

第 2 編 調 査

第 1 章 通 則

第 2 条 調査の意義

調査は、トンネルの位置、選定、設計、施工および完成後の維持管理に重大な影響を与えるものであるから、十分な基礎資料を得よう万全を期さなければならない。

【解 説】 トンネルは、その計画についても、また設計および施工に対しても、地質その他の環境条件の影響を強くうけるので、トンネル位置の設定、工期、工費の予想、施工法の決定、安全性の確保、将来の維持および補修のために諸般の調査を行なって、十分な基礎資料を得ておかなければならない。

中でも地質調査は最も重要なものであるが、わが国は一般に地質構造が複雑なうえ、表土が厚く加えてトンネルは線状構造物であるので、必ずしも全般にわたって満足する成果が得られるとは限らない。

しかしながら、ともすれば地質調査が不十分なまま施工されることが多く、このため計画、設計の変更や工費の増大、工期の遅延のほか、不測の事態をまねくことが少なくなかった。また、最近のように大断面のトンネルが掘さくされたり、トンネル掘進機が導入されると、地質条件がトンネル掘さくの難易におよぼす影響はますます増大する傾向にある。

このように地質調査は、実施上に、まだ多少の問題点をふくんでいるが、その必要性は増すばかりである。したがって、安全に予定どおりの工事を進めるためには、進歩しつつある調査技術を駆使して、他の調査とともに基礎資料を正しく得よう、調査に万全を期さなければならない。

第 3 条 調査の要領

(1) 調査にあたっては、その目的およびトンネルの規模、等を十分に考慮して、調査の事項、順序、方法、範囲、精度、期間、等を決定しなければならない。

(2) 調査は、原則として概略調査、精密調査および施工中の調査の三段階に分けて行なうものとする。

【解説】(1) について 調査にあたっては、その目的およびトンネルの規模、等を考慮して、それが本条(2)のどの調査段階に相当し、どのような事項、内容、精度を要求するか、等、また、調査の順序、範囲、方法、期間についても、よく検討を加えたくて調査の細部を決定する。特に調査の期間と順序、内容の選択、調査成果の表現と、その設計、施工への適用方法、等については留意して、検討する必要がある。また、特に重要と認められる問題については、費用と時間を惜しまず十分に調査することが大切である。

(2) について トンネル調査は、初期の計画の段階から、施工の段階までの間に引続いて何回も行なわれるが、こうした工事の進展に対応して、調査もかなり明瞭な段階に

解説表1 調査の区分

区分	時 期	目 的	内 容	範 囲
概略調査	比較路線の検討からトンネルの実現の見とおしを得るまで。	トンネルのおかれている自然および人為的な環境の概略を明らかにし、路線比較、概略設計および精密調査立案の基礎資料を得ること。	概略の地形および地質調査、気象調査 物件、法規などの調査	計画トンネル路線およびその取付け部分を含む範囲、またはその比較路線を含む広範囲
精密調査	トンネル路線の選定から工事着工まで。	実施設計、施工計画、積算、等に必要の基礎的資料を得ること。	精密地質調査 物権、法規、補償、等の調査 工事関係諸設備等のための調査	選定トンネル付近およびこれと関係があると推定される箇所の周辺地
施工中の調査	施工中	施工中に生ずる問題点の予測および確認、設計変更、施工管理、補償および後日のための資料を得ること。	坑内地質調査 トンネル周辺への影響調査	トンネル内および施工により影響をうけるおそれがある範囲

区分される。また、おのおのについて調査の目的、種類および検討すべき内容が異なっており、調査の手段、精度もこれに伴って変わってくる。こうした調査の段階は普通、概略調査、精密調査および施工中の調査の三段階に区分される。解説表1は、それぞれの時期、目的、内容、範囲についての概要であるが、施工中の調査は「施工編」において取り扱うものとする。

第 4 条 調査成果の活用および保存

調査の成果は、計画、設計、施工、等に十分活用できるようにまとめ、後日の利用に備えて、適切に管理、保存をしなければならない。

【解説】一般に調査担当者で設計、施工の担当者、完成後の維持管理担当者は別であることが多く、そのために調査担当者の意図がこれらの人々に伝わらないうえ、成果が十分に活用されないことがある。これを除くためには、調査成果の整理表現方法を十分考慮し、かつ種々の調査の成果を総合的に判断して、調査目的に合致するよう、まとめる必要がある。

また、調査の成果は、計画、設計、施工の段階および将来の維持補修、隣接工事、等に活用できるようよく整理し、よい管理のもとに適切に保存しなければならない。

第 2 章 概 略 調 査

第 5 条 地形および地質調査

(1) 計画路線をふくむ地域の地形、地質条件の概要を明らかにするため、既存資料調査および現地踏査を行なわなければならない。

なお、詳細な調査を必要とする場合には、詳細な踏査、弾性波探査、ボーリング、等、適当な調査を加えるものとする。

(2) 調査は次の事項について行なうものとする。

- (a) 坑口、坑外設備および運搬道路予定地点の地形
- (b) 不安定地形、既往災害地
- (c) 表層堆積物
- (d) 岩質

- (e) 地質構造
- (f) 地表水、地下水
- (g) 地下資源とその開発状況

【解説】(1) について 地形、地質の概略調査は図上選定した路線の優劣の判定、地形、地質条件を考慮に入れた計画路線の変更、概略設計、概略工事費の算定、等の資料を得るために、計画路線をふくむ広範囲についての資料調査と現地踏査によって行なわれる。

資料調査では、下記に示すような既存資料の収集、検討を行ない、路線付近の地形、地質条件の概略をは握する。

- 地形図
- 空中写真（実体視可能なもの）
- 地質図類（県、地質調査所発行のもの）
- 学术论文，調査記録
- 災害記録
- 土地利用図
- 鉱区図，坑道図

現地踏査は、資料調査結果をもとに、路線決定上重要な地形、地質条件および計画トンネルの坑口、工専用斜坑、立て坑坑口、土捨場、坑外設備敷地、工専用道路、等の地形、地質状態をは握するために行なわれる。

なお、概略調査の段階でも、目的とする精度で資料を作成しがたい場合には、踏査に加えてトレンチカット、はく土、弾性波探査、ボーリング、等を行なって、調査の精度を高める必要がある（精密調査に準ずる調査を行なう場合は、第9条～第15条参照）。

(2) について 調査を必要とする地形、地質に関連した事項には次に掲げるようなものがある。

なお、地形、地質調査に用いる基図は、縮尺1/25 000～1/50 000程度である。また航空写真を利用する場合は、1/20 000～1/25 000程度が望ましい。

- (a) 坑口，坑外設備および運搬道路付近の地形
- (b) 不安定地形，既往災害地
 - ① 崖 錐 山体が風化作用をうけ、岩盤の結合力が弱まって生じた岩塊、岩片が崩壊し、安息角をもって山麓に堆積したもので、凝集力が小さく、不安定で、透水性が高く、下端がけずられたり、侵食されたりすると、崩壊したり徐々に匍行したりする。
 - ② 地すべり，崩壊地 地すべり，崩壊を明確に区分する定義はないが斜面の一部がなんらかの原因で地山の平衡状態が破れて急激に崩壊する現象を山崩れと呼び、緩斜面

が、きわめて緩慢に継続的にすべるのを地すべりと呼んでいる（解説 写真1，2参照）。



(吉原 図幅 1/50 000)

解説 写真1 地すべり(由比・すべる前)

③ 扇状地 山中の谷が、平地または本流に出る箇所で、上流から運搬してきた土砂の大部分を堆積するため形成された緩傾斜の扇状の地形である（解説 写真3参照）。

④ 段丘 波食された面または海底の堆積面が間欠的な海水面の低下、地盤の隆起により地上に現われた海岸沿いの階段状の平坦地形が海岸段丘であり、侵食面または堆積面が隆起し、その後の復活の結果、階段状に現在の谷より上位に残された平坦地



(恵那山 図幅 1/50 000)

