

## 건설기계 유압셔블의 안전대책

金 武 一

서울산업대학 토목공학과교수

### 1. 머리말

건설기계에 의한 작업 재해는 관계자의 많은 노력에도 불구하고 여전히 발생하고 있으며, 건설기계에 따른 작업재해의 배경으로서는,

- 1) 건설시공법의 변화
- 2) 건설기계의 다기능화
- 3) 건설기계의 고도화
- 4) 건설기계의 리스, 렌탈화
- 6) 정비와 운전의 분업화

등이 있다.

따라서, 이상과 같은 문제점, 배경등을 분석하고 건설기계로 인한 노동 재해 사례에 대하여 당해 재해 발생 메커니즘을 조사 연구함으로써 건설기계에 따른 재해 발생 요인을 규명하고 그 재해 방지 대책을 제시하고자 한다.

사용 대수가 많고, 사고·재해의 빈도가 높은 유압셔블(드래그 셔블)에 관한 재해 사례를

철저하게 분석함으로써 건설기계 전반에 걸쳐 통용되는 안전 대책의 모델을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

### 2. 재해 사례의 분석과 검토

#### 1) 재해 사례의 요인 분석

유압셔블의 '사망 재해 사례를 조사분석, 검토하여 주요내용에 관한 일람표를 표1에 나타내었다.

#### 2) 재해 사례의 “결함수 분석법”해석(FTA)

열거한 재해 사례를 발생 원인 및 재해 모드로 분류하고, 모드별로 하나씩 FT도를 작성하였다. 이들의 요인을 모아 정리하여 1. 구조적문제, 2. 인간행동의 문제(작업원), 3. 관리상의 문제, 4. 검사·정비상의 문제, 5. 작업환경의 문제로 분류하고, 그것을 다시 유사한 요소로 이루어진 것끼리 정리한 것이

표 2이다.

표 1. FTA기법 검토 대상의 재해 사례

재해모드	사례NO	재 해 발 생 현 황
직접충격	1	• 셔블의 버킷으로 향타하는 중에 사람의 머리를 친다.
	2	• 하차시 조작 레버를 내려뜨려 붐이 급선회하여 사람의 머리를 친다.
	3	• 곡선상의 흙을 굴착하는 중에 흙안에 있는 사람의 머리를 버킷으로 친다.
끼 입	1	• 선회 범위에 사람이 들어가 선회체와 석담 사이에 끼인다.
	2	• 셔블의 후퇴할 때 사람이 트럭과 셔블의 사이에 끼인다.
	3	• 하차시, 조작 레버를 내려뜨려 급선회하여 사람의 버킷과 기초기 등의 사이에 끼인다.
전 도	1	• 선회시 매단 짐의 과하중으로 인해 회전하여 작업원이 밑에 깔리게 된다.
	2	• 전, 후진의 오조작으로 인해 장애물을 올라타 전도되어 작업원이 밑에 깔리게 된다.
	3	• 90도 선회한 상태에서 퇴적 잡목위에 전도되어 작업원이 밑에 깔리게 된다.
추 락	1	• 만곡으로 성토된 도로 가장자리의 위에서 셔블을 후퇴시키자 도로가장자리가 붕괴되면서 곧 바닥으로 추락한다.
	2	• 야간에 트레일러에서 셔블을 탑재하는 중에 화물대에서 추락한다.
이 끌 립	1	• 선회 몸체를 180도 선회한 상태에서 후퇴하여 사람을 잡아끈다.
	2	• 셔블의 버킷에 부착된 흙에 철판을 내려뜨리고 후퇴하여 사람을 잡아끈다.

### 3. 유압셔블의 안전대책

전항에서 설명한 1~6까지의 요인 표 2는 재해의 요인으로 총괄해서 보아도 된다.

