

1990년대 유압굴삭기 조형 분석에 관한 연구

Design Analysis of Hydraulic Excavator since 1990

윤진필 (Yoon, Jinphil)

한국기술교육대학교 디자인공학연구소 연구원
jpyoon@kut.ac.kr

문무경 (Munn, Mookyeong)

한국기술교육대학교 디자인공학과 부교수
munn@kut.ac.kr

1. 연구목적
 2. 유압굴삭기 이해
 3. 유압굴삭기 개발에 있어서 디자인
 4. 유압굴삭기 조형 요소
 5. 1990년대 유압굴삭기 조형 분석
 6. 연구결과
- 참고문헌

(要約)

1990년대는 유압굴삭기의 전통적 조형이 새롭게 모색 및 재해석되는 시기로 판단되었으며, 이는 2가지 방향으로 정리될 수 있다. 하나는 유압굴삭기의 전통적 이미지에 관한 부정적 해석에서 기인한 '탈(post-heavy equipment)중기적' 경향이며, 다른 하나는 고유성 유지와 개선이라는 긍정적 해석에서 기인한 '후기(late-)중기적' 경향이다. 이는 동일한 현상을 다양하게 바라볼 수 있는 패러다임과 관련하는 것으로 사료된다. 이 시기에 개발 및 시판된 8개 연구대상 모델 중 유압굴삭기의 조형 경향은, 일본 색채디자인연구소에서 개발한 이미지스케일 3상한에서 2상한으로 변화였으며, 예외적으로 코벨코는 1상한까지 이동하는 경향이 있었다. 이는 탈중기적 이미지를 디자인 전략으로 채택하고 있는 코벨코만의 경우였다. 아울러, 인적(人的)공간으로서의 캐빈의 변화는 장비 전체의 변화에서보다 좀더 1상한으로 이동하고 있는데, 이는 물적(物的)공간과 시각적 차별화를 위한 것으로 사료되었다.

(Abstract)

The traditional image of hydraulic excavator started to change in two ways since 1990. First, post-heavy equipment's visual image was new waves to traditional image of heavy, strong, and wild. They are the negative aspect that excavators have. Another movement of getting rid of its negative image can be found in late-heavy equipment, which was intended to adapt traditional and positive, but off negative images. In 1990s, the design trend is moving from warm/hard to warm/soft, and KOBELCO can be exceptional example that went even further, gone up to cool-soft image. KOBELCO specially aimed 'post-excavator image' strategy, which has been successful. Image of cabin as a human space changed little bit further than outside image. Each company tried to differentiate the design of cabin focusing on its safety. Following paragraphs show specific trend of image change in form, colour, texture, and the composition. Major visual image change in form tries to follow the image of cars and home appliances which are showing the movement from tough and hard image to soft one. Structural change on local image shows the movement from angular edge to edgeless and the movement of cabin's pillar C placed to back of the equipment with gentle inclination. All of these movements are the result of effort to improve traditional excavator's negative image, that top structure is assembled separately, to positive ones. Today's tendency about its color becomes important to apply two different colour styles. Each style has brightness and tone comparison. As an enormous power convey system, it was in common that its brightness comparison was useful because of the alarm of its damage possibility. However, as its colour control and its design have been emphasized gradually, the tone comparison takes a part in an important role, too. As an example, there is an occasion that these comparisons are compromised simultaneously. In the respect of its image creation, its texture treatments make the tendency of being the same as passenger cars. It is caused from its development of the manufacture techniques of from the fabrication method in small business to the press method in big firm. Further, it is also because of its improvement of painting & coating skills. It may prohibit the reflection effect from solar rays. In the point of view of its visual images, it is recognized the prominent tendency that its composition has been gradually decreased. Lots of windows and the frames tends dark-colour as a whole. It is more preferred to have one colour image, but except KOBELCO and HITACHI. As well, there is another high-tendency to improve its standard treatments, especially for its corner and texture treatments.

(Keyword)

Hydraulic Excavator, Post-Heavy Construction Image & Late-Heavy Construction Image, Design Factors & the Composition

1. 연구목적

이 연구는 내구재(durable or capital goods) 분야에서 디자인의 산업적 기능과 가능성을 조사 및 인식하기 위한 의도에서 시작되었다. 이 연구는 유압굴삭기(hydraulic excavator)라는 건설중장비 개발에 있어서, 디자인의 역할이 본격적으로 기대되기 시작한 1990년대를 중심으로, 동 시장에서 세계적 인지도와 시장점유율을 가진 8개의 국내외 우수 유압굴삭기 개발업체에 의하여 상품화되었던 모델들(표1-1)을 연구대상으로, 이들의 조형 변천 경향과 그 요인들을 조사 및 분석하고자 하였다. 이 연구에서 고려된 조형성 분석 요소로서는 형태(form), 색채(colour), 질감(texture)으로 한정하였으며, 이들간의 상호 관련 요소는 구성(composition)의 차원에서 분석하고자 한다.

표 1-1. 주요 연구대상 모델

개발 업체	모델명	국 적
CATERPILLAR	REGA-A, B series	미 국 + 일 본
HITACHI	EX series	일 본
KOBELCO	ACERA SK series	
KOMATSU	PC series	
VOLVO	EW160, EC160	스웨덴
DAEWOO	SOLAR series	한 국
HYUNDAI	ROBEX series	
SAMSUNG	MX series	한국 + 스웨덴

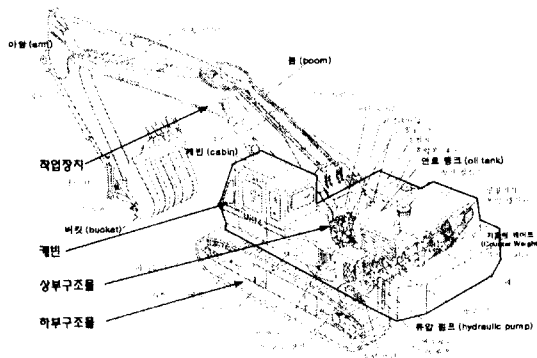


그림 2-1. 유압굴삭기의 주요부 명칭 및 구성 (type Crawler)

2. 유압굴삭기 이해

유압굴삭기는 10⁴개 정도의 부품 수로 구성된 주행 가능한 기구·장치물로서, 제한된 사용층과 작업환경을 대상으로 하는 일종의 산업 내구재이다.¹⁾ 종류로는 유압굴삭기(hydraulic excavator), 휠로더(wheel loader), 도저(dozer), 그레이더(grader), 스크레이퍼(scraper), 로드롤러(road roller), 그래버(grabber), 크레인(crane), 지게차(fork lift) 등 약 30여종이 있다. 유압굴삭기는 건설중장비 중에서 가장 높은 시장점유율을 가지고 있으며,²⁾ 작업장치들(attachments)의 교환함으로써 다

1) 문무경, 건설중장비 개발에 있어서 디자인 프로세스에 관한 소고, 디자인 연구(서울: 한국산업디자인협회, No.3, 1995)

