

徳富ダムコンクリート打設計画（第3報）

— 1 mリフトによる施工結果について —

札幌開発建設部 樺戸農業開発事業所 第3建設班第2えん堤係 ○下川 昇大
今川 幸久
佐藤 大輔

徳富ダムは、樺戸（二期）地区の水源施設として、石狩川水系徳富川に建設中の重力式コンクリートダムである。第1報では、粘土鉱物混入によるワーカビリティの低下に対する過早凝結対策、第2報では、打設リフト高を75cmから1mに変更するに当たり実施した試験施工結果、ならびに施工計画策定について報告している。

本報では、これらの施工計画に基づき、「スメクタイト混入量の平準化」、「骨材温度抑制」などの対策を踏まえ実施した、1mリフトによる堤体コンクリートの施工結果について報告する。

キーワード：1mリフト、過早凝結、管理基準、RCD工法

1. 徳富ダムの概要

徳富ダムは、国営かんがい排水事業樺戸（二期）地区において、かんがい用水の確保の外、洪水調節、流水の正常な機能の維持、水道用水の確保を目的とし、石狩川水系徳富川上流に位置する樺戸郡新十津川町において建設中の重力式コンクリートダムである（図-1）。表-1にダムの諸元を示す。

2. コンクリート打設計画概要

徳富ダムにおけるコンクリート打設計画は、EL. 241.00~298.00 mまではダンプ直送によるRCD工法を主体とし、EL. 298.00 m以上は軌索式ケーブルクレーンによるELCM工法としている。コンクリートの詳細な配合区分は図-2に示すように外部、内部（RCDとELCM）、構造（Gmax80 mm、Gmax40 mm、ポンプ打設、高流動）、岩着の計8区分となっている。なお、コンクリートに必要な圧縮強度、単位体積重量は徳富ダム設計条件、耐久



図-1 徳富ダム所在地

表-1 ダム諸元

ダム名	徳富ダム
河川名	石狩川水系徳富川
かんがい	かんがい
目的	洪水調節 流水の正常な機能の維持 水道
堤頂標高	EL. 316.40 m
堤高	78.4 m
堤頂長	309 m
堤体積	530,000 m ³
集水面積	65.3 km ²
湛水面積	1.59 km ²
総貯水容量	36,000,000 m ³
有効貯水量	33,400,000 m ³

性は北海道の施工実績、ワーカビリティは他のRCD工法ダムの実績を考慮して設定した（表-2）。なお、RCDコンクリートは、セメント量を少なくした超硬練りのコンクリートで、ワーカビリティ確認のために一般的に有スランプのコンクリートで行われるスランプ試験では測定不可能なことから、VC試験により確認している。

3. 施工における課題

徳富ダムの堤体打設に用いるコンクリート骨材は、ダムサイト上流貯水池内の河床堆積物（A1）および段丘堆積物（Tr）を使用することとしている。しかし、堤体打設前のコンクリートの品質確認の結果、RCDコンクリートでは、転圧開始時に相当する練り上がりから4時間後のVC値が目標値を満たさなかった。

X線回折による調査の結果、徳富ダムの細骨材は、粘土鉱物であるスメクタイトを5%程度含有することが分








図-2 ダム標準断面図、配合区分図

表-2 コンクリートに必要な特性

配合区分	硬化コンクリート		フレッシュコンクリート	
	圧縮強度・単位体積重量	耐久性		ワーカビリティ
		耐凍害性	アルカリシリカ反応性	
外部コンクリート (A)	・単位体積重量2.3t/m ³ 以上 ・設計基準強度 $\sigma_{91}=10.0\text{N/mm}^2$ (配合強度 $\sigma_{91}=11.1\text{N/mm}^2$)	凍結融解試験による耐久性指数80%以上	・化学法:無害 または ・モルタルバー法による膨張率0.1%以下	・練り上がり後スランプ3±1cm ・4hr経過後プロクター貫入抵抗値100psi(0.69N/m ²)程度以下
内部コンクリート (B1)~RCD		—	—	・練り上がり後VC値15±10秒(小型) ・4hr経過後VC値60sec程度以下(小型)
内部コンクリート (B2)~ELCM		—	—	A配合に同じ
着岩コンクリート (D)		—	—	練り上がり後スランプ4±1cm
構造コンクリート (C1、C2、C3、C2P)		・単位体積重量2.3t/m ³ 以上 ・設計基準強度 $\sigma_{91}=21\text{N/mm}^2$ (配合強度 $\sigma_{91}=23.3\text{N/mm}^2$)	凍結融解試験による耐久性指数80%以上	A配合に同じ

