

# 토양 코아(core) 분석을 통한 화산 골프장의 既造成된 그린에 대한 평가

이상재\* · 심경구 · 허근영\*

성균관대학교 조경학과

\*성균관대학교 조경학과 박사과정

## The Evaluation on the existing greens of Hwasan Country Club by undisturbed Soil Core Analysis

Lee, Sang-Jae · Shim, Kyung-Ku · Huh, Keun-Young

Dept. of Landscape Architecture, Sung Kyun Kwan Univ.

### ABSTRACT

The subsurface environment of the root zone area can set the stage for "do or die" of the turfgrass plant. The good condition of the greens is verified by their physical properties. Therefore, this study was carried to evaluate on the existing green of Hwasan C.C. by undisturbed Soil Core Analysis. We completed the ISTRC SYSTEM BenchMarking of the undisturbed core samples taken from Green #1, Green #5, Green #9-"Best" (left center or "Best") area, and Green #9-"Stressed" (a ridge) area for the Hwasan C.C.. It was also our understanding that the greens were in "good" to "very good" condition. The exception might be Green #9-"Stress" area, which was the stressed area. The stressed area was confined to a ridge across Green #9. The organic content test results confirmed the development of organic layering in depth 0-2.5cm. For the amount of compaction in the upper root zones and the development of the green's respective organic layers, the infiltration rates were high in Green #1, Green #5, and Green #9 "Stressed" area. The depicted aerification hole might be the probable cause of the relatively high infiltration rate. Green #9-"Best" area had a tested infiltration rate of 18.75 cm/hr. Either this area had not been aerified, or the undisturbed sample did not contain a aerification cavity. The water retention capacity of the undisturbed

samples was good. When the greens were first constructed, the original root zone mix (<1% organic content) had been relatively low water retention properties. And the bulk density and the porosity of the undisturbed samples were good. In the result, all the greens were similar except for the infiltration. Thus, we supposed that Green #9-“Stressed” area might be mainly influenced by the amount of irrigation water and the configuration of the green’s surface. There had been a reduction in the amount of irrigation water as the water retention capacity in the greens was promoted. Especially, it had gradually become more of a problem as the green had matured in Green #9-“Stressed” area. Because Green #9-“Stressed” area was a ridge area. The reduction in the amount of irrigation water might be the probable cause of the stress in Green #9-“Stressed” area. Our final observation related to the soil texture and the particle size distribution of the sand. Though the sand content of all the tested greens were good, the gravel content of them exceeded ISTRC Guidelines. In particle size distribution of the sand, the very coarse and the coarse content of all the tested greens exceeded, but the rest was insufficient. The stability is a function of the material retained on the 0.25mm mesh screen. But, the content of all the tested greens was very insufficient. Though all the greens was serviceable, the coarse root zone sands, such as the sand in the tested greens, tended to be “unstable”. Thus, we recommend using a topdressing/aerification sand which should be more in line with ISTRC/USGA Guidelines.

## I. 序言

잔디는 인간처럼 생명을 유지하며 식물계에서 생존하기 위해서 공기, 물, 영양과 건전한 환경을 필요로 한다. 그러나 여러 가지 요인이 이 균형을 혼돈시켜서 잔디를 약화시키고 스트레스를 유발하거나 생존을 위협한다. 특히, 뿌리영역의 지하부 환경은 잔디의 생존에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 즉 잔디는 조성되는 表土(topsoil)의 기능에 따라서 품질유지가 가능하고 건전한 잔디로 육성될 수 있다(박찬빈 등, 1991). 또한 토양 요인 중에서는 표토의 특성만 관여하는 것이 아니고 뿌리가 분포하는 A와 B층 뿐만 아니라 뿌리가 정상적으로 분포하지 못하는 C층의 특성도 뿌리 생육에 미치는 영향이 크다(최병주, 1994).

