各種屋上緑化基盤材の重量測定に関する標準化の検討

梶川昭則¹⁾・石原 晋²⁾・武田重昭³⁾・外崎公知⁴⁾・今井一隆⁴⁾・
内田伸二⁵⁾・大森僚次⁶⁾・尾関雄一郎⁷⁾・大畠雅弘⁸⁾・武内孝純⁹⁾・
藤田 茂¹⁰⁾・吉原貞樹⁶⁾

- 1) 東邦レオ株式会社 kajikawa@toho-leo.co.jp
- 2) 独立行政法人都市再生機構
- 3) 兵庫県立人と自然の博物館
- 4) 財団法人都市緑化技術開発機構
- 5) 共同カイテック株式会社
- 6) 株式会社三宝緑化
- 7) 西武造園株式会社
- 8) 株式会社富士植木
- 9) 株式会社日比谷アメニス
- 10) 有限会社緑化技研

摘要: 従来、屋上緑化基盤材の湿潤時重量については、水分条件を pF 1.5 または pF 1.8 に調整した上で測定することが一般的であった。しかし、土壌型以外の基盤材に関してこの方法は適しておらず、多様化する基盤材に共通する計測方法の確立が求められている。本研究は、各種の屋上緑化基盤材を対象に、湿潤時重量と降雨などの気象条件との関連について、その実態を把握することを目的に実施した。その結果、厚さが 150 mm 以内の基盤材であれば、降雨時のピーク重量と降雨後 24 時間経過重量との差は、約 10 kg/m² 程度の範囲で推移していることが分かった。この結果を踏まえ、多様な屋上緑化基盤材に適応可能な湿潤時重量に関する新たな測定方法を提案するものである。

キーワード: 土壌型基盤材、成形型基盤材、ユニット型基盤材、圃場容水量、湿潤重量

1. はじめに

現在多く施工されている薄層基盤の屋上緑化においては、土中の水分が通常の土壌とは異なる挙動を示すなど、湿潤時重量に関する従来の表示方法では対応しきれない状況が生まれつつある。また一方で、屋上緑化の基盤材が細粒子の土壌で構成された基盤材のみならず、粒子の大きい礫状の基盤材、繊維や骨材を成形した基盤材、そして土壌と容器を一体化した基盤材など多様な広がりを見せている。このことから、従来の屋上緑化基盤材の性能表示方法⁹⁾では、各種資材による基盤材を統一した基準で評価することが困難となっている。

2007 年 6 月 20 日の建築基準法改正により、確認申請の厳格化が求められているが、屋上緑化の積載荷重に関する確認も例外ではないことから、湿潤時重量に関する統一した測定・評価方法を確立することが急務である。そこで本調査は、

各種屋上緑化基盤材の湿潤状態における重量が、屋外においてどのように変化するか、その実態を把握するとともに湿潤時重量の一般的な測定方法について提案事項をまとめた。

2. 基盤材の現状と調査の目的

現況の多様化する屋上緑化基盤材について、形状や施工性から分類し、表-1 のようにまとめた。屋上緑化基盤材の重量を判定する方法は、従来乾燥時重量と pF 1.5 または pF 1.8 に相当する水分重量を測定し、その総和をもって湿潤時重量と判断していた⁹⁾。水分重量を測定する方法としては、pF 値を測定するテンシオメーター等を用いていた。これらの計測器は、細粒子の土壌では使用可能であるが、粗い骨材を主

表-1 屋上緑化基盤材の分類

区分	内容	対象商品例
土壌型 基盤材	自然土壌又は改良土壌、人工土壌を示す。人工土壌は、無機質系粒子や有機堆肥等を植物の生育に合せて配合したもの。	ラピュタソイル、フリーガーデンソイル、ピパソイル、エルデ、αベース、ガーデンロート、アクアソイル、ケイソイルなど
成形型 基盤材	ヤシやウールなどの天然繊維や、ポリエステルやポリプロピレンなどの化学繊維をマット状に成型したもの。或いは骨材を固めて平板状に成型したもの。	ドムターフ、エコグリーンマット、ガーデンマット、グリーンスクウェア、里山マット、ホルペイブなど
ユニット 型基盤 材	土壌材や排水材及び植物等が、一定容器に合体して基盤を形成するもの。	スクウェアターフ、エコユニット、マジカルグリーン、デイルグリーンなど

