

土の締固め度と植物根系の成長観察

東海大学 学生会員 ○池谷 真希
東海大学 正会員 杉山 太宏

1. 背景

盛土地盤は安全性・安定性向上のために十分な転圧を施す必要があり¹⁾、施工する対象物によって、締固め度 D_c の管理基準が定められている。締固めた盛土法面を緑化する植物根系には、地中に伸長できる硬さ（土壌硬度）があると言われている。しかし、地盤の強度試験結果と土壌硬度の関係、ならびに根系の伸長との関係については、十分な調査が行われているとは言い難い現状にある。

著者らは、市販の黒土を利用して、締固め度 D_c と土壌硬度ならびに力学的土質定数との関係、締固め度 D_c による植物根系の成長観察を報告をした²⁾。本報では、土の種類による影響を比較するため、黒土に真砂土を混合した試料で実施した試験結果について報告する。

2. 試料および試験方法

土試料は、昨年度使用した市販の黒土（Case 1）²⁾と比較するために、黒土と真砂土を乾燥重量比 2 : 1 で配合した試料（Case 2）を用いた。物理的性質は表-1 にまとめて示した。植物試料は、在来草本植物のメヒシバを使用した。植物の種を播種して生育させるための容器として、内径 190mm、高さ 200mm の塩化ビニル管を縦割りに 2 分割した塩化ビニル管を準備した。容器の底部は、土流出防止のために 1mm メッシュの園芸用ネットで覆った。

締固め度 D_c と土壌硬度、土質定数の関係を調べるために、表-2 の力学試験を実施した。土壌硬度試験では、山中式土壌硬度計を用いた。山中式土壌硬度計から求める硬度値が地盤の硬軟の指標³⁾とされており、その硬度（mm）との関係は表-3 のようにまとめられている。

根系の成長観察では、図-1 で得られた最適含水比 w_{opt} に調整した試料を、Case 1 は $D_c=65, 75, 90\%$ ³⁾、Case 2 では $D_c=75, 85, 95\%$ にそれぞれ締固めた（図-2 の下部層）。その上に締固めない試料を載せて（図-2 の上部層）15mm の間隔で播種を行った。播種から 3 ヶ月後、成長率（＝株数/播種量）、地上部高さ、根系重量ならびに締固めた下部層への侵入本数を図-2 の①～③の 3 断面で測定した。根系重量は、根系採取してから 24 時間自然乾燥させたものとした。

表-1 物性表

	Case 1	Case 2
$\rho_s(g/cm^3)$	2.35	2.45
$\omega_L(\%)$	139.0	83.8
$\omega_P(\%)$	96.4	67.3
礫(%)	1.0	3.5
砂(%)	65.1	72.9
シルト(%)	26.3	15.0
粘土(%)	7.6	8.6

表-2 力学試験一覧

突き固めによる締固め	JIS A 1210
透水	JIS A 1218
定圧一面せん断	JGS 0561
一軸圧縮	JIS A 1216
土壌硬度	JGS 3431 (案)

表-3 山中式土壌硬度計判定表

山中式土壌硬度 (mm)	27以上	24～27	20～24	11～20	11以下
植栽基盤としての判定(根の侵入の可否)	多くの根が侵入困難	根系発達に阻害あり	根系阻害 樹種あり	根系発達に阻害なし	根系発達に阻害なし (支持力低下、乾燥)
硬さの表現	固結	硬い	締まった	軟らか	膨軟過ぎ
判定	××	×	△	○	△

