

V - 339

圧縮空気貯蔵施設のコンクリート製閉塞プラグの設計について

三井建設（株） 正会員 竹内 光
 三井建設（株） 正会員 中田 雅夫
 三井建設（株） 正会員 田村 富雄

1. はじめに

現在、電力需要の伸びに対する負荷の標準化については揚水発電等で対処してきたが、夜間の余剰電力を利用して岩盤空洞内に圧縮空気を貯蔵し、昼間の電力需要ピーク時にそれを利用する圧縮空気貯蔵システム（以下、CAESという）が実現に向けて動きだしている。

この施設を構成するのは、気密性、耐圧性に優れた岩盤空洞並びに閉塞プラグである。現在、岐阜県神岡鉱山においてCAESのパイロットプラントが構築され、基礎実験を行っている。本稿は、該地で構築されたコンクリート製閉塞プラグの耐圧性に関する設計について述べたものである。さらに、ここで構築されたコンクリート製閉塞プラグについて模型試験を行い、耐圧性に対する安全性を検証したので併せて報告する。

2. 与条件および設計基本方針

(1) 与条件

設計貯蔵空気圧 : 50気圧
 周辺岩盤 : 堅硬岩盤
 空洞寸法 : 5m×5m
 空洞方向 : 水平坑道

(2) 設計基本方針

閉塞プラグの設計をするに当たって、貯蔵空気圧をプラグを介して周辺岩盤にできるだけスムーズに流してやることを考えた。仮に、プラグの形状を版とすると曲げモードが卓越することとなり、ディープビームの設計を余儀なくされる（図-1, (a) 参照）。従って、圧縮力が卓越する形状を選定した方が安全性が高いと考えた。この場合、アーチ形状が理想形として考えられたが（図-1, (b) 参照）、水平坑道での構築を考えると施工の難易度が高いことが予想された。そこで、空気圧をプラグ内で分散させ、支圧部に力が流れるようなクサビ型の閉塞プラグを考えた（図-1, (c) 参照）。

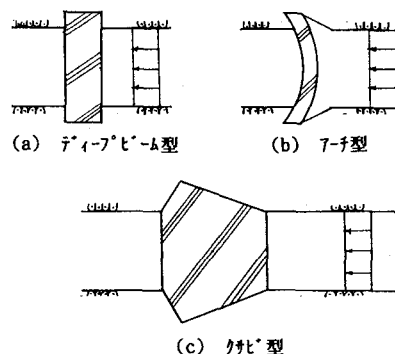


図-1 CAESの閉塞プラグ概念図

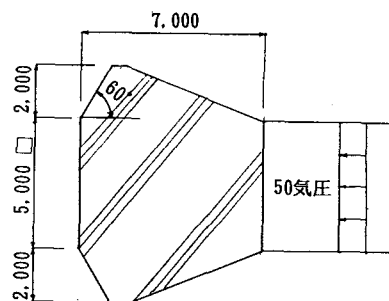


図-2 閉塞プラグ一般形状図

3. プラグの形状寸法の決定

クサビ型のプラグ寸法を決定する上で、プラグ長さ、支圧面角度、主応力の流れ、縁引張応力度を勘案する必要がある。そこで、FEMにより形状の最適化を行い、図-2の形状寸法とした。図-3に2次元FEMの結果を示すが、主応力は受圧面から支圧面に向けて流れているのが分かる。内部応力度は、圧縮が許容値以内であり、若干の縁引張応力度については鉄筋で補強することとし、コンクリートの設計基準強度は、240kgf/cm²とした。

