

# 西安市地裂缝设防距离的数值模拟研究

李文阳<sup>1</sup>, 潘春娟<sup>2</sup>, 门玉明<sup>3</sup>

(1. 同济大学 地下建筑与工程系, 上海 200092; 2. 中煤航测遥感局 遥感科技分公司, 陕西 西安 710054; 3. 长安大学 地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:**西安市地裂缝分布广泛, 活动剧烈, 危害严重, 但在地裂缝带及其附近修建建筑物是城市发展不可避免的, 因此, 给定合理的设防距离是十分必要的。西安市目前所执行的地方规范虽对避让距离做了规定, 但并未给定具体的设防距离。以西安市  $f_6$  地裂缝为例, 对跨地裂缝的三级建筑物防灾、地裂缝灾害影响带宽度进行了数值模拟, 提出了上下盘建筑物的安全距离, 对于一般不做基础处理的民用和工业建筑, 在设防的安全距离外, 建设是安全的。

**关键词:**地裂缝; 建筑物设计; 设防距离; 数值模拟; 西安

**中图法分类号:** TU433 **文献标志码:** A

由于自然和人为等因素的作用和影响, 自 20 世纪 50 年代后期以来, 西安市区先后出现了 14 条地裂缝带, 其活动时间之长和规模之大, 在国内尚属罕见。迄今为止, 已有上百栋楼房遭到破坏, 经济损失达数亿元。不仅如此, 由于地裂缝还在不断发展中, 并出现新的地裂缝带, 严重制约了城市建设用地的有效利用和城市建设规划发展, 为城市工程建筑留下了重大的灾害隐患。

为防止地裂缝对建筑物的破坏, 1988 年陕西省建设厅制定并颁发了陕西省标准《西安地裂缝场地勘察与工程设计规程》。规程规定, 任何类型的新建建筑不得跨越主裂缝布置, 必须按规定避开主裂缝一定距离<sup>[1]</sup>。该规程于 2006 年上升为地方规范, 即《西安地裂缝场地勘察与工程设计规范》DBJ61-6-2006。该规范对地裂缝场地建筑物最小避让距离做了说明, 如表 1 所示<sup>[2]</sup>。该规范规定, 对于一般工业与民用建筑, 在地裂缝相对上升盘和下降盘避让距离分别为 4 m 和 6 m。地裂缝带近 10 m 的主变形带可规划临时建筑、停车场和绿化带等。

自规范制定以来, 西安市已避开地裂缝建设了一大批建筑物, 实践证明规程给定的安全距离是有效的。但是, 由于西安市土地资源有限, 特别是一些繁华的街

区, 不利用地裂缝场地很不经济, 对这类不得不建在地裂缝带上及其附近的建筑物, 给定合理的安全避让距离就显得十分重要。

表 1 地裂缝场地建筑物最小避让距离 m

结构类别	构造位置	建筑物重要性类别		
		一	二	三
砌体结构	上盘	-	-	6
	下盘	-	-	4
钢筋混凝土结构、钢结构	上盘	40	20	6
	下盘	24	12	4

## 1 数值模拟分析

针对一般的砖砌体(以烧结普通砖和烧结多孔砖为例), 对上下盘的安全距离进行模拟分析。模拟条件为: ① 以西安地层为例, 地层参数见表 2; ② 地下水位线以地层剖面图为准; ③ 砌体材料参数选取自《砌体结构设计规范》GB50003-2001; ④ 建筑物两边距离为建筑物长度的 3 倍。

本文仅考虑主裂缝对上下盘避让距离的影响, 所以建立模型时对西安市  $f_6$  地裂缝进行了调整, 主要是除掉了次级裂缝, 只留一条主裂缝。对上下盘避让距离的算法是参照总变形容许值的影响范围并以此作为

计算结果的依据;地层的变形容许值根据《建筑地基基础设计规范》GB5007-2002 选取。建立的模型如图 1 所示,网格划分如图 2 所示。

表 2 土层物理力学参数

土层编号	土层名称	重度/ ( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	弹性模量/ MPa	泊松比	粘聚力/ kPa	内摩擦角/ ( $^{\circ}$ )
1	填土	18.5	7.44	0.29	65.3	31.1
3	新黄土	18.4	5.95	0.29	37.1	26.2
4	古土壤	19.1	9.04	0.30	78.5	34.4
5	老黄土	19.2	12.58	0.31	29.3	18.5
6	古土壤	19.5	9.38	0.29	104.7	3.7
7	粉质粘土	19.4	12.29	0.26	49.3	21.0

