

국내 골프장 연못의 방수기술

김원조* · 이인환¹ · 이재필² · 김두환³

(주)모닝종합건설, ¹서원엔지니어링(주), ²케이브이바이오(주) 잔디사업부, ³건국대학교 원예과학과

Water-Proof Technology for Water Hazard in Golf Course in Korea

Won-Jo Kim*, In-Hwan Lee¹, Jae-Pil Lee², Doo-Hwan Kim³,

*Morning Construction, Co.,Ltd., ¹Seowon Engineering, Co.,Ltd. ²Turf Team, KV Bio, Inc.,
³Dept. of Horticultural Science, KonKuk University,*

ABSTRACT

This study was conducted to find out definition, specification and characteristics of water-proof method for pond at golf courses that located in the mountain in Korea. Water-proof method of pond was selected by location, kind of soil, area, depth, cost, construction period and so on.

1. Soil Bentonite Sealing Liner(SBL) is to mix soil with a good quality bentonite. Then the mixed material was dressed on the bottom of pond.
Merit of SBL is to purify the water and planting is possible. It can also reduce construction period and is economical. It's easy to find out the leak points. Demerit of SBL is expensive, if good quality soil is not in constructing site. Shape of pond edge is simple.
2. Ethylen Propylene Diene Monomer Sheef(EPDM-Sheet) makes use of sheet that resists to acid and alkaline. EPDM-Sheet spreads out as a mat on the pond for water-proof.
Merit of EPDM-Sheet is to perfectly prove water and make a diverse shape of pond edge. Demerit of EPDM-Sheet is not friendly to environment. It needs drain system, air ventilation and long period of construction. It is also difficult to find out leaking points in this method.
3. Water proof of ESS-13 uses ESS-13 that is resin of vegetable matter and friendly to environment. To prove water of pond, ESS-13 is delicate with water in the pond.

*Corresponding author. Tel : 031-704-0458
E-mail : morning0458@hitel.net

After that, Ess-13 in the water is expanded at pore space in the soil and cover with soil.

ESS-13 can be to prove a leaking pond in golf course under business. ESS-13 is cheap and it needs short construction period. It does not need to switch the old water-proof system, additionally. It needs to move fishes to other place before utilizing ESS-13.

서 론

국내에 조성되거나 운영중인 골프장은 180여 개로 대부분 산악지에 위치하고 있다(2002, 한국골프장경영자협회). 이는 골프장 인허가시 평지는 경제작물 생산을 위해 배려하고 경제 가치가 상대적으로 적은 산악지에 골프장 조성을 허가하고 있기 때문이다. 또한 골프장 사업주체들이 골프장 부지 매입비용이 저렴한 산악지를 선호하기 때문이다.

산악지에 조성된 골프장은 평지에 조성된 외국의 골프장과 달리 경관이 우수하고 경기성(playability)이 좋은 장점이 있다. 반면 많은 질·성토로 인해 조성비용이 고가이며, 수원확보 및 연못 조성 등의 어려움이 있다.

18홀 골프장 한 개소 당 연못(Water Hazard) 면적은 일반적으로 30,000~50,000 m²(축구장 3~5개 면적정도)이다.

골프장에서 조성되는 연못은 일반 호수, 공원 또는 유원지의 조경 시설물 요소로 이용되는 연못과 다른 특징을 가지고 있다. 골프장 연못은 플레이어에게 있어서는 플레이상 공포감을 느끼게 함과 동시에 주변의 녹지와 조화되어 아름다운 경관을 제공한다(안 등 1993).

골프장 연못의 기능적인 특성은 흙의 난이도를 조절할 수 있는 전략적 기능, 경관요소로서의 기능, 그린이나 페어웨이의 관수를 위한 수원지로서의 기능, 상수용수의 저류지로서의 기능, 아울러 우기시에 저류 및 방류할 수 있는 우·배수지로서의 기능 및 농약과 비료의

잔류성분을 저류 할 수 있는 환경보전지로서의 기능 등이 있다(김 등, 2001).

골프장 연못 한 개소의 시공 기간은 15~20일정도 소요되며 m²당 시공비는 3~5만 원 정도이다. 18홀 기준 골프장 한 개소의 공사비는 방수방법, 연못 면적 등에 따라 차이가 있으나 보통 9~25억원 내외이다.

골프장 연못의 방수는 구조적 측면뿐만 아니라 수질관리 측면에서도 매우 중요하다. 연못의 누수로 낮아진 수위는 태양광의 영향으로 수온이 쉽게 높아져 오염물질에 대해 민감하게 반응하며 정화능력도 떨어진다(김 등, 2001; 이, 1998; 이 등, 2001). 특히 골프장 연못은 안전상의 문제로 수심이 낮게 설계되는데 연못의 누수는 수량(水量)이 부족하여 연못의 수질 오염을 더욱 악화시키는 원인이 된다.

현재 국내에 이용되고 있는 방수법은 쏘일 벤토나이트 방수법(불투수성 점토를 이용한 방수법, Soil Bentonite), 시트류 방수법[EPDM 시트 방수법(인공합성 시트를 이용한 방수법, Ethylen Propylene Diene Monomer), EVA(Ethylen Vinyl Acetate copolymer), ECB(Ethylen Copolymer Bitumen), CPE(Chorinated Polyethylene), PVC(Propylene Vinyl Copolymer)], ESS-13 방수법(식물성 수지를 이용한 방수법), 콘크리트 방수, 우레탄 방수, 아스팔트 멤브레인 방수 등이 있다(정 등, 2001). 이들 연못의 방수 기법이 올바르게 적용되고 시공 및 사후관리가



그림 1. 벤토나이트 처리를 한 크리스탈 골프장

될 때 골프장 연못의 기능을 제대로 수행할 수 있을 것이다. 따라서 본 기술보고서는 골프장 연못의 방수 공사시 적용 가능한 방수기술의 종류, 기능 및 시공법에 대한 내용을 기술하였다.

본 론

우리나라에 사용되는 주요 연못 방수법은 쏘일 벤토나이트 방수법(불투수성 점토를 이용한 방수법, Soil Bentonite), 시트류 방수법 중에서 대표적인 EPDM 시트 방수법(인공합성 시트를 이용한 방수법), ESS-13 방수법(식물성 수지를 이용한 방수법) 등이 있다. 그러

나 미국, 유럽 및 중국 등의 일부 골프장 연못은 자연형 연못을 조성하므로 특별한 방수 처리가 필요 없는 곳도 있다. 주요 방수기법별 특성과 시공 절차는 다음과 같다.

