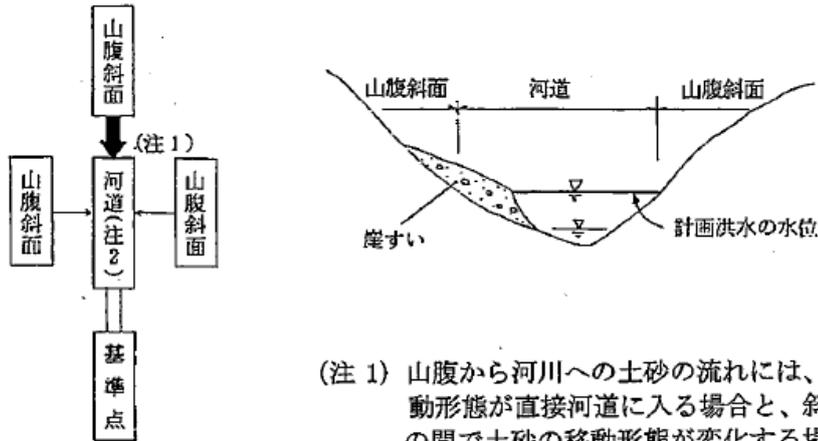


第7章 砂防調査

第1節 概説

砂防基本計画を策定する際には、対象とする流域の諸性質を把握し、かつその流域内で生ずる土砂の生産・流出現象を量的に予測する必要がある、砂防調査は、これら流域の諸性質や土砂の生産・流出を量的に予測するために必要である。

砂防調査の対象となる土砂の生産・移動現象を流域ごとに把握するために、まず流域を図1-7-1のように山腹斜面と河道とに分割する。



(注1) 山腹から河川への土砂の流れには、土砂の移動形態が直接河道に入る場合と、斜面と河道の間で土砂の移動形態が変化する場合がある。
 (注2) 河道は土石流区域と掃流区域とに分割される。

図 1-7-1

これらの場で生産される土砂の現象を表 1-7-1 に示す。

表 1-7-1

生産の場	卓越する営力	土砂生産源として土砂を存在させる現象	土砂生産現象	土砂移動現象
山腹斜面	風化力 重力 流水力	風化 地震 火山活動	崩壊 地すべり 侵食	崩壊・崩落 すべり 表面侵食
河道	流水力	山腹や上流河道からの移動現象	溪床堆積物の侵食 洗掘に伴う溪岸崩壊	崩壊 土石流 土砂流 掃流

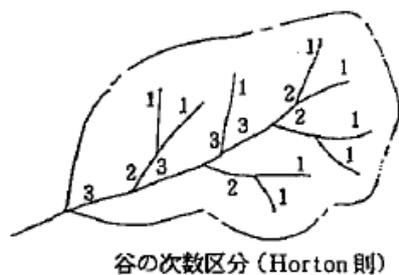
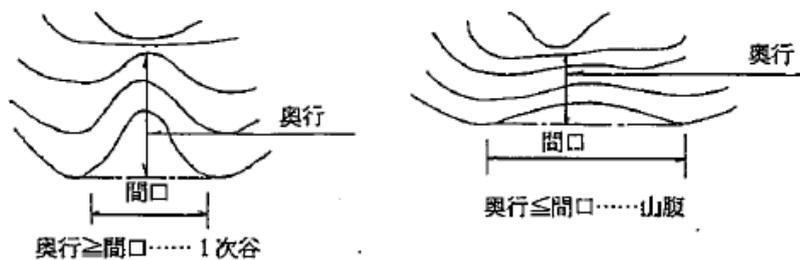
第2節 流域特性調査

2.1 地形調査

地形調査は流域の地形発達のステージを量的に把握し、流域における表層物質の情報を得るものである。

(1) 谷次数

谷次数は、次数ごとの崩壊土砂量や流出土砂量との関係を把握するときに利用する。又河道とは谷のはじまる地点から下流とすると、ある基準点からの河道長とは1次谷の最上流端までとなる。



