

采空区地表变形规律及地基稳定性评价

康彦

(贵州永润煤业有限公司, 贵州 安顺 561000)

摘要 以地表变形实测数据为基础, 运用数值模拟的计算方法, 系统地分析了上覆岩层自然压实状态, 并通过理论计算, 判断了实例建筑物荷载能否引起老采空区的“二次活化”, 为短时间利用采空区兴建建筑物提供了理论基础。

关键词 采空区; 地表变形; 地基稳定性

中图分类号 TD325.2 **文献标识码** B **文章编号** 1006-6225 (2018) 02-0065-03

Base Stability Evaluation and Goaf Surface Deformation Law

随着我国房地产业的快速发展, 城市面积在不断扩大。此外, 近些年来煤炭资源的快速开发, 形成了大面积的地面塌陷区, 已经导致了在一些产煤地区理想建设用地面积的严重减少。在采空区上兴建厂房、民用建筑已经成为了未来解决建设用地资源短缺的重要方法^[1-4]。但在采空区上新建构筑物, 可能影响经过一段时间自然压实的上覆岩层的平衡状态, 使其发生“二次活化”, 使建筑物产生不均匀沉降, 发生破裂、倾斜甚至倒塌, 严重影响建筑物的安全性能。因此, 在兴建建筑物之前对地基进行稳定性评价, 并采取适当的抗变形措施是非常必要的^[5-7]。

一般情况下, 上覆岩层的移动和变形需要经过很漫长的一段时间, 才能达到稳定状态。若地基未经过长时间的自然压实, 将会给地表建筑物留下巨大的隐患。因此, 针对采空区上方新建建筑物的稳定性问题, 结合实例, 将FLAC软件模拟结果与地表实测数据进行对比分析, 判断上覆岩层是否处于完全自然压实状态, 以便使采空区上方的土地资源得到快速的利用。最后, 通过理论计算, 判断了建筑物荷载是否能引起老采空区的活化。

1 工程概况

某矿煤层平均埋深360m, 平均厚度3m, 属稳定的中厚煤层, 煤层倾角 $3^{\circ} \sim 6^{\circ}$, 为近水平煤层, 结构单一, 一般不含矸石。矿山开采方式为井工开采, 一次采全高, 采用全部垮落法管理顶板。其中, 煤层顶板岩性主要为砂岩、泥岩和泥质砂岩, 底板岩性主要为砂岩。

2 采空区地表变形规律

2.1 模型的建立

使用FLAC软件进行模拟过程中, 为了简化模拟计算和消除边界效应的影响, 将煤层设计成水平煤层, 并尽量增大模型的尺寸。建立的数值计算模型工作面推进方向为Y轴方向, 长度为1400m; 工作面方向沿X轴方向, 长度为390m; 垂直方向为Z轴方向, 按地质条件建立上覆岩层模型, 高度为390m, 其中, 煤层厚度为3m。

数值模拟的本构模型采用摩尔-库伦准则, 模型边界变形X, Y两轴正负两个方向上的约束为0, Z轴负方向上的约束为0, 正方向上为自由变形; 在重力场作用时, 重力加速度为 9.81m/s^2 。在模型达到平衡状态后进行开挖, 沿Y轴由400m推进到1000m处, 其推进长度为600m。建立的初始模型如图1所示。

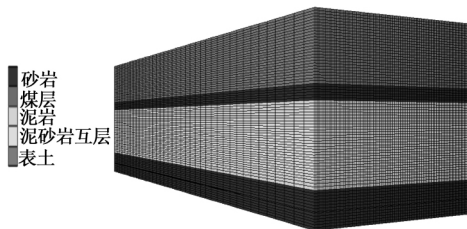


图1 初始模型

2.2 数值模拟结果分析

图2为沿工作面推进方向过中心线的沉降剖面图, 在此剖面地表布置1条测线, 在测线上每隔40m布置1个测点, 就会得到中心线地表最大下沉

收稿日期 2018-01-07

DOI 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2018.02.018

作者简介 康彦(1983-), 男, 山西兴县人, 在职研究生, 工程师, 主要从事煤矿采掘技术管理工作。

引用格式 康彦. 采空区地表变形规律及地基稳定性评价[J]. 煤矿开采, 2018, 23(2): 65-67.

