

## Decision of Available Soil Depth Based on Physical and Hydraulic Properties of Soils for Landscape Vegetation in Incheon International Airport

Yeong-Sang Jung\*, Hyun-Il Lee, Mun-Ho Jung<sup>1</sup>, Jeong-Ho Lee<sup>2</sup>, Jeong-Tae Kim<sup>3</sup>, and Jae E Yang

Research Center of Surface Soil Resources Inventory and Integration, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

<sup>1</sup>Water and Soil R&D Team, Institute of Mine Reclamation Technology, Mine Reclamation Corporation, Wonju 26464, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Golf Course Management, Golf University, Hoengseong 25247, Republic of Korea

<sup>3</sup>Landscape Team, Incheon International Airport Corporation, Incheon, 22382, Republic of Korea

(Received: September 30 2015, Revised: October 22 2015, Accepted: October 23 2015)

**Decision of available soil depth based on soil physical and hydraulic properties for the 3<sup>rd</sup> Landscape Vegetation Project in the Incheon International Airport was attempted. The soil samples were collected from the 8 sites at different depths, 0-20 and 20-60cm, for the three project fields, A, B, and C area. Physical and chemical properties including particle size distribution, organic matter content and electrical conductivity were analyzed. Hydrological properties including bulk density and water holding capacity at different water potential, -6 kPa, -10 kPa, -33 kPa, and -1500 kPa were calculated by SPAW model of Saxton and Rawls (2006), and air entry value was calculated by Campbell model (1985). Based on physical and hydrological limitation, feasibility and design criteria of soil depth for vegetation and landfill were recommended. Since the soil salinity of the soil in area A area was 19.18 dS m<sup>-1</sup> in top soil and 22.27 dS m<sup>-1</sup> in deep soil, respectively, landscape vegetation without amendment would not be possible on this area. Available soil depth required for vegetation was 2.51 m that would secure root zone water holding capacity, capillary fringe, and porosity. Available soil depth required for landscape vegetation of the B area soil was 1.51 m including capillary fringe 0.14 m and available depth for 10% porosity 1.35 m. The soils in this area were feasible for landscape vegetation. The soil in area C was feasible for bottom fill purpose only due to low water holding capacity.**

**Key words:** Available soil depth, Hydraulic property, Physical property, Landscape vegetation design

**Feasibility and available soil depth based on soil physical and hydraulic properties of soils in the 3<sup>rd</sup> Incheon International Airport Landscape Project Area.**

Area	Depth (cm)	Capillary fringe (cm)	Porosity (%)	Available depth for 10% porosity (m)	Available depth for vegetation (m)	ECe (dS m <sup>-1</sup> )	Landscape vegetation feasibility
A	0~20	0.28 (0.18~0.38)	40.16 (38.70~41.58)	2.23 (1.12~3.06)	2.51 (1.43~3.40)	19.18 (0.16~68.85)	Not feasible
	20~60	0.27 (0.18~0.43)	39.52 (36.46~40.69)	2.17 (1.12~3.37)	2.44 (1.54~3.80)	22.27 (1.09~52.30)	
B	0~20	0.14 (0.08~0.25)	43.04 (41.56~45.51)	1.26 (0.88~2.06)	1.4 (0.96~2.31)	0.48 (0.2~1.4)	Feasible for vegetation
	20~60	0.14 (0.1~0.18)	42.47 (40.13~44.62)	1.35 (0.98~1.67)	1.51 (1.08~1.82)	0.81 (0.2~4.2)	
C	0~20	0.1 (0.09~0.12)	42.12 (40.04~42.64)	1.00 (0.82~1.33)	1.15 (0.92~1.55)	0.45 (0.13~0.66)	Feasible for bottom landfill
	20~60	0.1 (0.09~0.12)	41.91 (40.48~42.40)	1.01 (0.92~1.22)	1.16 (1.01~1.80)	0.42 (0.12~0.70)	

\* Range in the parentheses

\*Corresponding author : Phone: +821063718795, Fax: +82332406440, E-mail: soilskorea@hanmail.net

§Acknowledgement : This study was supported by Dongbu Engineering Ltd, and SORRRI, KNU

