

하수처리구역내 단독정화조의 성능평가 및 최적 모형의 제안

임봉수[†] · 정금희^{*} · 왕택걸^{**}

대전대학교 환경공학과

^{*}충청남도보건환경연구원

^{**}대전대학교 환경문제연구소

Evaluation of the Septic Tank Performance in the Sewage Treatment Area and Suggestion of an Optimum Model

Lim, Bong-Su[†] · Jung, Keum-Hee^{*} · Wang, Ze-Jic^{**}

Department of Environmental Engineering, Daejeon University

^{*}Chungnam Health and Environmental Research Institute

^{**}The Institute of Environmental Studies, Daejeon University

(Received 30 April 2007, Accepted 17 May 2007)

Abstract

This study was carried out to recommend the systematic improving practice for the effective operation of septic tank, and the evaluation of its BOD and nutrient removal efficiency depending on process, the survey of characteristics of FRP material, and the suggestion of optimum septic tank model within sewage treatment area. The average BOD concentration and BOD removal efficiency of septic tank which was carried out the cleaning periodically in 63.9 mg/L and 77.8%, shows good quality better than the septic tank which was not carried out the cleaning regularly. Maximum load of tensile, flexural and compressive strength increased in proportion to its thickness, and the contents standard 25% of glass fiber required upgrade over than 30%. Configuration and performance for the optimum of the septic tank suggests that over 0.75 m³ of the effective total volume, adding to over 0.25 m³ a man for more than 5 men of the treated person, retention time should be within one day. Improving plans about facility and materials quality of the septic tank have an obligation that protective wall ought to install on the concrete bottom and side faces to prevent crumble or transform from loading of the ground or upper part of the structure on the tank setting. And it is eliminated the uneffective resisting pressure and it keeps off circulate imperfect products by strengthening of the test methods such as stretching strength, pressing strength, glass fiber contents and thickness.

keywords : Combined sewer system area, Glass fiber contents, Improving plans, Septic tank

1. 서론

국민의 생활여건 변화와 소득 증가에 따라 생활수준이 향상되면서 도시지역은 물론 농어촌에서도 수세식 화장실이 증가되어 이에 배출되는 분뇨 방류수가 생활오수와 함께 주된 수질 오염원이다.

우리나라 하수는 하수처리구역내와 하수처리구역외 지역으로 구분하여 관리되고 있다. 2004년 전국 하수발생량은 11,946천 m³/d로 이 중 80%인 9,721천 m³/d가 하수처리구역 내 지역으로 배출되고, 2,224천 m³/d가 하수처리구역외 지역으로 방류되고 있다. 또한, 우리나라에 설치된 단독정화조 2,788천개 시설 중 하수처리구역내에 설치된 시설은 2,114천개로 약 76%를 점유하고 있다(환경부, 2005).

오수·분뇨 및 축산폐수는 수질오염에 직접 영향을 미칠 뿐 아니라, 각 오염물질의 배출원이 다양하여 이로 인한

수질오염을 효과적으로 방지하기 위해서는 기존의 산업폐수와 폐기물 관리체계와는 다른 운영관리체계의 필요에 따라 정부에서는 신축 건물이나 수세식 화장실이 있는 가옥에는 단독정화조 시설 설치를 의무화하고 하수처리구역내 지역의 환경기초시설을 하수처리장 관리체제로 전환하였으며, 그 외 하수종말처리시설을 설치가 곤란한 지역은 생활오수 고도처리를 위한 오수처리시설 설치제도를 도입, 발생오수의 적정처리를 통한 상수원 수질개선을 도모하고 있다.

하수도시설과 오수 및 분뇨처리시설은 모두 방류수역의 수질을 개선하기 위해 설치된 환경기초시설이다. 그러나 오수·분뇨를 적정하게 처리하여 수질오염을 감소시킴으로써 생활과정에서 발생하는 오염물질의 저감을 목적으로 하는 오수·분뇨 관리와 우·오수 배제에 의한 침수와 홍수방재에 중점을 둔 하수관리로 관리체계가 이원화되어 있다. 이는 수세화를 상승과 하수도 보급률 증가로 우·오수 합류식 관거가 설치된 하수처리구역내 지역에 반드시 설치할 의무가 있는 단독정화조의 효율적인 관리 없이는 적정 하

[†] To whom correspondence should be addressed.

bslim@dju.ac.kr

수관리나 하수처리장 효율증대를 기대하기 어려운 원인이기도 하다. 또한 우리나라에서 설치율이 높은 합류식 관거는 우수배제를 우선함에 따라 관거 수밀성을 확보할 수 있는 완벽한 시공 기대가 어렵고 시공 후 유지관리도 제대로 이루어지지 못하는 실정이다(최, 2004).

최근 하수와 오수·분뇨의 합리적 관리를 위한 통합 관리체계의 필요성이 대두되고 있고 단독정화조의 개선 및 운영에 관한 연구(노, 2004), 하수관거 정비 및 하수처리장 처리시스템에 관한 연구(김, 2005; 이, 2006) 등 수질오염 저감을 위한 많은 연구들과 더불어 하수·오수의 통합방안 연구(최, 2004; 환경부, 2004a)도 이루어지고 있으며, 정부에서도 '96년부터 하수관거 불량으로 인한 여러 가지 문제점을 개선하기 위해 하수관거를 새로이 설치하고 개·보수하는 등 하수관거 정비사업을 수행하고(김, 2003) 하수도의 새로운 역할과 기능을 고려한 효율적인 관리정책을 추진하고 있다. 이와 더불어 정부에서 추진하는 하수관거 BTL 사업을 보면 합류식 지역의 하수관거가 분류화되면서 초기 설치되었던 단독정화조의 폐쇄 및 활용이 향후 고려되어야 할 문제이다.

