

# 건설기계안전 실행력 향상방안 연구

## [건설기계 사망재해 50% 이상 저감]

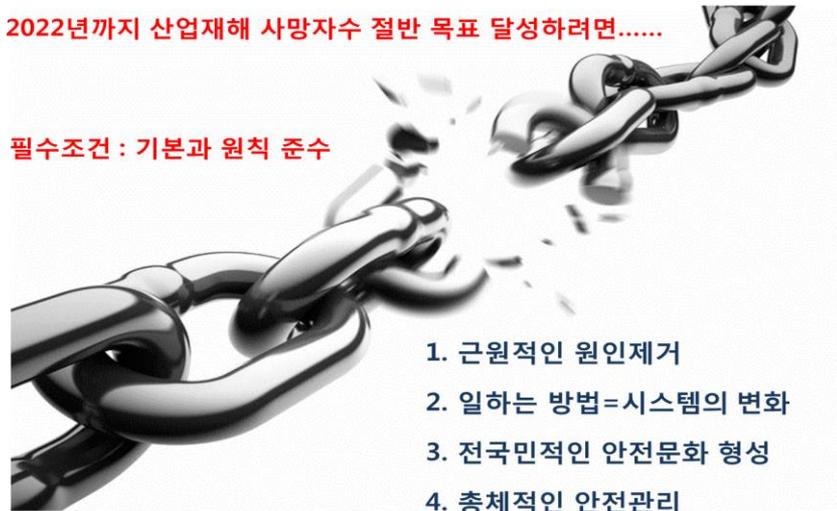
### CONTENTS

1. 건설기계 재해 현황
2. 근원적인 원인 도출
3. 건설기계재해의 예방 방안

안전사고의 연결고리를 끊으려면.....

2022년까지 산업재해 사망자수 절반 목표 달성하려면.....

필수조건 : 기본과 원칙 준수



1. 근원적인 원인제거
2. 일하는 방법=시스템의 변화
3. 전국민적인 안전문화 형성
4. 총체적인 안전관리

# 1. 건설기계 재해 현황

## 2016년 전산업 평균재해율(0.49%)

2016년도 산업재해보상보험법 적용사업장 **2,457,225**개소에 종사하는 근로자 **18,431,716**명 중에서 **4일 이상 요양**을 요하는 재해자가 **90,656**명이 발생(사망 1,777명, 부상 81,548명, 업무상질병 이환자 7,068명)하였고, **재해율은 0.49%** 이었다.

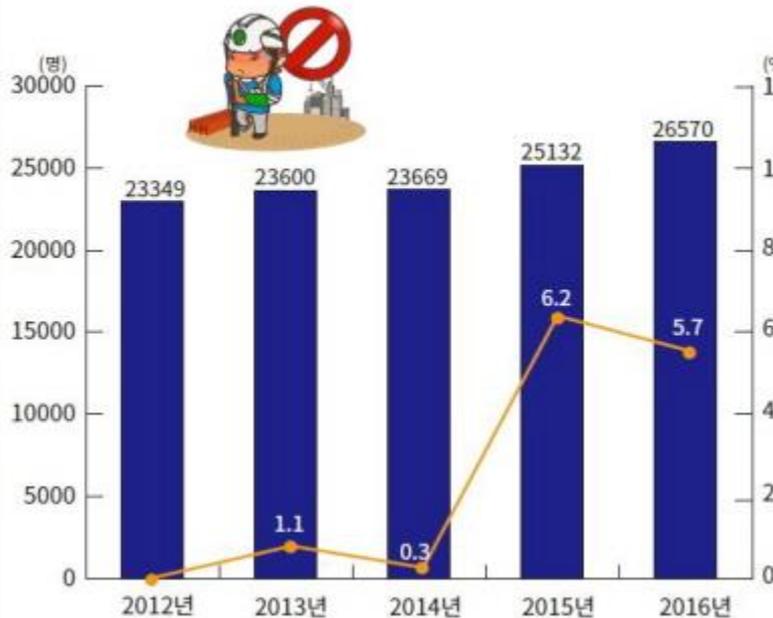
구분	전 산업	광업	제조업	건설업	전기·가스·수도업	운수·창고·통신업	임업	어업	농업	금융·보험업	기타의 사업
사업장수	2,457,225	1,105	375,634	333,201	2,363	71,860	12,422	1,734	14,954	41,419	1,602,533
근로자수	18,431,716	11,153	4,236,653	3,152,859	72,940	836,471	93,493	5,591	80,990	761,187	9,180,379
업무상사고 재해자수	82,780	166	23,150	25,701	94	3,765	1,400	39	701	254	27,510

# 1. 건설기계 재해 현황

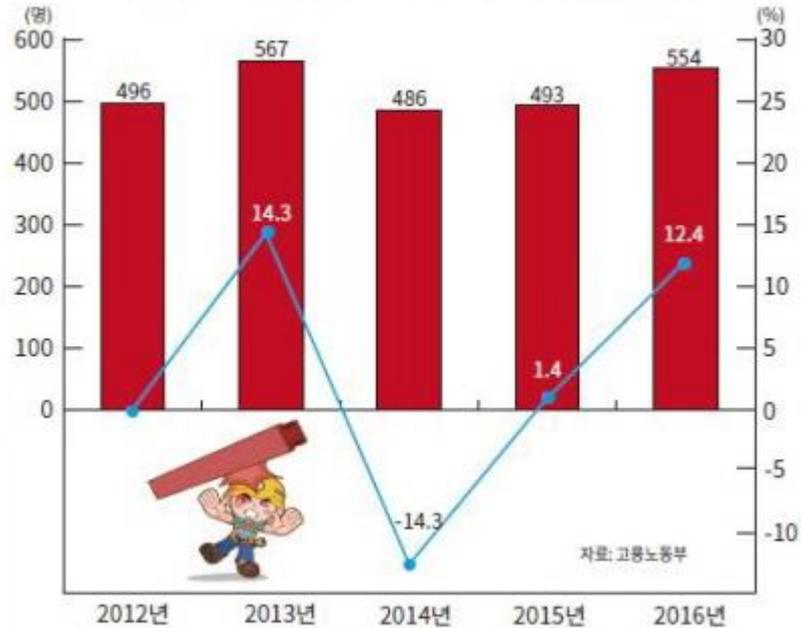
## 2016년 건설업 사망만인율 (1.5)

업무상 사고재해 사망자는 499명으로 전 산업 사망자(969명)의 51.5%를 차지해 절반을 넘고 있다.

건설업 최근 5년간 산업재해자 수 및 전년대비 증감률



건설업 최근 5년간 산업재해 사망자 수 및 전년대비 증감률



자료: 고용노동부

# 1. 건설기계 재해 현황

## 건설기계 안전[FM2050]

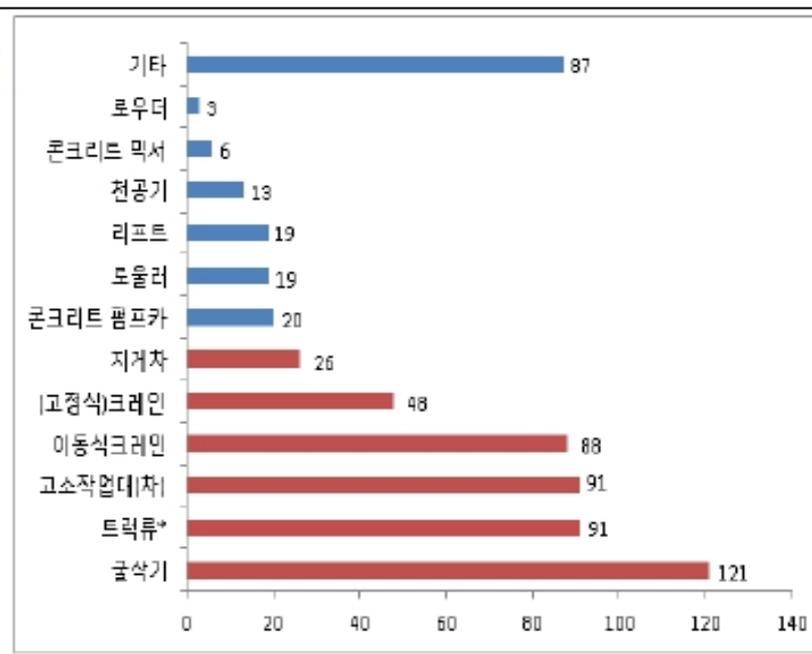
[건설사망자의 20% 이상]

□ 특히, 사망재해가 다발하는 **5대 건설기계·장비**(굴삭기, 트럭류\*, 고소작업대(차), 이동식크레인, 지게차)에 의한 사망자는 66.0%(417명)에 이릅니다

\* 5대 건설기계·장비 사망자수 현황 : 굴삭기 121명(19.1%), 트럭류 91명(14.4%), 고소작업대(차) 91명(14.4%), 이동식크레인 88명(13.9%), 지게차 26명(4.1%)

\*\* 트럭류 : 덤프트럭, 화물트럭, 살수차 등

종 류	'09~'15년	점유율(%)
계	632명	100
굴삭기	121	19.1
트럭류	91	14.4
고소작업대(차)	91	14.4
이동식크레인	88	13.9
(고정식)크레인	48	7.6
지게차	26	4.1
콘크리트 펌프카	20	3.2
로올러	19	3.0
리프트	19	3.0
천공기	13	2.1
콘크리트 믹서	6	1.0
로우더	3	0.5
기타	87	13.8



# 1. 건설기계 재해 현황

## 건설기계 안전[FM2050]

### 2. 기종별 용도별 등록현황

(단위 :대)

구분	자가용	영업용	관용	계
총계	237,871	251,230	3,375	492,476
1. 불도저	422	3,241	47	3,710
2. 굴삭기	47,933	98,498	1,240	<b>121</b> 147,671
3. 로더	17,004	7,018	550	24,572
4. 지게차	149,326	33,465	1,006	<b>26</b> 183,797
5. 스크레이퍼	2	19	0	21
6. 덤프트럭	12,448	47,971	387	<b>91</b> 60,806
7. 기중기	896	9,848	23	10,767
26. 특수건설기계	76	549	41	666
27. 타워크레인	94	6,078	0	6,172

# 1. 건설기계 재해 현황

## 건설기계 안전[FM2050]

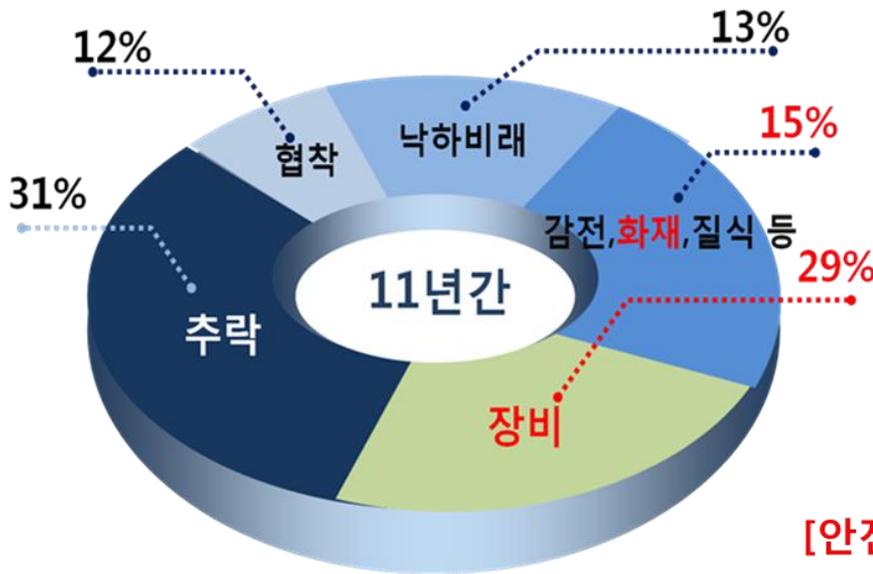
구분		계	2011	2012	2013	2014	
이동식 크레인 (카고 크레인)	재해건수	31	1	8	8	14	
	재해자수 (명)	계	42	1	10	12	19
		사망	33	1	8	9	15
		부상	9	0	2	3	4
고소 작업대	재해건수	66	16	14	13	23	
	재해자수 (명)	계	87	22	18	16	31
		사망	72	17	16	15	24
		부상	15	5	2	1	7

[연도별 중대재해 현황]

# 1. 건설기계 재해 현황

## 건설기계 안전[FM2050]

[건설사망자의 20% 이상]

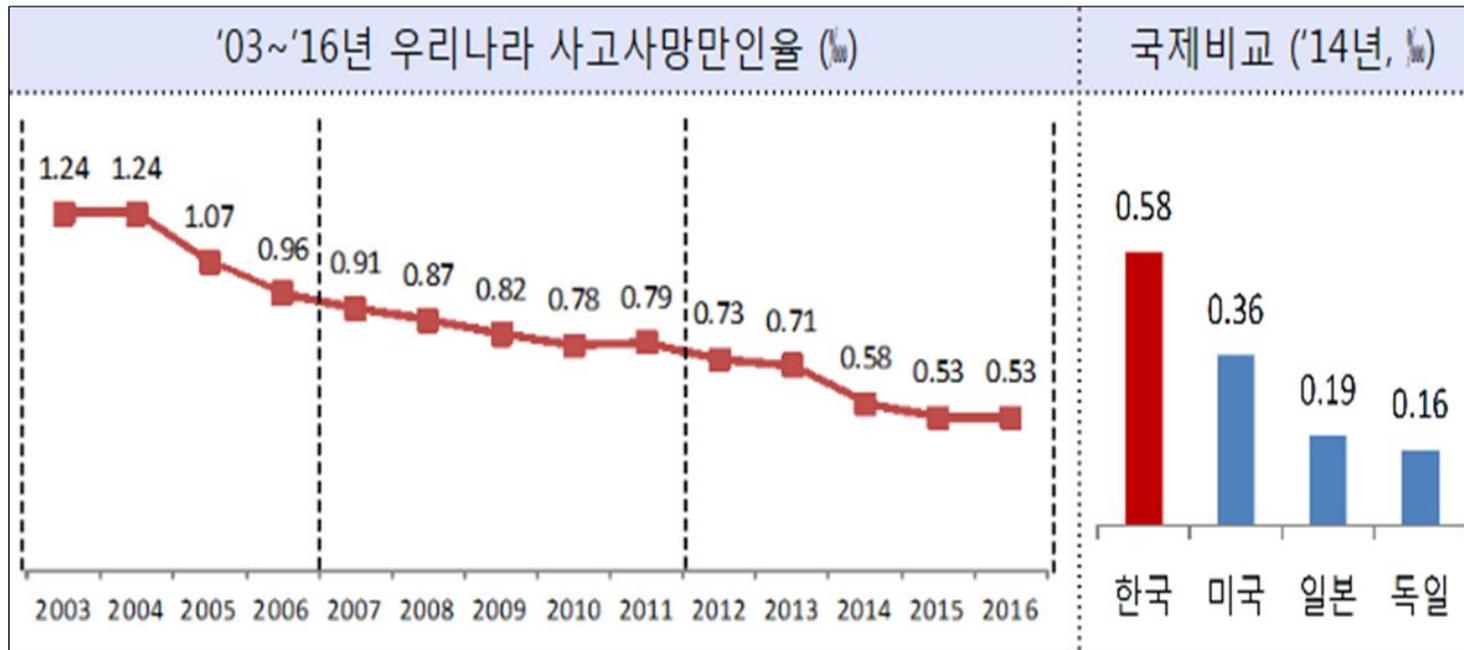


[안전관리자 유무 = 76:24 사망률]

