

藤沼ダム建設工事におけるコア材・ランダム材の飽和度管理（その1）
～工事概要と材料特性など～

安藤ハザマ 技術研究所 〇三反畑 勇、永井 裕之
安藤ハザマ 東北支店 山岸 明広
東京理科大学 龍岡 文夫
NTCコンサルタンツ 中山 睦人、三浦 亨
福島県 県中農林事務所 渡邊 浩樹

1. はじめに

2011 年東日本大震災での藤沼ダム決壊の主要因の一つは「盛土締固め不足」である。そこで、藤沼ダム復旧工事では、崩壊した堤体よりも確実に高品質な盛土の実現を目的とし、締固め度 D_c を指標とした従来の密度管理に加え、「最適飽和度」の実現を目指す飽和度管理も実施した。なお、最適飽和度とは、締固め曲線上の最大乾燥密度・最適含水比時の飽和度であり、締固めエネルギーと土質が変化しても変化が一定の範囲内ならば概ね一定値を示す特徴がある。本工事では、現場の品質試験結果から、密度、飽和度共に所定の品質を満足することが確認され、高品質な盛土を実現できている。本論(その1)では工事概要と盛立仕様などを報告する。

2. 工事概要

藤沼ダムは福島県須賀川市にある農業用貯水池（藤沼湖）の本堤、副堤の2つのフィルダムからなり、復旧中の堤体は中心遮水型で、コアゾーン(粘性土)の外側はフィルターゾーン(砕石)、ランダムゾーン(半透水性材料)、ロックゾーンから構成されている(表1と図1、2)。コア材は、福島県内で購入した細粒材(粘性土：降下火山灰質土)と粗粒材(礫質土：風化安山岩)を乾燥重量比1:3で混合して用いた。ランダム材は、現地掘削土と購入砕石C-40を乾燥重量比1:3で混合して用いた。現地掘削土には、旧堤体流用土と基礎掘削土の2種類を使用しているが、ここでは旧堤体流用土と砕石を混合したランダム材について報告する。



図1 藤沼ダム完成予想図

表1 藤沼ダムの主要諸元

	本堤	副堤
堤高	31.4m	18.0m
堤頂長	149.2m	86.8m
堤体積	232,000m ³	48,000m ³
貯水量	150 万 m ³	

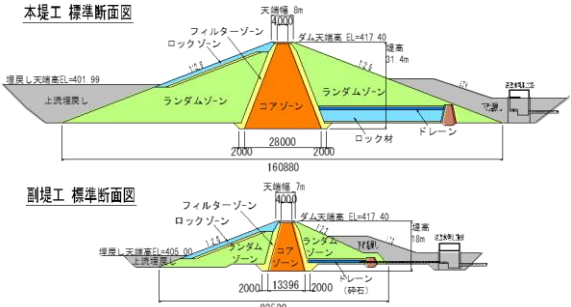


図2 本堤および副堤の断面

3. 盛立仕様の設定

コア材とランダム材の盛立仕様および品質管理基準は表2に示す検討フローによって設定した。

①事前室内試験は、盛土材を現場のストックヤードに搬入する前に実施した。主な試験結果を図3～5および表3に示す。なお、表3は、左側が室内混合試験での締固め試験結果(締固めエネルギーレベル CEL が標準プロクターの1.0Ec、19mm アンダー材)

で、右側は後述する②現場混合試験における物理試験結果である。

②現場混合試験はストックヤードで実施した。コア材は、まず含水比の高い細粒材を厚さ約20cmで広く撒き出して天日乾燥し(2日程度)、次にスタビライザーで細粒材と粗粒

表2 盛立仕様および品質管理基準の検討フロー

検討フロー	試験の概要
①事前室内試験	細粒材、粗粒材、旧堤体流用土など、盛土材の物理試験、締固め試験を事前に実施して施工含水比等の目安を把握する。
②現場混合試験	ストックヤードで重機による混合攪拌および含水比調整(曝気)を行って施工方法を決定するとともに、現場混合した材料で室内試験を行い、次に実施する現場転圧試験の仕様を設定する。
③現場転圧試験	19t 級振動タンピングローラーを用いて3含水比条件で転圧試験を行って締固め特性を把握し、転圧仕様を設定する。
④室内確認試験	上記の試験結果を基に代表的な室内試験条件を設定し、締固め、透水、三軸圧縮、圧密などの試験を行って管理基準を設定する。

