

USGA 공법으로 조성된 골프장 그린의 잔디 생육 현상에 관한 연구

권동영¹ · 이정호² · 이동익² · 주영규²

¹임골프 디자인, ²연세대학교 생물자원공학과

A Study of Turfgrass Growth on Putting Greens Created by the USGA Construction Method

서 론

현재 우리나라에서 조성되고 있는 골프장 그린(Green)의 시공은 대부분 USGA공법에 의해서 이루어지고 있다. USGA공법은 USGA(United States Golf Association)의 산하 기관인 Green Section에서 40여 년 간 연구와 실험을 거듭해 왔으며 그 결과를 실제로 적용하고 다시 연구에 반영하여 완성해 온 공법이다. 특히 잔디 생육에 필요한 기후 인자를 비롯해 투수율을 포함한 여러 가지 제반조건을 폭넓게 수용하여 한국뿐만 아니라 세계 각국에서 골프장, 축구장, 야구장 등 잔디를 필요로 하는 각종 경기장의 조성에 사용되고 있다.

그러나 오랜 연구와 경험에서 탄생한 USGA공법으로 조성되었다 하더라도 잔디면의 상태가 양호한 곳과 불량한 곳의 차이가 현저하게 나타나는 골프장이 많이 있으며, 이는 관리에 대한 추가 비용의 증대뿐만 아니라 경기력에도 영향을 미쳐 골프장의 수준을 떨어뜨리는 중요한 요인 중 하나로 인식되고 있다. 그렇다면 현재 우리나라의 골프장 그린 시공에 여과 없이 일률적으로 사용되고 있는 USGA공법으로 조성된 동일 골프장 그린의 잔디생육상태가 현저한 차이를 보이는 것에 대해 주목하고 시공 상의 결함이 있는지, 없다면 다른 어떤 원인이 잔디생육에 영향을 주는지에 대한 연구의 필요성이 대두 되었다.

본 연구에서는 USGA공법으로 조성된 동일 골프장내의잔디생육상태가 양호한 그린과 불량한 그린을 각각 대상으로 하여 그 시공에 대한 공정성 여부와 조성방법 시공, 관리, 기후 조건(미기후 제외) 등의 동일 조건을 갖춘 상태에서 나타날 수 있는 기타 잔디 생육에 영향을 주는 인자를 알아보고 분석한 후, 이를 토대로 설계, 시공, 관리 등 양호한 골프장 그린의 조성 및 유지관리에 대해 제언을 하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 실험구 설정

본 연구에서 대상지 선정을 위하여 우리나라를 기후적 특성으로 구분하고, 이중 우리나라 골프장의 50%가 넘게 위치하고 있는 중부서안형과 중부내륙형의 지역에서 검토하였다. 다시 이 지역 중에서 최근 USGA green 시공법을 기초로 하여 같은 시기에 건설되고 관리되어 잔디의 활착이 끝난 골프장을 선정하였다. 선정된 대상 골프 코스의 그린 중 잔디의 생육상태가 가장 좋은 그린과 상태가 좋지 않은 세 개의 그린에 대해서 green 잔디의 밀도 및 뿌리깊이를 측정하였고, 상토층 토양의 이·화학적성을 측정, 분석하였다.

2. Green 잔디의 생육상태 측정

잔디의 생육상태 정도는 잔디의 뿌리깊이와 밀도를 측정함으로써 평가하였다. 잔디의 뿌리깊이는 홀커터를 이용하여 잔디를 들어낸 후 그 뿌리의 깊이를 자로 측정하였으며, 잔디 잎의 밀도는 T바를 이용하여 1cm²(1cm X 1cm)내의 잎의 수를 측정함으로써 각각의 그린에 대하여 평가하였다.

