

環境に配慮したダム設備冷却システム

アースカラークールシート

黒川 晋平

土木工事等で使用されるコンクリートは、打ち込み時の温度上昇によりひび割れ発生の懸念がある。そのため、骨材には温度上昇の抑制が求められる。温度上昇の抑制対策として、例えば骨材貯蔵設備の前面に遮光ネットの設置等が行われている。一方工事に伴うプラント等の仮設設備に対しては、周辺に生息する希少猛禽類などに対して、視覚的な刺激を低減する事が求められる。今回東北地方のダム工事において、天然パルプ系不織布を使用し、骨材冷却と周囲の樹木等の自然環境に調和するアースカラーを同時に満たした『アースカラークールシート』（以下「本クールシート」という）を試験設置した。自然調和を保ちつつ、骨材冷却効果を確保できるかについて約3ヶ月にわたり検証した。

キーワード：ダム, コンクリート骨材, ひび割れ抑制, 天然パルプ不織布, アースカラー

1. はじめに

大規模な土木工事で使用されるコンクリート用の骨材は、温度応力によるひび割れの発生を防止するため、温度上昇を抑制する事が求められる。骨材の温度上昇抑制対策としては、冷水、冷風、液体窒素等で直接的に対策する方法がある。または、骨材貯蔵設備のタンク表層に断熱材の使用、設備前面に遮光カーテンを設置する等の、間接的に対策する方法もある。

骨材貯蔵設備への間接的な温度上昇抑制方法においては、大型な構造物となるため、周囲の自然環境に配慮した対策が求められる。特に大型ダムの工事現場等は、豊かな自然環境の中で施工する事が多く、周囲には多くの種類の鳥類が棲息している。鳥類への視覚的な影響を低減するため、骨材貯蔵設備の表層に巻く断

熱材には、灰色もしくは黒色の素材が使用される。また遮光カーテンには黒色や濃緑色のネットが使用される事が多い（写真—1）。

骨材に対するこれらの間接的な対策を取る事で、内部の骨材温度上昇に対して一定の温度低減効果がある。しかし温度上昇抑制効果の更なる向上、及び周辺に生息する鳥類、特に猛禽類に対して懸念される視覚的な刺激の低減が求められている。骨材の温度上昇抑制効果を更に高めつつ、自然環境に配慮した対策として、今回東北地方のダム工事現場において、吸水性の高い天然パルプ系不織布を使用し、周囲の樹木により調和するアースカラーを再現する、本クールシートを骨材貯蔵設備に設置し、その効果を検討した。

2. 天然パルプ系不織布の特徴

今回使用した不織布は、エアレイド法により製造された天然パルプ繊維を主原料としている。この不織布の特徴として、吸水性や保水性が特に優れる。この特徴を生かし、インクジェットプリンターの廃インク吸収体、芳香剤の揮散体等に広く使用されている。また天然パルプを主成分とした素材であるため、環境にも優しく、また使用後は可燃物として焼却処理をする事が出来る。



写真—1 遮光カーテン設置状況

3. 温度上昇抑制効果の事前検証方法

吸水性がある不織布素材を保水させて、水が蒸発する時の気化熱による吸熱反応により、骨材貯蔵設備の温度上昇の抑制ができないか、まずは簡易模擬テストにて検証を行った。測定装置の概要を以下に示す。

[測定装置]

- ・吸水素材 パルプ系不織布：厚み 6 mm
幅 30 mm × 長さ 40 mm
 - ・模擬タンク 内寸φ 66 mm 程度×高さ 165 mm のポリプロピレン製
- 円筒ケースを 2 個用意し、川砂利を約 700 g 入れる。
- サンプル (A) 対策無し (写真—2)
- サンプル (B) 円筒ケースの全周にわたりはしご状の冷却用不織布を吊るす (写真—3)
- (※) 川砂利 ホームセンターで購入 (粒径 20 ~ 30 mm)



写真—2 サンプル (A)



写真—3 サンプル (B)



写真—4 測定状況

[測定方法]

- ① サンプル (A) , (B) を日向に設置し、温度計にて温度を計測する (写真—4)。
- ② 吸水しない状態で 1 時間後まで骨材内部の温度上昇を測定する：測定 (1)。
- ③ 1 時間経過した後、サンプル (B) のみ不織布に吸水する。
- ④ 吊るしている一番下の不織布から、水が滴下した時点で吸水を止める。

