

雑草防除を目的とした石炭灰の表面硬度発現条件

宮崎大学 (学) 石田夢来、(正) 関戸知雄、(正) 土手裕

1. 研究背景と目的

石炭火力発電所から発生する石炭灰（燃え殻）はクリンカアッシュ（以下、CA とする）とも呼ばれ、軽量で、静的せん断強度、コーン指数、CBR、透水係数が大きいことから軽量盛土材料、排水材料、路盤材料などに適用することが可能であるとされている¹⁾。本研究では、クリンカアッシュと消石灰を混合し締固めることで、防草効果を持つ道路舗装材を開発に取り組んでいる。本研究では、防草効果に必要な CA 表面の硬度を発揮させるための施工条件を明らかにすることを目的とした。さらに、ホウ素の溶出量抑制効果について検証することを目的とした²⁾。

2. 実験方法

(1) 実験試料および配合条件

CA は 2017 年 7 月に A 火力発電所より入手した。入手した時点での CA の含水率は 40.0%であった。実験条件を表 1 に示す。検討した条件は、CA の含水率、消石灰 (CH) 添加割合、養生期間、転圧回数、水の供給である。CH の添加割合は 5%と 10%、CA の施工時含水率は風乾あるいは水分添加により 30%、40%、50%に調整した。表 2 に、蛍光 X 線分光光度計により測定した CA の元素組成を示す。

(2) 表面硬度および透水係数測定方法

試料条件を表 1 に示す。水供給の条件は、1 週間に $4.8 \times 10^{-3} \text{ mL/mm}^2$ の蒸留水を上部より供給した。表面硬度測定用供試体は、内径 10cm、高さ 10cm の塩化ビニル管に試料を充填し、質量 940~960g の試料を内径 10cm の 2.5kg ランマーで転圧して作成した。養生期間ごとに試料をデジタルプッシュコーン (DIK-5556) で試料表面 3 か所の硬度を計測した。透水係数測定用供試体は、内径 5cm、高さ 5cm の塩化ビニル管に試料を充填し、質量 230~250g のサンプルを内径 5cm の 2.5kg ランマーで転圧し、作成した。変水位法により透水係数を測定した。また、試料表面を採取し、X 線回折 (PANalytical X'Pert Pro MRD) により化合物を同定した。

表-1 土壌硬度試験条件

含水率(%)	消石灰(%)	水供給	転圧回数(回/層)
30, 40, 50	5, 10	有、無	25, 50

表-2 クリンカアッシュの組成

元素	割合
SiO ₂	57.1%
Al ₂ O ₃	25.9%
Fe ₂ O ₃	8.7%
CaO	3.9%
TiO ₂	1.3%
その他	3.1%

(3) フィールド試験

宮崎大学木花フィールド実習農場で CA の模擬施工実験を行った。試料は、CH 添加割合を 5%および 10%、施工厚さを 10、15、20cm とし、1m×1m で施工した。転圧機 (MVC-40GB) で 3 回および 6 回転圧した。施工後 2 週間~1 年目にデジタルプッシュコーンで各サンプルの表面硬度を測定した。繰り返しは 2 回とし、施工面の雑草生育状況、劣化状況を観察した。また、表面試料を採取し、環境告示 46 号よりホウ素溶出量を測定した。

3. 実験結果

(1) 試料表面硬度および透水係数試験結果

図2に転圧50回/層、水供給有での表面硬度測定結果を示す。なお、図中の凡例は、W=含水率、CH=消石灰添加率を示す。図2より、消石灰添加率が10%の方が、5%よりも表面硬度が高かった。雑草防除に必要な硬度3.7MPa以上³⁾を満たすには、消石灰添加割合が10%以上であることが望ましく、初期含水率は表面硬度に影響しなかった。図2で養生3ヶ月後に強度低下がみられた。この原因として、消石灰がCO₂により中性化し、消石灰より密度が大きい炭酸カルシウムの生成により微細なひび割れが生じたことが考えられた。図3に含水率40%、消石灰添加割合5%の透水係数測定結果を示す。透水係数は、転圧回数を増

やすほど小さくなった。W40%・CH5%・水有・転圧12回試料のXRD測定結果より、試料中にケイ酸カルシウム水和物、アルミン酸カルシウム水和物、エトリンサイト⁴⁾のようなポズラン反応で生じる生成物は検出されなかった。これは、CAにカルシウム分が少なく、消石灰を添加しているものの、生成するカルシウム水和物が少なかったと考えられる⁵⁾。今後は、ひび割れ生成の確認や生成条件を明らかにすることが課題となる。