구분	분류 불능	3억 미만	10억 미만	20억 미만	50억 미만	120억 미만	300억 미만	500억 미만	500억 이상	총 계
사망자 (%)	37 (5.9)	196 (31.6)	83 (13.4)	48 (7.7)	52 (8.4)	57 (9.2)	44 (7.1)	23 (3.7)	81 (13)	621 (100)
	473 (76.2%)						148 (23.8%)			

## 2. 근원적인 원인 도출

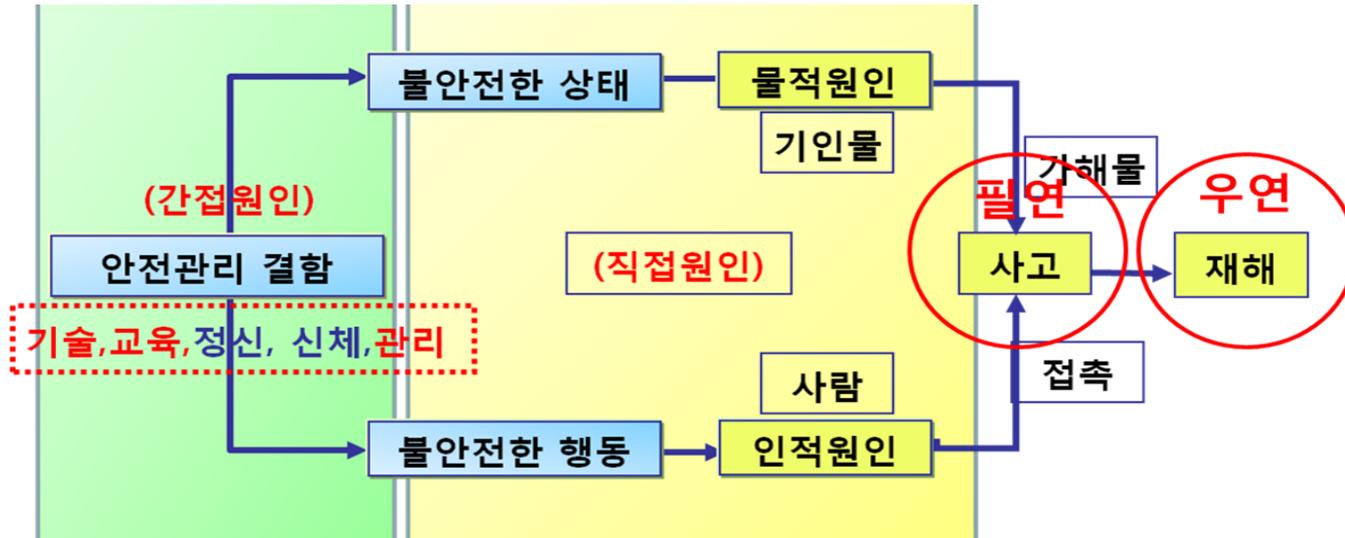
목표 : 2022년까지 건설사망자수 절반감축 ('18년 정부정책)



사망재해 반감 10년 이상 소요 = 향후 저감 (획기적인 개선방안)

## 2. 근원적인 원인 도출

사망재해 반감 10년 이상 소요 = 향후 저감 (획기적인 개선방안)



3E 기법 **간접원인(근원적 원인) = 교육(70%): 관리(20%): 기술(10%)**

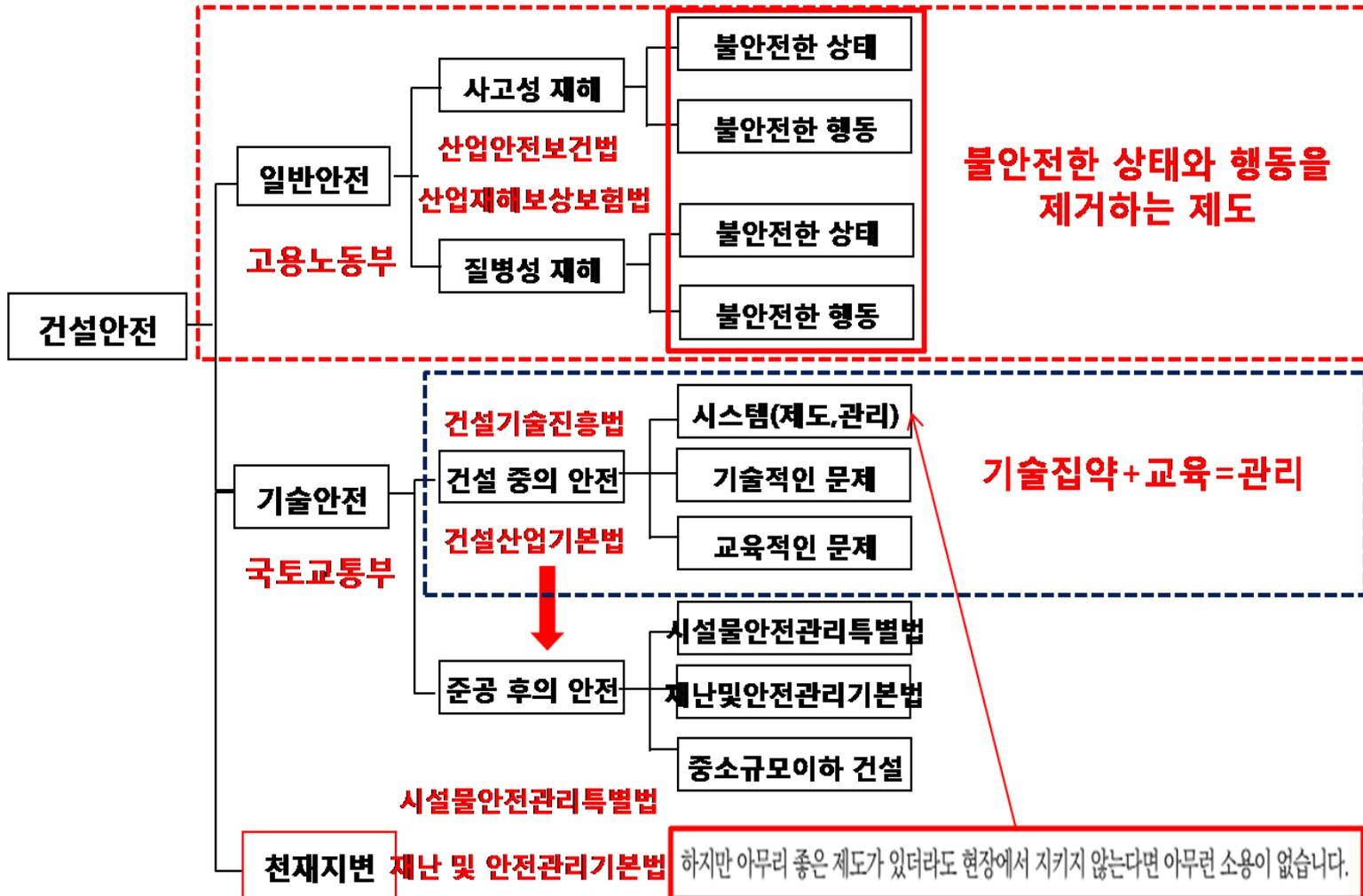
- 미국의 하아비(Harvey)가 주장한 이론으로 각기가 모두 중요하다.
  - 관리적(Enforcement) : 관리적(규제적) 측면
  - 기술적(Engineering) : 기술적 측면
  - 교육적(Education) : 교육적 측면

구분	1994년도	1997년도	2000년도	2003년도	2005년도
관리적 원인	15%	17%	28%	28%	20%
기술적 원인	37%	45%	38%	37%	29%
교육적 원인	48%	38%	33%	35%	51%

<우리나라 재해원인 3E의 점유율>

## 2. 근원적인 원인 도출

### 건설안전의 업무영역과 개선방안



## 2. 근원적인 원인 도출

간접원인(근원적 원인) = 교육(70%): 관리(20%):기술(10%)



## 2. 근원적인 원인 도출

간접원인(근원적 원인) = 교육(70%): 관리(20%):기술(10%)



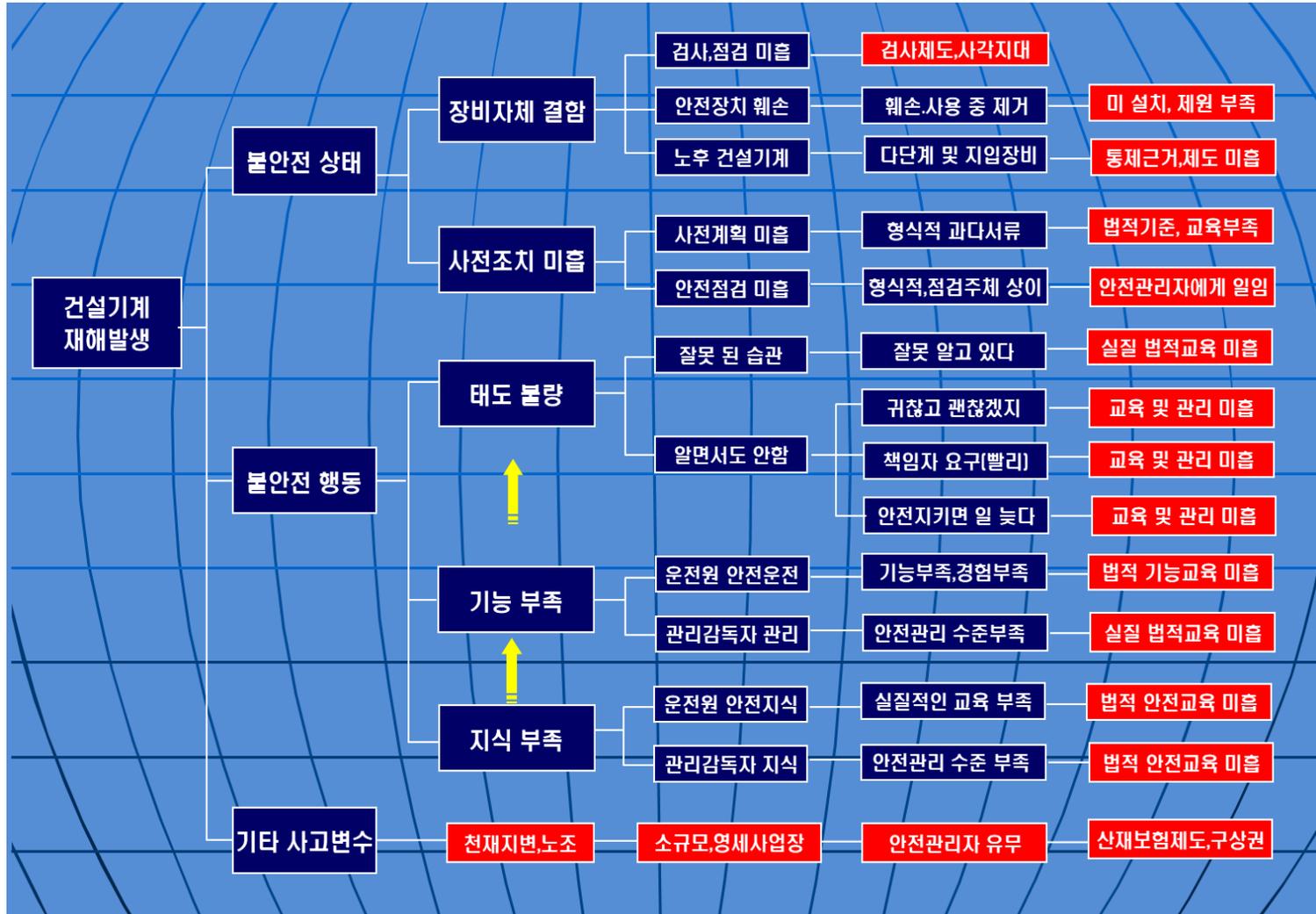
## 2. 근원적인 원인 도출

간접원인(근원적 원인) = 교육(70%): 관리(20%):기술(10%)



## 2. 근원적인 원인 도출

### 건설기계재해발생 원인변수 도출



## 2. 근원적인 원인 도출

### 핵심인자 우선순위화

[Potential Vital X's 선정]

X's	A	B	C	D	E	계	순위
검사제도의 문제	Q	Q	Q	Q	Q	Q	즉시
안전장치 훼손, 임의제거	10	10	10	10	10	50	1
지입장비, 노후장비	Q	Q	Q	Q	Q	Q	즉시
사전계획서 미흡	9	9	9	9	9	45	2
작업 전 안전점검	9	9	9	9	9	45	2
잘못 알고 있는 지식	8	8	8	8	8	40	3
알면서도 안전 미 준수	8	8	8	8	8	40	3
운전원 기능미숙	5	5	5	5	5	25	4
관리감독자 수준 부족	9	9	9	9	9	45	2
운전원의 보호제도	5	5	5	5	5	25	4
소규모, 영세 건설현장	10	10	10	10	10	50	1
안전관리자 유무	8	8	8	8	8	40	3

Multi(Team)-Voting 1=매우 약함, 3=약함, 5=보통, 8=강함, 10=절대적

## 2. 근원적인 원인 도출

### 건설기계재해의 근원적인 원인

#### 1. 장비자체의 결함 : 기술적 문제

검사제도 및 노후장비의 문제인가?

#### 2. 사용상의 결함 : 교육적 대책, 관리적 대책

교육적 대책 : 안전관리자, 관리감독자는 잘 알고 있는가?

운전원은 잘 알고 있는가?

직종별, 직급별 교육은 제대로 받고 있는가?

대략? 혹은, 확실히? 알고 있는가?

관리적 대책 : 건설기계작업계획서 사전 운영이 되는가?

건설기계 작업 전 안전점검 실시하는가?

건설기계 안전점검표 실질적인가?

건설기계 안전점검은 누가? 언제 실시하는가?

