

積雪寒冷地に約 40 年供用されたダムコンクリートの スケーリング抵抗性に関する実験的検討

An experimental investigation on scaling resistance of dam concrete after about 40 years of service in snowy cold region

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 竹田京子(Takeda Kyoko)
北海道大学大学院工学研究院 正会員 佐藤靖彦(Sato Yasuhiko)
国土交通省 北海道開発局 長谷川武春(Hasegawa Takeharu)

1. はじめに

全国的に、完成から数十年が経過し、ダムの高齢化が問題となっている。近年ではダムの長寿命化とそのため
の維持管理が課題である。ここ北海道でも例外ではない。
特に、積雪寒冷地では、冬季の低温と積雪による凍害劣
化が生じることに留意が必要である。

本研究では凍害劣化現象のうちスケーリングに注目し、
ダムコンクリートの凍害劣化状況の評価と進行に関する
考察を行った。具体的には、現在北海道において供用中
のダムのうち、完成から 40 年以上が経過している 3 か所
のダムから採取したコンクリートを用いたスケーリング
抵抗性試験を行った。その結果をここに報告する。

2. 実験概要

2-1 供試体

本研究では 3 か所のコンクリートダムから採取した直
径 190mm 高さ約 600mm の円柱状のコアから供試体を切
り出した。なお、実験にあたっては、ダム堤体表面のう
ちスケーリングによる損傷が顕在化していることとコア
リング作業と運搬が比較的容易であることを考慮してコ
アの採取箇所を選定している。

3 つのダム（それぞれダム A、ダム B、ダム C と呼ぶ）か
ら各 3 本、計 9 本のコアを採取し、各コアの表面部から
厚さ 75mm の円板状供試体と、表面部からおおよそ 300mm
離れた深部から切り出した厚さ 75mm の円板状供試体の
合計 18 体を用意した。供試体番号一覧を表-1 に示す。供
試体名における末尾 T はダム堤体表面にあたる部分を示
し、末尾 B は、深部にあたる部分を示している。

供試体寸法は図-1 に示されている。塩水に浸漬する試
験面を除いた側面・上面には、スケーリング片の剥離を
防ぐためエポキシ樹脂を塗布した。

2-2 実験概要

凍結融解試験は、けい酸塩系表面含浸工法の設計施工
指針（案）¹⁾における、スケーリングに対する抵抗性試験
を参考に行った。その概要を以下に示す。

供試体は試験面を下向きに、ステンレス製のスペーサ
ーを介して試験容器の底面から 10mm の位置に設置した。
深さ 5mm 程度を試験液に浸漬させた状態で 7 日間吸水さ
せた。凍結融解試験も同様の設置条件で行った。実験状
況を写真-1 に示す。試験液にはスケーリングの進行を促
進する目的で濃度 3%塩化ナトリウム水溶液を用いた。

凍結融解試験の温度変化の範囲は +20℃～-20℃とし
た。凍結工程 4 時間+凍結状態保持 3 間+融解工程 4 時
間+融解状態保持 1 時間の計 12 時間を 1 サイクルとし、

表-1 供試体番号

ダム名		A			B			C		
コア番号		1	2	3	1	2	3	1	2	3
供試体 番号	表面部	A-1-T	A-2-T	A-3-T	B-1-T	B-2-T	B-3-T	C-1-T	C-2-T	C-3-T
	深部	A-1-B	A-2-B	A-3-B	B-1-B	B-2-B	B-3-B	C-1-B	C-2-B	C-3-B

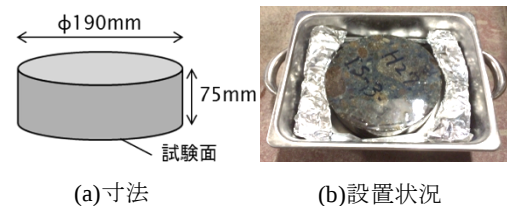


図-1 供試体



写真-1 実験状況

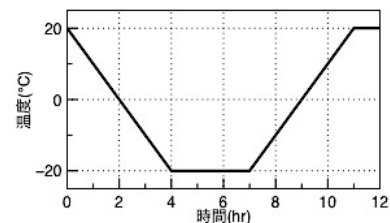


図-2 凍結融解試験の温度サイクル

計 60 サイクルに至るまで試験を行った。供試体に与えた
凍結融解試験サイクルを図-2 に示す。

2-3 測定項目

10 サイクル毎にスケーリング片質量、供試体質量、ス
ケーリング深さの三項目を測定した。スケーリング片質
量は、供試体を超音波洗浄器に 3 分間かけたのち 75μm ふ
るいにかけて集めたものを 105℃で 24 時間乾燥させ、絶
乾質量として測定した値である。供試体質量は、洗浄後
供試体表面の水滴を軽く拭い、表乾状態の質量とした。
スケーリング深さはあらかじめ定めた固定 13 点と目視で
選ぶ最深箇所の計 14 点を測定しその平均値とした。

