

건설중장비의 작업시야 개선에 관한 연구

- 굴삭기(EXCAVATORS)를 중심으로 -

변 상태 Byun, Sang-Tae

홍익대학교 산업디자인학과

Dept. of Industrial Design, Hong Ik Univ.

류 승용 Ryu, Seung-Yong

서일대학/ID.C 산업디자인연구소 실장

Seo Il Collige/ID.C Industrial Design Institute

Keyword : Excavators, Working View, Samsung Heavy Industries., Cabin, 굴삭기, 작업시야, 캐빈

1. 연구의 목적

현대사회는 다변화된 많은 사회환경 요소를 가지고 발전하고 있는 사회이다. 특히 환경친화라는 캐치프레이즈와 함께 자연파괴의 이중성을 보이는 파괴자이면서 창조사이기도 하다. 이러한 건설장비는 인간을 위한 장비이면서도 기계의 한편(소비재가 아닌 생산재)에 위치해 있기 때문에 무엇보다도 인간을 위한 개선의 노력이 미비했던 것도 사실이다. 그러나 90년대에 와서 생산재의 역할에서 벗어나 소비재로서의 역할이 점차 중대됨에 따라 오퍼레이터인 인간의 역할과 사용자(운전자)의 편의성, 안락성, 환경친화성의 요구에 부합하기 위한 건설중장비로서의 역할을 요구하게 되었다.

본 연구에서는 이러한 시대적 배경을 근거로 건설중장비의 중요한 디자인요소인 작업내용과 범위에 따른 작업시야의 개선에 중점적으로 연구한 결과를 중심으로 향후 건설장비의 나아갈 방향과 작업공간인 캡의 디자인요소로서의 작업시야의 해결대안을 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위

본 연구는 삼성중공업(Samsung Heavy Industries)의 용역프로젝트로 약 100여년에 걸쳐 IDC 산업디자인 연구소내에서 진행되었던 삼성중공업의 생산장비중 주력기종인 굴삭기(Excavators)를 주축으로 타사의 대표적인 장비를 비교분석하고 굴삭기의 작업종류와 범위에 따른 최적의 작업시야를 만족하는 캐빈의 대안[기 개발된 3가지모델(MX8, MX8-2, B105)을 중심으로]과 향후 개선되어야 할 방향에 대하여 제시하고자 한다.

3. 연구의 내용 및 방법

굴삭기 캐빈의 각종 규제와 정의는 관련 문헌을 중심으로 진행하였으며 타사장비의 비교 또는 삼성중공업의 3개모델의 분석과 개발 사례는 본 연구소의 디자인개발 자료를 중심으로, 기타 내용은 관련 서적을 중심으로 연구하였으며 본 연구소의 개발사례의 분석은 다양한 시뮬레이션 행위를 통하여 해결안을 도출하였다.

4. 대상의 분석

4-1. 굴삭기의 정의

굴삭기(Excavators)는 토양을 굴삭하는 장비로 기중기의 도랑파기(Trench hoe)등 전부장치를 유압식으로 개발한 것이며 작업장치에 의해 백-호(Back-Hoe), 클램셀(Clear Shell), 셔블(Shovel) 또는 로더(Loader), 해머(Hammer)등 다양한 작업을 수행하는 장비이다. 특히 굴삭기는 택지조성작업, 도로 및 하수도공사, 하천 개조 및 치수공사, 터널 및 지하철공사, 모래 및 자갈 채취작업, 토지개량 및 용수로 작업, 임야개간공사, 토사적재작업등 다양한 작업을 작업 특성에 맞는 어태치먼트(Attachment-tools)를 통해 해결하는 만능 건설장비이다.

4-2. 굴삭기의 종류

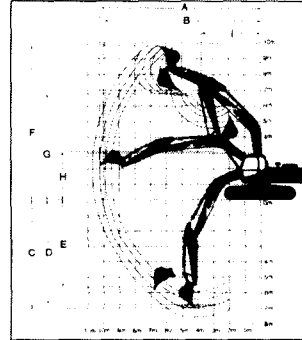
4-2-1. 주행장치별분류

- 1) 크로울러(Crawler)형 : 무한궤도 장치장비로서 합지작업을 위주한다. 무한궤도인 관계로 장거리주행(주행속도 약 2.5 ~ 3.5km/h)이 어렵다.
- 2) 휠(Wheel)형 : 타이어장착형 장비이며 대부분 도시형장비이며 근거리 이동이 가능한 장비이다. 근래에 와서 많이 생산되는 장비이다
- 3) 트럭타입형 : 트럭이나 기타 이동장치에 탑재된 굴삭기로 캐빈의 위치가 뒤로 작업범위가 3면으로 한정되어 방음성이 적다.
- 4) 반정지형 : 타이어나 이동용다리가 있어서 일반 장비가 할 수 없는 형식의 작업이 가능하나 이동성이 없어 특수제작에 의존한다.

