

耐荷重に優れる雨水貯留材を植栽基盤へ適用したグリーンインフラ工法の開発

Development of green infrastructure construction method applying plastic rainwater storage structure suitable for load resistance to planting base.

田崎 一宏* 渡部 幸子* 入江 彰昭** 古旗 泰岳** 武田 一晃** 竹内 康** 鈴木 歩*
 濱野 真行* 大澤 亜弓子*

Kazuhiro TAZAKI* Sachiko WATANABE* Teruaki IRIE** Taiga FURUHATA** Kazuaki TAKEDA** Yasushi TAKEUCHI** Ayumu SUZUKI* Masayuki HAMANO* Ayuko OSAWA*

Abstract: This study reports development of green infrastructure construction method applying plastic rainwater storage structure suitable for load resistance to planting base. Observation items in this study are water level, moisture content, soil temperature, and heat index, and test surveys are soil hardness test, permeability test, and root elongation. As a result of this research, the planting base has a pF value within the range of 1.5 to 2.7, which is an effective value for plant growth. In the control plot, there was a tendency for excessive humidity (pF value: 1.2 to 1.4), and a value outside the effective value for growth was observed. Under the shade of greenery, the daytime temperature is about 3°C lower than the surface of the pavement. In the one year after green infrastructure construction method applying plastic rainwater storage structure to planting base, it was confirmed that *Zelkova serrata* and *Liquidambar styraciflua* showed elongation of the root and vigorous rooting of fine roots in both 100% and 50% filling of the planting base soil. This study showed the effectiveness of the green infrastructure construction method that applied rainwater storage structure to the planting base for roadside trees.

Keywords: green infrastructure, roadside tree, planting base, plastic rainwater storage structure

キーワード：グリーンインフラ，街路樹，植栽基盤，雨水貯留材

1. 緒言

近年、社会基盤整備手法の一つとして我が国をはじめ世界各国でグリーンインフラに関する取り組みが行われている。グリーンインフラは持続可能な社会と経済発展に寄与する考え方であり、日本でも2015年(平成27年)第4次社会資本整備重点計画において推進することが盛り込まれた¹⁾。自然環境の機能を活用した取り組みは、従来からも各行政分野において「防災減災、地域振興、環境」の各種機能を活用し行われてきているが、今後は行政分野の枠を超えて、地域コミュニティや民間企業との連携、CSV経営やESG投資といった企業価値向上の流れもあり民間主体のグリーンインフラ整備事業も増えていくものと考えられる。その中で「街路樹」は最も身近なグリーンインフラの要素の一つであり、国総研の調査によると2017年3月時点で全国の街路樹本数のうち高木は670万本にも及ぶ²⁾。また、道路の街路樹以外にも、民間の事業所や工場などの敷地においても工場立地法に基づく緑化、商業ビルやマンションなどの接道部にも、都市計画法による開発行為や建築基準法による建築確認申請や緑化地域制度などによって、街路樹の植栽形態に近似した中高木が公開空地に多数植栽されている。それらは規制的な意味合いもあり、「緑の質」の向上が今日の課題となっている。道路の街路樹に関しては、道路構造令第11条で植栽帯の標準幅員が1.5mと規定されているが³⁾、「植栽帯の植栽に当たっては、地域の特性等を考慮して、樹種の選定、樹木の配置等を適切に行うものとする」とされ、とくに樹木植栽に関しての明確な規定はない。近年では、街路樹が大径木化し交通の障害となっているケースや、根上り対策、剪定などの植栽管理予算圧縮のため街路樹を伐採し、中低木や地被類に改修した道路植栽帯も都市部に見られる。

本稿では、道路の街路樹、公共的広場の景観木、民間敷地の外構植栽の中高木等(以下、これらを広義的に「街路樹」という)、従前からある“みどり”の機能の健全化と安全な交通環境の両立を

図り、近年顕著になりつつある都市型洪水やその原因の一つであるヒートアイランド現象の緩和が期待できる高耐久植栽基盤のグリーンインフラ工法の開発を技術報告する。

2. 耐荷重に優れる雨水貯留材を活用した植栽基盤の開発概要

(1) 工法概要

1) 課題と改善手法

道路環境における街路樹周囲の土壌は、舗装の支持力を確保する必要から、ロードローラー等の重機によって入念に転圧がなさ



図-1 根上り(左)と根系が肥大化し除伐される樹木(右)

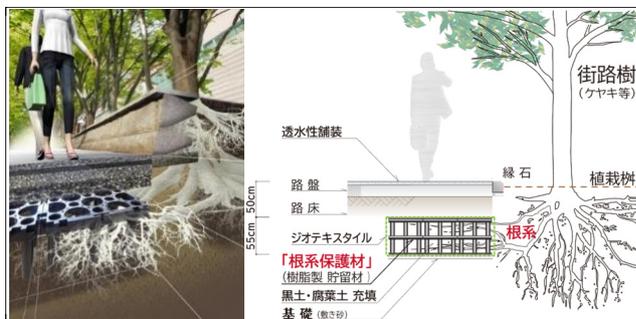


図-2 耐荷重に優れる植栽基盤の標準構造(案)