쏘일 벤토나이트 방수법

정의

이 공법은 현장에서 쉽게 구할 수 있는 토양에 적당한 양의 고품질 나트륨 벤토나이트를 혼합한 후 현장에 포설하고 다짐을 하여 방수 처리하는 방법이다. 영어로는 Soil Bentonite Sealing Liners(SBL), Compacted Clay Liners(CCL) 또는 Bentonite Enriched Soil Liners(BESL)로 불린다. 이 공법은 양질의 순수한 점토를 구할 수 없을 경우 토양과 벤토나이트 제품을 혼합하여 점토층과 같은 효과를 낼 수 있도록 개발된 가장 경제적인 시공법이다.

쏘일 벤토나이트 방수법은 미국에서는 오래 전부터 사용되었던 공법이며 천연물질(천연토양, 벤토나이트)만 사용하므로 환경 친화적이다. 최근에 우리나라에서도 쏘일 벤토나이트 방수법에 대한 관심과 필요성이 높아지고 활용되고 있다.

쏘일 벤토나이트 방수법의 원리는 그림 2

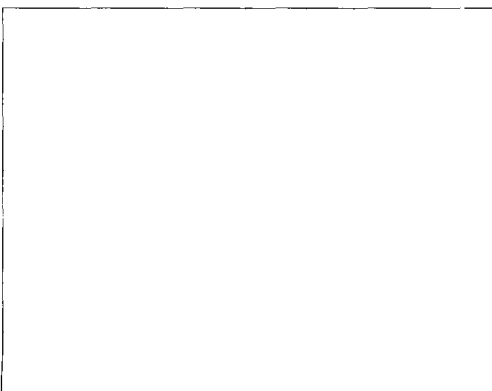


그림 2. 체가름 토양 메커니즘

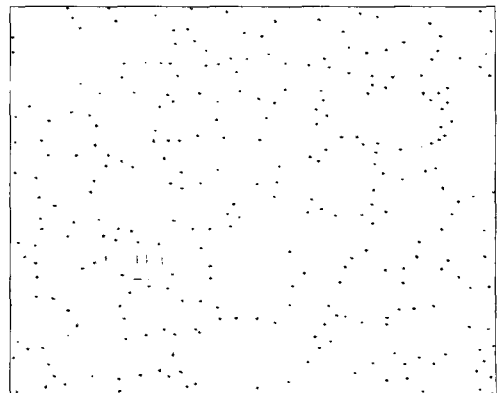


그림 3. 토양+벤토나이트 방수 원리

와 같이 아주 간단하다. 자연 방수는 작은 토양 입자가 큰 토양입자 사이의 공극을 채워서 물이 새지 않도록 하는 것이다. 그러나 토양입자들의 입자분포가 불규칙하여 물이 누수가 될 때 벤토나이트를 사용하면 그림 3에서처럼 벤토나이트가 붙어나서 토양사이에 생긴 공극을 채워 줌으로써 방수의 기능을 유지하게 된다.

벤토나이트

생성

벤토나이트란 특수한 점토에 속하는 광물로서 미국 와이오밍주의 피트벤톤(Peat Benton)이란 지층 이름에서 따온 명칭이다. 벤토나이트는 수천만 년 전 화산이 폭발하여 생성된 1차 광물이 화학적이 풍화작용을 받아 새로이 팽창형 점토광물로서 함유된 치환성 양이온의 종류에 따라 여러 가지 이름으로 불리며 보통 나트륨의 함량이 많은 Montmorillonite를 주성분으로 한다(이 등, 2002).

종류

벤토나이트는 입자의 크기에 따라 분말 또는 알갱이로 분류한다. 분말 벤토나이트는 200메쉬 체에서 약 75%이상 통과하는 제품이다. 반면 알갱이 벤토나이트는 10/40메쉬에서 약 80%이상 통과하는 제품이다.

연못공사와 달리 토목현장에서는 혼합의 효율성, 수화의 신속성을 고려하여 분말형의 벤토나이트를 사용한다. 그러나 벤토나이트가 염분 또는 침출수가 나오는 곳에 사용될 경우 일반 물보다 팽윤도가 훨씬 감소하므로 폴리머 또는 분산제를 첨가해서 사용하기도 한다.

품질

벤토나이트의 품질 기준은 벤토나이트를 어떠한 용도로 사용하는가에 따라 달라진다. 예를

들면 주물용 벤토나이트는 점결성(Bonding Property)을 중요시하고 매립지, 인공 연못 및 댐 등의 방수목적으로 사용되는 벤토나이트는 팽윤도, 흡습성 등이 중요시되고 있다.

특성

벤토나이트의 가비중은 0.75~0.9정도이다. 벤토나이트의 비중과 혼합 대상인 토양의 비중이 다르므로 혼합 비율은 중량비로 하는 것이 정확하다.

벤토나이트의 화학적인 성분은 아래와 같으며 광물질이므로 그 생성지점에 따라 약간씩 달라지므로 화학적인 특성은 중요시되지 않는다(김 등, 2002).

SiO ₂ (시리카)	60.25
Al ₂ O ₃ (산화알루미늄)	18.95
Fe ₃ O ₄ (산화철)	3.63
TiO ₂ (이산화티타늄)	0.27
CaO(산화칼슘)	0.15
Na ₂ O(산화나트륨)	2.12
MgO(산화마그네슘)	1.75
K ₂ O(산화칼륨)	0.09
Other(기타)	0.08
H ₂ O(결정수)	8.10
L.O.I(잔류보)	4.31

혼합비

벤토나이트와 흙의 혼합비는 벤토나이트의 품질과 흙의 입자의 분포에 따라 다르다. 흙의 입자 분포에 따라 벤토나이트를 선정할 후 실제로 몇 가지 배합비로 혼합하여 최적 다짐도, 수분, 투수계수를 측정할 후 가장 안전한 수치가 보장되는 배합비를 결정해야 한다.

장단점

쏘일 벤토나이트 방수법의 장점은 벤토나이트가 물에 접촉되면 팽창하여 방수효과가 생기

표 1. 쓰일 벤토나이트와 시트(sheet)방수법의 장단점 비교

공법	장 점	단 점
불투수성 점토를 이용한 방수법	<ul style="list-style-type: none"> • 자연 친화적 공법 • 수질 개선 효과 • 수생식물 식재 가능 • 공사 기간 단기소요 • 자동화 기계설비에 의한 시공으로 완벽한 방수기능 • 공사비 적정 	<ul style="list-style-type: none"> • 양질토 확보가 어려울 경우 양질의 토사확보로 예산 증가 • 우기에 시공이 불가능
시트 방수법	<ul style="list-style-type: none"> • 완벽한 방수기능 유지 • 가장자리의 다양화 	<ul style="list-style-type: none"> • 공사 기간이 길다 • 시공이 복잡하여 하자 발생 가능성이 높다 • 시공시 부대 공정이 많다. • 누수시 원인규명이 어렵다.