본 연구는 단독정화조 시설의 경제적 부담과 하수 소통 불량과 악취발생, 강우시 월류수에 의한 하천의 수질오염 등의 문제점을 보완할 수 있는 우리나라 합류식 하수처리 구역내에 적합한 단독정화조의 기능·역할 및 효율적인 운영방안 검토를 위한 것이다. 기존 운영 중인 단독정화조의 각 처리공법별 성능조사, 재질검사 등을 수행한 결과를 토대로 하수처리구역내에 적합한 단독정화조 모형을 제시하고 효율적 유지관리 및 개선방안을 제안하고자 한다.

2. 재료 및 방법

충청남도내 일부지역에 설치된 단독정화조 시설을 처리공법별로 구분하여 부패탱크방식 109개 시설, 3단부패탱크방식 20개 시설, 살수형 부패탱크방식 19개 시설 그리고 접촉폭기방식 48개 시설 등 총 196개 시설을 시험대상 시설로 선정하였다. 2003년 4월부터 10월까지 196개 단독정화조 시설의 분뇨 방류수를 1회 채수하여 처리공법별 효율과 관리실태를 조사하였으며, BOD, BOD 제거율, T-N, T-P 등 4개 항목을 수질오염공정시험방법(환경부, 2003)에 따라 수질분석하고, 단독정화조 관리실태를 조사하였다.

또한 단독정화조 재질검사를 위하여 유리섬유강화플라스틱(FRP)을 두께별로 바쿨경도, 내약품성, 인장강도, 인장탄성율, 인장최대하중, 굽힘강도, 굽힘탄성율, 굽힘최대하중,

압축강도, 압축최대하중, 아이조드충격강도, 유리섬유함유량 등 12개 항목을 한국산업규격(KS) M 3387 등 검사방법(환경부, 2004b)에 따라 재질시험을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 방류수 분석

3.1.1. 방류수의 수질 및 BOD제거율

Table 1은 단독정화조 시설에 대한 처리공법별 방류수 수질분석 결과를 나타낸 것이다. 196개 시설의 BOD 평균 농도는 131.3 mg/L이었으며, 처리방식별로는 부패탱크방식이 119.1 mg/L, 3단부패탱크방식이 127.6 mg/L, 살수형부패탱크방식이 131.3 mg/L, 접촉폭기방식이 147.1 mg/L 순으로 높았으며, BOD 제거율은 전체 평균 60%로 공법별로는 3단부패탱크방식 68%, 부패탱크방식 63%, 접촉폭기방식 57%, 살수형부패탱크방식이 51% 순이었다.

전체 시설의 평균 BOD 농도는 131.3 mg/L로 분뇨처리 시설 방류수 수질기준 30 mg/L의 약 4배를 초과하는 농도로 유기물질이 다량 검출됨을 보여주고 있다. 본 연구대상 시설의 방류수 수질기준 적용지역이 기타지역으로 단독정화조는 BOD 제거율이 50% 이상이어야 한다. 그러나 연구결과 단독정화조 수질기준인 BOD 제거율 50% 이상에 못 미치는 시설은 196개 중 44개 시설로 22.4%에 해당되어 하수처리의 지역에 설치된 단독정화조에 대한 수질 대책이 필요하다. 또한 단독정화조 처리공법중 호기성 공법인 접촉폭기방식은 BOD 147.1 mg/L로 높았고, BOD 제거율 57%로 저조한 처리효율을 보이고 있는데 이는 정화조 설치 후 준공검사 시에만 포기용 송풍기를 설치하고 준공이후에는 가동을 중단하거나 고장난 상태로 방치하는 경우가 많아 단순히 침전, 산화작용만을 거쳐 처리되었기 때문으로 판단된다.

Table 2는 단독정화조 시설에 대한 용량별 방류수 수질 분석 결과를 나타낸 것이다. 처리용량별로는 20인 이하의 BOD 제거율이 54%로 제거효율이 가장 낮았고, 20인 이상~100인 이하는 65%, 100인 이상은 64%를 나타냈으며, 영양염류의 경우 20인용 이하가 T-N 155.1 mg/L, T-P 14.0 mg/L로 소규모 시설이 비교적 처리가 저조하여 방류수가 높게 나타나고 있다.