(注) 同一の次数が合流して初めて谷次数が1次増す。

図 1-7-2

(2) 降水の流れ

流域内に降った雨は一部は蒸発し一部は浸透して残りが表面流として流出する。

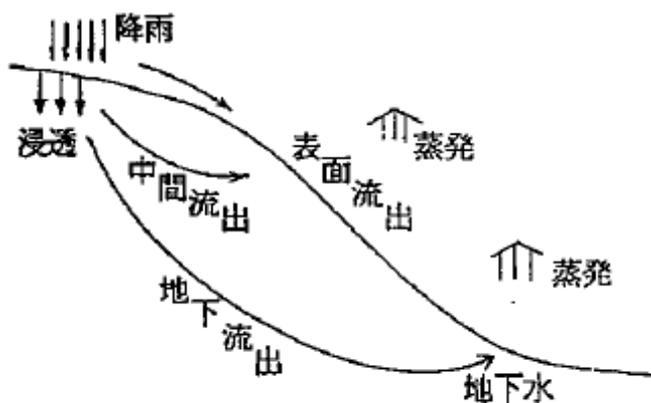


図 1-7-3

(3) 傾斜区分

傾斜は崩壊に関係する因子であるので、流域内にどのような勾配をもつ斜面がどのくらいあるかを知る必要がある。又、山腹の崩壊は傾斜角に関係するので把握しておく必要もある。

(4) 斜面形状

流水の集水のしやすさ、表層物質の下方への移動に関する因子である。一般的には縦断形状で区分する。形状には上昇（凸）斜面、下降（凹）斜面、平衡（直線）斜面、複合斜面がある。

豪雨型の崩壊が生じやすいのは、下降斜面、複合斜面といわれている。

(5) 河床勾配

流域の河道を一定の距離で区切りその間の河床勾配を調べる。これは土石流区域と掃流区域を区分したり、ある地点での土砂輸送能力をみるのに有益である。

土石流の発生は河床勾配が 15° （約 1/4）以上で多く、約 2° （約 1/30）付近まで土石流の流下の恐れがあることが判明している。

(6) 河床地形

河床は不安定土砂が存在している場の 1 つであり、これらを流域平面図において把握しておく、計画の際に大いに役立つと思われる。

- 段丘堆積物や河床堆積物等の分布と量
- 河床幅
- 河床に連続する斜面の地形（地すべり地形・崩壊地形・崖錐地形）

以上の調査がある。

2.2 地質調査（流域内）

(1) 流域の地質

流域の地質を調査し、どのような材料が移動可能土砂として生産されるかを調べるものである。

(2) 粒度調査

流域内の土砂の質的条件として、粒度分布を知ることが必要である。

2.3 植生調査

土砂の移動現象に対して、植生は 1 つの尺度となりうることから、樹種、樹高、年輪、根のまがり具合などを調査するものである。

2.4 既設工作物調査

既設工作物の諸元およびその効果を調査することにより、土砂の生産・流出現象の流域特性を把握するものである。

2.5 災害史調査

過去にどのような災害が発生したかを知ることは、今後の砂防施設計画に役立つ。又、被害実態および土砂の収支等を知ること、その後の砂防工事の施工順位を決定する有効な資料となる。

