

製鋼スラグおよび高炉水砕スラグを用いた 雑草抑制層の効果の確認

CONFIRMATION OF THE EFFECT OF THE WEEDS RESTRAINT LAYER
USING THE STEELMAKING SLAG AND BLAST FURNACE SLAG

佐野博昭*・山田幹雄**・小川 浩***・中村貴敏****

By Hiroaki SANÔ, Mikio YAMADA, Hiroshi OGAWA and Takatoshi NAKAMURA

1. まえがき

萩本¹⁾によれば、雑草とは「農業生産だけでなく、景観や安全衛生など非生産的な価値も含めて人間生活に邪魔な植物ないし人間が望まないところに生える植物、さらには判断の時点で無価値な植物を「雑草」としてできるだけ世間でいうところの雑草と同じ概念でとらえ、(略)」と定義されている。

このような雑草は、通常、管理対象となるが、「人手が不足している」「経費がかかる」などの理由からその頻度は減少している。このため、空き地の雑草管理が適正に行われな場合、生活環境の悪化を招くことへの懸念が報告されている²⁾。

一方、土木構造物を対象として雑草管理が必要となる箇所としては、道路路面、中央分離帯、植栽箇所などが挙げられる。これらの土木構造物は自治体の管理によるものであるが、経費削減の影響を受けて雑草管理の頻度が減少しており、結果として交通事故の懸念が生じることになる。

中でも見通しに影響を及ぼす道路路面については、大分県土木部資料³⁾では「のり面対策工として緑化工法を採用する場合については、道路利用者の安全性および快適性の確保の観点から、路面に近傍する切土のり尻および盛土のり肩に雑草防止工を積極的に検討すること」としている。

このように雑草の管理は、個人はもとより多くの自治体が頭を悩ませている課題のひとつである。

雑草を除去する方法としては、場所を問わず刈取りが基本であるが、この作業は半永久的に必要となる。これ以外に薬剤の散布があるが、薬剤に対する耐性種の出現により効果がなくなる。また、薬剤

*大分工業高等専門学校 教授 都市・環境工学科 (〒870-0152 大分市大字牧1666番地), **福井工業高等専門学校 教授 環境都市工学科, ***株式会社 製鉄鉱業大分 営業部 第2営業部長, ****株式会社 製鉄鉱業大分 営業部 第2営業課課長代理

の散布は簡単で安価であるが、散布後の土壌への影響が懸念される。さらに、ネットの敷設、シートなどを用いたマルチング材の施工などにより雑草の生育を抑制する方法もあるが、ネット敷設は施工性がよく、効果もある程度認められるものの長期にわたる効果の持続性には問題が残る。マルチングは施工が大変であるが効果の継続性は確実であるといった特長はあるものの土壌表面を被覆してしまうため、土壌温度の上昇が懸念され、通気性や通水性の確保が課題となる。

このことは、それぞれの雑草対策工法には一長一短があり、適用場所や目的に合わせて選定する必要があることを示すものである。

雑草抑制材の開発に関する研究として、岩田ら⁴⁾は、排煙脱硫石膏を主体とした雑草抑制材の開発を行い、土壌硬度指数が32mmと雑草の発生を抑制することが可能であると報告している。

著者らの一部^{5),6)}は、これまで、製鉄所産副産物である鉄鋼スラグ(製鋼スラグや高炉水砕スラグ)の地盤改良材としての適用性について検討を行うとともに、鉄鋼スラグは高アルカリ性の材料であることから、この材料を土木材料として用いた場合の地盤環境への影響が懸念されるため、敷土のアルカリ中和能力についても併せて検討を行ってきた⁷⁾。

これらの結果より、鉄鋼スラグは土木材料として非常に有用な材料であることから、このような有用な材料を雑草抑制材料として適用することは十分に可能であると考えられるが、長期にわたる効果については不明な点が残されている。

そこで、本研究では、製鉄所産副産物である製鋼スラグや高炉水砕スラグを用いた雑草抑制材料の開発を行うことを最終目的とし、今回は、簡易舗装材料として既にその利用が開始されている材料を用いた雑草抑制層の試験施工を行い、長期にわたる抑制効果の追跡調査を行うこととした。

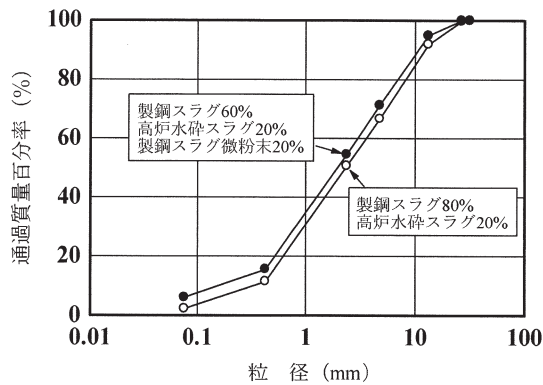


図1 混合材料の粒径加積曲線

2. 試験に用いた材料の基本的性状および試験施工箇所の地盤土の性状と施工概要

材料としては、新日本製鐵(株)大分製鐵所産の製鋼スラグ、高炉水砕スラグおよび製鋼スラグ微粉末を用いた。試験施工に用いた材料は、事前に行ったCBR試験の結果を基にして、乾燥質量比で製鋼スラグ80%、高炉水砕スラグ20%を混合した材料(含水比 $w=6.6\%$ 、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=12.2$ 、電気伝導率 $\chi=348.3\text{mS/m}$)と比較のために製鋼スラグ60%、高炉水砕スラグ20%、製鋼スラグ微粉末20%を混合した材料($w=10.9\%$ 、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=12.3$ 、 $\chi=495.7\text{mS/m}$)の2種類とした。

