

郑州某工程场址地震危险性概率分析

张 畅

(黄河水利委员会勘测规划设计研究院, 河南 郑州 450003)

摘要:以郑州某工程场址为例,从地震危险性概率分析的方法、震源区的划分、地震活动性参数的确定、地震危险性概率的计算及对工程场址危险性的评价几方面阐述如何对工程场址安全性进行分析评价。

关键词:工程场址;地震;概率分析

中图分类号:P315.9

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2001)07-0075-02

随着城市化进程的加快,城市高层建筑、小区等重要性、标志性建筑越来越多,为了确保经济安全、技术指标可靠,对工程场址进行地震安全性评价尤为重要。本文以郑州某工程场址为例,对工程场址地震危险性概率进行分析。

1 潜在震源区划分

潜在震源区是具有潜在可能发生地震的震源区域,它是有可能发生地震的震源或震中位置的集合体,按危险性分析计算的要求,需要计算由震源或震中位置衰减到场点的地震动危险性。潜在震源区的划分在地震危险性分析中占有重要地位,所确定的潜在震源区位置、大小都对危险性分析结果带来较大影响。

据以往工作经验以及“历史地震重演”和“构造外推”两条原则,估计对郑州市某工程场址影响较大的潜在震源区为新乡潜在震源区、郑州潜在震源区、修武潜在震源区。

a. 新乡潜在震源区.新乡源位于汤阴地堑南段,属河北平原地震带,新生代活动强烈,下第三系沉积厚度达2000~3000m,上第三系及第四系厚度达1300m。区内发育有北北东向的汤西断裂和汤东断裂、北西西向的新乡—商丘断裂,两组断裂在区内交汇。这些断裂均为第四纪活动的正走滑断层,据槽探资料,其中的汤西断裂至少在晚更新世仍有活动。另据重、磁及地壳厚度资料,该区均位于梯级带上,区内曾发生过1587年卫辉西6级地震和1978年新乡4.5级地震等,且位于河北平原地震带南端的强震空段区,该潜在震源区的震级上限为7.5级。

b. 郑州潜在震源区.郑州源位于嵩山隆起与郑汴拗陷接壤处,属河淮地震带,区内发育有北西向的老鸦陈断层、古荥断层和北西西—近东西向的上街断层、须水断层、中牟断层等,这些断层在区内交汇,其中老鸦陈断层为晚更新世活动断层。在重力异常图上,该区位于新郑重力高的南缘梯级带上,航磁图表现为局部异常之间的鞍部位置。本区曾于1814年发生荥阳5级地震及公元928年郑州4.75级地震。该潜在震源区震级上限定为6.0级。

c. 修武潜在震源区.区内断裂分为三组,东西向断裂有盘古寺—新乡断裂和凤凰岭断裂;北西向断裂有武陟断裂;北东向主要有九里山断裂和马坊泉断裂。各组断裂第四纪均有不同程度的活动。三组断裂在区内多处互相交汇,区内曾发生1587年修武5.5级地震。该潜在震源区的震级上限为6.5级。

2 地震活动性参数确定

地震活动性参数是描述地震带和潜在震源区地震活动特征的基本参数。主要参数包括:地震带的震级上限 M_w 、地震带震级与频度关系中的 b 值、地震带的地震年平均发生率 γ_0 、潜在震源区的震级上限 M_u 、潜在震源区的地震年平均发生率 $f(\gamma_i, M_j)$ 和空间分布函数 $f(f_j, M_j)$ 、起算震级 M_0 、本底地震的震级和年平均发生率。

2.1 地震带各参数的确定

a. 震级上限 M_w .震级上限的含义是,在地震带震级-频度关系中,累积频度趋于零的震级极限值。其依据主要有两个:首先是历史地震判断,有历史资料足够长的地震带,若确认该带已经过了几个地震

活动周期,则可认为该带的最大地震已经显露,可以按该带已发生过的最大地震强度确定;其次是构造类比,在同一大地震活动区内,按已知的大震发生的构造条件进行类比外推,认为具有相似构造环境的地带,可能发生同样强度的地震。

b. 起算震级 M_0 . 起算震级是指对工程场点有影响的最小震级。由于我国大陆地区绝大多数是浅源地震,历史上不少于4级地震也造成较破坏效应,因此一般将起算震级定为4级。

c. b 值. 震级-频度关系中的 b 值,代表着一个区域内不同大小地震频数的比例关系, b 值的确定主要依据地震带历史地震和现今小震目录进行回归统计得到($\log N = a - bM$,其中 a 为地震烈度衰减常数)。