2.6 経済効果調査

流域内の資産や土地利用の実態、今後の開発計画等を調べ、砂防工事の効果を調べることは砂防計画上重要な調査である。

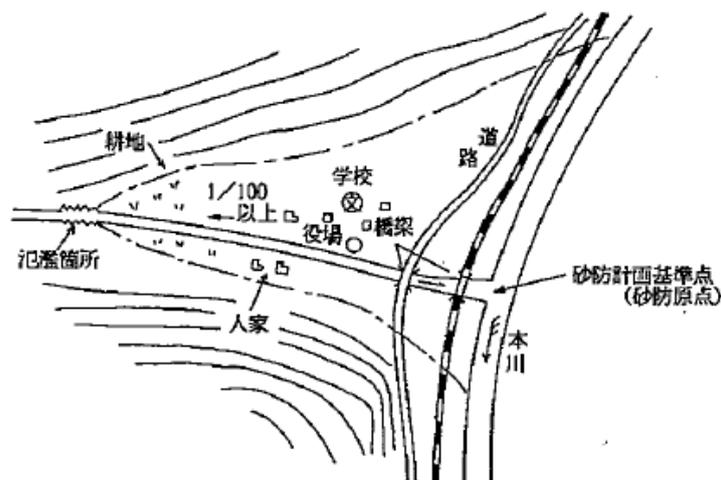


図 1-7-4 経済効果対象範囲（被害想定区域）の取り方

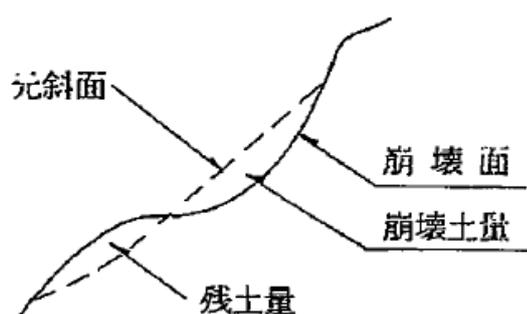
溪流の勾配がおおむね 1/100 の地点より上流部か、氾濫した場合に被害を受ける恐れのある区域（上図の例では一点鎖線と本川に囲まれた区域）とし、その区域内の人家・耕地・官公署・鉄道・道路等を調査する。

第3節 崩壊地調査

3.1 崩壊現況調査

流域内の全崩壊地について、踏査実測し崩壊の状況と土砂生産に関係する諸元を調査し、現況における崩壊残土量と将来における拡大生産見込土量とを推定するものである。

調査項目は、崩壊規模・位置・勾配・地質・形状・土砂量等である。これらの調査から崩壊土砂量の予測をする。



$$\begin{aligned} & \text{※崩壊面積} \times \text{崩壊平均深} = \text{崩壊土量 (A)} \\ & \text{残土面積} \times \text{残土平均深} = \text{残土量 (B)} \\ & \text{(A)} - \text{(B)} = \text{流出土砂量} \end{aligned}$$

図 1-7-5 元斜面の設定

3.2 崩壊拡大調査

本指針第1編第7章3.1の調査資料を参考にし、かつ現地を眺めて崩壊がどれだけ拡大するかを検討し、その場合に生産される土砂量を推定する。

3.3 裸地の生産土砂量調査

裸地からの生産土砂量の測定は、測定区域を2~3mメッシュの測線を設定し、その交点に杭を打ち込み、前回測定値と今回測定値の「出」の差を求め、その杭の分担面積を乗じ、更に区域を集計して生産土砂量を求める方法と、調査地末端に適当な「マス」をおいて、ある期間の生産土砂量を把握する方法とがある。

3.4 地すべり性大規模崩壊調査

対象流域内における地すべり性大規模崩壊が発生する地形・地質条件のある土地に着目して調査し、生産見込土砂量等を推定するものである。

第4節 河床変動調査

調査対象区間内に一定の間隔で測定の基準杭を設置して、河床の横断および縦断測定を実施して、河床の変動状況を把握する。

測定は年1回程度を目安とするが、大出水の後には、測定を実施することが望ましく、一方変動の状況によっては数年に1回でもよい。

横断の測線の間隔は200～500mが一般的であるが、えん堤堆砂地内は50～100mで実施されている例が多い。また支川の合流点や勾配変化点などは間隔にこだわらず測点とすることが望ましい。

第5節 流出土砂量調査

5.1 砂防えん堤を利用する調査

適当な箇所に調査えん堤が得られる場合には、えん堤への流入土砂量を測定してその地点における流出土砂量を求めるものとする。未満砂えん堤における調査は、測定時期を選択することにより1洪水流出土砂量及び平均流出土砂量のいずれも求めることが可能で、流出土砂量推定方法として最も望ましい。

