

被圧水帯での「迂回坑」と「断層破砕帯の走向」との関連などについて

大成建設(株)

飯 星 茂

同

正会員

○

原 田 史 也

1. まえがき

中央自動車道 恵那山トンネルは延長約8.5 km、中央アルプス南端を木曾谷から伊那谷へ貫く。途中の断層破砕帯の多くは高圧の水を貯えていて 最大土被りも約1000 mに達している。長大道路トンネルであるため、換気坑(送気)として約20 m²のパイロットトンネルが併行しているが、施工上、このパイロットトンネルを先進させた。着工後に更にパイロットトンネル内に 互導坑を先進させて、そこから水平ボーリングを実施する工法に変更された。工事を進めて行くうちに土被りも増加し、また被圧水帯にかかる水頭も大きくなった。そのため突破工法として「迂回坑」を必要とするに至ったが、中津川方の工区では、このような地帯に遭遇した場合、(1)迂回すべきか否か。(2)迂回坑を右に進めるべきか、左に進めるべきか。を判定しなければならぬが、その判断に当って、坑内地質調査による断層破砕帯の走向・傾斜・観察記録が重要な鍵となった。

このような地質条件下の山岳工法として「鋼矢板縫地(L=1.8~4.0 m)」を多用したのが非常に効果的であった。打ち込み当っては削岩機を改造し、そのパーオクションを利用した。(表-1 図-1 参照)

2. 坑内地質調査について

断層(slickensides)のみられる小断層を含む 破砕帯の走向(Strike)、傾斜(Dip)の記録は、切端でクリノメーターにより測定したが、記録に当ってはパイロットトンネル互導坑(先進導坑)と遅れて掘進される本トンネル側壁導坑(右、左)で、それぞれ確認されるのが普通である。

硬度は一ハンマーによった。亀裂間隔及び粘土付着の状況、切端付近の観察所見等も記録した。なお、大規模な断層とは、断層粘土 もしくは

それと同等の軟弱化した岩石と粘土の混合体の厚さが10 m以上の断層とした。

中規模の断層とは軟弱な部分の厚さが、

1 m~10 m 程度のものであり、それ以下

を小断層とした。記録の結果として、小

断層がこれらの大、中断層間に、ほぼ、

10 m 間隔で細目状に発達している。

このような断層の発達に伴って 大岩、

岩石も断層と同じ方向の節理 もしくは

亀裂を有し、節理および亀裂には粘土を挟んでいる。これらの劣悪な地質状態は熱水作用によるものに加えて、激しい構造運動によるものと考えられている。掘進中はこれら軟弱な地層に加え、被圧水によって次のような事態がしばしば生じた。

① 被圧水による切端の押し出し。流動化による切端の崩壊。

表-1 鉄矢板・軽量鋼矢板

種 類	多用した長さ	断面積	重量	断面係数
鉄矢板・新日鉄15	1.8~2.0 m	6.231 cm ²	4.89 kg/m	3.81 cm ³
軽量鋼矢板・NL-2	3.0~4.0 m	18.6 cm ²	14.6 kg/m	13.9 cm ³

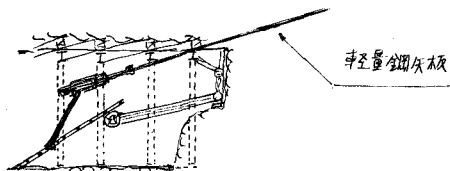


図-1 軽量鋼矢板・打ち込み状況

- ② 軟弱部での崩落 ----- 一般に断層部で発生しているがそのうち断層の交又部ではその発生件数が多い。
- ③ 大規模な断層部での土圧 ----- 支保工座屈、盤みくれ等。
- ④ 掘削、管詰後 貯留水の噴出 ----- 10m 範囲内に貯留水があつて掘削作業時は影響圏外であつたもの。
- ⑤ 比較的硬質な岩塊の滑落。 などである。(図-2 参照)

