

産出地の異なる砕石副産物の物性評価

Physical Properties Evaluation of Crushed Stone By-products from Different Localities

○萱島直貴\*, 鈴木麻里子\*, 富田和孝\*, 松本紘輝\*\*, 井上一哉\*

Naoki Kayashima, Mariko Suzuki, Kazutaka Tomita, Koki Matsumoto and Kazuya Inoue

1. 諸論

砕石脱水ケーキ(写真1)は、人工骨材製造時に発生する副産物である。発生した砕石脱水ケーキは大部分が埋立て処分されており、有効利用法の確立が課題である。特定の砕石工場から発生した砕石脱水ケーキを土質系材料として利用する既往研究<sup>1)</sup>は行われているが、産地の異なる砕石脱水ケーキの物性を評価した研究は存在しない。そこで本研究では、4種の砕石脱水ケーキの物理特性、力学特性を比較した。また、砕石脱水ケーキを土質系材料に使用した場合、浸透水などにより強度低下が懸念されるため水洗いした砕石脱水ケーキに対し各種試験を実施し物性を明らかにした。

2. 実験概要

使用した4種類の砕石脱水ケーキの概要を表1に示す。4種の砕石脱水ケーキは、凝集剤の種類や岩種が異なる。産出時の砕石脱水ケーキは高含水比で取り扱いが困難であるため乾燥粉碎後の試料を使用した。水洗い砕石脱水ケーキに対する試験では試料Dを用いて、蒸留水(pH7程度)と酸性の溶液(pH4.5程度)で砕石脱水ケーキをスラリー状になるまで攪拌した。24時間静置後、上澄み液を除去し、乾燥粉碎した試料を作製した。中性条件下の水洗い後試料をD1、酸性条件下の水洗い後試料をD2とした。



写真1 砕石脱水ケーキ  
Crushed stone dehydrated cake

表1 使用材料

Materials			
試料名	産地	岩種	凝集剤
A	岩手	安山岩	無機凝集剤 高分子凝集剤
B	山形	安山岩 粗粒玄武岩	高分子凝集剤
C	岐阜	硬質砂岩	高分子凝集剤
D	大阪	硬質砂岩	有機凝結剤 高分子凝集剤

3. 結果と考察

3.1 物理特性比較

砕石脱水ケーキの物理特性を比較するため、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、土粒子密度試験、締固め試験を実施した。4種の粒径加積曲線を図1に、物理試験結果を表2に示す。4種類ともに同程度の粒度分布を有し、物理特性は岩種や凝集剤の種類によらず、大差はなかった。Dと同工場から産出され、凝集剤の添加がない副産物である砕石粉と、D、D1、D2の締固め曲線を図2に示す。Dと砕石粉の試験結果の違い

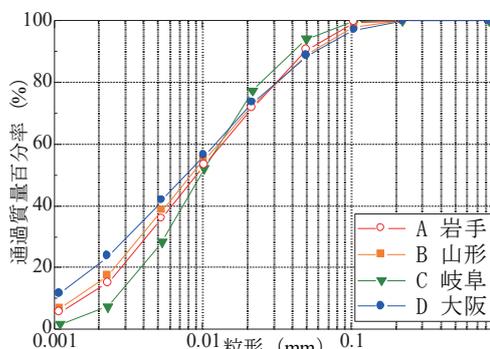


図1 粒径加積曲線

Grain size accumulation curve

\*神戸大学農学研究科 (Graduate School of Agricultural Science, Kobe University), \*\*神戸大学農学部 (Faculty of Agriculture, Kobe University), キーワード: 砕石脱水ケーキ, 岩種, 凝集剤, 力学特性

は凝集剤の添加の有無によるものである。D1, D2はDとほぼ同一の締固め曲線を示し、水洗いによって凝集効果の低下が発生しないことが示唆された。

### 3.2 力学特性比較

碎石脱水ケーキの力学特性を比較するため、一軸圧縮試験、圧密非排水三軸圧縮試験を実施した。力学試験結果を表3に示す。一軸圧縮試験では、DとD1で大きな違いは見られなかった。また、D2にのみ力学特性の変化が見られたものの、その変化傾向は一般的なpH値の減少した土と同様であった。堆積岩を母岩とするC、Dと比較して、火成岩を母岩とするA、Bの一軸圧縮強度は高い傾向にあった。そこでFE-SEMによる定量分析を実施した。強度発現に影響を与えると考えられるFeとMgの元素割合の合計と、一軸圧縮強度の関係を図3に示す。図3よりFeとMgの元素割合と、一軸圧縮強度は正の相関をもつことが分かった。碎石脱水ケーキは母岩がFeやMgを多く含む岩種であれば、一軸圧縮強度が大きくなることが明らかになった。

