文章编号: 1000-1301(2005)06-0122-05

抚顺煤田建筑破坏与地质灾害的关系

周正华[1,2], 郭 迅[1], 林 淋[1], 王宇欢[1], 尹晓涛[1]
(1. 中国地震局工程力学研究所,黑龙江 哈尔滨 150080; 2. 中国科学院力学研究所,北京 100080)

摘要:本文简要介绍了抚顺煤田的区域地质背景及受灾楼房调查结果,并对房屋建筑破坏特征进行了分析。同时,对大地测量结果、地质勘察及试验结果进行了讨论,结果表明:煤田开采诱发了浑河断裂抚顺段的局部活动。最后,综合分析得出断层活动引起的地基不均匀沉陷是造成该市建筑破坏的主要原因,且断层引起的地基不均匀沉陷不同于一般软基不均匀沉陷。

关键词:煤田;大地测量;地质勘查;断层活动;地基不均匀沉陷
中图分类号: P315.221 **文献标识码**: A

Relationship between destruction of buildings and geological disaster in Fushun coalfield

Zhou Zhenghua[1,2], Guo Xun[1], Lin Lin[1], Wang Yuhuan[1], Yin Xiaotao[1]
(1. Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration, Harbin 150080, China; 2. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: In this paper, the geological setting and the investigation on the destruction of buildings in Fushun coalfield is introduced briefly and the characteristic of destruction of buildings is analyzed. In the meantime, the data of geodetic measurement, geological investigation and test are also analyzed, and the analytic results show that the local motion of Fushun segment on Hunhe fault is caused by coal extraction. Finally, the comprehensive study comes to the conclusion that the main reason for causing destruction of buildings in Fushan is the inhomogeneous settlement of ground triggered by fault motion, and the inhomogeneous settlement of ground caused by fault motion is different from the inhomogeneous settlement of soft ground.

Key words: coalfield; geodetic measurement; geological investigation; fault motion; inhomogeneous settlement of ground

引言

抚顺市是一座资源型重工业城市,因煤炭资源丰富而闻名。然而,长期的煤田开采给这个以煤炭工业为基础发展起来的城市带来了严重的地质环境问题:大范围地面崩塌、地面开裂、滑坡、不均匀沉陷、矿震、环境污染等,造成了严重的经济损失。为防治矿山地质灾害,国家投入了大量人力物力,但地质灾害仍时有发生。

近十几年来,由煤田开采引起的地质灾害范围不断扩大,灾情日益严重,如市区一些地段的大量楼房产生倾斜、裂缝等严重破坏,有些新建楼房 3～5年就变成危房。这给人民群众的生命财产安全造成了很大威

收稿日期: 2005-01-27; **修订日期**: 2005-03-25
基金项目:国家自然科学基金项目(50178065);国家社会公益研究专项(2002DIB30076);"九七三"项目(2002CB412706)
作者简介:周正华(1962-),男,研究员,博士,主要从事强震动观测技术及强震动数据应用研究.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

胁,已成为困扰抚顺市发展的主要障碍。党中央国务院对此十分重视,朱镕基前总理、温家宝总理曾亲临视察,并作出重要指示,加大了对该市防治地质灾害的支持力度。为防治地质环境进一步恶化,减少地质灾害,抚顺市政府曾多次组织专家论证,采取防治措施。自上世纪 90年代以来,曾对几栋楼基灌注水泥砂浆来强化地基和对结构破坏的修补工作,但成效甚微,灾害持续发展。为了找出引起房屋建筑破坏的根本原因,有关部门进行了深入调查研究。调查研究结果表明,抚顺市的地基不均匀沉陷是由断层活动造成的,与由淤泥类土,饱和松散的粉细砂等软基造成的不均匀沉陷有着本质区别。因此,将常规软基工程的处理办法用于断层活动引起的地基不均匀沉陷是行不通的。由于断层活动是地壳内力作用造成的,能错断坚硬的岩石和卵砾石层,破坏作用巨大,用水泥砂浆加固地基是无济于事的。