表3 コア材およびランダム材の材料特性

	締固め試験 1.0Ec		物理試験結果の範囲 (現場混合試験)		
	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(g/cm^3)$	最適含水比 $w_{opt}(\%)$	自然含水比 $w_f(\%)$	細粒分含有率 $F_c(\%)$	礫率($D \geq 4.75mm$) $P_{4.75}(\%)$
細粒材	0.919	62.4	62.8~118.5 (平均 88.6)	78.1~96.7 (平均 90.1)	0
粗粒材	2.089	9.5	4.2~9.5 (平均 7.5)	11.1~12.8 (平均 12.1)	39.3~48.4 (平均 43.9)
コア材 (1:3 混合材)	1.815	15.9	(曝気乾燥で調整)	27.3~30.6 (平均 29.0)	27.7~30.6 (平均 29.2)
旧堤体流用土	1.443	27.6	39.0~43.9 (平均 41.7)	35.2~43.0 (平均 41.7)	5.3~13.5 (平均 8.0)
砕石 C-40 (フィルター材と同じ)	—	—	2.4~2.7 (平均 2.5)	3.8 程度 (管理基準 ≤ 5)	67.0~73.9 (規格値 60~85)
ランダム材 (1:3 混合材)	2.060	10.2	(曝気乾燥で調整)	14.1~18.5 (平均 15.9)	49.6~57.7 (平均 52.8)

キーワード フィルダム, 振動締固め, 締固め度, 飽和度, 盛立試験

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ技術研究所土木研究部 TEL 029-858-8813

材を1:3で混合攪拌しながら曝気を促進し、最後にストックしたコア材をブルドーザーでスライスカットしてバックホウで混合攪拌し含水比を調整した。ランダム材については、所定の混合比率になるように、砕石を60cm、現地掘削土を20~30cmで交互に撒き出して積み上げ、ブルドーザーでスライスカットしてバックホウで混合攪拌し含水比を調整した。各材料の主な試験結果を図6、表3に示す。

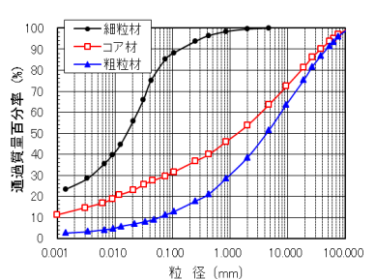


図3 コア材の材料と混合後の粒度

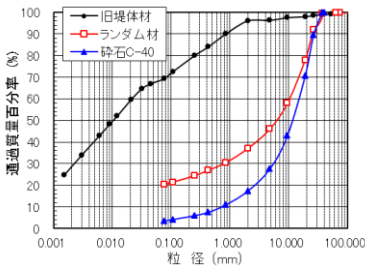


図5 ランダム材の材料と混合後の粒度

なお、図4、6に示すように、室内締固め試験でCELを1.0Ecから4.5Ecまで変化させても最適飽和度($S_{r,opt}$)はほぼ一定なので、飽和度 $S_r=(S_r)_{opt}$ 状態を目指す飽和度管理がコア材およびランダム材に適用可能と判断できた。

③現場転圧試験は、19t級タンピングローラー(図8)を用いて表4の条件で実施した。コア材の設定含水比で、乾燥側は $w_{dry}=w_{opt}-1.5\%$ 、湿潤側は $w_{wet}=w_{opt}+4\%$ ($D_c=95\%$ に対応する湿潤側含水比)とした。なお、転圧後の含水比は設定値をやや下回った。ランダム材の設定含水比の中で、湿潤側の $w_{wet}=11.0\%$ 程度は締固め試験でモールド底盤に余剰水が滲み出すくらいの限界点とした。なお、現場密度試験(砂置換 $\phi 20\text{cm}$ 、突き砂法)と現場透水試験は、タンピングローラーによる最終転圧面の凹凸を除去してから実施した(図9)。

現場転圧試験の主な結果を図10、11に示すが、コア材は含水比 w を $w_{opt}+0.5\%$ 程度に設定すれば、8回転圧で $D_c \geq 95\%$ 、現場透水係数 $\leq 1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ という管理基準を十分に満足できると判断した。なお、 $w=w_{wet}$ では8回以上の転圧で繰り返しの傾向が認められ、締固め効率も低い。一方、ランダム材は、転圧回数が4回以上で $D_c \geq 95\%$ を満足しているが、浸水後の強度低下やコラップス沈下に対する懸念から、より高い施工上の目標値として転圧回数8回を設定した。なお、 $w=w_{wet}$ では8回以上転圧すると密度低下が顕著であるので、ランダム材についても適切な含水比範囲での施工が求められた。

