# 環境に配慮した100%リサイクル防草材 はえん草（ぞ）

神下　竜三[1]

[1]鹿島道路株式会社　技術開発本部　技術研究所　第三研究室長

本研究では，再生材および建設副産物のみを使用した環境配慮型防草材を開発し，環境安全性，製造施工性および防草効果について検討した．環境安全性試験の結果，pH および六価クロム溶出量は基準値を満足し，周辺環境への影響が小さいことを確認した．また，バックホウを用いた少量製造および施工が可能であり，施工半年後においても良好な防草効果を示した．以上より，本材料は建設副産物の有効利用による資源循環ならびに道路維持管理の効率化に寄与する環境配慮型技術として有効であることを明らかにした．

キーワード：防草材，サーキュラーエコノミー，カーボンニュートラル，リサイクル，
再生砕石，高炉スラグ微粉末

## 1. はじめに

近年，社会インフラにおいて，環境負荷低減技術の開発が積極的に行われている．工事現場から搬出されるコンクリート塊は，そのほとんどが道路の路盤材等の再生砕石等として利用され再資源化されているが，需給バランスが崩れストック過多となっている実情がある[1) 2)]．一方，道路維持管理において除草作業は重要な管理項目の一つであり，雑草の繁茂は視距の確保や道路景観の維持に支障を及ぼす．そのため，維持管理の省力化およびライフサイクルコスト縮減の観点から，効率的な防草技術の開発が求められている[3)]．

筆者らは，コンクリート塊の新たな利用方法として，使用材料すべてを副産物および再生材とした環境配慮型安定処理路盤材を開発している[4) 5)]．本研究では，この材料を防草用途に適用することを目的として（以下，環境配慮型防草材），環境安全性，製造施工方法および防草性能について検討した．

## 2. 環境安全性に関する検討

### (1) 試験概要

本研究で使用した材料を**表-1**，配合を**表-2**，環境配慮型防草材の粒度を**表-3** に示す．環境配慮型防草材には，

**表-1**　使用材料

| 分類 | 材料名 |
|---|---|
| 骨材 | RC-40 |
| | RS |
| 固化材 | 高炉スラグ微粉末（GGBFS） |
| 刺激材 | アルカリ刺激材（Y） |

**表-2**　使用配合

| 配合 | | 上層路盤 | 下層路盤 |
|---|---|---|---|
| 骨材配合比（%） | RC-40 | 67 | 67 |
| | RS | 33 | 33 |
| 最適含水比（%） | | 12.0 | 12.1 |
| 最大乾燥密度（g/cm$^3$） | | 1.927 | 1.855 |
| 固化材添加量（%） | GGBFS | 6 | 2 |
| 刺激材添加量（%） | Y | 3 | 1 |

**表-3**　環境配慮型防草材の粒度

| 試験項目 | | 試験値 | 推奨値※1 |
|---|---|---|---|
| 通過質量百分率（%） | 53.0 | 100 | 100 |
| | 37.5 | 99 | 95～100 |
| | 19.0 | 90.6 | 50～100 |
| | 2.36 | 43.1 | 20～60 |
| | 0.075 | 2.2 | 0～15 |

コンクリート塊を再資源化した再生砕石（RC-40）を使用し，粒度調整のためにコンクリート塊由来の材料である再生砂（RS）を 2:1 の割合で混合して使用した．固化材には，ポルトランドセメントの代替として高炉スラグ微粉末（GGBFS）を使用した．GGBFS を用いることで天然資源の使用量削減に加え，セメント製造に伴う $CO_2$ 排出量の低減が期待できる．GGBFS の潜在水硬性を向上させるため，酸化カルシウムを主成分とするアルカリ性の副産物刺激材（Y）を使用した（以下，刺激材）．GGBFS と刺激材の外観を**写真-1** に示す．環境配慮型防草材は下層路盤および上層路盤それぞれの規格値である一軸圧縮強度 0.98MPa，および 2.9MPa（材齢 7 日）を満足している 2 種類の配合を設定した．