## Introduction

조경 식재를 위한 유효 토심의 확보 깊이는 조경 설계 기준에 따르고 있다 (KILA, 2013). 이 기준에 따른 수목에 대한 유효 토심은 심근성 교목의 생존에 필요한 최소 토심으로 90 cm, 생육에 필요한 최소 토심으로 토양 등급 중급 이상의 토양에 대해 150cm를 제시하고 있다. 이는 식물의 생육에 필요한 토양의 물리 화학적 성질이 고려된 중급 토양 기준이며, 토성이나 수리 특성, 지하수위의 깊이 등에 대한 고려가 없다. 배수 설계에는 이러한 토양의 물리 및 수리학적 특성이 고려되어야 한다 (Rodney et al., 2013).

이 설계 기준에 맞추어 유효 토심을 확보해도 현장의 지하수위 깊이, 지반 토양의 염농도 등 제한 조건에 따라서 식재 조경수의 생육 피해가 나타나기도 한다. 조경에서 하자가 발생했을 때, 발주자는 원인 규명에 더 큰 관심을 나타내며, 시공자는 추가 비용 부담에 관심이 크다 (Lee and Yu, 2010). 실제로 기존의 인천국제공항 조경 식재지에서 이와 같은 사례가 보고되기도 하였으며 (Lee, 2011), 3단계 시설 설계에 보완점이 요구되어 이 연구가 시작되었다. 특히 인천국제공항은 영종도와 용유도 사이의 바다를 매립한 간척지이므로, 지반에 존재하는 교환성 나트륨은 토양의 알칼리성을 증가시키는 주된 원인이 되어 작물 생육에 큰 저해 요인이 된다 (Koo et al., 1998). 따라서 연구 대상지의 물리적 성질과 함께 염농도 분포도 조경 식재의 설계에 중요한 결정 요인이다.

이 같은 사례를 보완하기 위하여 현장 토양의 수리 특성과 물리적 특성을 고려한 조경토의 유효 토심을 산정하고 현장에 적용시켜보기 위하여, 영종도와 용유도 사이에 개척된 간척지를 기반으로 세워진 인천국제공항의 3단계 시설 설계 공사 부지 및 토취장 토양의 물리 화학적 특성을 통한 수리학적 산정을 통해 적정 유효 토심을 결정하였다.

## Materials and Methods

**연구 대상지 개황** 연구 대상지는 인천국제공항 3단계 실시 지역의 A, B 및 C 지역이다(Fig. 1). A 지역은 북측 활주로 끝부분에 위치하고 매립 대상지로, 이 지역에 대한 자세한 설명은 별도의 보고서 (Jung, 2014)에 있다. 지역 A의 대부분에서 갈대 및 염생 식물이 서식하고 있다. 또한 바다에 인접해 있기 때문에 장마 또는 바람의 영향으로 해수의 유입이 예상된다. 그리고 곳곳에 우수지가 형성되어 있다. 여러 가지 식생 관찰로 보아 이 지역은 염 농도가 높을 것으로 추정되는 곳이다.

B 지역은 조경용토 채토 대상지로, 공항 왼편 진입도로 주변이며 일부 면적은 채토를 한 흔적이 있어서 평지에 비해 낮게 형성 되어 있었고, 그 외 면적은 성토 작업에 의해 고도가 높게 형성되어 있었다. 그리고 초본류 및 관목류가 일부 면적에서 식생하고 있어 육안으로 보았을 때는 작물 식생에는 문제가 없어 보였다. 그러나, 60 cm 깊이의 토양 단면을 본 결과 토층이 형성되어 있지 않은 것으로 보아 이 지역은 성토 작업을 한 후 일부 지역에 매립 또는 조경토로 사용되어지기 위해 채토 작업이 이루어지고 있는 곳이다.

C 지역은 조경토 채토 지역으로 A지역 오른쪽 삼목 2도에 위치한 곳이다. 채토 작업이 이루어지고 있으며, 일부 작업 차량의 영향으로 표면이 다져져 있는 곳이 있어, 물리적인 제한이 있는 환경에 있다.