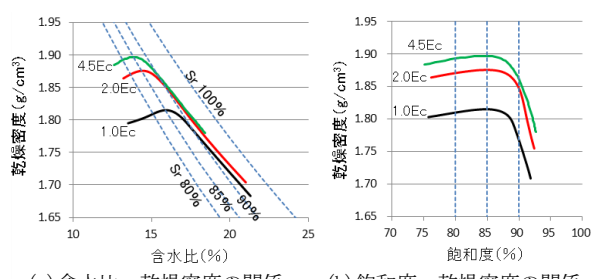
④室内確認試験以降のフローと施工結果は「その2」に示す。

4. まとめ

盛土材選定と盛立仕様の設定フローを示した。副堤の施工で飽和度管理の良好な結果が得られたので「その2」で報告する。なお、(社)地域環境資源センター田中忠次氏、茨城大学毛利栄征氏から貴重な助言を頂きました。記して感謝の意を表します。

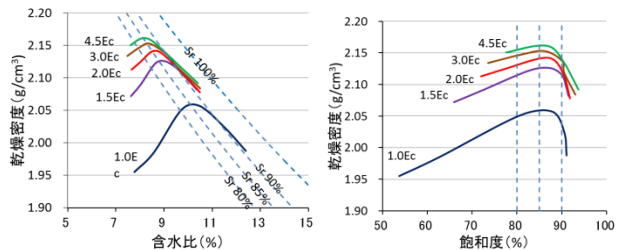
【参考文献】

- 1) 龍岡文夫：盛土締固めにおける各種重要な管理項目，第51回地盤工学研究発表会，2016
- 2) 龍岡文夫，藤代健司，須藤雅人，建山和由，根本忠：乾燥密度と飽和度の関数として締固めた土の物性，第48回地盤工学研究発表会，pp.575-578，2013



(a) 含水比-乾燥密度の関係 (b) 飽和度-乾燥密度の関係

図4 コア材の締固め試験結果(室内混合)



(a) 含水比-乾燥密度の関係 (b) 飽和度-乾燥密度の関係

図6 ランダム材の締固め試験結果(現場混合)

表4 現場転圧試験の設定条件

盛土材	転圧回数	撒出し厚さ	3 含水比条件		
			乾燥側 W dry	1Ec 最適 W opt	湿潤側 W wet
コア材	6, 8, 10, 12 回	25cm	17.0%	18.5%	22.5%
ランダム材	4, 6, 8, 10 回	25cm	6.5%	10.0%	11.0%



図8 締固め重機(タンピングローラー)

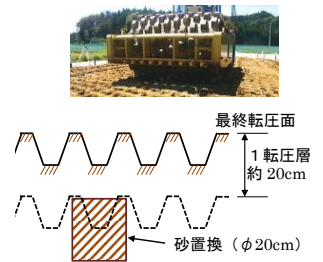
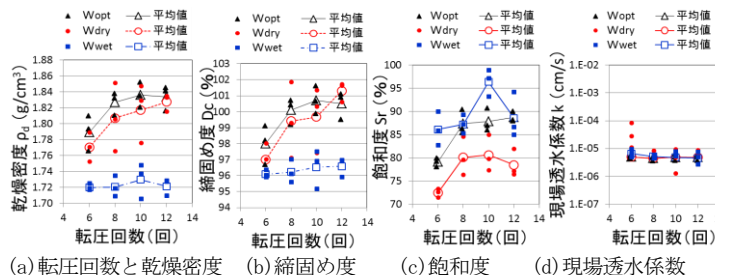
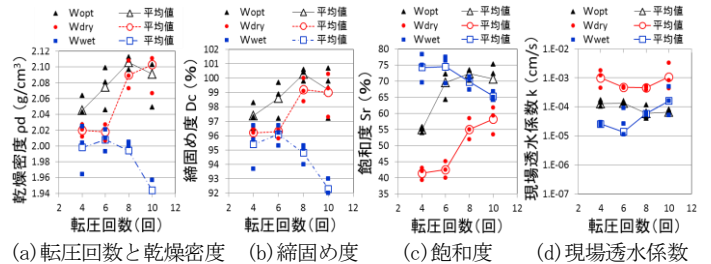


図9 密度試験方法



(a) 転圧回数と乾燥密度 (b) 締固め度 (c) 飽和度 (d) 現場透水係数

図10 コア材の盛立試験結果



(a) 転圧回数と乾燥密度 (b) 締固め度 (c) 飽和度 (d) 現場透水係数

図11 ランダム材の盛立試験結果