므로 영구적인 방수가 보장되며 천연 광물을 사용하므로 환경 친화적이다. 또한 불활성광물을 사용하므로 물성이 변하지 않으며 어류 식물 등의 성장에 전혀 지장을 주지 않는다. 특히 온도의 변화에 따른 방수막 기능에 변동이 없고, 설치 시공이 간편하며 보수도 용이하며 지반 침하시 방수막이 침하 굴곡에 따라 같이 형성되고 방수층의 연결부위가 없어 하자 발생율이 적다. 반면 양질토 확보가 어려울 경우 양질의 토사확보로 시공비용이 증가하며 우기에 시공이 불가능하다.

적용분야

쓰일 벤토나이트 방수법은 저수시설인 인공 연못, 저류조, 저수지, 하수처리용 저류조, 기타 유해물 저류조 등과 환경분야인 위생 매립장(생활폐기물, 유해폐기물) 및 토목구조물인 도로, 터널, 댐 등에 사용되고 있다.

쓰일 벤토나이트 방수공사 시방서

쓰일 벤토나이트 방수법의 시공에는 현장혼합(Mixed-in-place method)과 플랜트혼합(Mixed-in-plant method) 2가지 방법이 있다. 현장 혼합은 혼합토를 현장에 포설한 후 벤토나이트를 살포하여 트랙터의 로터리로 섞은 후 다짐 시공하는 방법으로 매립지 방수에 사

용한다. 플랜트 혼합은 특수 고안된 플랜트를 사용하여 혼합물을 생산하는 방법이다.

총칙

본 항은 인공연못 방수공사에 사용되는 쓰일 벤토나이트 방수법에 대한 일반사항, 재료, 시공 및 검사 등에 관한 내용이다.

일반사항

- 재료의 보관은 습기가 차지 않고 서늘하며 비에 젖지 않는 곳에 보관한다.
- 벤토나이트는 지상 30cm이상에 있는 마루에 입하 순으로 쌓아 올려서 검사나 반출에 편리하도록 배치하며 13포대 이상 쌓아 올려서는 안 된다.
- 포대 벤토나이트를 일시적으로 야적하고자 할 때에는 필히 방습포로 덮어서 보관하여야 한다.
- 벤토나이트의 다짐시공은 일기가 양호한 날을 선택하여 시공하며 완료 후에는 되도록 빠른 시간 내에 보호 부직포 또는 양질토로 피복 한다.

재료

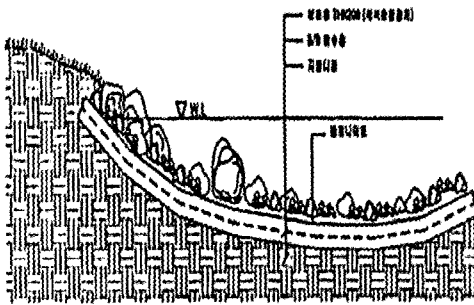
벤토나이트의 품질 기준은 고품질 벤토나이트인 천연소디움 벤토나이트 이상을 사용한다.

- 벤토나이트는 Montmorillonite의 함량이 70%이상이어야 한다.
- 벤토나이트는 나트륨(Na) 성질을 가진 것이어야 한다.
- 벤토나이트는 반드시 건조한 상태여야 한다.
- 벤토나이트 입자는 체#230(0.062m/m)을 75%이상 통과하여야 한다.
- 벤토나이트 특성
 - 함수비 : 8~12%
 - 밀도 : 0.75~0.85g/ml
 - 체(0.063mm)를 통과 후 잔류량 : 25% 미만
 - Montmorillonite 함량 : 70% 이상(MB Test방법 또는 X-Ray diffraction에 의하여 검사하는 경우 90%이상)
 - 흡수율(105℃ 후)

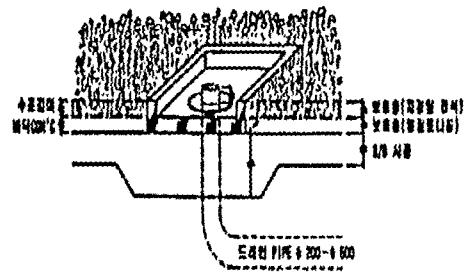
- 8시간 후(105℃ 건조) : 350% 이상
- 24시간 후(105℃ 건조) : 490% 이상
- 팽윤용적 : 11ml/g 이상
- pH 9.5~10.5

시공방법

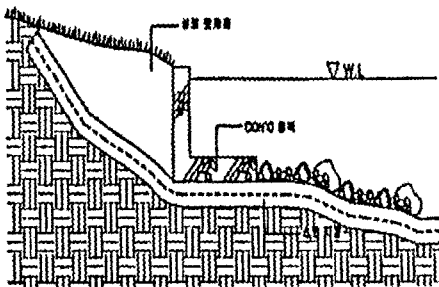
- 벤토나이트와 혼합되는 토사는 이 물질 및 직경 40mm 이상의 자갈이 섞이지 않도록 한다. 혼합토의 수량은 방수층 용적보다 130%~170% 정도 많이 만든다.
- 각 재료는 10cm 두께로 시공되며 벤토나이트는 최적함수비 보다 조금 높은 함수비에 서 포설하고 다짐한다. 쏘일 벤토나이트 방수층의 두께는 15cm~30cm로 현장 여건에 따라 조절한다.
- 방수층의 다짐은 진동다짐을 하고 다짐도는



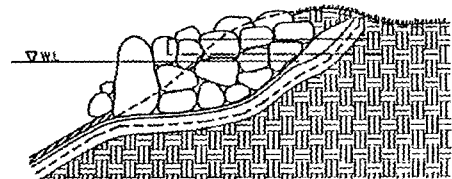
방수층 단면



배수구 단면



가장자리 구조물 처리 단면



- ① 경경부위 경경노출
매장위에 흙쌓기 피함
- ② 물러나리는 유속에 의해 광석 방지대벽
- ③ 발파면이나 자갈, 시멘트층 소재
- ④ 유입수 발생시 자연스로운 분리기
유입수입을 막는 흙쌓기 및 매지처리

유입수 주변 시공 단면

그림 4. 쏘일 벤토나이트 방수 단면도

90%이상이어야 한다. 벤토나이트와 토사의 혼합물 1층은 한번에 25cm 이상 포설과 다짐을 하지 못하며 바닥면 및 경사면 모두 90%이상의 밀도를 유지한다.

- 성토 지반은 원지반의 안정성이 매우 중요하므로 원지반의 다짐을 철저히 한 후 쏘일 벤토나이트층 시공을 하며 복토층 시공 시에도 쏘일 벤토나이트 방수층의 보호를 위하여 주의한다. 또한 경사진 사면의 다짐은 다짐상태가 밀려나지 않고 균열이 발생되지 않도록 로울러 방향을 조절하여 시공한다.
- 강우 시에는 최적 함수비에 악영향을 미치므로 공사를 즉시 중단하며 기 시공분에 대

하여 손상이 가지 않도록 보호한다.

