

明石高専

学生員 ○齋藤 匠

明石高専

正会員 澤 孝平 友久 誠司

新日本製鐵(株)

正会員 道下 恭博

広鉦技建(株)

正会員 井奥 哲夫

1. 研究の目的

近年、建設工事において掘削残土や浚渫泥土等の軟弱な高含水比の建設発生土を取り扱う機会が増えている。これらの建設発生土の内、低強度($q_u=50\text{kPa}$ 以下)で再利用が困難なものは、汚泥として廃棄物の範疇に入れられる。最近では埋立計画の減少や環境汚染の防止等から、都市部を中心に適当な処分地を得ることが困難になってきている。したがって、建設発生土のリサイクルは避けて通れない課題であり、リサイクルを行うための技術開発が求められている。本研究は、高含水比、低強度で、再利用が困難なへどろの工学的性質を改善し、建設材料として有効利用することを目的としている。

2. 試料および実験方法

本研究に用いた試料は、兵庫県加古郡稲美町から採取した淡水性ため池へどろ($w_n=123.8\%$, $w_L=114.5\%$, $I_p=73.8$, 土粒子の密度 2.48g/cm^3)であり、そのままでは低強度(供試体が自立がしない)で利用が困難なものである(以後、不良土と呼ぶ)。

添加材は、製鋼スラグとペーパースラッジ焼却灰(以後、PS 焼却灰と呼ぶ)を用いた。製鋼スラグは、最大粒径 40mm、20mm、10mm の新日本製鐵(株) 広畑製鉄所産であり、表-1 にその製鋼スラグの性質、図-1 に粒度分布を示す。また、PS 焼却灰は、静岡県富士製紙協同組合産のものである。

実験の手順は以下の通りである。

①へどろの含水比調整⇒②添加材の混合⇒③供試体の作成⇒④貫入試験(CBR 試験・コーン貫入試験・山中式土壌硬度計)

改良土の目標強度はコーン指数 400kPa 以上、CBR3%以上という高規格堤防・道路路床の盛土材に対する基準を用いる。

実験は次の2つの方法で行う。

[実験Ⅰ] 製鋼スラグを混合した改良土の強度特性

不良土は、含水比を約90%まで乾燥後、PS 焼却灰を、(へどろ: PS 焼却灰)の質量比(8:2)で混合したものに対し、含水比0%と6%の2種類の製鋼スラグを30、40、50%混合する。

[実験Ⅱ] PS 焼却灰を混合した改良土の強度特性

不良土に含水比0%の40mm 製鋼スラグを混合率50%混合したものに、PS 焼却灰を0、5、10、15、20%混合する。

3. 結果および考察

図-2 は粒径が10mm、20mm、40mmの製鋼スラグの混合率とCBRの関係を示したものである。いずれの粒径でも混合率が増えるにしたがって、CBRが増加していることが分かる。CBRの増加の程度は、含水比が6%の製鋼スラグではスラグ混合率に比例しているのに比べ、含水比が0%のものは増加の程度が顕著になっている。

表-1 製鋼スラグの性質

最大粒径(mm)	40	20	10
表乾比重(g/cm^3)	3.63	3.61	3.59
絶乾比重(g/cm^3)	3.58	3.56	3.51
吸水率(%)	1.5	1.6	2.0

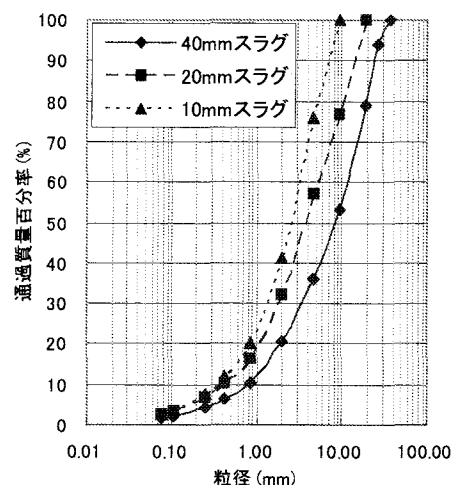


図-1 製鋼スラグの粒度分布

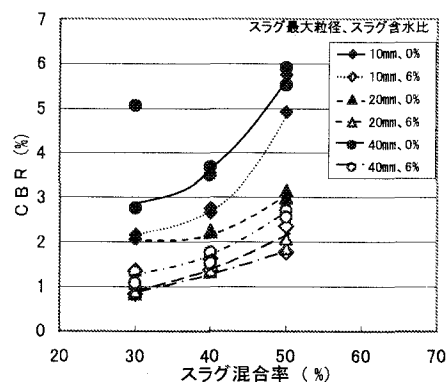


図-2 スラグ混合率とCBRの関係

図-3 は製鋼スラグの最大粒径と CBR の関係を示している。いずれの含水比の製鋼スラグの混合率でも 20mm スラグを混合した場合が最も CBR の低いことが分かる。この原因は次のように考えられる。最大粒径の大きな 40mm スラグの添加は改良土の骨組み構造の形成により、また最大粒径 10mm スラグは、吸水率が大きいことから、改良土の含水比が低下して CBR が大きくなったものである。