曲线。图 3 为地表最大下沉值模拟曲线和实测曲线。由图 3 可知,地表最大实测下沉值小于其模拟值,但二者总体相差不大,这说明上覆岩层已基本处于完全自然压实状态,不会影响新建建筑物的安全性能。

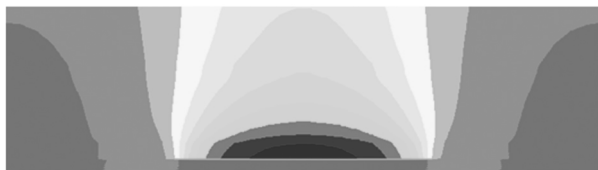


图 2 工作面推进方向沉降剖面

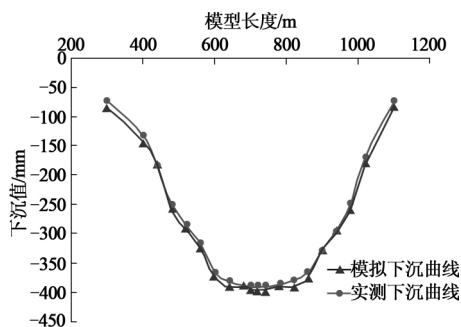


图 3 开采后地表最大下沉值

3 采空区地基稳定性评价

3.1 评价方法

煤层采出后,上覆岩层的原始平衡应力状态重新分布,当再次处于稳定状态时,上覆岩层将会形成垮落带、裂缝带和弯曲下沉带。垮落裂缝带虽经过长时间的压实,仍会存在许多裂隙、离层、缝隙等未填充的空间。当建筑物荷载传递到垮落裂缝带时,将会引起采空区的“活化”,使地表及建筑物产生不均匀沉降,导致建筑物的破坏。因此,国内学者提出采用采空区垮落裂缝带发育高度与建筑物荷载影响深度是否重叠来判断采空区地基的稳定性。垮落裂缝带与建筑物荷载影响深度的关系,如图 4 所示^[8-9]。由图可以看出,二者存在以下 3 种关系:

