

中国東部の坑内掘り石炭鉱山における立坑ライニングの破壊メカニズムと その補強方法に関する研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 4年 田中 公輔

1. はじめに

中国東部に位置する坑内掘り炭鉱では、建設から約10年以上経過する立坑において、帯水層付近で発生する立坑ライニングの破壊が問題となっている。この原因として、石炭採掘の影響による帯水層の地下水位低下に起因するものと考えられている。この問題を解決するため、これまでグラウト注入や応力解放スロットの導入など様々な立坑の補修・補強方法が用いられてきたが、未だその明確な施工指針が確立されていないのが現状である。そこで本研究では、立坑ライニングの破壊メカニズムを解明するとともに、立坑ライニングの破壊防止対策としてグラウト注入工法に着目し、本工法を用いた適切な立坑の補強方法について数値解析により種々検討した。

2. 解析方法および解析モデル

本研究では、二次元有限要素解析コード Phase² を用いて帯水層周辺における立坑ライニングの安全性について検討を行った。図1に解析モデルを示す。また、表1に解析に用いた各種力学的パラメータを示す。本解析では、帯水層の地下水位低下による立坑ライニングへの影響を検討するため、ステップ解析を適用した。まず、立坑ライニングの破壊メカニズムの解明のため、帯水層の地下水位低下に伴う立坑ライニングの安全率の変化に着目した。その際、土被りおよび帯水層の厚さの影響についても検討した。次に、グラウト注入工法を用いた立坑の補強方法について検討するため、グラウト注入後の改良地山の力学的特性およびグラウト材の注入範囲を変化させ、その補強効果について解析および考察を行った。解析結果の一例として、図2に帯水層の立坑ライニングから1m~3mまでの領域にグラウトを注入した場合の帯水層付近における立坑ライニングの安全率分布を示す。この図から、グラウト注入により立坑ライニングの安全率の改善が認められた。

3. 解析結果および考察

・立坑ライニングの破壊メカニズムについて

地下水位の低下により引き起こされる帯水層の脱水沈下により、帯水層周辺の立坑ライニング、特に帯水層の上下層境界付近で応力集中が発生し、これにより立坑ライニングの破壊が引き起こされることが明らかとなった。さらに、土被りが大きくなるにつれ、また帯水層が厚いほど、立坑ライニングの破壊の危険性が高まることが分かった。

・グラウト注入工法を用いた立坑の補強方法について

帯水層の立坑周辺部に適切なグラウト材を注入し、地山の力学的特性を事前に改良しておくことで、帯水層の脱水沈下に伴う立坑ライニングの破壊を抑止出来ることが明らかになった。なお、適切なグラウト注入範囲は帯水層の立坑ライニングから幅1mの領域で、注入するグラウト材については深度および帯水層の上下層の力学的特性を考慮して選択する必要がある。

表1 解析に用いた各種力学的パラメータ

	砂層	帯水層	母岩層	立坑ライニング	改良地山lg1.4	改良地山lg10
単位重量 (MN/m ³)	1.65×10 ⁻²	1.7×10 ⁻²	2.7×10 ⁻²	3.0×10 ⁻²	2.6×10 ⁻²	2.6×10 ⁻²
ヤング率 (MPa)	60	50	2.0×10 ⁴	3.3×10 ⁴	4.0×10 ⁴	4.0×10 ⁴
ポアソン比(ν)	0.3	0.35	0.2	0.15	0.3	0.3
引張強度 (MPa)	7.0×10 ⁻²	7.5×10 ⁻²	2.0	3.0	5.0	5.0
内部摩擦角 (deg)	20	20	40	25	30	30
粘着力(MPa)	3.5×10 ⁻²	4.0×10 ⁻²	2.0	2.0	2.5	2.5

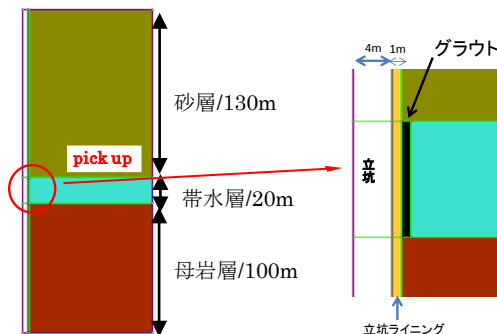


図1 解析モデル

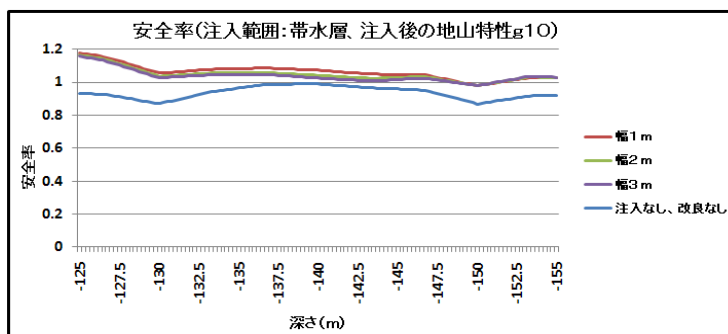


図2 解析結果の一例