

2016 年台風 10 号での豪雨災害で発生した土砂の有効利用促進のための物性把握

名古屋大学 (学) ○池上浩樹 (正) 酒井崇之, (フェロー) 中野正樹
京都大学 (学) 熊谷静花 (正) 高井敦史
明治大学 (学) 谷川元治 (正) 加藤雅彦

1. はじめに

2016 年に発生した台風 10 号は東北地方から北海道地方を中心に豪雨災害をもたらした。本稿は、本災害で発生した土砂を、岩手県の土砂堆積物および 1 次仮置場の 5 か所で採取した。そしてそれら物性を調べ、東日本大震災での津波堆積物との比較を行い、さらに復興資材として利用するための基礎データを報告する。

2. 災害廃棄物 (土砂系) の採取場所

採取した土砂は、岩手県内 5 地点で (図 1)、図中に採取個数も示した。地点①、②は沿岸域、地点③～⑤は小本川流域である。なお地点④は野球グラウンドであり、河川に近い外野 (No.5) からホーム (No.1) にわたり 5 箇所で採取した。その他の地点は 1 次仮置場に集められた土砂である。地点③は約 0.8ha の面積で高さ約 5m に積まれた「盛土」で、東西南北、法肩と法尻から土砂を採取した (例えば地点③東・上など)。

3. 災害廃棄物 (土砂系) の物理的性質および締固め特性

表 1(a),(b)に全試料の物理的性質等を示す。また図 2(a),(b)には粒径加積曲線を示すが、沈降分析は省略し 425 μm ふるいを通過した地点④は載せていない。図 3 には地点③以外の締固め曲線を示す。地点③については最大乾燥密度と最適含水比を表 2 に整理した。土粒子密度は採取場所に関係なく 2.4~2.6 g/cm^3 を示し、一般的な無機質土よりも低い値となった。土粒子密度と強熱減量には概ね負の相関が見られる。この結果は東日本大震災後の福島での津波堆積物現地調査の結果¹⁾とも整合する。なお地点④の強熱減量は同じ福島での津波堆積物と同程度となった。地点④に着目すると、土粒子密度の標準偏差は 0.063 g/cm^3 で、粒度も東・上を除きいずれも粒度幅が広い。多くが砂質土に分類されるが、一部の試料は粘性土に分類される。地点③



図 1 採取場所

表 1(a) 物理的性質とコーン指数物性(地点①,②,④,⑤)

地点	①	②	④No.1	④No.2	④No.3	④No.4	④No.5	⑤新	⑤古
土粒子密度 g/cm^3	2.471	2.337	2.399	2.402	2.417	2.467	2.596	2.487	2.479
最大粒径 mm	26.5	26.5	-	-	-	-	-	26.5	19
礫分 %	30	27	-	-	-	-	-	25	4
砂分 %	32	27	-	-	-	-	-	36	39
工学的分類	砂質土	粘土	-	-	-	-	-	砂質土	粘土
液性限界 %	74.5	101.1	85.3	87.6	75.9	65.9	NP	56.7	82.9
塑性限界 %	53.6	87.1	60.7	61.4	55.8	57.3	NP	46.2	56.4
塑性指数	20.9	14.1	24.6	26.2	20.1	8.6	NP	10.5	26.5
強熱減量 % (350℃)	12.6	16.7	13.9	11.9	9.6	8.7	4.1	5.5	15.5
強熱減量 % (750℃)	15.2	19.1	16.5	14.1	11.9	10.4	5.9	7.5	18.2
コーン指数 kPa	-	-	-	-	-	3872.0 4283.7 3884.0	4146.9 1515.3 -	4868.3 4878.4 3334.8	959.31 536.46 315.51

表 1(b) 物理的性質とコーン指数物性(地点③)

