

大分平野に分布する鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah)の工学的性質の検証

タナベ環境工学(株) ○久々宮 健太、森田 真由

1. はじめに

今回、大分港における港湾構造物の地質調査において鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah)(以下、大分平野に分布するK-AhをK-Ah(Oita)と記述)が確認された(図-1・図-2)。

K-Ahは約7,300calBPに鬼界カルデラより噴出した火山灰であるとされ、町田・新井(2003)¹⁾より大分平野では20~30cm程度で降下したとされている。

なお、千田(1987)²⁾によれば、大分平野では沖積層の中部泥層に約10cm~2mの層厚で分布するとされ、今回大分港で確認された細かい火山ガラスにより構成される(図-3)灰白色の特殊土についてもK-Ah火山灰下底高度分布図³⁾と分布深度がほぼ一致することから、K-Ahではほぼ間違いのないものと考えられる。

同じ火山ガラスにより構成され、九州南部に分布する「しらす」などの工学的問題については、これまで数多くの研究が行われているが、大分平野に分布するK-Ah(Oita)の工学的性質に関する既存資料は非常に少ない。よって、大分港で採取された試料を用いてその工学的性質を検証したので報告する。

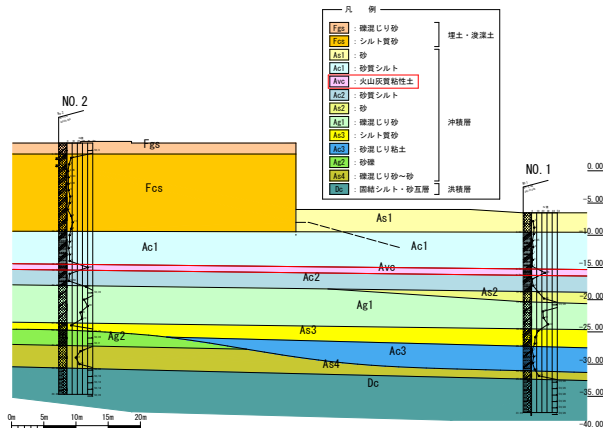


図-1 地質想定断面図



図-2 不攪乱採取試料 K-Ah(Oita)

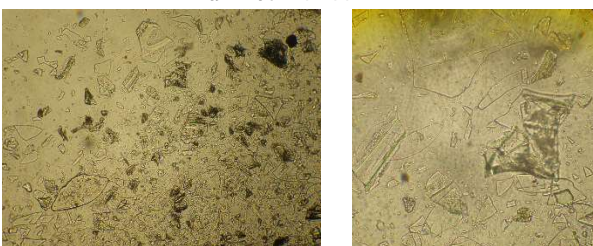


図-3 顕微鏡観察による粒子形状(左:×100)(右:×400)

2. 調査結果

以下に各特性の調査結果を示す。

なお、標準貫入試験より得られたN値は26(Bor. No. 1)、40(Bor. No. 2)、またPS検層より得られたS波速度は100m/s(Bor. No. 1)、169m/s(Bor. No. 2)であった。

(1) 物理特性

K-Ah(Oita)の物理特性結果を表-1に示す。

表-1 K-Ah(Oita)の物理特性結果

試料名		K-Ah(Oita)	
一般	湿潤密度 ρ_t	g/cm ³	1.546 ~ 1.565
	乾燥密度 ρ_d	g/cm ³	0.879 ~ 0.933
	土粒子の密度 ρ_s	g/cm ³	2.442 ~ 2.447
	土粒子の密度 ρ_s (粉碎試料)	g/cm ³	2.445
	自然含水比 W_n	%	66.7 ~ 72.2
	間隙比 e		1.623 ~ 1.784
粒度	礫分 (2~75mm)	%	0.0
	砂分 (0.075~2mm)	%	7.8 ~ 16.0
	細粒分 (0.075mm未満)	%	84.0 ~ 92.2
	シルト分 (0.005~0.075mm)	%	65.4 ~ 73.6
	粘土分 (0.005mm未満)	%	18.6 ~ 23.6
	最大粒径	mm	2
コンシステンシー特性	液性限界 W_L	%	NP
	塑性限界 W_P	%	NP
	塑性指数 I_P		—
透水	現場透水試験 (非定常法)	m/s	1.33×10^{-6}
	室内透水試験 (変水位)	m/s	2.98×10^{-7}

土粒子の密度は2.442~2.447g/cm³と一般の土より小さい値が得られた。これは鉱物組成の大部分が火山ガラスで占められているためと考えられる。また、軽石などの多孔質性に起因する ρ_s 低下を踏まえ、同試料の粉碎試料との比較を行ったが大きな差は確認されなかった。よって、微気泡の包含による影響は小さいものと考えられる。

粒度は細かい降下火山灰により構成されているため、細粒分はFc=84.0%~92.2%と非常に多く、二次しらすの粒径加積曲線⁴⁾に追記した曲線との比較(図-4)からも、非常に細かい粒子により構成されていることが確認される。

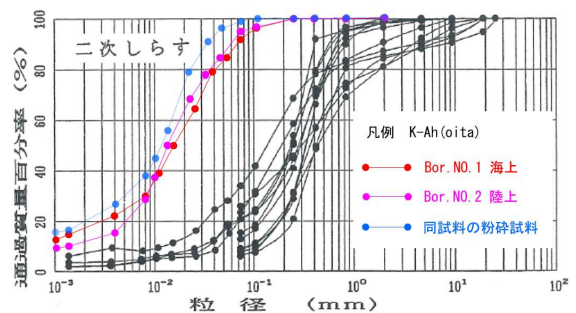


図-4 K-Ah(Oita)と二次しらすの粒径加積曲線

自然含水比は $W_n=66.7\sim72.2\%$ とやや高い値が得られ細粒分の含有率が高いことやサクシジョンの寄与が要因として挙げられるが、地下水位以下の飽和試料であることも原因として考えられる。

