

フジタ工業(株)技術研究所 正員 門田 俊一
同 上 正員 石井 武美

1. はじめに

トンネル切羽が断層部を通過する際には、トンネル壁面変位の増加・湧水量の増加等が原因となり、工事進行に支障を招く場合が多い。これは、低強度・高変形性・高透水性として特徴付けられ、断層面に伴って存在する断層破砕帯の力学的特性によるものと考えられる¹⁾。この断層破砕帯中を掘削するトンネル周囲の地山挙動を検討する場合、断層破砕帯幅に数mから数百mと規模の差があるため、その規模に応じた取り扱いが必要になるものと思われる。すなわち、破砕帯幅が大きい場合には断層破砕帯そのものの力学的条件によって挙動が定まるが、破砕帯幅が小さい場合には破砕帯周囲の堅岩部との相互作用が支配的になるものと考えらる。

ここでは、主として破砕帯幅が小さい断層破砕帯を対象とし、施工管理への適用を目的として、トンネル切羽進行に伴う断層破砕帯周辺岩盤の挙動を解析する。なお、断層破砕帯の問題を扱うには、高圧湧水等地下水の影響を考慮に入れることも必要であるが、この点については今後の課題としたい。

2. 解析モデルの設定

低強度・高変形性を有する断層破砕帯部を弱岩部、その周囲の健全な岩盤を堅岩部と名付け、弱岩部・堅岩部で構成される岩盤中に、直径 $D=6\text{m}$ の円形断面トンネルを全断面にて掘削する場合について解析を行った。材料定数は、弱岩部・堅岩部とも等方等質と仮定し、表-1に示す通りとした。初期地圧は、一様に $G_0=50\text{kgf/cm}^2$ の静水圧状態を仮定した。

解析モデルは、主として堅岩部の相互作用を調べるために、以下に記す3ケースとした。

CASE-1 弱岩部の変形状態に及ぼす堅岩部の拘束の影響

図-1-(1)に示すように、弱岩部がトンネル軸と直交する場合について、弱岩部幅 T を種々変化した場合の弱岩部の変形状態に及ぼす堅岩部の拘束の影響を解析した。なお、本ケースは、岩盤をモール・クーロンの破壊規準に従う弾塑性体と仮定し、軸対称弾塑性解析を実施した。

表-1 材料定数

	堅 岩 部	弱 岩 部
ヤング率 (kgf/cm^2)	10000	1000
ポアソン比	0.3	0.4
内部摩擦角 (度)	35	30
粘着力 (kgf/cm^2)	40	10

CASE-2 トンネル軸と弱岩部が斜交する場合の挙動

通常の地山では、トンネル軸と弱岩部が斜交する場合が一般的であると考えられる。そこで、図-1-(2)に示すようなモデルを設定し、弱岩部幅を $2D$ に固定した上で、交差角 θ の相違による挙動の相違を三次元弾性解析した。

CASE-3 弱岩部と堅岩部境界付近の挙動

図-1-(3)-(a),(b)に示すように、トンネル切羽が弱岩部から堅岩部へ、逆に、堅岩部から弱岩部に進行する際の境界付近の挙動を、CASE-1と同様に軸対称弾塑性解析を行った。

3. 解析結果

CASE-1の解析結果を図-2に示した。この図では弱岩部幅 T の中点壁面の変位 U を、弱岩部のみで構成される岩盤中を掘削したケースの最終安定状態における変位 U_0 で無次元化している。図-3には、

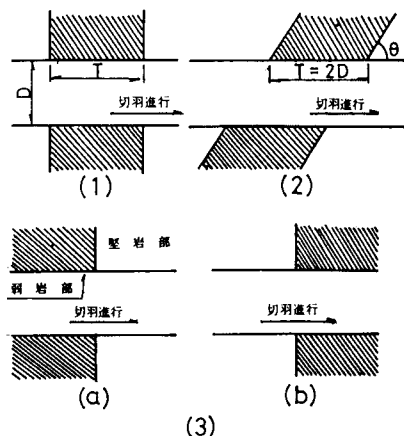


図-1 解析モデル

CASE-2の解析結果として $\theta = 60^\circ$ 45° 30° の場合の切羽通過後の最終壁面変位が、 $\theta = 90^\circ$ の場合の変位とともに示してある。

