

섬유사 다발의 비틀림, 이완장치를 이용한 하수방류수의 부유물질 여과기술 [Twist(PCF)-Filter]

(주)성신엔지니어링
이사 : 박태규

I. 서론

우리나라가 UN에 의해 물부족 국가로 지정되고, 국내수계의 오염이 날로 심화되는 등 심각해진 물문제의 해결을 위해, 정부는 물관리종합대책(2005년까지 15조원 투자)을 시행하고 있으며 그 일환으로 오수 방류수질 강화(2002. 1 시행 BOD, SS 80~40ppm → 20ppm), 하수 방류수질강화(2008.1 시행 BOD,SS 20ppm → 10ppm) 및 중수도시설의 무화(2001. 7시행 1500m³/d이상)등보다 강화된 오염억제와 수자원 재활용정책을 펴오고 있음.

오·폐·하수등의 방류수가 허용기준을 만족하지 못하거나 또는 이를 중수등으로 재활용해야할 필요가 있을 때에는 여과, 막분리, 흡착, 이온교환, 고급산화 등의 고도처리가 요구됨. 하수의 경우 2008년부터 적용되는 방류수질 강화에 따라 가동중인 국내 하수처리장을 비롯하여 건설중이거나 계획중인 하수처리장은 2차 처리공정에 영양염계거 공정을 신설하거나 보완하려는 계획을 추진함과 동시에 여과, 소독, 고급산화 등의 시설도 계획중임.

이중 여과기술은 다른 기술에 비하여 비교적 용이한 기술이며, 시설 및 유지관리비가 저렴하고 많은 경우에는 그 자체로도 최종의 목적을 달성할 수 있고, 또한 막분리, 흡착, 이온교환, 고급산화 등 다른

모든 시설의 성능을 향상시키고 유지관리를 용이하게 해줄 수 있기 때문에 매우 광범위하게 적용되는 핵심적인 기술임. 종래의 급속모래여과기는 크고 무거우며 가격이 비싼 반면 통상의 여과속도(300m³/m²·d)로 여과시 20~30 μ m이하의 작은 입자는 제거율이 낮은 등 제반문제점이 있어 이를 보완한 공극제어형 섬유여과기를 개발·보급하여 종래의 급속모래여과기의 대체는 물론이고 근래 고가의 시설비 및 유지관리비가 소요됨에도 불구하고 수요가 확대되고 있는 막분리시설의 공업용수나 먹는 물 최종여과, 오·폐수·하수 재활용 중수여과 등의 분야에서 대체 사용될 수 있도록 하기위해 본 연구가 시행되었음.

II. 본론

1. 기술의 원리

본 여과기술은 여재인 섬유사 다발을 여과기 내부의 다공관 주위에 설치하여 회전기구로 비틀어 압착, 공극을 작게 한 후 유입수를 통과시켜 여과하고, 설정압에 도달하면 압착된 여재를 이완, 공극을 크게 하여 공기방울과 가압수로 역세하도록 하여 여과와 역세의 반복으로 수중의 부유물질을 여과하는 기술임. 여과장치는 원통형 여과기의 중심에 처리수를 이송하는 다공관을 두고, 그 주위에 방사형으로 미세한

섬유사 다발을 여재로 사용하여 여층을 형성시키고, 여층내의 공극율 또는 공극의 크기를 목적에 맞게 임의로 설정할 수 있도록 고안된 압력식 급속여과장치로서, 여과공정과 역세공정이 시간적으로 반복되는 반 연속식 여과 장치임.

