

R C 抗菌性樹皮纖維緑化工法
基盤材の吹付厚さに関する検討書

平成 18 年 12 月
全国 CC 緑化協会
053-439-0909

大阪市福島区福島 1-5-16
TEL06-6455-8711 FAX 06-6455-8661

近畿 CC 緑化協会

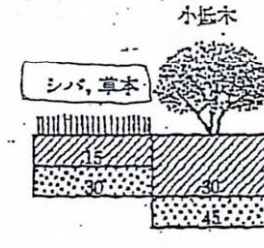
1. 基本的な考え方

一般にシバ（芝）や草木の生存に必要な土層厚さは最小値として15cmとされている。

下記資料

表-7 植物に必要な土層の最小厚さ (新田)

区分	生存最小厚さ	生育最小厚さ
シバ、草本	15cm	30cm
小低木	30cm	45cm
大低木	45cm	60cm
浅根性高木	60cm	90cm
深根性高木	90cm	150cm



出典「有機質素厚層基材吹付工技術資料」
(日本法面緑化技術協会)

「造園施工管理技術編」
(社) 日本公園緑地協会)

いま、法面に植生基材を吹き付けて緑化させる場合も同様に、この最小生存厚さ15cmを対象とする。これは、シバ、草木の根張り厚さ及び生存に必要な保水量が保持されるための最小厚さとするものである。

RC抗菌性樹皮繊維緑化工法（以下「RC工法」という）においては、RC工法の「技術・積算マニュアル」に記載しているが、吹き付け厚さの決定要因は、①法面の勾配②年間降雨量③法面の硬度によるものとしている。

このうち、今般の検討すべき事項は **③法面の硬度** による厚さ決定の考え方とする。

なお、同マニュアルには下記のような法面の硬度と吹付厚さの関係を示している。

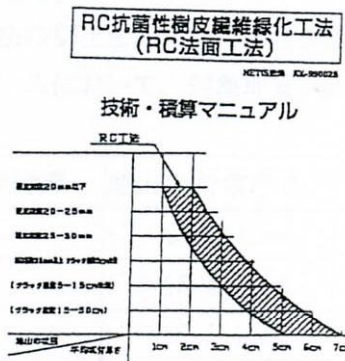


図-4.2 地山の状態と平均吹付厚さ

法面の土壌硬度分類に対し、大幅な分類として①土砂 ②軟岩Ⅰ ③軟岩Ⅱ ④中硬岩（硬岩）の4種にする。

これらの土質分類に対し、吹き付ける植生基材の適正な厚さを検討する。

本検討の基本的な考えは、前述した生存に必要な土層厚さ15cm（吹き付け厚さを含む）

の中の有効水分保持量を常に確保するものとし、一般的な土砂が保持する有効水分保持量と同等以上の有効水分保持を可能とするものである。

2. 最小土層厚さ $t=15\text{cm}$ の有効水分保持量

一般的な植栽の基盤材として用いられる山砂の有効水分保持量(※1)は、PF1.8~3.0(※2)(日本造園学会)の間に含まれる水分量によることから、下記のようになる。

PF1.8における体積含水率18%= 180l/m^3

PF3.0における体積含水率11%= 110l/m^3

よって、山砂の有効水分保持量は、 $180-110=70\text{l/m}^3$ となる。

※1 有効水分保持量：PF1.8~3.0 植物が利用できる即ち主要根系群域の易水分保持機能ともいえる(資料1参照)。

※2 PF：土壌孔隙が水を保持している力を水柱に換算して自然対数で表したもの(資料-2参照)

したがって、厚さ15cmの植栽基盤の有効水分保持量は、

$$70\text{l/m}^3 \times 0.15\text{m} = \underline{10.5\text{l/m}^2}$$

3. RC工法の各土質毎の吹付厚さの検討

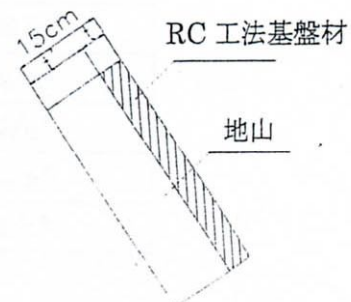
3-1 対象土層厚さ

前述の通り、一般的な植生基盤15cmの場合、有効水分保持量 10.5l/m^2 以上であれば植生基盤としての保水能力が確保できる。

いま、RC工法に使用される植生基盤材(HISソイル)の有効水分保持量は、 166.7l/m^3 (資料-3参照)である。

したがって、RC工法の切土法面の吹付厚さを通例は $t=3, 4, 5\text{cm}$ としているが、この場合の各吹付毎のケースにおいて、対象地質が必要とする水分保持量を算出する。