양한 작업을 수행할 수 있는 대표되는 건설중장비 중의 하나이다. 수행하는 작업에는 항상 위험성을 내포되는 관계로 안전에 관한 고려가 중요하게 취급된다. 대부분의 제품, 특히 기계장치물과 건설중장비와 같은 내구재 설계·디자인과 제조에 있어서는 안전과 관련한 각종 기준을 마련해 놓은 표준 규정이나 규제사항들이 있다. ISO(International Standardization Organization)와 EN(European Norm) 등이 그것이다. 유압굴삭기의 대표적 규정에는 전복되었을 때, 캐빈을 지탱할 수 있도록 규정한 ROPS(Roll Over Protective Structure)나 위에서 떨어지는 물체로부터 작업자를 보호할 수 있도록 캐빈(cabin; turret)의 강도를 규정해 놓은 FOPS(Falling Object Protective Structure)가 있다. 전통적으로 유압굴삭기의 작업환경은 산간 협지나 인적이 드문 오지로서, 주요 용도는 지구의 천연자원 개발과 자연환경을 개선하는 것이었다. 그러나 아파트 건축 및 철거라든지, 도로 및 하수도 공사와 같은 도시 재개발 사업과 같은 인공환경 개선이라는 새로운 용도도 생겼으며, 최근에는 해저나 우주개발을 위한 새로운 개념의 중장비도 출현하고 있다. 이처럼 유압굴삭기의 작업환경은 특수성과 보편성이 항상 공존하고 있다. 그러므로 새로운 작업환경 특성에 맞는 새로운 유압굴삭기의 수요가 지속적으로 발생되고 있다.

일반적으로 유압굴삭기는 그림2-1과 같이 캐빈, 상부구조물, 하부구조물, 작업장치, 유압시스템으로 구성된다. 캐빈은 사용자가 거주하고, 작업하고, 여러 장치들을 조작하는 인적(人的) 공간으로서, 굴삭기의 운전 및 조작과 관련되는 수많은 부품들과 사용자의 편리성과 거주성을 위한 부품들과 인명 보호를 위한 구조물 등으로 구성된다. 상부구조물은 동력을 발생시키는 엔진과 이 동력을 유압(hydraulic power)으로 변환 및 증대시키는 모터 및 펌프(hydraulic motor & pump)와 이 유압을 통제 및 배분하는 밸브(hydraulic valves) 및 전기장치와 연료 및 유압 작용유 저장탱크(reservoirs)와 평형추(counterweight)가 있으며, 그리고 이들을 구조적으로 안전하게 지탱 및 보호할 수 있는 제관 구조물 등으로 구성된다. 하부구조물은 유압굴삭기의 주행과 관련되는 기능부품들과 작업 시, 굴삭기의 안정성과 관련되는 부속장치물과 이들을 구속하고 통제할 목적의 제관 구조물 등으로 구성된다. 작업장치는 일종의 기구적으로 연결된 구조물들로서, 붐(boom)과 암(arm or dipper stick)과 버킷(bucket)과 이들을 구속시키는 핀(pin)들로써 구성된다. 작업장치를 구성하는 이 3가지의 주요 구조물은 작업 상황에 따라 다양한 선택 사양으로 교체 가능하게 되어 있다. 유압굴삭기에서 일반적 특성은 다음과 같이 정리된다.

- (1) 유압굴삭기는 건설중장비 중에서 시장점유율이 가장 높다.
- (2) 대부분의 유압굴삭기는 자동차와 유사한 정도의 부품들로 구성되며, 디자인과 관련하는 주요 학문영역은 인간공학, 기계공학, 전기·전자공학 등이다.
- (3) 유압굴삭기는 유압 및 동력 관련 기능부품들과 기구 및 구조물들을 효율적으로 적용설계(application design)하는 것이 매우 중요하다.
- (4) 전문적 기능을 수행하는 산업기계 및 기구·장치구조물로서의 특성이 있으며, 도로에서나 산간 협지 등에서 이동 및 주행이 가능한 운송기기로서의 특성도 가지고 있다.

2) volvo의 자료에 의하면 전체 건설중장비 중 34%를 차지한다.

- (6) 유압굴삭기는 여러 건설중장비의 다양한 특성을 비교적 골고루 갖추고 있다.
- (7) 유압굴삭기 제조는 일종의 변품종-변량 개념인 유연생산방식(FMS: Flexible Manufacturing System)이 적용되고 있다.
- (8) 작업 환경과 기능과 성능에 따라 다양한 모델들의 개발 및 응용이 가능하다.
- (9) 지구의 천연자원개발은 물론이고 도시재개발이라는 사용성으로 도시거주인과는 가장 친근한 건설중장비이다.
- (10) 신제품 개발 시, 지게차와 더불어 산업디자인의 참여 시기가 여타의 건설중장비에 비하여 이른 편이다.
- (11) 개발비용이 거대하고, 제품수명주기(PLC: Product Life Cycle)와 제품개발기간(PDT: Product Development Time)이 긴 편이다.

3. 유압굴삭기 개발에 있어서 디자인

최근, 유압굴삭기의 기술 수준은 다른 산업에서와 마찬가지로 고도 산업화와 정보화의 발달로 인하여 개발 업체간의 그 격차는 줄어들고 있으며, 그로 인한 세계 시장에서 제품의 경쟁적 우월성을 확보하는 수단은 성능이나 내구성에서 사용자에게 좀더 친근하고 편안한 것으로 바뀌고 있다. 이와 더불어 고객의 구매 요인도 기능과 가격과 같은 정량적 지수뿐 아니라, 스타일(style)과 이미지(image)와 같은 정성적 지수들도 고려하게 되었다. 이러한 배경에서, 대중적 건설중장비로서 유압굴삭기는 1990년대 이후로 탈산업화의 영향을 받아 그 형태나 색채 등을 포함한 조형 요소가 변화하기 시작한다. 이는 일반 소비자(consumer goods)분야에 비하여 다소 늦은 편으로, 그 이유는 제한된 사용층과 사용환경에 기인한 제품의 특성에 기인한다. 즉 제품수명주기 혹은 제품개발기간이 여타 제품에 비하여 상대적으로 긴 편이며, 그 개발비용이 거대하기 때문이다. 그러나 상대적으로 부가가치가 매우 높은 관계로, 오늘날에는 유압굴삭기의 경쟁적 제품요소로서의 디자인 개념이 적극 활용되고 있는 실정이다.

