한국환경과학회지 제15권(제10호), 945~949, 2006
Journal of the Environmental Sciences

여과분리재를 이용한 슬러지 농축에 관한 연구

김 부 길 · 박 민 수*
동서대학교 토목공학전공, *(주)Stem 환경솔루션사업부
(2006년 7월 20일 접수; 2006년 10월 2일 채택)

Study on Sludge Thickening with Mesh is Used as Filtration Msdia

Boo-Gil Kim and Min-Soo Park*
Division of Architecture and Civil Engineering, Dongseo University, Busan 617-716, Korea
**Division of Environment Solution, Stem Co., Nagoya 457-0821, Japan*
(Manuscript received 20 June, 2006; accepted 2 October, 2006)

For a membrane bio-reactor, it is possible to filter and separate activated sludge and effluent by head loss of centimeters, if non-woven fabric material is used as filtration media. However, if non-woven fabric material is used to thicken high-concentration sludge, excessive sludge attachment causes the rapid decrease of flux. Mesh with pore sizes of 100μm, 150μm, and 200μm allows for easy separation of attached sludge. This study examined the possibility of mesh as filtration media.

Existing close-flow filtration process, which requires maintaining sludge movement, makes it difficult to obtain high thickening rate. With a view of complementing this weakness, this study has made an experimental examination on how high-concentration sludge (about 3,000mg/L to 10,000mg/L) will be filtered and thickened when mesh module is submersed in the bio-reactor. Effluent flowed from the bottom of the bio-reactor by head loss of 65cm.

In case of pore size of 100μm, SS showed high recovery of 80% to 96%; therefore, it has been decided that mesh can be used as filtration media. Filtration lasted for more than 9 hours, until sludge with 9,000mg/L in MLSS concentration was thickened 9 times as dense. In the range from 3,610mg/L to 9,060mg/L in MLSS concentration, it was possible to obtain effluent with less than 2mg/L in MLSS concentration within 10 minutes.

Key Words : Membrane bio-reactor, Non-woven fabric material, Flux, Close-flow, Mesh module

1. 서 론

막분리활성슬러지법(Membrane Bio-Reactor)에서는 활성슬러지와 처리수를 분리하기 위하여 주로 정밀여과막(Micro Filter)을 이용하고 있지만, 보다 큰 세공구조를 가지는 부직포(Non Woven Fabric Material)를 여과분리재로 사용하여도 활성슬러지의 분리가 효과적으로 가능하다는 보고가 있다[1]. 부직포를 여과분리재로 이용하면 수cm정도의 수위차로 활성슬러지의 여과분리가 가능하므로 부직포 표면의 유속을 막분리활성슬러지법처럼 높게 유지할 필요가 없는 특성이 있다[2,3].

그러나, 고농도의 슬러지를 부직포를 이용한 close-flow방식으로 여과 및 농축하는 경우에는 증가된 슬러지의 농도로 인하여 투과유속(透過流束, flux)이 저하될 것으로 예상된다. 또, 부직포의 표면에 형성되는 슬러지 부착층(付着層)이 압밀화되기 쉬우므로 높은 수두차로 여과하여도 투과유속을 높게 유지하기가 어려울 것으로 생각된다[4]. 따라서, 고농도의 슬러지를 여과 및 농축하려면 정밀여과막이나 부직포와는 다른 여과분리재가 선택되어야 할 것이다.

본 연구에서는 부직포보다 세공이 크며 슬러지의 분리특성은 부직포에 유사하고 표면에 부착한 슬러지가 용이하게 박리되는 특성이 있는 Mesh에 대한 여과분리재로서의 이용가능성에 관한 실험적 검토를 하였다.

Corresponding Author : Boo-Gil Kim, Division of Architecture and Civil Engineering, Dongseo University, Busan 617-716, Korea
Phone: +82-51-320-1790
E-mail: bookim@dongseo.ac.kr

2. 실험장치 및 실험방법

2.1. 실험장치

기존의 close-flow방식에 의한 여과는 슬러지의 유동성이 유지되어야하므로 높은 농축효율을 얻는 것이 곤란하다[5]. 본 연구에서는 이러한 단점을 해결하기위하여 중력농축과 여과를 병용하는 형태의 회분식 슬러지 농축장치를 제작하였다.