골프장 그린(green)에서 일반적으로 발생하는 문제점은 토양의 토성(soil texture)과 입

자 크기 분포(particle size distribution) 그리고 시간경과에 따른 유기물층의 발달과 관련된 것이 많다. 초기에는 골프코스의 그린은 점토성분이 많은 토양으로 조성되었다. 점토는 안정성(stability) 있고 보수력이 우수하지만 다짐으로 인한 문제점을 야기시켰다. 따라서 많은 시행착오와 토양물리학자들의 연구에 의해서 사질(砂質)성분이 많은 토양으로 그린을 조성하게 되었다(Bloodworth et al., 1993). 사질성분의 토양은 알맞게 과잉수분을 배수하고 뿌리발달에 필요한 통기성을 제공하여 건강한 잔디생육을 유지하도록 한다(Mancino et al., 1993; Taylor and Blake, 1979). 실제로, Texas A&M University와 United States Golf Association(USGA)의 Green Section에 의해서 뿌리영역의 조성에 대한 Texas-USGA Method가 개발되었으며 지속적인 연구를 통하여 보완/수정되고 있다(Bloodworth

et al., 1993; Snow, 1993).

그린의 조성 후, 시간경과에 따라서 발생하는 유기물층의 발달은 뿌리영역의 공극을 손상시키고 다짐으로 인한 문제점을 야기시킬 수 있다. 따라서 통기작업과 배토를 수행하여 지하부 환경의 조화와 균형을 유지하도록 한다. 양호한 잔디초지가 영속적으로 유지되기 위해서는 적절한 육성관리가 선택되어야 하며(윤용범, 1992), 한국잔디연구소에서는 조성된 그린의 일반관리에 관한 연구를 지속적으로 수행하고 있다(한국잔디연구소, 1994).

그린의 상태는 뿌리영역의 물리성을 통하여 검증될 수 있으며, 토양 코아 분석(soil core analysis)은 오랫동안 토양 분석을 위해 이용되었다(Roger and Carter, 1987). 전통적인 토양검사방법은 그린이나 티의 뿌리영역을 새롭게 조성하거나 배토용 재료의 선택에는 적합하지만, 최근이나 오래된 그린의 토양단면을 위해서는 보다 외과적인 접근이 국부적인 토양의 불량한 상태를 개선하기 위해서 필요하다.

따라서 International Sports Turf Research Center (ISTRC)에서 개발한 토양 코아의 물리성 분석방법과 평가기준에 준하여, 既造成된 화산 골프장 그린에 대한 토양의 특성을 분석하고 평가하고자 한다.

## II. 材料 및 方法

경기도 용인시 이동면에 위치한 화산 골프장의 그린은 1995년 5월 30일부터 6월 5일 사이에 크리핑 벤트 그라스(*Creeping bentgrass, Agrostis palustris* Huds. cv. Putter)로 파종되어졌고 골프코스는 1996년 9월 21일에 개장되었다. 1997년 5월 4일에 화산 골프장의 그린 #1, 그린 #5, 그린 #9-"Best" 지역(좌측, 우측 또는 "Good" 지역)과 그린 #9-"Stressed" 지역에서 토양구조가 붕괴되지 않도록 하여 각각 4개의 토양 코아(core)를 채취하여 ISTRC SYSTEM BenchMarking을 실시하였다. 그린의 상태는 "good"에서

"very good" 상태였다. 그러나, 그린 #9-"Stressed" 지역은 예외적으로 스트레스를 나타내는 지역이었다. 그리고 스트레스를 나타내는 지역은 그린 #9의 능선부분에 한정되고 있었다.

### ISTRC SYSTEM BenchMarking

ISTRC SYSTEM Green Sampler로 코아를 채취하고 구리 슬리브로부터 직경 5cm × 깊이 7.5cm의 토양 코아를 추출하였다(Hendrick et al., 1991). 토양 코아는 뿌리영역의 특정한 부분을 설명할 수 있도록 일정한 토양 깊이로 구분되어 채취되는데, 본 연구는 상층부(0-7.5cm)에서 토양 코아를 채취하였다. 상층부(0-7.5cm)는 뿌리영역에서 가장 중요한 부분으로서, 일반적인 통기작업, 복토, 토양개량, 지표면의 다짐과 오염에 관련된 부분이다.

