



问题讨论

现行有关规范用于黄土地区的局限性分析

石玉成¹, 王伟锋²

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 甘肃省交通规划勘察设计院有限责任公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要:探讨了现行有关规范用于黄土地区存在的某些不足, 阐明了场地条件和场地类别等因素对抗震设防参数的影响问题, 强调了重视地方标准的制定的必要性。同时也展望了今后尚需开展的研究工作。

关键词: 规范; 黄土地区; 地震动参数

中图分类号: TU425

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2007)01-0099-05

Analysis of Limitation for Using the Current Related Codes in Loess Area

SHI Yu-cheng¹, WANG Wei-feng²

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China;

2. Gansu Highway and Transportation Company with Limited Liability of Prospective Design Institute, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Some limitations of several current codes when is used in loess area is discussed. As a consequence, the factors influencing the anti-seismic parameters, e. g. field condition and field classification, are expressed. The result reveals the necessity of making the local code. The future research efforts in this field are expected.

Key words: Code; Loess area; Parameter of ground motion

0 引言

场地条件对地震动影响的研究长期以来一直为人们所重视。对于黄土地区而言, 其特有的物质组成、地形地貌、土层结构和厚度等决定了该地区的地震地面运动规律有其自身的特性, 黄土地区各种岩土地震灾害(震陷、地震滑坡、饱和黄土液化等)的产生及其危害程度与地震动参数密切相关。2000年以来, 《建筑抗震设计规范》(GB50011-2001)^[1]、《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)^[2]以及《中国地震动参数区划图》(GB18306-2001)^[3]相继颁布实施, 较好地考虑了不同类型场地对抗震设防参数的影响, 但在某些地区应用时仍存在一些局限性和不足。同时某些行业规范, 如《构筑物抗震设计规

范》(GB50191-93)^[4]、《公路工程抗震设计规范》(JTJ004-89)^[5]等由于没有及时修订, 也存在不少问题。本文主要结合上述规范对有关问题作初步探讨。

1 关于场地条件对地震动参数的影响问题

1.1 关于场地局部地形条件对地震影响系数最大值 α_{max} 的影响问题

考虑局部地形条件对 α_{max} 的影响是GB50011-2001规范的一大进步。第4.1.8条规定: “当需要在条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘、非岩石的陡

收稿日期: 2006-05-12

基金项目: 地震联合基金(103101); 中国地震局黄土地震工程开放实验室资助; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC20070020

作者简介: 石玉成(1966-), 男(汉族), 山东沂水人, 博士, 研究员, 主要从事地震工程研究工作。

坡、河岸和边坡边缘等不利地段建造丙类及丙类以上建筑时,除保证其在地震作用下的稳定性外,尚应估计不利地段对设计地震动参数可能产生的放大作用,其地震影响系数最大值应乘以增大系数。其值可根据不利地段的具体情况确定,但不宜大于1.6^[1]。

其基本思路是:以突出地形的高差 H , 坡降角度的正切 H/L 以及场址距突出地形边缘的相对距离 L_1/H 为参数,归纳出各种地形的地震力放大作用

$$\lambda = 1 + \xi \alpha$$

式中 λ 为局部突出地形顶部的地震影响系数的放大系数; α 为局部突出地形地震动参数的增大幅度,按表1采用; ξ 为附加调整系数,与建筑场地离突出台地边缘的距离 L_1 与相对高差 H 的比值有关。当 $L_1/H < 2.5$ 时, ξ 可取为1.0;当 $2.5 \leq L_1/H < 5$ 时, ξ 可取为0.6;当 $L_1/H \geq 5$ 时, ξ 可取为0.3。均应按距离场地的最近点考虑。