	RC工法の吹付厚	地山の対象厚さ
①	$t=3\text{cm}$	$t'=15-3=12\text{cm}$
②	$t=4\text{cm}$	$t'=15-4=11\text{cm}$
③	$t=5\text{cm}$	$t'=15-5=10\text{cm}$
④	$t=6\text{cm}$	$t'=15-6=9\text{cm}$
⑤	$t=7\text{cm}$	$t'=15-7=8\text{cm}$



3-2 対象土層に必要な有効水分保持量

R C工法に使用される植生基盤 (H I Sソイル) の有効水分保持量は、 166.7 l/m^3 (資料-3参照) であるため、各吹付厚における 1 m^2 当たりの有効水分保持量は下記の通りである。

- ① $t=3\text{cm}$ $166.7 \times 0.03 = 5.0 \text{ l/m}^2$
- ② $t=4\text{cm}$ $166.7 \times 0.04 = 6.7 \text{ l/m}^2$
- ③ $t=5\text{cm}$ $166.7 \times 0.05 = 8.3 \text{ l/m}^2$
- ④ $t=6\text{cm}$ $166.7 \times 0.06 = 10.0 \text{ l/m}^2$
- ⑤ $t=7\text{cm}$ $166.7 \times 0.07 = 11.7 \text{ l/m}^2$

したがって、2の検討結果から、 1 m^2 あたり 10.5 l/m^2 となる草木の生存に必要な有効水分保持量を確保するには、地山の対象土層に求められる有効水分保持量を次に検討する。

- ① 吹付厚さ3cm 地山厚さ12cm $\rightarrow 10.5 - 5.0 = 5.5 \text{ l/m}^2$
 - ② 吹付厚さ4cm 地山厚さ11cm $\rightarrow 10.5 - 6.7 = 3.8 \text{ l/m}^2$
 - ③ 吹付厚さ5cm 地山厚さ10cm $\rightarrow 10.5 - 8.3 = 2.2 \text{ l/m}^2$
 - ④ 吹付厚さ6cm 地山厚さ9cm $\rightarrow 10.5 - 10.0 = 0.5 \text{ l/m}^2$
 - ⑤ 吹付厚さ7cm 地山厚さ8cm $\rightarrow 10.5 < 11.7 \text{ l/m}^2$ となる故吹付厚さ分にて確保される。
- 各々の地山の対象土層に求められる 1 m^3 当たりの有効水分保持量を次に検討する

3-3 土質による有効水分保持量

礫分と細土部分との構成比の違いによる混合土の有効水分保持量を下表に示す。
なお、細土とは2mm以下の細かい粒径のものを言う (参考資料-5参照)。

礫分 (有効水分 0 l/m^3)	細土部分 (SL: 砂壤土程度) (有効水分 90 l/m^3)	
$0\% \times 0 \text{ l/m}^3 = 0 \text{ l/m}^3$	$100\% \times 90 \text{ l/m}^3 = 90 \text{ l/m}^3$	
$10\% \times 0 \text{ l/m}^3 = 0 \text{ l/m}^3$	$90\% \times 90 \text{ l/m}^3 = 81 \text{ l/m}^3$	
$20\% \times 0 \text{ l/m}^3 = 0 \text{ l/m}^3$	$80\% \times 90 \text{ l/m}^3 = 72 \text{ l/m}^3$	
$30\% \times 0 \text{ l/m}^3 = 0 \text{ l/m}^3$	$70\% \times 90 \text{ l/m}^3 = 63 \text{ l/m}^3$	
$40\% \times 0 \text{ l/m}^3 = 0 \text{ l/m}^3$	$60\% \times 90 \text{ l/m}^3 = 54 \text{ l/m}^3$	
$50\% \times 0 \text{ l/m}^3 = 0 \text{ l/m}^3$	$50\% \times 90 \text{ l/m}^3 = 45 \text{ l/m}^3$ ◎	↑ 土砂
$60\% \times 0 \text{ l/m}^3 = 0 \text{ l/m}^3$	$40\% \times 90 \text{ l/m}^3 = 36 \text{ l/m}^3$	↑ 軟岩 I
$70\% \times 0 \text{ l/m}^3 = 0 \text{ l/m}^3$	$30\% \times 90 \text{ l/m}^3 = 27 \text{ l/m}^3$	↑ 軟岩 II
$80\% \times 0 \text{ l/m}^3 = 0 \text{ l/m}^3$	$20\% \times 90 \text{ l/m}^3 = 18 \text{ l/m}^3$	
$90\% \times 0 \text{ l/m}^3 = 0 \text{ l/m}^3$	$10\% \times 90 \text{ l/m}^3 = 9 \text{ l/m}^3$	