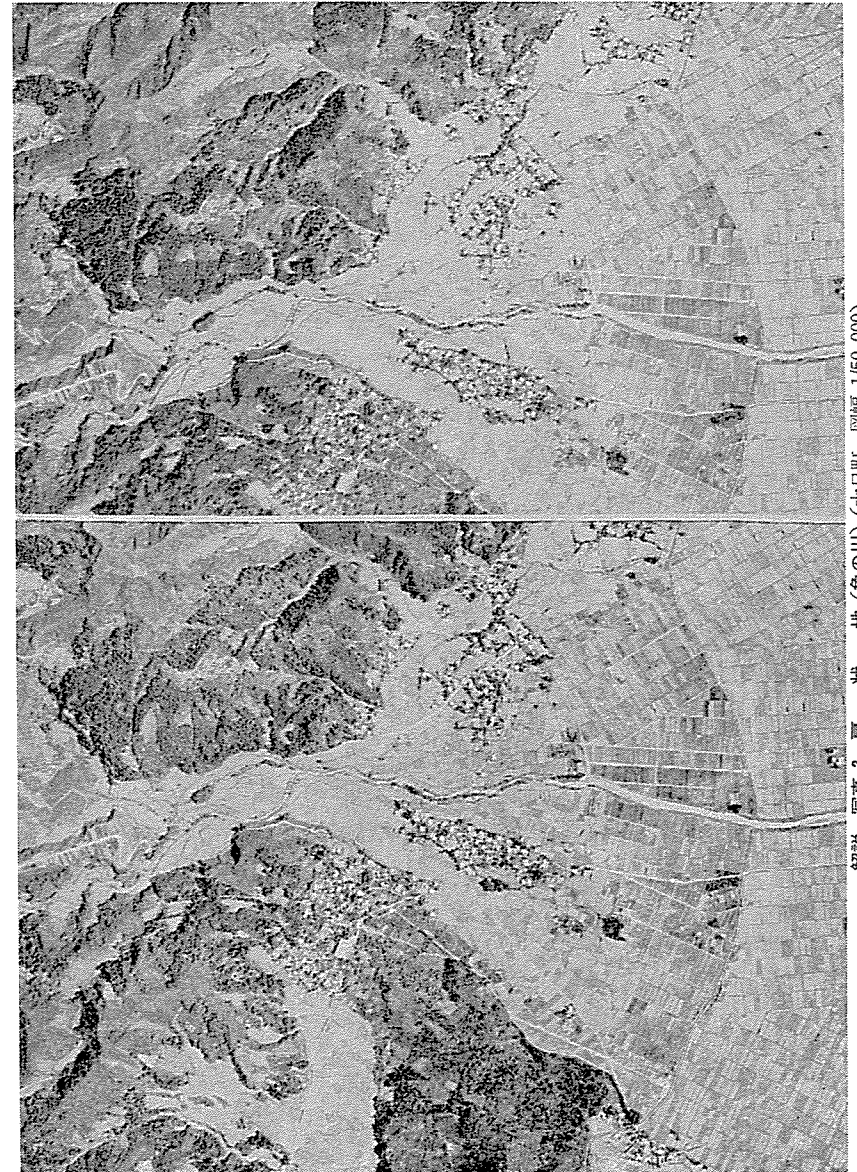
解説 写真 2 崩壊 (飯田・恵那山)

形が河岸段丘である (解説 写真 4 参照)。

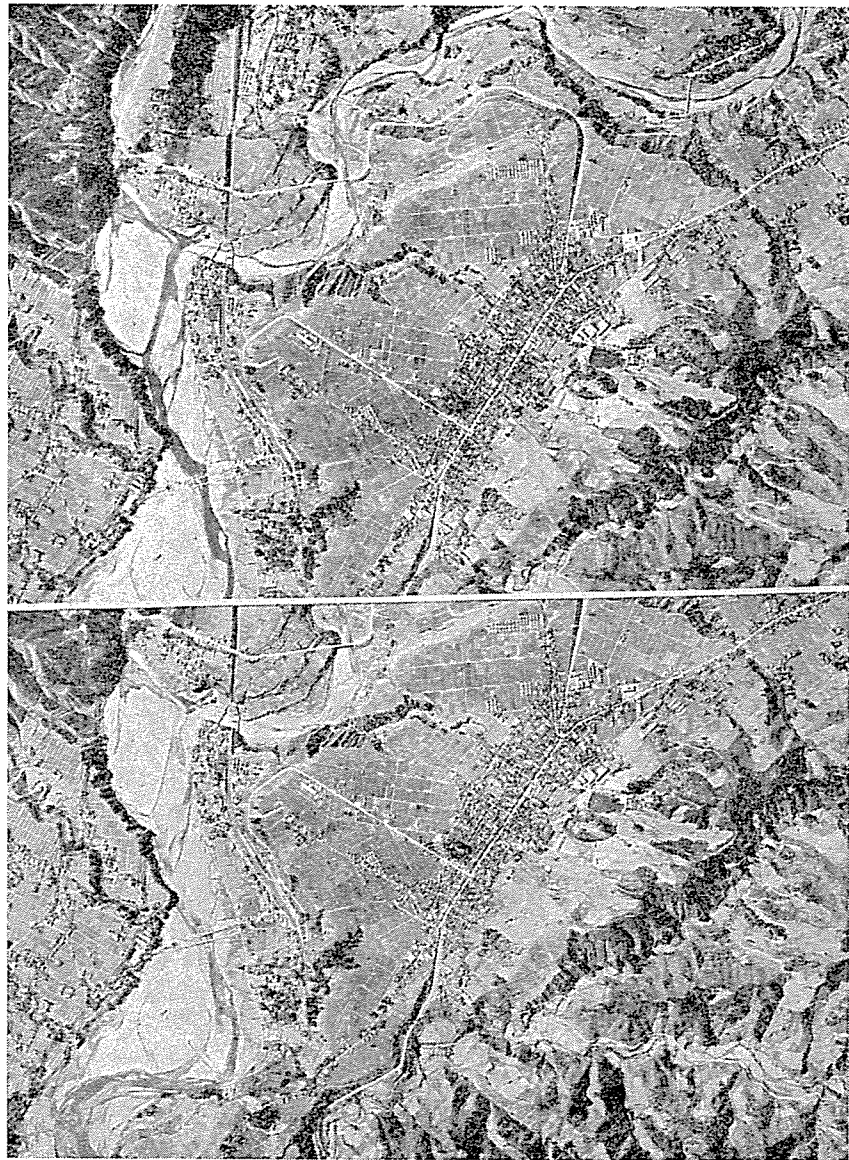
⑤ 断層および破砕帯 断層は、地盤が構造運動によりたち切られたもので、その断層面は圧砕、破断され、粘土化、角礫化する。また、はなはだしい場合は、かなりの幅の破砕帯が形成される。

