frac{1}{2} \left(\frac{I_d + 2 + C_{a3} \ln R_{a0} - C_{a1}}{C_{a2}} + \frac{I_d + 2 + C_{b3} \ln R_{b0} - C_{b1}}{C_{b1}} \right) \quad (4)$$

其中, C_{a1} , C_{a2} , C_{a3} , R_{a0} , C_{b1} , C_{b2} , C_{b3} , R_{b0} 分别为长轴衰减关系和短轴衰减关系中的系数.

该地震的震级分档值为

$$j_{\min} = \text{INT} \left(\frac{M_{\min} - m_0}{\Delta M} \right) + 1 \quad (5)$$

其中, INT 表示对括号内的内容取整. m_0 和 ΔM 分别为最小震级和震级分档间隔.

由以上结果, 不难推出第 l 个潜在震源区远场影响的可能性

$$P_{Fl} = \sum_{j=j_{\min}}^{N_{lm}} \frac{1}{Q} \frac{N_{mj}}{N_s} P_{lm}(m_j) \quad (6)$$

N_{lm} 为第 l 个潜在震源区的震级分档总数.

根据编制全国地震烈度区划图的程序, 可以确定各个潜在震源区对场点基本烈度的相对贡献. 设共有 N_s 个潜在震源区对基本烈度有贡献. 每个潜在震源区的相对贡献为 ω_l .

$$\sum_{l=1}^{N_s} \omega_l = 1 \quad (7)$$

应该指出, 此处 ω_l 与 50 年超越概率 0.1 相应. 若取其它超越概率值时, 其相对贡

献系数将做相应的调整.

根据上面数据, 不难求出总的远震贡献

$$P_{FT} = \sum_{l=1}^{N_s} P_{Fl} \omega_l$$

(8)

根据国家的设防政策, 确定适当的阈值 P_0 . 当 $P_{FT} > P_0$ 时, 该场点的地震基本烈度按远场地震考虑, 否则按近场地震考虑.

上述方法可以用图 2 表示. 为了说明所建议的方法, 下面给出具体的例子. 本文选取了郯庐地震带附近的两个场点. 对这两个场点起作用的潜在震源区分别为安丘潜在震源区(1 号)、莒县潜在震源区(2 号)和郯城潜在震源区(3 号). 1 号场点在安丘潜在震源区内部, 2 号场点在 3 个潜在震源区外部. 图 3 为场点与潜在震源区的相对位置分布图. 其中 1 号场点的基本烈度为Ⅷ度, 2 号场点的基本烈度为Ⅶ度. 计算模型采用了编制中国地震烈度区划图(1990)的有关郯庐地震带的数据和中国东部地区地震烈度衰减关系. 各潜在震源区对场点基本烈度的相对贡献如表 1 所示. 各潜在震源区的远场影响可能性如表 2 所示.

表 1 各潜在震源区对场点基本烈度的相对贡献

潜在震源区	1 号场点(Ⅷ)	2 号场点(Ⅶ)
1 号	0.98	0.72
2 号	0.06	0.21
3 号	0.01	0.07

表 2 各潜在震源区对场点基本烈度的远场贡献(P_{Fi})

潜在震源区	1 号场点(Ⅷ)	2 号场点(Ⅶ)
1 号	0.240	0.930
2 号	0.436	1.000
3 号	1.000	1.000

根据表 1 和表 2 的数据, 计算出 1 号场点的远场贡献为 0.24; 2 号场点的远场贡献为 0.93. 若阈值 P_0 取为 0.5, 则可以判断 1 号场点的基本烈度按“近震”Ⅷ度考虑, 2 号场点的基本烈度按“远震”Ⅶ度考虑.