d. 地震年平均发生率 γ_0 . 地震年平均发生率代表了统计区的地震活动水平,地震年平均发生率的大小对地震危险性分析计算结果影响很大,影响地震带地震年平均发生率的主要因素是 b 值的大小和选取资料的统计时段。 γ_0 的统计时段的含义包括:①要求在该时段内所统计的各震级地震资料尽可能完整、可靠;②要有一定长度的时间段,以保持统计样本量的可靠性和稳定性;③要考虑到地震活动在时间分布上非平稳性,要求被统计时段的地震活动性能代表未来百年内的地震活动水平。河北平原地震带过去百年地震十分活跃,预期未来百年将由应变能剩余释放转入积累阶段,因此可以按长时期的平均值给出 γ_0 值。拟建工程场址选用了 1484~1994 年共 511 年大于或等于 5.5 级地震资料给出 γ_0 值。河淮地震带由于地震活动的特点是频度低、强度弱,因此在确定 γ_0 值时选用该带 1337 年以来所有 5 级以上的地震资料。

e. 震源深度. 地震的平均源深度是地震带的重要参数之一,震源深度的大小影响着地震危险性的大小(特别是近震)。我们根据地震带的典型地震统计了震源深度。

各地震带确定的地震活动性参数见表 1。

表 1 地震带地震活动性参数

地震带	a	b	γ_0	M_{uc}	震源深度 / km
河北平原地震带	5.13	0.63	0.797	8.00	18
河淮地震带	5.30	0.73	0.364	7.00	12

2.2 潜在震源区地震活动性参数的确定

地震带内 M_j 震级档的地震年平均发生率可表示为

$$V_{mj} = \frac{2v \exp(-\beta(M_j - M_0)) \cdot \text{sh}(\frac{1}{2}\beta\Delta M)}{1 - \exp(-\beta(M_{uc} - M_0))} f_{i,mj} \quad (1)$$

• 76 •

式中: $\beta = b \ln 10$; ΔM 为震级分档间距,一般取 0.5。该方法不仅反应了地震活动的时空不均匀性,而且可以避免低估大地震的危险程度。

有了各地震带各震级档的地震年平均发生率,就可以确定各潜在震源区的地震年平均发生率:

$$V_{i,mj} = V_{mj} \cdot f_{i,mj} =$$

$$\frac{2v \exp(-\beta(M_j - M_0)) \cdot \text{sh}(\frac{1}{2}\beta\Delta M)}{1 - \exp(-\beta(M_{uc} - M_0))} f_{i,mj} \quad (2)$$

式中: $f_{i,mj}$ 为地震空间分布函数,地震空间分布函数的确定充分考虑了我国地震预测方面的科研成果,包括潜在震源区的可靠程度、中长期地震预报成果、大地震的减震作用、小震活动、强震复发周期与构造空段、地震活动的重复性的面积因素。

2.3 本底地震的震级和年平均发生率

本底地震的震级上限比划定的潜在震源区最低档小 0.5,为了充分估计本底地震对场点地震危险性的贡献,在地震危险性分析计算中,需要给出单位面积上本底地震的年平均发生率。工程场址位于郑州潜在震源区之内,故不考虑本底地震。

3 地震危险性概率计算

据地震活动性参数,采用式(3)对场址进行地震危险性计算。按分段泊松分布模型的概率定理,一个统计区内所发生的地震在场点所产的地震动值超过给定值的超越概率值为

$$P(Z \geq z) = 1 -$$

$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{N_s} \iint_{A_i} \frac{1}{A_i} \sum_{j=1}^{N_M} V_{i,M_j} P(Z \geq z|E) f_i(\theta) d\theta dA_i\right\} \quad (3)$$

式中: Z 为地震动参数或地震烈度; z 为给定的地震动参数或地震烈度; $P(Z \geq z)$ 为地震烈度或地震动参数值大于或等于某一给定值概率; $f_i(\theta)$ 为第 i 个潜在震源区的方向性函数; θ 为可能的主破裂方向; A_i 为第 i 个潜在震源区的面积, km^2 ; $P(Z \geq z|E)$ 为第 i 个潜在震源区内发生所考虑的地震时,场址地震烈度或地震动参数值超过某一给定值的概率; N_M 为震级分档数; N_s 为潜在震源区总数。

4 概率分析方法对场址地震危险性的评价

4.1 基岩水平峰值加速度

采用基岩地震加速度峰值衰减关系,通过地震危险性分析计算,可以得到工程场址基岩水平加速度危险性分析结果。50 年超越概率 63%, 10%, 3% 三种危险水平的基岩水平加速度峰值分别为 34.0 gal, 101.9 gal, 204.1 gal。对场址基岩水平(下转第 94 页)