3. Green 상토지반의 물리성 측정

Green 상토층의 토양 경도는 각각의 그린에서 임의의 세 지역을 선정하여 Cone Penetrometer(CP20 Penetrometer, Agridry Rimik pty., Ltd.)를 사용하여 상토의 각 2cm 깊이별로 20cm깊이까지 정밀 측정하였다. Data는 CP-20 소프트웨어를 이용하여 컴퓨터에서 분석하였다. 토양 내 수분 함량 측정은 토양 수분 측정기 (HydrosenceTM, Campbell scientific Australia pty., Ltd)를 이용하여 표토층으로부터 20cm 깊이까지 수분함량을 측정하였다.

각 그린에서 토양경도를 측정한 세 지역의 지반 토양을 core sampling한 후 실험실

에서 토양의 이·화학적 성을 분석하였다. 토양의 입도분석은 토양 내에 남아있는 잔디 뿌리의 잔재들을 제거하고, 105°C dry oven에서 24시간이상 건조시킨 후 USGA에서 제시하는 ASTM F 1632-95방법에 의해 분석되었다(USGA 추천 그린조성 시방서, 2004). 채취해온 토양의 용적비중과 진비중, 공극률 및 투수율 등은 ASTM F-1815-97의 방법으로 물리성 simulation 실험을 통해 측정할 수 있었다. 화학성분 분석은 ASTM D 4972-89의 방법으로 pH, 전기전도도(EC), 양이온치환용량(CEC), 유기물 함량(OM), 유효인산(P_2O_5), 치환성 칼륨(K_2O), 치환성 칼슘(Ca), 치환성 마그네슘(Mg)등을 측정하였다.

실험 결과 및 고찰

1. 잔디 생육정도 측정

총 18홀 그린중 가장 좋은 그린으로는 #2홀 green을 선정하였으며, green에 이상 증상이 있는 지역으로 #1홀, #11홀, 그리고 #16홀을 선정하여 실험을 실시하였다. #1홀 그린에서는 건조증상으로 인해 green 일부 지역의 잔디가 생육이 불량하여 상토층 토양이 그대로 드러났으며, #11홀과 #16홀에서는 조류발생이 많았다. 그린 상태가 좋은 #2홀의 잔디 뿌리 길이는 대체적으로 15~25cm의 왕성한 뿌리 발육을 보였으나 다른 green에서는 대략 4~12cm의 부진한 뿌리 발육을 보였다(그림 1). 잔디 잎의 밀도 또한 #2홀에서는 평균적으로 75~90개/cm²였으며, #1홀에서는 건조지역 주변의 잔디 밀도가 25~30개/cm², #11홀과 #16홀은 조류가 있는 지역의 잔디 밀도가 0~50개/cm²로 측정되었다(표 1).



그림 1. 2번 홀과 16번 홀의 잔디 뿌리 길이 비교

표 1. 잔디의 뿌리길리와 밀도 측정

구 분	#1홀 green	#2홀 green	#11홀 green	#16홀 green
뿌리길리(cm)	6~12	15~25	4~7	4~8
밀도(개)	25~30	75~90	0~15	35~40

2. 토양 경도 및 수분함량 측정

표토로부터 매 2cm마다 20cm 깊이까지 토양 경도를 측정하였다(표 2). #2홀 green의 상토층 토양경도는 처음 2cm 지점까지 922kPa이며 20cm 깊이까지 들어갈수록 그 값이 점차 증가하여 최대 3325kPa까지 측정되었다. 다른 세 개의 green의 토양경도는 처음 2cm 지점까지 1500kPa이 넘게 측정되었으며, 최대 4700kPa까지 측정되어 상토층이 상당히 경화된 것으로 분석되었다. 토양 경화가 가장 심하게 된 그린은 #16번 홀이며, #11홀 green에서 처음 2cm 깊이까지 토양경도가 2461kPa로 토양 경화가 가장 많이 이뤄진 것으로 분석되었다(그림 2).