れ路床の安定が図られている⁴⁾。街路樹は強固な路床に囲まれた中で狭小な植栽樹(植栽基盤)の中で根系を成し、生育していかな

*前田道路株式会社

**東京農業大学地域環境科学部

*MAEDAROAD CONSTRUCTION Co., Ltd

**Tokyo University of Agriculture

ければならない。多くの街路樹にとって抑圧された環境であり、健全な植栽環境ではない。その為、根系の生育環境が悪く根鉢が広がらないため強風で倒壊しやすく、また、根系の成長により舗装を持ち上げる(根上り)現象が生じ、舗装構造を破壊する要因の一つにもなっている(図-1)。自動車や歩行者の通行環境と生育環境の“せめぎ合い”が生じ、「交通の安全、適切な管理維持及び周辺環境との調和⁵⁾」は社会的課題となっている。そこで、街路樹周囲の舗装構造下部の路床に相当する層に対し単に有効土層に置き換えるのではなく、雨水貯留槽に使用されるプラスチック製耐荷重貯留ユニット(以下、「貯留材」という)⁶⁾を“根系保護材”として活用することにより耐荷重(舗装の支持力)を合わせもった植栽基盤が構築され、発根促進や長期的な根系の誘導が図られる(図-2)。本工法により、街路樹の風倒木や根上りなどの舗装への影響を低減でき、良好な道路環境の維持が可能となる。また、二次的効果として植栽基盤内に雨水を一時貯留されることによる豪雨時の流出抑制(健全な雨水循環)や、街路樹の緑陰増加と健全な植栽基盤からの蒸発散により都市のヒートアイランド緩和(熱環境の改善)が期待できる。

2) 検証方法

大学構内の樹木を街路樹に見立て、樹木周囲(根鉢周り)の舗装構造下部(路床)に対し、雨水貯留材の空隙内に良質な客土を充填・埋設、上部の舗装表層を透水性舗装(インターロッキングブロックは透水性タイプ)とする植栽基盤を構築した。また、街路樹で良く使われる「ケヤキ」と「モミジバフウ」の2つの検証エリアを設けた(図-3)。対象樹木の植栽時期はモミジバフウが12年前であり、ケヤキは記録が確認できなかったが50年前には植栽されていたものと推定される。対象木の樹冠は、モミジバフウは直径約4m、ケヤキは約10mである。

植栽基盤施工箇所(以下、「植栽基盤区」という)に対し未施工箇所(以下、「対照区」という)を設定し、熱環境の改善効果や根系の健全度を検証するため各要素を比較計測した。植栽基盤区は地表面から50cmの土被りの下に厚さ55cmの貯留材(根系保護材)を組立て、黒土を主体に腐葉土を混合した客土を100%充填したものと、同じく50%充填したもの、対照区として0%充填(客土なし)を樹木周囲にそれぞれ設置した⁷⁾。植栽基盤区・対照区の寸法は「ケヤキ」の検証エリアでW1045×L2050×H547(図-4)、「モミジバフウ」の検証エリアでW1547.5×L1547.5×H547(図-5)とし、容積はそれぞれ1立方メートル程度とした⁸⁾。また、並行して原地盤の水分量と地温を計測するため、地表面から50cmの深さの観測孔を対照区として設置した。

(2) 実証試験用施設の植栽基盤設置工事

2022年2月から6月にかけて、植栽基盤の設置工事を実施した。今回の工事では更に常時遠隔でのモニタリングを行うため、植栽基盤内および樹木と対照区の堅孔をそれぞれ接続する配線工事や対照区の堅孔設置を合わせて行った。

今回の設置工事では、施工性の確認や常時測定ができるモニタリング機能を付加したため、試験施工的な意味合いが強く、通常の施工時では仕様が異なることを留意されたい。



図-3 工事概観 ケヤキ工区(左)とモミジバフウ工区(右)