3.1.2. 영양염류의 제거

방류수질 분석결과 각 처리공법별 방류수 중의 평균 T-N과 T-P 농도는 각각 Fig. 1과 Fig. 2와 같다. T-N 농도는 3

Table 1. Analytical results of effluent according to septic tank type

(Unit : mg/L)

Item	BOD	BOD removal efficiency (%)	T-N	T-P
Decay tank	119.1	63	149.4	12.4
Three-stage decay tank	127.6	68	91.8	8.0
Sprinkling tank	131.3	51	175.0	15.5
Contact aeration tank	147.1	57	139.5	14.8
Average	131.3	60	138.9	12.7

Table 2. Analytical results of effluent according to septic tank capacity (Unit : mg/L)

Septic tank capacity	Item	BOD	BOD removal efficiency (%)	T-N	T-P
less than 20 persons		125.9	54	155.1	14.0
less than 20 ~ 50 persons		128.3	65	153.6	13.1
less than 50 ~ 100 persons		139.8	65	116.1	10.2
over than 100 persons		117.3	64	128.4	12.8
Average		131.3	60	138.9	12.7

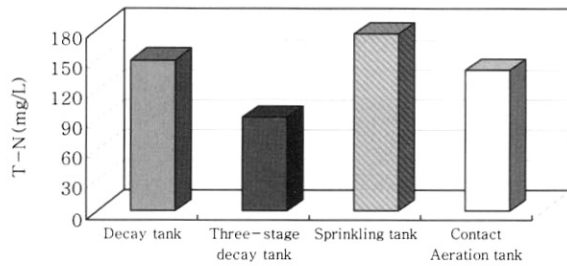


Fig. 1. T-N concentration in effluent by septic tank type.

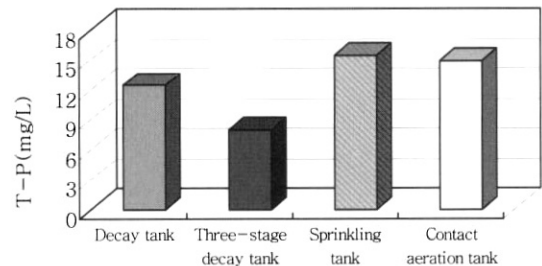


Fig. 3. Comparison on effluent quality according to periodical cleaning of septic tank.

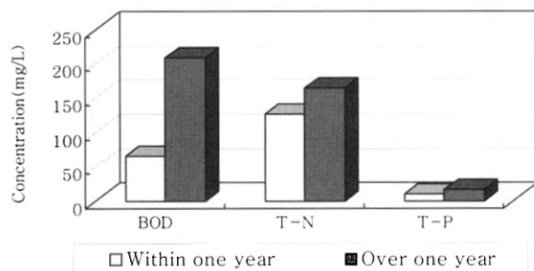


Fig. 2. T-P concentration in effluent by septic tank type.

단부패탱크방식에서 91.8 mg/L, 집축폭기방식 139.5 mg/L, 부패탱크방식 149.4 mg/L, 살수형부패방식 175.0 mg/L 순으로 높게 검출되었으며, T-P의 경우는 3단부패탱크방식 8.0 mg/L, 부패탱크방식 12.4 mg/L, 집축폭기방식 14.8 mg/L, 살수형부패방식 15.5 mg/L의 순으로 대상공법 중 3단부패방식이 다른 방식에 비해 T-N과 T-P 제거율이 양호하였다.

전체 시설의 방류수중 평균 T-N, T-P의 농도는 각각 138.9 mg/L, 12.7 mg/L로, 분뇨처리시설 방류수 수질기준인 T-N 60 mg/L, T-P 8 mg/L를 초과한 시설은 T-N이 161개 시설, T-P가 145개 시설로 각각 82.1%와 74.0%에 달하는 것으로 분석되어 현 단독정화조 시설로는 영양염류 제거가 정상적으로 이루어지지 않는 것을 알 수 있었다. 참고로 T-N과 T-P의 제거율을 산출하지 않은 것은 방류수 수질기준에 TN, TP 항목이 없으며, BOD와 같이 염소이온 농도를 측정하여 회석에 의한 제거율 산정방법이 아직까지 없기 때문이다.

3.1.3. 정화조 내부청소에 따른 방류수 수질

오수처리시설 및 분뇨정화조의 관리기준(환경부, 2004c)에 정기적인 기능점검, 방류수의 수질검사 실시, 내부청소 및 소독을 실시하게 규정되어 있다. 정화조 청소에 따른 방류수 수질 분석결과 정화조 청소를 1년 이내에 실시한 시설은 조사대상 196개 시설 중 109개로 55.6%의 청소를

을 보였으며, Fig. 3에서와 같이 청소를 실시한 기간이 1년 이내인 시설의 평균 BOD 농도는 63.9 mg/L이었고, 청소시기가 1년 이상인 시설의 경우는 208.3 mg/L로 큰 농도차를 보였다. BOD 제거율에서도 청소시기가 1년 이내는 77.8%, 1년 이상된 시설은 39.6%로 나타나 정화조 청소주기가 방류수 수질에 미치는 영향에 밀접한 상관성이 있음을 알 수 있다.

영양염류의 농도도 1년 이내 청소를 실시한 시설과 실시하지 않은 시설의 T-N 농도는 126.9 mg/L, 164.6 mg/L이었으며 T-P 농도는 10.0 mg/L, 16.5 mg/L이었다. 방류수중 영양염류의 농도는 청소를 실시한 시설과 그렇지 않은 시설과의 차이가 BOD 방류수 수질보다는 적었다. 따라서 청소주기에 의한 방류수 수질은 영양염류보다 유기물질 제거에 더 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다.

