VI－55　石灰岩地帯の調査・施工検討
―九州縦貫自動車道肥後トンネル―

日本道路公団福岡建設局人吉工事(事)　近藤俊一　田中秀和
鹿島建設･間組ＪＶ肥後トンネル工事(事)　藤田筆司　正　石橋弘志

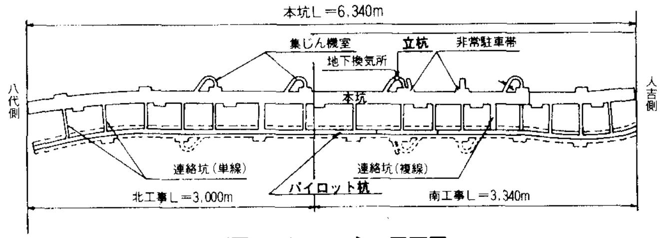
1．はじめに

石灰岩は、地下水の化学風化作用により溶蝕された、複雑な地下水系及び空洞を形成することで一般的に知られている。石灰岩地帯でトンネルを施工する場合、最大の問題はこの空洞の出現や出水であり、その形状、規模の未知であることが、その対応をさらに困難なものにしている場合が多い。

本文は、九州縦貫自動車道肥後トンネル南工事において、過去に例のない量、規模の空洞が点在した石灰岩地帯を安全に、効率よく施工し、品質の高いトンネルを造築するために実施した調査及び空洞対策について、その概要を報告するものである。

2．工事概要

肥後トンネルは、熊本県八代～人吉間のほぼ中央に位置し、ＮＡＴＭを標準工法とした全長6,340ｍの長大トンネルである。この内当南工事は、人吉側3,340ｍを、パイロット坑を先行しながら本坑を併行して施工するものである。

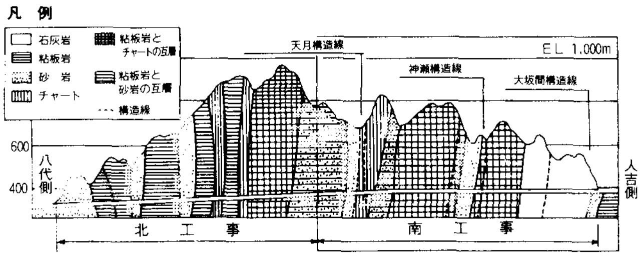


（図－1）トンネル平面図

3．地形・地質

当地域は、九州山地の西端に当り、地形は急峻な山稜とＶ字形渓谷から成っている。

地質は、古生代の堆積岩であり、主岩は坑口より約1,000ｍが石灰岩、以後は砂岩、粘板岩、チャートの互層となっている。



（図－2）地質縦断図

4．事前調査による空洞の予測

施工に先立って数回の地質調査を実施した結果、次のようなことが判明した。

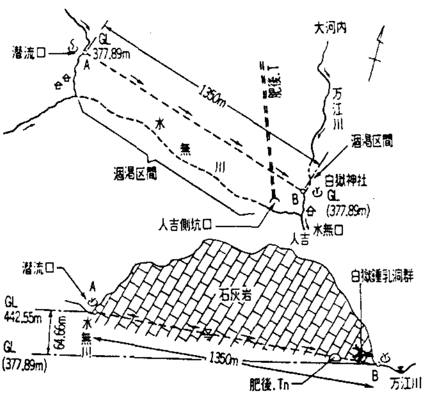
① 石灰岩は、坑口より約1,000ｍに分布し、坑口近くの白嶽神社付近には、鍾乳洞が発達している。

② 水無川上流域の河床には潜入口(空洞)があり、河川水はここから潜入し、その下流は降雨時以外涸渇している。

③ 水無川の潜入口よりのみ込まれた水は、約90時間を要して、万江川沿いの白嶽神社付近で湧出している。

④ この地域の石灰岩は、亀裂が発達しており、水を透し易く空洞が発達し易い条件がそろっている。

以上のことから、この地域の石灰岩は溶蝕がかなり進み、地下水の貯水停帯や流路曲折等、複雑な地下水系を成し、空洞も大規模なものが存在する可能性が高いと予測された。



（図－3）石灰岩中の潜流水と空洞想定図

5．空洞対策

前述の事前調査結果からも、トンネル掘削中に空洞に遭遇する可能性は大きく、その位置、規模、地下水の賦存量をどう把握するか、又施工に際しては、工事中の安全確保と長期的にみたトンネル構造物への影響をどう判断するかが問題となり、少なくとも次の２項目の整備が必要だと考えた。