**토양의 물리 화학적 분석 방법** 토양 조사 및 물리 화학적 특성의 분석 방법은 국립농업과학원 표준법 (IAS, 2001)을 따랐다. 토양 조사원이 현장을 답사하여 현지 기초 조사를 하고, 토양 시료를 채취하여 분석하였다.

물리 화학적 분석을 위한 토양 시료 채취는 매립 대상지인 A 지역, 채토 지역인 B와 C 지역 각각 8군데를 정하여

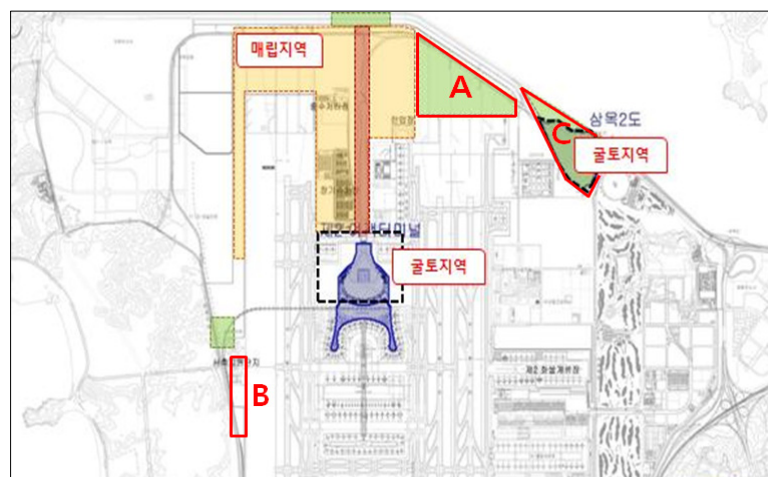


Fig. 1. Sampling site of the 3<sup>rd</sup> Incheon International Airport Landscape Project area.

깊이별 (0~20 cm, 20~60 cm)로 2" core 불교란 시료 및 혼합 시료를 채취하였다.

USDA의 분류법의 적용을 위하여 2 mm 및 75 mm 체를 이용하여 자갈과 돌의 함량을 구분하여 조사하였다. 토성을 위한 입도 분석은 hydrometer 법에 의하였다.

토양의 EC는 1:5법으로 측정된 후, 사질토의 환산 계수인 8.9를 곱하여 (Jung et al., 2001), 포화 침출액 ECe로 환산하였다.

수리 특성은 입도 분석 결과로부터 Saxton and Rawls (2006)의 방법에 의하여 조경 용토의 전용적 밀도와 공극율, 보수력 및 포화 침투율 등을 산출하였다. 이 방법은 토양의 입경과 유기물 함량에 따른 보수력 평가 모델로 다양한 토양에 적용 가능하다 (Sung and Iba, 2010).

포화 수리 전도도 (Hydraulic conductivity, Ks)는 토양의 입도 특성으로부터 산출하였다.

$$K_s = 2.78 \times 10^{-6} \times \exp(12.01 - 0.076S + (-3.90) + 0.0367 \times S(-0.110C + 8.75 \times 10^{-4}C^2)) / \theta_s \quad (\text{Eq. 1})$$

여기서 S는 모래 함량, C는 점토의 함량, C2는 유기 탄소의 함량, 그리고  $\theta_s$ 는 포화 수분 함량이다.

토양의 모세관 포화권 높이는 대기와 통기될 수 있는 대공극이 단절된 상태에서 모세관이 포화된 높이로, 대기와 접촉하고 있는 지면으로부터 대공극이 연결되어 있는 깊이까지의 열린 공간 (open system)과 대공극이 단절되어 포집된 공기가 있는 닫힌 공간 (closed system)의 경계면이다 (Miyazaki, 2005). 토양의 입경으로부터 모세관 포화권 높이인 공기 유입가 포텐셜에 해당하는 물높이  $h_e$ 를 다음과 같이 계산하였다 (Campbell, 1985).

$$h_e (cm) = 9.8 \times 0.5d_g^{-1/2} \quad (\text{Eq. 2})$$

여기서  $d_g$ 는 기하 평균 입경 (geometric mean diameter)이며, 다음과 같이 계산된다.

$$d_g = \exp[\sum m_i \ln d_i] \quad (\text{Eq. 3})$$

여기서  $m_i$ 는 입경 분급 i의 질량 비율이며,  $d_i$ 는 입경 분급 내 입자의 평균 입경이다.