#### 3. 기타 사고원인 : 노조 및 운전원 보호제도, 안전관리자 유무 등

## 2. 근원적인 원인 도출

소규모 : 대규모 건설 사망자 비율 = 76% : 24%

불안전 상태 88%

소기업

대기업

불안전 행동 88%

1.작업전 안전점검	안전조회 참석	안전시설물, 안전장치 임의 해제 금지
2.안전통로 확보	지정된 통로 이용	통제구역 출입 금지
3.안전화,안전모,안전벨트 지급 착용	고소작업시 안전벨트 사용	양중용 장비 탑승 금지
4.전기기계·기구에 누전차단기 설치	규정된 작업발판 사용	상·하 동시작업 금지
5.동근톱·용접기 등에 방호장치	작업 전, 후 정리정돈	미승인 화기작업 금지
6.중량물 낙하 위험구역내 접근금지		
7.추락,낙하방지용 안전방망 설치		
8.표준안전난간대,개구부 덮개 설치		
9.용접시 인화성 물질 격리		
10.밀폐공간 작업전 산소농도 측정		
11.작업후 정리정돈		

## 2. 근원적인 원인 도출

### 건설기계안전업무 영역

세부내용	관련기관 및 개인
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건설기계자체의 안전성 확보방안 (건설기계관리법, 산업안전보건법, 자동차법 등) KCS, 검사 및 점검제도, 수입 및 노후장비제도 수입장비 AS 부품관련 제도 개선</li> <li>- 건설기계작업계획서의 표준화</li> <li>- 건설기계운전원 및 관련근로자 교육제도 개선 (특별안전교육 및 기능사, 면허제도 개선)</li> <li>- 운전원 및 정비원의 산재보험, 안전관리 개선</li> <li>- 건설기계관련 법제도 및 시스템 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고용노동부, 국토교통부</li> <li>- 안전보건공단, 시설안전공단</li> <li>- 안전보건관련 단체</li> <li>- 안전관리자</li> <li>- 노무사, 안전, 산재담당자 등</li> <li>- 건설관련 학계</li> <li>- 안전진단/컨설팅/검사 업체</li> <li>- 분야별 시공, 구조기술자</li> <li>- 건설기계전문가, 생산, 설치</li> <li>- 기타 건설안전전문가 등</li> </ul>

## 2. 근원적인 원인 도출

### 건설기계재해의 교육적인 원인

구분	교육구분	교육시간	방법	교육강사	교육내용(교재)	
사내 교육 (31 조)	근로자	채용 시	8h(일용1h) 기초안전교육 수료	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 자체 또는 외부기관에 의뢰 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ (자체) 관리책임자, 관리감독자, 안전보건관리자, 강사 과정 이수자, 지도사,</li> <li>▶ (위탁) 위탁.대행기관, 비영리법인, 훈련기관</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 대상별 교육 내용을 별도로 규정</li> <li>▶ 교재를 자체 제작하여 사용</li> <li>※ 안전공단 홈페이지 교육자료 편집사용</li> </ul>
		정기교육	근로자 6h/분기			
		작업내용 변경시	2h(일용1h)			
	특별교육	2h 이상(채용 시)				
	관리감독자 정기	16h 이상 /년				
직무 교육 (32 조)	관리책임자	신규 6h/2년 보수 6h/2년	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 직무 교육기관</li> <li>▶ 인터넷</li> </ul>	직무교육기관 강사	<ul style="list-style-type: none"> <li>안전공단에서 직무교육교재 제작배포</li> <li>※ 기관별로 재편집</li> </ul>	
	안전보건관리자	신규 34h/2년 보수 24h/2년				

**관리감독자와 특별안전교육대상자(건설기계운전원) 제대로 교육받고 있는가?**

## 2. 근원적인 원인 도출

### 안전관리자와 관리감독자 직무

### [산안법의 조직과 수행직무]

구분	안전관리자 직무(시행령 제13조)	관리감독자 업무(시행령 제10조)
직무	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산업안전보건위원회 또는 노사협의체 의결 업무, 사업장 안전보건관리규정에 정한 업무</li> <li>• 유해 위험기계.기구 구입시 적격품 선정 <b>조언</b></li> <li>• 안전교육계획 수립 및 안전교육 실시 <b>조언</b></li> <li>• 위험성평가에 관한 보좌 및 <b>조언</b></li> <li>• 사업장 순회점검.지도 및 조치 건의</li> <li>• 재해 원인조사·분석 및 재발방지 기술적 <b>조언</b></li> <li>• 재해 통계의 유지·관리·분석 위한 <b>조언</b></li> <li>• 안전에 관한 사항의 이행에 관한 <b>조언</b></li> <li>• 업무수행 내용의 기록유지</li> <li>• 위의 업무수행 시 보건관리자와 협력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>기계.기구 또는 설비의 점검, 이상유무 확인</b></li> <li>• 소속된 근로자 작업복,보호구 및 방호장치 점검과 착용교육·지도</li> <li>• 산업재해에 관한 보고 및 응급조치</li> <li>• 작업장 정리.정돈 및 통로확보 확인·감독</li> <li>• 안전관리자 등 지도.조언에 대한 협조</li> <li>• 위험성평가를 위한 유해·위험요인의 파악 및 그 결과에 따른 개선조치 시행.</li> <li>• 대통령령으로 정한 업무</li> <li><b>* 유해.위험작업 특별안전교육</b></li> <li>* 유해.위험기계 등의 안전 성능검사</li> <li>• 그 외 노동부 장관이 정한 유해·위험 방지</li> </ul>
기능	보좌 및 조언·지도(이하 <b>조언</b> )	관리감독자가 지휘·감독하는 작업

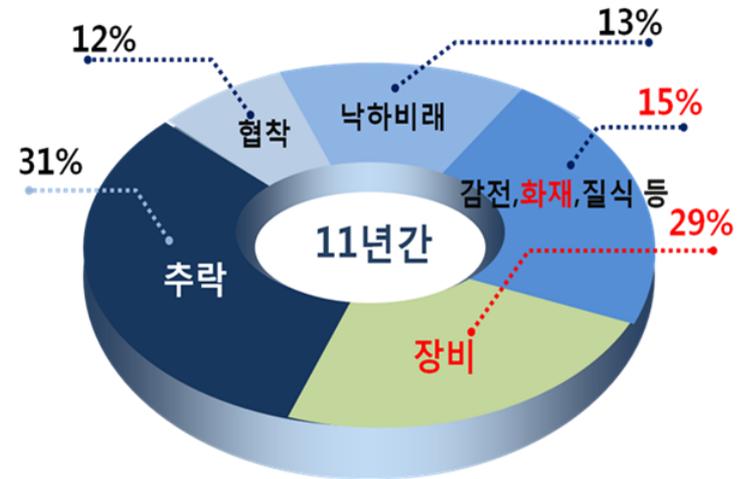
## 2. 근원적인 원인 도출

### 관리감독자의 법정직무

위험 방지가 특히 필요한 작업 (시행령 제10조제3항) <개정 2010.11.18>

#### 특별안전교육 대상 작업

1. 밀폐된 장소, 습한 장소 용접작업
2. 목재가공(휴대용 제외) 5대 이상 보유
3. 1톤 이상 크레인 (고정식, 이동식)
4. 리프트, 곤도라 사용
5. 전압 75V 이상 정전, 활선 작업
6. 깊이 2m 이상 굴착작업,
7. 굴착면 높이 2m 이상 암석 굴착작업
8. 흙막이 지보공 설치, 보강, 해체작업
9. 거푸집 동바리 조립, 해체작업
10. 비계 조립, 해체 작업(각종비계, 낙하물 방호선반 포함)
11. 타워크레인 설치, 해체 작업(상승작업 포함)
12. 산소, LPG 등 이용한 금속의 용접, 용단 가열작업
13. 폭발성, 발화성, 인화성 물질을 취급하는 작업
14. 높이 2m 이상 콘크리트 공작물 해체, 파쇄 작업
15. 벤퍼플렌트 사이로, 골재 호퍼 등 저장탱크 내부 작업



특별안전교육을 실시하거나, 확실히 알고 있는 관리감독자가 있을까?

## 2. 근원적인 원인 도출

### 노조 및 운전원 보호제도



## 2. 근원적인 원인 도출

### 노조 및 운전원 보호제도



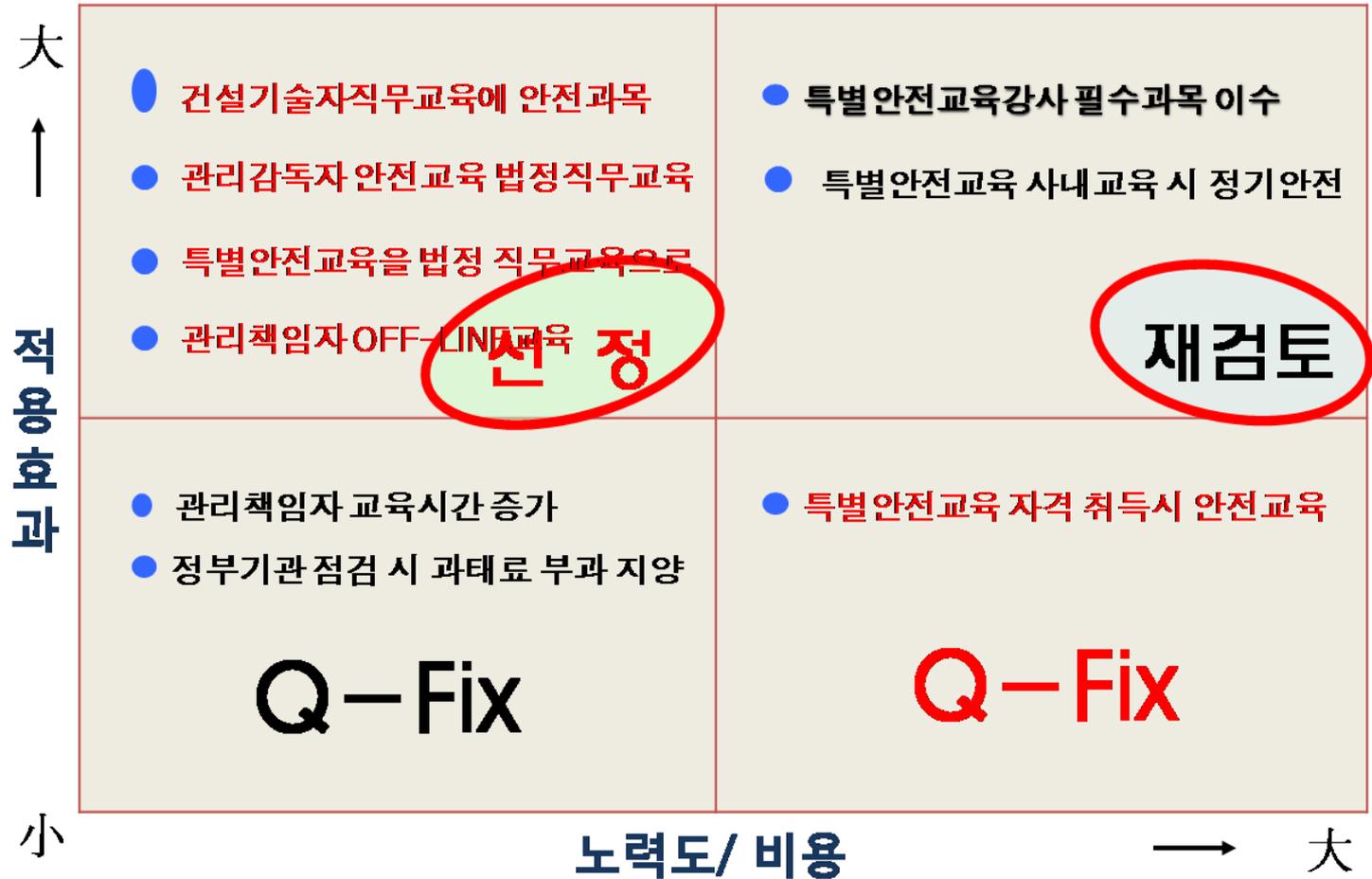
### [장비운전원의 안전수칙 미 준수]

사고 진술서  
2015년 12월 16일 09시 30분경 본인은  
현장에서 50t 크레인을 이용하여  
유도품을 양중하는 작업의 상부 상부 신호수를  
보는데도 크레인 기사에게 거리가 나오지 않으니  
크레인의 이동을 무리하였으나 크레인 기사가  
알아서 하겠다고 독단적으로 작업을 하던 중  
사고가 발생하였습니다  
이로 인해 본인은 그 후 휴직으로 2일간 아무일도  
할수 없었습니다.  
상기 진술은 사실과 특립 없음을 확인합니다.  
진술인 : ..  
2015년 12월 22일

# 3. 건설기계재해의 예방방안

## 건설기계재해 예방의 교육적 대책

### Pay-Off Matrix를 이용한 최적대안 선정



## 건설기계재해예방의 교육적 대책

### 우선순위1. 사내교육 중 관리감독자와 특별안전교육의 실효성 문제

- **건설기술진흥법의 건설기술직무교육에 산안법 안전과목 포함**
- **관리감독자의 산안법 정기안전교육을 법정 직무교육으로 분류**
- **특별안전교육대상은 사내교육 시 정기안전교육으로 분류**

### 우선순위2. 사내교육의 교육강사의 역할과 자질 및 교육의 실효성 문제

- **관리책임자 법정교육시간 증가(현행6H에서 8H) 및 OFF-LINE**
- **특별안전교육의 강사는 관리감독자로서 필수교육 직무 이수자 제도**

### 우선순위3. 특별안전교육대상근로자의 건설현장의 교육책임

- **특별안전교육대상근로자 자격취득 안전교육과 법정직무교육(국고지원)**

### 우선순위4. 형식적인 교육(법적 서류정리)의 실효성 문제

- **정부기관의 안전점검 시 교육 미 실시에 대한 과태료 부과 지양**

# 3. 건설안전의 해결과제

## 건설기계작업계획서의 실행력 향상방안

(13 page)

**차량계 건설기계 작업계획서**  
(표준모델)

기준 : 산업안전기준에 관한 규칙(제215조, 별표2)

종 류	선 택	종 류	선 택
불도저	<input type="checkbox"/>	항타기	<input type="checkbox"/>
모터그레이더	<input type="checkbox"/>	항발기	<input type="checkbox"/>
로더(loader)	<input type="checkbox"/>	어스드릴	<input type="checkbox"/>
스크레이퍼	<input type="checkbox"/>	리버서플레이션 드릴	<input type="checkbox"/>
스크레이퍼 도저	<input type="checkbox"/>	천공기	<input type="checkbox"/>
파워셔블	<input type="checkbox"/>	어스오거	<input type="checkbox"/>
드래그라인	<input type="checkbox"/>	페이퍼드레인 머신	<input type="checkbox"/>
크랩셀	<input type="checkbox"/>	로울러	<input type="checkbox"/>
백호우	<input checked="" type="checkbox"/>	콘크리트 펌프카	<input type="checkbox"/>
트렌취	<input type="checkbox"/>	기타	<input type="checkbox"/>

현장명	이전 M14 PHASE-1 건설 PROJECT		
업체명	두 . . . . .주		
작성일	2014년 12월 02일		
작성자	Biz.P 안전	신기수	(서명)
확인자	Biz.P 소장	김 . . . . .	(서명)
검토자	SKEC 안전	이 . . . . .	(서명)
승인자	SKEC 시공	이 . . . . .	(서명)

(11 page)

**중량물 취급작업 계획서**  
[안전보건기준에 관한 규칙(제173조,219조)]

[ Rigging Plan 대상작업 : YES  NO  ]

Rigging Plan 종류	구분	선 택
Standard Rigging Plan (현장자체 승인)	인양물 100톤 미만	<input checked="" type="checkbox"/>
Engineered Rigging Plan (본사 기술검토 후 현장승인)	인양물 100톤 이상 Crane 2대 동시 작업	<input type="checkbox"/>

현장명	이전 M14 PHASE-1 건설 PROJECT		
업체명	광건T&C		
작성일	2014년 12월 09일		
작성자	Biz.P 안전	김 세 영	(서명)
확인자	Biz.P 소장	박 흥 전	(서명)
검토자	SKEC 안전	이 . . . . .	(서명)
승인자	SKEC 시공	이 . . . . .	(서명)

회람 1 (건축팀장)		회람 2 (설비팀장)		회람 3 (전기팀장)	
성명		성명		성명	
서명		서명		서명	
코멘트		코멘트		코멘트	

\* 현장 건설 사항이 발생하면 반드시 상기 팀장의 승인을 득한 후 작업하시기 바랍니다. (팀장 부재시 자 선임 팀장 가능)

## 건설기계작업계획서의 실행력 향상방안

### 산업안전보건기준에 관한 규칙

#### 제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등)

1. 타워크레인을 설치·조립·해체하는 작업
2. 차량계 하역운반기계 등을 사용하는 작업(화물자동차를 사용하는 도로상의 주행작업은 제외한다. 이하 같다)
3. 차량계 건설기계를 사용하는 작업
6. 굴착면의 높이가 2미터 이상이 되는 지반의 굴착작업
7. 터널굴착작업
8. 교량(상부구조가 금속 또는 콘크리트로 구성되는 교량으로서 그 높이가 5미터 이상이거나 교량의 최대 지간 길이가 30미터 이상인 교량으로 한정한다)의 설치·해체 또는 변경 작업
9. 채석작업
11. 중량물의 취급작업
12. 궤도나 그 밖의 관련 설비의 보수·점검작업 협의하여야 한다.