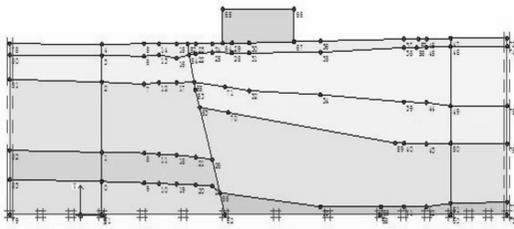


图 1 上下盘避让距离模型

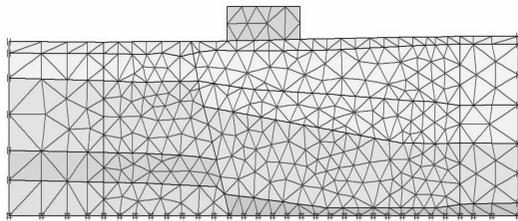


图 2 上下盘避让距离模型网格

## 2 计算结果

计算所得的总变形矢量图如图 3 所示,总变形云图如图 4 所示。

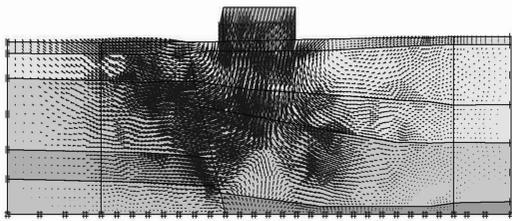


图 3 上下盘避让距离模型变形矢量

由图 3 和图 4 可以看出,对于一般的砖砌体建筑物来说,以变形在 0~4 mm 的变形区域作为上下盘避让距离的参考值,上盘的 0~4 mm 的变形区域范围为 22~35 m;下盘 0~4 mm 的变形区域范围为 20~25 m。由此可以得出,下盘的安全距离为 20~25 m,上盘的安全距离 22~35 m,如图 5 所示。

基于此,笔者对工程设防距离提出以下建议:① 避让带外侧的次级地裂缝和微破裂影响带划定的设防宽度即为设防距离,凡在此范围内修建的工业与民用

建筑,均需对地基和基础作特殊加固,或采取提高建筑设计标准的措施解决地裂缝灾害的防治问题;② 本文计算结果根据地层中土层的变形 0~4 mm 来确定设防距离的范围,故所计算的设防距离为范围值,而不为一个固定值,并且取最小值作为最后的设防距离。

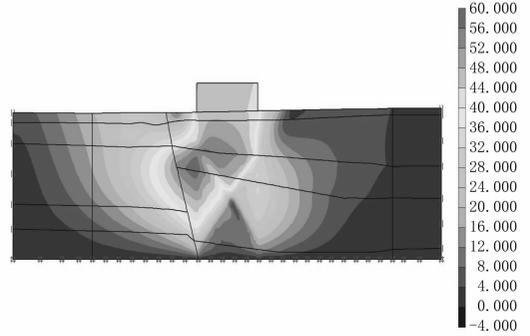


图 4 上下盘设防距离变形云图(单位:mm)

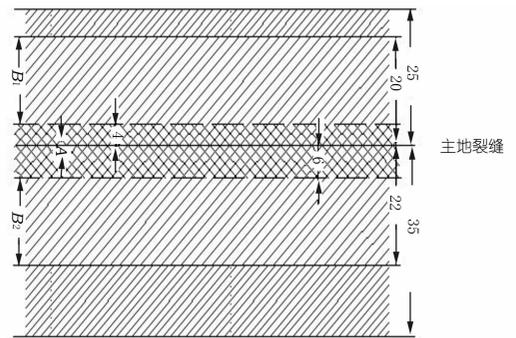


图 5 地裂缝避让带与设防距离平面示意(单位:m)

注:A 避让安全距离;  $B_1$  上盘最小的设防距离;  $B_2$  下盘最小的设防距离

值得指出,在本模型中边界取建筑物宽度的 3 倍,根据一般的认识,边界如果取 3 倍以上,会消除边界的误差,使结果更加准确,本文所计算的设防距离偏于安全。不同安全等级的建筑物有不同的变形容许值,而本文针对的仅是一般的工业与民用建筑。

## 3 结语

在地裂缝设防区内修建建筑物,应查明主地裂缝的准确位置,避免横跨主地裂缝,这是最重要的。如果必须横跨地裂缝,设计人员应采用多种方法对比试验,以确保建筑物的安全。西安市目前所执行的《西安地裂缝场地勘察与工程设计规程》DBJ61-6-2006,对上盘的避让距离做了规定,而设防距离未作说明。本文对西安地裂缝的合理设防距离进行了计算,提出了地裂缝上下盘建筑物的设防距离,指出对于一般不做基础处理的民用和工业建筑,在设防的安全距离外,建设是安全的。需要说明的是,本文所计算的结果偏于安全,至于更加合理的设防距离的规定,以及关于高层

建筑物避开地裂缝的设防距离,还有待进一步确定。

### 参考文献:

- [1] 陕西省工程建设标准. DBJ24-6-88 西安地裂缝场地勘查与工程设计规程[S]. 西安:陕西省建筑标准设计办公室,1988.

