

스포츠용 인조잔디시스템 개발 동향 및 시험평가방법

-KCL 스포츠 그라운드 성능인증시험 중심으로-



양인규

- 2006. 충남대학교 구조지반 및 시설공학 석사
- 2020. 충남대학교 구조지반 및 시설공학 박사 수료
- 2011. 한국건설생활환경시험연구원(KCL) 스포츠환경센터 책임연구원
- 2019. 국제스포츠표면과학회(ISSS) Science body member
- 2022. 국제축구연맹(FIFA), 국제하키연맹(FIH) Field test technician

1. 서 론

인조잔디시스템(artificial turf system)이란 합성 섬유를 소재로 하여 천연잔디 대신 사용되는 대용품으로, 인조잔디 매트, 충전재, 충격흡수(패드/흡수판) 등으로 구성되어 실내외 체육시설용으로 사용된다[1]. 인조잔디는 일반적으로 천연잔디보다 유지 관리 비용이 적게 들고, 기후 조건이나 사용 빈도에 대한 제약이 적기 때문에 경제성과 활용성 면에서 천연잔디보다 우수하다는 평가를 받으며 수요가 늘어나고 사용 폭이 점차 확대되었다. 1964년 미국 텍사스 휴스턴에 위치한 세계 최초의 돔구장인 애스트로돔 야구장(Figure 1)에 적용함으로써 시작되었으며, 습한 날씨와 모기의 극성, 잦은 우천으로 인한 경기의 중단으로 구단 경영에 문제가 깊어지자 이를 해결하고자 애스트로 구장을 돔으로 지붕을 덮으면서 인조잔디가 구상되었다고 전해지고 있다[2]. 이에 본 고에서는 인조잔디시스템의 전반적인 발전 방향과 시험인증 동향에 대해서 소개하고자 한다.

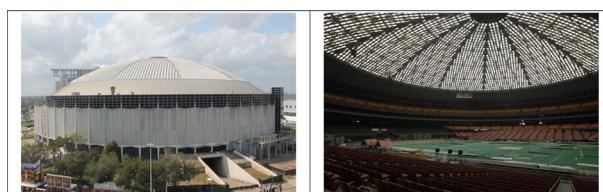


Figure 1. 미국 텍사스 휴스턴의 애스트로돔 야구장 [2].

2. 인조잔디시스템의 발전 방향

“Astro turf”란 이름으로 최초의 인조잔디는 카페트와 같은 형식으로, 천연잔디 파일(pile)을 대체하는

파일사는 짧고 가벼웠으며 천연잔디와 유사한 색을 띠었다. 하지만 경기를 하기에는 충격흡수성이 미흡하고, 마찰에 강한 재질의 인조잔디 파일이 선수에게 찰과상을 입히는 등 경기력과 안전성 문제가 제기되었다. 부상의 위험을 줄이고 1세대 인조잔디의 문제를 보완하고자 1970년대 후반 인조잔디 파일사는 폴리아미드(polyamide, PA)보다 폴리프로필렌(polypropylene, PP)를 적용하였으며, 파일사 길이는 다소 길어졌다. 또한 규사와 같은 천연재료를 인조잔디 파일사 사이에 채워 넣어 인조잔디가 눌지 못하도록 하고 인조잔디의 밀림 방지와 스파이크의 박힘으로 인한 기포지의 내구성 저하 방지도 가능한 2세대 인조잔디(Figure 2)가 출현하게 되었다.



Figure 2. 다양한 인조잔디 파일 타입.

운동선수들의 경기력은 잔디 상태에 따라 민감하게 달라지는데, 잔디의 표면 균일성(surface uniformity), 탄력성(elasticity), 스피드(speed) 등에 대한 선수의 적응력에 따라 경기의 승패가 좌우되어 경기장 환경을 조성하는 것은 매우 중요하다[3].

Table 1. KS F 3888-1: 2022 인조잔디시스템의 종류

종류	파일길이 mm	탄성침	충격흡수 (페드/배수판)	비고(시스템 충격흡수성에 따른 구분)
A-1	35, 45, 55, 65	포함	불포함	50% 이상
A-2	35, 45, 55, 65	포함	포함	50% 이상
B	35, 45	불포함	포함	50% 이상
C	20, 25, 35, 45	불포함	불포함	20% 이상
D	10, 15, 20, 25, 35	불포함	포함	20% 이상
E	10, 15, 20, 25, 35	포함	불포함	10% 이상
F	10, 15, 20, 25, 35	불포함	불포함	10% 이상
G-1	35, 45, 55, 65	포함	포함	(57~68)%
G-2	35, 45, 55, 65	불포함	포함	(57~68)%
H-1	35, 45, 55, 65	포함	포함	(62~68)%
H-2	35, 45, 55, 65	불포함	포함	(62~68)%

비고 1 규사는 재생 규사를 사용할 수 없으며, 제품 용도 특성에 따라 사용할 수 있다.