図-4 は含水比 6% の 20mm スラグを混合した改良土の含水比と CBR の関係である。製鋼スラグの混合率を増加させると改良土の含水比は低下し、CBR が増加する。この改良土の含水比と CBR より、 $CBR = 0.0036w^2 - 0.29w + 6.76$ という回帰式が得られる。その結果、製鋼スラグの混合率を決定すると、改良土の含水比、CBR が推定できる。

図-5 は実験Ⅱの PS 焼却灰混合率の変化に伴う改良土の含水比と CBR の関係を示している。混合率に対する改良土の含水比にはばらつきが見られるが、PS 焼却灰混合率が増え、改良土の含水比が減ると CBR が増加する。そして、PS 焼却灰混合率が 15% 以下（改良土の含水比が 30% 以上）では CBR はほぼ 1% 程度であるが、PS 焼却灰混合率が 15% 以上になると CBR は大きな増加を示す。

図-6 は PS 焼却灰混合率と貫入抵抗値（コーン指数・山中式土壌硬度計）の関係を示している。コーン指数と山中式土壌硬度計の測定値は同じ曲線で表せる。また、CBR との相関が高いことも確かであり、このことは測定法の簡単な山中式土壌硬度計の測定が、コーン貫入試験の代替として使用できることを示している。

4. 結論

本研究により、以下のことが明らかとなった。

(1) 製鋼スラグ混合率の増加、及び混合する製鋼スラグの含水比の減少により改良土の含水比が低下し、強度が改善される。

(2) 改良土の強度は、20mm スラグの混合と比べて、40mm スラグ、10mm スラグは大きい。その原因は、改良土の骨組構造の形成と含水比の低下である。

(3) 製鋼スラグの粒径および混合率が決まると、改良土の含水比、CBR が推定できる。その結果、改良目標値に対する配合設計が可能である。

(4) PS 焼却灰の混合率を増加させると改良土の含水比が低下し、強度が改善される。PS 焼却灰混合率が 15% 以下（改良土の含水比が 30% 以上）では、混合率の変動による CBR の違いは少ないが、混合率が 15% 以上では、CBR が顕著な増加を示す。

(5) CBR やコーン貫入試験の代替として、測定法の簡単な山中式土壌硬度計で高規格堤防などの盛土材料の基準強度の達成度を判定できる。

最後に、本実験を遂行していただいた明石高専 都市システム工学科の南裕之君、安藤岳人君に感謝の意を表します。

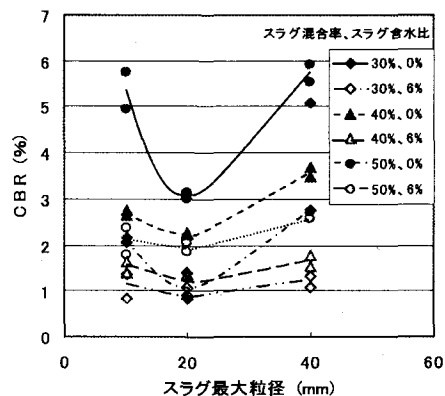


図-3 スラグの最大粒径と CBR の関係

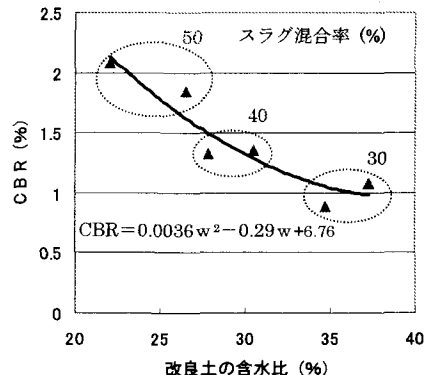


図-4 改良土の含水比と CBR の関係

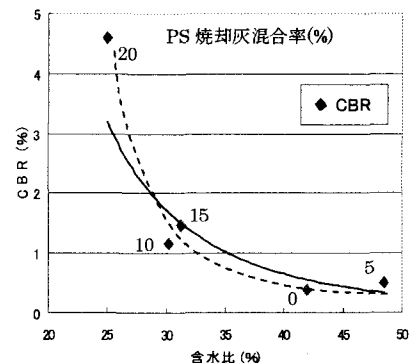


図-5 PS 焼却灰の混合率の変化に伴う改良土の含水比と CBR の関係

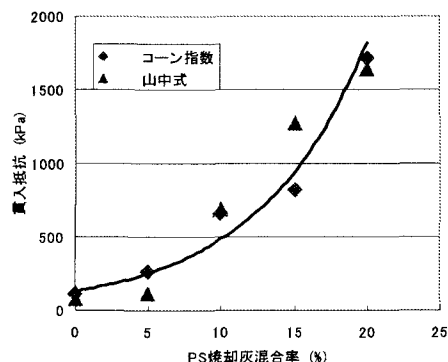


図-6 PS 焼却灰混合率と貫入抵抗の関係