각 그린의 수분함량은 #1홀 green이 12%로 가장 건조한 것으로 나타났다(표 3). 조류가 가장 많이 관찰된 #16홀 green의 수분함량은 22%로 가장 높았으며, 표토의 토양 경도와 비교하여볼 때 플레이어에 의한 답압과 잔디 관리 장비에 의한 다짐현상으로 인한 높은 토양 경화로 배수불량 현상이 나타난 것으로 추정되었다.

표 2. 그린의 깊이별 토양 경도 (단위 : KPa)

depth(mm) 홀	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
#1홀	1445	2006	2446	2809	3029	3272	3461	3575	3552	3529
#2홀	922	1528	1991	2097	2400	2658	2916	3181	3325	3173
#11홀	1862	2559	2908	3241	3757	4037	4310	4401	4727	4727
#16홀	2461	2537	2673	2809	3052	3401	3719	4083	4386	4704

표 3. 상토층 20cm 깊이까지의 수분함량

구 분	#1홀 green	#2홀 green	#11홀 green	#16홀 green	USGA 기준
수분함량(%)	12	16	20	22	18

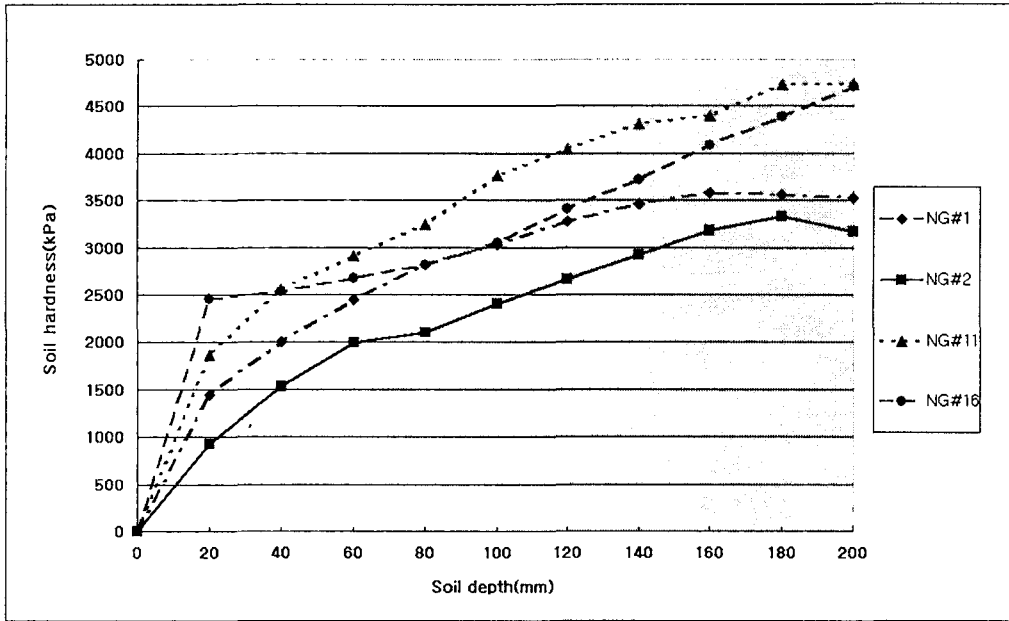


그림 2. 그린의 깊이별 토양 경도

3. 상토 토양의 이·화학성 분석

3-1 입도분석

각 green에서 채취해온 토양에 대하여 입도분석을 실시하였다(표 4). #2홀 green의 상토 토양의 입도 함량비가 USGA 기준에 가장 적합한 것으로 분석되었으며, #2홀을 제외한 다른 green의 상토층에 사용된 모래의 입도가 USGA 추천기준에 부적합한 것으로 나왔다. #2홀 green을 제외한 다른 세 green의 상토 모래에서 1.0mm이상의 모래가 10%이상으로 다소 굵은 골재를 사용한 것으로 분석되었고 특히 #1홀 green의 상토 토양은 1.0mm 이상의 골재가 30%이상으로 분석되었으며 전체적으로 입도가 균일하지 못하기 때문에 답압에 의한 토양 경화가 쉽게 이뤄질 것으로 판단되었다