断層や破砕帯は、付近より弱い弱なため選択的に侵食され、地形にその存在が現われる。次に掲げるものは断層の存在を示す地形である (解説 写真 5 参照)。

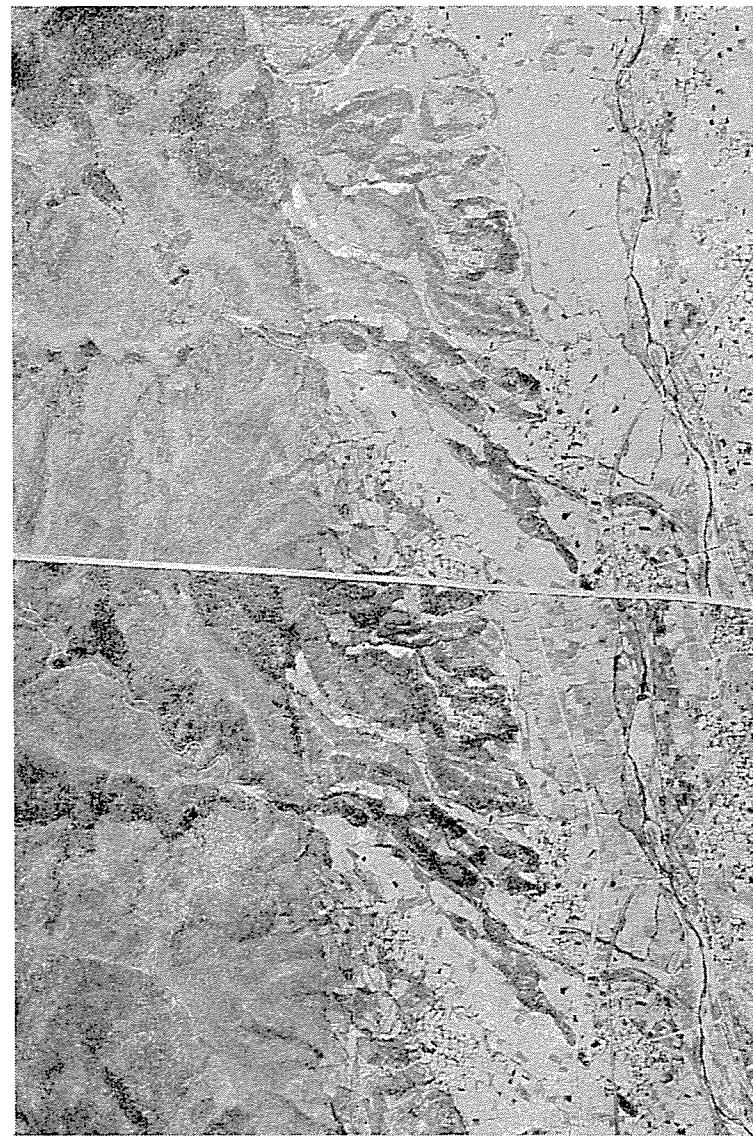
- ・直線谷 (断層線谷)
- ・峠の連続
- ・湧泉, 崩壊地の連続



解説 写真 3 崩壊地 (魚の川) (十日町 図幅 1/50 000)



解説写真4段 丘(上の原)(上野原) 図幅 1/50 000



解説写真5段 層(讃岐)(新居坂) 図幅 1/50 000

- ・ 河流の急激な屈曲
- ・ 直線的な地形の断続（断層線崖，三角末端面）
- (c) 表層堆積物
分布，性状，安定性，トンネルとの関係，植生
- (d) 岩質
岩石名，硬さ，強さ，きれつゝの程度，風化，変質の程度，等
- (e) 地質構造
地質分布，層序，走向，傾斜，しゅう曲，断層，破碎帯，等
- (f) 地表水，地下水
水量，侵食，季節的変動，用水，トンネルおよび付帯設備に対する影響
- (g) 地下資源とその開発状況
(温泉，鉱泉，石材，等もふくむ) 分布，採掘地点，トンネル工事による影響

第 6 条 気象調査

- (1) トンネルの計画，施工および管理上に問題となる気象現象については，資料または現地の調査，観測を行なわなければならない。
- (2) 調査は次の事項について行なうものとする。
- (a) 気温，水温，気圧
 - (b) 降雨（量，時期）
 - (c) 降雪，積雪（量，時期）
 - (d) 風（風向，風速，時期）
 - (e) 霧（範囲，時期）
 - (f) 気象災害（洪水，なだれ，強風，ふぶき，等）

【解説】(1) について 路線選定，設計，坑外設備の計画，等にあたって，本文(2)に示す気象関係の資料が必要になるが，トンネル建設計画は，気象観測資料の少ない地域に立てられることが多く，また，気象災害，等は局地的な問題であるため，調査方法自体は一般的な調査法と変わらないが，現地観測を必要とすることが少なくない。

現地観測にかかわるものとしては，気象観測を行なっている官公庁（気象庁，林野庁，建設省），国鉄，電力会社，学校，等の既存資料，なだれ，吹きだまり，洪水，鉄砲水，強風，等の気象災害については，現地の地形的特徴，地形図，空中写真からの想定，地元民，地元官公署の聞き取り調査が最も有効であるが，調査にあたっては客観性を失なわないよう，

十分注意しなければならない。

(2) について 気象上の問題は，坑口付近，坑外設備，等に集中するが，調査を要する理由と調査方法について若干説明を加える。

(a) 気温，水温が特に問題になるのは冬期の凍害である。施工時点においては，冬期の骨材，コンクリート用水の保温方法，坑門，坑口付近の寒中コンクリートの施工計画，等があり，完成後の問題としては，つららによる障害，路面の凍結によるスリップ，等がある。また，気温，気圧は，施工中の坑内通気および換気設備を考えるうえでも必要である（第 72 条 参照）。

(b) 降雨で問題になるのは，特に豪雨地域である。このような地域では，降雨の年変化，豪雨の頻度を調査し，計画にあたっては排水，防水，雨に伴う崩壊防止に配慮し，鉄砲水，土石流，等の発生の有無を調べて，路線および設計計画を立てなければならない。

(c) 降雪，積雪で問題になるのは，特に豪雪地域である。このような地域では，坑口付近，等がなだれや吹きだまりで埋まることがないように箇所を選ぶとともに，工事中の機材運搬に支障をきたさないよう，既往歴をよく調査する必要がある。

なだれの危険度の予測は，現状では困難であるが，空中写真を利用して，地形（傾斜，斜面形，斜面の方位，等），植生，積雪深さなどのデータを組み入れて，予測する方法も研究されている。また，吹きだまりは，地形，風，植生，積雪量，構築物により左右されるので，適確に予想することが困難であるが，聞き取りと付近の類似条件の防雪設備の調査により予測が可能である。また，これらの実体は，降雪期の現地調査，空中写真の判読からは握できる。

(d) 風自体の問題としては，海岸沿いまたは峠のトンネルでの突風の問題があり，ふぶき，霧，吹きだまり，等の問題にも関係する。その危険がある箇所では，風向，風速を年間を通じて測定しなければならない。

(e) 霧は，特に道路トンネルの場合，視程障害の問題があるので考慮しなければならない。山地における霧発生の要素としては，地形（谷，盆地，標高），気象（風，気温，湿度），水分補給源（海，湖沼，河川），等があるが，一般的な気象資料のみからは，霧の発生の有無，発生時期の予測は困難であり，現地での聞き取り，または実測の必要がある。なお，実測には視標を視認する方法，透過率計，等による方法がある。

(f) 気象災害は (b)，(c) 参照。

第 7 条 その他の調査

トンネルの計画にあたっては次に掲げる種々の物権，制約について調査しなければならない。

鉱業権，水利権，温泉権
 土地，建物
 既設構造物
 天然記念物，遺跡，重要文化財
 国立公園，風致地区
 災害防止に関する諸法令の指定地，等

【解説】 予定路線付近の種々の権利——たとえば，鉱業権（試掘権，採掘権，等），水利権，温泉権，等の設定の現状と，工事に起因するこれらの権利の侵害の有無，重要文化財，遺跡，天然記念物，等の指定物，指定地の有無，存在の場合の措置

法的な工事の制約——たとえば，砂防指定地，地すべり等防止法指定地域，保安林，等の指定の有無，施工許可をうけるための措置，等について公開資料，関係官公署の文書の閲覧，聞取り，等により調査し，路線選定のための資料を作成する。なお，調査は，トンネル部分のみでなく，坑外設備，トンネルの取付部分も含む範囲について行なう必要がある。

その他，空中写真判読，現地調査により，建物，既設構造物，用水池，神社，仏閣，墓地，等を調査しなければならない。

第 8 条 概略調査の成果のまとめ

概略調査の結果は，調査目的のための資料として役立つよう，まとめなければならない。

【解説】 概略調査は図上選定路線の優劣比較，最終比較路線または最良路線の選定および精密調査計画の立案ができるような資料を得るために行なうものであるが，調査結果

解説 表 2 諸要素とトンネル工事との関係

	線形	工費	工期	安全性		補償など
				施工時	完成後	
地形的要素	◎	○	○	◎	○	○
地質的要素	◎	◎	◎	◎	○	○
気象的要素	*○	*○		○	*○	
人為的要素						
既設物件	◎	○				◎
法規規制	○	○				

◎特に関係深い ○関係深い *道路トンネルのみ

は，解説 表 2 により，その成果を判断できるように，とりまとめなければならない。なお，路線の選定が概略調査の結果のみから判定できない場合にも精密調査が行なわれる。