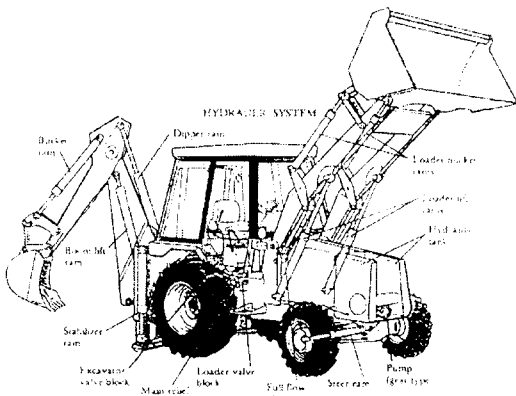


그림 3-1. JCB사의 백호우 로더(backhoe loader) '사이트마스터(Sitemaster)'

영국의 건설중장비 전문제조업체인 JCB굴삭기(J.C.Bamford Excavator)는 자사의 신제품 개발에 디자인을 경쟁적 요소로

적용해 성공한 대표적 기업으로 알려져 있다. JCB의 경우는 이미 1970년대 초 미래의 건설중장비 시장을 선도하기 위한 전략으로 디자인을 적극 활용하여 사이트마스터(Sitemaster) 백호우 로더(backhoe loader)를 개발하였다(그림3-1). 그 결과, 사이트마스터는 계속 베스트셀러를 유지할 수 있었고, 성능과 신뢰성이 뛰어나고 경제성에서도 타제품의 추종을 불허하는 우수한 상품이라는 평을 받게 되었다. 1986년 일본의 히타치(HITACHI) 사에서는 비록 일부이긴 하지만 유압굴삭기 개발에 최초로 금형설계를 적용하였는데, 이는 유압굴삭기의 형태와 질감을 변화시키는 중요한 계기가 되었다. 가장 경제적인 구조물 제조 방식으로 지금까지도 적용되는 제관(fabrication) 방식에 비하여, 금형에 의한 제조 방식은 좀더 자유로운 형태와 우수한 표면처리를 가능하게 하였다. 이를 시점으로 하여 여러 유압굴삭기의 형태와 색채와 재질 등 여러 부분에서 이전과는 다른 조형적 변화가 생기게 되었다. 코베 철강(Kobe Steel Co., Ltd.)그룹의 코벨코(KOBELCO)의 경우는 제품의 기획 및 전략수립 단계에서부터 디자인이 참여되어 적잖은 영향력을 발휘하고 있으며, 개발의 주도적 역할을 디자인이 하고 있는 등, 독자적인 건설중장비 디자인 전략을 가지고 있다.

4. 유압굴삭기 조형 요소

4.1 형태(form)

대부분의 건설중장비와 마찬가지로 유압굴삭기는 시스템의 효과(effectiveness)와 부품들의 효율(efficiency)로서 구성되는 조립품이다. 조립체로서 기능을 수행하는 모든 제품들은 그 기본설계(혹은 레이아웃lay-out,이나 패키징packaging) 단계에서 주요 기능과 조형성이 거의 결정된다고 볼 수 있다. 통상 부품수가 10²개 이하의 생활 소비재의 경우에 있어서는 산업디자이너도 이해할 수 있는 수준의 기본설계가 이루어지지만, 유압굴삭기와 같은 산업 내구재의 경우는 관련 제품에 관한 공학적 지식과 개념에 관한 선행 학습이 요구되는 경우가 대부분이다.

루이스 셸리번(Louis Sullivan)의 '형태는 기능을 따른다(Form follows function)'라는 말처럼 굴삭기에 있어서 기본 형태는 장비의 구조와 시스템이 어떠한 위계로서 구성되느냐에 따라 달라지는 것이며, 궁극적으로는 디자이너에게 기대되는 조형적 역할도 달라질 수 있다. 형태는 유압굴삭기의 조형성을 결정함에 있어서, 가장 본질적이고도 기초적인 조형 요소이다.

4.2 색채(colour)

유압굴삭기의 조형성을 가장 효과적으로 다룰 수 있는 요소로서 색채가 있다. 그러나 유압굴삭기와 같은 건설중장비에 있어서 이 시각적 요소에는 조형성을 발휘하기 이전에, 위험에 관한 '경계(caution)'와 '주의(attention)'를 먼저 알려야 하는 의무같은 1차적 기능이 있다. 산간 험지나 오지를 포함한 굴삭기의 작업환경은 그 작업자에게나 주변의 사용자에게 그리 편안한 곳은 아니다. 거대구조물로서 굴삭기와 그 작업 부산물에 내재된 괴력은 상당히 위험하기 때문이다. 따라서 유압굴삭기에 적용되는 색채계획은 명시적 효과가 기대되는 명도차(差)가 큰 색상들을 주로 적용하고 있다. 명도가 높은 황색

(yellow)과 백색(white)과 주황색(orange)이, 흑색(black)이나 이와 유사한 정도의 어두운 색상과 함께 배색되는 이유가 여기에 있다. 명도대비 효과는 큰 색상들이 굴삭기에 공통적으로 적용되는 만큼, 작업장의 기후조건이나 지역풍토 등과 같은 물리적·문화적 컨텍스트(contexts)도 고려되어야 한다. 이 경우도 유압굴삭기의 사용자와 작업환경이 깊게 관련하게 되는데 동일한 색채라도 상황에 따라, 동화될 목적의 보호색 개념으로 또는 이화(異化)될 목적의 대조색 개념으로, 상반해서 적용되기도 한다. 일조량이라든지 자외선의 강도라든지 눈이 많이 오는 지역이거나 바위가 많은 지역이거나 주위에 건물이 많은 도심지역은 주변 환경 우선의 색채계획이 적용되어야 하는 경우이다.

4.3 질감(texture)

다품종 소량 생산방식으로 시작되었던 유압굴삭기의 전통적 제조방식은 제관에 의하는 것이었다. 판재(plate)와 봉(rod or bar)과 관(tube or pipe) 모양으로 규격화된 산업 재료들을 잘라서 용접하고 체결하고 사상하는 식의 이 방식으로는 양호한 표면처리 수준을 기대하기가 힘들었다. 그러나 대기업 중심의 규모의 변품종 변량생산방식(FMS)에서는 상당한 부분에서 자동차와 유사한 금형(pressing & stamping) 수준에 의한 제조가 가능할 수 있었다. 따라서 균등한 표면처리에 의한 질감 개선은 물론이며, 질감의 차별적 적용에 의한 조형적 개선 효과도 가능하게 되었다. 주된 작업환경이 노천(露天)인 관계로 유압굴삭기의 표면 질감은 태양광선 아래 적나라하게 드러나게 마련이다. 따라서 굴삭기의 표면은 휘도(輝度)를 감안한 질감 처리가 요구되며, 일반적으로 휘도가 낮게 작용할 수 있는 방향으로 디자인되고 있다. 그 이유는 태양광의 난반사로 인한 눈부심이나, 표면에 발생될 수 있는 결함을 가능한 줄이기 위한 것이다. 질감과 휘도의 관계는 색채와도 깊은 관련성을 가진다.

그림4-1은 유리섬유강화플라스틱(FRP)을 엔진후드(engine hood)에 적용한 경우로써, 철(鐵)제관물이나 주물(鑄物)에 비하여 형태 개선효과와 질감 개선효과가 탁월할 수 있었던 경우이다.