유효 토심 확보 깊이를 결정하기 위하여 한국조경학회의 토심 확보 깊이 150 cm 를 기준 깊이로 하였다.

기준 깊이 이외에, 추가로 고려되는 특성이 모세관 포화권의 깊이와 통기 확보 깊이이다. 지하수위가 있을 때 토양의 모세관 포화권 (capillary fringe)의 깊이는 지하수위로부터

공기 유입가 포텐셜에 해당하는 물높이  $h_e$ 를 확보할 수 있는 깊이 ( $D_c$ )로 하였다. 둘째, 통기 확보 깊이이다. 수목에 대한 통기의 영향 기준이 없는데, Oh and Im (1970)의 사과 과수원 토양의 물리성 분석 결과에 따르면, 토양의 기상 공극률이 10% 이하이면 불량 과수원의 요건이 된다고 하였다. 이를 수목 생육 불량률의 지침으로 인용하여, 기상 공극률 10%를 확보할 수 있는 깊이를 통기 확보 깊이로 하였다. 통기 확보 깊이 결정은 용적 수분 함량과 수분 퍼텐셜의 관계식에서부터 액상율 ( $V_L$ )을 계산하고, 토양의 용적밀도로부터 고상율 ( $V_S$ )을 계산하여, ( $V_L + V_S$ )이 90%를 초과하는 깊이에 해당하는 수분 퍼텐셜 값을 물높이로 환산하여, 통기 확보 깊이  $D_a$ 로 하였다. 수목의 안전 생육을 위한 유효 토심  $D_e$ 는  $D_c$ 와  $D_a$ 를 충족시키는 깊이로 결정하였다.

## Results and Discussion

**조사 대상지 토양의 물리적 특성** Table 1은 A지역의 물리적 특성으로서 해당 지역 토양의 입경 분포와 토성의 분석 결과이며, Table 2는 수리 특성 조사 결과이다. 토양의 깊이 20 cm까지의 표토의 모래 함량은 평균 34.84% (22.68~53.30%), 미사의 함량은 평균 53.16% (42.43~62.62%), 점토의 함량은 평균 12.00% (4.27~17.76%)이고, 토양의 깊이 20~60 cm의 심토의 모래 함량은 평균 36.64% (8.68~53.72%), 미사의 함량은 평균 53.72% (40.45~85.79%), 점토의 함량은 평균 9.65% (3.26~14.74%)로 조사되었다. 따라서 이 지역 토양의 대표적 토성은 대부분이 미사토, 미사질 양토이고 사양토가 일부 분포 되어 있다. 용적 밀도는 평균 1.58 Mg m<sup>-3</sup>으로 1.50~1.61 Mg m<sup>-3</sup>의 분포를 보인다. 특히 A 지역 토양은 ECe가 매우 높아 (Table 3) 염분의 상승이 우려되므로, 이를 차단할 수 있는 배수 체계 (Seo, 2012)가 요구된다.

B 지역의 토성은 대부분이 자갈이 많은 사토, 양질 사토, 미사질 양토 및 사양토로, 표토의 모래 함량은 평균 69.70% (5.37~48.79%), 미사의 함량은 22.25% (5.37~48.79%), 점토의 함량은 8.05% (2.80~13.55%)이고, 심토의 입경 조성도 이와 비슷하다. 자갈의 함량은 용적으로 평균 30.5%로 24.1%에서 35.8%의 범위이며, 중량으로 58.1%로 47.2%에서 67.7%의 범위를 보인다.

이들 토양의 전용적 밀도는 표토에서 1.51 Mg m<sup>-3</sup>, 1.45 Mg m<sup>-3</sup>에서 1.54 Mg m<sup>-3</sup>을 보이며, 심토에서 1.53 Mg m<sup>-3</sup>으로, 1.47 Mg m<sup>-3</sup>에서 1.57 Mg m<sup>-3</sup>을 보인다. 이들 토양의 공극률은 40.13%에서 45.51%의 분포를 보인다.