비고 2 상기 용도는 대표 용도이며, 인조 잔디의 종류는 당사자 간의 협의에 따를 수 있다

요하다[3]. 이에 국가기술표준원은 IFAB(The International Football Association Board)에서 규정하는 FIFA의 인조잔디 시스템 경기규칙인 Quality Pro(종류 H), Quality(종류 G) 등급 수준을 반영해 전문 축구장용 인조잔디시스템 품질 기준을 추가 및 개정하였으며(Table 1-3)[1], 대한축구협회는 자체적으로 축구장용 인조잔디 인증제를 시작하였다(Figure 3).

Table 2. 인조잔디시스템에 대한 한국산업표준(KS) 품질기준

시험 항목	품질 기준								시험 방법
	A	B	C	D	E	F	G	H	
충격 흡수성(%)	50 이상	50 이상	20 이상	20 이상	10 이상	10 이상	57~68	62~68	6.2
수직 방향 변형(mm)	3~10	3~10	10 이하	10 이하	10 이하	10 이하	4~11	4~10	6.3
한계 하강 높이(mm)	-	700 이상	700 이상	700 이상	-	-	-	-	6.4
회전 저항 (Nm)	25 ~50	25 ~50	-	-	-	-	27 ~48	32 ~43	6.5 또는 6.6
피부/표면 마찰	0.35 ~1.00	0.35 ~1.00	-	-	-	-	0.35 ~0.75	0.35 ~0.75	6.7
공의 반발력(m)	0.50 ~1.20	0.50 ~1.20	-	-	-	-	0.60 ~1.00	0.60 ~0.85	6.8
공 구름 (m)	-	-	-	-	-	-	4~10	4~8	6.10
두수 성능 (mm/h)	180 이상	180 이상	180 이상	180 이상	180 이상	180 이상	180 이상	180 이상	6.11

Table 3. 인조잔디시스템 현장 품질기준

시험 항목	품질 기준								시험 방법
	A	B	C	D	E	F	G	H	
충격 흡수성(%)	50 이상	50 이상	20 이상	20 이상	10 이상	10 이상	55~70	60~70	6.2
수직 방향 변형(mm)	3~10	3~10	10 이하	10 이하	10 이하	10 이하	4~11	4~10	6.3
회전 저항 (Nm)	25 ~50	25 ~50	-	-	-	-	25 ~50	30 ~45	6.5 또는 6.6
공의 반발력(m)	0.50 ~1.20	0.50 ~1.20	-	-	-	-	0.60 ~1.00	0.60 ~0.85	6.8
공 구름 (m)	4~10	4~10	-	-	-	-	4~10	4~8	6.9

시험/인증 소개

제품 인증마크



Figure 3. 대한축구협회 인조잔디인증제 인증마크.

축구 전문경기장은 FIFA가 정한 국제기준(Quality Pro(종류 H) 62~68%, Quality(종류 G) 57~68%)의 충격흡수성을 포함한 다양한 성능이(수직방향변형, 회전저항, 미끄럼저항, 피부 표면마찰, 공 구름, 공 반발 등) 천연잔디 수준으로 요구되어졌다(Table 4)[4].

Table 4. FIFA 축구장 잔디 품질을 위한 테스트 항목 및 시료

Test	Minimum length of test specimen	Minimum width of test specimen
Ball rebound	1.0m	1.0m
Angle ball rebound	1.0m	1.0m
Reduced ball roll	4.0m	1.0m
Shock absorption	1.0m	1.0m
Vertical deformation	1.0m	1.0m
Rotational resistance	1.0m	1.0m
Surface friction/abrasion	1.0m	1.0m
Sub-ambient & elevated temperature tests	0.4m	0.4m
Simulated wear	4.0m	1.0m
Heat testing	0.4m	0.4m
Splash testing	1.0m	1.0m
Artificial weathering: carpet pile yarn(s)	20m length	
UV stabiliser assessment	1m length	

