

高分子剤により造粒した産業廃棄物汚泥の強度特性に関する実験的研究

九州工業大学 学生会員 ○高橋里世 斉藤惣一郎
九州工業大学 正会員 永瀬英生 廣岡明彦 三井清志

1. はじめに

福岡県内の最終処分場では、残余容量が残りわずかであることから、埋立て完了後、搬入される産業廃棄物を用いて、高さ約 30m の嵩上げ盛土を造成することにより、延命化を計画している。この計画を検討するに当たり、高含水比であり、軟弱である汚泥の取り扱いが問題となっている。そこで、本研究では、改良方法の一つである造粒化に着目し、汚泥に適した造粒方法を把握することを目的として、造粒汚泥に影響を与えと考えられる要因（造粒時における含水比、高分子剤添加後の練混ぜ時間など）についてコーン試験により検討を行った。

2. 実験概要

2.1 実験に用いた試料および実験方法

造粒する試料として最終処分場に搬入された酸洗中和汚泥（以下、汚泥とする。）を用いた。表 1 に試料の物理的性質を示す。対象汚泥に対して、水溶性アクリル樹脂（以下、高分子剤とする。）と生石灰を添加し練混ぜることにより造粒を実施した。図 1 に造粒する前の汚泥と造粒時の含水比 $w=160\%$ の汚泥に対して高分子剤 0.30% と生石灰 3.0% を添加して造粒した汚泥の粒径加積曲線を示す。図 1 より、造粒汚泥は細粒分が少なく、礫分が大半を占めていることから、汚泥は造粒することで粒径が大きく改質されたことが確認できる。なお、本研究では、造粒した汚泥を締固め試験方法 A-b 法で突き固めて供試体を作製し、コーン試験を実施することで、コーン指数による比較検討を行った。実験結果を検討する上で、強度発現の目安としてダンプトラックのトラフィカビリティーを確保できるコーン指数 $q_c=1200\text{kN/m}^2$ を目標強度としている。

2.2 実験ケース

これまでの研究で、造粒時の汚泥の含水比が液性限界以下である場合、高分子剤添加後の練混ぜで球形の粒を確認できていた。しかし、液性限界以上またはその付近では高分子剤添加後の練混ぜで、球形ではなく扁平な粒ができた。そこで、造粒時における含水比が液性限界以上の場合、高分子剤添加後ではなく、生石灰を通常（1.0～3.0%）より多く添加することで、生石灰添加後の練混ぜで球形の粒を成形することを試みた。生石灰の添加量を変えて、球形の粒が成形できた実験ケースを表 2 に示す。表 2 より、球形の粒を成形するために必要な生石灰の添加量は含水比が高くなると多くなっていることがわかる。また、造粒時の含水比が液性限界以下の場合でも、高分子剤を 0.30% 添加後長時間練混ぜることで、扁平の粒が成形されることがわかった。このとき、球形の粒を確認した後における造粒汚泥の状態変化を表

表 1 汚泥の物理的特性

土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	液性限界 $w_L(\%)$	塑性限界 $w_P(\%)$	塑性指数 I_p
3.525	209	109.1	99.9

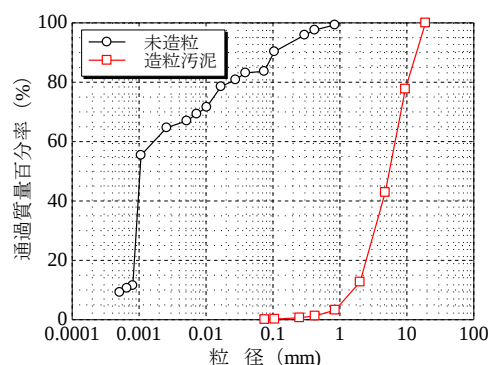


図 1 造粒前後の粒径加積曲線

表 2 造粒時での含水比に関する実験ケース

含水比 $w(\%)$	生石灰 添加量(%)	高分子剤 添加量(%)	養生日数 (日)
200 a	5	0.3	0, 3, 7
200 b	5	0.1	0, 3, 7, 14
240	5		
300	10		
360	10		

表 3 練混ぜに伴う造粒汚泥の状態

①	高分子剤が全体に混ざっていない状態
②	高分子剤が全体に混ざった状態
③	高分子剤の粘度が高く、球形から扁平になった状態
④	高分子剤の粘度が低くなり、扁平から球形になった状態



(a) ②の状態



(b) ③の状態

写真 1 試料の様子

表 4 練混ぜ時間の影響に関する実験ケース

	含水比 $w(\%)$	高分子剤 添加量(%)	生石灰 添加量(%)	試料の 状態
Case A	190	0.3	3	①②③④
Case B	160	0.1	1	②④
Case C	160	0.3	1	②③

3に示し、表3の②および③の状態を写真1に示す。高分子剤の添加量0.10%では、③のような状態にならないまま④のような状態となった。練混ぜ時間の影響に関する実験ケースを表4に示す。各実験ケースにて造粒を行った後、20℃の室内で気中養生(0, 3, 7, 14日)を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 造粒時における含水比の影響

