

ダムにおける堆砂の土質特性に着目した利用検討事例

中央開発株式会社 ○小野 貴裕, 栗原 朋之, 西村 修一, 粕谷 剛, 山田 忠利

1. はじめに

近年、気候変動の影響による豪雨災害により各地で甚大な被害が発生していることから、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、その河川流域全体のあらゆる関係者が協働し、流域全体で被害を軽減させる治水対策「流域治水」への転換が進められており、各地のダムでは、洪水調節機能を最大限に発揮するために貯水容量確保(再生)が求められている。

今回対象とした既設ダムでは、令和元年東日本台風(台風19号)によってダム上流部に大量の土砂が流入、堆積しており、洪水調節機能を十分に発揮できない可能性があり、早急な堆砂除去が必要であった。除去された堆砂は既設道路盛土沿いに腹付け盛土として仮置きすることが計画された。本稿では、堆砂の工学的特性に着目した調査計画を立案し、仮置き盛土の安定性に関する検討を行った事例について紹介する。

2. 堆砂の利用検討に関する調査計画の立案

事前の現地確認の結果、河川の上流から下流に向かい礫質砂(A1)、細砂(A2)、細粒分質砂(A3)と粗粒なものから細粒なものに遷移しており、粒度特性に違いが認められた(図-1)。粒度特性を踏まえた調査計画を表-1に示す。粒度特性に応じて対象範囲を A1, A2, A3に区分し、オーガーボーリング及び室内土質・土壌分析試験によって、土質性状や物理特性、締固め特性、強度特性を把握するとともに、ポータブルコーン貫入試験を実施し、施工時のトラフィカビリティについて確認した。

3. 調査結果

(1) 堆砂の粒度特性

室内土質試験一覧表を表-2、粒径加積曲線を図-2に示す。試験の結果、礫質砂(A1)は礫分～砂分までをある程度幅広く含んでいるが(均等係数 $U_c=5$)、細砂(A2)はほぼ粒径が揃った砂($U_c=2$)で構成されていることが判明した。また、細粒分質砂(A3)は、A2と同様に砂分が主体であるが、細粒分を多く含んでいる。

(2) 堆砂の締固め特性

A2、混合土①の締固め曲線を図-3に示す。いずれの試料も、自然含水比は最大乾燥密度 $\rho_{dmax} \times 90\%$ の範囲内にある。しかし、A2の締固め後の密度は、一般的な砂質土の値に対して小さな値を示しており、ゼロ空隙間隙曲線からも離れていることから、粒径が揃っているために十分に締固めることができていないことが分かる。そこで、締固め後の密度を上げ、

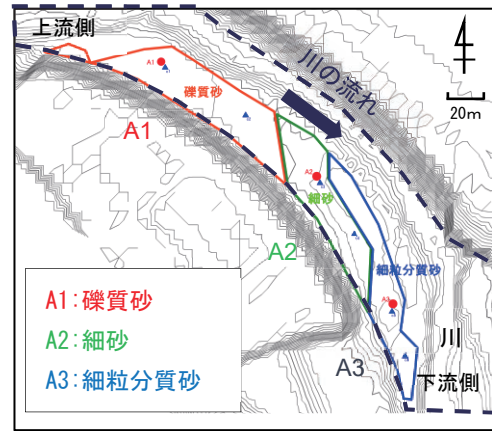


図-1 堆砂状況平面図

表-1 調査項目一覧

調査項目	目的
オーガーボーリング	土質確認・試験試料採取
ポータブルコーン貫入試験	トラフィカビリティの判定に用いられるコーン指数の確認
室内土質試験	採取した試料の物理特性の把握
土粒子の密度試験	
土の含水比試験	
土の粒度試験	
突き固めによる土の締固め試験	採取した試料の締固め特性の把握
締め固めた土のコーン貫入試験	建設発生土とする場合の土質区分の判定
三軸圧縮試験Olb	
三軸圧縮試験CD	採取した試料の締固め後の強度特性の把握

