

最新の屋上緑化と課題

今野 英山

屋上緑化には地上の緑化と異なる特性があり、それぞれ技術的な課題となっている。第一の特性は建築物の上であるという点。これは積載荷重の制限や台風時などの風荷重の問題、防水や排水の問題、土壤水分が不足となる問題などがある。第二の特性は植物にとって苛酷な環境だという点である。土壌厚が薄く、水分環境が厳しいこと、温度変化や風が強いこと、過湿になりやすいことなどがある。第三の特性は屋上の利用面である。人の立ち入ることのできない場所での緑化のニーズもあり、管理上の課題も多い。

キーワード：屋上緑化、積載荷重、風荷重、防水

1. 屋上緑化の特性

建築物の屋上やベランダを緑化利用する場合、地上の緑化とは異なる幾つかの特性がある。建築物の上であるため植物の生育環境が過酷である点、建築構造との取り合いの中で様々な制約がある点、また屋上の利用上の特性が地上の緑とは異なる点などがあげられる。

これらの特性は従来の地上の緑化には無い技術的な課題であり、正しい知識がないまま設計し施工すると致命的な失敗につながる。事実、屋上緑化では失敗事例も多く、屋上緑化そのもののイメージダウンになりかねないものもある。

(1) 建築物としての制約

建物の屋上に物を設置する場合には、その建物の構造上許容される荷重を遵守する必要がある。地震国であるわが国では、地震を考慮した場合の許容積載荷重が小さく、屋上を全面的に緑化しようとした場合、通常の構造では薄層軽量緑化とならざるをえない。

また、屋上は建物内部を雨水などから守る役割があり、緑化をすることによる漏水は絶対避けなければならない。

(2) 植栽環境

地上の緑化とは異なり地下水の上昇がないために土壤中の水分が不足がちになる。積載荷重制限もあり、土壌厚が薄い場合が多いため灌水装置が必要となり、かつ乾燥に強い植物が望ましい。また排水性も重要で

あり、長雨が続くと過湿になったり土壌の流亡の恐れもある。

周囲が全てコンクリート等の人工物なので輻射熱による高温対策が必要である。

一般的に風が強く、土と植物が乾燥しやすい。台風時には緑化基盤そのものが吹き飛んでしまう可能性がある。

(3) 利用面の特性

屋上には人の立ち入り可能な「屋上」と、人の立ち入りを想定していない「屋根」とがある。「屋上」の緑化では鑑賞や利用のニーズが高くなり、メンテナンスが重要となる。「屋根」の緑化の場合は積載荷重がほとんど無いこともあり、景観対策、環境対策としての緑化であり、ローメンテナンスが望ましい。

最近では東京都の屋上緑化の義務化などもあり、人の立ち入り可能な「屋上」でも積極的な利用を想定しない緑化となる場合が多い。

2. 屋上緑化の技術的課題

前述したように屋上緑化の特性からくる様々な技術的課題が存在する。その中でも最重要と思われる点について以下に解説する。

1) 積載荷重

建築基準法における屋上の積載荷重制限は(表—1)に示す通りである。

オフィスの屋上を全面的に緑化しようとした場

表一 建築基準法 施行令第 85 条

構造計算の対象 室の種類	(い)	(ろ)	(は)
	床の構造計算をする場合 (単位 N/m ²)	大ぶり、柱又は基礎の構造計算をする場合 (単位 N/m ²)	地震力を計算する場合 (単位 N/m ²)
(1) 住宅の居室、住宅以外の建築物における寝室又は病室	1,800 (180 kgf/m ²)	1,300 (130 kgf/m ²)	600 (60 kgf/m ²)
(4) 百貨店又は店舗の売場	2,900 (300 kgf/m ²)	2,400 (240 kgf/m ²)	1,300 (130 kgf/m ²)
(8) 屋上広場又はバルコニー	(1)の数値による。ただし、学校又は百貨店の用途に供する建築物にあっては、(4)の数値による。		