- 모서리부분과 방수층을 관통하는 부분인 배수관 주변은 벤토나이트를 10%이상 혼합하여 시공한다.
- 벤토나이트 시공은 토사와의 혼합이 품질에 큰 영향을 미치므로 토사와 벤토나이트가 균일하게 혼합될 때까지 해야한다. 벤토나이트와 토양의 혼합 비율은 현장 흙의 입자 분포에 따라 결정한다.
- 다짐 후 투수시험을 시행하여 $K=1 \times 10^{-7} \text{cm/sec} \sim 1 \times 10^{-9} \text{cm/sec}$ 이상이어야 한다. 투수계수가 나쁠수록 방수력은 우수하다.
- 토사는 최적 함수비가 되도록 유지시켜야

표 2. 불투수성 점토를 이용한 방수법으로 연못 시공 후 투수계수에 따른 누수량

투수계수	최대수위 (m)	평균수위 (m)	1일 누수량		누수율(%)	평가
			ℓ/총면적	ℓ/㎡		
1×10-6 (cm/sec)	1	0.5	2,877	2.87	0.2877	방수력 나쁨 (방수율 99.712%)
	2	1.0	5,754	5.75	0.2877	
	3	1.5	8,640	8.74	0.2877	
	4	2.0	11,517	11.51	0.2877	
	5	2.5	14,394	14.30	0.2877	
	6	3.0	17,280	17.28	0.2877	
	7	3.5	20,157	20.15	0.2877	
	8	4.0	23,034	23.03	0.2877	
1*10-7 (cm/sec)	1	0.5	287	0.28	0.0287	방수력 우수 (방수율 99.971%)
	2	1.0	575	0.57	0.0287	
	3	1.5	864	0.86	0.0287	
	4	2.0	1,151	1.15	0.0287	
	5	2.5	1,439	1.43	0.0287	
	6	3.0	1,728	1.72	0.0287	
	7	3.5	2,015	2.01	0.0287	
	8	4.0	2,303	2.30	0.0287	
1*10-8 (cm/sec)	1	0.5	28	0.02	0.0028	방수력 매우 우수 (방수율 99.997%)
	2	1.0	57	0.05	0.0028	
	3	1.5	86	0.08	0.0028	
	4	2.0	115	0.11	0.0028	
	5	2.5	143	0.14	0.0028	
	6	3.0	172	0.17	0.0028	
	7	3.5	201	0.20	0.0028	
	8	4.0	230	0.23	0.0028	

주) 방수 면적이 1,000㎡ 이고 방수층의 두께가 15cm일 때

한다.

- 마감재의 종류는 양질토, 잡석, 자갈 등으로 한다.

검사

- 1회 다짐층의 두께를 확인한다.

- 시험은 500㎡당 1회 이상, 1일 1회 이상의 비율로 들밀도 시험을 하여 90%이상의 밀도가 유지되는지를 확인한다. 현장 다짐시험은 관리시험 기준에 의하여 감독관은 ASTM-1556에 명시된 시험법으로 다짐시험을 할 수 있다. 흙의 최대밀도는 표준 다짐



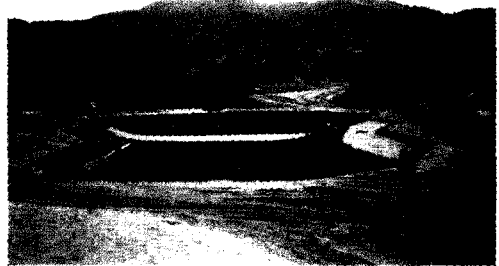
1. 토공 및 조형



2. 토양과 벤토나이트를 혼합



3. 혼합물의 포설 및 다짐



4. 표시층 부설



5. 가장자리 시공



6. 조성완료

그림 5. 불투수성 점토를 이용한 방수법 시공절차

시험법 ASTM-698을 이용하여 감독관과 협의의 결정한다.

- 흙의 입도 분포를 검사하여 벤토나이트의 적정 혼합비를 결정한다.
- 시공 중 강우 시에는 즉시 다짐면을 비닐로 덮고 고인 물은 바로 배수시켜 원래의 성형이 손상되지 않아야 한다.

• 누수량 검사

누수량 검사는 Darcy Law에 따라 현장에서 누수 되는 양을 계산한다. 최대수위 1.4m, 평균수위 0.7m, 연못 면적이 3,000 m²일 때 누수량 공식은 $Q=K \times A \times I$ 이다.

$$Q = K \times A \times I$$

$$K = 10^{-7} \text{cm/sec (투수계수 요구 수치)}$$

$$A = 3,000 \text{m}^2 \text{(면적)}$$

$$I = H/L = 4.67$$

[$H=0.7\text{m}$, 수위 평균], $L=0.15\text{m}$, 방수층 두께]

$$Q = K \times A \times I = 10^{-7} \text{cm/sec} \times 3,000 \text{m}^2 \times 4.67$$

$$= 10^{-7} \text{cm/sec} \times 3 \times 10^7 \text{cm} \times 4.67 = 14 \text{cm}^3/\text{sec}$$

1일 누수량(ℓ)

$$= 14 \text{cm}^3/\text{sec} \times 86,400 \text{sec/day} \times 0.001 = 1,210 \ell$$

r(누수율)

$$= 1,210 \ell : (1.4\text{m} \times 3,000 \text{m}^2 \times 1,000 \ell/\text{m}^3 \text{ 최대저수량})$$

$$= (1,210 \ell : 4,200,000 \ell) \times 100 = 0.0288\%$$

EPDM 시트 방수법

정의

EPDM 시트 방수법(인공합성 시트를 이용한 방수법, EPDM : Ethylen Propylene Diene Monomer, 열융착식, 국산제품)은 내화성 및 산 또는 알칼리성에 대한 저항성이 강한 인공합성 방수 시트를 깔아 물의 누수를 방지하는 공법이다.

방수시트의 물리성, 종류 및 특성

EPDM 방수 시트의 특성은 1) 내화성 및 산 또는 알칼리성에 대한 저항성이 높아야 하며, 2) 설치류의 피해를 입지 않은 제품이어야 하고, 3) 자외선에 대한 저항력이 매우 높아야 하며, 4) 지중 또는 수중에서 어떠한 화학변화도 일으켜서는 안 되며, 내약품성에 대한 저항성이 높아야 한다(이, 1992).

