KJCEM 15. 6. 063~070
NOVEMBER 30. 2014

www.kicem.or.kr (pISSN 2005-6095)
http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2014.15.6.063

공동주택의 분별해체 시험시공을 통한 건설폐기물 발생량 비교 분석

김효진[1] · 강인석[2] · 김창학*
[1]한국토지주택공사 주택도시연구원 · [2]경상대학교 공학연구원 토목공학과

A Comparative Analysis on Generated Construction Waste Quantities in a Case Study for Deconstruction of an Apartment

Kim, Hyojin[1], Kang, Leenseok[2], Kim, Changhak*
[1]Urban and Environment research division, Land and Housing Institute, LH
[2]Department of Civil Engineering, Engineering Research Institute, Gyeongsang National University

Abstract : Deconstruction of the building must be applied firstly in order to improve recycling and reuse of construction wastes. In this study have done a case study for deconstruction of an apartment. All construction waste(CW) which will be generated during deconstruction was examined in each part of the building. Because drawing did not exist in most of the old building, we drew up floor plans of buildings. After analyzing these drawings, estimated quantities of CW. It was measured working time of labor and equipments for deconstruction and general demolition on each building of the apartment. In addition, it was proposed in the volume and weight per unit after analyzing detailed measurement of CW which was generated in the process of deconstruction and traditional demolition. It suggested recovery rate at a site, volume and weight conversion factors, and waste basic unit per area that based on the results of comparative analysis on the amount of CW which is calculated from drawing and generated at a site. These factors will be used fundamental materials for estimating quantities and treatment cost of CW, and scheduling of works.

Keywords : Deconstruction, Demolition, Construction Waste, Basic Unit

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

1.1.1 연구의 배경

국내 폐기물의 발생량은 2012년 기준 총 382천 톤/일 이 발생하고 있으며, 이중 건설폐기물은 49%인 186천 톤/일 이 발생하여 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 또한 건설폐기물 1일 발생량 186천 톤 중 45.3%가 서울, 경기, 경북 지역에서 발행하고 있다(KWA). 이는 인구점유율이 높은 지역으로 건축수요가 많은 곳에서 건설폐기물의 발생량 또한 많이 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 건설폐기물의 발생량 기준으로 보면 해체공사에서 약 95%, 신축공사에서 약 5%가 발생(Park and Song 2012) 하고 있으므로 건설폐기물의 증가를 저감하기 위해서는 해체시 혼합폐기물의 발생을 줄일 수 있는 방법을 연구하는 것이 매우 중요함을 알 수 있다. 그러나 국내의 공동주택 해체 현장 대부분은 별도의 분별해체는 시행하지 않고, 기존 구조물을 선 해체한 후 철근 및 금속 등과 같은 유가성 금속만을 분리선별 하는 전통적 해체방법을 시행함으로서 혼합폐기물이 다량 혼합되어 배출되고 이 때문에 건설폐기물의 재활용률이 매우 낮다. 따라서 건설폐기물의 재활용율과 품질을 높이기 위해서는 분별해체가 더욱 활성화되어야 한다. 그러나 분별해체를 하는 경우 해체 단가의 상승이 이루어지게 됨으로 이를 시행하지 못하고 있다. 분별해체와 일반해체의 공사비용 분석결과 분별해체비용이 일반해체비용보다 약 25% 높게 산출되었으나 폐기물 처리 비용은 약 17% 감소하여 분별해체 비용이 단지 5.8% 높게 나타나는 것으로 분석되었다(Park and Song 2012). 따라서 분별해체 폐기물의 재활용률을 높일 수 있는 해체기술의 개발과 재활용기술을 개발하면 이러한 차이는 충분히 극복할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 건설폐기물의 재활용률을 높이기 위해서는 반드시 분별해체가 선행

* Corresponding author: Kim, Changhak, Department of Civil Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Gyeongnam, Korea
E-mail: ch-kim@gntech.ac.kr
Received August 26, 2014; revised October 10, 2014
accepted October 13, 2014

