

생물학적 처리시설의 처리비 원단위 산정에 관한 연구 - 고속도로 휴게소를 중심으로 -

장 철 현 · 박 상 우 · 홍 태 석*
한밭대학교 환경공학과 · 동아대학교 환경공학과 · 한국도로공사 논산지사
(2000년 11월 29일 접수; 2002년 6월 18일 채택)

A Study on Unit Treatment Cost of Sewage Disposal Plant in the Service Area under Highway

Cheol-Hyeon Jang, Sang-Woo Park* and Tae-Suck Hong**

Dept. of Environmental Engineering, Hanbat National University, Daejeon 305-719, Korea

*Dept. of Environmental Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

**Korea Highway Corporation, Nonsan, Chungnam 320-836, Korea

(Manuscript received 29 November, 2000; accepted 18 June, 2002)

This study aimed to obtain the relative formula with the unit treatment cost according to the treatment of a sewage plant in the service area under highway. The following results were obtained. The correlative formula connected to amount of sewage(Q)generation was as follows ; between an annual amount of sale(C) showed $Q=19.113 \cdot C^{0.9294}$, and between the number of users(P) showed $Q=2 \times 10^{-8} \cdot P^2 - 0.0298 \cdot P + 75,666$. The correlative formula connected to the treatment cost was as follows ; according to the amount of sewage generation showed $S=3 \times 10^{-6} \cdot Q - 0.2266 \cdot Q + 29,895$, according to the elimination of BOD(E) showed $S=6 \times 10^{-5} \cdot E^2 - 0.6717 \cdot E + 27,744$, according to the annual amount of sale showed $S=0.0005 \cdot C^2 - 4.8013 \cdot C + 35,118$, with the number of persons(P) using the service area showed $S=2 \times 10^{-8} \cdot P^2 - 0.046 \cdot P + 48,803$.

Key words : sewage disposal plant, service area under highway, treatment cost, correlative formula

1. 서 론

최근 고속도로 장기발전계획¹⁾에 의하면 2004년까지 총 35,000km의 고속도로망을 갖출 계획으로 있다. 그로 인한 휴게소의 증설과 함께 오수정화시설의 설비도 지속적으로 증가할 것으로 생각된다²⁾. 아울러 발생하는 오수량도 경제활동의 증가와 생활의 질적향상으로 인한 고속도로 이용객수가 증가함에 따라 증가할 것으로 예상된다.

발생되는 오수 또한 다양화되어 적절한 처리시설이 요구되고 있으며, 변화하는 수질환경에 적절하게 대응하기 위해서는 오수정화시설의 투자비용과 관련되어 경제성 분석이 요구된다.^{3,4)}

이를 위한 방안으로 오수정화시설의 투자 및 관리의 합리적 계획을 수립하기 위해서는 기존시설에 대한 처리비용 원단위에 관한 연구가 보고되고 있다.^{5,6)}

따라서 본 연구에서는 고속도로 휴게소에 설치되어 있는 오수정화시설을 중심으로 적정한 용량설정과 적정관리비 산출을 수행하기 위해 오수발생량에 관한 원단위와 오수정화시설의 처리비에 관한 원단위를 산정하고자 한다.

2. 조사방법

오수정화시설의 오수발생량 원단위 산출방법은 매출액별, 이용인원별로 산출하였으며, 오수정화시설 처리비에 대한 원단위 산정은 오수발생량, BOD 제거량, 년매출액, 이용인원에 대한 처리비로 나타낼 수 있다.

