

# Olympic 주경기장 지반 상토층의 토양 물리성과 잔디 생육의 상관관계

김인철 · 주영규\* · 이정호  
연세대학교 생물자원공학과

## Correlation of Soil Physical Properties and Growth of Turfgrass on the Ground of Olympic-mainstadium

In Chul Kim · Young Kyoo Joo\* · Jeong Ho Lee

*Dept. of Biological Resources and Technology, Yonsei Univ., Wonju 220-710, Korea*

### ABSTRACT

This study was conducted to analyze the correlation of soil physical properties and growth of turfgrass on the ground of Olympic-mainstadium. Soil hardness and turf visual quality were measured at 77 plots (10 m×10 m divided each) independently and analyzed correlation later. Physicochemical properties of the topsoil analyzed from three typical levels of the severely, moderately, slightly compacted areas. The ground showed high hardness at the center circle and the goal line, but low at the end line areas. On the contrary, visual quality rate of turfgrass was low at the center circle and the goal line, but high at the end line areas. The correlation was shown a significant negative value on soil hardness between turf visual quality. Soil hardness seems to be accelerated by the improper soil texture of sandy loam which contained a large amount of finer particle of silt (10.7%) and clay (11.1%) which values exceeded for USGA (United State Golf Association) recommendation. Deterioration of turf quality resulted initially from improper construction and followed by high soil compaction with continuous uses of the ground without proper maintenance. To perform the international quality of the turf ground, the initial construction procedures should be followed by standard specifications of sport ground.

**Key words:** Olympic-mainstadium, ground, compaction, turfgrass, soil hardness, USGA, specification

### 서 론

1984년에 처음 조성된 Olympic 주경기장 잔

디 구장은 난지형 잔디인 한국들잔디(*Zoysia japonica*)로 조성되어 있으며, 스포츠 시즌인 4월부터 11월까지 8개월 동안 사용되고 있다. 경기 빈도는 평균 1주당 1.3일이고 이를 날짜로

\*corresponding author. Tel : 033-760-2250  
E-mail : ykjoo@dragon.yonsei.ac.kr

변환하면 하루 당 1.7시간의 경기가 있고, 경기 이외의 연습은 하루 당 2시간이다(잠실경기장, 1997).

잔디경기장의 지반 형태는 잔디의 생육 및 품질과 밀접한 관련이 있고, 토양의 이·화학적 성분은 잔디의 품질에 직접적인 영향을 끼친다(Beard and Sifers, 1990). 지반의 경화를 줄이기 위해서는 초기 그라운드 조성 시 상토층 골재의 입자가 균일해야 하며(Baker, 1990), 잘 조성된 지반이라 할지라도 지속적인 사용과 관리의 문제로 인하여 지반 경화의 축적이 일어나 잔디의 생육에 지장을 초래한다(Canaway et al., 1990). 일반적으로 축구경기장은 goal line 지역과 center circle 지역은 집중적인 답압에 의해 표면경도가 높고 end line 지역에서는 표면경도가 낮으며 이는 잔디의 품질과 연관이 있다고 알려져 있다(Adams and Gibbs, 1994).

지반의 경도는 초종, 토양의 형태, 토양수분, 토양개량, 그리고 잔디의 깎는 높이에 따라 다양해 질 수 있다(Puhalla et al., 1999). 이것은 경기장 그라운드 상태를 나타내는 척도 중 하나로 나타내어진다. 지반경도의 연약함은 선수들의 위험요소로 작용할 수 있는데, 축구화를 신고 경기를 하는 선수들은 경기의 특성상 테클과 슬라이딩으로 인하여 발의 부상을 가져올 수 있고, 공의 속도저하 등 경기력에 지장을 초래할 수 있다(주영규, 1997). 반대로 답압의 축적은 지반을 경화시키며 이에 따른 토양 표면의 경화로 인하여 잔디의 생육에 지장을 주고, 경기를 하는 선수들이 쉽게 피로감을 느끼게 할 수 있는 요인으로 작용한다(Rogers and Waddington, 1990).

