

コンクリートダムにおけるクラック等の劣化が堤体の安定性に与える影響

独立行政法人土木研究所 正会員 岩下 友也 ○大舘 渉

1. はじめに

わが国のダム建設は1960年代から1970年代にピークを迎えており、これらのダムが今後完成後 50 年を迎え、老朽化に伴う機能の低下等の問題の発生が予想される。そんな中、ダム本体における各種劣化・損傷の将来的な進行度予測に関しては、研究段階にあるのが現状である。このことを踏まえ本研究において、実際のコンクリートダムにおける劣化事象の分析を行い、その内の特にクラックがダム本体の安定性に与える影響度分析を行った。

2. ダム本体の劣化・損傷事象の抽出

(1) 劣化事象の抽出資料

国土交通省が所管するダムでは、施工後 10～20 年、または前回実施後の 10～20 年を目安に総合的な安定性を確認する「総合点検」を実施している。本研究ではその総合点検より、ダム本体部の劣化事象を抽出することとした。なお、データは、総合点検を開始した昭和 59 年度～平成 22 年度まで実施した延べ 128 基のコンクリートダムの総合点検結果を対象とした。

(2) 劣化事象の抽出

近年の総合点検で使用されている評価指標に基づき、延べ 128 基のコンクリートダムの劣化事象を劣化の進行程度別に整理することとした。総合点検の評価指標は劣化事象を A,B,C の 3 段階に分け、評価 A は劣化が進み緊急の対応が必要なもの、評価 B は早急な対応が不要なもの、評価 C はそれらの間としている。各評価の指標を表-1 に示す。

評価区分毎にダム本体に生じた劣化事象を抽出し、内訳を図-1 に示す。同図より、評価 A では「漏水」、評価 B および評価 C では「クラック」、「漏水」による劣化事例が多い結果であった。なお、堤頂部（天端道路構造物）等は堤体の安定性に直接的影響が少ないことから、本検討の対象外とした。

3. 劣化がダムの安定性に与える影響の解析的検討

(1) 劣化事象の選定

総合点検の調査結果より、漏水及びクラック（水平打継目の劣化も含む）による劣化形態が最も多いことがわかった。これらの劣化事象のうち、漏水については、堤体ジョイント部を除けばクラック等が原因で発生する劣化事象である場合が多いと考えられるため、クラック等と同様な劣化事象として扱わないこととした。これより、安定性の解析的検討に用いる劣化事象は施工不良や経年的な劣化による打継ぎ目に沿ったクラックを想定した、「水平クラック」を選定した。

(2) 解析基本条件

クラックを考慮した安定解析は、クラック部を含む堤体ブロックの”滑動”と”転倒”について、Henny の式を用いた”滑動安全率”、及び堤趾部における転倒モーメントと抵抗モーメントの比による”転倒安全率”によって評価することとした。

安定性検討に用いる堤体モデル形状は堤高 100m、上流面勾配鉛直、下流面勾配は滑動安全率 4 程度、かつ上流端鉛直応力が圧縮側となるように 1 : 0.8 に設定した（図-2）。この際、基礎岩盤のせん断強度は既往ダムの事例より 2.16MPa、内部摩擦係数は 1.0 とした。主な解析条件を表-2 に示す。

表-1 総合点検の評価指標

A	現在支障が生じており、緊急に対策を講じないと、ダム本体やゲート等の安全性、機能が確保できないもの。	B	現状では支障は生じていないが、早急に対策を講じないと数年の内にダム本体やゲートなどの安全性や機能に支障が生じるおそれがあるもの。	C	現状では支障は生じていないが、このまま放置すると将来、ダム本体やゲート等の安全性や機能および日常管理業務に直接または間接的に影響を及ぼすと思われるもの。
---	---	---	--	---	--

