■特集・造園論■

緑地工学が当面する諸問題

中 村 貞 一*

Recent Problems in and around the Construction Engineering
in Landscape Architecture

Sadaiti NAKAMURA

摘要：緑地工学が抱えている固有の問題および学際的問題にわたって、①土に対する土壌学のアプローチと土質工学のアプローチを緑地工学にどのようにとり入れるべきか ②実用的な土量計算法の要望 ③休養歩道および運動競技場の舗装要件と材料・工法の動向 ④学際的協力による水辺と山腹の風致工 ⑤緑地工の機械化の現状と発展動向 をとりあげて、緑地工学への問題提起とする。

緑地工（ならびに緑地工学）が隣接する諸工（学）分野にどのようにかわりあい、どこに固有の領域をもち、したがって独自の工法、試験方法を開発していかなければならないか？ これをみわたす作業の一環として、緑地工（学）に現在課せられている課題ならびに学際的な協力が必要となっている境界領域を以下にとりあげてみる。

1. 土と土壌のはざま

緑地工学では対象となる土を取扱うアプローチがまだ十分に固っていない。土木工学・農業土木工学では、土は構造物の基盤あるいは土工重機械の作業の場として《土》の概念でとらえられる。これに対して農学では、土を高等植物の生育の場として《土壌》の概念でとらえる。《土》と《土壌》の二つの概念にはかなりの差異がある。

土木・農業土木・建築の分野の基礎学として、土質工学では土の分類に当って土粒子の粒径と土の特性に着目して、粗粒土・細粒土・高有機質土に大別したうえ、日本統一土質分類ではこれをさらに細分して33単位に区分する。そして土質調査では、現位置調査でボーリングによりふつう地下数10mにわたるサンプリング採取を行い、実験室調査では土の物理性の測定と力学試験を多くの項目について綿密に行う¹¹⁾¹²⁾¹⁹⁾。

これに対して農学分野では、植物に対する養分・水分の供給能力とそれに関連する土壌条件を重視するから、土の分類においては土性の理学的分類・命名（12単位）と土壌生成論的断面構造による分類を併用する。土壌調

査法としては根圏に重点をおき、現場調査で深さは検土杖と試掘坑を併用する範囲で1mまでにとどまる。実験室調査では物理性（しかしその項目は土質工学の項目とは同じではない）のほかに化学性（7項目あまり）、土壌微生物、土地利用、人間のインパクトにわたり広く調査するから、土質工学の調査法とは調査範囲と方法が大きく相違する¹³⁾¹⁴⁾²¹⁾。

緑地工では、土については農学の土壌学のアプローチにならって、近年まで農学の土壌分類・土壌調査法をそのまま踏襲するのがふつうであった。しかし緑地工に土工重機械が普及し大規模土地造成が増加するにつれて、緑地工は植物生育工であると同時に土工でもある側面が年を追って強くなっているのであるから、土の取扱にあたって、土質工学のアプローチを欠いてはならない場面が次第にふえている。もちろん緑地土工は、荷重支持力や圧密性などの物理性項目について土木プロパーの土工ほどきびしい土質条件はまず要求されない。したがって本格的土工に要求される調査方法そのままでもなく、いくらか緩和した性能・精度の測定機械・調査方法でたりる場合が多い。一例を土壌断面調査にとると、検土杖・試掘坑による深さ1m以下の農学的探査では緑地工の調査項目としては不十分であるが、土質工学的基礎調査のように岩盤に達する数10mのボーリングまでは必要としない。ではどの程度の深さと精度のボーリングを目標とするのか？ 緑地分野では、(1)樹木の根圏と関連する有効土層の厚さ、あるいは緑地施設が必要とする支持力を判定するのに必要な土の深さと、(2)深さを増すにつれてボーリングが土質専門技術者に委託せざるをえなくなる事情

* 名城大学理工学部建築工学科

を考えあわせると、緑地工技術者が自分の手で行える程度の技術を標準工法として求めることとなり、当面はコーンペネトロメータを取入れるか、ランマーの自由落下でコーンを打ち込む簡易貫入試験機（土研式、長谷川式など）によることになって、測深は100～150cmにとどめざるをえない¹⁸⁾²⁴⁾。

