

매립폐기물의 겉보기밀도와 체적환산계수의 상관관계 연구

A Study on Correlation between Volume Conversion Factor and Apparent Density of Wastes Buried in Landfill

조진우^{1*}

Jinwoo Cho^{1*}

¹Member, Senior Researcher, Construction Automation Research Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Gyeonggi-do 10223, Republic of Korea

ABSTRACT

It is now common to find the wastes buried in the past during the excavation process of soil for large scale housing and land development. Without proper treatment of the wastes environmentally, the excavation process is no longer able to proceed, and an action plan should be provided to treat the wastes with environmental and economic viability. In the study, the relationship between the apparent density of the wastes and the volume conversion factor, which is the basis in the estimation of waste treatment cost was investigated. From 10 sampling points of a landfill site, wastes were sampled, analyzed for physical characteristics, and the apparent density of mixed and sorted waste was assessed. Applying the empirical formula, and the formula we suggested here, the volume conversion factors were compared with that measured directly in the field using dump truck and excavator. Obviously there was a close relationship among the volume conversion factors resulting from the empirical formula, the formula we suggested and that measured in the field.

요 지

최근 대규모 택지개발 현장에서 굴착과정 중 매립폐기물이 발견되는 사례가 빈번히 발생되고 있다. 발생한 매립폐기물을 환경적으로 처리하기 전에는 대상지역의 개발사업을 진행할 수 없으며, 매립폐기물에 대한 처리대책을 수립하여 환경적이고 경제적으로 처리하여야 한다. 본 연구에서는 매립폐기물의 처리에 있어 단가 산정의 기본적인 계수가 되는 매립폐기물의 겉보기밀도와 체적환산계수의 상관관계를 분석하고자 하였다. 이를 위하여 ○○지역의 사용종료 매립지 10지점에서 매립폐기물을 채취하여 물리적성상을 분석한 후, 성상별 및 혼합폐기물의 겉보기밀도를 측정하였다. 매립폐기물의 겉보기밀도와 체적환산계수의 상관관계를 분석하기 위하여, 매립폐기물의 겉보기밀도로부터 유추한 체적환산계수와 실측한 체적환산계수, 경험식에 의한 체적환산계수를 비교하였다. 분석결과, 겉보기밀도로부터 유추한 체적환산계수, 경험식에 의한 체적환산계수, 그리고 실측한 체적환산계수는 일정한 상관관계를 나타내고 있어, 겉보기밀도와 체적환산계수에 관한 기초자료로서 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

Keywords : Buried waste, Physical characteristics, Apparent density, Volume conversion factor

1. 서 론

2001년 12월말 기준으로 지방자치단체가 설치·운영 후 사용종료 또는 폐쇄한 생활폐기물 매립지는 1,170개소, 면

적으로는 17,929,000m², 매립된 폐기물량은 173,637,000ton으로 조사되었다. 이중 폐기물관리법에 의거 설치승인을 받은 매립지는 65개소(5.6%)로 대부분의 매립지가 설치승인을 받지 못한 비위생 매립지이다(Ministry of Environment, 2002). 또한, 인구증가와 더불어 급속한 산업사회의 발달은 도시화를 통한 도시의 인구집중을 초래하여 기존에 도시외곽에 속해있던 부도심지역이 도시의 중심부에

Received 26 Oct. 2020, Revised 18 Nov. 2020, Accepted 24 Nov. 2020

*Corresponding author

Tel: +82-31-910-0785; Fax: +82-31-910-0031

E-mail address: jimucho@kict.re.kr (J. Cho)

편입되게 되었다.