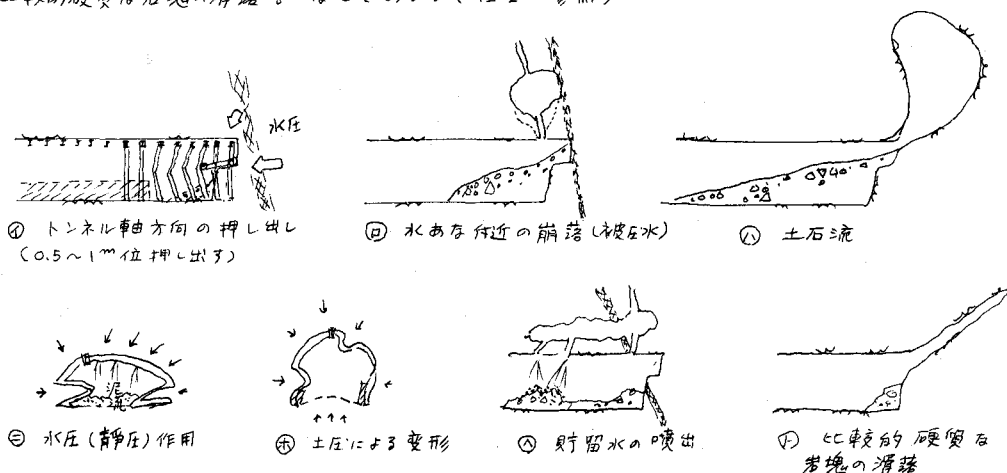


図-2

豆導坑(先進導坑)被圧水現象などの状況

3. 豆導坑(先進導坑)断面

地質が不良の場合は豆導坑断面を小さくするのが常識とされているが、支保工を建て終る迄の1サイクルの時間要素にも支配される。それ故、作業性との関連から最適断面を決定する必要がある。

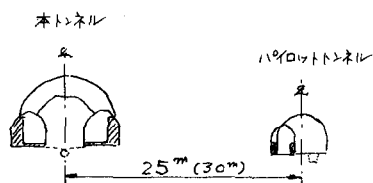
山岳工法では地質不良の場合は継地工法となるが、切端が自立したい場合の一般的工法は「ピソック掘り、鏡張り、継地」或いは大部分がこのような工法で一部爆破併用となる。地質が特に悪い場合は継地下がりと鏡張り盛り返え、及びピソック掘り、スリ出し等の作業は断片的な組合せとなる。鏡張り作業に太い木材(切端の押し出しに耐えるもの)を葎し、人力作業が大部分で、また熟練を要する等の点から、1サイクルはかなり長時間になる。他方、地山の10mは時間経過に従つて増大する傾向があるため、軟弱地質での被圧水帯では比較的短時間で「流動化」してくる。「流動化」の始まる以前に管詰を完了させる事は重要な事実である。そのような観点から表-2のように実験的な施工を行なった結果から case 4 を採用した。

表-2 豆導坑断面

case	形状	断面積 m ²	継地方法	容込力
1		2.5	人力	
2		4.5	RS 18	不足
3		6.	RS 55	不足
4		8.	RS 85	良好

図-3

トンネル断面



4. 被圧水帯突破について 直進可能か・迂回すべきかの検討要素

a) 直進可能要素 (case 1)

- ① 切端に少くとも何程度 岩盤が残っている。(そこから水抜きボーリングが行なえること) 切端が押されたリ 特に多量の湧水が無い。
- ② 湧水がほぼ一定して出る。澄水
- ③ 支保工の変形がわずか。(進行しない。)
- ④ 「山鳴り」現象は仮にあったとしてもすぐおさまる。(また、湧水が減少しない。)

b) 迂回坑・必要要素 (case 2)

- ① 「土石流」が多量に出る。
 - ② 「土石流」は少量でも 充填を再開したり、ボーリングをはじめると 泥流が噴出する。(ボーリング作業中、ロット切り離し中に ロットが泥流と共に噴き飛ばされた事がある。)
 - ③ 第2波の「土石流」発生
 - ④ 「山鳴り」が続く
 - ⑤ 支保工の変形が続く。
 - ⑥ 一般に ボーリングが困難。(ボーリング中にジャーミィングする。ボーリングが成功しても、すぐ穴がつかっておなくなる。始めはボーリング孔から流出していても、地山の急速なゆるみのため、やがて再ボーリングを必要とするに至るが、この時点で「ボーリング」がより困難になる。等)
- 以上のような分類のうち、二つ以上に該当しているとすれば、一応分類の区分に該当している。

