

解砕した石炭灰混合材料の解砕日数及び仮置き日数が強度発現に及ぼす影響

福岡大学大学院 学生会員 久富優二

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川 拓朗

1.はじめに 軟弱地盤の多い我が国では、土質改良を目的として、セメント系や石灰系の改良材や高分子材により安定処理された地盤が多数存在している。また、近年では他産業で排出する廃棄物をセメント安定処理により有効利用しており、その代表的なものが石炭灰である。しかし、そのような改良地盤は供用期間終了や、数十年後にライフライン等の維持修繕に伴い掘削されるといった例も少なくない。現況としては、それら掘削された安定処理土（以後、解砕処理土）は廃棄物として処理されている。今後、我が国が循環型社会形成に向けて取り組んでいくにあたり、このような解砕処理土までも循環資源として取り扱っていく必要がある。解砕処理土を有効利用していく上での課題として、地盤工学的な面からの有用性と、環境安全性に配慮するための性質を有することが挙げられる。そこで、本研究では図-1 に示すように掘削された石炭灰混合材料の循環利用に着目し、それらの性状が再使用時の力学特性や耐久性、溶出特性に与える影響について把握することを目的としている。なお、本報告では解砕までの養生日数および仮置き日数の変化が締固めた後の強度発現に及ぼす影響の検討を行った結果について報告する。

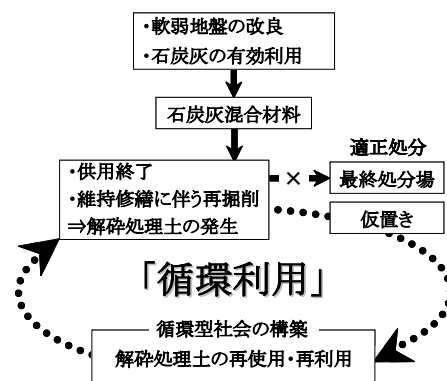


図-1 循環利用のイメージ図

そこで、本研究では図-1 に示すように掘削された石炭灰混合材料の循環利用に着目し、それらの性状が再使用時の力学特性や耐久性、溶出特性に与える影響について把握することを目的としている。なお、本報告では解砕までの養生日数および仮置き日数の変化が締固めた後の強度発現に及ぼす影響の検討を行った結果について報告する。

2.実験概要

2-1 実験試料 本研究では実験試料として仮設道路の供用期間終了後に掘削されたセメント安定処理土を粒径 9.5mm 以下になるまで、解きほぐした解砕処理土を使用した。なお、この解砕処理土は性状及びコーン指数より泥土に区別¹⁾される。また、混合試料として石炭灰（フライアッシュⅡ種）、固化材として高炉セメント B 種を用いた。表-1 に試料土および石炭灰の物理特性値を示す。

表-1 物理特性値

試料名	泥 土	石炭灰
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.609	2.357
含水比 w (%)	24.6	0
液性限界 w_L (%)	42.2	N.P.
塑性限界 w_P (%)	17.9	N.P.
細粒分含有率 F_c (%)	51.2	99.7
強熱減量 $Ig-loss$ (%)	5.66	5.83

2-2 解砕処理土作製方法 泥土の含水比を $w=25\%$ に調整して、固化材および石炭灰の添加量を土の湿潤質量に対して外割りで配合した。その後、これらの攪拌をホバートミキサーで 10 分程度行い、鉄製のモールド（直径 $\phi 5 \times$ 高さ $h10\text{cm}$ ）を用いて、突固め層数が 3 層となるように試料をモールドに入れ、ランマー（質量; 1.5kg, 落下高さ; 20cm）で突固め回数を 12 回として石炭灰混合材料を作製した（JIS A 1210）。突固め回数は、突固めエネルギー E_c = 約 550 (kJ/m³) となるように調整している。供試体作製後、ラップで密封して 20℃一定の恒温室で所定期間、空气中養生させたものを回転式破碎混合混練機²⁾を用いて最大粒径が 9.5mm となるように破碎した。作製した解砕処理土の分類及び配合条件を表-2 に示す。

表-2 解砕処理土の分類及び配合条件

解砕処理土分類	主材	セメント 添加率 (%)	石炭灰 添加率 (%)	解砕までの 養生日数 (日)
解砕処理土a (元:セメント改良土)	泥土	3	0	3 28 91
解砕処理土b (元:石炭灰混合材料)			10	3 91

2-3 解砕までの養生日数及び解砕後の仮置き日数が強度発現に与える影響 石炭灰混合材料の解きほぐしによる強度低下や解砕までの養生日数および仮置き日数が強度発現に及ぼす影響について検討を行った。作製した解砕処理土 a, b を用いて仮置きを想定し、ビニール袋内で湿潤状態となるように密封して仮置きさせた。一定期間仮置きした処理土を解砕前と同一のエネルギーで再度締固めて供試体を作製後に所定の期間、空气中養生させて一軸圧縮試験を行った。