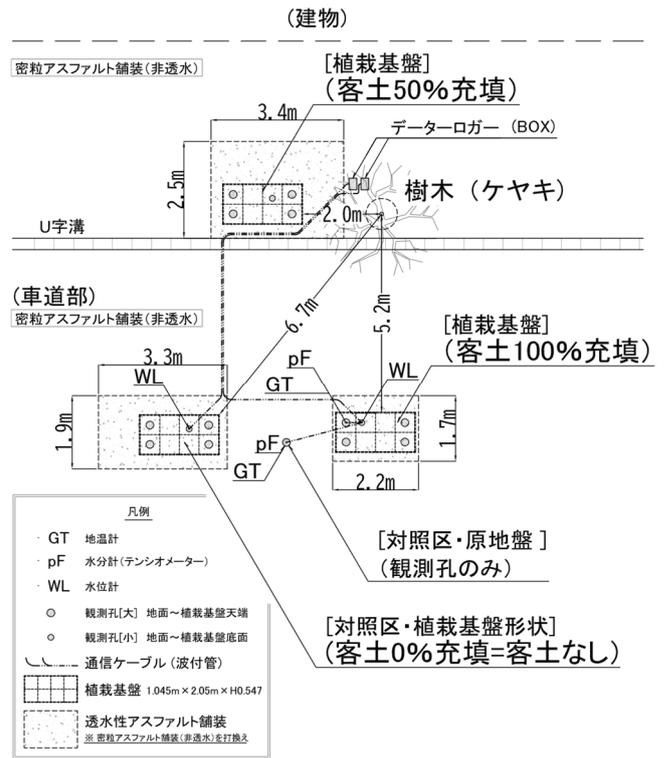


図-4 ケヤキ工区 施設配置図

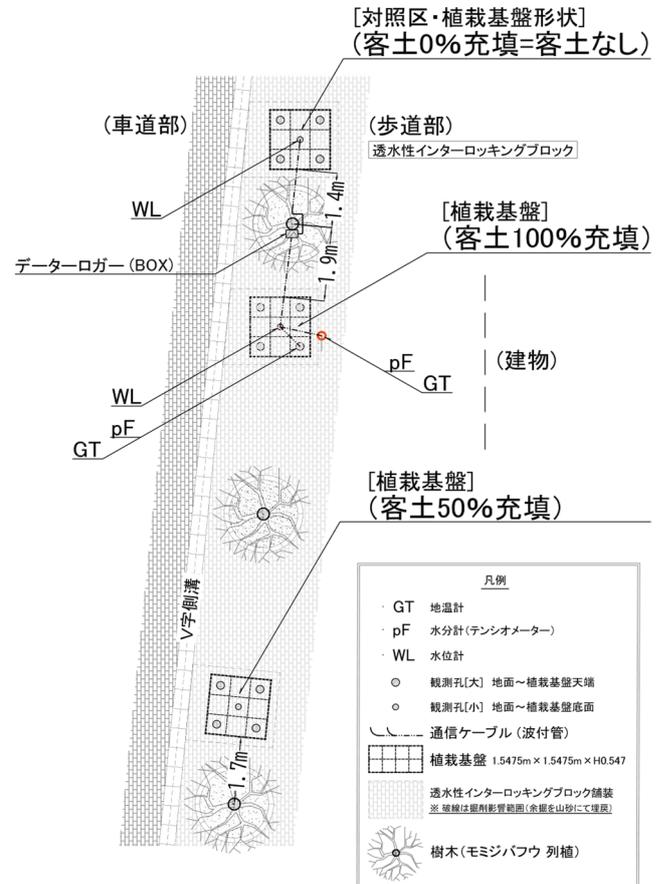


図-5 モミジバフウ工区 施設配置図

1日目(2022年2月1日) 試掘。地下埋設物との干渉を避けるため、施工前に設置可能箇所のあたりを付ける試掘調査を行った。実際に設置計画箇所の試掘をすると想定外の配管や、埋殺されたコンクリート柵や陶管などが現れ、計画変更を余儀なくされた。通常の施工でも、道路改修などでは必ず事前の試掘調査は必要であり、植栽基盤の形状や配置見直しなど臨機応変な対応が求められる。

2日目(2022年2月7日) 仮設保安工・既設舗装版撤去工・路盤撤去工・路床掘削工・基礎工・貯留材設置工(根系誘導作業含む)・点検孔設置工・シート工。施工に入る前、作業員全員に対し、工事内容の説明を行った(図-6)。通常の道路工事や植栽工事では根は無造作に扱われることが一般的であるが、今回の工事では逆に根が現れた場合には大切に扱い、根の折曲や切断には十分気をつけながら作業を行う事を周知徹底した。既設舗装版撤去工・路盤撤去工まではバックホウを使用、路床は根系が確認されるまでバックホウを使用し、根系確認後は手掘りで根を切断しないよう慎重に掘削を行った(図-7)。植栽基盤の規模にもよるが、人力での掘削は同時作業人数に限られるため、一定時間ごとに交替での作業が良いと考えられる。人力での路床掘削、また、バックホウを使用した路盤撤去工・路床掘削工においても、セメント改良された箇所ではバケットも歯が立たず、振動ドリル使用しながらの作業となった。既設街路の植栽基盤工事でも同様の状況が想定されるため、既設街路の改修工事などでは余裕を見た工程が望ましい。

