

酸化マグネシウム系固化材による土系舗装

Earth Pavement Stabilized with Magnesium Compounds

小松崎 孝 志 (こまつさき たかし)

㈱武井工業所 環境商品販売課

松 田 豊 (まつだ ゆたか)

松田技研工業㈱

1. はじめに

歩道は「専ら歩行者の通行の用に供する」(道路構造令第2条第1号)とされているが、要求される機能には、歩行者にとって歩きやすく、疲れにくいこと、そして安全で快適な歩行性である。さらに、景観や環境に配慮した調和が機能(色調など)として求められるようになった。

特に、公園内の園路・広場、歴史的建造物や歴史的土構造物周辺整備では後者の機能が重要視されている。この要求を満たす方法として「土系舗装」が利用されている。土系舗装には一般的にセメント系固化材、石灰系固化材、瀝青系固化材が用いられた表層地盤改良工法が採られているが、酸化マグネシウム系固化材を利用した土系舗装を開発し、実施例が増加しているので、ここに概要を紹介する。

2. 酸化マグネシウム系固化材の特性

土系舗装に用いられている酸化マグネシウム系固化材は、天然マグネサイト(炭酸マグネシウム)を700～800℃で焼成した軽焼マグネシアを主剤(表—1)とし、多価金属塩の酸化剤との混合物でなっている。反応機構はボゾラン反応と類似した形式をとる。すなわち、この酸化マグネシウムは水と反応して水酸化マグネシウムとなり、これが土のシリカと反応してマグネシウム・シリケート水和物($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)として硬化する。さらに、混合されている多価金属塩類は生成された水酸化マグネシウムと反応してマグネシウムフェライト水和物($3\text{MgO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)を生成して硬化する。多価金属塩が酸化剤であるところから、固化された改良土は弱アルカリ性を呈する。最近の研究によるとアルカリ環

表—1 酸化マグネシウム系固化材の成分

主成分	重量百分率
45 μm 篩残分	2.39%
MgO	92.19%
CaO	1.93%
SiO ₂	1.58%
Fe ₂ O ₃	0.49 %
Al ₂ O ₃	0.17%
Ig.loss	3.51%

境下におくとより圧縮強さが伸び、大気環境で長期間にわたり強度が増進することが指摘されている。他方、土の種類によって強さの発現が異なり、非晶質のシリカ、アルミナ、鉄等を含有する土に相性がよく(例えばまさ土、関東ローム、黒ぼく土、褐色森林土、赤土など)、砂(川砂、海砂など)には不向きの場合がある。酸化マグネシウム系固化材のこれまでの研究には反応機構の解明に西形等¹⁾、汚染土壌の汚染物質の固化・不溶化に関して大山等²⁾、土系舗装に関して津留等³⁾のものが発表されている。

3. 固化処理土の工学的性質

本固化材によって処理された土系舗装の地盤工学・舗装工学的性質を表—2にまとめた。材料土は砂系まさ土で、固化材の添加・混合量は15%を標準としているものである。これらの中で防草性と再施工性が本固化材の特徴であるとの観点から特に記述する。

3.1 防草性(雑草の発生抑止)

山中式土壌硬度計による硬度指数が27 mm 以上になると植物根の生長困難と判定されている。例えば、表層5 cm 程度固化処理されたことを想定すると、硬度指数が植物根の生育困難であると同時に、植物の栄養源になる肥料成分が不溶化されているので、両者の効果がいまって防草効果をもたらす。表層下の土壌は本来の機能を保持しているので、表層下に根茎のある樹木の生育には影響を及ぼさない。

表—2 固化処理土の工学的性質

項目	測定値・施工管理値と測定方法等
表面硬度	硬度指数 27mm 以上(山中式土壌硬度計による)
圧縮強さ	3～5N/mm ² (28 日養生の場合、長期に強度増加がある)
すべり抵抗	40BPN 以上(振子式スキッドレジスタンステスター)
反発量	74cm 程度(ゴルフボール反発量、アスファルト舗装:83cm)
透水性	無処理土 10^{-4}cm/s のものが、処理後 $10^{-3} \sim 10^{-4}\text{cm/s}$
保水性	保水率:川砂の 1.6～1.9 倍
表面温度	夏季最高気温時にアスファルト舗装より 8～10℃程度低い
pH	9～10(処理土)
防草性	固化土は化学成分を不溶化するので、雑草等の生育を抑止
施工性	プラント方式、現場混合方式の両方可
再利用性	建設廃材に該当せず、再舗装材や耕作土への再利用可能
舗装面色調	原材料土に近い色調、顔料添加により調整可能

