

に行なうものである。

(1)について 各種の調査に先行して、トンネル施工または管理上に問題となるあらゆる事項について概略的な調査を行なう必要がある。その項目は次の通りである。

地 形：地形の緩急、標高、山地の荒廃状況、構成地質との関連などの概略

水 文：河川の規模、流量、地下水、水温、水質、利水など

気 象：気温、気圧、風、湿度、晴雨、積雪量、積雪および融雪時期、降水量など

災 害：地震、雪崩、洪水、山崩れ、地すべり、落雷、強風など

その他：植生、果樹、田畠、交通量、換気、照明、既設構造物ならびに施設、排水処理、衛生、安全管理など

(2)について 調査は、トンネル予定地付近の地形、水文、気象、災害などについて資料調査、聴取り調査、空中写真判読、現地調査のいずれかによって調査する。

第4章 湧水、渴水

第12条 湧水調査

(1) 施工中に予想される集中湧水を推定するために、次の項目について調査しなければならない。

トンネル中心線上の谷地形および稜線の状況

断層および透水性岩層の性状ならびに分布

地下水の状況

既往工事の湧水に関する資料

(2) 予想される恒常的な湧水を推定するために、次の項目について調査しなければならない。

単位流域図の作成

単位流域における渴水量とその比流量

断層、著しい谷地形、稜線の分布

地下水の状況

既往工事の湧水に関する資料

【解説】 湧水はトンネル工事の難易を左右することが多い。トンネルの湧水には、大量の水がまとまって集中的に現われる集中湧水と、浸透水のように長い区間にわたれば相当の水量を示すものがある。一般に、トンネルの湧水は初期においては一時的であるが水

量は大きく、後に次第に減少して恒常的なほぼ一定の値に收れんし、覆工後も消滅することができないので、この状態に達したものを恒常湧水といふ。地山の透水性、降雨の量および頻度などによって異なるが、一般に恒常湧水量は、季節的影響を受ける度合が少ない。しかし、坑口付近または土かぶりの小さいトンネルの場合には、季節的影響を受けて水量に変動があるので注意を要する。

湧水量の推定を所要の精度をもって行なうことはきわめて困難であるが、この条(1)および(2)は現段階において湧水の規模を推定するために必要な最小限の手順を示したものである。ただし、火山噴出物の発達する地域、地層が水平に発達する地域、きれつが多い岩石よりなる山岳地帯などにおいては、地形または河川渓流の流量などより得られる条件とトンネル通過位置の状況との間に関連性が少ないことが多いので、この条(1)、(2)の適用に当っては注意しなければならない。

(1)について 集中湧水は地下水が集中して湧出する現象であるから、集中湧水が起るような場合には、排水困難、地山の崩壊などによって掘削がさまたげられることがある。したがって、湧水地点の予測、初期の湧水量、水圧、恒常的な水量、地山の崩壊性などに関する調査資料をできるだけ多く集めることが望ましい。

トンネル中心線上の谷地形および稜線の状況：

本項目は、集中湧水地点の予測に際して必要と考えられる事項である。集中湧水は、断層破碎帶、透水層などの滯水層の水が断層粘土、不透水層などの遮水層を通して湧出する時に現われる。滯水層の分布は、地質調査によって調査されるが、地形の特徴から補足推定することの可能な場合がある。その最も単純な方法として、谷と稜線の配列およびその方向に注意するのである。一般に、トンネルの湧水は谷の付近で多く、稜線の付近で少ない傾向を持っている。第6条の解説で述べられているように、地質時代の古い地層が発達する地域では、地質構造上の弱線が地形上谷となっていることが多い。それゆえ、侵蝕の著しい谷または直線的な谷地形は湧水地点とみなされる。これに反して、稜線の部分には水の侵蝕に対して抵抗力の強い地質が存在することが多いので、湧水地点である可能性が少ない。ただし、地質調査によって滯水層が稜線と交差することが知られる場合には、地形上の特徴とは別に湧水地点を推定しなければならない。

