

# 第10章 土 質 調 査

土質調査の設計に当たっては、下記によるものとし詳細については「道路土工 - 土質調査指針」(S61.11.日本道路協会),「道路土工要綱」(H.2.8 日本道路協会)により設計するものとする。

## 10 - 1 調 査

### 1. 調査の基本的な考え方

土質調査を進めるに当たっては、土工の内容を十分理解し、総合的な見地から均衡のとれた土質調査を行い、その活用をはかっていくことが大切である。

なお、活用するに当たって、技術者の基礎となる事項を列举すると、次に示すような事項があげられる。

- 1) 土構造物の調査、設計に当たって、構成土質の力学的性質のみに着目した調査、試験、安定解析とともに、地形、地質的な観点からの巨視的な評価が重要である。
- 2) 軟弱地盤の土工において顕著にみられるように、初期投資額と将来の維持管理費とを考慮に入れて、道路の性格や工事の規模に応じた妥当な土工計画をたてるようにしなければならない。
- 3) 近年、工事の大型化や迅速化が進む一方、環境保全、防災対策、安全施工などについて従来にまして新たな対応が求められることが多くなっているため、既往の資料などをもとにして、それに対処するための検討を十分に行っておくことが望ましい。
- 4) 土工においては、水に対する配慮が最も大切である。特に、排水や地下水の変動などについての注意が必要である。
- 5) 土工においては、水の処理、適切な締め固めといった日常の作業の蓄積が、工事の質の良否を左右する。また、工事中は絶えず現場の状況を観察し、問題点に対しては的確な判断と機敏な措置を下すことが大切である。
- 6) 土工においては工事中に調査段階で予測できなかった状況に遭遇することが多い。したがって、土工の調査・設計段階に知り得た土質に関する情報は完全なものと思ふべきではなく、施工中に変化が確認された場合には設計時の条件を再検討しつつ、完成をめざすものと思ふべきである。
- 7) 崩壊などの異常事態を想定した場合、その被害を局部的に限定しうるような設計上の配慮と施工上の対策を検討しておくことも必要である。

### 2. 土質・地質調査

- 1) 道路建設の流れと土質・地質調査との関連

道路建設の流れに対応する土質調査とその性格を図10 - 1のとおりとなる。

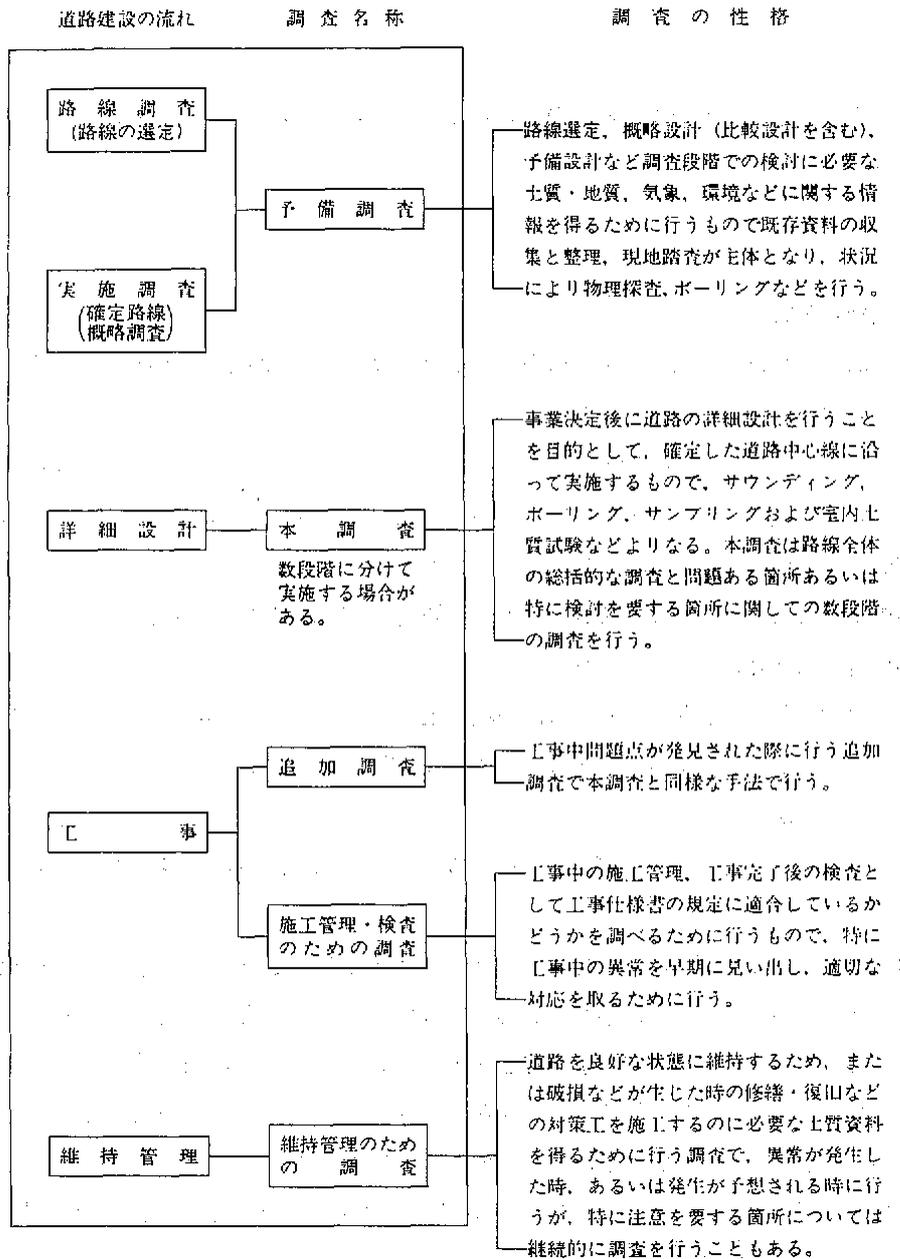


図10-1 道路建設の流れと土質・地質調査との関連

(H2.8 道路土工要綱 P.27)

## 2) 調査の手法

### 予備調査

予備調査は、主として既存資料の収集整理、空中写真の判読、現地踏査によって土質地質、地下水等についての情報のとりまとめを行う。

ただし、路線計画、道路の構造、工費などに著しい影響を与える可能性のある地域、たとえば、崩壊多発地域、地すべりのおそれのある地域、軟弱地盤、大規模な切土の予想される箇所、橋梁予定地点、トンネル、切土等による著しい地下水の枯渇のおそれなどのある箇所については、物理探査、サウンディング、ボーリングなどをできる限り実施するのが望ましい。

