地盤と建設
Vol. 21, No. 1, 2003

杉・檜針葉樹皮を用いた土壌改良工法の適用性

Study of Soil Improvement Using Special Softwood Bark

相馬　裕　Yutaka SOMA　（鳥取大学大学院工学研究科）
藤村　尚　Hisashi FUJIMURA　（鳥取大学工学部）

古来から杉，檜は不朽性が高いといわれている．この木質材料を土壌表面に攪拌混合し適度な密度を持たせることに　よって，排水性の高い，防塵効果のよい土壌に生まれ変わる．これらは，特殊天然樹皮が互いに絡み合いその繊維質内に土の細粒子を閉じ込め拡散効果を阻害すると考えられている．また，この繊維は殺菌作用が高く炭素と窒素比率が大きく不朽性も良好である．このことによって，特に運動施設など広範囲に雨水をうける場所に大いに利用されるであろう．　そこで本報告では有機系木質による土壌改良の施工を通じた特質を研究しその効果をまとめたものである．

キーワード：杉と檜の繊維，保水性，土壌改良，気相率，透水係数，防塵効果，排水効果の改善
(IGC：C07, D10, K06, K13)

1.　はじめに

学校広場，運動施設等多くの人間に長い間使われてきたこれらの公共施設は，運動による踏圧や自然転圧により完成時点での優れた効果が失われつつある．

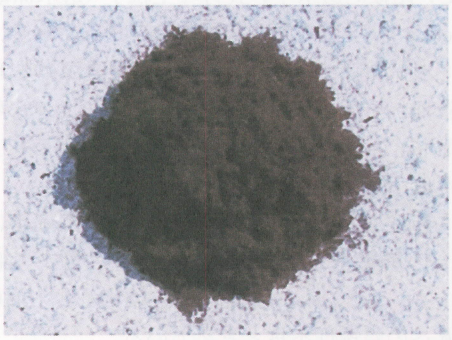
効果を持続させるためには，多額の経費が毎年必要となり，施設管理者を悩ませている．運動施設は自然環境などによる天候・気象に常時影響を受けるため，施設管理者および利用者にとって施設のコンディションは重要となる．また近年，砂埃や臭いが施設利用者以外の近隣住民や通行人から苦情を受け，彼らに不愉快な生活を強いている．

そこで杉・檜の樹皮繊維が腐植化しにくい点に着目して，天然樹皮繊維を用いた土壌改良(材)工法を開発し，現場施工を行なった．本論文は工法および現場施工結果について述べる．

2．杉と檜の樹皮繊維の特徴

この杉・檜の樹皮繊維の特徴を列記すると以下のようになる．

1：不朽性に富む（炭素率 C/N が高く，バーク堆肥のように早期にセルロースが分解し糖を生成しないので長期間作用が持続する）．
2：殺菌作用がある（雑菌を死滅させる効果がある）．
3：繊維質のため非常に軽く，細土粒子を繊維質に巻き込み一体化しやすい．
4：保水性に富む（散水コストが比較的安い）．
5：保温性に優れている（特に植物の年間休眠期間が少ないため成長が早い）．
6：保肥性に富む（繊維に巻き込むため肥料の流出が少ない）．
7：無臭の純天然リサイクル品である（循環型天然資材としてゼロエミッション）．



写真－１　特殊天然樹皮の繊維

写真－１は特殊天然樹皮の繊維で，杉・檜の樹皮のみを繊維状に製造し，互いに絡み合った状態のものである。

3．グランドの泥濘化と乾燥砂塵

ほとんどの学校グランド施設は写真－２に示すように雨天時の排水不良により表面の雨水が停滞化する傾向にある．これにより土壌特有の泥濘化や乾燥時期の砂塵が発生，グランドの使用制限や利用者を含めた近隣施設への環境悪化を招いている（写真－３）．これらを解決するための具体的実施事例とその結果を検討した．

①排水不良

写真－２　雨の日のグランド表面

写真－３　水はけが非常に悪く乾燥砂塵がひどい，乾燥時のグランド砂塵

運動施設や運動競技場などでは従来造成基面に暗渠排水を施し，比較的透水率の良好な土粒子（透水係数 k＝1×10^{-4} cm/s 以下）の２～３層構造を用いている．しかしながら長い間の利用中の整備不良や財源難を理由に十分な管理ができず，グランド表面に薄いシルト物質が堆積，雨水と共に泥濘化によりさらにそのグランドの透水機能が低下をしていく傾向にある．

これらは長期間にわたる利用者の踏圧や雨水による練り返しの影響でグランド表面上に厚さ数ミリ程度の微粒子土（シルト分）が集積および堆積し，下部構造の暗渠排水への浸透性不良と考えている．

