浄水汚泥と建設発生土による混合土の地盤材料特性

九州工業大学　学生会員　　○小笠 元裕　二宮 健人
九州工業大学　正会員　　永瀬 英生　廣岡 明彦

１．はじめに

現在、わが国では環境への配慮と有効利用を目的とし、発生した浄水汚泥をグランド用土、育苗土、セメント原料などに利用している。しかし、それらの利用が安定的で有効的な処理方法とは言えない状況である。そこで、有効的な処理方法として第二種改良土（埋戻材）への利用が挙げられる。この第二種改良土の作製は管路布設工事等における埋戻土の材料として、浄水汚泥を利用できる効率的な再資源化と言える。よって、本研究では、浄水汚泥、建設発生土およびそれらの混合土の物理的特性をもとに、コーン指数 q_c≧800kN/m^2、細粒分含有率 Fc≦10%、修正 CBR 値≧20%の条件を満たす第二種改良土の作製を目的とする。

２．試料・試験方法

試料には浄水場から発生する浄水汚泥（以下、汚泥と呼ぶ。）と建設発生土（以下、発生土と呼ぶ。）を自然含水比の状態で用い、改良材には消石灰とセメント系固化材を用いることとした。また、自然含水比は順に 116.94%、16.72%であった。

本研究では、汚泥と発生土を混合したもの、その混合土に改良材を添加したものの 2 通りの方法で試料を作製した。混合土の作製では汚泥と発生土の乾燥重量比による混合比率を決定し、両者を混ぜ合わせた。その混合比率を表 1 に示す。また、表 1 の混合土 A に改良材を添加し、改良を施すこととした。消石灰は混合土 A の含水量に対し添加割合を決定し、セメント系固化材は混合土 A の乾燥重量に対し添加割合を決定した。表 2 にはその添加割合を示している。またセメント系固化材を添加後、1 日間と 4 日間の室内養生期間をそれぞれ設けた。

表 1　汚泥と発生土の混合比率

混合土		A	B
乾燥重量比(%)	汚泥	20	50
	発生土	80	50

表 2　混合土 A についての改良材混合率

改良材		混合率(%)
消石灰		5
		10
		15
セメント系固化材	1 日室内養生	5
	4 日室内養生	

試験としては、粒度試験、コーン指数試験、修正 CBR 試験の 3 種類を行い、作製した試料を評価することとした。

３．試験結果および考察

図 1 に、発生土と汚泥の粒径加積曲線を示す。汚泥においては、細粒分含有率 Fc が 30%、建設発生土においては、それが 13%含まれており、浄水汚泥と建設発生土の混合土だけで細粒分含有率 Fc≦10%の条件を満たせないことが考えられる。

表 3 に、表 1 に示した混合土のコーン指数試験の結果を示す。混合土A，Bともにコーン指数 q_c が 800(kN/m^2)の条件を満たすことができなかった。また、細粒分含有率 Fc はやはり 10%以下の条件も満たすことができなかった。よって、改良前の混合土を埋戻土に利用することはできないと考えられる。また、浄水汚泥は建設発生土の発生量の約 6%であることを考慮