4-2-2. 기구작동방법에 따른 분류

- 1) 기계로프식(Machine Rope System) : 각 작업장치들을 움직이는 원치기구를 와이어로프에 의해서 작동된다.
- 2) 유압식(Hydraulic System) : 현재의 대부분의 장비가 채택하고 있는 방식으로서 유압에 의해서 모든 장치가 움직이는 방식이다.

4-3. 굴삭기의 작업과 시야범위



A: 최대굴삭반경 B: 지면최대굴삭반경 C: 최대굴삭깊이 E: 최대수직굴삭깊이 F: 최대굴삭높이 G: 최대덤핑높이 H: 최소덤핑높이 I: 최단선회반경

- 4-3-1. 터잡기 작업 : 굴삭기의 대표적인 작업으로 전방하단부위의 작업위주로 이루어지며 회전(Swing)시 좌우측 시야의 확보가 중요하다. (전방하단 좌우측방 시야확보)
- 4-3-2. 굴삭작업 : 굴삭기의 표준작업으로 굴삭시 전방하단, 상차시 전방상단의 시야가 중요하다. 또한 다양한 작업자세에 따른 많은 작업시야의 범위를 요구한다. (전상하단 좌우측방 시야확보)
- 4-3-3. 터널 및 지하철공사 : 터널 및 지하철의 협소한 공간의 작업을 위해 붐(Boom)은 작아지는 추세이나 상대적으로 강한 힘을 요구한다. 주로 전방상단과 좌우측방시야가 중요하다.
- 4-3-4. 모래 및 자갈채취 : 주로 붐(Boom)의 굴삭력보다는 상차 회전속도가 우선시된다. 작업에 있어서 전방상단시야가 우선시 되며 상차시 좌우회전에 의한 좌우측방 시야도 중요하다.
- 4-3-5. 파쇄 및 철거작업 : 어태치먼트(Attachment)의 교환으로 건물의 해체와 철거를 담당하며 주로 전방상단 시야가 중요시되며 ROPS, FOPS의 캐빈에 대한 제한을 받는다.

4-4. 굴삭작업 시야확보의 문제점과 대책

- 4-4-1. 전방하단 굴삭작업시 : 굴삭작업시 윈도우의 필러부분이 시야를 가리는 요소로 작용하며 버킷의 수직깊이굴삭시 시야의 확보를 위해서 운전자가 일어서서 확인해야 하는 어려움이 있다.
- 4-4-2. 전방상단의 작업시 : 붐(Boom)의 최대굴삭위치시 버킷의 끝부분 및 작업위치의 확보를 위해 최대한의 작업시야를 확보하는 것이 중요하다. (전방상단창의 크기 및 넓은 각도가 요구됨)
- 4-4-3. 상차작업시 : 우측으로 회전(Swing)시에는 플렉스부분과의 거리로 인해 시야확보가 어려운점이 있다. 이는 장비의 특성상 특수장비의 부착 또는 미러(Mirror)의 설치를 통해 해결한다. 좌측으로 회전시에는 도어부분의 최대한의 시야확보를 요구한다.
- 4-4-4. 상차시 후방확인시 : 장비 뒷부분의 엔진후드의 돌출로 인하여 시야의 확보에 어려움이 있다. 이는 엔진의 설치높이의 조정과 설계상의 조정으로 최적점을 확보하는 것이 필요하다.
- 4-4-5. 철거 및 파쇄작업 : 전방상단의 시야확보 이외에 상단의 시야가 필요하다. 이는 선루프의 역할도 필요하나 상대적으로 FOPS의 제한에 의해 프로텍터(Protector)가 필요하다.

5. 캐빈(Cabin)의 레귤레이션(Regulation)

5-1. 소음

캐빈의 내부(운전자의 귀전) 60dB / 외부(장비주위 30M) 60dB 미국 OSHA 규제, 일본 건설성 초경음 기준 86/662/EEC, 79/113/EEC etc.