北京西山煤田、山东陶庄煤矿、山西大同和黑龙江七台河等矿山城市也遭受到了与抚顺市相类似的严重地质灾害,也与采煤引起的断层活动有关[1-2]。本文针对抚顺市的实际情况,就断层活动造成的地基不均匀沉陷作进一步分析论证,其分析结果可为抚顺市地质灾害防治提供科学依据。

1 受灾楼房调查结果

据不完全统计,抚顺市近年遭受不同程度破坏的楼房在 40栋以上,其中破坏较严重的约 20多栋。表 1列出了部分受灾楼房的基本情况。从表中可以看出,这 8栋遭破坏的楼房在平面上严格分布在两条断层线上,序号 1～4的楼房与断层 F_e十分吻合。序号 5～8的楼房与断层 F_g十分吻合,该断层向西延伸到电厂,电厂的破坏也很严重。据调查,这两条断层上遭破坏的楼房近 20栋。另外,在市区东北部的榆林小区的 5号、4号、7号楼房及东侧的大理石厂,木楦厂一线近年也形成了破坏带,长约 900m,与断层 F_h密切相关。

表 1　受灾楼房统计资料

序号	楼房位置和归属	建筑特征	受灾情况	主要破坏描述
1	浑河南路中段 14 - 3电瓷厂家属楼	7层砖混结构桩基,建筑面积 3895m^2, 84户, 1991年竣工	受灾面积 3895 M^2, 84户,整体破坏严重	F_e断层线纵贯楼基,承重外墙开裂严重,整个楼体向北倾斜,顶部偏离垂直线 400mm
2	礼泉路 a号,挖掘机厂家属楼	7层砖混结构桩基,建筑面积 3671m^2, 64户, 1996年竣工。	28户受灾,面积 1500 m^2,局部中等破坏	F_e断层线通过厢房楼基,厢房北端下沉约 100mm,一个单元内外纵墙严重开裂
3	礼泉路 19 - 1号,发电厂家属楼	5层砖混结构桩基,建筑面积 3412m^2, 1992年竣工。	32户受灾面积 1802m^2,局部破坏严重	F_e断层垂直穿越楼基,南北两个门洞之间内外纵墙严重开裂,北端下沉约 80mm
4	浑河南路中段 14 - 4,归属市政设施管理处	7层砖混结构桩基,建筑面积 5162m^2, 108户	18户受灾面积 781m^2,局部破坏严重	F_e断层斜穿楼基东南角外侧,墙体开裂无倾斜
5	站前 88 - 1,归属房产经营总公司	7层砖混结构桩基,建筑面积 10316m^2, 185户, 1985年竣工	30户受灾面积 1864m^2,局部破坏严重	F_g断层线穿过的门洞,北端下沉约 80mm,内外纵墙开裂严重
6	千金 21 - 2,归属房产经营总公司	7层砖混结构桩基,建筑面积 7893m^2, 156户, 1984年竣工	26户受灾面积 1140m^2,局部破坏严重	F_g断层线斜穿楼基北部,其北侧单元下沉约 80mm,内外纵墙严重开裂,楼梯过梁裂缝,地基相对下沉 100mm,年平均为 6mm
7	站前 73 - 1,位于西七路与解放路交叉处,归属房产经营总公司	6层 (局部 7层)砖混结构桩基,平面尺寸为 57.6m * 9.6m,一层为商铺,二层以上为民居, 1984年竣工	该楼西段两个半门洞破坏严重,只东段 1个半门洞完好	F_g断层线斜贯楼基中西段,楼体西端向北倾斜,顶部偏离垂直线 197mm,地基相对下沉 100mm年平均下沉量约 6mm
8	千金小学,归属市教育局	砖混结构桩基,建筑面积约 4000m^2	楼体东北部破坏严重	F_g斜穿楼基东段,北侧相对下沉约 100mm,内外墙体严重开裂