地点	③	③中央	③東上	③東下	③西上	③西下	③南上	③南下	③北
土粒子密度 g/cm^3	2.431	2.440	2.605	2.494	2.445	2.397	2.525	2.512	2.445
最大粒径 mm	26.5	26.5	19	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	19
礫分 %	36	24	8	39	8	18	22	17	11
砂分 %	33	35	89	34	42	17	45	40	62
工学的分類	礫質土	砂質土	砂質土	礫質土	粘土	粘土	砂質土	礫質土	砂質土
液性限界 %	68.4	60.5	39.2	56.3	59.6	102.4	48.1	53.0	54.1
塑性限界 %	46.1	45.1	31.	38.5	45.7	72.1	37.0	42.9	42.6
塑性指数	22.3	15.4	7.6	17.8	13.9	30.3	11.1	10.1	11.5
強熱減量 % (350℃)	1.490	1.421	1.483	1.650	1.255	1.067	1.454	1.432	1.327
強熱減量 % (750℃)	23.2	26.4	23.2	21.7	34.5	47.5	25.3	26.4	31.8
コーン指数 kPa	-	-	4733.7 1898.7 344.16	-	3296.6 1816.4 635.29	-	-	-	-

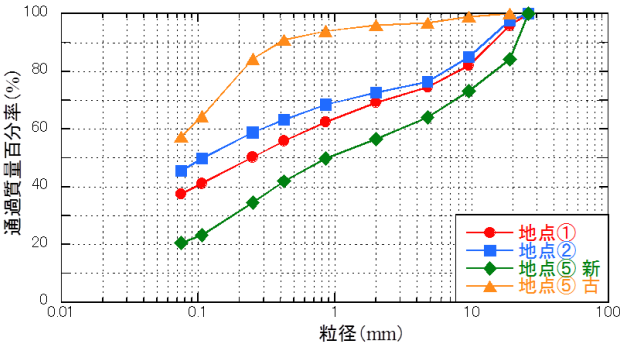


図 2(a) 粒径加積曲線(地点①,②,⑤)

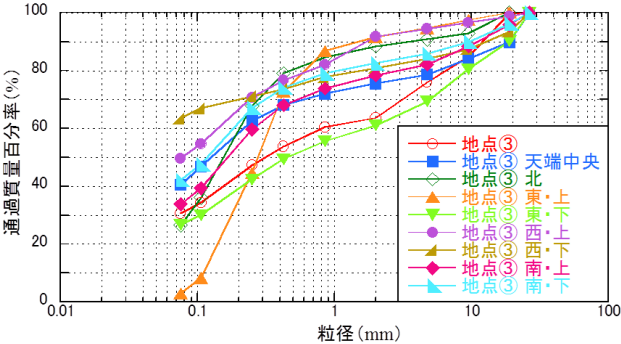


図 2(b) 粒径加積曲線(地点③)

において法肩と法尻の試料を比較すると、いずれも法尻部の細粒分が多く、塑性指数も大きいことから、集積後の降雨による細粒分洗い出しの影響も示唆される。地点④については、小本川から土砂分を含んだ濁流がグラウンドに流入し、No.5 から No.1 に向かって遡上したと考えられる。そのため No.1 に向かうほど細粒分が沈降し、粘性土としての挙動が卓越したと考えられる。この結果も、福島の実験結果と整合する。締固め特性については、採取場所の土砂の物性の違いに応じて締固め曲線に広がりがあり、最大乾燥密度 ρ_{dmax} 、最適含水比 w_{opt} は、ほぼ $1.0\sim1.6\text{gf/cm}^3$ 、 $20\sim60\%$ の範囲となった。

地点④に着目すると、No.1 から No.5 に向かって ρ_{dmax} は大きく、 w_{opt} は小さくなり曲線形状もややシャープになる。細粒分から粗粒分への典型的な締固め曲線を示しており、この結果は粒度の傾向と一致する。

4. 災害廃棄物（土砂系）の化学特性

表 3 には地点①から⑤までの化学特性を示す。全ての地点で土壌溶出量基準を超過する元素はなかった。また沿岸地点の地点①、②、③において、pH、EC、塩化物イオン、ホウ素溶出量が若干高くなった。pH についてはどの地点も 7 程度を示し、pH のピークが 3~5

を示す福島の実験試料に対し明確な違いを呈した。津波堆積物は海水中の硫化物イオンに起因する酸性化が生じたためである。同様に EC の値も明確な違いが現れ、沿岸地点①、②で高い値を示すものの $9\sim40\text{mS/m}$ の範囲であり、一方津波堆積物の EC は $0\sim200\text{mS/m}$ にピークがあり、 127mS/m が中央値である。また塩分濃度についても $0.01\sim0.1\text{mg/g}$ 程度であるのに対し、福島の実験試料の中央値は 1.72mg/g である。今回載せなかったが小本川流域の地点④については、ばらつきは小さいものの、沿岸地点に向かう No.1 ほど、pH は小さく、EC、塩化物イオン、ホウ素溶出量が若干高くなり、表 3 と同様の傾向を示した。

