

中郷遊水地における掘削残土の有効利用について

坂井 以知佳

琵琶湖河川事務所 管理課 (〒520-2279滋賀県大津市黒津4-5-1)

現在、近畿地方整備局では、循環型社会の形成に向け、建設発生土の更なる有効利用の促進が求められている。

豊岡河川国道事務所では、中郷遊水地整備事業において、遊水地内の掘削土を盛土材へ転用することにより建設発生土の有効利用を行っている。

本論文では、土砂有効利用の検討結果及び今後の課題について報告する。

キーワード 掘削残土、リサイクル、コスト縮減、遊水地

1. はじめに

天然資源が極めて少ない我が国が持続可能な発展を続けていくためには3R(リデュース, リユース, リサイクル)の取り組みを充実させ、廃棄物などの循環資源が有効に利用・適正処分される「循環型社会」を構築していくことが必要である。

近畿地方整備局では近畿地方における建設リサイクルの現状を踏まえ、近畿地方における目標値の設定や、行動計画を加えた近畿地方整備局独自の建設リサイクルの推進計画を策定し、建設副産物の発生抑制、再資源化・縮減、再生資材の利用促進及び建設発生土の有効利用等に取り組んできた。

そのため、建設副産物全体の再資源化率や縮減率は年々増加傾向にある。建設発生土の有効利用率も年々増加しており、2022年度における建設発生土の有効利用率は82.5%であり、2024年の達成基準値以上になっていることがわかる。(表-1)

表-1 近畿地方における副産物実態簡易調査結果¹⁾

対象品目	指標	2018 目標値	2022 実績値 (単純集計)	2024 達成基準値
アスファルト・ コンクリート塊	再資源化率	99%以上	99.6%	99%以上
コンクリート塊		99%以上	98.9%	99%以上 未達成
建設発生木材	再資源化・縮減率	95%以上	99.6%	95%以上
建設汚泥		90%以上	96.9%	95%以上
建設混合廃棄物	排出率	3.5%以下	2.5%	3.0%以下
建設廃棄物全体	再資源化・縮減率	96%以上	96.8%	96%以上
建設発生土	有効利用率	80%以上	82.5%	80%以上

しかし、建設発生土の有効利用率は、建設副産物の再資源化・縮減率と比較して、やや低い水準となっている。

その理由として、建設発生土の量、質、発生時期が適合していないと工事間での有効利用が難しいこと、建設工事間の土砂搬出・受入れ等の調整が煩雑であることが挙げられる。

「循環型社会」の構築には、上記課題を解決し、建設発生土の有効利用をより促進させることが重要だと考える。

2. 中郷遊水地の概要

豊岡河川国道事務所では、中郷遊水地整備事業において、遊水地内の掘削土を盛土材へ転用することにより建設発生土の有効利用を行っている。

中郷遊水地は、円山川下流部や豊岡市街地の洪水時の河道水位を低減するために整備を進めている。

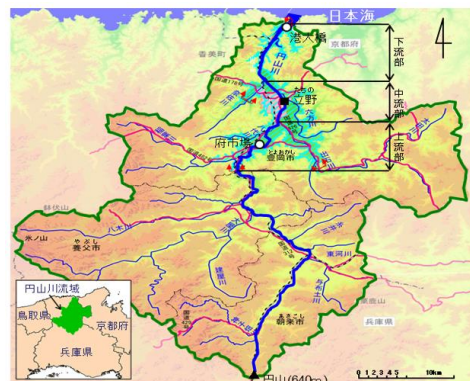


図-1 豊岡河川国道事務所 流域図

(1) 円山川の治水の現状

円山川は、本川の勾配が支川より緩やかであり、豊岡盆地の直上流で合流する支川の長さが本川と同程度であるなど、洪水が豊岡盆地に集中しやすい地形となっている。

また、河床勾配が出石川合流点付近で大きく変化しており、下流は1/9,000程度と非常に緩やかな勾配であるが、上・中流区間やそこに流入する支川の勾配は1/100~1/780で、下流に比べて急である。(図-2)

