

産業廃棄物同士の混合による改良汚泥の強度特性

九州工業大学 学生会員 ○太田勇希 高橋里世 竹下 亮

正会員 永瀬英生 廣岡明彦 三井清志

1. はじめに

福岡県内にある最終処分場では、残余容量が残り僅かであることから、埋立て完了後、搬入される産業廃棄物を用いて 30m の嵩上げ盛土を造成することで処分場の延命化を図ることを検討している。この事業を実施するに当たり、搬入される廃棄物について、汚泥は約 3 割を占めていることから、汚泥を盛土材料として用いるための改良が必要とされている。そこで本研究では、上記の最終処分場より採取された汚泥とその他の廃棄物を混合した試料に対し、盛土材としての強度特性を把握することを目的としてコーン指数試験による評価を行った。

2. 試料について

混合する試料には汚泥 A~C および搬入量の多い鉋滓(4.75mm 通過試料)を用いた。表 1 に各試料の物理的性質、図 1 に粒径加積曲線を示す。

これらの図より、汚泥は含水比、液性・塑性限界、塑性指数共に高い値であり、ほぼ細粒分のみで構成されていることから、混合する鉋滓とは性質が大きく異なることが分かる。

3. 産業廃棄物の混合試験

図 2 に各種汚泥のコーン試験結果を示す。これより、種類によってコーン指数は異なり含水比の高い汚泥ほど低い値を示している。また、突固め回数の増加に伴ってコーン指数は低下することから、汚泥単体では十分な強度を得ることができないことがわかる。

よって本研究では、汚泥と鉋滓を混合した試料についてコーン試験を実施し、ダンプトラックのトラフィカビリティを確保するための強度($q_c=1200\text{kN/m}^2$)を目標強度とし、混合試料の強度について検証した。試験方法は湿潤重量比にて汚泥:鉋滓=1:1 から実施し、1:2, 1:3 等のように鉋滓の割合を増加させ、目標強度を確保するまでコーン試験を行った。各汚泥における鉋滓の混合比増加に伴うコーン指数の変化を表 2 に示す。試験結果より、汚泥に鉋滓を混合することによってコーン指数は増加しており、同混合比において、汚泥の種類によって混合試料のコーン指数は異なる。特に汚泥 A は目標強度を得るために多くの鉋滓を必要としている。これは、汚泥 A の含水比が高く、汚泥 A そのもののコーン指数が低いことが影響していると考えられる。また、低い混合比では汚泥を練り混ぜていない状態でのコーン指数(図 2)を大きく下回っている。これは、ミキサーでの練混ぜにより汚泥に練返しによる攪乱が生じたためと考えられる。このことから、汚泥に産業廃棄物を混合して改良を施す場合、汚泥の性質が混合した試料の強度に大きく影響することが示唆されることから、汚泥の性質や強度を把握することは必要不可欠である。

4. 混合試料の含水比変化に伴うコーン指数の推移

汚泥 A を混合した試料 1:2~1:4 のケースにおいて、含水比の変化に伴うコーン指数の推移を検討した。試験では、混合試料を乾燥および加水

表 1 物理的性質

試料名	含水比 w(%)	液性限界 w _L (%)	塑性限界 w _P (%)	塑性指数 I _p
汚泥A	180	209.0	109.1	99.9
汚泥B	85.3	114.2	54.1	60.1
汚泥C	104.4	104.2	50.9	53.3
鉋滓	8.8	NP	NP	-

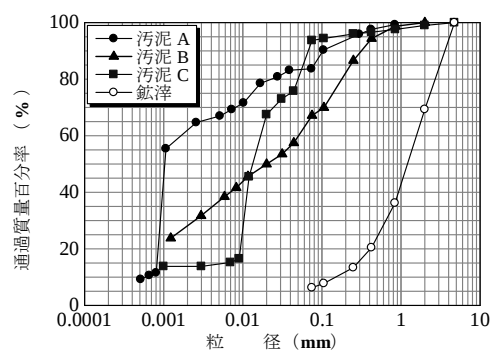


図 1 粒径加積曲線

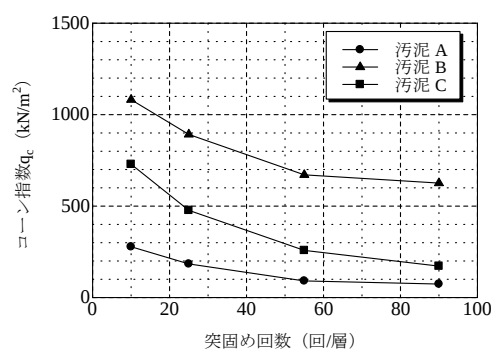


図 2 各種汚泥のコーン指数

表 2 混合試料のコーン試験結果

混合比 (汚泥:鉋滓)	コーン指数 q_c (kN/m ²)		
	汚泥A	汚泥B	汚泥C
1:1	32	117	67
1:2	70	274	234
1:3	149	750	573
1:4	666	3086以上	3086以上
1:5	1028		
1:6	3086以上		

する過程でコーン試験を実施した. 各ケースの含水比とコーン指数の関係を図3に示す. 乾燥による含水比の低下によってコーン指数は増加しており, $q_c=2500\text{kN/m}^2$ 付近から著しく増加する傾向を示している. 各ケースで比較すると, 1:2 のケースでは大きく強度を発現するまでに比較的緩やかにコーン指数が増加するのに対し, 混合比が高くなるほど少ない含水比の低下でコーン指数は増加することから, 鉍滓の割合を増加させることで含水比低下によるコーン指数の推移は異なる傾向を示すことが確認できる. 一方で, 含水比を増加させる過程では, 全てのケースで著しくコーン指数が低下する傾向を示している. また, 含水比を低下させる過程と比較すると, より狭い含水比の範囲でコーン指数は変化している. これは, 十分に混合試料を乾燥することで汚泥が固化し, 乾燥開始前と性質が大きく変化したことが要因であると考えられる.