5. 災害廃棄物（土砂系）の強度特性（コーン指数）

表 1(a),(b)にはコーン貫入試験結果も示している。最適含水比、最大乾燥密度に締固めた試料に対し実施した結果を上段、含水比 5%、10%加えた結果を中段・下段に示す。地点③東上などに粗粒分において高いコーン指数を示した。なお細粒分が多い試料に対してもコーン指数が高いが、締固め条件により、サクションが貫入抵抗として作用したと考えられ、強度特性を直接的に評価できていない可能性もある。どの試料も含水比が湿潤側に変化するにつれコーン指数が低下することから、利用の際の水分調整も留意すべきである。

6. おわりに

今回の風水害で生じた土砂は、対象とした化学特性についてどれも分別土砂の要求品質³⁾を満足し、東日本大震災での地震津波被害で生じた津波堆積物との違いが現れた。力学特性についても、含水比を調整することで締固めが可能となり、高いコーン指数を示した。ただし粘土分が卓越した箇所もあることから、粒度調整、水分調整、均質化等を行うことにより、復興資材として利用範囲を広げることができると考えている。

謝辞：本研究は、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費(3K163011)により実施された。試料採取においては、岩手県、久慈市および岩泉町における災害廃棄物の担当者各位にご協力頂いた。感謝の意を表す。

参考文献 1) 高井敦史他：東日本大震災における津波堆積物の分布特性と物理化学特性，地盤工学ジャーナル，vol.8，No.3，pp.391-402，2013.2) 高井敦史他：東日本大震災で発生した岩手県の災害廃棄物分別土砂の品質とその変化，土木学会論文集 C，Vol.72，No.3，pp.252-264，2016.3) 岩手県：岩手県復興資材活用マニュアル(改訂版)，https://www.pref.iwate.jp/dbps_data/_material/_files/000/000/003/225/manual.pdf，2013.2

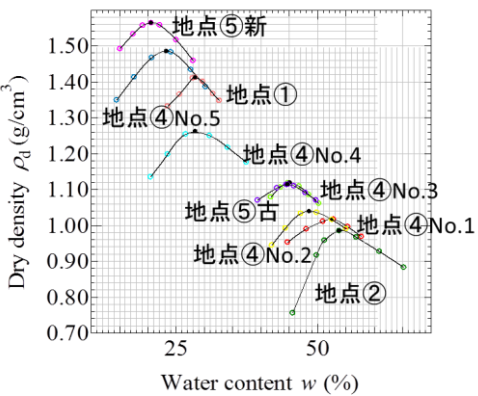


図 3 締固め試験(地点①,②,④,⑤)

表 2 地点③の最大乾燥密度と最適含水比

地点	③	③中央	③東上	③東下	③西上	③西下	③南上	③南下	③北
最大乾燥密度 g/cm^3	1.490	1.421	1.483	1.650	1.255	1.067	1.454	1.432	1.327
最適含水比 %	23.2	26.4	23.2	21.7	34.5	47.5	25.3	26.4	31.8

表 3 地点①～⑤の化学特性

地点	pH	EC	溶出量(mg/L)								
	(H ₂ O)	(mS/m)	F	Cl	Pb	Cr	As	Se	Cd	B	TOC
地点1	7.56	35.63	0.21	8.14	0.001	0.001	0.002	0.003	0.000	0.048	17.64
地点2	7.55	39.13	0.18	2.92	0.000	0.002	0.003	0.003	0.000	0.039	26.93
地点3	7.35	19.80	0.16	8.54	0.002	0.002	0.003	0.003	0.000	0.034	17.82
地点4	7.34	9.68	0.12	1.59	0.005	0.004	0.006	0.003	0.000	0.003	12.43
地点5	7.14	9.04	0.22	1.54	0.007	0.006	0.005	0.003	0.000	0.000	20.29
平均	7.39	22.66	0.18	4.55	0.003	0.003	0.004	0.003	0.000	0.025	19.02
標準偏差	0.17	14.16	0.04	3.51	0.003	0.002	0.002	0.000	0.000	0.022	5.27
変動係数	2.35	62.49	22.26	77.23	94.46	56.58	50.51	0.33	17.37	88.50	27.68