断層および透水性岩層の性状ならびに分布：

集中湧水は、滯水層の規模、透水性、水圧などに支配される。滯水層の規模はその厚さ、地下水貯留環境(破碎帶、透水層などの連続性と閉塞構造)、流域からの地下水補給環境などによって定まる。ここでいう滯水層とは砂層、砾層、砂岩、砾岩、火山砂、火山砾などの透水性地層に地下水が胚胎したものである。一般に、第三紀層より新しい地層は、多孔質であって透水性に富んでおり、古い地層の透水性はきれつの多少に関

連することが多い。そのほか、断層、破碎帯、きれつの多い岩石なども透水性が大きいので滯水層とみなすことができる。石灰岩または火山噴出物の発達する地域では、石灰岩空洞、熔岩空洞などが存在し、それが特殊な地下水貯溜の場所となるので特に注意しなければならない。

滯水層の性状については、走向傾斜、厚さ、透水性、水圧、崩壊性などを調査し、特にトンネルと切合う状況を明らかにすることが望ましい。

ボーリングの結果は、すべて湧水調査に利用できる。ボーリングに際しては、滯水層の存在、地下水位(滯水層が2層以上ある場合にはその個々について)、湧水量、掘進中の漏水量、孔壁の崩壊性などについて特に注意することが望ましい。ボーリング孔を利用しての各種検層、揚水試験など、また採取されたコアについての透水試験および一軸圧縮試験などを行なうことによって得られた資料は、すべて地層の透水性および崩壊性を判定する資料として役立つものである。

地下水の状況：

滯水層については、ボーリング孔などによって滯水層内の静水位または水圧を測定する必要がある。滯水層が2層以上ある場合には、静水位または水圧はおのおの滯水層に特有のものであるからこれを区別しなければならない。

地下水表面を示すものには、ボーリング孔のほかに、井戸、湧泉、河川渓流の水面などがある。これらの水面または水圧は、降雨などの季節的影響を受けて変動するからその状況を調査し、また揚水、灌漑などの影響を受けるところでは、その使用量、利用期間との関係を明らかにしておくことが望ましい。

既往工事の湧水に関する資料：

地形、地質の類似した地域または近接地域に既往工事がある場合には、地質、集中湧水の地点、水量、恒常湧水量、季節的変化、地山の崩壊性、湧水状況と地形的特徴との関連性などの事項に関して調査しておく必要がある。同時にそれらの位置と新規トンネルとの関係位置に関し、比高、距離などについて明らかにしておかなければならぬ。

(2) について トンネルに地下水が集まる範囲は、トンネルの貫通する山体の大きさ、滯水層の規模、地山の透水性などに支配される。トンネル湧水の調査範囲は、単純には定められないが、一般にトンネルのルートを含み、著しい谷地形で区切られた独立の山体を考えればよい。ただし滯水層の存在が明らかである場合には、その規模、透水性、周辺地域とトンネル位置との比高などを考慮して調査範囲を修正または拡大する必要がある。

単位流域図の作製：

河川渓流の流域はその大きさ、地形、地質、流量などそれぞれの特性を持っているので、流域を小さく区分するほど地下水流出の状況をそれだけ詳細に推知することが

できる。それゆえ湧水調査においては、調査範囲内の関係流域を地形図の上でできるだけ極限された独立の微小流域に区分し、これを湧水調査のための単位流域とする。単位流域についてはそれぞれ面積、主たる流路方向の長さ、平均流域幅などを求めておく。また地形、植生などの特徴がある場合には、特に記録しておくことが望ましい。

単位流域における湧水量と比流量：

渴水時における河川流量は比較的安定しており、その大部分は地下水流出分によって涵養されている。トンネル湧水が対象とする山間部の渓流では、一般に降雨後数日にして地下水流出分のみによる流量が現われる。

トンネル湧水においては、地下水流出の規模を知ることが目的であるから、河川の流況曲線でいうところの湧水量を求める必要はない。単位流域別に渴水期における流量、または降雨後の十分安定した状態に達した時の流量を測定し、これを単位流域における湧水量とする。単位流域における地下水流出の比流量は、この湧水量を流域面積で割って求める。湧水量が大きい単位流域は、透水性の大きい地質で構成されているとか、断層破碎帯または多きれつ帶などが多い。