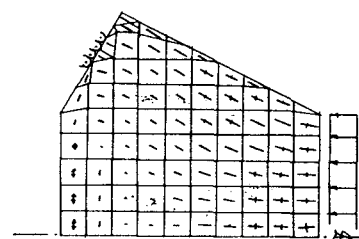


図-3 FEMの解析結果例

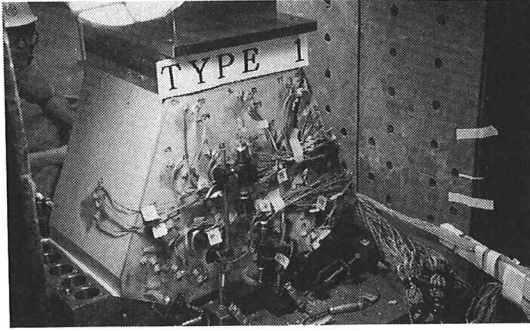


写真-1 試験状況

4. 模型試験

(1) 目的

解析結果の検証と安全性の評価を行うために、1/15の模型を製作した。

(2) 試験体

試験体は、無筋モデルAと有筋モデルBの2体とした。有筋モデルでの鉄筋は実プラグの鉄筋量に合わせた。使用した鉄筋は、SD-30であり、プラグの周辺を取り囲むように配置した。なお、使用したコンクリートは、豆砂利を用いた $f'_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ であった。試験状況を写真-1に示す。

(3) 試験結果

a) 無筋モデルA

図-4にコンクリート応力度を示す。いずれも加圧力と内部応力度はほぼ一致しており、受圧面から支圧面に向けて応力が流れているのが伺える。耐圧的にも設計圧力の3倍以上の耐力があるのが確認された。図-5に加圧力と変位の関係図を示す。無筋モデルのため、終局状態以降については脆性的な破壊をした。

b) 有筋モデルB

図-6に加圧力と変位の関係図を示す。終局耐力は、無筋モデルの約1.25倍となり、終局状態以降についてもダクティリティのある破壊モードを示し、圧壊状態を示した。図-7に緑引張応力度が作用する鉄筋応力度の推移を示した。終局加圧時においても鉄筋応力は弾性範囲内であり、圧壊の後、メカニズムが破壊された後鉄筋の降伏点を超える応力が負担されている。このことがプラグにダクティリティを与えているものと考えられる。

5. おわりに

比較的硬岩に支持される閉塞プラグについての設計について述べたが、プラグの気密性という重要項目については別途対策を講じる必要がある。

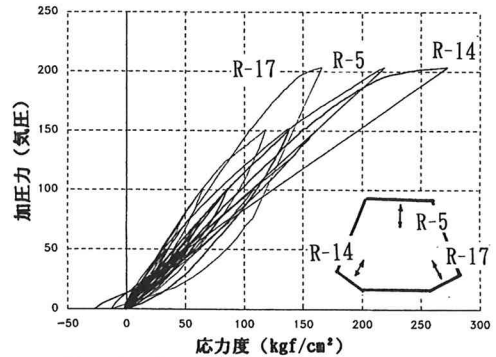


図-4 加圧力とコンクリート応力度

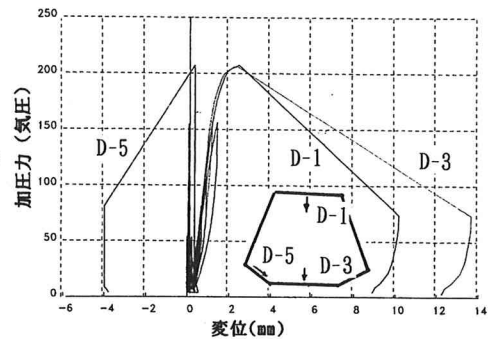


図-5 加圧力と変位の関係図

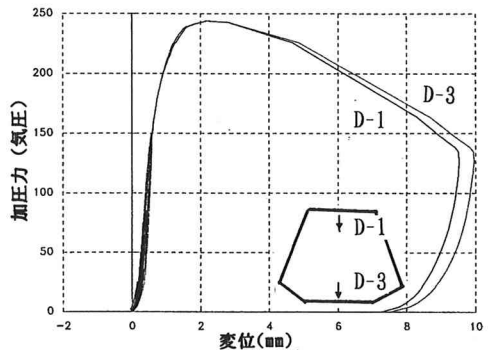


図-6 加圧力と変位の関係図

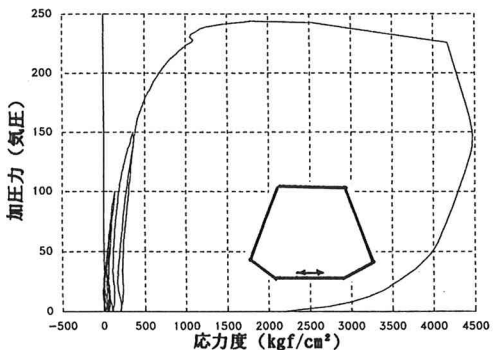


図-7 加圧力と鉄筋応力度