図1は、混合材料の粒径加積曲線を示す。

試験施工箇所は、大分工業高等専門学校(大分市大字牧1666番地)の敷地内にある都市システム工学科棟(現在は都市・環境工学科棟)の周辺である。

写真1(a)は、試験施工前の状況を示す。なお、施工予定箇所は施工予定日の数日前に行われた毎年恒例の校内除草作業により草が取り除かれたため、比較のために施工当日の隣接する他学科棟の同様の箇所を撮影した様子を併せて写真1(b)に示す。

草本の種類を代表的なものとして、「ニホンタンポポ」「ハハコグサ」「カラスノエンドウ」「カタバミ」「シロツメグサ」「ネズミムギ」「コメヒシバ」「イヌビエ」「ハルジオン」「ノアザミ」「ヒメムカシヨモギ」などが挙げられる⁸⁾。

試験施工は、2010年10月21日9時から実施した。当日の天候は、大分地方気象台の発表によれば雨後曇、気温は最低 19.1°C 、最高 21.8°C 、平均 20.6°C 、日降水量は 4.5mm であった。なお、施工時には降水はなく、施工工程に影響を及ぼすことはなかった。

試験施工範囲は $0.3\text{m}\times 30\text{m}$ とし、後述するように4工区に分けて行った。まず、表土を人力により 10cm 程度掘削した。表1は、在来地盤土の基本的性状を示しており、自然含水比は 10.4% 、土の工学的分類は

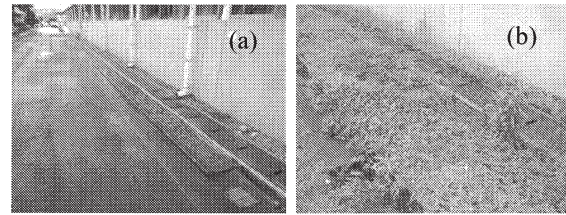


写真1 (a)試験施工予定箇所(都市システム工学科棟)と(b)雑草除去を行っていない箇所(制御情報工学科棟)との比較(2010年10月21日)

表1 在来地盤土の基本的性状

| 物理的性質 | |
|-----------------------------------|------------|
| 土粒子の密度 (g/cm^3) | 2.67 |
| 自然含水比 (%) | 10.4 |
| 液性限界 (%) | 22.5 |
| 塑性限界 (%) | 19.3 |
| 塑性指数 | 3.2 |
| 砂分 (%) | 84.0 |
| シルト分 (%) | 7.5 |
| 粘土分 (%) | 8.5 |
| 均等係数 | 87.8 |
| 曲率係数 | 12.5 |
| 土の工学的分類 | 細粒分質砂 [SF] |
| 化学的性質 | |
| $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ | 8.4 |
| $\text{pH}(\text{KCL})$ | 7.6 |
| 電気伝導率 (mS/m) | 6.6 |
| 強熱減量 (%) | 2.55 |

「細粒分質砂 [SF]」となる。

ここで、在来地盤土の密度を把握するために、現場密度試験を実施したところ、含水比 $w=10.7\%$ 、乾燥密度 $\rho_d=1.52\text{g}/\text{cm}^3$ となった。また、後述する山中式土壌硬度計により在来地盤土の土壌硬度指数を測定したところ 11.3mm となり、この数値は、「根系の伸長は良好、樹木の植栽にも適」と判定される。さらに、現場透水量を求めたところ、 $93.0\text{mL}/15\text{秒}$ となった。

次に、面の不陸を整正するとともに、壁面に付着した土からの雑草の生育を防ぐためにブラシで洗浄を行った。

上記の作業と並行して施工地点から約 4.3km (運搬時間約10分)離れた材料置き場から材料を2tトラックで運搬し、区画内に計画高より $3\sim 4\text{cm}$ 高くなるように敷きならした。この際、粗骨材が表面に集中しないように配慮した。なお、材料は事前に加水さ

表2 試験施工時の各工区の配合および転圧条件

| 工区 | 製鋼スラグ(%) | 高炉水砕スラグ(%) | 製鋼スラグ微粉末(%) | 転圧方法 |
|-----|----------|------------|-------------|------|
| 工区Ⅰ | 80 | 20 | — | A |
| 工区Ⅱ | 80 | 20 | — | B |
| 工区Ⅲ | 60 | 20 | 20 | A |
| 工区Ⅳ | 60 | 20 | 20 | B |