表-3 コア外観評価基準

評価	5	4	3	2	1
	良	ほぼ良	やや不良	不良	極めて不良
コア外観の評価					
	モルタルが粗骨材間に充填され、表面が緻密な部分	表面がややポーラスな部分、砂分が少し現れている部分	表面がポーラスな部分、モルタルがややはげ落ちている部分	モルタルが粗骨材のまわりに十分にゆきわたらず、豆板状になっている部分	粗骨材がバラバラな部分、またはモルタルが大きく欠損していてコンクリートコアの外観をなしていない部分

かっており、スメクタイトの混入によって、コンクリートの過早凝結が起こり、RCDコンクリートのワーカビリティ低下が生じていた。

4. 過早凝結への対策

過早凝結の対策として、超遅延剤（遅延系の減水剤）を添加することでワーカビリティの改善を図ることとした。そのために、前報でも報告したように、以降に述べる室内試験において最適な超遅延剤添加率を推定し、室内試験で求めた最適添加率を用いた屋外試験において、施工性とコンクリート品質の確認を行っている。

(1) 室内試験

室内試験では、温度と超遅延剤添加率をパラメータとし、VC値を経時的に計測する試験を行っている。この結果、外気温に応じて最適な超遅延剤添加率を決定することとした¹⁾。

(2) 屋外試験

リフト高 75 cm (図-3)、リフト高 1m (図-4) それぞれについて、室内試験で求めた超遅延剤の最適添加

率を用いて実際に施工を行い、RCD 部各層の転圧開始時の VC 値を計測、さらにコンクリート硬化後にコア (φ 200 mm) を採取し、単位体積重量、圧縮強度の計測およびコア外観評価試験等を行っている。

ここでコア外観評価試験とは、コアの外観をひび割れの有無、粗骨材集中の有無、表面の凹凸やモルタルの剥げ落ち程度等を目視観察に基づき、表裏の2面で5段階に評価したものである (表-3)。

リフト高 75 cm の屋外試験の結果、全層において、転圧開始時 VC 値をはじめとする各測定項目は設計値を満足するものであった¹⁾。

一方、リフト高 1m の屋外試験では、上層と下層の施工時間 (転圧開始までの時間) の違いから品質のばらつきが大きくなった²⁾。そこで、上層と下層の超遅延剤添加率を変化させて試験を行った結果、各層の転圧開始時 VC 値は条件を満たしており、その他の項目についても、設計値を十分に満足していた。