現在造園学会分科会で緑地土壌調査法の標準化作業に着手し、その手初めとして「植栽基盤の造成・整備のための土壌調査法の標準化」にとりくみ、シンポジウムが1980—82に3回開かれた¹⁸⁾。この課題は分科会のとりまとめに委ねるとして、ここでは緑地土壌全般の——当然この中に植栽基盤も含まれるが——調査手法の標準化の問題としてとりあげる。以下に緑地工の現状に即して、現段階で取入れ可能と考えられる土に対する緑地工の標準アプローチを設定してみると、

- (1) 標準調査項目を共通調査項目と補充項目にわけらる。
- (2) 共通項目には農学的アプローチによる物理性調査項目¹³⁾¹⁴⁾¹⁸⁾を全項目とりいれる。但しそのうち土壌断面調査は簡易貫入試験機（前出）かコーンペネトロメータ（前出）をつかって地下150cmまで深める。
- (3) 対象地を、①植栽計画敷地、②緑地施設敷地（園路舗装敷地、スポーツ・グラウンド、池泉敷地、そして便宜上ここに土工重機械施工予定地をくわえる）、③建築・重工作物敷地に3区分して、それぞれに補充調査項目を設ける。すなわち、
 - ① 植栽敷地には、土の化学性¹³⁾、生物性¹³⁾、既往の土地利用ならびに人間のインパクトの項目を追加する。
 - ② 緑地施設敷地には、土の物理性調査の補充項目として土質工学的アプローチをとり入れ、コンシステンシー、土の突固め、支持力、圧縮性、せん断性、弾性、構造安定性の範囲で計画に必要な項目を加える。
 - ③ 建築・重工作物敷地はそれぞれ専門技術領域に入れるのが適当で、緑地工の領域外とする。

これは私案であって、緑地工の調査項目に土質工学的アプローチをどの程度に取入れることが現段階で必要であり、可能であるかは、学会レベルの慎重な検討をへて、標準法として制定するのがのぞましい。

2. 土量計算¹²⁾²⁵⁾

土工量の大きい土工事の計画は、土量の正確な見積りからスタートする。ところが日本の土木教育では土量計算の実務は重視されていない。実用に耐える適切な計算法が示されているとはまだいえない。

両端面平均法、ブリズモイド公式、角柱集合法、および図式解法として等高線図利用プランメータ計算法、

その他幾何学的解法が土量計算の基本公式あるいは解法として一応示されているが、これら公式・解法は極度に単純化されたモデルでは正確な計算はできても、現実の土工設計では、ある条件が充たされなければ決して使えない公式・解法ばかりである。一例をあげると、角柱集合法が使えるためには、敷地表面を適当な間隔の格子に区分して、格子の交点にマーク設定（杭打ちなど）をして交点の高低測量が可能でなければならない。したがって敷地の地表に立木など障害物が多く、マークの設定や測量を妨げられる場合にはそのままではこの解法は使えない。公式の利用を可能にするためには輪郭にも条件がある。

現場の障害となる条件を処理して、計算を可能にするためには、実用的なケーススタディをそろえて、各解法が実際に使えるところまで懇切な誘導を用意することが必要で、この点邦書は懇切とはいえない。道路土工で使われている土積曲線を利用する土量配分法が、簡便でかつ実用にたえるのは、まったく例外的といえる。

3. 緑地の舗装材料と工法

この分野では歩行者専用空間ならびに運動競技場の舗装材料と工法を問題としてとりあげる。

1) 歩行者専用空間の舗装材料・工法²³⁾²⁶⁾

歩行者空間の舗装に求められる性能は、高速車道に課せられている性能とは異なるのであるが、課題はいまも解決されていない。

産業道路舗装工法は交通の効率化をもつばら目標として、一方向一日3,000台以上にもものぼる大型車輛の頻繁な走行にたえる優れた材料と工法の開発に研究は集中した。その結果コンクリートとアスファルト舗装工法がほぼ完成に近いところに到達した。