되어야 하고, 이를 지원하기 위한 관련법규와 기준이 잘 정비되어야 할 것이다. 그러나 국내의 경우 분별해체를 위한 물량산정방법, 생산성분석, 품기준 등의 기준이 부족하여 작업계획 수립 및 견적 등을 위한 관련 지침이 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 근래 활발히 이루어지고 있는 공동주택의 해체시 분별해체 계획과 물량산정에 필요한 해체폐기물의 종류별 발생량 산정기준 마련을 위한 기초자료를 제공하는 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 공동주택 재건축 현장을 대상으로 분별해체공사 및 일반해체공사의 비교분석을 실시하기 위해 시험시공을 실시한다. 시험시공절차는 Fig. 1과 같이 사전조사를 실시하여 분별해체 대상 및 부위별 발생 폐기물의 종류를 조사하고, 조적 및 콘크리트류의 발생량을 정확히 예측하기 위해 공동주택을 정밀 실사하여 도면을 작성하였다. 현장 실측조사는 건물 내 · 외부 조사 및 내장재 등을 조사하고 필요하면 추가 도면을 작성한다. 현장조사 결과를 토대로 해체공사를 실시하기 위해 작업 공정표를 작성하고 투입인원, 장비, 해체방법 등을 실사하고 기록한다. 분별해체의 결과를 분석하기 위해 분별해체와 일반해체를 동별로 실시하여, 건설폐기물의 발생량을 실측하고 도면에서 예측된 발생량과의 비교, 분별해체와 일반해체에서 발생되는 건설폐기물 발생량 비교, 투입 노무 및 작업시간 비교, 단위면적당 투입 해체시간 및 인원 등을 산정 · 비교 하여 제시한다.

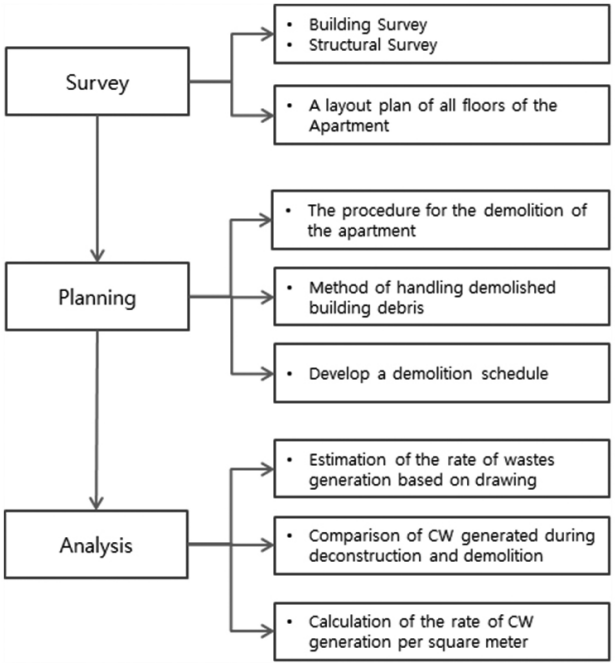

Fig. 1. Research Procedure

2. 국내 · 외 연구동향

2.1 국내연구동향

국내의 건축물을 대상으로 한 해체공사 관련 연구가 최근에 국토교통부의 지원으로 활발히 이루어지고 있으며, 그 결과의 일환으로 해체공사시 분별해체가 의무화되어 건물내부에 있는 폐기물을 우선 제거하여 건설폐기물과 혼합되지 아니하도록 하는 법률이 제정되었다(건폐법 5조, 6조). 그러나 이렇듯 법적 기준은 설정되어 있지만 현장에서 이의 적용을 위한 계량화된 기본 자료가 미비하여, 그 적용이 잘 이루어지지 못하고 있다.

HRI(2009)는 분별해체를 위한 적정 공사비를 산정하기 위한 기준을 제시하기 위하여 시설물별 건설폐기물 발생량을 조사하여 품산정을 위한 분별해체 품을 제안하였다. 그러나 발생원단위의 제안이 분별해체 재료별 세부제안이 아니라 건설폐기물 발생량을 5종으로 구분하여 제안하였다.

Park and Song(2012)은 건축물의 분별해체 제도 도입을 위해 일반해체와 분별해체 적용시 해체공사비용을 비교분석하여 분별해체 도입이 타당하다는 결론을 제시하였으며, Park et al.(2013)연구에서는 건축물의 분별해체 제도 도입을 위한 적용대상 건축물의 범위를 총면적과 용도별로 구분하여 도입할 것을 제안하였다. Lee et al.(2009)는 상업용 건물을 대상으로 건축물 내장재의 분별해체와 일반해체시 투입인원 및 시간, 부위별 폐기물 발생량 등을 실사하여 제시하였다. Kim et al.(2008)연구에서는 공동주택 일반해체 현장의 사례분석을 실시하여 폐기물 발생량을 비교분석 하였고, 해체공사비산정 및 폐기물관리를 위한 전산시스템의 제안 관련된 연구(Cha et al. 2014, Kim et al. 2014, Kim and Kim 2011, Kim 2012), 리모데링 철거공사 기간산출방안(Woo et al. 2013)등의 연구가 실시되었다.

그러나 이들의 공통적 문제점은 해체 현장의 실사시 발생 폐기물별 상세 원단위 및 체적증가, 중량환산 등의 계수가 발표되지 않아 건설폐기물의 운반량 산정 등의 산정 예측에 어려움이 있다.

