フィルダムのコアゾーンにおける締固め状態の評価事例

(独)水資源機構　正会員　○坂本　博紀
(独)水資源機構　正会員　曽田　英揮
鹿島建設(株)　正会員　小林　弘明
東京理科大学　名誉会員　龍岡　文夫

1．目的

フィルダムのコアゾーンの締固めは，所要の乾燥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（以後 Compaction Energy Level, CEL）を適切に管理して実施する必要がある．その際，施工含水比が現場締固め条件での最適含水比 w_{opt} の乾燥側であると仮に締固め不足の場合は透水係数が急増するため，w_{opt} から湿潤側に 2～3%の範囲で管理するのが一般的である．この場合，w_{opt} は現場試料から大粒径を除いた試料を用い CEL を 1.0Ec（標準プロクター）とした室内締固め試験によって求める場合が多い．しかし，近年では転圧機械が大型化・高性能化していることから，1.5Ec などより高い CEL での締固め曲線（w-ρ_d 曲線）に基づいて現場乾燥密度（ρ_d）を管理する事例も見られる．

龍岡 [1]は，「CEL と土質の変化が限定的な場合は，それぞれの締固め条件で最大乾燥密度$(\rho_d)_{max}$ が得られる最適飽和度$(S_r)_{opt}$ の値と，それに基づいて正規化した締固め曲線（$\rho_d/(\rho_d)_{max}$～$(S_r-(S_r)_{opt})$曲線）は一定と仮定できる」ことを示した．現在，福岡県内に(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機種選定にあたり，この特徴に着目して現場の締固め状態を従来よりも定量的に評価することを試みた．

2．試料および盛立試験仕様

表-1 に盛立試験のケースを示す．盛立試験の使用材料の粒度分布(最大粒径 D_{max}=150mm)を**図-1** に示す．使用材料は強風化岩由来の礫混じり粘性土であり，細粒分含有率 Fc 値が 55%程度の細粒材と Fc 値が 8%程度の粗粒材を乾燥重量比 1:2.5 で混合した材料であり，Case1,2 で用いた材料は全て同一のストックパイルから切崩し混合した材料である．**図-1** より，Case1, 2 の盛立試験での粒度分布は平均値，バラつきともに同程度であることが分かる．なお，盛立試験の施工含水比については，転圧回数および転圧機種による現場締固め状態の差が明確に現れるように，現場試料から大粒径を除いた試料（D_{max}=37.5mm）の含水比が，D_{max}=37.5mm の試料を用いた 1Ec の室内試験で得られた w_{opt} (=15%)よりもやや乾燥側である 14.3%になるように調整した．

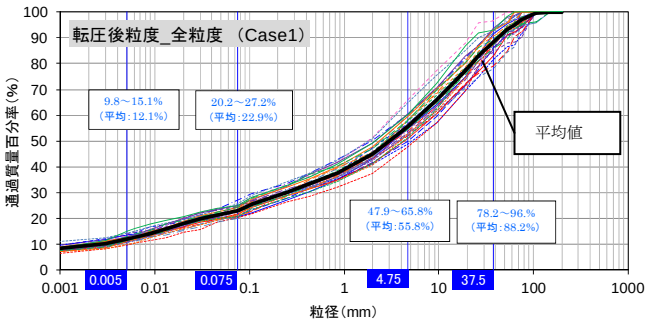
3．締固め状態の推定

突き砂法による現場密度試験（JGS1611）と室内突固め試験（JIS A 1210）の結果を**図-2** に示す．現場密度試験は各転圧回数で 5 点実施しており，**図-2** には平均値をプロットしている．ただし，現場試験では D_{max}=150mm,