流出土砂量を求めようとする流域の最上流部にあるえん堤で、2時期に堆積土砂の測定を行い、その差をもって期間の流入土砂量、すなわち流出土砂量とする。

5.2 流域の特性値による調査

調査しようとする流域の特性が、いわゆる流出土砂量算定式の適合度の高い条件に合致する場合には、流出土砂量算定式による流出土砂量の推定を行うものとする。

第6節 土石流調査

6.1 土石流発生危険調査

ある溪流において土石流が発生するかどうかを知ることは、砂防計画上重要なことである。土石流発生メカニズムはいまだ解明されておらず、各溪流の特性によるところが大きいとされているが、土石流発生に最も関係していると思われる要因としては次の各項がある。

溪床勾配、溪床堆積物の有無、地形・地質、流域面積、溪床堆積物の質（とくに粒径）、降雨量などである。

各要因の調査方法については以下のとおりである。

(1) 溪床勾配

200m間隔程度の簡易測定もしくは1/5,000～1/10,000地形図からの読み取りによって求める。土石流との関係は表1-7-2のようである。

表 1-7-2 溪床勾配の区分（ θ ：溪床勾配）

区 分	参 考
$0^\circ \leq \theta < 2^\circ$	土石流堆積区間
$2^\circ \leq \theta < 10^\circ$	土石流、土砂流堆積区間
$10^\circ \leq \theta < 15^\circ$	土石流流下堆積、土砂流流下区間
$15^\circ \leq \theta < 20^\circ$	発生区間、流下区間
$20^\circ \leq \theta$	発生区間

(2) 地形・地質

次の各項に着目して調査を実施する。

- 地質条件
- 常時湧水箇所
- 比較的規模の大きい崩壊履歴
- 新しいき裂、滑落崖

地質条件については、表土層の発達している地帯、風化岩や崩積土層の地帯、火山岩層地帯、火山灰地帯、破碎帯地帯などにおいて土石流の発生の危険があるとされている。

6.2 土石流流動調査

土石流の流速、波高、流下幅などの調査は、砂防計画に必要不可欠な調査であるが、現地においては、ある特殊な地帯以外では、動態の調査は難しい。

そこで土石流が発生してから調査をすることになるが、現地調査で判明する事項は、次のようである。

(1) 流速

現地で目撃者から聞きとりをして推定する。しばしば土石流発生時には異常現象が生じているので、これらの発生した時間と、土石流が住家地域に到達した時間を確認して平均流速を求めることができる。

(2) 波 高

橋などの被害状況から、災害前の河床と橋桁までの高さを調べることにより波高を推定する。直線部では痕跡から求められることもある。

(3) 流下幅

災害後の河幅を調査することによって推定する。

第7節 砂防施設設計のための地質調査

7.1 目的と調査項目

砂防えん堤の計画地点や堆砂予定地における地形・地質を的確に把握することは、砂防施設の計画・設計・施工の面において重要なことである。このため、地質の地表踏査、えん堤計画地点のボーリング調査、物理探査、物理試験等を実施し、えん堤計画に係る全体の地質平面図えん堤サイトの地質断面図、物理特性図等を作成し、地すべり、崩壊地、支浜、植生、既設工作物、露岩、溪流の流向、地形の傾斜等を地形図から、岩質および地質構造、断層、破碎帯風化、層理、クラック、透水性、地下水位等を地質図や物理特性図から情報として得る必要がある。

(1) 15m 未満のえん堤

えん堤の高さが15m 未満のフローティングえん堤では、一般には過去の経験等から基礎地盤は必要以上の支持力が得られることが多いため地質調査を実施しないことが多いが、新規の堆積層や浜床等の構成材料の粒径が小さい所等では、特に基礎の支持力やパイピングに対する安全性等を確認するための調査を実施する必要がある。その他の調査も必要があれば実施してよい。しかし、これらの調査は、えん堤サイトを慎重に選定することが前提である。