表二 植物の大きさによる必要土層厚と重量

樹木の大きさ	セダム	芝生	低い草花	中位草花	低木・灌木	中木	高木
	5 cm	5 ~ 10 cm	30 ~ 60 cm	60 ~ 120 cm	60 ~ 120 cm	120 ~ 200 cm	200 ~ 400 cm
土壌の厚さ	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	40 cm
排水層の厚さ	1 cm 以上	3 cm 以上	5 cm 以上	5 cm 以上	5 cm 以上	5 cm 以上	5 cm 以上
荷重	改良土壌	160 kgf/m ²	240 kgf/m ²	320 kgf/m ²	400 kgf/m ²	480 kgf/m ²	640 kgf/m ²
	軽量土壌	40 kgf/m ²	80 kgf/m ²	120 kgf/m ²	160 kgf/m ²	200 kgf/m ²	320 kgf/m ²

合、地震を考慮した積載荷重制限は 60 kgf/m²である。これは湿潤時の比重 0.8 の人工軽量土壌を使用した場合でも、わずか 7.5 cm の厚さにしかならない。屋上緑化では、特に緑化のための構造を用意していない既存ビルの場合、最大のネックは積載荷重制限である。

通常、(表一 2) に示すように、60 kgf/m² の緑化は乾燥に強いセダム類が主流となる。

既存のオフィスビルにどの程度の緑化が可能であるか簡単な試算してみた。建築基準法でのオフィスビルの屋上の積載荷重は<床荷重：180 kgf/m²、梁荷重 130 kgf/m²、地震荷重 60 kgf/m²>である。比重 0.8 の人工軽量土壌を使用したと仮定する。

- (1) 屋上の全面緑化：地震荷重 60 kgf/m² から計算すると土層厚わずか 7.5 cm。セダム類による薄層軽量緑化が現実的。
- (2) 屋上の半分程度の緑化：地震荷重から計算して、120 kgf/m² までは可能。土の厚さは比重 0.8 のため 15 cm。芝生などが灌水装置付きで可能。
- (3) 屋上の 20% の緑化：地震荷重から計算すると (60 kgf/m² ÷ 0.2 = 300 kgf/m²) となるが、床荷重：180 kgf/m²、梁荷重 130 kgf/m² を超えてしまう。緑化部分の平均がこれらを超えないよう設計する。レイアウトを工夫することにより、部分的には中木の植栽も可能である。

以上のように、既存のオフィスビルの屋上にはせいぜい低木類までで高木の植栽はごく部分的以外は難しいことがわかる。これが学校やデパートであれば積載荷重はもっと大きく、屋上の 20% の緑化であれば高木の植栽が可能となる。ただし、既に設備機器などが載っている場合も多く、荷重チェックは慎重に行う必

要がある。

以上のことから、既存のオフィスビルで広い面積を緑化したいというニーズに対しては、樹木はおろか芝生でも十分応えきれず、どうしてもセダム等による薄層緑化となる。セダム類は景観が単調であり、ヒートアイランド対策など環境効果が劣る傾向がある。このためこの数年、薄層軽量でも環境効果が高くボリューム感や季節感を可能とする植栽技術が出始めている。

2) 風荷重

屋上緑化にとって重要な課題の一つに風荷重がある。風荷重の計算は建築基準法に規定があり地域による基準風速の違いや地表面の状態による平均風速の違いなどが考慮されている。

風荷重には正圧と負圧があり、高木には正圧が作用し、緑化基盤にかかるのは負圧である。負圧は屋上面を通過する風が緑化基盤を持ち上げる力である。超高層ビルの屋上に薄層緑化を設置した際に計算した例では 360 kgf/m² に達している。これは屋上面での積載荷重制限ををはるかに超える数値であり、通常の積載荷重制限の下では屋上緑化の自重のみで風の力に抵抗することは難しい。したがってシステム化された屋上緑化などでは風荷重を考慮した固定方法を検討する必要があるがでてくる。

また高層ビルの低層部分の屋上の負圧は、ビルを巻いてくる風が壁面(帳壁)に及ぼす負圧を計算することになり、屋上面のそのもの高さとは無関係にビル全体の高さによって規定される。ある高層ビルでの計算例では、60 m のビルの 20 m 部分の屋上も 50 m 部分の屋上も、負圧は標準部で 215 kg/m² となっている。