れており、搬入時の材料の含水比は7～11%と粉塵の発生はなかった。

転圧に当たっては、施工範囲の最大幅が30cmと狭く、ローラなどの大型転圧機械が使用できないため、プレートコンパクタ(三笠産業(株)製, MVC-50GB, 転圧盤寸法: 46×34.5cm, 振動数: 97Hz)を使用した。

今回の試験施工に当たって、以下に示す2つの方法により施工(転圧)を行ってみることにした。

転圧方法A: 敷きならし後、材料に十分に散水し、転圧を行う。散水量の目安は5～8L/m²とし、含水比が9～11%になるように散水する。

転圧方法B: 敷きならし後、一次転圧を行う。その後、転圧方法Aと同様に散水し、二次転圧を行う。

これは、これまでの簡易舗装材料としての施工経験より、通常の転圧方法Aでは施工時に多量の水を必要とするが、転圧方法Bではその量が少なく済むため、両者の施工方法の確認を行うとともに、施工後の改良効果に及ぼす影響を調べることを目的としている。なお、転圧方法A、Bとも水道水を用い、ホースにより散水した。

以下では、製鋼スラグ80%、高炉水砕スラグ20%の混合材料を転圧方法Aで施工した工区を工区Ⅰ、Bを工区Ⅱ、製鋼スラグ60%、高炉水砕スラグ20%、製鋼スラグ微粉末20%の混合材料を転圧方法Aで施工した工区を工区Ⅲ、Bを工区Ⅳと称する(表2)。

転圧後の雑草抑制層の乾燥密度と含水比の測定は、以下の要領で行った。まず、材料を敷きならした時点で直径6cm、高さ3cm、容積84.8cm³のステンレス製容器を材料中に埋設し、その後、所定の転圧を行った後、掘り起こして容器を回収し、質量を計測した。質量を計測した後、含水比試験の要領で所定の時間炉乾燥を実施した。なお、容器を回収した後の孔には予備に準備していた材料を充填し、周辺部分と合わせて十分な転圧を行った。

今回は雑草抑制材料としての試験施工であり、また、施工幅が30cmと狭いため、目標とする締固め度の設定は行わないことにした。

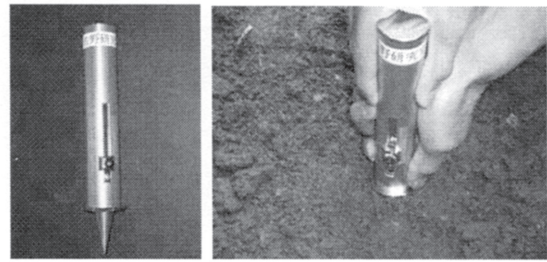


写真2 山中式土壌硬度計および測定状況

3. 追跡調査の概要

施工後、雑草抑制層の効果を確認するために所定の期間(最長360日)ごとに追跡調査を行った。なお、追跡調査項目としては、①気温、天候、降水量、②土壌硬度指数、③現場透水量、④pH、⑤温度(雑草抑制層表面、内部および在来地盤土内部)、⑥雑草の繁茂・表面状況である。

以下に、各追跡調査項目の概要を示す。

①気温、天候、降水量

気温、天候、降水量は、試験施工箇所から西に直線距離で約3km離れた大分地方気象台(大分市長浜町3-1-38)のデータを使用した⁹⁾。

②土壌硬度指数

製鋼スラグや高炉水砕スラグのこれまでの研究成果より、施工後、日数の経過にともなって雑草抑制層の固化が予想される。固化状況の測定に当たっては、現場CBR試験やコーン指数試験などの原位置試験が挙げられるが、今回は施工幅が30cmと狭隘で施工厚も10cm程度と浅いことを勘案して、土壌硬度試験方法¹⁰⁾に準拠して試験を行うこととした。

ここで、土壌硬度計は、一般に土壌の硬さを測定するために用いられており、今回は、山中式土壌硬度計¹¹⁾(株)藤原製作所製, No.351(標準型))を用いることとした。写真2は、山中式土壌硬度計および試験実施状況の一例を示す。

山中式土壌硬度計は、円錐体(直径18mm、長さ40mm)を土中に挿し込み、そのときの抵抗を強さ8kg(40mmに対して)のバネの縮む長さによって測るものであり、これによって土壌硬度指数(1目盛: 1mm)が得られる。土壌硬度指数は柔らかい土壌では小さく、硬い土壌では大きな値となる。

今回はデータのばらつきを考慮に入れて上記に示した測定を同一箇所(約10cm離す)に対して8回行い、その平均値を取った。

③現場透水量

地球温暖化の要因のひとつとなっているヒートアイランド現象を抑制するためには、地表面を不透水性の材料で覆うことなく、裸地を確保することが必



写真3 現場透水量試験器および測定状況

須である。このことは、雑草対策工法を検討するに当たっては、降水の地下への浸透をできるだけ妨げず、通水性や通気性に優れた材料を選定することが必要となることを示すものである。

そこで、材料の通水性や通気性を評価するために、現場透水試験を行った。これは、主として排水性舗装の透水性能を評価するために用いられているものであり¹²⁾、写真3は、試験器の構成および試験実施状況の一例を示す。