各種土質の土壌分析を行った結果から、大分類として土砂、軟岩Ⅰ、軟岩Ⅱ、中硬岩（硬岩）とした。

土砂は、資料-4に示したように、マサ土の客土用材料における品質基準として、礫含有率は50%以下となっている。したがって、土砂は45ℓ/m³以上の有効水分保持量が必要となる（◎部分）。中硬岩中には、有効水分保持量はないものとする。

軟岩の分類としては保水量としての区分は基本的にないが、細土部分の率が30%以上を軟岩Ⅰ、30%以下を軟岩Ⅱと位置づけるものとする。

したがって、各土質毎の有効水分保持量の範囲は下表のようになる。

土質	有効水分保持量	細土部分の率
土砂	45～70ℓ/m ³	50%以上
軟岩Ⅰ	27～45ℓ/m ³	30～50%
軟岩Ⅱ	0～27ℓ/m ³	0～30%
中硬岩	0 ℓ/m ³	0%

4. 吹付厚さと地山土質との関係

土砂、軟岩Ⅰ、軟岩Ⅱ、中硬岩（硬岩）には、土壌の粒径組成等の違いがあり、単純でないが、概ね吹付厚さとの関係は下記のとおりとなる。

	RC工法 吹付厚さ	地山対象厚の必要 有効水分保持量	土質及び 有効水分の範囲	
①	3 cm	46ℓ/m ³	45～70ℓ/m ³	土砂
②	4 cm	35ℓ/m ³	27～45ℓ/m ³	軟岩Ⅰ
③	5 cm	22ℓ/m ³	0～27ℓ/m ³	軟岩Ⅱ
④	6 cm	6ℓ/m ³		
⑤	7 cm	0	0	中硬岩

- ① 地山対象厚さ12cm $5.5 \div 0.12 = 46\ell/m^3$
- ② 地山対象厚さ11cm $3.8 \div 0.11 = 35\ell/m^3$
- ③ 地山対象厚さ10cm $2.2 \div 0.10 = 22\ell/m^3$
- ④ 地山対象厚さ9cm $0.5 \div 0.09 = 6\ell/m^3$
- ⑤ 地山対象厚さ8cm RC基盤材だけでOK

RC抗菌性樹皮繊維(吹付材)と従来工法(厚層基材吹付工法)の植生基盤材との比較

1. 比較する性能
有効水分保持量をもとに法面緑化植生基盤材としての吹付厚さの比較を行う。
2. 従来厚層基材吹付工法の基盤材の性能
一般に同上の基盤材の平均的な材料は有効水分保持量が136.9L/m³となっている。
3. RC抗菌性樹皮繊維緑化工法の基盤材の性能
遠心法によって測定した同上の基盤材の有効水分保持量は184.8L/m³であった(試験成績参照)。
この結果から、従来バークと**RC**バークの性能は以下の通りである。

		従来バーク	RCバーク
有効水分保持量		136.9 L/m ³	184.8 L/m ³
吹付厚さ	3cmの保持量	4.1 L/m ²	5.54 L/m ²
	4cmの保持量	5.48 L/m ²	7.39 L/m ²
	5cmの保持量	6.85 L/m ²	9.24 L/m ²
	6cmの保持量	8.21 L/m ²	11.09 L/m ²
	7cmの保持量	9.58 L/m ²	12.94 L/m ²

