

セメント系固化材による安定処理土の力学的性質

徳山工業高等専門学校 正員 藤原東雄

正員 ○上 俊二

徳山曹達（株）

酒井敏明

牛山宏隆

1. まえがき

土質安定処理材としてセメント系固化材（以下固化材という）が、軟弱地盤の地盤改良や堤体・盛土などの土構造物の安定処理など幅広く使用されているが、対象となる地盤の状況（土質の種類、含水比など）により設計強度満足するの固化材、配合率を決定することが必要である。本報告は前報¹⁾に引き続き、固化材による土質安定処理効果を調べる基礎的研究として、粘土の含水比と固化材の添加量を定量的に変化させた安定処理土の力学的試験をおこない、安定処理土の強度特性について考察したものである。

2. 試料および試験方法

粘土試料は市販のカオリン粘土（ $G_s=2.73$ 、 $w_L=79.5\%$ 、 $I_p=45.0\%$ ）を用い、固化材は市販の固化材一般品（ハトキ-7P-403）を用いた。初期含水比 $w=60$ 、 80 、 100% の3種類の粘土試料に対し、固化材の添加量を試料土 1 m^3 に対して 50 、 100 、 150 、 200 、 250 kg の5種類に変化させた。添加方法は粉体混合とした。なお、試料土の調整方法、供試体の作製方法は前報¹⁾と同様である。供試体の養生は、温度 $20\pm3^\circ\text{C}$ 、湿度 95% 以上の高温恒湿槽に置置し、養生期間を7日、28日（一軸圧縮試験のみ）とした。安定処理を施した供試体の初期性状は表-1に示すとおりである。

以上の条件で調整した安定処理土に対して、①一軸圧縮試験、②標準圧密試験、③三軸圧縮試験（CU試験）を実施した。

3. 実験結果と考察

表-1には、一軸圧縮試験より得られた一軸圧縮強度と標準圧密試験より得られた圧密降伏応力の実験値を示している。いずれの安定処理土とも固化材添加量の増加にともない一軸圧縮強度、圧密降伏応力は増加している。

図-1は安定処理土の乾燥密度と一軸圧縮強度の関係を示したものである。それぞれの含水比において固化材の添加量が増加すると一軸圧縮強度、乾燥密度が増加している。また両者には、固化材の添加量ごとに相関性があることがわかる。固化材を添加することにより土中の水分と水和反応を起こし、粘土の土構造がより強固なものに変化するものと考えられる。なお、固化材添加量の増加にともない試料土の含水比が低下し、水和反応を起こすのに必要以上の固化材が添加されると一軸圧縮強度の増加の割合は低下する傾向があ

表-1. 供試体の性状および一軸圧縮強度、圧密降伏応力

w(%)	固化材添加量(kg/m ³)	0	50	100	150	200	250
60	固化材添加率(%)	0	5.1	10.1	15.2	20.2	25.3
	含水比w(%)	60.0	56.6	52.9	50.2	48.4	46.8
	湿潤密度 $\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.59	1.60	1.62	1.64	1.67	1.69
	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	0.99	1.02	1.06	1.09	1.13	1.15
	一軸圧縮強度 7日(kgf/cm ²)		3.9	6.0	7.3	10.3	14.8
	28日(kgf/cm ²)		5.5	9.1	11.9	16.0	21.5
	圧密降伏応力 7日(kgf/cm ²)		4.9	7.2	8.9	10.0	13.0
80	固化材添加率(%)	0	6.0	11.9	17.9	23.9	29.8
	含水比w(%)	80.0	73.7	69.3	65.9	62.5	58.9
	湿潤密度 $\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.51	1.51	1.53	1.55	1.57	1.60
	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	0.84	0.87	0.91	0.94	0.97	1.01
	一軸圧縮強度 7日(kgf/cm ²)		2.3	3.4	5.7	9.0	13.9
	28日(kgf/cm ²)		3.7	6.3	9.7	15.0	21.2
	圧密降伏応力 7日(kgf/cm ²)		4.0	5.0	7.0	9.0	12.0
100	固化材添加率(%)	0	7.0	14.0	20.9	27.9	34.9
	含水比w(%)	100	92.9	86.0	80.7	75.3	71.1
	湿潤密度 $\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.44	1.45	1.48	1.50	1.52	1.54
	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	0.72	0.75	0.80	0.83	0.87	0.90
	一軸圧縮強度 7日(kgf/cm ²)		1.7	2.5	5.1	7.4	10.5
	28日(kgf/cm ²)		2.7	4.2	8.5	13.4	18.1
	圧密降伏応力 7日(kgf/cm ²)		3.2	4.2	5.0	6.4	10.0