流量測定は、単位流域の適当な地点を選んで測定堰を設けて行なう。諸種の事情で測定が困難な場合でも、少なくとも渴水期における流量は測定しておかなければならない。発電、上水道、灌漑、養魚場などの水利用がある場合には、測定された流量に補正を行なう必要があるから注意しなければならない。なお堰の設置に当っては、伏流または漏水のないこと、整流を得ることなどに注意する必要がある。

流出範囲と恒常湧水量：

恒常湧水は、トンネルに集まる地下水の流出範囲とその比流量とに関係する。トンネルに地下水の集まる範囲（トンネル湧水の流出範囲）については、山体の大きさ、トンネルの位置、深さなどの相互関係からおおよその範囲を推定するのである。たとえば、トンネルが山体の中央部を通りかぶりが厚い時にはその山体の大部分が流出範囲となるが、トンネルの位置が山体を区分する谷の谷床とほぼ同じ高さにある時は山体の面積のほぼ半分が流出範囲であると考えられる。トンネルの位置が山体の中央部から離れるにしたがって流出範囲は異なった形を示すようになる。またトンネルが山の表面に近い中腹を通る場合にはトンネルが地下水面の上にあることがある。この場合、トンネルには雨水の鉛直方向の浸透を許すが、地下水の流出範囲は存在しないことになる。

断層、著しい谷地形、稜線の分布：

断層には集水作用と遮水作用の両面がある。地下水の連続性に関しては、断層または著しい直線的な谷地形はその方向に透水性を示すが、これと交差する方向には不連続であると考えることができる。著しい稜線も地下水に対しては一種の流出境界線とみなされる。しかし、ある滞水層または他の断層などが著しい谷地形または稜線を横切っ

て交差して存在する場合には、その滯水層の分布する方向にはきわめて大きい流出範囲を示すものである。

地下水の状況：

井戸水面、湧泉、河川渓流の水面、ボーリング孔における諸種の水位、既往隣接工事について地下水位の明らかなものは、流域図に明記しなければならない（本条 解説（1）について 参照）。

第 13 条 渇水調査

トンネル工事のために影響の予想される範囲の地下水および用水について
は、着工前の状況を明らかにしておかなければならない。

【解説】 トンネル工事にともなう渴水現象は、トンネル内の湧水の結果として現われるものであるから、調査の手順は湧水調査の場合と異なるところがない。しかし、渴水問題は社会的に影響する範囲がきわめて大きい場合があるので、着工前の調査においては、将来計画なども考慮に入れて水利利用の状況を調査しておく必要がある。

渴水調査の対象となる主なる事項は、水利利用の状況、河川渓流の単位流域と流量、湧泉、地下水の状態、植生、気象、トンネル湧水との関連調査、既往工事の渴水に関する資料などである。これらの調査結果は、これをグラフに示すのが適当である。その際、横軸に同じ大きさの日付をとり、縦軸に調査事項を示すようにすれば、相互の関連性を理解することが容易である。

調査範囲：

渴水調査の対象となる範囲は、トンネル湧水の場合と同様に考えられる。しかし主として河川水に依存している水利利用に関しては、流量の減少、水位の低下などの影響が下流までおよぶことが多いので、調査範囲の決定に際してはこの点を考慮することが必要である。また渴水調査においては、影響のおよぶ範囲とおよばぬ範囲との境界を明らかにするためにも、調査範囲をあらかじめ予想範囲より大きく定めることが望ましい。

水利利用の状況：

水利利用の主たるものは、飲料水、農業用水（灌漑、酪農、果樹、園芸、その他）、工業用水、発電、漁業、舟運などである。その種別ごとに使用水量、使用水位を調査し、その季節的変動または予想される将来計画などについて調査する必要がある。また、水質、水温、魚族の棲息などについて調査しておく。

河川渓流の単位流域と流量：

湧水調査の要領による。ただし、渴水調査においては、地域の開発程度により単位流

域の個々が直接水利用の対象となっていない場合があるから、それらを集約した地点において流域を区分してもよい。

流量の測定に際しては、特に各種水利用の必要とする時期（たとえば灌漑期）における流量、渴水期の流量、降雨時の変化、季節的変化などに注意し、水利用との関係を調査しておく必要がある。