우선, 1. 구조적 문제에 대해서는 재해의 직접적 원인으로 기계 그 자체에 안전장치, 안전기구가 갖추어져 있어야 하고, 각 메이커 모두 현재 자체적으로 중점 보안 사항이 되고 있다. 근래에는 건설기계도 메카트로화가 상당히 진행되어 있으나 100퍼센트 로봇화하지 않는 한 기계는 어디까지나 작업원이 직접 조작·제어해야 하는 것이고, 기본적으로는 작업원이 안전하고 확실하게 그 기계를 제어할 수 있어야 하는 것이 전제로 되어 있다. 기계의 위험한 상태가 작업원이나 주위의 사람들에게 확실하게 전달하는 기구(눈, 귀, 몸으로 판단할 수 있는)가 있는 것이 바람직하다. 다음에는 구조적 문제에 대한 구체적인 대책을 표3에서 나타내었다.

대책을 실시함에 있어서 비용 상승을 가져올 가능성이 많으므로 “안전 대책 차량”으로서 특별히 관리하여야 할 대상 기종으로 정하는등 얼마간의 시책이 요구되는 것이다.

2. 인간의 행동(작업원)의 문제에 대해서는 운전 조작상의 문제가 주요점으로 된다. 최근의 차량계 건설기계는 구조 및 성능이 현격히 좋아지고 운전조작도 간단해지고 있다. 그러나, 법적 운전 자격을 가졌다고 해서 그 기능이나 시공 지식을 보증할 길은 없다. 또 작업원을 지휘, 감독하는 작업 주임자나 작업 지휘자 중에는 경험 부족, 기능 부족 등인 자가 많아 적절한 지시를 할 수 없어 작업원이 독자적인 판단으로 운전하는 일이 많은 데, 이것이 상당한 재해의 원인이 되고 있다.

기능 강습, 특별 교육제도 등을 실시하고 있는 동안에 기계의 성능, 기종, 시공법도 변화해 가고 있어 작업원의 재교육이 중요한

표 2. 재해 요인의 분류

1. 구조적 문제

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 백밀러-위치, 형상, 크기 부적합</li> <li>• 선회, 후퇴시 경보 장치 불량</li> <li>• 야간 회전시 경보등이 없음</li> </ul>	□	선회, 후퇴시의 확인 경보등의 문제
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운전실의 구조(ROPS) 부적합</li> <li>• 운전실의 시계 부적합</li> <li>• 운전실의 창틀, 유리, 각도 부적합</li> <li>• 운전실의 형상 부적합</li> </ul>	□	운전실의 구조, 형상 등의 문제
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 좌석 벨트 미장착</li> <li>• 조작레버-잠금 기구 부적합</li> <li>• 조작레버-위치, 형상, 표시방법 부적합</li> </ul>	□	조작 레버-잠금 장치 형상, 위치, 표시 등의 문제
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하중 검출 장치 미장착</li> <li>• 기체의 경사 검출, 경보 장치 미장비</li> <li>• 선회 위치 검출 장치 미장비</li> </ul>	□	예지 장치, 확인 장치 등의 문제

2. 인간 행동의 문제(작업원)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무자격 운전</li> <li>• 기능 미숙</li> <li>• 기계의 성능을 잘 알지 못함</li> </ul>	□	자격, 운전 기능의 문제
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제어 실수</li> <li>• 난폭한 운전</li> <li>• 신호 무시</li> <li>• 오조작</li> <li>• 지시 무시</li> </ul>	□	무모한 운전의 문제
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사전의 미점검</li> <li>• 하차시의 조치 불량</li> <li>• 신호자와의 연대감 부족</li> </ul>	□	운전 취급 사항 조치의 문제
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지반 미확인</li> <li>• 지반 갈라짐 미확인</li> </ul>	□	작업의 사전 확인 부족의 문제
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상황 무시(멋대로 함)</li> <li>• 상황 판단을 하지 않음(미확인)</li> </ul>	□	종합적인 판단력 미숙의 문제

3. 인간행동의 문제(작업자, 제3자)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험 작업 범위 내의 불필요한 출입문제</li> <li>• 위험시의 대피 망각</li> <li>• 안전모 미착용</li> <li>• 금지사항의 불이행</li> <li>• 지시사항의 불이행</li> <li>• 작업원과의 연대감 부족</li> </ul>	□	규정, 지시사항의 불이행문제
--	---	-----------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신호수의 실수</li> <li>• 신호 망각</li> <li>• 신호자와의 위치 부적합</li> </ul>	신호법, 확인 등의 부적합 문제
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업자의 기능 부족</li> <li>• 규정 신호 불이행</li> <li>• 달기작업의 자격 미취득</li> </ul>	자격, 기능에 대한 사전 교육 미비의 문제