以上の結果より、リフト高 1m 施工においては RCD コンクリートに加える超遅延剤添加率をリフトの上層と下層で変化させることとした。

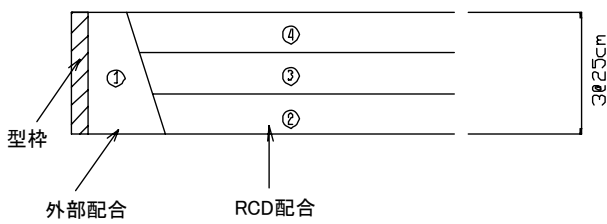


図-3 リフト高75cm施工図

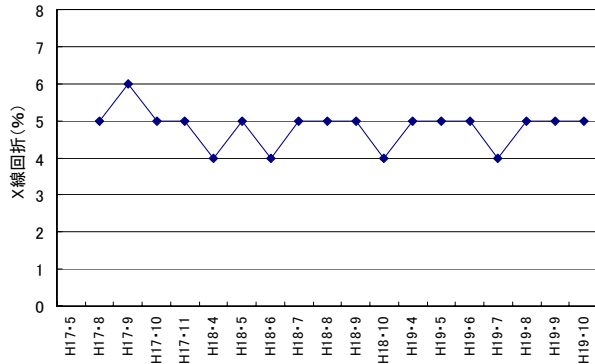


図-5 0~5mmのX線解析の結果

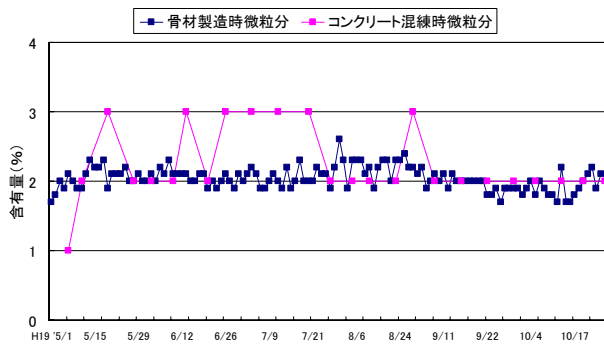


図-7 細骨材中の微粒分量の推移

5. 本施工における品質向上への取組み

過早凝結によるワーカビリティ低下の対策として、室内試験及び屋外試験を通じて超遅延剤添加率の施工仕様を決定し対策を講じてきた。しかし、本施工においては、骨材材料のスメクタイト含有量や材料温度及び気象条件等の要因によって、コンクリートの過早凝結が変動することから、この変動因子を抑制・安定化させるため、下記のような取り組みを行った。

(1) スメクタイト混入量の平準化

本施工ではスメクタイト混入量の平準化を図るために、以下の対策を行った。

a) スメクタイト含有量の把握

骨材の採取に関して、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が考えられる。そこで、毎月X線解析とCEC試験を実施し、変動量を確認した。この結果、採取場が変わっても細骨材のスメクタイト含有量は $5 \pm 1\%$ 程度と大きな変動はみられなかった(図-5)。

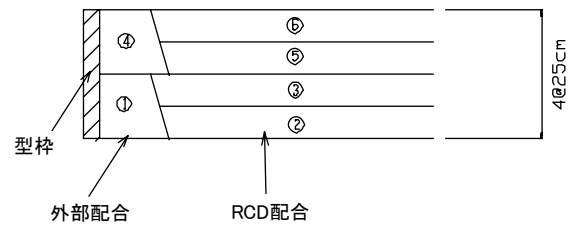


図-4 リフト高1m施工図

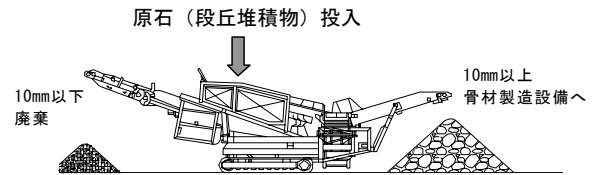


図-6 移動式スクリーンによる微粒分の除去



写真-1 遮光ネット設置状況

b) 細骨材中の微粒分量の調整

RCDコンクリートのワーカビリティの保持のためには、微粒分がある程度(0.075mm以下が2%程度)必要である。X線解析の結果、スメクタイトは細骨材の微粒分に比較的多く含まれていたことから、本施工においては、細骨材中の0.075mm以下の微粒分量の低減を図るため、原石採取時に移動式スクリーンによる除去を行った(図-6)。また、骨材製造時において、0.075mm以下の微粒分の変動量が4%以下となるよう管理を行った。コンクリート練混ぜ時においても、微粒分の偏在を防ぎ、規定の粒度分布を維持するよう、留意して製造を行った。骨材製造時とコンクリート練混ぜ時の細骨材ふるい分け試験による0.075mm以下の微粒分の推移を図-7に示す。骨材製造時における微粒分量の管理を行うことで、コンクリート練混ぜ時の微粒分量も安定したと判断している。

(2) 骨材温度抑制

骨材の温度上昇を防ぐことを目的とし、以下の対策を実施した。

a) 製品骨材散水

粗骨材に関して、夏場のコンクリート温度が上昇する時期には、ストックパイル上部から散水し、骨材の温度上昇を防ぐ。

b) 製品骨材遮光用ネットの設置

製品骨材に直射日光が当たらないよう、遮光ネットを設置し、骨材の温度上昇を防ぐ（写真-1）。

c) バッチャープラントのトップの冷却

バッチャープラントのトップにある骨材受材瓶は、夏場40～50℃まで上昇するために、バッチャートップにエアコンを設置して室内温度を20℃程度に保ち、一時保管してある骨材の温度上昇を防ぐ。