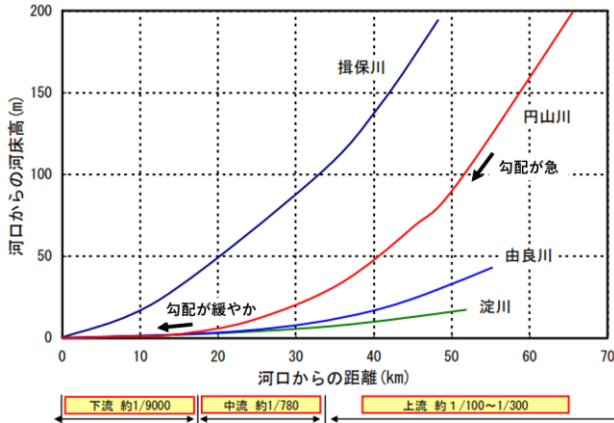


図-2 円山川と近畿他河川の河床勾配の比較

このため、豊岡盆地では上流の本支川から集中した洪水が流下しにくくなっており、盆地内に位置する低平地では大雨による内水被害が発生しやすいという特徴がある。

円山川では、豊岡盆地に人口、資産が集中する市街地が広がっているため、洪水が発生すると甚大な被害が生じるが、豊岡盆地は軟弱地盤地帯であるため、暫定堤防や無堤となっている区間が多く、円山川下流部では、県道、JRが隣接していることから堤防築堤上の制約が多い。

以上のことから遊水地整備による上流での洪水調節により下流の水位を抑制することが重要となる。(図-3)



図-3 遊水地位置図

(2) 中郷遊水地の諸元

中郷遊水地は豊岡市街地の直上流の河道内に位置し、堤外地の状況と河道内の河畔林への配慮から、下・上池の2池として設計されており、洪水調節容量は合計270万m³である。(表-2)

表-2 中郷遊水地諸元

遊水地諸元	上流遊水地	下流遊水地
貯水面積	約 20ha	約 22ha
計画貯水位	TP11.48m	TP10.85m
洪水調節容量	約 120 万 m ³	約 150 万 m ³

遊水地は以下の施設から構成されている。(図-4)

- ① 囲ぎよう堤：洪水時、遊水池に貯留された水を円山川に排水しないために設置する堤防
- ② 越流堤：遊水池に円山川の流水を導く導く施設
- ③ 減勢施設：越流後に安定した流れに減勢する施設
- ④ 調整池：洪水時の水を貯留する施設
- ⑤ 排水樋門：遊水池内の水を円山川へ放流する施設



図-4 中郷遊水地平面図

3. 土砂の有効利用の検討

中郷遊水地における土砂の有効利用については、詳細設計において検討を行い、掘削土を囲ぎよう堤、越流堤の盛土材として利用することとしている。(図-5)

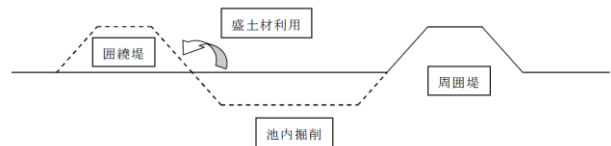


図-5 掘削土の盛土材利用イメージ

下記に検討結果を記す。

(1) 掘削土の築堤材料評価

「河川土工マニュアル²⁾」では、築堤材料として望ましい土として以下の項目が挙げられており、これを参考に掘削土を築堤材料として転用可能か評価する。

- ① 粒度分布のよい土（粒径加積曲線においてB半透水性材料の範囲）
- ② 最大寸法が10~15cm以下
- ③ 細粒分（0.75mm以下の粒子）が土質材料（75mm以下の粒子）の15%以上
- ④ シルト分のあまり多くない土
- ⑤ 細粒分（0.75mm以下の粒子）のあまり多くない土