2. 공정개요

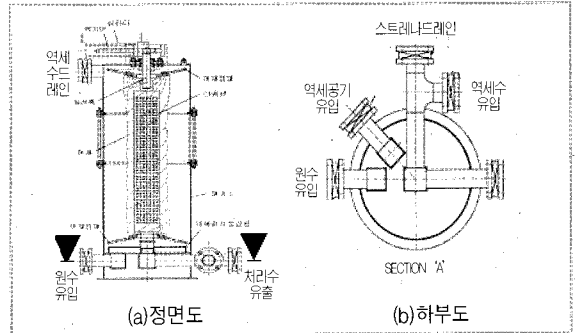
입경분포 및 형상에 따라 공극의 크기와 공극율이 달라지는 입상여재 여과기와는 달리 본 여과기는 여재인 미세섬유사에 작용하는 외부 압력의 정도에 따라 공극의 크기가 공극율이 달라진다. 여과공정이 진행될 때에는 목적하는 수질의 여과수를 얻을 수 있도록 여재를 적절하게 압착하고, 역세공정이 진행될 때에는 역류된 부유입자가 용이하게 배출될 수 있도록 여재의 압착과 이완을 반복시킨다. 여재를 압착하거나 이완하는 방법과 원리는 다음과 같음.

먼저 섬유다발의 양끝을 끈으로 고정하여 원형링을 매달아 일정한 거리를 두고 마주보는 방사상의 상하 여재걸대에 상기의 원형링을 끼워 여재가 상하 여재걸대사이에 늘어서도록 설치하되 상층의 상부여재걸대는 회전운동이 가능하도록 하여 상부 여재걸대를 회전시키면 걸대에 걸려있는 섬유다발은 인장력을 받아 늘어남과 동시에 방사상으로 설치되어 있는 여재걸대를 따라 중앙의 다공관에 휘감기면서 모여 들게 됨.

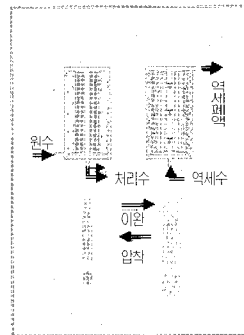
느슨하게 늘어서 있던 섬유다발이 중앙으로 압착되어 공극의 크기가 작아지면서 공극율이 줄어들게 되고 또 상부 여재걸대를 원래의 위치로 역회전시키면 섬유는 다시 이완되어 공극의 크기가 커지면서 공극율도 증가함.

따라서 여층의 공극율은 상부 여재걸대에 작용하는 회전력의 정도에 따라 조절할 수 있고, 공극의 양과 여층의 깊이는 섬유사의 사용량과 다공관의 직경에 의하여 조절할 수 있음.

여과장치의 구조를 (그림 2)에, 상부 여재걸대의 회전에 따른 압착시와 이완시의 공극 모식도를 (그림 1)에 나타내었음. 여층을 압착, 공극을 작게하여 여과공정을



〈그림2. 여과장치의 구조〉



〈그림1. 공극 모식도〉

행하다가 여층에 포획되는 SS량이 많아져 여층의 막힘 현상으로 여과기 내부 압력이 상승하여 설정압력에 도달하면 역세공정으로 전환하게 됨.

역세공정은 3단계로 나누어 시행되는데 역세1 공정은 여층을 이완과 압착을 반복하며 공기와 세척수를 유입시켜 섬유를 격렬히 흔들어 여층 및 여과기 내의 포획입자를 탈리시켜 상부 역세드레인배관을 통하여 배출하는 물과 공기 혼합세척공정이며, 역세2는 여층을 이완시킨 상태에서 세척수만 유입시켜 여층 및 여과기 내의 잔류 입자를 상부 역세드레인 배관으로 배출하는 공정이고 역세3은 여과공정으로 전환했을 때 불안정한 초기여과수를 원수조로 반송하는 공정임.

3. 신기술 평가결과

3.1 신기술 검증결과

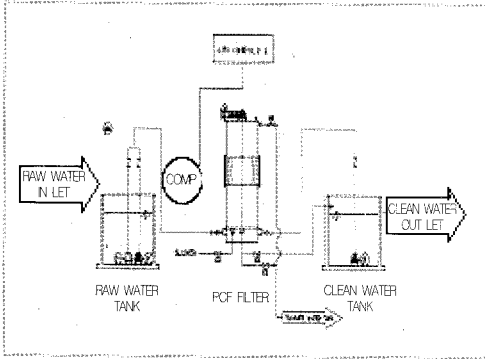
여재인 섬유사 다발을 회전기구로 비틀어 압착, 공극을 작게 하여 여과하고 설정압에 도달하면 압착된 여재를 풀어 이완, 공극을 크게 하여 역세하는 하수 방류수의 부유물질을 제거하는 기술임.

