

III-72 空気圧を受ける粘性土のせん断特性

清水建設株式会社

出浦 博之

長岡技術科学大学 工学部

小川 正二

同上

大学院

渡邊 康夫

1 まえがき 現在建設中の北越北線鍋立山トンネルは通常の膨圧トンネルとは異なり、トンネル周囲の地山内間隙部に存在する高圧のガス圧のために図-1に示すように異常な切羽からの押出しやトンネル壁面に作用する土圧が発生している。

本報告はこのような鍋立山トンネルの切羽の押出し現象を解明することを目的として行った空気圧を受ける粘性土のせん断特性について述べている。

2 試料および試験方法 試料は鍋立山トンネル切羽より採取した表-1に示す物理的性質を有する土であり、試験にはこの土を気乾燥した後2mmふるいを通過した部分を用いた。供試体は地山とほぼ同一条件の飽和度が $S_r = 80\%$ と、間隙空気部分の存在しない $S_r = 100\%$ の2種類である。不飽和供試体は所定の含水比に調整したのち静的に締め固めて作製し、飽和供試体は鉛直応力80kPaで予備圧密して作製した。なお供試体は直径50mm、高さ100mmの円筒形である。

試験はトンネルに作用しているガス圧と掘削による地山の応力条件の変化を考慮して、最初に供試体に任意の大きさの軸差応力と間隙空気圧を与え、これらの初期条件から拘束圧を一定の速度で減少させる三軸試験で、間隙空気圧が土のせん断特性に与える影響について検討した。

3 試験結果 図-2、3は不飽和供試体について、あらかじめ求めた最大軸差応力の9割の軸差応力を載荷した後、拘束圧を減少させた軸差応力一定試験での軸ひずみ速度の経時変化と体積ひずみ σ' ($=\sigma_o - Ua$) 関係である。なお、ここで用いた σ' は便宜上用いた記号であり、有効応力を意味していない。図から明らかなように、各拘束圧の場合とも $\sigma' > 0$ の状態では体積ひずみはほとんど変化していないが、 $\sigma' < 0$ の状態となると膨張が生じ、その後軸ひずみ速度・体積ひずみが急増しせん断破壊に至っている。

表-1 物理的性質

G S	w_L	w_P	I_P	SAND	SILT	CLAY
2.789	162.3%	23.3%	139	1%	35%	64%

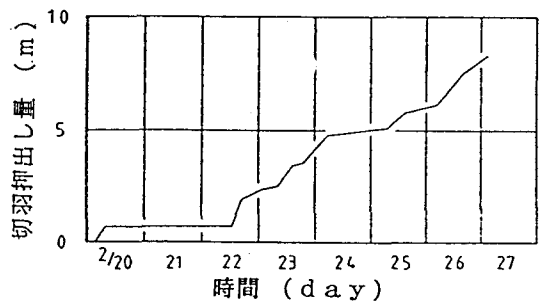
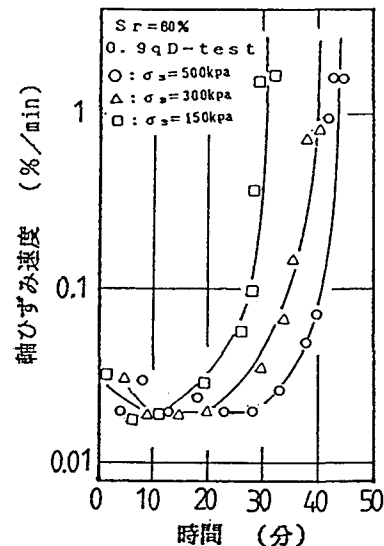
図-1 切羽押し出し経時変化¹⁾

図-2 軸ひずみ速度の経時変化

なお、最終段階では図-2に示すようにひずみ速度が大きくなり Ua を一定に保つことは出来なかった。

図-4は不飽和供試体に最大軸差応力の9割を载荷した拘束圧力減少試験と、比較のために行った拘束圧が一定のクリープ試験（拘束圧一定試験）の結果を示している。図示のように $\sigma'_c < 0$ の状態になると、拘束圧減少試験では徐々に体積ひずみ、軸ひずみが上昇し、遂には急激なせん断破壊を発生している。しかし、拘束圧一定試験では、拘束圧>間隙空気圧のために約3000分経過後体積ひずみ、軸ひずみ共にほとんど変化せず、破壊も生じない。

