

クロム鉱滓の地盤工学的特性を考慮した実用化への基礎的研究

徳島大学工学部
徳島大学工学部
四国建設コンサルタント(株)

正会員
正会員
正会員

山上拓男
鈴木 壽
○原 健

1. はじめに クロム鉱滓は工業薬品の製造過程で産出される残滓であり、従来無害化处理され海洋投棄されていた。しかし近年、この処理法に代わり、高温で焼成処理し地盤材料として再利用する方法が考案された。そこで、クロム鉱滓を地盤材料として実用化するために、その地盤工学的特性を明らかにすることが必要となり、過去4年間にわたり、模擬的な試験プラント(パイロットプラント)から生成されたクロム鉱滓の地盤工学的特性を明らかにするための研究を進めてきた。そして、本研究では、実際の生産用プラントから生成されたクロム鉱滓の地盤材料としての実用化を目指し、過去のパイロットプラントから生成されたクロム鉱滓に対する研究成果との比較も含め、その地盤工学的特性を明らかにする。なお、ここでは、実際の生産用プラントから生成されたクロム鉱滓を『実プラント生成物』、過去のパイロットプラントから生成されたクロム鉱滓を『パイロットプラント生成物』と、用語を定義する。

2. 物理特性 まず図-1に実プラントおよびパイロットプラント生成物の粒径加積曲線を示す。図に示すように、両者の粒度分布には明白な違いが見られる。両者に対して日本土質統一分類法を適用すると、過去のパイロットプラント生成物は『階段粒度の砂(SPs)』に、本研究で対象となる実プラント生成物は『粒度の良い礫(GW)』に分類される。次に、表-1に実プラントおよびパイロットプラント生成物の粒度階ごとの比重および吸水率を示す。この表より両者を比較すると、実プラント生成物の比重が大きく、吸水率が小さくなっていることが分かる。このことから過去のパイロットプラント生成物に比べ、実プラント生成物の粒子内の間隙が減少し、粒子自体の強度が向上したと考えられる。

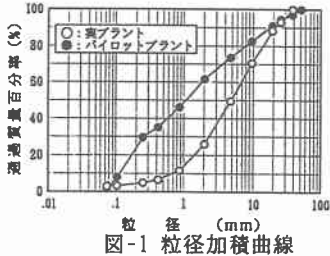
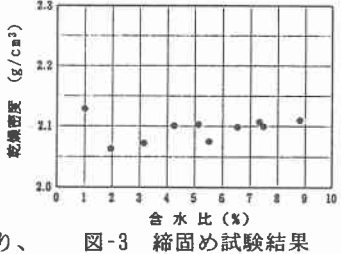
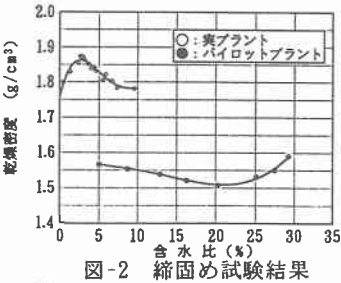


表-1 各粒度階ごとの比重及び吸水率

粒度階(mm)	絶対比重 D_s		吸水率 Q (%)	
	実プラント	パイロット	実プラント	パイロット
19.1~9.52	2.555	1.733	7.591	25.810
9.52~4.76	2.603	1.846	7.256	22.180
4.76~2.00	2.751	1.984	6.587	19.390
2.00~	3.370	3.546	(0)	(0)

3. 締固め特性 実プラント生成物およびパイロットプラント生成物に対し標準締固め試験(A-b法)を行った結果を図-2に示す。この図から分かるように、パイロットプラント生成物の締固め曲線が下に凸でなだらかな曲線であるのに対し、実プラント生成物では、通常の天然材料から得られるような上に凸な曲線となっている。さらに、実プラント生成物の最大乾燥密度がパイロットプラント生成物に比べ大幅に増加したことを考慮すると、締固め特性は向上したと言える。

このように締固め特性が向上した原因として、上述した実プラントおよびパイロットプラント生成物の粒度分布の違いが大きな要因であると考えられた。そこで、実プラント生成物をパイロットプラント生成物と同じ粒度分布に調整し、締固め試験を行った。その結果を図-3に示す。図に示すように、乾燥密度の値がほぼ一定値をとり、