침투율(infiltration rate), 보수력(water retention capacity), 용적 비중(bulk density), 모세관(capillary)/비모세관(non-capillary) 공극률의 분석을 우선적으로 수행하였다. 그리고, 유기물 함량(organic content), 토성(soil texture), 입자 크기 분포(particle size distribution)의 분석은 토양 코아를 정확히 2.5 cm 단위로 세분하여 수행하였다(지표면 아래의 0-2.5cm 층, 2.5-5.0cm 층, 5.0-7.5cm 층). 침투율은 토양 코아의 표면 위로 약 5cm 높이의 물을 채우고, 1시간 동안 그 수면의 높이가 유지되도록 하여 측정하였다. 보수력은 USGA의 기준에 준하여 -40cmH<sub>2</sub>O(약 -4kPa)의 수분 포텐셜에서 남아있는 수분함량을 측정하고, 이것을 열건(熱乾) 토양과의 질량비로 나타냈다. USGA는 8시간 동안 수조에 담아둔 후, 40cmH<sub>2</sub>O의 수분 장력에서 배수시켰을 때, 물로 채워져 있는 공극을 모세관(capillary) 공극이라 하며, 공기로 채워져 있는 공극을 비모세관(non-capillary) 공극이라고 정의하고 있다(Bloodworth et al., 1993). 따라서,

모세관 공극은 다음식에 의해서 산출되었다: 중력수분함량(보수력) × 용적 비중 = 용적수분함량(모세관 공극률). 그리고 전공극률에서 모세관 공극률을 감(減)하여 비모세관 공극률을 산출하였다. 유기물 함량은 Walkley/Black 법을 사용하여 측정하였다. 토성과 입자 크기 분포는 USDA 기준에 의하여 측정하였다. 침투율은 시간당 센티미터(cm/hr)로 표기하며, 물리성과 토성/입자크기는 미터법(metric system)이나 백분율(%)을 사용하여 기록하였고, 측정값은 평균하여 기록하였다.

### Ⅲ. 結果 및 考察

#### 3.1. 침투율, 보수성, 용적비중, 공극률, 유기물 함량

각각의 그린에서 채취한 토양 코아를 분석하고, 이것을 ISTRC/USGA가 추천하는 기준치와 비교하였다(표 1, 2).

지표면으로부터 0-2.5 cm내의 유기물 함량을 살펴볼 때, 모든 그린에서 ISTRC의 기준치를 초과하고 있었으며, 이곳에서 유기물층이 형성되고 있는 것으로 보인다. 침투율은 상부 뿌리영역의 다짐정도와 각 그린의 유기물층 발달에 비하여 높게 나타났다(Murphy and Rieke, 1994 ; Taylor et al., 1991). 채취된 토양 코아를 살펴볼 때, 그린 #5에서 모래로 채워진 스파이크(spike) 또는 사각기둥 모양을 발견할 수 있었다(그림 1, b). 또한, 그린 #1과 그린 #5의 침투율은 최근에 통기작업이 실시된 그린과 유사하다. 따라서, 그린 #1과 그린 #5의 토양 코아에서 침투율이 높게 나타나는 것은 최근에 실시된 통기작업에 의해서 형성된 모래로 채워진 공동(空洞)에 의한 결과로 보인다.

그린 #9-“Best”(or “Good”) 지역의 토양 코아는 침투율이 18.75 cm/hr로 분석되었다. 채취된 토양 코아를 살펴볼 때, 그린 #9-“Best”(or “Good”) 지역의 토양 코아에서는

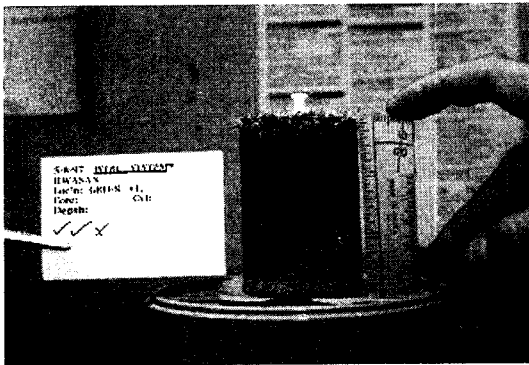
Table 1. Physical evaluation on the green #1 and green #5 of the Hwasan Country Club.