조사방법은 통계조사방법중 모든 부분을 전부 조사

Corresponding Author : Cheol-Hyeon Jang, Dept. of Environmental Engineering, Hanbat National University, Daejeon 305-719, Korea
Phone : +82-42-821-1258
E-mail : jangch@hanbat.ac.kr

Table 1. List of sewage disposal plant in the service area under highway

Treatment process	Spot	Capacity (m ³ /day)	sewage generation (m ³ /day)
Extended aeration	E-1	650	80
	E-2	600	377
	E-3	800	368
	E-4	500	237
	E-5	700	317
	E-6	170	41
	E-7	170	61
	E-8	1,200	644
Contact oxidation	C-1	500	491
	C-2	150	193
	C-3	200	136
	C-4	800	180
	C-5	300	353
	C-6	300	174
	C-7	750	183
	C-8	450	103
	C-9	500	245
	C-10	200	88

하는 전수조사방법으로 조사하였으며, 휴게소에 설치된 오수정화시설은 98년 기준으로 73개소이다. 이중 처리방식의 90%을 이루고 있는 장기포기방식과 접촉산화방식을 채택하고 있는 18개소를 대상으로 실시하였으며 대상시설현황은 Table 1과 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 오수발생량에 대한 원단위 산정

오수정화시설별 매출액과 이용인원을 조사하여 각 시설이 속한 휴게소의 년매출액과 오수발생량, 이용인원과 오수발생량의 관계를 조사분석한 결과

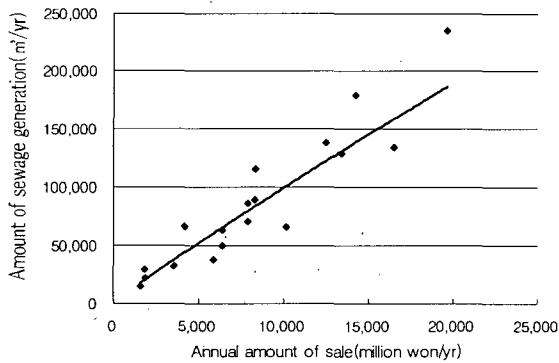


Fig. 1. Relationship between annual amount of sale and Amount of sewage.

는 다음과 같다.

3.1.1. 매출액별 오수발생량

년 매출액(C)과 오수발생량(Q)과의 관계는 Fig. 1과 같다. 오수발생량 1m³당 년매출액은 C-8휴게소가 154,834원/m³으로 가장 크게 나타났고, C-7휴게소가 62,325원/m³으로 가장 낮게 나타났다. 대상시설의 평균 오수발생량은 237m³/일이며 평균 년매출액은 8,350백만원으로 오수발생량당 평균매출액은 100,678 원/m³으로 나타났다. 이를 회귀분석하면 $Q = 19.113 \cdot C^{0.9294}$ ($r = 0.9384$)으로 나타낼 수 있다.

3.1.2. 이용인원별 오수발생량

이용인원(P)과 오수발생량(Q)과의 관계는 Fig. 2와 같으며 휴게소별로 0.02~0.12m³/인으로 차이를 보였으나 C-9, E-5, E-8휴게소가 다소 높게 발생한 것으로 나타났다.

이는 각 노선별 종착전에 위치한 지리적 영향과 인근 유원지 이용객에 따른 영향으로 추정되었으며 평균 발생량은 0.06m³/인으로 나타났다. 이를 회귀분석하면 다음과 같다.

$$Q = 2 \times 10^{-8} \cdot P^2 - 0.0298 \cdot P + 75,666 \quad (r = 0.6417)$$

3.2. 오수처리시설 처리비에 대한 원단위 산정

고속도로 휴게소 오수정화시설 처리비용 원단위 조사를 위하여 유지관리비용의 항목별 비율을 조사하였으며 오수발생량과 처리방법별 처리비, BOD 제거량과 처리방법별 처리비, 년 매출액과 처리방법별 처리비, 이용인원과 처리방법별 처리비의 관계를 조사 분석하였다.