表1 局部突出地形地震影响系数的增大幅度

突出地形的高度 H/m	非岩质地层	<5	$5 \leq H < 15$	$15 \leq H < 25$	≥ 25
	岩质地层	<20	$20 \leq H < 40$	$40 \leq H < 60$	≥ 60
局部突出台	<0.3	0	0.14	0.2	0.3
地边缘的侧	$0.3 \leq H/L < 0.6$	0.1	0.2	0.3	0.4
向平均坡降	$0.6 \leq H/L < 1.0$	0.2	0.3	0.4	0.5
H/L	≥ 1.0	0.3	0.4	0.5	0.6

在文献[6]中,我们根据黄土地区的具体情况给出了局部突出地形条件下场地地震动参数的估算方法,其研究思路与文献[1]规范相似。但文献[1]考虑了场址距突出地形边缘的相对距离的影响,这是其可取之处。文献[6]通过分析研究不同类型地貌地震动参数特点,给出的附加影响系数 K_1 与地貌类型相对应,这是其先进之处。文献[1]条文中规定的最大增幅为0.6,与实际震害经验不甚吻合,黄土山梁顶部、黄土台地边沿及陡坎边沿常常比平地高出0.5~2度。当然,对于一个全国性的规范而言,对各种可能出现的情况的地震动参数的放大作用都做出具体的规定是很困难的。但总体上文献[6]所给出的方法比文献[1]规范要更加实用和合理。

同时,对于黄土地区河谷地貌对地震动放大效应的估算可采用以下办法:河谷地貌地震动效应统计分析结果见图1,其对场地地震动峰值加速度的放大效应可近似表示为

$$A_H = 0.30 \cdot A_0 \cdot K_1 \cdot \ln \Delta H \quad (1)$$

式中, A_H 为某一高度处场地地震地面运动峰值加

速度; A_0 为谷底地面运动峰值加速度; ΔH 为相对高度(m); K_1 为河谷地形地震动放大附加系数,视几何形态(高宽比、坡度等)、介质特性、震害经验等因素而定。式(1)的相关性与系数 K_1 有较大的关系。引入 K_1 前,相关系数 $r = 0.69$,引入 K_1 后相关系数会得到较大提高。

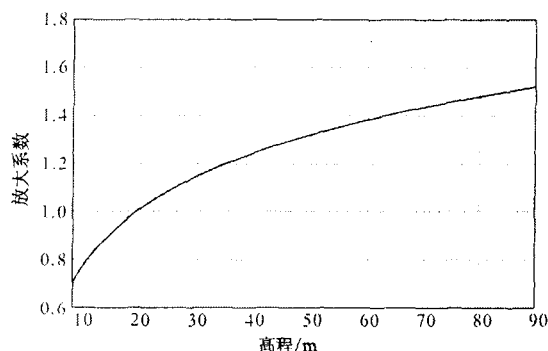


图1 河谷地貌地震动效应统计分析结果

Fig. 1 Statistical analysis of the ground motion effect induced by landform of river valley.

式中 K_1 的取值主要取决于斜坡地形坡度和高宽比的影响。建立如图1所示的标准剖面,反复改变高度和坡度,进行二维有限元模拟计算。根据计算结果并参考大震震害实际调查结果采用下式计算:

$$K_1 = 1.0 + 0.5 \sin\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) \cdot \left(1 + 0.3 \frac{H}{B}\right) \quad (2)$$

式中 θ_1 、 θ_2 分别为河谷两侧斜坡主方向坡度, H/B 为高宽比。

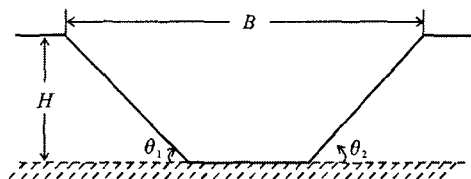


图2 河谷地貌计算模型

Fig. 2 Computational model for simulating the landform of river valley.