Green	#1	#5	USGA -Profile	USGA -Guidelines	
Infiltration Rate(cm/hr)	51.00	64.47	15 to 25	15 - 30	
Water Retention Capacity(%)	16.29	15.31	10 - 15	10 - 20	
Bulk Density(g/cm <sup>3</sup> )	1.47	1.42	1.40 - 1.50	1.4 - 1.7	
Porosity(%)	Capillary	23.88	21.81	15 - 20	15 - 25
	Non-Capillary	17.80	19.71	@20	15 - 30
Organic Content(%)	0 - 2.5cm	3.14	3.22	1.5 - 2.5	1 to 5 (ideally 2-4)
	2.5 - 5.0cm	0.97	1.39	1.0 - 2.0	
	5.0 - 7.5cm	0.69	0.79	0.5 - 2.0	

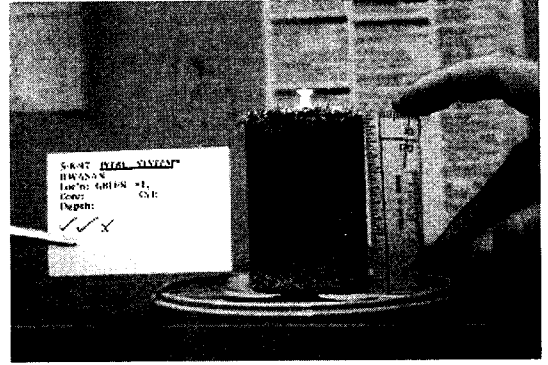
Table 2. Physical evaluation on the green “Best” area and “Stressed” of the Hwasan Country Club.

Green	#9 - “Best”	#9 - “Stressed”	USGA -Profile	USGA -Guidelines	
Infiltration Rate(cm/hr)	18.75	47.47	15 to 25	15 - 30	
Water Retention Capacity(%)	15.34	15.16	10 - 15	10 - 20	
Bulk Density(g/cm <sup>3</sup> )	1.49	1.48	1.40 - 1.50	1.4 - 1.7	
Porosity(%)	Capillary	23.03	22.46	15 - 20	15 - 25
	Non-Capillary	17.12	16.66	@20	15 - 30
Organic Content(%)	0 - 2.5cm	4.06	3.35	1.5 - 2.5	1 to 5 (ideally 2-4)
	2.5 - 5.0cm	1.10	1.27	1.0 - 2.0	
	5.0 - 7.5cm	0.66	0.74	0.5 - 2.0	

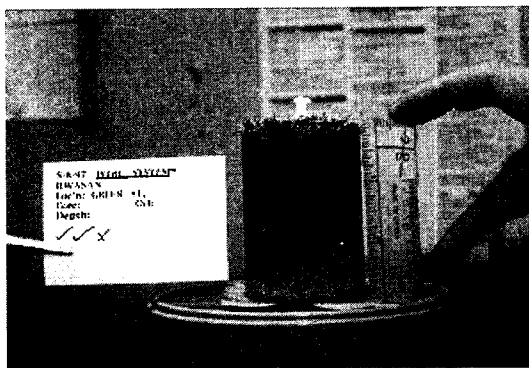
모래로 채워진 스파이크(spike) 또는 사각기둥 모양을 발견할 수 없었다. 이 지역은 최근에 통기작업이 실시되지 않았거나, 토양 코아 내에 최근에 실시된 통기작업에 의해서 형성된 모래로 채워진 공동(空洞)을 가지고 있지 않은 것으로 보인다. 따라서, 통기작업이 실시되지 않은 것으로 보이는 그린 #9-“Bset” 지역은 0 - 2.5cm 층에 집적된 유기물에 의해서 상대적으로 침투율이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 그러나, 그린 #9-“Stressed” 지역의 토양 코아는 침투율이 47.47 cm/hr로 분석되었다. 이것은 앞서 조사했던 것처럼, 최근에 실시된 통기작업에 의해서 형성된 모래로 채워진 공동(空洞)에 의한 결과라고 본다(그림 1, d). 즉, 통기작업으로 인해 조성된 모래로 채워진 공동(空洞)이 침투율을 높게 나타나도록 한 원인이라고 판단된다. 보수성은 양호한 것으로 나타났다(표 1, 2). 그러나, 모든 그린의 지



