

# 徳富ダムコンクリートにおける有害鉱物対策

小野 雄司\*  
Yuji Ono

## 1. はじめに

徳富ダムは、樺戸（二期）農業水利事業（発注者：北海道開発局を主体とする共同事業）の一環として北海道樺戸郡新十津川町に建設中の堤体積 530,000 m<sup>3</sup> の重力式コンクリートダムである。堤体コンクリート打設は、ダンプトラック直送の RCD 工法を主体とする。

本稿は、徳富ダムコンクリートの骨材に含有している有害粘土鉱物スメクタイトによるコンクリートの過早凝結に対する対策および RCD 工法における 100 cm リフトへの取組みについて報告する。

## 2. 徳富ダムにおける RCD 工法の課題

徳富ダムにおける RCD 工法の課題を以下に示す。

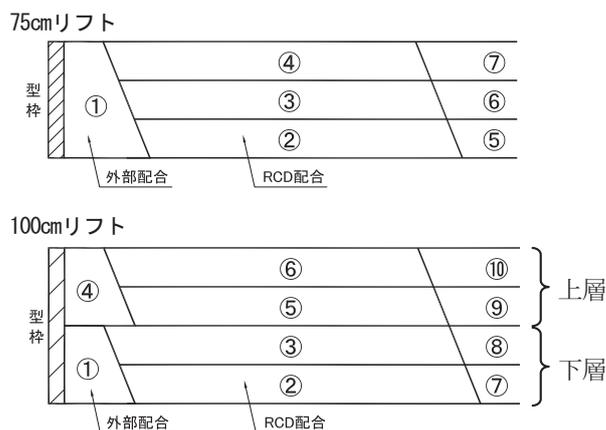
### (1) スメクタイトによる過早凝結

徳富ダムコンクリートの骨材は、貯水池内の河床砂礫より原石採取する。X線回折の結果、この原石の細粒分は、有害粘土鉱物スメクタイトを 5~8% 含有していることがわかった。骨材にスメクタイトを含有している場合、スメクタイト層間の陽イオンが練り混ぜ水との水和およびコンクリート細孔溶液（残留水分）との間でイオン交換反応を起こすため、コンクリートが過早凝結を生じ、コンクリートのワーカビリティが低下する。

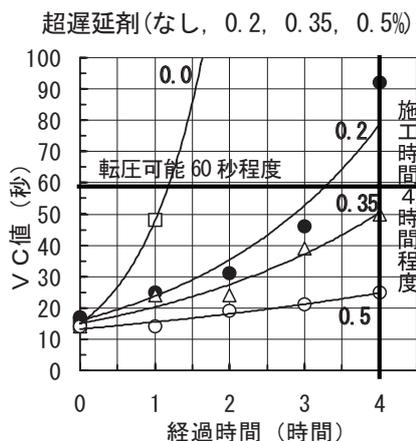
RCD 配合のワーカビリティの指標となる VC 値を求める VC 試験の結果、無対策の場合では練り上がりから 2 時間後の VC 値が 67 秒となり、目標値の 4 時間後 60 秒程度以下を満たさなかった。

### (2) RCD 工法における 100 cm リフト採用の課題

本工事では打設工期短縮を目的に EL280 m 以上で 100 cm リフト打設を行った。100 cm リフトの場合、図一1の施工概略図に示すように、外部配合が 2 層、RCD 配合が 4 層となるため、内部コンクリート下層と上層の敷均しから転圧開始までの経過時間の差が大きくなる。よって、75 cm リフトと同様に全層同一の超遅延剤添加率とした場合、転圧開始時には下層コンクリートの凝結が進む等、品質上の問題が生じることが懸念される。



図一1 75 cm・100 cm リフト施工概略図



図一2 VC 値経時変化試験結果 (気温 20°C)

## 3. 超遅延剤を使用した過早凝結対策

スメクタイトによる過早凝結対策では、超遅延剤を添加しコンクリートの凝結を遅らせる方法をとるケースが多い。徳富ダムでも、超遅延剤添加によるワーカビリティの改善効果に着目して、室内試験・試験施工で施工時品質（転圧開始時の VC 値に着目したワーカビリティ）の確保について検討を行った。

過早凝結は温度依存性が高いことから、室内試験では、気温（15, 20, 25°C）と超遅延剤添加率（0.0~0.6%）をパラメータとし、RCD 配合の VC 値経時変化試験を行った。気温 20°C の時の結果を図一2に示す。この場合、VC 値が 4 時間後に 60 秒以下を満足するためには、超遅延剤を 0.3% 程度以上添加する必要があることが確認された。

VC 値は、気温の他、日射や風等の影響によっても変化するため、屋外における VC 値経時変化試験も実施した。

これらの試験結果より、スメクタイトによる過早凝結対策として超遅延剤の添加が有効であることがわかった。ただし、品質および経済性の面からも適正量を添加する必要があり、気温に応じた VC 値経時変化試験を行った上で、最適超遅延剤添加率を決定することが重要である。

\*札幌（支）徳富ダム（出）

4. 100 cm リフトにおける施工仕様の確立

(1) 100 cm リフト試験施工の目的

100 cm リフトでは前述の課題点があるため、試験施工は転圧回数、施工時間の仕様決定だけでなく、転圧時の下層(1, 2層)と上層(3, 4層)の品質(転圧開始時VC値)を均質にする超遅延剤添加方法を決定することを目的として実施した。

