

应用基础

建筑物荷载对老采空区地基稳定性影响研究

李凤明, 李树志, 白国良

(煤炭科学研究总院 唐山研究院, 河北 唐山 063012)

[摘 要] 地表建筑物是老采空区地基稳定性的主要扰动因素之一, 地表建筑对地基稳定性的影响程度主要取决于地表建筑的荷载大小以及地表建筑物的位置, 采用数值模拟的方法进行了多方案研究, 获得的成果为老采空区地基的稳定性评价提供参考。

[关键词] 老采空区; 建筑物荷载; 稳定性

[中图分类号] TD823.83 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225 (2010) 03-0005-02

Research on Influence of Buildings Load on Basement Stability over Gob

LI Fengming LI Shu-zhi BAI Guo-liang

(Tangshan Research Institute China Coal Research Institute Tangshan 063012 China)

Abstract: Surface building is one of the main disturbing factors of basement stability over abandoned gob. The influence degree of surface buildings on basement stability is mainly dependent on load value and building location. This paper applied numerical simulation to researching several projects. Results may provide reference for basement stability evaluation of basement over abandoned gob.

Key words: abandoned gob; building load; stability

老采空区在相对稳定时期进行地表建筑物的建设是老采空区地基稳定性的主要扰动因素之一, 地表建筑对地基稳定性的影响程度主要取决于地表建筑的荷载大小以及地表建筑物的位置, 在采空区地基稳定性评价当中, 仅局限于对建筑物荷载影响深度与采空区三带距离之间的比较^[1-3]。通过数值模拟的方法探讨建筑物荷载作用在不同位置对地基稳定性的影响, 对采空区的地基稳定性评价是一个重要补充。

1 数值模拟的理论基础

煤层上覆围岩由于下部采空形成新的临空面, 在重力作用下, 导致岩石内部的裂缝不断发展, 直至岩体破坏。大量的工程实践表明, 岩体的失稳, 既不是其中某个单元的破坏, 也不是所有的单元同时进入破坏状态, 而是在整个研究区域内形成贯通破裂面, 并沿此面发生滑移, 从而使岩体中一系列相邻单元的相继破坏, 煤岩体从局部破坏发展到整体破坏的整个过程中, 岩体介质屈服面不断发展, 应力不断调整和重分布, 其中伴随着裂隙的发生、发展。这一过程可用岩土介质弹塑性力原理解释, 因此, 对于建筑物荷载作用下地基二次失稳机理分析主要以弹塑性理论为基础, 采用数值模拟的

方法进行研究。

在数值模拟中采用莫尔-库仑准则作为屈服准则, 表达式为:

$$F = \alpha I_1 + (J_2)^{1/2} - k = 0 \quad (1)$$

式中, $\alpha = \tan \varphi / \sqrt{9 + 12 \tan^2 \varphi}$; $k = 3c / \sqrt{9 + 12 \tan^2 \varphi}$ 。

与莫尔-库仑屈服准则相联系的流动法则为:

$$d\epsilon_{ij}^p = d\lambda \frac{\partial F}{\partial \sigma_{ij}} \quad (2)$$

明确了以上的判断准则, 即可采用弹塑性理论进行研究。

2 数值模拟方案

建筑物对老采空区上覆岩体稳定性的影响主要包括 2 种因素: 一为建筑物自身荷载; 其次为建筑物与采空区之间的相对位置。因此, 选取建筑物荷载和相对位置作为考察对象设计 3 种模拟方案: A、B、C 分别对应于低、中、高 3 类荷载, 在一定荷载作用下分为不同的位置, 分别设置在采空区上方的内边缘 (开切眼内侧)、中间区 (采空区中部) 以及外边缘 (终采线外侧), 具体见表 1。模型示意图及地表无荷载采空区上方岩层破坏区域如图 1、图 2 所示。