3.2. 재질검사

유리섬유강화플라스틱 단독정화조의 재질검사 항목은 모양, 경도, 두께, 내약품성(물, 0.1% 수산화나트륨용액, 0.1% 질산용액, 1.0% 차아염소산나트륨용액, 1.0% 암모니아수), 강도(내압강도, 칸막이강도, 집축제강도, 재하강도), 수밀성, 강성, 용량, 소음, 구조 등이다. 본 연구에서는 현장측정 항목을 제외하고 두께에 따른 강도의 차이를 규명하기 위하여 인장최대하중, 굽힘최대하중, 압축최대하중을 추가하여 바깥경도, 내약품성, 인장강도, 인장탄성율, 인장최대하중, 굽힘강도, 굽힘탄성율, 굽힘최대하중, 압축강도, 압축최대하중, 아이즈트충격강도, 유리섬유함유량 등 12개 항목을 검사한 결과를 Table 3에 나타내었다.

3.2.1. 두께별 유리섬유함유량 및 내약품성

유리섬유함유량 기준은 25% 이상으로 규정되어 있는데 검사 결과 5 mm일 경우 37.2%, 7 mm일 경우 36.4%, 9 mm

Table 3. Characteristics of the fiberglass reinforced plastics (FRP) by its thickness

Thickness classification		Standard	Average	5 mm	7 mm	9 mm	11 mm
Item							
Barcol hardness		over than 30	51	52	52	50	50
Chemical resistance (mg/cm ²)	Water	±2.0 mg/cm ²	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05
	0.1%NaOH		-0.05	-0.05	-0.06	-0.05	-0.05
	0.1%HNO ₃		-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.09
	1.0%NaOCl		0.10	0.09	0.10	0.10	0.09
	1.0%NH ₄ OH		0.08	0.08	0.07	0.08	0.08
Tensile strength (MPa)		-	121	125	122	120	120
Tensile strength Peak load (N)		-	9,697	6,250	8,540	10,800	13,200
Tensile modulus (MPa)		-	9,297	9,490	9,320	9,200	9,180
Bending strength (MPa)		-	195	202	196	192	190
Bending strength Peak load (N)		-	1,292	631	873	1,111	2,554
Bending modulus (MPa)		-	7,600	7,860	7,820	7,400	7,320
Compressive strength (MPa)		-	154	157	157	152	150
Compressive strength Peak load (N)		-	15,931	10,205	14,287	17,784	21,450
Izod impact strength (KJ/m ²)		-	50	52	50	50	48
Glass fiber content (wt%)		over than 25%	36.6	37.2	36.4	36.5	36.2

일 경우 36.5%, 11 mm일 경우 36.2%로 나타났으며 평균 36.6%로 모두 기준을 만족하였다.

약품성 검사는 FRP 시험편을 증류수, 0.1% NaOH, 0.1% HNO₃, 1.0% NaOCl 용액, 온도 60±2°C에서 1.0% NH₄OH 용액, 온도 20±3°C에서 5시간 침지시킨 후 무게변화를 측정하는 것으로 정 등(1982)에 의한 연구와는 다르게 본 연구에 사용된 재질은 평균 ±0.1 mg/cm²의 무게변화를 보여 기준인 ±2.0 mg/cm²를 모두 만족하였다.

3.2.2. 바콜경도, 아이조드 충격강도 및 두께별 강도

바콜경도 검사결과 평균 51로 기준인 30 이상을 모두 만족하였고, 아이조드충격강도는 48~52 KJ/m² 범위로 나타났다. 두께별 인장강도는 최대하중으로 5 mm일 경우 6,250N, 7 mm일 경우 8,540N, 9 mm일 경우 10,800N, 11 mm일 경우 13,200N 이었고, 두께별 굽힘강도 최대하중은 5 mm일 경우 631N, 7 mm일 경우 873N, 9 mm일 경우 1,111N, 11 mm일 경우 2,554N로 나타났다.

두께별 압축강도는 최대하중으로 5 mm일 경우 10,205N, 7 mm일 경우 14,287N, 9 mm일 경우 17,784N, 11 mm일 경우 21,450N으로 나타나 두께가 두꺼울수록 인장강도 최대하중, 굽힘강도 최대하중, 압축강도 최대하중은 커지는 경향을 보였으나 인장강도, 굽힘강도, 압축강도는 단위 표면적 당 최대하중으로 계산되어 단위표면적이 커질수록 최대하중이 커지므로 두께별 차이는 없었다. 두께 기준이나 유리섬유함유량 기준을 만족하지 못하는 제품이나, 재질검사 기준에 내·외장 강도에 대한 항목은 있지만, 사실상 내압강도에 대한 실험을 할 수 있는 여건이 갖추어 있지 않아 강도 시험이 이루어지지 못하는 현 여건을 이용하여, 불량제품의 제조 시공으로 지하수나 토양오염 등 2차적인 환경오염을 유발할 수 있는 가능성 높다. 따라서 현실적으

로 실질적인 검사가 이루어지지 않는 내압강도를 검사항목에서 삭제하고 인장강도, 굽힘강도, 압축강도와 각각의 하중값을 검사항목으로 추가하여 내실있는 검사로 불량제품의 유통을 방지하여야 할 것이다.

