

砂防ダムコンクリート堤体の耐久性調査

金沢大学大学院 学生員 池富 修 アルスコンサルタンツ（株）正会員 大深 伸尚
金沢大学工学部 正会員 久保 善司 金沢大学工学部 正会員 鳥居 和之

1. まえがき

近年、アルカリシリカ反応（ASR）による損傷を受けたコンクリート構造物の事例が報告されている。しかし、常時水分が供給される環境下では、コンクリート表面のひび割れにとまらず、内部のコンクリートにも大きな損傷が発生することが確認されている。本研究は、常時水の影響を受けたダム堤体の調査結果より、過大なASR膨張が発生した砂防ダムコンクリート堤体のコンクリートの強度低下について報告するものである。

2. 調査概要と調査結果

2.1 ダム堤体の概要

本調査対象のダム堤体は昭和46年に建設された無筋コンクリート堤体であり、水打ち部を含む3つの構造物で構成されている。また、長年にわたり貯水池からの水の供給があり、日射による温度変化が大きいため、ASRが促進されていた。

2.2 調査の概要

今回実施した試験項目は、目視による観察、走査型電子顕微鏡（SEM-EDXA）によるゲルの観察と組成分析、原子吸光度法によるアルカリ量の測定や、図-1に示す位置から採取した貫通コア4本（ $\phi 55\text{mm}$ ）より、圧縮強度や静弾性係数などの力学的性質の測定、残存膨脹性試験を行った。ダム堤体は無筋コンクリートであるため、ASRの膨張は自由膨張となる。また、日射の影響を受けやすく、貯水池からの水の供給も常時受ける環境にある。そのため、ASRが促進され堤体の表面には最大4mm程度の大きなひび割れやかぶりの剥落が観察された。（写真-1参照）

2.3 コンクリートの性状

図-2に示す圧縮強度と静弾性係数の関係より、ほとんどの採取したコアの圧縮強度は健全とされる曲線¹⁾を大きく下回っている。しかし、水打ち部のコアに関しては、大きな強度低下を示していない。水打ち部は水面に近く、両側の堤体に比べ日射や降雨の影響が少ないため、ASRの進行が抑制されたものと思われる。写真-2に採取したコアの写真を示す。採取したコアの状況から、無筋のコンクリート堤体の内部ではコンクリートが破壊しているのがわかる。現地での堤体の超音波パルス速度の測定では、いずれの箇所でも測定不能であった。このことより、内部には多数の亀裂が生じており、一部では、採取したコアのように破壊している可能性が認められた。コンクリート内部に大きな損傷が発生した場合には、供用性および耐震性の点よりダム堤体の打ち換え、または補強の判断が必要になると考えられる。

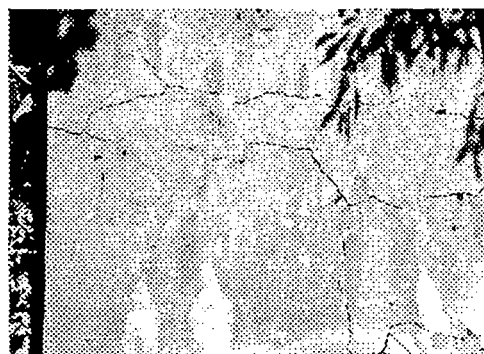


写真-1 堤体のひび割れ

2.4 残存膨脹性の確認

図-3に残存膨脹性試験の結果を示す。飽和NaCl溶液浸せき法（50℃の飽和NaCl溶液に浸せきし、3ヶ月後の膨脹量が0.1%以下で残留膨脹性なし、0.1%～0.4%で不明確、0.4%以上で残留膨脹性あり）ならびに1N NaOH溶液浸せき法（80℃の1N NaOHL溶液に浸せきし、14日後の膨脹量が0.1%以下で残留膨脹性なし、0.1%～0.2%で不明確、0.2%以上で残留膨脹性あり）のいずれの試験においても、大きな膨張を示していない。また、貯水池側から出水側へとコンクリート内部に水分の移動

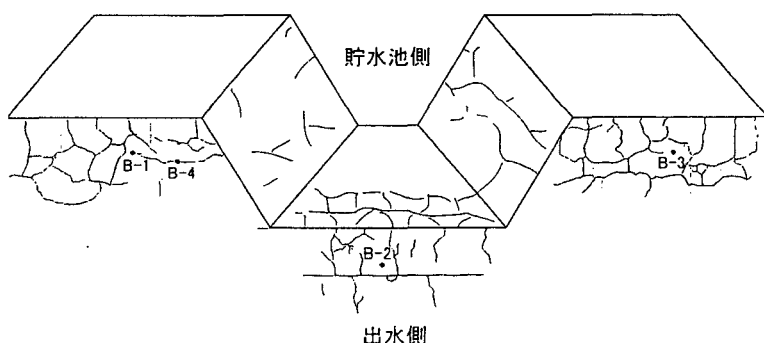


図-1 堤体のひび割れ状況と採取コアの位置

が起こるためアルカリが溶出しており、原子吸光光度法により測定したコンクリートの等価アルカリ量は 3.3kg/m^3 と小さかった。

2.5 ASRゲルの形態と

化学組成

ASR ゲルは材齢が進むにつれて周囲のセメントペーストからカルシウム分を取り込み、アルカリ・カルシウム・シリカゲルに変化するとともに、ASR ゲルの結晶化が進行する。今回のダム堤体の試料からは反応が進行した段階で見られる、カリウム分を多く含有するラメラ状（花弁状）の ASR ゲルや、よく発達した針状のエトリンガイトの結晶が観察された。しかし、ASR ゲルの形態および結晶化が構造物の ASR による損傷度とどのように関係しているかは不明である。