이에 선수들의 안전과 경기력 증가를 위한 충격흡수성을 증진시키기 위한 여러가지 방법으로 규사를 포함한 폐 타이어(styrene butadiene rubber, SBR), 폐고무패킹(ethylene propylene rubber)을 원료로 한 탄성침 충전법 등이 개발되어 적용되었다(Figure 4). 또한 내후성이 강한 폴리에틸렌 파일사(polyethylene, PE)에 규사를 충전하고 잔디를 안정화시킨 후, 탄성침(performance infill)을 충전하여 성능을 부여하는 등의 인조잔

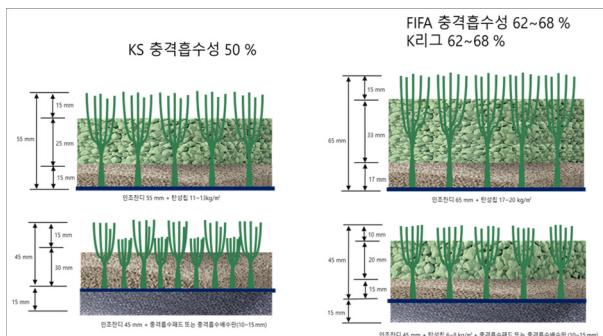


Figure 4. 인조잔디시스템 조성에 따른 충격흡수성 비교.

디 시스템이 발전하게 되는데 이를 3세대 인조잔디시스템이라고 본다. 요즘은 충격흡수패드 또는 충격흡수배수판 등을 인조잔디 충전재와 함께 구성하여 3.5세대 인조잔디시스템까지 개발되었다.

3. 국내 인조잔디시스템의 동향

국내 인조잔디는 2002년 한·일 월드컵의 성공과 함께 본격적으로 보급되기 시작하였다. 한일 월드컵의 성공과 4위라는 국내 축구 역사상 가장 우수한 결과를 국민들에게 선사하였다. 이와 더불어 축구에 대한 열기는 학교에까지 전달되었고 2006년 문화체육관광부와 교육과학기술부는 「즐거운 배움터·행복한 놀이터를 위한 학교 체육시설 선진화」 사업에 착수한다. 흙먼지가 날리고 관리가 어려운 1,000개 학교의 마사토 구장을 ‘09~’12년까지(4개년) 천연잔디, 인조잔디, 우레탄 다목적구장 등으로 조성하는 사업을 실시하는 등[5] 학교 및 지자체의 다목적 공공 운동시설에 확대되고 있다.

인조잔디시스템의 사용연한은 보통 7~8년으로 알려져 있으나, 이용이 빈번한 학교 운동장, 공공체육시설 등의 경우 평균 3~5년으로 짧은 편이다. 인조잔디시스템이 기본적으로 갖추어야 할 성능으로는 KS F 3888-1:2022에 의거하며, 물성과 유해성을 동시에 만족시켜야 한다. 특히 유해성 논란으로 인해 개정된 국내 인조잔디시스템의 표준(KS) 내 유해성은 납, 수은 등 중금속 19종, 톨루엔, 벤젠 등 휘발성유기화합물(T-VOCs) 4종, 다환방향족탄화수소(PAHs) 18종, 프탈레이트계 가소제 6종으로 전 세계 어느 나라보다도 엄중하게 관리하고 있으며, 충전재 또는 패드를 포함하는 인조잔디시스템으로 관리하도록 하고 있다(Figure 5).

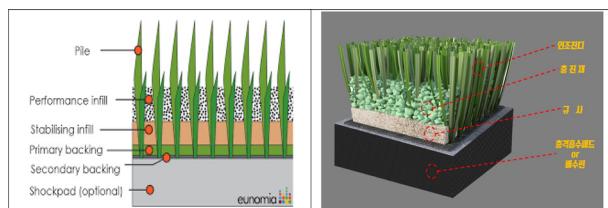


Figure 5. 충전재 패드 등이 포함된 인조잔디시스템 단면도.