環境配慮型防草材の環境安全性を確認するため，「水質汚濁に係る環境基準 [6]」に示されている pH8.5 以下を評価基準として 2 つの実験を行った．

【実験 1】では，環境配慮型防草材自体の pH の経時変化を確認するために検討を行い，【実験 2】では，環境配慮型防草材を供用した際の原地盤への影響を確認するために検討を行った．

### (2) 周辺環境への影響に関する安全性評価

#### a) 実験方法

実験手順を以下に示す．

① 一軸圧縮試験用供試体表面に滞水する程度の蒸留水を吹きかける．
② 滞水している箇所に pH 試験紙を接触させる．
③ 色見本帳と比較する．
④ 供試体作製直後から pH8.5 以下になるまで日数を計測する．

#### b) 実験結果

測定状況を**写真-2**，測定結果を**図-1** に示す．供試体作製から，上層路盤配合では 7 日，下層路盤配合では 10 日の日数が経過することで pH8.5 以下となることを確認した．

### (3) 原地盤への影響に関する安全性評価

#### a) 実験方法

環境配慮型防草材供試体（1.0m×1.0m×0.1m）を屋外暴露し，設置から 5 か月後に供試体下面の敷砂を採取し，pH 測定および六価クロム溶出量試験を行った．供試体暴露中の降雨量は雨量計にて計測した．pH 測定は地盤工学会「土壌濁液の pH 試験方法 [7]」に，六価クロム溶出量試験は，「JIS K 0102　工業用水・工場排水試験方法 [8]」に準拠して行った．