2.2 국외연구

국외 연구사례를 살펴보면 유럽을 포함한 선진외국에서는 분별해체에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있고, 해체산업계에서 또한 일반화되어 널리 활용되고 있다.

일본의 경우 2002년 262개의 분별해체구조물에 현장 실험을 실시하여 구조별, 용도별로 조사하고 통계 처리하여 관련 자료들을 제시하였고(KWA 2004), 건설폐기물에 대한 재활용에 관한 법률이 제정(2000년 2월)되어 건설폐기물의 재활용률을 99%까지 높이기 위한 노력을 지속해오고 있다.

유럽은 우리와 같이 건축물을 전면해체 한 후 신축하기 보

다는 리모델링이 선호되고 있고, 전면해체의 경우 엄격히 제안하고 있으므로 분별해체가 활용되고 있다(MICT 2004).

미국은 해체폐기물의 환경, 사회 및 경제에 미치는 효과를 최소화기 위해 Green Demolition이라는 개념을 도입하기 위한 연구를 진행하고 이를 활성화하기 위한 방안으로해체공사의 조사, 계획, 해체방법, CW처리방법 등에 점수를 부여하여 일정점수를 획득하면 자격 증명서를 발급하는 방안을 제안하였다(Brad G 2003). 이후 Green Demolition분야에 대한 후속연구가 활발히 진해되고 있다.

3. 시험시공

3.1 일반현황

공동주택의 재건축 현장에서 분별해체에 대한 시험시공을 실시하고, 분별해체 전 과정에 대한 정밀실사를 실시한다(MCT 2004, MLTM 2012). 실사현장 대상 공동주택의 경우 4층, 56.1m^2, 32세대로 구성되었으며, 2개동은 분별해체, 1개동은 기존 해체방법을 실시하여 시공성, 경제성, 현장 발생재의 성상별 회수율, 체적환산율, 원단위 기준을 제시한다. 시험시공 대상 현황과 해체방법은 Table 1과 Table 2와 같다.

Table 1. General Information for field measurement

General Information		Building Information	
Location	Oo Apartments, Geoje City	Floor Space	4 floor 56.27m^2
Survey Methods	Deconstruction, Detailed Examinations, Two Building	Completed Year	before 1980
	Traditional Demolition, Detailed Examinations, One Building	A Number Of House	32
	Traditional Demolition, General Examinations, Eight Building	Total Space(M^2)	1,771.9

Table 2. Field measurement methods for demolition works

	Deconstruction		Traditional demolition
	Apartment Building A	Apartment Building B	Apartment Building C
Interior	Labor		Structure, crusher(1.0m^3)
Structure	Waterproof and protective layer demolition, breaker(0.7m^3)	Structure, crusher(1.0m^3)	
	Structure, crusher (1.0m^3)		

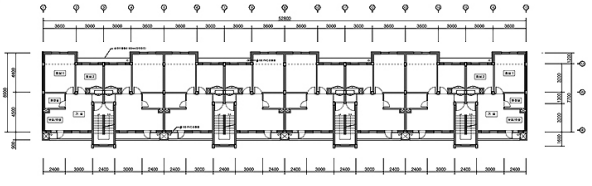

Fig. 2. Floor Plan

3.2 현장실측조사

분별해체 시험시공 대상 아파트에 대한 도면의 부재로 현장실측을 실시하여 도면을 작성하였다. 이 도면은 해체공사를 실시하기 전 도면분석을 통해 부위별 면적을 계산하여 건설폐기물 별 발생량을 예측하는 자료로 활용하였다. 예측된 발생량은 해체현장에서 발생된 자료와 비교분석을 실시하게 된다. 현장실측 결과로 판단할 수 없는 부위에 대해서는 해당 해체건물과 유사한 설계도면을 참고하였다. 사전조사에 의한 건물 외부 및 내부의 실측 조사활동에 대한 현황은 Fig. 3과 같다.

분별해체를 실시하기 전 발생 가능한 건설폐기물의 종류의 대분류와 중분류로 구분하고 발생부위를 조사하였으며, 종류별 조사부위는 Table 3과 같다.