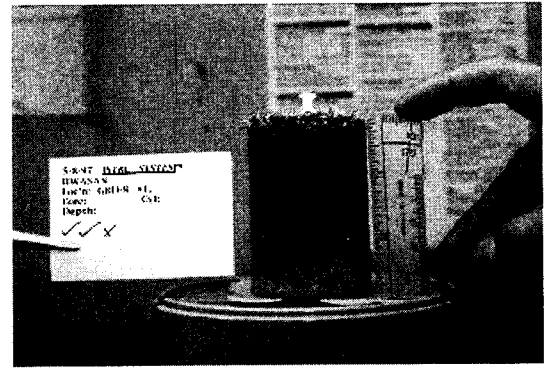
a. Green #1



b. Green #5



c. Green #9 - "Best" Area



d. Green #9 - "Stressed" Area

Figure 1. The time lapse photographs of each undisturbed sample.

표면 아래 5.0 - 7.5cm 깊이에 분포된 유기물 함량을 살펴볼 때, 조성할 시에는 거친 모래와 혼합된 유기물의 함량이 낮아서 보수성이 낮은 상태였던 것으로 보인다(Taylor, 1997). 용적밀도와 공극률은 거친 모래와 조성 후 시간 경과에 따른 유기물 함량의 증가에 의해서 양호하게 나타났다(Taylor, 1997).

침투율을 제외하고, 모든 그린은 서로 유사하며 양호하게 나타났다. 그러므로, 그린 #9- "Stressed" 지역에서 나타나는 현상은 물리적 특성, 유기물 함량, 토성, 입자 크기 분포의 차이에 의한 것으로 평가하기는 어렵다.

골프장내의 그린 #9- "Stressed" 지역의 국소적(局所的) 지형과 표면구성을 고려해 볼 때, 그린 #9- "Stressed" 지역에서 나타난 스트레스는 지형과 관수량에 의한 영향으로 보인다. 일반적으로 받아들여지는 잔디의 유지관리

는 신설 그린의 상부 뿌리영역에 유기물의 증가를 촉진시키며, 뿌리영역의 보수력을 촉진시킨다. 화산 골프장 그린의 뿌리영역은 초기(初期)에는 유기물 함량과 보수력이 낮았지만, 잔디가 성숙해지면서 뿌리영역에는 유기물이 집적되었고, 당시(當時) 뿌리영역은 신설되었을 때보다 더 많은 수분을 함유할 수 있는 상태가 되었다고 본다(표 1, 2). 결과적으로, 뿌리영역에서 보수력이 향상된 것을 반영하여 관수 프로그램이 조정된 것으로 보인다. 즉, 관수횟수 또는 관수량을 감소시켰다고 본다. 이것이 그린 #9- "Stressed" 지역에 스트레스를 야기시킨 것으로 판단된다. 왜냐하면, 이 지역은 그린 #9의 능선 지역이며, 스트레스는 극심한 건조상태에 대한 잔디의 반응으로 판단되기 때문이다. 관수된 물은 표면배수, 뿌리영역으로의 침투, 증발산 작용(evapotranspiration)

에 의해서 그린에서 사라진다. 능선의 경사에 의해서 야기된 표면 배수량의 증가는 유기물층에 의해서 흡수될 수분량을 제한한다. 결과적으로 능선지역에 보유된 수분량은 나머지 지역에 비하여 상대적으로 적게 나타난다(Linde et al., 1995). 따라서 능선지역은 그린의 나머지 지역에 비하여 더 빠르게 건조되며, 스트레스를 야기시킬 가능성도 상대적으로 높게 된다. 실제로, 이와 같은 사항을 고려하여, 그린 #9-“Stressed” 지역에 국한하여 통기작업이 실시되었던 것으로 보인다. 그린 #9-“Best” 지역과 “Stressed” 지역의 토양 코어를 비교하였을 때, 그린 #9-“Stressed” 지역에서만 통기작업에 의하여 형성된 모래로 채워진 공동(空洞)이 있었다. 결국, 나머지 그린의 상태가 양호한 것으로 볼 때, 관수량은 적합한 것으로 판단되지만, 그린 #9-“Stressed” 지역과 같은 능선지역에서는 정기적으로 통기작업(hollow tine cultivation or high pressure water injection)을 실시하고 추가적인 관수 프로그램을 실시하도록 하는 것이 바람직할 것이다(이상재, 1994; Murphy and Rieke, 1994).