5-2. 캐빈(Cabin)

ROPS : 전복시 작업자의 보호

(ISO 3471, SAE J 1040, EEC 295/86)

FOPS : 낙하물에 의한 작업자의 보호

(ISO 3449, SAE J 1356, DIN 24082.)

EMERGENCY : 사고시 탈출구의 설치

SAFETY GLASS : 사고시 운전자의 2차 피해방지

(OSHA 1026, ISO 3537/3538)

5-3. INTERIOR

Operator Space : 쾌적한 작업공간의 설정(ISO 3411)

Comfort zone : 각종 레버, 페달 위치의 선정 (ISO 6682)

Visibility : 시계의 증대 (STVZO 2.04.01-Germany)

5-4. 약어

- ROPS : Roll Over Protective Structure
- FOPS : Falling Object Protective Structure
- OSHA : Occupational Safety Hazard Authority
- ISO : International Organization for Standardization
- SAE : Society of Automotive Engineers
- DIN : Deutsche Industrie Normen(German Industry Standard)
- ANSI : American National Standards Institute
- EEC : European Economic Community

6. 디자인의 전개

6-1. 타사장비의 비교분석

	Caterpillar	Hitachi	Kobeko	Samsung(MX8)
전방시야	상25°/하45°	상25°/하45°	상30°/하45°	상35°/하50°
우측시야	전45°/후45°	전45°/후45°	전45°/후40°	전40°/후45°
좌측시야	전50°/후40°	전50°/후40°	전50°/후40°	전50°/후40°
후방시야	상20°/하10°	상30°/하10°	상35°/하10°	상35°/하15°

* 상기의 데이터는 각종 카탈로그 및 각사의 영업자료 등의 문헌 자료를 중심으로 도출하였음. (전세계의 굴삭기 생산업체중 경쟁력이 가장 강한 2개사 (Cat, Hitachi)와 디자인실황이 강한 1개사(Kobeko)를 비교검토하였다.)

6-2. 작업범위에 따른 최적시야범위의 도출

	굴삭작업	터널지하	상차작업	파쇄,철거	터잡기작업
전상단시야	+ 25° ~	+ 50° ~	+ 25° ~	+ 50° ~	-
전하단시야	- 65° ~	-	-	-	- 50° ~
우전방시야	-	-	45° ~	-	45° ~
우후방시야	-	-	-	-	45° ~
좌전방시야	-	-	45° ~	-	45° ~
좌후방시야	-	-	-	-	-
후상단시야	-	-	30° ~	-	-
후하단시야	-	-	15° ~	-	-

* 상기의 데이터는 각종 카탈로그 및 건설기계회보 등의 문헌 자료를 중심으로 도출하였음. (-표시 데이터는 시야범위와 작업과의 상관관계수가 낮음.)

6-3. 디자인 모델의 검증

	MX8(Senes1)	MX8-2(Senes2)	MX225(Senes3)
전상단시야	35°	50°	40°
전하단시야	45°	45°	50°
우전방시야	55°	20°/25°	50°
우후방시야	35°	40°	30°
좌전방시야	40°	20°/20°	40°
좌후방시야	25°	20°	25°
후상단시야	35°	45°	35°
후하단시야	15°	15	15°

6-4. 디자인 모델의 시야개선에 있어서 장애요인

6-4-1. 전면창 상하 이음매

전면작업시야에 있어서 가장 문제거 되는 것이 상하유리의 이음매이다. 이는 상부창의 오픈(OPEN)과 이동, 하단창의 해체 및 보강의 문제로 이부위의 두께와 높이에 따라 시야장애요인이 발생된다.

6-4-2. 좌우측창의 Pillar

상차작업 및 굴삭작업 후 스윙(Swing)시 좌우측창의 시야는 많이 확보할수록 좋다. 우측시야의 경우는 롤박스에 의한 시야감소와 좌측창의 시야의 분리를 최소화하는 것이 중요하다

6-4-3. 엔진후드의 높이(후방시야 확보시)

후방시야의 필요성은 스윙(Swing)과 이동전 목표확인에 필요한 시야이며 긴급상황 발생시 탈출구로서의 역할을 하므로 중요하다.

6-4-4. 선루프의 설치

상방향 굴삭, 터널작업, 건물해체, 철거작업시 상방향의 시야가 무엇보다 중요하며 선루프의 설치를 통해 더 많은 시야를 확보할 수 있다.