一方、飽和供試体では最大軸差応力の9割を与えた後の軸差応力一定試験では土中に間隙空気圧が存在しないために図-5に示すように、 $\sigma'_c < 0$ の状態となっても体積ひずみはほとんど変化せず破壊に至らない。

したがって、不飽和供試体では任意の軸差応力を受けている状態で拘束圧が減少し拘束圧<空気圧（ $\sigma'_c < 0$ ）となると供試体内の空気バブルの膨張により体積が急激に膨張し、せん断力に抵抗する土粒子間力が弱まりせん断破壊が生ずることがわかる。

4 トンネル地山の押出し現象機構

上記のような試験結果より、鍋立山トンネルでの押出し現象は次のようにして生じるものといえる。

① 鍋立山トンネルではトンネル周辺部の地山の軸圧縮強さの不足（地山強度比=0.18）のため、掘削後にトンネル周辺の地山が破壊する。

② トンネル内空に接する地山は拘束圧力がゼロとなるため、拘束圧<ガス圧となり、土中のガスバブル自体の膨張により地山は膨張し、押し出しが生じる。

③ ①②の現象によりトンネル近傍の地山は破壊されるが、その深部のトンネル周辺の地山内でも拘束圧<ガス圧となっておりガスバブルの膨張によりさらに体積膨張が生じる。このような現象は順次奥へと進行し、トンネル切羽からの押し出しが増大する。

参考文献

1) 日本鉄道建設公団東京支社：鍋立山トンネル小委員会議事録

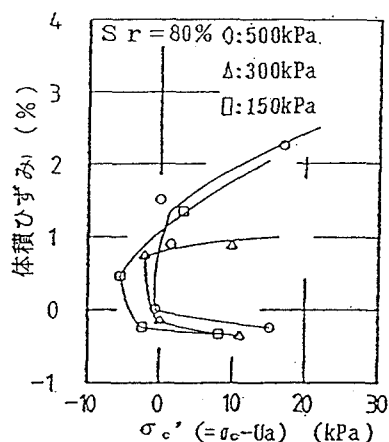


図-3 体積ひずみ～ σ'_c 関係

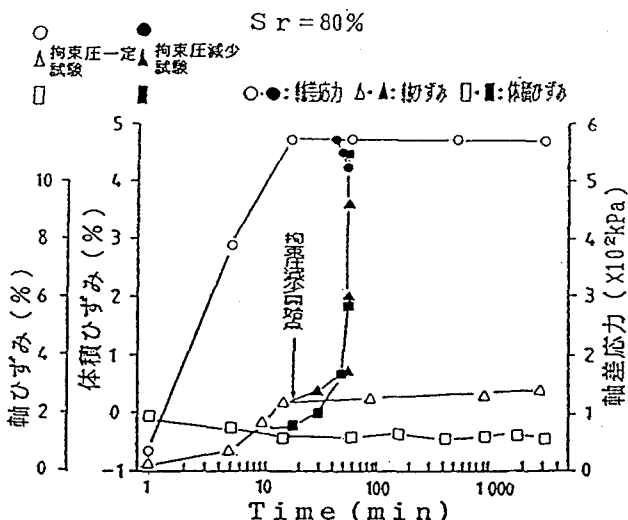


図-4 拘束圧一定VS拘束圧減少

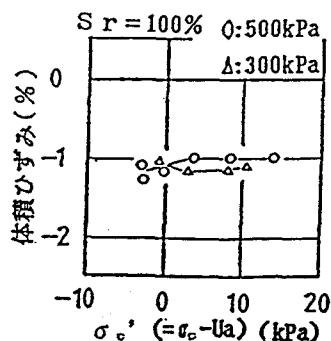


図-5 体積ひずみ～ σ'_c