3-2 토양 물리성 분석

ASTM F 1815-97방법을 이용하여 채취해온 토양의 물리성 simulation 결과를 분석하였다. #1홀 green 상토 토양의 물리성 분석 결과 가장 낮은 투수율을 보였다. 토양 입도에서 분석에서 알 수 있듯이 토양 입도 분포율이 가장 균일하지 못하고 미사의 함

량이 많아 입자간의 토양 입단화(aggregation)가 가장 잘 이뤄져 모세공극(capillary porosity) 함량이 낮으며 그러한 요인들이 투수율을 저하시키는 것으로 판단할 수 있었다. 정 반대의 결과로 #2홀 green의 상토 모래의 물리성을 분석하였을 때, 입도분석 결과에서 나타났듯이 입자의 입도분포율이 상당히 균일하여 답압에 의한 다짐현상이 크게 일어나지 않아 투수율도 높게 나타났다. 다른 두 green 상토의 물리성 결과 또한 #1홀 green과 마찬가지로 매우 저조한 투수율을 나타냄으로써 USGA 기준에 부적합한 결과로 분석되었다.

표 4. 상토 토양의 입도 분석

Particle size(mm)	토양 입도 함량(%)				USGA Recommendations
	#1홀	#2홀	#11홀	#16홀	
Less than 0.05 (Silt)	2.86	0.72	0.41	0.50	Not more than 5%
0.05~0.15 (Very Fine Sand)	2.76	1.17	0.74	0.84	Not more than 5%
0.15~0.25 (Fine Sand)	15.00	9.95	7.46	7.73	Not more than 20% of the particles may fall within this range
0.25~0.5 (Medium Sand)	25.40	41.20	34.40	33.25	Minimum of 60% of the particles must fall in this range
0.5~1.0 (Coarse Sand)	21.33	43.91	46.14	37.55	
1.0~2.0 (Very Coarse Sand)	17.35	2.52	5.91	8.74	Not more than 10% of the total particles in this range, including a maximum of 3% fine gravel (preferably none)
2.0~3.4 (Fine Gravel)	15.30	0.54	4.95	11.39	
Total	100	100	100	100	

3-3 토양 화학성 분석

채취해온 그린 상토 토양의 화학성 분석을 ASTM D 4972-89 분석방법을 이용하여 측정하였다. 골프장 그린 토양의 이상적인 이화학성(한국잔디연구소, 1992)을 적용하였을 때 토양 pH로서는 #2홀 green의 상토 모래가 가장 근접한 것으로 분석되었으며 다른 항목들에 대해서도 약간의 차이는 있지만 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

일반적으로 골프코스 잔디밭 토양은 골프코스가 조성되어 관리되어지는 정도에 따라 달라지겠지만 빈번한 인공 살수 및 산성강우, 화학비료의 시용등으로 인해 일반적으로 산성화되어지는 것으로 알려져 왔다.(한국잔디연구소, 1992) 하지만 본 연구에서

채취된 그린 상토 토양은 거의 중성에 가까운 산도를 나타냈다. 이것은 본 연구가 이루어진 골프장이 조성되어진지 오래되지 않은 것으로 추정할 수 있었다.

골프장 토양의 화학성은 골프코스가 조성될 때 사용된 골재의 순수화학성보다 관리되어지는 정도 즉, 화학비료의 사용과 관수시 사용되는 물의 화학성, 자연강우와 같은 기후에 의해 크게 의존적이라 할 수 있다. 하지만 위의 항목들에 대해서는 모든 조건이 동일하다는 가정 하에서 실험이 이루어졌기 때문에 화학성 분석 결과가 약간씩 다른 차이를 나타낸 것은 앞의 물리성 분석결과에서도 나타났듯이 조성 시 각 green에 사용된 골재가 약간씩 상이하였음을 추정할 수 있었다.

