

粗石コンクリート構造の砂防施設の内部特性と健全性評価

株式会社ニュージェック ○尾関信幸
筑波大学 西本晴男

1. はじめに

近年、砂防施設においても長寿命化対策が推進されている。特に施工年次の古い施設は、施工当時の技術を反映して、強度の低い施設もあり、重大な損傷や機能の喪失が危惧されている。

砂防関係施設点検要領（案）（国土交通省, 2014）は定期、巡視点検は目視点検を基本とする、としており、点検内容も目視で把握できる変状確認を中心に記されている。通常の施設点検も目視を中心に行われている。補修、改築等の対策が決まっている施設は、非破壊試験やボーリング調査が実施されることもあり、また、施設の健全性調査のために非破壊試験が実施されることもあるが、いずれも限定的である。

一方、概ね昭和 30 年以前に施工された施設は粗石コンクリートが多用されている。しかし施設点検や健全性調査・評価においては、一般的なコンクリートに対する手法が準用されている。

粗石コンクリート構造の施設は、施工時の技術や材料制約の関係で内部材料が脆弱なものがあり、しばしば損傷、被災を受けている。このようなことから粗石コンクリート構造の施設は内部調査が求められ、粗石コンクリートの特性を踏まえた評価が必要と考える。

本研究では、粗石コンクリート構造の砂防施設の内部構造の特性を明らかにしたうえで、砂防施設の健全度評価の方法について論じる。

2. 施工後長期を経た砂防施設の特徴

図-1 は各時期に記された技術書や工事誌等に記載の施工技術をまとめた砂防施設の施工技術変遷図である。

図-2 は、技術が十分に発展する以前に施工された粗石コンクリートの内部構造の模式図である。

粗石コンクリートは本来、粗石の周囲に十分なコン



図-1 砂防施設の施工技術変遷図
尾関・亀沢 (2014) からデータを増やして加筆修正

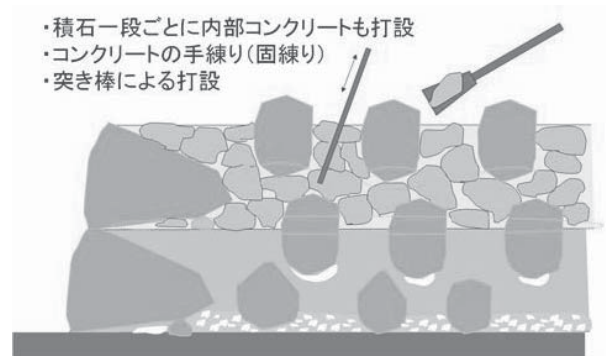


図-2 粗石コンクリートの施工状況と内部構造模式図

クリートが充填、密着して造る（例えば、田村, 1935）とされている。表面石材を1段積み上げるごとに1層打設するので、厚さ 30~60 cm 程度の打設層が積み重なって構成される。健全なコンクリートであれば、打設層境界は堅硬なコンクリートが密着、一体化しているが、しばしばコンクリートの不足や手作業によって充填が不十分なケース、特に打設層下部や粗石周囲で空隙、あるいは多孔質・脆弱となっているケースがみられる。特に打設層下部の多孔質・脆弱なコンクリートは水平方向に連続する傾向がある。粗石を多量に用いられた施設では、粗石間が密着し、粗石下部の空隙が連続することもある。このような施設はバイブレータ普及前の昭和 20 年代に施工された施設でしばしばみられる。

3. 特徴を踏まえた健全性評価の視点

粗石コンクリート構造の施設の損傷の多くは越流水による堤体コンクリートの剥離状の欠落である。剥離は多孔質脆弱部の層構造や打設境界の面的弱部、弱面で生じており、調査においては水平方向面的に分布する弱部、弱面の確認がポイントとなる。また、粗石周辺の空隙についても確認したい。

3.1 外観目視調査

石積や型枠コンクリートで覆われているため、外観目視調査では内部は把握しづらい。しかし、損傷等で内部が露出する場合には、損傷としての記載のみでなく、内部構造の情報取得のための観察が望まれる。観察事項は、多孔質・脆弱部の有無、打設層の密着状況、