[III - 3] 有効水分保持量

土壌水分は様々な力で土壌粒子に吸着されており、

降雨などで土壌に大量の水が加わると、まず余剰水の大部分が大孔隙を通過して、排除されることとなりますが、その後も毛管水による水の移動は続きます。

この水の移動が殆ど停止した状態の表層の水分量を圃場容水量と言い、この時のPF値は1.5程度となっております。

降水がない時、蒸発などによって土壌中の水分の減少が続くと終に植物が萎れるに至ることになります。

この時の水分点を萎凋点と言い、この時のPF値は4.2程度となります。

このPF値1.5～4.2の間に含まれる水分量を、有効水分保持量と言います。

有効水分保持量は、植物が利用できる即ち主要根系群域の易水分保持能とも言えます。

農学会や土壌肥料学会では、このPF値1.5～4.2を採用しておりますが、

日本造園学会ではPF値1.8～3.0を採用しているようです。

このPF値とは、土壌水が土壌粒子に吸着されている強さを示す数値で、水柱の高さ(cm)の対数で表します。

この関係を表したものを、次の(表-11)に示すこととします。

PF値	相当する気圧	水柱の高さ	備考
0.3	0.002	2.0 cm	最大容水量(限界値)
1.0	0.01	10.0 cm	
1.5	0.031	31.6 cm	有 効 水 分 保 持 量
1.8	0.063	63.1 cm	圃場容水量
2.0	0.1	100.0 cm	
2.7	0.5	500.0 cm	水分等量点
3.0	1.0	1000.0 cm	
3.5	3.16	3160.0 cm	
4.2	15.0	15800.0 cm	萎 凋 点

(表-11)

有効水分保持量は単位容積当りの容積(l/m^3)で表し、 $80 l/m^3$ 以上は必要とされておりますが、むしろ、植物の主要根系群域の易水分保持能と考えた方が良く考えます。

ですから、緑地単位面積当たりの水分消失量(蒸発量・蒸散量・樹冠遮断量の合計)と、主要根系群域の容積あるいは有効土層厚との関連で、有効水分保持量を考える必要があります。

例えば、単位面積(クローネ面積)当たりの水分消失量は殆ど一定ですが、植栽帯の深さが浅い場合や、狭い場合には主要根系群域の容積が小さく、絶対的に水分量が不足することになります。

単位面積当たりの水分消失量(V)は気温(θ)と相関関係にあり、以下のKootenの計算式で求めます。

$$V(l/m^2 \cdot B) = \{0.1205 \times \theta(^{\circ}C)\} + 0.337$$

例えば、植栽基盤土壌の有効水分保持量が $80 l/m^3$ である場合、これは良好と判定されますが、植栽帯面積が $1m \times 1m = 1.0m^2$ 、有効土層厚 $0.4m$ の時、主要根系群域の容積は $0.4m^3$ となるので、主要根系群域中の水分量は、 $80 l/m^3 \times 0.4m = 32 l/m^2$ になります。

一方、日平均気温が $27^{\circ}C$ の時、計算式よりクローネ面積 $1m^2$ 当たり・一日の水分消失量は、 $(0.1205 \times 27) + 0.337 = 3.59 l$ になりますので、有効水分保持量は充分でも、降水のないときには、 $32 l/m^2 \div 3.59 l/B \cdot m^2 = 8.9$ 日で土壌水分は無くなることとなります。

一方、有効土層厚が $80cm$ あれば、 $80 l/m^3 \times 0.8m = 64 l/m^2$ となり、 $64 l/m^2 \div 3.59 l/B \cdot m^2 = 17.8$ 日は降水や灌水がなくても、土壌水分は確保されることとなります。

このようにしてみると、植物種による葉面からの蒸散量の違いを別として考えれば、有効土層厚の浅い低木や地衣類などが、高木に比べて乾燥に弱いということが分かると思います。

この水分消失までの日数は、通常の植栽基盤では毛管水の垂直移動によって、主要根系群域の更に $20cm$ 以上の下部からも水を供給できますので、実際はもう少し長くなります。

しかし、主要根系群域が下部から完全に遮断された人工地盤植栽帯などでは殆ど当てはまりません。ですから植栽基盤土壌の有効水分保持量の基準値は、有効土層厚に応じて設定する必要があります。

また有効水分保持量が大きくても、次に述べる飽和透水係数が劣る土壌では土壌表面で撥水し、土層内部に水が浸潤しませんので、結果的に保水性が劣ることとなります。

更に、熱帯降雨林並の密度で植栽した場合には、保水力以上に絶対的な降水量が不足となります。