[收稿日期] 2009-11-16

[作者简介] 李凤明 (1962-), 男, 辽宁锦州人, 研究员, 博士生导师, 从事采煤沉陷及其综合治理、特殊采煤、岩土工程等研究工作。

表 1 数值模拟方案

方案	荷载 /MPa	作用位置
A	0.036	内边缘、中间区、外边缘
B	0.072	内边缘、中间区、外边缘
C	0.180	内边缘、中间区、外边缘

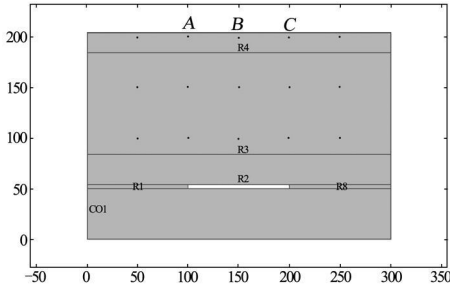


图 1 模型及荷载作用位置

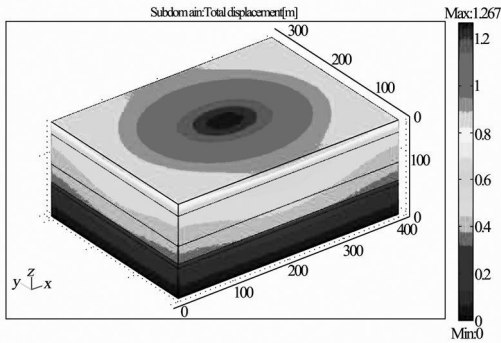


图 2 地表无荷载采空区上方岩层破坏区域

3 数值模拟结果分析

3.1 加载后应力演化分析

图 3~图 5 为不同加载位置第一主应力变化曲线，可以看出加载位置不同，造成荷载作用下第一主应力变化曲线不同，在内边缘施加荷载（图 3），在距地表 47m 处至开挖煤层，这部分上覆岩层所受应力以拉应力为主，110m 至地面上覆围岩以及工作面底板围岩所受应力为压应力；荷载作用于采空区中部（图 4），在距地表约 57m 时，上覆围岩所受应力发生了转化，由原来的压应力转变为拉应力，底板应力仍为压应力；当荷载作用于外边缘时（图 5），大部分围岩所受应力为压应力，只有在煤层所在位置的 10m 范围内，岩层所受应力表现为拉应力。从图 6 看出，相同荷载作用下，在作用位置处，与原始开挖状态相比第一主应力加大，荷载只在作用区域有影响，对其他区域影响则很小。

通过围岩所受应力与岩石的抗拉抗压强度的比较，可进一步判别岩层的稳定性。

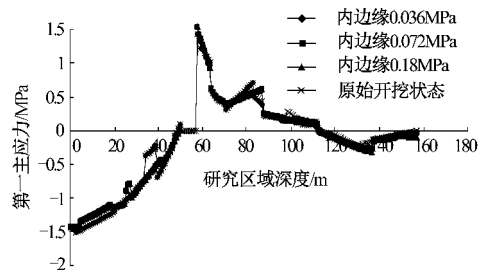


图 3 内边缘不同荷载作用下第一主应力变化曲线

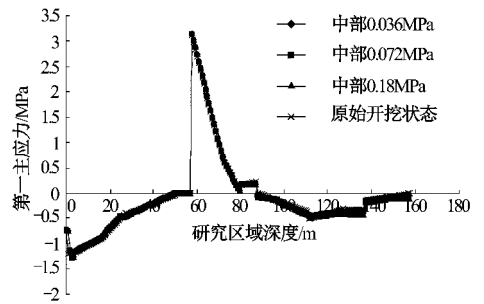


图 4 中部不同荷载作用下第一主应力变化曲线

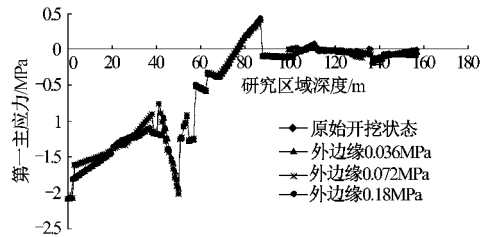


图 5 外边缘不同荷载作用下第一主应力变化曲线

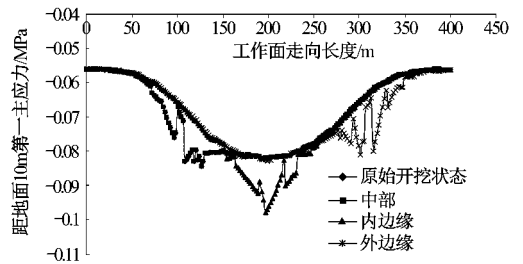


图 6 0.072MPa 作用于不同位置第一主应力变化曲线

3.2 加载后围岩变形规律分析

通过数值模拟，得到不同位置，不同荷载作用下岩石变形规律（见表 2）。地表沉降量中间区荷载作用下较大，外边缘作用区次之，内边缘作用区最小，而地表水平移动量则内边缘作用区最大，外