### 3.2. 토성 및 입자 크기 분포

골프장내 그린의 적합하고 서로 균일하게 조성되었는지를 평가하기 위해서, 그린의 토성 및 입자 크기 분포를 분석하고 ISTRC/USGA가 추천하는 기준치와 비교하였다. ISTRC의 기준치는 USGA의 기준치를 보완한 것으로, 그린의 적합하게 조성되었는지를 평가하는데 보다 구체적인 기준치를 제시하고 있다.

그린을 조성할 때에 사용되는 토양에서 Sand(0.05-2.00mm)의 적정 함량은 89-100%인데, 분석된 모든 그린은 대부분 기준치를 만족시키는 값을 나타냈다(Bloodworth et al., 1993). 그러나 Gravel(> 2.00mm)의 함량은 기준치를 초과하였다. 또한, Sand(0.05-2.00mm)내의 Very Coarse(1.00-2.00mm)와 Coarse (0.50-1.00mm)의 입자 분포는 기준치

보다 높게 나타났으며, 그 이하에서는 기준치보다 낮게 나타났다. 특히, 안정성(stability)은 Medium(0.25-0.50mm)에 해당하는 입자에 의해서 얻어지며, Sand(0.05-2.00mm)에는 이것을 대략 40%이상 포함하고 있어야 적합하다. 그러나, 조성된 그린의 Sand(0.05-2.00mm)는 Medium(0.18-0.50mm)의 분포가 매우 낮게 나타났다(표 3, 4).

비록, 이것이 그린 #9-“Stressed” 지역에 나타난 스트레스의 원인이라고 판단하기는 어렵지만, 이와 같은 그린의 토양은 “불안정한(unstable)” 경향을 나타낼 수 있다. 만약, 그린의 토양이 “불안정한(unstable)” 상태이면, 시간이 경과함에 따라서 그 특성이 불균일하게 변화하게 된다. 따라서 이와 같은 그린에서는 일관성 있는 관리를 수행하기 어려우며, 각각에 대하여 별도의 관리를 수행하여야 한다. 왜냐하면, 어떤 지역에서 요구되는 관리방법은 다른 지역에서는 적합하지 못한 관리방법이 될 수 있기 때문이다. 비록, 그린은 양호한 상태이지만, 향후 배토(topdressing)와 통기작업시에 ISTRC/USGA의 기준치에 부합하는 모래를 사용하는 것이 바람직하다. 그렇게 한다면, 그린은 보다 “안정한(stable)” 상태

Table 3. Textural analysis on the greens of the Hwasan Country Club.

(Unit : %)

Depth	USDA (mm)	Sand	Silt	Clay	Gravel
		0.05-2.00	0.002-0.05	<0.002	>2.00
Green #1	0.5-2.5cm	93.10	0.71	2.59	3.60
	2.5-5.0cm	88.11	0.65	2.81	8.43
	5.0-7.5cm	90.29	0.01	3.60	6.10
Green #5	0.5-2.5cm	91.07	1.01	2.67	5.25
	2.5-5.0cm	90.09	0.75	2.93	6.27
	5.0-7.5cm	88.31	0.01	3.65	8.03
Green #9 Best area	0.5-2.5cm	91.89	0.93	2.53	4.65
	2.5-5.0cm	89.26	0.01	4.03	6.70
	5.0-7.5cm	88.85	0.01	3.31	7.83
Green #9 Stressed area	0.5-2.5cm	92.49	0.01	2.87	4.63
	2.5-5.0cm	88.78	0.01	3.08	8.13
	5.0-7.5cm	87.64	0.01	2.90	9.45
ISTRC Guidelines		89-100	5Max.	3Max.	3Max.
USGA Recommended Specifications		89-100	5Max.	3Max.	3Max.