- [2] 陕西省工程建设标准. DBJ61-6-2006 西安地裂缝场地勘察与工程设计规范[S]. 西安:陕西省建筑标准设计办公室,2006.

(编辑:赵凤超)

## Numerical simulation on safe distance of ground fissures in Xi'an City

LI Wenyang<sup>1</sup>, PAN Chunjuan<sup>2</sup>, MEN Yuming<sup>3</sup>

(1. College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Remote Sensing Sub-company, Aerial Photogrammetry and Remote Sensing Bureau, Xi'an 710054, China; 3. School of Geology Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The ground fissures distribute wildly in Xi'an City and produce serious damage. However, it is unavoidable to build architectures in the ground fissure zone during urban development. Therefore, it is necessary to set a reasonable safe distance. At present, only evaded distance is specified in the local regulations of Xi'an, but the safe distance for defense is not given. Taking f6 ground fissure as an example, we carry out numerical simulation on the disaster prevention of 3-grade building crossing fissures and the width of fissure influential zone and propose the safe distance for buildings of hanging wall/footwall. For the civil and industrial buildings without foundation treatment, it is safe to construct buildings beyond the safe distance.

**Key words:** ground fissure; building design; safe distance; numerical simulation; Xi'an

(上接第 34 页)

- [3] 张欣莉,丁晶. 参数投影寻踪回归及其在年径流预测中的应用[J]. 四川大学学报:工程科学版,2000,32(3):13-15.
- [4] Zhang Q H, Albert B. Wavelet networks[J]. IEEE Trans on Neural Networks,1992,3(5):889-898.
- [5] 冯艳,付强,刘仁涛,等. 小波神经网络在水文水资源应用中的研究进展[J]. 水资源与水工程学报,2006,17(3):38-41.
- [6] 李向武,韦岗. 小波神经网络的动态系统辨识方法及应用[J]. 控制理论与应用,1998,15(4):494-500.
- [7] 陈义安,张义萍. 基于小波网络的非线性预测应用研究[J]. 商业研究,2003,(4):64-65.
- [8] Kreinovich V, Sirisaengtaksin O, Cabrera S. Wavelet neural networks are asymptotically optimal approximators for functions of one variable [C]//Proceedings of IEEE ICNN, Orlando: [s. n.], 1994: 299 -

304.

- [9] 汤守鹏,姚鑫锋,姚霞,等. 基于主成分分析和小波神经网络的近红外多组分建模研究[J]. 分析化学,2009,37(10):1445-1450.
- [10] Szu H H, Telfer B A, Kadambe S L. Neural network adaptive wavelets for signal representation and classification[J]. Optical Engineering,1992,31(9):1907-1916.
- [11] 田雨波. 混合神经网络技术[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [12] 王文圣,丁晶,李跃清. 水文小波分析[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [13] Cybenko G. Approximation by superposition of a sigmoidal function [J]. Mathematics of Control, Signals, Systems. 1989,2(4):303-314.

(编辑:李慧)

## Urban water demand prediction based on wavelet network coupled with principal components analysis

DUAN Kai, MEI Yadong, ZHOU Yanlai, YAN Shijie

(State Key Laboratory of Water Resource and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** Taking Shanghai City as an example, we extract two comprehensive factors by principal components analysis from 9 factors relevant with the annual water consumption, which are adopted as inputs with the historical water consumption data to establish a wavelet network model. The improved BP algorithm with additional momentum method and adaptive learning rate has been applied for model calibration using data from 1980 to 2005; and the model is verified based on the data from 2006 to 2008. The results indicate that the proposed model is superior in the structure, convergence rate and prediction precision, which has a broad application prospect in urban water demand prediction. Choosing the best hidden layers and hidden layer nodes to obtain the faster convergence rate is the focus in further study.

**Key words:** wavelet network; principal components analysis; improved BP algorithm; water demand prediction; Shanghai City