中郷遊水地の掘削土は概ね砂質土(以下、As1)層と砂礫土(以下、Ag1)層であり、各地点でボーリングが存在し、室内試験が実施されている。

室内試験結果を基に粒径加積曲線を描き(図-6)、As1とAg1について築堤材評価を行った結果、対象地のAs1層、Ag1層は表-3のとおり単体の場合は築堤材料として適していないことが分かった。

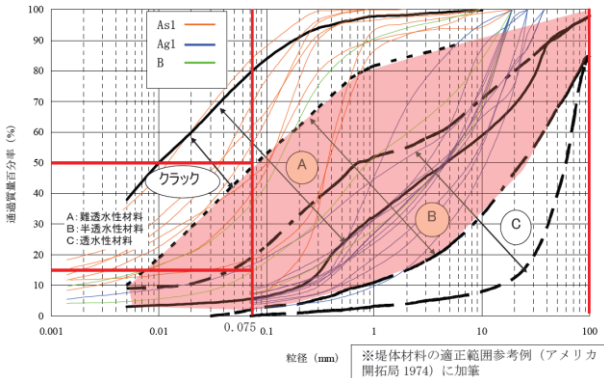


図-6 掘削土に相当する土層の粒径加積曲線

表-3 As1層とAg1層の築堤材料評価

堤体材料として望ましいとされる土	遊水地掘削土	
	As1層	Ag1層
粒度分布のよい土(下図の粒径加積曲線において半透水性材料の範囲)	範囲外	概ね半透水性材料の範囲に含まれる
最大寸法が10~15cm以下	最大粒径1.9cm	最大粒径2.7cm
細粒分(0.075mm以下の粒子)が土質材料(75mm以下の粒子)の15%以上	15%以上	15%以下
シルト分のあまり多くない土	シルト分は少ない	シルト分は少ない
細粒分(0.075mm以下の粒子)のあまり多くない土	一部50%超	50%以下

以上のことから、掘削土を築堤材料として転用する場合には、上記条件を概ね満足する粒度分布となるように現地掘削土を混合する必要がある。

(2) 土砂混合方法

土砂混合には、「万能土質改良機による建設発生土再利用システム」を採用する。(写真-1)

本技術は、土質性状の異なる最大3種類の土砂を組み合わせ、4軸直列混合方式を使用した「万能土砂改良機」により混合処理し、第3種建設発生土以上に土質改良を行うものである。中郷遊水地においては、AsとAgの2種類の土砂を混合する。



写真-1 万能土質改良機

入れ替え工法(不要土処分、良質土購入)と比べると、現場条件として、プラント設置及び施工ヤードが必要となるが、不良土が再利用できることにより、投棄処分が減少し、資源の有効利用が図れることや、購入土及び不良土処分費用が不要となりコスト縮減効果がある等のメリットが挙げられる。(表-4)

表-4 比較表

	万能土質改良機による建設発生土再利用システム	入れ替え工法(不良土処分、良質土購入)
経済性	8,610,000円/10,000m ³ 2種混合(地山土量換算) 不良土:良質土=50:50 不良土の活用によりコスト縮減となる	29,500,000円/10,000m ³ 不良土処分(50%) 良質土購入(50%)
品質	混合攪拌しているため、均一な混合処理土の製造が可能であり、品質が向上する。	不良土は処分し、良質土を購入するため、品質に問題はない。
現場条件	プラントヤード設置面積:150~500m ² 混合ヤード必要面積:750~1,500m ²	設備は不要であり、特に作業ヤードは必要ない。
リサイクル	建設発生土をリサイクルし、有効利用することができる。	建設発生土を処分し、新材を購入するため、有効利用はできない。