C 지역 토양의 토성은 대부분이 자갈이 많은 양질사토와 사양토이다. 표토의 모래 함량은 평균 83.3% (76.38~87.64%), 미사의 함량은 12.9% (9.56~14.92%), 점토의 함량은 3.8% (1.80~9.83%)이고, 심토의 입경 조성도 이

**Table 1. Particle size distribution and bulk density of the soils in the 3<sup>rd</sup> International Airport Landscape Project area.**

Area	Depth (cm)	Particle Size Distribution(%)					Bulk density (Mg m <sup>-3</sup> )	
		Gravels		Sand	Silt	Clay		
		Volume (%)	Weight (%)					
A	0~20	Mean	-	-	34.84	53.16	12.00	1.58
		Range	-	-	22.68~53.30	42.43~62.62	4.27~17.76	1.50~1.61
	20~60	Mean	-	-	36.64	53.72	9.65	1.58
		Range	-	-	8.68~53.72	40.45~85.79	3.26~14.74	1.54~1.61
B	0~20	Mean	30.4	57.9	69.70	22.25	8.05	1.51
		Range	24.1~35.1	47.2~66.6	38.84~91.78	5.37~48.8	2.80~13.55	1.45~1.54
	20~60	Mean	30.7	58.3	68.96	21.85	9.19	1.53
		Range	26.4~35.8	50.0~67.7	56.48~83.46	11.45~29.73	3.71~13.79	1.47~1.57
C	0~20	Mean	32.2	55.7	83.30	12.90	3.80	1.54
		Range	25.7~37.1	44.5~64.7	76.38~87.64	9.56~14.92	1.80~9.83	1.52~1.59
	20~60	Mean	35.2	60.7	83.50	12.57	3.93	1.54
		Range	30.3~40.1	50.9~70.2	77.16~87.08	10.12~14.02	1.80~8.82	1.53~1.58

**Table 2. Soil water characteristics and hydraulic conductivity.**

Area	Depth (cm)	Water holding capacity (v/v %)				Hydraulic conductivity (m s <sup>-1</sup> )
		-6 kPa	-10 kPa	-33 kPa	-1500 kPa	
A	0~20	38.30	38.29	23.30	8.00	5.74×10 <sup>-6</sup>
		(37.70~39.10)	(34.10~41.40)	(15.10~28.50)	(3.00~11.60)	(1.96×10 <sup>-6</sup> ~1.90×10 <sup>-5</sup> )
A	20~60	37.98	36.80	21.95	6.66	7.30×10 <sup>-6</sup>
		(37.30~39.70)	(33.60~39.50)	(14.60~28.20)	(2.40~9.70)	(1.90×10 <sup>-6</sup> ~2.08×10 <sup>-5</sup> )
B	0~20	38.25	34.88	14.36	6.75	1.84×10 <sup>-6</sup>
		(36.40~42.30)	(32.30~39.5)	(7.20~23.60)	(2.30~12.90)	(2.75×10 <sup>-5</sup> ~8.96×10 <sup>-6</sup> )
B	20~60	33.94	34.78	15.09	6.40	7.24×10 <sup>-6</sup>
		(32.00~39.5)	(32.70~36.8)	(9.40~20.3)	(3.70~9.60)	(3.46×10 <sup>-5</sup> ~1.34×10 <sup>-6</sup> )
C	0~20	36.09	31.89	11.95	2.40	1.49×10 <sup>-5</sup>
		(35.50~36.80)	(31.40~32.30)	(9.90~15.00)	(1.10~6.10)	(6.56×10 <sup>-6</sup> ~2.08×10 <sup>-5</sup> )
C	20~60	36.15	31.60	12.06	2.50	1.31×10 <sup>-5</sup>
		(35.90~36.40)	(31.40~31.80)	(9.90~16.40)	(1.10~5.00)	(8.82×10 <sup>-6</sup> ~1.85×10 <sup>-5</sup> )

와 비슷하다. 자갈의 함량은 용적으로 평균 32.2%로 25.7%에서 37.1%의 범위이며, 중량으로 58.1%로 44.5%에서 70.2%의 범위를 보인다. 용적 밀도는 평균 1.54 Mg m<sup>-3</sup>으로 1.52~1.59 Mg m<sup>-3</sup>의 분포를 보인다. 자갈 함량이 높고, 점토 함량이 적어 일반 조경용토로 사용하는 데 제한점이 있으며, 매립재로 적합하다.