Table 3. Generated location of demolition waste

Waste		Generated Location Of Waste
Category	Division	
Reinforced Concrete	Concrete	column, beam, slab, stair hall, foundation, retaining wall, D.C/G.B, parapet, roof level, ventilating opening, pit level, floor
	Rebar	column, beam, slab, stair hall, foundation, retaining wall, D.C/G.B, parapet, roof level, ventilating opening
Bricks	Cement Bricks	external wall, inner wall, stair wall, parapet,
	Cement Blocks	PIT wall
Mortar	Plastering Mortar	inner house, stair wall, roof level, PIT level
	Waterproof Mortar	roof level floor, stair roof
	Artificial Stone	stair floor, entrance floor
Gravel	Floor Gravel	bead room, kitchen/living room
Metal	Steel	handrail, steel door, ventilating window, roof level, wire mesh, plumbing system
	Aluminum	inner window, stair window
	Brass	SD hinge, brass non-slip
	Stainless	kitchen, sink
Wood	Lauan	wood window, dress room, shoe rack, baseboard, partition board
	Pine	ceiling
	Veneer	wood window, door
	Particle Board	sink
Glass	Glass	inner window, balcony door, entrance door, stair door, balcony window
	Tile	bathroom, balcony, entrance
	Pottery	sanitary pottery
Synthetic Resins	Polystyrene	external wall, floor
	PE Film	roof floor
	Soft PVC	vinyl
	Hard PVC	PVC pipe, bath tube, PVC plumbing

3.3 해체공사 작업공정

시험시공은 분별해체와 기존해체 방법으로 구분하여 작업공정을 분석하고 그 작업공정도에 따라 시험시공을 실시하였다. 공동주택에 적합한 분별해체 작업은 Fig. 3과 같이 수행하고, 본 현장의 시험시공 절차는 Fig. 4와 같다. 분별해체의 작업공정은 먼저 내장재는 인력시공에 의하여 수지, 전등, 모

노륨, 창문, 창문유리, 천정, 철재류, 목재류, 스치로품의 내장재를 분리해체 및 반출하고, 본 구조물은 작업은 조적류와 콘크리트류로 구분하여 해체를 실시하였다. 조적류는 옥상모르타르, 조적조, 정리 작업으로 구분하였고, 철근콘크리트류는 지상층, 지하층, 기초층으로 구분하고 압쇄, 소할, 정리로 구분하여 실측하였다.

기존철거방법은 내장재는 알루미늄 및 황동 논슬립만 인력철거하고 본구조물은 조적류의 구분 없이 지상층, 지하층으로만 구분하여 해체를 실시하였다.

(a) Apartment Survey (b) Survey of Housing Units

(c) Basement Survey (d) Measure

Fig. 3. Site Survey for Deconstruction

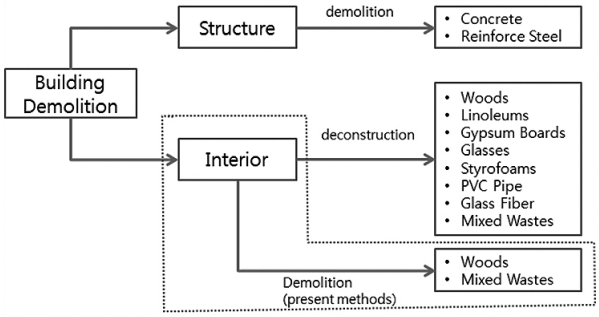

Fig. 4. Deconstruction Procedures for a Case Study

4. 시험시공 성과분석

4.1 도면분석에 의한 해체수량 산출

현장에서 실측자료를 근거로 작성된 도면들을 통해서 분별해체가 시행된 대상 건물에 대한 도면을 분석하여 해체수량을 산출하였다. 이러한 폐기물 별로 종합 정리하면 Table 4와 같다. 좀 더 세분화하여 부위별 세부 산출결과의 일부는 Table 5와 같고, 이의 종합결과는 Table 6과 같다.

Table 4. Estimated waste quantities from drawings

Waste		Volume (㎥)	Weight (ton)	Weight Ratio(%)	Generated Volume(㎥)	Generated Volume Ratio(%)
Reinforced Concrete	Concrete	572,868	1,317.596	43.13	823.498	43.42
	Rebar		53.694	1.76		
Mortar		257.781	541.339	17.71	338.337	17.27
Bricks		423.723	889.818	29.12	556.136	28.41
Gravel		117.464	199.688	6.54	124.805	6.39
Metal		24.065	13.759	0.45	24.065	1.23
Wood		26.920	15.614	0.52	26.013	1.33
Glass		10.694	14.763	0.48	12.298	0.61
Synthetic Resins		126.657	6.846	0.22	18.359	0.98
Etc		7.058	1.713	0.07	7.058	0.36
Sum		1,567.288	3,054.830	100	1,957.415	100

Table 5. Estimated waste quantities from each parts of building(A~I)

A. concrete

(2,300kg/m^3)