（下转 26 页）

测点数据无变化，仪器已损坏。由图中可以看出，在回采过程中及回采完毕之后的一段时间内，平巷煤柱均保持弹性应力状态，煤柱稳定性良好^[4]。

(2) 联巷煤柱 联巷煤柱应力变化曲线如图 9、图 10 所示。由图 9 中应力变化曲线可以看出，9 号应力计自安设之日起一直保持上升趋势，观测结束之日应力数值到达 1.8MPa，此处煤体处于弹性应力状态。10 号测点安设 2 日后便由波动上升状态进入下降趋势，煤体进入塑性支承状态。由图 10 中可以看出，11 号测点埋深 1.5m，自安设之日起持续上升，保持很好的弹性支承状态。12 号测点埋深 1.6m，安装后便进入稳定上升阶段，12 月 13 日之后，应力值保持波动变化状态，煤体同样保持弹性支承状态。

监测结果表明，平巷煤柱受力大于联巷煤柱；联巷煤柱受力较小，且分布均匀，且大部分煤柱处于弹性支承状态，现场监测结果与模型假设中“连续梁”的计算假设基本相符。

4 主要结论

(1) 开采初期，煤柱刚形成时，顶板和煤柱形成“连续梁”结构，此种结构条件下，煤柱受力较为均衡，顶板和煤柱的相互作用体较为稳定。

(2) 随着顶板的不断运动和部分小煤柱的损坏，煤柱和顶板的作用关系发生了改变，煤柱所受

应力发生了明显的集中，集中点都在较大煤柱的支撑点附近。在此种情况下，煤柱稳定性差，当达到煤柱支承能力时，煤柱失稳，顶板悬空，若坚硬顶板条件下，容易发生整体性垮落。

(3) 从计算结果来看，为确保煤柱一顶板的稳定，在设计煤柱尺寸时要保障煤柱有较好的支承能力，使之形成多点支撑的“连续梁”力学结构，避免形成应力转移集中，防止发生煤柱连锁失稳。

(4) 用经典煤柱强度公式计算与模型计算结果进行了对比，模型计算结果和经典公式结果煤柱应力分布情况基本相符，均为平巷煤柱大于刀间煤柱，只是数值大小略有差异。

(5) 煤柱受力现场监测结果表明，平巷煤柱受力大于联巷煤柱；联巷煤柱受力较小，且分布均匀，支承状态都较好，现场监测结果与模型假设中“连续梁”的计算假设基本相符。

[参考文献]

[1] 刘鸿文·材料力学 [M]·北京：高等教育出版社，1992。
 [2] 吴立新，王金庄，郭增长，等·煤柱设计与监测基础 [M]·徐州：中国矿业大学出版社，2000。
 [3] 吴立新，王金庄，等·建（构）筑物下压煤条带开采理论与实践 [M]·徐州：中国矿业大学出版社，1994。
 [4] 宋振骥·实用矿山压力控制 [M]·徐州：中国矿业大学出版社，1988。

[责任编辑：蓝 航]

(上接 6 页)

边缘作用区次之，而中间作用区最小，从以上规律可以看出，当荷载作用于内边缘时，稳定性最差，外边缘次之，作用于中间区域则相对稳定。这是因为采空区边缘地带存在未压实的空洞造成的，在采空区中间区域，自然压实程度较好，充填也比较充分，其残余下沉值较小。因此，建筑物的附加荷载作用对采空区边缘地带的岩层移动影响较大，对采空区中间区域的影响较小。

表 2 加载后围岩变形量

荷载作用位置	内边缘			中间区			外边缘		
荷载大小 /MPa	0.036	0.072	0.18	0.036	0.072	0.18	0.036	0.072	0.18
地表沉降量 /mm	91	181	454	92	185	462	92	183	458
地表水平移动量 /mm	3.7	7.6	19.3	0.6	1.3	3.4	1.2	2.3	5.7

4 结论

(1) 作用位置的不同，加载后地表变形值不

同，从模拟结果来看，作用荷载相同时，作用于内边缘时，地表变形值最大，其次为外边缘位置，变形值相对较小的为作用于中间区域。因此可以推断作用于采空区内边缘的残余变形最大，中间区最小，外边缘介于两者之间。

(2) 采空区上覆围岩形成了典型的马鞍型破坏区域，并在地表形成了沉降盆地。随着建筑物荷载的增加，地表变形就越大，建筑物荷载影响区域也越大。

[参考文献]

[1] 腾永海，张俊英·老采空区地基稳定性评价 [J]·煤炭学报，1997 (5): 504—507。
 [2] 张长敏，祁丽华，慎乃齐·采空区建筑地基稳定性评价研究 [J]·湖南科技大学学报 (自然科学版)，2006, 21 (4)。
 [3] 曹君陟，刘立民，黄修东·采空区地基稳定性有限元模拟 [J]·煤矿开采，2005, 10 (4): 3—5。

[责任编辑：王兴库]