(3) 超遅延剤添加率の決定における温度条件指標の変更

外気温を指標として超遅延剤添加率を決定した場合、外気温の大きな変動に対して、骨材温度の変動やコンクリート温度の変動が小さい8月末～10月（平成17年度）において、超遅延剤添加量が不足気味でコア評価点が低いコアも見られた（図-8）。そのため、平成18年度から超遅延剤添加率の決定には、外気温からコンクリート温度に指標を変更した。

(4) 超遅延剤添加率の決定フロー

以上の項目をまとめた、本施工における超遅延剤添加率決定フロー図を図-9に示す。スメクタイト混入量の平準化により、スメクタイト含有量や細骨材における微

粒分量に大きな変動がなかったため、コンクリート温度変動が±2.5℃以上及び打設現場においてコンクリート凝結が早くなった場合に、経時変化試験を行い遅延剤添加率を決定した。図-10には平成19年度における超遅延剤添加率の実績を示す。

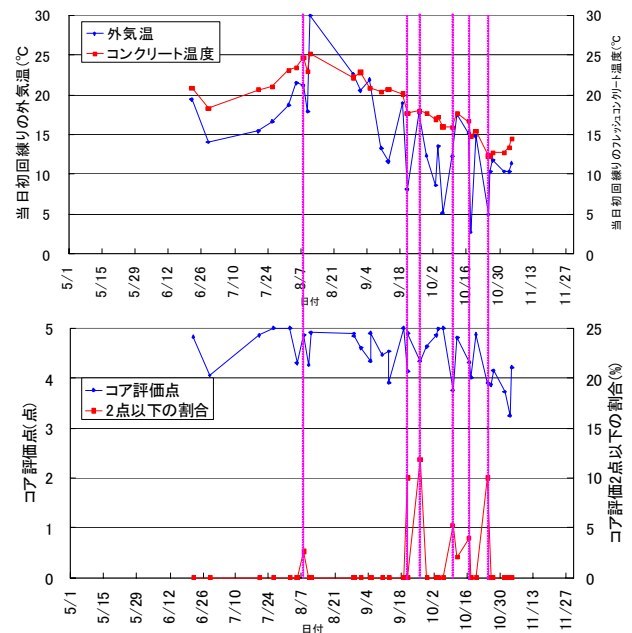
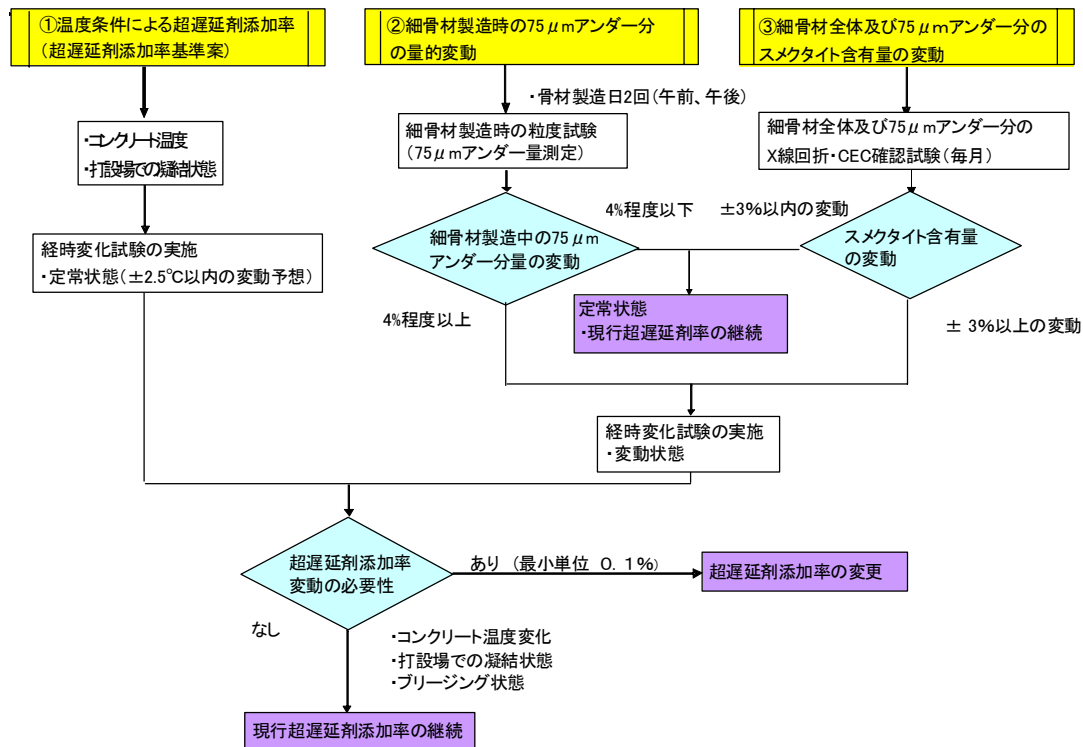