#### b) 実験結果

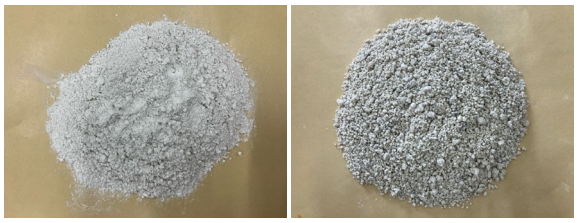


**写真-1**（左）GGBFS　（右）アルカリ刺激材

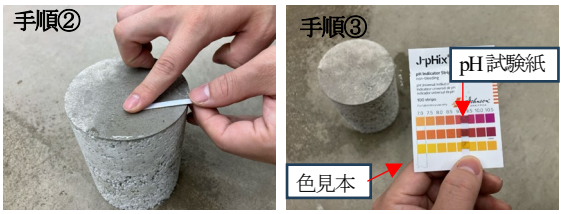



**写真-2**　（左）pH 測定状況，（右）色見本との比較

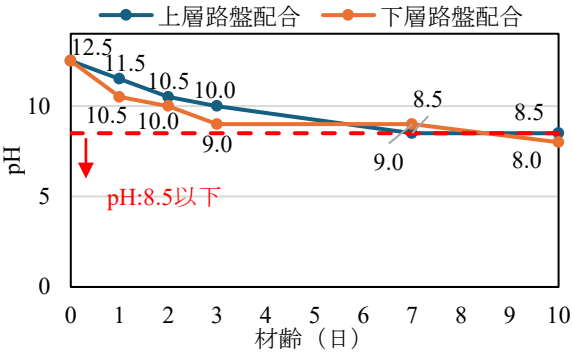



**図-1**　pH 測定結果

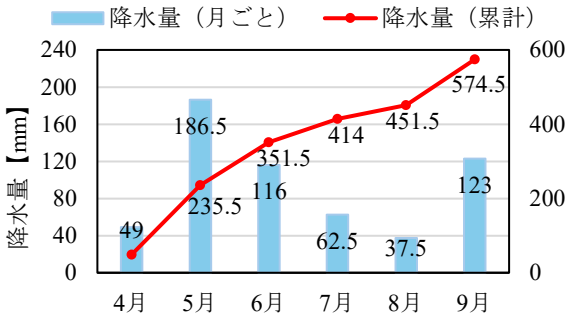



**図-2**　雨量測定結果

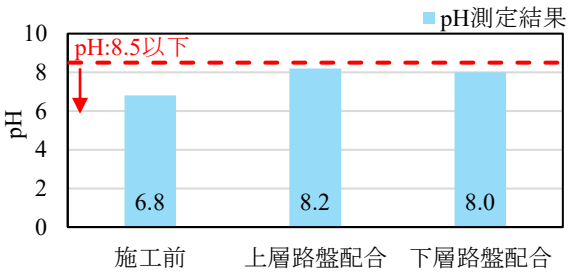



**図-3**　pH 測定結果

**表-4**　六価クロム溶出量試験結果

| 分析対象 | 結果 | 基準値 |
|---|---|---|
| 六価クロム溶出量※2（mg/L） | 0.01 未満 | 0.05 |

※2　分析方法：ジフェニルカルバジド吸光光度分析法

表-5　混合機械ごとの性能

| 混合機械 | 定置型プラント | 車載型プラント | バックホウ（0.45m³） |
|---|---|---|---|
| 製造能力 | 120～150m³/h（240～300t/h） | 20～25m³/h（40～50t/h） | 7m³/h（14t/h） |
| 機械質量 | 約 50 トン※1 | 約 15 トン※1 | 約 13 トン |
| 敷地面積 | 約 2000m²※2 | 約 700m²※2 | 約 230m²※3 |

※1 固化材用サイロは空の状態とする
※2 ストックヤードを含む
※3 混合材料を含む

雨量測定結果を**図-2**，pH 測定結果を**図-3**，六価クロム分溶出量試験結果を**表-4** に示す．環境配慮型防草材施工前の敷砂の pH が 6.8 であるのに対し，上層路盤および下層路盤配合の供試体下面に敷設した敷砂はともに pH の上昇が見られたが，供試体供用中に約 600mm の雨量があったにもかかわらず，pH8.5 以下を満足し，排水基準を満足していた．また，六価クロム溶出量も基準値を下回っており，環境安全性を有する防草材料であることが確認できた．

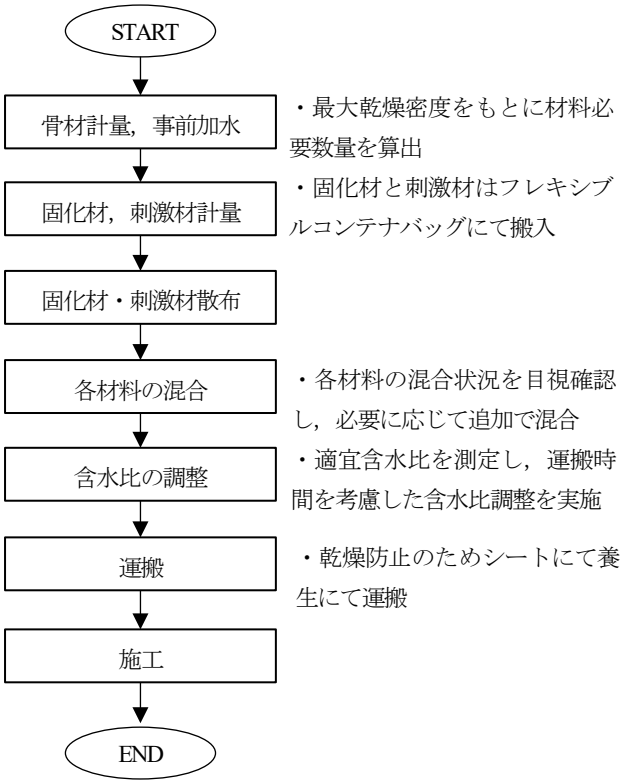



**図-4**　製造フロー図

## 3.　製造方法の検討

通常，セメント安定処理路盤材を中央混合方式で製造する場合，**表-5** に示すように定置型プラントまたは車載型プラント等を使用する．これらの混合機械を使用した場合，利点として路盤材の製造能力が高いこと，固化材・刺激材をサイロ等に保存できることなどが挙げられる．一方，欠点として広い敷地面積が必要となること，搬入・設置作業に労力を要することなどが挙げられる．

そこで本研究では敷地面積を確保することが困難な都市部においてバックホウ（0.45m³）（以下，BH）を使用した混合方式の少量出荷での製造方法の検討および環境配慮型防草材の現場適用性について検討した．