경기장 그라운드 조성은 골프장 green 조성방법을 토대로 연구 발전하기 시작하였다. 1960년대 미국 Texas A&M 주립대의 연구로 green 조성의 표준공법을 제시되었는데, 이것이 초기 USGA(United State Golf Association)공법이다. 초기의 USGA공법은 모래를 주로 사용하고

약간의 유기물과 점토질을 혼합하여 green을 조성하였다. 이후 1973년, 1989년, 1993년 그리고 1998년에 걸쳐 모두 4번 개정을 통해서 표준화가 확립되었다. 그러나 조성비용이 많이 드는 문제점이 제기되었었고 이를 낮추기 위해서 중간층 생략에 대한 찬반논의가 끊이지 않았다. 따라서 USGA산하 Green Section 분과에서 전세계의 전문가 49인에게 USGA green 공법에 대한 장단점을 연구, 검토해서 의견을 집약한 것이 1993년 3월에 발표된 USGA방식이다(고석구, 1997). 경기장 그라운드 건설은 USGA 시방서를 토대로 발전하였고 PAT(prescribed athletic turf) system 등의 독자적인 지반 조성공법도 개발되었다.

잔디구장의 지표면을 표준 시방서에 의하여 건설하고 잔디 관리를 전문적으로 행하게 되면 잔디는 고온 시 지면의 온도를 낮추어 주며, 강우 시 표면의 견고성과 평탄성을 유지시켜주고, 잔디 표면의 쿠션으로 선수의 위험으로부터 보호해주는 역할을 한다(Puhalla et al., 1999). 그리고 잘 조성된 천연잔디 경기장은 우수한 공의 탄성을 가지며 경기로 인해 손상된 표면은 자생적 회복력을 가지고 일반관리비용도 인조잔디로 건설된 구장보다 상대적으로 경제적이다. 실제로 많은 경기장은 천연잔디로 조성되어 있기는 하나 지반조성 시 시공방법의 미흡, 과도한 사용, 전문적 관리의 불충분 등에 의하여 최상의 잔디상태를 유지하고 있지 못하여 경기장 사용에 많은 제한을 받는다(Christians, 1998). 잔디경기장은 관람시설, 조명시설, 기타 부대시설 설비에는 막대한 비용을 투입하여 건설되나 실제로 경기가 이루어지는 지면의 결함은 경기장 사용에 제한을 준다. 따라서 건설 후 효율적인 그라운드 사용을 위해서는 조성 시 정확한 지반조성 공법의 적용과 시공, 이용방법, 관리방법을 구장별 특성에 적합한 잔디 초종의 선택 및 식재, 또한 전문적 잔디 관리가 필수적이다. 잔디의 초종과 잔디식재

층 및 배수, 관수시설 등 경기장 지반(profile)의 조성은 반드시 과학적이고 정확한 설계 및 시방서에 맞게 건설되어야 한다(주영규, 1999).

이에 본 연구에서는 기 건설된 Olympic 주경기장 잔디 그라운드 관리현황 및 잔디의 시각적 품질상태와 지반의 경도 분포를 분석하고 이들의 상관관계를 분석하였으며 지반의 이·화학성을 분석하였다. 이러한 연구결과를 토대로 지반 물리성 조성의 기초자료로 이용하여 잔디구장의 그라운드 조성과 관리 방향에 대한 자료를 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### Olympic 주경기장 그라운드 조성 및 관리

본 실험이 수행된 Olympic 주경기장 잔디그라운드의 지반은 인공식재층과 자갈, 왕모래, 배수관으로 이루어진 USGA식 다층구조 지반으로 1984년도에 조성되었으나 USGA 시방서 상에서 요구되는 골재 기준에는 적합하지 않는 재료로 건설되었다.

잔디 깎기는 5월 하순부터 9월 하순까지 생육속도를 고려하여 3~4cm 높이로 주 1회 내외 빈도로 실시하였다. 시비는 4월~8월 중 복합비료(18 : 18 : 18)를 매회 20~40g/m<sup>2</sup> 단위로 연간 3~4회 실시하였다. 요철부분을 평탄하게 하여 경기력을 향상시키고 부정근을 피복하여 잔디의 생육을 촉진시키기 위한 배토(Beard, 1973)는 3월 중 전면 배토 1회 실시하고 부분적인 배토작업을 수시로 실시하였다. 뿌리 수직 깎기는 부정근의 절단 및 세균발달로 잔디생육을 촉진시키는 관리방법이며, 다지기는 무게 200kg 인 roller를 사용하여 보식 및 배토 후 평탄작업을 실시하였다. 관수는 스프링클러로 행하였으며 통기작업, vertical mowing, 제초작업(연 2회) 및 병충해 방제 등 경기장 일반관리를 실시하였다. 또한 지나친 탯치(thatch)의 형성을 막

기 위하여 년 1회, 2월 말이나 3월 초순에 잔디 태우기를 실시하였다.