成分とする人工土壌やマット状・ボード状の屋上緑化基盤材では測定が困難である。このため簡易に測定でき、再現性の高い湿潤時重量の測定方法を確立することが課題である。

屋上緑化における土壌水分の変動に関しては、ヒートアイランド緩和効果として蒸発散量の測定^{2,3)}が多くの研究で行われている。植物生育評価と水分動態を測定した研究⁴⁾も発表されているが、屋上緑化基盤材の積載重量を判断する研究はほとんど報告されていない。また飽和水分状態であるピーク重量と、表示される湿潤時重量との比較検討も重要な課題である。

これらを考慮して本研究では、代表的な土壌型基盤材を用いて降雨による重量変動を把握するとともに、屋外での実態に則した基盤材の湿潤時重量を測定する方法を検討した。ついで、多様な基盤材においても同様な測定方法が可能かどうかについても考察した。

3. 代表的な基盤材の重量変動試験の結果

3.1 調査基盤材の特性とモデル基盤容器

代表的な基盤材として、土壌Ⅰ（黒土に30%パーライト混合土）と土壌Ⅱ（礫状人工土）の2種類を用いて試験を行った（表-2）。パーライトは、粒径が5mm以下の真珠岩パーライトを使用した。礫状人工土は、火山礫と泥炭を主原料としたもので、粒径が20mm以下のものを使用した。

この基盤材を用いてフィールド上で測定するために、モデル基盤容器（図-1）を作成した。モデル基盤の構成は、排水層として黒曜石パーライトを50mm厚で設置し、透水シー

表-2 各土壌の理化学性

名称	pH(H ₂ O)	EC dS/m	容積重(kg/m ³)			飽和透水係数 m/s
			乾燥時	湿潤時(pF1.5)	湿潤時(pF1.8)	
黒土30%パーライト土	6.4	0.05	540	1,270	1,160	1.9×10^{-6}
礫状人工土	6.2	0.20	420	930	840	1.5×10^{-4}

図-1 基盤材構成断面図

ト（ポリエステル不織布1mm厚程度）を敷きこみ、土壌材を150mm厚で設置した。土壌の設置に当たっては、ジッキンクと手で軽く圧密をかけた状態でを行った。土壌の飛散を防止するためノシバ植栽を施した。

3.2 試験場所

UR都市住宅技術研究所内、シックハウス実験住宅屋上（東京都八王子市石川町2683-3）で試験を行った。

3.3 試験方法

各土壌材で構成された2つの試験区を、自動重量測定器の上に設置し、1時間ごとの重量を計測した。なお水管理は、月1回の十分な散水（100mm程度）と自然降雨とした。

図-2 12月の重量変動（重量単位 kg/m²）

図-3 1月5～8日の重量変動（土壌材Ⅰ）

図-4 1月5～8日の重量変動（土壌材Ⅱ）

表-3 試験期間の降水量（八王子市）

年・月	降 水 量 (mm)		
	合 計	日 最 大	最 大 1 時 間
2006 年 9 月	16.7	3.1	1.7
10 月	25.0	10.5	9
11 月	10.7	3.6	7
12 月	16.8	13.4	15
2007 年 1 月	5.1	4.3	8

3.4 試験期間

2006 年 9 月 1 日～2007 年 1 月末までとした。さらに 2007 年 8 月 1 日～9 月末に追加試験を行った。

3.5 試験結果

本試験期間中の降雨量を表-3 に示す。試験期間中で日最大降水量が最も多かった 12 月における重量の変動を図-2 に示した。12 月 16 日午前 1 時から 27 日午前 1 時までに 134 mm の降雨量を記録した。この時の試験区のピーク重量と、降雨終了後から 24 時間経過後の重量は、それぞれ土壌 I で 7.9 kg/m²、土壌 II で 10.5 kg/m² であった。いずれの試験区も降雨終了後から、重量は急速に減少し 24 時間程度で平衡状態となる。なお同様の事例として、2007 年 1 月 6 日の降雨後の重量変動を図-3、4 に示す。この時のピーク重量と降雨終了 24 時間経過後の重量差は、土壌材 I で 7.4 kg/m²、土壌材 II で 10.1 kg/m² であった。まとまった降雨の終了後約 24 時間経過した時点の重量は、ほぼ安定することが認められた。自然降雨による試験のため、降雨終了後の 24 時間以内に微少な雨が発生することもあり、重量が若干増加すること認められたが、土壌内の重力水は 24 時間でほぼ排水され、その後の変動が緩やかになる傾向は土壌の種類に関らず同様であった。また降雨によるピーク重量においても、土壌厚が 150 mm 程度であれば湿潤時重量との差がほぼ 10 kg/m² に収まっていることも分かった。

