

III-71 閉塞プラグの耐力特性に関する基礎的研究

三井建設（株） 正会員 ○中田 雅夫、平井 正雄、三澤 留津子
（財）電力中央研究所 正会員 日比野 敏

1. はじめに

現在、岐阜県神岡鉱山において圧縮空気貯蔵のための基礎実験¹⁾が行われている。本プロジェクトでは最大50kgf/cm²程度の高圧貯蔵を目指しているため、特に高耐圧の閉塞用プラグが必要となる。

一方、我が国においては鉱山のエアレシーバ²⁾や石油地下備蓄、ダムの仮排水トンネル等の例があるが、これらの貯蔵圧は一般に10kgf/cm²以下であり、数10kgf/cm²以上の高圧に対する閉塞プラグの最適形式、形状等は明らかでない。

ここでは最も一般的な紡錘型プラグについて、形状や岩盤との接触条件等の相違による応力特性について評価した結果を報告する。

2. プラグ形状と接触面の条件

検討の対象としたプラグの基本形状は図-1に示すような3タイプとした。各タイプの岩盤における支持メカニズムは（a）は岩盤接触部でのせん断抵抗及びクサビ効果、（c）は岩盤の支圧に対する耐力を反力として期待するものであり、（b）は両者の中間的なものと考えられる。

一方、プラグが大きな貯蔵圧を受ける場合には、プラグー岩盤境界のうち加圧側境界（図-2参照）では引張り力により分離・開口したり、反力側境界では滑動により相対変位が生じるなど様々な結合状態が予想される。

作用荷重は、プラグには貯蔵圧が作用するが、空洞壁面では岩盤中の間隙圧の発生に関係し、明確に決め難いので、ここでは貯蔵圧は作用しないものとし、またプラグー岩盤境界は先の加圧側境界で貯蔵圧が作用する場合と、しない場合について検討した。

以上の今回実施した検討ケースをまとめると表-1の通りである。

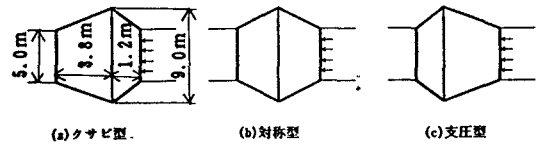


図-1 紡錘型プラグの基本形状

表-1 各計算ケースでの岩盤-プラグ結合条件

岩盤-プラグ境界	ケースⅠ	ケースⅡ	ケースⅢ	ケースⅣ	ケースⅤ
加圧側	密着	分離	分離+貯蔵圧	分離	分離+貯蔵圧
反力側	密着	密着	密着	滑動	滑動

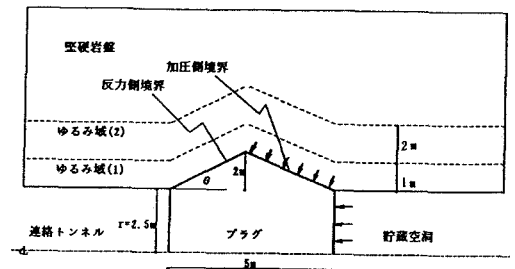


図-2 軸対称有限要素法の計算モデル

3. 計算モデル

プラグは鉄筋コンクリート、岩盤は実験地点と同程度の堅硬な岩盤を想定し、岩盤には掘削による岩盤のゆるみを考慮する。計算には線形の軸対称FEMを用い、計算モデル及び計算に用いた定数はそれぞれ図-2、表-2の通りである。

表-2 計算モデルの材料物性

材 質	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比
コンクリートプラグ	210,000	0.167
プラグー岩盤境界		
密着境界	40,000	0.3
分離 "	0	0.0
滑動 "	420	0.495
ゆるみ域岩盤(1)	40,000	0.3
ゆるみ域岩盤(2)	70,000	0.3
坚硬岩盤	100,000	0.25

4. 応力解析の結果

図-3に中間型タイプにおける、各ケースの最大主応力分布を示す。ケースⅠでは、広い範囲で引張応力が発生しているが、ケースⅡ、Ⅳと徐々にその領域が減少している。

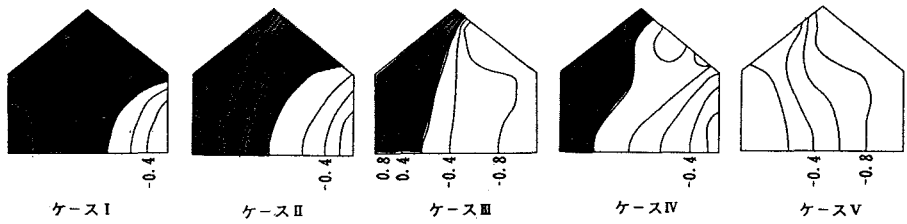


図-3 中間型タイプにおける最大主応力分布（■は引張応力発生域）

また、加圧側境界に貯蔵圧が作用した場合はさらに引張領域が減少し（ケースⅢ、Ⅴ）、特に滑動境界を設定したケースⅤでは、もはや引張応力の発生が認められないことが注目される。以上よりプラグ～岩盤の密着はプラグ躯体の応力にとっては好ましくないことを示しているものと理解できる。

次に、反力側境界が密着した場合のクサビ型及び支圧型タイプでの応力分布を図-4に示す。クサビ型では反力側境界で岩盤との接触部を中心にセン断応力が発達し、一方支圧型では反力側境界部から最小主応力（圧縮応力）の発達した領域がみられ、クサビ型がセン断抵抗に、支圧型が岩盤の反力に依存している傾向が認められる。

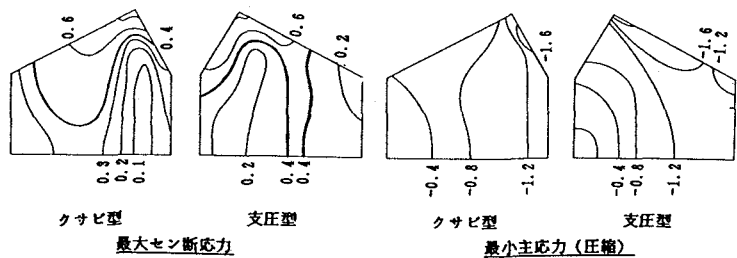


図-4 クサビ型、支圧型の応力分布（ケースⅢ）

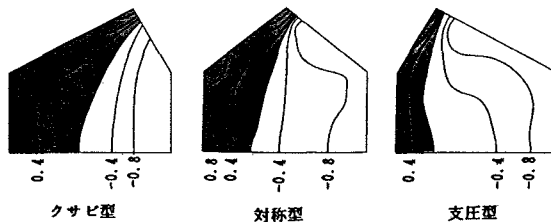


図-5 タイプ別の引張応力発生域（ケースⅢ）

図-5は最大主応力をプラグのタイプ別に比較したものである。これらの結果では、各タイプとも引張応力が発生しているが、支圧型でその領域が最も小さい。従って、この場合コンクリートプラグの設計面からは支圧型が最も有利であると考えられる。

5. おわりに

高耐圧の閉塞プラグについて、ここでは応力特性の面から評価を行った。岩盤の安定性については別の機会に報告したい。なお、CAESやガス貯蔵においては当然、気密性や施工性等を加味して総合的にその形式・形状等を決定することが必要である。

【参考文献】

- 1) 志田原巧、中田雅夫：岩盤空洞への圧縮空気貯蔵実験、応用地質第33巻第2号、1992年6月
- 2) 吉田篤司、麻植邦敏：茂住鉱におけるエアレシーバの構築について、日本鉱業会誌、1974年5月