3.2.1. 휴게소 처리비 현황

각 휴게소별 오수처리시설의 처리비용 항목은 전력비, 슬러지처리비, 수질검사비, 관리비(약품투입비,

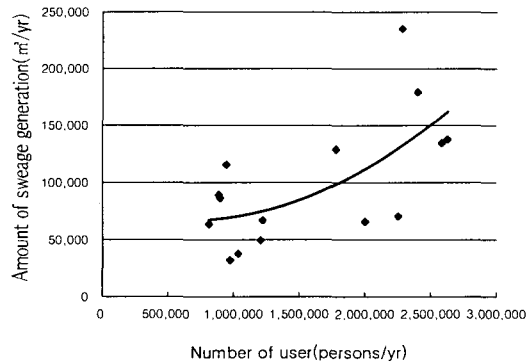


Fig. 2 Relationship between the number of user and amount of sewage generation.

중균제사용비, 인건비, 관리대행비)로 나누어진다. 휴게소별 처리비용의 차이는 다소 있으나 평균적으로 전력비는 22.7%, 슬러지처리비는 15.5%, 수질검사비는 1.8%, 관리비는 60%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

3.2.2. 오수발생량당 처리방법별 처리비

휴게소별 오수발생량(Q)과 처리방법별 처리비(S)에 대한 관계는 Fig. 3에 나타났다. 오수발생량과 처리비에 대한 관계는 E-6, E-7휴게소가 가장 높게 나타났다. 이는 최초 영업개시 이후 미생물 배양장치 및 중균제등으로 인한 추가 소요비용에 따른 것으로 조사되었으며 다른 휴게소도 비슷한 것으로 나타났다. 이를 회귀분석하면 $S = 3 \times 10^{-6} \cdot Q^2 - 0.2266 \cdot Q + 29,895$ ($r = 0.8953$)로 나타낼수 있다. 각 시설의 처리방법별 처리비용을 오수발생량별로 나타내면 Table 2와 같다. 처리방법은 각 휴게소가 채용하고 있는 장기폭기식과 접촉산화식으로 비교하였다.

Table 2에 의하면 평균적으로 장기폭기식이 접촉

Table 2. Amount of sewage generation and treatment cost on treatment process (unit : won/m³)

Sewage generation(m ³ /day)	Treatment process	
	Extended aeration	Contact oxidation
1~100	1176	563
101~200	-	506
201~300	476	378
301~400	515	224
401~500	-	333
501~600	-	-
601~700	740	-
Average	727	401

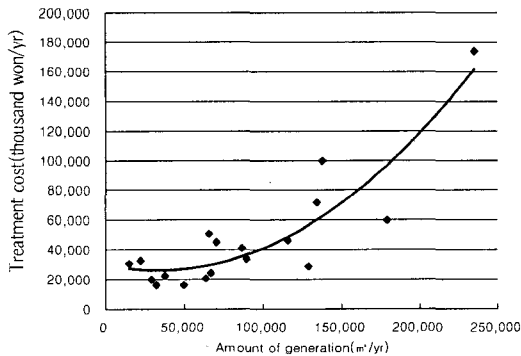


Fig. 3 Relationship between amount of sewage generation and treatment cost.

산화식보다 오수발생량 1m³당 처리비가 1.8배 가량 높은 것으로 나타났다. 또한, 오수발생량이 많아질수록 처리비 상승폭도 크게 나타났다.

이는 다른 처리방식에 비하여 전력비의 비율은 낮으나 슬러지처리에 따른 비용상승으로 처리비가 높게 나타난 것으로 생각된다.

그러나 접촉산화식의 경우 오수발생량이 많아질수록 처리비는 점차 감소하는 추세를 나타내었으나 400m³/day이상인 경우는 상승하는 것으로 나타났다.

3.2.3. BOD제거량당 처리방법별 처리비

휴게소별 BOD제거량(E)과 처리방법별 처리비(S)에 대한 관계는 Fig. 4에 나타났다. 휴게소별 BOD제거량에 대한 처리비의 관계는 E-6, E-7휴게소가 가장 높게 나타났으며 이를 회귀분석하면 $S = 6 \times 10^{-5} \cdot E^2 - 0.6717 \cdot E + 27,744$ ($r = 0.9068$)로 나타낼 수 있다.