図-8 外気温・コンクリート温度とコア評価点の関係（平成17年度）

超遅延剤決定フロー

<超遅延剤添加率の変動因子>



※ 超遅延剤添加率の運用
 ・夜間は1ランクダウン（昼間-夜間平均温度差 5℃）
 ・降雨時は1～2ランクダウン（降雨強度による）

図-9 超遅延剤添加率決定フロー図

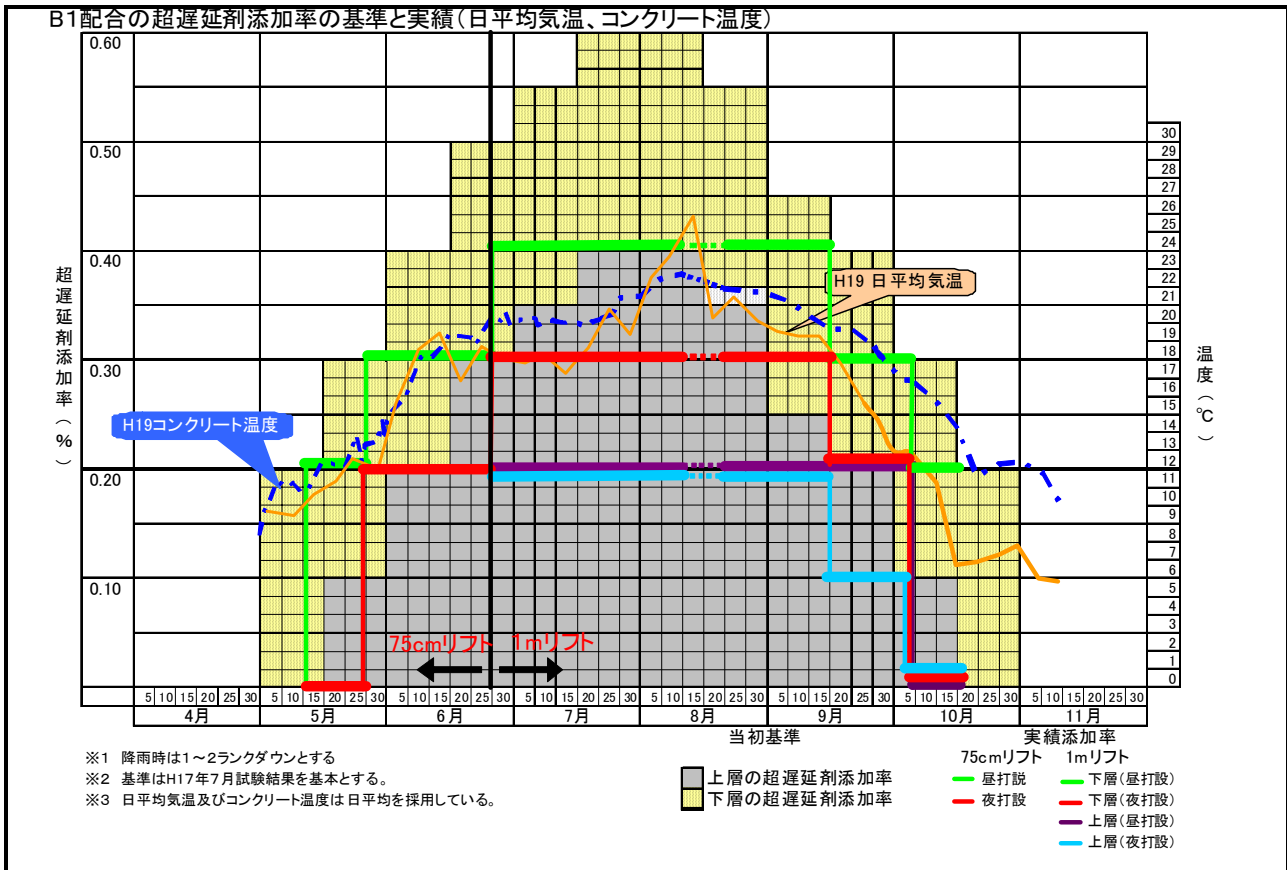


図-10 超遅延剤添加率の実績 (H19年)