3.実験結果及び考察

3-1 解砕処理土の解砕・仮置き期間が強度発現に及ぼす影響 図-2 に解砕したセメント改良土及び石炭灰混合材料

の解砕日数及び仮置き日数の違いが締固め後の一軸圧縮強さに与える影響について示す。図中には、基本となるセメント改良土及び石炭灰混合材料の一軸圧縮強さを未解砕として表記している。一般的に解砕し締固めた改良土の一軸圧縮強さは、未解砕時のものと比べて低下することが知られている³⁾。本研究で作製した改良土においても、解砕後の強度低下がみられ、解砕前の一軸圧縮強さが大きい程、強度低下率が高いことがわかる。また、解砕日数の違いによる締固め直後の強度に大きな差はみられない。このことから、単粒子自体の強度は締固め直後の強度には影響しないものと考えられる。その後、一旦は低下した強度も解砕日数が短いものについては養生の経過に伴い水和が再び進行し強度が増加することがわかる。しかし、解砕日数 91 日においては両者ともに養生経過後の強度増加が低いことがわかる。特に石炭灰

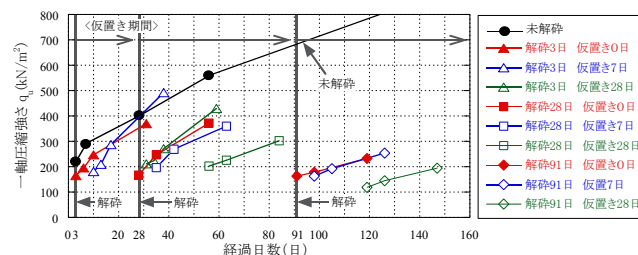
混合材料については、この傾向が顕著である。そこで、解砕後の強度増減割合についてみることにした。図-3 に、養生 28 日後の未解砕の改良土に対して、ある経過日数において締固めた解砕処理土の養生 28 日後の強度比を R と定義し、経過日数と強度比 R の関係で整理したグラフを示す。これより、経過日数が長期における程、締固め後の強度増加は低いと考えられる。また、養生 28 日までにおける強度低下が著しいことが分かる。このように長期養生後および仮置き日数の経過により締固め後の強度増加が低下する要因としては、処理土内の水和反応が停滞していたものと考えられる。

3-2 解砕前後における水和反応速度の関係

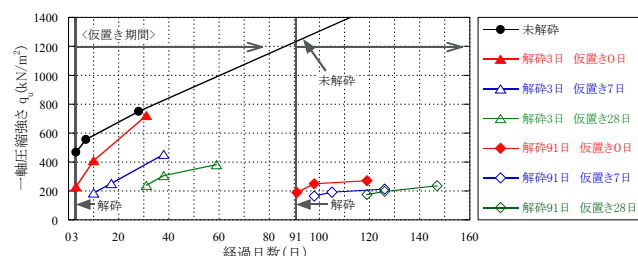
上記の結果により、解砕及び仮置きに伴う締固め後の強度発現は水和反応に依存すると考えられる。そこで、次に材齢 m 日から n 日における未解砕時の改良土における強度増加 $q_{u(n)}-q_{u(m)}$ 及び解砕処理土を用いて締固めた供試体における強度増加 $q_{u(n)}'-q_{u(m)}'$ の関係で整理をしたものを図-4 に示す。なお、材齢 m , n 日は解砕日及び仮置き日数を基準としているため、未解砕時の改良土における一軸圧縮強さは養生日数と一軸圧縮強度の関係から線形内挿を用いて求めた。これより、解砕処理土 a (元：セメント改良土) を締固めた供試体においては良好な相関性がみられる。このことから、解砕処理土 a を締固めた供試体の強度発現は未解砕時のセメント改良土の水和反応速度に依存していると考えられ、水和反応の進行速度は未解砕の処理土内と解砕して締固めた処理土内において、同程度で進行していると考えられる。しかし、解砕処理土 b (元：石灰混合材料) を締固めた供試体においては $R=0.53$ と相関性が低いことがわかる。これは、本研究で作製した石炭灰混合材料のように含水比が低いものにおいては、締固め密度の低下により間隙が増加し、その間隙内を水和生成物で十分に埋めることができないため同様の強度増加を示さなかったと考えられる。

4.まとめ

- 1) 解砕し締固めた直後の一軸圧縮強さは、未解砕時の強度が大きいほど強度低下率が高いことが分かるが、解砕までの養生日数の変化は締固め直後の強度差に影響しないと考えられる。
- 2) 解砕・仮置きに伴うその後の強度発現は水和反応速度に依存し、水和反応は解砕後の仮置き期間中も同様に進行するものと考えられる。



(a)解砕処理土 a (元：セメント安定処理土)



(b)解砕処理土 b (元：石炭灰混合材料)

図-2 解砕後の経過日数に伴う一軸圧縮強さの変化

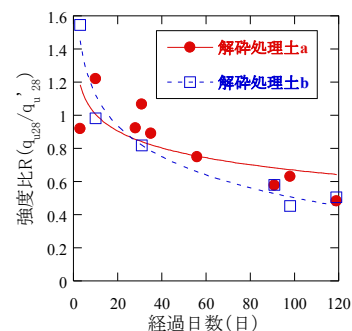


図-3 経過日数と強度比 R の関係

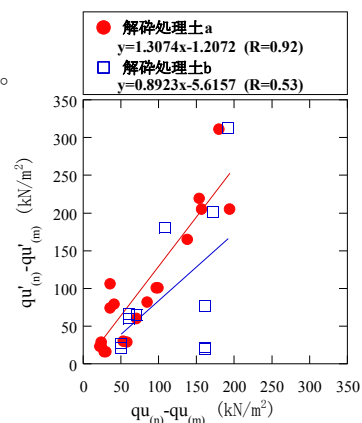


図-4 $q_{u(n)}-q_{u(m)}$ と $q_{u(n)}'-q_{u(m)}'$ の関係