① 空洞を事前に確認するための施工体制の確立。

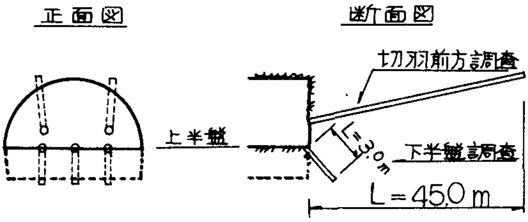
② 空洞が出現した場合、その状況に応じて効率よく処理するための施工標準の設定。

⑴ 掘削施工中の先進調査ボーリング

切羽前方の空洞の確認と、空洞よりの突発的な出水及び堆積土砂の流出を未然に防止するため、先進調査ボーリングを実施した。

ボーリングは、穿孔径 65 mm、１回当りの穿孔長は45 mとし、作業は日曜日を利用して行なった。

路盤下の空洞に対しては、重機類の陥没が懸念されたため、切羽作業に先立ち３m程度のボーリングを、掘削サイクル内で実施した。

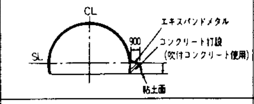
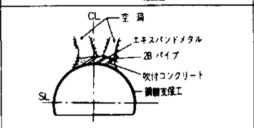
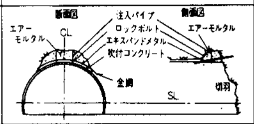
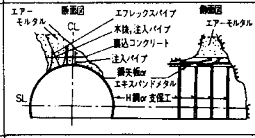
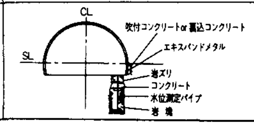


(図－４) 水抜調査ボーリング施工図

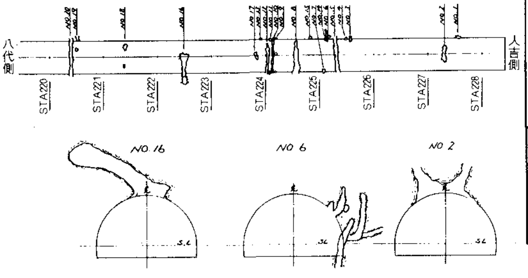
⑵ 空洞対策メニューによる施工

空洞対策では、施工時及び完成後のトンネル構造物への影響も考慮し、予想される空洞の規模や周辺地山の状況に応じて、５タイプに分けあらかじめ判断基準、対策メニューを作成し、すみやかに対応できるようにした。

実際に掘削中出現した空洞は、本坑で 21 ケ所、パイロット坑で 24 ケ所となり、湧水と伴って土石流となり噴出する崩壊性空洞も５ケ所で出現した。いずれの場合も判断基準によりタイプを決め、状況によってアレンジを加えて対処した。

	施　工　図	施　工　手　順	
Type-1		支保工の外側へエキスバンドメタル矢板を張り、吹付コンクリートで充填する。	No. 1 No. 4 No.13 No.18 No.19
Type-2		エキスバンドメタル矢板・異形棒鋼で外型枠とし、吹付コンクリートで数回に分けて吹付ける。 水抜用パイプを設置する。	No. 2 No. 3 No. 6 No. 7 No. 9 No.10 No.18 No.20
Type-3		エキスバンドメタル矢板・異形棒鋼で外型枠とし、吹付コンクリートで数回に分けて吹付ける。 空隙はエアーモルタルで充填する。	No. 5 No. 8 No.11
Type-4		支保工を利用してエキスバンドメタル矢板・軽量鋼矢板・鋼材で内型枠とし、排水パイプ・注入パイプを設置して吹付コンクリートを施工する。更に支保の補強として裏込コンクリートを打設し、他の空隙には水路を残してエアーモルタルを注入する。	No.12 No.16 No.20
Type-5		水位測定パイプ（φ 200）を設置して、水路を遮断しないように岩塊で埋め戻し、将来施工に影響ない位置に補強コンクリートを打設し、さらに岩ズリで埋め戻す。	No. 9 No.14 No.15 No.17

(図－５) 空洞対策メニュー図



(図－６) 本坑・空洞位置平面図と代表空洞断面図

6．おわりに

施工に先立って、安全並びにトンネル品質の確保のため、事前調査、検討には最大限の努力を払ったつもりであったが、空洞からの高圧出水（５～15 t/分）、河川水の引き込み、多量の土砂流出、あるいは網の目のような複雑な空洞の出現など、我々の予想を超えるような事態も発生した。本工事のような施工例は全国的にも少なく、このことは事前検討で我々が最も苦慮したところである。その意味からも、ここでの経験は、今後の類似工事において役立つようフィードバックすることが大事であると強く考える次第である。