

高含水比建設泥土のボンテラン工法での リサイクル改良 (のり面緑化・屋上緑化・未分解チップ編)



所属名: (社) 広島県建設工業協会
(株) 砂原組
発表者: 大内 甲一

1. ボンテランとは

近年、循環型社会の構築を目的として、様々な廃棄物の再資源化・有効利用が注目されている。建設汚泥も同様に再資源化が望まれている。年間1,000万トン程度の建設汚泥が排出されているにもかかわらず、建設汚泥のリサイクル率は低く、ごく一部再利用されるものを除き、大部分は産業廃棄物である「汚泥」として中間処理施設で脱水処理を施すか、あるいは直接最終処分場に持ち込まれている。

建設汚泥は高含水比状態を呈し、本来地盤を形づくっていた土が建設工事の過程で泥状となった場合が多く、有害物質などを含有する例は極めて希である。ボンテラン工法は高含水比状態の汚泥にボンファイバー（古紙破砕物）、水溶性ポリマー及び助剤を添加し、緑化基盤材や盛土材にリサイクルする工法である。本工法で使用する水溶性ポリマー、助剤は、地球環境に負荷を与えないことが既に確認されており、また古紙に使用されているインキも、近年では、植物油を用いた環境に優しい「エコインキ」が開発され、既に使用されており、このインキも毒性が無い。

本論文では、緑化基盤材に再利用する場合の処理土の特徴について報告する。

2. 緑化基盤材の生成方法

ボンテラン工法の改良原理を以下に示す。

高含水比泥土は、図-2.1(A)に示されるように土粒子が自由水の中で自由に動き回れる状態であるため、若干の降伏応力を持っているが、流体としての挙動を示す。

この状態の高含水比泥土に吸水性の高い新聞古紙であるボンファイバーを混入すると、図-2.1(B)に示すように土粒子の周りの自由水が繊維質物質に吸水され、見かけの含水比が低下する。

さらに水溶性ポリマーを添加し、攪拌すると図-2.1(C)に示すように高分子が溶解し、土粒子の表面に吸着する。土粒子間の架橋・吸着効果により団粒化構造の中に自由水を封じ込め、流動性を失わせ団粒状態となる。

助剤を混合し、攪拌機により泥土を攪拌してせん断を与えると、土粒子が団粒化して保水性の高い土砂が生成される。

改良土は再資源化工場において含水比調整、解砕を行い緑化基盤材の製品となる。

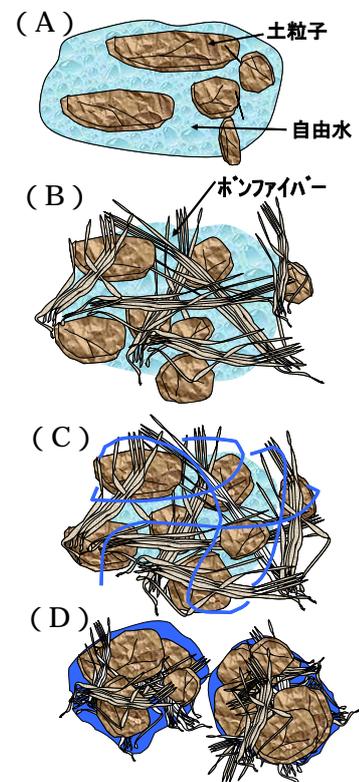


図-2.1 ボンテラン工法の改良原理

以上の工程により、高含水比泥土がボンテラン緑化基盤材として再資源化される。現在、再資源化工場は全国で4箇所稼働しており、13箇所において計画している。

3. 緑化基盤材の性能

ボンテラン工法により改良することで植物の生育に必要とされる以下の性能を有した緑化基盤材としてリサイクル可能である。

3.1 有効水分保持量

土には、付着水(土の粒子に付着した水)、重力水(土粒子の隙間を流れる水)、毛管水(土の中の毛管孔隙中に保持される水)の3種類があり、植物は主として毛管水を吸収します。ボンテラン緑化基盤材はpF1.8~3.5の範囲において1立方メートル中355と非常に多くの水分を保持できる。その数値は自然土壌や緑化専用製造された土壌の数倍の保水性を有している。そのために給水の困難な公共施設等の緑化基盤材として再資源化を可能にした。