3.2 처리성능

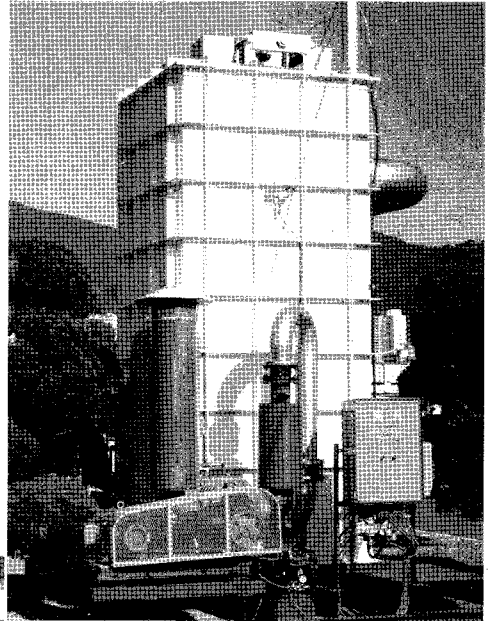
3.2.1 유입수량 및 처리수량

〈표 2〉 유입수량 및 처리수량 (평균(최저~최고))

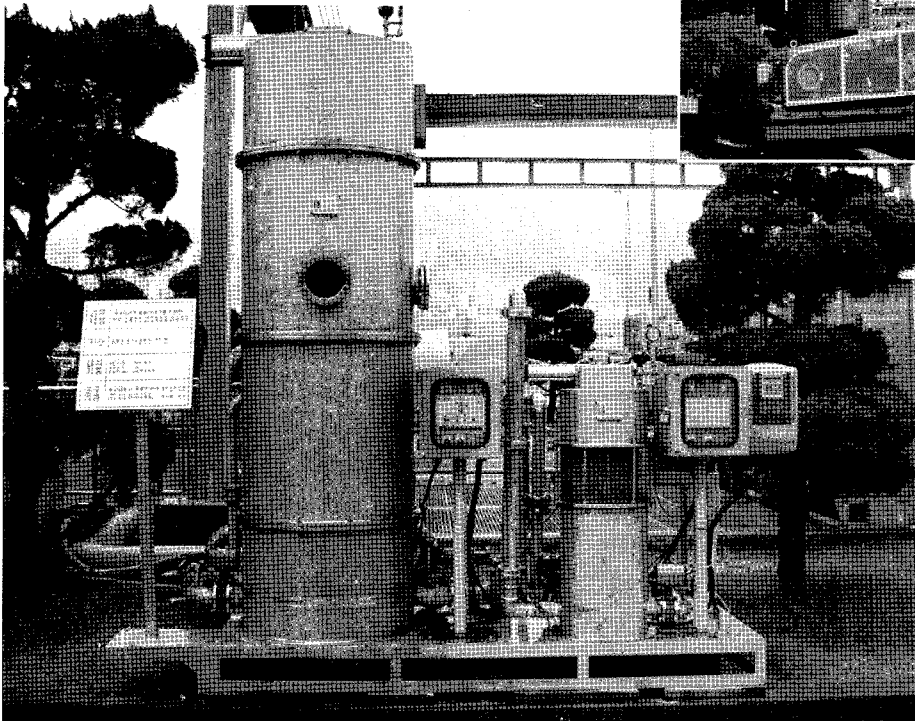
구 분	유 입 수	처 리 수	역 세 배 수
유입량(처리량)	m ³ /일 130.8(117.1 ~ 153.9)	121.5(101.6 ~ 139.3)	7.1(2.6 ~ 23.7)