鳥取県では、えん堤サイトで露岩が確認され、確実に基礎地盤が岩盤である場合を除き、必ず地質調査を実施するものとする。

(2) 15m 以上のえん堤

えん堤規模が相当大きな場合のえん堤サイトの地質調査は、地質構造等を正確に把握するため、えん堤サイト周辺にグリットを組み、ボーリング調査ばかりではなく、同時に物理探査等も実施した方がよい。

地質調査の方法と目的を下表に示す。

第7章 砂防調査

表 1-7-3 砂防えん堤地質調査の方法と目的

項目 調査方法	調査項目 または目的	調査内容	対応	成果品	摘要
1 踏査	えん堤計画の 可否判断	岩質および地質構造 断層、破碎帯、風化、段丘 岩質露出状況、層理、クラ ック、湧水		地質平面図 表層地質横断面図	
2 ボーリング (コア採取) (注入試験) (グラウトテスト)	支持力、不等沈 下 斜面のすべり 面 岩級区分 透水性 グラウトの注入状 況の確認	岩質、硬さ、風化程度、断 層 クラック、斜面の粘土層の 確認 C、φの調査 透水試験、ルジオンテスト 注入とその周辺のコアボー ーリング	コンソリデーシ ョングラウト 基礎の形状 抑止杭、PC アン カー工 ウォール工 排水工 カーテングラウト	ボーリング柱状図 すべり面図 透水係数図 ルジオンマップ、 グラウト孔配置 間隔の決定	径 66mm 以上、 深さは えん堤 高さの 半分以上
3 弾性波探査	岩級区分	風化、基礎掘削計画 断層、破碎帯	コンクリート置 換、コンタクト グラウト、コン ソリデーション グラウト、ブラ グコンクリート	弾性波速度図 地質横断面図	ボーリン グ調査 と併用 する
4 電気探査	透水層	地下水位		地下水位図	
5 横坑	原位置試験	岩石硬さ、クラック風化断 層、破碎帯、湧水漏水、未 固結層、岩盤強度試験、ブ ロック剪断試験		調査横坑（地質） 展開図	火薬使 用によ るゆる み除去 の必要 あり

7.2 調査範囲

(1) 15m 以上のえん堤の場合

15m 以上のえん堤の場合、次図に示すように、えん堤サイトに関しては、平面的には最終的に決められたえん堤中心線から、下流側はえん堤敷からえん堤高相当分の長さ、上流側はえん堤高の長さ深さはえん堤基礎からえん堤高の 1/2 以上がそれぞれ既知の地質条件となるように範囲を設定する。

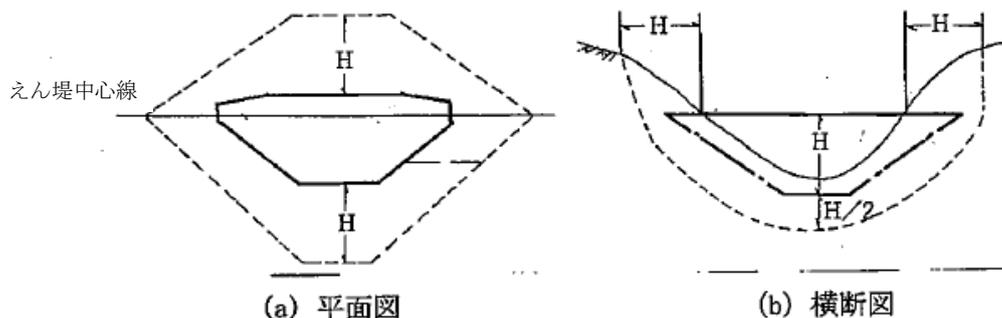


図 1-7-6 設計調査における調査範囲

(2) 15m 未満のえん堤の場合

15m 未満のえん堤の場合は、本堤のえん堤軸及び副堤の位置を調査する。えん堤基礎に近接して大規模な地質構造線や異なる岩質の境界（不連続面）が存在すると推定される場合などは必要に応じこれより外側まで調査し、工事や湛水によって発生することが予測される地すべりあるいは崩壊予想箇所についても、調査しておく必要がある。