湧 泉：

湧泉は、直接に河川溪流に湧出していて認めがたいものと、地上に湧出していて目視できるものがある。後者については、その位置、標高、水位または圧力、水量、水温などを測定記録し、なお、季節的または降雨後の変化の状況を調査し、水質試験を行なう必要がある。

地下 水の状態：

渴水調査においては、特に水利用の状況（使用時期、水量など）との関連性、季節的変化、降雨後の変化などを調査しておくことが望ましい。

植 生の状態：

植生については、地域別または植生種類別に樹令、密度、繁茂、生育の状況などについて調査し、それらがトンネル湧水に関連して影響を受けるかどうかを観測する必要がある。

トンネル湧水との関連調査：

トンネルの掘削中に湧水があれば、その湧水地点ごとに位置、初期水量、水量の累計、恒常水量などを明らかにしておくことが望ましい。トンネル工事の進行とともに、前述の調査対象事項が影響を受けるかどうかを調査する必要がある。あらかじめ調査範囲内の用水源、河川溪流、井戸、ボーリング孔、湧泉などの水について水位、流量、電気的特性、特に比抵抗、pH、化学成分（水質）などを測定しておくことによって、渴水現象がトンネルの掘削によるものであるか、気象条件に随伴するものであるかを区分し、無用の摩擦を少なくし、判断を容易にすることができる。

気 象：

トンネル湧水および渴水について行なわれる気象上の調査は、一般に降水量および蒸発量の測定に限られる。しかし、水文学でいう流出関係を明らかにすることは、きわめて複雑困難であるから、普通の場合地下水の主なる供給源である降水量について調査すれば十分である。

降水量については、必要な度合に応じて日雨量、月雨量、年雨量または連続雨量などについて集計し、渴水現象が認められた場合には、これを対象別に比較して、渴水がトンネル工事に起因するか、気象上の要素に起因するかを区別するための資料とすることが望ましい。

既往工事の渴水に関する資料：

湧水調査の項に準ずる。ただし渴水調査においては特に新旧工事の影響がたがいに交錯することが予想されるので、補償の重複をさけるためにも、既往工事によって影響を受けた範囲と状況とを調査しておかなければならぬ。

第5章 工事用設備および土捨場

第14条 工事用設備のための調査

工事用各設備が、その機能を十分かつ安全に発揮できるよう立地環境を調査しなければならない。

【解説】工事用設備とは、工事用仮設備と、利用することのできる既設構造物ならびに施設をいう。なお、ここでは工事の実施に当って支障を与える、またはその恐れのある既設構造物ならびに施設を含む。既設構造物ならびに施設などは、工事用仮設備の計画実施に影響あるばかりでなく、トンネル路線の決定、設計および施工を左右するものであるから調査しておかなければならない。

a) 工事用仮設備

工事用仮設備としては、坑口設備、運搬設備、動力設備、骨材およびコンクリートプラント設備、仮建物設備、用排水設備などがあり、これらの諸仮設備がその機能を十分かつ安全に発揮するために必要な所要面積、ならびに以下各項別に記す事項以外に、機能発揮を阻害したり、危険におとしいれたりする恐れのある崖錐、地すべりおよび崩壊などの地形ならびに地質条件および雨量、積雪、雪崩、洪水などの気象条件を調査しておかなければならない。

① 坑口設備

工事の工程を勘案して必要と思われる本坑、横坑、斜坑および立て坑などの位置、坑口と土捨場との関係、設備、機械および材料置場などの立地条件を調査しておかなければならない。

② 運搬設備

機械、資材の搬出入、捨土運搬などに必要な工事用道路、軌道、索道、ベルトコンベヤー、その他について距離、高低差、能力などのほか、これらに関連する既設の道路、鉄道、軌道、索道などの能力、資材利用状態などの現況を調査しなければならない。また輸送すべき機械の重量寸法に対し、制限となるトンネル、橋梁、暗きょなどがある時は、その制限の現況、補強、改造などの可否について調査しておかなければならない。