緑地の舗装には、産業道路とちがって、重量車の大量交通というきびしい要求は全くないのであるが、産業道路の開発でえられた最新の材料と工法に強く支配されて、アスファルト・コンクリート舗装が借用され、ただその舗装の厚みを減らすことで調整して、同じ工法とするのが現状である。

歩行者空間の舗装に求められる特性は、路面を歩く人間の膝や脚の疲労の少いこと、そのためには、①路盤が適当な弾力性をそなえて、歩行による衝撃をある程度吸収するものであることと、②舗装の維持管理が楽で、手がかからず、ランニングコストの少いことがのぞましい。さらに、③舗装の外観（テクスチャ、色彩など）が利用者に十分な休養ムードを与えるものであれば最上である。

長距離を歩きつづける自然歩道などで①の性能がとくに求められるし、また都市から遠く離れた自然休養地の奥地などでは②の特性が重要となる。

この視点からみて休養道路の舗装として既存のもので比較的すぐれたものには、木塊舗装と、粒度組成のよい土砂道（細粒土をあまり含まないので、ぬかるみ・土ぼこりが少ない）³⁶⁾があり、いずれも①の要件をよく満たし、木塊舗装はかつて乗馬道としてもよく使われた。しかしともに②の要件に欠けていた。これらに代って現代では②の特性にすぐれた材料であるアスファルトが休養道路舗装にも進出してきた。

休養道路の舗装としてはしかし②だけではなく①の特性も十分に満たす材料、したがってアスファルトよりも弾力のある優れた材料のあらたな開発か、あるいはアスファルト舗装のこの方向への改良が待望される。また季節的に交通量が急増し、路面破壊のはげしい自然休養地の歩道や登山者の靴による表層侵食のはげしい山間急斜面歩道の舗装材料・工法の開発が期待される。

2) 運動競技場の舗装材料・工法³³⁾³⁴⁾

野外のトラック、フィールドとテニスコートの舗装については、競技面に必要な支持力ならびに適当な弾性の保持ならびにその性能の安定性（降雨など天候によって性能があまり変動しないこと）が重要である。

この分野ではしかし20世紀に新たな材料が続々と開発され、シンダーと土の混合材から、アンツウカ材、アスファルト系および高分子系合成材とつぎつぎに性能と安定性が向上して、いまや「全天候舗装」の要望がほぼ充されるところまで到達している。

陸上競技場・テニスコート以外の競技面によく使われているシバフについては、人工芝が開発されて、シバフ管理の労苦が大きく軽減し、競技球のパウンドならびに転がり特性は著しく向上したが、その反面表面のスリップ性と摩擦熱、競技面上の微気候³⁵⁾（気温の垂直分布がシバフ面に比べて悪く、気温上昇が著しい）の諸点がまだ未解決で、人工芝は材料としてまだ多分に未完成である。

4. 水辺・山腹の風致工

河川・湖沼・ダムの水辺の風致工と急斜面の山腹に行われる砂防治山工が風致の視点から見直しを迫られている。

現在日本の治水治山工は、公共事業の性格から建設省が承認した工法と資材による標準化が行きわたって、全国の水辺と山腹にいたるところ画一的な土木工法がみられる。

標準工法は施設の強度と耐用年数を高め、施工単価の低下には貢献しているであろうが、作りだされる景観は単調であり、ことに自然景観が支配する地域において人工施設と周辺環境との一体化（風致的融合）を妨げていることが多い。

風致工は周辺の自然に応じて、多様な工法・工種の中

から、調和する工種・材料をえらびだす選択の幅が必要で、単に施工単価が低く、実用強度が充たされればよいというものではない。

自然景観の中で人工をなるべく控え目にみせる材料・工法として、粗だ伏工、編柵工、積苗工などの、植栽による侵食防止工や、蛇かご工などがあり、日本でも50年前には汎用されていた。河田五郎は植栽による侵食防止工は「表土の流亡も少なくて効果のある方法だが、多量の資材と労力を要し、経費もかさむので、どこでも実行できるわけにはいかない」（文献43 P.79）というが、工法の必要性が高くなれば、資材労力の調達には途が開ける余地はあるはずである。現にヨーロッパ、とりわけドイツ・オーストリア・スイスでは今なおそれらが風致工法に生かされ活用されている⁴⁴⁾⁴⁵⁾⁴⁶⁾。現代日本の風致工法にも再活用されてよいものであろう。