### 3. 건설기계재해의 예방방안

#### 건설기계작업계획서의 실행력 향상방안

##### 산업안전보건기준에 관한 규칙

##### 제39조(작업지휘자의 지정)

- ① 사업주는 제38조제1항제2호·제6호·제8호 및 제11호의 **작업계획서**를 작성한 경우 **작업지휘자를 지정**하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하여야 한다. 다만, 제38조제1항제2호의 작업에 대하여 작업장소에 다른 근로자가 접근할 수 없거나 한 대의 차량계 하역운반기계 등을 운전하는 작업으로서 **주위에 근로자가 없어 충돌 위험이 없는 경우에는 작업지휘자를 지정하지 아니할 수 있다.**
- ② 사업주는 항타기나 항발기를 조립·해체·변경 또는 이동하여 작업을 하는 경우 작업지휘자를 지정하여 지휘·감독하도록 하여야 한다.

# 3. 건설기계재해의 예방방안

## 건설기계작업계획서의 실행력 향상방안

### 3. 중량물 취급방법 및 안전작업 기준

선택	항목	안전작업 기준	비고
<input checked="" type="checkbox"/>	인력 운반	1. 물건을 몸 가까이에 위치시키고, 허리를 곧게 편상 태로 취급한다. 2. 운반거리를 고려하여 운반 보조구를 활용하거나, 어깨 위로 올려 운반한다. 3. 3M 이상 긴 자재는 2인1조 운반을 원칙으로 한다. 4. 2인 운반 시 신호는 한 사람이 한다.	
<input type="checkbox"/>	운반용구 사용		
<input checked="" type="checkbox"/>	하역운반 기계사용	1. 운전자는 작업 전 일일 점검 체크 리스트를 활용 하여 작업 전 점검 후 작업을 진행한다. 2. 허가된 장비를 사용 하여 작업을 진행한다. 3. 편하중이 생기지 않도록 적재 한다. 4. 지정된 운전자 외 운전을 금한다. 5. 운행 중 과속을 금한다.	
<input type="checkbox"/>	경사면의 작업		

### 4. 취급장비 제원

장비형식 : 기중기(조종원 : 배토성)		장비형식 : (조종원 : )	
제조사/모델명	GR-250N-1	제조사/모델명	
자체중량(Ton)	25.485	최대적재능력(ton)	
인양 하중	최대 0.1T 정격 1.85T	인양 하중	최대 정격
작업반경(M)	20.2	작업반경(M)	
줄걸이 작업	재료	라운드슬링벨트	줄걸이 작업
	규격	4TON	
	정격하중	100KG	
	방법	두줄걸이	
	위치	자재	위치
체결 장구	품명	샤클	체결 장구
	규격	1	
	정격하중	8.5	

### 7. 작업 지휘자 지정서

성명 및 서명	(서명)
위 사람은 산업안전보건기준에 의거, 중량물 취급 작업에 따른 안전관리 업무를 수행하기 위하여 이천 M14 PHASE-1 건설 PROJECT 작업 지휘자로 지정합니다.	
작업 지휘자 임무	작업지휘자는 작업계획서에 따라 작업을 지휘 및 아래 사항을 관리 감독 하여야 한다. ① 작업복, 보호구 및 방호장치 점검과 그 착용, 사용에 관한 교육 지도에 관한 사항 - 공구 및 보호구의 기능점검과 안전대 및 안전모 등의 착용 확인에 관한 사항 ② 유해 위험한 작업에 관한 특별교육 중 안전교육에 관한 사항 ③ 해당 작업에서 발생한 산업재해에 관한 보고 및 이에 대한 응급 조치에 관한 사항 ④ 해당 작업에 관련된 기계, 기구, 설비의 안전보건 점검 및 이상 유무에 확인에 관한 사항 ⑤ 해당 작업의 작업장 정리 정돈 및 통로 확보에 대한 확인, 감독에 관한 사항 ⑥ 기타 당해 작업의 성격상 유해 또는 위험을 방지하기 위한 업무에 관한 사항
작업 지휘자는 현장 무단 이탈 시에는 작업을 대기 조치하며, 부득이 한 경우에는 새로운 작업지휘자를 지정하여야 하며, 사전에 SK건설 관리감독자 및 안전관리자에게 사전 통보 하여야 함.	
◆ 2014년 12월 10일 ◆ ( ) IECT ◆ 환경공학부	

# 3. 건설기계재해의 예방방안

## 건설기계작업계획서의 실행력 향상방안

차량계 하역운반/건설기계 작업계획서 (산안안전기준에관한규칙 제173,219조,462조) (크레인, 볼리프트(SKY) 등 양중장비)

현 장 명	작성일자			2013. . .	
건설기계명	가 입 보 령	협 력 사 명			
규 격	검사유효기간	협력사소장명			
모 델	사 용 기 간	<b>작업지휘자</b>			
등록번호	사 용 장 소	~	운전원	성명	
등록업체명	근로자교육일시			자격	
①양중물의종류	④줄걸이 종류	⑤와이어 □ 볼리프트	⑥줄걸이규격		mm, EA
②양중물의규격	⑦파단하중(1중)	ton		⑧안전하중 - ⑨파단하중 × 줄걸이수 6 (안전율) × 좌력좌수	
③양중물의중량	ton	⑩줄걸이안전하중	ton	줄 걸 이 관 경	□ OK □ NO
⑪ 크레인 양중능력 : 작업반경/볼길이에 따른 양중능력 > 양중물의 중량 (반경 m/볼길이 m : ton) 양중물의 중량 ton			□ OK □ NO		
작업장소 및 운행경로 (도면에 의거 정비위치 및 동선표시)					
<p>&lt;양중각도 및 장력배수&gt;</p>					
세부 작업방법			중점안전관리사항 (속도제한: km/hr)		
1.			1.		
2.			2.		
3.			3.		
4.			4.		
5.			5.		
협력사소장	(인)	공사과장	(인)	안전관리자	(인) 현장소장: (인)

① 작성기준 : 공기유압(물대/직압) : 중립작업시 : 표계출 (건설기계 안전관리규칙에 준함)  
단기작업(일대장비) : 원일 계획서제출 (필수작성 - 국제인류,고소장비류,벌포카)  
② 작성FLOW : 협력사 작성 → 공사과장/안전관리자 검토 → 소장필재  
※ 차량계 건설기계 : 볼트저, 그레이트, 로터, 스크레이퍼, 스크레이퍼드러, 파척셔플, 드래그라인, 크레인, 벌포우, 트럭, 할더기, 할발기, 어스틀, 리버서스클레이저드림, 천공기, 어스오거, 페이퍼드레이머, 트롤러, 콘크리트 펌프카  
③ 세부서류 양중장비 : 건설기계 검사증, 조종원 면허, 보합서류, 안전점검표, 정비제표(크레인 양중능력표)  
차 량 계 : 건설기계 검사증, 조종원 면허, 보합서류, 안전점검표

## 이동식크레인 안전작업 점검표

점검시기	작업 전 점검	점검자	점검일자	
구분	번호	점검내용	점검 결과	조치 사항
운전자격 적정여부	1	운전원 면허 자격 여부 기중기 건설기계조종사면허 카고크레인 1종 대형면허(12톤 이상), 1종 보통면허(12톤 미만)		
	2	권과방지장치, 과부하방지장치 등 설치상태		
안전장치 설치 및 사용상태	3	록 해지장치 설치상태		
	4	목적외 사용금지		
화물양중 작업의 안전성	5	봄, 유압장치, 턴테이블 등 주요 구조부 상태		
	6	전도 임계하중* 검토 * 전도 발생되기 직전 크레인 붕괴에서 양중 할 수 있는 최대하중		
	7	크레인 제원표 및 작업범위* 검토 * 작업범위도 : 가로축은 작업반경 세로축은 인양높이를 나타낸 것		
	8	운전자의 시야 확보 [전면 유리상태 및 후사경 설치상태]		
	9	운전석 조작장치 및 제동장치 등 작동상태		
	10	줄걸이 용구 외관상태 [슬링, 샤클, 턴버클, 훅, 볼록, 와이어로프 등]		
	11	아웃트리거 설치상태 [건고한 지반, 지반 침하방지조치 및 받침대 확보]		
	12	유도차 및 신호수 배치[작업지휘자] 유무 확인		
	13	줄걸이 작업안전[와이어로프 체결, 안전을 등] 확인		
	14	이동식크레인 붕에 불법 탑승설비 부착 유무 * 카고크레인의 작업대 부착 사용금지		
	15	중량물 취급 시 예방대책을 포함한 작업계획서 작성		
안전작업을 위한 준수사항	16	수리-점검항목 등 이력기록 관리상태		

### 3. 건설기계재해의 예방방안

#### 건설기계안전분야 활동과제

##### 1. 교육적 대책 :

직무교육 개선 방안: 사업주 및 현장책임자,관리감독자 안전교육  
건설기계 운전원 특별안전교육

사내교육 개선 방안: 관리감독자의 특별교육 강의능력 향상

##### 2. 관리적 대책 :

건설기계작업계획 및 안전점검의 실용,단순,실행력 향상

관리감독자의 법적 안전직무 향상 및 책임 준수

50억 원~120억 원 안전관리자 경력 많은 인력 투입

건설안전지킴이,재해예방기술지도 점검인력 건설기계안전교육

##### 3. 기술적 대책 : 사각지대 없는 건설기계 안전검사 제도

안전검사제도의 신뢰성 확보를 위한 단가 및 책임,처벌 개선 필요

##### 4. 통계조사 방안 개선 등

### 3. 건설기계재해의 예방방안

#### 소규모 사업장 건설기계 안전관리방안

##### 1. 교육적 대책 :

직무교육: 사업주 및 현장책임자 특별안전교육  
관리감독자 특별안전교육

사내교육: 소규모사업장 사내 안전교육제도(외부 점검자)

##### 2. 관리적 대책 :

건설기계작업계획서 실용, 단순, 실행력 향상

건설기계 작업 전 안전점검의 실행력 향상

점검보완: 50억 원~120억 원 안전관리자 경력 많은 인력 투입

건설안전지킴이 건설기계안전교육 및 활성화

재해예방기술지도 점검인력 건설기계안전교육

노동부 감독집중 방안

재해사례 분석을 통한

# 건설장비 재해 저감을 위한 제언

2018. 7. 04

삼성물산(주) 건설부문

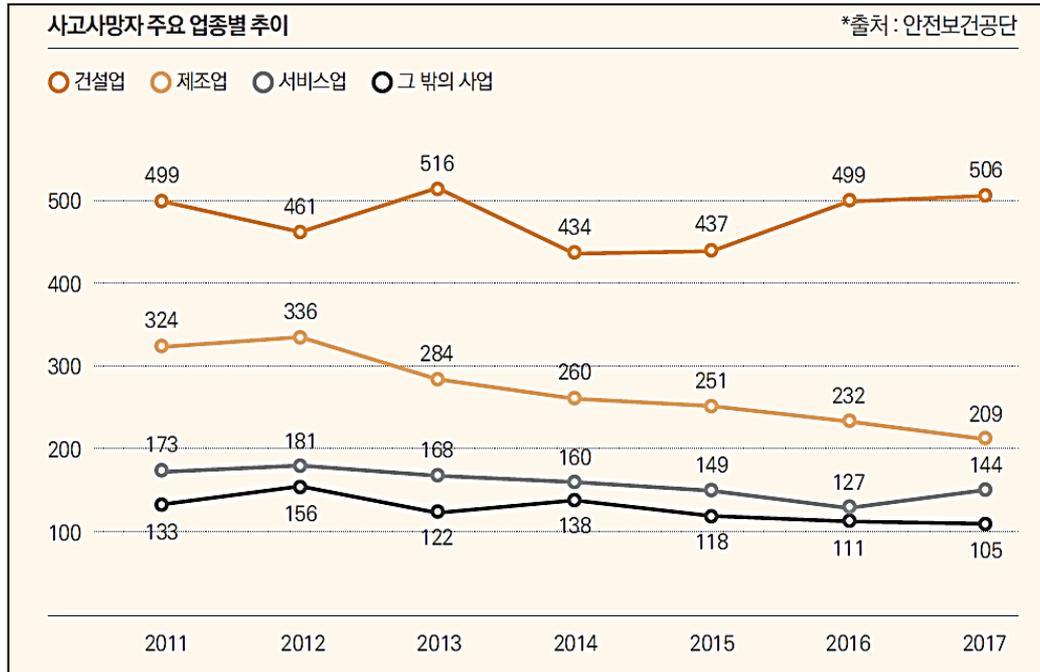
호종관 수석

1. 현황
2. 재해사례분석
3. 대책 및 적용사례
4. 사고예방을 위한 제안

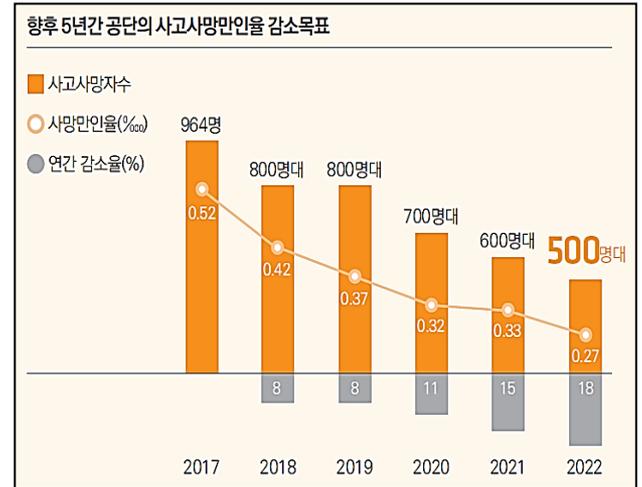


# 년간 중대재해는 얼마나 되나 ?

- ✓ 사망건: `17년 964건중 건설업 506건(53%)
- ✓ 만인율: 서비스 0.34, 제조업1.03, 건설업 1.47 (`15년)