**수리 특성에 따른 유효 토심과 조경용토 적합성** 배수 설계의 기본은 배수성 공극 60 cm를 확보하는 것 (Rodny, 2013)이다. 이는 토양의 -6 kPa 보수력에 해당한다(Table 2). A 지역 표토의 -6 kPa 수분 함량은 38.30%이고, 심토의 것은 37.94%로, 평균 38.12%이다. 이 토양의 용적 밀도는 1.58 Mg m<sup>-3</sup>이므로, 입자 밀도를 2.65 Mg m<sup>-3</sup>이라 할 때 (Jung and Ha, 2015), 공극률은 40.37%이다. 그러

므로 이 토양에서 배수성 공극률은 2.25%에 불과하다.

B 지역 표토의 -6 kPa 수분 함량은 38.25%이고, 심토에서는 33.94%로 평균이다. 표토의 용적 밀도는 1.51 Mg m<sup>-3</sup>이므로, 공극률은 43.02%이므로 배수성 공극률은 4.77%이다. 심토의 -6 kPa 수분 함량은 33.94%이고, 용적 밀도는 1.53 Mg m<sup>-3</sup>이므로, 공극률은 42.26%이므로 배수성 공극률은 8.32%이다.

C 지역 표토의 -6 kPa 수분 함량은 36.09%이고, 심토에서는 36.14%로 평균 36.13%이다. 용적 밀도는 평균 1.54 Mg m<sup>-3</sup>이므로, 공극률은 41.89%이므로 배수성 공극률은 5.77%이다.

A 지역 토양의 포화 수리 전도도는 표토에서 5.74×10<sup>-6</sup> m s<sup>-1</sup>, 심토에서 7.30×10<sup>-6</sup> m s<sup>-1</sup>이고, B 지역 토양의 포화 수리 전도도는 표토에서 1.84×10<sup>-6</sup> m s<sup>-1</sup>, 심토에서 7.24×

**Table 3. Feasibility and available soil depth based on soil physical and hydraulic properties of soils in the 3<sup>rd</sup> Incheon International Airport Landscape Project Area.**

Area	Depth (cm)	Capillary fringe (cm)	Porosity (%)	Available depth for 10% porosity (m)	Available depth for vegetation (m)	ECe (dS m <sup>-1</sup> )	Landscape vegetation feasibility
A	0~20	0.28 (0.18~0.38)	40.16 (38.70~41.58)	2.23 (1.12~3.06)	2.51 (1.43~3.40)	19.18 (0.16~68.85)	Not feasible
	20~60	0.27 (0.18~0.43)	39.52 (36.46~40.69)	2.17 (1.12~3.37)	2.44 (1.54~3.80)	22.27 (1.09~52.30)	
B	0~20	0.14 (0.08~0.25)	43.04 (41.56~45.51)	1.26 (0.88~2.06)	1.4 (0.96~2.31)	0.48 (0.2~1.4)	Feasible for vegetation
	20~60	0.14 (0.1~0.18)	42.47 (40.13~44.62)	1.35 (0.98~1.67)	1.51 (1.08~1.82)	0.81 (0.2~4.2)	
C	0~20	0.1 (0.09~0.12)	42.12 (40.04~42.64)	1.00 (0.82~1.33)	1.15 (0.92~1.55)	0.45 (0.13~0.66)	Feasible for bottom landfill
	20~60	0.1 (0.09~0.12)	41.91 (40.48~42.40)	1.01 (0.92~1.22)	1.16 (1.01~1.80)	0.42 (0.12~0.70)	

\* Range in the parentheses

$10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ 이다. C 지역 토양의 포화 수리 전도도는 표토에서  $1.49 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ , 심토에서  $1.31 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ 로, A 지역 토양이나 B 지역 토양보다 빠르다.