※経済性については工法検討時の金額

(3) 掘削残土量の把握

中郷遊水地において掘削土を混合し、築堤材料に転用した場合の掘削残土量は表-5のとおりである。

表-5 発生土残土量一覧

	①掘削土量 (m ³)	②築堤土量 (m ³)	①-②残土量 (m ³)
上池	283,000	172,000	111,000
下池	577,000	237,000	340,000
合計	860,000	409,000	451,000

4. 工事における土砂の利用状況

(1) 掘削土の配合及び品質確保

前章の検討結果より、AsとAgを混合することで掘削土を築堤材料として転用可能であると分かったが、発生土を建設資材として利用する場合、「建設発生土利用基準³⁾」で示されるコーン指数の条件を満たす必要があり、河川築堤に発生土を利用する場合は第2種建設発生土(コーン指数800kN/m²以上)及び第3種建設発生土(400kN/m²)が適しているとされている。

上記を踏まえ、中郷遊水地工事において土砂混合を行う場合は、掘削土の粒度試験を行い、築堤材料として望ましい粒径加積曲線の範囲に収まる混合率を複数パターン算定し、算定した混合率で室内配合試験を行い混合土のコーン指数が800kN/m²以上となる混合率を採用するようになった。

採用した混合率は工事毎に異なっているが、As:Ag=50:50及びAs:Ag=60:40の2パターンになった。

(2) 中郷遊水地整備事業の工事進捗状況

中郷遊水地整備事業は令和元年より工事に着手している。各工事の工事名、工期及び施工数量は表-6、7のとおりである。

表-6 中郷遊水地【下池】工事 施工数量一覧表

施工年度	工事名	工期	施工数量一覧表			
			掘削m ³	盛土m ³	土砂混合m ³	運外搬出m ³
令和元年度	引野地区災害復旧工事	H30.12.20~R元.6.28	190			
	中郷遊水地下池整備工事	H31.3.27~R2.2.28	43,400	17,200	20,400	
	円山川鴨岡地区河道掘削工事	R元.8.27~R2.3.31	8,900			
令和2年度	中郷遊水地掘削工事	R2.4.1~R3.2.24	52,300	30,000	33,400	
	中郷遊水地掘削工事	R2.4.1~R3.3.31				29,000
令和3年度	中郷遊水地掘削工事	R2.10.3~R3.3.31	27,900	26,600	26,300	
	中郷遊水地下池掘削工事	R3.1.22~R4.2.28	46,100	82,900	64,600	15,200
	円山川中郷遊水地下池掘削工事	R3.3.31~R3.11.29	56,400	9,400	40,600	8,300
	円山川中郷遊水地下池越流堤中流部整備工事	R3.4.1~R4.3.31	31,200			
	円山川中郷遊水地下池越流堤下流部整備工事	R3.4.1~R4.3.31	31,500			
	円山川中郷遊水地下池周部堤中流部整備工事	R3.9.11~R4.3.31				
	円山川中郷遊水地下池周部堤下流部整備工事	R3.9.11~R4.2.28				
	円山川中郷遊水地下池掘削工事	R3.11.2~R4.2.28	3,300		8,200	1,100
	中郷遊水地上池整備工事	R4.4.1~R5.2.24	14,750			
	中郷遊水地下池周部浸透対策工事	R4.4.1~R5.6.24		610		
令和4年度	中郷遊水地下池掘削工事	R4.5.19~R5.2.28	1,100			
	引野地区護岸工事	R4.9.27~R5.2.28	1,500	30		
令和5年度	中郷遊水地下池中流部掘削工事	R5.4.1~R6.1.25	66,100		5,500	47,600
	引野地区護岸整備工事	R5.7.19~R6.2.29	14,200			17,900
	円山川中郷遊水地下池排水樋戸周辺整備工事	R5.7.22~R5.11.30	18,400			9,000
	中郷遊水地下池掘削工事	R5.8.2~R6.3.25	13,700			16,700
	新田掘削工事					
合計			430,940	166,740	199,000	144,800