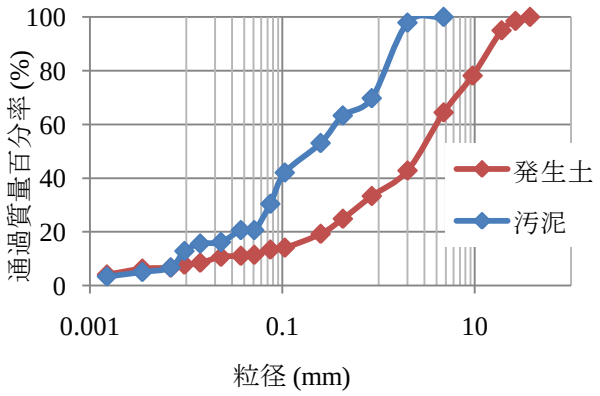

図 1　粒径加積曲線

すると、実際に使用する埋戻土は混合土Aが適当であると考えられる。よって、今回の研究では、混合土Aに改良を行うこととした。

表4に、表2に示した混合土のコーン指数試験の結果を示す。消石灰は、混合土Aの含水比を下げることを目的として添加した。セメント系固化材は、細粒分を低下させることを目的とし、添加した。また、水和反応を起こすため1日間と4日間の室内養生で試験を行った。消石灰を加えた場合については、表4を見てわかるようにコーン指数 qc が大幅に増加している。消石灰には、固化作用がないため、細粒分の変化は期待できない。よって、コーン指数 q_c に影響のある要因として、含水比の低下が考えられる。表4を見てわかるように改良前に比べると改良後は、含水比が低下している。次にセメント系固化材を加えた場合については、消石灰混合と同様にコーン指数 qc が増加している。含水比に関しては、改良前と比較して小さくなっている。しかし、セメント系固化材の水和反応を考慮すると含水比は小さくなるが、養生方法が室内養生であったため、空気乾燥によって含水比が低下したことも考えられる。

表3　改良前混合土の試験結果

混合土	A	B
コーン指数 q_c(kN/m^2)	756	613
含水比 w(%)	36.6	66.7
細粒分含有率 Fc（%）	26.64	22.82
乾燥密度 ρ_d(g/cm^3)	1.292	0.909

表4　改良後のコーン指数試験結果

改良材		混合率 (%)	コーン指数 qc(kN/m^2)	含水比 w(%)
消石灰		5	3266	35.4
		10	3300 以上	32.5
		15	3300 以上	33.9
セメント系固化材	1 日室内養生	5	3300 以上	28.9
	4 日室内養生		3300 以上	9.47

表5　セメント系固化材の添加・養生による細粒分含有率 Fc の変化

改良材	セメント系固化材 5%	
養生期間	1 日	4 日
含水比 w(%)	22.38	9.47
細粒分含有率 Fc (%)	19.07	5.49

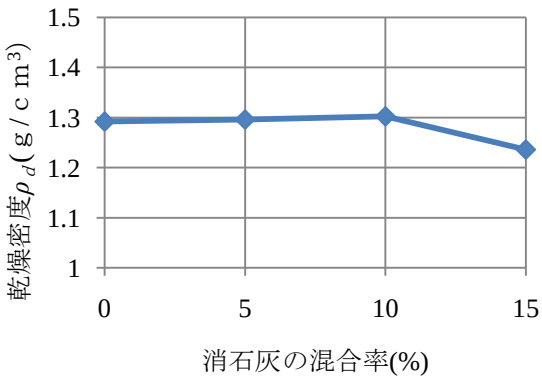

図2　乾燥密度と消石灰の混合率の関係

表5は、改良材にセメント系固化材を使用した場合の養生日数による細粒分含有率 Fc の変化を示したものである。細粒分含有率 Fc は、改良前と比べ小さくなっている。この原因としては、セメント系固化材の影響で細粒分同士が固化し粒径75μmm以上になり細粒分が減少したためであると考えられる。よって、セメント系固化材には細粒分含有率 Fc を低下させることが期待できる。また、1日養生と4日養生を比較すると細粒分含有率 Fc に大きな変化が見られる。細粒分含有率 Fc を減少させるためには、水和反応を考慮してある程度の養生日数が必要であることが考えられる。

図2は消石灰を改良材として使用した場合の消石灰の混合率と改良土の乾燥密度の関係を示したものである。表4より含水比に変化が見られたが、乾燥密度に大きな変化は見られなかった。添加量の変化により混合土Aに含まれる消石灰の含有量の変化が影響したものと思われる。

4．まとめ

本研究より得られた知見は以下のとおりである。

・混合土 A にセメント系固化材を添加し、4 日間空気養生することで細粒分含有率 Fc≦10%、コーン指数 q_c≧800 k N/m^2 の条件を満たすことが明らかとなった。