また、各ダムのそれぞれ完成から使用年数経過時点
での堤体表面のスケーリング状況の評価するため、0 サイ
クル時点の初期スケーリング深さを測定した。本実験では、

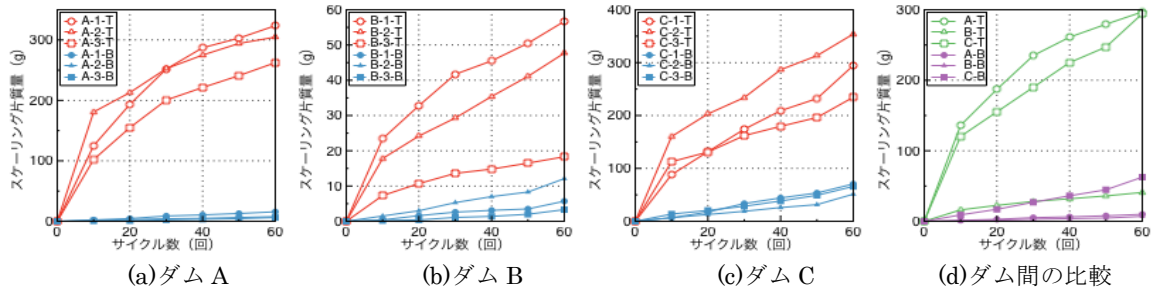


図-3 累計スケーリング片質量

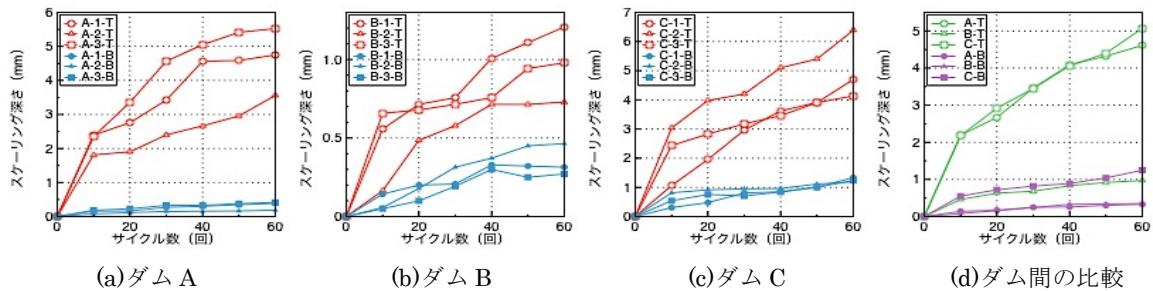


図-4 スケーリング深さ

供試体表面部に露出している骨材の頂点をダム堤体コンクリート完成直後の表面位置と仮定することで、初期スケーリング深さを推定した。

3. 実験結果と考察

3-1 スケーリング片質量とスケーリング深さ

各サイクルのスケーリング量を単純に累加した累計スケーリング片質量を図-3 に、各測定サイクルにおけるスケーリング深さを図-4 に示す。累計スケーリング片質量とスケーリング深さの進行には同じ傾向が見られる。深部の供試体に比べ、表面部の供試体では多くのスケーリングが生じた。深部では概ね線形にスケーリングが進行している。一方、表面部では30サイクル程度まで大きく増加し、その後の進行が緩やかである。

堤体表面では過去の凍結融解や乾湿繰り返しの作用による損傷が蓄積されている可能性があることに加え、堤体表面部がコンクリート打設時型枠面であることが、表面部と深部のスケーリング進行の差異に影響を及ぼしていると考えられる。なお、スケーリング進行の速さが30サイクル以降緩やかになった理由としては、表面部が凍結融解試験により剥離し、損傷のない深部が徐々に露出したことが考えられる。

3-2 ダム間の比較

ダムごとの平均値を比較すると、ダムBは他2ダムに比べ表面部・深部ともにスケーリング進行が非常に遅い。またダムCは他の2ダムに比べ深部のスケーリング進行が速い。ダムによる違いが存在する。

ここで初期スケーリング深さと60サイクル時スケーリング深さの関係を図-5 に示す。ダムB,Cは初期スケーリング深さが同程度の値であった。しかし60サイクル時でダムCのスケーリングはダムBよりもかなり進行している。またダムAは初期スケーリング深さが他2ダムより倍近い大きさであるが、60サイクル時で深部供試体はほとんどスケーリングが進行していない。総じて、初期ス

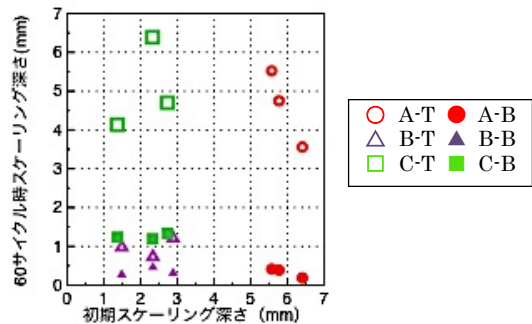


図-5 初期と60サイクル時スケーリング深さの関係

ケーリング深さとスケーリング進行速度には強い相関は見られない。

以上より、ダム堤体コンクリートのスケーリング抵抗性の評価は、表面の損傷状況からのみでは正確に判断することが困難であると考えられる。スケーリングの進行には凍結融解や乾湿繰り返しの有無等気象条件や堤体コンクリートの品質が影響していると考えられる。これらの条件がスケーリング抵抗性にどのような影響を及ぼすのかについては、今後実験と検討を重ねる。

4. まとめ

- 1) スケーリング片質量とスケーリング深さの進行は同様の傾向を示す。
- 2) ダム堤体コンクリートは深部より表面部で大きくスケーリングが生じる。
- 3) スケーリング抵抗性と進行速度にはダムごとの気象条件や配合条件による影響があると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 土木学会 コンクリート委員会 けい酸塩系表面含浸材設計施工研究小委員会：コンクリートライブラリー137 けい酸塩系含浸材工法の設計施工指針（案），2012