3日目(2022年2月8日火)、4日目(2022年2月9日水) 貯留材設置工(根系誘導作業含む)・点検孔設置工・シート工・客土工・覆土工(埋戻し)。植栽基盤本体の施工を中心に実施した。貯留材へ無理のないよう均等に根系を誘導し、根系に対し根元から20cmごとにテープでマーキングを行った(図-7)。根を部材間に挟めないよう慎重に貯留材を組み立て、貯留材側面にジオテキスタイル⁹⁾を敷設した。樹木側は、植栽基盤へ根を誘導するため、対象の樹木側には貯留材の側板パネルは取り付けず、ジオテキスタイル(防根シート、吸出し防止シート等含む)を敷設しないこととした。地山(現地盤)と客土(植栽基盤)との圧密差が生じることで樹木側の地盤の沈下や“水みち”の発生(吸出し)が懸念されることから、植栽基盤の余掘り部と貯留材内部に水極めで客土の充填を行ない、植栽基盤と接する地山との密度に差が生じないように入念に締固めを行った(図-8、9)。念のため、根系が干渉しない箇所は狭小な面積でもできるだけジオテキスタイルを敷設した。

施工性から客土は袋状のものが“だま”が少なく乾燥していて充填しやすいことが分かった。今回は、関東での施工ということで黒土をベースに腐葉土を混合使用したが、関西以西など西日本地域では真砂土、北海道や九州南部では火山灰を充填客土の主体とすることが考えられ、水極めとの相性を考えて充填材の材料を選択することが重要である。なお、本件でも50%の植栽基盤区において竹チップも少量混合している。黒土との相性も良く、充填はしやすい材料であった。有機質再生材料の活用も更に検討していく必要がある。

5日目(2022年2月10日木) 休工。南岸低気圧が通過し現場のある東京地方は大雪で現場は中止。前日作業終了時に施工途中の植栽基盤が前夜の降雪によって凍結しない様に養生を行った。

6日目(2022年2月11日金) 除雪・シート工・客土工・覆土工(埋戻し)。幸い2cmの積雪にとどまり、除雪後、施工途中の植栽基盤のシート工・客土工が午前中までにほぼ完了し、午後から覆土工・路盤工・表層工と舗装構造の復旧関係の工程を行った。表層には、ケヤキ工区は透水性舗装用の開粒度アスファルト混合物13mmを厚み5cm舗設、モミジバフウ工区は撤去時に保管していた



図-6 作業員を前に本工事の主旨を説明



図-7 根に注意して慎重に行う掘削(左)と貯留材への誘導(右)

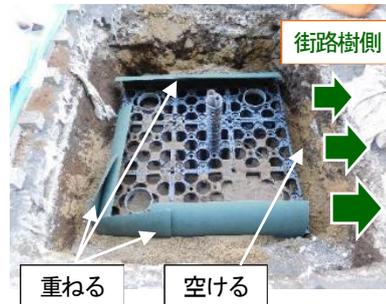


図-8 シート工 根系が出ている植栽基盤の側面は解放させる



図-9 客土工 「てみ」による土入れ(左)と「水極め」(右)



図-10 屋上に雨量計取付(左)と観測孔に水位計設置(右)

既設材料の透水性インターロッキングブロックを舗設した。

6日目(2022年2月12日土) 計測機器設置工。植栽基盤の底部に観測孔[小]に水位計を設置し、ロガーをBOXに格納し樹木の幹に固定した(図-11)。また、近接する建物の屋上に転倒マス型雨量計とロガーを併せて取り付け付けた(図-10)。これらは遠隔でクラウドデータとして10分間隔で記録され、降雨時の記録を同時に確認することができ、それぞれのデータの関連性有無の確認が容易に可能となる。

4か月後(2022年6月12日日) 計測機器設置工。地温計、土壌水分計(テンシオメーター)を[客土100%充填]植栽基盤の観測孔[大]に設置し、電子式湿球黒球温度指数計(熱中症指数(WBGT)測定器)を植栽基盤上の樹木幹と対照区として20mほど離れた車道

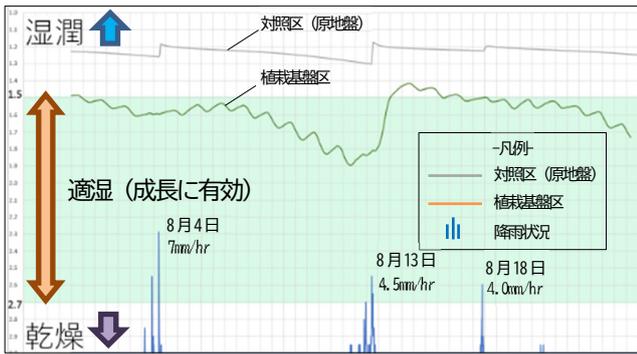


図-1 1 ケヤキ工区 8月の土壌水分量 (pF)