上に凸な形状とならない。従って、粒度分布の違いが、締固め特性が向上した原因であると言える。

4. 強度特性 実プラント生成物に対し、飽和圧密排水条件で三軸圧縮試験を実施し、その強度特性を調べた。本研究では、目標締固め度97%・100%の2種類の供試体に対し試験を実施した。なお、目標締固め度97%の供試体は比較的ゆる詰めの状態、100%の供試体は最も密な状態として作製し、その結果、実際の締固め度は、それぞれ97.6%・99.8%となった。表-3に、三軸圧縮試験から得られた、各締固め度における内部摩擦角 ϕ_o および粘着力 C_o を示す。表中の強度定数の値から、実プラント生成物が、地盤材料としての強度を十分有していると言える。また、クロム鉱滓は、非粘性材料で粘着力を有しないとも考えられるので、粘着力 C_o を0とする ϕ_o 法による整理を行った。図-4は、縦軸に内部摩擦角 ϕ_o 、横軸に有効拘束圧 σ_3 を対数で表したもので、締固め度が大きくなるほど、拘束圧の増加にともなう内部摩擦角 ϕ_o の低下傾向が顕著になっていることを示している。この傾向は、供試体が密詰め状態であるほど、せん断中の粒子破碎の程度が大きくなったためであると考えられる。

表-3 各締固め度の強度定数

強度定数	締固め度	
	97.6%	99.8%
$C_o(\text{kgf/cm}^2)$	0.07	0.23
$\phi_o(^{\circ})$	42.9	42.1

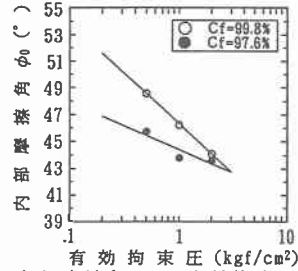


図-4 内部摩擦角 ϕ_o ～有効拘束圧 σ_3 関係

5. 沈下特性 実プラント生成物に対し、一次元圧縮試験を実施し、その沈下特性を調べた。本試験は気乾・飽和状態の2種類の供試体に対し側方変位を拘束し、0～2.5kgf/cm²の範囲で載荷・除荷を繰返し、供試体の沈下量を測定するものである。図-5に、その結果として有効間隙比 e ～載荷圧力 p 関係を示す。また、図-6に実プラントおよびパイロットプラント生成物の各々の初期からの有効間隙比変化量 Δe を縦軸に、横軸に載荷圧力 p をとり、沈下特性を比較した図である。また表-4に各供試体の初期有効間隙比の値を示す。図に示すように、気乾・飽和状態ともに、実プラント生成物の方がパイロットプラント生成物に比べ、圧縮されにくいという結果が得られた。これは、表-4に示す両者の初期有効間隙比の値から明らかなように、実プラント生成物の方が、密度の高い状態からの載荷であったためである。

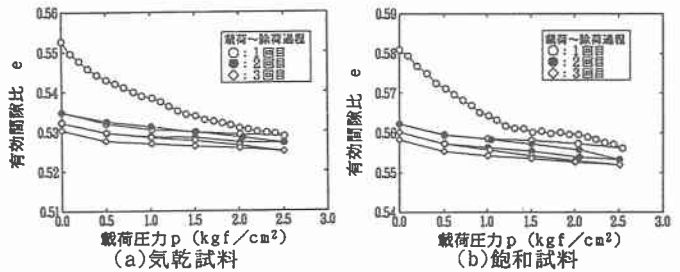


図-5 有効間隙比 e ～載荷圧力 p 関係

表-4 各供試体の初期乾燥密度および有効間隙比

試料	気乾試料		飽和試料	
	ρ_{d0}	e_{00}	ρ_{s0}	e_{s0}
実プラント	1.790	0.553	1.758	0.581
パイロットプラント	1.407	0.867	1.401	0.874

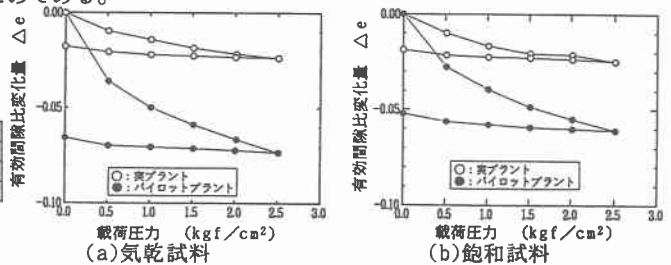


図-6 有効間隙比変化量 Δe ～載荷圧力 p 関係

6. おわりに 以上の結果より、実プラント生成物は、過去のパイロット生成物よりも工学的に優れており、地盤材料として必要十分な地盤工学的特性を有する材料であると言える。