Parts	Volume	Weight	
	㎥	kg	ton
Column	61.887	142,340	142.340
Beam	96.884	222,833	222.833
Slab	232.394	534,506	534.506
Stair Hall	46.644	107,281	107.281
Foundation	46.377	106,667	106.667
Retaining Wall	40.096	92,221	92.221
D.C / G.B	18.401	42,322	42.322
Parapet Etc	27.717	63,749	63.749
Sum	572,868	1,317,596	1,317.596

B. Rebar

Parts	Volume	Weight	
	㎥	kg	ton
Column	–	9,985	9.985
Beam	–	16,668	16.668
Foundation	–	2,198	2.198
Slab	–	17,591	17.591
Stair Hall	–	3,502	3.502
D.C / G.B	–	882	0.882
External Wall	–	2,869	2.869
Sum	–	53,694	53.694

C. Bricks

(2,100kg/m^3)

Division		Quantity	Volume	Weight	
		EA	㎥	kg	ton
1 ~ 4 Floor	Cement Bricks	252,271	246.009	516,618	516.618
	Mortar	–	63.068	132,442	132.442
Stair	Cement Bricks	74,581	72.729	152,731	152.731
	Mortar	–	24.595	51,650	51.650
Parapet	Cement Bricks	8,032	7.832	16,448	16.448
	Mortar	–	2.008	4,217	4.217
Pit Wall	Cement Bricks	991	6.682	14,032	14.032
	Mortar	–	0.800	1,680	1.680
Sum			423.723	889,819	889.819

D. metal

Division	Volume	Weight	
	㎥	kg	ton
Steel	0.840	10,838	10.838
Aluminum	0.933	2,518	2.518
Brass	0.027	235	0.235
Stainless	0.034	264	0.264
Sum	1.834	13,855	13.855

E. Wood

(580kg/m³)

Division	Volume	Weight	
	㎥	kg	ton
Lauan	18.508	10,735	10.735
Pine	1.191	691	0.691
Veneer	2.480	1,438	1.438
Particle Board	4.741	2,750	2.750
Sum	26.920	15,614	15.614

Table 6. The summary of detailed quantities on each parts of building

Waste		Unit Weight (Kg/㎥)	Quantities	
Category	Division		Volume(㎥)	Weight(Ton)
Reinforced Concrete	Concrete	2,300	572,868	1,317.596
	Rebar			53.694
Mortar	Plastering Mortar	2,100	244.403	513.246
	Waterproof Mortar	2,100	4.244	8.912
	Artificial Stone	2,100	9.134	19.181
Masonry	Cement Bricks	2,100	326.570	685.797
	Cement Blocks	2,100	6.682	14.032
	Masonry Mortar	2,100	90.471	189.989
Gravel	Floor Gravel	1,700	117.464	199.688
Metal	Steel	7.850	0.840	10.838
	Aluminum	2,700	0.898	2.422
	Brass	8.600	0.027	0.235
	Stainless	7.800	0.034	0.264
Wood	Lauan	580	18.508	10.735
	Pine	580	1.191	0.691
	Veneer	580	2.480	1.438
	Particle Board	580	4.741	2.750
Glass	Glass	2,500	1.527	3.51
	Tile	2,100	4.551	9.557
	Pottery		4.617	1.696
Synthetic Resins	Polystyrene	20	101.539	2.032
	PE Film	920	0.024	0.022
	Soft PVC	1,300	2.610	3.393
	Hard PVC	1.400	17.696	0.569
	PVC Pipe		4.788	0.830
Etc	Fluorescent Light/Bulb		7.058	1.713

4.2 현장 발생폐기물의 종류 및 성상 분석

4.2.1 발생 폐기물의 단위중량 산정

해체에 의해서 발생된 건설폐기물의 종류에 따라 부피의 변화에 따라 단위 중량의 변화가 있게 되고 이것은 운반량 및 운반비 등에 영향을 미치게 되므로 현장에서 실제 발생된 잔재의 유형별 단위중량에 대한 기준정립은 매우 중요하다. 본 연구에서는 내장재별 단위중량 산출을 위한 체적의 측정은 계량을 위한 운반차량의 적재함에 내장재 종류별 적재높이를 고려해서 현장에서 직접 측정하였다. 따라서 Table 7은 현장에서 실제 발생된 내장재의 현장 단위중량이라고 할 수 있다.

조적재의 단위중량은 소형장비에 의해 분리해체가 실시된 후 15톤 덤프트럭을 이용하여 체적과 중량을 측정하는 방식으로 측정하였다.