### 실험구 설정

본 연구는 1998년도 경기 시즌이 끝난 후에 잔디 생육상태를 측정하였고, 상토층 토양의 이·화학성을 측정, 분석하였다. 측정방법은 그라운드를 가로와 세로를 10m 단위로 100m<sup>2</sup> 크기로 77개의 구역으로 나눈 후 잔디의 시각적 품질, 지반의 경도, 토양 이·화학성을 측정, 분석하였다.

### 잔디의 시각적 품질 상태 측정 및 지반 물리성 측정

시각적인 잔디의 품질상태(visual quality)는 밀도, color, 피복률을 기준으로 1~9까지 9단계의 등급으로 나누어 육안으로 평가하였다. '1'의 단계는 고사한 상태를 나타낸 것이며 '9'의 단계는 이상적 잔디의 상태를 나타낸 것이다(National Turfgrass Evaluation Program (NTEP), 1997).

토양경도는 10m×10m로 나누어진 그라운드를 Lang Penetrometer(Lang, 1986)를 사용하여 지반 경도 분포를 측정하였고 이 data를 바탕으로 지반 경도와 잔디의 시각적 품질의 상관관계를 분석하였으며 분석된 경도 분포를 바탕으로 그라운드를 답압이 높은 지역, 중간 지역, 답압이 낮은 지역으로 나눈 후 Cone Penetrometer (CP20 Penetrometer, Agridry Rimik Pty Ltd.)를 사용하여 상토 깊이별(1.5cm, 3.0cm, 4.5cm, 6.0cm) 토양 경도를 정밀 측정하였다. 또한 대표적 답압지역(높은 지역, 중간 지역, 낮은 지역)의 지반 토양을 core sampling 한 후 토양의 입도를 분석하였다.

용적밀도(bulk density)는 자연상태의 토양을 파괴하지 않고 시료를 채취하여 측정하였으며, 대형건조기(dry oven)에서 105℃, 24시간 동안 건조시킨 후 토양의 건조 중량을 측정하고 그 중

량을 전체토양(공극포함)의 용적으로 나누어서 분석하였다(Klute, 1986).

토양의 입도분석은 먼저 105°C 24시간 dry oven에 말린 토양 50g의 무게를 측정하였다. 또한 5% Calgon(50g/1000ml, 분산제)을 삼각 플라스크에 넣고 후 50g의 soil에 혼합하여 입자들을 분리한 후 비중계(Hydrometer, ASTM 152H)를 사용하여 40초 후와 2시간 후 비중을 측정하였다. 40초 후에 측정된 비중값은 silt, clay의 비중값이며 2시간 후에 측정된 값은 clay의 비중값을 나타낸 것이다(Sparks et al., 1996).

#### 지반 토양의 화학성 분석

측정된 경도 분포를 기준으로 Olympic 주경기장 그라운드를 3단계(답압이 심한 지역, 보통 지역, 답압이 약한 지역)로 나눈 후 core sampling을 실시하여 토양의 화학성을 분석하였다.

pH 및 전기전도도 측정(electrical conductivity: EC)은 토양 10g을 삼각 플라스크에 넣고 증류수를 50ml를 첨가하였다. 10분간 shaking한 후 Whatman No. 42여과지로 여과하여 pH 측정기(pH meter: 920A, ATI, USA)와 전기전도도 측정기(EC meter: CM-53, Takemura Electric Works, Japan)로 측정하였다(Sparks et al., 1996).

질소의 측정은 토양 1g에 물 30~50ml와 황산 25ml를 첨가하고 수시로 과산화수소 5ml를 넣었다. 토양 분해가 끝나면 여과지로 여과한 후 증류수로 100mL 표현하였다. 전처리가 끝난 토양 용액을 Kjeldahl 분석장치를 사용하여 질소를 분석하였다(Sparks et al., 1996).

