

III-1 NATMによる上半ベンチのゆるみ範囲について

日本鉄道建設公団 札幌支社 工事部長

吉田 福次

日本鉄道建設公団 札幌支社 木古内鉄道建設所副所長 正会員 登坂 敏雄

1. まえがき

日本鉄道建設公団札幌支社では、津軽線中小国を起点とし青函トンネルを経て江差線木古内駅に至る延長87.0Kmの津軽海峡線のうち、青函トンネル出口から木古内駅迄の14.7Kmの施工を担当しており、新幹線規格で現在鋭意施工中である。当区間には第1湯の里Tから第4森越Tまでの大小7つのトンネル群があり、ゆるみ領域を極力押えて経済的かつ安全なトンネルを作る為、総てNATMによるインバート併進機械掘削ショートベンチ工法で施工し良好な結果を得た。

本報告は、トンネルのゆるみ領域に大きな影響を及ぼすと考えられる上半ベンチ長のゆるみ領域を坑内弾性波探査により測定したものであり、トンネルの1次支保としての吹付コンクリートの効果についても言及するものである。

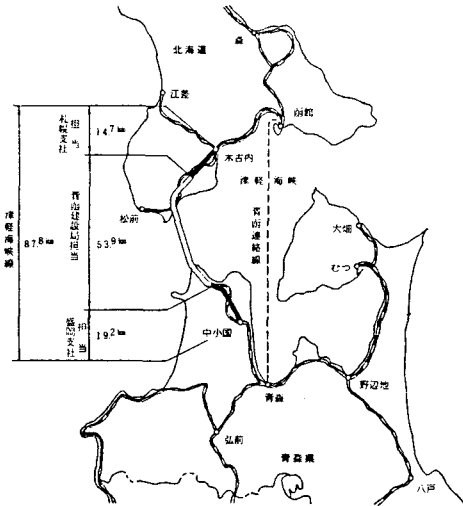


図-1. 津軽海峡線線路略図

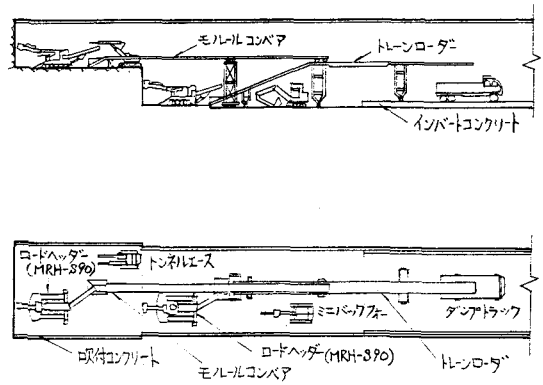


図-2. 掘削機械配置図

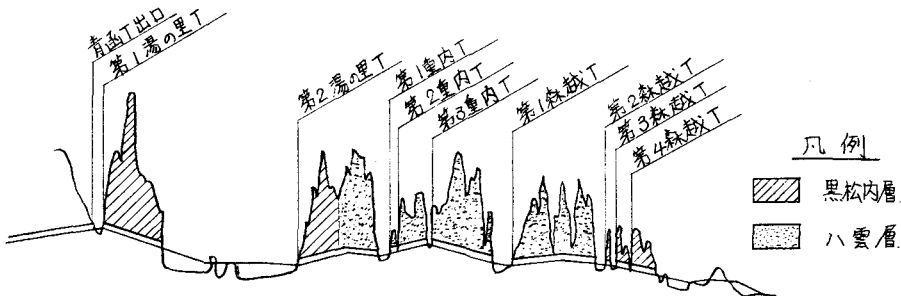


図-3. 地質縦断面図

2. 調査概要

前述の様に、当区間の総てのトンネルはNATMによるインバート併進機械掘削ショートベンチ工法で施工しており(図-2、掘削機械配置図参照)、ゆるみ領域を極力押える為、上半はもとよりインバート部も掘削後直ちに吹付コンクリート(厚5~15cm)を施工し早期閉合に努めている。又、一般的にショートベンチ工法におけるベンチ長は施工性及び地山条件を勘案して決められるが、長すぎた場合にはトンネル長手方向のカンチレバーとなり、大きな曲げを生じ上半脚部の地山が破壊され好ましくないとされている。

以上のことから、ベンチ長による地山への影響を調査するため上半ベンチ上において坑内弾性波探査を実施した。

2-1. 測定位置

測定位置は、青函トンネル出口起点6km 836m.00に位置する第3重内丁($L=1,200m$)の中央部で7km 504m.00~7km 544m.00の $L=40m$ 間である。(図-4、参照)

第3重内丁の地質は新第三紀中新世の泥岩及び硬質頁岩で構成されるハ雲層と呼ばれる地質であり、調査地点の地質は泥灰岩の玉石を挟む泥岩である。一軸圧縮強度は $0.20kg/cm^2$ で目視による観察では割目も少ない比較的良好な地質である。(図-6、参照)

