

## コンクリートダムの施工における真空断熱材の越冬養生への適用実績

鹿島建設(株) 正会員 ○室野井敏之 福井直之 中村元郎 渡部貴裕  
 旭ファイバーグラス(株) 山本秀哉  
 早稲田大学 正会員 佐藤靖彦

### 1. はじめに

コンクリートダム堤体を構築する際に、セメントの水和熱に起因する温度応力が課題となる場合がある。今回、北海道三笠市の既設ダムを同軸で嵩上げする再開工事において、事前の温度応力解析により、新設堤体に大きな温度応力が発生することを確認した。そこで、本工事では、養生方法やプレクーリング対策により、温度応力を低減することとした。

越冬面に発生する温度応力を低減する養生方法として、越冬期間において「真空断熱材」により断熱養生を施すこととした。真空断熱材は、芯材（グラスウール）・ゲッター剤・ガスバリアフィルムからなる複合断熱材で、内部を真空にすることで、ガスによる熱伝導を限りなくゼロにした断熱材である。真空断熱材は、非常に高い断熱性能を有していることから、家庭用冷蔵庫や自動販売機などの幅広い分野で使用されている。

本稿では、この真空断熱材の性能を評価するために実施した試験施工と、施工中のコンクリートダムにおける越冬養生に適用した実績について示す。

### 2. 工事概要

本工事は、石狩川水系幾春別川上流に位置する多目的ダムである桂沢ダム（昭和 32 年完成、堤高 63.6m、堤頂長 334.25m）の同軸嵩上げ工事である。嵩上げ後の新桂沢ダムの標準断面を図-1 に示す。

本工事は、積雪厳寒地での施工のため、打設休止となる越冬期間（11/9～4/16）がある。そのため、越冬後の打設再開時に打ち継ぐコンクリートには、長期間打ち止められて冷却されたコンクリート面から外部拘束を受け、温度ひび割れの発生が懸念された。

### 3. 真空断熱材について

真空断熱材の概略図を図-2 に示す。真空断熱材は、芯材（グラスウール）をガスバリアフィルムで包み、真空状態にして密封した断熱材（板材）である。真空断熱材は、熱伝導率が非常に小さく断熱性能に優れた材料である。そのため、発泡スチロール（以降、EPS）などの断熱材と比較して、部材厚さを薄くし軽量化を図ることが可能である。ここで、表-1 に真空断熱材の熱伝導率と、比較として EPS（50 倍発泡）の値を併記する。

### 4. 真空断熱材の適用範囲

本工事では、越冬面の温度低下を抑制することを目的に、越冬面に真空断熱材を適用することとした。真空断熱材の敷設の概略図を図-3 に示す。真空断熱材は、ガスバリアフィルムが破損すると真空状態が保てなくなり、断熱性能が低下する可能性がある。そのため、今回

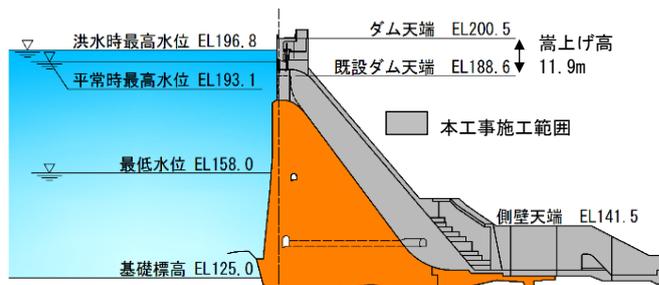


図-1 ダムの標準断面（工事完了後）

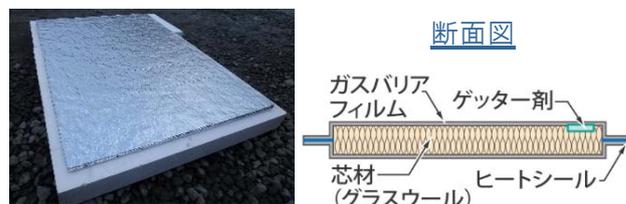


図-2 真空断熱材

表-1 真空断熱材の物性値

	真空断熱材	EPS(50倍発泡)
熱伝導率 $\lambda$ (W/mK)	0.0025	0.0360
部材厚さ $d$ (mm)	18	260 <sup>**2</sup>
熱伝達率 <sup>*1</sup> $\eta$ (W/m <sup>2</sup> K)	0.138	0.137

※1: 外気に触れる熱伝達率を  $\beta=14\text{W/m}^2\text{K}$  として、熱伝導率と部材厚さより以下の式により算出

$$\eta = \frac{1}{\beta + \sum \frac{d_{Fi}}{\lambda_{Fi}}}$$

※2: EPSの部材厚さは、真空断熱材 18mm のときの熱伝達率 0.138 と同程度となるように試算した数値

の適用では、真空断熱材の保護を目的に、養生マット（1.0cm厚）で挟んで、打設面に敷設することとした。適用範囲は、2017年度に越冬面が生じる範囲を対象に、約3,700m<sup>2</sup>に適用した。