确定各潜在震源区对场点
基本烈度的相对贡献
(ω_l)



确定各潜在震源区对场点
基本烈度的远场贡献
(P_{Fi})



计算场点基本烈度
总的远场贡献
(P_{FT})



根据给定阈值确定场点基本
烈度是否属于远场影响

图 2 确定场点基本烈度远场影响框图

3 结论与建议

由于 1990 年版中国地震区划图是采用概率分析方法编制的, 与 1977 年版地震烈度区划图相比, 其基本烈度的含义有着非常重要的区别. 1990 年版地震区划图的基本烈度是具有不同震级、不同震中距和不同发生率的“潜在地震”综合影响的结果. 一般而言, 潜在震源区的尺度较大, 潜在地震的空间分布具有相当的不确定性. 因此, 与 1977 年版的地震烈度区划图相比, 解决 1990 年版地震区划图基本烈度的近震和远震问题比较复杂, 必须经过统计分析, 得到相应场点的远场影响 P_{Fi} , 方知其是属于近震影响还是属于

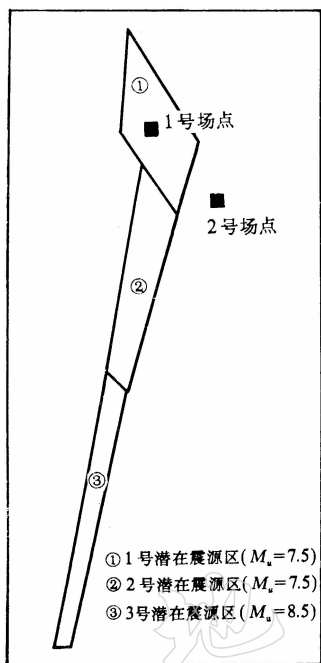


图3 潜在震源区与场点分布示意图

远震影响。

在确定近震和远震的过程中,需要使用潜在震源区空间分布函数和震级分布函数、地震年平均发生率、地震烈度衰减关系等输入参数,而这些参数也是计算基本烈度的参数。因此,确定远震和近震时,应使用与计算地震烈度区划图相同的参数。

应该指出,本文计算时采用了“影响地震震中烈度”是否比场点基本烈度大两度来确定“远震”。如果有了更进一步的确定原则,仍然可以按本文的基本思路确定“远震”比率,所不同的是公式(6)中的 N_{mj} 的具体数值将有变化,计算该值的计算机程序应做相应地调整。本文的核心是解决具有概率含义的地震区划图与现有工程抗震规范的衔接问题。

鉴于 GBJ11-89 规范中规定了抗震设计要考虑近震和远震影响,而在 1990 年版地震烈度区划图公布执行后,原有确定近震和远震的方法已经不宜。本文推荐的方法,可以解决 GBJ11-89 规范

与 1990 年版地震烈度区划图的衔接问题。因此,建议有关部门尽快编制与新的地震烈度区划图相配套的远场、近场的空间分布图,提供设计部门使用。

参 考 文 献

- 国家地震局, 1991. 中国地震烈度区划图说明书, 1—10. 地震出版社, 北京.
- 国家地震局, 1981. 中国地震烈度区划图说明书, 200pp. 地震出版社, 北京.
- 高孟潭, 1993. 关于地震带震级概率分布与潜在震源区震级概率分布的讨论. 中国地震, **9**, 15—19.
- 高孟潭, 1994. 潜在震源区期望震级和期望距离及其计算方法. 地震学报, **16**, 346—351.
- 周锡元、王广军、苏经宇, 1991. 场地·地基·设计地震, 141—142. 地震出版社, 北京.
- 邓起东、张裕明、环文林、张鸿生、许桂林、刘一鸣、邓瑞生、李群、范福田、杨天锡, 1980. 中国地震烈度区划图编制的原则和方法. 地震学报, **2**, 90—110.
- 中华人民共和国原城乡建设环境保护部(主编), 1989. 中华人民共和国国家标准, 建筑抗震设计规范 (GBJ11-89), p. 7. 中国建筑工业出版社, 北京.
- 中国建筑科学研究院(主编), 1989. 中华人民共和国国家标准, 建筑抗震设计规范 (GBJ11-89)——条文说明, p. 4—5. 辽宁科学技术出版社, 沈阳.