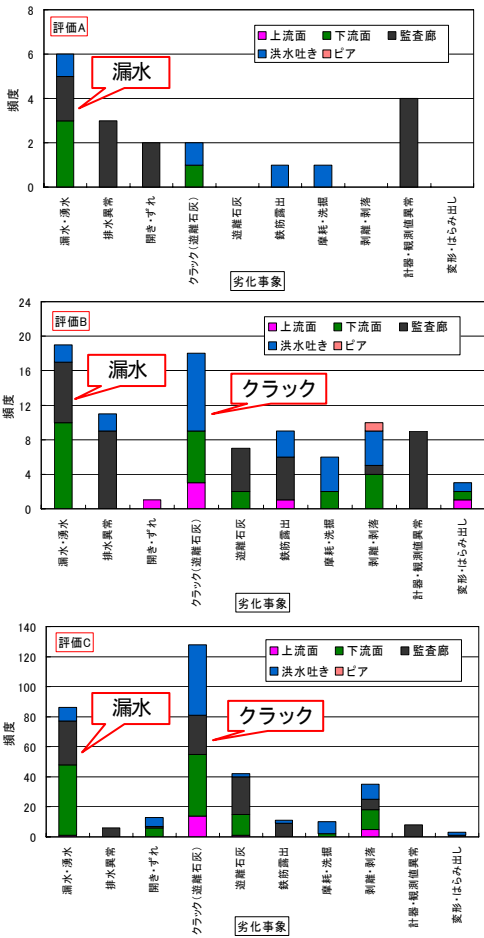


図-1 評価別の劣化事象発生頻度

表-2 解析条件

項目	設定値
堤高	100m
設計震度	0.12 (強震帯)
対象水位	堤体上流面クラック：常時満水位 NWL90.0m 堤体下流面クラック：空虚
波浪高	考慮しない
下流水位	地表面に一致 (WL0m)
堆砂	考慮しない

(3) クラック条件の設定

クラックの配置条件は“堤体上流面”と“堤体下流面”とし、高さ方向では着岩付近（コンクリートと基礎岩盤の境界ではない）、着岩から20m,40m,60m,80mの5ケース、クラック深さは0mから最大で堤敷幅の1/2の範囲で設定した（図-2では堤体上流面のクラックを表示した）。

クラック面のコンクリートのせん断強度は、土木研究所で実施した予め亀裂面を設けたコンクリート供試体（20cm×20cm×20cm）による一面せん断試験結果¹⁾の最小値と最大値を参考に、0.10MPa,1.13MPa（摩擦抵抗係数は1.0）の2ケースを設定した。未亀裂部分のコンクリートのせん断強度は既往ダムの事例より2.45MPa（同1.0）とした。また、堤敷きの揚圧力は図-3に示すとおり作用させた。

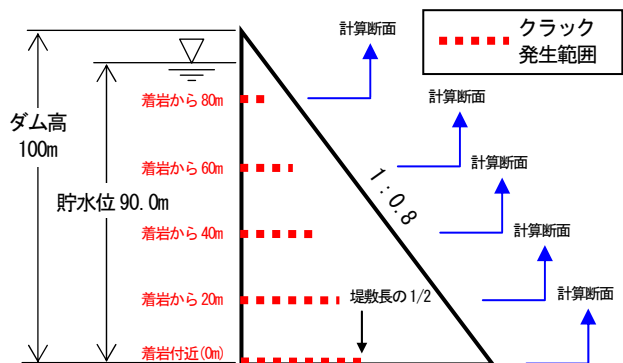


図-2 クラックの配置モデル（クラック深は一例）

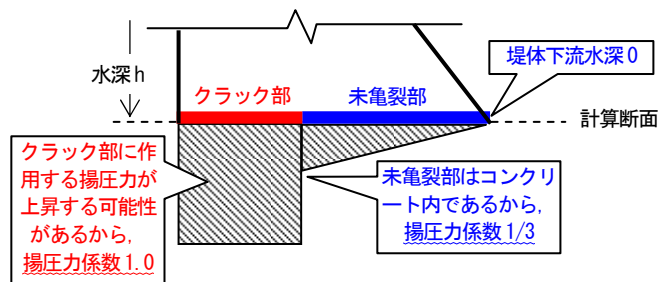


図-3 揚圧力の作用モデル

(4) 解析結果と考察

図-4にクラック深さと滑動安全率の関係を示す。同図より、以下に示す傾向が認められた。

- ・滑動安全率は、同一クラック深では、クラックの発生標高が高いほど大きく、低いほど小さいことから、クラックの発生標高が低標高ほど、堤体の安定性に与える影響は大きい。
- ・クラック発生標高が低いほど、クラック面におけるコンクリートのせん断強度低下による滑動安全率への影響は小さい。
- ・本解析モデル及び解析条件において、クラック標高が着岩付近(0m)のケースでは、クラック深が約15mに達すると、滑動安全率が4程度まで低下する。