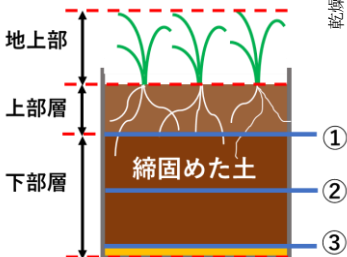


図-2 観察箇所

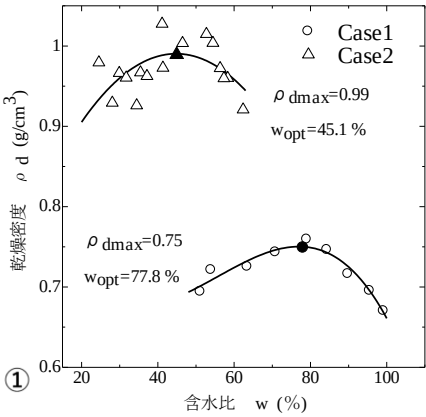


図-1 締固め曲線

キーワード 締固め度、草本根系、強度定数

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 杉山太宏 TEL 0463-58-1211

3. 試験結果

3. 1. 力学試験

表-4 は、力学試験から得られた力学定数の一覧である。締固め度 D_c の増加により強度定数ならびに土壌硬度が大きく増加し、透水係数は著しく低下した。これらは当然の結果ではあるが、このような締固めた土の力学定数と次項に述べる根系の伸長・成長との関係性を調べるのが本研究の目的である。Case 2 の試料では、締固め度 $D_c=75\%$ 以下において締固めても試料が自立せず一軸圧縮試験は実施できなかった。

表-4 力学試験結果一覧

土試料			Case 1			Case 2		
締固め試験	ρ_{dmax}	g/cm^3	0.75			0.99		
	w_{opt}	%	77.8			45.1		
	D_c	%	65	75	90	75	85	95
一軸圧縮試験	q_u	kN/m^2	20.4	41.5	65.9		19.4	56.6
定圧一面せん断試験	c	kN/m^2	6	13.5	19.8		15.4	36.9
	ϕ	°	29.6	23.9	38.2	30.1	36.9	27.9
透水試験	k_{15}	cm/s	9.63×10^{-5}	1.19×10^{-5}	3.59×10^{-8}	5.5×10^{-3}	7.88×10^{-3}	6.13×10^{-7}
土壌硬度試験	硬度指数	mm	12.5	22.4	27	13	20.67	26.3

表-5 観察結果一覧

土試料		Case 1			Case 2		
締固め度 D_c (%)		65	75	90	75	85	95
成長率 (%)		19.5	15.3	43.1	71.4	85.7	57.1
地上部高さ (cm)		15.6	17.8	15.8	47.0	26.0	38.0
根系重量 (g)		10.8	7.8	15.6	14.5	8.2	6.0
侵入本数 (本)	観察箇所①	30	15	13	20	16	15
	観察箇所②	14	15	7	29	29	16
	観察箇所③	18	20	24	35	38	33

表-5 は、生育期間終了後に観察した Case1, 2 の測定結果の一覧表である。生物であるが故のばらつきと締固めない上部層の影響から、表の上段 3 行（成長率～根系重量）は締固め度 D_c との相関性は明確でない。測定した根系の侵入本数のうち、締固めた下部層の中央部（図-2 の②）の本数を比較すると、Case 1 は $D_c=75\%$ から 90%, Case 2 では $D_c=85\%$ から 95% の間で半減することが分かる。土壌硬度による分類では、締固め度 D_c が 90% 以上は「多くの根が侵入困難」や「根系発達に阻害あり」に相当している。しかし、本実験では根系量は減るものの根の侵入が確認された。

図-3 と図-4 は、縦半割の塩ビ管を外した試料周面に分布する根系の様子である。図の破線は上部層と下部層の境界を表している。表-5 の結果を裏付けるように締固め度 D_c が低い時の根系は下部層に多く侵入し、締固め度 D_c が高いと相対的に上層部に密集することが良く分かる。



図-3 Case1



図-4 Case2

4. まとめ

山中式土壌硬度計を用いた土壌硬度試験の判定基準において、「根系発達に阻害無し」から「多くの根が侵入困難」とされる締固め度 D_c の範囲で行った室内試験から、土壌硬度と締固め度 D_c ならびに力学試験との相関性が高いことを確認した。

締固め度 $D_c=90\%$ 以上の状態の土でも、今回使用した植物根系は締固めた土へ侵入することが分かった。今後は、結果の再現性の確認とともに、締固めた土に直接播種するケースも実施する予定である。

参考文献

1) 地盤工学会編, 土の締固め, 地盤工学・実務シリーズ 30, (2012)
2) 池谷真希, 杉山太宏: 土の締固め度と草本根系の成長・伸長および根系による土の補強効果, 東海大学紀要工学部, Vol. 59, No. 1, 2019, pp. 5-11
3) 日本造園学会緑化学研究委員会: 緑化事業における植栽基盤整備マニュアル, ランドスケープ研究 63, pp. 224-241, 2000.