3.2 再施工性

酸化マグネシウム系固化材は6ヶ月以上にわたり化学反応が進行するので、固化土の強さは長期に増加傾向にある。例えば、施工後に何らかの原因で表面亀裂等が発生した場合、再転圧することにより表面亀裂を除去できる。また、ある種の金属塩類を不溶化しているので、再掘削した場合産業廃棄物には該当せず、再度本固化材を添加・混合することにより、土系舗装を再現できる。植生土壌への復元が要求された場合、舗装体を粉碎し肥料等の養分を投入すれば、植栽用土に再生可能である。

4. 施工手順

施工手順は多くの土系舗装とほぼ同一であるが、以下に特徴や留意点を示す。

- ① 材料土はまさ土を主体にしているが、ローム質土や現場発生土の利用も可能である。実績に基づくこれらの配合例（15%添加・混合の場合）を表—3に示す。
- ② 固化材の添加・混合作業はプラント形式、現場用小型ミキサー、トラクターやバックホーでの混合、人力混合のいずれも可能である。
- ③ 敷き均し作業は、フィニッシャー利用、トラクター利用、人力によるレーキ利用を採用する。
- ④ 転圧作業は、初期転圧をハンドガイドローラ、仕上げ転圧を3～4t級搭乗式タイヤローラーによるが、狭隘部や端部にはビプロプレート、ハンドバイプレータ、木たこを用いる。
- ⑤ 転圧後の養生は、通常3日間程度シート養生を行うが、特に車両等が進入する場合には7日間程度養生する。
- ⑥ 収縮クラックの発生が予想される場合には、延長方向に5～10m毎に、面積的には30m²程度を目安に目地を入れる。
- ⑦ 補修や不陸修正の場合には、対象部位に補強接着液（モルタル補強剤エマルジョンなど）を散布してから、固化材混合土をまきだし、転圧する。

5. 実施例

実施例は本格的に実施された2004年以降、筆者らの関係したものが施工総面積54 000 m²で、内容的には、公園・史跡等の修景・社寺等の土系舗装が39.6%、雑草成育抑止の防草関連が31.6%、道路・農業施設・商業施設関連の土系舗装17.7%、グラウンド整備関連7.5%、その他3.6%となっている。これらの中で、特に景観上の観点と歩行性を重視した三つの施工例を表—4に示す（図絵写真10～12）。特殊な使用例には、海砂や浚渫土利用の土系舗装への適用や古墳等の修復目地材がある。

表—3 土系舗装の配合

土質名称	分類記号	想定含水比	基本配合（単位：kg/m ³ ）
まさ土	S-M	10%	材料土 1,717, 固化材 234
関東ローム	OV	70%	材料土 1,150, 固化材 173
砂質ローム	SM,SC	35%	材料土 1,232, 固化材 185

（注）現地発生土が材料土として不適当であった場合には荒目砂などを混入する。

表—4 修景を目的にした代表的施工例

施工場所	施工時期	施工数量	使用土	施工目的・施工方法
偕楽園 （水戸市）	2004.03	900m ²	まさ土 S-M	園路整備、舗装厚 6cm、プラント混合
銀閣寺 （京都市）	2006.10	450m ²	白川砂 S-M	寺院の境内通路、舗装 厚 10cm、現地混合
六義園 （東京都）	2009.11	500m ²	山砂 S-M	散策路整備、舗装厚 5cm、現地混合

6. ま と め

景観舗装に求められる機能には、通行機能、空間機能の他に快適性や周辺環境との調和などの景観機能が求められている。さらに、環境保全や都市環境再生に配慮した環境負荷の軽減、ユニバーサルデザインへの配慮などが求められるといわれている⁴⁾。そのための景観舗装材料の一つに土系舗装が挙げられる。一般的には、従来からのセメント系固化材、石灰系固化材、瀝青系固化材、樹脂系固化材が利用されている。これらの中で前2者は強アルカリ性であるところから、周辺への影響や処分時の建設廃材対応が必要である。瀝青系固化材は顔料等による色調調整が求められることがある。樹脂系固化材では、時間経過に伴い退色することやすべり抵抗性が低いことなどが指摘されている。これらの欠点が少ないと考えられる酸化マグネシウム系固化材による土系舗装を開発し、施工実績も増加している現状を紹介した。

今後は、長期的な経時変化に関するデータを収集する予定である。

参 考 文 献

- 1) 西形達明ほか3名：酸化マグネシウムの地盤改良への適用について、土と基礎、Vol. 54, No. 7, pp. 19～21, 2006.
- 2) 大山 将ほか3名：酸化マグネシウム系材料による固化・不溶化処理技術、地盤工学会誌、Vol. 57, No. 7, pp. 20～23, 2009.
- 3) 津留明彦ほか4名：MgO系固化材料による土系舗装、第6回地盤改良シンポジウム論文集、pp. 79～82, 日本材料学会, 2004.
- 4) 例えば、土木学会舗装工学委員会：街路における景観舗装、舗装工学ライブラリー 5, pp. 49～76, 2007.

（原稿受理 2010.1.14）