第 3 章 精 密 調 査

第 9 条 精密地質調査

(1) 最終的なトンネル路線の決定および設計，施工の資料を得るために，次の事項について，精密地質調査を行なわなければならない。

- (a) 表層堆積物
- (b) 岩質
- (c) 地質構造
- (d) 地下水および地表水
- (e) 地熱，ガス，温泉，鉱物資源
- (f) 地山の挙動

(2) 調査は，まず全般的な調査を行ない，その結果さらに問題点が生じたり，調査に不備な点が残れば，それに適した調査を行なうものとする。

【解説】 (1) について 最良路線の選定および決定路線の施工方式，支保工，覆工，さく岩の難易，火薬量，排水方法，排水設備，既設構造物の防護方法，等を判断できるよう地形，地質，地山強度を調査しなければならない。調査を要する項目は下記の通りである。

- (a) 表層堆積物
 - ・種類（表土，風化土，砂丘，河床堆積物，扇状地，崖錐，段丘，崩壊堆積物，火山噴出物，等）
 - ・構成物質（粘土，砂，礫，火山灰，火山砂，岩屑，等）
 - ・分布および厚さ
 - ・固結程度（ゆるい，締っている，等）
 - ・含水状態および透水性
 - ・匍行性（移動性）
- (b) 岩 質
 - ・岩石の種類および名称

第10条 地質踏査

地質踏査は、地質調査の基本をなすものであり、地形、地質の詳細な観察によって行なう。

【解説】 地質踏査は、地質調査の基本をなすものであり、これをもとに他の諸調査の計画、等を行なわなければならない。また、踏査結果は、他の諸調査の結果を用いて補正しなければならない。

踏査にあたっては、地質踏査の基本をなし、かつ調査結果の精度の判定に有効なルートマップ（地形図上に踏査事項を記入した調査路線図）を作成しなければならない（調査項目および調査方法については、第5条 地形および地質調査 参照）。ルートマップにより作成する地質平面図および断面図の縮尺は、1/5 000～1/2 500 程度とする。

踏査は、主として露頭の観察によって地質資料を得る方法であるが、露頭の位置、量は地質調査上の要求とは一致しないので、必要に応じ人工的に露頭をつくって観察を行なうようにする。

方法としては、はく土、つぼ掘り、立て坑掘さく、横坑掘さくなどがあり、方法、規模は、調査精度、確認地質の重要性と露頭の具合、表土または崩壊堆積物の厚さなどによって決まる。また、その結果は、スケッチ、展開図（縮尺 1/100～1/500）および写真などとして記録しておく。

なお、踏査にあたって必要と認める場合には、トンネルと重要な関係があると思われる地表水の流量、できうれば湧水流量を計測する（第16条 湧水および第17条 湧水調査 参照）。

第11条 弾性波探査

(1) 弾性波探査は、原則として屈折波法により縦波の到達時間を測定して行なうものとする。

(2) 探査測線の位置、長さ、数、分割測線長、測点間隔および起振点の位置はトンネルの長さおよびかぶり、地形、地質、環境を十分に考慮して選定しなければならない。

(3) 起振力は、爆破によるのを原則とし、測定は、往復測定を実施するものとする。

(4) 解析は、岩石試料試験や他の地質調査結果を十分利用して行なわなければならない。

【解説】 (1) について 弾性波探査には、屈折波法と反射波法との2種類があるが、トンネルの調査では、一般に屈折波法による縦波測定が行なわれる。

解説 表 4 各地層の弾性波速度（縦波）（鉄道技術研究所資料）

地層	弾性波速度 (km/sec)					
	1	2	3	4	5	6
A, B	[Pattern: Diagonal lines]					
C	[Pattern: Cross-hatch]					
D	[Pattern: Horizontal lines]					
E	[Pattern: Vertical lines]					
F	[Pattern: Dotted]					
G	[Pattern: Blank]					

注

[Pattern: Diagonal lines]	破砕帯 軟質 固結度悪い 風化等の場合
[Pattern: Cross-hatch]	割れ目多い ところどころ破砕質 少し軟質 固結度悪い 少し風化等の場合
[Pattern: Dotted]	新鮮で割れ目が少ない

解説 表 5 地 質 分 類

岩質	岩 石 名
A	① 古生層 (粘板岩, 砂岩, 礫岩, チャート) ② 深成岩 (花こう岩, 花こう閃緑岩, 閃緑岩, はんれい岩, 等) 中生層 (石灰岩, 輝緑凝灰石, 等) ③ 半深成岩 (石英斑岩, 花こう斑岩, ひん岩) ④ 火山岩 (玄武岩) 輝緑岩, 蛇紋岩, 等 ⑤ 変成岩 (結晶片岩, 千枚岩, 片麻岩, ホルンフェルス, 等)
B	① はく離の著しい変成岩 ② 細層理の発達した古生層, 中生層
C	① 中生層の一部 (頁岩, 砂岩, 輝緑凝灰石, 等) ② 火山岩 (流紋岩, 安山岩, 等) ③ 古第三紀層の一部 (火山岩質凝灰岩, 珪化頁岩, 砂岩, 凝灰岩, 等)
D	古第三紀層 (泥岩, 頁岩, 砂岩, 礫岩, 凝灰岩) 新第三紀層 (角礫凝灰岩, 凝灰岩, 等)
E	新第三紀層 (泥岩, シルト岩, 砂岩, 砂礫岩, 凝灰岩) 洪 積 層 (段丘, 崖錐, 火山砕屑物, 等)
F	洪 積 層 (粘土, シルト, 砂, 砂礫, 火山噴出物ローム) 沖 積 層 (扇状堆積物, 崖錐, 段丘, 等)
G	表土, 崩壊土

注：洪積、沖積層の弾性波速度は、一般に飽和含水していない場合で飽和含水すると速度は早くなる。たとえば含水砂礫層の速度は、2.5 km/secを示すことがある。

弾性波探査は、地層の動弾性的性質の差異によって地震波の伝達速度が異なることを利用して地下の諸岩層を速度によって判別するものである。同時に地層の弾性波伝達速度が多くの場合、他層の物理的強度に比例するので、弾性波速度から地層の固結程度、きれつ程度、風化程度、変質程度、等を推定して地層の土木地質上の強度を数値的に示すことができる。

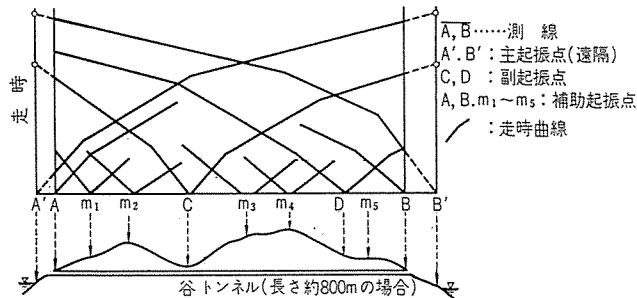
(2) について

(a) 測線の位置、方向：弾性波探査の測線は、主測線と副測線に分けられ、主測線はトンネル中心線上またはこれに平行に設置し、副測線は坑口付近、地質の問題が予想される地域（破碎帯、断層、表層堆積層の厚い地域、地層の境界を明確にしたい地域、断層や岩脈の方向、連続性を知りたい地域など）、主測線の解析上重要な補助となると思われる地域などで、主測線に平行あるいは交差して選定する。

(b) 測線長：主測線長は、トンネルのかぶり、長さ、地形、岩盤の深さ、等によって異なるが、普通1測線長は予想測定深度の7倍以上必要で、最大1500m程度とする。トンネルの延長がこれより長い場合は、適当に分割して測定する。しかし、非常に深いところ（おおむね200m以上）の調査を要する場合などには、1測線長が1500mより長くすることが必要な場合がある。この場合には、起振力はボーリング孔（深度10～30m）による爆破を利用する。また、環境の条件が悪くて（人家が近い場合など）適当な起振点がない場合には、測線長を適当に操作する。