### i) 資料収集

予備調査では、現地での作業ができないことが多いので、既存の関連資料などの収集をする。

収集し検討すべき資料には、次の事項がある。

- イ) 地質、土質調査資料
- ロ) 地形図と空中写真
- ハ) 周辺の他工事の土質・地質調査報告書及び工事記録
- ニ) 気象記録
- ホ) 災害記録

## ii) 現地踏査

現地踏査は、収集した資料の整理の結果を確認するとともに、道路建設上問題となる箇所を発見およびその問題の大きさを把握し、次段階の調査を立案するために行うものであり、主として、崖、土取場跡地、既設のり面等は十分観察し、必要に応じて試料を採取し土質調査を行う。

### 本 調 査

本調査は、詳細設計に先立って必ず行う調査で、路線全体の土質・地質状態を総括的に調査するとともに、道路建設上問題となる箇所の土質・地質条件を明らかにすることを目的とし、路線全体にわたって実施する。

調査地点の選定にあたっては、道路構造、地形などを考慮して特に検討を要する区間に重点を置いた調査を計画するのが望ましいが、まず、適切な間隔でサウンディング、ボーリング、サンプリング及び土質・岩石試験を行い、土質・地質状況を総括的に把握する。

さらに、道路詳細設計を進める途中で道路構造の変更、地形の複雑な箇所、大規模な構造となる箇所、特殊な構造となる箇所等については、さらに重点的な調査を実施する。

### i) 調査内容

本調査は、一般的にボーリングによる調査が主体となる。

#### ボーリングの深度

通常は、支持地盤が厚さ 5 m にわたって確認されるまでを原則とする。

切土部では、路面下 2 m 程度。

地すべりのおそれのある箇所では、想定すべり面下 5 m。

橋梁以外の構造物基礎としては N 値 15 以上。

橋梁の基礎地盤では支持層となり得る厚さを確認できるまでとする。なお、良質な支持層とは、砂質土で N 値 30 以上、粘性土で N 値 20 以上で厚さ 5 m 以上とする。(橋梁マニュアル P.1-35)

N 値 4 以下の粘土質の地盤は一応軟弱地盤と考えて調査する。

N 値が 10 ~ 15 以下の砂地盤は地震時の液状化についても調査する必要がある。

トンネルの坑口部では、水平ボーリング及び弾性波探査も実施する必要がある。

## ii) 土工に関する調査

土工の設計・施工に関する調査のうち、主なものを調査目的別に調査方法をまとめたものを表 10 - 1 に示す。

なお、表 10 - 1 には、野外調査と室内試験に分けて記入してある。

表 10 - 1 土工の設計・施工に必要な土質調査

調査目的	調査事項	a. 野外調査および試験		b. 室内試験	
		調査試験項目	方法	試験項目	方法
1. 土取り場の選定 (盛土材料調査)	(1) 土量の把握 (2) 土取り場材料の良否の判定 (3) 施工の難易ならびに施工機械の選定	土質縦横断面図の作成	弾性波探査, 機械ボーリングまたはサンディング		
		代表的な試料の採取	機械ボーリング, オーガーボーリングによる試料の採取, テストピットの掘削, 露頭での試料の採取など	採取試料の分類	(1) 自然含水比の測定 (JIS A 1203) (2) 比重試験 (JIS A 1202) (3) 粒度試験 (JIS A 1204) (4) コンシステンシー試験 (JIS A 1205,1206) 土の突き固め試験 (JIS A 1210)
		施工機械のトラフィカビリティの判定	コーン貫入試験による地山の強さの測定	締固めた土のトラフィカビリティの判定	締固めた試料についてコーン貫入試験による強さの測定
		現場における締固め施工法の検討 (必要に応じて実施)	現場での試験施工 (締固め試験施工)		
2. 切土	(1) 地層の構成状態の調査 (2) 施工の難易ならびに施工法の判定	地質縦横断面図の作成 (岩あるいは土の層の成層状態)	(1) 弾性波探査 (2) 機械ボーリングあるいはオーガーボーリング		
		試料の採取	機械ボーリングまたはオーガーボーリング	採取試料の分類	1. に準ずる (土の場合)
3. のり面の安定	(1) 盛土のり面の安定 (盛土材料が不良な場合, 盛土が特に高い場合など) (2) 切土のり面の安定	代表的な試料の採取	オーガーボーリングまたはテストピットの掘削	採取試料の分類せん断強さの判定	1. に準ずる。 一軸圧縮試験 (JIS A 1216) 三軸圧縮試験あるいは直接せん断試験
		付近の切土のり面の観察, 試験的な切土 (切土の場合)			
4. 盛土基礎の対策 (軟弱地盤)	(1) 盛土の安定性の検討 (2) 沈下の推定 (3) 対策工法の選定	土質縦横断面図の作成	(1) 機械ボーリング, サウンディング (スウェーデン式サウンディング, 標準貫入試験など) (2) ベーン試験		
		乱さない試料の採取	シンウォールサンブラー, フォイルサンブラーによる試料の採取	採取試料の分類	(1) 自然含水比の測定 (JIS A 1203) (2) 湿潤密度の測定 (3) 比重試験 (JIS A 1204) (4) 粒度試験 (JIS A 1202) (5) コンシステンシー試験 (JIS A 1205,1206) (6) 有機物含有量試験 一軸圧縮試験 (JIS A 1216) 三軸圧縮試験 圧密試験 (JIS A 1217)
5. 排水の設計	地下水位の調査	現場の地下水の調査	ボーリング孔内の水位の観測 井戸, 地表水の調査		
	土の透水性の判定	現場透水試験による透水係数の測定	現場透水試験	採取試料による透水係数の測定	透水試験 (JIS A 1218)

iii) 擁壁・カルバートなどの調査

構造物設置箇所の地層構成、土質、地下水の状態を把握し、構造物の基礎型式などを定めるのに必要な資料を得るために、構造物の種類に応じて行う標準的な土質調査項目を表10-2に示す。

なお、構造物が大規模である場合、特殊な構造のものである場合、あるいは地盤が特に軟弱である場合については、下記試験以外に適宜追加する。(土工要綱P.61 参)