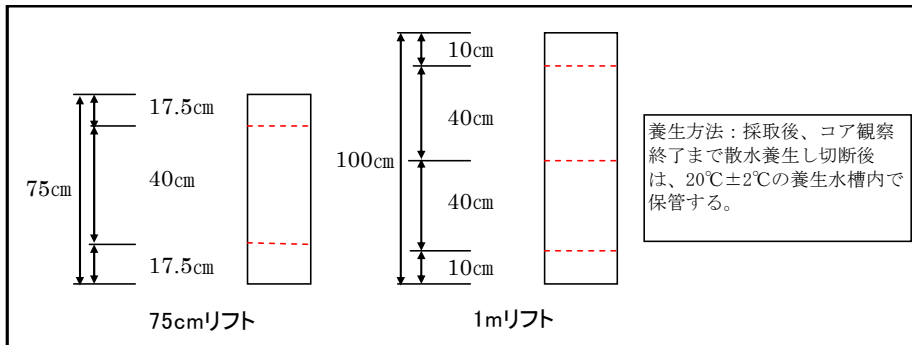


図-11 コアの切断標準図

表-4 コア評価点・圧縮強度・コア密度の平均値および標準偏差

		75cmリフトコア (共試体数:133本)	1mリフトコア (共試体数:109本)
コア評価点	平均値	4.69	4.71
	標準偏差σ	0.32	0.15
圧縮強度 (N/mm ²)	平均値	20.8	19.4
	標準偏差σ	4.50	3.50
コア密度 (t/m ³)	平均値	2.45	2.46
	標準偏差σ	0.04	0.02

6. 1mリフト施工における品質確認結果

(1) コア採取による試験

打設を行った本体コンクリートからコア (φ200 mm) を採取し、本体コンクリートの品質を確認・評価した。コアは、75cmリフトは1リフトから1供試体、1mリフトは1リフトから2供試体を作成し (図-11)、単位体積重量、圧縮強度の計測、及びコア外観評価試験 (表-3参照) を行った。

(2) 試験結果

表-4に75cmリフト、1mリフトそれぞれのコア評価点、圧縮強度、コア密度の平均値及び標準偏差を示す。コア

評価点の平均値は75cmリフトで4.69点、1mリフトで4.71点とほぼ同程度となった。標準偏差については、1mリフトの方が小さくなっており、また、コア評価点の平均値の推移をみても、均質性に優れていることが確認できる (図-12)。