Table 4. Particle size distribution on the greens of the Hwasan Country Club.  
(Unit : %)

USDA(mm)		V.C.	Coarse		Medium		M/F.	Fine	V.F.
		1.00	0.50	0.25	0.18	0.15	0.10	0.05	
Depth		% Retained on Sieve							
Green #1	0.5-2.5cm	15.70	37.33	29.68	5.48	1.53	1.78	1.60	
	2.5-5.0cm	22.35	35.80	21.28	4.50	1.38	1.50	1.30	
	5.0-7.5cm	15.00	40.03	25.38	5.40	1.55	1.63	1.30	
Green #5	0.5-2.5cm	11.88	36.20	32.03	5.90	1.58	1.85	1.63	
	2.5-5.0cm	12.18	35.70	29.40	6.60	2.03	2.24	1.90	
	5.0-7.5cm	18.50	34.88	25.70	5.15	1.40	1.50	1.18	
Green #9 Best area	0.5-2.5cm	15.43	38.10	28.40	5.28	1.45	1.68	1.55	
	2.5-5.0cm	19.20	38.55	22.03	4.68	1.50	1.70	1.60	
	5.0-7.5cm	20.35	37.83	21.23	4.65	1.48	1.68	1.63	
Green #9 Stressed area	0.5-2.5cm	16.10	36.88	29.20	5.58	1.50	1.73	1.50	
	2.5-5.0cm	20.88	39.38	20.35	4.33	1.28	1.38	1.18	
	5.0-7.5cm	21.88	38.50	19.73	3.90	1.15	1.33	1.15	
ISTRC Guidelines		10Max.	15-25	40+	10-15	20	5Max.		
USGA Recommended Specifications		10Max.	At Least 60		20Max.		5Max.		

로 향상될 것이다. 또한, 골프장 그린을 조성할 시에도 ISTRC/USGA의 기준치 이상인 모래를 사용한다면, 보다 효과적인 유지관리가 가능할 것이다.

#### IV. 摘要

1995년 5월 30일부터 6월 5일사이에 크리핑 벤트 그라스(*Creeping bentgrass*, *Agrostis palustris* Huds. cv. Putter)로 파종되어졌고 골프코스는 1996년 9월 21일에 개장된 화산 골프장의 그린 #1, 그린 #5, 그린 #9-“Best” 지역(좌측, 우측 또는 “Good” 지역과 그린 #9-“Stressed” 지역에서 토양구조가 붕괴되지 않도록 하여 각각 4개의 토양코아(core)를 채취하여 ISTRC SYSTEM BenchMarking을 실시하였다. 그린들의 상태는 “good”에서 “very good” 상태를 나타내고 있었다. 그러나, 그린 #9-“Stressed” 지역은 예외적으로 스트레스를 나타내는 지역이었다. 그리고 스트레스를 나타내는 지역은 그린 #9의 능선부분에 한정되고 있었다. 그 분석결

과는 다음과 같다.

1. 유기물 함량을 분석한 결과, 모든 그린의 0 - 2.5 cm 깊이에서 유기물이 집적되고 있으며, 이 부분에서 유기물층이 발달되고 있다고 판단된다.

2. 침투율을 분석한 결과, 그린 #1, 그린 #5, 그린 #9-“Stressed” 지역은 매우 높은 침투율을 나타냈다. 그러나, 그린 #9-“Best” 지역의 침투율은 18.75cm/hr로 분석되었다. 채취된 토양 코아를 살펴볼 때, 이것은 최근에 실시된 통기작업에 의해서 형성된 모래로 채워진 공동(空洞)의 유무(有無)에 의한 것으로 보인다.

3. 보수력을 분석한 결과, 모든 그린에서 양호하게 나타났다. 그러나, 조성한 초기에는 보수력이 상대적으로 낮았던 것으로 보인다. 용적밀도와 공극률은 모든 그린에서 양호하게 나타났다.

4. 그린 #9-“Stressed” 지역에서 나타난 스트레스는 지형의 영향과 관수량의 변화에 의한 것으로 보인다. 그린의 뿌리영역에서 유기물 함량이 증가함에 따라서 보수력이 향상되는 것을 고려하여 관수량을 감소시킨 것으로 보이며, 이것이 그린 #9-“Stressed” 지역에 스트레스를 야기시킨 것으로 보인다. 그린 #9-“Stressed” 지역은 능선 지역으로서, 스트레스에 민감한 지역이다. 스트레스는 극심한 건조상태에 대한 잔디의 반응으로 보인다. 나머지 그린의 상태가 양호한 것으로 볼 때, 관수량은 적합한 것으로 판단되지만, 그린 #9-“Stressed” 지역과 같은 능선지역에서는 정기적으로 통기작업을 실시하고 추가적인 관수 프로그램을 실시하도록 하는 것이 바람직할 것이다.