그림 4-1. FRP를 적용한 엔진후드(MX6LC)

4.4 구성(composition)

구성이란 완성된 조형적 표현에서 이미지가 서로 다른 부분들을 그 이미지 영역의 범위 안에서 의식적으로 배열했을 때, 그 결과다.³⁾ 구성은 질서를 전제로 하며, 전체는 그것의 부분으로 조직되며, 통일된 전체는 부분들의 조직적이고도 체계적인 배열에 의한다고 할 수 있다. 유압굴삭기 조형 분석에 있어서, 구성은 유압굴삭기라는 장비를 통일된 하나의 전체로 인식하고, 이를 구성하는 조형 요소로서 형태와 색채와 질감을 부분으로 인식하여, 이들간의 관련성을 이해하기 위한 개념이다. 굴삭기는 수많은 부품들의 조립체인 관계로 그 형태라는 부분은 구성적 가능성이 굉장히 많을 수 있다. 그러나 디자인에 있어서 이 현상은 반드시 긍정적으로 작용되지는 않는다. 따라서 구성의 다른 부분들(이 연구에서는 색채, 질감)과 형태는 매우 긴밀한 관계를 유지하면서 전체를 구성하여야 한다. 대개, 유압굴삭기는 선형의(linear) 작업장치와 부피감 있는(bulky) 캐빈과 상부, 그리고 시각적으로 거의 드러나 보이지 않는 하부로 구성된다. 3가지의 유닛(units : boom, arm, & bucket)들로 구성된 작업장치는 합리적 역학 관계로 부산된 조형물로써, 그 고유한 조형성을 최대한 효과적으로 구성할 필요가 있다. 반면, 인간-기계 상호작용(MMI: Man-Machine Interaction)의 과정에서 도출되는 정량치와 이웃[物의空間]간의 최적치에 의하여 탄생되는 캐빈의 윤곽(outline)은 대기와 접하고 노출되는 부위가 많은 까닭에 이성적 형태 구성이 기대되고 있으며, 기능부품들의 통합체인 상부구조물의 경우에 있어서도, 평형추와 엔진후드와 여러 카울(cowl) 등에 의하여 최종 상부의 윤곽이 결정되는 관계로, 형태의 구성적 효과가 기대될 수 있다. 그러나 일반 소비재의 그것에 비하면 상당히 제약적이므로, 유압굴삭기 조형에 있어서 색채는 형태를 보완 및 통합하는 기능과 문화적 혹은 시대의 경향을 담을 수 있는 중요한 역할을 하게 된다. 유압굴삭기의 조형에 있어서, 형태의 개념은 가장 본질적인 요소로 작용하지만, 굴삭기 전체의 통일된(하나의) 구성을 위해서는 반드시 색채와 질감을 동반하여 작용하게 된다. 색채는 유압굴삭기의 복잡한 형태 분할을 감싸주는 혹은 위장하는 효과적 조형 요소로서 구성적 역할을 수행하는 경우가 많다.

5. 1990년대 유압굴삭기 조형 분석

탈산업화 이후의 유압굴삭기 디자인 경향은 그 조형적 이미지 변화에 있어서 좀더 부드럽고 친숙한 방향으로의 이동함과 동시에, 제품과 사용자와의 관계, 즉 인간-기계 상호작용에 대한 배려가 세심하게 진행되고 있다고 볼 수 있다.

5.1 형태 분석

1990년대에 개발 및 시판된 굴삭기의 조형 경향을 알아보기 위하여 각 모델들을 그림5-1과 같이 일본 색채디자인연구소에서 개발한 이미지 스케일(image scale)에 위치시켜 보았다. 이 시기의 굴삭기의 주요 조형적 변화는 탈모던(post-modern)의 영향으로 3상한(warm/hard)에서 2상한(warm/soft)을 거쳐, 1

3) 민철홍 외4, 디자인사전, 안그래픽스, 1994, p57

상한(cool/ soft)으로 이동하고 있는 추세이다. 그러나 그 변화의 정도는 세로축(soft-hard)을 경계로 넘지 않는 경향을 보이는데, 이는 유압굴삭기로서 고유성을 유지 및 보완하려는 후기모던(late-modern)의 조형적 노력이 강하게 작용하고 있음을 알 수 있다. 전반적으로 1990년대 이후의 유압굴삭기는 그림5-2에서와 같이 각지고 반듯한 기계적 이미지에서 완만하게 부드럽고 둥근 형태로 변화하고 있다. 코벨코의 ACERA SK-2는 전통적 유압굴삭기에서 볼 수 있는 '중기다운' 이미지를 과감히 탈피하고자 매우 이례적인 계란형(oval shape)을 적용한 경우로서, 굴삭기의 새로운 이미지를 모색 및 제안하고자 하였다. 반면, ACERA SK-2를 제외한 대부분의 유압굴삭기에서는 중기다운 전통적 이미지를 유지하면서 완만한 부드러움을 적용한 형태로 변화함을 볼 수 있다.

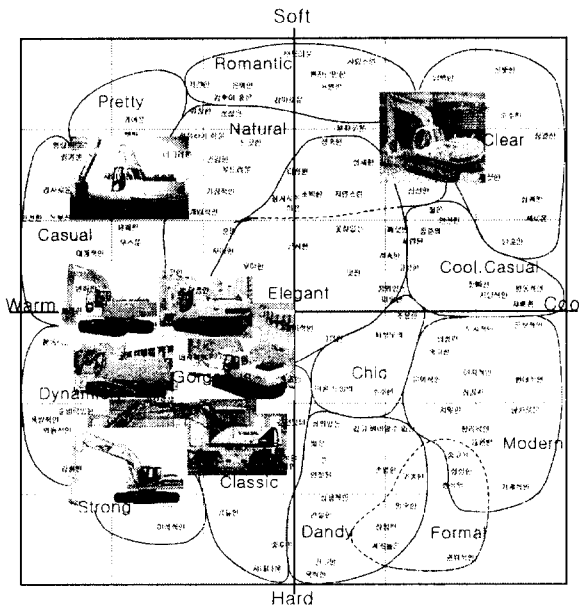


그림5-1. 1990년대 유압굴삭기 조형 경향

1990년대 굴삭기의 캐빈 형태는 그림5-3에서 보는 바와 같이 전반적으로, 초기의 각지고 강한 이미지에서 좀더 부드러운 이미지로 변화하고 있다. 부분적으로는 여러 개로 나뉘어진 창이나 창틀이 캐빈 전체를 위한(혹은 장비 전체를 위한) 하나의 구성 요소로서 축약되는 경향을 발견할 수 있다. 아울러 초기의 모델보다 창과 창틀이 커지는 경향이 있으며 그 형태 또한 완만한 방향으로 변화하고 있음을 알 수 있다.

코벨코 ACERA SK- 2와 삼성 MX-5의 경우에는 탈중기적 이미지를 강하게 취하고 있다. 캐터필러(CATERPILLAR)를 제외한 대부분의 경우에 있어서, 창틀의 형태는 모서리가 둥글게 처리되고 있으며 창과 창틀의 수가 줄어들었음을 볼 수 있다. 특히 캐터필러, 코마츠(KOMATSU), 볼보(VOLVO), 삼성의 경우에는 단순화된 창의 형태들을 발견할 수 있다.