各含水比における養生日数に伴うコーン指数およびコーン指数と含水比の関係それぞれ図2, 3に示す。図2より、 $w=200\%$ では、高分子剤添加量0.30%では目標強度を得られるまでに養生が7日かかるが、高分子剤を0.10%添加することで、養生3日目で目標強度が得られた。このことより、各含水比における高分子剤の添加量の適量を把握することで強度発現が早くなるということがいえる。図3より、造粒時における含水比、生石灰の添加量に拘らず、どのケースでも含水比の低下に伴いコーン指数は増加している。

3.2 高分子剤添加後の練混ぜ時間の影響

各ケースにおける養生日数に伴うコーン指数の変化を図4(a)(b)に示す。秒数は、各状態になるまでの練混ぜ時間である。図4(a)より、Case Aの③120sec練混ぜたケースでは、養生7日目で、他の練混ぜ時間の養生14日目では強度が減少する結果となった。図4(b)より、Case Cの②30sec練混ぜたケースでは養生7日目で、③120sec練混ぜたケースでは養生3日目で目標強度を得られた。一方、養生14日目ではコーン指数が②30sec練混ぜたケースの方が大きい結果となった。このことより、Case AおよびCase Cの③の状態は、通常の練混ぜ時間である②の状態よりも、粒の形状が扁平であることから生石灰の反応が早く、他のケースよりも養生7日目までは強度が大きくなったと考えられる。しかし、養生14日目では、強度が減少するもしくは強度増加の伸びが小さくなることから、この強度発現は一時的なものと考えられる。また、Case Aでは②と④の状態において、どの養生日数でも強度差はほとんど見られなかったが、Case Bでは養生7日目で q_c は約3800(kN/m²)もの差が出ていることから、造粒条件によっては、コーン指数に与える練混ぜ時間の影響は異なることが考えられる。Case Aの養生14日目の試料を対象とした透水係数を図5に示す。図5より、練混ぜ時間が大きくなるにつれて乾燥密度は大きくなっている。透水係数は最も乾燥密度の大きい④1800sec練混ぜたケースが最も大きく、透水性は練混ぜ時間により異なることがいえる。

4. まとめ

本研究より、以下の知見が得られた。

- ① 液性限界以上またはその付近の含水比を対象とした造粒において、高分子剤添加量0.10%に対して生石灰を多く添加することで、目標強度を養生3日目で得られた。
- ② 造粒汚泥が扁平な粒である場合、造粒後の養生において、球形よりも生石灰の反応が早く、養生7日目までの強度が大きくなると推察される。

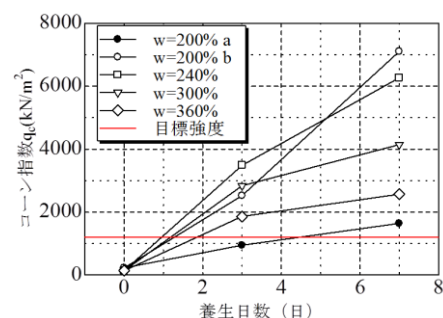
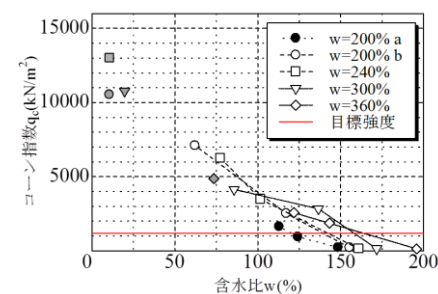
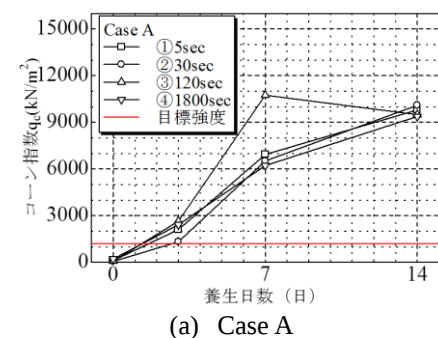


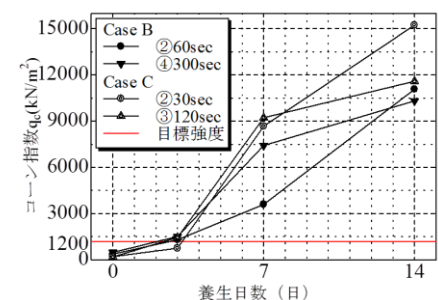
図2 養生日数に伴うコーン指数の変化



※ ● □ ▼ ◇ 各含水比の14日目の計測
図3 コーン指数と含水比の関係



(a) Case A



(b) Case B および Case C

図4 養生日数に伴うコーン指数の変化

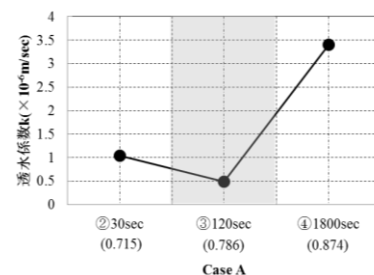


図5 透水係数

※ () 内の数字は乾燥密度(g/cm³)を示す。