

累層採炭に伴う周辺地山の変形挙動および地表面沈下抑制手法に関する基礎的研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 学部4年 河野 幸樹

1. 研究背景および目的

中国では、国内の石炭需要の増大に伴い石炭生産量は増加の一途をたどっている。2023年度の石炭生産量は46億トンを超えており、そのほとんどが坑内採掘によるものである。石炭生産量の増加ならびに石炭採掘の開発規模の拡大により、坑内採掘による地盤沈下が極めて深刻な事態となっており早急な対応が求められている。しかしながら、累層採炭では第一層目の採掘時に比べ第二層目以降の採掘時には地山の擾乱状態が大きく異なるため、採掘に伴う周辺地山の挙動が非常に複雑である。そこで本研究では、中国の坑内掘り石炭鉱山を研究対象として、3次元有限差分解析ソフトFLAC^{3D}を用いて、累層採炭に伴う周辺地山の変形挙動を把握するとともに地表面沈下抑制手法確立のための基礎的な知見を得ることを目的とした。

2. 解析方法

図1に解析モデルの一例を示す。本モデルは研究対象鉱山の地質状況を模したものであり、第一層（上部炭層）および第二層（下部炭層）をRoom & Pillar法（RP法）ならびにLongwall法（LW法）の二種類の採掘法を用いて採炭すると仮定した。表1に解析に用いた各種力学的特性値を示す。本研究では、採掘法、採掘深度および上部炭層と下部炭層の離隔を変化させて種々検討を行った。

表1 解析に用いた各種力学的特性値

	母岩（砂岩層）	石炭層	払跡
単位体積重量 (MN/m ³)	2.50×10 ⁻²	1.31×10 ⁻²	0.0167
ヤング率 (MPa)	1.00×10 ⁴	1.55×10 ³	15
ポアソン比 (-)	0.230	0.255	0.25
引張強度 (MPa)	7.02	1.07	1.00×10 ⁻³
内部摩擦角 (°)	19.0	42.2	25.0
粘着力 (MPa)	2.40	3.51	1.00×10 ⁻³

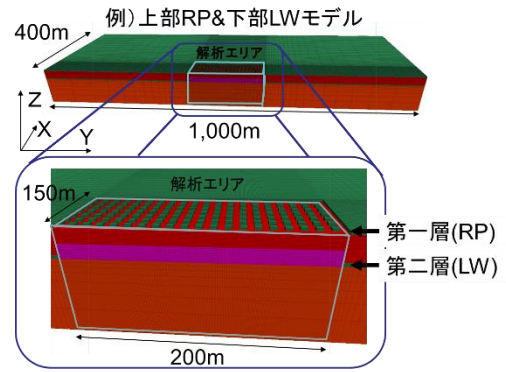


図1 解析モデル

3. 解析結果および考察

解析結果の一例として、図2および図3に採掘深度が異なる場合の地表面変形量をそれぞれ示す。なお、本解析結果は、RP法を用いて上部炭層を採炭後、RP法あるいはLW法を用いて下部炭層を採炭すると想定したモデルであり、上部炭層と下部炭層の離隔が20mおよび40mの場合について検討した。これらの結果から、上部および下部の両炭層の採炭にRP法を適用することで、地表面変形量を効果的に抑制できることが明らかとなった。一方、下部炭層の採炭にLW法を適用する場合、下部炭層の払跡の天盤が崩落し払跡周辺地山の変形が大きくなるため、採掘深度が浅くなるとともに地表面変形量が増大することが明らかとなった。さらに、上部炭層と下部炭層の離隔が20mになると、下部炭層の払跡周辺地山に発生する破壊領域が上部炭層の採掘跡まで達するため、下部炭層のLW採炭切羽の安定性が著しく低下するとともに、上部炭層の深度が30mの浅所の場合には、地表面変形量も顕著に増大することが明らかとなった。以上の結果から、本研究対象鉱山のように地下浅部で累層採炭を行う場合には、RP法の適用や、LW法を適用する場合には十分な炭層深度と上部移行炭層との離隔を確保することが重要であると考えられる。

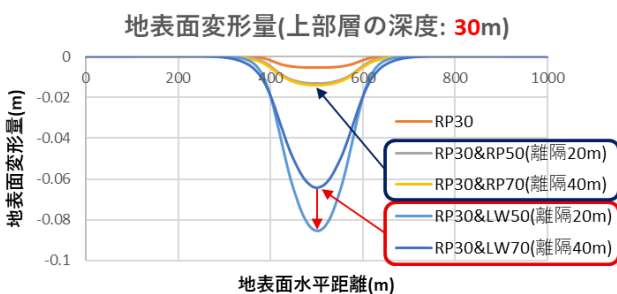


図3 地表面変形量（上部層の深度：30m）

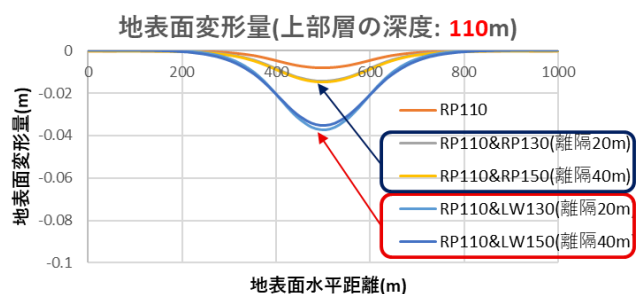


図2 地表面変形量（上部層の深度：110m）