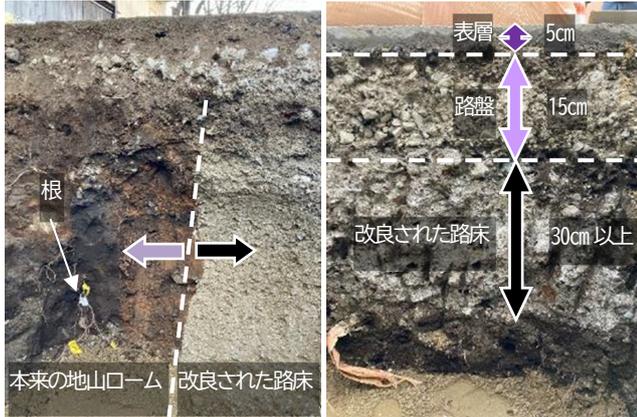


図-1 2 現地の改良地盤(路床)僅かなローム層に根を確認(左)際に取り付けた。

(3) データ観測

1) 観測工程と工区

2022年6月13日から2023年1月5日にかけて、設置した植栽基盤区と対照区で観測を実施した。設置した植栽基盤と対照区の比較工区を下記に整理する。

*植栽基盤区 (モミジバフウ・ケヤキ各工区)

- ・雨水貯留材に客土を充填 (100%) : 水位・水分量・地温・暑さ指数
- ・雨水貯留材に客土を充填 (50%)

*対 照 区 (モミジバフウ・ケヤキ各工区)

- ・雨水貯留材への客土充填無し (0%) : 水位
- ・雨水貯留材無し (原地盤) : 水分量・地温
- ・車道際 : 暑さ指数

2) 観測方法

観測項目は、『水位』『水分量』『地温』『暑さ指数』の4要素とした。何れも自動でデータを記録する観測機器を設置した。水位計は圧力センサー式、水分量はテンシオメーター (以下、水分計)、地温は白金測温抵抗体用記録計 (以下、温度計)、暑さ指数は電子式湿球黒球温度指数計 (以下、WBGT という) を使用した。植栽基盤 (客土を充填 (100%) のみ) の観測孔[大]に水分計と温度計の棒部・センサー部を植栽基盤天端から30cm程度差し込んだ。また、原地盤の水分量と地温を計測するため、地表面から50cmの深さに対照区として設置した観測孔には、植栽基盤と同様それぞれ水分計と温度計を孔底面より30cm程度差し込み観測を行った (図-1 1)。植栽基盤 (客土を充填 (100%) のみ) の観測孔[小]には、水分計を取り付けた。観測孔[小]は植栽基盤の底部 (地表面から約1mの深さ) の水位を観測可能とし、植栽基盤内の雨水が飽和した

場合に観測される構造とした。植栽基盤と同様の寸法で貯留材を設置した客土充填無し[0%]の施設にも、対照区として水分計を取り付けた。

3) 観測結果

『水位』

植栽基盤区[客土100%充填]、対照区[客土0%]共に観測期間を通して誤差内である最大4mm程度が観測され、水位差は確認されなかった。植栽基盤直上の透水性舗装のみの雨水流入では植栽基盤内が飽和する状況には至らなかったものと推測される。

『水分量』

植栽基盤は何れの工区も植物の成長に有効な値に収まり、適正な水分量 (pF 値) になっている。モミジバフウ工区では、7月と8月は0.1程度の値の差 (植栽基盤区1.4 : 対照区1.3) であったが、9月は最大で0.45程度の値の差 (植栽基盤区1.8 : 対照区1.35) が見られ、とくに9月は植栽基盤区の変動差が大きく、数値は高い傾向であった。ケヤキ工区は、8月は最大0.6程度の値の差 (植栽基盤区1.9 : 対照区1.3) が確認された (図-1 1)。何れの工区も対照区より植栽基盤区の変動差が顕著であった。植栽基盤は何れの工区も植物の成長に有効な値である pF 値:1.5~2.7 内に収まっているのに対し、対照区では何れの工区も過湿傾向 (7月上旬を除き pF 値:1.2~1.4) となり、成長に有効な値である pF 値:1.5~2.7 から外れる値が観測された。降雨時には一時的に pF 値が高くなり、徐々に下がって行く傾向が確認され、植栽基盤の方がその傾向が強くなった。

ケヤキ工区周辺の舗装、また、透水性インターロッキング舗装のモミジバフウ工区も同様に路床改良等により非透水の層が確認され、雨水が土壌に浸透しにくくなる要因となっている (図-1 2)。その結果、地盤に浸透できずに滞留した雨水が、舗装面より低い付近の植栽地や観測孔などに流れ込んだ結果、対照区である原地盤が過湿傾向を示したものと推察される。この事象は一般の道路にもあてはまると考えられ、道路植栽木の過湿傾向が比較的若い街路樹の根腐れによる枯損要因の一つにもなっている。対照区の結果に関しては次年度に位置を変更し、再度改良路床内の土壌水分量を観測していく予定である。路床の硬度調査結果については (4) にて後述する。