次に各土壌の室内分析値との比較（表-4）を行った。これまで土壌の湿潤時重量については、JIS 1210 の突き固め試験器を用いて 2.5 kg ランマーを 10 cm の高さから 10 回落下させて突き固め、pF 値による水分条件に調整した上で測定していた。今回の屋外での試験結果と比較すると、圧縮方法に若干相違があるため厳密な比較はできないが、ほぼ同等の値を示していた。このことから 24 時間経過重量を計測する方法は、簡便かつ汎用性のある手法であると考えられた。

4. 多様な基盤材の重量変動試験の結果

多様化している基盤材についても、同様な簡易試験を行っ

表-4 室内分析値との比較検討表

名称	室内分析重量		フィールド試験重量 150mm厚重量(平均) kg/m ²
	150mm厚重量 kg/m ² (pF1.5)	150mm厚重量 kg/m ² (pF1.8)	
黒土30%バライト混合土	190.5	174.0	181.0
礫状人工土	139.5	126.0	136.4

注 1):室内分析は従来の湿潤時重量測定方法による数値

表-5 土壌型基盤材

区分	基盤分類	基盤厚	排水層厚	植栽	容器内寸
土壌型基盤材A	粗粒人工土壌	150mm	50mm	ノシバ	600×390mm
土壌型基盤材B	中粒人工土壌	150mm	50mm	ノシバ	600×390mm
土壌型基盤材C	中粒人工土壌	150mm	50mm	ノシバ	600×390mm
土壌型基盤材D	細粒人工土壌	150mm	50mm	ノシバ	600×390mm
土壌型基盤材E	中粒人工土壌	150mm	50mm	ノシバ	600×390mm
土壌型基盤材F	中粒人工土壌	100mm	50mm	ノシバ	600×390mm
土壌型基盤材G	細粒人工土壌	150mm	50mm	ノシバ	600×390mm
土壌型基盤材H	細粒改良土壌	150mm	50mm	ノシバ	600×390mm
土壌型基盤材I	細粒改良土壌	100mm	50mm	ノシバ	600×390mm

* 粗粒:20mm以上 中粒:20mm以下 細粒:5mm以下 で分類

表-6 成形型基盤材

区分	基盤分類	基盤厚	植栽	容器内寸
成形型基盤材A	合成繊維マット	35mm	ノシバ	600×390mm
成形型基盤材B	ヤシ繊維マット	50mm	ノシバ	600×390mm
成形型基盤材C	土壌材固化マット	50mm	セダム	600×390mm
成形型基盤材D	土壌材固化マット	50mm	ノシバ	600×390mm
成形型基盤材E	火山性骨材固化ボード	60mm	ノシバ	600×390mm
成形型基盤材F	火山性骨材固化ボード	30mm	ノシバ	600×390mm

表-7 ユニット型基盤材

区分	基盤分類	基盤厚	植栽	ユニット規格
ユニット型基盤材A	K社貯水樹脂ユニット	145mm	コウライシバ	407×407mm
ユニット型基盤材B	K社樹脂ユニット	75mm	コウライシバ	315×315mm
ユニット型基盤材C	T社樹脂ユニット	60mm	セダム	500×500mm
ユニット型基盤材D	N社樹脂ユニット	87mm	コウライシバ	395×470mm
ユニット型基盤材E	N社樹脂ユニット	87mm	マツバボタン	395×470mm
ユニット型基盤材F	G社樹脂ユニット	50mm	セダム	460×540mm

た。試験した基盤材について表-5～7 に示す。

これらの試験基盤に、十分な散水（100 mm 降雨相当量）を施し、重量測定器で 24 時間後の重量まで計測を行った。

図-5 土壌型基盤材の重量変動

図-6 その他基盤材の重量変動

試験は9, 10, 11, 12月と、翌年1月に各1回ずつ測定した。最も気温による重量変動が起き難い1月の測定結果を図-5, 6に示す。

合計21種類の基盤材について試験を行ったが、いずれも12時間後から24時間程度で、重量はほぼ平衡状態となっている。これは排水され易い基盤内の重力水が無くなり、土壌に留まりやすい有効水と吸着水のための圃場容水量に達すると判断された。