⑤ 30 分毎の温度変化を測定する：測定 (2)。

⑥ 温度測定をした後に、一番下の不織布から水が滴下するまで、スポイトにて追加吸水を行う。

[測定条件]

日時 5 月 6 日 10 : 00 ~ 16 : 00

場所 静岡県富士市

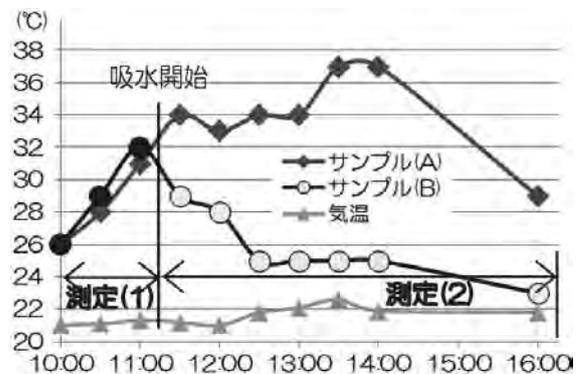
天気 晴れ時々曇り

気温 気象庁ホームページより抜粋 (富士市)

[測定結果]

測定 (1) : 10 : 00 ~ 11 : 00 まで。

測定結果を図—1 に示す。図—1 に示す様に、サンプル (A) と (B) で、骨材の温度上昇に差異は見られなかった。この事により不織布を設置するだけでは、温度上昇抑制効果は見られないと考えられる。



図—1 温度変化グラフ

測定 (2) : 11 : 00 ~ 16 : 00 まで。

吸水後については、サンプル (A) と (B) の間で、最大 12℃ の温度差が確認された。サンプル (B) については、吸水後から温度低下が確認され、骨材の温度が 24℃ 付近で数時間ほぼ一定の温度となった。これは不織布に吸水した水分が蒸発する際の気化熱による吸熱反応で、温度低下したものと考えられる。この事により、不織布素材が乾燥するまでは、骨材の温度上昇抑制が期待できると考えられる。今回試験を終了した時点では、不織布はまだ十分に保水していた。

4. 自然調和

簡易テスト結果を踏まえて、夏場に実際のダム工事現場の骨材貯蔵設備にて、実大試験を計画する事とした。高さ 10 m 程度の骨材貯蔵設備に使用する温度上昇抑制システムは、長時間の保水性、耐久性、設置の利便性、材料が安価であり且つ汎用性があること、また破損時の交換ができること等を考慮し検討を行った。その結果、市販のロープ状避難はしごを基材とし

て、ナイロン繊維で作られたネット状の袋をはしごへ等間隔に取付け、その袋の中に保水性不織布（厚み 20 mm）を入れる方法とした。

また骨材貯蔵設備に対し、面的に施工する為、自然環境へ配慮したアースカラー配色となることを重視した。配色に関しては、第 1 回目の試作品として若葉色の単色、または緑色と薄茶色の 2 色配色でサンプル作成した（写真—5）。しかし実際の施工現場担当者との協議の結果、色彩的に周囲の環境との調和性が不十分と判断された。最終的に濃い緑色と茶色の 2 色を千鳥格子状に配列する事とし、実大試験をする為のサンプルを作成した。



写真—5 第 1 回試作品（単色）

配色に関しては、ネット状の袋の色を選択することで、今後別の色に変更することも可能である。また 3 色以上の組合せ、規則的な配色でなく、ランダムに色をちりばめることも可能であり、周囲の自然状況に合わせて任意に対応することができる。

こうして作成した骨材冷却材である本クールシートは、気温が低下する冬場には、取り外してコンパクトに折り畳むことができる（写真—6）。また保水用不織布は、ネット状の袋から容易に取り出すことができるため、交換が可能である。



写真—6 コンパクト化状態

5. 実大試験

(1) 試験方法

本クールシートを、東北地方のダム工事現場の骨材

貯蔵設備に施工し、2018 年夏場の高温期間にテストを実施した。

[試験方法の概要]

- ・骨材貯蔵設備 金属素材のタンク、寸法； ϕ 10 m 程度×高さ 10 m 程度、内部に骨材貯蔵（写真—7）
- ・骨材冷却対策 対策① 断熱材のみ、対策② 遮光カーテン+断熱材、対策③ 本クールシート+断熱材（写真—8）
- ・保水素材 パルプ系不織布：厚み 20mm
300mm × 350mm



