

大成建設㈱ 伊佐 秀, 鍵富 淳一
○大川 孝

1 序; 近年, 地下空洞の有効利用が種々検討されている。地下空洞の建設に際して, その使用目的に応じた設計上の検討が必要となる。我々は, 加圧条件下にある空洞の気密性と周辺岩盤内の地下水挙動に関する原位置データを得ると共に, 従来の設計手法の妥当性の確認をする目的で, 泥岩内に掘削された小空洞を, 用いた加圧注水実験を実施した。本論文は, 実験により得られたいくつかの知見の中で, 特に泥岩内に掘削された空洞の気密性についてまとめたものである。

2 空洞の気密性について; 地下空洞の気密性は, 岩盤条件に関する問題と, 構造条件に関する問題の両面から検討されなければならない。岩盤の気密性はÅbergの論文に代表されるように, 周辺地盤内の地下水挙動に関連して論じられる。一方, 構造的条件に関して最も問題となるのは, プラグ部の気密性である。

空洞の気密性は次のような圧力変動率で定量的に評価される。

時刻 t_1 を初期状態とするとこのときの空洞内乾燥空気圧力: P_1 , 平均温度: T_1 体積: V_1 が時刻 t_2 で各々 P_2 , T_2 , V_2 に変化したとすると, この間の圧力変動率 $L_{12}(\%/day)$ は, 次式で求められる。

$$L_{12} = (1 - P_2 \cdot T_2 \cdot V_2 / P_1 \cdot T_1 \cdot V_1) \times \{24 / (t_2 - t_1)\} \times 100$$

3 原位置実験空洞位置及び形状; 空洞は高さ2.5m, 幅2.5mの馬蹄形断面で延長10mである。設置深度は2.0kg/cm²Gの空洞内圧に相当する立坑水深が得られるように設定した。空洞には排水用ビット及び空洞内水位を一定に保てるように高さ20cmのセキを設けた。プラグ部の構造を図-2に示す。岩盤部との境界部にはコンタクトグラウトを実施した。

4 空洞周辺の地質条件; 実験地の地盤は, 新第三紀鮮新世の泥岩を主体に構成され, 地層傾斜はほぼ水平である。空洞掘削時の観察等によると, 断層, 亀裂, 節理及び砂層のない均質な泥岩岩盤であり, 空洞壁面全般にわたり連続的な地下水の滲出が見られた。泥岩の諸性質は一軸圧縮強度25~50kgf/cm², 弾性波速度1.8~2.1km/s, R. Q. D80 ~ 100%, 空隙率0.55, 透水係数 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ cm/sである。

5 原位置試験方法; 実験の全体フローを図-3に示す。準備試験として, タンクテーブルの作成, 配管及びプラグ等の気密実験を行った後に立坑を満水状態にして岩盤内に設置し計測された間隙水圧計が安定するまで放置した。間隙水圧計は空洞掘削前に設置し計測を開始

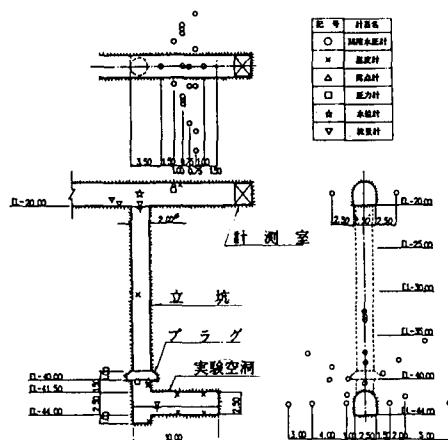


図-1 測定計器配置図

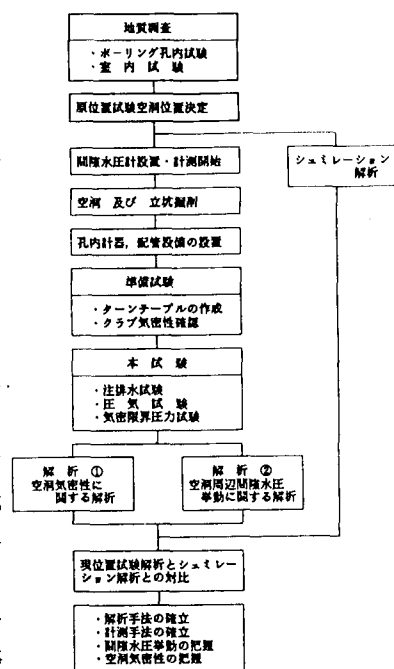


図-2 試験及検討フローチャート図

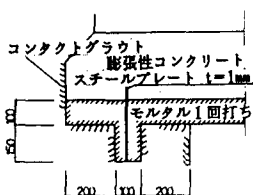


図-3 プラグ詳細図

した。本試験では、空洞内圧を $-0.5 \sim 2.0 \text{ kg/cmG}$ の範囲で 0.5 kg/cmG 毎に変化させ、空洞内圧力、温度、露点温度、水圧、空洞周辺の間隙水圧及び自然地下水位の経時変化を測定した。各段階の放置時間は全間隙水圧測定値が安定するまでとした。空洞内圧の変化させる方法は、空洞を気密に保った状態で注排水試験および空洞内水位を一定に保った状態で空洞内圧を圧気によって変化させる圧気試験による。最後に、プラグの気密限界圧力試験として空洞内圧を除々に増加させ、目視観察によりプラグ及び周辺からの漏気を確認し、その時点の空洞内圧を求めた。