포장 용수량 (-33 kPa)의 수분 함량이 A 지역 토양 표토에서 23.30%, 심토에서 21.95%로 높지만, B 지역과 C 지역의 토양은 낮다. 이에 따른 유효 수분 함량도 B, C 지역의 토양에서 낮다.

Table 3에서 공극 특성에 의한 유효 토심의 깊이 결정을 살펴보면, A 지역 토양의 모세관 포화권은 깊이는 0.18~0.43 m를 보였고, 공극률 10%를 확보할 수 있는 깊이는 1.12~3.37 m로, 식재 지반으로서의 토심 확보 깊이는 평균 2.5m이었다. B 지역 토양의 모세관 포화권 깊이는 0.08~0.25 m이었고, 공극률 10%를 확보할 수 있는 깊이는 0.88~2.06 m로, 식재 지반으로서의 토심 확보 깊이는 평균 1.5 m이었다. C 지역 토양의 모세관 포화권의 깊이는 0.09~0.12 m이고, 공극률 10%를 확보할 수 있는 깊이는 0.82~1.33 m로, 식재 지반으로서의 토심 확보 깊이는 평균 1.1 m이었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, A 지역의 토양은 조경용토로 부적합하며, 조경 식생을 위하여 토심을 2.51 m 이상 확보해야 하며, 원지반의 EC가 매우 높아 조경토와 원지반 사이의 지하수 상승과 염 차단을 위한 완충 사력층이 필요하다. B 지역의 토양은 식생을 위한 조경용토로 적합하고, 유효 토심 1.5 m를 확보하면 적합하다. 이 지역의 토양의 유효 수분 보유력이 낮으므로, 적절한 유기물 사용으로 토양을 개량할 필요가 있다. C 지역 토양의 성질을 종합하였을 때, 자갈 함량이 많은 사토로, 보수력이 낮고, 전용적 밀도가 높아 일반 조경용토로서는 부적합한 것으로 판단되며, 매립재로 적합하다. 매립층과 조경 용토 사이의 완충 매립

재로 사용하는 것이 바람직하다. 이 토양을 조경용토로 사용하지 않게 되면, 보수력이 부족하여 한발시 물 부족을 초래할 가능성이 있다. 압밀시 뿌리 호흡에 필요한 통기 공극의 확보가 어려울 수 있으므로, 조경 관리에 유의해야 할 것이다.

## Conclusion

인천국제공항 3단계 실시 지역의 A 지역의 수리 특성을 조사한 결과 유효 수분 및 보수력 부분에서 B와 C지역에 비해 높게 산출되었지만, 이와 반대로 투수계수가 느린 것으로 조사되었고 표토의 유효 토심은 모세관 포화권 0.28 m 공극률 10% 확보 토심 2.23 m를 합한 2.51 m, 심토의 유효 토심은 모세관 포화권 0.27 m, 공극률 10% 확보 토심 2.17 m를 합한 2.44 m로 산정되어 유효 토심 역시 B, C 지역에 비해 깊게 확보해야 한다. 표토의 평균 염도  $19.18 \text{ dS m}^{-1}$ , 심토  $22.27 \text{ dS m}^{-1}$  등 높은 염도를 보이고 있다. 염류로 영향으로 인한 느린 투수계수 및 높은 EC로 보아, 염생 식물 및 제염 식물 정도의 서식은 가능하다고 생각되나, 조경 식재를 목적으로 활용은 불가능 할 것으로 보인다. 향후 매립 작업을 실시할 때 현재 A 지역의 높은 염에 대한 대비 또는 제염 처리를 해야 할 것으로 판단된다.

B 지역의 수리 특성 조사 결과 유효 수분은 표토  $0.101 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , 심토  $0.087 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 로서 A 지역보다 적게 조사되었고, C 지역과 비슷하게 측정 되었다. 그리고 투수 계수는 표토의 경우  $1.84 \times 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$  이고 심토의 경우  $7.24 \times 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$  로 A보다 빠르고, C 지역보다는 느렸다. 이는 수분을 보유하는 면에서 제한 사항으로 작용되어 뿌리 호흡에 필요한 공극의 확보가 다소 어려울 것으로 보인다. 그리고 표토 유효 토심은 모세관 포화권 1.4 m 그리고 공극률 10% 확보 유효

효토심은 1.28 m를 합한 0.14 m 이고, 심토의 유효 토심은 모세관 포화권 0.14 m 그리고 공극률 10% 확보 유효 토심은 1.35 m를 합한 1.51 m로 산정되어 조경 설계 기준에서 제시한 수목 및 잔디류의 식재에 적합한 토심이라고 판단된다.