시공장비

Overlap Sealing Tool

- 접합방식 : 열풍 자동 이중 용융접합
- 용접기 사양
 - 입력 전원 : 220V. AV. 단상
 - 출력 력 : 2.2KW
 - 노즐 온도 : 250℃

표 3. EPDM(Ethylen Propylene Diene Monomer) 방수 시트의 종류 및 특성

분 류	열 가소성 시트 EPDM(열 융착식)	열 경화성 시트 EPDM(열 접합식)
제 품 명	브릿지 스톤형 H-EPDM 시트	EPDM 시트
제품의 특성	열가소성 특성을 갖고 있으므로 보수 및 시공성이 용이하고 내화학적 특성이 우수하며 사용 온도 범위(-50℃ ~ 130℃)가 넓음	열경화성이므로 주위에 높은 열은 절대적으로 피해야 한다.
시공 방법	접합 부위를 10cm 정도씩 접합 후 열융착 실시	접합 부위를 10cm 정도씩 접합 후 본드를 이용하여 접착을 함(육안검사)
가 격	국산품(별산)	외제품(일제, 관세 및 부대비용 포함) ★ 부자재(접착제, 테이프 등)포함
납 기	발주 후 10일 이내	발주 후 40일
비 고	열융착 방법이므로 이음부 기구 사용시 부착성 확인	테이프 접착 방법이므로 완공 후 주기적인 접합부위 확인 및 보수 필요

Extrusion Welding Tool

- 접합방법 : 용접봉 용융접합
- 용접기 사양
 - 입력 전원 : 220V. AV. 단상
 - 출 력 : 3.2KW
 - 노즐 온도 : 250℃

장단점

EPDM 방수법의 장점은 연못의 방수기능이 우수하며 연못의 가장자리 조형을 다양하게 할 수 있다. 그러나 인공 시트를 사용하므로 자연친화적인 공법이 될 수 없으며, 시공기간이 길고, 환기구 설치, 명암거 시설 등 부대공정이 복잡하고 누수시 원인 구명이 어려운 단점이 있다.

적용분야

EPDM 시트 방수법은 저수시설인 골프장의 인공연못, 저류지, 하수처리지용, 저류조, 기타 유해물 저류조 등과 환경분야인 위생 매립장 및 토목 구조물인 터널 방수, 농용수로 방수 등에 사용되고 있다.

EPDM 시트 방수법 시방서

총칙

본 항은 인공연못 방수공사에 사용되는 EPDM 시트 방수법에 대한 일반사항, 방수시트, 시공 장비, 시공 및 검사 등에 관한 내용이다.

일반사항

- EPDM 방수 시트 공사는 용접기의 특성 및 자재물성에 관한 일반적인 지식과 경험이 필요하므로 이에 상응하는 지도 및 관리를 요한다.
- 자재 운반시 시트의 손상이 없도록 주의한 특히 이음부분은 훼손되지 않도록 취급 시 주의한다.
- 용접장비 및 관련기기는 정기적인 점검을 통하여 누전 위험을 방지하고 장비보호와 완전한 용접이 되도록 한다.

재료

EPDM 방수 시트의 물리적 특성은 표 4와 같다.

시공방법

- 고르기 및 다짐
 - 토공이 완성된 바닥면에 굵은 돌이나 이물질 등을 제거하고 침하가 일어나지 않도록 충분히 로울러 다짐(95% 다짐)을 한다.
 - 성토구간의 경우에 층다짐 성토를 완벽하게 한다.
 - 장비다짐을 충분히 시행하여도 자연 침하가 발생될 우려가 있을 경우 강우 및 기타 자연에 의한 자연 침하가 충분히 이루어진 뒤 시행한다.

표 4. EPDM 방수 시트의 물리성

종 목	단위	결 과	
재 질	-	자외선 방지처리 EPDM	
두 께	mm	1.5이상	
물리적 특성	인장 강도	kgf/m ²	120~160
	신장률	%	600이상
	인 열강도	kgf/m ²	50이상
	내 오존성	-	깨진 부분이 없음
	저온 굴곡성	-30℃	이상 없음

- 연못 바닥면 및 사면의 설계 계획고가 조성되면 바닥 다짐을 최종 시행한 후 그 위에 입자가 고른 모래나 양질 토사를 최소한 두께 20cm이상 포설하여 다짐을 시행하며 밀도가 90%이상 유지되어야 한다.
- 배수
 - 지반이 용수나 가스가 발생할 우려가 있는 곳은 바닥에 설치한 방수 시트가 솟아오르지 않도록 명암거를 설치하여야 한다. 명암거의 연장은 시트 외부까지 연장되어 용수나 가스가 배출 되도록 한다.
 - 명암거의 설치방법은 그린 배수를 위해 설치하는 명암거와 같은 방법으로 한다.
 - 배수시설 공사시 배수관 주변에 골재를 채울 때 요철이 없어야 하며 불순물이 섞이지 않도록 한다.
- 방수 시트 공사
 - 사전작업
 - 시트를 펴기 전, 사면 및 구조물의 돌출부 등의 면상태를 점검 받은 후 시트를 깎는다.
 - 시트 접합시 전 돌출부에 의한 시트의 보호, 지반 침하 및 Air Pocket 등에 주의한다. 부직포를 사용시 이음부는 Hand Welder로 10cm이상 용착하여 느슨하게 깎는다.
 - 현장조건을 고려하여 시트를 광폭으로 사전용접(Factory seaming)하여 신속하고 효율적인 시공이 되도록 한다.
 - 시트 접합
 - 용접방법(열융착방법)
 - ①자동용접기(Overlap Sealing Tool)를 사용하여 이중용접하며 겹치는 넓이는 7~8cm 이상이어야 한다.
 - ②자동용접기를 사용하여 재질사의 변형 없이 용접하도록 하며, 이중용접에 의한 Air Test Channel이 형성되어야 한다.
- 사면 및 저면시공
 - ①사면에 시트를 깔 때 시트의 내구성을 고려하여 종방향으로 깎는다.
 - ②시트의 손상을 방지하기 위해 면작업 후 건조한 상태에서 깎는다.
 - ③시트의 시공이 부적절한 경우에는 부직포를 포설하여 바닥작업 조건을 개선한다.
- 콘크리트 구조물의 연결처리
 - ①콘크리트 구조물에 방수시트가 연결 시공되는 부분은 콘크리트 구조물 표면을 깨끗하게 처리하여 균열이나 패인 곳이 없도록 하며 불량부위 발생 시에는 보완작업을 시행한다.
 - ②콘크리트 구조물의 모서리부분에 시트를 접착할 경우에 모서리 반경이 최소 R=4m가 되어야 한다.
 - ③면작업 후 Strip 또는 특수 접착제를 사용하여 부착한다.
- 기타시공
 - 구조물 Anchoring 및 PIPE 관통은 완전한 용접을 위하여 특별공법으로 한다.
- 봉합시험
 - Air Test 검사 방법
 - 용접부위의 양쪽을 공기가 새지 않도록 차단하고, 게이지가 달린 공기 주입기로 압축공기를 주입한다.
 - 압축공기가 Air Channel로 주입되면 부풀어오른다.
 - 동시에 압력 게이지가 1.5~2.0 bar를 가리킬 때 공기 주입을 중단하고 입구를 막는다.
 - 차단 후 1~2분 동안 압력이 저하되지 않으면 완전 봉합이 된 것이다.
 - Vacuum(진공) Test 검사방법

- Test 부위에 검사액을 뿌린 후 진공검사기를 대고 용접부위를 진공상태로 한다.
- 이 때 용접이 불량한 부위는 거품이 발생한다.
- 물이 흘러 넘치는 것(Over Flow)을 막는

구조물

Over Flow 구조물은 홍수시 연못 주위가 범람하는 일이 없도록 도면에 표시된 규격으로 시공한다.