なお、図-4では省略したが、着岩から80m（クラック上流面）のケースの滑動安全率は20～40程度の大きな値であり、上述した傾向に沿った値であった。また、下流面クラックの計算結果は水位条件が空虚時であるから揚圧力が作用しないため、50以上の大きな値であった。

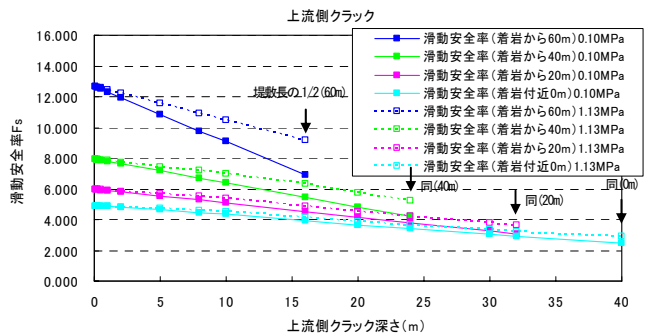


図-4 クラック深さと滑動安全率の関係

図-5にクラック深さと転倒安全率の関係を示す。同図より、以下に示す傾向が認められた。

- ・同一クラック深では、クラックの発生標高が高いほど転倒安全率は大きく、低いほど転倒安全率は小さくなることから、クラックの発生標高が低標高ほど、堤体の安定性に与える影響は大きい。
- ・本解析モデル及び解析条件において、クラック標高が着岩付近(0m)のケースでは、クラック深が約25mに達すると、転倒安全率が1程度まで低下する。

なお、図-5では省略したが、下流面クラックの計算結果は滑動安全率と同様の理由より、13以上の値であった。

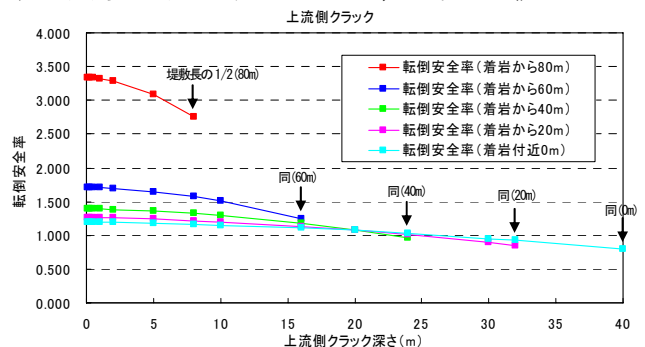


図-5 クラック深さと転倒安全率の関係

4. まとめ

本論文では、はじめに既設ダムの劣化事象を整理し、その内ダム堤体に発生したクラックが、ダムの安定性に及ぼす影響について解析的検討を行った。水平クラックはその発生位置が低いほど堤体の安定性に与える影響が大きく、またクラックの発生位置が低いとクラック面のせん断強度の低下による安定性への影響が小さいことがわかった。

本論文の安定解析手法は、「河川管理施設等構造令」に準じた静的解析によった。今後は非線形動的解析手法を用いて、大規模地震発生時のクラック進展に関する検討を行う予定である。

謝 辞

本研究に際し、各地方整備局等及び道府県のダム管理所には、総合点検資料を提供していただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 岩下友也, 倉橋宏, 佐々木晋, 山口嘉一, 佐々木隆: コンクリートダムの亀裂分離ブロックにおける地震時挙動の個別要素解析, 土木学会地震工学論文報告集 vol. 29, 2007年8月 他