表-7 中郷遊水地【上池】工事 施工数量一覧表

施工年度	工事名	工期	施工数量一覧表			
			掘削m ³	盛土m ³	土砂混合m ³	運外搬出m ³
令和3年度	円山川中郷遊水地上池周辺整備工事	R3.7.1~R4.3.31	49,600	64,600	46,400	
令和4年度	中郷遊水地上池整備工事	R4.4.1~R5.2.24	31,950	52,000	58,500	
	中郷遊水地上池掘削工事	R4.9.1~R5.3.31	47,100	14,700	33,200	
合計			128,650	131,300	138,100	

5. 土砂混合により得られた効果

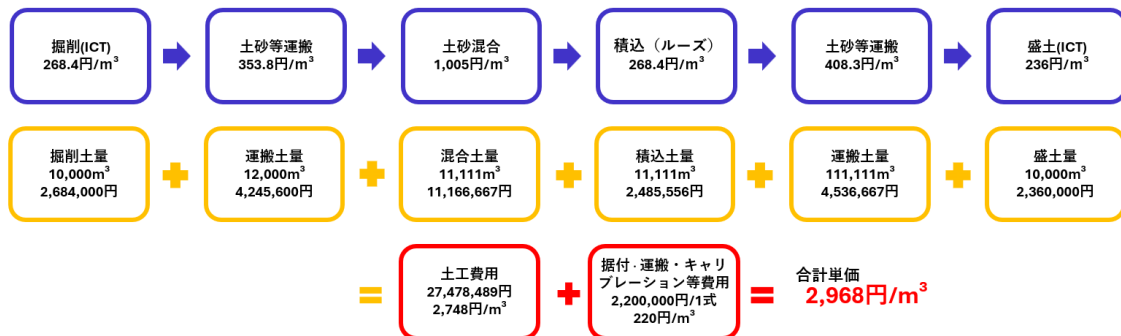
(1) 残土処分量の減少

掘削土を盛土材に転用することで、建設発生土の処分量を減少することができた。転用検討時点では中郷遊水地内のみで混合土を使用すると想定していたが、中郷遊水地整備事業以外の河川工事にも混合土を使用したため、建設発生土をより有効利用することができた。

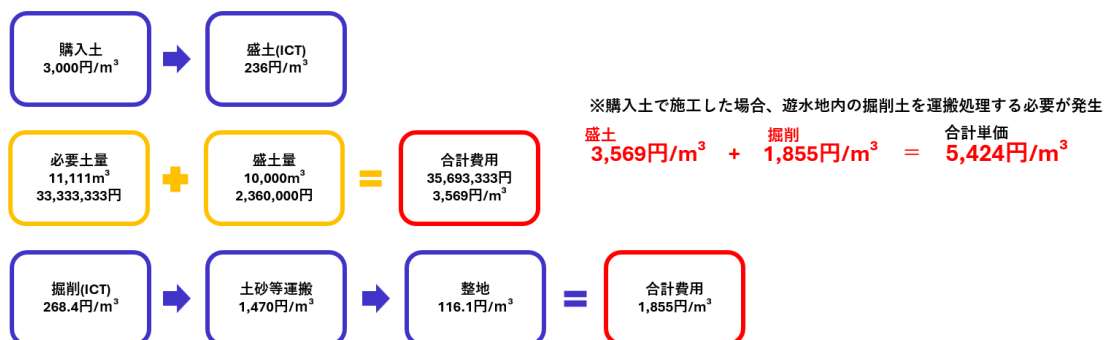
(2) コスト縮減

掘削土を盛土材に転用した場合にかかる費用及び購入土を使用した場合にかかる費用は図-7のとおりであり、購入土を使用した場合に比べ、掘削土を盛土材に転用して施工した場合の方が、2,456円/m³安い結果となった。