5. 考察

これらの試験結果から、屋上緑化基盤材の湿潤時重量については一旦基盤材を水で飽和状態にし、自然排水下24時間経過した後の重量を測定することにより統一的に計測することが可能と判断する。この測定法は、従来のpF値による測定法に比べて屋外での実態に即した方法と考えられる。また今まで測定できなかったマット状やボード状、あるいは容器と一体化したユニット基盤材について測定が可能である。

降雨による基盤材のピーク重量については、基盤厚150mm程度内であれば湿潤時重量と比べて10 kg/m²程度の重量差であると判断された。しかし基盤厚の違いによる重量差についても検討の余地が残されている。なお今回は湿潤時重量に着目して研究を行ったが、植物の生育面での検討も別途必要であることを付記しておきたい。

6. おわりに

今回の研究では、屋外における屋上基盤材の重量変動から、多様な屋上基盤材に共通する湿潤時重量の測定方法の確立に

向けた知見を導くことを目的とした。今後の取り組みとしては、室内における測定値と屋外における測定値との整合性の検証や、室内測定における分析手順や測定器具などを想定した再現性のある分析手法の確立が必要となる。快適で潤いのある都市環境の改善に向け、今後益々都市における屋上緑化の拡大が期待されている。このことを踏まえて我々は、各種基盤材を含めユーザーがより安心して利用できる屋上緑化システムの確立に向け、今後とも技術の研鑽に励んでいきたい。

本研究は、財団法人都市緑化技術開発機構 特殊緑化共同研究会と、UR 都市再生機構の共同研究として実施したものである。実施に当たり、関係者の皆様の多大なるご支援・ご協力をいただいた。最後に記して謝意を表す。

引用文献

- 1) 藤田 茂 (2002) 屋上緑化・壁面緑化の工法と課題, 日本緑化工学会誌, 27(2): 407-412.
- 2) 堀口 剛・梅干野 晃・何 江 (1996) 芝生植栽の水収支特性に関する実験研究, 日本建築学会計画系論文集, 484: 73-79.
- 3) 石原 修・張 晴原・下山和美 (1996) 屋上芝生植栽の水収支特性に関する実験的研究, 日本建築学会環境系論文集, 484: 17-24.
- 4) 磯田一岳・今西純一・木村祐喜・長谷川秀三・森本幸裕 (2005) 屋上緑化水分動態シミュレーションによる四川泥炭の培土としての有効性について, 日本緑化工学会誌, 31(1): 27-32.
- 5) 木村裕貴・瀬川正俊・金児晴信・長谷川秀三・森本幸裕 (2003) 屋上緑化の薄層基盤における乾燥とコウライシバの生育, 日本緑化工学会誌, 29(1): 212-214.
- 6) 香川治美・谷本 潤・片山忠久・萩島 理 (1999) 土壌内水分移動特性に関するパラメーターの推定—屋上芝生植栽の葉群層下にある土壌内熱水分同時移動現象の解析—, 日本建築学会計画系論文集, 525: 27-32.
- 7) 三坂育正・石井康一郎・横山 仁・山口隆子・成田健一 (1999) 軽量・薄層型屋上緑化技術のヒートアイランド緩和効果の定量評価に関する研究, 日本建築学会技術報告集, 21: 195-198.
- 8) 小野 芳・柳 雅之・手代木 純・興水 肇 (1999) 屋上緑化における植物の蒸発散量, 日本緑化工学会誌, 32(1): 74-79.
- 9) 財団法人都市緑化技術開発機構編 (1999) 大蔵省印刷局, 環境共生時代の屋上緑化技術「屋上・壁面緑化技術のてびき」, pp. 52-63.
- 10) 谷本 潤・林 徹夫・片山忠久 (1997) 屋上被土からの蒸発量の簡易計算手法に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 492: 23-29.
- 11) 山口隆子・横山 仁・石井康一郎 (2005) 軽量薄層屋上緑化システムにおけるヒートアイランド緩和効果, ランドスケープ研究, 68 (5): 509-512.

(2009. 7. 24 受理)