

循環利用を考えた再生流動化処理土の力学特性

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一
福岡大学工学部 学生会員 山本健二
福岡大学工学部 学生会員 星本 剛

1.はじめに 流動化処理工法は、建設発生土の有効な利用法のひとつであり、流動性が良く締固めを必要としないため、地下鉄や管路等の埋戻し工事に有効な工法¹⁾とされている。しかしながら、このようにして再利用された発生土は再掘削に伴い、再び発生土となり処分されるのであれば一時的な回避にすぎず、本当の資源循環とは言えない。そこで、本研究では流動化処理土を循環利用することを目的に、一度固化した流動化処理土（以下循環用固化処理土と呼ぶ）を新たに作成する流動化処理土に混入し、再生流動化処理土の作成を行った。報告では、破碎した循環用固化処理土の粒径及び混入率、固化材添加量に着目し、再生流動化処理土の力学特性に及ぼす影響について、一軸圧縮試験を行い、その結果から材料特性について考察を行う。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料及び供試体の作成方法 実験に用いた土質材料は、建設発生土の代替材として今宿まさ土を用いた。また固化材として高炉セメントを用いている。

(1)循環用固化処理土の作成方法 循環用固化処理

土は、今宿まさ土、水、高炉セメントをミキサーで2分間攪拌し作成する。(ここで処理土の養生は、ふた付きのポリ容器に流し込み、20℃一定の養生箱内で行った。)配合条件は、固化材添加量 $C_j=100$ 、150、200kg/m³、養生日数 d_j は 7、28、56 日とした。また養生後、ハンマーで破碎し、粒径 $D=9.5\text{mm}\sim19\text{mm}$ 、9.5mm 以下にふるい分けし、粒度調整した。

(2)再生流動化処理土の作成方法 再生

流動化処理土は、今宿まさ土、水、高炉セメントに、循環用固化処理土を混入し、ミキサーで2分間攪拌して作成した。図-2に処理土作成過程を示す。配合条件は、固化材添加量 $C_s=100\text{kg/m}^3$ とし、循環用固化処理土混入率 R_c は、重量にして、0、40、70、100%とした。表-1に再生流動化処理土の配合条件を示す。品質管理及び供試体の作成方法の詳細については、前報²⁾で報告しているので省略する。なお養生日数 d_s は 7、28、56、91 日とした。

2-2 力学試験概要 循環用固化処理土の①粒径と②混入率、③固化材添加量の違いが再生流動化処理土の力学特性に及ぼす影響、④再生流動化処理土の長期養生による影響について、一軸圧縮試験を行い検討を行った。ここで、一軸圧縮