①掘削土を盛土材に転用した場合（盛土10,000m³）



②購入土を使用した場合（盛土10,000m³）



○結果

- ケース① 2,968円/m³
- ケース② 5,424円/m³ となり、掘削土を土材に転用した場合の方が、2,456円/m³安い

図-7 土砂混合と購入土の単価比較

6. 今後の課題と解決案

(1) 今後の課題

現在、豊岡河川国道事務所管内の河川工事において、築堤土は全て中郷遊水地において混合される混合土を使用しているが、中郷遊水地整備事業が完了すると、現在混合に使用している場所が遊水地となるため、土砂改良プラントスペースとして利用することができなくなる。土砂改良プラントには混合前の土や混合後の土を置くヤード及び土砂改良機設置に必要な面積を確保する必要があるため、十分な広さが必要となるが、豊岡管内の事業用地には土砂改良プラントに使用できるような用地はないため、中郷遊水地整備事業完了後も土砂混合を継続する場合は借地等が必要となる。

また、建設発生土は「リサイクル原則化ルール⁴⁾」に基づき、工事間利用が原則となっているが、建設発生土を当該工事現場外へ搬出する際は、50km範囲内の他の建設工事受入地へ搬出することが原則となっている。豊岡河川国道事務所は他事務所と距離があるため、建設発生土情報交換システムで建設工事受入地が出てくることが少なく、民間工事の受入先も少ない。そのため、事務所内の工事で建設発生土を利用できない場合は、内陸受入地等に搬出するほかない。

(2) 解決案

前節の解決案として、他事務所と協力し、工事現場の中間地点に土砂のストックヤードを設置することが挙げられる。

ストックヤードは建設発生土を搬入するために両事務所の工事現場から50km以内の場所に設置する必要があるが、複数の事務所が使用できるストックヤードを設置することで、事務所間での土砂利用調整が可能になる。

また、ストックヤードに土砂改良機を設置することで、第4種発生土等のそのままでは工事に使用しにくい発生土もストックヤードに搬入し、混合材料として利用可能となる。

以上のことから、ストックヤードを設置することで課題を解決するだけでなく、内陸受入地等に搬入する土量及び新材利用量のさらなる減少につながると考える。

7. おわりに

本論文では、中郷遊水地整備整備事業において、遊水地内の掘削土を盛土材へ転用するための検討結果及び工事における土砂利用状況をまとめた。

その結果、掘削土単体では、築堤材料に向いておらず、AsとAgを混合する必要があることが分かったため、工事において土砂混合率の検討を行い、土砂混合を行った。

土砂混合を行うことで、残土処分量の減少やコスト縮減につながったが、土砂混合を行うには、土質改良プラント設置のための十分な広さが必要となる。現在、豊岡河川国道事務所では中郷遊水地において土砂混合を行っているが、遊水地事業が完了した場合、土砂改良を行う場所が無くなるという課題がある。課題の解決策としては、ストックヤードの設置が挙げられ、複数の事務所が使用可能なストックヤードを設置することで、事務所間での土砂利用調整が可能になり、事務所毎ではなく近畿地方整備局全体で建設発生土の有効利用の促進に貢献できるようになると考える。

なお、本論文は従前の所属である豊岡河川国道事務所工務第一課の所掌業務の内容である。

謝辞：本論文の執筆にあたり、参考資料の提供及び助言等を頂きました関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 近畿地方整備局：令和4年度簡易調査結果(近畿)
- 2) 財団法人国土技術研究センター：河川土工マニュアル(平成21年4月)
- 3) 平成18年8月10日付け大臣官房技術調査課長，大臣官房公共事業調査課長，大臣官房官庁営繕部計画課長通達：建設発生土利用基準について
- 4) 平成18年6月12日付け大臣官房技術調査課長，大臣官房公共事業調査課長，大臣官房官庁営繕部計画課長，総合政策局事業総括調整官通達：公共建設工事における「リサイクル原則化ルール」の策定について