회분식 슬러지 농축장치와 Mesh Module을 Fig. 1에 나타낸다. 용량 약 18L(직경0.19m, 높이 0.65m)의 원통형 용기에 Mesh 이용하여 만든 평막형 Mesh Module(막면적 : 0.12m^2)을 침적하였다. Mesh의 세공은 각각 100μm, 150μm, 200μm의 3종류이며, 수두차로 여과분리되는 여과액은 장치의 하부로부터 유출되는 구조이다. 초기의 수두차 65cm에서는 Mesh Module 면적의 전체가 이용되지만 회분식 반응조의 특성상 여과의 진행과 함께 반응조의 수위가 저하하므로 일부분만이 여과에 이용되는 경우가 발생하였다. 그리고, Mesh Module보다 하부의 dead space 용적은 반응조의 약 3%를 차지하고 있다.

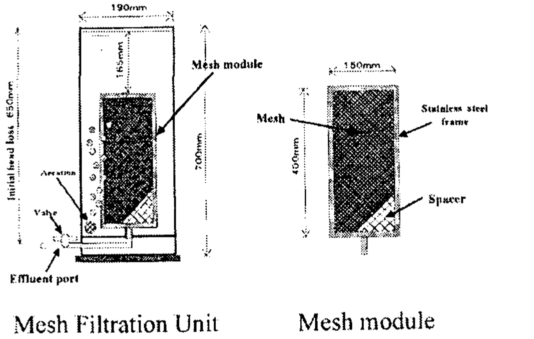

Fig. 1. Schematic figure of experimental apparatus.

2.2. 실험방법

Mesh Module에 의한 슬러지의 여과 및 농축실험에는 대학교내의 오수정화시설에서 채취한 MLSS 농도 약 3,000-10,000mg/L범위의 반송슬러지를 사용하였다. 회분식 슬러지 농축장치에 반송슬러지 15L를 투입한 후, 액면의 높이와 여과수의 투과유속 그리고 여과액의 SS의 시간적 변화를 측정하였다. Mesh Module의 투과유속은 여과분리를 진행할수록 여과면적이 감소하는 점을 고려하여 산출하였다.

회분식 실험후의 농축슬러지 농도와 Mesh Module에 부착된 슬러지량을 측정하여 슬러지의 물질수지를 구하였다. 액면의 높이 즉, 슬러지 체적 감소율과 농축슬러지 농도의 측정시에는 Mesh Module에 부착된 슬러지를 포함하지 않았지만, SS회수율을 계산할 때는 부착된 슬러지량을 포함하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Mesh 세공의 영향

Mesh 세공이 각각 100μm, 150μm, 200μm인 3종류의 Mesh Module를 여과분리재로 사용하고 슬러지의 MLSS농도를 약 3,000mg/L, 6,000mg/L 및 9,000mg/L의 3단계로 변화시키면서 여과 및 농축 실험한 결과를 Table 1에 나타낸다.

먼저, Mesh 세공의 크기에 관계없이 MLSS농도가 낮을수록 9시간이내의 짧은 시간에 여과 및 농축되는 경향을 보였다. 그러나, 최종적으로 농축된 슬러지의 MLSS농도가 저농도이며 동시에 SS회수율도 낮은 경향을 보였다.

Mesh 세공이 가장 치밀한 100μm의 경우에는 SS 회수율이 MLSS농도와 비례하여 각각MLSS농도

Table 1. Results of Sludge Thickening Experiments

	RUN 1-1	RUN 1-2	RUN 1-3	RUN 2-1	RUN 2-2	RUN 2-3	RUN 3-1	RUN 3-2	RUN 3-3
mesh	100			150			200		
Initial MLSS (mg/ℓ)	3610	5960	9060	2930	6130	9750	2930	6040	9750
Final MLSS (mg/ℓ) [*1]	28400	45200	60000	17900	31800	46200	11000	21100	33200
Volume after 24hr(%)	2.0%	6.0%	12.0%	6.0%	9.7%	13.0%	2.6%	2.7%	3.0%
Filtration time (hr)	9	18	24	8	14	24	6	12	18
Effluent SS (mg/ℓ)	<1.0	<1.0	<1.0	37.1	21.0	11.0	25.7	23.5	42.6
Effluent Turbidity (NTU)	<1.0	<1.0	1.0	27.8	12.6	8.2	13.4	19.6	29.3
Recovery of SS (%) [*2]	80%	88%	96%	51%	65%	76%	15%	16%	18%

[*1] Without attached SS on the mesh module.
[*2]Including the attachde SS on the mesh module.