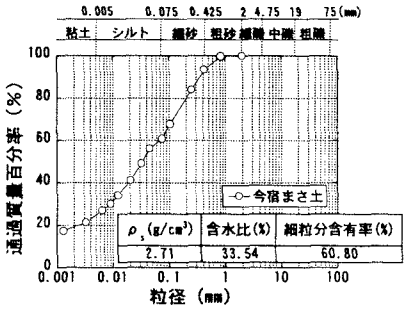


図-1 今宿まさ土の粒径加積曲線

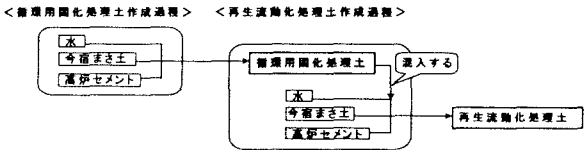


図-2 処理土作成過程

表-1 再生流動化処理土の配合条件

C_j (kg/m ³)	D (mm)	R_c (%)	d_j (日)	まさ土乾燥 質量(kg/m ³)	循環用固化処理土 乾燥質量(kg/m ³)	水 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	W/C	処理土密度 (g/cm ³)	ブリーディ ング率(%)
100	9.5~19	40	7	673.3	273	344.2	100	5.81	1.64	1.88
		70		296.2	420.3	306		6.30	1.58	1.70
		100		0	557.1	247.2		6.56	1.56	1.32
	9.5以下	40	7	634.2	257.2	382.2		6.05	1.64	2.29
		70		299.3	424.7	298.6		6.26	1.62	1.68
		100		0	567.2	233.7		6.50	1.56	1.62
	9.5~19	40	28	436.2	242.7	388.3		6.80	1.50	1.48
		70		188.4	367	407.2		6.93	1.41	0.93
		100		0	563.8	293.2		6.31	1.43	0.99
	9.5以下	40	7	463.2	257.7	350.5		6.26	1.53	1.03
		70		191.5	372.9	397.7		6.88	1.43	0.95
		100		0	582.2	1450		6.19	1.44	1.05
150	9.5~19	40	7	627.3	299.3	410.6	100	5.86	1.63	1.29
		70		304.8	509.1	322.5		5.80	1.59	1.34
		100		0	712.4	233.8		6.12	1.56	0.99
	9.5以下	40	7	633.5	302.3	404.9		5.82	1.62	1.07
		70		293.2	489.7	348.3		5.96	1.57	1.16
		100		0	639.2	312.4		6.15	1.55	1.00
	9.5~19	40	28	441.9	245.9	382.5		6.78	1.50	1.74
		70		215.6	420	325.1		6.49	1.44	2.59
		100		0	425.9	151.4		4.07	1.45	1.21
	9.5以下	40	7	434.1	241.5	393.5		6.84	1.50	1.13
		70		204.3	397.9	360.6		6.68	1.45	1.25
		100		0	592.3	262.4		6.18	1.40	1.09
200	9.5~19	40	7	634.1	296.1	401.6	100	5.86	1.64	2.34
		70		297.3	485.9	334.9		5.97	1.58	2.12
		100		0	702.3	230.7		5.81	1.54	2.20
	9.5以下	40	7	661.6	308.9	375.7		5.68	1.62	1.51
		70		298.7	488.2	331.8		5.95	1.60	1.46
		100		0	651.5	278.2		6.07	1.52	1.94
	9.5~19	40	28	478.5	266.2	334.7		6.55	1.54	0.73
		70		178.6	347.9	445.2		7.14	1.52	1.86
		100		0	616.7	239.6		6.10	1.49	0.73
	9.5以下	40	7	465.7	259.1	352.4		6.64	1.53	1.10
		70		212.4	413.7	340.4		6.60	1.49	1.01
		100		0	545.6	327.3		6.55	1.44	1.03

試験結果において応力～ひずみ関係は各条件の3本の試験から代表的なものを採用し、一軸圧縮強さ q_0 に関してはこれらの平均値とした。

3. 実験結果及び考察

3-1 品質管理 図-3に循環用固化処理土の固化材添加量 C_j のブリーディング試験結果を、図-4に処理土の密度を示す。循環用固化処理土の養生日数 d_j の短い方が、ブリーディング率、密度ともに、大きくなる傾向がある。循環用固化処理土の粒径 D による影響はあまり見られないが、粒径 D の小さな方がブリーディング率、密度ともに、大きくなる傾向があり、また循環用固化処理土混入率 $R_c=100\%$ になると、一定値に近づく傾向がある。また、混入率 R_c の増加に伴い密度は小さくなる傾向がある。

3-2 循環用固化処理土の特性が及ぼす影響

(1) 基本特性 図-5に $C_j=100\text{kg/m}^3$ 、 $D=9.5\sim 19\text{mm}$ 、 $d_j=7$ 日、 $d_s=28$ 日の一軸圧縮試験結果を示す。図より、混入率 R_c の増加に伴い強度が増加することが分かる。これは循環用固化処理土の固化材の固結効果が、再生流動化処理土の強度発現に寄与していることが原因と考えられる。図-6に $C_j=100\text{kg/m}^3$ 、 $D=9.5\sim 19\text{mm}$ 、 $d_j=7$ 日、 $d_s=7$ 日の q_0 と混入率 R_c の関係を示す。図に示す通り、いずれの配合においても東京都品質基準を満たしている。

(2) 循環用固化処理土の粒径及び固化材添加量の影響 図-7に $d_j=7$ 日、 $d_s=28$ 日の q_0 と C_j の関係を示す。この図より、粒径 $D=9.5\text{mm}$ 以下では、循環用固化処理土の固化材添加量 C_j の増加に伴い一軸圧縮強さ q_0 は大きくなっている。これに対し、粒径 $D=9.5\sim 19\text{mm}$ では、 $C_j=150\text{kg/m}^3$ までは強度が増加するものの、それ以後は減少している。これは、循環用固化処理土中の固化材量が増加すると、再生流動化処理土作成の際に、循環用固化処理土が破壊されず、粒度分布の不均一な処理土の作成が行われたことが原因と考えられる。図-8に $d_j=7$ 日、 $d_s=28$ 日の変形係数 E_0 と C_j の関係を示す。 C_j の増加に伴い、変形係数 E_0 も図-7と同様な傾向を示した。また、粒径 D の小さい方が変形係数 E_0 は大きくなる傾向を示した。