5. 토성을 분석한 결과, 모든 그린의 Sand(0.05-2.00mm) 함량은 대부분 기준치를 만족시키는 값을 나타냈다. 그러나 Gravel(> 2.00mm)의 함량은 기준치를 초과하였다. 입자 크기 분포를 분석한 결과, Very Coarse(1.00-2.00mm)와 Coarse (0.50-1.00mm)의 분포는 기준치보다 높게 나타났

다. 또한, 토양의 안정성(stability)에 중요한 역할을 수행하는 Medium (0.18-0.50mm)의 분포가 매우 낮게 나타났다. 이와 같은 그린의 토양은 "불안정한(unsafe)" 경향을 나타낼 수 있다. 비록, 그린은 양호한 상태이지만, 향후 배토(topdressing)와 통기작업시에 ISTRC/USGA의 기준치에 부합하는 모래를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 골프장 그린을 조성할 시에도 ISTRC/USGA의 기준치 이상인 모래를 사용한다면, 보다 효과적인 유지관리가 가능할 것이다.

### 참고문헌

1. 박찬빈, 한동욱, 황규석, 이용범. 1991. 토양개량제 혼합비율이 Green Topsoil의 물리화학적 성에 미치는 영향. 한국잔디학회 Vol. 5(2): 59-68.
2. 윤용범. 1992. 잔디의 생육과 Thatch 축적에 미치는 육성관리의 영향. 건국대학교 대학원 박사학위 논문.
3. 이상재. 1994. 골프장 잔디관리와 코스조성 실무 서원양행.
4. 최병주. 1994. 한국골프장의 토양단면특성과 무기양분 동태. 배재대학교 박사 학위 논문.
5. 한국잔디연구소. 1994. 골프장 관리를 위한 일반관리표. 한국잔디학회지 Vol. 8(2): 111-131.
6. Bloodworth, M.E., K.W. Brown, J.B. Beard, and S.I. Sifers. (1993) "A new look at the Texas-USGA specifications for root-zone modification." *Grounds-Maint.* 28(1):13-21.
7. Hendrickx, J.M.H., C.J. Ritsema, O.H. Boersma, L.W. Dekker, W. Hamminga, and J.W.H. van der Kolk. (1991) "Motor-driven portable soil core sampler for volumetric sampling." *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 55:1792-1795.
8. Linde, D.T., T.L. Watschke, A.R. Jarrett, and J.A. Berger. (1995) "Surface runoff assessment from Creeping Bentgrass and Perennial Turf." *Agron. J.* 87:176-182.
9. Mancino, C.F., M. Barakat, and A. Maricic. (1993) "Soil and thatch microbial populations in an 80% sand : 20% peat creeping bentgrass putting green." *HortScience* v.28(3):189-191.
10. Murphy, J. A., and P. E. Rieke. (1994) "High pressure water injection and core cultivation of a compacted putting green." *Agron. J.* 86: 719-724.
11. Roger, J.S., and C.E. Carter. (1987) "Soil core sampling for hydraulic conductivity and bulk density." *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:1393-1394.
12. Snow, J.T.. (1993) "USGA explains its new green specifications." *Ground-Maint.* 28(1):21, 22.
13. Taylor, D.H. and G.R. Blake. (1979) "Sand content of sand-soil-peat mixtures for turfgrass." *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 43:394-398.
14. Taylor, D.H., C.F. Williams and S.D. Nelson. (1997) "Water retention in root-zone soil mixtures of layered profiles used for sports turf." *HortScience* 32(1):82-85.
15. Taylor, D.H., C.F. Williams, and S.D. Nelson. (1991) "Measuring water infiltration rates of sports turf areas." *Agron. J.* 83:427-429.
16. Ward, A.L., R.G. Kachanoski, A.P. von Bertoldi, and D.E. Elrick. (1995). "Field and undisturbed-column measurements for predicting transport in unsaturated layered soil." *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 59:52-59.