4. 종합고찰

분석된 현장 실험 및 물리·화학성 결과로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다. #1, 11, 16홀 green과 같이 USGA기준에 부적합한 골재를 사용하였을 때 골프 플레이어 또는 관리장비에 의한 다짐으로 인한 답압으로 토양의 경화가 쉽게 일어날 수 있으며, 이러한 토양 경화는 물리적으로 잔디의 뿌리 발육 저하를 야기 시킬 뿐만 아니라 토양 수분의 배수불량을 야기하여 표토층의 수분함량이 높아지므로 잔디 뿌리가 생육에 필요한 수분을 얻기 위해 상토층 하부로 내려지 않기 때문에 뿌리가 밑으로 뻗지 않게 된다. 이러한 요인들로 인하여 뿌리 길이가 감소되고, 잔디 생육이 불량하게 되어 밀도가 감소하고 밀도가 감소된 지역에서는 조류가 발생하게 되는 결과를 초래할 수 있음을 결론내릴 수 있었다.

골프코스 잔디 생육에 있어서 잔디가 관리되어지는 수준과 골프장 지역의 기후, 골프장 이용객수 등이 잔디생육에 가장 큰 영향을 미치지만 기본적으로 같은 시기에 건설된 green이라고 하더라도 골프코스 조성시 사용된 골재의 차이에 따라 잔디 생육이 달라질 수 있다고 판단되었다. 또한 결과적으로 USGA 기준에 적합한 골재를 사용하였을 때 가장 좋은 잔디 생육을 나타냈으므로, 골프코스 조성시 사용될 골재는 USGA 기준에 적합성을 코스가 건설되기 전에 반드시 분석되어야 한다.

결론 및 제언

현재 우리나라에 조성되고 있는 골프장 그린의 대부분은 USGA green 공법을 적용하고 있다. USGA 공법은 40여 년간 수많은 연구진의 연구와 관리자의 실험적 시행착오를 배경으로 총 4차례에 걸쳐 개정된 우수한 공법이다. 하지만, USGA에서도 연구

의 연구를 거듭하고 있는 기후인자의 수용능력에 관한 부분에서 우리나라의 실정에도 문제없이 적용될 수 있는 지에 대하여 생각해 볼 필요성이 있다. 그러므로 본 연구에서는 우선 대상지의 USGA공법 적용 여부의 적합성에 대하여 판단하고, 잔디 생육에 미치는 여러 가지 요인들을 잔디 지반 토양의 물리·화학적인 측정으로 통하여 다각적으로 검토하였다.

조사 및 실험 결과 대상지의 잔디 생육에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 골재의 입도 분포도였다. 실험 분석 결과 골재의 입도가 USGA에서 권장하는 사항에 가장 근접한 2번 흙의 잔디 상태가 가장 양호하였으며, 이러한 골재 입도의 차이는 현장조사에서 실시한 상토층의 깊이별 경도, 수분 함량, 탄성력, 뿌리길이 및 잔디 밀도 차이 결과에서 그대로 나타났다. 즉, 사용된 골재의 비율이 USGA 추천 기준에서 벗어난 1번, 11번, 16번 흙에서는 위 실험 항목들의 결과로 볼 때 토양이 경화된 지역이 대부분이었으며, 이러한 토양 경화는 배수불량을 야기하고, 배수불량으로 조류가 발생하는 등 잔디 생육상태가 좋지 못한 것으로 나타났다.

결론적으로 같은 조건 하에서 조성되고 관리된 잔디라도 그 생육 지반의 골재 품질 즉, 균일하지 못한 입도에 따라 잔디 생육이 달라 질 수 있다는 것이 입증되었다. 따라서 우리가 질 좋은 잔디상태의 그린을 원한다면 올바른 공법의 적용과 관리 및 이용을 전제하고, 코스의 조성 시에 적합한 골재의 검사는 물론, 올바른 시공이 뒷받침 되어야 한다는 것으로 앞으로 골프장의 그린의 조성 및 관리를 위해 제언하는 바이다.