또한 PC-6, SK-2, SOLAR-5, MX-5에서는 캐빈의 C필러(pillar C)가 붐(boom: 상부구조물과 연결되는 주요작업장치) 곡선을 연속적으로 반복하는 듯한 형태를 취하고 있는데, 이는 하나의 고유장비로서 통일된 조형을 구사하기 위한 반복의 효과로 사료된다.(그림5-4)

<p>CATERPILLAR</p> <p>REGA-A(92) ⇒ REGA-B(96)</p>	<p>HITACHI</p> <p>EX-2(90) ⇒ EX-5(96)</p>
<p>KOBELCO</p> <p>ACERA SK(89) ⇒ ACERA SK-2(93)</p>	<p>KOMATSU</p> <p>PC-5(88) ⇒ PC-6(93)</p>
<p>VOLVO</p> <p>EC150C(90) ⇒ EW160(97)</p>	<p>DAEWOO</p> <p>SOLAR-III(94) ⇒ SOLAR-V(97)</p>
<p>HYUNDAI</p> <p>ROBEX-1(91) ⇒ ROBEX-3(95)</p>	<p>SAMSUNG</p> <p>MX-2(90) ⇒ MX-5(97)</p>

그림5-2. 1990년대 유압굴삭기 형태 변화

<p>CATERPILLAR</p> <p>REGA-A(92) ⇒ REGA-B(96)</p>	<p>HITACHI</p> <p>EX-2(90) ⇒ EX-5(96)</p>
<p>KOBELCO</p> <p>ACERA SK(89) ⇒ ACERA SK-2(93)</p>	<p>KOMATSU</p> <p>PC-5(88) ⇒ PC-6(93)</p>
<p>VOLVO</p> <p>EC150(90) ⇒ EW160(97)</p>	<p>DAEWOO</p> <p>SOLAR-III(94) ⇒ SOLAR-V(97)</p>
<p>HYUNDAI</p> <p>ROBEX-1(91) ⇒ ROBEX-3(97)</p>	<p>SAMSUNG</p> <p>MX-2(90) ⇒ MX-5(97)</p>

그림5-3. 1990년대 초기·후기의 캐빈 형태 변화

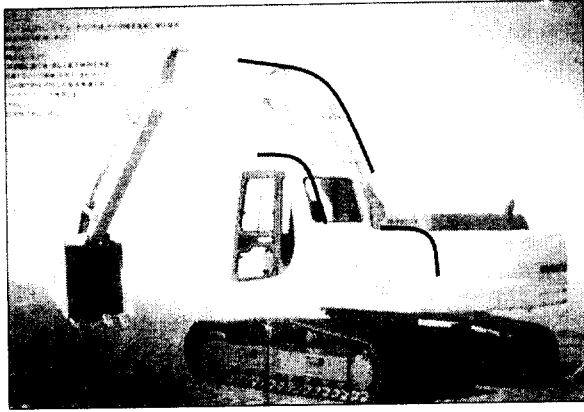


그림5-4. PC-6의 C필러 형태

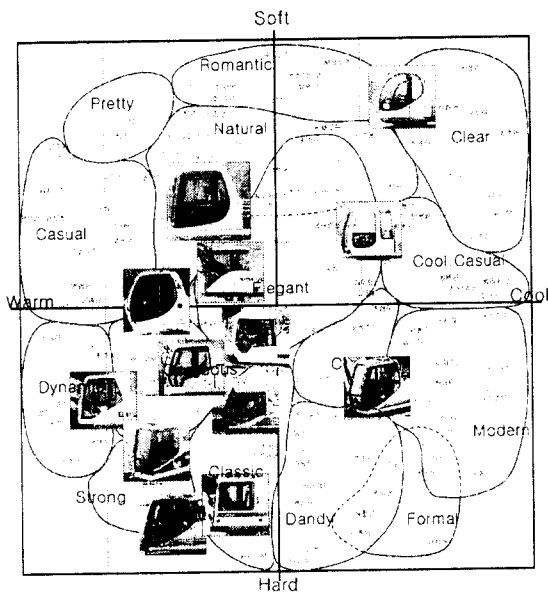


그림5-5. 1990년대 캐빈 조형 경향

TYPE	캐빈 유형	적용 사례
A		- CATERPILLAR(A→A) - KOMATSU(A→A) - VOLVO(A→A) - DAEWOO(B→A)
B		- HITACHI(B→B) - HYUNDAI(A→B)
C		- KOBELCO(A→C) - SAMSUNG(B→C)

그림5-6. 캐빈 측면 형태와 변화 사례

1990년대 캐빈의 형태는 그림5-5에서 보는 바와 같이 주로 3상한과 2상한에 위치하고 있으며, 장비전체의 형태 분포보다 1상한으로 위치하는 경우가 좀더 있음을 볼 수 있다. 이는 인적공간으로서 캐빈과 물적공간으로서 작업영역을 시각적으로

구분하기 디자인 전략에 기인하는 것으로 판단된다.

연구대상 모델의 캐빈 형태는 그림5-6에서처럼 보는 바와 같이 측면(profile) 형태에 따라 3가지로 구분된다. 첫째는 PC-6처럼 완만하게 각진 'C'자 형을 취하고 있는 경우이며, 둘째는 히타치처럼 앞부분이 둥글게 처리된 'C'자 형의 경우이며, 셋째는 코벨코처럼 전체적으로 라운드(round)로 처리된 'C'자 형의 경우이다. 캐빈 측면의 형태 변화는 각진 사다리꼴, 오각형에서 부드럽고 완만한 곡선형태로 변화하고 있었다. 캐터필러, 코마츠, 볼보, 히타치에서는 기본적 측면 형태를 유지하는 반면, 대우, 현대, 코벨코, 삼성의 경우에는 새로운 측면 형태로 변화가 추구하고 있음을 알 수 있다.

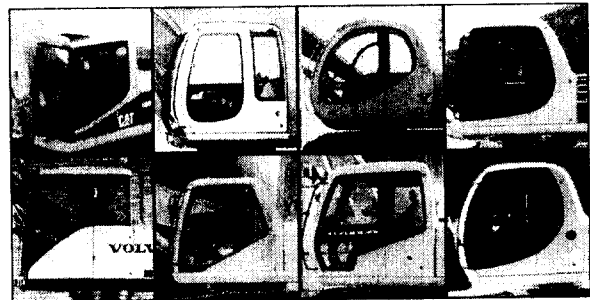


그림5-7. 1990년대 캐빈 측면(profile)

5.2 색채 분석

유압굴삭기의 색채계획은 건설중장비로서 요구되는 명시성을 높이기 위한 명도대비(lightness contrast)가 대부분 적용되고 있다(yellow+black, orange+black). 캐빈과 몸체(상부구조물과 작업장치)에 동일한 색채를 적용한 경우(yellow계열과 orange계열이 주로 사용된다)와 인적공간으로서 캐빈을 강조하고자 하는 의도에서 몸체의 색채와 차별화한 경우(white를 캐빈에 적용한 경우가 많다)로 대별할 수 있었다. 또한 사용자에게 좀더 부드럽고 친숙한 이미지를 제공하기 위한 노력으로 코마츠 PC-6나 볼보 EW160에서는 기존의 흑색(black)보다 채도가 낮은 짙은 회색(gray)이 적용하고 있다.