2-2. 測線設定

測線は図-4に示す様に上半盤上に測線を設定し、受信点は測線上に図-5に示す様に20m間隔で配置した。測定器はOYO PS1012成分を使用した。時間サンプリング最小目盛は $1/100sec$ である。なお、起振は雷管によった。測定は12成分であるため2展開で行なった。0~11までの測定を1展開目として6起振点で起振し測定し、2展開目すなわち11~20までについても6起振点で起振し測定した。

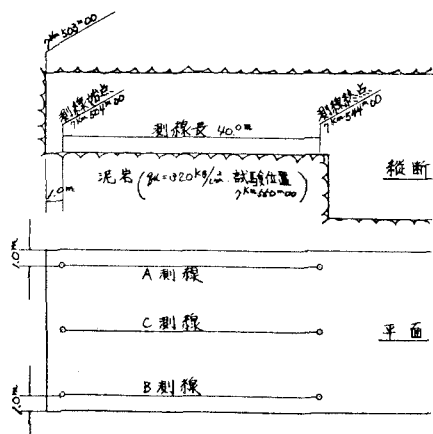


図-4. 測線配置図

3. 解析結果

速度層の構成は、全般的には次の様になった。

速度層	速度(m/sec)
第1速度層	680
第2速度層	1,150
第3速度層	2,830~2,860

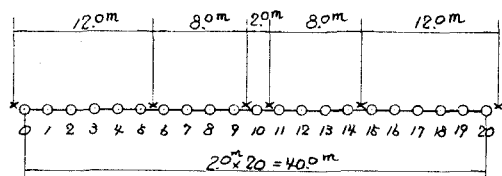


図-5. 測線設定配置図

○…受信点
×…起振点

A, B, Cの各測線の速度縦横断面図を図-7, 8に示す。

1). A測線

第1速度層は $680m/sec$ の速度で厚さ $0.27m$ で平均して分布している。第2速度層は切羽側 $0.7m$ 、上半盤端側で $2.9m$ の層厚を示し約 4° の傾きで分布し、速度値は $1,150m/sec$ を示す。第3速度層は $2,860m/sec$ を示す。

2). B測線

第1速度層は $680m/sec$ の速度で厚さ $0.28m$ で平均して分布する。第2速度層は切羽側 $1.0m$ 、上半盤端側

で2.9mの層厚を示し、約3°の傾きで分布しており、速度は1.150m/secである。第3速度層は速度値2.830m/secを示す。

3). C測線

第1速度層は680m/secの速度で層厚0.29mで平均して分布する。第2速度層は切羽側で4.5m、上半盤端側で4.3mの層厚を示し、約4°の傾きで分布しており速度は1.150m/secである。第3速度層は2830m/secである。

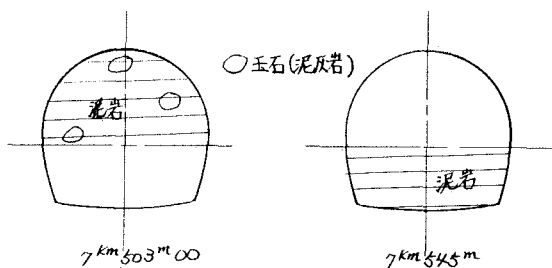


図-6 切羽観察図

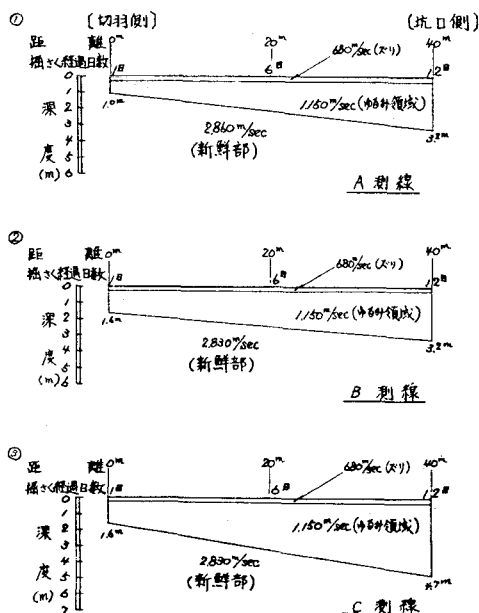


図-7 速度縦断面図

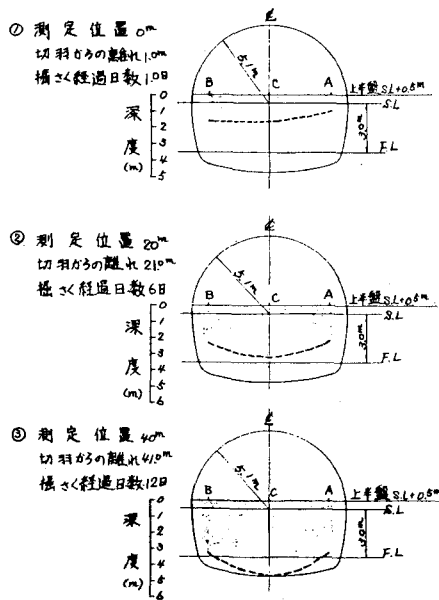


図-8 速度横断面図

4. 考察

図-7に示す様に上半盤における弾性波速度は層に区分される。第1速度層の680m/secは平均30cm未満で一様に分布しており、スリが重機により転圧された層と考えられる。