粗石間の近接状況や空隙状況等で、後述のボーリング調査より状況把握が容易、正確である。

3.2 非破壊検査

打設層に相当する 30～60 cm 程度の水平方向の構造把握に対応した分解能が必要となる。

非破壊検査ではしばしば弾性波探査が用いられるが、層構造の効果を考慮して、測線のとり方を工夫する必要がある。尾関ほか (2015)は斜め透過と水平透過の測線の比較による評価を提案している。尾関らは水平透過が緻密・堅甲部のみを、斜め透過が多孔質・脆弱部を通過するとして、両者の差が大きいと層構造が顕著であることを示した。比較にあたっては、斜めと水平透過の速度差を斜め方向の鉛直距離で徐して正規化すると同一尺度で評価できる。

3.3 ボーリング調査

多孔質・脆弱部のコンクリート等ではしばしば掘削時に破砕角礫化などにより観察が困難なことも少なくない。このため、ボアホールカメラによる画像確認を併用することが望ましい。

ボーリングのコア観察は一般に地質調査の専門技術者が従事して、岩盤観察の着眼点で観察される。しかし、粗石コンクリートは、健全性に影響する打設層下部の多孔質・脆弱部、粗石周囲の空隙の確認が重要と考える。図-3に粗石コンクリートのボアホールカメラ画像を示す。観察においては、打設層境界を認定し、打設層上部下部の締固め状況（緻密・堅硬、多孔質・脆弱）、打設面の密着状況、粗石周囲の空隙、亀裂の有無について確認する。さらに、多孔質部や空隙を中心に水の通過痕跡を、亀裂については亀裂の形態などを確認することが必要と考える。

ボーリング調査時には、しばしば一軸圧縮試験等の室内試験が実施されるが、供試体として得られる部分は掘削時に破砕されない程度の強度を有する部分である。多孔質・脆弱部は通常、計測することはできない。本来ならば、多孔質脆弱部や堅硬な粗石を含む堤体マスとしての評価がなされるべきであるが、容易な試験手法が見当たらないのが現状である。なお、筆者らの経験では、柱状に採取された多孔質コンクリートの強度試験で、 3.24 N/mm^2 の計測例がある（尾関ほか、2010）。

4. おわりに

砂防施設では粗石コンクリートは、純コンクリートが普及される昭和 30 年代以前まで堤体材料として一

般的に採用されており、現在も多数の施設が現役砂防施設として機能している。

現在のコンクリートの基準（例えば、圧縮強度： 18 N/mm^2 ）で評価すると、多くの施設が NG となることが想定される。

通常の堤高 15 m 未満の重力式砂防堰堤の場合、安定計算における最大圧縮応力は 0.6 N/mm^2 程度以下であり、内部応力に対する抵抗材としては要求性能を満たすものも少なくない。ただし、上記してきた施設構造を踏まえると、表面保護材の欠損や土石流流体力等を受けた場合のせん断などが弱点となる。

これらの弱点は表面保護材の補強や緩衝材設置など予防的対策を行うことで克服でき、延命化できるケースも少なくないと考えられる。

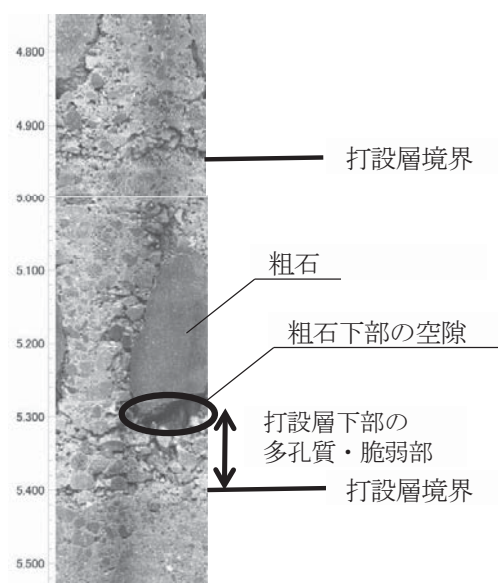


図-3 ボアホール画像からの観察ポイント

引用文献

- 国土交通省砂防部保全課 (2014) : 砂防関係施設点検要領(案). 138pp.
- 尾関信幸・亀澤奈央 (2014) : 砂防堰堤におけるコンクリートの施工技術の変遷. 平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集, B-404～B-405
- 尾関信幸・亀澤奈央・永野堅司・稲垣晴紀 (2015) : 弾性波探査における砂防堰堤の健全性評価手法の新たな提案. 平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集, A-228～A-229
- 尾関信幸 森俊勇 星野和彦 (2010) : 練石積砂防堰堤（粗石コンクリート構造）の特性と重点的な管理・補修施設の選定の考え方. 平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集, p306～207
- 田村義男 (1935) : 実践砂防講義. p193