인산의 측정은 Lancaste법에 의하여 분석하였는데, 100ml의 삼각플라스크에 토양 1g을 취하고 추출용액 20ml를 넣고 1분간 혼든 후 Whatman No. 42 여과지로 여과하였다. 추출액 4ml를 flask에 넣고 증류수 10ml와 SnCl<sub>2</sub> 회석액 2ml, Ammonium molybdate 4ml를 넣

고 혼합한 후 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometry, AAS; UV-2401PC, Shimadzu, Japan)로 측정하였다(McGill and Figueiredo, 1993).

유기물의 측정은 Walkley-Black법을 이용하였으며, 250mL 삼각플라스크에 토양 1g을 넣고 1N의 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 10mL를 가한 후 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20mL를 첨가하고 10분간 방치하였다. 다시 증류수 100mL를 첨가한 후 10분간 방치하였다. 그리고 여과지로 여과한 후 UV 분광광도기(UV Spectrometer; AA-6701F, Shimadzu, Japan)로 파장 610nm에서 비색 정량하여 유기물을 분석하였다(Walkley and Black, 1934).

양이온과 양이온 치환용량(cation exchange capacity: CEC)은 column에 토양 10g과 Ammonium acetate 100ml를 취하여 8시간 처리 후 Alcohol 100ml를 column에 다시 주입하여 양이온을 치환하였다. 밑으로 떨어진 액은 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometry, AAS; UV -2401PC, Shimadzu, Japan)를 사용하여 양이온을 측정하였다. CEC는 column 내에 남아있는 토양을 Kjeldahl 분석장치를 사용하여 분석하였으며 0.1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 비색 정량하였다(Sparks et al., 1996).

#### 실험설계 및 통계처리

Plot당 4반복 측정된 data값들은 SAS(Statistical Analysis System)에 의한 통계처리로서 분석을 하였다(SAS Institute, 1990).

## 결과 및 고찰

#### 잔디의 시각적 품질 분석

잔디의 시각적 품질은 답압이 집중되는 goal line 지역(① D, ⑩ D)과 center circle 지역(⑤, ⑥ D)에서 낮았으며(4.5~5.5), 답압이 상대적으로 적은 end line 부근지역(①, ⑩)에서 잔디의

품질은 양호(6.0~7.0)하였다(Table 1, Fig. 1). 이는 그라운드 지반의 답압빈도와 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다. 특히 중앙선을 기준으로 양쪽의 잔디품질의 차이가 있음을 알 수 있는데, 이것은 Olympic 주경기장 그라운드 이용이 경기에 한정되지 않고 각종 행사가 그라운드 내에서 많이 이루어지고 있으며, 행사 장소 또한 한쪽에

치우쳐 이용되고 있기 때문에 전광판이 있는 쪽(① D)의 잔디품질 저하가 많이 일어난 것으로 분석되었다.

**잔디의 시각적 품질상태와 지반 물리성 및 상관관계 분석**

지반 경도의 분포는 시각적 잔디의 품질과 반

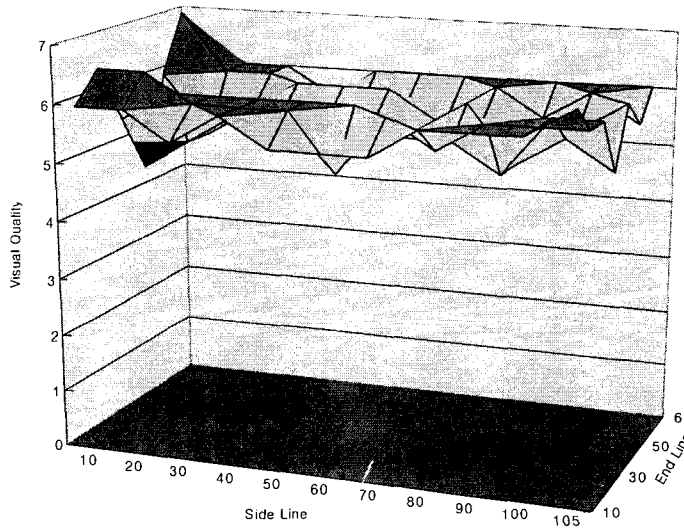


Fig. 1. Visual quality of turfgrass on the ground of Olympic-main-stadium (1=poor turf, 9=ideal turf).