(c) 測点間隔：測点間隔は10m間隔を原則とするが坑口付近、地質の問題のある付近、かぶりの浅い地域、等は5m間隔とする。

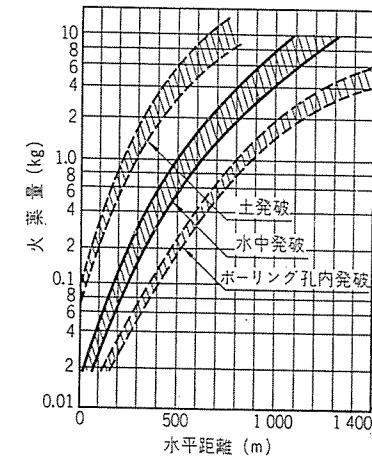
(d) 起振点：起振点の位置は1測線長、地形、かぶり、表層堆積物の厚さ、等によって異なるが、一般に1測線長の両端に主起振点、200～500m間隔に副起振点、100～150m間隔に補助起振点を設置するが、主起振点および副起振点には、水中爆破可能な位置に選



解説 図1 起振点位置および走時曲線（遠隔起振法による）

定することが望ましい。なお、測線両端に適当な主起振点を設置できない場合には、遠隔起振点を設けて観測する（解説 図1参照）。

(3) について 起振力は一般に爆破によるが、保安上、板（または鉄板）たたき、おもり落下、起振機などを利用することがある。爆破は保安、効果よりみて、できるだけ水中爆破法を利用することが望ましい。また、適当な水中爆破ができない場合には、表土をはいで爆破することが望ましいが、ボーリング孔（10～30m）を用いた爆破法などが行なわれることもある。



解説 図2 弾性波測線延長と火薬量（鉄道技術研究所資料）

また、一般に地表や地層の境界面は、起伏しているのので、走時曲線は複雑な形状を呈し、解析が容易でない。この場合には、いわゆる「はぎとり法」によって「速度走時曲線」を求め、これより基盤の真の速度を算定しなければならない。その解析には、往復測定を実施する必要がある。

(4) について 解析は、一般に「はぎとり法」で行なわれることが多い。しかし、この解析法は、その適用性をよく検討してから行なわなければ思わぬ誤りをおかすことがある。また、その結果は、主要なところでパス計算を行なってチェックし、さらに地質条件を正しく反映しているかどうかを、よく検討しなければならない。

弾性波探査では、次のような事項に起因する解析上の困難があるので、岩石資料、地質踏査、ボーリング、等の他の地質調査結果を参照して解析しなければならない。なお、不明な点が残る場合にはその点を報告書に明記すべきである。

解析困難な事項

- ・異なった地層で速度がほぼ同じ場合の地層の区分
- ・走時曲線に現れない速度層が存在する場合
- ・測線の近くに、これとほぼ平行に早い速度層が存在する場合の測線下の真の速度
- ・破碎帯や軟弱層、等がゆるやかな傾斜をなす場合の傾斜角
- ・断層や岩脈、等の傾斜角
- ・低速度はさみ層の存在
- ・飽和、含水している場合の地層（沖積層、洪積層、新第三紀層）の判別
- ・初動の読み、起振時刻、中間層や基盤層の速度値、地形の複雑性、等による深度計算上の誤差（最大10～20%）
- ・地形、基盤面の急傾斜によって生ずる速度値の補正
- ・異方性を有する地層の速度値の算定および速度と岩石強度との関係

第12条 電気探査

- (1) 電気探査は、原則として比抵抗法による。
- (2) 探査測線、測点の位置および電極間隔は、調査目的、調査予定深度、かぶり、地形、および地質を十分考慮して選定しなければならない。
- (3) 探査結果の解析は、他の地質調査結果を十分に利用して行なわなければならない。

【解説】(1) について 電気探査は、地層によって電気抵抗、自然電位が異なることを利用して地下構造を解析する調査方法で、自然電位法、比抵抗法、等があるが、トンネルの地質調査には、主として比抵抗法が用いられる。比抵抗法には、垂直探査法と水平探査法とがあり、前者は、地下の垂直方向の地層の差異による比抵抗の変化を測定して地下の地質状態を判断する方法であり、後者は測線上、電極間隔を一定に保って地表下一定深度の見掛けの比抵抗を測定して、水平方向の地層の変化を測定する方法である。トンネルの地質調査では、一般に垂直探査法を実施し、補助として水平探査法が用いられる。

比抵抗法は、おもに地表面にほぼ平行に成層する表層堆積層の厚さ、成層状態、地下水の状態および地すべり、等の調査に有効である。

(2) について

(a) 測線位置：測線の位置は、トンネル中心線、地質構造、等によって決めるが、電気探査では、特に地形の起伏による不規則な ρ - a 曲線の解析は困難であるので、一般に平坦な地表に配置するようにする。

(b) 測点間隔：測点は、測線上に配置し、測点間隔は、探査深度測線長を考慮して決めるべきであるが、一般に5～50mとする。

(c) 電極間隔：垂直探査の場合の電極間隔は、0.5, 1.0, 1.5, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 50m …………… というように変えて測定する。電極間隔、間隔数、測定範囲は地質、調査深度、調査目的、等によって定める。

水平探査の場合の測定間隔は、調査予定深度、地質によって異なるが、大体同じ測線上で3種類くらいかえて測定する。

(3) について 電気探査では普通の場合、次のような事項に起因する解析上の困難、または不確実性要素を有しているので常に地質踏査、弾性波探査、ボーリング、等の他の地質調査結果を参照して解析しなければならない。それでも、なお不明な点が残る場合には、その点について報告書に明記すべきである。

解析困難な事項

- ・異なった地層で抵抗値がほぼ同じ場合の地層の区分
- ・一地層の抵抗値の範囲が広く、他の地層の抵抗値と重なる場合
- ・標準曲線にあてはまらない複雑な地質構造の場合（ただし、特殊解析すれば地質条件を判定できる場合がある）
- ・地質の標準的な比抵抗値からずれる場合、それが、破碎、風化、きれつの多少など、いずれに起因するものかを判断する場合

第13条 ボーリング

(1) ボーリングの位置、数、掘さく深度、方向、角度、孔径は、調査目的、地質、かぶり、地形、機械運搬、動力、地表水、等を十分に考慮して選定しなければならない。

ボーリング機械は、目的、岩質、深度に応じて適当なものを選ぶものとする。

(2) コアーは、採取率をできるだけ高めるよう努力しなければならない。

ボーリングは、孔曲がりしないよう掘進し、斜めボーリングや水平ボーリングまたは掘さく深度200m程度をこえる垂直ボーリングにおいては、原則として孔曲がり測定を行なうものとする。

(3) ボーリングの結果は、整理して作業日報、柱状図、等にしておく

ものとする。また、コアーおよび孔口は、原則として、すべて保存しておくものとする。

【解説】(1) について ボーリングは、コアーの観察および試験、掘進の状況解析、ボーリング孔内試験、試料試験、等を行なって地下の地質状態を判断するものである。また、弾性波探査、電気探査、地質踏査の解析補助、弾性波探査の爆破孔、トンネル施工中の水位観測、および地山の変位測定、等に利用することもある。

ボーリング成果は、ボーリング孔の位置、数、深度、使用する機械の種類、作業員の能力、等によって非常に違ってくるので、これらの選定には注意を払い、調査成果を十分工事に反映できるようにしなければならない。

(a) ボーリング孔の位置、数、深度、角度、等：一般にボーリングは、第9条 精密地質調査の結果、必要性が生じた場合に実施する。原則として、トンネル施工基面まで掘さくするが、かぶり大きい場合などで、地質状態が明らかにできるときには、必ずしも施工基面まで掘さくしなくてもよい。

ボーリングは、通常垂直に行なうが、地形、地質、かぶり、等の状態によっては、水平または斜めに掘さくするほうが有効な場合がある。

(b) 機種選定：機種は、主として掘さく深度、孔径、岩の硬度により選定される。掘さく深度200～300 m 以上の場合には、掘さく能率がよく、かつコアー採取率のよいワイヤーライン工法を採用するのが有効な場合がある。

(c) クラウンの種類：クラウンの種類は、主として岩質によって決まるが、どれを使用すべきかを判断するには、長年の経験を要する。最適クラウンを選ぶためには、岩石の圧縮強度のほか、きれつの多少、摩耗性、等の条件を考えなければならないが、目安として圧縮強度による標準的なクラウンの種類をあげておく。

解説 表 6 岩質とクラウンの種類 (標準)