透系数是不能反映实际情况的,应该是断层影响下的渗透系数。

3.3.3 防渗帷幕设计及施工质量的影响

由于考虑到黄河泥沙量大的特点及天然铺盖的防渗作用,灌浆帷幕只布置了一排灌浆孔,局部为3排,并且灌浆帷幕未深入到 P_2 隔水层中,呈悬挂式。因为只有一排灌浆孔,因此灌浆帷幕的施工质量不能达到设计要求至关重要。在施工中,灌浆孔稍有倾斜(这很难避免),钻孔的底部就不会在一个垂直平面上,在帷幕的下部形成很多缺口,不能形成连续的防渗帷幕,很难达到防渗设计的要求。从观测到的灌浆帷幕上、下游水位高程及随时间变化的一致性,说明灌浆帷幕的阻水作用不明显。

3.3.4 水库蓄水时间的影响

由于水库蓄水是在汛期过后开始的,此时上游来水是清水,不能在坝前淤积而形成天然铺盖。因此,防渗设计时考虑到的天然铺盖没有形成,起不到防渗作用,从而导致库水向下游的渗漏量增大。

4 工程补充处理措施

针对右岸1号排水洞的漏水量问题,经多次研究并听取有关专家的意见,拟采取以下处理措施:①

在右岸坝体上游距坝轴线约180m设置一道灌浆帷幕,灌浆帷幕为单排孔,灌浆孔深95~105m,已于2000年上半年完成。由于该灌浆帷幕不是在坝轴线上,不能形成封闭的帷幕,因此,其防渗效果是有限的,从1号排水洞排水孔出水量的变化情况判断,右岸坝基渗漏水量减小20%~30%。②在1号灌浆洞进行补强灌浆。

5 结 语

众所周知,黄河泥沙含量高,正是因为过多考虑了泥沙淤积形成的天然铺盖的防渗作用,而忽视了渗漏处理问题。特别是右岸坝基发育4条贯穿坝体上、下游的主要断层,受其影响还产生一系列小断层,岩体破碎,透水性强,形成库水向下游渗漏的重要通道,没有引起足够的重视。

随着水库的运行,汛期洪水挟带的泥沙在坝前沉淀淤积,有利于坝前天然铺盖的形成,坝基的渗漏条件将会得到改善。

但渗流产生的渗透压力及可能出现的渗透变形对坝基稳定性的影响依然不可忽视。

(收稿日期:2001-08-30 编辑:熊水斌)

(上接第76页)峰值加速度贡献主要为郑州、新乡两震源,它们的贡献见表2。

表2 潜在震源区贡献 %

潜在震源	$P=63\%$	$P=10\%$	$P=3\%$
新乡	49	93	100
郑州	16	7	0
临汾	8	0	0
其它	27	0	0

表3 基岩地震加速度反应谱 Gal

周期/s	$P=63\%$	$P=10\%$	$P=3\%$	周期/s	$P=63\%$	$P=10\%$	$P=3\%$
0.04	36.69	108.4	213.5	0.40	57.49	183.4	380.5
0.05	43.16	124.0	242.3	0.42	52.76	175.0	366.7
0.06	56.60	154.7	300.8	0.46	43.83	153.5	323.1
0.07	55.31	152.2	294.7	0.50	39.23	137.4	288.9
0.08	63.67	168.5	327.8	0.60	36.67	127.5	267.5
0.10	84.28	206.7	394.4	0.70	30.27	109.0	231.5
0.12	106.0	239.4	453.0	0.80	25.10	92.97	201.5
0.14	119.4	262.8	498.0	0.90	20.32	80.93	180.1
0.16	128.4	282.1	533.5	1.00	16.80	72.83	166.2
0.18	131.9	289.4	547.0	1.20	13.72	63.14	147.7
0.20	122.3	286.3	550.6	1.50	10.53	45.45	106.8
0.24	107.0	264.2	515.6	1.70	9.62	38.64	88.30
0.26	103.5	257.2	503.3	2.00	7.78	30.03	66.55
0.30	87.60	228.2	449.3	2.40	6.75	22.66	48.97
0.34	79.81	221.6	446.0	3.00	5.08	15.42	33.42
0.38	64.47	195.8	401.7				

4.2 基岩地震加速度反应谱

采用基岩地震加速度反应谱衰减关系,通过地震危险性概率分析对每一个周期点进行计算,可以得到工程场址50年超越概率63%,10%,3%的基岩地震加速度反应谱,见表3。

(收稿日期:2001-07-27 编辑:马敏峰)

(上接第79页)岩石新鲜,致密坚硬,围岩无不稳定组合,开挖成型好,能长期自稳,无需喷锚支护。

b. 洞内存在3条小断层,宽度窄,倾角陡,走向与洞线方向近于垂直,虽对洞身稳定影响不大,但存在溶蚀现象,可构成良好渗漏通道,对此已做防渗处理。

c. 少量零星分布的溶蚀裂隙,对隧洞稳定影响不大,但有可能产生渗漏,对此已采取防渗措施予以封堵。

d. 隧洞进口洞脸边坡稳定,明洞段基础大都置于基岩上,无不均匀沉降问题。

(收稿日期:2001-06-20 编辑:马敏峰)