具体的な測定方法¹²⁾としては、まず、測定面のごみなどを除去し、現場透水試験器底板外周の底面に直径1cm、長さ50cm程度のひも状に伸ばした浴室用パテを密着させる¹³⁾。次に、コックを閉じて水を円筒部上端まで注入し、コックを一気に全開して円筒部内の水位が事前に目印を付けた100mLから500mLまで低下する経過時間(秒)を計測し記録する。この操作を合計3回繰返し、3回の平均時間を秒単位で算出する。なお、この平均時間は水400mLを流下させる時間であり、算出した平均時間から15秒当たりの流下した透水量(mL/15秒)を求める。

④pH

今回の試験施工に用いた製鋼スラグや高炉水砕スラグは高アルカリ性材料^{5)~7)}であることから、周辺環境に及ぼす影響を把握する必要がある。そこで、所定の期間が経過した時点でpH測定を行った。

測定に当たっては、雑草抑制層を削り取ることなくpHを測定するために、pHメータ(株)堀場製作所製、Twin pH AS-212、測定方式:ガラス電極法、測定範囲:pH2~12、再現性±0.1)を用いることにした。具体的には、雑草抑制層表面に洗浄瓶を用いて蒸留水を滴下し、1分程度放置した後、表面に残った液をスポイトで採取し、pHメータの測定部に1滴垂らして測定を行った。この操作を3回繰返し、平均値を採用した。

なお、この測定とは別に、降水時に雑草抑制層表面に溜まった液を適宜採取し、pHの測定を行った。

一方、降水が雑草抑制層を通過し、アルカリ水が直下の在来地盤土に浸透する可能性がある。そこで、在来地盤土に及ぼすアルカリの影響を調べるために、施工後、約1年が経過した2011年10月18日時点で、以

表3 試験施工時の各工区の含水比と乾燥密度

| 工区 | 含水比w (%) | 乾燥密度 ρ_d (g/cm ³) |
|-----|---------------------|------------------------------------|
| 工区Ⅰ | 13.7 (11.9~16.5) | 1.79 (1.71~1.87) |
| 工区Ⅱ | 10.7 (7.5~14.5) | 1.65 (1.50~1.77) |
| 工区Ⅲ | 11.2 (11.0~11.5) | 1.56 (1.46~1.66) |
| 工区Ⅳ | 10.9 (10.0~12.0) | 1.52 (1.49~1.55) |

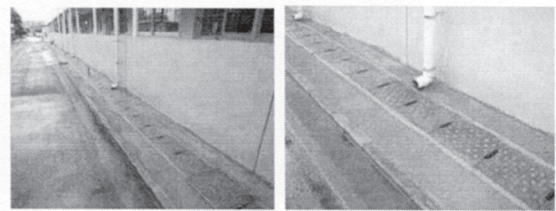


写真4 試験施工後の状況(2010年10月25日)

下の⑤に述べる温度を測定するために埋設したデータロガーを回収するに当たって、コンクリートブレーカを用いて30cm×30cmにわたって雑草抑制層の掘削を行った際に、在来地盤土を約10cm掘り下げ、試料土を約2.5cmごとに採取して含水比、pHおよび電気伝導率の測定を行った。併せて、掘削断面に中和滴定用1%フェノールフタレイン溶液を散布し、雑草抑制層および在来地盤土のアルカリ性状を調べてみることにした。なお、フェノールフタレイン溶液はpH指示薬として用いられており、pH8.2以下では無色、pH9.8以上では赤色に変色する。

⑤温度

施工後の雑草抑制層内部および在来地盤土の温度を測定するために、ボタン型温度データロガー(KNラボラトリーズ、サーモクロンSLタイプ、測定可能温度範囲:-40~85℃、分解能:0.5℃、電源:3Vリチウム金属電池内蔵)を所定の位置に埋設した。なお、データロガーにはシリコン製の防水キャップを装着した。計測間隔は1時間とし、データの回収は、USB接続ケーブルを通じてパソコンに取り込んだ。

⑥雑草の繁茂・表面状況

雑草の繁茂・表面状況は、適宜、目視および写真撮影により行った。

4. 追跡調査の結果および考察

表3は、試験施工時の各工区の含水比と乾燥密度を示す。表より、含水比、乾燥密度については構成材料や施工方法の違いによる大きな差は認められな

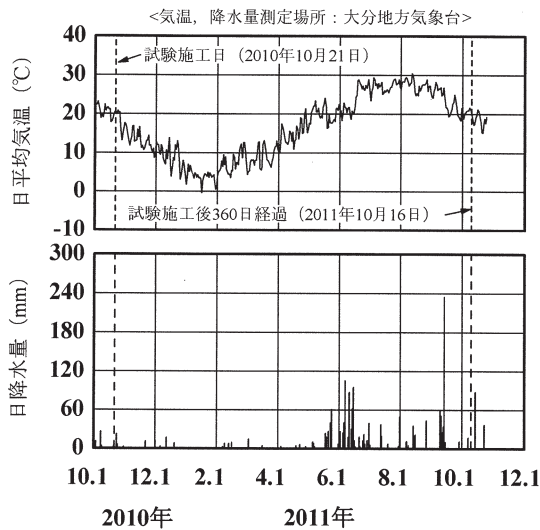


図2 施工後の日平均気温と日降水量の推移

った。写真4は、施工後の状況を示す。

図2は、施工後の日平均気温と日降水量の推移を示す。2010年10月21日から2011年10月16日の間の降水量の合計は1731mm、最大日降水量は235mm（2011年9月20日）である。また、日平均最低気温は -0.3°C 、最高気温は 30.5°C 、平均気温は 16.4°C であった。