(a) A Truck for Weighing the CW

(b) Masonry

(c) Deconstructed Concrete

(d) Traditional Demolished Concrete

Fig. 5. Weight and Volume Measure of demolished Concrete

Table 7. Unit weight of generated waste after deconstruction

Division			(t/m³)
Structure	Masonry	Block, Mortar, Cement Brick	1.135
	Deconstruction	Concrete	1.425
	General Demolition	Concrete	1.381
Interior	Synthetic Resins	Polystyrene	0.035
		Linoleum	0.977
		Glass Fibber	0.125
	Light	Fluorescent Light/Bulb	0.015
	Steel	Steel Door, Hand Rail	0.230
	Brass	Non Slip	0.237
	Nonferrous Metal	Chassis	0.068
	Stainless	Sink	0.051
	Wood	Door, Window	0.238
	Glass	Window Glass	0.138

4.2.2 실제발생률을 고려한 현장 회수율

분별해체 시험시공 시에 발생된 잔재별 발생량과 도면분석에 의한 사전 예측한 수량의 차이를 고려한 현장에서의 잔재 종류별 회수율은 Table 8과 같다. 회수율은 '실제 발생량/예측물량'을 백분율로 나타낸 값을 말한다. 회수율의 차이는 도면 분석 시 폐콘크리트와 철근 등에서 과소평가 된 요소가 있고, 분별해체를 시행해도 현장에서 100% 회수가 불가능한데서 그 원인을 찾을 수 있다. 내장재만의 실제 현장에서의 회수율은 62% 정도의 값을 나타내고 있다. 따라서 실제 현장에서 도면을 기준하여 예측한 물량에는 많은 오차가 발생할 수 있음을 의미한다.

Table 8. Collect rate of generated waste after deconstruction

Division		Collect Rate (%)
Concrete		108
Rebar		124
Metals	Steel	56
	Aluminum	61
	Brass	128
	Stainless	63
Wood	Lauan, Pine	110
Glass	Glass	80
	Tile	0
	Sanitary Pottery	95
Synthetic Resins	Polystyrene	14
	Polyethylene	0
	Soft PVC	29
	Hard PVC	98
	PVC Pipe	0
Etc	Fluorescent Light/Bulb	69
Sum		107

4.2.3 체적 및 중량환산계수

도면분석에서 예측한 물량과 현장에서 실제 발생한 물량을 비교분석하는 것은 해체현장에서 발생하는 물량을 예측하는데 매우 중요한 요소이다. 따라서 본 연구에서는 현장의 실제 발생량과 도면발생량을 비교 분석하여 체적 및 중량환산계수를 Table 9와 같이 제안하였다. 이는 공사비견적에 매우 중요한 요소로서 추후 검증 등의 연구를 통해 표준품셈 등 공사비 견적기준에 반드시 반영되어야 할 요소이다.

Table 9. Suggestion of conversion factor for calculating volume and weight of waste

Division		Volume Conversion Factor	Weight Conversion Factor
Synthetic Resins	Linoleum	2.966	0.286
	Polystyrene	0.182	0.141
	Glass Fiber	2.578	1.396
Light	Fluorescent Light/Bulb	5.452	0.553
Steel	Steel Door, Hand Rail	2.940	0.545
Brass	Brass Non Slip	1.567	0.898
Nonferrous Metal	Aluminum Chassis	2.129	0.607
Stainless	Sink	1.329	0.625
Wood	Door, Window, Sink, Mopboard	4.616	1.097
Glass	Window	1.855	0.801
Concrete	Reinforced Concrete	1.697	1.073
	Mortar	1.551	
	Masonry	1.549	
	Gravel	1.254	
	Tile	2.065	
	Average(Concrete)	1.623	

4.2.4 현장발생 잔재의 원단위 비교

분별해체 및 일반해체 시험시공 결과, 현장 발생잔재는 크게 9개 정도의 성상으로 발생되었다. 이러한 성상별 원단위는 Table 10에 제안하였다. Table 10에서 부피기준의 원단위는 분별해체 시에 발생되는 반출차량의 실제 적재한 높이를 측정한 것을 기초로 산출하였다. 즉, 실제의 내장재 적재방법에 따라서 계산된 체적이며, 원단위 산출 시에 사용된 면적은 시험시공대상 건물 1개동의 면적(16.75평×32세대=1,771.90m^2)이다. 또한 분별해체와 일반해체 의 폐콘크리트류의 현장발생 성상별 원단위의 비교결과는 Table 11에 제안하였다. 체적 및 중량에 대한 원단위 기준은 '해체이후 발생량(m^3, 톤)/건물 연면적(m^2)'으로 계산하였으며, 폐콘크리트류의 성상별(철근콘크리트, 모르터, 조적류) 체적은 현장발생 폐콘크리트류의 총중량에 도면산출한 잔재의 구성비를 곱하여 재산정한 결과이다. 분별해체가 실시된 동의 유리 및 자기류는 타일에 대한 값이고, 기존의 해체방식으로 철거된 동의 기타류에는 금속류(철근제외), 목재류, 합성수지류, 형광등 등이 포함되어 있는 것으로 볼 수 있다.