각 시설별 처리방식에 따른 처리비용은 Table 3에 나타내었다. Table 3에 의하면 BOD 1kg을 제거하는데 소요되는 처리비용은 두 방식 모두 오수발생량이 증가하면서 점차 감소하다가 400m³/day이후에는 다시 상승하는 것으로 나타났다.

처리방법별로는 장기폭기식이 접촉산화식보다 평균 1.8배 높은 것으로 나타났으며, 특히 300m³/day 이상의 오수발생량에서는 2.2배의 비용 상승을 나타냈다.

3.2.4. 년매출액당 처리방법별 처리비

년매출액(C)과 처리비(S)에 대한 관계를 Fig. 5에 나타냈으며 Fig. 5에 의하면 매출액 백만원당 오수를 처리하는데 드는 비용은 평균 6,636원/백만원이고, 이를 회귀분석하면 다음과 같다. $S = 0.0005 \cdot C^2 - 4.8013 \cdot C + 35,118$ ($r = 0.8742$) 년매출액당 처리비를 각 시설의 처리방법 별로 나타내면 Table 4와 같다.

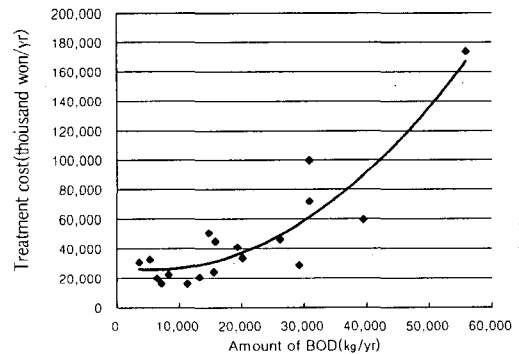


Fig. 4. Relationship between amount of BOD and treatment cost.

Table 3. Amount of BOD and treatment cost on treatment process (unit : won/ BOD kg)

Sewage generation(m ³ /day)	Extended aeration	Contact oxidation
1~100	5,053	2,534
101~200	-	2,265
201~300	2,127	1,674
301~400	2,278	985
401~500	-	1,508
501~600	-	-
601~700	3,114	-
Average	3,143	1,793

Table 4. Annual amount of sale and treatment cost on treatment process(unit : won/million won)

Sewage generation(m ³ /day)	Extended aeration	Contact oxidation
1~100	14,118	5,114
101~200	-	4,386
201~300	5,232	4,085
301~400	5,874	2,151
401~500	-	4,193
501~600	-	-
601~700	8,872	-
Average	8,524	3,986

접촉산화식인 경우 오수발생량이 클수록 년매출액 당 처리비용이 점차 감소하지만 400m³/day이상의 오수발생량을 보이면 다시 증가하는 것으로 나타났다. 장기폭기식은 200~400m³/day인 경우가 다른 오수발생량에 비해 처리비용이 적은것으로 나타났다. 각 시설별 평균적인 처리비용을 살펴보면 장기폭기식이 접촉산화식에 비해 2.1배 높은 것으로 나타났다.

3.2.5. 이용인원당 처리방법별 처리비

이용인원(P)과 처리비(S)에 대한 관계는 Fig. 6에 나타냈으며 이용인원당 처리비용은 E-8 휴게소가 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 인근 유원지와 인접하여 유동인구가 많은 것이 원인인 것으로 생각된다.

회귀분석한 결과는 다음과 같으며 $S = 2 \times 10^{-8} \cdot P^2 - 0.0461 \cdot P + 48,803$ ($r = 0.6678$), 이용인원에 따른 처리비를 각 시설의 처리방식별로 나타내면

Table 5. Amount of user and treatment cost on treatment process (unit : won/person)

Sewage generation(m ³ /day)	Extended aeration	Contact oxidation
1~100	-	9.2
101~200	-	19.95
201~300	45.8	38.1
301~400	41.0	12.9
401~500	-	24.8
501~600	-	-
601~700	76.2	-
Average	54.3	21.0

Table 5와 같다. Table 5에 의하면 장기폭기식이 접촉산화식에 비해 이용인원 1인당 처리비가 3.6배가량 높은 것으로 나타났다.