したがって、緑化の部位の高さが低いからといって、固定をおろそかにすると大変なことになる。

低層建物の屋上でも、計算すると緑化基盤の自重を超える負圧がかかる場合があり、十分注意しなければならない。以下に風に対する主な留意点を列挙する。

- ・屋上の角部・端部は風力が強くなることを考慮して設計する。
- ・緑地基盤の端部から風が入り込まない構造とする。
- ・背の高い樹木や成長の早い樹木を避ける。特に高層棟直下にある低層棟の屋上ではビル風の影響を考慮しなければならない。
- ・風荷重に見合う固定をおこなう。(自重、アンカー、ワイヤー、接着工法など)
- ・台風接近時には飛ぶ可能性のあるものの固定を厳重に行う。
- ・地被植物、マルチング、ネット等により土壌の飛散を防ぐ配慮をする。またフェンス等で折れた枝などが敷地外に飛散しない工夫を行う。

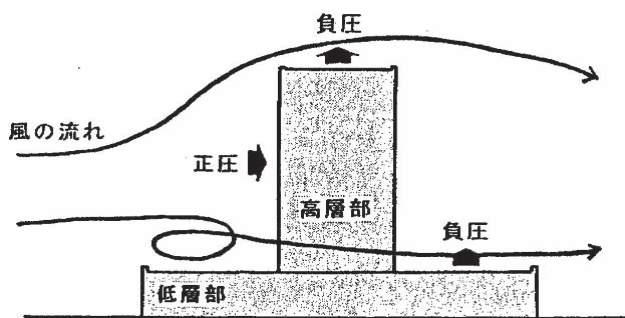


図-1 屋上に対する風の力

3) 防水との調整

屋上・バルコニーの緑化では排水設備や防水層との調整を図ることが重要であり、これらを見落とすと漏水等の問題が起こりかねない。

屋上緑化の標準的な断面構成は(図-2)に示すと

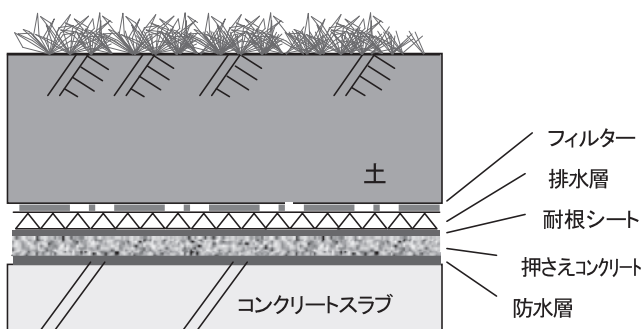


図-2 屋上緑化の一般的な断面構成(アスファルト防水押さえコンクリートの場合)

おりである。まず、コンクリートスラブの上に防水層がある。アスファルト防水の場合は通常押さえコンクリートで保護されている。アスファルト防水は植物の根が貫通するため、押さえコンクリートの目地などから根系が侵入しないようにする必要がある。これが屋上緑化の植栽基盤の一番下に敷く防根層(耐根シート)である。

植物の根は水分を求めて思わぬところに侵入するので注意を要する。

露出防水の場合も同様であるが、防根機能のある緑化用防水を用いるのが原則である。

防水層の耐久性は、アスファルト防水で15～20年程度、塩ビシート防水で10～15年、ウレタン防水で5～10年程度である。耐久年数を経過した防水層は漏水の可能性があるとよい。

年数を経過した既存の建物の屋上緑化では防水の改修を考える必要がある。マンションなどの集合住宅では、屋上は共有物となっており、防水の改修は管理組合の承認が必要となる。

防水改修は大きく分けて、押さえコンクリートがある場合と、露出防水の場合と2つの考え方がある。

(1) 押さえコンクリートがある場合

押さえコンクリートを撤去して防水層を改修する方法と押さえコンクリートを撤去せず押さえコンクリートの上に改修防水層を新設する方法がある。押さえコンクリートを撤去して再度アスファルト防水などで改修する方法は、緑化計画時に押さえコンクリートの荷重分だけ余裕のある緑化が可能となるが、コストと工期がそれだけ余分にかかることになる。押さえコンクリートの上に改修防水層を行う場合は、露出防水仕上げとなる。緑化計画は基準法の積載荷重範囲以内で行う。また、防水層の荷重も積載荷重にプラスして考える必要がある。

(2) 露出した防水層を補修する場合

旧防水層を撤去せず、旧防水層の上に、新設防水層を施工する方法がある。押さえコンクリートを撤去しない方法と同じで、露出防水となる。積載荷重も同様に考えること、また、防水層を傷つけない様に防水保護を考えるべきである。