製造方法のフローを**図-4** に，製造状況を**写真-3** に示す．RC-40 へ加水するために散水車を使用し，放水量と放水時間との関係式より，適切な散水を行った．製造時には，再生砕石へ事前に加水して含水状態を均一化した後，高炉スラグ微粉末および刺激材を散布し，色むらが生じないよう十分に混合した．また，材料の吸水特性を考慮し，現場で適宜含水比を測定しながら調整を行った．

その結果，バックホウによる混合においても目標含水比および品質を確保できることを確認した．本方式は専用プラントを必要としないため，狭隘な施工箇所や少量施工への適用性が高いと考えられる．



**写真-3**　製造状況



**写真-4**　施工状況

## 4. 施工方法の検討

防草材料の施工方法については，従来の安定処理路盤工と概ね同様の施工方法となる．ただし，本材料は施工後の表面がそのまま仕上げ面となるため，材料分離の抑制および平滑な表面形成が重要となる．施工時には材料を均一に敷き均した後，粗面化を防止するため必要に応じて細粒分を補充した．また，乾燥を防ぐため適宜散水を行いながら，ローラおよびプレートにより十分な転圧を実施し，空隙の少ない緻密な表面に仕上げた．

施工状況を**写真-4** に，製造および施工時における各種試験結果を**表-6** に示す．施工中に実施した品質管理試験の結果，含水比，一軸圧縮強度，土壌硬度および環境安全性のいずれも目標値を満足した．

## 5. 防草効果の確認

施工直後の防草材の外観を**写真-5** に，施工半年後の防草材外観を**写真-6** に示す．本試験施工は冬期に実施しており，雑草の繁茂は確認されていないが，施工半年後は雑草の生育期を迎え，防草材未施工箇所では，人の背丈ほどにまで雑草の繁茂が確認された．一方，防草材を施工した箇所については，一部の施工継目から繁茂が確認されたが，大部分の施工範囲では雑草の発芽および生育は認められなかった．これは，本材料が硬化後に緻密な表面層を形成し，雑草の発芽基盤となる土壌との接触を遮断するとともに，根系の伸長を抑制したためと考えられる．また，**写真-7** に示すような側溝を含む斜面においても適用が可能で防草効果が認められている．

## 6. まとめ

再生材および副産物で構成された環境配慮型防草材は，環境安全性を有すること，都市部や小規模工事においても製造および施工が可能であること，かつ十分な防草効果を有することが確認された．

今後も本材料の適用箇所の拡大を図ることで，サーキュラーエコノミーの実現に貢献する予定である．

**表-6** 防草材に関する各種試験結果

| 確認事項 | 確認方法※ | 測定結果（目標） |
|---|---|---|
| 含水比 | 目視・含水比測定<br>（JIS A 1125） | 12.6%<br>（12.0%） |
| 一軸圧縮強度 | 一軸圧縮試験<br>（試験法便覧 E031） | 3.19 MPa<br>（2.9 MPa） |
| 土壌硬度 | 山中式土壌硬度計による測定 | 36～38<br>（30 以上） |
| 環境安全性 | pH 測定 | 施工直後から 2 週間後まで 8.5 以下 |

※試験法便覧とは，舗装調査・試験法便覧を示す．



**写真-5** 防草材施工直後



**写真-6** 施工半年後の状況



**写真-7** 側溝周辺の斜面への適用事例


**参考文献**

1) 国土交通省：平成 30 年度建設副産物実態調査結果，2020.1.
2) 日本アスファルト合材協会：アスファルト合材 No.144，p56，2022.10.
3) 国土技術研究センター：道路における雑草抑制技術，https://www.jice.or.jp/netis/kusayokusei（2026.3.閲覧）
4) 武藤ら：$CO_2$排出低減に寄与する 100%建設副産物を使用した安定処理路盤の一検討，第 77 回年次学術講演会，V-30，2022.9.
5) 松井ら：環境配慮型安定処理路盤の製造方法の検討と施工報告，第 80 回年次学術講演会，V-26，2025.9.
6) 環境省：【水質汚濁に係る環境基準について】，環境省告示第 62 号，2021.10.
7) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説（第一回改訂版），2020.12.
8) 日本規格協会：JIS K 0102　工業用水・工場排水試験方法，2022.10.