토양의 염도는 평균적으로 표토  $0.48 \text{ dS m}^{-1}$ , 심토  $0.81 \text{ dS m}^{-1}$ 로서, 작물 생육에 적합한  $2 \text{ dS m}^{-1}$  이하의 염도를 보였고, 적당한 유기물 함량, 양이온 함량, 인산 함량 또한 조경 식재가 가능할 정도로 함유되어 있었다. 따라서 B 지역의 토양은 유효 수분 보유력이 낮으므로 적절한 유기물 등을 사용하여 토양을 개량하면 조경 식재에 적합한 것으로 판단한다.

C 지역의 수리 특성은 B 지역과 비슷한 양상을 보이고 있으나  $-33 \text{ kPa}$ 와  $-1500 \text{ kPa}$ 에서의 보수력이 A와 B 지역에 비해 매우 낮았다. 또한 투수계수가 표토의 경우  $1.49 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$  이고 심토의 경우  $1.31 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$  로 다른 두 지역에 비해 평균 10 배 정도 빠른 것으로 측정되어 수분을 보유하는 데 제한사항이 있음을 확인하였고, 이로 인해 조경수의 뿌리 호흡에 필요한 통기 공극의 확보의 어려움으로 이어질 수 있다. 그리고 유효토심 및 염도가 B 지역과 비슷하거나 낮게 측정이 되어 식재에는 적합한 토심이라고 할 수 있다. 하지만 화학적인 면에서 양이온의 함량, 인산 함량 그리고 유기물 함량이 낮으므로 (Jung, 2014), 조경토로 직접 사용하기보다는 매립재로 사용되는 것이 적합하다고 판단된다.

## References

- Campbell, G. S. 1985. Soil physics with BASIC. Elsevier: pp.150.
- IAS. 2001. Soil and Plant Analysis. RDA:pp.202.
- Jung, Y. S. 2014. Final Report on Soil survey for the 3<sup>rd</sup> Landscape Project Area of Incheon International Airport. Dongbu Engineering, Kangwon National University:pp.103.
- Jung, Y. S., J. H. Joo, S. D. Hong, I. B. Lee, and H. M. Ro. 2001. Discussion on dilution factor for electrical conductivity measured by saturation-paste extract and 1:5 Soil to water extract, and CEC of Korean soils. Korean J. Soil Sci. Fert. 34:71-75.
- KILA. 2013. Standards of landscape design. Korean Institute of Landscape Architecture:pp.462.
- Koo, J. W., C. J. Choi, and J. K. Son. 1998. Soil properties of reclaimed tidal lands and tidelands of western sea coast in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 31:120-127.
- Lee, S. S., and E. Yu. 2010. A study on the improvement plan through analyzing the perception of expert group about landscape construction defects JKILA 40:104-113.
- Lee, S. W. 2011. A Study on the Structure Characteristics and Improvement of Planting Ground in Incheon International Airport, Korea. MS thesis. University of Seoul: pp.180.
- Miyazaki, T. 2005. Water flow in soils. CRC Press:pp.351
- Oh, J. S., and J. N. Im. 1970. Studies on soil physical properties. Research Report RDA 13:71-76.
- Rodney, L. H., D. D. Fangmeier, W. J. Elliot, and S. R. Workman. 2013. Soil and Water Conservation Engineering, ASABE:pp.514.
- Saxton, K. E., and W. J. Rawls. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:1569-1578.
- Seo, E. S. 2012. A study on the planting foundation design for preventing salt capillary rising in coastal reclaimed area. MS thesis. Hanyang University:pp.120
- Sung, C. T., and B. J. Iba. 2010. Accuracy of the Saxton-Rawls method for estimating the soil water characteristics for mineral soils of Malaysia. Pertanika J. Trop. Agric. Sci. 33:297-302.