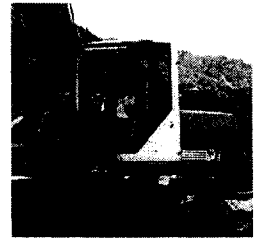
6-4-5. Rops, Fops의 규제

가장 중요한 시야의 확보는 전체 유리로 시야를 확보할 수 있지만 Fops, Rops에 의해 필라나 윈도우 쉴드의 굽기가 정해진다. 이는 작업시야의 확보보다 우선적으로 운전자 안전성의 확보가 중요하다

6-5. 개발 장비별 디자인 Concept



MX8 국내최초의 고유모델의 개발로서 국내의 기술로서 해결할 수 있는 디자인을 Concept로 가지고 있으며 강한 중장비의 이미지 제고를 목적으로 하고 있다.



MX8-2 작업시야의 개선과 공칭의 적용이라는 Concept로 삼성 중장비의 새로운 이미지로 도출하였으며 작업시야의 추가적인 개선의 방향을 가지고 있다. 이는 삼성의 고유 아이덴티티로서의 역할을 할 수 있도록 제안되었다.



MX225 기존 MX8-2에서 노출된 다양한 문제점 개선과 좌우측창의 시야개선을 주 목적으로 하고 있다. 디자인Concept에 있어서는 기존의 국내시장 위주의 생산과 마케팅에서 벗어나 수출전략적 차원의 Best10의 목적을 가지고 디자인되었다.

6-6. 디자인 결과물에 대한 문제점의 도출 및 해결

6-6-1. MX8

- ①. 제관타입의 강한 이미지(제한용접 생산을 전제로함)
- ②. 우측방시야의 확보(기존 장비의 협소한 창을 대칭화함)
- ③. 전면윈도우 각도의 강제로 작업시야 각도의 확보(상차작업 및 터잡기작업등의 작업시야 확보)
- ④. 국내최초의 고유모델로서의 아이덴티티 확보

6-6-2. MX8-2(Irnova)

- ①. 전면상단시야의 획기적인 개선(35°→50°)
- ②. 새로운 형태의 제안(금형제작 및 라운드업의 세계최초도입)
- ③. 라운드업에 의한 작업시야는 개선되었지만 과도한 햇빛의 노출, 라운드유리의 유지 보수비증가, 작업상태의 증가에 따른 캐빈의 파손도 증가등의 기술적 문제가 발생함
- ④. 삼성의 고유 아이덴티티의 유지와 새로운 이미지제고

6-6-3. MX225(B105)

- ①. 기존 MX8-2의 문제개선(안전성, 햇빛노출, 내구성, 편의성, Rops/Fops Cabin사양 적용 등)
- ②. 좌측창의 세로 필라(Pillar)에서 가로필라(Pillar)로 변형하여 강도 및 안전성, 작업시야 확보 및 개선
- ③. 전면부 전면창 상하 이음매의 높이 조정을 통한 전면시야개선
- ④. 선루프(Surroof)의 설치를 통한 상단시야의 확보유도 및 전체적인 강한 이미지제고

7. 결론

기 개발된 3개기종의 굴삭기의 시야개선의 문제는 무엇보다도 안전성의 문제와 자동차와는 다른 작업노출강도의 세기에 따른 파손도, 소음, 진동등의 기술적 문제에 따라 결정된다고 볼 수 있다. 그러나 디자인의 시각적요소와 조형적요소, 환경적 요소로서의 제 디자인문제를 관철하기 위한 노력은 중요한 관건이었다. 또한 사회적 특성으로서의 작업공간의 협소와 작업의 다양성, 장비 기종간의 통폐합, 작업특성에 맞는 ATT의 개발을 통해 발생되는 작업에 대한 시야확보의 필요성은 점차 확대되고 있는 상황이다. 이에 본 연구는 삼성의 기 개발된 3개모델의 장비를 통해 작업특성에 대한 최적시야범위 연구를 통해 작업시야의 개선뿐만 아니라 작업효율성과 캐빈의 안전성, 내구성, 생산성, 기술력등의 많은 디자인 외적 요인에 대한 상호 소용관계로서의 개선방향을 제시하고자 하였다.

8. 참고문헌

- 1) 이, 참수 건설기계(중기)교본 (주)교학사, 1995
- 2) 김, 기은 외2인, 건설기계(중기)공학 교문집, 1994
- 3) 고, 금식, 중기관계법규, 한강문화사, 1987
- 4) 田路 勉 외 1인, Kobe Steel Engineering Report, Vol38 1988