

II-65 上水道残渣(汚泥)の有効利用に関する研究

近畿大学理工学部 正員 ○玉井 元治

大阪府水道部 永田 哲夫

大阪府水道部 高木 武之

1. まえがき

我国における上水汚泥の脱水法は、浄水規模にして、日水量50万トン以上の処理場においては、加圧ろ過法が約 $\frac{3}{4}$ をしめ、含水率にして60~70%に脱水し、ケーキ状残渣物としている。これ等の残渣は、脱水過程において、石灰を添加している場合が多く、盛土材や宅地造成等理立用材として用いた場合、pHに問題点を残した。200℃以上の熱処理を行うと、凝集剤として含有する硫酸バン土が分解し、SO₂ガスを発生する。

本研究は、このケーキ状残渣を粉砕できる程度に乾燥し、粉砕後、水砕砂を混入して、骨格組織を形成させるとともに残渣中に含有する消石灰を水砕砂のアルカリ刺激剤として再利用する方法を示すものであり、これ等混合物の路床材料としての性状に関し、各種試験を行い検討したものである。

2. 使用材料の性質と配合

- 1). 試料 汚泥は含水率63%のケーキを110℃で24時間乾燥させ、5mmフルイに通過する程度に破砕したものを用い、水砕砂は(株)神戸製鋼所高砂工場製のものを使用した。それ等の物理的性質および化学分析結果は、それぞれ表1、表2に示す。

表1 上水道残渣および水砕砂の物理試験結果

項目 試料名	比重	単位体積重量 (t/m ³)	平均粒径 (mm)	粗粒率 (F.M.)	実積率 (%)
乾燥汚泥	2.43	1.05	1.54	3.25	43.3
水砕砂	2.41	1.32	1.66	3.35	54.7

- 2). 配合 水砕砂の空隙に乾燥粉砕汚泥を充填することを主目的としているため、水砕砂に対する汚泥の混合比は重量比で、80/100、120/140%を主とし、比較のため汚泥のみの場合も行った。

表2 化学組成の分析結果 (%)

成分 種類	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	S	Ig.Loss
汚泥	20.1	29.4	16.9	0.9	4.0	0.9	—	—	26.2
水砕砂	40.0	33.6	14.6	5.6	0.6	0.5	2.2	1.0	—

3. 試験方法

- 1). 液性・塑性限界試験 (JISA 1205・1206)
- 2). 締固め試験 (JISA 120 T)
- 3). 一軸圧縮試験 (JISA 1216 T)

供試体の作成は、φ5×10cmの円柱型枠に3層に分け各層ランマー(2.5kg、落下高さ30cm)にて6回突固めナイフで上面仕上げを行い即時脱型した。供試体の養生は、20±1℃の恒温室で行った。

- 4). CBR試験 (JISA 1211 T)

- 5). 伸縮率試験 4×4×16cmの鋼製型枠内に前記配合の試料を締固め、脱型と同時にコンタクトチップを供試体側面に貼付け、独製フリッシュエーガー型コンタクトゲージにより、線膨張または線収縮を1/1000mm単位で測定した。

表3 液性・塑性限界試験結果

項目 汚泥/水砕砂	液性限界 W _L (%)	塑性限界 W _P (%)
汚泥のみ	101.5	63.6
140(%)	55.0	35.0
120	47.3	N.P
100	41.3	N.P
80	35.3	N.P

表4 締固め試験結果

項目 配合	最適含水比(%)		最大乾燥密度(g/m ³)			
	普通法	CBR法	普通法	CBR法	普通法	CBR法
汚泥/水砕砂		25回 55回		25回 55回		
汚泥のみ	46.5	41.0 38.0	—	0.900 0.975		
140(%)	36.7	26.0 24.0	1.121	1.295	1.380	
120	33.1	25.0 23.0	1.183	1.310	1.405	
100	31.9	24.0 22.0	1.228	1.315	1.425	
80	29.6	23.0 21.0	1.245	1.335	1.440	

4. 実験結果と考察

- 1) 水砕砂の混入により、W_L、W_Pを下げ、また締固め試験の結果においても最適含水比を低くし、乾燥密度を高め砂質土化することが可能となる。(表3,4参照)
- 2) 圧縮試験の結果によると、水砕砂の混入による影響は少ないが、消石灰の添加や水比の影響が大きいこと

を示している。セメントの添加による影響は、消石灰に比べ強度の上昇は少いが、その性状は安定である。供試体の含水比を下げると強度を増加させるが、この傾向は最適含水比(3~5)%までの範囲に適用できる。養生方法の変化の影響をみると、水中、湿潤、空中の順に強度を大きくさせ、特に空中養生下では材令の進行に従い著しく増加させる。(図1~4参照)