表10-2 設計定数決定のための調査

構造物	土 質 試 験										調査頻度 注3)
	外力の計算		基礎支持力		安定性の検討		圧縮沈下の検討		基礎支持力の計算、安定性の検討		
	設計定数	土質試験名	設計定数	土質試験名	設計定数	土質試験名	設計定数	土質試験名	設計定数	試験名	
擁 壁	土圧係数 $K_0, K_1$  単位体積重量 $\gamma$ せん断定数 $C, \phi$	土の判別分類のための土質試験〔土の分類を〕利用して推定〕 単位体積重量試験 三軸圧縮試験 一軸圧縮試験 など	許容支持力度 $q_c$  せん断定数 $C, \phi$	土の判別分類のための土質試験〔土の分類を〕利用して推定〕 標準貫入試験 (N値より推定) 三軸圧縮試験 一軸圧縮試験 標準貫入試験 (N値より推定)	せん断定数 $c, \phi$  単位体積重量 $\gamma$	土の判別分類のための土質試験〔土の分類を〕利用して推定〕 三軸圧縮試験 一軸圧縮試験 など 単位体積重量試験	圧密定数 $C_c, C_s, m_v$  圧縮指数 $C_c$	土の判別分類のための土質試験〔土の分類を〕利用して推定〕 圧密試験 自然含水比試験 液性限界試験	横方向地盤反力係数 $k$  地盤の支持力	横方向 $k$ 値測定試験 (杭基礎の場合) (一軸圧縮又は三軸圧縮試験標準貫入試験による推定も可) 平板載荷試験 (直接基礎の場合)	擁壁延長 40~50mに 1箇所程度
カルバート	単位体積重量 $\gamma$	土の判別分類のための土質試験または単位体積重量試験	同	上			同	上	同	上	両端で各1箇所程度
仮設構造物	土圧強度 $P_u, P_s$  せん断定数 $C, \phi$ 単位体積重量 $\gamma$	標準貫入試験〔N値より〕 $c, \phi$ を求め推定〕 三軸圧縮試験 一軸圧縮試験 など 単位体積重量試験			粘着力 $c$ せん断定数 $c, \phi$  単位体積重量 $\gamma$	一軸圧縮試験 〔三軸圧縮試験〕 など、または標準貫入試験 (N値より推定) 単位体積重量試験			透水系数 $k$ 間げき水圧 $U_w$	現場透水試験 間げき水圧試験	本体構造物 調査箇所

注1) これらの土質試験は主にボーリングによる不攪乱資料のサンプリングによっておこなわれるが、地形地質等が特に複雑な場合は土層の強度に関する成層状態等を確認するためボーリング孔の中間位置でサウンディングを実施することもある。

注2) 地下水位、地盤高(標高)の測定はいずれの構造物も実施すること。

注3) 調査はできるかぎり段階的に進めることが望ましく、その結果地形地質等に特に変化がある場合には、それぞれの中間位置でも実施する。

注4) せん断定数( $C, \phi$ )を求めるための試験方法については、現地土の種類、含水比、排水条件、施工条件により選定する(11-4参照)。

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.64 ~ 65)

3. 原位置試験

原位置試験とは、土がもともとの位置にある自然の状態のまま実施する試験の総称で、比較的簡易に土質を判定した場合や、土質試験を行うため乱さない試料の採取が困難なときに実施する試験であり、用途としては、設計のための試料を得ることと、施工時における品質管理の手段に利用される土工の調査で、主に用いられる原位置試験を表10-3に示す。

表 10 - 3 土工の調査に用いられる主な原位置試験

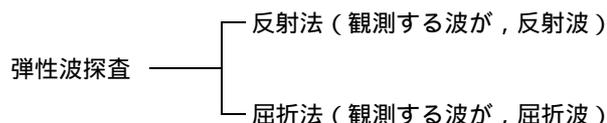
名称	せん孔	設定すべき量	試験結果から求められるもの	試験結果の利用	適用土質	適用深度 (限深)	調査法の性格
弾性波深査	不要	地震波の速度	地盤の弾性波速度V	地層の種類、性質、成層状況の推定	すべての土および岩	50m	
電気探査	測定深さまでのボーリングが必要	地盤の電気的性質	地盤の比抵抗値	地下水の状態の推定(指針128)	すべての土および岩	50m (500m)	
標準貫入試験	測定深さまでのボーリングが必要	68.5kgのハンマーを75cm自由落下させ、標準貫入試験用サンブラーを30cm打込むのに要する打撃回数を求めこれをN値とする	砂の相対密度 砂の内部摩擦角( $\phi$ ) 砂地盤の沈下に対する許容支持力。 粘土の一軸圧縮強さ( $q_u$ )または粘着力(c)粘土地震の破壊に関する許容支持力	土の硬軟、締めまりぐあいの判定	玉石を除くあらゆる土、ただし極めて軟弱な粘土ではN=0となり明確な判定ができない	50m以上深い場合は打撃は打撃効率低下についてN値を修正判定する必要がある	すべての意味でのテストボーリング支持層の深さおよび支持力の判定、特に砂層の密度強度変化の測定に適す粘土の場合中以上硬質粘土に適性あり JIS A 1219参照
スウェーデン式サウンディング	不要	① 5・15・25・50・75・100kgによる沈下量 ② 100kg載荷による。貫入量25cm貫入に要する半回転数 $N_a$	粘土の一軸圧縮強さおよび砂質土のN値との関連づけに関する試料	土の硬軟、締めまりぐあいの判定	玉石を除くあらゆる土。ただし締めまった砂。砂レキは貫入困難	15m (30m)	標準貫入試験の補助法として有効。 JIS A 1221参照
ポータブルコーン試験	不要	コーンを人力により圧入するときの面積当たりの抵抗値(コーン支持力)( $q_c$ )	粘土の一軸圧強さ $q_c = 5q_u$ 粘土の粘着力 $q_c = 10c$	トラフィカビリティーの判定	ごく軟弱な粘土、ビート質土	5m (10m)	軟弱な粘性土の粘着力測定専用(簡易試験極めて迅速)
ベーン試験	簡易ベーン試験の場合不要 ベーン試験の場合測定深さまでボーリングが必要。	緩速なる回転モーメントによりせん断する際の最大抵抗モーメント $M_{max}$ を求める。	軟らかい粘土のせん断強さ( $\tau$ )	細粒土の斜面や基礎地盤の安定計算	軟弱な粘土シルト ビート質土	5m (30m)	軟弱な粘性土のせん断強さ測定専用
平板載荷試験	不要	荷重と載荷板の沈下量	地盤係数(k)	締固めの施工管理	すべての土および岩		JIS A 1215参照
現場透水試験	測定深さまでのボーリング等が必要	揚水又は注水時の流量や水位の測定	透水係数(k)	透水関係の設計計算 地盤改良工法の設計	主に砂質土および礫層		ボーリングを利用する

1) 弾性波探査

性格

弾性波探査は、地盤の中を伝わる地震波の速度から、その性状を推定する方法であり、測線上に受振計(ピックアップ)を配置し、ダイナマイトの爆発による振動が、各受振計に到達する走時(時間)を観測して、得られた記録から地下の状態を解析するものである。