이러한 도시화의 확대에 과거에 단순 매립되었던 비위생매립지가 신도심지에 포함되어 도시개발 및 주거환경에 악영향을 끼치게 되어 매립지 정비가 불가피한 경우가 발생되고 있다. 이러한 사용종료 매립지에 대한 정비방법은 사용종료 매립지 정비지침에 의거하여 현지안정화 또는 굴착·선별 이적방법으로 처리하고 있다(Ministry of Environment, 2010). 현지안정화 방법은 말 그대로 매립지를 굴착하지 않은 대신 차수시설이나 가스포집시설 등 사후관리시설을 설치하여 침출수나 발생가스 등을 지속적으로 모니터링하고 처리하는 방법으로서 대규모 매립지에서 적용할 수 있는 소극적 방법이라고 할 수 있다. 이 공법은 매립지를 공원이자 녹지 등으로 이용하고자 할 때 많이 사용되며 매립지가 안정화될 때까지 지속적인 오염원으로 남아 있게 된다. 현재 이 기술은 난지도매립지에 적용되었으며, 소규모매립지에는 적용하지 않는 것이 일반적이다. 한편 굴착·선별 이적방법은 매립폐기물 전체를 굴착하여 토사, 가연물, 불연물로 분류하여 처리하는 방안이다. 선별된 토사는 재활용할 수도 있으며, 가연물은 소각시키고 불연물은 다시 인근 위생매립지로 이송하여 매립하게 된다. 이 방법은 폐기물이 매립된 지반에 대해 가장 환경 친화적이고 효율적인 처리방안이라고 할 수 있으나 선별처리과정이 복잡하고 유지관리가 필요하다는 단점이 있다. 굴착·선별 이적방법 적용 시 매립폐기물의 물리적 성상에 따른 겔보기밀도와 체적환산계수는 매립폐기물의 중량과 부피의 환산계수로 사용되는 계수로서 매립폐기물의 처리 단가를 산정하는데 필요한 계수이다.

매립폐기물의 물리적 성상에 관한 기존 연구들을 분석해 보면 매립 후 경과시간, 지역특성 등에 따라 넓은 범위의 값을 나타내고 있다. 국내 21개소의 사용종료 매립지의 물리적 성상 분석 결과 토사의 경우 27.20~89.96%, 대표적인 가연물류인 비닐·플라스틱의 경우 1.34~34.40%, 대표적인 불연물류인 자갈의 경우 0~28.53%로 조사되었다(Kim et al., 2009). 매립폐기물의 겔보기밀도는 가연성의 경우 0.35~0.50t/m³, 불연성의 경우 1.40~1.80t/m³, 토사류의 경우 1.45~1.70t/m³으로 조사되었다(Yi et al., 2018; Korea Land & Housing Corporation, 2006&2008). 매립폐기물의 특성 상 매립폐기물은 굴착 시 교란됨에 따라 부피의 증가가 발생한다. 따라서 굴착·선별 이적방법 적용을 위한 물량산정을 위해서는 체적환산계수의 적용이 필요하다. 매립폐기물의 체적환산계수 역시 1.29~1.54의

범위로 폐기물의 종류 및 매립기간 등의 현장조건에 따라 다양한 값이 사용되고 있다(Yi et al., 2018).

현장에서 매립폐기물의 체적환산계수 실측은 시간이 많이 소요되어, 실제 설계시에는 경험식에 의한 체적환산계수를 사용하기도 한다. 그러나 전술한 바와 같이 매립폐기물의 물리적 성상, 겔보기밀도, 체적환산계수는 매립폐기물의 특성(성상, 경과년도, 함수비 등)에 따라 다양한 값을 나타내므로, 반드시 실측값이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 겔보기밀도와 체적환산계수의 상관관계를 분석하여 겔보기밀도를 이용한 체적환산계수 산출에 관한 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 연구재료 및 방법

2.1 조사대상 매립지 선정

조사 대상지역은 ○○지역의 택지개발 중 발견된 사용종료 매립지로 매립면적은 420,000m²로 조사되었다. 매립기간은 1980년대 후반부터 1990년대 초반사이로 추정되며, 인근지역의 생활쓰레기와 건설폐기물이 매립된 것으로 판단된다. 조사 대상지역에서 총 10개 지점에 대하여 시료채취 및 실험을 수행하였다.