3) CBR試験の結果によれば、突固め回数の如何に拘らず、水砕砂の混入率を増加すると、CBR値を大きくし、路床材への改良効果を示している。また水浸試験を行うと、突固め回数5回では、非水浸法に比べCBR値を大きくさせ、25回では低下させる傾向を示し、締固め状態の程度によって水浸の抵抗性が相違するようである。(図5参照)

4) 汚泥中含有する硫酸バン土と消石灰の反応により、締固められた混合物は水蒸気気下では若干膨張する。この傾向は、消石灰の添加により一層助長されることから *Extringite* の生成によるものと考えられる。伸縮率試験の結果によると汚泥/水砕砂=20%の配合において湿潤養生下では約0.05%膨張し、空中養生下では約0.5%収縮する。その他、混合物から、有害物質としてR-Hg, T-Hg, Cd, Pb, O-P, Cr, As, CN, PCBの9項目につき環境庁告示法に基づく溶出試験を行ったが、全て安全であることを確認した。

5. 屋外実験

1) 施工内容 図6に示すような工程によって汚泥/水砕砂=100%の混合物を作成し、路床材料としての適応性を調査した。

i). 施工区画の寸法; 5.70 x 5.00 x 0.38 m

ii). 材料の転圧; 1層目は撒出厚さを20 cmとし、約1/5 cmに転圧し、2層目は、同様に余盛りを10 cmまで仕上げた。

iii). 転圧機械; 接地圧5.5 Kgf/cm²のタイヤローラーにより6回転圧とし、一般的に行われている方法とした。

2) 実験内容と結果、転圧程度の確認は、コーンペネトrometerを用い行い、施工当日と材令7日の試験項目とその結果は、表5に示す通りである。

屋外実験においては、混合物の含水比が所望の値以上であったことと密度不足のため、室内実験程の高いCBR値は得られなかったが、 ρ_c と K_{30} の値から判断して実用に供する値である。以上、各種室内および屋外実験の結果から、上水道残渣の乾燥粉砕物と水砕砂との混合物は、真砂土に代

替する埋戻土砂や路床材への利用は充分可能である。最後に本研究に対し御協力を戴いた(株)神戸製鋼所並びに(株)栗本鉄工所に対し深謝致します。

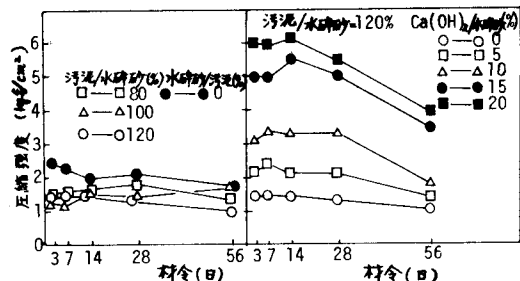


図1 汚泥/水砕砂変化の影響

図2 Ca(OH)₂の影響

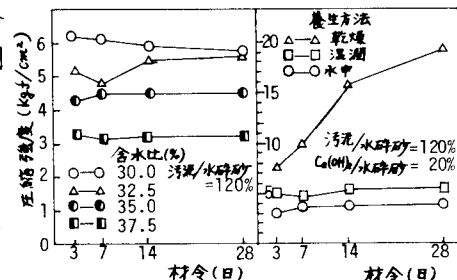


図3 含水比の影響

図4 養生方法の影響

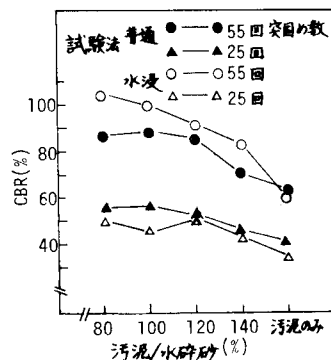


図5 配合および試験法とCBRの関係

図6 有効利用法のフローシート

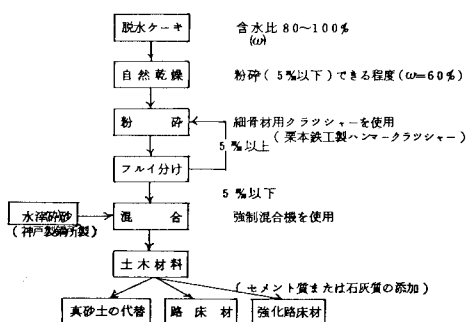


表5 現場試験結果一覧表

項目	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	コーン指数 ρ_c (kgf/cm ²)	平板載荷試験 K_{30} (kgf/cm ²)	現場CBR (%)
材令					
施工当日	33.0	1.174	14.0	11.36	11.3
7日	29.5	1.15~1.18	20.0	17.66	19.1