クラウンの種類		備考 (圧縮強度)	
軟	岩	メタル	500 kg/cm ² 以下
中	硬	メタルまたはダイヤモンド	500～1 000 kg/cm ²
硬	岩	ダイヤモンド	1 000 kg/cm ² 以上

(2) について コアー採取は、ボーリングで最も重要な事項であるが、採取率は機械、器具の良否、作業員の熟練度によることが大であるので、ボーリングの計画、施工にあたっては特に注意すべきである。特に破碎帯や含水砂礫層などの地質のコアー採取は、非常に困難であるが重要である。このような場合には、無水掘り、ダブルコアチューブ

の使用、一掘さく長の短縮、等によって、コアー採取率の向上がはかられるが、このような努力を払っても、なおコアー採取率がよくない場合は、その原因を追求して再検討しなければならない。一般にコアー採取率のめやすとして、次のように考えられる。

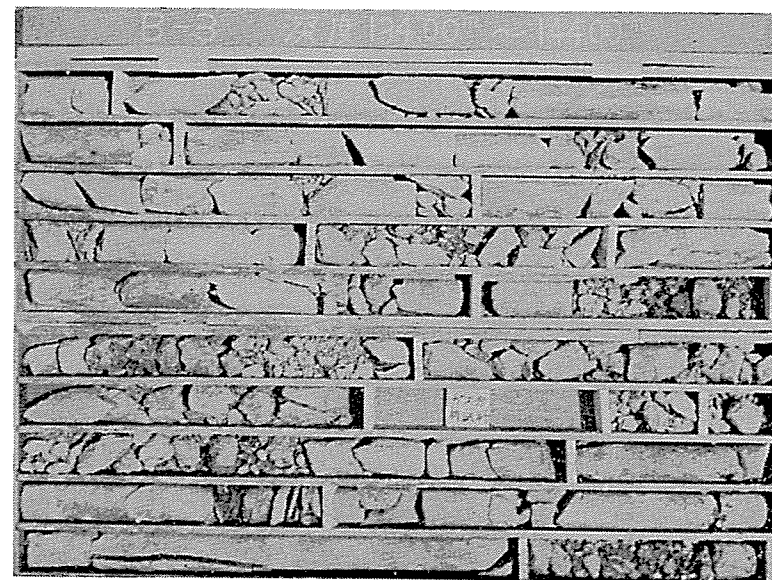
解説 表 7 コアー採取率と地質

	地 質	採 取 率
1	割れ目少ない	90 % 以上
2	割れ目多く、ところどころ破碎帯 (硬岩, 中硬岩)	70 % 以上
3	破碎帯 (硬岩, 中硬岩) 含水砂礫層, 等	50 % 以上

注：1. スライムは含まない
2. 軟岩の破碎帯は80%以上

ボーリング孔は、できるだけ孔曲がりしないように掘さくしなければならない。特に、方向性が重要な水平ボーリングや斜めボーリング、等では、原則として、孔曲がり測定を行なう。大きく孔曲がりする場合は、孔曲がり度を測定して補正するか、場合によっては掘りなおさなければならない。

(3) について ボーリングの結果は、調査目的に合致するよう、適切にまとめてポ



解説 写真 6 コアーおよびコアー箱

目的に適した試験を行なう。

試験は、1箇所につき、少なくとも二、三個以上の試料をとって行なったほうがよい。また、岩石試料の場合は、特に風化、きれつ状態、方向性、含水状態、等を考慮して採取し試験は、JIS またはその他の試験基準によって行なう。

試験の項目には、下記のものがある。

- ・比重（見掛け比重）
- ・含水率、空げき率
- ・透水係数
- ・圧縮強度
- ・引張強度
- ・せん断強度
- ・ショア一硬度
- ・すりへり減量
- ・弾性波速度
- ・ポアソン比、ヤング率
- ・膨潤性
- ・鉱物組成
- ・化学組成
- ・顕微鏡観察

第16条 湧水調査

排水設備の設計 および 湧水時の処置と施工方法、等の資料を得るために、湧水の有無、帯水状態、出水状況、等について調査しなければならない。

【解説】 トンネル湧水には地層から平均的に湧出する浸透水のようなものもあるが、問題となるのは集中湧水の水量が多いために一時的にも掘さくの中止が必然である場合、および恒常水量が多く、特に排水溝なり排水設備（斜坑、立て坑のある場合には、その貯水槽、揚水ポンプ）、等の設計、施工の考慮を必要とする場合、等であり、また、湧水または浸透水によって、地質が軟弱化し、その結果、支保工の基礎をゆるめて支持力の低下、沈下、等による偏圧の作用と、崩壊の危険、流砂現象による切羽の地山の流失、坑内運搬路の悪化、等の現象が生ずることにある。このように、湧水は、トンネルの施工条件

を低下せしめるだけでなく、ある場合には、工事の死命を制してしまう。湧水地点と水量の予測は、きわめて困難であるが、予想しうる場合もあるので、トンネル工事における湧水問題の重要性を考えて、できるだけ予測するように努力すべきことを期待したものである。

(a) 湧水の有無と量について：地質踏査、弾性波探査、電気探査、ボーリングおよびボーリング孔内試験、等によって、地質条件から帯水層の有無、状態、等についてのデータが得られる。さらに必要があれば水文的方法による調査を行なうとよい。

(b) 帯水状態について：地下水は、貯溜状態または透水間げきの状態によって、① 地層水、② 破碎帯水、③ 裂か水および洞窟水などの三つに分けられるが、その土木地質的性質は、次のようである。

① 地層水 一般に沖積層、洪積層、一部の第三紀層に属する砂層、砂礫層、礫層、火山砂礫層、砂岩、礫岩、等、主として未固結あるいは固結度の低い地層の粒状間げきを満たしている地下水は、地層水である。不透水層におおわれた帯水層は、高い圧力を有することがあり、特にこれを被圧水という。これらの帯水層は、固結度が低いために掘さくの際に崩壊を起こしやすい。

② 破碎帯水 断層、等の破碎帯のあるものは帯水しており、かつ断層粘土、等でしゃ水され、被圧状態になっている。したがって、掘さく中、帯水している破碎帯に遭遇すると地山流出を伴って高圧湧水が突然湧出し、思わぬ事故を起こすことがある。

③ 裂か水および洞窟水：節理、きれつ、等に含まれた水を裂か水、石灰岩溶岩などの空洞に含まれた水を洞窟水という。これは高い水圧と多量の水を含有している場合があるが、一般に崩壊現象は伴わない。この種の地下水は、トンネル掘さくの際、突然湧出し、その予想は、一般に困難である。

(c) 水の出方について：集中湧水や浸透水は、初期には一般に大量であるが、次第に減少してトンネル完成後も季節的変動を受けることの少ない恒常的状态に達する。この状態の水が恒常湧水であって排水溝の設計に使われる。工事中の湧水量は、恒常的状态よりも多く見積っておく必要がある。

④ 集中湧水について 集中湧水の湧水地点、初期の湧水量、水圧、地山の崩壊性、等に関係のある要素は次のように考えられる。

地形的に著しい谷の部分には、断層またはきれつ系、軟弱地質、等に関係があるので、その付近に集中湧水が現われる確率が高いようである。これについては、谷の直線性、規模、河川状態の特徴、等を考慮する必要がある。断層粘土、不透水層にしゃ水された破碎帯や透水層は一般に帯水層となり、そこにトンネルが掘られると集中湧水が現われる。集中湧水は前記の帯水層の規模、水理的性質、地質構造、開孔断面、最初の開孔の状態、透水性、地下水位（水圧）、等によって、現われる度合いが異なってくる。集中

湧水に関する調査に際してのポイントは、次のような事項である。

- ・トンネル中心線上の谷地形および稜線の状況
- ・断層および透水性地層の性状ならびに分布
- ・地下水の状況

② 恒常湧水について トンネルが通過する山間部の溪流においては、降雨のないときの流量または湧水時の流量は、その大部分が地下水によって涵養されていると考えられるので、これがトンネルの恒常湧水の推測に役立つと考えられる。地質条件、流域の状態、等で流量は流域ごとに異なるので、ある範囲内では、流量の状況からある程度地質条件を推知できる場合がある。恒常湧水に関する調査に際してのポイントは、次のような事項である。