図3は、施工後の経過日数と土壌硬度指数との関係を示す。図中には、併せて在来地盤土の土壌硬度指数11.3mmを示す。

図より、土壌硬度指数は、施工直後は、 $15.3\sim 20.5\text{mm}$ となり、在来地盤土の 11.3mm より大きな値を示し、その後の日数の経過にともなって徐々に増加していることがわかる。施工後7日では工区によらず 30mm 程度と施工直後の $1.5\sim 2$ 倍となっている。また、施工後約1年が経過した時点では $35.1\sim 36.3\text{mm}$ となり、施工当初の $1.8\sim 2.3$ 倍となった。

参考までに、表4は、土壌硬度からみた植物の生育状態を示しており¹⁴⁾、図3の結果をこの表に当て嵌めると、施工後7日時点で「木本類の一部のものを除いて、根系の伸長が妨げられる」状態となり、その後土壌硬度指数は徐々に増加し、施工後1年が経過した時点では「根系の伸長はほとんど不可能」な状態、言い換えれば、雑草の生育を抑制できる状態になっていることがわかる。なお、工区の違いによる明確な差は認められなかった。

これより、土壌硬度指数の結果から判断すると、製鋼スラグ、高炉水砕スラグおよび製鋼スラグ微粉末を用いた雑草抑制層はその効果を十分に発揮していることが明らかとなった。ただし、今回用いた材料の配合割合は、限られた条件のものであり、施工性も含めて今後これらの材料の配合割合については

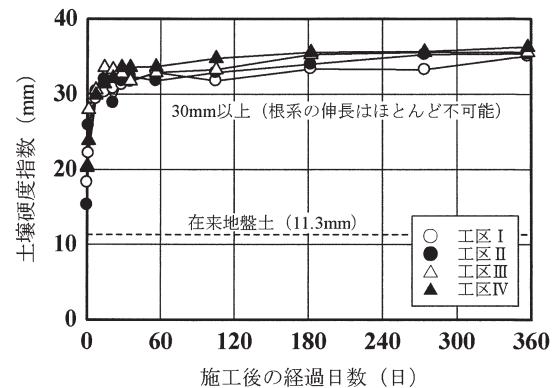


図3 施工後の経過日数と土壌硬度指数との関係

表4 土壌硬度からみた植物の生育状態¹⁴⁾

| 基盤の硬度 | 植物の生育状態 |
|--------------------------|--|
| 10mm未満 | ◇乾燥のため発芽不良になる。 ◇安息角より急な勾配となると崩れやすくなる。 |
| 粘性土10～23mm 砂質土10～27mm | ◇根系の伸長は良好となる。 ◇樹木の植栽にも適する。 |
| 粘性土23～30mm 砂質土27～30mm | ◇木本類の一部のものを除いて、根系の伸長が妨げられる。 |
| 30mm以上 | ◇根系の伸長はほとんど不可能。 |
| 軟岩・硬岩 | ◇岩に亀裂がある場合には、木本類の根系の伸長は可能である。 |

検討が必要であろう。

図4は、施工後の経過日数と現場透水量との関係を示す。また、図中には、排水性舗装における排水機能層の出来形の合格判定値(管理データによる場合) $900\text{mL}/15\text{秒}$ ¹²⁾を併せて示す。

図より、施工後、工区I、IIにおいて結果にばらつきが認められるが、工区III、IVでは施工7日で現場透水量が減少していることがわかる。また、工区I、IIにおいても、施工後約40日で現場透水量は減少し、その後は在来地盤土の現場透水量と同等かそれ以下となっている。

これより、工区III、IVは、工区I、IIと比較して施工後1週間が経過すると透水性が急激に低下することが明らかとなった。この原因として、製鋼スラグ微粉末20%の混合により、緻密な固化体が形成されたものと推察される。