Table 1. Visual quality of turfgrass on Olympic-mainstadium

	A <sup>x</sup>	B	C	D	E	F	G
① <sup>x</sup>	6.0	6.5	5.5	4.5	6.0	7.0	6.5
②	6.0	6.5	6.0	5.0	5.0	6.0	6.0
③	5.5	6.0	6.0	5.5	5.5	6.0	6.0
④	6.0	6.0	6.0	5.5	6.0	5.5	5.5
⑤	5.5	6.0	6.0	5.5	6.0	5.5	6.0
⑥	5.5	5.0	6.0	5.5	6.0	5.5	6.0
⑦	5.5	6.0	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0
⑧	6.0	5.5	5.5	6.0	5.5	6.0	6.0
⑨	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	5.5	6.0
⑩	6.0	6.0	6.0	5.5	5.5	6.0	6.0
⑪	6.5	6.0	6.0	5.0	6.0	5.5	6.0

<sup>x</sup>①~⑪ are side line and A~G are end line.

<sup>y</sup>A visual quality was rated on a 1~9 scale: 1=poor turf, 9=ideal turf condition.

대의 경향을 보였으며, 답압 집중지역인 goal line 지역과 center circle 지역에서 높은 경도(7.0~6.0)를 나타내었고 end line 부근지역에서 낮은 경도(3.6~4.5)를 나타내었다(Table 2, Fig. 2). 이 결과를 토대로 10m×10m로 나눈 그라운드를 3단계의 답압 지역(답압이 높은 지

역, 중간 지역, 답압이 낮은 지역)으로 나눈 후 Cone Penetrometer를 사용하여 깊이별 토양 경도를 정밀 분석한 결과, 상토층 하부로 갈수록 토양의 경도는 높아졌으며 답압 정도는 지표면의 토양 경도를 변화시키고, 하부 6cm까지도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 총공극률과

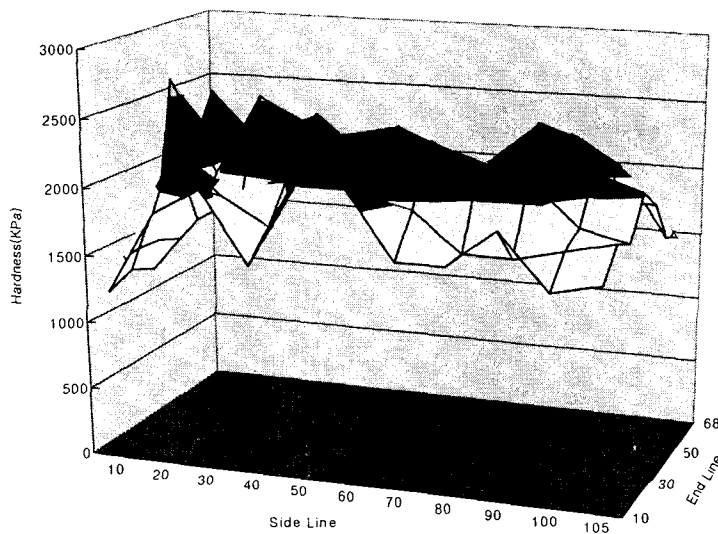


Fig. 2. Distribution of soil hardness on ground surface of Olympic -mainstadium with Lang Penetrometer.

Table 2. Measurement of soil compaction by Lang Penetrometer on Olympic-mainstadium ground

	A†	B	C	D	E	F	G
①†	3.6	3.8	3.6	7.0	5.6	6.5	5.0
②	5.1	6.1	4.6	5.3	5.3	5.6	5.1
③	5.6	5.3	5.1	6.8	5.5	5.8	6.0
④	4.3	4.8	5.5	6.3	5.5	5.5	5.3
⑤	5.8	6.3	6.3	6.0	5.8	4.6	4.6
⑥	5.8	5.5	5.3	6.4	5.8	5.8	5.1
⑦	4.6	5.3	6.3	5.1	5.0	5.3	4.8
⑧	4.6	4.6	6.0	5.8	5.1	5.8	6.1
⑨	4.8	4.6	5.8	6.0	5.6	6.1	5.8
⑩	4.3	4.8	5.0	5.8	5.1	5.6	5.0
⑪	4.5	5.0	4.8	5.5	5.1	4.3	4.1

†①~⑪ are side line and A~G are end line.