- ・できるだけ小さく区分された流域における湧水量とその比流量
- ・断層、著しい谷地形、稜線の分布
- ・地下水の状況

(d) 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、季節的变化、地山の崩壊性、湧水状況と地形的特徴との関連性、等の事項に関して調査しておく必要がある。既往工事の湧水に関する資料は、きわめてよい参考となる。

第 17 条 湧水調査

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するようにしておかなければならない。

【解説】 トンネル工事に伴う湧水現象は、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はない。しかし、湧水問題は、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、等も考慮に入れて、水利用の状況を調査しておく必要がある。

補償は、着工前の状態に復元することが前提となるから、とにかく着工前に十分な調査を行なうことが何よりも大切である。

(a) 調査項目：湧水調査の対象となるおもな項目は、水利用の状況、河川渓谷の単位流域と流量、湧泉、地下水の状態、植生、気象、トンネル湧水との関連調査、既往工事の湧水に関する資料、等である。これらについての測定項目は、流量、水位（水圧）、水温、電気的特性（特に比抵抗）、pH、化学成分（水質）のようなものである。

(b) 調査範囲：湧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

が、主として河川水に依存している水利用に関しては、流量の減少、水位の低下、等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、湧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される範囲よりも大きく定めることが望ましい。

(c) 既往工事の湧水に関する資料：湧水調査の項に準ずる。ただし、湧水調査においては、特に新旧工事の影響が互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、あらかじめ調査しておかなければならない。

第 18 条 調査坑掘さく

地山状態の推定、重要地質条件の判定、現場試験、等のため、必要ある場合は、調査坑を掘さくし、目的に応じて調査を行なわなければならない。

【解説】 地山状態の推定、重要地質条件の判定に詳細な資料をうる必要があるとき、現場試験、等のために調査坑を掘さくして、観察、試験、等の調査を行なうことがある。調査坑の位置、長さ、断面、掘さく方法、調査項目、等は、目的、精度に応じて決めなければならない。調査項目には、次のようなものがあるが、目的に応じて必要な項目を選定して観察や試験を行なう。

- ・調査坑内精密地質
- ・調査坑内弾性波速度
- ・湧水量、湧水圧および透水係数
- ・地耐力
- ・せん断強度
- ・地圧
- ・支保工変位量
- ・地表の動き
- ・爆破振動
- ・岩石試料採取

第 19 条 工事用設備のための調査

工事用設備の計画に必要な資料を得るために、立地、環境その他、必要

な事項を調査しなければならない。

- (a) 地形、地質
- (b) 気象
- (c) 用地
- (d) 動力の入手
- (e) 用排水
- (f) 資材およびずり運搬
- (g) 労務資材
- (h) 法規その他による規制

【解 説】 工事中設備とは

坑口設備（本坑、横坑、斜坑および立て坑の坑口設備）

運搬設備（工事中道路、索道、等の機械資材、捨土運搬のための設備）

動力設備（受配電設備）

骨材およびコンクリートプラント設備

仮建物設備（事務所、詰所、宿舍、倉庫、修理工場、製材所、木工所、動力所、火薬庫、等）

用排水設備

等をいう。これらの計画に必要な資料を得るために、下記の諸条件について十分調査検討しなければならない。

(a), (b) 地形、地質および気象：設備の機能発揮を阻害したり危険をおよぼす地形、地質および気象（第5条 地形および地質調査 参照、第6条 気象調査 参照）。

(c) 用 地：所要面積および地形条件を考慮した諸設備の能率的な配置の適否、付帯工事の要否

(d) 動力入手：利用できると思われる既設送配電線の容量、サイクル、電圧、受変電の難易、受電までの所要時期概算費用、既設送配電線による電力の利用困難な場合には発電設備などの動力源

(e) 用 排 水：用水については、コンプレッサ用水、コンクリート混合用水、飲料水、その他の雑用水の入手条件、排水については、トンネル施工に伴う湧水の坑外処理、骨材プラントおよびコンクリートプラントを設ける場合の洗じょう用水の放流後の影響、仮建物その他の汚水処理方法、等

(f) 資材およびずり運搬：機械、資材の搬出入、ずり運搬、等に必要な工事中道路、軌道、索道、ベルトコンベヤ、等の設備、距離、その高低差、能力のほか、これらに関する

既設の道路、鉄道、軌道、索道、等の能力、資材の利用状態、等の現況、また、輸送する機械の重量寸法に対して制限となるトンネル、橋梁、函きよ、等の現況、補強改造、等の可否、都会地における交通規則の現況と対策

(g) 労務資材：坑外設備に関するコンクリート用骨材、生コンクリート、その他の資材の供給経路、供給事情の現況、労務供給に支障をきたす僻地における労務事情の現況とその対策

(h) 法規その他による規制：第22条 工事を規制する法規の調査 参照。

そのほか、付近の公共事業の有無や、都会地においては騒音、振動、排水などの公害、等の問題の予防についても事前に調査しておかなければならない。

第20条 土捨場のための調査

土捨場を必要とする場合には、地形、用地取得の難易、等について調査しなければならない。

【解 説】 土捨場を必要とするときは、地形、用地取得の難易、包蔵能力、運搬の条件、既設構造物および施設への影響ならびにその対策、法規による規制、等について調査しておかなければならない。

第21条 補償対象調査

トンネル工事のため影響の予想される範囲の補償対象事項については、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】 トンネル工事が、トンネル自体および工事中設備、土捨場をふくめて、施工中ならびに完成後に発生する沈下、変状、濁水、障害、環境の変化に対する苦情、等に対し明確な資料をうるために、たとえば下記の諸事項、等について着工前の状況を調査し、問題点、処理方法、解決の見通しなどについても調査しておかなければならない。

解説表 8 補償区分

項目	細目	記 事	
土 地	田畑	所有者、面積、等級、樹種、数量、価格（借地料）、付帯設備、等	
	宅地	〃	
	山林	〃	
	原野	〃	
	池沼	〃	
	鉱泉地	〃	
	採草地	〃	
	墓その他	〃	
	権 利	借地	権利者、面積、借地料、離作料
		小作	上に準ずる
鉱業その他		種類、規模、権利者および管理者略歴、現況 漁業権、採掘権、等	
建 物	建物	所有者、構造、規模、経過年数、価格、付属設備、等	
	工事物その他	〃	
立竹木果樹	伐採	地上権、等	
	移植その他	樹種、樹令、数量、価格、現産出量	
損 失	買収	買収、移転、環境の変化、その他	
	移転	移転に伴う損失	
そ の 他	立毛	面積	
	営利		
	環境の変化		
	その他		

第 22 条 工事を規制する法規の調査

(1) トンネル工事の実施にあたり、法規により工事が規制を受ける場合があるので、事前に調査しなければならない。

(2) 規制を受ける場合は、その内容、手続き、対策、等について調査しておかなければならない。

【解説】(1) について 工事の実施にあたり、法規による規制をうけるものがあるときは、場合によっては、計画の変更を余儀なくされることがあるので、十分調査しなければならない。工事を規制するおもな法令には、次のようなものがある。

解説表 9 規制法令

根 拠 法 令	お も な 規 制 事 項
海 岸 法	海岸保全地域の行為の制限
河 川 法	河川区域内の行為の制限
公 有 水 面 埋 立 法	河川湖沼、海等公共用水流または水面の占有および行為の制限
砂 防 法	砂防指定地内の行為の制限
自 然 公 園 法	国立公園、国定公園、都道府県立自然公園内の行為の制限
森 林 法	保安林指定区域内の行為の制限
宅 地 造 成 等 規 制 法	宅地造成工事規制区域内の行為の制限
地 す べ り 等 防 止 法	地すべり防止区域内の行為の制限
急 傾 斜 地 の 崩 壊 防 止 法	急傾斜地崩壊による災害防止指定地域内の行為の制限
道 路 法	道路の占用行為の制限
都 市 計 画 法	都市計画区域内の行為の制限 風致地区内の行為の制限 土地区画整理事業施工区域内の行為の制限
文 化 財 保 護 法	史跡、名勝、天然記念物埋蔵文化財包蔵地内の行為の制限
公 害 対 策 基 本 法	
府 県 公 害 防 止 条 令	
騒 音 規 制 法	
火 災 類 取 締 法	