대상모델들의 색상(hue)에 있어서 발견될 수 있는 주요 현상으로는 한색(寒色)보다 난색(暖色)계열이 선호되는 경향을 볼 수 있다. 이는 유압굴삭기의 초창기 모델들(POCLAIN, JOHN-DEERS, CATERPILLAR, LIEBHERR etc.)에서부터 적용되었던 황-적 계열에 관한 색채의 정통성을 수용하려는 태도와 인명을 해할 수도 있는 거대 유압장치물로서 주변에 관한 경고의 의미가 적절하게 맞아떨어지기 때문인 것으로 사료되었다.

표5-1은 유압굴삭기의 하부장치를 제외한 장비 전체의 색상비율(%)로 나타낸 것이다. 막대모양의 직사각형 면적은 연구대상 모델들의 도장면적(작업장치와 캐빈 포함한 상부구조물의 표면적)으로서, 면적이 가장 큰 부위가 주색(main colour)이며, 다음 면적 부위가 보조색(sub colour)이며, 면적이 가장 적은 부위를 강조색(accent colour)으로 정의하여 분석하고자 하였다. 하부구조물에 도장되는 색채의 경우는, 작업 특성상 흑색과 이와 유사한 어둡고 짙은 색채를 모두 사용하고 있는 이유로 색채 분석과정에서 제외시켰다. 통상, 유압굴삭기의 하부는 오염에 노출되는 부위로 시각상 거의 드러나지 않고 있는 실정이다.

장비 전체의 색채 경향은 다음과 같다:

표5-1. 1990년대 유압굴삭기 색채 변화

개발업체	초기 모델	후기 모델
CAT.		
	REGA-A(92)	REGA-B(96)
HITACHI		
	EX-2(90)	EX-5(96)
KOBELCO		
	ACERA SK(89)	ACERA SK-2(93)
KOMATSU		
	PC-5(88)	PC-6(93)
VOLVO		
	EC150(90)	EW160(97)
DAEWOO		
	SOLAR-III(94)	SOLAR-V(97)
HYUNDAI		
	ROBEX-1(91)	ROBEX-3(97)
SAMSUNG		
	MX-2(90)	MX-5(97)

표5-2. 1990년대 캐빈 색채 변화

개발업체	초기 모델	후기 모델
CAT.		
	REGA-A(92)	REGA-B(96)
HITACHI		
	EX-2(90)	EX-5(96)
KOBELCO		
	ACERA SK(89)	ACERA SK-2(93)
KOMATSU		
	PC-5(88)	PC-6(93)
VOLVO		
	EC150(90)	EW160(97)
DAEWOO		
	SOLAR-III(94)	SOLAR-V(97)
HYUNDAI		
	ROBEX-1(91)	ROBEX-3(97)
SAMSUNG		
	MX-2(90)	MX-5(97)

표5-1에서처럼 대부분 경우, 유압굴삭기의 주요 색상은 황색과 주황색 계열이었다. 전체적으로 볼 때, 유압굴삭기 전체를 하나의 색상으로 처리하는 경우가 많았다.(PC-6, SOLAR-5, ROBEX-3, MX-5의 경우) EX-5, SK-2와 같이 캐빈 부위를 좀더 밝은 색으로 적용한 경우도 있다. 이는 사용자가 거주하는 공간으로서 물적공간과의 차별성을 강조하려는 색채계획으로 판단되며, 1990년대 이전의 굴삭기에서는 자주 볼 수 있는 경우였다. ACERA SK-2의 경우는 전통적 중장비의 색상인 난색 계열을 탈피한 한색계열이 적용된 경우로서, 코벨코의 '탈중기' 디자인 전략에 의거한 조형적 결과이다. 이는 일본 내에서도 건설중장비 후발업체인 코벨코가 유압굴삭기의 잠재력 있는 새로운 시장 또는 작업환경으로써 도시가 선택되어, 도시 재개발 공사와 관련한 작업을 수행할 목적으로 개발된 경우이다. ACERA SK-2는 색채에 관한 가장 혁신적 조형을 구사한 최초의 경우였으나, 실질적 과급효과(판매 및 시장점유율)는 매우 초라한 경우로 보고되고 있다. 특히 유압굴삭기의 출생지인 유럽에서는 ACERA SK-2는 전혀 공감을 얻지 못한 조형 사례로 남아있다.⁴⁾

1990년대 유압굴삭기 색채 조형에 있어서 발견될 수 있는 또 다른 점은 초기 모델에 비하여 후기 모델에 적용된 색상의 수가 줄어들고 있는 현상인데, PC-6, SOLAR-V, ROBEX-3, MX-5 등에서 그 예가 현저히 보여진다. 이 역시 조형 요소로서의 색채를 축약함으로써, 좀더 강한 조형적 효과를 피하려는 것으로 판단된다. 비록 색상 수에 있어서는 줄어들지 않았지만, 명도 차가 있는 색상 간의 면적 비례 차를 크게 늘려가는 추세도 발견할 수 있었다.

표5-2에서와 같이 유압굴삭기 캐빈의 색상에 있어서, 창틀의 색상을 제외하여 보면 크게 두 가지 형태로 구분할 수 있다. 하나는 장비의 몸체와 동일한 색채가 적용된 경우이고, 다른 하나는 장비의 보조색 개념으로 캐빈에 적용한 경우이다. 첫째 경우에 해당되는 모델은 히타치의 초기와 후기, 코벨코, 코마츠, 대우, 삼성, 현대의 후기이었고, 둘째 경우에 해당하는 모델은 캐터필러의 초기와 후기, 코마츠의 초기, 대우와 삼성의 초기, 볼보의 초기와 후기에서 찾아 볼 수 있다. 장비 전체의 보조색 개념으로 캐빈의 주색이 적용되는 경우에 있어서, 그 색상은 모두 백색이었다. 이는 초기 모델에서 많이 발견될 수 있었던 현상으로서, 후기에서는 EX-5와 ACERA SK-2의 경우에만 적용되었다. 이는 캐빈을 장비 전체와 구분되는 조형 요소로 고려함과 그렇지 않음에 의해서 보여질 수 있는 조형 결과로, 후기 모델의 대부분은 캐빈을 하나의 연결된 개념으로 보는 경우가 많았다. 이 역시, 조형 요소의 축약과 절제의 과정을 통하여 그 효과적 측면을 극대화하기 위한 노력으로 보였다. 즉, 초기 모델의 경우에 있어서 캐빈 색상은 2~3가지가 적용되고 있었으나 후기 모델에 적용되는 그 수는 2가지로 줄어들었음을 알 수 있었다. 또한 그림5-7에서 볼 수 있는 것과 같이, 캐빈의 적잖은 창과 창틀을 어두운 색채로 처리하여 하나의 구성 요소로 축약하는 경향은 모든 모델들 경우에서 발견될 수 있었다.

색채에 의한 1990년대의 조형 경향은 유압굴삭기의 전통적 이미지만 '중기다운'을 추구하기 위하여 전통적으로 적용해 왔

4) 현대중공업연구소의 1998년 자료.

있던 명도대비와 굴삭기의 새로운 이미지로서의 '친숙하고 부드러운'을 동시에 추구하기 위한 새로운 색채계획 및 조절로써 채도의 개념이 적극 활용되고 있음을 알 수 있었다.