7.3 岩級区分

表 1-7-4 岩級区分

class	岩 質
A	極めて新鮮な岩石で造岩鉱物は風化変質を受けていない。節理はほとんどなく、あっても密着している。色は岩石によって異なるが、岩質は極めて堅硬である。
B	造岩鉱物中、雲母、長石類およびその他の有色鉱物の一部は風化して多少褐色を呈する。節理はあるが密着していて、その間に褐色の泥または粘土は含まないもの。
CH	堅硬度、新鮮度はBとCMの間のもの
CM	かなり風化し、節理と節理に囲まれた岩塊の内部は比較的新鮮であっても、表面は褐色または暗緑黒色に風化し、造岩鉱物も石英も除き、長石類その他の有色鉱物は赤褐色を帯びる。節理の間には、泥または粘土も含んでいるか、あるいは多少の空隙を有し、水滴が落下する。岩塊自体は硬い場合もある。
CL	CMより風化の程度がはなはだしいもの。
D	著しく風化し、全体として褐色を呈し、ハンマーで叩けば容易に崩れる。更に風化したものでは、岩石は破状に破壊されて、一部土壌化している。節理はむしろ不明瞭であるが、ときには岩塊の性質は堅硬であっても、堅岩の間に大きな開口節理の発達するものも含まれる。

表 1-7-5 岩級区分の細部判断要素

区分要素	現 象	class
堅 硬 度	ハンマーで火花が出る程度	A、B
	ハンマーで強打して1回で割れる程度	B、CH、CM
	ハンマーで崩せる程度	CM、CL、D
割れ目の間隔	50cm 以上	A、B
	50~15cm	CH、CM、CL
	15cm 以下	CM、CL、D
割れ目の状態	密着し割れ目に沿って風化の跡がみられない。	A、B、CH
	密着、割れ目に沿って多少風化変質し、その面に薄い粘土物質が付着する。	B、CH、CM
	小さな(2cm)程度空隙を有する割れ目が発達しているか、あるいは割れ目に沿ってかなりの幅をもって風化変質し、割れ目には粘土物質を介在する。	CM、CL
	開口状	CL、D

7.4 ボーリング調査

(1) ボーリング調査の目的

ボーリング調査は、地質調査の中でも最も重要なものであり、地質調査の精度を高め、岩種、硬さ、風化変質の程度、断層、破碎帯、き裂の多少を調査し、室内試験用供試体を採取しあるいは諸種の孔内試験を行うために、また、地表踏査や物理探査などを組み合わせて岩石や地層の空間広がりを確認するためにボーリング調査を行う。標準貫入試験やベーン剪断試験のような現位置試験や、間隙水圧計等の埋設のためにも行われる。