3,610mg/L일 때 80%, 5,960mg/L일 때 88%, 9,060 mg/L일 때 96%로 증가하는 경향을 보였다. 150μm의 경우는 51% - 76%의 낮은 값을 보였고, 200μm의 경우는 MLSS농도의 고저에 관계없이 SS회수율이 18%이하로서 슬러지 유출을 억제할 수 없었다. 따라서, 슬러지의 여과 및 농축에 유효한 Mesh 세공은100μm정도인 것으로 추정되었다.

MLSS농도 3,610 - 9,060mg/L범위에서 100μm Mesh Module의 여과분리수의 SS 및 탁도농도는 1.0mg/L정도로 낮게 유지되었다. 그러나, 150μm Mesh Module로 MLSS농도가 9,750mg/L로 고농도인 RUN2-3을 제외하고는 여과분리수의 SS 및 탁도농도가 높고 SS회수율이 낮았다.

농축실험에 따른 슬러지 물질수지를 Fig. 2에 나타낸다. RUN1(80%-96%)과 RUN2, 3(76%)의 경우는 SS회수율이 높게 나타났고, 특히, RUN1의 경우는 MLSS농도가 증가할 수 록 Mesh Module표면에 부착하는 슬러지의 비율이 47%-81%의 범위로 높아지는 경향을 보였다. 반면에, 200μm Mesh의 RUN3은 여과개시 30분 정도에 공급된 슬러지의 80%이상이 유출되어 여과분리재로서의 기능을 얻을 수가 없었다.

이러한 현상은 슬러지의 여과 및 농축에 유효한 100μm정도 세공의 Mesh Module을 여과분리재로 사용하는 경우, 여과분리재 표면에 부착하는 슬러지층은 MLSS농도가 높을수록 단시간에 형성되기 때문으로 생각되었다.

3.2. Mesh Module의 투과유속과 슬러지 체적비의 시간적 변화

Mesh Module의 투과유속과 회분식 슬러지 농축장치내의 슬러지 체적비의 시간적 변화를 Fig. 3에 나타낸다. RUN1의 경우 MLSS농도가 낮을수록 슬러지 체적비의 감소속도가 빠른 경향을 보였다. MLSS농도가 3610mg/L의 경우는 2시간 정도에 여과 및 농축이 가능하였다. MLSS농도가 5960mg/L일 때 2시간후의 농축배율은 2.5-3.0정도였고 , 9060mg/L의 경우 12시간 정도에 5배정도의 농축배율을 얻을 수 있었다.

세공이 150μm인 RUN2의 경우, 초기 10분간의 투과유속은 10m/day로 크지만 이후에 급격하게 저하하여 세공이 100μm로 작은 RUN1보다 빨리 폐색(閉塞)되기 쉬운 경향을 보였다. 12시간후의 농축배율은 RUN1과 비슷하거나 약간 낮았다. MLSS농도가 슬러지 체적비의 감소속도에 미치는 영향은 크게 나타나지 않았다.

슬러지 체적비의 감소속도는 200μm의 세공을 가진 RUN3의 경우가 가장 빠르다. 그러나 Table 1에서 나타내었듯이 투과시간 약 30분에 MLSS의 거의 대부분이 유출됨으로서 SS회수율 18%이하의 매우 낮은 농축특성을 보였다.

실험에 사용된 Mesh Module중에서 폐색의 진행속도가 늦고 장시간 안정적으로 여과 및 농축이 가능한 세공은 100μm로 판단되었다.

3.3. 여과분리수의 수질

각각의 조건에 따른 초기 30분간의 여과분리수의 SS농도를 Fig 4.에 나타낸다. RUN1의 경우는 투과개시 시점부터 25mg/L이하의 수질이 얻어졌다. 그리고, MLSS농도가 3610mg/L인 경우는 10분이내, 5960mg/L와 9060mg/L의 경우는 5분이내에 SS농도 2mg/L이하의 투과수를 얻을 수 있었다. 이는 슬러지 입자의 크기가 대부분 100 -150μm인 것과 표면에 생물막 여과기능을 지닌 슬러지층이 극히 단시간에 형성된 것에 기인하는 것으로 생각된다.

