

Ⅲ-71 高ガス圧を受ける鍋立山トンネルの膨張挙動

日本鉄道建設公団 土居 則夫
 同上 高橋 靖典
 長岡技術科学大学 池田 俊雄

1 まえがき 鍋立山トンネルは、上越線六日町を起点として信越本線犀潟駅に至る北越北線（延長59.4km）のほぼ中央に位置する全長9117mの長大トンネルである。昭和49年着工以来、著しい膨張性のため工事進捗に伴い切羽の押出し、内空変位の増大がみられる。本文では鍋立山トンネル坑内で測定した切羽からの押出しと、地山内ガス圧、密度・含水比検層結果について述べる。なお地山は、第三紀層泥岩を主体としている。

2 切羽押出しと地山内ガス圧 鍋立山トンネルでは他の膨圧トンネルと異なって著しい押出しがみられる。その量は図-1に示すように1週間で約8mと非常に大きい。一方、地山内部の間隙空気部分には、図-2に示すように高いガス圧が作用している。図示のガス圧はトンネル掘削後約1年経過後の昭和63年10月に計測された値で、側壁付近ではかなりのガスがトンネル内空に抜け出ているが、トンネル側壁から10m以深では依然として高圧のガスが存在しており、難透気性の地山であるといえる。

なお、ガス圧の最大値は、平成元年1月時点で中央導坑にて計測された $16.5 \times 10^5 \text{ kPa}$ である。

3 密度・含水比検層 昭和63年1月～5月にかけてガス圧測定区間で行われた密度・含水比検層での、地山の ρ 、 w と e は図-3に示すようになり、側壁より7mまでは間隙比が大きく、湿潤密度が低く、7～9mの間隙比が他件と比較して極端に低い個所が存在し10m以深では再び間隙比が増加している。

このような間隙比の変化を見ると7～9m地点では図-3に示すように高密度帯＝グラウンドアーチが形成され、それ以浅は塑性域、それ以深は弾性域となる状態にあることがわかる。

4 ガス圧による押出し 図-3の弾性域の間隙空気体積を100として、それ以浅の間隙比の変化量はガス容積の変化であると考えて、

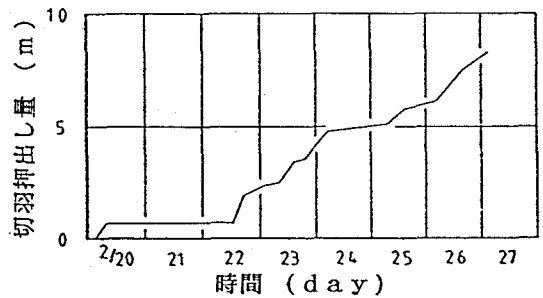


図-1 切羽押出し経時変化

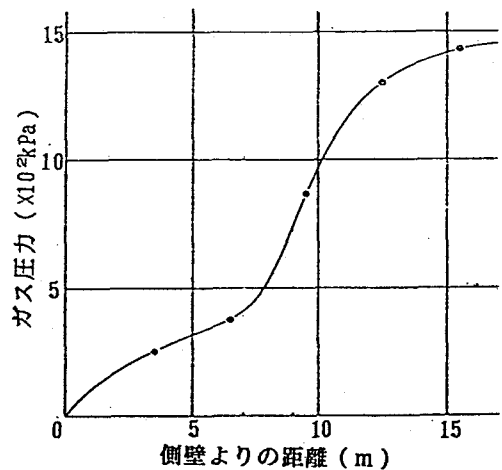


図-2 ガス圧分布

間隙空气の膨張率を求めると図-4のようになり、トンネル側壁部の間隙空气の膨張が非常に大きいことがわかる。すなわち、間隙空气体積膨張率と間隙比が反比例的な関係にあるので、間隙比増加は地山内のガスバブルの膨張によるといえる。いま、弾性域の間隙部分のガス圧力を中央導坑で測定された $16 \times 10^2 \text{ kPa}$ と仮定して、ガス圧変化がボイル・シャルルの法則に従うものとして地山内のガス圧分布を求めると図-5となる。間隙空气の膨張は時間の経過（昭和63年1月→昭和63年5月）とともに、特に4～7 m区間において大きく、昭和63年5月には計算で求めたガス圧が、同区間での実測値に近ずいている。このような結果を見ると難透気性のためにトンネル掘削後も抜け出なかったガスが、トンネル内空との圧力差で膨張したためといえる。

5 まとめ 以上の測定結果より、鍋立山トンネルでは地山内間隙部分に存在する高压ガスバブル自体の膨張によって、地山自体が膨張していることが明らかである。したがって鍋立山トンネルの地山膨張機構は以下のような機構によって生じるものといえる。

トンネル掘削後、大気圧のトンネル内空部と高压の地山部との間に圧力差が生じ、地山内のガスバブルが膨張し地山を膨張させる。さらに、この膨張により地山岩石が破壊され、切羽からのトンネル内空への押し出が生じる。

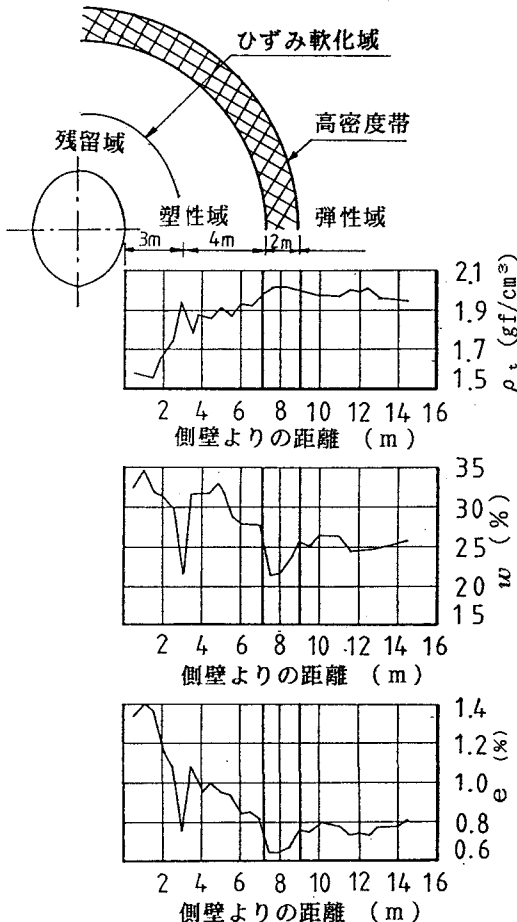


図-3 諸性状図

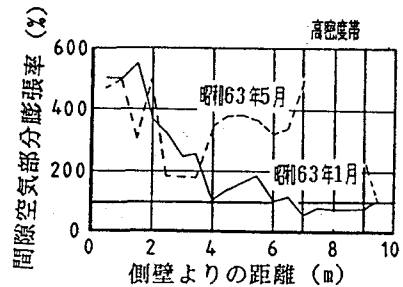


図-4 間隙空气膨張率～側壁よりの距離

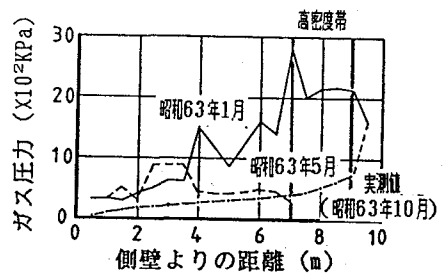


図-5 ガス圧力～側壁よりの距離