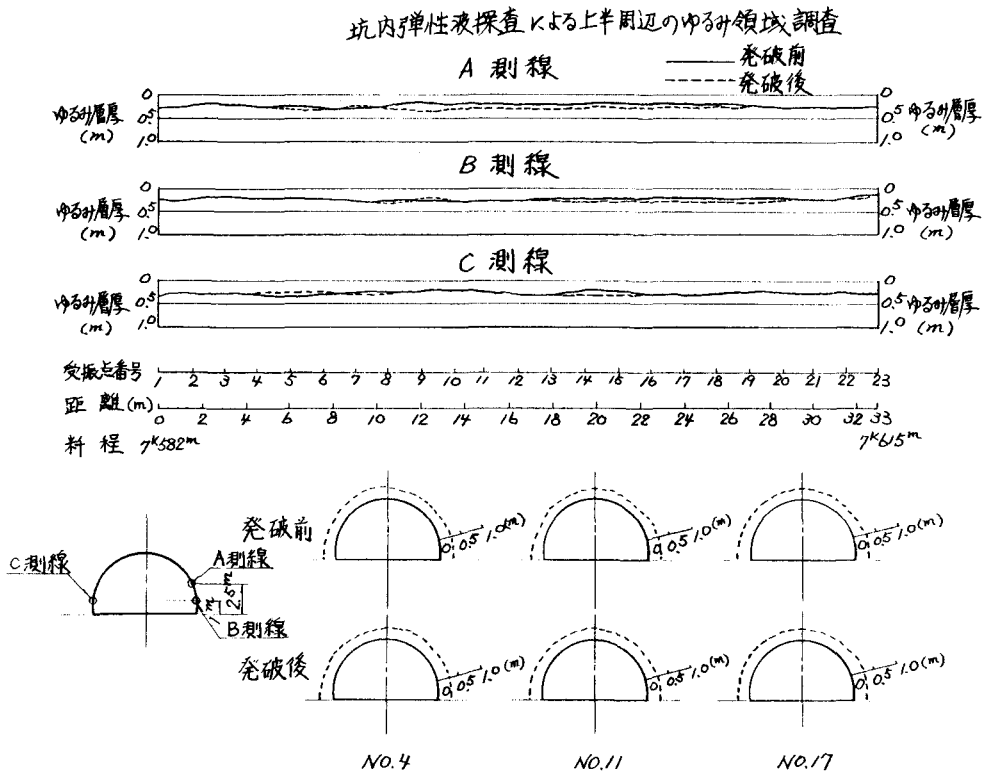
第3速度層の2830~2860m/secの速度は、既存のデータより新鮮部と考えられ、一般にゆるみ領域の速度が新鮮部の1/2以下若しくは1/3以下減となることから、第2速度層の1.150m/secはゆるみ領域の速度を著わしているものと考えられる。

図-7の速度縦断面図に示す様に切羽前では0.7~1.5m、上半盤部2.9~4.5mの層厚を持つゆるみ領域は3°~4°の傾きで坑口側に向い増加している。このことは時間の経過と共にゆるみ領域が拡大することを示している。この原因としては応力解放、上半盤上での重機の交通振動が考えられる。

A, B, Cの3測線を比較すると、C測線は最もゆるみが拡大すると想定される部分であり実際に最もゆるみ層厚は厚い。A, B両測線についてはゆるみ厚はほぼ同様と想定したが、B測線の方が切羽側で厚い結果となった。このことは、層理に拘ってゆるみ領域が拡大したものと考えられる。

切羽手前1mの部分でもゆるみ領域が1.5m前後あらわれることについては、測定が掘削後1日経過して行うなれた事に起因しているものと考えられる。

本調査に先立ち $\phi 590\text{m}$ 付近で実施した上半周辺の弾性波探査の結果を図-9に示すが、この部分は掘削後直ちに吹付コンクリートを施工しているが、ゆるみ領域は0.5~1.0mの範囲で収まり、吹付コンクリートの有効性を表わしているものと考えられる。なお、この区間は、掘削に補助発破を使用しており、補助発破の影響も調査したが、ゆるみ領域の拡大は見られなかった。



5. まとめ

今回の上半盤における弾性波探査及び上半周辺の弾性波探査により、次の事が確認された。

- (1). 上半ベンチのゆるみ領域は時間の経過と共に坑口側へ増大する。
- (2). 従って上半ベンチ長は、地山条件にも左右されるがなるべくつめた方がよい。但し、施エスピードとの関連もあり、施工性を考慮して決定しなければならぬ。
- (3). 吹付コンクリートはゆるみ領域を押えるのに非常に効果的であり、NATMにおいては、掘削後直ちに吹付けるべきである。