コンシステンシーは非塑性であり、表面活性の粘土を含まない試料であることが確認される。

透水係数は 1.33×10^{-6} m/s(現場)、 2.98×10^{-7} m/s(室内)とやや低い値が得られた。これについても同様に細かい火山ガラスにより構成され、サクシジョンの寄与によるものと考えられる。

(2) 強度特性

K-Ah(Oita)の強度特性結果を表-2に示す。

表-2 K-Ah(Oita)の強度特性結果

試料名			K-Ah (Oita)
一軸圧縮 (不攪乱)	一軸圧縮強さ q_u	kN/m ²	117.88 ~ 129.16
	q_u 法の強度 $su(q_u)$	kN/m ²	58.94 ~ 64.58
	破壊ひずみ	%	4.11 ~ 5.70
	変形係数	MN/m ²	2.1 ~ 2.7
簡易CU (不攪乱)	最大軸差応力($\sigma_a - \sigma_z$) max	kN/m ²	634.60 ~ 739.38
	簡易CU強度 $su(su)$	kN/m ²	317.30 ~ 369.69
三軸 (不攪乱)	試験条件		CD
	全応力 c	kN/m ²	54.08
	全応力 ϕ	°	43.80
三軸 (攪乱)	試験条件		CD
	全応力 c	kN/m ²	70.48
	全応力 ϕ	°	36.80
繰返し 非排水三軸	液状化抵抗 R_{L20} (不攪乱)		0.323
液状化判定	等価N値(不攪乱)		51.9 ~ 52.8

K-Ah(Oita)の不攪乱試料においては、 q_u 法の強度と簡易CU強度との強度差が約5~6倍と大きく、一軸圧縮試験における破壊ひずみも4.11~5.70%と高い値が得られた。これは、本来の粘着力を保持していないため、試料採取時の乱れの影響を非常に受けやすく、拘束圧解除による影響も非常に大きいため q_u 法の強度が過小評価されたものと考えられる。

三軸圧縮試験の結果は見かけの粘着力 c ・内部摩擦角 ϕ ともに比較的高い値が得られた。これらは村田・山内ら⁵⁾が示すとおり、粒子間摩擦、インターロッキング、粒子間の毛管水による表面張力が寄与しているものと考えられる。また、不攪乱試料と攪乱試料の水浸状況(図-5)より、圧密による固結効果も寄与しているものと考えられる。



不攪乱試料：水浸直後→1週間後(維持)→2週間後(崩壊)



攪乱試料：水浸直後→5分後(崩壊)

図-5 K-Ah(Oita)試料の水浸状況

なお、攪乱試料における三軸圧縮試験の結果は、見かけの粘着力 c の増加と内部摩擦角 ϕ の低減が確認された。これは、八木・三浦ら⁶⁾が示すとおり、細かい火山ガラスの粒子が攪乱時の粒子破碎により更に増加し、内

部摩擦角 ϕ の低下と見かけの粘着力 c の増加をもたらしているものと考えられる。

繰返し非排水三軸より得られた不攪乱試料の液状化抵抗 R_{L20} は0.323であり、港湾の技術上の基準・同解説⁷⁾に示される等価N値の算定結果も51.9~52.8と高い値が得られた。これらも、前述した粒子間摩擦などによる「ねばり」を発揮し得られた結果であると考えられる。

なお、今回は限られた試料より調査を実施したため、攪乱試料における液状化抵抗 R_{L20} は測定できていない。しかし、図-6に示すとおり、攪乱した試料を握り～揺ると瞬時に液状化することから、地震や振動に対して、一般的な「砂質土」や「しらす」以上に流動化し易い特性を持っている可能性がある。



図-6 K-Ah(Oita)の揺すった状況(攪乱試料)

3. まとめ

今回の検証より、不攪乱試料においては各効果により比較的高いN値や強度を保持していることが確認された。

しかし、攪乱試料については、地震や振動に対して非常に流動化し易く、極めて低い液状化抵抗 R_{L20} が得られる可能性がある。また、堆積環境や風化程度、上載圧の違い等により、大分平野におけるその他箇所においては今回得られた結果と異なる結果が得られる可能性も十分考えられる。

今後の業務や設計・施工に活用できるよう、地域的な特性を持つ特殊土の K-Ah(Oita)について引き続き検証を進め、大分平野に分布する K-Ah(Oita)をとりまとめていきたい。

《引用・参考文献》

- 町田洋・新井房夫：新編火山灰アトラス-日本列島とその周辺。2003, 東京大学出版, 東京
- 千田昇：大分平野西部の完新世における地形発達. 地理評, vol. 60, p. 466-480
- 清水龍来：大分平野における断層構造を考慮した第四紀後期以降の地形発達
- (社)地盤工学会九州支部：九州・沖縄の特殊土地盤の設計と施工, 第2章 p. 125
- 村田秀一・山内豊聡：乱さないシラスの強度特性の要因について, 土質工学会論文報告書, vol. 17, NO. 3
- 八木一善・三浦清一：破碎性火山灰地盤の力学特性の評価, 土木学会論文集, No. 757/III-66, 2002
- 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説 2018. 5