(1) 当建筑物的影响深度与垮落裂缝带之间有一定距离时,如图 4 (a) 所示,采空区上建筑物荷载不会影响垮落裂缝带的稳定性,此时建筑物地基处于稳定状态。

(2) 当建筑物的影响深度与垮落裂缝带之间刚好重合时,如图 4 (b) 所示,此时建筑物地基处于临界状态。

(3) 当建筑物的影响深度与垮落裂缝带之间相互重叠时,如图 4 (c) 所示,采空区上建筑物荷载会影响垮落裂缝带的稳定性,此时建筑物地基

处于不稳定状态。

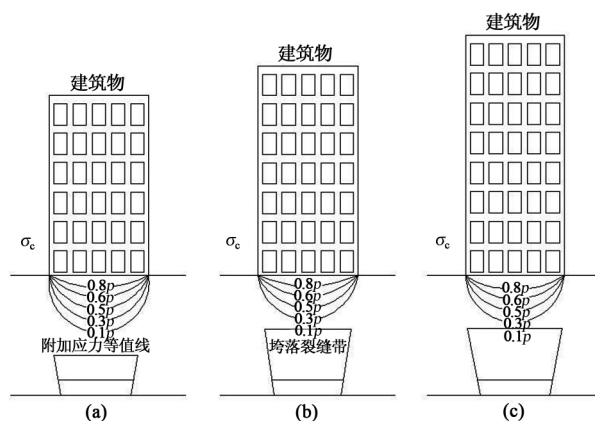


图 4 垮落裂缝带与建筑物荷载影响深度的关系

3.2 采空区垮落裂缝带发育高度

采空区垮落带高度计算公式如式 (1) 所示。

$$H_m = \frac{100 \sum M}{4.7 \sum M + 19} \pm 2.2 \quad (1)$$

采空区裂缝带高度计算公式如式 (2) 所示。

$$H_L = 20\sqrt{\sum M} + 10 \quad (2)$$

式中, $\sum M$ 为煤层累计厚度, m。

按式 (1) 和 (2) 计算得到采空区垮落带高度 9.06 ± 2.2 m, 采空区裂缝带高度为 44.64 m。所以,采空区垮落裂隙带 H_h 发育高度最大为 55.9 m^[10]。

3.3 建筑物荷载的影响深度

随着深度的增加,地基基底土的自重应力逐渐增大,而新建建筑物所产生的附加应力逐渐减小。一般认为,当新建建筑物所产生的附加应力等于相应位置处地基层自重应力的 20% 时,即可认为建筑物产生的附加应力对该深度处地基的影响可以忽略不计。但当采空区上覆岩层遭到破坏,内部含有裂隙、空洞或新建建筑物下含有高压缩性土时,只有当新建建筑物所产生的附加应力等于相应位置处地基层自重应力的 10% 时,方可认为建筑物产生的附加应力对该深度处的地基没有产生影响,即:

$$\sigma_z = 0.1\sigma_c$$

由于地基中的土是层状分布的,不同土层其重度不同。因此,基底土的自重应力为:

$$\sigma_c = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \cdots + \gamma_n h_n = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i$$

假设新建建筑物长 54 m, 宽 14 m, 基础埋深 3 m, 每层建筑荷载为 20 kPa。地基的附加应力采用均布矩形荷载计算,则建筑物中心处地基附加应力最大,即:

$$\sigma_z = 4kp_0$$

基础底面平均附加应力:

$$p_0 = p - \gamma_0 d$$

建筑物基础底面处竖向均布荷载:

$$p = \frac{N + G}{A} = \frac{N + \gamma_c A d}{A}$$

式中, k 为角点下竖向附加应力系数; γ_c 为回填土及基础的平均容重, kN/m^3 ; A 为基底面积, m^2 ; d 为基础埋深, m ; N 为作用在基础上的竖向载荷, kN/m^2 ; γ_0 为基础底面以上土层的容重, kN/m^3 。

建筑物荷载影响深度计算结果如表 1 所示。从表 1 可以看出, 建筑物的影响深度约为 19m, 即 $H_j = 19\text{m}$ 。

表 1 建筑物荷载影响深度

深度 / m		附加应力 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)	10% 自重应力 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)
基底下深度	地面下深度		
5	8	36.1	6.5
10	13	28.4	13.0
15	18	20.5	19.5
16	19	16.4	20.8

3.4 采空区地基稳定性分析

由以上的计算结果可以看出, 煤层的最小采深大于建筑物荷载影响深度与该矿采空区垮落裂缝带发育高度之和, 即, $H_{\min} > H_h + H_j$ 。此时, 建筑物的影响深度与垮落裂缝带之间有一定的安全距离, 如图 4 (a) 所示, 采空区上方建筑物荷载不会影响到垮落裂缝带的稳定性, 新建建筑物地基将会处于稳定状态, 不会产生不均匀沉降变形, 进而影响建筑物的安全。

4 结 论

(1) 通过数值模拟得到的最终地表下沉曲线

与地表实测下沉数据相差不大, 为短时间利用采空区兴建建筑物提供了基础。

(2) 概括了建筑物荷载影响深度与采空区垮落裂缝带发育高度之间的 3 种关系。

(3) 通过理论计算, 得到了该矿煤层的最小采深大于建筑物荷载影响深度与该矿采空区垮落裂缝带发育高度之和, 采空区上方建筑物荷载不会影响到垮落裂缝带的稳定性, 新建建筑物地基处于稳定状态。