최근에는 외부 환경조건인 자외선, 온도변화, 습도 등으로 인한 고분자의 열화, 그리고 잔디에 가해지는 반복적인 물리적 충격요소를 동시에 만족시킬 수 있으면서도 폐기 후에 발생하는 폐기처리 문제, 생분해성 충전재의 개발 등 환경적인

요소도 고려하는 것이 쟁점으로 떠오르고 있다[6-9]. 최근 지속가능한 소재 개발 및 ESG 경영 트렌드에 따라 인조잔디시스템을 구성하는 요소들에 대한 친환경적 연구동향이 각광받고 있다[10]. ESG는 환경(environmental), 사회(social), 지배구조(governance)의 영문 첫 글자를 조합한 단어로 기업 경영에서 지속가능성을 달성하기 위한 3가지 핵심 요소이다. 국제축구연맹(FIFA)에서는 인조잔디 충전재에 고분자수지를 사용한 침을 사용 제한하도록 할 방침이며, 인조잔디 충전재의 미세플라스틱 논란이 점점 수면으로 떠오르고 있다. 미세플라스틱은 5 mm 이하의 비생분해성 플라스틱으로, 보통 2~3 mm로 파쇄하거나 생산하는 인조잔디 충전재는 미세플라스틱 발생 원인 1위로 나타났다[11].

국제축구연맹에서는 인조잔디충전재를 사용하지 않는 인조잔디시스템 개발에 힘쓰고 있다. 인조잔디충전재를 천연재를 사용한다든지, 생분해가 가능한 충전재, 인조잔디 파일사의 밀도를 높이거나 하는 방식으로 인조잔디시스템에서 요구되는 퍼포먼스를 갖추려고 연구하고 있다(Figure 6). 이에 국내 인조잔디 업체들은 인조잔디 파일사 개량을 위해 TiO₂, CNT 등을 첨가하여 내구성이 강한 인조잔디 소재를 개발하거나, 인조잔디의 단차를 다르게 제작하거나, 밀도를 다르게 생산하는 등 시스템적인 구조 개선에 대한 연구를 진행하며 문제를 해결하고자 노력하고 있다.



Figure 6. 친환경적인 충전재 관련 국외 사례.

인조잔디 충전재뿐만 아니라 인조잔디 파일사 또한 다양한 퍼포먼스를 충족하면서 유해하지 않고 자연친화적인 연구가 필요할 것이다. 인조잔디 파일은 당장은 미세플라스틱이 아닐지라도 사용 마모에 따라 잘려지고 갈려지기 때문에 결국 미세플라스틱 논란에서 자유롭지 못하다. 스포츠용 인조잔디 시스템의 목적에 맞춰 유해성이 없으며 스포츠용 제품 시스템의 퍼포먼스를 모두 충족하고 결국엔 환경부하가 적은 스포츠용 인조잔디를 산학연이 함께 개발하여 다음 세대를 준비하는 것이 꼭 필요하겠다.

스템의 목적에 맞춰 유해성이 없으며 스포츠용 제품 시스템의 퍼포먼스를 모두 충족하고 결국엔 환경부하가 적은 스포츠용 인조잔디를 산학연이 함께 개발하여 다음 세대를 준비하는 것이 꼭 필요하겠다.

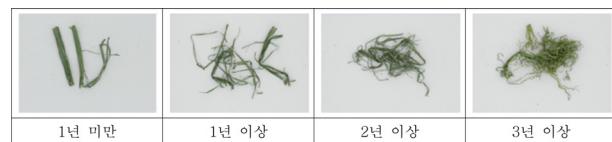


Figure 7. 연차별 인조잔디 파일사의 마모 형태.

4. 인조잔디시스템의 현장 시험검사 및 KCL 시험인증 서비스

현재 인조잔디시스템이 설치된 스포츠 구장의 경우 ‘실외 체육시설-인조잔디(KS F 3888-1:2022)’에 따라 충격흡수성 기준치에 미치지 못하는 경우가빈번하다. 이러한 문제는 선수들이 경기력과 일반 사용자들의 안전을 위협할 수 있는 요소로 준공 이후 기준 유지를 위한 정기검사의 부재 및 시간 경과에 따른 충전재 유실 등이 문제의 원인이라고 볼 수 있다. 이에 인조잔디 현장 품질기준 검사는 ‘조달청 계약 특기사항’에 근거하여 전문기관 검사 및 수요기관 남품 검사 시, KS F 3888-1 부속서 A [인조잔디 현장 시험]을 반드시 실시하여야 한다.