圧縮強度については、平均値は1mリフトが19.4N/mm²と、

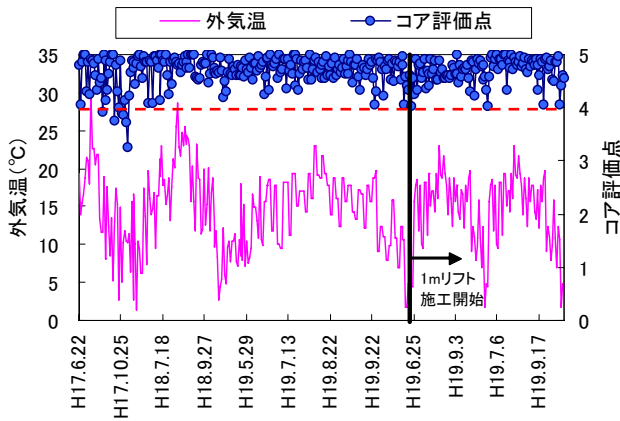


図-12 コア評価点平均値の推移

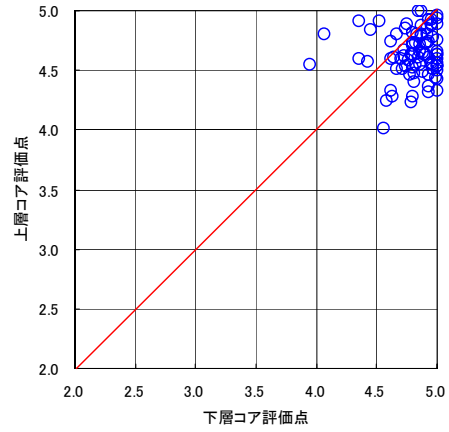


図-15 上層・下層のコア評価点の関係

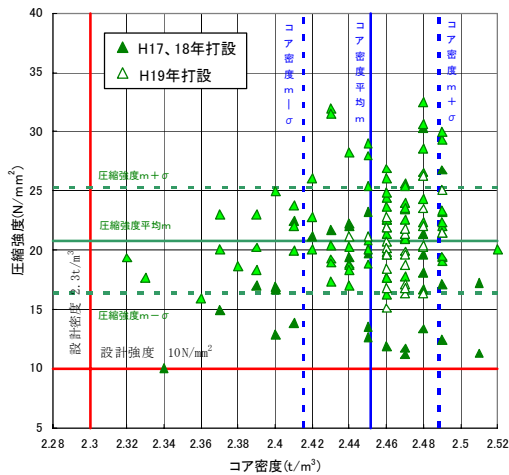


図-13 75cmリフトのコア圧縮強度・密度

75cmリフト (20.8 N/mm²) より若干低下しているが、設計強度 (10 N/mm²) は十分に満足している。また、75cmリフトでは、設計強度に近いものが数点存在していたが (図-13)、1mリフトにおいては、ほぼ15 N/mm²を上回っており、ばらつきも小さくなっている (図-14)。

コア密度においても、平均値では75cmリフト、1mリフトで大きな違いはみられないが、1mリフトで、2.4t/m³未満がなく、均質性の向上がみられた。

図-15には、1mリフトにおける、同一リフトでの上層・下層のコア評価点の関係を示す。下層のコア評価点が上層の評価点より高い傾向がみられるものの、その差は小さく、全体的に4.5~5.0点に分布している。このことから、コンクリートの品質が上下層で同程度に良好であることがわかる。

以上の結果から、年間を通じた外気温の変動、上下層における施工時間の違いに対応した超遅延剤添加方法、過早凝結に対する各種の対策により、1mリフト施工においても良好な品質が確保されていることが確認された。

7. まとめ

徳富ダムでは、スメクタイト混入によるRCDコンクリー

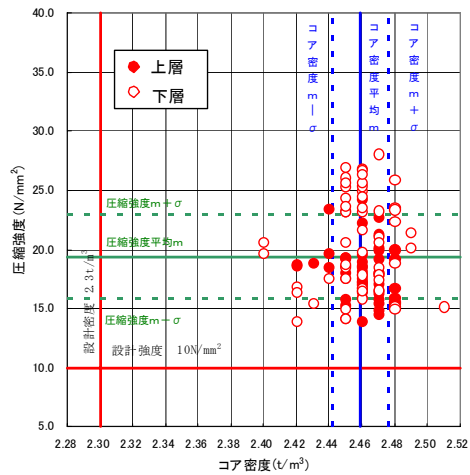


図-14 1mリフトのコア圧縮強度・密度

トの過早凝結によるワーカビリティの低下が課題となっていたが、スメクタイト混入量の平準化、骨材温度抑制による取り組みと、超遅延剤添加率の決定における温度条件指標の変更を行うことで、超遅延剤添加率を適切に設定することができた。また、コア試験の結果から、1mリフト施工部は、75cmリフト施工部同様に良好な品質が確保されていることが確認された。

あとがき

徳富ダムの堤体コンクリート打設は5年の歳月をかけて、平成20年11月に完工した。現在は、試験湛水に向けて取水設備等の整備を進めている。

参考文献

- 1) 増田ほか：徳富ダムコンクリート打設計画—超遅延剤を使用したワーカビリティの改善—，第49回北海道開発局技術研究発表会
- 2) 雪田ほか：徳富ダムコンクリート打設計画 (第2報)—1mリフトにおける施工計画について—，第50回北海道開発局技術研究発表会