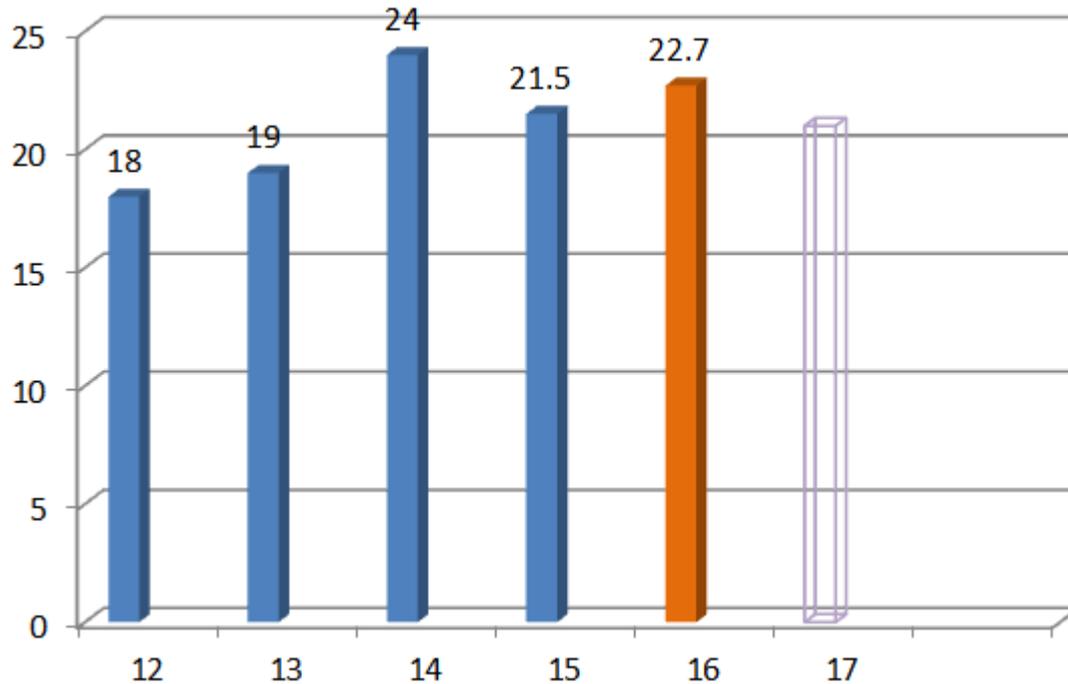


- 공단목표  
→ 5년간 중대재해 50% 감소



# 장비사고는 얼마나 되는지 ?

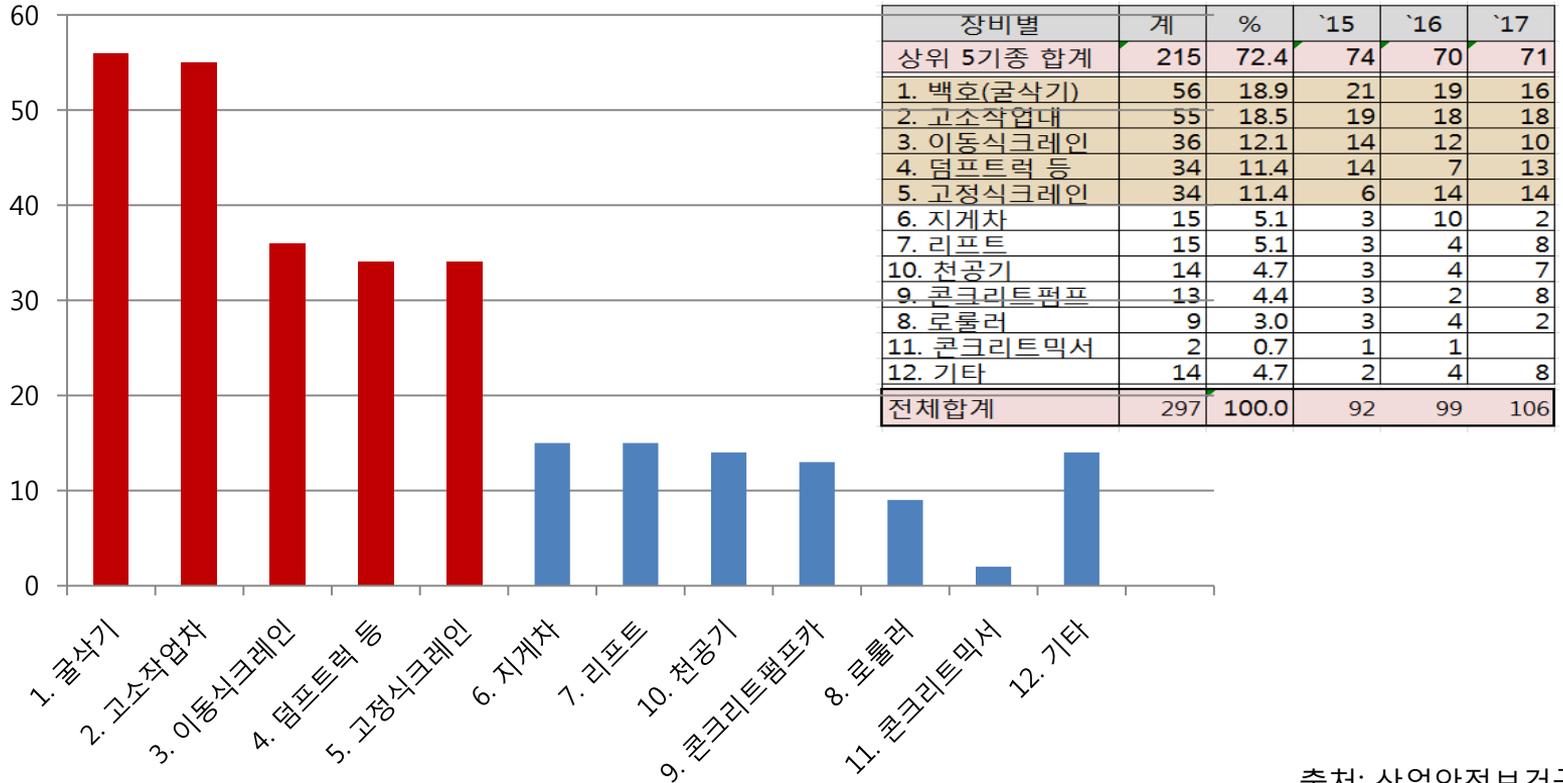
✓ 건설업에서 건설기계 사고는 증가추세로 20~24% 차지



(최근 5년간 건설기계 및 장비 사망재해 현황, 출처:안전보건공단)

# 장비별 사고건수 ?

✓ 3년간(`15~`17) 297건중 상위 5종 장비가 215건(73%) 차지



1. 현황
2. 재해사례분석
3. 대책 및 적용사례
4. 사고예방을 위한 제안

✓ 3대 장비위주로 사고사례를 분석 요약해 보면

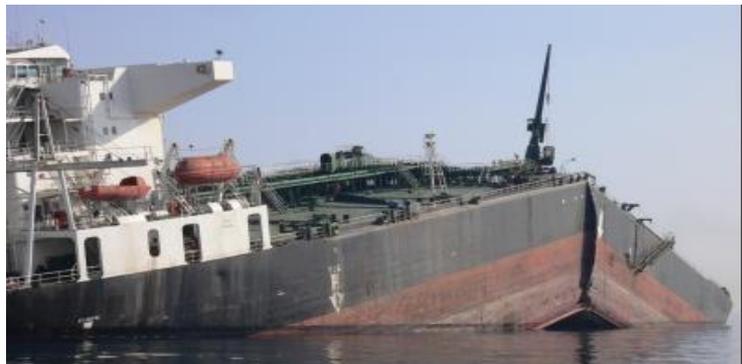
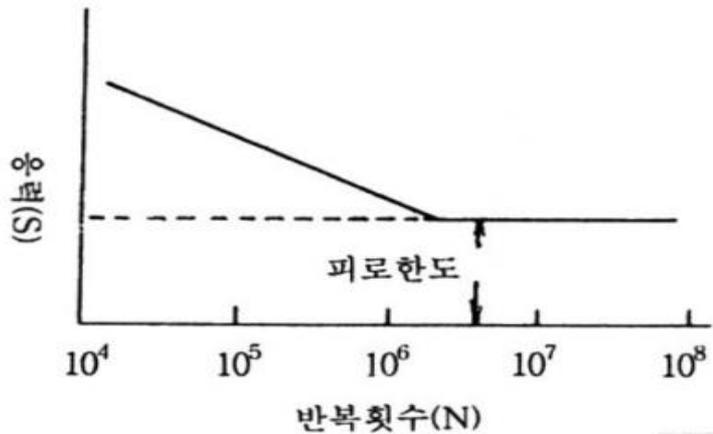
→ 장비자체의 결함보다는 계획과 실천이 주요

※ 장비의 특성이 반영된 분류와 사고 근본원인 분석에 대한 개관성과 신뢰성 확보 필요

구분	내용	① 타워크레인	② 고소작업차	③ 이동식크레인	발표자 의견
장비결함 (선정)	<ul style="list-style-type: none"> <li>구조부 파단</li> <li>봄 와이어파단</li> <li>용접부, 볼트 파단</li> </ul>	6건 (13%)	3건 (19%)	2건 (12%)	15%수준
계획/이행	<ul style="list-style-type: none"> <li>주변환경 파악 미비</li> <li>매뉴얼, 기준 미 준수</li> <li>위험성 검토 미 실시</li> </ul>	19건 (42%)	4건 (25%)	7건 (44%)	35%수준
작업방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>작업기준 미 준수</li> <li>점검 미 실시</li> <li>작업자의 실수</li> </ul>	20건 (45%)	9건 (56%)	7건 (44%)	50%수준
중대재해	분석 건수 합계	45건	16건	16건	

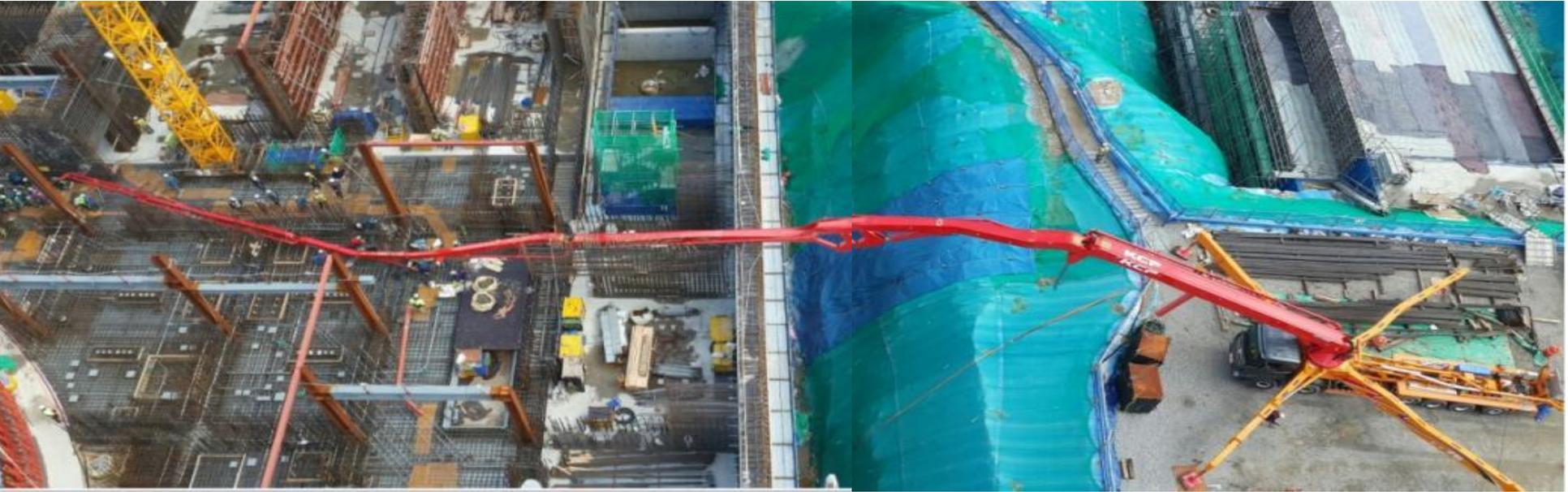
# Case Study

# ① 장비결함(Strength)



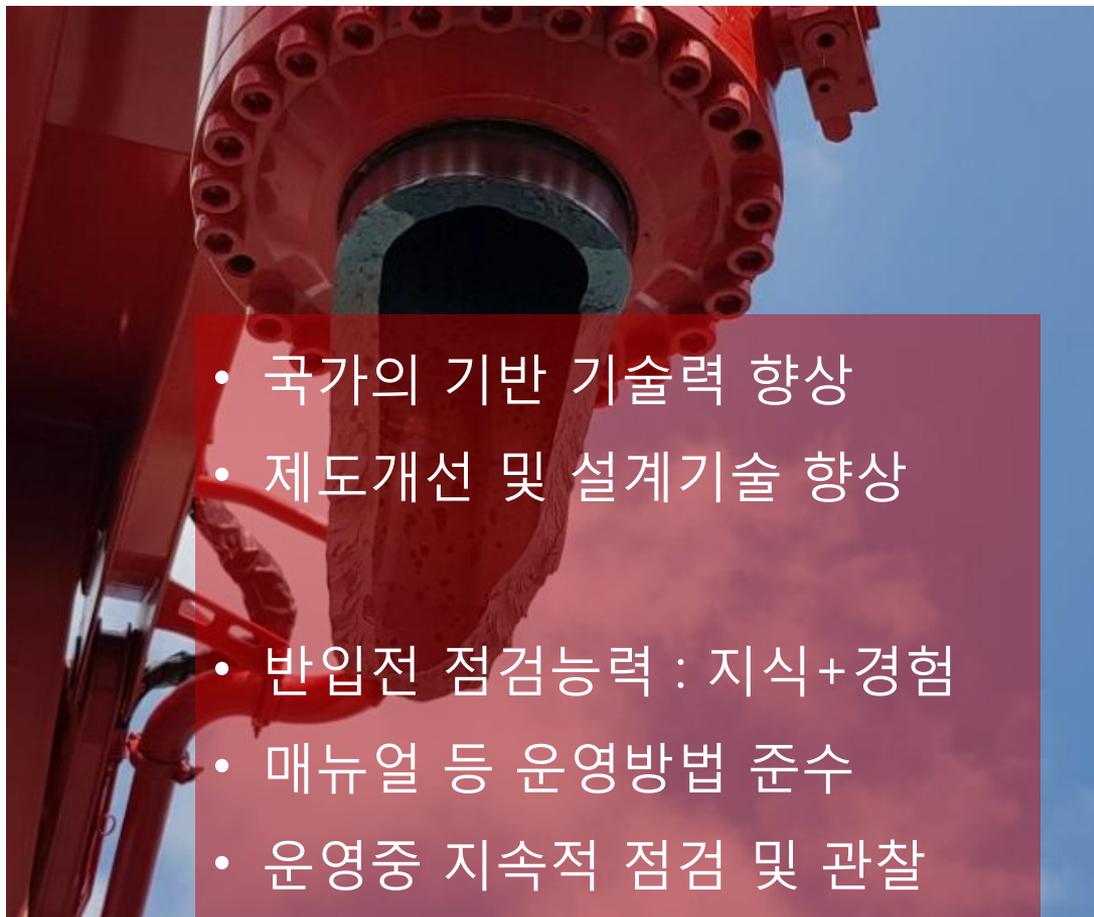
## ① 장비결함(Strength)