(2) 100 cm リフト試験施工結果

100 cm リフトの試験施工は、まず予想外気温20~25℃に応じて超遅延剤添加率を全層同一の0.4%として施工を行った。結果は、下層の2層で転圧開始時VC値が60秒以上となり目標値を満たさなかった。

この結果を受け、超遅延剤添加率を0.5%に増やし施工を行った。転圧開始時VC値の結果は、下層でやや改善されたものの、上層で20秒前後とやや小さい値となり、ブリージングやウェーピングが顕著となった。

また、この2回の試験で採取されたコアには、いずれも欠損部が散見された。

以上の結果より、75 cm リフトと同様に超遅延剤添加率を全層同一とした場合、100 cm リフトでは上層と下層の転圧開始までの経過時間の違いから品質のばらつきが大きくなることが確認された。

(3) 100 cm リフトにおける超遅延剤添加方法の検討

2回の試験施工の結果より、上下層ともに最適転圧開始時VC値を確保するために、上層・下層で超遅延剤添加率を切り替える方法を検討した。外気温に応じて超遅延剤添加率を下層0.6%、上層0.4%とした。

この結果、転圧開始時VC値は全層(1~4層)で30~60秒となり、均一性が保持できた。上下層ほぼ同一のVC値で転圧を開始することで、振動ローラの振動エネルギーが最下層まで伝わりやすい状態になった。コア試験(外観評価、密度、圧縮強度)および鉛直型RI密度試験についても良好な結果が得られており、100 cm リフトの品質確保が可能であることを確認した。

(4) 超遅延剤添加率基準の設定

室内試験、試験施工で得られた結果をもとに決定した超遅延剤添加率基準を表一に示す。

100 cm リフトにおいては、上層と下層の転圧開始までの時間を各々1.5時間、4時間程度として、VC値が30~60秒となるように超遅延剤添加率を設定した。

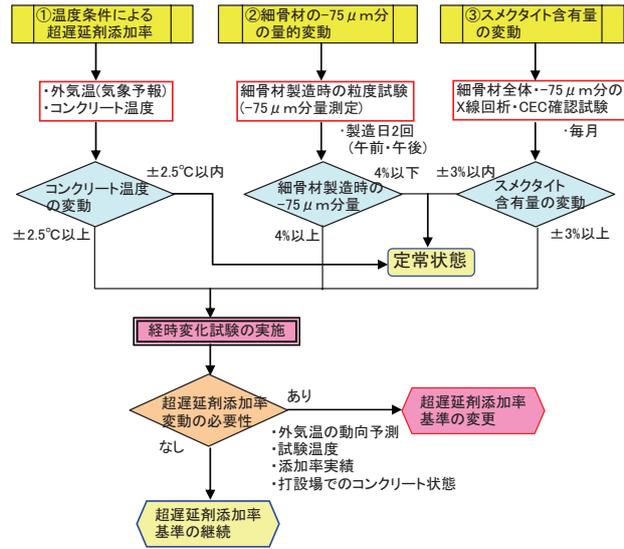
5. 本施工における品質管理方法

本施工においては超遅延剤添加率を適切に設定するために、各条件(温度、微粒分等)に応じて講ずる対策を超遅延剤添加率決定フローとしてまとめた(図一三参照)。

施工仕様は外気温によって超遅延剤添加率を決定していたが、外気温は変動が大きいので、コンクリート温度に着目し、コンクリート温度が±2.5℃以上変動する場合

表一 超遅延剤添加率基準

リフト厚	75cm	100cm		
超遅延剤の適用層	全層同一	上層	下層	
練混ぜ開始から転圧開始までの施工時間	約3時間	約1.5時間	約4時間	
超遅延剤添加率	~8℃	0%	0%	0%
	8~11℃	0%	0%	0.20%
	11~14℃	0.10%	0.10%	0.30%
	14~17℃	0.30%	0.20%	0.40%
	17~21℃	0.40%	0.30%	0.50%
	21~24℃	0.45%	0.35%	0.55%
24~27℃	0.50%	0.40%	0.60%	



図一三 超遅延剤添加率決定フロー

に、VC値経時変化試験を行い、超遅延剤添加率を検討する管理を行った。

スメクタイトは細骨材の微粒分(-75µm)に比較的多く含まれていることから、細骨材製造時における微粒分量を4%以下とする管理を行った。

原石採取場が変わることによるスメクタイト含有量の変動を確認するため、X線回析とCEC試験(陽Ca<sup>2+</sup>イオン交換試験)を毎月実施し、変動量を把握した。

6. まとめ

徳富ダムにおいて、スメクタイトによる過早凝結および100 cm リフトの転圧時における上層と下層の品質の差異といった課題に対し、室内試験、試験施工および本施工時のVC値経時変化試験を行うことで、上下層ともに転圧開始時VC値が30~60秒となる超遅延剤添加率を適切に設定できた。

これらの管理を実施した75 cm および100 cm リフト本施工部から採取したコアのコア試験(外観評価、密度、圧縮強度)の結果からも良好な品質が確保されていることが確認された。