另外,文献[1]中没有明确提到由于受局部地形条件影响而造成的时程分析所用地震加速度时程曲线的最大值的调整问题,采用时程分析法其最大值应取受地形条件影响而放大后的地震动加速度值。

1.2 关于局部地形条件对地震影响系数曲线特征周期 T_g 的放大问题

关于局部地形条件对反应谱特征周期的影响问题,文献[1]规范没有涉及。黄土构成的局部孤突地形当地形高差较大时,地面运动频谱成分的改变即长周期分量的增加也是震害加重的重要原因。根据

黄土场地地震动参数的特征,建议将规范给出的 T_g 修正为

$$T'_g = T_g + \Delta T$$

式中, $\Delta T = 0.001\Delta H$; ΔT 为地形影响增量。

在罕遇地震时,由于土在大应变作用下各种参数值相应降低,使地面运动的长周期分量增加,对于覆盖层相对较厚的地形地貌单元,按上述确定的特征周期增加 0.05 s 为宜。

1.3 关于场地覆盖层厚度对地震动的放大效应问题

场地覆盖层厚度对特征周期 T_g 的放大效应问题在文献[1]中已有明确规定,同时该规范借鉴了《构筑物抗震设计规范》(GB50191—93)^[4]的做法,允许使用插值方法确定边界线附近的 T_g 值,它解决了 89 抗震规范中因为场地类别的突变而引起 T_g 跳跃变化所带来的抗震设防投资问题。

但新规范对场地覆盖层厚度或场地类别对地震动峰值加速度的影响问题没有涉及,规范中列出的设计基本加速度以及相应的多遇地震、罕遇地震时的峰值加速度均是假定场地条件为 II 类场地。实际上根据本文所研究的覆盖层厚度对地震动峰值加速度的影响规律,在一定厚度范围内随着土层厚度的增加加速度也在增大。同时场地类别不同,地震动加速度差别也较大。对于黄土地区而言,场地剪切波速一般随深度呈递增趋势,这为定量分析覆盖层厚度与地震动峰值加速度的关系提供了条件。本文第五节给出的经验公式可以根据场地实际情况对设计地震动参数进行适当调整。

1.4 关于场地条件对地震影响系数最大值 α_{max} 的影响问题

在文献[1]规范修订前和修订中,已经有一些抗震设计规范规定:据区划图确定的地震影响系数最大值 α_{max} 还要按场地条件调整,例如美国 NEHRP 规范、加州抗震规范(桥梁部分)等。文献[1]的修订中未能采用同样的改进,是由于一项专题研究得出了地震影响系数最大值与场地条件无关的结论。根据我们在黄土地区大中城市地震小区划和重大工程的地震安全性评价工作中对场地地震反应计算结果的分析,地震影响系数最大值(或相对加速度反应谱 β)与场地条件有很大的关系,同时场地条件对多遇地震和罕遇地震作用下的 β_{max} 的影响程度有一定差异,其影响规律有待进一步归纳分析。目前,国内也有从事这方面研究的报道^[7]。相信在今后的规范修订中会妥善解决这个问题。

1.5 现行构筑物抗震规范以及其它行业规范在实际应用中的局限性问题

为了与《中国地震动参数区划图》(GB18306—2001)^[3]接轨,文献[1]将 89 规范的设计近震和设计远震改为设计地震分组。地震影响系数的特征周期 T_g ,不仅与场地条件有关。而且与设计地震分组有关,更好地反映了震级大小、震中距和场地条件的影响。