3.2 固相率

固相率とは、土壌を構成する固相(土壌粒子)、液相(水分)、気相(空気)のいわゆる土壌三相のうち、固相の容積率を示したものである。土壌は土壌粒子と水と空気から構成されるが、植物は水はけが良く、通気性の良い土壌にて良好に生育することが出来る。ボンテラン緑化基盤材の団粒化した土は固相率が低く、透水性、通気性にも優れた「良い土」となり、緑化基盤材としての条件を満たしている。

3.3 塩基置換容量

一般に地力が高い土とは土壌に施用された肥料成分が雨水、灌漑水によって流出せずに保持される土であり、これを塩基置換容量(CEC)で表す。塩基置換容量とは交換性陽イオンの最大量であり、CECが大きいとイオン化した肥料成分が雨水により流出しづらくなり、保肥能力が高い事を示す。

ボンテラン改良土壌はCECが高く肥料効果が持続する為に、施肥の回数・量を減らすことができ、管理が容易になる。

表 - 3.1 ボンテラン緑化基盤材の性能

	ボンテラン 緑化基盤材	A社 生チップと現地発 生土基盤材	B社 堆肥化チップ 基盤材	C社 屋上緑化用 基盤材	自然土壌 (黒ボク土)
有効水分保持量 (pF1.8~3.0) 80ℓ/m ³ 以上※1	355	50ℓ/m ³ 以上	189	147	80
固相率 30%以下※2 固相:液相:気相	11:39:50	33:18:49	32:44:24	24:30:46	固相率46※4
塩基置換容量 CEC値 6me/100g以上※3	9.3	10.0	—	—	0.8~4※5

- 1 独立行政法人 都市再生機構工事共通仕様書
平成12年度日本道路公団試験所報告 2000.11 vol.37 P126
既存工法の生育基盤材の平均値pF1.8~3.0で80 ℓ/m³
- 2 社団法人日本道路協会 道路緑化技術基準・同解説 P309~310
- 3 社団法人日本道路協会 道路緑化技術基準・同解説 P318
- 4 園芸用語の基礎知識
- 5 財団法人 東京大学出版 土壌物理環境測定法 P141

3.4 保水性の高さから良好な生育

国土交通省東北地方整備局新庄工事事務所発注の H12 年度横山特殊堤修景工事環境整備その他工事において、ボンテラン緑化基盤材の優れた性能から良好な生育を確認した。その工事は園芸業者でも難しいと言ったほどで、給水を行わずに8月にヘデラとナ

ツツタを植える工事であった。一般緑化土（樹皮堆肥 2：珪藻土焼成粒 2：山砂 6）で施工したほうは2ヶ月で枯死状態になってしまったが、ポンテラン緑化基盤材で植栽したヘデラ、ナツツタは良好に生育した。保水性の高さにより降雨のみで植物が必要とする水分を保持できていたためである。



3.5 その他施工例



4. 屋上緑化用軽量土壌にリサイクル

廃棄物として処分されている浄水発生土をポンテラン工法で改良することにより、更なる軽量性、抜群の保水性を有する屋上緑化用軽量土壌の製品化（ポンテラン軽量土壌）に成功した。浄水発生土の処分には高圧脱水機、加熱乾燥機等の大型施設により処分されることが多く、その初期投資は膨大なものとなっている。ポンテラン工法では大掛かりな設備を必要とせず貯水槽とバックホウで施工可能であるメリットが大きい。屋上緑化は都市のヒートアイランド現象の緩和、心理的効果など様々な効果が期待される。