表-2 室内土質試験一覧表

試料番号	A1	A2	A3	混合土① (A1 A2 A3)
深さ	(1.00m)	(2.00m)	(2.00m)	(1.00m)
一般				
土粒子密度	ρ_s g/cm ³	2.735	2.781	2.670
自然含水比	wn %	5.4	11.1	36.7
水分	%	41.9	0.0	0.0
砂分	%	57.4	96.9	60.2
細粒分含有率	%	0.7	3.1	39.8
均等係数	U_c	5.22	2.2	—
曲率係数	U_c	0.67	1.02	—
分類	地盤材料の分類名	分級された礫質砂 (SPG)	分級された砂 (SF)	細粒分質砂 (S-FG)
分類記号	A-b	A-b	A-c	A-b
締固め試験方法	最大乾燥密度 ρ_{dmax} g/cm ³	1.612	1.396	1.251
最適含水比	%	11.9	24.9	35.8
試験条件	CD 三軸	CD 三軸	CU 三軸	CD 三軸
せん断	全応力 σ kN/m ²	4.4	0.9	34.4
有効応力	c kN/m ²	35.4	30.3	15.3
	ϕ °	—	—	2.5
	ϕ °	—	—	33.9

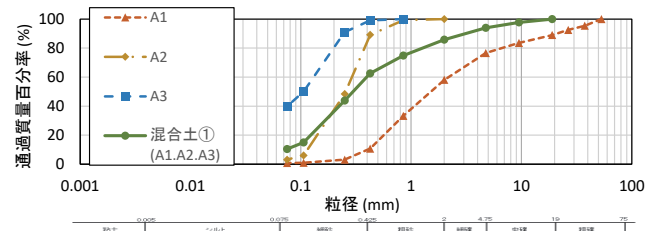


図-2 粒径加積曲線

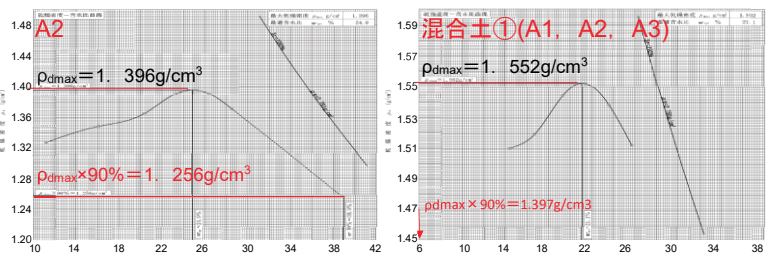


図-3 締固め曲線(A2, 混合土①)

強度や剛性を高めるため、各地点の材料を混合(1:1)して粒度特性の改善を行った。混合土の締固め特性では、最大乾燥密度が混合前の材料に対して相対的に大きい値となり、改善効果が認められた。

4. 仮置き期間中の安定性に関する検討

(1) 検討事項

盛土の施工断面(解析断面)を図-4に示す。堆砂の道路盛土への利用は、図に示す通り、既設道路の腹付けとして貯水池内に施工し、運土計画により段階的な施工が計画されている。上記材料の盛土としての安定性の検討を行った。なお、安定検討は、既設道路盛土と一体となるため、道路土工 盛土工指針¹⁾に準拠し、施工段階を踏まえた検討を行った。

(2) 検討条件

土質定数は、材料堆砂調査結果に基づいて設定した。定数一覧を表-3に示す。また、当該盛土は仮置き土であることから、検討ケースは施工時とした。ただし、第4期の盛土では盛土立ち上げ完了後、相当の期間放置される予定であることから、参考として常時及びL1地震時の作用に対しての検討も行った。

(3) 検討結果

盛土材料ごとの安定照査結果を表-4、図-5に示す。施工時及び常時については、全ての盛土材において許容安全率を満足する結果となった。しかし、L1地震時については、A2の盛土材のみ使用したケースで許容安全率を満足できない結果となった。一方、粒度特性の改善を行った混合土①を採用したケースでは、L1地震時に対しても許容安全率を満足することが確認でき、L1地震時に対応できる材料であることが確認できた。今回は、この結果を受け、盛土の安定性がより高い、混合土による盛土施工を提案した。

5. まとめ

本業務では、ダムの堆砂除去を目的とした調査計画及び道路盛土の安定性を検討し、粒度分布の改善を行うことでL1地震にも耐えうる盛土材となることを確認し、最適な利用方法を提案できたと考えている。

今後は、流域治水への対応としてダム内の堆砂除去を目的とした構造物調査や今回のような材料調査なども増えることが想定されるため、ダムごとの各種課題を抽出した上で、堆砂の運用方法を踏まえた調査項目の提案を行うことが重要と考える。