Table 10. Comparison analysis of construction waste unit generated at site

Division	Items	Generated At Site (T/M^2)	Drawing Analysis (T/M^2)	Generated At Site (M^3/M^2)		Drawing Analysis (Per M^2)		
Synthetic Resins	Polystyrene	0.0005	0.0019	0.0044	0.0059	0.7366	0.4976	m^2
	Linoleum	0.0002	0.0011	0.0083		0.2080		m^2
	Glass Fibber	0.0002	0.0001	0.0050		0.5483		m
Light	Fluorescent Light/Bulb	0.0000	0.0003	0.0001	0.0018	0.1738	0.2224	EA
	Socket	0.0001		0.0035		0.2709		EA
Steel	Steel Door	0.0034	0.0062	0.0190		0.0166	0.0098	place
	Steel Hand Rail					0.0007		kg
	Steel Pipe					0.0121		m
Brass	Alloter	0.0002	0.0002	0.0007		0.0181	0.0100	kg
	Brass Non Slip					0.0018		m
Nonferrous Metal	Aluminum Chassis	0.0008	0.0014	0.0123		0.0370		place
Stainless	Sink	0.0001	0.0001	0.0018		0.0181		m
Wood	Baseboard	0.0097	0.0088	0.0702		0.1976	0.2782	place
	Door/Frame					0.0722		m^2
	Rack					0.0715		EA
	Window					0.1264		kg
	Window Frame					1.3335		m^2
	Ceiling					0.1283		m^2
	Sink					0.0181		EA
Glass	Window Glass	0.0016	0.0020	0.0016		0.0016		EA
	Crush Glass							

Table 11. Comparison analysis of waste concrete unit generated at site

Division	Deconstruction		General Demolition		Drawing Analysis	
	Waste Unit		Waste Unit		Waste Unit	
Unit	(t/m^2)	(m^3/m^2)	(t/m^2)	(m^3/m^2)	(t/m^2)	(m^3/m^2)
Rc	0.7965	0.5475	0.9696	0.5565	0.7421	0.4638
Mortar	0.3279	0.2254	0.4906	0.2291	0.3055	0.1909
Masonry	0.5390	0.3705	0.8067	0.3766	0.5022	0.3139
Gravel (Korean Floor)	0.1210	0.0831	0.0870	0.0845	0.1127	0.0704
Glass	0.0058	0.0053	0.0064	0.0083	0.0083	0.0069
Etc	–	–	0.0165	0.0511	0.0214	0.0426
Sum	1.7902	1.2319	2.3769	1.3063	1.6922	1.0886
Rebar	0.0376		0.0376		0.0303	

5. 결론

최근 국내에서도 건설폐기물 관련 정책들이 고품질 순환골재의 생산을 유도하기 위한 시스템으로 전환하려는 노력에 따라 그러한 정책을 준수하기 위해서는 분별해체 시스템으로의 자연스러운 전환이 불가피하게 되어 가고 있다. 이에 따라 기존의 관습적인 해체시스템의 전환에 따른 부작용을 줄이기 위해 분별해체 공정절차의 정립, 적정 시공방법 및 시방기준, 공사비 산출기준, 현장에서 분별해체로 발생되는 잔재의 성상별 원단위 산출기준 등의 기준 마련이 시급하게 되어 감에 따라 본 연구에서는 시험시공을 통해 이와 관련된 유의한 자료를 제시하였다.

1. 기존 연구에서 제안된 원단위는 도면분석을 통하여 산출된 종류별 수량을 바닥면적으로 나누어 제시한 이론적인 원단위 이였다. 따라서 실제 현장에서 발생하는 건설폐기물을 예측하는 데는 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 실제 현장발생 성상별 원단위를 현장에서 실측하여 제시하였다.

2. 이렇게 제시된 현장발생 폐기물들은 구조물을 해체하기 전과 대비하여 해체 후에는 체적이 변화하고 이에 따라 단위중량도 달라진다. 따라서 현장에서 발생된 잔재의 유형별 단위중량에 대한 기준을 제시하였다. 분별해체 콘크리트류의 단위 적재 중량은 1.425t/m^3으로 설계 콘크리트 단위중량의 41%에 불과하였다.

3. 이것을 바탕으로 실제 현장에서 발생되는 건설폐기물의 정확한 중량이나 체적의 환산에 필요한 계수를 제안하였으며, 또한 현장에서 잔재별 회수율을 제시함으로서 건설폐기물 운반비 및 처리비 등의 산정기준에 활용될 수 있는 기준을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 2006년 06 건설핵심 B04 지원사업과 2013년 경남과학기술대학교 기성회연구 지원에 의하여 이루어진 것으로 본 연구를 가능케한 건설교통부와 경남과학기술대학교의 연구지원에 감사드립니다.