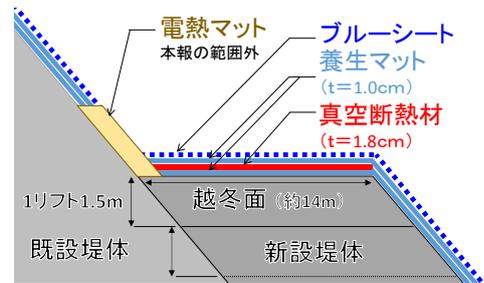


図-3 真空断熱材の敷設 概略図

5. 試験施工による断熱性能の確認

実適用に先立ち、真空断熱材の断熱性能を確認するために、試験施工を実施の前年度冬期間に実施した。試験施工は、マスブロック（1.0m<sup>3</sup>）を作製し、真空断熱材とコンクリートの界面に熱電対を設置して温度計測を行った。試験状況を写真-1に示す。本試験では、真空断熱材の性能を評価するために EPS（養生部材の厚さ100cm, 30倍発泡）についても同様の試験を実施した。試験は、コンクリートを打ち込んだ後、材齢4日で型枠を脱型し、直ちに断熱材を取り付け、断熱養生を開始した。



写真-1 試験施工における養生状況

試験結果として温度履歴を図-4に示す。図より、断熱養生開始からのピーク温度は、真空断熱材では22.3℃で、EPSは20.3℃であった。また、試験施工の終了時点（3/10）の温度は、真空断熱材が14.3℃（ピーク温度から-8.0℃低下）であったのに対して、EPSでは4.5℃（ピーク温度から-15.8℃低下）であった。以上より、真空断熱材は、EPSと比較して、部材厚さが1/50程度でも、さらに高い断熱性能が得られていることを確認した。

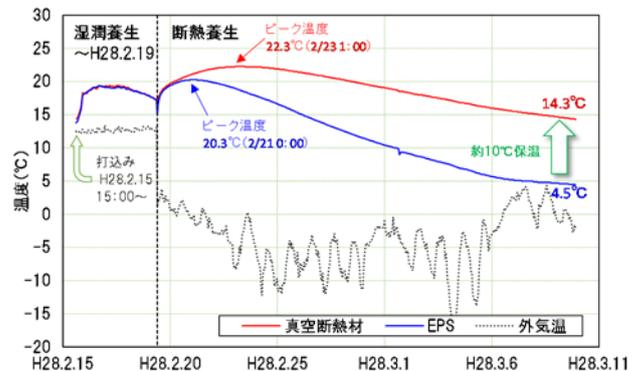


図-4 試験施工 養生温度履歴

6. 真空断熱材の現場適用実績

本工事に適用した真空断熱材の仕様を表-2に示す。また、真空断熱材の敷設状況を写真-2に示す。

寸法 (mm)	990×1500×t18
面積 (m <sup>2</sup> )	1.485
重量 (kg/枚)	5.7



写真-2 真空断熱材の敷設状況

本工事では、養生温度を確認するために、コンクリートの打設面と養生マットとの界面、コンクリート表面から250mm以深と750mm以深（1リフト高さ1.5mの深さ方向の中心位置）に熱電対を設置した。この養生温度の履歴図を図-5に示す。図より、越冬期間において、外気温が-20℃に至る環境下でも、部材中心部（越冬面から750mm以深）の温度は15℃以上に保たれていたことが分かる。これにより、越冬面上の積雪（3m程度）による保温効果もあるものの、真空断熱材の養生効果を現場の施工においても確認することができた。

7. おわりに

今回、コンクリートダムの施工において、越冬養生の養生材に、産業分野で幅広く利用されている真空断熱材を適用した。真空断熱材の性能については、本稿で示した通り、EPSなどの一般的な断熱材と比較して、部材厚さを極端に薄くした場合でも、同等以上の断熱性能を有していることを確認した。今後、さらに施工実績を増やし、断熱効果についても継続して検証していく予定である。

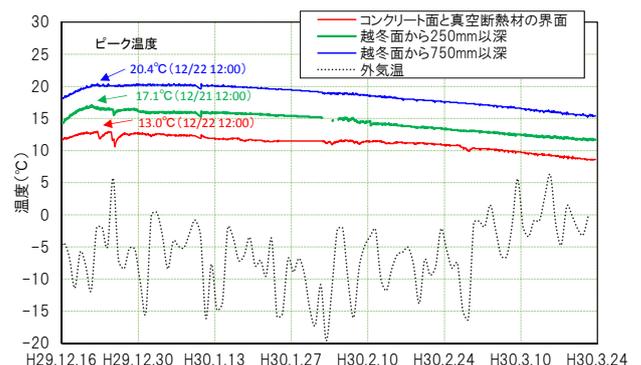


図-5 施工実績 養生温度履歴