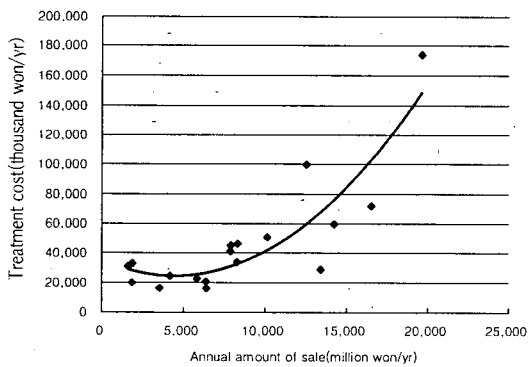


Fig. 5. Relationship between annual amount of sale and treatment cost.

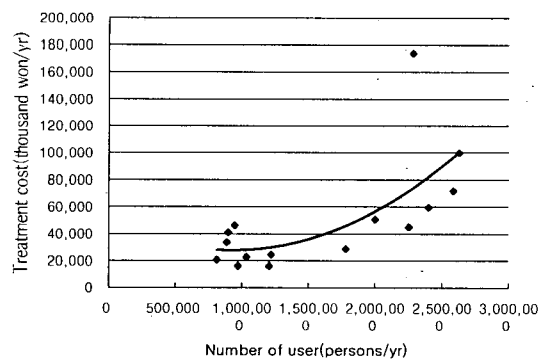


Fig. 6. Relationship between the number of user and treatment cost.

4. 결 론

고속도로 휴게소 오수정화시설의 처리비 원단위 산정에 관한 연구결과는 다음과 같다.

1. 년 매출액(C)과 오수발생량(Q)과의 상관관계식은 $Q = 19.113 \cdot C^{0.9294}$ 으로 나타났으며 오수발생량 1m³당 년매출액은 평균 100,678원/m³으로 나타났다.
2. 이용인원(P)과 오수발생량(Q)과의 상관관계식은 $Q = 2 \times 10^{-8} \cdot P^2 - 0.0298 \cdot P + 75,666$ 으로 나타났으며 이용인원 1인당 오수발생량은 평균 0.06m³/인 이었다.
3. 오수발생량(Q), BOD제거량(E), 년매출액(C), 휴게소 이용인원(P)에 대한 각각의 처리비용과의 상관관계식은 다음과 같다.
 $S = 3 \times 10^{-6} \cdot Q^2 - 0.2266 \cdot Q + 29,895$
 $S = 6 \times 10^{-5} \cdot E^2 - 0.6717 \cdot E + 27,744$
 $S = 0.0005 \cdot C^2 - 4.8013 \cdot C + 35,118,$
 $S = 2 \times 10^{-8} \cdot P^2 - 0.0461 \cdot P + 48,803$
4. 오수발생량 1m³당, BOD 1kg 제거량당, 년매출액 100만원당 처리하는 비용은 오수발생량이

많아질수록 감소하다가 발생량이 400m³/day 이상이 되면 약간 증가하는 것으로 나타났다. 처리비용은 오수 발생량이 많아질수록 접촉산화식이 장기폭기식에 비해 낮은 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) 한국도로공사, 1997, 함께 생각하고 동행하는 21세기 비전.
- 2) 이의상, 강희만, 문석환, 1998, 고속도로 휴게소 오수정화시설 표준화연구, 한국도로공사 연구 요약보고서, 755-787pp.
- 3) 한국도로공사, 1996, 고속도로 부대시설이용 실태조사, 33-154pp.
- 4) 한국도로공사, 업무통계, 1993-1997.
- 5) 황대성, 1994, 고속도로 휴게소의 오수정화시설 유지관리에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문.
- 6) 전종철, 1989, 우리나라 제지·피혁산업의 폐수처리비용 원단위 조사에 관한 연구, 건국대학교 석사학위논문.