3.3. 하수처리구역내 적합한 단독정화조 모형 제안

3.3.1. 합류식 하수처리구역내 단독정화조 설치의 필요성

합류식 하수관거에서 단독정화조 설치 없이 오수와 분뇨를 관거로 직투입하면 하수관거내에 생분뇨와 같은 고농도 유기물질이 함유된 퇴적물이 누적되거나 정체현상이 심한 지역에서는 냄새유발과 혐잡물로 인한 하수소통 불량, 하수 정체로 인한 배수불량, 관거불량으로 인한 지하수 오염, 관거내 정체된 퇴적물이 강우 시 월류수로 인한 하천 수질오염 등의 문제점을 가질 수 있다.

환경부에서는 합류식 하수관거를 통하여 하·폐수종말처리시설로 유입시켜 처리하는 경우 중 우수처리시설 또는 초기우수처리시설 등을 설치하여 월류수를 적정 처리하는 구역은 정화조 설치 면제를 제안하고 있으나, 위에서 지적한 문제점을 가진 상황에서 하수처리구역내 단독정화조 설치의무를 면제한다면 정화조설치에 대한 경제적인 부담해소, 하수처리장 저농도 유입에 따른 처리효율 개선, 소규모 건물중축시 단독정화조 증설에 따른 불편해소의 기대효과는 있을 수 있지만 혐잡물의 관거유입에 따른 하수 소통불량 및 악취발생, 강우시 월류수에 의한 하천 수질오염, 시공불량 또는 노후된 관거에서 누수로 인한 지하수오염, 관거내 유기물질 증가로 인한 관거부식 가속화 등이 예상된다. 따라서 합류식 하수처리구역내 단독정화조는 단기적으로는 불가피한 시설이며, 장기적으로 하수관거 정비가 충분히 이루어지면 단계적으로 폐쇄해야 할 것이나 하수관거정비사업이 완료될 때까지는 최소한의 단독정화조 역할이 필

요하다(환경부, 2006).

3.3.2. 기능적 요소를 고려한 단독정화조 모형

제안된 단독정화조 모형은 기존 단독정화조 설치시 부정적 기능으로 여졌던 하수처리장의 유입수질 저농도로 인한 처리효율 저하 문제를 유입농도를 증가시켜 증대시킬 수 있으며, 설치비 및 매년 청소비, 전기료 등 주민의 경제적 부담이 큰 유지관리비를 단순한 구조와 용량을 감소시킴으로써 주민부담을 경감시킬 수 있다.

강우시 합류식관거의 월류수(CSO: Combined Sewer Overflows) 문제는 월류수의 성상으로 볼 때 분뇨유입에 의한 유기물질보다는 생물학적으로 분해되지 않는 오염물질이 대부분 차지하는 것으로 나타내고 있고(이 등, 2003), CSO에 의한 배출 오염부하와 하수처리장 연간 방류수 부하가 거의 같은 것으로 보고 있다(Sagot et al., 1995). 따라서 새로운 단독정화조의 기능은 분뇨 혐잡물만 제거한다면 고농도의 정화조 유출수에 의한 부유물질이 관거내 퇴적물로 형성되어 관거의 폐쇄 및 CSOs 발생은 매우 감소될 것으로 예상된다.

Fig. 4는 새 모형 단독정화조의 기본구조로 부패 1실과 혐잡물 제거를 위한 격벽을 설치하고 다량의 혐잡물 발생시 T형이 막히지 않도록 한 구조이다. 처리방법은 부패탱크와 처리기능이 유사한 생물학적 혐기성처리에 의해 유기물질을 제거하며, 탱크 형상은 원형이나 구형이나 큰 차이가 없는 것으로 생각된다.

Fig. 5는 단독정화조의 산정인원에 따른 유효용량에 대한 기존 부패식 탱크방법과 제안된 단독정화조의 방법을 비교한 것이다. 제안된 모형의 유효용량산정은 기존 부패식탱크 크기(유효크기=1.5 m³+(인구수-5인)×0.5 m³/5인, 총유효용량은 1.5 m³ 이상으로 하고, 처리대상인원 5인 초과당 0.5 m³ 이상을 가산한 용량)을 1/2로 감소시킨 것(총유효용량 0.75 m³, 5인 초과당 0.25 m³ 이상을 가산한 용량)이다. 또한

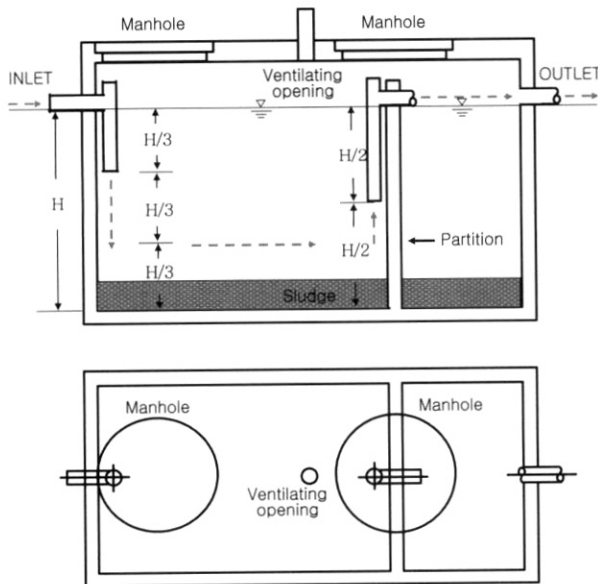


Fig. 4. Standardized structure of septic tank.