- 75m Pump Car 2단뿔 실린더 로드(Rod) 파손 : 2명 부상



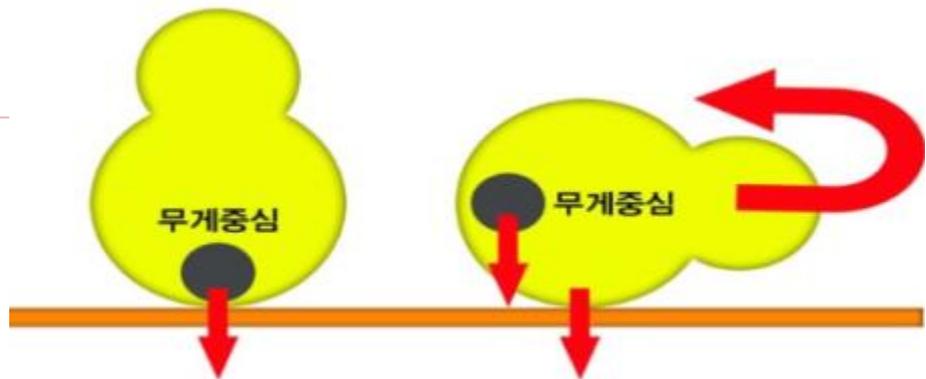
2018. 3. 17일 (oo PJT)

## ① 장비결함(Strength)



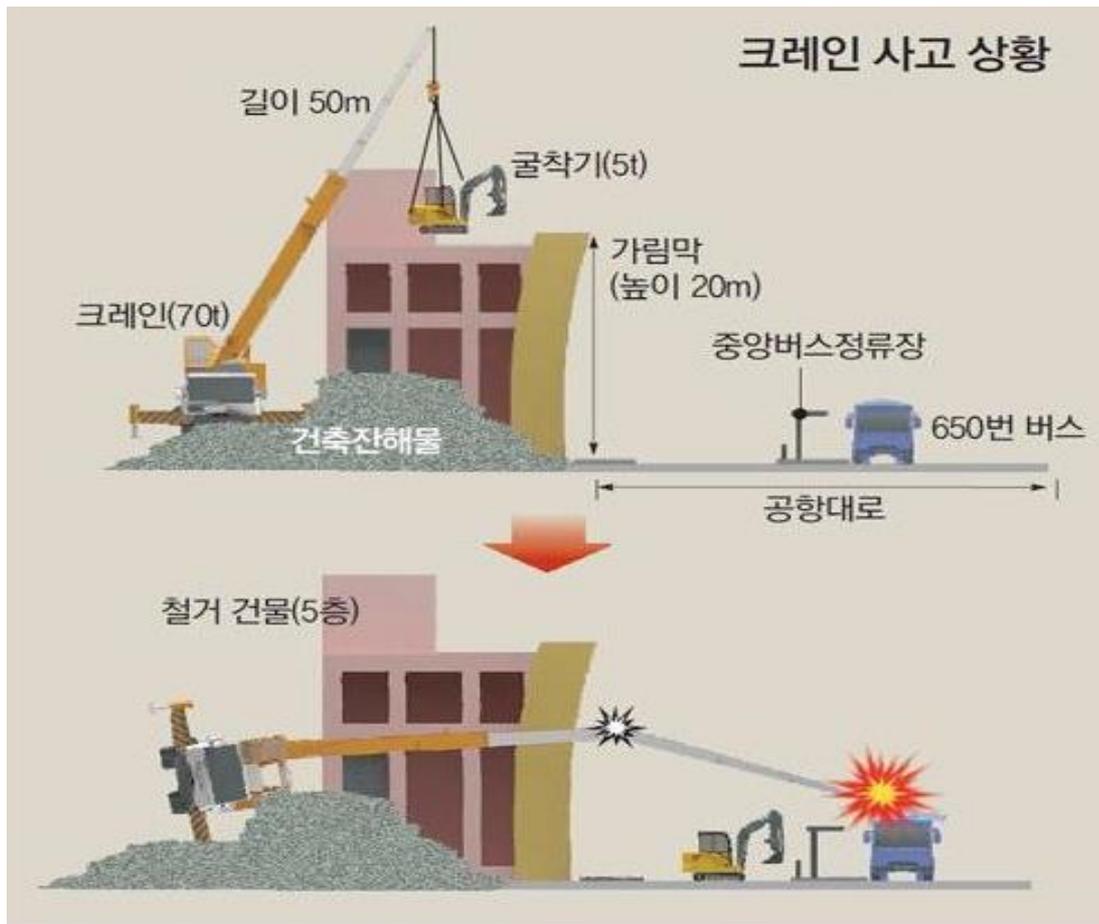
## ② 안정성 (Stability)

- ✓ 올바른 계획수립, 미준수
- ✓ 균형 = 발란스(Balance)





## ② 안정성 (Stability)



### ③ **작업방법, 원칙무시, 휴먼에러 (Method)**

---

- ✓ **원칙무시, 점검 미실시 (형식적)**
- ✓ **작업방법 부적절**
- ✓ **휴먼에러**

### ③ 작업방법, 원칙무시, 휴먼에러 (Method)



# 사고의 근본원인 요약

---

## ① Strength (장비결함)

- 피로 및 재료불량
- 설계자 오류
- 제작시 품질관리 미흡

## ② Stability (계획/이행)

- 불균형
- 과하중, 모멘트 초과
- 지반상태 불량

## ③ Method (작업방법)

- 줄걸이 방법 오류
- 공기구 불량
- 작업자 실수

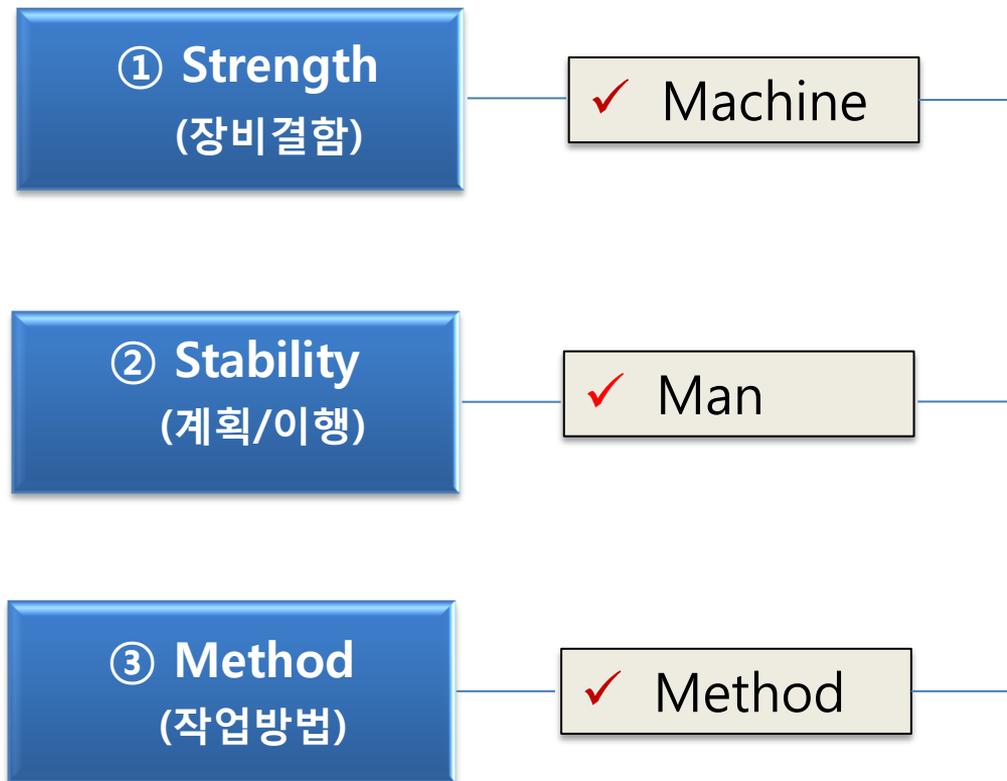
1. 현황
2. 재해사례분석
3. 대책 및 적용사례
4. 사고예방을 위한 제안

✓ 매번 사고발생 시 마다

수많은 대책들을 수립하는데도 사고는 왜, 계속될까 ?

- 법규, 제도가 없어서 ?
- 매뉴얼, 도면, 규칙이 없어서 ?
- 시간이 부족해서 ?
- 돈이 부족해서 ?
- 몰라서 안 지켰는지 ?
- 알고도 안 지켰다면, 왜? 안해도 되니까 ~
- 안지켜도 되겠지~ 안일한 생각 ?

- ✓ 실효성 있는 대책수립과 실행력에 초점



- **Plan** : System (제도)
- **Do** : 실행
- **Check** : 이행, 확인
- **Action** : 지도, 교육

- ✓ 실효성 있는 대책과 이행 관리에 초점
- ✓ System(제도)구축, 실행, 이행확인, 교육체계 운영



### • System 구축

: 실효성 있는 안전법규, 기준정비, 고위험장비 중점관리

### • 현장 개선활동(Audit)

: 계획이행 확인, 부적합 발굴/ 개선으로 관리수준 향상

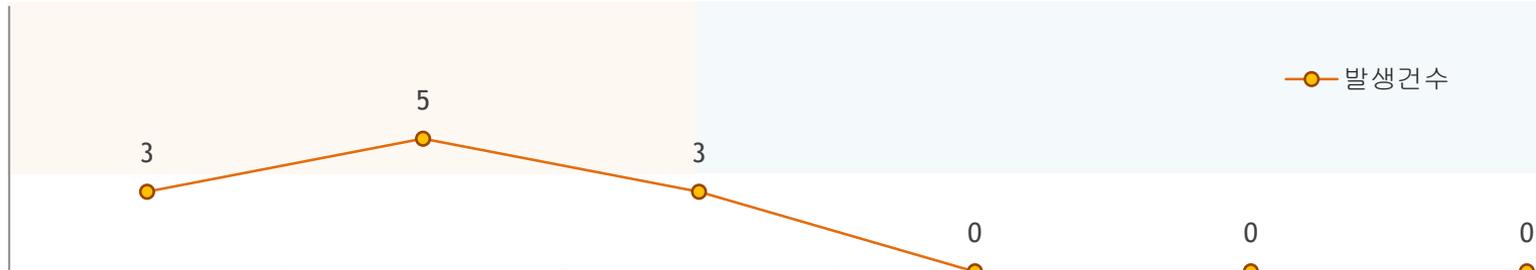
### • 장비안전 교육

: 작업과 장비작업자 역할, 안전기준 교육

### • 고위험장비(사고상위) 관리강화

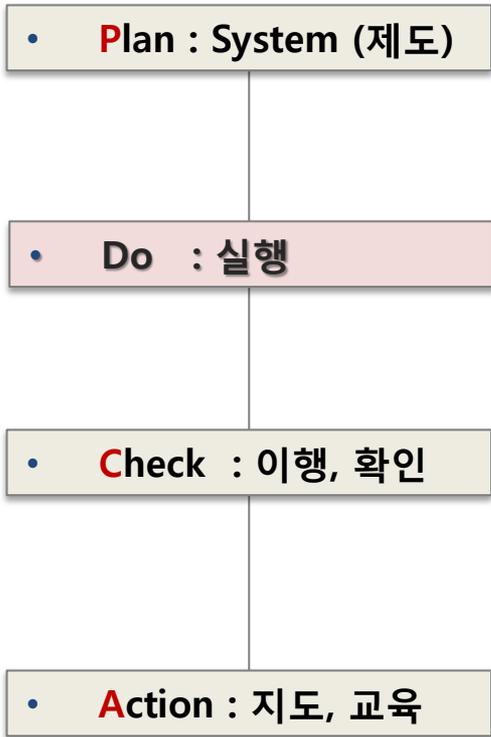
: 계획, 반입 및 설치, 운영 단계별 문제점 도출 및 개선

### ✓ 연도별 제도수립 및 재해건수 변화추이



	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비조직 신설</li> <li>장비파트</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기준/제도 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기준/제도 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술지원, 교육</li> <li>장비조직 총원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Audit 강화 및 현장 밀착지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비사고 예방, 생산성 향상</li> </ul>
주요 제도	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비안전 업무 표준화</li> <li>장비기술지원</li> <li>사고 재현 동영상 (5종)</li> <li>부적합 사례집</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비안전 업무 표준화(지침)</li> <li>Audit, 교육</li> <li>장비별 체크리스트(35종)</li> <li>줄걸이 자격제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>점검 프로세스 정립</li> <li>점검방법 동영상 교안</li> <li>장비 체험교육</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장치설비·특수 장비 관리시작</li> <li>장비안전 1·2·3 캠페인</li> <li>장비점검 다국어 버전 제작</li> <li>중대위험사고, 고위험 Near miss 조사, 공지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Audit 강화</li> <li>중대 부적합 시 작업/사용 중지</li> <li>현장 PLCM 단계별 지원</li> <li>사고 재현 동영상 (5종)</li> <li>현장 장비안전 초기Setting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비안전 체계</li> <li>장비운영 효율화</li> <li>고위험 장비 집중관리(4종)</li> <li>BOSS 캠페인</li> <li>선진 장비/공도구 적용확대</li> </ul>