②泥濘化

この表面上の厚さ数ミリの微粒子土（シルト）が堆積し，雨水と乾燥の練り返しによりグランド表面に利用者

写真－４　石灰岩ダストと塩化カルシュウムによる被害

写真－５　写真－４の一部を拡大

の足跡や轍ができ写真－２のような状態となる．

写真－４及び５は，乾燥防止を図るためグランドに塩化カルシュウムを散布した結果，グランド表面に波形状の凹凸が生じた事例を示している．

一般的にグランド施設では，塩化カルシュウムと石灰岩ダストを用いられることによって化学的固化が発生する多くの被害事例である．

４．天然樹皮を用いたグランド改良工事

上述のグランドにおける改善策の一環として，天然樹皮を現状土に攪拌混入して適度な転圧締め固めを行った後，

手順－①　路床工･･･計画高に合わせ，路床面の不陸整正を行う．

手順―②　土壌耕起工･･･現況土を土壌粒子が10ｍｍ以内になるまで解す．

写真－６　工事手順（その１）

手順―③　土壌耕起工･･･計画高に合わせ掘起し土を整正.

手順―④　計画面積に合せて樹皮材料を配袋する.

手順―⑤人力により改良区域に敷き広げる.

手順―⑥　トラクター（10 トン級）にて現況土壌と攪拌混合を行なう.

手順―⑦　テーラー(地均し機械)にて不陸整正を行う.

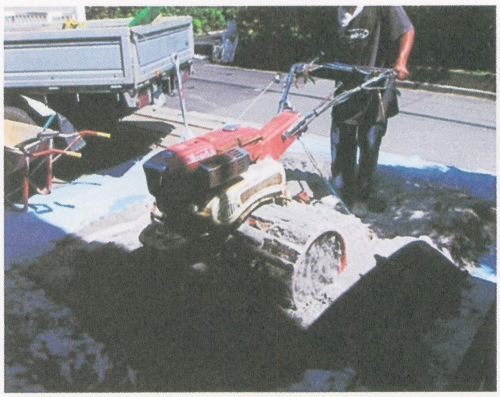
手順―⑧　転圧作業･･･２～４トンローラーにて転圧.

手順―⑨　不陸整正転圧･･･必要に応じて背後にアングルにて不陸をとる.

手順―⑩　表面処理工･･･仕上げ転圧(0.6 トンローラー).

写真－7　工事手順（その２）

手順―⑪　表面材料･･･化粧砂と有機系保湿抑制剤製造.



手順－⑫　攪拌混合作業･･･テーラーの籠車輪により攪拌混合.

手順―⑬　材料配布･･･小型運搬車にて配布

手順―⑭　人力散布.

手順－⑮　最終仕上げ･･･コートローラーによる仕上げ作業.

写真－８　工事手順（その３）

完成･･･左の人間の位置より右側の菱形が改良区域.

写真－９　部分改良後のグランド全景

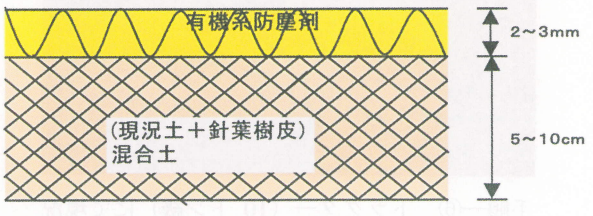
砂塵防止のためにさらに表面散布剤を施した.

写真－６～写真－８に工事手順を示す. 写真－９に部分改良後のグランド全景を示す.

５. 構造断面

図－１に土壌改良法の構造断面図を示す. 現状土の表面を 5～10cm 耕起攪拌（写真－６手順－①）し，その土壌に針葉樹皮の繊維を混入させる（写真－６手順－③，写真－７手順－⑤，⑥）. この作業を往復 7～8 回縦横に繰り返すことによって土壌の中の細粒子が繊維質に絡み合い，埃が飛散しにくい地表面が形成される.

また繊維自身の気相率（巻末補足参照）は自然状態で 30%であり，針葉樹皮の混入によって土中の気相率も混入



図－1　模式的構造断面図

前の6～7%が16～17%に向上し，排水性のよい表面土壌に改善される．
特に運動施設における表面硬度が改善されることによって利用者にとって膝関節や腰への負担も軽減される．

6．効果の確認

表－1はプロクターニードル(PN値)試験結果を示す．（＊補足2）による物性の比較を完成からほぼ一年間，プロクターニードル試験を実施した．測点箇所は1,000 ㎡に3箇所とりその平均値とした．これらの結果から土壌改良前後の硬度比較は施工直後に比べ一年間で約半分となった．さらに透水係数は100倍に改善された．表－2は改良区域と未改良区域の物性比較である．

表-1　PN値測定結果

	単位	施工前	施工後	施工3ヶ月	施工1年後
改良区域	Lbs	126	21	70	78
未改良区域	Lbs	130	130	130	130

表－2　物性比較

	改良区域	未改良区域	概要
施工1年後の透水係数（cm/sec）	3.6 × 10^{-4}	2.7 × 10^{-6}	室内実験による
1年後の流亡率（%）	4.1	43	1 ㎡の表層重量変化率で表示
施工6ヶ月後の保湿系防塵材残留度	58	1.2	施工直後を100とし、その残留度
泥濘化度（霜柱の発生）	優良	否	学校側からのヒアリング
防塵判定	優良	否	学校側からのヒアリング