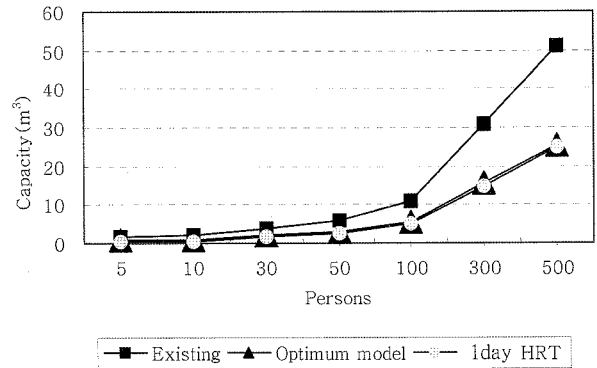


Fig. 5. Comparison on the effective capacity by calculating personnel of septic tank.

제안된 단독정화조의 용량크기 결정은 체류시간 기준으로 산정한 방법(유입량 50 L/인/일, 1일 체류시간)과 초과인원에 따른 용량을 1/2로 감소시킨 방법과 유사하다.

최(1978)에 의한 연구에 의하면 1단계 부패탱크만 사용할 경우 체류시간 24시간일 때 BOD 제거효율이 약 30~40%이고, 12시간으로 감소시킬 경우 20~30% 정도의 효율을 보이는데, 본 연구는 적정 체류시간에 의한 BOD 제거효율은 체류시간이 12시간일 때 BOD 30% 이상의 효율을 나타낼 것으로 예상한다(환경부, 2006). 이에 따라 제안된 단독정화조의 총유효용량은 기존 부패방법 단독정화조의 체류시간 2일에 비해 1/2로 감소하게 된다. 단독정화조의 용량산정은 체류시간으로 결정하기보다는 현재 산정인원에 의한 것이 보편적이어서 제안된 단독정화조의 유효용량도 산정인원에 의해 결정하는 것이 바람직하다고 판단된다. 따라서 기존 부패탱크방법에서 예상장치를 없애고, 탱크 구조가 2실 이상 4실을 합류식 하수처리구역내에 적합한 단독정화조는 1실로 단순화시키는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

제안된 모형의 구조 및 규격은 유효용량 0.75 m³ 이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과하는 때에는 5인당 0.25 m³ 이상을 가산한 용량으로 한다. 유효수심은 1m 이상 3m 이하이어야 하며 유입관의 개구부의 위치는 수면으로부터 유효수심의 3분의 1의 깊이로 하고, 유출관 개구부의 위치는 수면높이로 한다. 격벽의 위치는 총유효용량의 2/3지점에 설치하되, 개구부의 위치는 수면으로부터 유효수심의 2분의 1의 깊이로 하고, 부상물 또는 스크임의 유출이 방지되는 구조이어야 한다. 제 1실의 유입관은 “T”자형 관으로 설치하되, 격벽에 “T”자형 관으로 설치하는 경우에는 위에서 볼 수 있는 점검뚜껑을 두고, “T”자형 관의 지름은 10 cm 이상이어야 한다. 오니를 제거할 수 있는 뚜껑을 설치하여야 한다.

합류식 하수구역내에 적합한 단독정화조의 성능기준은 수처리 기능에 치중하기보다 혐잡물을 제거하는 것이 주기능이므로 별도의 처리효율 기준설정은 불필요한 부분이므로 기존 부패탱크의 성능기준인 BOD 제거효율 50% 이상 기준은 폐지하는 것이 바람직하다.

Fig. 6은 단독정화조와 제안된 단독정화조 설치시 콘크리

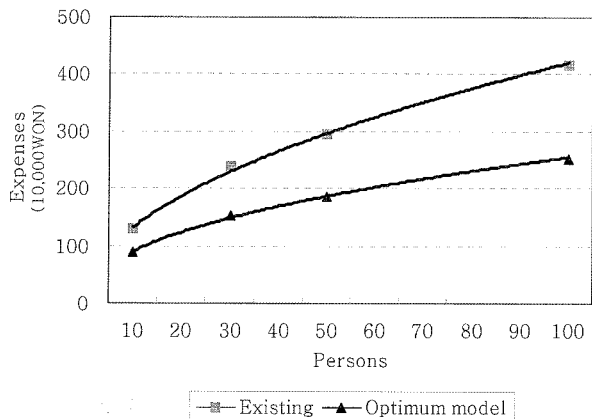


Fig. 6. Comparison on the construction expenses of existing and optimum model septic tank.

트재질을 사용한 경우의 개략적인 공사비의 비교이다. 우리나라의 경우 100인용 이하의 단독정화조가 대부분을 차지하고 있으므로 100인용까지 비교하였다. 제안된 단독정화조가 기존 단독정화조에 비해 공사비가 약 30~40%정도 절감되어지는 것으로 보여진다. 주로 공사비는 철근, 거푸집 항목 등에서 절감되었다.