水辺・山腹の風致工は治山砂防工学・河川工学と緑地工学の学際的協力を必要とする新しい分野となるであろう。

5. 緑地工の機械化

緑地工機械は土木機械・農工機械の汎用として導入されたものが多く、緑地工のために新に開発された特用機械はゴルフ場シバフ管理用の一連の機械と樹木掘取移植機がわずかに存在するにすぎず、開発はすべて今後に期待される。

ゴルフ場シバフ管理機械は、シバ刈機・集草機・シバフ耕耘機・シバフ播種機・転圧機・スプリンクラなど、作業工程に応じていくつかの機械群が開発されているが、ここにはシバフ用機械以外の緑地工機械をとりあげたい。

樹木植栽工程の機械化の前途には、技術上の問題点と市場の問題が横たわっている。

- ① 技術の問題としては、作業の機械化が容易なのは土づくりの諸工程、植穴堀り、植木・石材の搬入、灌水の工程であり、機械化になじみにくい工程は、作業に高度の美的判断を必要とする整姿せん定、樹木立入れ、石組、支柱作業の工程である。
- ② 植栽地の表土をふみ固めてしまえば樹木のその後の生育に支障がでるので、大型重量機械の植栽地への持ちこみは難かしく、通路上から専ら作業するのでは作業範囲が局限される。
- ③ 技術の問題のほかには機械の開発を受入れる市場の育成にも隘路がある。

以上の諸点をふまえて、緑地工機械の現況と開発動向を探っていく。

1) 植穴掘機

植栽工程に機械が最初に導入されたのがこの分野で、2人操作の人力穴掘機、各種の動力穴掘機がアメリカ・

西ドイツ・日本に出現しているが、レキの多い土では作業困難な機種が多い。これを克服するにはボーラ型でなく、回転刃で土の密度をゆるめる方式の *Vogesbohrrer* あるいは *Hermkrümmler* タイプ（ともに西ドイツ）を取入れて改良する方向が考えられる¹³⁾⁵³⁾。

2) 植木掘取機

現在 *Vermeer Tree Spade* (アメリカ), 大成建設式樹木移植機などがあるが, 前者は根を四方から抱きこんで掘りとり, ハチ土を落さぬタイプであり, 根元直径約 15cm が処理の限界であり, 後者は U 字型刃を地表に平行におし進めて掘りとるので, ハチ土は保たれないが, 直径 36cm 程度まで処理できる。それぞれ機構・性能に特色があるがまだ完成とはいえない。

3) 立入れ機械

大きな樹木ならびに大形自然石の立入れは高度の美的判断を要する複雑な作業で, 本来機械化になじみにくいが, 1 t 以上の木・岩石になると地上で位置を移動させたり, 傾き・方向をわずかに修正するにも人力では時間がかかる。立入れ作業のうち補助的な搬入・位置修正作業だけでも機械化できれば作業効率が著しく向上する。クレーンあるいはリフトをこの目的に改造して導入する工夫が待望される。

4) 高所作業機械

街路樹せん定作業などに高所作業機械が必要で, 折たたみアームで架台を上下させる電話線保守作業車などが現に転用されているが, 専用機種の試作開発がのぞまれる。

5) 緑地の整地工程で必要度の高いものに石レキ除去機がある。*Steinsammler Waros* および *Fähse D 2000* (ともに西ドイツ), *Anderson Rotary Rockpicker* (アメリカ) のほかに国産の *Geo・ビルダー (Mantis シリーズ)* があるが, いずれも地下約 20cm の範囲の浮石・レキを除去できるが, それより深く埋っているレキの排出は困難であり, かつ機械が大型となって普及を妨げている。農作業と共用できる機械であるから, 農業機械分野と協力して改良が期待できる。