‡0~1: 0 kg/cm<sup>2</sup>, 1~2: 4.0 kg/cm<sup>2</sup>, 3~4: 8.1 kg/cm<sup>2</sup>, 4~5: 16.2 kg/cm<sup>2</sup>, 5~6: 20.2 kg/cm<sup>2</sup>, 6~7: 24.2 kg/cm<sup>2</sup> by Lang Penetrometer.

용적밀도에서는 3단계의 답압 지역(답압이 높은 지역, 중간 지역, 답압이 낮은 지역) 간에 통계적 유의차를 보이지 않았다(Table 3).

또한 토양 경도와 잔디 quality 간의 상관관계는  $r = -0.2445$ ,  $P \leq 0.0321$ 이었으며, 경도와 quality는 음의 상관관계를 나타내어 토양의 경도가 높을수록 잔디의 quality에 부정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다(Fig. 3).

토양의 입도는 silt와 clay가 9.33~12.55%이었으며 USGA의 기준치(silt 5% 이하, clay 3% 이하; USGA Green Staff, 1993)에 비해 많이 함유되어 있어 토양 경직을 가속화시키는 요인으로 작용한 것으로 판단되었다(Table 4).

**지반 토양의 화학성 분석**

잔디의 생육 적정 pH는 5.5~6.5인데, Olym-

pic 주경기장 그라운드 지반 토양의 pH는 5.44~5.82로 한국들잔디가 생육하기에 제한을 주지 않는 pH 범위이었다.

전기전도도(EC)는 토양 내에 존재하는 염류농도의 지표로 이용되며 토양용액의 삼투압 증가에 의한 뿌리의 양·수분 흡수장애는 의한 식물의 생육장애를 일으키는 주원인이 된다(김귀곤 외, 1992). Olympic 주경기장 그라운드 지반 토양의 EC는 74.5~152.0  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 일반적 기준치보다 조금 낮아 잔디 생육에 지장을 주지 않는 범위이었다.

잔디의 생육에 가장 필수적인 질소의 함량은 일반적 기준치인 0.01~0.05%에 비해 조금 많은 0.12~0.17%를 나타내었다. 인산의 함량은 2,001~2,095ppm으로 기준치보다 훨씬 많이 함유되어 우리나라 대부분 골프장 잔디밭에서

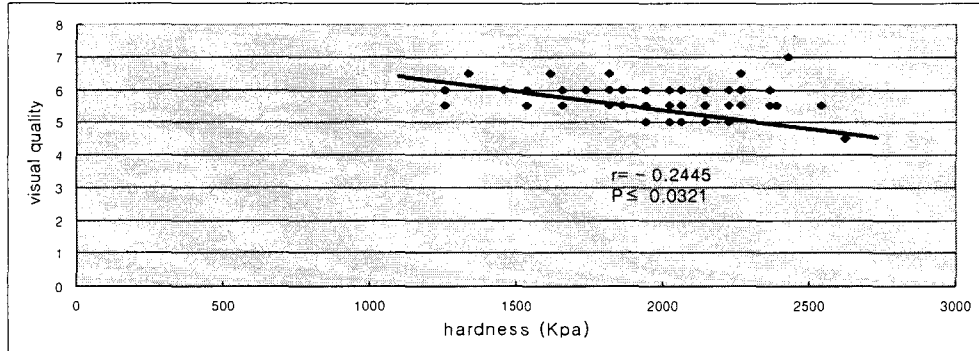


Fig. 3. Correlation of soil hardness and visual turf quality on the ground of Olympic-mainstadium.

Table 3. Variation of porosity, bulk density and hardness at different soil depth on Olympic-mainstadium ground

Depth	Soil hardness (KPa)				Total porosity (%)	Bulk density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
	1.5 cm	3.0 cm	4.5 cm	6.0 cm		
Severely compacted area	3194 a <sup>2</sup>	3292 a	3552 a	4000 a	50.68 a	1.28 a
Moderately compacted area	2540 b	3039 a	3313 a	3619 a	47.71 a	1.36 a
Slightly compacted area	2264 b	2320 b	2639 b	2880 b	51.19 a	1.27 a

<sup>2</sup>a, b Means within a column with different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