図5は、施工後の経過日数と雑草抑制層表面のpHとの関係を示す。なお、施工当日から34日間はpHメータの不調により値を得ることができなかったため、

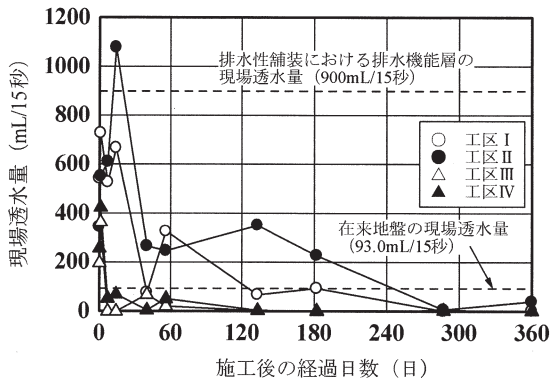


図4 施工後の経過日数と現場透水量との関係

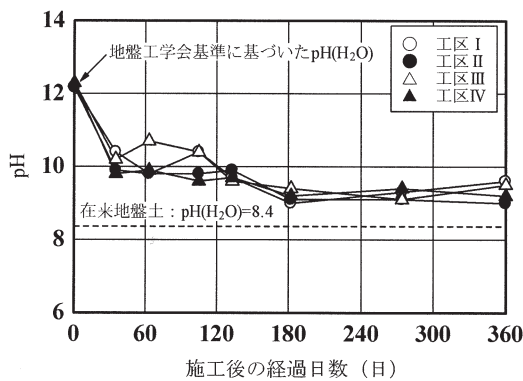


図5 施工後の経過日数とpHとの関係

施工当日のpHは、地盤工学会基準に準拠して測定した雑草抑制層のpH(H₂O)を示す。

図より、施工直後のpHは12.3と高アルカリ性となっているが、日数の経過ともななって徐々に低下しており、35日が経過した時点ではpH9.8～10.4、1年が経過した時点では9.0～9.6となっていることがわかる。これは、雑草抑制層表面の炭酸化の進行によるものと考えられる。

参考までに、2011年5月26日と2011年10月14日に降水および雑草抑制層表面水のpHを測定した結果を表5に示す。表より、降水のpHは6.6とほぼ中性であるが、その時の雑草抑制層表面のpHは9.2～10.0となっており、図5とほぼ同様の結果が得られた。

表6は、施工後1年が経過した時点でデータロガーを回収するためにコンクリートブレーカで掘削し、雑草抑制層を掘り起こして含水比、pH、電気伝導率を測定した結果をまとめたものである。

表より、雑草抑制層内部のpHは11.9～12.3とアルカリ状態が保持されていることがわかる。また、電気伝導率は工区I、IIでは158～186mS/m、工区III、IVでは332～341mS/mとなり、工区III、IVはI、IIの約2倍となっている。

表5 試験施工後の降水時のpH測定結果

| 測定年月日 | 2011年5月26日 | 2011年10月14日 |
|-------|------------|-------------|
| 降水 | 6.6 | 6.5 |
| 工区I | 9.5 | 9.6 |
| 工区II | 9.4 | 10.0 |
| 工区III | 9.7 | 9.2 |
| 工区IV | 9.5 | 9.5 |

表6 試験施工から1年経過後の雑草抑制層内部の状態

| 工区 | w (%) | pH (H ₂ O) | χ (mS/m) |
|-------|-------|-----------------------|----------|
| 工区I | 9.1 | 11.9 | 158.1 |
| 工区II | 7.9 | 12.0 | 186.3 |
| 工区III | 13.2 | 12.3 | 341.0 |
| 工区IV | 13.5 | 12.3 | 331.7 |

図5の結果と併せて考察すると、雑草抑制層表面は炭酸化による中性化が徐々に進行しているが、内部では高アルカリ状態が保持されていることになる。

さらに、雑草抑制層のアルカリ浸透が在来地盤土にどの程度影響を及ぼしているかを調べるために、データロガー回収時、雑草抑制層を除去したときに併せて在来地盤土を所定の深さから採取して含水比、pH、電気伝導率の測定を行った。

表7は、各工区における深さごとの結果をまとめたものである。なお、当初、採取深さは2.5cmごととしたが、工区IIについては、在来地盤土の状態により5cmごとに採取することにした。

表より、在来地盤土のpH(H₂O)は9.1～11.2、電気伝導率は8～33mS/mとなっており、いずれもアルカリ性を呈していることがわかる。この点については、もともと在来地盤土のpH(H₂O)が8.4と通常の土に比べて高いことや施工当初の現場透水量の値から推察するに雑草抑制層のアルカリ成分が在来地盤土に浸透したことなどがその原因と考えられる。

しかしながら、表6の雑草抑制層のpH(H₂O)が11.9～12.3であるのに対して在来地盤土のそれは9.1～11.2となっており、在来地盤土のアルカリ中和能力が発揮されているものと推察される。

参考までに、各工区の在来地盤土にフェノールフタレイン溶液を散布して目視によりアルカリ状況を調べたところ、いずれの工区においても雑草抑制層は赤色反応を呈し、表6の結果と同様、アルカリ状態を保持していることが示された。また、在来地盤土については、工区IVで雑草抑制層から数cm付近にお