《引用・参考文献》

- 1) 公益社団法人：日本道路協会，道路土工 盛土工指針，p109-125，H22.4，

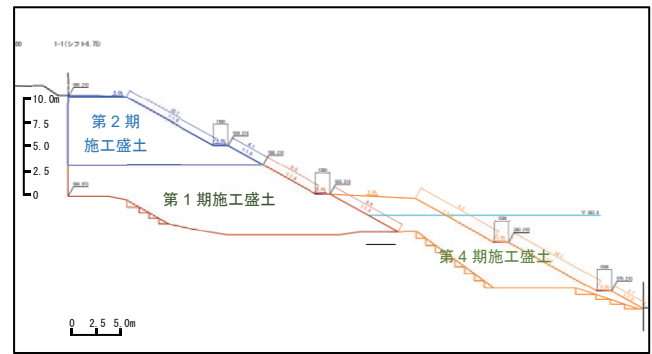


図-4 解析断面図

表-3 盛土の安定性照査に使用した定数(試験値)

盛土材	単位体積重量		せん断抵抗角 $\phi (^{\circ})$	粘着力 $c(kN/m^2)$
	$\gamma_{sat}(kN/m^3)$	$\gamma_t(kN/m^3)$		
A1	18.8	15.4	35.0	4.0
A2	17.7	13.7	30.0	1.0
A3	16.7	15.1	33.0	2.0
B1	19.0	15.8	35.0	2.0
混合土①	18.5	15.7	34.0	2.0

表-4 各盛土材料に対する安定照査結果一覧

施工段階	作用	盛土材	最小安全率 F_{smin}	許容安全率 F_{sa}	判定
1期	施工時	A1	1.872	1.100	OK
		A2	1.115	1.100	OK
		A3	1.521	1.100	OK
		B1	1.671	1.100	OK
		混合土①	1.606	1.100	OK

施工段階	作用	盛土材	最小安全率 F_{smin}	許容安全率 F_{sa}	判定
2期	施工時	A1	1.700	1.100	OK
		A2	1.258	1.100	OK
		A3	1.465	1.100	OK
		B1	1.587	1.100	OK
		混合土①	1.529	1.100	OK

施工段階	作用	盛土材	最小安全率 F_{smin}	許容安全率 F_{sa}	判定
4期	施工時	A1	1.788	1.100	OK
		A2	1.258	1.100	OK
		A3	1.528	1.100	OK
		B1	1.621	1.100	OK
		混合土①	1.572	1.100	OK
	常時	A1	1.845	1.200	OK
		A2	1.261	1.200	OK
		A3	1.567	1.200	OK
		B1	1.661	1.200	OK
		混合土①	1.617	1.200	OK
	L1地震時	A1	1.299	1.000	OK
		A2	0.875	1.000	NG
		A3	1.030	1.000	OK
		B1	1.141	1.000	OK
		混合土①	1.096	1.000	OK

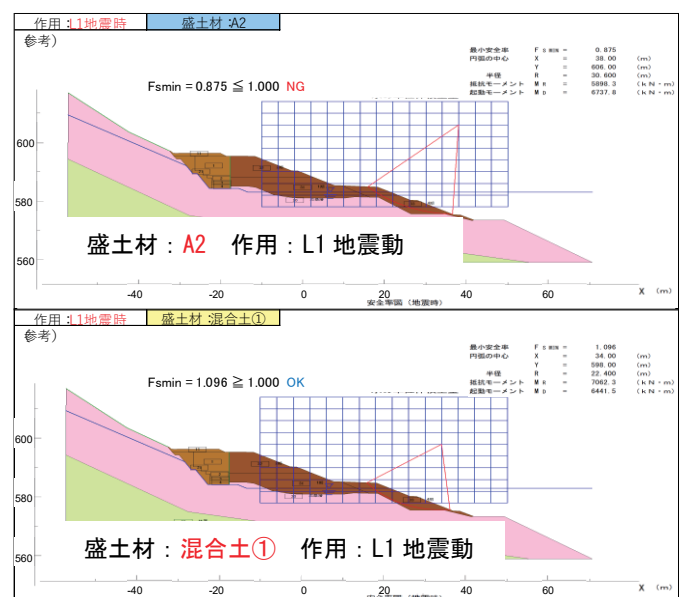


図-5 各盛土材料に対する安定照査結果(L1地震時)