(2) 調査位置

次図に示すように、本堤には河床部（中心）1ヶ所、左右両岸袖部は各1ヶ所、垂直壁（副堰堤）の河床部（中心）に1ヶ所程度の配置を標準とし必要に応じ追加する。

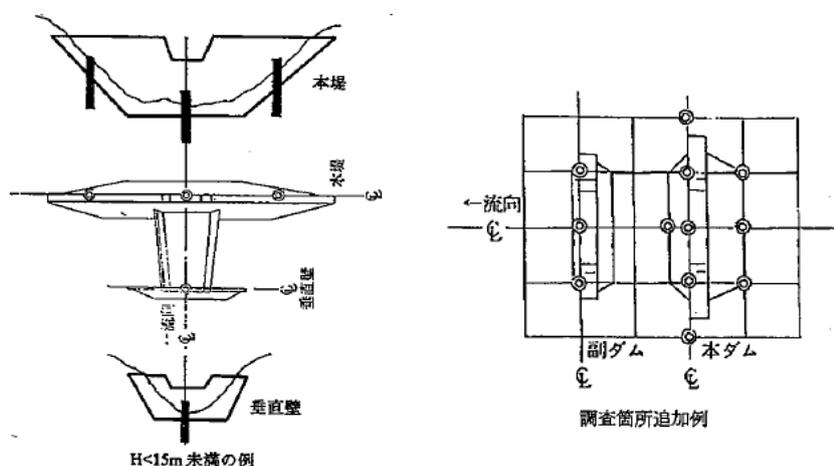


図 1-7-7 ボーリングの配置

7.5 ボーリングコアによる岩級区分の例

表 1-7-6 ボーリングコアによる岩級区分

分 類	細区分の組合せ	摘 要
A	A-I	割れ目は新鮮
B	A-II (A-I)	
C	C _H	割れ目は密着状 ～開口状
	C _M	
	C _L	
D	Cクラスの全部の組合せ	割れ目開口状
E	表層堆積物	
F	断層・破砕帯	粘土を伴う

細区分の A、B、C と I～VI は次のとおりである

○風化、硬さ

- A：新鮮、堅硬
- B：やや風化、やや軟質
- C：非常に風化、非常に軟質

○ボーリングコアの形状

- I：棒状 10cm 以上
- II：やや完全 10～5cm
- III：半壊 5～3cm
- IV：細壊 3～1cm
- V：粉状 1cm 以下
- VI：粘土状

7.6 地盤の平板載荷試験

15m 未満のフローティングえん堤において、地盤の支持力があるかどうかの判断に必要な試験で、構造物が設けられる状態とできるだけ同じ状態の試験地盤を選定して行うものとする。

7.7 基礎岩盤（地盤）の評価

基礎岩盤の評価を以下に示す。

(1) 地質的不連続面

岩石あるいは岩盤は初生的な異方性（ある方向に分離しやすくなったり、すべりやすくなったりする性質）を持つが、二次的にも、小さいものから順に、構成物質のへき開、ヘアークラック、割れ目（きれつ、節理）、しゅう曲、断層及び構造破砕帯と種々の破壊が生じている。これらはすべて大なり小なり地殻運動に関係して生じているものであり、岩石は当然の結果として、二次的变化を受け、機械的、物理的破壊を生じている。

① 鉱物のへき開

岩石を構成する鉱物には機械的打撃によって特定の面で破壊する性質を持つものが多い。

そのような性質をへき開といい、割れた面をへき開面という。これは鉱物の結晶を形づくる原子の結びつきで強い面と弱い面とができていることにもとづく。へき開性の著しい鉱物は概してもろい。圧砕をうけた花崗岩は鉱物粒子にも細かいひび割れが生じて砂状あるいは粉状に崩れることが多いが、これもへき開の性質が寄与していると考えられている。割れ目の面がほぼ密着しているが、細く糸状に縁が切れているのをヘアークラックと呼んでいる。

② 割れ目

一般に割れ目という語に「割れ目」「節理」「きれつ」「ひび割れ」を包含させている。節理は成因的に理由のつきやすい比較的規則正しいもの、きれつは不規則なもの、割れ目はその総称、割れ目の発生する原因は火山岩（安山岩など）では急速に冷却する際の冷却節理がまず考えられるが、一般の岩石では岩盤に生じた圧縮および引張応力によって発生したと考えられる。均質、等方に近いものであれば、規則的な形で発生するが、前述のように岩石には、初生的不均質性および異方性が存在するので、弱い面や方向の影響と、応力の大きさ・方向との複雑な組合せになり、模式的な方向性、規則性を生じない場合が多い。さらに地質現象は長年月の間に行われたものの積み重ねであるから、時代によって応力や岩盤状況も異なるので、ますます複雑になる。しかし岩盤の性質を問題にするときに、やはりこの割れ目の方向性、頻度、規模、面の延長、面の状態（凹凸、カーブ、雑物の有無）がもっとも注意されるべき重要な要素である。風化現象も割れ目から進行して行くので、割れ目の状況をしっかり把握しておく必要がある。

