

フィルダムコアゾーンにおける密度鉛直分布の計測事例

(独)水資源機構 正会員 坂本博紀 有馬慎一郎
鹿島建設(株) 正会員 ○小林弘明 小原隆志

1. 目的

フィルダムコアゾーンの締固めでは所要の密度と透水係数を確保するため、粒度、含水比、締固めエネルギーを適切に管理して施工を行う。コアゾーンにおける現場密度は施工層厚の範囲内で大きな密度変化がないことを前提に1層ごとの平均密度を計測し管理している。現在、福岡県内で(独)水資源機構が建設中の小石原川ダムにおけるコア盛立の転圧機種を選定にあたり、密度の鉛直分布が大きく変化しないことを確認するため①水置換法、②採取コアによるX線CT分析、③2孔式RI計測の3種類の方法で現場密度の計測を行った。

2. 試験ケース

試験ケースの一覧を表-1に示す。また盛立試験ヤードの断面と各現場密度試験の計測範囲の関係を図-1に示す。水置換法、2孔式RI試験では2,3層目の施工層厚の範囲で試験し、X線CT分析では突き砂法による現場密度試験(JGS1611)で各ケースともに乾燥密度 ρ_d が最大値の99%付近に達した転圧回数 $N=6$ のヤードで、試料を採取して分析を行った。

3. 試験概要および試験結果

(1)水置換法

水置換法による現場密度試験計測は、図-1に示す模式図のように15cmごとに削孔と水置換法による現場密度を繰り返し計測し、A層、B層、C層の平均乾燥密度を算定した。試験孔の形状はC層の底部において、最大粒径 $D_{max}150mm$ の現場条件で突き砂法を行う場合の標準的な試験孔径である300mmが確保できるように設定した。乾燥密度の平均値の分布を図-2に示す。図-2にプロットした点はケースごとに3孔の計測結果の平均値を示している。

同一の転圧回数で比較すると、密度は全ての層でCase1(10t級平滑振動ローラ)の方が高い。また、Case1ではA層に対してB層の平均密度は同程度であるが、Case2(19t級振動タンピングローラ)ではB層の密度はやや低下している。ただし、Case2においてもA層に対するB層の締固め度は98.5%以上を確保されており、密度分布は生じているもののその差は小さいといえる。

(2)X線CT分析

X線CT分析とは被検体に全周方向からX線を照射し、投影データを逆解析して被検体内部のX線吸収係数の分布を2次元画像化し、図-3に示すX線吸収係数から式(1)より得られるCT値を用いた分析を行うものである。被検体のCT値と密度の間には式(2)の関係があるとされており、地質ボーリングコアの非破壊評価等に利用された事例がある¹⁾。本稿では盛立面から $\phi 200mm$ 、 $L=900mm$ の大孔径コアを採取し、X線CT画像は0.5mm間隔で撮影し、各断面で得られたCT値の平均値の鉛直分布を比較分析することで密度の鉛直分布の傾向をより詳細に把握することを試みた。なお、採取されたコアの表面および孔壁の状態は、平滑で礫の周辺

表-1 試験ケース一覧

	転圧機械	仕上り厚	転圧回数 N	水置換法 ^{※1}	採取コアのX線CT分析 ^{※2}	2孔式RI法 ^{※3}
Case1	10t級平滑振動ローラ	30cm	4,6,8,10	○	○	○
Case2	19t級振動タンピングローラ	30cm	4,6,8	○	○	-

※1 各ケース、転圧回数 $N=4,6,8$ のヤードで3孔ずつ実施した。

※2 各ケース、転圧回数 $N=6$ のヤードで2本($L=90cm$:3層分)のコアを採取し分析を実施した。

※3 転圧回数 $N=6,8,10$ のヤードで1箇所ずつ計測を実施した。

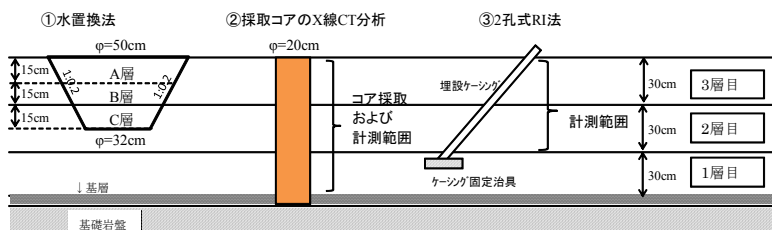


図-1 各現場密度試験の計測範囲

キーワード フィルダム、コアゾーン、盛立試験、密度、鉛直分布、X線CT

連絡先 〒838-0015 福岡県朝倉市持丸 786-3 小石原川ダム本体建設工事事務所 TEL 0946-23-8302

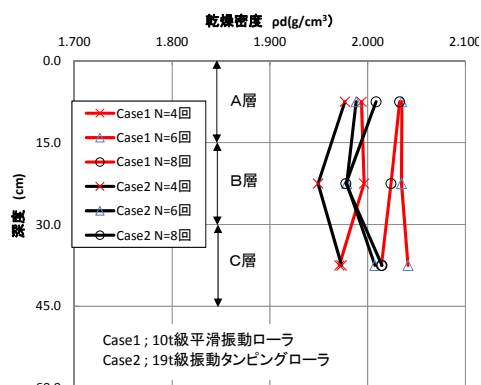


図-2 水置換法の試験結果(平均値)