2.2 물리적 성상

폐기물은 비균질성이 크고 장기간에 걸쳐 부패하기 때문에 일반 토사와는 달리 구성성분, 물리적 특성, 역학적 특성, 그리고 압축특성 등에 있어 다른 공학적 성질을 가지게 된다. 일반 토사에 비해 입자가 크고 불규칙하여 일반 토질시험에서 사용되는 시험기재재료는 시료의 크기효과(Size Effect)로 인해 정확한 결과를 얻기가 힘들다(Ju et al., 2000). 그러므로 폐기물의 특성을 정확하게 파악하려면 기존의 장비와 다른 대형의 장비가 요구된다. 폐기물의 물리적 성상은 크게 가연분, 불연물, 토사로 나누어 구분된다(Table 1). 이러한 성상 분류는 폐기물의 조성비를 판단할 수 있을 뿐만 아니라 폐기물의 분해정도, 분해상태 등을 관찰할 수 있는 중요한 자료가 된다. 가연물류에는 음식물류, 종이류, 비닐·플라스틱류, 나무·풀류, 섬유류, 가죽·고무류 등, 불연물류에는 유리·도자기류, 금속·알루미늄류, 건설폐기물, 자갈 등, 토사류에는 토사, 연탄재 등이 해당된다(Fig. 1). 성상분석은 인력에 의해 토사, 건설

Table 1. Composition of landfill waste

Combustibles	Incombustibles	Soils
– Foods, Vegetables, Paper, Textile, Vinyl, Plastics, Wood, Garden Trimmings, Leather, Rubber	– Glass, Metal, Gravels	– Soil, Briquettes, Dirt, Ashes
		



(a) Wastes before classifying



(b) Classification of properties by hand



(c) After classification, wastes by properties

Fig. 1. Physical property classification experiment



(a) Apparent density of mixed wastes



(b) Apparent density by property (combustible)



(c) Apparent density by property (Incombustible)

Fig. 2. Apparent density measurement Experiment

폐기물, 금속, 비닐·플라스틱, 음식물, 유리·도자기, 나무, 고무, 섬유, 종이 등의 10종으로 선별되며, 부피비를 기준으로 비율을 산출하였다.

2.3 겉보기밀도

매립폐기물의 겉보기밀도는 발생된 매립폐기물의 질량과 부피의 환산인자로 사용된다. 매립폐기물에 대한 겉보기밀도는 현장 매립조건 및 폐기물의 구성에 따라 차이가 있으므로 반드시 실측하여야 한다. 겉보기 밀도는 식 (1)에 의하여 구할 수 있다. 혼합폐기물의 겉보기밀도 이외에 가연물, 불연물, 토사에 대한 각각의 겉보기밀도 측정 역시 필요한데, 이는 선별된 각 성분의 처리 시 환산인자로

사용된다. 겉보기밀도의 측정방법은 일정부피의 용기에 폐기물을 담아 30cm 높이에서 3회 자유 낙하시키고 눈금이 줄면 다시 폐기물을 추가하여 중량을 측정하여 산정한다(Fig. 2).

$$Apparent\ Density = \frac{Total\ weight - Container\ weight}{Container\ volume} \quad (1)$$

현재 국내에서 조사된 매립폐기물의 겉보기밀도 값은 Table 2와 같다. 매립폐기물의 겉보기밀도는 폐기물의 부패정도, 입경, 성상, 함수비, 이물질함량 등에 따라 다양한 값을 나타내므로, 현장 특성을 고려하여 실측하여 사용하여야 한다.

