

1. 硬岩の特性

硬岩の物理特性を、岩盤のミクロな構造からマクロな構造、地質学的な時間経過、人工的な地盤の改変の3つの観点から見ると次のようになる。

- ① インタクトな岩石としての性質
- ② 節理、層理、片理などの岩盤の生成過程で生じる分離面の影響
- ③ 地殻応力やマグマの活動によって形成された断層、シャーゾーン、熱水変質帯などの弱層の影響
- ④ 重力作用や気象作用による地表付近の緩みや風化の影響
- ⑤ 掘削による緩みの影響

硬岩をダムの基礎とする場合、これらの因子を考慮して適切なダム型式、ダム軸、ダム形状を選定するとともに、ダム堤体および基礎岩盤の安全性が確保されるように種々の対策工を講じなければならない。

2. 耐荷性に関する課題と対応

硬岩基礎においては、ダムの耐荷性にとってインタクトな岩石の性質が問題となることはなく、①種々の硬岩に普遍的に見られる断層破砕帯、②砂岩、頁岩の互層などに見られるシャーゾーン、③花崗岩などに見られるシーティングジョイントなど、種々の要因で生じた不連続面や大規模な弱層が問題となる。以下、不連続面や弱層に対する設計上の課題とその対応について述べる。

1) 重力式コンクリートダムにおける下流上がり低角度断層

下流上がりの低角度断層（シャーゾーン、節理なども含む）は重力式コンクリートダムの力学的な安全性（滑動）にとってしばしば問題となる。その影響度は断層の連続性、強度、堤体との3次元的な位置関係によって大きく異なるが、その対応としては、ダムの座取りによって断層を避ける、掘削除去する、コンクリートで置き換える、フィレットの採用などダムの形状で対処するといった方法が採られている。以前には、ダウエリングなどによる置換え工などが用いられた事例もあったが、最近では、ダムの座取りや堤体形状による対応が多い。

2) 重力式コンクリートダムにおける大規模な断層破砕帯

規模の小さな高角度断層は重力式コンクリートダムの安定性にとってあまり問題になることはないが、その規模（断層幅）が数m以上に達すると、ダムの力学的安定性（滑動、耐荷力）にとって問題となる。その対応としては、その影響を避けるようにダム軸を選定することが第一であるが、これを避けることができない場合には、フィレットの増厚、マッドコンクリートの採用などの方法が採られている。また、以前には、コンクリートピラーなどの置換え工を採用した事例もある。

3) アーチ式コンクリートダムにおける高角度断層

アーチ式コンクリートダムの場合、アバットメント付近に存在する高角度で上下流方向の走向をもった断層（シャーゾーン、節理なども含む）がダムの力学的安定性（滑動）にとって問題となる。また、このような断層切って下流側で地表面に抜ける断層が存在する場合、問題はさらに大きくなる。その対応としては、その影響を避けるようにダムの座取りや形状を採用することが第一であるが、これを避けることができない場合には、岩盤PS工、応力伝達壁、コンクリート置換え工などの方法が採用されている。

4) フィルダムにおける大規模な断層破砕帯

フィルダムは、基礎岩盤に作用する単位面積あたりの荷重が小さい、基礎岩盤の軽微な変形に追随できる堤体構造を有しているなどの特徴を有しているため、基礎岩盤の耐荷性に関する制約は少ない。しかし、大規模な断層破砕帯が存在する場合、堅岩部と断層部の変形性の差から堤体や底設通廊の不等沈下が問題となることがある。堤体の不等沈下が問題となる場合には大規模なコンクリート置換え工が必要になるが、底設

通廊の不等沈下が問題となる場合には通廊の継目間隔の縮小、トンネル型通廊の採用などの対応が採られている。

3. 遮水性に関する課題と対応

硬岩においては、ダムの止水設計にとってインタクトな岩石の性質が問題となることはなく、一般には、種々の要因で生じた岩盤内の割れ目が問題になる。割れ目は硬岩に普遍的に見られるが、ダムの止水設計上、特に問題となる割れ目の例として、①火山岩類や高溶結の火砕岩類に見られる冷却節理、②中古生代の堆積岩類などに見られる斜面部のクリープや緩み、③花崗岩などに見られるシーティングジョイントなどがあげられる。

また、硬岩中にはしばしば断層が発達している。粘土化した断層本体は一般に低透水性を示すが、その周辺の破碎部は高透水性を示すことが多く、このような場合、粘土化した断層本体にパイピングが生じる懸念が考えられる。

その他、硬岩中浸透経路の特殊な例として、石灰岩などの溶食空洞がある。しかし、石灰岩などの溶食空洞の存在を確実に把握することは極めて難しいため、このような地点はダムサイトとして避けることが一般的である。

以下、硬岩における止水設計上の課題について述べる。

1) カーテングラウチングの改良目標値

硬岩における浸透流は、主として岩盤中の割れ目を流れ、一般にパイプフローとして取り扱われる。また、開口性の割れ目では、時として極めて高い透水性を示すことがある。一般に、カーテングラウチングの改良目標値はコンクリートダムでは1～2Lu、フィルダムでは2～5Luとしているが、硬岩のグラウチングではこのような改良は比較的容易である。ただし、開口性の割れ目では、グラウチング中にグラウトのリークを生じたり、必要以上に遠方までグラウトが到達するなどの施工上の問題が生じることがある。このような場合、カバーコンクリートやカバーロックなどのリーク防止対策、高濃度のグラウトによる補助グラウチングなどが採用される。

2) カーテングラウチングの施工範囲

硬岩では、しばしば左右岸の地山が深部まで高透水性を示し、カーテングラウチングの施工範囲をどのように決定するかが問題となることがある。この場合、地下水位をカーテングラウチングの施工範囲の決定根拠とすることが多い。すなわち、地山の地下水位と貯水池の水位とが一致するところまでを止水範囲とすることが一般的である。また、浸透流解析を行って止水範囲を決定することもあるが、亀裂性岩盤における浸透流解析はいまだ研究段階の技術で、そのような設計は必ずしも一般的になっていない。

なお、地下水位が低い理由には、地山の透水性が高いことのほか、尾根が小さく地下水の供給が少ないこと、断層によって地下水の供給が阻害されていること、表土が薄く雨水の浸透が少ないことなどがあげられるので、水理地質学的な要因を十分に考慮して止水範囲を決定する必要がある。