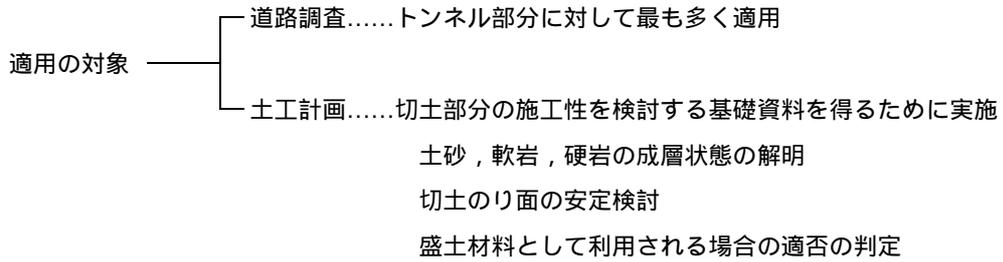
観測する波によって、次のように区分される。



上記区分の内、土木関連の調査で問題となる比較的浅い部分の地質状況を解明するための方法としては、一般に屈折法が採用されている。通常の道路土工計画のための調査では、地表面50m程度までの調査に適用される。

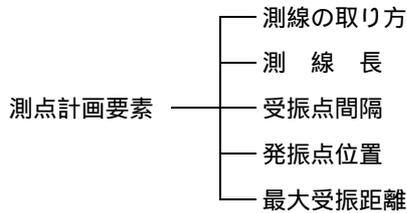
適用の対象

調査法の特徴から，主に次の事項に適用される。



探査方法

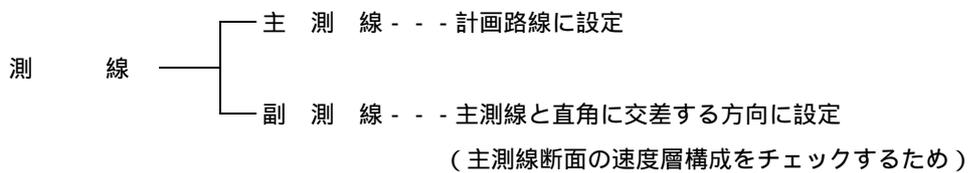
探査を始める前に測線計画の設定が重要であり，その要素として，次の事項が考えられる。これを，調査目的と調査地の条件（地形，地質，作業環境等）に合わせて，適宜調整することにより合理的な測線計画が得られる。



i) 測線の取り方

道路土工関連の調査においては，次のように測線を設定することを標準とする。

なお，計画線内にあらかじめ断層破砕帯および地すべり地を含む場合は，それぞれの状態に応じた測線を設定するものとする。



切土箇所に対する測線配置の一例を示せば，図10-2のとおりである。

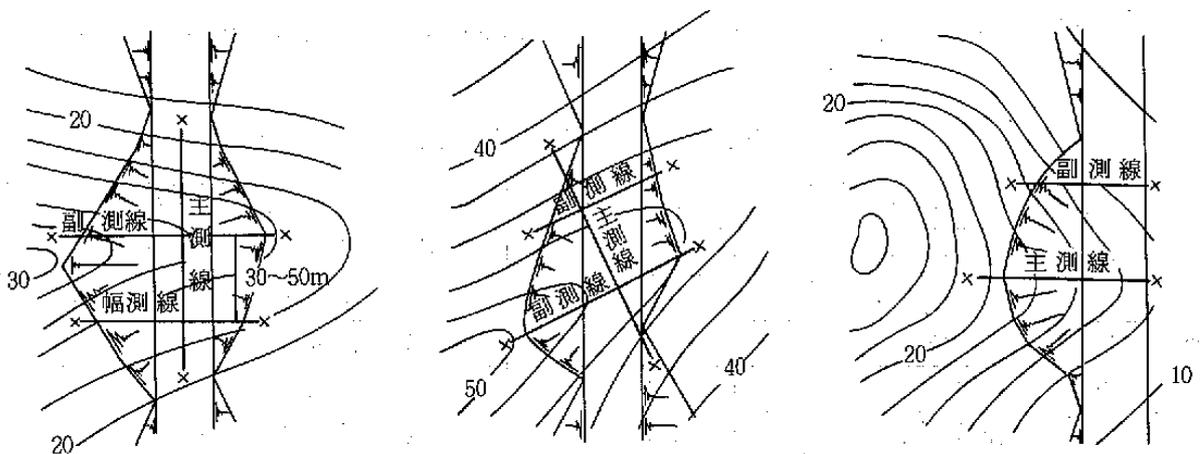


図10-2 測線の配置図(例)

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.131 参)

ii) 測線長

測線の長さは、調査を必要とする範囲の両端外側に延長し、必要探査深度の6～7倍が必要である。(または、調査区間の両端における探査深度の3～3.5倍程度を延長する。)

iii) 受振点間隔

受振点間隔は、原則として5mあるいは10mとする。

10m間隔.....基盤岩の概略の速度分布を知ることによって、一応の目的が達せられる区間、たとえば、トンネルの中央部における土かぶりの厚い部分に限られる。

5m間隔.....表層部の速度層構成を詳細に知ることが要求される道路土工のための調査

iv) 発振点位置

発振点(発破点)は、一般に50～70m程度の間隔で設けられる。道路土工に関する調査のように表層部の状態を詳細に知りたい場合には、これを20～40mの比較的密な間隔に設けることが望ましい。

問題点

弾性波探査によって明らかになるのは、地盤中における地震波の伝播速度という一つの物理量であることから、岩質はかたいが、きれつが発達している岩盤と、比較的軟質であるが塊状である岩盤とは工学的性質は明らかに異なるが、ほぼ等しい弾性波速度が観測されることがあるので、速度層断面と実際の岩盤状態との対応をチェックする意味で何点かのボーリングを併用すれば調査精度を一層高めることができる。

2) 標準貫入試験

性 格

サウンディングの中で最もよく使用されている方法であり、他のサウンディングと異なり、乱した資料の採取が行われる特徴がある。

留 意 点

現在、我国で土のテストボーリングといえ、標準貫入試験を伴うものが考えられるのが普通であるが、その適用に当っては、次の事項に留意する必要がある。

i) 使用深さ

使用深さは、ボーリングの深さに応じて任意であるが、20m前後以上の深さになると、種々の影響があるのでN値を「道路橋示方書(IV)下部構造編」により補正評価しなければならない。

ii) 間 隔

試験の深さ方向の間隔は、最低50cmから任意に得られるが、適切な間隔を計画する必要がある。

結果の利用

測定N値から、表10-4、図10-3、図10-4に示すような土の性質等を推定および判別することができる。

表10-4 N値と砂と相対密度および年度のコンシステンシー

	N値	相 対 密 度	$D_r$		N値	コンシステンシー	$qu$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	砂	0～4	非常にゆるい		0.0～0.2	砂	2以下
4～10		ゆるい	0.2～0.4	2～4	やわらかい		0.25～0.5
10～30		中位の	0.4～0.6	4～8	中位の		0.5～1.0
30～50		密な	0.6～0.8	8～15	かたい		1.0～2.0
50以上		非常に密な	0.8～1.0	15～30	非常にかたい		2.0～4.0
				30以上	固結した		4.0以上