Table 2. Apparent density of domestic landfill waste

Division	Apparent density (t/m ³)			Remarks
	Soil	Incombustible	combustible	
CRC (2008)	1.50~1.70 (Clay soil)	1.70~1.80	-	Natural state
	1.70~1.90 (Sandy soil)			
LH (2006)	1.45	1.70	0.50	Natural state
LH (2008)	1.70	1.80	0.50	Natural state

Table 3. Volume conversion factor of domestic landfill waste (LH, 2012)

Construction name	Volume conversion factor (L)
Landfill waste treatment in the housing site development district in Yeonbong, Hongcheon	1.25
Jeonju Haga Landfill Waste Treatment in Housing Site Development District	1.30
Pocheon landfill treatment project	1.30
Seosin Unsanitary Landfill Maintenance Project	1.35
Donghae landfill maintenance work	1.43
Cheonan Cheongsu District Housing Site Development Project	1.44
Treatment of landfill waste in the Cheonan Shinbang-Tongjeong Housing Site Development District	1.50



Fig. 3. Volume conversion factor field test

2.4 체적환산계수

폐기물은 매립상태에 따라, 같은 중량일지라도 부피가 일정하지 않다. 상태에 따라 부피가 변하는 폐기물의 이러한 성질을 각각의 상태와 연관지어 정확한 값을 산정할 수 있게 하는 것이 체적환산계수이다. 체적환산계수는 재료를 자연 상태, 흐트러진 상태, 다져진 상태로 구분하여 서로 상관관계에 따라 산출하게 되며, 설계 시 매립된 폐기물량과 굴착된 폐기물량을 산출하기 위해 반드시 필요하다. 체적환산계수는 식 (2)를 통해 구할 수 있다.

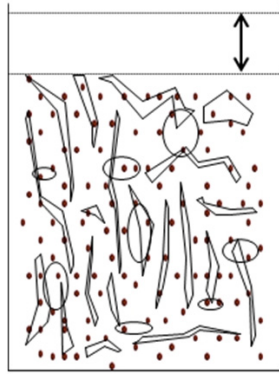
$$\text{Volume Conversion Factor}(L) = \frac{\text{Volume in disheveled state}}{\text{Volume of the landfill}} \quad (2)$$

체적환산계수는 각각의 현장마다 폐기물의 상태에 따라 다른데, 흙의 경우 보통 흐트러진 상태일 때, 1.1~1.35

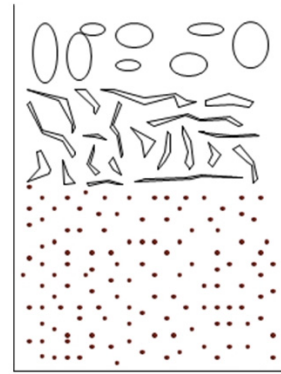
정도이나, 폐기물에 대해서는 통용되는 체적환산계수 값이 존재하지 않으며, 현장조건(폐기물의 종류 및 매립기간)에 따라 다양한 값이 사용되고 있다. Table 3은 국내 매립폐기물 처리시 적용된 체적환산계수를 나타내고 있으며 1.25~1.50 사이의 값이 적용되고 있음을 알 수 있다(LH, 2012). 따라서, 현장조건에 부합하는 정확한 체적환산계수 값의 산정을 위한 실험이 필수적이다.

현장에서 매립폐기물의 체적환산계수(L)는 다음과 같이 산정할 수 있다. 체적환산계수 시험방법은 우선 백호우를 이용하여 굴착대상지역의 복토층을 제거한 후 폐기물층을 굴착한다. 굴착한 폐기물층의 부피를 측정하여 매립상태의 부피를 측정하고, 굴착 후 폐기물을 덤프트럭 등을 이용하여 굴착 후 폐기물의 부피를 측정한다(Fig. 3).