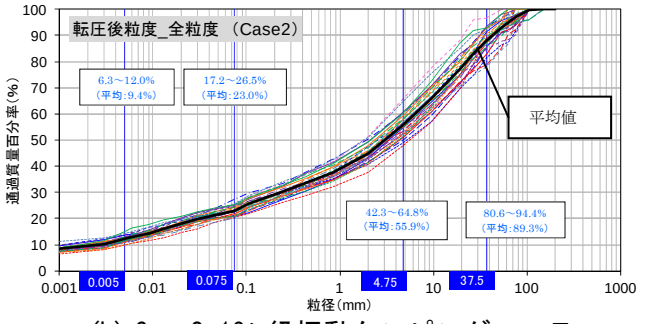
表-1　試験ケース一覧

	転圧機械	仕上り厚	転圧回数 N	施工含水比 w※ (-37.5mm粒度)
Case1	10t級平滑振動ローラ	30cm	0,2,4,6,8,10,16	14.3%
Case2	19t級振動タンピングローラ	30cm	0,4,6,8,10,16	

※ w_{opt}(1Ec)=15%



(a) Case1_10t 級平滑振動ローラ



(b) Case2_19t 級振動タンピングローラ

図-1 粒度分布（転圧後）

キーワード　フィルダム，コアゾーン，盛立試験，CEL，飽和度
連絡先　〒868-0019　福岡県朝倉市上秋月 1373 番地 1　（独）水資源機構 朝倉総合事業所　ＴＥＬ0946-25-1100

室内試験では D_{max}=37.5mm であり，現場試験では場所による礫率がばらつくことから，これらの影響を取り除いて同一粒度で比較するために，現場密度試験の結果を Walker-Holtz の礫率補正式によって D_{max}=37.5mm 試料の値に換算して，室内試験結果と比較している．**図-2** より，Case1 では転圧回数 N≧6 での現場全量試料の内の D_{max}=37.5mm 試料の締固め状態は 1Ec～2Ec の室内締固め曲線の間に，Case2 では N≧6 で 1Ec の室内締固め曲線付近に位置していることが分かる．

図-2 に示す 1Ec，2Ec の室内締固め曲線を $\rho_d/(\rho_d)_{max}$～$(S_r-(S_r)_{opt})$曲線に変換したのが**図-3** であり，CEL によらない一義的な関係となっている．$S_r \leqq (S_r)_{opt}$ の範囲では直線近似が，$S_r \geqq (S_r)_{opt}$ の範囲では双曲線近似ができる．現場全試料の内 D_{max}=37.5mm 試料の締固め状態は 1～2Ec の室内締固め曲線の間に位置することから，現場試験における D_{max}=37.5mm 試料の現場締固め条件での正規化した締固め曲線は**図-3** に示すものと同じであると仮定して，現場締固め状態を通過するように現場締固め曲線（ρ_d - S_r 関係）を求めた．例として**図-4** に室内締固め曲線(1Ec, 2Ec)と Case1 の各転圧回数の現場締固め条件での ρ_d-S_r 曲線を示す．現場試験での曲線群のピークの位置の ρ_d の値が「現場における D_{max}=37.5mm 試料の現場締固め条件での$(\rho_d)_{max}$」である．このような現場締固め曲線と 1Ec と 2Ec の室内締固め曲線の比較から，「現場全試料のうち D_{max}=37.5mm 試料の締固め状態を再現する室内締固め試験での CEL(F-CEL)」と転圧回数の関係を求めた．その結果を**図-5** に示す．現場における D_{max}=37.5mm 試料の締固め状態を再現する室内締固め試験の F-CEL は，19t 級振動タンピングローラでは概ね 1Ec 付近に収束するのに対し，10t 級平滑振動ローラでは 1.8Ec 付近まで上昇している．なお，現場で 37.5mm 以上の大粒径を除いた試料が受ける CEL は大粒径を含む全試料が受ける CEL よりも小さくなる．従って，今回現場で全試料が受けた CEL はこの図に示す F-CEL の値よりも大きい可能性がある．この定量化は今後の課題である．