(a) Twist-Filter 흐름도



(c) Twist-Filter 대응량



(b) Twist-Filter 소용량

〈그림3. Twist(PCF)-Filter의 흐름도 및 설치전경〉

<표 3> 여과 및 역세조건 {평균(최저~최고)}

구 분	항 목		전 평가기간	정상처리상태
여과 공정	여재부피 (ℓ)		5.6	
	여재충진율(% , 압착시)		17.8	
	공극율(% , 압착시)		82.2	
	여과유효높이(m)		0.65	
	여과유효면적(m ²)		0.48	
	비틀림시 회전각도(°)		153~171	
	여과 압력(kg/cm ²)		0.14~0.72	
	여과지속시간(hr/cycle)		0.91(0.25 ~ 2.62)	2.07(1.36 ~ 2.62)
	여과 선속도(m ³ /m ² · hr)		11.3(10.1 ~ 13.2)	11.0(10.1 ~ 11.5)
	입자포획량(g/m ³)		2,329(697 ~ 10,072)	1,618(1,052 ~ 2,643)
역세 공정	역세시간	min/회	3분 10초(2분 50초)	
		min/일	72.8(25.5 ~ 229.2)	34.5(25.5 ~ 53.2)
	역세횟수(회/일)		25(9 ~ 81)	11(9 ~ 17)
	역세수량(m ³ /일)		7.1(2.6 ~ 23.7)	3.1(2.6 ~ 4.6)
	역세량/여과량(%)		5.2(2.1 ~ 15.4)	① 2.5(2.1 ~ 3.6)
	역세수압(kg/cm ²)		0.20 ~ 0.25	
	역세공기량(m ³ /min)		1.0 ~ 1.3	
	역세공기압(mmH ₂ O)		1,800 ~ 2,400	

유입수량은 평균130.8m³/일로 제시량인 120m³/일보다 많은 것으로 나타났으며, 유입수량과 처리수량 및 처리수량 중 역세척수로 사용된 량은 <표2>와 같음.

3.2.2 여과 및 역세조건

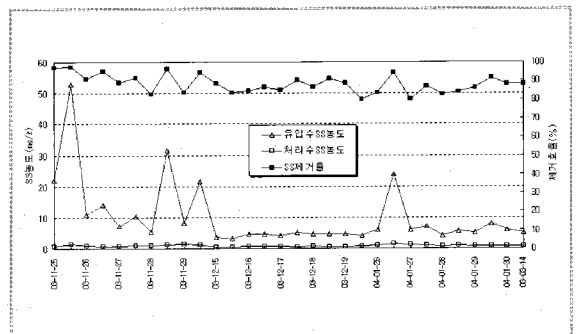
정상상태 여과지속시간이 약 2시간, 역세시간은 약3분, 역세수량율은 2.5%로 제시조건을 만족하였으며, 여과 및 역세조건은 <표 3>과 같음.

3.3.3 오염물질별 제거효율

(1) SS 제거효율

SS는 평균 10.1(3.0~53.0)mg/l 로 유입되어, 평균 0.8(0.4~1.5)mg/l 로 처리되었고, 처리효율이 평균88.2(80.0~97.2)%로 제시치(86.3%)보다

약간 높게 조사되었고, 특히 고농도의 SS가 유입(53.0mg/l) 되었을 때도 처리수는 1.5mg/l 로 처리되어 97.2%의 매우 높은 처리효율을 보였으며, (그림 4)에 SS 처리효율 변화를 나타내었음.