(2) について 規制をうけるものがある場合は、その関係諸官庁や管理者に対して諸手続きを行ない、認可または承認を得なければ工事の施工ができないので、工事の与える影響の範囲、程度、これに対する規制の程度、対策、諸手続き、等について事前に十分調査検討しておかなければならない。

なお、諸手続きおよび認可承認に相当日数を要する場合もあるので、事前に調査しておく必要がある。

第 23 条 精密調査結果のまとめ

精密調査結果は、後続する作業の資料として役立つよう、とりまとめなければならない。

【解説】 精密調査結果は、概略調査結果をも考慮して総合的に検討し、トンネル路線

の決定、設計、施工、等の資料として役立つよう、下記の各項ごとに、とりまとめるのがよい。なお、調査結果を取りまとめる場合には地質調査の結果と、その他の調査の結果とに分けてまとめるが、後者については一定したとりまとめ方法を必要としないので、ここでは前者のみについて述べる。

(a) 地山の分類：トンネルの掘さく、土圧、等に関する地山の状態を支配するおもな要素は ① 岩質、② 地山の弾性波速度、③ 含水・湧水状態、④ 地山の物理的特性（ポアソン比、圧縮引張強度、せん断強度など）、⑤ 風化、きれつ、固結強度、破碎状態、⑥ 膨張性である。このうち②は、それ以外の要素、特に④、⑤を強く反映している。

これらの要素を勘案した地山の分類は、トンネル施工法の決定、掘さくの難易、支保工および覆工の設計などの概略の推定に役立たせるために行なうもので、解説 表 10, 11 はその一例である。この表は、岩質と地山の弾性波の組合せに③、④、⑤、⑥の要素を加味して作成したものである。

このような分類は、まだ設計、施工に対して正確な予知ができるまでには達していないが、今後実測データや施工実績と比較検討することによって、さらに両者の結びつきが密接になると思われるので、将来の努力目標として本表を提示する。

解説 表 10 地 山 分 類

分類	1	2	3	4	5	6	7	備 考	
岩	A	> 5.0 5.0 ~ 4.4	4.6 ~ 4.0	4.2 ~ 3.6	3.8 ~ 3.2	< 3.4		1) 切羽に湧水がついてまわるようであれば分類を一段階おとす。 2) 膨張性岩石（蛇紋岩、変朽安山岩、石炭片岩、泥岩、ベントナイト質凝灰岩、温泉余土、等）は速度値にとらわれず7として考える。この場合は速度は 4.0 km/sec より小さく、ポアソン比は 0.3 より大きい。 3) 風化岩でポアソン比が 0.3 より小さい場合は、分類を一、二段階あげる。	
	B	> 4.8	4.8 ~ 4.2	4.4 ~ 3.8	4.0 ~ 3.4	< 3.6			
	C	> 4.8	4.8 ~ 4.2	4.4 ~ 3.8	4.0 ~ 3.4	3.6 ~ 3.0	< 3.2		
	D	> 4.2	4.2 ~ 3.6	3.8 ~ 3.2	3.4 ~ 2.8	3.0 ~ 2.4	< 2.6		
質	E		> 2.6	2.6 ~ 2.0	2.2 ~ 1.6	< 1.8	< 1.4		
	F				1.8 ~ 1.2	1.4 ~ 0.8	< 1.0		

注：1) 岩質の欄の数値は弾性波速度 (km/sec) を示す。
2) 岩質のA~Fは第11条 解説 参照。

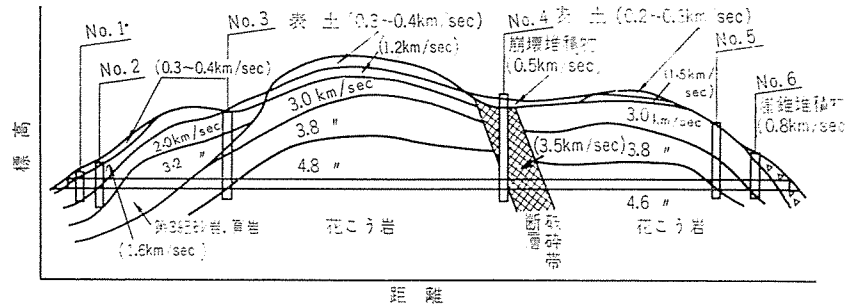
解説 表 11 地 山 の 分 類 と 地 質 状 況

分類	岩 質	地 質 状 況		土 圧
		きれつ、風化、破碎、固結程度		
1	A, C, D	マッシブで硬い		作用しない
2	A C, D	堅硬できれつ間隔 50~100 cm きれつ少ない		
3	A, B C D E	きれつ多い、破碎質、ところどころ小断層をはさむ 中~軟岩、ところどころ小断層をはさむ、きれつ間隔 30~70 cm きれつ少ない、中~軟岩 マッシブな軟岩		ときどき作用する
4	A, B C D E	破碎質、きれつ多く風化進む きれつ多い、破碎質、軟岩、小断層多い 破碎質、軟岩、きれつ多い 軟岩、固結度低い		作用する場合が多い
5	A, B C D E F	破碎質、風化はなほだしい 破碎質、小断層多い、風化進む 破碎質、軟岩、風化進む 軟岩、固結度低い 軟岩、固結度低い		多くの場合作用する
6	A, B, C D, E F	破碎質、非常に風化している 破碎質、軟岩、風化進む、固結度低い 固結度低い、風化進む		
7	E, F	固結度非常に低い		

(b) 路線選定および設計・施工にあたって特に指摘しておかなければならない事項

- ・表層堆積物、風化層と土かぶり および坑口との関係
- ・偏圧地形
- ・活断層、大きな破碎帯、湧水を伴う破碎帯
- ・膨張性岩石
- ・地耐力
- ・被圧帯水層
- ・ガス・温泉
- ・水資源、既設構造物、等への影響
- ・集中豪雨、等による突発的出水
- ・その他必要な事項

(c) 地質縦断面図の作成：調査結果はこれを総合して縮尺 1/1 000~1/5 000 の地質縦断面図を作成するとよい（解説 図 4 参照）。なお、坑口付近や土かぶりの浅い区間などでは縮尺 1/100~1/500 の地質断面図を作成するのが望ましい。



地質	第3紀風化岩		第3紀砂岩・頁岩		風化花こう岩		断層	花こう岩		風化花こう岩		湧水	地山分類
	D	D	D	A	A	A		A	A	F			
弾性波速度 km/sec	1.6	2.0	3.2	3.8	4.8	3.5	4.6	3.8	1.5	0.8			
湧水				㊦				㊦				㊦	
地山分類	6	4	3~4		2	6	3	4	6	7			

解説 図 4 トンネル地質縦断面図(例)

第 3 編 設 計

第 1 章 通 則

第 24 条 設計の基本

トンネルは、調査結果にもとづいて使用目的に適合し、安全と経済性が得られるよう、その線形、勾配、内空断面、支保工、覆工、裏込め、等を設計しなければならない。

【解 説】 トンネルは、調査結果にもとづいて道路、鉄道、水路、等それぞれの使用目的を満足するよう、安全かつ経済的に設計しなければならない。

トンネルの線形、勾配、内空断面および覆工については、トンネルの設計として、従来から不可欠のものであるが、さらに覆工の設計に密接な関連があり、かつ施工の安全上からも重視すべき支保工と、トンネルの耐久性に影響の大きい覆工背面への注入および注意を怠りやすい付属設備についても、設計すべきものの範囲にふくめることとした。

第 25 条 設計の変更

責任技術者は、工事施工中、当初の設計が現場の条件に適合しないことを認めるときは、遅滞なく設計の変更を行わなければならない。

【解 説】 トンネル工事における当初の設計は、当然、地質、湧水その他、第 2 編 に述べられている各種調査の結果にもとづいて行なわれねばならないが、トンネル工事の特性として、調査結果は、設計や施工にとっては、ある程度の幅を有するのが通例であり、また、ときとして、事前には予測し得ない状況に遭遇することもあって、現場の条件が設計と適合しない事態を生ずることが多い。

これらの場合には、条件の変化に対応するよう、すみやかに設計の変更を行わなければならない。