- 기타



성토



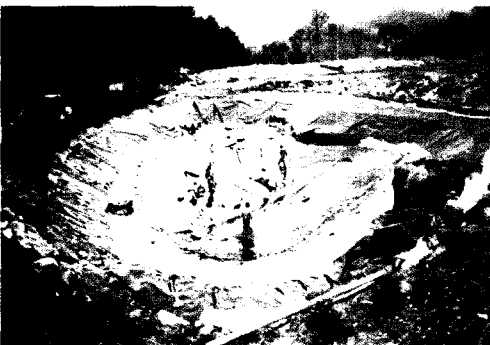
토공 및 조형



맹암거 설치



부직포 깔기



시트 설치



조성 완료

그림 6. EPDM 시트 방수공사

- 본 시방서에 명시되지 않은 사항은 주문자의 지시에 따라야 한다.

ESS-13 방수법

시간이 경과함에 따라 연못 속의 흙은 가용성 염류의 용출작용에 의해 누수율이 증가하게 된다. 이는 용출된 이온의 자리에 미세한 공극이 생기기 때문이다. 만일 기존 및 신설 연못의 누수로 연못 개보수 공사가 필요할 경우 ESS-13 방수법(식물성 수지를 이용한 방수법)이 효과적이다.

정의

ESS-13 방수법은 식물성 기름인 수지성 우유 빛의 환경 친화적인 물질인 ESS-13이 흙과 함께 작용하여 호수나 연못의 영구적인 방수가 가능하게 고안된 공법이다. 즉 ESS-13은 흙속의 작은 공극에 들어가 팽창하거나 흙입자를 피복후 팽창되어 흙의 안정화와 공극의 최소화로 누수율을 감소시키는 것이다. ESS-13은 시간이 지날수록 방수효과가 증가되는 유일한 연못공사 공법이다.

방수원리

방수원리는 ESS-13의 아주 미세한 입자가 흙 속에서 좀 더 큰 공극을 통과함으로써 자연스럽게 방수막을 형성한다. 특히 각각의 흙입자에 막을 형성하여 불필요한 이온 용출을 방지한다. 또한 ESS-13은 물 단독 분자보다 큰 분자이므로 공극 메움이 용이하고 불규칙한 지형을 평평하게 하는 혼합과 압축의 유효율도 높다.

장단점

영업중인 골프장 연못의 누수 공사시 기존의 방수법은 영업에 지장을 주고, 시공비용이 비싸며 공사기간이 길다. 그러나 방수 소재

ESS-13을 이용한 연못 시공은 경제적이며 공사기간의 단축이 가능하다. 또한 벤토나이트나 콘크리트 등의 방수소재로 시공된 연못의 누수를 기존 방수 소재의 교체 없이 효과적으로 보완할 수 있는 공법이다. 또한 환경 친화적이어서 공사 시행시 발생하는 폐기물 및 오염이 적은 장점이 있다.

반면 연못 바닥 토양의 건조밀도와 적합 다짐도(95%) 유지를 위해 액상인 ESS-13을 물과 혼합시 적정수분의 함량조절이 어렵다. 또한 시공후 담수전까지 건조하지 않도록 유지관리하여야 하며 담수시 침식방지 시설을 정밀하게 설치해야 한다.

적용분야

ESS-13 방수법은 저수시설인 골프장의 신설 및 기존 연못, 저류지, 하수처리지용, 저류조, 기타 유해물 저류조 등에 사용되고 있다.

ESS-13을 이용한 신설 연못 방수공사 시방서

ESS-13방수법은 방수층을 시공하는 물과 흙 및 ESS-13의 혼합물이 설계된 두께가 될 때까지 15cm 두께로 1차 다짐 후 다시 15cm을 살포 및 다짐하여 마감하는 공법이다. 시방서의 주요 내용은 다음과 같다.

총칙

본 항은 인공연못 방수공사에 사용되는 ESS-13방수법에 대한 현장토질조사, 토공작업, 재료, 시공 및 검사 등에 관한 내용이다.

현장 토질 조사 및 시험의뢰

시공 전 현장의 토양상태를 점검한 후 토양의 습윤상태, 혼합액(ESS13+물)과 흙과의 최적 함수비, 투수계수 및 프록터(PROCTOR) 값 등에 관하여 시험을 기관에 의뢰한다. 만약 모래성분이 많거나 방수층 시공에 부적합하다

고 판단될 때에는 적당한 점질토 성분이 함유된 흙을 미리 준비한다.

토공작업

- 연못은 가장자리 경사가 3:1보다 완만한 경사를 유지하여야 한다.
- 터파기 시에는 방수층 및 보호층 두께를 고려하여 계획된 토공선이 나오게 한다.
- 원지반 다짐은 철저히 하여 지반침하로 인한 방수층의 손실이 없도록 철저히 한다.
- 다짐에 문제가 있는 바위의 돌출시 이를 제거하고 다른 물질이 없는 지반이 되게 한다.
- 하위지반은 ASTM D698 다짐법에 의거하여 최소 95%이상의 다짐이 되도록 하고 전문가에 의해 검증되어야 한다.

방수층의 형성 절차

- 흙 및 봉합제
 흙 봉합제(SOIL SEALANT)는 SEE PAGE사에서 제조 판매되는 계면활성제인 상품명 ESS-13을 이용한다. 방수층에 사용될 흙은 적당한 점토성분을 함유한 것으로 필요시 현장에 반입한다.
- 혼합
 흙, 물 및 ESS-13의 혼합시 2,000 갤런 또는 그 이상의 물탱크가 필요하다. 균일한

혼합을 위해 OFFSET 타입으로 충분히 디스킹 해야 하며 여러 번의 반복 작업이 필요하다.

- 1차 살포
 불도저로 흙과 물에 균일하게 혼합한 ESS-13을 연못 바닥에 균일(살포 두께는 15cm)하게 포설한다.
- 1차 다짐
 각각 15cm층은 최적의 수분조건에서 ASTM D-698A에 의한 2%이하 또는 전문가에 의해 검증된 상태에서 최소 90%이상으로 다짐한다. 다짐은 대형 로울러를 사용하여 토양을 적당한 밀도(압축 다짐)로 다진다.
- 2차 포설 및 다짐
 1차로 다짐한 층 위에 2차로 혼합물(ESS-13+물+흙)을 15cm의 두께로 포설후 압축 다짐하여 총 30cm두께의 지층을 다져서 시공한다. 구조물 주위나 물이 스며들만한 곳은 소형 로울러를 사용하여 다진다.
- 현장 실험
 들밀도 시험을 한다.
- 습도 조절
 작업과정 또는 작업 후에 건조로 방수층이 균열되는 것을 방지하기 위해 연못에 물이 찰 때까지 수분(최초 시험시의 최적 함수비)을 유지해야 한다.