# 대책요약: 사고예방 획기적 대책은 실행력 이다 !



- 실효성 있는 제도/ 계획수립
- 정부법령, 규칙, 기준
- 사내기준, 매뉴얼
- 작업절차
  
- 기준, 매뉴얼, 계획 준수
- 작업절차 이행
  
- 계획과 실행이행 확인
- 고위험 장비작업 집중관리
- 장비 High Risk-PJT 선별관리
  
- 공법과 장비에 적합한 교육
- 안전을 중시하는 문화구축

- ✓ **강력한 리더쉽**
  - 리소스 투입
- ✓ **운영조직**
  - 실행역량
- ✓ **문화구축**
  - 분위기 조성

1. 현황
2. 재해사례분석
3. 대책 및 적용사례
4. 사고예방을 위한 제언

### 1. 정책, 제도 : 정부, 학계, 업계

- 업계와 실무자 의견이 반영된 실효성 있는 시스템 구축

### 2. 주체별 책임강화 : 감독기관, 원청, 하청 등

- 수행주체와 담당자의 역할 명확화
- 객관성 및 신뢰성 있는 상벌제도 실행

### 3. 사회문제와 기술문제 분리해결

- 사고조사·분석의 신뢰, 객관성 확보
- 이익단체 및 노사 문제를 안전사고와 분리처리

### 1. 정책, 제도 : 정부, 학계, 업계

- 충분한 연구, 업계와 실무자 의견이 반영된 실효성 있는 시스템 구축

#### [사례]

- T/Crane : 연식강화, 부품검증, 이력관리, 교육강화 등 → 심층연구 및 시뮬레이션 필요
  - M/Crane : 안전검사 시행 후 안전장치 2년 유예 → 사전검토 미흡
  - 법규보완 : 건설기계관리법 → 산업발전과 시대흐름에 따른 법체계 보완필요
    - 이동식크레인 : 장비특성과 법적 등록체계가 다른 장비를 한 분류로 관리  
(건기법 → 기중기, 산안법 → 차량탑재형크레인 : 일명 카고크레인)
- ※ 건기법의 기중기로 등록(07번)된 장비를 향타기(23번)로 사용에 따른 혼선

### 2. 주체별 책임강화 : 정부기관, 운영자, 사용자, 임대자

#### - 수행주체와 담당자의 역할 명확화

- 감독기관, 원청, 직접사용자의 책임한계 명확화
- 감독 및 점검기관의 전문성 확보, 책임있는 지도지원

#### - 객관성 및 신뢰성 있는 상벌제도 실행

- 주체별 책임과 상벌체계를 명확히 수립 집행  
( 감독자, 원청관리자, 관리감독자, 장비운전자 등 )

#### ⊙ 원청의 책임만 강화

- 갑의 횡포, 강압, 상명하복
- 근로자의 무책임 행동과 수동적 활동

#### ⊙ 작업자도 책임강화 필요

- 능동적 활동, 책임감부여

#### [사례]

- 선진사의 경우 작업자 실책으로 사고시 95%까지 책임을 지움
- T/C 운전원 문제시 실효성 있는 제재 방법 없음 (노동계 충돌)

### 3. 사회문제와 기술문제 분리해결

- 사고조사·분석의 신뢰, 객관성 확보
  - 이해관계자가 많아 사고의 근본원인 규명에 신뢰성이 결여되었다는 의견 多
  - 공정하고, 객관성 있는 전문가로 구성된 조사방법 필요
- 노사문제/ 이권단체 문제를 안전사고와 분리처리
  - 제도와 법규가 기술적, 합리성을 무시하고 진행되는 경우가 있음

#### [사례]

- 이동식크레인에 작업대(Manbasket)부착하여 작업금지 법규
  - 기중기(건기법)에 작업대 부착 사용을 ISO에서도 허용되고 있으나, 사고가 많은 차량탑재형크레인과 함께 이동식크레인(산안법)으로 분류되어 작업대 사용은 불법임
- ※ 가로수 가지 치기 등 정부발주 공사에서도 기준을 미 준수하는 사례는 수시 목격되고 있음

## 장비보다 사람이 중요함 ?



① 부적절한 장비선정  
형식적인 점검 담당자



② 안전기준 미 준수  
방관한 관리자



③ 무리한 작업을 진행한  
작업자, 운전원, 신호수

"만약 당신이 **해결의 일부가** 아니면,  
당신은 **문제의 일부**이다."

A grayscale background image showing a person's hands holding a pen and writing on a clipboard. The image is slightly blurred and has a soft, ethereal quality.

*Good safety is Good business*

[hjk111@naver.com](mailto:hjk111@naver.com)

010-7146-0730

호 종 관

제 51회 안전보건 세미나

# 차량 탑승형 고소작업대의 재해사례분석을 통한 안전대책

---

2018. 07.04

발표자: 이 준 호

소 속: (주)진우 SMC





## 1 차량 탑승형 고소작업대란?

- ◆ 차대, 연장구조물, 작업대로 구성되어 사람을 작업위치로 이동시켜 주는 설비. (위험기계, 기구 안전인증 고시)
- ◆ 높은 위치에서의 작업 효율성 및 편의성으로 인해 가장 널리 사용.
- ◆ 작업 예: 고층건물의 유리 부착 및 외벽 타일 공사, 옥외 간판작업, 건물 외부 비계, 전선 및 통신 케이블 설치작업, 유지보수등.
- ◆ 최근 70 미터 높이까지 작업할 수 있도록 개발되어짐.



고소작업대 외관 사진

## 2 안전사고 사례 분석 및 대책 제안

- ◆ 크게 4가지 유형으로 분류하여 사례 분석 및 안전대책 고찰.
- ◆ 와이어로프 구동시스템 불량.
- ◆ 허용 작업반경 초과로 인한 전도 및 붐 파손.
- ◆ 턴테이블 불량, 아우트리거 설치 불량.
- ◆ 고소작업대 관련 각종 법률, 규정 검토.



## 1

### 안전사고 발생 통계 자료 (안전보건공단,2016)

- ◆ 2011년-2015년 2월 까지의 5년간 고소작업대(차량탑재형, 시저형 포함) 재해건수 사고 통계.
- ◆ 높은 위치에서의 작업으로 인해 사고발생시 인명 사망사고로 이어짐.
- ◆ 차량탑재형 고소작업대 사고가 월등히 많음.

구분	계	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년 2월	
재해건수	70	16	14	13	23	4	
재해 자수 (명)	계	92	22	18	16	31	5
	사망	76	17	16	15	24	4
	부상	16	5	2	1	7	1

고소작업대 년도별 재해건수

구분	계	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년 2월	
재해건수	70	16	14	13	23	4	
고 소 차 형 태	차량 탑재형	40	10	9	8	12	1
	시저형	27	5	4	5	10	3
	자주식	3	1	1	0	1	0

고소작업대 형식별 재해건수

2009  
7.1

## 산업안전보건법 34조 개정 “고소작업대 안전인증 대상기계”

- 산업안전보건법 시행령 제 28조에 대통령령으로 안전인증 대상기계로 지정.
- 위험기계.기구 안전인증 고시를 통해 별표7 “고소작업대 제작 및 안전기준” 마련.

2015  
1.1

## 산업안전보건법 36조 3 개정 “안전인증 대상 기계 기구등 제조사업등의 지원”

- 2009년 7.1 이전에 제작된 고소작업대 방호장치 설치 지원.
- 안전진흥공단에서 소요비용의 70% 최대 2천만원까지 지원.

2017

## 산업안전보건법 36조 개정 “고소작업대 안전검사 고시”

- 산업안전보건법 시행령 제 28조 6에 안전검사기준을 정함.
- 안전검사 고시(고용노동부령 2017-55호)로부터 사용자는 매 2년마다 안점검사 의무화.

2018

## 고소작업대 운전에 관한 개정령 입법예고.(고용노동부)

- 현행규정은 자동차관리법에 의해 특수자동차로 구분되어 운전면허만으로 조종이 가능.
- 제작기준 강화를 위한 안전 인증 및 검사기준 강화를 위한 안전 검사 고시 개정 노력중.

## 1 차량 탑승형 고소작업대 구성

- ◆ 차대, 연장구조물, 작업대로 구성.
- ◆ 최근에는 70 미터 높이까지 작업할 수 있도록 개발.
- ◆ 붐 인출 방식에 따라 텔레스코프형, 관절지브형, 가위형으로 분류.
- ◆ 여러 단의 붐대로 이루어진 텔레스코프형이 가장 널리 사용됨.
- ◆ 붐대 인출을 위해 와이어로프 또는 체인 사용.

## 2 아우트리거(Out-Rigger), 턴테이블, 전복방지장치(AML)

- ◆ 아우트리거는 차대의 지지 안정을 위한 장치.
- ◆ 턴테이블은 붐대의 회전을 위해 상부와 차대사이를 연결.
- ◆ 전복방지장치(AML)은 위험 발생시 경고 및 램프 동작.
- ◆ 각종 유압장치 및 안전 보호장치 구성.
- ◆ 작업대에는 1-2명이 탑승하며 정격하중 작용.



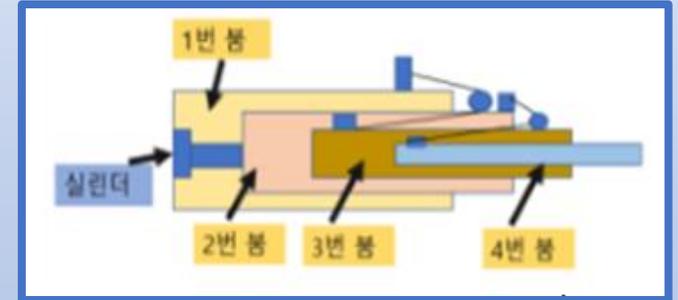
고소작업대 부위별 명칭



# 1. 와이어 로프 구동시스템 불량(사례분석)

## 1. 붐 인출과정 작동 메카니즘

- ◆ 와이어로프 구동시스템은 와이어로프, 로프 드럼, 로프풀리 및 보조풀리로 구성.(안전인증 고시)
- ◆ 1번 붐대안의 실린더가 전진하여 2번 붐을 전진시키면 연결로프 길이가 일정하다는 구속조건으로 인해 3번 붐이 자동적으로 실린더 전진 거리만큼 인출.
- ◆ 임의 붐의 연결 로프 파단시 갑작스럽게 붐이 주저앉는 형태의 안전사고.



붐 인출 메카니즘

## 2. 와이어로프 구동시스템 불량 사례 분석

- ◆ 붐대 인출시 와이어로프가 허용하중을 견디지 못함.
- ◆ 시브의 파손에 따른 회전기능 상실로 와이어로프 수명 단축.
- ◆ 붐대의 인입 과정에서 와이어가 늘어져 시브에 씹혀 로프가 절단됨.
- ◆ 붐 인출용 고정볼트에 로프 및 체인의 반복적인 응력으로 피로균열 발생.
- ◆ 구동등급별 일일 사용시간 초과로 인한 안전사고 유발.



제주 건입동 로프 파단사고



# 1. 와이어 로프 구동시스템 불량(안전대책)



## 일일 평균 사용시간 및 부하형태별 구동등급 결정

- ◆ 고소작업대의 제작 및 안전기준 별표 7의 37호 항목.
- ◆ 일일 평균 사용시간 및 부하형태별로 구동등급이 결정됨.
- ◆ 구동 등급에 따라 와이어로프 선정계수가 결정됨.
- ◆ 이에 따라 로프지름, 로프 드럼, 로프 풀리, 보조풀리 지름등을 계산하여 구동시스템 설계를 행하여야 함.
- ◆ 보통 제작사는 실제보다 낮은 등급을 선택하여 설계하는 실정.
- ◆ 와이어로프 직경 계산식.

$$d_{\min} = c \sqrt{s}$$

$d$  = 최소로프지름 (mm)

$s$  = 계산견인력 (N)

$c$  = 로프 선정계수 (mm/√N)

구동등급	구동등급										
	결	중	하	1Em	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m
최대부하 가용발생	1Em	1Em	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m	5m
모든부하동일 빈도로 발생	1Em	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m	5m	5m
최대부하 연속발생	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m	5m	5m	5m

하중 사이클이 12분 이상일 때, 로프 구동등급은 운전시간에 따라 정해진 등급 보다 한 단계 높은 부하형태에 따른 구동등급이 정해진다.

### 구동등급 결정

구동 등급	표인 와이어로프 선정계수 $c(mm/\sqrt{N})$		
	소선의 공칭 강도 ( $N/mm^2$ )		
	1570	1770	1960
1Em	-	0.0670	0.0830
1Dm	-	0.0710	0.0670
1Cm	-	0.0750	0.0710
1Bm	0.0850	0.0800	0.0750
1Am	0.0900	0.0850	
2m	0.095		
3m	0.106		
4m	0.118		
5m	0.132		

구동등급이 1Em, 1Dm, 1Cm 에 해당되는 경우에는 최대 견인력과 파단력의 비율 이 3.0 이하인 로프를 사용하여야 한다.

### 와이어로프 선정계수



# 1.와이어 로프 구동시스템 불량(안전대책)

## 1 구동등급에 따른 일일 사용시간표 명판 추가

- ◆ 고소작업대의 제작 및 안전기준 별표 7의 92호 이름판 항목.
- ◆ 구동등급에 따른 일일 사용시간표 명판 추가.
- ◆ 구동등급에 맞는 와이어 로프 직경 및 드럼등 설계.
- ◆ 안전사고 예방을 위해 작업시간 철저히 준수.
- ◆ 소비자의 고소작업대 선택 및 알권리 보장.

고소작업대 사용시간 준수			
모델명	JINWOO 450CW		
KC인증번호	17-BA2AH-51716	구동등급	1Am
일일 사용시간	2시간 초과 - 4시간 이하		

구동등급에 따른 일일 사용시간 명판

## 2 올 체인 구동방식으로의 전환

- ◆ 체인 구동방식은 일일 사용시간의 제한이 전혀 없고 안전율이 높음.
- ◆ 최근에 와이어로프 대신 올 체인 구동방식으로 전환하는 추세.
- ◆ 고소작업대 총 무게 톤수의 제한으로 체인의 늘어난 무게만큼 중량을 줄여야 함으로 인한 작업반경 감소.
- ◆ 체인 가격으로 인한 원가상승에도 불구하고 안전율이 매우 높음.



올 체인 구동방식

## 2. 허용 작업반경 초과로 인한 전도(사례분석)

### 1 고소작업대 작업과정

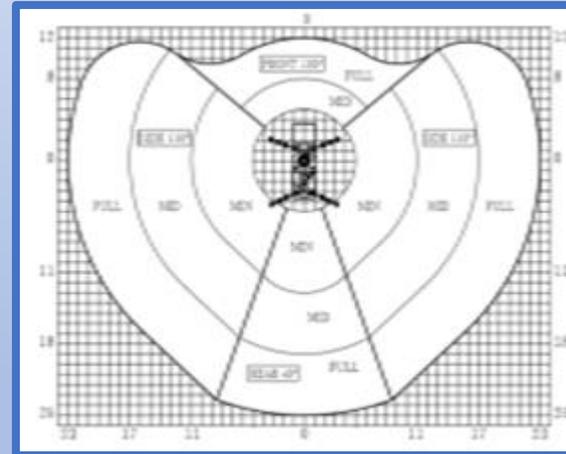
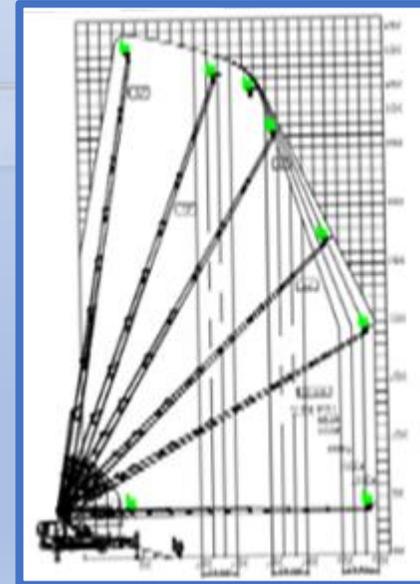
- ◆ 차대에 설치된 아우트리거 슬라이딩 실린더 인출.
- ◆ 아우트리거 잭실린더로 지반 수평 지지.
- ◆ 원격제어장치를 통해 허용 작업반경안에서 붐대 인출.
- ◆ 작업대가 수평을 유지하면서 작업.