屋上緑化基盤材の規格・性能指針は国土交通省都市局公園緑地課 推薦，財団法人 都市緑化技術開発機構 編集の「屋上・壁面緑化技術のてびき」に準拠した。

4.1 抜群の保水性

屋上緑化では地下からの水分補給がない厳しい条件下のもとで緑化を成立させるために，保水力が非常に重要である。ボンテラン軽量土壌は極めて高い保水力を有している。

4.2 優れた軽量性

屋上緑化では積載荷重が制限されるために軽量な土壌が求められる。ボンテラン軽量土壌は湿潤時重量で 0.68 であり，軽量性に優れている。

表 - 4.2 屋上緑化用軽量土壌の性能比較

	湿潤時重量		有効水分量	
	(比重)	目安	(l/m^3)	目安
ボンテラン軽量土壌	0.68	軽量	324	大
他社人工土壌A	0.80	軽量	100 ($pF1.8\sim3.0$)	標準
他社人工土壌B	0.82	軽量	210	大
自然土壌(参考)	1.60	—	80	—

・湿潤時重量
土壌は湿潤時に重量が重くなることから、土壌重量・積載荷重算出のための $pF1.5$ での比重
(湿潤時の比重 1.0 以下の土壌を「軽量」、0.6 以下の土壌を「超軽量」と呼称する)
・有効水分量
土壌の保水性を示し、下層地盤からの水の吸引がないことにより $pF1.5$ からとし、植物の初期しおれ点である $pF3.8$ までを測定する。
($pF1.5\sim pF3.8$ の範囲で $200 /m^3$ を超えるものを「大」、 $100\sim 200 /m^3$ を「標準」とする)

規格、性能指針：国土交通省都市局公園緑地課、(財)都市緑化技術開発機構に準拠

4.3 屋上緑化施工例

工事名：広島市庁舎屋上緑化 平成17年6月 完成



工事名：大分市庁舎屋上緑化 平成16年11月 完成



5. 未分解チップとボンテラン混合のり面緑化工法の提案

現在，道路改良工事や造成工事等から発生する伐採材(小径木や抜根材、枝葉など)は再利用が困難なため，産業廃棄物に指定されている。これら伐採材の産業廃棄物としての処分費は大きな負担となり，産業廃棄物の不法投棄につながるものとして，危惧されている。平成15年4月に千葉県において不法投棄された建設発生木材の破砕物が自然発火を起こすなど社会問題となった。



写真 - 5.1 未分解チップ堆積状況

小径木や抜根材、枝葉を発生現場でチップ化し、高品質な植生を維持する事は、まさに建設現場のゼロエミッションの達成に貢献できるものと考えます。

5.1 未分解チップ施用の問題点

伐採材を粉碎した未分解チップを厚層基材吹付工等の緑化基盤材に利用した場合、以下の理由により生育が阻害されると言われている。ボンテラン工法では問題点を解決し、植生基盤に再利用可能とした。

5.1.1 窒素飢餓の問題

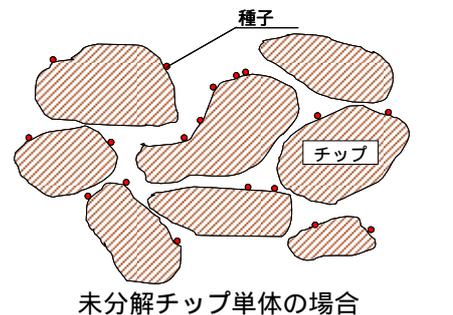
伐採材チップを植生基材吹付工の基盤材として有効利用する場合、未分解生チップを分解する微生物と植物による窒素の奪い合いが起き、土壌内の窒素が不足して植物が生育障害を起こす。ボンテラン工法では他工法文献調査、試験施工の実施、現場施工を実施し、肥料を効果的に配合することにより問題を解決した。