参考文献

- [1] 李培现, 谭志祥, 王 磊, 等. FLAC 在老采空区地基稳定性评价中的应用研究 [J]. 煤炭安全, 2009 (10): 11-14.
- [2] 戴天新. 采空区上方建筑物地基稳定性评价 [J]. 煤, 2010, 19 (12): 55-57.
- [3] 汪吉林, 丁陈建, 张 云, 等. 老采空区地基变形对地面建筑影响的数值分析 [J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25 (4): 476-480.
- [4] 钱自卫, 吴慧蕾, 姜振泉. 老采空区高层建筑物地基稳定性综合评价 [J]. 湖南科技大学学报 (自然科学版), 2011, 26 (1): 58-62.
- [5] 王亚军, 贺江红, 闫鹏阳. 老采空区地基稳定性附加应力-概率积分法评价 [J]. 金属矿山, 2013 (2): 135-139.
- [6] 贾新果, 孙景来. 老采空区地基稳定性模拟分析 [J]. 矿业快报, 2008 (10): 49-50.
- [7] 张以龙. 老采空区上方地基稳定性评价 [J]. 洛阳理工学院学报 (自然科学版), 2016, 26 (1): 25-27.
- [8] 滕永海, 张俊英. 老采空区地基稳定性评价 [J]. 煤炭学报, 1997, 22 (5): 504-508.
- [9] 朱广轶, 解 陈, 奚 明, 等. 老采区及地表残余变形对建筑物的影响 [J]. 沈阳大学学报 (自然科学版), 2012, 24 (3): 70-74.
- [10] 李 斌, 邓喀中, 牛海鹏. 老采空区上方地基稳定性评价 [J]. 煤炭工程, 2012 (7): 64-67. 责任编辑: 徐乃忠
- [11] 刘金海, 姜福兴, 王乃国. 深厚表土长大综放工作面顶板运动灾害控制 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [12] 刘金海, 翟明华, 郭信山, 等. 震动场、应力场联合监测冲击地压的理论与应用 [J]. 煤炭学报, 2014, 39 (2): 353-363.
- [13] 孙广京, 王延辉, 张治高. 深井综放工作面低应力开采防治冲击地压工程实践 [J]. 山东煤炭科技, 2014 (11): 54-55, 59.
- [14] 刘金海. 煤矿冲击地压监测预警技术新进展 [J]. 煤炭科学技术, 2016, 44 (6): 71-77. 责任编辑: 施红霞

(上接 85 页)

- [1] 姜福兴, 魏全德, 姚顺利, 等. 冲击地压防治关键理论与技术分析 [J]. 煤炭科学技术, 2013, 41 (6): 6-9.
- [2] 姜耀东, 潘一山, 姜福兴, 等. 我国煤炭开采中的冲击地压机理和防治 [J]. 煤炭学报, 2014, 39 (2): 205-213.
- [3] 齐庆新, 李晓璐, 赵善坤. 煤矿冲击地压应力控制理论与实践 [J]. 煤炭科学技术, 2013, 41 (6): 1-5.
- [4] 蓝 航, 陈东科, 毛德兵. 我国煤矿深部开采现状及灾害防治分析 [J]. 煤炭科学技术, 2016, 44 (1): 39-46.

(上接 88 页)

- [1] 王会斌, 王辉跃, 吝玉晓. 山西襄矿集团上良煤业 32206 工作面 CO_2 预裂爆破增透消突试验研究 [J]. 华北科技学院学报, 2015, 12 (2): 33-36.

- [1] 白 鹏. CO_2 预裂增透技术在巷道掘进中的试验及效果分析 [J]. 中国煤炭工业, 2017 (1): 58-60.

责任编辑: 潘俊锋