<그림4. SS 처리효율 변화>

〈표 4〉 시설비 및 유지관리비

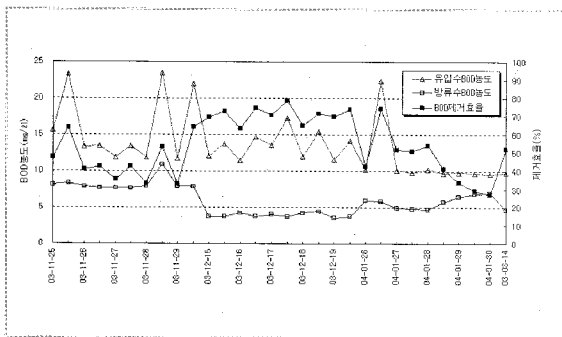
(금액단위 : 천원)

용 량 (m ³ /d)	시 설 비					유 지 관 리 비							
	Twist-Filter	Piping	M/C Room	합 계	m ² 당 공사비	전력사용비		여재 교체비용				연간 운전 비용	m ² 당 처리 비용 (원/m ³)
						전력 사용량 (kWh/일)	연간 전력비	교체 주기 (년)	수량 (EA)	단가 (천원 /EA)	연간 소요 금액		
120	10,300	500	1,500	12,300	102.5	15.5	282.8	3.5	45	9.0	115.7	398.5	8.34
600	18,700	1,000	2,000	21,700	36.2	34.67	759.3	3.5	84	16.5	396.0	1,155.2	5.28
1,200	26,900	1,250	2,000	30,150	25.1	57.68	1,263.1	3.5	132	22.0	829.7	2,092.9	4.78
6,000	104,000	3,000	4,000	111,000	18.5	226.26	4,955.0	3.5	696	26.0	5,170.2	10,125.3	4.62
12,000	150,000	5,000	6,500	161,500	13.5	331.87	7,267.9	3.5	1,392	26.0	10,340	17,608.3	4.02

※ Piping : SGPW기준, M/C Room : Sandwich Panel 기준 (03년 9월 신청일기준)

(2) BOD 제거효율

BOD는 평균 13.6(9.6~23.4)mg/l 로 유입되어, 평균 5.9(3.5~10.9)mg/l 로 처리되었고, 처리효율이 평균 54.1(27.1~78.5)mg/l 로 제시치(54.3%)와 유사하게 조사되었음. 유입 BOD의 농도 변화는 크지만 처리수질은 거의 영향을 받지 않고 비교적 안정적인 처리효율을 보였으며, (그림 5)에 BOD 처리효율 변화를 나타내었음.



〈그림 5〉 BOD 처리효율 변화

(3) CODMn, T-N, T-P, 대장균 군수, 탁도 제거효율

CODMn은 평균 12.6(9.3~18.8)mg/l 로 유입되어, 평균 9.1(7.4~11.9)mg/l 로 처리되어 처리효율이 평균 25.3(7.4~54.3)%로 다소 높게 나타났고, T-N과 T-P는 각각 평균 5.6%와 평균 11.8%로 낮은 처리효율을 보였으며, 대장균과 탁도는 각각 평균 44.0%와 평균 81.1%로 비교적 높은 처리효율을 보였음.

3.4 시설비 및 유지관리비

평가대상 시설의 시설비는 일 120m³처리기준으로 12,300천원이며 m²당 시설비는 102.5천원이고, 유지관리비는 연간 398.5천원으로 전력비가 282.8천원이고 여재교체비용이 115.7천원이며 m²당 처리비용은 8.34원으로 조사되었고 기존별 시설비 및 유지관리비는 〈표 4〉와 같음.

4. 적용실적

현재(04. 11말 기준)까지의 적용실적은 오·폐·하수등 260대이고 처리분야별 설치실적표는 홈페이지를 참고하시기 바랍니다.(www.pccfilter.co.kr)

III. 결론

Twist(PCF)-Filter는 여재의 압축과 이완을 이용하여 여과와 역세를 행하므로 처리능력이 우수하고 역세가 매우 용이하며, 압력식 모래여과기에 비해 소형화(부지1/5), 경량화(무게1/10)되었고, 역세시간(3분이내)과 역세수량(3%이내) 또한 최소화 하였고, 여재수명(3~5년)이 길고, 여재교환(소형30분이내)은 용이한 등 여러 가지 장점을 두루 갖춤으로서 많은 경우 종래의 여과기들을 대체할 수 있도록 개발되었음.