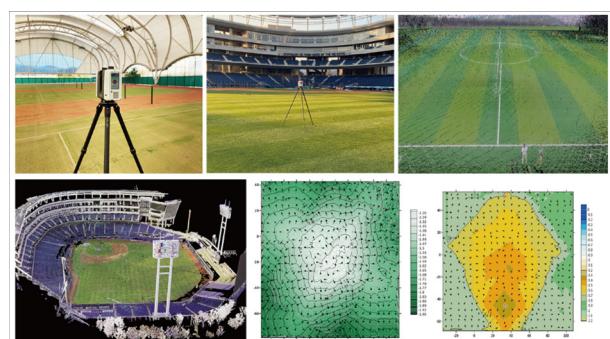


Figure 8. 3D 스캐닝 장비를 활용한 현장 실사 구현 예시.

한국건설생활환경시험연구원(KCL)은 한국산업표준(KS)의 표준 개발 협력기관(COSD)로 인조잔디 및 탄성포장재 등의 스포츠바닥재 성능시험을 국내 최초로 전문화하여 랩 테스트(lab test) 및 필드 인증서비스(field certification services)를 진행하고 있다. 또한 현장 실사를 구현하고 평탄성과 등고선 분석

이 가능한 3D 스캐닝 장비를 도입하여 고차원적이고 정량적인 방법으로 현장 요건 및 변수들의 분석이 가능하다(*Figure 8*). 그 외에도 국내 최초로 도입된 해외 장비 및 설비들(XL 머신, 경사공반발, 윤거하중시험기 등)을 포함하여 국제 스포츠 협회들과 긴밀한 협업을 통해 국내 업체들의 국제 인증에 대한 접근성을 확대하고 국내 표준 도입 및 해외 부합화를 위해 기업 지원을 확대하고 있다. 국내 최초로 2017년 국제테니스 연맹(ITF), 2019년 국제육상경기연맹(WA), 2021년 국제농구 연맹(FIBA), 2022년 국제하키연맹(FIH), 국제축구연맹(FIFA) 공인시험기관으로 인정받았으며, 이를 통해 국내 업체의 국제 인증 진입장벽을 낮추고, 지자체 교육 및 사회 인식 개선을 통해 스포츠 인조잔디 구장뿐만 아니라 스포츠바닥재의 최상 컨디션 유지를 위해 기여하고 있다.

참고문헌

1. 한국산업표준 KS F 3888-1:2022, 인조잔디시스템(Artificial turf systems), 2022.05.19.
2. MBC NEWS, “[전훈칠의 맥스 MLB] 상상할 수 있는 ‘야구적 호기심’의 한계, 애스트로돔”, <https://m.sports.naver.com/wbaseball/article/214/0001065493>, 2020.09.11 작성.
3. 장광우, 이기광, 이대택, 박은정, 이정호, 손지훈, 공세진, 석상훈, 류재진, 유연주, 김석범, “인조잔디와 천연잔디 축구경기장에 따른 미끄럼 및 태클의 양상 분석”, *Korean Academy of kinesiology*, 2011, 13(1), 33-41.
4. FIFA quality programme for football turf, test manual I - test methods, October 2015 edition V3.4, <https://inside.fifa.com/>, 2022.02.01.
5. 문화체육관광부, “생활체육과 즐거운 배움터 행복한 놀이터를 위한 학교체육시설 선진화 공청회” 보도자료, 2008.07.22.
6. N. J. Park, “Study on Actual Conditions of Artificial Turf Filler and Satisfaction with the Filler (Focused on rubber chips and natural chips)”, *Korean Society for Wellness*, 2017. 2, 409-424.
7. D. J. Jeon and S. J. Park, “Characteristics of Soft Paving Materials used Eco-friendly”, *The Korean Society of Disaster Information*, 2019. 15(2), 206-213.
8. U. H. Hwang et al, “A Study on the Development of Eco-friendly Filler for Artificial Turf”, *The Korean Society of Urban Environment*, 2013. 1, 141-146.
9. 이송원 외 “폐기 인조잔디 최적처리방법 연구” 환경부, 국립환경과학원, 2011. 11.
10. D. Henri “Determining key performance indicators for environmental, social and governance” MD Thesis, LUT University, Helsinki, Finland, 2018.
11. J. K. Seo et al, “Rubber and Plastic(TPV) Building Materials Reuse Network of Artificial Turf Filler Applying the Fine Powdered Filler Technology”, *Korea Society Of Waste Management*, 2016, 11, 116.
12. 대한축구협회, 인조잔디 인증제, https://www.kfa.or.kr/kfa/data_room.php?act=grass_certification, 2024.05.30.