5. 迂回坑の効果

迂回して進路をとる事によって つぶされた直進坑、または先行した迂回坑よりも有利な条件下で掘進出来ると考えられる。いま、その要素を列挙する。

- ① 被圧水の浸透による地山の破壊(流動化、土石流など)がまだ始まっていない部分を強いる事が出来る。(まだ地山が荒されていらない所なので有利)
- ② 最初の先進坑へは地下水水頭Aが作用し、次の迂回坑へはBが作用、二番目の迂回坑にCが作用すると仮定すると、水圧の大きい順に $A > B > C$ となる公算が大きい。
- ③ 水あな的位置をかわして掘進出来るかも知れない。
- ④ 断層の交叉部と被圧水帯と一致している場合、迂回坑掘進の結果 断層交叉部を抜けて突破出来る公算が出てくる。(断層交叉部が特に悪いため)

6. 断層破砕帯の走向と迂回坑

主断層の方向は STA 30+00 附近 (ハイクロフトトンネル約2850m 付近) を境にやや変化している。

- ① STA 1+54.25 ~ 30+00 では NS ~ N30°E が卓越
- ② STA 30+00 ~ 42+00 N60°E ~ E が卓越

また、大規模断層は 300 ~ 400m 間隔で出現し、中規模断層を加えると約 100m 間隔で出現している。小断層は 10m 間隔で無因断層に突達している。迂回坑は限られた進入路から 出来るだけ数多くの切端が作られる可能性が望まれるが、レーン工法では迂回の進入路で進入角 30°が実用上限度であるし、応力干渉等から 20m 前後の離隔距離が必要な事から 1 進入路当り 2ヶ所程度となる。

断層と迂回坑とはいろいろな意味で密接な関係があるが、表-3 に走向との関連を示した。

表-3 断層破砕帯の走向と迂回坑

case	断層・破砕帯の走向	施工上の迂回路の希望	予想される迂回路	備考
I	N68°E系 N80°E系 E40°系			①→③を結ぶため一部で薬液注入 ③ CASE I は本トンネルの右導坑(サイロウトエッジ)断層内には迂回坑迂回
II	N30°E系 ~N45°E系 とN60°E ~N80°E系 との交叉			進入口 A または B は付近で最も良好な箇所へ選定
III	N-S系 NW-SE系			トンネル中心線はN54°40'

7. 先進坑十訓 (恵那山中津川カトンネル)

(作業員教育用 54B.4)

- ① 火薬運搬箱は切端から遠ざけておく。(常に出水を予想して安全な所に)。漏洩電流検知管を忘れずに。
- ② 「鏡張り」「縫地」「突破」など危険作業は作業主任者の監視のもとで。
- ③ ロッカー・シヨベルはズリ出し以外はなるべく後方へ(逃が)やすくしよう。

表-4 切端における対策

原因	摘要	切端の状況	一般的対策	
			水抜き	支保工
水みち(被圧水)が切端に	被圧水流経路の閉塞による。	水みち崩壊後切端に静圧の形で水圧が作用	水抜きボーリング	鉄矢木軽量シートパイル根固めコンクリートなどの補強
断層破砕帯	交叉点(断層)流出 支持力不足	流動性 支保工座屈 盤ぶくれ	同上	導坑傾斜 ケーシング

- ④ 軟らかくても水の出ない山は断層に近い。緑色や茶色の石の変り目は用心。(奥の水をボーリングで確かめよう)
- ⑤ 切端の押すのは被圧水。「水抜き」と「補強」が必要
- ⑥ 「トレュチシート」を打ったら「根固めコンクリート」を早急に。
- ⑦ ボーリング中の「難工ヶ所」「濁水噴出」など、皆「要注意」。「水あな」「ボーリング穴」共に水を止めたら大変。つまり止め注意と。
- ⑧ 山がゆるんで後濁水。硬い山でも落ちぬ用心。(落ちると更に水を呼び)
- ⑨ 非常用の土留材は常に準備を怠りなく、悪い山には熔接支保工(超強力型支保工)
- ⑩ 「異常出水」は「頓足」のおそれ、切端の損傷はいつでも十分に。(毎休み、正月休みの休暇明けは、エアーを必ず吹かし、ブロアーをまわしてから入坑。)

以上。

8. 結び

・坑内地質調査を常時実施記録した。変化の激しい地山に対する対策をたてる上に役立った。