《构筑物抗震设计规范》(GB50191—93)^[4]将反应谱特征周期 T_g 表达为随场地指数 μ 连续变化的函数,即

$$T_g = 0.65 - 0.45\mu^{0.4}$$

有些行业抗震设计规范,如《公路工程抗震设计规范》(JTJ004—89)^[6],反应谱特征周期 T_g 表示为

$$T_g = 0.7 - 0.5\mu$$

特征周期 T_g 只考虑了场地条件的影响,显然不合理。

再比如说,关于长周期反应谱的取值问题^[8],桥梁抗震设计规范反应谱长周期部分有两个问题需要解决:①长周期反应谱取值规定一个下平台值($\beta_{min}=0.3$)不尽合理。加速度反应谱以一定值加以表示,显然与实际情况不符,因为 $T \rightarrow \infty$ 时结构位移反应谱与地面最大位移一致。根据加速度反应谱与位移反应谱近似关系 $S_a = \omega^2 S_d$,则加速度反应谱长周期部分应符合 $1/T^2$ 衰减规律。因此有没有必要定义 0.3 这一下限值。②反应谱截止周期适当延长。目前规范反应谱不能涵盖长周期结构抗震的需要,越来越多的大跨度桥梁建设,使得反周期反应谱的取值成为急需解决的问题。现行规范虽然将放大系数谱的最长周期从 3 s 延长到 5 s,但是随着桥梁跨度的不断加长桥梁的自振周期也在不断加大。根据同济大学土木工程防灾国家重点实验室完成的 20 多座大桥抗震分析,从第一阶自振周期看^[9],主跨长 1 385 m 的江阴长江公路大桥周期是 19.6 s,主跨为 888 m 的虎门大桥是 11 s,主跨 602 m 的杨浦大桥是 12.8 s。规范反应谱截止周期为 5.0 s 不能满足大跨度桥梁抗震反应谱分析的要求。关于该问题应做进一步研究。

总体上看现行构筑物规范以及其它一些行业规范在抗震设计思想上明显落后于文献[1],有必要向建筑物抗震规范靠拢。

同时,需要特别指出的是,文献[1]规范与文献[3]也有相悖之处,建议在今后规范的修订中注意两者的衔接。

2 现行规范中关于黄土震陷与饱和黄土液化的评价问题

新近修订颁布实施的规范,包括《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)^[1]、《岩土工程勘察规范》(GB50021—2001)^[2]等,一个突出的特点是包含了有关黄土震陷和液化的内容。兰州地震研究所长期以来对黄土的动力特性进行了大量而富有成效的研究,引起了国内外学者的广泛关注与重视。其成果在89抗震设计规范修订过程中得到了使用。文献[1]在条文说明中明确指出:“对自重湿陷性黄土或黄土状土,研究表明具有震陷性。若孔隙比大于0.8,当含水量在缩限(固体与半固体的界限)与25%之间时,应根据需要评估其震陷量。对含水量在25%以上的黄土或黄土状土的震陷量可按一般软土评估。关于软土及黄土的可能震陷目前已有了一些研究成果可以参考”。

关于黄土的液化问题,文献[1]认为,黄土液化的可能性及其危害性是存在的,但缺乏较详细的评价资料,对黄土的液化判别尚缺乏经验,但值得重视,有待进一步研究。对此,文献[2]也有类似的说明:“根据科研成果,湿度大的黄土在地震作用下,也会发生液化和震陷,已在室内动力试验和古地震的调查中得到证实。鉴于迄今为止尚无公认的预测判别方法,故本次修订未予列入”。这充分说明黄土的液化问题作为岩土工程和土动力学领域的一个研究动向,已充分引起了工程界的重视与兴趣。尽管人们的看法不尽一致,但其分歧主要在于预测判别的方法上。值得欣喜的是,通过广大科技工作者的共同努力,黄土动力特性和震害的研究正在不断取得进步。

目前,王兰民等学者针对大、中城市黄土地基震害预防问题,在已有研究成果的基础上重视试验结果和工程实际应用相结合,对黄土震陷和液化的形成机制、预测判别方法进行了深入研究,提出了黄土地震灾害预防的技术标准和方法,相信该成果对于未来规范的修订会大有裨益的^[10]。