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.152)

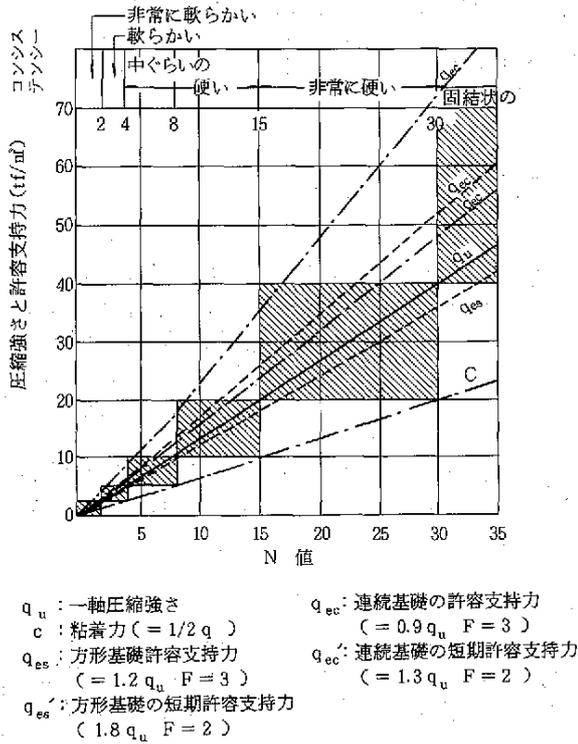


図 10 - 3 Nと年度のコンシステンシー，一軸圧縮強さ及び許容支持力との関係 (Terzaghi, Peck)

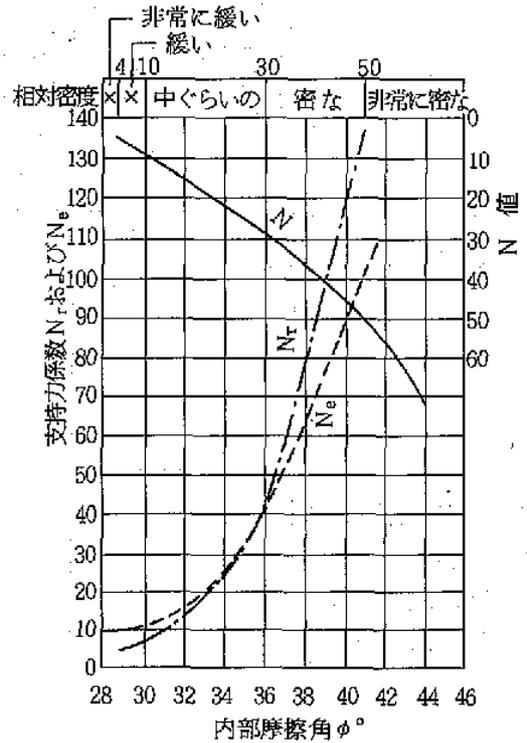


図 10 - 4 N値と砂の内部摩擦角φ及び支持力係数との関係 (Peck, Hanson, Thornburn)

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.152・153)

### サウンディング

サウンディングとは、パイプまたはロッドの先端につけた抵抗体を地中に挿入し、これを貫入、回転、引抜きなどの力を加えた際の土の抵抗から、土層の分布とその強さの相対値を判別する手段である。

なお、サウンディングの種類を選択の目安を、表 10 - 5 に示す。

表 10 - 5 地盤の状態とそれに適したサウンディング

地盤の土質	試料採取が必要な場合に適したサウンディングの種類	地盤の強度範囲に適したサウンディング			
		調査深さまたは貫入能力順位	サウンディングの種類	機 動 性 搬 出 入 の 難 易 そ の 他	
未知の地盤	標準貫入試験		標準貫入試験	ボーリング機械の搬出入を要す	ボーリング機械を必要とするが調査深さおよび貫入能力大。未知地盤に対する最初の調査手段としては無難で最適。
砂、礫を主体とする地盤 (N値に関係なく考えた場合)	同上	①	標準貫入試験	ボーリング機械の搬出入を要す	径の大きい礫を含む場合はN値の評価に注意を要する。
		②	土研式円すい貫入試験	搬出入容易	
		②	10tf用オランダ式二重管コーン貫入試験	搬出入難、アンカーの設置を要す	締まった砂礫・砂の連続貫入は困難ないしは不可能
		③	スウェーデン式サウンディング	搬出入容易	礫は貫入困難中位以上の締りの砂礫の連続貫入は困難か不可能
中以上の強さの砂、シルト互層および粘土地盤 $4 < N < 30$	同上	①	標準貫入試験	ボーリング機械の搬出入を要す	この種の地盤では広い適合性を持つ
		②	10tf用オランダ式二重管コーン貫入試験	搬出入難、アンカーの設置を要す	非常にかたいシルト粘土の連続貫入は困難か不可能
		②	三成分コーン貫入試験	搬出入やや難、アンカー設置を要す	〃
		③	土研式円すい貫入試験	搬出入容易	N値の15以上の砂、かたいシルト・粘土の連続貫入は困難か不可能
		③	2tf用オランダ式二重管コーン貫入試験	搬出入やや難、アンカー設置を要す	N値の10以上の砂、かたいシルト・粘土の連続貫入は困難か不可能
		③	スウェーデン式サウンディング	搬出入容易	N値の10以上の砂、かたいシルト・粘土の連続貫入は困難か不可能

地盤の土質	試料採取が必要な場合に適したサウンディングの種類	地盤の強度範囲に適したサウンディング			備考
		調査深さまたは貫入能力順位	サウンディングの種類	機 動 性 搬 出 入 難 易 そ の 他	
中以上のやわらかいシルト粘土地盤 $2 < N < 4$	同 上	①	2 tf用オランダ式二重管コーン貫入試験	搬出入やや難, アンカー設置を要す	調査深度がおよそ10m以上の場合はこれらがよい。この種の地盤に対しては貫入能力の差異はあまりない。地盤の強さの相対分布を調べる目的ではオランダ式の方がよい
		①	三成分コーン貫入試験	搬出入やや難, アンカー設置を要す	
		①	スウェーデン式サウンディング	搬 出 入 容 易	
		②	ポータブルコーン貫入試験 (二重管)	搬出入極めて容易	
非常にやわらかいシルト, 粘土, ピートからなる地盤 $N < 2$	同 上	①	2 tf用オランダ式二重管コーン貫入試験	搬出入やや難, アンカー設置を要す	調査深度がおよそ10m以上の場合は①がよく, 以下の場合は②でもよい。地盤強さの相対的分布を調べる目的ではコーン貫入試験の方がよい。地盤強さを評価する場合はロッドの自重と周面摩擦 (単管の場合) を修正する必要がある。
		①	三成分コーン貫入試験	搬出入やや難, アンカー設置を要す	
		①	スウェーデン式サウンディング	搬 出 入 容 易	
		②	ポータブルコーン貫入試験 (二重管, 単管)	搬出入極めて容易	