6 実験結果及び考察； 圧気実験は、空洞ビット内水位を30 cm程度に保ち内圧 $-0.5 \sim 2.0 \text{ kg/cmG}$ で各圧力段階のまま、4日間放置させ圧力、温度、体積、分圧を測定し（図-4）、4日間経過後の圧力変動率を求めた。実験結果から求めた鉛直動水勾配分布を内圧 0 kg/cmG 、 2.0 kg/cmG について図-5、6に示す。これより、周辺地盤部における鉛直動水勾配は、プラグ近傍を除いて1.0を下がることはなかった。また図-7に示すように、上記の結果はシミュレーションにより、予測出来る事が示された。圧気実験において計算された圧力変動率と空洞内圧の関係を図-8に示す。

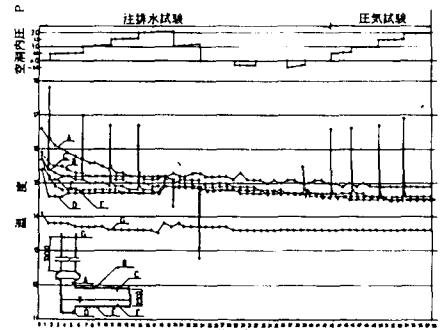


図-4 空洞内圧および経時変化

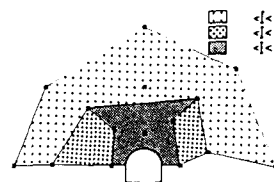


図-5 鉛直動水勾配分布図 (内圧 0.0 kg/cmG)

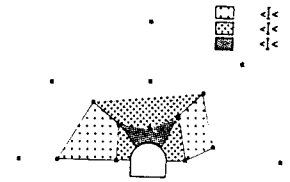


図-6 鉛直動水勾配分布図 (内圧 2.0 kg/cmG)

計器の総合誤差は $0.24\%/\text{day}$ であったが、空洞内圧が 2.0 kg/cmG 以下の状態においては、圧力変動率はその誤差範囲内に収まっており、空洞の気密性は十分保たれていると判断された。

プラグの気密限界実験は、空洞内圧を 2.0 kg/cmG から徐々に上昇させて行った。その結果、内圧が 2.4 kg/cmG に至ったとき、立坑水面上に微細な気泡が確認された。そこで立坑内を排水し、目視による観察を行ったところ、プラグコンクリートと泥岩との境界に数箇所の漏気孔が確認された。以上から、プラグ部については、鉛直動水勾配がほぼ0に近い状態においても、気密性は確保されていることが確認された。

7 結語； 泥岩内に掘削された小空洞における圧気実験の結果、地下空洞の気密性に関して次のような知見を得た。

①均質な泥岩内において、空洞内圧の上昇に伴い、空洞上部の岩盤内の鉛直動水勾配は一様に低下する。また、この現象は、浸透流解析を用いて、予測可能である。

②コンタクトグラウトを実施したコンクリートプラグは鉛直動水勾配がほぼ0に近い状態でも、気密性は確保されている。このことより従来の設計施工手法により、キ型の少ない均質な岩盤については、十分な気密性の保持が可能であることが示された。

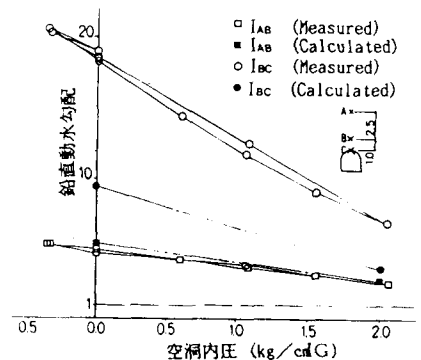


図-7 空洞内圧と鉛直動水勾配の関係

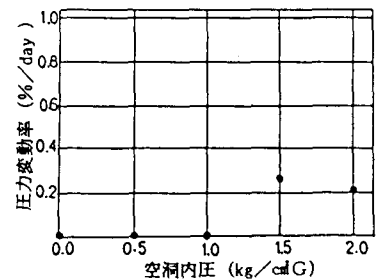


図-8 空洞内圧と圧力変動の関係