RUN2에서는 투과시간이 약 20분 지난 후에 슬러지층이 형성되는 것이 육안으로 관찰되었다. 그 후

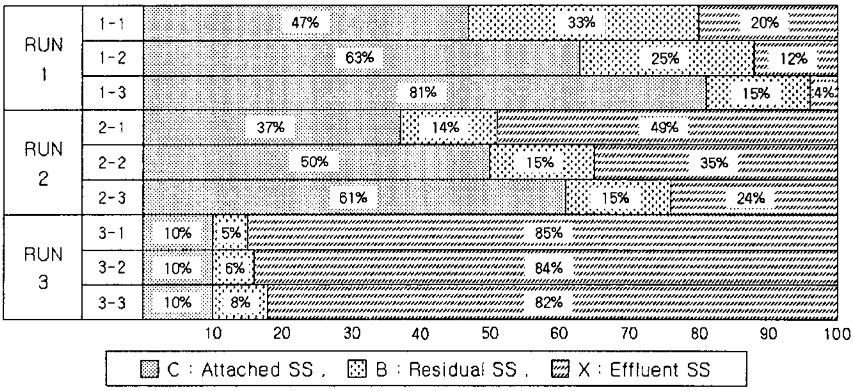

Fig. 2. Material balance of SS after experiment.

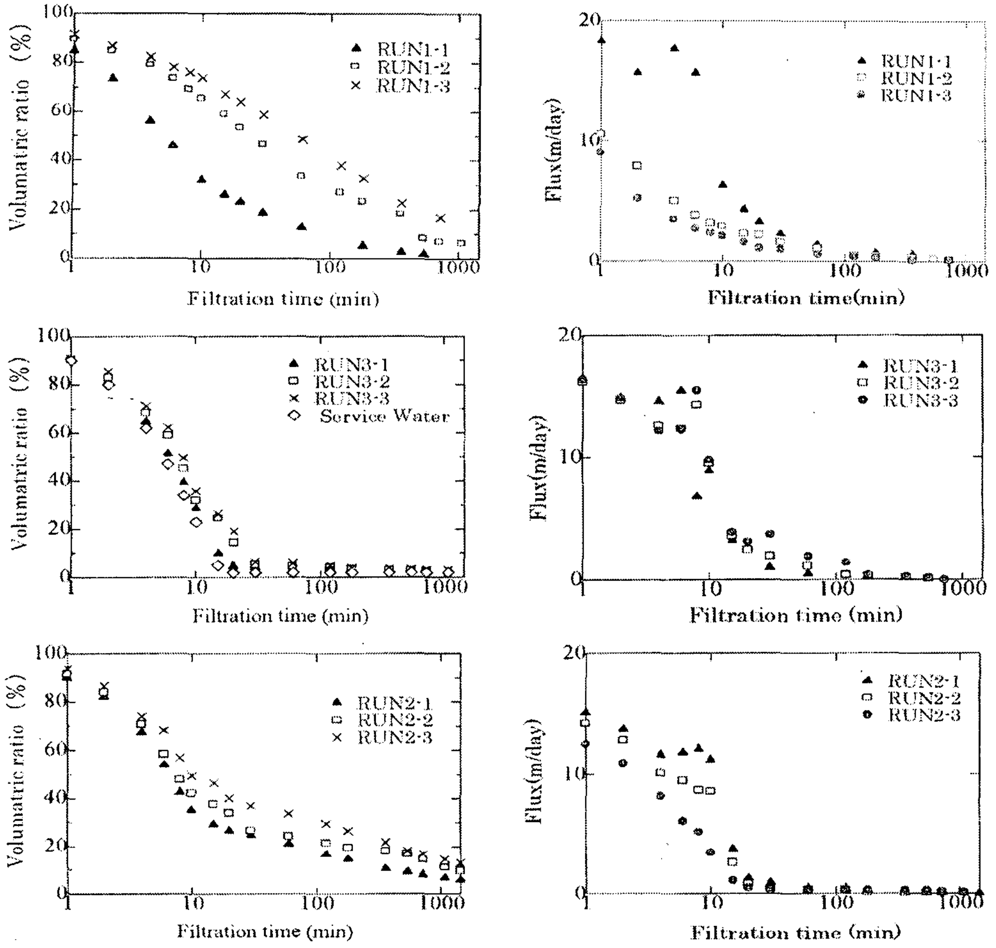

Fig. 3. Sludge Volume and Flus vs. Filtration time.