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.145)

#### 4. 土質試験

土質試験は, 大別して土の判別分類のための試験と土の力学的特性を求める試験に区分することができる。また試験法は, ほとんどのものがJIS, その他で規格化されている。

##### 1) 判別分類のための試験

土の判別分類のための試験の主な目的は, 土の固有の性質を求め, これを用いて土を大きく判別分類して, 土の持っている概略の性状を把握することであり, その試験項目を表に示す。

表 10 - 6 土の判別分類のための試験

試験の名称	試験結果から求められるもの	試験結果の利用	試験の規格
土の基本的性質の試験 含水量の測定 湿潤密度の測定	含水比 $\omega$ 湿潤密度 $\gamma_r$ 感想密度 $\gamma_d$	土の締固め度の算定	JIS A 1203
土粒子の比重の測定	土粒子の比重 $G_s$ 間げき比 $e$ 飽和度 $S_r$ 空気間げき率 $U_a$	粒度, 間げき比, 飽和度, 空気間げき率の計算	JIS A 1202
相対密度の測定	最大間げき比 $e_{max}$ 相対密度 $D_r$	自然状態の粗粒子の安定性の判定	
粒度試験 ふるい分析 沈降分析	粒径加積曲線 有効径 $D_{10}$ 均等係数 $U_c$	粒度による土の分類, 材料としての土の判定	JIS A 1204
コンシステンシー試験 液性限界の測定 塑性限界の測定	液性限界 $\omega_L$ 塑性限界 $\omega_P$ 塑性指数 $I_P$	塑性区による細粒土の分類 自然状態の細粒土の安定性の判定	JIS A 1205 JIS A 1206

2) 力学的特性を求める試験

土の力学的特性試験は, 設計に直接必要な土の定数を求めるためのものであり, その試験項目を表 10 - 7 に示す。

表 10 - 7 土の力学的性質を求める試験

試験の名称	試験結果から求められるもの	試験結果の利用	試験法の規格
せん断試験 直接せん断試験 (一面せん断試験)	内部摩擦角 (せん断抵抗角) $\phi$ 粘着力 $C$	基礎, 斜面, 擁壁などの安定の計算	JIS A 1216
一軸圧縮試験	一軸圧縮強さ $q_u$ 粘着力 $C$ 鋭敏比 $S_r$	細粒土の地盤の安定計算 細粒土の構造の判定	
三軸圧縮試験	内部摩擦角 (せん断抵抗角) $\phi$ 粘着力 $C$		
圧密試験	$e - \log p$ 曲線 圧縮係数 $\alpha_v$ 体積圧縮係数 $m_v$ 圧縮指数 $C_c$ 透水係数 $k$ 圧密係数 $C_v$	粘土層の沈下量の計算 粘土の透水係数の実測 粘土層の沈下速度の計算	JIS A 1217
透水試験	透水係数 $K$	透水関係の設計計算	JIS A 218
締固め試験	含水比-乾燥密度曲線 最大乾燥密度 $\gamma_{dmax}$ 最適含水比 $W_{opt}$	路盤および盛土の施工方法の決定 ・施工の管理・相対密度の算定	JIS A 1210
CBR試験	CBR値	たわみ性舗装厚の設計	JIS A 1211

## 5. ボーリング

### 1) 概 説

土質調査は、試料の採取、観察、土質試験または原位置試験を行って地盤の工学的特性に関する指標を得る重要な手段である。

土質調査におけるボーリングは、次の目的で行われる。

ボーリングの操作によって試料を採取する（コアボーリング）……主に岩のボーリング

サンプラーによる試料採取や原位置試験を行うための孔をつくる……主に土のボーリング

### 2) 適 用

ボーリング試験とその特徴

道路の土質調査に多く用いられているボーリング方法の特徴をまとめると、表10-8となる。

表10-8 代表的なボーリング方法の特徴

方 法		特 徴	孔 径	対象地盤
ハンドオーガ ボーリング		機械および操作は簡単だが適用土質、掘削可能深さの制限があり非常に浅い調査に適する。	100mm～150mm	礫、玉石、地下水 面下の砂を除く一 般 土 砂
ロータリー ボーリング	ファイ ン ド 式	ハイドリックフィード型に比較して機械は計量簡便で小回りがきく、地盤調査に最も多く用いられる方法である。	60mm～150mm	一般土砂および 軟 岩
	ハイ ド ロ ー リ ッ ク 方 式	機械重量は大きいが強力。 岩盤、深い掘削に適する。		孔内で行う作業によって 異なる

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.168)

ボーリングの目的、対象土質とボーリング機械、方法の選択

ボーリングの目的や内容、対象となる土質などに対して、適した機械や器具、方法などは、表10-9を標準とする。

表 10 - 9 目的・内容・対象土質に対するボーリング機械と方法

土質	区分	ボーリングの目的・内容	適したボーリング機械	ビット	コアチューブ パレル	循環液の 使用	備 考
土	浅いボーリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>弾性波探査の発破孔の設置</li> <li>路線、土取場などの概略調査</li> <li>浅い位置の乱した試料採取</li> <li>浅い位置にある地下水位確認（5～10m以内）</li> <li>既設道路の路床、盛土の調査</li> <li>地下水位以上にある中位の締めり以下の砂質土のボーリング（5m以内）</li> <li>やわらかい～中位のコンシステンシーの粘性土のボーリング（5～10m以内）</li> </ul>	ハンドオーガ	-	-	-	この孔を利用して、サンプラーによる乱さない資料採取や原位置試験を行うこともできる
	一般のボーリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>比較的深い位置にある地下水位確認（5～10m以上）</li> <li>地下水位以上の土の自然含水比状態の資料採取</li> </ul>	ハンドフィード方式ロータリー（ハイドロリックフィード方式ロータリー）	メタル	シングル	使用せず	同 上
		<ul style="list-style-type: none"> <li>サンプラーによる資料採取および原位置試験を行うためのボーリング</li> </ul>	ハンドフィード方式ロータリー（ハイドロリックフィード方式ロータリー）	メタル	シングル	泥水使用	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>コアボーリング</li> </ul>			ダブルまたはシングル	泥水使用 ※または使用せず	※シングルコアチューブパレルを使用するときは泥水を使用せず。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>玉石層のボーリング</li> <li>揚水試験井戸など比較的径の大きいボーリング※1</li> </ul>	ハイドロリック方式ロータリー	メタル	シングル	泥水使用 ※2または使用せず	※1馬力の大きいものがよい。※2揚水試験対象層では泥水を使用しないのが望ましい。	
岩	風軟化岩	<ul style="list-style-type: none"> <li>コアボーリング</li> </ul>	ハンドフィードまたはハイドロリックフィード方式ロータリー	メタル	ダブル	泥水使用	
	中硬岩	<ul style="list-style-type: none"> <li>コアボーリング</li> </ul>	※1 ハンドフィードまたはハイドロリックフィード方式ロータリー	※2 メタルまたはダイヤモンド	※3 シングルまたはダブル	※4 泥水または水使用	※1ダイヤモンドビット使用のときはハイドロリックフィード方式。※2きれつが多い岩ではメタルがよい。※3きれつで緻密な岩ではシングルでもよい。※4ダイヤモンドビット使用の場合は水の方がよい。
	硬岩	<ul style="list-style-type: none"> <li>コアボーリング</li> </ul>	ハイドロリック方式ロータリー	ダイヤモンド	シングルまたはダブル	水使用	きれつがなく緻密な岩ではシングルでもよい。