表7 試験施工から1年経過後の在来地盤土の状態

| 工区 | 採取深さ(cm) | w (%) | pH (H ₂ O) | χ (mS/m) |
|-----|----------|-------|-----------------------|---------------|
| I | 0.0- 2.5 | 20.9 | 10.1 | 7.9 |
| | 2.5- 5.0 | 20.3 | 9.7 | 7.5 |
| | 5.0- 7.5 | 26.2 | 9.2 | 8.2 |
| | 7.5-10.0 | 28.1 | 9.1 | 8.4 |
| II | 0.0- 5.0 | 17.0 | 11.2 | 33.4 |
| | 5.0-10.0 | 21.1 | 11.1 | 28.4 |
| III | 0.0- 2.5 | 21.7 | 9.9 | 9.0 |
| | 2.5- 5.0 | 25.3 | 9.4 | 8.4 |
| | 5.0- 7.5 | 25.5 | 9.8 | 8.5 |
| | 7.5-10.0 | 25.7 | 9.3 | 8.2 |
| IV | 0.0- 2.5 | 17.4 | 10.9 | 22.3 |
| | 2.5- 5.0 | 25.3 | 10.6 | 13.5 |
| | 5.0- 7.5 | 23.0 | 9.7 | 7.8 |
| | 7.5-10.0 | 21.8 | 10.3 | 9.9 |

いて赤色反応を呈したが、その他の工区では明確な赤色反応は認められなかった。

この点に関連して、以前、製鋼スラグを用いた盛土（高さ5m）の構築を行った際に原位置追跡調査および室内におけるアルカリ中和能力測定試験を実施し、併せてアルカリ水の溶出を抑制するために必要となる敷土の層厚について検討した結果、アルカリ水が周辺環境に影響を及ぼす可能性は低いことを報告している¹⁵⁾。

今回、在来地盤土のアルカリ中和能力を調べるまでには至っていないが、土が有するアルカリ中和能力によってアルカリ水が浸透しても影響はないものと考えられる^{15)~17)}。

図6は、施工後の雑草抑制層の表面、内部（中央部）および在来地盤土内部の温度の推移を示す。なお、工区 I に埋設したデータロガーは、回収時に破損し、データを取得することができなかった。また、地表面温度については、データロガーの不調により施工直後から22日間のデータは欠測となっているが、2010年11月11日15時より再度測定を開始した。さらに、抑制層内部と在来地盤土内部の温度については、原因は不明であるが、2011年9月28日以降のデータが記録されていなかったことより、図中ではデータが欠損となっている。

図より、雑草抑制層内部の温度は表層よりも僅かに高い温度を示している。また、雑草抑制層内の温度は工区の違いによる差はとくになく、また、施工後固化が開始する時点で発熱にともなう温度の上昇

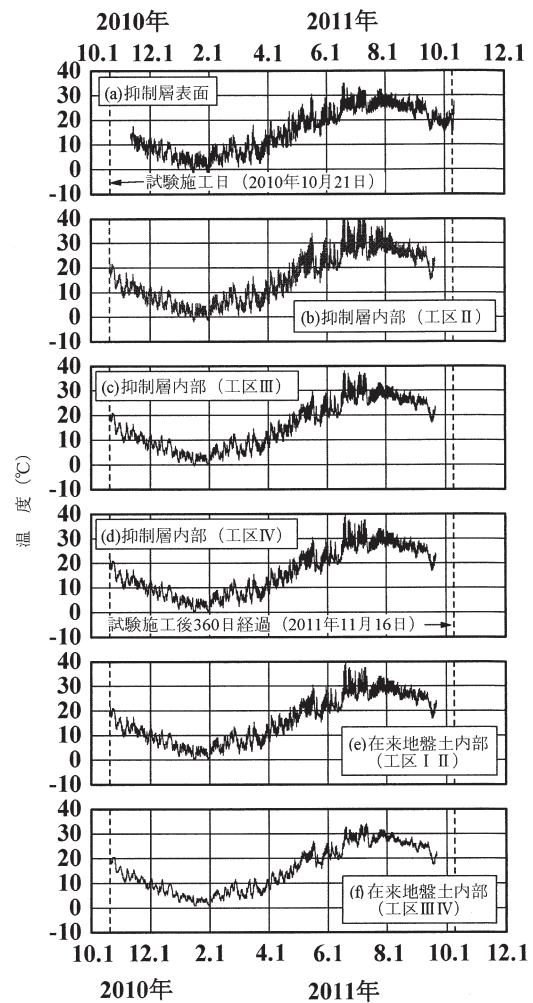


図6 雑草抑制層表面、内部および在来地盤土内部の温度の推移

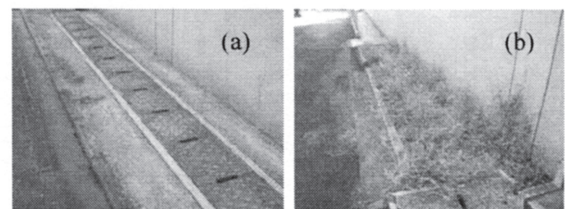


写真5 試験施工後1年が経過した(a)試験施工箇所と(b)未施工箇所（都市システム工学科棟）との比較（2011年10月18日）

も認められなかった。

このことは、先に述べた従来工法のひとつであるマルチング工法では土壌表面を被覆してしまうため、土壌温度の上昇が懸念され、通水性や通気性の確保が課題となったが、本研究で用いた工法ではその懸念がないことが示されたことになる。