③ しゅう曲

地殻運動のさい強大な水平応力が徐々に岩石に加わると、大きなマスのまま岩石は変形しはじめる。とくに層理の発達した堆積岩や、片理のみえる変成岩では、岩石の初生的構造が乱されて、地層が曲っている現象を見受けることが多い。このような岩石の変形、地層の乱れをしゅう曲という。

応力が徐々に高まり、それに対し連続的な変形で抗しきれなくなると、せん断が起り、割れ目が発生し、そこで応力が開放状態になる。さらに応力が著しくなると断層に発展する。

④ 断層

断層はある面を境として、両側の地層が相対的に移動したものである。そして、その際に、岩石が破碎されて生じた断層粘土または角礫が介在しているものが多い。

断層は工学的には一般に次の性質を持つものである。

- (a) 周囲にくらべて非弾性的
- (b) 強さが小さい
- (c) 周囲にくらべて透水性が大きい

断層の周囲には割れ目などが多いのが普通であるが、これによって上の性質はさらに助長される。断層によって破碎された部分や割れ目に熱水鉱液や温泉、噴気などが上昇して周囲に変質を生じた場合にシームと呼んでいる。シームは粘土物質を有している場合がほ

とんどである単純な断層よりもえん堤基礎等では有害な場合が多い。

⑤ 構造破砕帯

断層は単独で一本のみ存在するという事はむしろまれで、普通何本かの断層が集まって、大きくみると全体として破砕帯をなしていることが多い。実際問題では、構造物の大きさと破砕帯の大きさとの関係、および構造物と破砕帯の位置関係によって、全体として一本の断層と同様に扱われたり、個々の断層ごとに別個に取り扱われたりしている。

(2) 風化と変質

① 物理的風化

物理的風化とは、化学組成や鉱物組成がほとんど変化することなく単に細かく破壊分離される現象をいう。寒冷地や異常乾燥地においては、主として物理的風化が顕著にみられるが、湿潤な温帯、熱帯では少なく、また化学的風化とあいともなって進行する。

物理的風化の中では、気温、氷霜、水酸化物が生成される場合に発生する圧力、植物の根の成長による割れ目の増大、飛砂や氷河による削剥等がある。

② 化学的風化

岩石が化学変化をおこし、あるいは化学組成の変更を行って分解していくことであり主なものは溶解作用、硫化作用、水酸化作用、炭酸塩化作用等である。

こちらは主として水、炭酸ガス、酸類によって行われる。

7.8 ルジオンテスト

(1) 目的

ルジオンテストは、えん堤の基礎岩盤の透水性を評価するために行う。

えん堤の基礎岩盤からの漏水は貯水効率を低下させるだけでなく基礎および堤体の安全にかかわる重要な問題である。したがって基礎岩盤の透水性を把握する必要があるが、えん堤サイトにおける透水性は一般にルジオンテストによって調査され、岩盤の透水性はルジオン値で評価されている。

ルジオンテストにより評価された透水性等はえん堤の位置の選定、掘削線の決定、グラウチングの計画およびクラウチングの結果の判定等に用いられる。

なお、ルジオンテストは一般に硬い岩盤の透水性の調査に用いられるものであり、ダルシーの法則が適用できるような未固結層や軟岩・風化岩など均質で多孔質岩と見なせる岩盤の場合には透水係数を求めるための種々の透水試験方法もあわせて実施されている。

(2) 方法

ルジオンテストは、岩盤の透水性を評価するためにボーリング孔に水を圧入して行う。

ルジオンテストはボーリング孔に水を注入する方法、すなわち透水試験における一種の圧入法で、注入圧力と注入量の関係からルジオン値を求め、岩盤の透水性を評価する試験方法である。

ルジオン値 (Lu) は注入圧力 10kgf/cm^2 のもとで試験孔長 1m 当りの毎分の注入量 (l/min)

第7章 砂防調査

を表わしたものである。すなわち、

$$1Lu=1\text{ l/min/m}/10\text{ kgf/cm}^2$$

(注) 実施にあたっては「ルジオンテスト技術指針・同解説」昭和59年6月国土開発技術センター編を参照されたい。