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.174・175)

3) 留意事項

現地踏査や物理探査などによって地質状態の概略を把握してから、さらに精度をあげるためにボーリング調査を実施すべきである。

したがって、その実施地点は弾性波探査の測線の交点、断層破砕帯や軟弱層などの存在が推定される位置、掘削量の多い地点などを選定する。

岩のボーリング

i) 岩のボーリングは、掘削状況の解析と採取したコアの観察によって、地下の地質状態を判別するものであるから、ボーリング位置の決定には特に留意すること。

ii) ボーリング孔径は、調査の目的によって選定すること。(原位置試験を実施する場合は、試験器のサイズによって決定される。)

土のボーリング

i) 土におけるボーリングは、サンプラーによる試料採取や原位置試験を所要の深さで行うために計画されるのが一般的であるため、この種のボーリングにおける留意事項を、表10-10に示す。

表10-10 サンプルングおよび原位置とボーリング孔径

	サンプラーまたは試験名	孔径(mm)	留意点
サンプルング	固定ピストン式シンウオールサンプラー	86	各種の原位置試験を行った箇所の下でサンプルングする場合は、それらの試験による孔底付近の乱れをさける目的で試験最終深度により30cm以上再掘進を行う。またスライムは完全に除去する。
	デニソンプラ型	116	
原位置試験	ベーン試験	65	同上
	標準貫入試験	65	スライムの除去を行う。サンプルング後またはその直後でもよい。
	現場透水試験	65	孔底を利用する場合と孔周を利用する場合とあるがいずれの場合も粘土水を使用することは好ましくない。使用した場合は清水でよく洗浄すること。
	地下水位測定	65	
	電気検層	*	孔壁の保持と泥水の調整
	横方向K値	*	

\* 使用する器具の型式による

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.182)

#### 4) 調査成果品の整理

調査成果品のボーリング柱状図、調査記録写真、コアー保管等の整理報告については、「地質調査資料整理要領(案)」(日本建設情報総合センター)等によりまとめることとする。