通过大量的深入调查发现,建筑破坏的面积和轻重程度与断裂的关系十分密切。若断层纵贯楼房长轴方向,则楼房整体受灾严重,如表 1中,断层 F_e纵贯位于浑河南路中段的 14 - 3号,电瓷厂家属楼,该楼造成整体严重破坏。若断层与楼房斜交,如站前, 73 - 1楼房,位于西七路与解放路的交叉处,断层 F_g从该楼的中西段斜贯,使该楼中西段遭严重破坏,而东段基本完好。若断层与楼房正交,则楼房遭局部破坏,如站前 88 - 1,一洞口与断层 F_g正交,该洞口位于断层下降盘 (即北盘)的部分遭严重破坏,其它洞口基本不受影响,总起来说,凡断层通过处的楼房均无一幸免地遭到破坏,但破坏范围仅限于比较狭窄的范围内,宽度大致在 15

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

～20m左右,以断层沉降转折的部位破坏最为严重,此范围以外的楼房基本安全无恙。断层 F_g、F_e、F_h的活动特点和强度大致相似,都是张裂正断层,断层线北侧相对下沉,而南侧相对上升。自上世纪 80年代中期以来,断层相对升降幅度都在 100mm左右,年平均升降 6mm左右,幅度之大,速度之快十分惊人。在以上几个断层线上,不但房屋建筑遭到严重破坏,所经道路、围墙、防空洞和空地等也留下了清晰的破坏裂痕。例如,14 - 3号楼东北侧相距 30～80m的浑河南路中段,在断层 F_e的通过处,路面产生不均匀沉陷,实测相对高差达 181mm。位于电瓷厂对面的地下防空洞在断层 F_e通过处,洞壁上产生 10～20mm宽的裂缝,也显示断层北盘下降。该防空洞壁的裂缝向上延伸至地面,使邻近的南北向围墙多处被错断,围墙底部拱顶错位 66mm,墙体产生 45度的斜裂缝,宽度 20～30mm,均显示断层北侧下降。此外,地面破坏宽度一般也局限在 15～20m的范围内。

2 矿区地质及大地测量

抚顺市的地质灾害的发生,与露天矿及地下煤矿开采密切相关。西露天矿坑的规模是巨大的,东西长约 8km,南北宽约 3km,深约 300m,形成了 10亿吨以上的负压,破坏了该区地壳内的应力平衡,导致了局部地应力集中或松弛。在地应力调整平衡的过程中造成邻近地层变形,引起崩塌滑移等边坡失稳现象。然而,地面的水平位移和升降激活了老断层,产生人们往往不易察觉的新断层等现象。地变形的积累造成的地面不均匀沉陷导致房屋的破坏是地质灾害发展的必然结果。

2 1 大地测量结果

早在上世纪 60年代,抚顺市就开展了大地形变测量,这为分析该市地面变形特点提供了客观数据。在抚顺市大地形变测量实践中,曾对三条边距线作过多次实测。第一条边距线布置在千台山到将军医院一线,方位角 173度,边长 4.5km,位于千台山的 12号测点高程为 198.1m,位于将军医院的 3号测点高程为 140.7m,该边距线跨越浑河断裂和西露天矿坑。在 1958～1990的 32年间,该边距缩短 549mm,其中 1971～1990的 19年中,缩短 453mm,平均每年缩短 24mm。在此时段内,位于老虎台矿至北山间的边距线及位于大伙房水库北石付村至水库南德古村间的边距线的距离基本没有发生变化。测试数据表明,西露天矿的存在对地面移动的影响是十分显著的,即千台山向北产生倾斜和位移,西露天矿坑南北坡分别向矿坑中心产生相向位移。此外,自 1955年以来,抚顺市的水准点高程测量结果表明,浑河南岸呈下降趋势,北岸呈上升趋势。与正常状态的地面形变相比,西露天矿坑附近的地变形速度很大,应重视其影响。

2 2 区域地质概况

抚顺市区位于华北地台,辽宁台背斜,铁岭—靖宇古隆起的西部,抚顺台凸之上。地层二元性结构明显,基底由太古界鞍山群下部的混合岩、混合花岗岩和片麻岩组成。属于盖层的上元古界青白口系钓鱼台组和南芬组岩层,仅出露于抚顺南部。中生代时期,沿浑河河谷形成了中生代断陷盆地。晚第三纪时期由于断陷作用出现了玄武岩喷发和陆屑堆积,伴有含煤岩系及油页岩。第四纪时期区域上升,仅在河谷地带堆积了 5～30 m厚的冲、洪积层,自东向西逐渐变厚[3]。