る。

安定処理土の強度の経時変化を調べるために、図-2に材令が7日と28日の一軸圧縮強度の関係を示す。これによると、含水比の相違によらず両者には相関関係があることがあきらかであり、材令28日の一軸圧縮強度は材令7日のものの約1.6倍の値を示している。

図-3は圧密降伏応力と一軸圧縮強度の関係を示したものである。実験結果には多少のばらつきはあるものの両者には相関関係があることがわかり、安定処理土の一軸圧縮強度より圧密降伏応力を予測できる可能性があることが明らかである。

図-4は三軸圧縮試験（CU試験）より得られた破壊時の応力状態（全応力）の一例（ $w=60\%$ ）を示したものである。圧密試験より求めた圧密降伏応力の値によると、今回実施した拘束圧（ $\sigma_c=1.0\sim 4.0\text{kgf/cm}^2$ ）ではすべての試験において見かけ上過圧密領域での試験となる。試験結果には多少のばらつきはあるものの、それぞれの固化材添加量ごとに拘束圧の大きさによらずば一定の軸差応力を示し、固化材添加量の増加にともない粘着力 c の増加がみられる。内部摩擦角 ϕ については多少増加する傾向があるものの大きな変化はないようである。以上の結果より、固化材を添加することにより見かけ上過圧密状態となった安定処理土の強度定数は粘着力 c の増加が顕著にあらわれ、基本的には c 材とみなしてよいものと考えられる。よって、過圧密領域においては一軸圧縮試験より得られた一軸圧縮強度の $1/2$ の値を粘着力 c とみなしてよいものと考えられる。

4. あとがき

セメント系固化材を添加した安定処理土は、化学的作用をうけることにより見かけ上過圧密状態になるものと考えられ、試料土の含水比、固化材の添加量の大きさにより力学的性質が変化することが明らかになった。このように見かけ上過圧密土とみなされる安定処理土の強度定数は固化材の添加量の増大により粘着力 c の増加が顕著にあらわれ、一軸圧縮強度より簡明に推定できることがあきらかになった。

5. 参考文献

- 1) 酒井敏明、牛山宏隆、藤原東雄、上 俊二；セメント系固化材によるカオリン粘土安定処理土の強度特性、第27回土質工学研究発表会発表講演集、pp.2319-2320。
- 2) (社)セメント協会編；セメント系固化材による地盤改良マニュアル

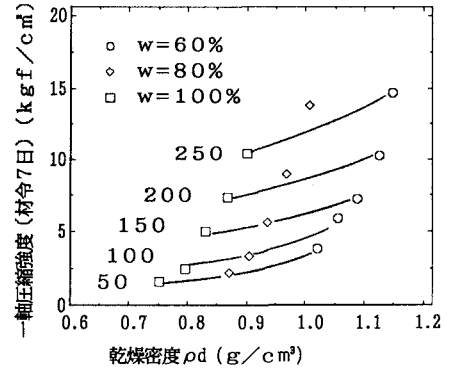


図-1. 乾燥密度と一軸圧縮強度の関係

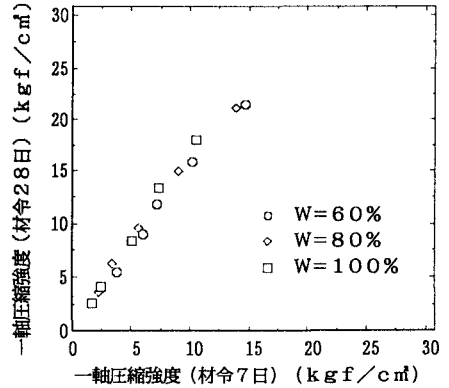


図-2. 材令7日と28日の一軸圧縮強度の関係

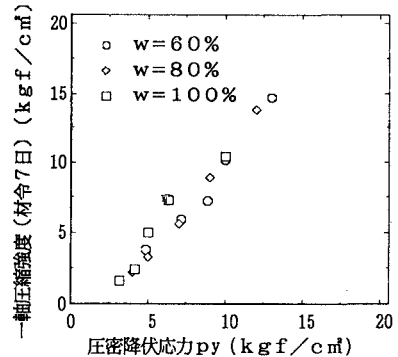


図-3. 圧密降伏応力と一軸圧縮強度の関係

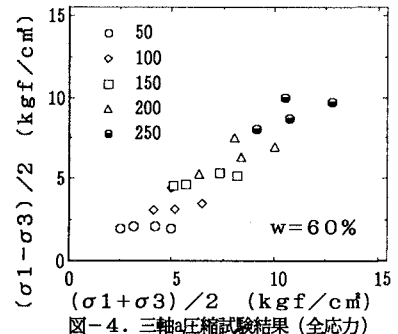


図-4. 三軸圧縮試験結果（全応力）