하수처리장 방류수등 생물학적 처리를 거친 방류수를 본 Twist(PCF)-Filter로 여과하면 SS가 1mg/l 내외로 제거되고 BOD, 탁도, 대장균등도 비교적 높은 처리효율을 보이므로 배출허용기준을 안정적으로 만족 할 수 있고 소독등의 후처리를 거칠 경우 여과수는 중수기준을 만족하여 재활용이 가능하며, 특히 하수처리장의 경우 여과수를 상류지역에 펌프로 이송할 경우 건천을 방지하고 친수공간을 확보 할 수 있음.

하수처리장 이외의 경우 상수원에 조류 발생시 전처리용으로 활용하면 응집제 독소, 악취발생이 방지되고, 육상 양식장의 유입수, 순환수, 방류수 처리와 적조물질여과에도 효과적으로 대응이 가능하고, 정수장의 응집 침전지를 본 여과장치로 대체가 가능하며 이때 소요부지면적을 1/50이하로 줄일 수 있고 여과에 필요한 크기로만 응집시키면 되므로 약품비나 Sludge발생량도 줄어들어 운전비용이 대폭 절감됨.

또한 먹는물 최종여과나 양질의 재활용 중수 생산 등에는 본 여과장치만으로도 수질보증이 가능하므로 낮은 설비비와 유지비용으로 막분리시설의 대체가 가능하고, 또한 막분리·흡착·이온교환·고급산화 등의 전처리 시설로 활용하면 이들 시설의 성능을 향상시키고 유지관리를 용이하게 함.

본 여과장치는 매우 광범위한 분야에 사용할 수 있으며 성능, 품질, 가격의 우수성으로 설비의 적용이 점차 확대되리라 판단됨.

※ 보다 자세한 사항은 (주)성신엔지니어링 ☎ 051-581-3531
www.pcfilter.co.kr)로 문의하시기 바랍니다.

환경상식

음식물쓰레기 이렇게 버리세요!

· 소·돼지 등의 털과 뼈, 생선뼈, 조개·소라 등 패류 껍데기, 게·가재 등 갑각류의 껍데기, 복숭아 등 핵과류의 씨는 일반쓰레기로 배출

2005년 1월 1일부터 시(市)지역에서 배출되는 음식물류 폐기물 직매립이 금지 되면서, 음식물류 폐기물이 포함된 차량 반송조치가 있었다. 환경부는 지자체별로 상이한 제도의 시행으로 일반시민

의 불편을 초래하지 않기 위해 음식물류 폐기물 분리배출 기준을 발표하였으며 향후 분리배출 의식 제고를 위해 집중 홍보 및 지도·점검을 통해 직매립 금지 제도를 정착시킬 계획이다.

〈음식물류폐기물 분리배출 기준〉

구 분	음식물류폐기물로 넣어서는 안 되는 물질
채소류	쪽파·대파, 미나리 등의 뿌리
	고추씨, 고추대
	양파·마늘·생강·옥수수 껍질, 옥수수대
과일류	호두·밤·땅콩·도토리·코코넛·피인애플 등의 딱딱한 껍데기
	복숭아·살구·감 등 핵과류의 씨
곡 류	왕겨
육 류	소·돼지·닭 등의 털 및 뼈다귀

구 분	음식물류폐기물로 넣어서는 안 되는 물질
어패류	조개·소라·전복·교막·명게·굴 등 패류 껍데기
	게·가재 등 갑각류의 껍데기
	생선뼈 복어내장
알껍질	달걀·오리알·메추리알·타조알 등 껍데기
찌꺼기	각종 차륜(녹차 등) 찌꺼기, 한약재 찌꺼기
기 타	비닐(봉지 등), 병뚜껑, 나무이쑤시개, 종이, 호일, 빨대, 일회용품, 플라스틱, 고무장갑, 쇠붙이, 숟가락, 젓가락, 유리조각, 금속류 등