3 小结和建议

(1) 加强对黄土地区强震地面运动的观测研究,不断积累强震记录,是黄土地区地震动研究取得突破的关键。

(2) 目前,地震危险性分析和地面运动参数小区划还仅限于一定概率水准的烈度、峰值加速度、峰

值速度、峰值位移及其反应谱,在通常情况下还将地震动持续时间视作一个确定量,而且更为严重的是,确定性的方法缺乏可靠的理论依据,认识上模糊不清,其预测结果的趋势与理论分析和实际记录所反映出的趋势相矛盾,这就破坏了地震危险性分析在预测地震动三参量时的统一性和协调性。另一方面,由于长期以来在地震烈度的评定、抗震设计以及场地震害预测中如何应用持续时间这一重要地震动参数缺乏适当方法,因此应加强对地震动持续时间的研究。

(3) 加强对实验测试系统的研制。地震反应分析系统—土动力实验测试系统—计算机控制和数据处理系统的联机运做来进行黄土动力学问题和黄土地震灾害预测研究将成为现实,研究的结果将更为科学合理。

(4) 加强对地方标准的制订。我国幅员辽阔,经济发展和人口分布不平衡,岩土条件和地震活动水平各地相差很大。全国性规范的局限性往往体现在它不能反映全国千差万别的情况,因此在国家规范设计思想指导下,制订既符合地方国情,又要有充分科学依据且效益明显的地方标准意义重大,不一定要“全国一盘棋”。

目前,国内一些地区已陆续制订了地方标准,如《上海市建筑抗震设计规程》(DBJ08—11—1999)^[11]、《天津市建筑地基基础设计规范》(TBJ1—88)^[12]等,都在当地的经济建设中发挥了良好的作用。在西北地区,我们参与完成的甘肃省标准《兰州市区钢筋混凝土高层建筑结构设计及施工规定(试行)》(DBJ25—54—95)^[13]、《河西地区高层建筑混凝土结构技术规程(试行)》(DBJ25—80—99)^[14]等,也发挥了积极的作用。

西部地区岩土条件和地质灾害比较独特,地震活动和场地地震动效应也有自己的特点。同时本地区还存在经济相对落后和地震活动水平高这一突出矛盾,其中一个关键问题就是抗震设防标准问题。《中国地震动参数区划图》(GB18306—2001)的出台给西部地区提出了一个经济承受能力问题,因此加强对地方标准制订的可行性研究是非常有意义的。

[参考文献]

- [1] 国家标准. 建筑抗震设计规范(GB50011—2001)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [2] 国家标准. 岩土工程勘察规范(GB50021—2001)[S]. 北京:中

- 国建筑工业出版社,2002.
- [3] 国家标准. 中国地震动参数区划图(GB18306—2001)[S]. 北京:中国标准出版社,2001.
- [4] 国家标准. 构筑物抗震设计规范(GB50191—93)[S]. 北京:中国计划出版社,1994.
- [5] 交通部标准. 公路工程抗震设计规范(JTJ004—89)[S]. 北京:人民交通出版社,2000.
- [6] 石玉成,王兰民. 黄土场地覆盖层厚度和地形条件对地震动放大效应的影响[J]. 西北地震学报,1999,21(2):204-208.
- [7] 李小军,等. 设计地震动参数确定中的场地影响考虑[J]. 世界地震工程,2001,17(4):34-41.
- [8] 石玉成,潘保田. 巨厚黄土地场的长周期地震动反应谱特性[J]. 兰州大学学报,2006,42(Supp.),1-5.
- [9] 范立础. 桥梁抗震(第一版)[M]. 上海:同济大学出版社,1997.
- [10] 王兰民. 黄土动力学[M]. 北京:地震出版社,2003.
- [11] 上海市建设委员会,上海市标准. 上海市建筑抗震设计规程(DBJ08—11—1999)[S]. 上海,1999.
- [12] 天津市建设委员会,天津市标准. 天津市建筑地基基础设计规范(TBJ1—88)[S]. 天津,1989.
- [13] 甘肃省标准. 兰州市区钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规定(试行)(DBJ25—54—95)[S]. 兰州,1995.
- [14] 甘肃省标准. 河西地区高层建筑混凝土结构技术规程(试行)(DBJ25—80—99)[S]. 兰州,1999.