(2) フィールド試験結果

施工6ヶ月時点で、すべての条件で雑草は発生しておらず、CH5%、CH10%どちらも1年間は雑草抑制効果を期待できることが分かった。フィールド試験の厚さ15cm、転圧6回の硬度測定結果の経時的変化を図4に示す。CH5%もCH10%も施工後1ヶ月には高い数値を示し、CH10%については、それ以降は低下したものの、両方とも評価基準とした3.7MPaより大きい値を示した。しかし、CH5%はおよそ2ヶ月目より素手で崩れる状態まで弱くなっている個所がみられ始めた。施工前CAのホウ素溶出量は0.95mg/Lであったが、施工後の試料は、いずれの養生期間でもこれを下回り（開始1年後でCH5%0.15mg/L，CH10%0.78mg/L），土壤環境基準（1.0mg/L）を満足していた。

4. 結論

CAに消石灰10%を添加し転圧することで、雑草防除効果があるとされている表面硬度を得られることが分かった。また、転圧回数を増やすことで、さらに表面硬度を増加させることができた。フィールド試験では、施工6ヶ月時点では雑草防除効果が継続しているが、消石灰添加率が5%では、表面硬度が低下することが明らかとなった。また、ホウ素溶出量に変化は見られず、土壤環境基準を満たしていた。今後は、さらに長期的に雑草防除効果を確認するとともに、CA硬化のメカニズムを化合物生成の観点から解明することが課題となる。

参考文献

- 1) 若槻好孝, 田中等, 内田裕二, 入江功四郎, 兵動正幸, 吉本憲正: クリンカアッシュの材料特性と適用性の検討,

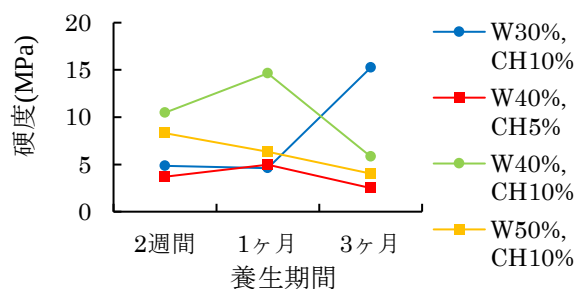


図-2 転圧回数 50 回/層, 水供給有の硬度時間的变化

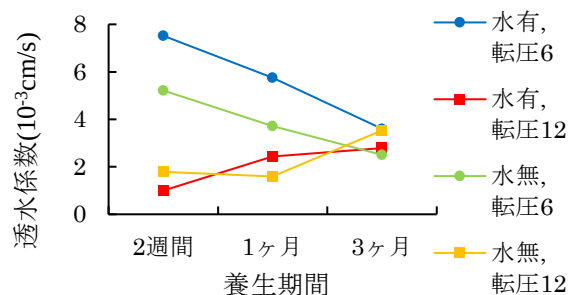


図-3 含水率 40%, CH5%の透水試験結果

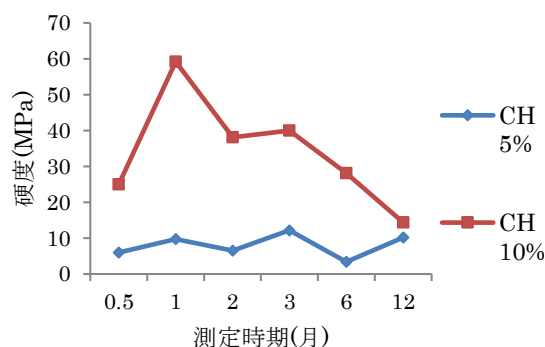


図-4 厚さ 15cm、転圧 6 回の硬度測定

- 2) 地盤工学ジャーナル, Vol.2, No.4, pp.271-285, 2007.
- 3) 宮下祐生, 関戸知雄, 土手裕: 薬剤添加によるクリンカアッシュからのホウ素溶出抑制に関する研究, 廃棄物資源循環学会研究発表会, VOL.28, pp.205-206, 2017.
- 4) 増田拓郎, 甲斐崇, 下岡直哉: クリンカアッシュ覆土による雑草抑制効果に関する研究, 日緑工誌, J. Jpn. Soc. Reveget. Tech. 39(1), pp178-181, 2013
- 5) 日本フライアッシュ協会: フライアッシュの化学・物理的性質 <http://www.japan-flyash.com/fchemiphsy.html> (閲覧日 2017.9.11)
- 6) 大塚拓, 森慎一郎, 石川元樹, 坂井悦郎: フライアッシュの鉱物組成とポズラン反応性, セメント・コンクリート論文集, Vol.63, No.1, pp.16-21, 2009.