7．土壌改良結果

針葉樹皮を用いた土壌改良は従来の無機系化合物に比べ施工例は少ない．また，有機系物質は腐植，腐敗および堆肥化すると考えられており，その使用については慎重論が大きかった．

しかしながらこの針葉樹皮は炭素率（炭素／窒素の比率）がバーク堆肥やピートモスに比べ１０～２０倍と大きな値（表－3）であり，強い殺菌力を伴うために長期にわたり堆肥化しにくい性質を持っている．

したがって土壌中に混入されたこの改良技法は長期にわたり存置されることになるが，表面上に散布された混入

表－3　有機系物質の堆肥化の一例

	炭素率（C/N）	堆肥化の度合
杉・檜樹皮	88~165	殆ど堆肥化しない
ピートモス	7~16	除々に堆肥化（3～20ヶ月）
油カス	3~6.5	容易に堆肥化（3～10日）

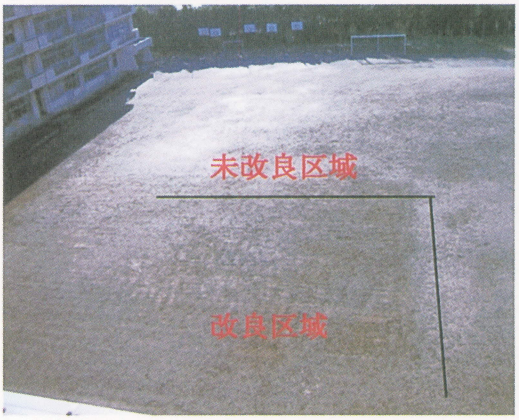
土は使用状況の程度によっては材料の消滅が考えられる．

なお，砂塵の定量的数値把握は行っていない．表－2に示すように，利用者となる学校側のヒアリングを行ったところ，改良区域は未改良区域とくらべ高い評価を受けた．

針葉樹皮は不朽性のため変質しにくく，土壌に絡み合った繊維質を保ちながら殆どが存置する．

さらに今回，利用者の意見を集約し施工前に比べ，冬季の霜柱が少なくなりグランドの活用時間が長くなったということである（写真－10）．

写真－10は，降雨後3時間経過の改良区域と未改良区域のグランド状態を示している，朝日により表面排水が悪い区域と未改良区域は霜柱のために朝日の光線を受け光っているところがみられる．



写真－10　グランドの泥濘化と排水改良
(左前が改良区域)

8．まとめ

杉・檜の樹皮繊維が腐植化しにくい点に着目し，天然樹皮繊維を用いた土壌改良（材)工法の現場試験を実施し，土壌改良結果について調べた．以下その要点を示す．

（1）グランドの表面土壌の硬度は改良前に比べ柔らかくなった．これは土壌に繊維質が混入し土壌の粒子構造を人工的に変化させ，密度試験で言われる低密度になった結果，PN貫入抵抗値が小さくなったためである．

（2）本工法を施工することにより，柔らかい土壌となり含水飽和と同時に気飽和状態が改良以前に比べ高くなった．

（3）本工法を施工することにより，透水係数が二桁大きくなって透水性が向上し，大変水はけの良い状態となった．

謝辞

本書をまとめるにあたり，株式会社　ジャパン緑化　技術部および大林環境技術研究所の方々に多大な資料提供をしていただきましたことに深い感謝をいたします．

参考文献

1）（財）日本体育施設協会：屋外体育施設の建設指針，p. 202，1999.
2）㈱ジャパン緑化：技術研修テキスト，pp. 4-14，2002.

（補足）

1）気相率

土壌中の気体・液体・固体の三相を百分率表示した中から気体の絶対容積率のこと（三相分布）．

2）プロクターニードル試験

当試験は土の貫入抵抗値（Lbs）を測定し，土の固さの評価を求めるものである．試験方法は貫入針直径φ6.5mm，貫入速度1 inch/10secにおける抵抗値（Lbs）で示す．以下は競技種目による貫入抵抗標準値（Lbs）がある（屋外体育施設建設指針）．

屋外体育施設の建設指針
クレイグランドのプロクターニードル貫入抵抗標準値
（クレイ舗装）

体育施設	単位	貫入抵抗値	摘要
陸上競技場	Lbs	50　～110	トラック及び助走路
野球場	Lbs	30～80	芝生舗装を除く
多目的運動場	Lbs	50～90	芝生舗装を除く
校庭（学校運動場）	Lbs	50～90	
テニスコート	Lbs	40　～110	
サッカー場	Lbs	30～80	芝生舗装を除く

財団法人　　日本体育施設協会編