『地温』

植栽基盤区と対照区 (原地盤) の地温にも違いがみられた。植栽基盤区と対照区の地温差は、何れの工区、観測月でも対照区と比べ、植栽基盤が高くなる傾向がでた。モミジバフウ試験工区では0.5℃~2.5℃植栽基盤が高くなり、ケヤキ試験工区でも0.5℃~0.8℃植栽基盤が高い観測結果となった。黒土に腐葉土を混ぜた客土の植栽基盤区が発酵熱を持ち、地温が僅かに上がっているものと推察される。この地温差が根系や樹木の生育そのものにどのような影響があるのか今後引き続き検証を行っていく。

『暑さ指数』

緑陰下では、舗装上面に対して日中は約3℃程度低い。夜間はやや高くなる傾向となり日較差が小さい安定した温熱環境であった。

(4) 調査と試験

2023年2月8日、植栽基盤を一時撤去し、土壌硬度試験、透水試験、根系の伸長調査を実施した。

1) 土壌硬度試験

山中式硬度計を用い、植栽基盤区[客土100%充填]の周囲 (掘削斜面の4面の地山) に対し、地盤工学会土壌硬度試験方法に基づいて試験を実施した。その結果、モミジバフウ工区では地表面から30cm付近までは路盤があることから4面中2面で平均値22mmを超え、同60cm付近までも先述の通り路床が改良されている層があ

り 21mm を超える結果となった。植栽基盤底面の同 90cm 付近では 4 面共 18mm 以下であった。一般的に根系発達に支障がない値は 20mm 以下とされるため、地表面より 60cm 付近までは根系の伸長に適さない層となっており今回植栽基盤を設置した同 50cm から 1m 付近は樹木からの根系の導入にし易い敷設高となっている。ケヤキ工区に於いても、4 面中 2 面で 30cm 付近平均値 22mm、同 60cm 付近 23mm、更に 90cm 付近でも 21mm を超えた。モミジバフウ工区よりケヤキ工区の方が 4 面各計測深さで高い値の計測結果が出た。

植栽基盤区天端の調査に関しては、施工直後の水極めてで客土の含水比が高く緩い状態であることから、山中式土壌硬度計と併せて SH 型貫入試験機による計測を後日観測孔にて実施する予定である。

2) 透水試験

METER 社製携帯型ミニディスクインフィルトロメーターを使用し透水試験を実施した。透水係数を求めるため、不飽和透水係数の測定を植栽基盤区[客土 100% 充填]と対照区[客土 0%]、及び施設天端(客土)で行った。結果は、モミジバフウ工区の客土充填無し[0%]底面(地盤工学会法の計算で $8.89 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$)を除き、植栽基盤区の底面(地山)と天端もほぼ同様のオーダー(同 $10^{-3} \text{cm/sec} \sim 10^{-4} \text{cm/sec}$)となった(図-13)。一般的な関東ロームの透水係数が $10^{-2} \text{cm/sec} \sim 10^{-4} \text{cm/sec}$ ¹⁰⁾ であるため、やや透水係数の低いロームの値とも言える。ケヤキ工区の植栽基盤区[客土 100% 充填]では、底面(地山)が同 $2.1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ に対し、天端(客土) $2.35 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ で殆ど変わらない結果となった。また、モミジバフウ工区の植栽基盤区[客土 100% 充填]では、底面(地山)が同 $1.62 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ に対し、天端(客土) $6.15 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ となり、地山より植栽基盤の浸透係数が低くなるという結果となった。試験は根系調査による植栽基盤復旧(客土充填)直後に実施したため、念のため後日あらためて行う予定であるが、後述の根系調査の結果の通り、植栽基盤の浸透能力が優れているか否かに関しては根系の生育にはさほど影響がないものと思われる。

3) 根系の伸長調査

設置後 1 年目の掘削、植栽基盤解体による本格調査となったケヤキ工区、モミジバフウ工区共に、植栽基盤区[客土 100% 充填][客土 50% 充填]すべてで根系の伸長と細根の旺盛な発根が確認された。調査方法は、客土と貯留材をすべて撤去し根系の長さを束ごとに写真撮影を行い、概ね 2mm 以上あるすべての根の伸長を計測、20cm 置きにテーピングした。また、分岐している根元を基本とした直径の計測をノギスで行った(図-14)。

モミジバフウ工区の植栽基盤区[客土 50% 充填]では客土した天



図-14 根系の伸長計測・テーピング(左)直径計測(右)



図-15 モミジバフウ[客土 50% 充填]根系伸長状況



図-16 モミジバフウ[客土 100% 充填]設置時(左)1年後(右)

端(貯留材下 1 段目の天端)から多くの細根がモヤシの様に出ているのが確認された。対象樹木側から全体的に万遍なく根系が伸長し、50cm 規模の根系の束が 8 束以上、分岐部から最長 210cm 伸長した根系も確認された(図-15)。「客土 50% 充填」は竹チップパウダーを試験的に充填した植栽基盤区だが、充填材の効果よりも客土が貯留材の下半分のみ充填という環境で上半分に空気層が確保できる植栽基盤区であることから、十分な酸素供給が為されたことで根系の生育に良好に作用した可能性も考えられる。植栽基盤区[客土 100% 充填]でも同様に全体的に根系の伸長と発根が確認されたが、長いものが多く確認された同[50%]と比較すると、より細根がより緻密かつ束になった発根の状態が確認された(図-16)。植栽基盤区[客土 100% 充填]は設置時に直径 1cm 内外の根系が 3 本程度あり、それらを植栽基盤内へ誘導したことによって束となって発根したものと考えられる。