References

Brad. G (2003). Green Demolition Certification, University of Florida Powell Center for Construction and Environment.

Cha, N. W. et al. (2014). "Construction Waste Management System for Improving Waste Treatment on the Construction Site" *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(3), pp. 83-91.

Housing Research Institute(HRI) (1998). "The Criteria of the Labour Units on Methods of Blasting Demolition of the Reinforced Concrete Structures(in Korea)".

Kim, C. H and Kim, H. J. (2006). "Development of Computerized Management System for Construction and Demolition Waste" *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 26(4D), pp. 627-634.

Kim, C. H. and Kim, H. J. (2012). "Development of Computing System of Construction Waste for an Apartment by Using the Estimating Waste Units." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 32(6D), pp. 607-614.

Kim, C. H. Kim, H. J. and Kang, L. S. (2010). "Improvement Strategy for Demolition Industry through a Analysis of Domestic Demolition." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 30(2D), pp. 143-151.

Kim, C. H. and Kim, H. J. (2012). "A Case study and development of computing system of construction waste for an apartment by using the estimation waste units" *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 32(6D), pp. 607-614.

Kim, C. H. (2011). "Development of integrated computer system for quantifying and managing of demolition waste." JKICEM, 12(1), pp. 133-140.

Kim, C. H., Lee. K. H. and Kim, H. J. (2008). "The Comparison and Analysis of waste quantity through a case study of demolition works." JKICEM, 9(4), pp. 131-139.

Kim, H. J., Kang, L. S., Lee, D. W. and Kim, C. H. (2014). "Development of a computer system and suggestion of man-hours for demolition cost estimation.", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 34(3D). pp. 1007-1015.

Korea Institute of Construction Technology (2012). "A Study on the Introduction of Building Dismantlement."

Korea Institute of Construction Technology(KICT) (2009). "A Study for the system establishment of a separating dismantlement of construction and a proper cost estimation."

Korea Waste Association (KWA), http://www.kwaste.or.kr/sub0401.do

Lee, J. C. et al (2009). "A Comparative Analysis between Separating Dismantlement and Usual Dismantlement

of the Building Interior." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction,* 25(8), pp. 135-142.

Ministry of Construction & Transportation(MCT) (2004). "Evaluation and Planning, Development of the deconstruction technologies and system to improve utilization of demolition waste of apartment." Korea Institute of Construction & Transportation Technology.

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTM) (2012). "Development of Advanced Demolition technologies for Eco-friendly Urban Regeneration."

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTMA) (2012). Development of advanced demolition technologies for the environmentally-friendly urban regeneration. Korea Institute of Construction & Transportation Technology Evaluation and Planning.

Park, J. S and Song, T. H. (2012). "Basic research for introduction plan of building dismantlement." JRCR 7(4), pp. 113-120.

Park. J. S, Song. T. H and Choi, D. H. (2013). "Applicable Building Range for the Introduction of the Building Separation and Dismantling System", JRCR, 1(3), pp. 189-196.

Woo, J. P. et al. (2013). "A Study on Duration Calculation Method for Eco-Friendly Remodeling Demolition Work Using Productivity Analysis." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 14(1). pp. 124-132.

요약 : 건설폐기물의 재활용과 재사용 비율을 높이기 위해서는 건축물의 분별해체 공법이 적용되어야 한다. 본 연구에서는 공동주택을 대상으로 시험시공을 실시하였다. 먼저 해체 과정에서 발생할 수 있는 모든 건설폐기물을 건물의 각 부위별로 조사하였다. 해체대상 건물의 도면을 작성하고 이 도면을 분석하여 각 건설폐기물의 발생량을 예측하였다. 공동주택의 한 빌딩씩 분별해체와 일반해체과정을 실시하면서 이 과정에 투입되는 인력 및 장비의 소요시간을 측정하고, 또한 각 해체과정에서 발생된 폐기물을 정밀 계측하여 이것의 체적, 단위중량 등을 제시하였다. 이러한 자료의 분석을 통해 도면분석 결과와 현장에서 발생된 건설폐기물의 양을 비교분석하여 현장 회수율, 체적 및 중량 환산계수, 폐기물 원단위를 제안하였다. 이러한 계수는 건설폐기물의 발생량 예측과 운반비 산정, 작업 공정계획 수립 등을 위한 기초적 자료로서 활용될 수 있을 것이다.

키워드 : 분별해체, 일반해체, 건설폐기물, 건설폐기물 원단위