5.1.2 乾燥害の恐れ

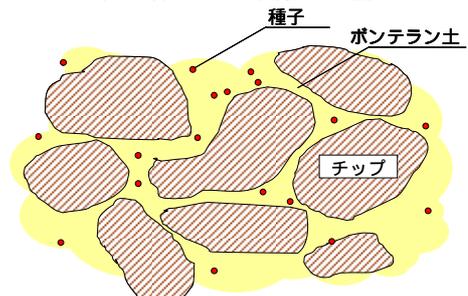
未分解チップは微生物によって分解され熱エネルギーが発生する。つまり未分解チップを多量に施用すると乾燥害をもたらす恐れがある。ボンテラン工法では未分解チップの間隙にボンテラン緑化基盤材が入り、図 5.1 に示すように乾燥した未分解チップを覆うように保水性の優れたボンテランが存在し適度な水分を保持することにより、種子の発芽、土壌微生物の繁殖に快適な環境を作り出す。

5.1.3 フェノール酸による生育阻害

未分解チップが微生物によって分解される過程でフェノール酸という作物生育阻害物質を溶出させる。フェノール酸が蓄積するのは新鮮有機物(未分解チップ)のごく近くに限定され、その害は根の接触部分で表れる。ボンテラン緑化基盤材が混入されることで、種子がチップに直接接触する可能性が低くなりフェノール酸の影響を受けにくくなる。



未分解チップ単体の場合



未分解チップ+ボンテラン土の場合

図 - 5.1 未分解チップとボンテラン混合改良のイメージ

5.2 未分解チップを用いたボンテラン混合のり面緑化施工例



工事名：
平成16～19年度 赤砂第八砂防えん堤工事
発注者：
国土交通省 東北地方整備局 新庄河川事務所
施工時期：
平成18年6月～平成18年6月（吹付期間）
工事概要：
t=3cm(A=273m²) t=5cm(A=744m²) 勾配i=1:0.5(岩盤)



5.3 従来工法（バーク堆肥）との経済比較

厚層基材吹付工(t=5cm)での1,000m²あたりの材工（直接工事費）について、従来工法（バーク堆肥）とボンテラン混合基盤材（チップ材75%+ボンテラン土25%及びチップ材50%+ボンテラン土50%）を用いた場合の3種類について経済比較を行った結果を以下に示す。従来の厚層基材吹付工と比較し、チップ材を使用することで十分に安くなる。従来工法では建設発生木材を廃棄物処分しなければならずコストが更に掛かるが、未分解チップを用いたボンテラン混合緑化工法ではチップ破碎費用を考慮しても十分に安くなることが分かる。

表 - 5.1 従来工法（バーク堆肥）との経済比較

工種	従来工法	ボンテラン混合工法		ボンテラン混合工法	
		チップ75%	ボンテラン25%	チップ50%	ボンテラン50%
ラス張工	¥1,350,000-(@1,350)	¥1,350,000-(@1,350)		¥1,350,000-(@1,350)	
吹付工	¥2,750,000-(@2,750)	¥1,961,000-(@1,961)		¥2,461,000-(@2,461)	
小計	¥4,100,000-(@4,100)	¥3,311,000-(@3,311)		¥3,811,000-(@3,811)	
支障木処分(積込み)	¥12,825-(@171)	—————		—————	
支障木処分(運搬L=35km)	¥176,925-(@2,359)	—————		—————	
支障木処分(処分費)	¥1,050,000-(@14,000)	—————		—————	
チップ破碎費用(現地破碎)	—————	¥375,000-(@5,000)		¥250,000-(@5,000)	
合計	¥5,339,750-(@5,340)	¥3,686,000-(@3,686)		¥4,061,000-(@4,061)	

5.4 未分解チップとボンテラン混合のり面緑化工法の特徴

未分解チップとボンテラン混合のり面緑化工法の特徴を以下に示す。

- 現地で発生する抜根・枝葉・伐採材のチップと建設汚泥リサイクル土を有効利用するゼロエミッション型工法である。
- ボンテラン土の特徴である繊維質改良土の繊維と伐採材のチップが複雑にからみ合った基盤が生成され、降雨による侵食がほとんどない。
- チップ材の長さを30mm程度に粉碎することで、従来のモルタル吹付機での施工が可能となる。
- 植生基盤吹付工における従来工法と比べ、大幅なコスト縮減が可能となる。