なお、本ケースでは地山を弾性体と仮定しているため、切羽進行方向に対する差違は生じていない。図-4には、CASE-3の解析結果として、境界部、弱岩側0.25D、堅岩側0.25Dの3地点における切羽進行による変位の推移を、CASE-1と同様に図-2 堅岩部の拘束の影響 U_0 で無次元化した値で示した。なお、弱岩部側0.25Dの変位を示す図-4-(2)には、CASE-1、幅4Dとする断層破砕帯中点の壁面上の変位を付記している。

4. 考察、および、施工管理への適用

以上の解析結果をもとにして、考察および施工管理の適用を、今後の課題も含めて以下に記す。

- 1) 弱岩部幅が4D程度になると、弱岩部での最大変位量は、弱岩部のみの場合の変位量と同程度に見積る必要がある。しかし、初期地左の相違、弱岩部での異方性をも考慮した検討が必要である。
- 2) 弱岩部とトンネル軸が斜交する場合、弱岩部での最大変位量は θ の減少とともに減少するが、堅岩部での変位量は増大する傾向にある。こうした場合、切羽の進行方向に応じた施工対策を行なう必要性があると考えらる。すなわち、切羽進行方向に対して弱岩部が流し目で交差する場合、進入時には下半部の盤ぶしめに対する配慮が必要であり、堅岩部に抜け出る際には上半部の天端崩落に対する配慮が必要である。切羽進行方向に対して弱岩部が差し目で交差する場合にはこの逆となる。なお、上述した配慮は弱岩部のみならず、堅岩部に対しても必要である。
- 3) 弱岩部と堅岩部の境界部において、堅岩部から弱岩部への移行時の境界部、および、弱岩部から堅岩部への移行時の弱岩側で、それぞれ特徴的な変形挙動を示す他に、いずれの場合にも変位の進行が急速となることに留意しなければならない。

なお、紙面の都合で解析結果を変位についてのみ整理し、それに対する考察を記したが、弾塑性解析における塑性域の進展状況等については当日発表する予定である。

この検討にあたり、基本的問題に關し、名古屋大学川本勝万教授の御指導を得た。厚く感謝致します。

参考文献

- 1) 芥川真知; “建設工事からみた断層の性質”, 応用地質, 22巻, 1号, 1981, PP1~3

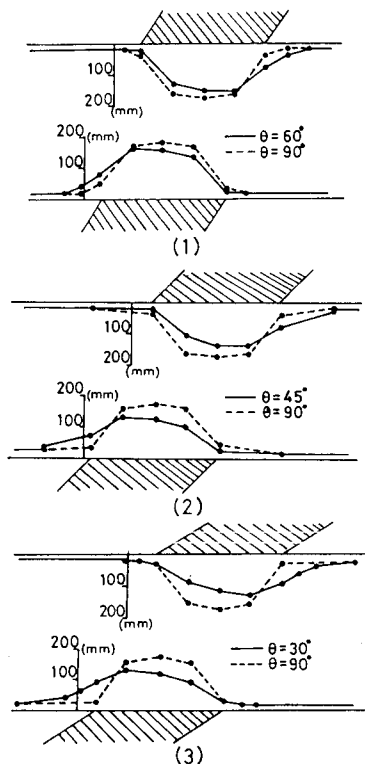
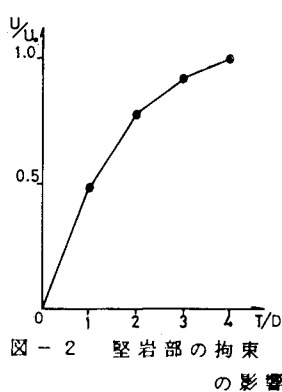


図-3 交差角の相違による挙動の相違

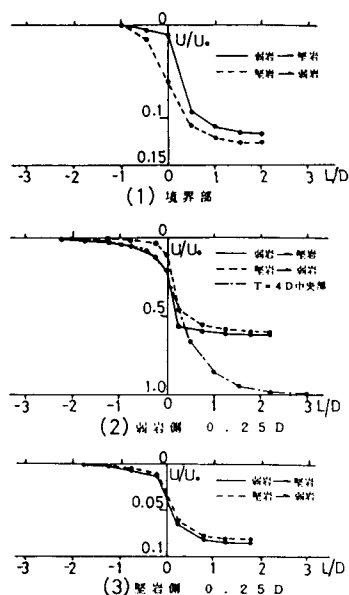


図-4 境界部付近の切羽進行に伴う変位