**Table 4.** Chemical and physical properties of topsoil on Olympic-mainstadium

Area	pH (1:5)	EC <sup>y</sup> (1:5, μS/cm)	T-N <sup>y</sup> (%)	P <sup>y</sup> (mg/kg)	O.M. <sup>y</sup> (%)	Concentration of cation (cmol/kg soil)				CEC <sup>y</sup> (cmol /kg soil)	Particle size distribution (%)			Soil text- ure
						Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>		Sand	Silt	Clay	
Severely compacted area	5.57	152.09	0.16	2001.63	2.94	2.83	0.79	0.29	0.09	6.95	76.78	12.28	10.94	SL <sup>‡</sup>
Moderately compacted area	5.82	74.52	0.12	2093.57	2.32	2.15	0.61	0.28	0.08	5.60	79.55	10.58	9.87	SL
Slightly compacted area	5.44	103.74	0.17	2082.81	2.46	2.51	0.79	0.27	0.08	6.78	78.12	9.33	12.55	SL
Recommended range	5.5 -6.5	Under 200	0.01 -0.05	100 -300	0.5 -1.5	0.2 -0.5	0.5 -1.0	0.2 -0.5	0.2 -0.5	5-10	over 60%	under 5%	under 3%	sand

<sup>y</sup>EC=electric conductivity, T-N=total-nitrogen, P=phosphate, O,M=organic matter, CEC=cation exchange capacity.

<sup>‡</sup>SL=sandy loam.

나타나는 인산 함량이 높은 복합비료의 장기간 사용으로 인한 '인산과다'로 분석되었다. 따라서 Olympic 주경기장 그라운드들의 시비계획은 인산 함량이 높은 기비용 복합비료를 연용하지 말고 인산 함량이 낮은 잔디관리용 비료를 사용하여 토양의 인산과다 축적을 피해야 할 것이다.

유기물 함량은 2.32~2.94%로 기준치인 0.5~1.5%보다는 높은 함량을 나타내었지만 잔디의 생육에는 문제되지 않을 것으로 사료된다.

양이온은 일반적 기준치에 비해 Ca<sup>++</sup>의 함량은 높았고, Na<sup>+</sup>은 함량은 적었다. 또한 Mg<sup>++</sup>와 K<sup>+</sup>의 함량은 기준치에 부합되어 양이온에 대한 염류 축적의 문제점이 없을 것으로 사료된다. 또한 양이온 치환용량(CEC)의 함량은 5.60~6.95 cmol/kg로 일반적 기준치에 부합되었다(Table 4).

이상에서, 지반 경도는 잔디 생육에 밀접한 관계를 가지고 있으며, Olympic 주경기장의 잔디 그라운드는 정상적 잔디생육을 위하여 지반의 재시공에 의한 근본적인 토양 경화의 문제점을 해결하는 것이 가장 바람직할 것으로 판단된다. 또한 이러한 연구를 토대로 앞으로 건설될 잔디 경기장은 표준 시방에 맞게 설계, 시공되어 토양경직을 유발시키지 않는 잔디 그라운드를 건설하여

야 할 것이다.

## 요 약

본 연구는 Olympic 주경기장 그라운드의 잔디 관리와 지반 구조 조사 및 잔디의 시각적 품질과 지반 경도와 상관을 분석하였다. 또한 지반의 이·화학성 분석을 하여 잔디 구장의 조성 과 관리 방향을 제시하는 것이 목적이다.

Olympic 주경기장의 토양경도 분포는 답압이 집중되는 goal line 지역과 center circle 지역에서 높은 경도를 나타내었으며, 답압이 상대적으로 적은 end line 부근지역에서 낮은 경도를 나타내었다. 또한 토양 경도와 잔디 quality는 음의 상관관계를 나타내었고 토양의 경도가 높을수록 잔디의 quality에 악영향을 미치는 것으로 분석되었다. 깊이별 토양 경도는 상토층 하부로 갈수록 높아졌으며 답압 정도는 지표면의 토양 경도를 변화시키고, 하부 6cm까지도 영향을 미치는 것으로 나타났다.

상토층 토양의 화학성은 인산이 2,000ppm 내외(기준치 100~300ppm)의 과대치를 제외하고는 일반적 기준치에 부합되었다. 토양의 입도분포



는 silt와 clay 함량이 USGA 잔디 상토층 토양 기준치(silt 5% 이하, clay 3% 이하)보다 높아 토양 경직을 가속화시키는 요인으로 작용하였다.