4. 관리상의 문제

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지도력 결여</li> <li>• 지휘 경험 부족</li> <li>• 지휘자 부재</li> <li>• 감시원 부재</li> <li>• 신호자 부재</li> <li>• 신호자가 운전대행</li> <li>• 지시 불명확</li> <li>• 지휘계통 불명확</li> </ul>	지휘 계통의 불명확
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 계획에 있어서 사전 준비가 미비함</li> <li>• 계획의 사전타협 불충분</li> <li>• 역할 분담 불명확</li> <li>• 작업 준비 불량</li> <li>• 신호가 통일되지 않음</li> </ul>	작업계획의 불충분함
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전지식이 없음</li> <li>• 작업지식이 없음</li> <li>• 용도의 사용 지식이 없음</li> <li>• 유도원 부재</li> <li>• 고용시의 교육 부족</li> <li>• 안전 순회 지도 부족</li> </ul>	지휘 교육이 불충분함
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대행 지도자와 사전확인이 없음</li> <li>• 부적절한 배치</li> <li>• 면허 자격의 미확인</li> </ul>	사전 확인이 불충분함

5. 검사, 정비상의 문제

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개시전의 점검 미비</li> <li>• 일상 점검 미비</li> <li>• 월례 검사 미비</li> <li>• 연차 검사 미비</li> <li>• 특별 자체 검사의 미 실시</li> </ul>	규정 점검 검사 실시의 불충분
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 체크리스트가 통일되지 않음</li> <li>• 검사 기준이 통일되지 않음</li> </ul>	점검, 검사의 표준이 통일되지 않음
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전용 장치의 이상 유무 미확인</li> <li>• 전용 장치 등의 이상 유무 미확인</li> </ul>	사용기계의 일상 점검 불충분

6. 작업 환경의 문제

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험 금지 구역 표시 불명확</li> <li>• 경사지 주차장의 처리 불충분</li> <li>• 강우후 연약 지반의 대책 불충분</li> <li>• 저녁 시계 악화시의 조치 불충분</li> <li>• 야간의 조명 미비함</li> <li>• 빈번한 도로의 주의 대책 불충분</li> <li>• 안전 통로와 금지구역의 구분 불충분</li> </ul>		규정 지시 사항의 불이행 문제
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연약 지반의 사전 조치 불충분</li> <li>• 경사지 운전 방법의 부적절</li> <li>• 성토된 도로 가장 자리의 주행, 작업시의 조치 불충분</li> <li>• 좁은 장소에서의 운전 방법이 부적절함</li> </ul>		운전 이전의 관리자 조치 부적절
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하상 등 불안정한 지반에서의 작업에 대한 의식 부족</li> <li>• 커브에서 시계가 나쁜 개소에 대한 조치 불충분</li> <li>• 정지되지 않은 곳의 주행시의 주의부족</li> <li>• 후방 확인이 어려운 개소에서의 조치 불충분</li> <li>• 발밑에 잘 보이지 않을 때 운전 방법이 부적절</li> <li>• 폭이 좁은 산간 도로에서의 운전 방법이 부적절</li> </ul>		운전 중의 안전 조치 불충분

역할을 하게 된다.

필요하다고 생각되는 교육 내용으로서는,

- 기능 향상의 재교육(현장에서 일어날 수 있는 상태에 적응하는 법령, 실기 교육)
- 기계성능 파악 교육(신기종 소개, 신·구기계의 성능차이 교육)
- 현장에서 실시하는 매일 미팅
- 위험 작업시의 운전 방법(위험 작업용 작업 순서에 따른 교육) 등을 열거할 수 있다.