抚顺市区位于新华夏构造体系的第二隆起带上,为纬向构造体系与新华夏式构造体系的复合部位。被地学界称为“浑河断裂带”的 F1和 F1A两条深大断层,横贯抚顺市区,是控制该地区构造地质环境的主导因子,其中 F_{1A}断层规模大,连续性好,构造行迹清楚,为逆冲断层,把太古界地层推覆到中生界地层之上,其南侧的 F_1断层规模较小,连续较差,形迹不很清楚。这两条断层近东西向贯穿抚顺市中部,对抚顺市的工程水文地质条件有重要影响。浑河断裂的另一条主干断裂可能位于浑河北侧。除 F_1和 F_{1A}这两条断层外,该市还有许多小断层,如对受灾房屋影响较大的 F_g、F_e和 F_h等三条断层。这三条断裂位于 F_{1A}的北侧,相距数百米,大致平行,雁列状展布,揭露长度为 600～900m,均为张性、北倾的正断层,其中 F_g断层两侧基岩存在 2～3m的陡坎斜坡,F_e和 F_h的基岩陡坎斜坡不明显。从分布和规模来看,这三条断层很可能是 F1A支断裂或次生断裂。

抚顺市区的水文地质特征表现为,南北两侧为起伏丘陵,中部为冲积平原,按水文地质规程划分属第一类型。浑河是该地区最大的地表水系,最大洪峰流量 1960m^3/s。浑河由市区中心纵向穿过,河流在东郊被大伙房水库拦截,实际流量受自然降水和大伙房水库放水量的控制[3]。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3 地质灾害原因分析

3.1 诸灾害因素的综合评价

一般而言,建筑破坏涉及场地、基础、结构设计、建筑材料和施工质量等诸多环节。抚顺市遭破坏建筑原因分析表明,场地是抚顺市建筑破坏的主要因素。

抚顺市建筑场地以中硬土 II类建筑场地为主,局部基岩出露,淤泥和饱和松散的粉细砂等软土不太发育。就整体而言,抚顺市的工程地质条件良好,该市基岩埋藏浅,砂砾卵石层厚度较大,20世纪 80年代以来建筑的楼房大都采用桩基础,通常情况下地基基础稳定,不易出现地基不均匀沉陷等地质灾害。鉴于抚顺市的工程地质特点,采用桩基础是合理的,如果桩的设计形式、材料和施工质量有问题而引起建筑破坏,在平面分布上应以点状或片状出现,而实际受灾点呈很好的线状分布,因此归结为桩基础造成的灾害是不符合事实的。

近 20年所建居民楼虽各不相同,但结构都大同小异,一般都是采用桩基的砖混结构。如果出现问题,受灾点也应以点状或片状出现,可见结构设计和建筑材料也不是造成该市房屋破坏的主要因素。同样,施工质量沙浆标号问题,在一个小区内同一个施工队造的房屋应该出现大致相同的受灾状况,在平面上也应呈点状或片状分布,而决不能集中在几条线上。因此把抚顺市的大量房屋破坏归结为施工质量不好亦不合理。

3.2 建筑破坏原因分析

众所周知,场地不均匀造成地基不均匀沉陷会导致基础和上部结构破坏。抚顺市建筑场地平缓,基岩埋藏浅、砂砾卵石层厚度较大。以坚硬土 II类建筑场地为主,工程场地条件良好,通常容易导致地基不均匀沉陷的淤泥类土和饱和松散的粉细砂并不发育,这是公认的事实。那么造成抚顺市部分房屋破坏的地基不均匀沉陷是如何形成的,这个问题必须通过认真的研究和分析。为了找出引起地基不均匀沉陷的根本原因,下面仍从受灾点的良好线形分布谈起。尽管,冲洪积层的岩性变化较大,地层结构以犬牙交错为特点,但宽度达 20多 m,长近千米的狭长松散软弱带在抚顺市是不存在的,其他地区也很难找到。即使串珠状软弱地基点成灾,其不均匀沉陷的特点和建筑倾斜破裂的方向性也是杂乱无章的。不可能象刀割的一样,受灾带宽度几乎不发生变化,受灾点一律北侧相对下沉,建筑物破坏一律向北倾斜,而未见反例。