(3) 再生流動化処理土の養生日数の経過による影響 図-9に $C_j=100\text{kg/m}^3$ 、 $D=9.5\sim 19\text{mm}$ 、 $d_j=7$ 日の q_0 と d_j の関係を示す。図より、養生日数の経過に伴い、一軸圧縮強さ q_0 は大きくなる。また、循環用固化処理土を混入させた方が、混入させない場合よりも一軸圧縮強さ q_0 の増加率が大きいことが分かる。これは、養生日数の経過による、循環用固化処理土中の固化材の固結効果が、再生流動化処理土の強度発現に寄与していることが原因と考えられる。

4. まとめ ①品質管理より、循環用固化処理土の養生日数 d_j の短い方が、ブリーディング率、密度ともに、大きくなる傾向を示した。②再生流動化処理土の一軸圧縮強さ q_0 は、流動化処理土よりも大きくなり、いずれの配合においても東京都品質基準を満たした。③一軸圧縮強さ q_0 は、粒径 D 、循環用固化処理土の固化材添加量 C_j に依存する。④再生流動化処理土の方が、流動化処理土よりも養生日数の経過に伴う一軸圧縮強さ q_0 の増加率が大きい。

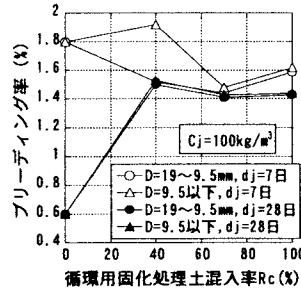


図-3 ブリーディング試験結果

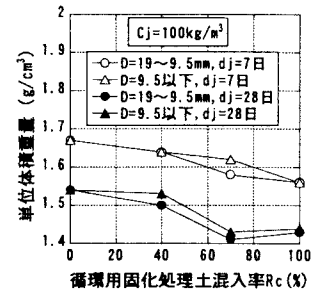


図-4 処理土の密度

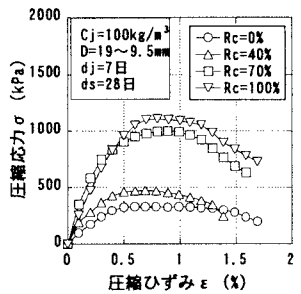


図-5 一軸圧縮試験結果

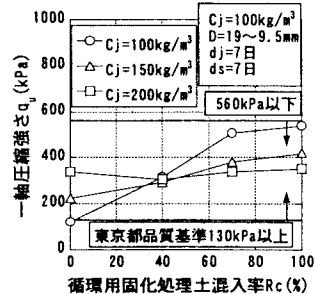


図-6 q_0 と混入率 R_c の関係

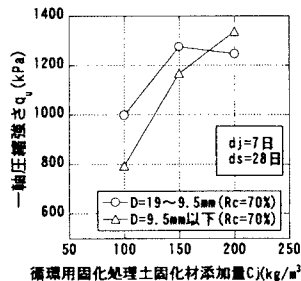


図-7 q_0 と C_j の関係

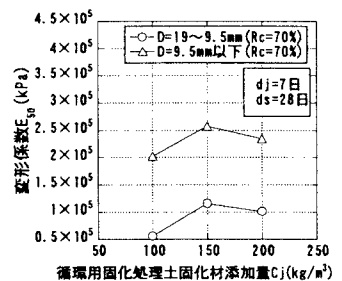


図-8 変形係数 E_0 と C_j の関係

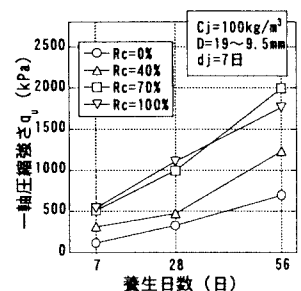


図-9 q_0 と d_j の関係

〈参考文献〉：1) 久野博昭編：『土の流動化処理工法』、日本建設業経営協会中央技術研究所、流動化処理工法研究委員会著、1997、2) 中村 昌弘ら、：砂分を多く含む建設発生土を用いた流動化処理土のせん断特性、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp. 374-375、2001