ケヤキ工区はモミジバフウ工区と比較して植栽基盤は樹木幹芯から距離があるため発根数は比較的少ないが、樹冠が大きいこともあり、比較的固い地盤ながらロームや黒ボクから直径 1cm に満たない 5 本程度の根系が 1 年前の設置時に確認されていた。今回の調査でそれらの根から発根し比較的しっかり纏まった束状の根系となった状態が確認された(図-17)。モミジバフウ工区の植栽基盤工区と異なり、樹冠の半径を超える位置でも細い根系が届いていれば、本調査で確認できた様に遠隔の植栽基盤工区でも細かく根系が発達することが示唆された。

なお、モミジバフウ工区、ケヤキ工区共に、貯留材を設置した客土充填無し[0%]に於いて僅かに細根を確認した程度で、大きな変化はなかった。組立てた貯留材の樹木側には仕切りを設けず解放させ掘削面に寄せて施設を構築していたが、客土が全く充填されていないにも関わらず、当該側面への吸出しや地山の崩壊が認められなかったことは、本工法の客土を充填させた場合に於いては更に接する地山の安定性が確保されていることも示された。

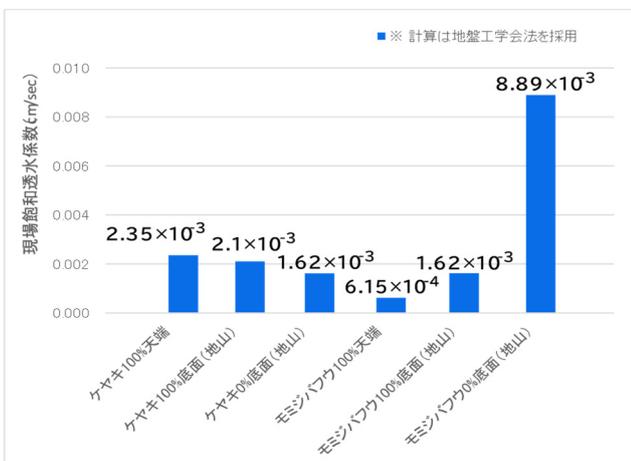


図-13 透水試験結果(インフィルトロメーター-地盤工学会法)



図-1-17 ケヤキ[客土100%充填]設置時(左)1年後(右)

4) 来期調査のため施設復旧

次回1年後の調査のため、植栽基盤等の施設を再度組立て根系誘導や客土充填ほか設置時と同様仕様で復旧した。

3. 本工法の優位性と課題について

現在、高耐久のプラスチック貯留材は全国に普及しており、中でも支柱タイプは主流な形状である。設計上も自動車の通行(構内交通程度)を考慮した設計で製品化された信頼性の置ける土木材料であるため、本工法の用途に適応しやすく汎用性は高い。客土も地域の畑土等の用土を活用でき、充填材との配合次第でその樹種の特性に合わせ生育の調整も可能となる。従前の雨水貯留槽用途の場合にはシートの熱溶着など専門工事業者に委ねる必要があるのに対し、本工法ではシートは切って重ね置くだけでも機能上問題ないことがわかった。これは材料だけでなく施工の面においても社会実装する上で重要なポイントである。本調査工事では観測のための観測孔ほかモニタリング設備を付加し施工したが実際の工事では不要である。形状は現地に合わせ、街路樹を中心に口の字に設置したり、共同溝機能を併せ連続的に長いタイプでハイブリッド型も可能である。

課題点としては、これまでの雨水貯留材の実績が民間の駐車場や工場や倉庫といった事業所が殆どであり、官庁発注の道路、とくに車道下への適用事例が少ないことである。これは業界の貯留材の認定団体である雨水貯留浸透技術協会が公道下への適用が想定されてなく、協会の認定審査時の交通荷重に対する試験項目が設定されていない。そのため、国や自治体が採用するにあたってはNETIS¹¹⁾登録や、国土技術研究センターの建設技術審査証明などの取得も必要になると思われる。我が国のグリーンインフラに対する基準類はまた整備されていない段階だが、今後取り組みが本格化する中で施設の強度性能の担保が求められる時には、適切に対応できるような準備をしておくことが必要であると考えられる。