3.4. 단독정화조 시설 및 관련법 개선방안

3.4.1. 단독정화조 시설 및 재질 개선방안

오수처리시설은 콘크리트 이외의 재질로 구조물을 제작하는 경우에는 법적으로 지반 및 구조물 윗부분의 하중을 고려하여 구조물 변형 또는 손괴 방지를 위해 콘크리트로 바닥에 기초공사를 하여야 하고 보강이 필요한 경우에 한하여 콘크리트 등으로 상부 또는 측면에 보호벽을 설치하도록 하고 있다. 이와같은 오수처리시설의 규정이 단독정화조 설치기준에는 없으므로 이 조항을 삽입할 것을 제안한다. 또한 시설물의 크기에 따른 두께기준이 서로 다르게 설정되어 있다. 즉 유리섬유강화플라스틱 재질로 지름 1500 mm 크기로 제품을 만들 경우 두께기준이 7 mm 이상, 제작 의뢰하는 경우에는 두께기준이 9 mm 이상으로 제작하도록 되어 있다. 따라서 제조 등록하는 제품이나 제작 의뢰하는 제품이 동일한 재질과 크기일 경우에는 같은 두께기준을 일률적으로 적용할 수 있도록 해야 할 것이다. 1999년 개정된 오수처리시설 및 단독정화조의 재질기준에 유리섬유합유량과 두께기준을 추가하여 재질검사를 받도록 규제하고 있다.

본 연구결과, 유리섬유합유량은 평균 36.6%로 기준인 25%보다 높은 함유량을 나타내었다. 이와 같이 유리섬유합유량 기준이 실제 측정되는 값보다 낮게 설정되어 있어 상대적으로 함유 미달을 유도하는 제도일 뿐만 아니라 강도 저하제품을 생산하는 원인이 되고 있다. 따라서 유리섬유합유량이 강도 유지에 주된 역할을 하므로 유리섬유합유량과 두께기준의 관계를 고려하여 유리섬유합유량 25%의 기준을 30% 이상으로 상향 조정하여 강도 높은 정화조가 생산되도록 유도하는 것이 바람직하다고 판단된다. 또한 유명무실한 검사항목을 폐지하고 본 연구에서 실시한 인장강도,

압축강도, 굽힘강도 등을 시험편 검사항목으로 하여 실질적인 검사가 이루어지도록 해야 할 것이다.

3.4.2. 관련법 제도개선

단독정화조에 대한 방류수 수질기준은 수변구역 및 특정지역에서는 BOD 제거를 65% 이상, BOD 100 mg/L 이하이고, 기타지역에서는 BOD 제거율 50% 이상으로 규정하고 있다. 수변구역 및 특정지역에서 BOD 100 mg/L 이하를 만족하려면 85~70%의 성능기준을 가진 단독정화조를 설치하여야 하나 하수처리구역내 지역에 설치한 단독정화조일 경우는 준공 후 수질검사나 사후관리 수질검사 결과가 처리기준 이내로 하여야 한다는 준수 의무가 없으나, 수질기준 준수의무가 있는 하수처리구역의 지역에 설치된 기존 단독정화조는 BOD 제거율 65% 이상, BOD 100 mg/L 이하의 기준을 준수하기에는 현실적으로 어렵다.

한편, 단독정화조의 BOD 제거율은 유입 BOD 농도 측정이 곤란하여 세정수와 방류수의 염소이온 농도를 측정하여 분뇨의 회석배수를 정해 유입 BOD를 산정하도록 되어 있기에 정확한 유입 BOD 농도 측정이 곤란하다. 생분뇨의 BOD 농도를 20,000 mg/L로 하여 회석배율로 나누어 줌으로써 유입수 BOD 농도를 산정하는 기존의 BOD 제거율 산출방법(환경부, 2004c)을 적용 곤란한 경우도 종종 있어 기타지역인 경우 단독정화조의 수질기준을 BOD 제거율만으로 규제하는 것은 합리적인 방법이라 할 수 없다. 따라서 하수처리구역외 지역에 2002년 이전 설치된 단독정화조의 방류수 수질기준은 수변구역, 특정지역, 기타지역 구분 없이 BOD 농도와 BOD 제거율을 함께 규제하여야 하며, 가능하면 단독정화조 시설을 오수처리시설이나 마을하수도 시설로 교체를 서둘러 고농도의 유기물질과 영양염류가 공공수역으로 방류되는 것을 방지하여야 할 것이다. 하수처리구역내에서는 단독정화조 방류수가 하수처리장으로 유입되어 처리되므로 방류수 수질기준을 적용하지 않는것이 바람직하다.

4. 결론

본 연구는 단독정화조의 각 처리공법에 따른 처리효율을 연구하기 위하여 단독정화조 시설 방류수의 BOD, T-N, T-P 등을 분석하고, 시설 구조에 사용되는 유리섬유강화플라스틱(FRP) 재질의 주요 특성을 조사하여 합류식 하수처리구역내 적합한 단독정화조 모형을 제시하고, 단독정화조의 효율적 운영을 위한 제도적 개선방안을 제안하였다.