Olympic 주경기장 잔디 그라운드에는 초기 지반공사 시 정확한 시공이 되지 않은 점과 기술적 문제로 인한 하부 지반공사의 미비 등의 결점을 지니고 있다. 지반 경도는 잔디 생육에 밀접한 관계를 가지고 있으며 정상적 잔디생육을 위하여 재시공에 의한 근본적인 토양 경화의 문제점을 해결해야 할 것이다. 이러한 연구를 토대로 향후 건설될 잔디 경기장은 표준 시방에 맞게 설계, 시공되어 토양경직을 유발시키지 않아야 국제 규격에 맞는 잔디 그라운드를 건설할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

1. Adams, W.A. and R.J. Gibbs. 1994. Natural turf for sport and amenity science and practice. CAB International, Willingford, Oxen, UK. p. 234-236.
2. Baker, S.W. 1990. Sand for sports turf construction and maintenance. The Sports Turf Research Institute, Bingley, West Yorkshire, BD16, U.K. p. 5-58.
3. Beard, J.B. 1973. Turfgrass: Science and culture. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. p. 248-255.
4. Beard, J.B. and S.I. Sifers 1990. Feasibility assessment of randomly oriented, interlocking mesh element matrices for turfed root zones. *In* Natural and artificial playing fields. p. 154-165.
5. Canaway, P.M., M.J. Bell., G. Holmes, and S.W. Baker 1990. Standards for the playing quality of natural turf for association football. *In* Natural and artificial playing fields: Characteristics and safety features. R.C. Schmidt, E.F. Hoerner, E.M. Milner, and C.A. Morehouse,(eds.) American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA. 1073: 29-47.
6. 잠실 경기장, 1997. '97 잠실경기장 관리현황 자료.
7. Christians, N. 1998. Fundamentals of turfgrass management. Ann Arbor Chelsea, MI. p. 71-93.
8. 주영규. 1997. 잔디구장의 지반조성 및 잔디시공; 잔디 구장 건설 및 관리에 관한 심포지엄. 한국잔디육종연구회 p. 58-71.
9. 주영규. 1999. 경기장 지반과 잔디시공 및 추세; 제 1·2회 코스관리요원 보수교육 및 코스관리기술 세미나. 한국잔디연구소. p. 177-198.
10. 김귀곤, 김명길, 김지덕, 오희영, 이동근, 임상하, 주영규. 1992. 한국의 골프장계획 이론과 실무. 도서출판 조경. p. 398-455.
11. Klute, A. 1986. Method of soil analysis: part 1-Physical and mineralogical method. American Society of Agronomy and Soil Science of America. p. 1-1118.
12. 고석구. 1997. Putting Green 구조 및 USGA 공법 이해; '97 골프장 기자재 종합 전시회 학술 세미나 강의자료 및 전시품목 목록. 한국잔디연구소, 대한 그린키퍼협회. p. 23-30.
13. Lang, J.D. 1986. Lang Penetrometer Pat. & Trademark off. Disclosure Document No. 156-164.
14. McGill, W.B. and C.T. Figueiredo 1993. Total Nitrogen. *In* Soil sampling and methods of analysis. M.R. Carter (eds.). Lewis Publishers. Canadian

- Society of Soil Science. 22:201-211.
15. National Turfgrass Evaluation Program (NTEP), 1997. National zoysiagrass test-1996. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service and Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD. 20705. Progress Report 1997 NTEP No. 8-4.
  16. Puhalla, J., J. Krans, and M. Goatley 1999. Sports field: A manual for design, construction and maintenance. Ann Arbor Press, Chelsea, MI. p. 3-27., 36-37.
  17. Rogers, J.N., III and D.V. Waddington. 1990. Potable apparatus for assessing impact characteristics of athletic field surfaces. *In* Natural and artificial playing fields: Characteristics and safety Features. R.C. Schmidt, E.F. Hoerner, E.M. Milner. and C.A. Morehouse. (eds.) American Society for Testing Materials. Philadelphia, PA. 1073: 96-110.
  18. SAS Institute. 1990. SAS/STAT user's guide. Vol. 2. 4th ed SAS Institute, Cary, NC.
  19. Sparks, D.L. et al. 1996. Method of soil analysis: part 3- Chemical methods. American Society of Agronomy and Soil Science of America. p. 1-1358.
  20. USGA Green Section Staff. 1993. USGA recommendation for a method of putting green construction; *In* USGA Green Section Record. March/April:1-3.
  21. Walkley, A. and I.A. Black 1934. An estimation of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-37.