환산계수 측정방법은 시간이 많이 소요되고, 중장비가 필요하여, 실제 설계시에는 경험식에 의한 체적환산계수를 사용하기도 한다. 과거의 경험으로부터 가연물의 경우



(a) Apparent density of mixed waste



(b) Apparent density by property

Fig. 4. Conceptual diagram of the apparent density of mixed waste and wastes by property

L=1.50, 불연물의 경우 L=1.30, 토사의 경우 L=1.25를 적용하여 물리적 성상의 가중치 적용하여 산정한다(LH, 2012).

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Conversion Factor}(L) = & \\
 & (1.25 \times \text{soil ratio}) + (1.30 \times \text{Incombustible ratio}) \\
 & + (1.50 \times \text{combustible ratio}) \quad (3)
 \end{aligned}$$

3. 연구결과 및 고찰

3.1 겉보기밀도와 체적환산계수 상관관계

혼합폐기물의 겉보기밀도 상태는 원지반 상태에서 성상별 폐기물의 간섭효과를 모사한다고 가정하고, 성상별 폐기물의 겉보기밀도 상태는 흐트러진 상태에서의 밀도상태를 모사한다고 가정 할 경우, 혼합폐기물과 성상별 폐기물의 겉보기밀도를 이용하여 체적환산계수를 산출할 수 있다. Fig. 4는 혼합폐기물과 성상별 폐기물의 겉보기밀도 측정시 개념을 나타내고 있다. Fig. 4의 (a)의 경우와 같은 혼합폐기물은 입자의 크기가 서로 다른 가연물, 불연물, 토사 등이 서로 간섭효과를 보이며 공극을 충전시키는 역할을 하고 있으며, 상대적으로 밀도가 높은 불연성 폐기물과 토사류가 가연성 폐기물을 눌러주는 역할을 하고 있다. 그러나 Fig. 4의 (b)와 같은 성상별 폐기물의 경우 서로 동일한 성상의 폐기물들이 독립적으로 배열되어 있는 형상을 나타내고 있다. 이러한, 개념으로부터 혼합폐기물의 겉보기밀도와 성상별 겉보기밀도를 수행하여 체적환산계수를 다음 식 (4)와 같이 산정할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Conversion Factor}(L) = & \\
 & \frac{\text{Apparent density of mixed waste}}{(\text{Com density} \times \text{PR}) + (\text{Incom density} \times \text{PR}) + (\text{soil density} \times \text{PR})} \quad (4)
 \end{aligned}$$

여기서, Com : 가연물(Combustible)
 Incom : 불연물(Incombustible)
 PR : 성상비(Property Ratio)

식 (4)는 결국 매립상태의 밀도와 흐트러진 상태의 밀도의 비율이다. 이를 표현하면 식 (5)와 같다. 식 (5)에서 m은 폐기물의 중량으로 매립상태나 흐트러진 상태에서의 중량 m은 동일하므로 최종적으로 식 (4)는 식 (2)의 체적환산계수와 동일하게 표현된다.

$$\begin{aligned}
 Eq(4) = \frac{\text{Density of Landfill}}{\text{Density in disheveled state}} = \frac{m/V1}{m/V2} = \frac{V2}{V1} = Eq(2) \quad (5)
 \end{aligned}$$

여기서, V1 : 원부피
 V2 : 흐트러진 부피
 m : 폐기물의 중량

3.2 겉보기밀도와 체적환산계수 상관관계 분석

Table 4는 현장에서 실측한 체적환산계수(식 (2)), 경험식에 의한 체적환산계수(식 (3)), 그리고 겉보기밀도로부터 유추한 체적환산계수(식 (4))를 나타내고 있다. 식 (3)은 과거 경험으로부터 가연성폐기물의 체적환산계수를 1.50, 불연성폐기물의 체적환산계수를 1.30, 토사의 체적

Table 4. Results of correlation analysis between apparent density and volume conversion factor