今回の機種選定にあたっては，**図-2** に示す現場締固め状態と**図-5** に示すように推定した F-CEL のほか，透水係数，鉛直方向の密度分布，施工性についても比較検討を行い，総合的に 10t 級平滑ローラが有利であると評価した．

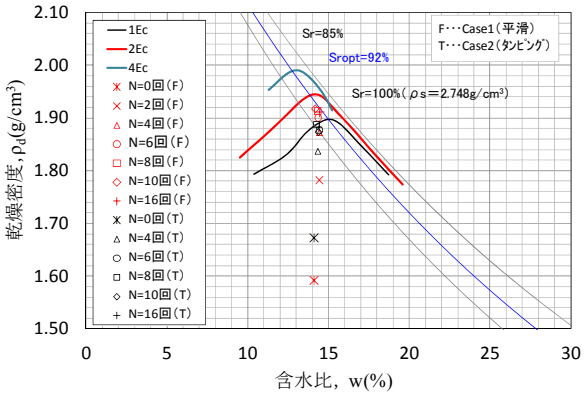


図-2 現場試験と室内試験の比較（乾燥密度 ρ_d）

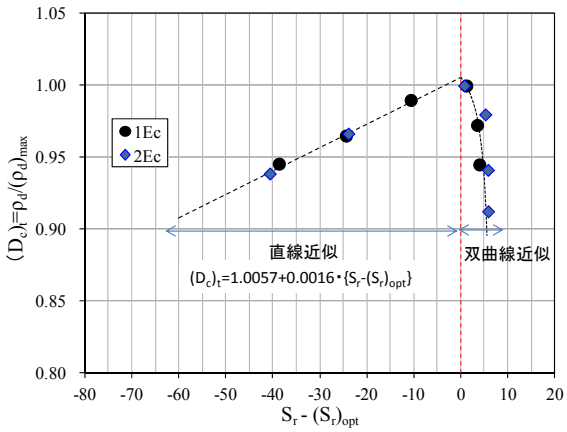


図-3 現場試験と室内試験の比較（乾燥密度 ρ_d）

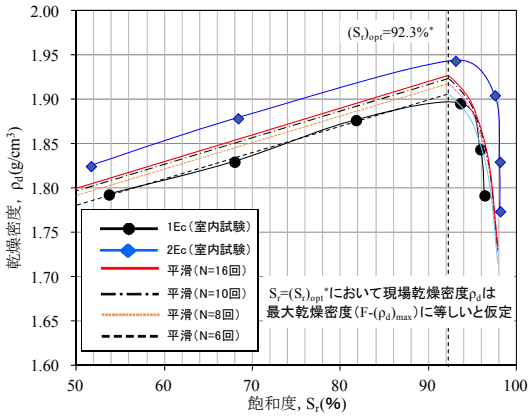


図-4 室内と現場の締固め曲線の比較（Case1）

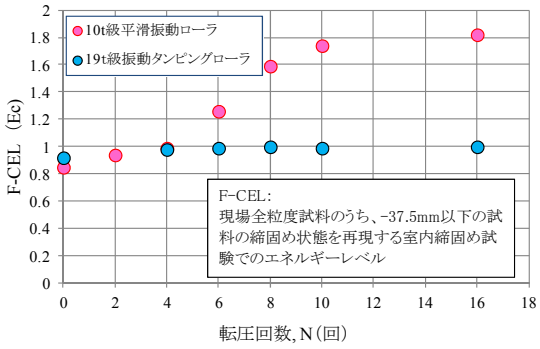


図-5 F-CEL と転圧回数の関係

4. まとめ

小石原川ダムのコアゾーンの盛立機種の選定のための評価項目の一つとして，転圧機種，転圧回数に応じた現場締固め状態の定量的な評価を試み，転圧機種・転圧回数の違いによる相違を明確にした．今後は，本論文で説明した手法の現場締固め管理への導入について検討する予定である．

参考文献 1) 龍岡文夫(2016)：土の締固めにおける飽和度管理の重要性,ダム技術 No354, pp3-16, 3 月号