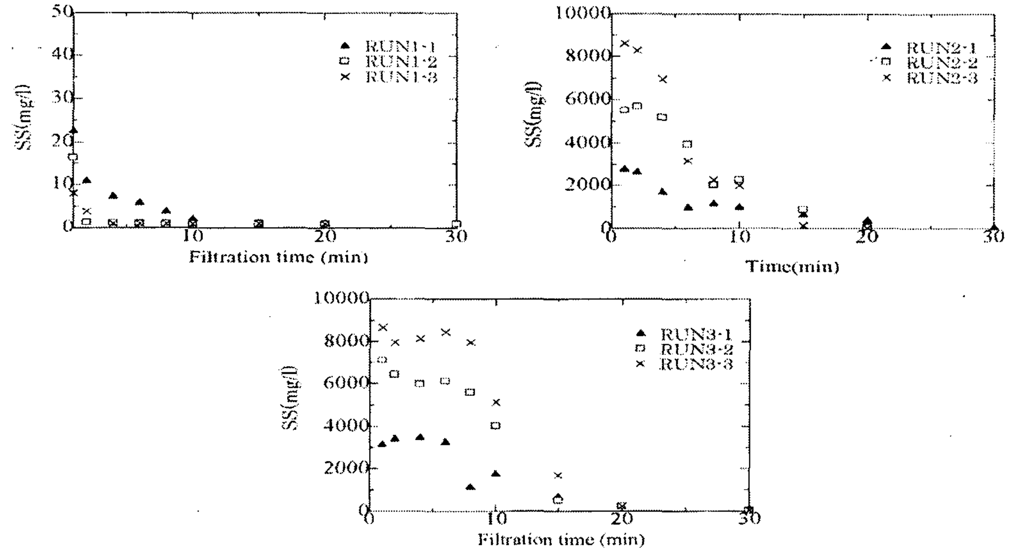

Fig. 4. Relationship between effluent SS and Filtration time.

의 투과수 SS농도는 30mg/L이하로 유지되었지만, 슬러지층이 형성되기 전에 유출되는 슬러지의 량이 과다하므로 SS회수율이 낮은 단점을 보였다.

슬러지 입자의 크기(100 -150μm)보다 큰 200μm의 세공을 가진 RUN3의 경우, 슬러지 회수율은 극히 낮고 슬러지 농축효과는 거의 없었다.

4. 결 론

Mesh Module을 여과분리재로 사용하고 회분식 슬러지 농축장치에 의한 고농도 슬러지의 여과 및 농축가능성에 관한 실험적 검토 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1)Mesh 세공이 100μm의 경우의 SS회수율은 MLSS농도 3,610mg/L- 9,060mg/L의 범위에서 80%-96%의 높은 값을 나타내어 Mesh Module이 슬러지의 여과분리재로 사용가능하다고 판단되었다.

2)세공이 100μm Mesh Module을 여과분리재로 MLSS농도 3,610mg/L- 9,060mg/L의 범위의 슬러지를 여과 및 농축하는 경우, 안정적으로 9시간이상의 여과지속시간이 유지되었다.

3)MLSS농도가 9000mg/L정도의 고농도 슬러지도 약 10배의 농축이 가능하였다.

4)MLSS농도가 3610mg/L- 9060mg/L의 범위에서는 10분이내에 SS농도 2mg/L이하의 여과분리수를 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

1) 김부길 외, 1991, 혐기성접촉침전법 및 여과분리형 바이오리엑터에의한 생활배수의 처리, 일본하수도 협회지논문집(28), 334, pp.21-32.
2) 松本順一郎, 1994, 下水道工學, 朝倉書店, 98pp.
3) 北尾高嶺, 1996, 淨化槽의 基本知識, 文唱堂, 43pp.
4) 津野洋, 1995, 環境衛生工學, 共立出版株式會社, 87pp.
5) 吉野善弥, 1978, 슬러지의 處理技術과 裝置, 倍風館, 102pp.
6) 合田健, 1995, 衛生工學, 彰國社, 189pp.