Sample No.		Test-1	Test-2	Test-3	Test-4	Test-5	Remarks
Physical Properties (%)	Combustible	32,31	31,84	53,84	44,51	43,05	
	Incombustible	6,06	3,47	8,11	5,68	6,19	
	Soil	61,63	64,69	38,05	49,81	50,76	
Combustible density (t/m ³)		0,34	0,37	0,36	0,33	0,33	
Incombustible density (t/m ³)		1,29	1,13	1,20	1,20	0,96	
Soil density (t/m ³)		1,23	1,15	1,18	1,14	1,18	
Sum of density by properties (t/m ³)		0,95	0,90	0,74	0,78	0,80	∑ (density×properties ratio)
Mixed waste density (t/m ³)		1,20	1,17	1,05	1,08	1,10	
Volume conversion factor (Eq2)		1,31	1,32	1,44	1,40	1,41	On-site measurement
Volume conversion factor (Eq3)		1,33	1,33	1,39	1,36	1,36	Empirical Equation
Volume conversion factor (Eq4)		1,27	1,30	1,42	1,38	1,37	Inference from density
Difference (%) between Eq(2) and Eq(3)		1,8	0,9	3,6	2,6	3,5	
Difference (%) between Eq(2) and Eq(4)		3,2	1,6	1,5	1,5	2,5	

Sample No.		Test-6	Test-7	Test-8	Test-9	Test-10	Remarks
Physical Properties (%)	Combustible	43,34	48,23	46,19	39,02	45,87	
	Incombustible	10,13	4,63	4,23	24,99	5,68	
	Soil	46,53	47,14	49,58	35,99	48,45	
Combustible density (t/m ³)		0,29	0,35	0,31	0,25	0,33	
Incombustible density (t/m ³)		1,31	1,32	1,51	1,26	1,15	
Soil density (t/m ³)		1,16	1,15	1,13	1,36	1,18	
Sum of density by properties (t/m ³)		0,80	0,77	0,77	0,90	0,79	∑ (density×properties ratio)
Mixed waste density (t/m ³)		1,09	1,05	1,07	1,15	1,09	
Volume conversion factor (Eq2)		1,39	1,38	1,41	1,30	1,42	On-site measurement
Volume conversion factor (Eq3)		1,36	1,37	1,37	1,36	1,37	Empirical Equation
Volume conversion factor (Eq4)		1,37	1,36	1,39	1,28	1,38	Inference from density
Difference (%) between Eq(2) and Eq(3)		1,9	0,5	3,0	4,6	3,7	
Difference (%) between Eq(2) and Eq(4)		1,7	1,4	1,1	1,9	2,6	

환산계수를 1.25로 가정하고 각각의 성상비를 고려하여 혼합폐기물의 체적환산계수를 구하는 방법이다. 식 (4)는 동일 중량의 폐기물에 대한 혼합폐기물 겉보기밀도를 굴착 전 폐기물의 부피로 보고, 성상별 겉보기밀도를 굴착 후 폐기물의 부피로 간주하여 체적환산계수를 도출하는 방법이다.

Fig. 5는 10개의 현장 실험 체적환산계수값(식 (2))을 바탕으로, 경험식을 통해 유추한 체적환산계수(식 (3))과 성상별 및 혼합폐기물의 겉보기밀도로부터 유추한 체적환산계수(식 (4))를 도식화한 그래프이다. 그래프의 가로축은 실험 번호를 나타내며 막대그래프는 각각 유추 방법(식 (2), 식 (3), 식 (4))에 따른 체적환산계수값을 나타낸다. 가연성 폐기물의 비율이 상대적으로 작은 Test 1, 2, 9(가연성 비율 30%대)의 경우, 현장에서 실측한 체적환산계수가