4. おわりに

本稿では設置試験・調査工事が1年経過した段階ということもあり、施工性(施工の流れ)を中心に紹介した。グリーンインフラとしての熱環境緩和効果や雨水浸透機能については初年度調査ということで経過報告的な報告となった。地温や土壌水分量の対照区との差が、樹木にどのような影響があるのか判断するためには更なる調査を要すものと思われる。1年目の根系調査では予想された結果以上に樹木は植栽基盤内に発根し根を伸長させることが確認された。今後も、本工法「耐荷重に優れる雨水貯留材を植栽基盤へ適用する」事例を積み重ね、安全性の確認は無論のこと施工性と機能性の両面から訴求力ある工法の開発に尽力していく。

謝辞 本研究は国土交通省の先駆的な緑化関連技術開発の実証調査パートナーに採択された事業で、実証調査事務局の公益財団法人都市緑化機構の日下部様をはじめ機構の皆様、並びにアドバイザーとして多くの有益なご助言と試験器具を貸与いただいた公益社団法人雨水貯留浸透技術協会の屋井様と益田様には大変お世話

になりました。心より御礼申し上げます。

補注及び引用文献

- 1) 国土交通省総合政策局環境政策課(2017)グリーンインフラストラクチャー～人と自然環境のより良い関係を目指して～
 - 2) 飯塚 康雄, 舟久保 敏(2018)わが国の街路樹Ⅷ:国土技術政策総合研究所資料第1050号
 - 3) 道路構造令(昭和45年10月29日)第11条の4
 - 4) おもに現地盤や造成盛土で舗装を支持し、CBRと呼ばれる舗装構造の支持力を決定する厚さ1mの層
 - 5) 道路緑化基準(平成27年3月国土交通省都市局長・道路局長通達)1-3道路緑化の基本方針
 - 6) ポリプロピレンから成る樹脂成型貯留ユニットを箱型に組立て、長繊維不織布等で立方体の側面(6面)を覆い、所定の厚みを確保した土被りによって衝撃荷重を分散する条件で、大型車の通行や上載を可能とした地下埋設雨水貯留工法である。国内の地下埋設型の雨水貯留施設や貯留浸透施設の工事では、「雨水浸透技術指針[案]」や「プラスチック製地下貯留浸透施設技術指針[案]」を策定している公益社団法人雨水貯留浸透技術協会による雨水貯留浸透技術評価認定制度により認定された製品を使用することが多い。中でも樹脂成型貯留ユニットの空隙率が95%前後と高く、視認性や耐流動性を謳っている円柱支持構造の製品は、根系の伸長がしやすく本工法に適していると考えられる。参考:公益社団法人雨水貯留浸透技術協会の認定制度:ホームページ<<https://arsit.or.jp/nintei>>
- なお、本工法の植栽基盤へは下記の製品を適用した。
- ・株式会社明治ゴム化成製 アクアトラップA13型(13本脚タイプ)
- 本製品は、鉛直圧縮強度は209kN/m²(平成8年雨水協技術評価認定改定値)現場ごとに経済性を考慮し、他メーカー製品も含め入手しやすい適切な材料を選択する。
- 7) 植栽基盤区と対照区は、設備配管等の地下埋設物を避けながら設置するため均等配置にはならず、近いもので樹木幹芯より2m程度、最も遠いものは7m程度となった。
 - 8) 7)と同様、設備配管等の地下埋設物を避けながら設置するため、本検証では「ケヤキ」「モミジバフウ」それぞれ同一エリア内の形状は統一したものの、エリアで異なる形状となった。社会実装される場合でも、貯留材の組合せにより現地の条件に合わせた形状の植栽基盤を設置することが可能である。
 - 9) 一般的には土シートと呼ばれ、軟弱路床や盛土面に吸出し防止材として舗装や造成地の安定を図る地盤改良に古くから使用されている。近年では雨水貯留槽の透水シートや保護シートとしても多用されている。シートの製造方法で違いがあるが、中でも長繊維不織布のタイプは強い引張強度を持つ。本工法の植栽基盤へは下記製品を使用した。
- 底面:長繊維不織(東洋紡ボランス 目付450g/m²)
側面:熱圧着不織布(東洋紡エクーレ 目付130g/m²)
天端:熱圧着不織布(東洋紡エクーレ 目付300g/m²)
- 10) 平成17年 東京都下水道局 排水設備雨水浸透施設技術指針, p10
 - 11) NETIS(New Technology Information System:新技術情報提供システム)とは、国土交通省が整備した効率的に新技術の閲覧・検討ができるデータベースシステム。民間企業等で開発された新技術を現場で活用し、その結果を調査・評価することによる有用な新技術の普及・促進を目的とする。

(出典:国交省関東地方整備局ホームページ <https://www.pa.ktr.mlit.go.jp>)

名称:植栽基盤等設置試験施工・調査工事
企画設計:前田道路株式会社 工事業本部 設計部 設計課
監修:東京農業大学 地域環境科学部 地域創成科学科
施工:前田道路株式会社 東京支店 世田谷営業所
所在地:東京農業大学世田谷キャンパス構内
設置工事:2022年2月1日～2022年6月12日
観測調査:2022年6月13日～2023年1月5日
開削調査:2023年2月6日～2月11日