5.3 질감 분석

1986년부터 적용되기 시작한 금형에 의한 제조방식으로 유압굴삭기의 표면은 자동차와 유사한 수준의 마감처리(finishing touch)가 가능하게 되었으며, 이후 지속적으로 발전되고 있는 현상을 연구대상 모델들에서도 발견할 수 있다. 이는 중소기업 중심의 제관방식이, 굴삭기 제조기술 발달과 전략적 제휴(strategic alliance)라는 기업합병 형태로 인하여, 대기업 중심의 금형방식으로 전환됨에 기인한 것으로 사료된다.

유압굴삭기의 조형적 특질과 관련해서, 질감의 조형요소적 기능은 가전제품이나 통신기기의 경우에 비하여 효과적 개념보다 효율적 개념이 강하다. 비교적, 깨끗하게 비어있는 평면 패널들(panels)로 조립 및 구성되는 이들 제품에 비하여 굴삭기에 있어서 그러한 여백은 별로 없기 때문이다. 따라서 유압굴삭기에 있어서 질감 조형은 형태와 색채의 그것에 비하여 소극적으로 적용되는 경우가 많지만, 제품의 마무리 수준을 결정하는 다소 정교한 기능이 요구되고 있다.

그림5-8은 3차원 입체물로서 유압굴삭기가 다양하게 보여줄 수 있는 측면들(sides) 중에서 시각적 효과가 가장 큰 평형추의 변곡부위들이다. 굴삭기에 있어서 평형추는 장비의 선회반경(swing / slewing radius) 궤적을 상징하는 형태를 취하게 된다. 따라서 평형추는 유압굴삭기의 조형적 특질을 결정하는 대표적 부위로써, 개발업체와 해당제품의 시각적 이미지가 반드시 포함되고 있다. 대개, 부분금형부품들의 제관물로서 혹은 주물(鑄物)로서 제작되는 이 평형추는 유압굴삭기 단일 부품으로는 가장 넓게 비어있는 면적을 가지는 특성이 있다. 따라서 이 평형추의 균질한 마감처리는 굴삭기의 최종 품질과도 직결된다.

제품의 경쟁적 요소로서 조형적 관심이 고조되기 시작한 1990년대는 사실, 유압굴삭기 개발과 관련한 제조기술이 상당한 수준으로 안정된 관계로, 이 시기에 개발된 연구대상 모델들은 질감 처리에 있어서는 비슷한 수준임을 알 수 있었다.

캐빈의 질감 역시 금형설계에 의한 제조방식을 선택하고 있는 이유로 하여 그 표면 마감상태는 어느 자동차의 경우처럼 아주 매끄럽고 깔끔함을 발견할 수 있었다. 유리창 부위를 제외한, 재료의 표면적 조형으로서, 질감의 차이가 큰 조형의 예는 유압굴삭기의 연구대상들에서 발견하기 힘들었다.

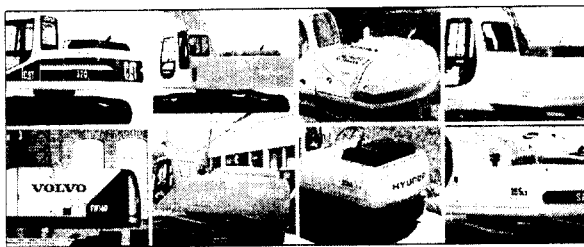


그림5-8. 1990년대 유압굴삭기 평형추 질감

5.4 구성 분석

유압굴삭기에 있어서나, 여타 제품 조형에 있어서 '구성'이라는 표현은 조형과 동일한 의미로서도 해석·가능할 것이다. 그리고 1990년대 유압굴삭기의 구성적 경향을 분석한다는 것은 이 시기의 대표적 건설중장비로서, 유압굴삭기의 조형적 태도나 그 경향을 파악하는 것일 수도 있다. 단지 산업 내구재로서 제한된 공간에서 제한된 계층간에 회자되었던 유압굴삭기를 조형적 측면에서 바라본다는 것은 시대의 조형 경향이 어느 정도 이 제품 속에 담겨 있는나에 관한 관심이고 그 가능성을 찾아보는 일이다. 따라서, 유압굴삭기 개발전략에 있어서 일종의 전환점에 해당하는 1990년대는 굴삭기의 전통적 표정이나 이미지들을 새롭게 구성하고자 하는 시기라고 할 수 있다.

이 시기에 발견될 수 있었던 구성의 공통 관심사는 이전의 유압굴삭기에 보여졌던 부정적 이미지를 개선하고자 하는 것이며, 그 방법이나 전략·전술에 있어서, 탈피(post-)의 태도로 후기(late-)의 태도를 취하는 것으로 판단되었다.

공통적으로 추구되었던 구성 컨셉트(concept)는 10⁴이라는 수많은 부품으로 인한 복잡할 수도 있는 정교함을 단순화하려는 방향과 차가운 거리감으로 느껴질 수 있는 각진 예리함을 부드러운 완만함으로 환경(사용자+사용환경)과 친화하려는 방향으로 정리될 수 있었다.

탈중기적(post-heavy equipment) 구성 태도는 일본 코벨코 ACERA SK-2에서 가장 강하게 보였으며, 히타치 EX-5와 삼성 MX-2에서도 어느 정도 발견될 수 있었다. 반면, 후기중기적(late-heavy equipment) 구성 태도는 캐터필러 REGA-B와 대우 SOLAR-V와 볼보 EW150에서 가장 강하게 보였으며, 볼보 EW160과 현대 ROBEX-3와 코마츠 PC-6과 삼성 MX-5에서도 꽤 발견될 수 있었다.

대상 모델들에서 발견되는 이러한 현상은 개발 주체와 작업환경에 따라 상당한 차이가 있는 것으로 보여지는데, 탈중기적 구성을 취하는 유압굴삭기로는 중·대형보다는 도시재개발을 사용성으로 하는 중·소형인 경우가 많았으며, 산간 험지보다 일반 대중들에게도 노출될 확률이 높은 도심이나 그 주변에서 사용환경과 좀더 친근하게 접근하려는 태도로 사료되었다. 아울러 좀더 다양한 작업이 요구되는 범용의 경우가 많았으며, 전통이 중시되는 유럽보다는 아시아나 신대륙 일부에서 선호되는 경향이 있었다. 후기중기적 구성을 취하는 경우는 사람들의 왕래가 적은 지구의 천연자원 개발이라는 목적으로 산간 험지나 오지에서 주로 사용되며, 유럽과 미주 등지에서 선호되는 경향이 있었다.

1990년대는 탈중기적 태도와 후기중기적 구성 태도가 공존하고 있는 시기로 판단되나, 이 연구에서 선정된 대상모델에 있어서는 후기중기적 구성 태도가 다소 우세하게 작용하고 있는 것으로 보여졌다.

6. 연구결과

1990년대는 유압굴삭기의 전통적 조형이 새롭게 모색 및 재해석되는 시기로 판단되었으며, 이는 2가지 방향으로 정리될 수 있었다. 하나는 유압굴삭기의 전통적 이미지 -일반적으로 무겁고heavy, 강하고strong, 거친wild의 성질로 요약됨- 에 관한 부정적 해석에서 기인한 '탈(post-)중기적' 경향이며, 다른 하나는 고유성 유지와 개선이라는 긍정적 해석에서 기인한 '후기(late-)중기적' 경향이었다. 이는 동일한 현상을 다양하게 바라볼 수 있는 패러다임(paradigm)과 관련하는 것으로 사료되었다.