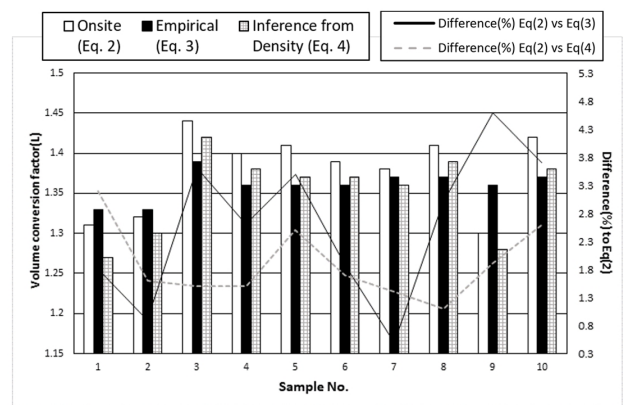


Fig. 5. Comparison of volume conversion factor

1.30~1.32로 조사되었으며, 가연성 폐기물의 비율이 40~50%인 Test 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10의 경우 현장에서 실측한 체적환산계수가 1.38~1.44로 조사되었다. 경험식(식 (3))

에 의해 구한 체적환산계수를 실측치와 비교해 보면, 전반적으로 그 차이가 4.6% 이하의 값을 나타내고 있어(0.5~4.6%, 평균 2.6%), 어느 정도 타당성이 있음을 알 수 있었다. 그러나 폐기물의 매립량이 많은 경우 이러한 차이도 큰 결과로 나타날 수 있으므로, 보다 정확한 값이 요구된다고 할 수 있다. 가연성 폐기물의 비율이 40~50%인 Test 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10의 경우에는 실측치보다 약간 과소평가되는 경향을 나타내고 있으나, 가연성 폐기물의 비율이 상대적으로 작은 Test 1, 2, 9(가연성 비율 30%대)의 경우에는 실측치보다 약간 과대평가되는 경향을 나타내고 있다. 불연성 폐기물의 비율이 24.99%로 높은 경우에는 체적환산계수가 1.36으로 실측치 1.30과 비교적 유사한 값을 나타내고 있다.

두 방법의 차이를 보다 명확히 파악하기 위해 현장 실험 값과 각각의 방법을 통해 얻은 값의 차이를 꺾은선 그래프를 통해 Fig. 5에 동시에 표기하였다. 실선은 현장결과값과 식 (3)을 통해 얻은 값과의 차이를 나타내며 점선은 현장결과값과 식 (4)를 통해 얻은 값과의 차이를 보여준다. Fig. 5에서 보듯이, 점선의 값이 더 작은 것을 알 수 있으며 이는 성상별 및 혼합폐기물의 겉보기밀도로부터 유추한 방법(식 (4))을 통해 얻은 값의 신뢰도가 더 높다는 결론을 지을 수 있다. 또한 실선과 비교하여 실험 횟수 별 점선의 편차가 더 작고, 값의 분포가 비교적 일정하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 불연성 폐기물의 비율에 따른 결과의 신뢰도를 보여준다. 성상별 및 혼합폐기물의 겉보기밀도로부터 유도한 방법(식 (4))에 의해 구한 체적환산계수를 실측치와 비교해 보면, 전반적으로 그 차이가 3.2% 이하의 값을 나타내고 있어(1.15~3.2%, 평균 1.9%), 경험식(식 (3))에 의해 구한 체적환산계수와와의 차이(0.5~4.6%, 평균 2.61%)보다 실측치와 좀 더 유사한 값을 나타내고 있다. 또한 폐기물의 물리적성상과 관계없이 모든 경우에 있어서 실측치보다 약간 과소평가되는 경향을 나타내고 있는데, 이는 성상별 겉보기밀도 측정 시 실험방법상 어느 정도 다짐효과가 발생하여 굴착후의 부피를 약간 과소평가하기 때문으로 판단된다.