参考・引用文献

(全般にわたるもの)

- 1) Lehr, R.: *Taschenbuch für den Garten und Landschaftsbau*. 1975, Paul Parey, Berlin
- 2) 中村貞一: 緑地・造園の工法 1977 鹿島出版会 (土と土壤)
- 11) 土質工学会: 土質調査法 1970 土壌工学会
- 12) 土質工学会: 土質試験法 1970 土壌工学会
- 13) 土質工学会: 緑化・植栽工の基礎と応用 1981
- 14) 土壌物理性測定法委員会: 土壌物理性測定法 1972 養賢堂

- 15) 土壌物理研究会: 土の物理学—土質工学の基礎 1979 森北出版
- 16) 興水肇: 人工地盤における緑地植物の植栽に関する研究 1977 東大園芸第二研
- 17) 興水肇: 住宅地開発における土壤保全(1) 1979 明大農研報48号
- 18) 興水肇: 植栽基盤整備のための土壌調査の手法とその標準化 造園雑誌46.1
- 19) 三木・斉藤: 土の工学的分類とその応用 1979 鹿島出版会
- 21) 農業土木学会: 農業土木ハンドブック (改訂4版) 1979 丸善
- 22) 日本住宅公団: 宅地造成における表土利用と土壤改良に関する研究 1975 日本住宅公団
- 23) 日本造園学会, 日本住宅公団: 環境緑化のための基礎調査に関する研究(1), (2) 1977, 78
- 24) 長谷川秀三外: 長谷川式土壤貫入計による緑化地の土壌調査 造園学会研究発表要旨 昭56 春 43—44, 1981 (土量計算)
- 25) Nimmann: *Flächen- und Erdmassenberechnungen* 1965, Paul Parey, Berlin (緑地の舗装)
- 31) 川本・鈴木: 造園施設の設計と施工 1982 鹿島出版会
- 32) Ministry of Housing & Local Government: *Landscaping for flats*. 1967, HMSO, London
- 33) 日本体育施設協会: 陸上競技場 1971 第一法規
- 34) 新田伸三: 運動場走路の構造に関する研究 1961 京大演林報32号
- 35) 新田他: 環境緑化における微気象の設計 1981 鹿島出版会
- 36) 内田一郎: 新編道路工学改訂版 1974 森北出版
- 37) Weddle, A. E.: *Techniques of Landscape Architecture*. 1967, Heinemann, London (水辺・山腹風致工)
- 41) 駒村富士弥: 砂防工学 1978 森北出版
- 42) 小橋澄治: 斜面安定 1975 鹿島出版会
- 43) 野口他: 研防工学 1969 朝倉書店
- 44) Olschowy, G.: *Landschaft und Technik*. 1970, Patzer Verlag, Hannover
- 45) Reichsverband der Deutschen Wasserwirtschaft EV.: *Die Lebende Verbauung* 1943, W, Keller & Co., Stuttgart
- 46) Rohlf, G.: *Grünordnung in der ländlichen Gemeinde*. 1967, Eugen Ulmer, Stuttgart (緑地工の機械化)
- 51) 土質工学会: 前出13

52) 中村貞一：前出 2

Berlin

53) Müller, F. : Geräte und Maschinen im Garten-
und Landschaftsbau L II 1973, 1975. Paul Parey,

54) 関口有方：造園工学 1982 地球社

Summary : This paper deals with some recent problems in and around the construction engineering in the landscape architecture in Japan, such as,

- 1) an approach to standardized soil survey techniques in recreational lands, in the light of the techniques prevailed in i) soil survey for farming and in ii) soil survey for civil engineering.
- 2) an approach to practical calculation of soil volume.
- 3) pavement materials and paving techniques for recreational trails and sports grounds.
- 4) aesthetic treatment of waterside works and mountainous conservation works.
- 5) present and future of machinery for grading and planting works in recreational lands.