1990년대 개발 및 시판된 유압굴삭기 조형에 있어서, 이미지 스케일 상의 주요 변천 경향은 3상한(warm/hard)에서 2상한(warm/soft)으로 변화하였으며, 예외적으로 코벨코는 1상한(cool/soft)까지 이동하는 경향이 있었다. 이는 탈중기적 이미지를 디자인 전략으로 채택하고 있는 코벨코만의 경우로 사료되었다. 아울러, 인적(人的)공간으로서의 캐빈의 변화는 장비 전체의 변화에서보다 좀더 1상한(cool/soft)으로 이동하고 있는데, 이는 물적(物的)공간과 시각적 차별화를 위한 색채계획과 관련성이 있는 것으로 사료되었다.

이 시기의 유압굴삭기 조형 분석 요소로 고려된 형태와 색채와 질감, 그리고 조형적 구성에 있어서 그 변천 경향은 다음과 같았다.

(1) 조형의 본질적 요소로서, 형태의 주요 변화는 통일감을 위한 반복적 조형 원리가 적용되는 경향이 있었다. 캐빈과 상부구조물과 작업장치로 대분되는 부(sub-)구조물들의 조립체인 유압굴삭기의 기본 형태가 일체형(monocoque)으로 통일감을 형성하기에는 -전자제품에 비하여- 한계가 있지만, 이전의 개별적으로 차이나는 조합 형태에서 하나의 유압굴삭기로서 통일감을 가지기 위한 개별 형태들의 반복적 조형은, 후방으로 기울어지는 경향으로 변화하는 캐빈의 C필러 형태와 완만하게 만곡하는 경향으로 변화하는 평형주의 형태에서 발견될 수 있었다. 아울러, 3면이 교차하는 모서리의 각진 형태가 둥근 구면(球面)으로 변화하는 경향이 공통적으로 발견되었다.

(2) 조형의 효과적 요소로서, 색채의 주요 변화는 명도대비에만 의한 유압굴삭기의 색채계획에서 채도대비가 추가·적용되는 경향이 있었다. 이는 명시성을 강조하기 위한 명도대비와 부드러움을 병행하기 위한 채도조절이 함께 적용되는 경우로 사료되었다.

거대한 동력전달 및 기구구조물로서의 유압굴삭기와 그 작업 환경에 노출된 사용자의 인명보호 차원에서 전통적으로 적용되어 왔던 색채조절 및 계획에 채도의 개념이 적용된 배경에는 유압굴삭기 작업환경이 도시라는 인위적 공간까지 확대한 것에 기인하는 것으로 사료되었다. 연구에서 보여진 대표적 적용 사례는 명도가 높은 색상에 채도를 낮게 적용하는 경우와, 명도가 낮은 색상에 채도를 높게 적용하는 경우로 대별되었으며, 2가지의 경우가 동시에 적용되는 경우도 있었다.

(3) 조형의 효율적 요소로서, 질감의 주요 변화는 승용차와 유사할 정도의 균질한 표면처리(finishing touch)에 의한 고급화 경향이 있었다. 이는 부품의 제조방식이 중소기업 중심의 제관 방식에서 대기업 중심의 금형 방식으로 변천하고 있는 개발업체의 제조 및 생산기술의 발달에 기인하는 것으로 사료되었다. 또한 작업환경이 노천(露天)인 경우의 제품들에서 발견

될 수 있는 태양광의 부정적 난반사 결과를 개선하기 위한 도료 개발과 도장기술의 발달에도 그 원인이 있는 것으로 사료되었다.

(4) 유압굴삭기의 조형적 구성에 있어서 공통된 변화는 요소간 체계화를 통하여 요소의 수를 축약하려는 경향이었다. 형태와 색채에 의한 이러한 경향은 캐빈 부위에서 특히 두드러지게 보여졌으며, 이는 여러 개로 조합되는 캐빈 창과 창틀의 수를 줄이는 형태적 노력과 그 틈새를 하나로 구속시킬 수 있는 색채적 노력에서 엿볼 수 있었다. 코벨코와 히타치를 제외한 모든 경우에 있어서는 색채에 의한 조형적 통일성을 시도하려는 움직임이 있었다. 또한 형태와 질감, 색채와 질감에 통한 이러한 경향은 사양의 규격화와 공용화에 의하여 구성적 효과를 극대화하고, 제품의 품질을 안정시키는 방향으로 진행됨을 알 수 있었다.

이상과 같이 1990년대는 유압굴삭기의 제품 경쟁적 요소로서 디자인이 활발하게 적용되기 시작한 시기였으며, 공통적으로 추구하였던 조형적 시도는 '사용자와 환경과의 친화'라는 명제 아래, 전통으로부터 '탈피'와 '개선'이라는 2가지의 경우가 있음을 알 수 있었다. 일본 색채디자인연구소에서 개발한 이미지 스케일 상에서 볼 수 있었던 주요 변화는 '탈피'의 경우보다 '개선'의 경우가 우세하였으며, 그 경계는 한·난(cool·warm)을 가늠하는 세로축(soft-hard)임을 알 수 있었다. '탈피'의 조형은 형태와 색채에 의하는 경우가 많았으며, '개선'의 조형은 색채와 질감에 의하는 경우가 많음을 알 수 있었다.

참고문헌

- 민철홍 외4, 디자인사전, 안그라픽스, 1994
- 베른트뢰바하/이병종, 인더스트리얼디자인, 조형교육, 2000
- 박영순/이현주, 색채와 디자인, 교문사, 1998
- 정경원, 미래의 경쟁 디자인에 달려있다, 디자인하우스, 1993
- 문무경, 건설중장비 개발에 있어서 디자인 프로세스에 관한 소고, 디자인연구 No.3, KAID, 1995
- 정재윤/이혜주, 신인상주의에 나타난 색채 이미지에 관한 연구, 디자인학연구, No.29, KSDS, 1999
- 홍성수, 도시형 유압굴삭기에 대한 연구, 디자인학연구 No.19, KSDS, 1997
- 정성원·정의철, 3차원 인체모델을 이용한 굴삭기 운전실의 조종장치 디자인, 99디자인학회 가을학술발표회 개요집, 한국디자인학회, 1999.
- 윤진필, 유압굴삭기의 캐빈 인테리어 디자인, 한국기술교육대학교 학부논문, 1997
- ISO(국제표준자료집), 현대중공업연구소, 1998
- EN(유럽표준자료집), 현대중공업연구소, 1998
- CATERPILLAR REGA-A, B series 카탈로그
- HITACHI EX 시리즈 카탈로그
- KOBELCO ACERA SK 시리즈 카탈로그
- KOMATSU New Avance PC200 시리즈 카탈로그
- DAEWOO SOLAR 시리즈 카탈로그
- HYUNDAI ROBEX 시리즈 카탈로그
- SAMSUNG MX 시리즈 카탈로그