분석결과, 경험식에 의한 방법(식 (3))과 성상별 및 혼합 폐기물의 겉보기밀도로부터 유추한 방법(식 (4))에 의해 구한 체적환산계수는 현장에서 실측한 체적환산계수(식 (2))와 5% 이내의 차이를 나타내고 있어 일정한 상관관계가 있음을 확인하였다. 식 (4)에 의해 구한 체적환산계수는 식 (3)에 의해 구한 체적환산계수보다 실측치에 좀 더

근접한 값을 나타내고 있었으며, 식 (3)에 의한 방법은 불연성 폐기물의 비율이 높은 경우에는 체적환산계수를 과대평가하는 것으로 나타났다. 이는 경험식에 의한 방법인 식 (3)의 경우, 불연성 폐기물이 가연성 폐기물 또는 토사를 다짐시키는 현상을 고려하지 못하기 때문으로 판단된다.

4. 결론

- (1) 경험식(식 (3))에 의해 구한 체적환산계수와 실측치와의 차이는 약 5% 이하의 값을 나타내고 있어, 어느 정도 타당성이 있음을 확인하였다. 그러나 폐기물의 매립량이 많은 경우 이러한 차이도 큰 결과로 나타날 수 있으므로, 보다 정확한 값을 도출할 수 있는 방법이 요구된다.
- (2) 경험식(식 (3))을 사용함에 있어, 불연성 폐기물의 비율이 25% 정도로 높은 경우에는 체적환산계수가 1.36으로 실측값인 1.30, 본 연구에서 제시한 방법에 의한 1.28과 비교적 차이를 나타내었다. 이는 경험식에 의한 방법인 식 (3)의 경우, 불연성 폐기물이 가연성 폐기물 또는 토사를 다짐시키는 현상을 고려하지 못하기 때문으로 판단된다.
- (3) 성상별 및 혼합폐기물의 겉보기밀도로부터 유추한 방법(식 (4))에 의해 구한 체적환산계수와 실측치와의 차이는 약 3% 이하의 값을 나타내고 있어, 경험식(식 (3))에 의해 구한 체적환산계수 보다 실측치와 더 근사한 값을 나타내었다.
- (4) 이상의 실험결과, 경험식에 의한 방법(식 (3))과 성상별 및 혼합폐기물의 겉보기밀도로부터 유추한 방법(식 (4))에 의해 구한 체적환산계수는 현장에서 실측한 체적환산계수와 5% 이내의 차이를 나타내고 있어 신뢰도 측면에서는 식 (4)에 의한 방법이 더 정확한 방법으로 현장에서 간편하게 그리고 신속하게 응용될 수 있을 것으로 판단된다.

References

1. Construction Research Corporation (CRC), (2008), 2008 Standard Quantity per Unit in Construction work.
2. Ju, S. Y., Yeon, I. J., Jeon, T. W., Wi, M. K. and Kim, K. Y. (2000), "The Characteristics of Landfill Waste and Leachate on Open Dumping Landfill Site of Small Scale", *Journal of the Korean Geoenvironmental Society*, 1-1, pp.79-85.

3. Kim, D., Kim, T., Kim, M. and Kim, M. (2009), "Reclamation of Closed Non-Sanitary Landfills by Sorting Transfer Control", *Journal of the Korean Geoenvironmental Society*, 10-1, pp.15-23.
4. KOREA LAND & HOUSING CORPORATION (LH), (2006), Jeonju Hagai District Housing Site Development Project Landfill Waste Treatment Plan Design Budget.
5. KOREA LAND & HOUSING CORPORATION (LH), (2008), Daejeon Southwest District Landfill Waste Disposal Unit Price, Quantity Calculation Statement.
6. KOREA LAND & HOUSING CORPORATION (LH), (2012), Research on Landfill Waste Treatment in Cheongna District, Incheon.
7. Ministry of Environment (2002), Basic Research Results and Management Measures of Nationwide Closed Landfills.
8. Ministry of Environment (2010), Maintenance Guide for Closed Landfills.
9. Yi, S., Lee, W. J. and Rhee, Y. J. (2018), A Case Study on the Estimation of the Resource Recovery Potentials by Landfill Mining, *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, Vol.26, No.1, pp.5-12.