は細粒分の多い材料でよく充填されていた。サンプリングによる削孔面付近の乱れも殆どみられず、転圧層の境界が視認できない程によく密着していた。

各ケースのCT値の鉛直分布を図-3に示す。全ケースでCT値は鉛直方向に概ね一定であることから、層内の密度分布も概ね一定と考えられる。各ケースのCT値と換算密度の平均値を比較すると、Case1ではCase2に対してCT値で1.8%、湿潤密度で1.2%高い値を示した。各試験ヤードで実施した突き砂法による現場密度試験でも乾燥密度はCase1が約2%高い値を示しており、転圧機種の違いによる密度変化の傾向は一致している。

(3) 2孔式RI計測

2孔式RI計測は地表から20cm程度の範囲はデータの信頼性が下がるため、本試験では図-1における2～3層目に計測用のガイド管を配置し、2層目の密度分布を計測することで1層分の密度分布を評価した。層境界を含む3層目の下層側も計測可能であり、評価対象とした。2孔式RI計測はCase1のみ実施し、Case2ではタンピングローラの突起部における集中荷重によりガイド管が破損する危険があったため実施していない。計測結果による湿潤密度の鉛直分布図を図-4に示す。2層目の湿潤密度をみると、全ての転圧回数エリアで上層の密度に対して下層の密度が大きく低下している状況はみられない。また、3層目の転圧前後の密度分布を比較すると全ての転圧回数エリアで2層目全層において、転圧前より転圧後の密度が上昇しており、3層目の転圧効果が2層目まで到達していることが分かる。3層目の転圧前の分布では、2層目の上層(深度30～40cm)の密度が低下している。これは、3層目を撒き出す前に行ったレーキングの影響と考えられるが、3層目の転圧後には2,3層目の境界部を含めて密度は下層と同程度の湿潤密度となっている。

4. まとめ

小石原川ダムのコアゾーンの転圧機種の選定では、評価項目の一つとして転圧回数に応じた転圧層内の密度の鉛直分布を把握するために複数の手法で計測を行った。その結果、転圧機種にかかわらず実施した全ての計測方法で密度の鉛直分布に偏りは生じていないことを確認した。

参考文献 1) 稲崎富士, 井内美朗, 中野司: 湖沼底質試料の非破壊・密度構造分析への医療用X線CTスキヤナの利用, 地質調査月報, 第46巻第11号, pp.629-642, 1995

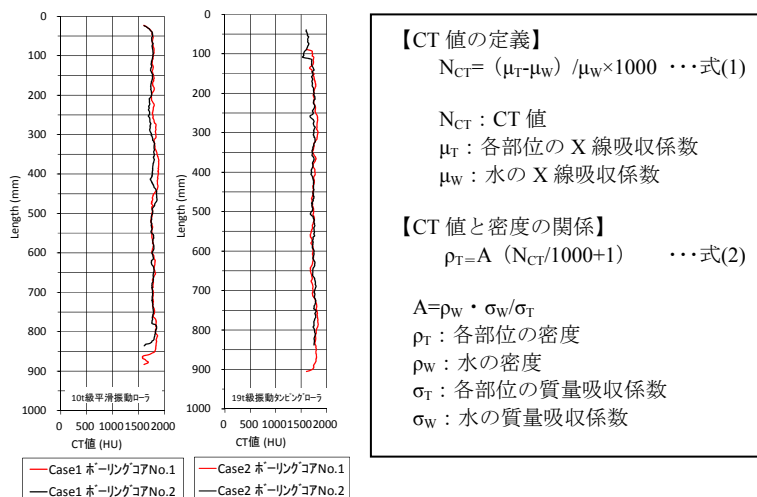


図-3 CT値および湿潤密度の鉛直分布

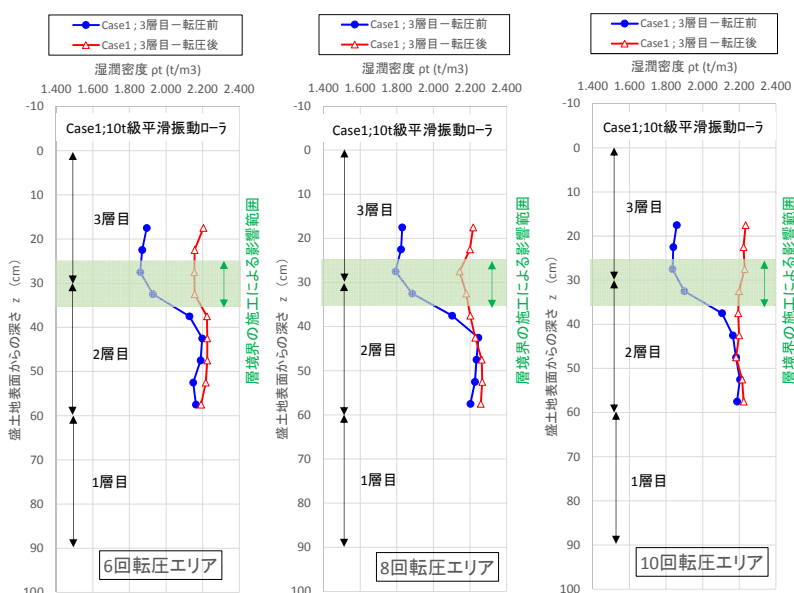


図-4 2孔式RI計測による湿潤密度の鉛直分布