写真—7 骨材貯蔵設備



写真—8 骨材冷却対策

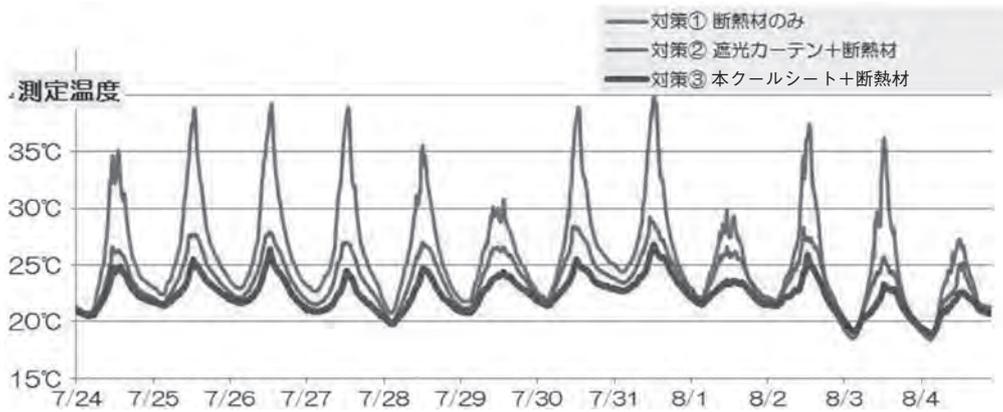
[測定方法]

- ①本クールシートを 10 本（施工幅約 3 m）、骨材貯蔵設備の上部に固定して下に垂らす。
- ②上部に設置した散水ホースから、本クールシートに水を供給し保水させる。
- ③各冷却対策を実施した骨材貯蔵設備の表面に熱伝対を 13 本取付け（温度計測 12 本、外気温計測 1 本）、各地点の温度を 15 分毎に連続計測する。

[測定条件]

日時 2018 年 7/23 ~ 10/10

場所 東北地方のダム工事現場



図一 骨材冷却対策の骨材タンク表面温度 (7/24～8/4)

(2) 温度上昇の抑制効果

図一に今回実大試験を実施した計測期間内で、10:00～17:00までの日中気温が22℃以上であった7/24～8/4について、タンク表面温度の計測値を示す。

本クールシートを使用した個所は(対策③)、既存の他の冷却対策を取っている部分と比較して(対策①、②)、タンク表面温度が低くなり温度上昇の抑制効果が見られる。

本クールシート(対策③)の効果は、対策①との比較で最大▲15℃低下、対策②との比較で最大▲5℃低下がみられた。

(3) 周辺環境との調和

写真一9にドローンによる空撮写真を示す。本クールシートは、既存の遮光ネットと比較して、色彩的に周囲の環境と調和しており、周辺に生息する鳥類、特に猛禽類に対して刺激低減効果が高い。緑色と茶色の比率、ドットの並べ方を変更する事で、落葉等の季節変化にも対応ができるものと予想される。



写真一9 周辺環境との調和

6. 今後の課題

今回は骨材タンクの一部を使用して効果を検証したが、今後タンク全面もしくは直射日光が当たる面の全てに本クールシート『アースカラークールシート』を施工し、効果を確認していきたい。またタンクの表面温度で骨材の温度上昇の抑制効果を検証したが、実際に骨材温度がどの程度低下しているのかを確かめる必要があると考える。

また保水層の素材に、自然に優しい天然パルプ系不織布を使用したこともあり、不織布にカビが発生していた。しかし異臭等は確認されなかった。保水用不織布に対して、自然界に多数存在する全てのカビや菌に対する耐性を持たすことはできないが、何らかの対策を検討する必要があると思われる。

更に、自然調和に関しても、より環境影響が少ない色調を追及することも必要だろう。

謝辞

最後になりますが本稿を作成するにあたり、多大なる協力を賜りましたダム工事の関係者の方々には、誌面を借りて感謝申し上げます。

JCMIA

【筆者紹介】

黒川 晋平 (くろかわ しんぺい)
王子キノクロス(株)
営業部
副部長