アルカリシリカゲルの組成とモルタルの膨脹性との関係を検討した研究では、ゲル中のアルカリ量が少なくなりカルシウム量が多くなるとゲルの剛性が大きくなり、モルタルの膨脹性が低下すると指摘している²⁾。SEM-EDXA 分析による ASR ゲルの化学組成分析の結果を図-4に示す。調査構造物から採取したコアの ASR ゲルの化学組成は大きく2つに分類できる。1つはアルカリ分が多いゲルであり、もう1つはカルシウムを多く取り込み結晶化が進んだゲルであると推測される。ダム堤体における ASR ゲルの化学組成の分布を見ると、両者のゲルが等しく含まれている。このことより、本ダム堤体は剛性が大きいゲルと、剛性が小さいゲルが混在していることが確認された。しかし、ダム堤体の内在アルカリ量が小さく、残存膨脹性も低いことから総合的に判断して、ダム堤体の ASR はほぼ終了していると判断できる。

3. まとめ

今回の調査の結果。常時水分の供給を受けるコンクリートは、内部コンクリートの大きな損傷が確認された。ASR が長期にわたり継続されるコンクリート構造物では同様な劣化を生じる可能性があるので、調査・診断にてそのことに留意すべきである。

参考文献

- 1) 小林一輔, 森弥広, 野村謙二, 圧縮荷重試験によるアルカリ骨材反応の診断方法, 土木学会論文集, No.4.60, pp.151-154, 1993.
- 2) 荒野憲之, 川村満紀, 寺島努, アルカリシリカ反応におけるカルシウムの役割, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, pp.1057-1062, 1999.

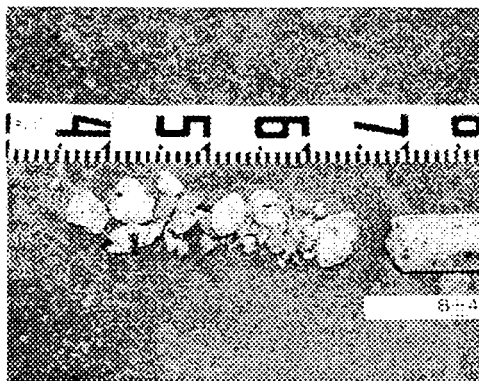


写真-2 コンクリートの内部損傷

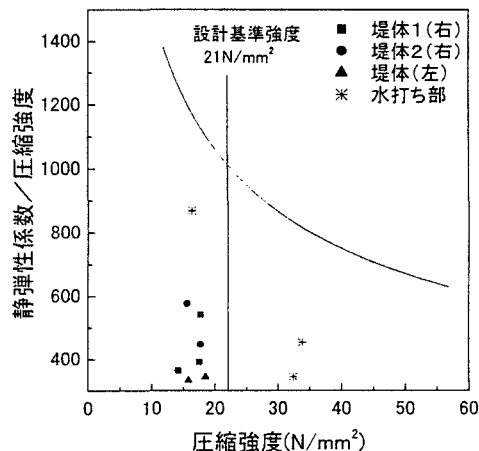


図-2 圧縮強度と静弾性係数の関係

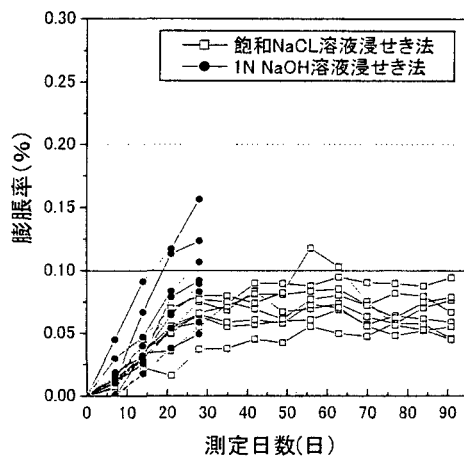


図-3 残存膨脹性試験の結果

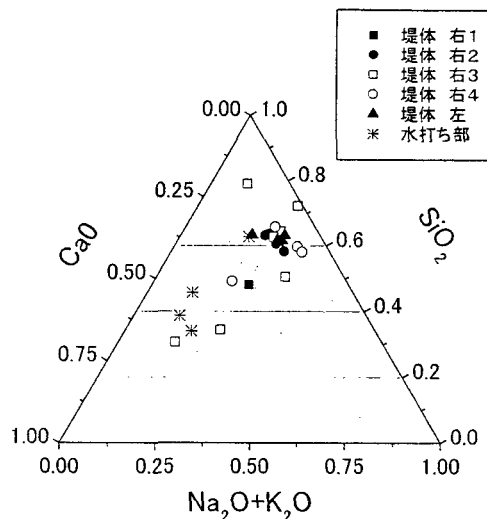


図-4 ゲルの化学組成