(3) ベランダの場合

ベランダは下階もベランダのため、大多数のベランダでは、簡易的なモルタル防水かウレタン防水が施されている。ベランダは緑化を行ったり水を溜めるよう

には造られていない。

雨水の排水障害を起こさないようにコンテナなどで緑化を行う場合は問題ないが、どうしてもベランダ全体を使用して自由に緑化を楽しみたいとなると、新たに緑化に適した防水層を行うことが望ましい。ただし、新たな防水層を行う場合、管理組合や管理会社の許可が必要となる。

4) 維持管理

屋上緑化の維持管理は、緑化した部分の建物側の管理と植物を生育させるための緑化施設の管理、そして樹木や草花などの植栽管理に大別できる。

(1) 建物管理

建築物の屋上の管理は、全体の清掃や防水層の点検・補修、排水設備の点検・清掃など緑化の有無に関係なく定期的に行われる必要があるが、緑化を行った場合は特に漏水事故の起因となる排水孔やルーフトレインの点検を頻繁に行う必要がある。屋上・バルコニーでの漏水事故は現実には起こっているが、防水層そのものの破損による漏水はほとんど無い。多くは排水孔やルーフトレインの目詰まりで屋上面がプール状態になり、防水層の立ち上がりを水が越える場合である。

(2) 施設管理

緑化施設の管理には、土留め材や灌水装置など直接植栽に関連する施設や、床舗装、トレリスなどの柵類、池や噴水、パーゴラさらにはベンチ、テーブルなどの維持・管理がある。

土留め材には各種あるが、資材によっては破損して土壌が流出することもあり、ひび割れやサビ・腐りなどを点検・補修する。

灌水装置の管理は、コントローラーが確実に作動しているか、灌水間隔や量の設定が適切か、ノズルの目詰まりや管の破断はないかなどを点検しその都度対処する。灌水の間隔や水量は季節ごとに設定を変えたほうが植物のためになる上、節水にもつながる。

点滴ホースなどは長年月のうちには、水アカによる目詰まり、紫外線による劣化等が進行するため消耗品として考える。灌水設備や水栓、池・噴水などへの給水管はスラブ上を固定せずに配管されていることが多いため、道中での破断、漏水に注意する。

舗装材は構造的にその下部に当たる防水層の保護機能を果たしていることもあり破損箇所は早急に修理を

行う。

パーゴラやトレリス、手摺などについては重量物や、強く風圧を受けるようなものを取り付けてはならず、ツル植物の繁茂にも注意を怠らない。

その他の屋上施設全般について、強い風雨による施設や器具の破損などは早期に補修を行い、大きな事故につながらないように心掛ける。また、紫外線の強い屋上では塗料や防水剤などの塗装品は定期的に塗りなおすことにより耐久性が持続する。

(3) 植物管理

植栽した植物を長く保つためには、灌水・施肥・病虫害防除・剪定・整枝・刈り込み等の管理が必要である。特に屋上緑化は、地上部での条件と異なる場合があるので、その状況に応じた管理が必要になってくる。

緑化を行った屋上・ルーフトレインにおいては、植物の急激な成長による荷重の増加も建物自体に影響するため注意が必要である。季節ごとに新しく植物を大量に持ち込むことで荷重オーバーとなることも起こり得るので、積載荷重量に余裕の無い場合は、持ち込んだ分だけ枯れた植物や土壌を持ち出すことを行う。

管理のグレードは屋上緑化の目的と植栽の種類、植栽環境によって異なることは言うまでもない。現状の屋上緑化が本来の目的に沿った形で維持されているかどうかを、環境に対する効果や景観、植物の生育状況などからチェックし、管理計画に反映させることも重要である。

(4) 手摺のない屋上

手摺のない屋上は基本的に人が立ち入って利用することを想定していない。床としての積載荷重も見込まれていない場合も多く、環境対策、景観対策が主体で、ガーデニングを行える空間ではない。従って極力メンテナンスの少ない緑化とするが、最小限の管理が可能な空間にしておく必要がある。

JICMA

【筆者紹介】
今野 英山 (こんの えいざん)
NPO 法人屋上開発研究会
技術開発部会長