## 10-2 土質分類

### 土質分類

土質分類とは、現場における土の観察と判別結果や比較的簡単な土質試験によって調べた結果を、一定方式に従って同類の上に分類することができる。

この分類結果は、土の盛土材料としての良否、施工機種を選定、基礎地盤としての適正などの概略の判定に利用される。

#### 1) 土の分類法

土の分類は、日本統一分類法によって行うことを原則とする。

日本統一分類法は、土の比重、粒度、塑生限界、液生限界の試験等の結果を用いて分類する方法である。図10-5にその分類基準と分類名および分類記号を示す。

(a)は大分類、(b)はそれ以下の分類である。分類表(b)の最左欄すなわち分類記号が太字(ゴシック体)で表

される分類を大分類といい、左から2番目の欄で分類記号が{ }で表されるものを簡易分類、( )は中分類、最右欄( )のものを細分類と呼ぶ。

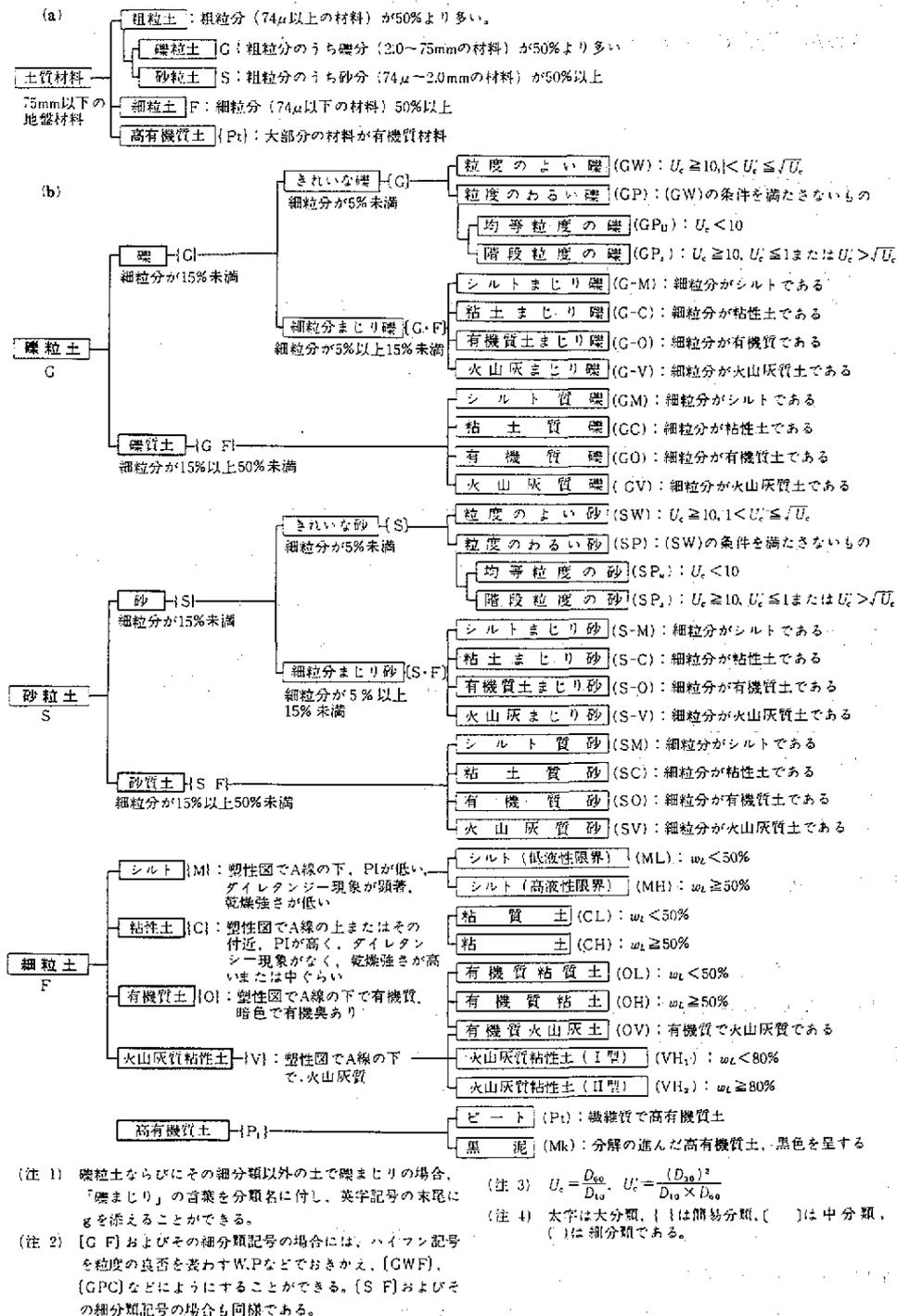


図10-5 土の分類基準と分類名

### 道路土工での土の分類

道路土工では、表10-11の簡易分類(現場の施工性に重点をおいた土の名称)が多く用いられており、必要に応じてさらに細かい分類である図10-5の細分類、あるいは大分類(太字)を用いる場合もある。

また、礫および砂については、粒径に応じて表10-12のように表現してもよい。

表 10 - 11 施工のための土の分類

名 称	説 明	摘 要	日本統一分類法による 上の簡易分類とその対応	
土	礫まじり土	礫の混入があって掘削時の能率が低下するもの	礫の多い砂, 礫の多い砂質土, 礫の多い粘性土	礫 {G} 礫質土 {GF}
	砂	バケツなどに山盛り形状になりにくいもの	海岸砂丘の砂 まさ土	砂 {S}
	普通土	掘削が容易で, バケツなどに山盛り形状にし易く空げきの少ないもの	砂質土, まさ土 粒度分布の良い砂 条件の良いローム	礫 {S} 砂質土 {SF} シルト {M}
	粘性土	バケツなどに付着し易く空げきの多い状態になり易いもの, トラフィカビリティが問題となり易いもの	ローム 粘性土	シルト {M} 粘性土 {C}
	高含水比粘性土	バケツに付着し易く特にトラフィカビリティが悪いもの	条件の悪いローム 条件の悪い粘性土 火山灰質粘性土	シルト {M} 粘性土 {C} 火山灰質粘性土 {V} 有機質土 {O}
	(有機質土)			高有機質土 {Pt}

注) 上表の説明は出現頻度の多いものについてのものであり, 土は特にその状態によって大きく変化するので注意すること

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.295)

表 10 - 12 礫および砂の粒径による表現

土 質 名	定 義 ま た は 説 明
粗 中 細 砂	ほとんどの粒子が "                   " "                   " "                   " かなりの砂分を含む礫
礫 ま じ り 粗 砂 細 砂	礫分を含む砂 ほとんどの粒子が "                   " "                   "

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.299)

道路土工での岩の分類

岩の分類は, 現在のところ確立した統一分類はなく, 各機関によってそれぞれ決められた分類法が用いられている。道路土工では, 一般に掘削の難易を目安として, 表 10 - 13, 表 10 - 14 (建設省制定) により分類を行う。掘削の難易を目安とした岩の分類ではリップパビリティ, 火薬使用量等により, 土砂, 軟岩, 硬岩などに分類するが, 岩の分類は工事費や工期に影響 (掘削の施工性は, 岩石の硬軟と節理等の割目の状態に最も左右されるため) を与えるので慎重に行わなければならない。

岩石の硬軟, 岩盤中の割目の状態などを調べるためには, 一般に次のような方法が用いられる。

- i) 現地踏査
- ii) ボーリング調査
- iii) 弾性波探査

表10-13 掘削の難易による岩の分類

名称		説明	摘要	日本統一土質分類法による土の簡易分類との対応
岩 ま た は 石	硬岩	きれつがまったくないか、少ないもの、密着の良いもの	弾性波速度 3,000m/sec以上	
	中硬岩	風化のあまり進んでいないもの(きれつ間隔30~50cm程度のもの)	弾性波速度 2,000~ 4,000m/sec	
	軟岩	固結の程度の良い第4紀層風化の進んだ第3紀層以前のもの、リッパ掘削ができるもの	弾性波速度 700~ 2,800m/sec	
	転石群	大小の転石が密集しており掘削が極めて困難なもの		
	岩塊・玉石	岩塊・玉石が混入して掘削しにくく、バケットなどに空けきのできやすいもの	玉石まじり土、岩塊破碎された岩 ごろごろした河床	

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.295)

表10-14 岩の分類表(建設省)

名称			説明	摘要
A	B	C		
岩	岩塊 玉石	岩塊 玉石	岩塊・玉石は粒径7.5cm以上とし、まるみのあるのを玉石とする。	玉石まじり土、岩塊破碎された岩、ごろごろした河床
	軟 岩	軟 岩	I 第三紀の岩石で固結の程度が弱いもの。風化がはなはだしく、きわめてもろいもの。指先で離し得る程度のもので、き裂間の間隔は1~5cmぐらいのものおよび、第三紀の岩石で固結の程度が良好なもの。風化が相当進み、多少変色を伴い、軽い打撃により容易に割り得るもの。離れやすいもので、き裂間の間隔は5~10cm程度のもの	弾性波速度 700~ 2,800m/sec
			II 凝灰質でかたく固結しているもの。風化は目にそって相当進んでいるもの。き裂間の間隔は10~30cm程度で軽い打撃により離しうる程度、異種の岩がかたい互層をなしているもので層面を楽に離しうるもの。	
	硬 石	中硬 岩	石灰岩、多孔質安山岩のように特にち密でないが、相当のかたさを有するもの。風化程度のあまり進んでいないもの。かたい岩石で間隔が30~50程度のき裂を有するもの。	弾性波速度 2,000 4,000m/sec
			硬 岩	I 花こう岩、結晶岩など全く変化していないもの。き裂間の間隔は1m内外で相当密着しているもの。かたい良好な石材を取り得るようなもの。
	II けい岩、角岩など石英質に富んで岩質がかたいもの。風化していない新鮮な状態のもの。き裂が少なくよく密着しているもの。			

(S61.11 道路土工 - 土質調査指針 P.296)