### 4. 結論

本研究では、産出地の異なる4種類の碎石脱水ケーキ、水洗いした碎石脱水ケーキの物理特性、力学特性を比較した。産出地の異なる碎石脱水ケーキの一軸圧縮強度は岩種への依存性を示し、その他物性は岩種や凝集剤への依存性は確認されなかった。また、中性、酸性両条件の水洗いによって物性は大きく変化せず、碎石粉との締固め曲線の比較より凝集剤の凝集効果低下がないことが示唆された。碎石脱水ケーキは凝集剤の流出に伴う強度低下が発生しにくく、比較的安定した材料であることが明らかになった。

参考文献 1) 鈴木麻里子, 齊藤裕仁, 松家武樹, 松下晴彦, 井上一哉: 碎石脱水ケーキの物理特性と力学挙動に関する一考察, 農業農村工学会論文集, 88(2), 1\_179-1\_184, 20

表2 物理試験結果  
Physical properties

試料名	A	B	C	D	D1	D2
産出時含水比 (%)	35	28	23	25	-	-
液性限界 (%)	35.7	34.8	29.7	32.6	38.7	20.3
塑性限界 (%)	23.3	19.5	25.3	17.0	22.2	13.3
塑性指数	12.4	15.3	4.4	15.6	16.5	19.5
土粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.69	2.71	2.78	2.74	-	-
最適含水比 (%)	22.1	20.3	20.1	18.7	21.2	19.5
最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.63	1.71	1.69	1.73	1.69	1.72

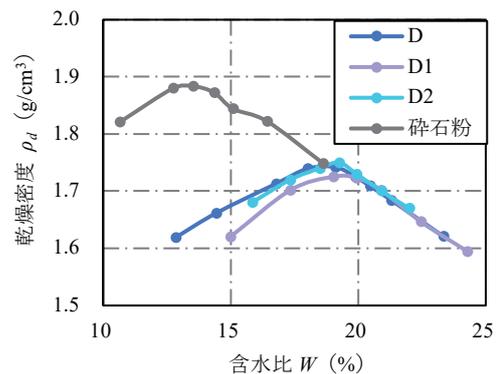


図2 締固め曲線比較  
Comparison of compaction curves

表3 力学試験結果  
Mechanical properties

試料名	A	B	C	D	D1	D2
一軸圧縮強さ (kN/m <sup>2</sup> )	213	183	169	173	161	202
破壊ひずみ (%)	1.5	4.3	1.7	10.1	8.5	3.8
変形係数 (MN/m <sup>2</sup> )	20.1	5.7	12.9	2.3	2.8	11.5
粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	9.1	5.5	9.9	4.8	6.5	-
内部摩擦角 (°)	25.9	28.4	35.1	27.1	24.7	-

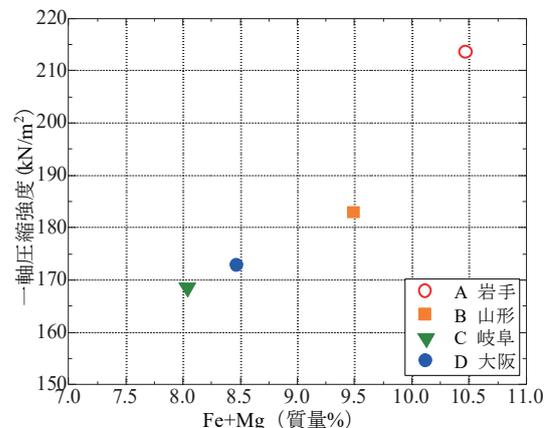


図3 強度とFe+Mg含有量の関係  
Relationship between compressive strength and content of Fe and Mg