표 5. 신설 연못 방수 공사시 방수 면적에 따른 ESS-13 투입량

공 법	ESS-13	방 수 면 적	방수층 두께	사용-량(ESS13)
	830 L	4,000㎡	30 cm	± 10%
ESS-13을	415 L	4,000㎡	15 cm	± 10%
이용한 방수	0.2075 L	1㎡	30 cm	± 10%
	0.10375 L	1㎡	15 cm	± 10%

표 6. 신설 연못 방수 공사시 ESS-13과 물(H₂O)의 혼합비

공 법	ESS-13	물(H ₂ O)	비 고
ESS-13을 이용한 방수	1 L	200 L	현지 흙의 습도와 시공면적에 따라 조절(최적 함수비에 맞추어 시공)

- 표면 마감 공정
초기 지반 안정을 위해 흙과 시멘트를 일정 비율로 혼합 다짐하여 세굴을 방지한다.
- 침식 방지 및 담수
연못에 물을 채울 때 침식 현상을 방지해야 한다. 담수시 방수층의 손상을 입지 않도록 비닐이나 보온덮개 등으로 유입구 주변에 깔아준다. 만일 특별한 장비나 전문가의 지시가 없다면 침식방지 시설을 한 후 물 채움 작업을 시행해야 한다. 침식문제에 대해서는 전문가에게 문의하여 자문을 구할 수 있다.
- 기타
연못의 면적에 비해 우수 유입량이 많거나 골프장의 건기 시에 담수된 물을 자주 뽑아 쓰는 곳, 외부 유입수에 의해 사면 피해가 예상되는 지역은 보호층(흙, 쇠석, 기타)을 시공한다. 또는 초기 지반안정을 위해 표면 마감 공정으로 흙과 시멘트를 일정비율 혼합 다짐하면 쇄골방지에 훌륭하다.
- 주의사항
ESS-13은 식물성 기름을 기초로 한 친환경적이고 매우 안전한 무독성 제품이다. 그러나 이 식물성 기름이 물고기의 아가미에 접촉되어 물고기를 질식사시킬 수 있으므로 ESS-13을 사용하기 전에 연못 속의 물고기를 다른 곳으로 옮겨야 한다. 또한 사용시기 전에 반드시 ESS-13을 잘 흔들어서 각 성분들이 잘 혼합되도록 한다.

ESS-13을 이용한 기존 연못 누수 방지공사 시방서(워터본 공사) 공법의 특징

ESS-13을 이용한 워터본(Waterborne system) 방수법은 기존의 연못이나 호수에 물이 하루에 1.27cm에서 20cm까지 감소하는 누수현상이 발견될 때 계산된 ESS-13을 호수나 연못에 직접 투입하는 방법으로 초기에는 60%에

서 90% 정도의 누수율이 감소되고 시간의 경과와 함께 점차적으로 방수효과가 향상되는 공법이다. 특히 이 방법은 PVC 천연진흙 방수층 또는 벤토나이트 방수층의 누수뿐만 아니라 콘크리트, 시트류 등으로 시공된 방수연못의 누수방지에서도 효과적이다.

ESS-13의 작용원리

ESS-13은 물보다 약간 가벼워 물 속에 현탁상태로 존재하다가 누수가 발생하는 부분의 흙으로 스며든다. 흙 속에 스며든 ESS-13은 누수 부분의 흙 입자를 코팅하여 양이온의 교환을 약화시켜 공극을 메운다. 이것은 흙 위에 막을 형성하는 기존의 방수법과는 달리 누수 부분의 흙에 직접적인 작용을 하므로 시간이 지나도 지속적인 방수기능이 유지된다. 또한 ESS-13은 연못 수위가 만조를 유지하면 한번만의 사용으로 모든 누수 부분에 작용하므로 물이 얼거나 연못에 주기적인 물 보충 작업 시에도 ESS-13의 기능은 영향을 전혀 받지 않는다.

시공전 현장조사

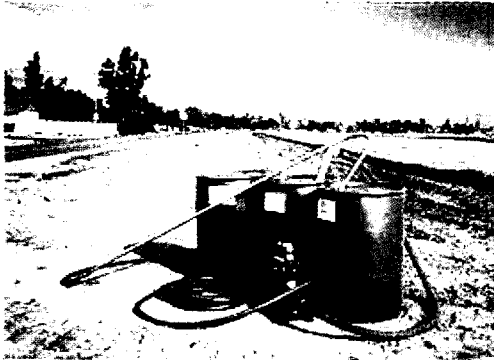
기 조성된 연못의 방수를 위해 ESS-13을 이용한 워터본 공법을 사용하고자 할 경우에 물의 수위를 가득 채운 후 24시간동안 물 손실량을 측정 막대기로 측정한다. 연못에 가득 채운 후 1~2주간 누수량 및 부분적인 방수층의 직접손상이나 외부 요인으로 인한 방수층의 파괴가 있는지도 조사한다. 만약 직접적인 피해가 발생이 되면 기본적으로 피해부위를 복구한 후 ESS-13을 시공한다. 또한 연못의 구조물 주변이나 조경석 쌓기를 한 주변도 철저히 조사한다. 이는 누수량에 따라 ESS-13의 혼합량이 다르기 때문이다.

배합비

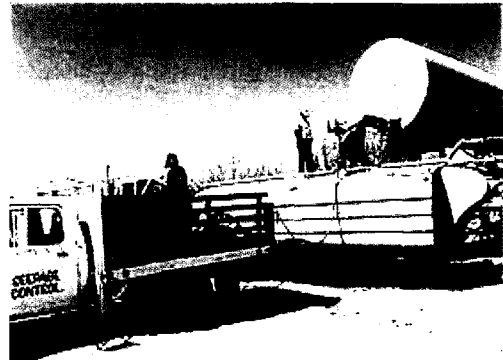
물과 ESS-13의 혼합비는 표 7과 같다.

표 7. 기존 연못 누수 방지 공사시의 ESS-13 투입량

공법	ESS-13	담수용량	비고
ESS-13을 이용한 워터본 방수법	1 L	2,000 L	현장 여건에 따라 1: 4,000(물) 까지 가능



1. 환경 친화적인 ESS-13을 작업장으로 운반한다. (사진은 55갤런 분량)



2. ESS-13을 정확한 배합 비율로 물과 혼합하기 위해 물탱크에 넣는다.



3. 혼합한 ESS-13을 토양에 살포한다.



4. 흙이 강가에 있으면 스크래퍼로 흙을 펴온다.