4. 시공 관리상의 문제에 대해서는, 전술한 2 및 3의 인간 행동의 문제와 관련하여 표리를 이루는 것이 많다. 최근 현장의 상황을 말하면, 관리, 감독하는 책임자의 능력 부족, 경험 부족으로 인해 작업 지시가 불명확한 경우가 많으므로, 이러한 현장에서의 안전 의식 또한 낮게 된다.

작업원을 교육하는 것은 관리자의 일이나, 일반적으로 관리자가 작업의 실태를 파악하지 않고 작업원에게 일임해 버리기 때문에

위험 작업으로 되어 버리는 것을 예지할 수 있다. 이들 문제의 대책으로서는,

- 작업 표준의 설정(작업순서-작업요령 - 안전 점검 항목)
- 안전메뉴얼 준비
- 작업원 교육
- 직장 교육
- 고용시의 교육
- 자격, 기능확인과 적정 배치
- 대행 지휘자의 역할 명확화(작업 지휘자가 부재 중일 때 대행자의 지명과 책임의 명확화) 이상의 사항을 생각할 수 있다.

5의 검사, 정비상의 문제에 대해서는 차량계 건설기계에는 특별 자체 검사가 부과되어 있으나 실시율은 그렇게 만족할 만한 상태에는 이르지 못하고 있다. 거기에는 여러 가지의 이유가 있는데,

- 검사 항목의 개선
- 검사기구의 충실(검사업자 및 사업장 내

표 3. 구체인 대책 범례 : 현실적으로 커다란 문제가 없음.

: 비용 문제가 크다.

: 기술적, 비용적인 문제가 크다.

주요인	검 토 사 항	구 체 적 인 대 책
방 호 부 족	1. 운전석의 구조	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 헤드가드를 설치한다.</li> <li>• ROPS캡을 설치한다.</li> </ul>
	2. 좌석벨트	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 좌석 벨트를 설치한다.</li> </ul>
	3. 차체 후방의 안전 장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차체후방(균형추부)에 끼임 방지 장치를 설치한다.</li> <li>• 장애물을 감지하여 선회를 방지하는 장치를 설치한다.</li> </ul>
	4. 작업장치의 낙하방지 장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유압 배관(호스)파손시 작업 장치가 급강하하지 않는 낙하 방지 장치 (체크벨브 등)를 설치한다.</li> </ul>
오 조 작 오 동 작	1. 조작레버의 레이아웃	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조작 레버의 상호 간격, 레이 아웃을 고려하여 오조작, 오동작을 방지한다.</li> </ul>
	2. 조작레버의 위치식별 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주행조작레버의 조작요령을 명판에 표시한다.</li> <li>• 작업 장치 조작레버의 조작 요령을 명판에 표시한다.</li> <li>• 조작 레버의 명칭을 명판(마크, 그림 문자 등)에 표시한다.</li> </ul>
	3. 확실한 조작레버의 잠금기구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주행 조작레버의 잠금 기구를 설치한다.</li> <li>• 작업장치 조작레버의 잠금기구를 설치한다.</li> <li>• 엔진 정지시 및 하차시의 잠금과 해치를 촉구하는 경보 장치 설치</li> </ul>
	4. 선회체의 위치 검출 장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상부 선회체와 하부 주행체의 위치관계를 표시하는 기구를 설치한다. (하부 주행체의 앞뒤가 명판에 표시된다)</li> <li>• 상부 선회체와 하부 주행체의 위치에 관계없이 주행레버의 조작 방향을 동일하게 하는 기구를 설치한다.(캡의 방향을 항상 전방으로 한다.)</li> </ul>
확 인, 예 지 기 능	1. 백밀러의 위치, 형상, 크기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 백밀러를 설치한다.</li> <li>- 차체에 맞는 적당한 크기, 형상의 것을 설치한다.</li> <li>- 충분한 시계를 확보할 수 있는 위치에 설치한다.</li> <li>• 차체 후방의 사각을 확인하는 텔레비전 카메라를 설치한다.</li> </ul>
	2. 운전석의 시계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지주나 창틀의 위치 형상 등 충분한 시계를 확보할 수 있는 구조로 한다.</li> <li>• 직사일광, 야간 조명 등으로 시계를 저해하지 않는 운전석의 구조, 유리 각도로 한다.</li> </ul>
	3. 기체의 경사검출장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기체에 경사검출장치를 설치한다(기체가 위험한 각도로 까지 경사진 경우에 표시, 경보를 발한다.)</li> </ul>
	4. 적절한 조명설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차체에 부저를 설치한다(차 규격에 맞는 적절한 음량으로 한다)</li> <li>• 조명 설비(램프)의 증설이 가능한 용량으로 한다.</li> </ul>
경 보 불 능	1. 후퇴시의 경고 경보장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 후방에 부저를 설치한다(차 규격에 맞는 적절한 음량으로 한다.)</li> <li>• 후방 램프를 설치한다(후방 부저와 연동시킨다)</li> </ul>
	2. 선회시의 경고 경보장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선회시의 경고 부저를 설치한다(선회 조작레버와 같이 작동시킨다)</li> <li>• 선회시의 경고등(회전등)을 설치한다.</li> </ul>