1) 방류수의 평균 BOD 농도는 131.3 mg/L이었고, 평균 BOD 제거율은 60% 이상이였으며 일반지역 단독정화조 수질기준인 BOD 제거율 50% 이상에 못 미치는 시설은 196개 시설중 44개로 22.4%를 차지하였다. 영양염류 평균농도는 T-N이 138.9 mg/L, T-P가 12.7 mg/L로 나타나 단독정화조는 영양염류가 아닌 유기물질 제거를 목적으로 설치되었음을 알 수 있다. 또한, 정기적으로 청소를 실시한 정화조 방류수의 평균 BOD 농도와 제거율

이 각각 63.9 mg/L와 77.8%로 나타나 청소를 실시하지 않은 시설의 평균 BOD 농도 208.3 mg/L과 제거율 39.6%에 비해 양호한 수질상태를 보였다.

- 2) 단독정화조의 재질 두께가 두꺼울수록 인장강도, 굽힘강도, 압축강도의 최대하중은 커지는 경향을 보이고 있고, 두께기준과 더불어 유리섬유함유량 25%의 기준을 30% 이상으로 상향조정하여 좀 더 강도 높은 정화조가 생산되도록 유도하는 것이 필요하다.
- 3) 하수처리구역내 적합한 단독정화조 모형의 구조와 규격 그리고 성능기준은 단독정화조의 유효총량은 0.75 m³ 이상으로 하고, 처리대상인원이 5인을 초과할 때는 5인 당 0.25 m³ 이상을 가산한 용량으로 하며, 체류시간은 1일로 제안한다. 유효수심은 최소 1 m 이상 최대 3 m 이하로 하며, 유입관 개구부의 위치는 수면으로부터 유효수심의 3분의 1의 깊이로 하고, 유출관 개구부의 위치는 수면으로부터 유효수심의 2분의 1 깊이로 한다. 제1실의 유입관은 "T"자형 관으로 설치하되, 격벽에 "T"자형 관으로 설치하는 경우에는 상단 관찰이 가능한 점검 뚜껑을 두고, "T"자형 관의 지름은 10 cm 이상이어야 한다. 제안된 단독정화조가 기존 단독정화조에 비해 공사비가 약 30~40%정도 절감된다.
- 4) 단독정화조의 시설과 재질에 관한 개선방안으로 단독정화조 설치시 지반 및 구조물 윗부분의 하중 등을 고려하여 콘크리트로 바닥, 측면 부분들에 대한 보호벽 설치를 의무화할 것을 제안한다. 단독정화조의 제조등록과 제작의뢰 제품의 두께기준을 동일하게 설정하고, 현실적으로 실질적인 검사가 이루어지지 않는 내압강도를 검사항목에서 삭제하는 대신 인장강도, 굽힘강도 그리고 압축강도의 하중 값을 검사항목으로 추가하여 내실 있는 검사를 통한 불량제품의 유통을 방지함이 요구된다.
- 5) 하수처리구역내 지역에서는 단독정화조 방류수가 하수처리장으로 유입되어 처리되므로 방류수 수질기준을 적용할 필요가 없을 것으로 판단되며, 하수처리구역의 지역에 설치된 단독정화조의 방류수 수질기준은 수변구역, 특정지역, 기타지역 구분없이 BOD 농도와 BOD 제거율을 함께 규제하는 것을 제안한다.

사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2004-000-10494-0)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

- 김영란, 하수관거 정비사업 효과분석을 위한 방안검토연구, 서울시정개발연구원, pp. 3-4 (2003).
- 김용상, 하수 관리 정비에 따른 한강수계 수질개선 효과 예측, 정주대학교 석사학위논문, pp. 2-4 (2005).
- 노문환, 경북지역의 단독정화조 운영 실태 고찰, 영남대학교 석사학위논문, p. 40 (2004).
- 이두진, 신웅배, 윤현식, 선상운, 곽수동, 분류식 우수유출 오염부하 비교를 통한 CSOs 저감목표 설정 기초연구, *대한환경공학회논문집*, **25**(11), pp. 1420-1428 (2003).
- 이영학, 광주천 유역 복개 하천이 하수처리장 유입수 수질에 미치는 영향, 광주대학교 산업대학원 석사학위논문, pp. 1-3 (2006).
- 정팔진, 이광호, 선상운, 곽수동, 정화조 재질과 효율에 관한 연구, *전북대학교 공업개발연구*, **12**, pp. 1-6 (1982).
- 최의소, 정화조의 기능과 효율검토 연구, *대한토목학회논문집*, **26**(3), pp. 107-114 (1978).
- 최지용, 하수 및 오수 관리체계의 개선 방안, 한국환경정책평가연구원, pp. 17-19 (2004).
- 환경부, 수질오염공정시험방법, pp. 106-288 (2003).
- 환경부, 하수 및 오수·분뇨 통합방안에 관한 연구, pp. 94-102 (2004a).
- 환경부, 한국산업규격(KS) F 4803(유리 섬유경화플라스제 정화조 구성 부품) 검사방법, pp. 18-20 (2004b).
- 환경부, 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률, pp. 43-151 (2004c).
- 환경부, 2004년 하수도통계, pp. 514-589 (2005).
- 환경부, 하수처리구역내 단독정화조의 개선방안 보고서, pp. 74-78 (2006).
- Sagot, A., Chebbo, G. and Desbordes, M., Urban Discharges During Wet Weather ; What volumes have to be treated?, *Water Science & Technology*, **32**(1), pp. 225-232 (1995).