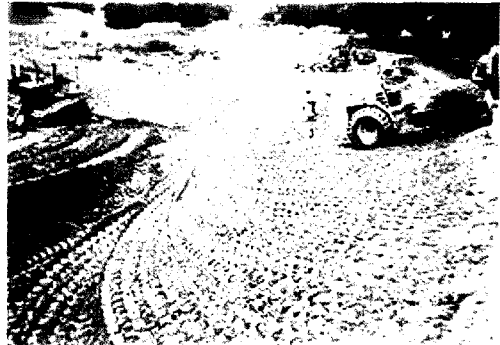
5. 흙, 물 및 ESS-13을 적절한 습도에서 균일하게 배합한다.



6. 화학처리 된 흙을 호수에 끌고루 편다.



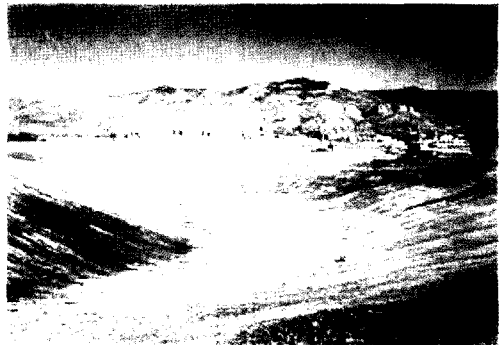
7. 불도저로 흙을 평평하게 펴고 다진다.



8. 대형 로울러를 사용하여 토양을 적당한 밀도로 다진다.



9. 소형 로울러를 사용하여 모든 구조물 주위에 물이 스며들만한 곳을 충분히 다진다.



10. 물이 채워지기 전까지 적절한 습도가 유지되도록 한다.



11. 담수시 방수층의 손상을 방지하기 위해 비닐이나 부직포를 깔아준다.

그림 7. ESS-13을 이용한 신설 연못 방수공사 과정

ESS 13을 연못에 투입
누수 부위를 찾았으면 ESS-13을 물이 새는

부분에 직접 투입한다. 만약 물이 새는 곳이
분명치 않으면 ESS-13을 여러 군데 나누어서

붓는다. 물과 혼합되는 과정은 보통 6시간에서 10시간정도 걸리며 물의 색은 수 일 또는 수 주간에 걸쳐 흐린 흰색을 띤다. 물 색깔이 정상으로 돌아오면 작업이 완료된 것을 의미한다. 1~2주 동안 반복적으로 누수율을 측정한다.

주의사항

ESS-13을 이용한 신설 연못 방수법과 동일하다.

결론

우리나라 골프장의 연못 조성시 가장 중요하게 고려되는 요소는 시공비용으로 방수법도 시공비용에 따라 결정되는 경우가 많다. 그러나 연못의 방수법은 위치, 토양, 면적, 깊이 등에 따라 다르며 현장 여건을 고려한 적합한 방수법이 적용되어야 한다. 우리나라에 사용되는 골프장 연못 방수법의 정의 및 장단점을 요약하면 다음과 같다.

1. 쏘일 벤토나이트 방수법은 현장에서 쉽게 구할 수 있는 토양에 적당한 양의 고품질 나트륨 벤토나이트를 혼합한 후 현장에 포설하고 다짐을 하여 방수 처리하는 방법이다.

쏘일 벤토나이트 방수법의 장점은 수질 개선 효과, 수생식물 식재가능, 공사 기간 단기소요, 자동화 기계설비에 의한 공정관리로 완벽한 방수기능 유지, 공사비가 저렴하고 누수가 될 때 원인규명이 쉽게 드러나는 장점이 있다. 반면 현장 양질토 확보가 어려울 경우 토사확보로 인한 예산증가, 우기에 시공 불가능 및 연못 가장자리 모양의 다양화가 어려운 단점이 있다.

2. EPDM 시트 방수법은 내화성 및 산 또는 알칼리성에 대한 저항성이 강한 인공합성

방수 시트를 깔아 물의 누수를 방지하는 공법이다.

EPDM 시트 방수법의 장점은 완벽한 방수기능 유지 및 연못 가장자리를 다양한 모양으로 조성할 수 있다. 반면 자연 친화적 공법이 될 수 없고, 공사 기간이 장기 소요되며, 복합 공정으로 인한 하자 발생 가능성이 높고, 환기구(air ventilation) 설치와 맹암거시설 등의 부대 공정이 필요하며, 누수시 원인규명이 어려운 단점이 있다.

3. ESS-13 방수법은 식물성 기름인 수지성 우유 빛의 환경 친화적인 물질인 ESS-13이 흙과 함께 작용하여 호수나 연못의 영구적인 방수가 가능하게 고안된 공법이다. 즉 ESS-13은 흙속의 작은 공극에 들어가 팽창하거나 흙 입자를 피복후 팽창되어 흙의 안정화와 공극의 최소화로 누수율을 감소시키는 것이다.

ESS-13 방수법의 장점은 영업중인 골프장 연못의 누수 공사시 영업에 지장을 적게 주며, 시공비가 저렴하며, 공사기간의 단축이 가능하며, 기존 방수 소재의 교체 없이 효과적으로 보완할 수 있는 공법이다. 반면 ESS-13 방수법의 주성분은 식물성 기름을 기초로 한 친환경적이고 매우 안전한 무독성 제품이나 이 식물성 기름이 물고기의 아가미에 접촉되어 물고기를 질식사시킬 수 있으므로 ESS-13을 사용하기 전에 연못 속의 물고기를 다른 곳으로 옮겨야 한다.

인용문헌

1. 골프장 경영자협회. 2002. 골프신문 8월호.
2. 김동찬, 권오원. 2001. 골프장 연못의 관

- 리만족도를 위한 설계기준. 그린키퍼협회
보 통권 15.
3. 김자영, 고상모. 2002. Ca-형 및 Na-형
벤토나이트의 제반 물성 및 유기양이온
흡착비교.
 4. 안용태 외 11인. 1993. 골프장 관리의 기
본과 실제. 한국잔디연구소. 772p.
 5. 이석훈 외 4인. 2002. 벤토나이트의 물리
화학적 성질을 지배하는 요인 분석
 6. 이영근. 1992. EPDM Polymer의 구조와
물성
 7. 이용두. 1998. 골프장 연못의 수질관리와
오존처리 특성
 8. 이은엽. 문석기. 2001. 생태연못 조성공법
적용후의 자연생태 변화분석
 9. 정기호 외 3인. 2001. 전통연못의 방수공
법에 관한연구
 10. 그린키퍼학교동문회 홈페이지 : http://www.gcsak.co.kr/greenkeeper-data/publication/public_20020931-7.htm.
 11. 한국건설정보 홈페이지 : <http://www.cn.co.kr/data/fm131-01/s131-14-05.htm>
 12. 한국벤토나이트(주) 홈페이지 : http://www.koben.co.kr/02_bentonite/sheet_6.htm