주요인	검 토 사 항	구 체 적 인 대 책
안 전 조 치 (기본구조)	1. 운전석관련	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 캐빈에는 블록을 설치한다.</li> <li>• 캐빈에는 강화 유리를 사용한다.</li> <li>• 운전석에의 승강용 난간, 가드를 설치한다.</li> </ul>
	2. 주의사항의 명판 표시 (작업자가 보기 쉬운 위치에 표시)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주행시의 주의사항을 명판에 표시한다.</li> <li>• 선회시의 주의사항을 명판에 표시한다.</li> <li>• 작업 장치 조작시의 주의사항을 명판에 표시한다.</li> <li>• 등판, 강판의 주의사항을 명판에 표시한다.</li> <li>• 등판 능력을 명판에 표시한다.</li> </ul>
용 도 외	1. 크레인 대응	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 허용하중표를 캡내의 명판에 표시한다(붐길이, 선회하중표)</li> <li>• 작업 회로의 유량 조정기구를 설치한다(운전석에서 조정 가능하게 한다)</li> <li>• 과하중 경보장치를 설치한다.</li> <li>• 크레인 대응시, 사용시의 주의사항을 명판에 표시한다.</li> </ul>
	2. 기 타	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용도의 사용시의 금지하강을 명판에 표시한다.</li> </ul>

검사)등의 대책을 주로 생각할 수 있다. 이들을 개선함으로써 정비 불량으로 인한 재해발생을 방지한다.

#### 4. 결 론

재해 요인을 FTA에서 검토해 보면, 일반적으로 대두되는 요인들이 있으나, 그 문제점의 중요성에 대하여 신중히 받아들이지 않았던 점 등, 몇 가지의 사항이 지적되고 있다. 이들의 대책으로서 구조상의 문제에 대해서는 표 3에서 열거한 대로 대책안을 생각할 수 있다.

또, 인간 행동의 문제에 관한 대책으로서는, 기계가 어느 정도 진보하더라도 이것을 움직이는 것은 사람이므로 사람을 교육하여 레벨업(Level up)하는 수 밖에 없다. 관리, 지휘가

만족할 수 있게 되려면 필연적으로 열악한 환경에서의 작업 및 위험을 일으킬 것 같은 무리한 작업을 해서는 안될 것이다.

검사, 정비 문제에 있어서는 특별 자체 검사를 실행하는 것이 선결 문제이다. 또, 검사 행위는 정비 행위가 선행하여 실시되어야 하나, “법률이 까다롭기 때문에 일단 형식적으로 검사, 정비한다.”라는 말을 듣게 된다. 본래의 법률에서 정하였다고 말하기 보다는 자기자신을 위하고, 안전을 위한 검사, 정비임을 자각하여야 한다. FTA방식에 의한 건설기계의 재해 분석은 과거에 선례가 없고 여러 가지의 문제도 있으나, 이번의 연구 결과를 통해 건설기계 재해의 분석 분야에 있어서도 이 기법이 유효한 것으로 판정되므로 앞으로 더욱 좋은 적용 방법이 연구된다면 충분한 이용을 기대할 수 있을 것이다. ⊗