上述事实说明,抚顺市的建筑破坏与淤泥类土和饱和松散的粉细砂土等软弱地基引起的地基不均匀沉陷没有明显的因果关系,只能用断层活动造成地面不均匀沉陷成灾来解释。

3.3 断层活动性分析

为了证实断层活动是造成地面不均匀沉陷的根本原因,对受灾房屋建筑场地进行了现场调查和勘查试验。现场调查和勘察试验结果表明,在破坏房屋地基不均匀沉陷区内均存在强烈的断层活动。如站前 73-1楼房竣工于 1984年,几年后就开始产生裂缝和倾斜,为了防治地基不均匀沉陷,曾灌注过水泥沙浆。但没有达到预期效果,房屋倾斜裂缝继续扩大,且不断加快。该楼西端顶层一住户的女主人介绍说,1999年搬入,其阳面窗下墙体与原来紧靠的另外一栋楼房形成半尺左右的缝隙,怕孩子顽皮掉入缝隙,特找来一块预制板盖在缝隙上并抹了灰浆,在 2002年我们在现场见到抹灰被拉开 35mm,形迹清晰可见。此时该楼向北倾斜总量已达 197mm,该楼拆除后实测到南北桩基承台高度相差 100mm,年平均不均匀下沉量达 6mm。与此类同的例子还有浑河南路中段的 14-3楼房。该楼房 1991年建成,数年后出现墙体裂缝。上世纪 90年代后期迅速发展,至 2003年的 12年内该楼顶部向北倾斜总量达 400mm。断层 F_e通过附近路面的相对下沉达 181mm,所表明的动态发展过程与软基不均匀沉陷逐渐趋缓的特点是有明显差别的。

勘察中,在断层线内外曾作过大量动探实验,探头呈圆锥状,直径 74mm,锥角 60°,锤重 635N,落距 76cm,实验结果以进尺 10cm的锤击次数为准,能反映地层的紧密程度。F_g断层在西五路附近的 9-2号楼房的地基处通过,该场地钻探试验孔的平面分布如图 1。动探实验结果汇于表 2。各孔的动探试验曲线示于图 2。其中 9-2-4、9-2-4(1)、9-2-4(2)三孔位于断层 F_g的中心线上,相距 0.5～1.0m,其他各钻孔位于断层中心线两侧,相距 3～20m以上。从表 2和图 2可以看出,位于断层线上的三个孔的动探数据值远低于断层中心线之外的各点。说明断层线 F_g上的砂砾卵石层明显被断层活动所松动。更令人惊叹的是 9-2-4孔在深度 6.6～8.2m深度处,仅一击探头进尺达 1.6m,推断该处地层存在空洞或裂缝,基本未填充,几乎没有阻力,空洞和裂缝的宽度应在 7.4cm以上。为了证实这一判断,又在 9-2-4孔近旁 0.5～1.0m处布置了 9-2-4(1)、9-2-4(2)两个孔作试验,动探值明显偏低。说明断层 F_g的活动在该处已经错断了浑河一级阶地的砂砾卵石

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

层,形成裂缝。断层两侧产生较大的不均匀沉降,造成 9-2楼房整体向北倾斜约 80mm的破坏。其他各试验场地上,除揭露了断层泥之外,动探结果也都不同程度地反映了这些断层活动错断和松动砂砾卵石层的情况。