写真5は、施工後約1年が経過した2011年10月18日時点での施工箇所と未施工箇所との状況を比較したものである。これより、施工箇所には雑草の生育は確認されなかったが、未施工箇所には雑草が繁茂しており、雑草抑制層の効果が十分に検証されたことになる。なお、在来地盤土から雑草抑制層内部および表面への雑草の生育は一切認められなかったが、側溝などの既設構造物と接している箇所からの雑草の生育は一部確認された。このことより、既設構造物との接合部に対する処置は必要となるであろう。

5. まとめ

本研究では、製鉄所産副産物である製鋼スラグや高炉水砕スラグを用いた雑草抑制層の試験施工を行い、長期にわたる抑制効果について検討を行った。本研究により得られた主要な結果を以下に列挙する。(1)施工後7日時点で雑草の生育を抑制できる状態となり、施工後1年では土壤硬度指数が35.1~36.3mmと土壤硬度計の円錐部がほとんど貫入できない硬さとなる。

(2)現場透水量は施工後の日数の経過にともなって減少し、いずれも在来地盤土の現場透水量と同等かそれ以下となる。

(3)雑草抑制層のpHは施工直後では12.3と高アルカリ性となっているが、雑草抑制層表面のpHは日数の経過にともなって徐々に低下しており、施工後1年が経過した時点では9.0~9.6となっている。

以上の試験施工後、1年間にわたる土壤硬度指数、pH、透水性など追跡調査の結果より、雑草の生育は一切認められなかった。これより、製鋼スラグや高炉水砕スラグを用いた雑草抑制層は、雑草の生育を阻止する条件を十分に満足しており、雑草抑制層としての有効性が明らかとなった。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、新日本製鐵(株)大分製鐵所 生産技術部 環境技術グループ グループリーダー・柏原 司氏には貴重なご助言をいただいた。また、各種の室内試験および結果の整理には大分工業高等専門学校 機械・環境システム工学専攻ならびに都市システム工学科の学生諸君のご協力をいただいた。ここに、深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 萩本 宏：雑草の定義と雑草学の役割，雑草研究，Vol.46，No.1，pp.56-59(2001)
- 2) 例えば，袖ヶ浦市HP：雑草対策，空地の雑草について：<http://www.city.sodegaura.chiba.jp/kakuka/kankyokankyo/>

o/kusakari.htm

- 3) 大分県土木建築部道路課・(財)大分県建設技術センター：道路事業参考資料，3-4維持管理，3-4-1雑草防止について，p.3-43(2006)
- 4) 岩田 正・長橋孝次・九曜英雄：石膏系材料を用いた雑草抑制材の開発，土木学会第56回年次学術講演会講演概要集，VII-291，pp.582-583(2001)
- 5) 佐野博昭・工藤俊昭・山田幹雄・田辺和康・加治俊夫・伊東 宏：鉄鋼スラグを混入した土の強度，変形特性に関する一考察，日本材料学会第7回地盤改良シンポジウム論文集，pp.135-138(2006)
- 6) 佐野博昭・工藤俊昭・山田幹雄・田辺和康：鉄鋼スラグの混入が土の一軸圧縮試験結果に及ぼす影響，建設用原材料，Vol.17，No.1，pp.23-30(2009)
- 7) 佐野博昭・SRENG SONIT・工藤俊昭・原 良治・奥原圭介・中村貴敏：試験条件の違いが土のアルカリ中和能力に及ぼす影響について，平成19年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，III-012，pp.355-356(2008)
- 8) 岩槻秀明：街でよく見かける雑草や野草がよーくわかる本，秀和システム(2007)
- 9) 気象庁HP：過去の気象データ検索，<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 10) 東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株)：試験方法 第6編 緑化関係試験方法「土壤硬度試験方法」，JHS601-2006，pp.1-2(2006)
- 11) 山中金次郎・松尾憲一：土壤硬度に関する研究(第I報)-土壤硬度と含水量との関係-，日本土壤肥料学雑誌，第33巻，第7号，pp.343-347(1962)
- 12) (社)日本道路協会：排水性舗装技術指針(案)，pp.93-96，(2002)
- 13) 増山幸衛・草刈憲嗣・小柴朋広：排水性舗装の透水能力測定法に関する研究，土木学会舗装工学論文集，第6巻，pp.1-10(2001)
- 14) (社)日本道路協会：道路土工-のり面工・斜面安定工指針-，p.221(1999)
- 15) 佐野博昭：愛媛県西条市東ひうち地区の地盤改良工事における製鋼スラグの適用について，新日本製鐵(株)大分製鐵所内報告書，pp.1-8(2008)
- 16) 三木博史・森 範行・古性 隆：土のアルカリ中和能力及び土中でのアルカリ浸透深さに関する試験，土木学会第49回年次学術講演会講演概要集，III-772，pp.1534-1535(1994)
- 17) 勝見 武・嘉門雅史・大山 将：改良土からのアルカリ溶出制御に関する検討，土木学会第50回年次学術講演会講演概要集，III-824，pp.1648-1649(1995)

(2011年11月29日受付 2012年2月24日受理)