5. 改良材添加による目標強度の確保

目標強度を確保するために多くの鉍滓を必要とした汚泥 A の混合試料を対象とし, その中でも, コーン指数の低い 1:1, 1:2 のケースについて消石灰・セメント系固化材・石灰複合無機鉍物系固化材 (以下, 特殊固化材とする) を添加し目標強度の確保について実験を行った. 供試体作製後に気温 20°C の室内にて気密養生(0, 7, 28 日)を行い, コーン試験を実施することで, 材齢経過による強度の変化および効果的な改良材の把握について検討を行った. 各ケースの材齢経過に伴うコーン指数の変化を図4に示す.

全てのケースで, 改良材添加の有無に関わらず, コーン指数の増加を確認することができるが, 改良材を添加したケースの方がより大きな強度を示す. 混合比別において, 1:1 のケースでは, 特殊固化材および消石灰が目標強度を満足しているのに対して, セメント系固化材は目標強度を確保することができなかった. 一方, 1:2 のケースでは, 改良材の添加量を3%に減少させた場合でも, 目標強度を確保することから, 鉍滓の混合比が多いほど少ない改良材の添加量で十分な効果が得られることがわかる. また, 改良材別に比較すると, どのケースにおいても, 特殊固化材が少ない添加量で高いコーン指数を示す. 次に, 消石灰・セメント系固化材の順となっており, 同添加量においてセメント系固化材よりも消石灰の方がコーン指数の増加を促進させる結果となった.

6. まとめ

本研究より, 以下の知見が得られた.

- (1) 全ての汚泥において, 鉍滓の割合を増加することにより目標強度を確保することができた. また, 汚泥のコーン指数が低いほど目標強度を確保するためにより多くの鉍滓を必要とした.
- (2) 混合試料は含水比を低下させることで, より大きなコーン指数を示した. また, 十分に乾燥させることで混合試料の性質は変化し, 含水比変化に伴うコーン指数の推移も異なる傾向を示した.
- (3) コーン指数の低い混合試料に対して, 改良材を添加することにより, 目標強度を確保することができた.

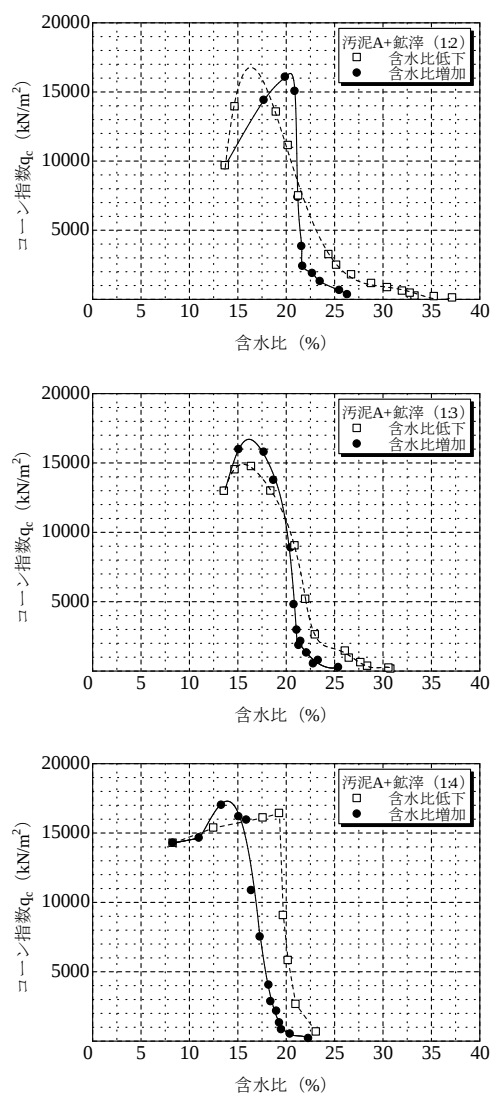


図3 含水比-コーン指数の関係

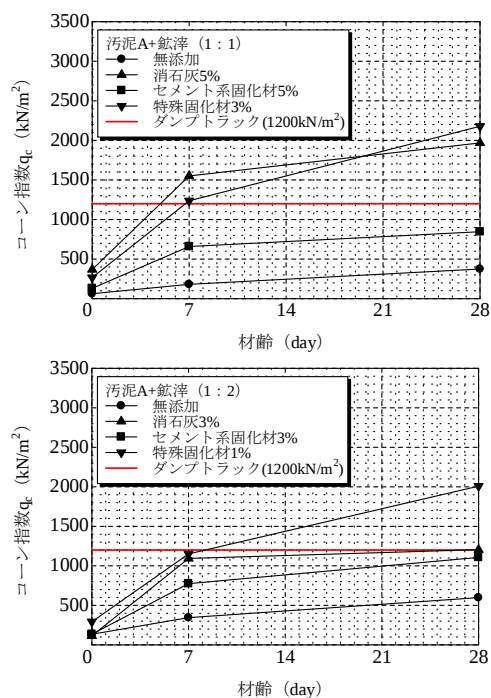


図4 材齢経過に伴うコーン指数の変化