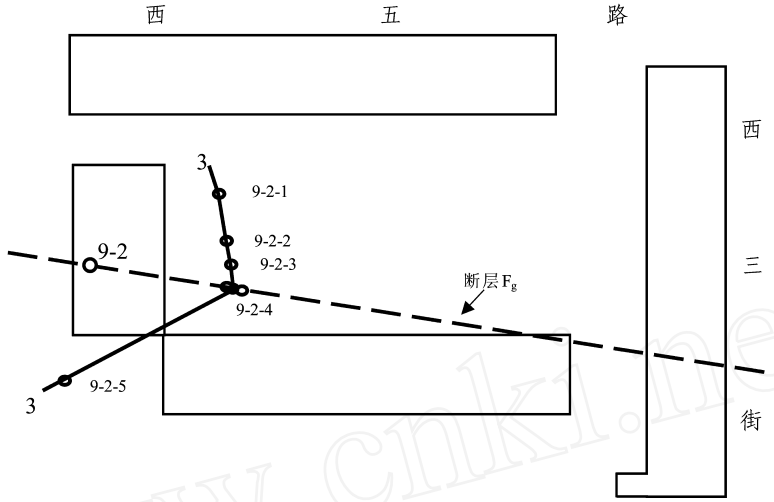

图 1 9-2场地试验孔位置示意图

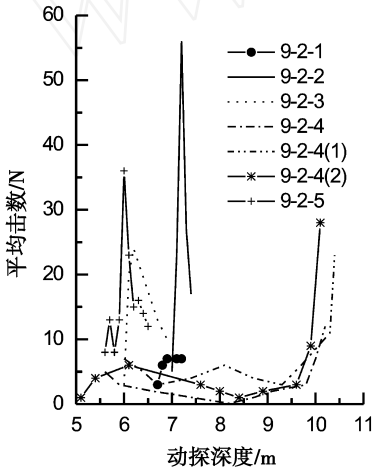

图 2 钻孔动探试验曲线

表 2 场地钻孔动探试验数据

孔 号	动探深度 (m)和 (平均击数 (N))
9-2-1	6.7(3)、6.8(6)、6.9(7)、7.1(7)、7.2(7)
9-2-2	7.0(5)、7.1(23)、7.2(56)、7.3(27)、7.4(17)
9-2-3	6.0(3)、6.1(20)、6.2(24)、6.7(13)、6.9(10)
9-2-4	5.6(5)、5.9(3)、6.6(2)、8.2(0.1)、8.7(1)、9.1(2)、9.8(3)、10.0(7)、10.2(12)
9-2-4(1)	6.0(7)、6.4(5)、6.7(3)、7.4(4)、8.1(6)、8.7(4)、9.3(3)、9.7(6)、10.3(11)、10.4(23)
9-2-4(2)	5.1(1)、5.4(4)、6.1(6)、7.6(3)、8.0(2)、8.4(1)、8.9(2)、9.6(3)、9.9(9)、10.1(28)
9-2-5	5.6(8)、5.7(13)、5.8(8)、5.9(13)、6.0(36)、6.1(23)、6.2(15)、6.3(16)、6.4(14)、6.5(12)

4 结论

抚顺市大部分楼房的破坏是断层活动引起的地面不均匀沉陷造成的。由于断层活动引起的地基不均匀沉陷与淤泥等松散地基不均匀沉陷的差别很大,因此,用常规加固软基,如灌注水泥沙浆的方式来防治断层引起的地基不均匀沉陷是无效的。

此外,本文提到的断层 F_g、F_e和 F_h仍处在活动中,北盘相对下降,其错动幅度每年大致在 6mm左右。除此三条断层外,不排除抚顺市还有其他断层的存在和影响。受露天矿坑和榆林矿的影响,在其临近地段还有产生新断裂活动的可能性。对于这一实际情况,在抚顺市规划和新辟建筑场地时,应重视断层的勘察与评价,尤其要注意避让断层。如果无法避让,应采取能够适应断层变形的相应措施,以确保人民生命财产的安全。

参考文献:

[1] 马克峰. 陶庄煤矿矿震灾害与防治 [J]. 灾害学, 2002, 17(4): 60～63.

[2] 纪玉杰. 北京西山侏罗纪煤田矿震与地质灾害的关系 [J]. 北京地质, 2002, 14(3): 11～21.

[3] 常耀广,赵广信,苏顺强. 抚顺煤田矿震现状及其城市地质环境效应初探 [J]. 辽宁工程科技大学学报, 2002, 21(5): 579～583.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net