전도 사고 사례

### 2 허용 수평 수직 작업반경

- ◆ 허용 작업반경 초과시 전도사고 및 붐파손 발생.
- ◆ 모델별로 실험적인 측정과 정적 전도모멘트 계산 통해 작성.
- ◆ 아우트리거의 지지점은 전도모멘트 계산시 중요.
- ◆ 현행 작업반경은 아우트리거 최대인출시로 계산.(위험기계,기구 안전인증 고시)



허용 수평, 수직 작업반경

1

### 붕 파손 사례 분석 및 고찰

- ◆ 작업반경 초과로 인해 붐대에 허용 이상의 굽힘모멘트등이 작용.
- ◆ 고소작업대 전도 되기전 붐대가 허용응력을 견디지 못하고 파손.
- ◆ 갑작스런 붕파손 보다는 하중의 누적 피로에 의한 균열사고.
- ◆ 기복실린더의 1단붐에서 용접연결부위 피로균열 목적.
- ◆ ANSYS 유한요소 구조해석 프로그램을 활용한 정적, 동적 구조해석 수행.
- ◆ 붐 단면 형상에 따른 높은 강성을 갖는 붐 단면 구조 개발.
- ◆ 단면계수 증대로 인한 안전율 증가.



붕 파손 사례

## 2. 허용 작업반경 초과로 인한 전도(안전대책)

### 1 전복방지장치인 AML을 임의로 끄지 않도록 함

- ◆ 최대 정격하중을 초과하여 작업하지 말것.
- ◆ 허용작업반경 및 정격하중등을 고려한 전복방지장치는 안전사고 예방 필수.

### 2 안전조치 미실시에 대한 처벌규정 숙지 교육

- ◆ 안전사고 예방을 위한 작업반경 준수 강화.
- ◆ 안전인증 실시전(2009년) 고소작업대의 방호장치 설치 강제성 부여.
- ◆ 산업안전보건법 제 67조 근거하여 안전조치 미실시에 대한 규제.
- ◆ 5년 이하의 징역 또는 5,000만원 이하의 벌금.

### 3 안전조치 위반시 조치사항 명판 부착 추가

- ◆ 고소작업대의 제작 및 안전기준 별표 7의 92호 명판 부착.
- ◆ 작업자 및 사업주의 안전에 대한 불감증 경고.

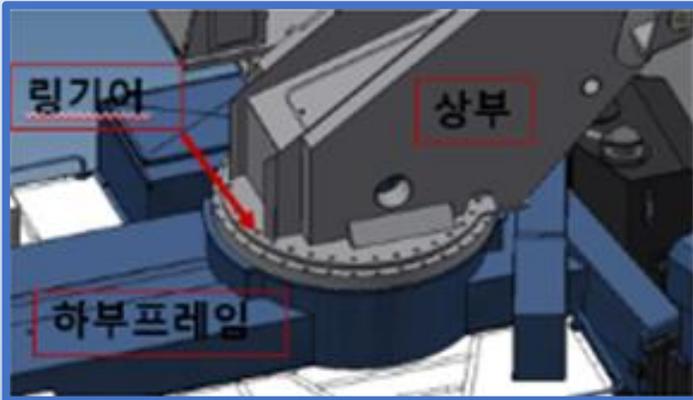
#### ※ 안전조치 위반시 조치사항 ※

위반 조치	5년 이하의 징역 또는 5,000만원 이하의 벌금
관련법	산업안전보건법 제 67조

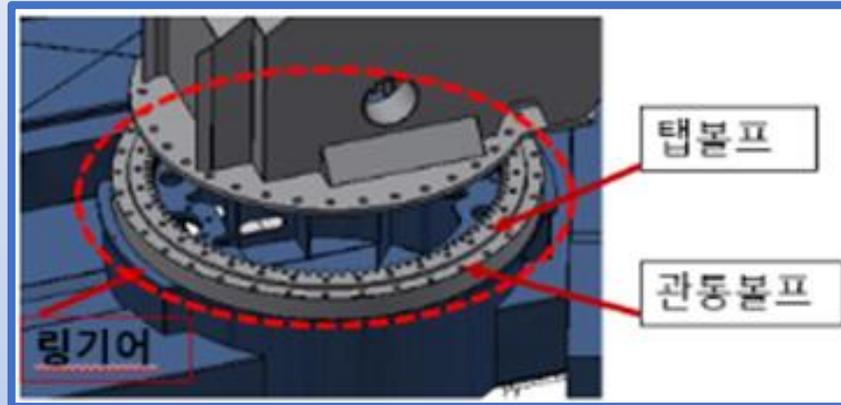
#### 안전조치 위반시 적용법규 및 조치

# 3. 턴테이블 볼량(사례분석)

## 1 턴테이블 구조 및 볼량



턴테이블 구조



턴테이블 링기어 및 볼트



턴테이블 볼트 체결 사진

- ◆ 턴테이블은 상부와 차대 프레임을 연결하며 붐대의 회전을 담당.
- ◆ 붐대의 회전을 위해 링기어로 구동.
- ◆ 연결 탭볼트가 뽑히거나 관통볼트의 파단등으로 안전사고 유발.
- ◆ 링기어와 상부는 탭볼트를 이용하여 체결.
- ◆ 링기어와 하부 프레임은 관통볼트를 사용하여 체결함.

# 3. 턴테이블 불량(안전대책)

## 1 턴테이블 연결부위에 대한 의무검사 시행

- ◆ 사용중 점검이 용이하지 않은 탭볼트 구조.
- ◆ 고소작업대의 안전검사시 사용연한에 따라 링기어 연결 부위에 대한 성능검사를 의무적으로 실시.



턴테이블 볼트 체결

## 2 볼트체결시 원주방향으로 균등하게 체결

- ◆ 턴테이블 구조적으로 전후방향 체결이 용이하지 않아 하부구조 변경 필요성 있음.
- ◆ 채워지지 않은 볼트 주변으로의 응력집중 발생.

## 3 탭볼트를 깊게 내고 볼트 반경을 키움

## 4 도금볼트의 사용을 금지에 대한 고찰

- ◆ 고장력 특강볼트를 사용하여 외관상 페인트칠 사용하여야 하나 편의상 도금하여 사용함으로 볼트의 강도가 약해져 파단사고 유발.
- ◆ 인장시험결과 큰 차이점은 없으나 가급적 사용금지. (한국화학융합시험연구원)



M16특강볼트 인장시험

# 4. 아우트리거 설치 불량(사례분석)

## 1 아우트리거 구조 및 불량

- ◆ 지반위의 수평을 유지하고 전도를 방지하기 위한 장치.
- ◆ 수평방향의 슬라이드와 수직방향의 잭으로 구성.
- ◆ 아우트리거의 지지점은 고소작업대 전도를 결정하는데 중요한 요소.
- ◆ 현행규정에 의한 직업반경 계산은 아우트리거를 최대 인출하였을 때를 기준으로 함.



좌측 아우트리거 부분  
침하 사고사례

## 2 아우트리거 사고유형

- ◆ 아우트리거 인출거리를 충분히 확보하지 못한 경우 차대 전복.
- ◆ 지반의 침하에 따른 전도.
- ◆ 현행규정상 작업반경 계산은 아우트리거 최대 인출거리 기준.
- ◆ 도로상황에 맞추어 아우트리거 일부만 인출함으로 전도위험 노출.

## 1 아우트리거 인출길이에 따른 작업반경 제안

- ◆ 현행규정의 작업반경 계산은 아우트리거의 최대 인출길이를 기준으로 작성.
- ◆ 아우트리거 임의 인출에서의 슬라이딩 센서 추가로 신호를 검출하여 작업반경을 제안.
- ◆ 전복방지장치 AML(Auto Moment Limiter)를 통해 경고음 및 위험신호 램프 동작.

## 2 국민 안전 보건공단의 방호장비 지원대책 홍보

- ◆ 산업안전 보건법 36조 3 "안전인증 대상 기계 기구등 제조사업등에 의한 지원"
- ◆ 고소작업대의 안전성을 확보하기 위해 방호장치 설치시 소용비용 70% 지원.
- ◆ 2009년 인증제도전에 판매된 고소작업대에 한해 국민 안전 보건공단 지원.
- ◆ 방호장비 지원항목중 아우트리거 슬라이딩 센서를 추가함으로써 임의 인출에 따른 작업반경 계산.
- ◆ 지원대책 홍보로 안전사고 방지.

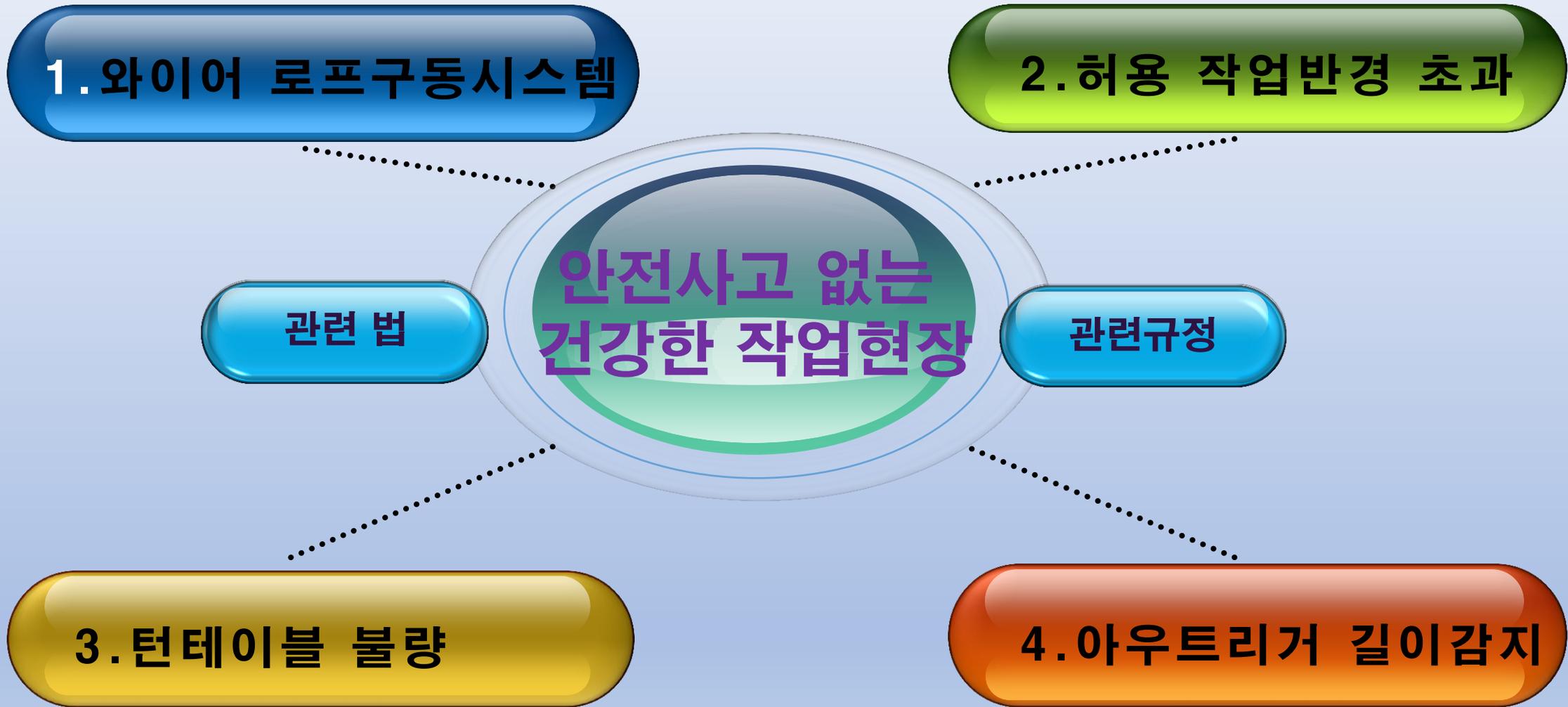
- ① 아우트리거 감지센서
- ② 붐대절단 각도 및 길이 센서
- ③ 과부하방지장치
- ④ 비상정지장치

## 1 고소작업대 조종 현행 규정

- ◆ 자동차 관리법 제 3조에 의해 특수자동차로 분류.
- ◆ 도로교통법에 따라 1종 보통 운전면허(10톤 미만) 또는 1종 대형면허(10톤이상)로 고소작업대 조종.
- ◆ 산업안전관리법 제 46조 취업제한 항에 근거한 고용노동부령 제 30호 “유해·위험작업의 취업 제한에 관한 규칙”에서 조차도 고소작업대의 조작에 필요한 이론 및 기능 교육이 편성되어 있지 않은 상황.
- ◆ 현행 규정상 특별한 자격증 제한이 없는 실정임.

## 2 교육과정 신설 및 자격이수증명

- ◆ 최근 고용노동부 관련부처에서 이와 관련한 규칙 일부 개정령안을 입법 예고하고 있는 상황(고용노동부, 2018)
- ◆ 교육과정을 신설하여 고소작업대 조작에 필요한 이론과 기능을 최소 20시간 이상 익히고 수료자에게 자격이수증명을 해주는 대안 제시.
- ◆ 추후 고소작업대 조종에 관한 실기 및 이론시험을 통한 자격증 제도 신설.
- ◆ 교육과정으로는 고소작업대의 구조 및 특성, 각종 방호장치의 이해 및 조작, 안전점검 교육 등이 포함.



감사합니다

# 리콘디션을 활용한 노후증장비의 안전성 확보 방안(자산관리기법을 적용)

배진우

(사)한국장비관리 리콘디션협회 사무총장

yeyeggam1@naver.com

현대 문명을 구성하는 데에는 많은 시설물, 장비, 문화 요소 등이 존재한다. 도로, 교량, 상수도, 하수도, 지하철 등의 기본 인프라와 차량, 통신기기 등의 장비 등이 이에 속한다. 이러한 시설물이나 장비는 기본적으로 수명을 가지고 있다. 한번 건설된 다리는 일정기간이 지나면 수명을 다하고 재건설을 하거나 철거되어야 한다. 차량도 일정기간이 지나면 폐차장에서 그 수명을 다하게 된다.

그런데, 어떤 교량은 수백 년이 지나도 그 자리를 굳건히 지키는 반면 어떤 교량은 사용한지 불과 십수년만에 철거되거나 붕괴되어 사회적인 문제가 되기도 한다.

건설기계도 마찬가지이다. 작게는 수억원에서 비싸게는 수십억원하는 장비들이 일정 기간이 지나면 그 수명을 다해서 폐기 처분되거나 싼 값에 팔려가는 신세가 되는 것이다. 건설기계 하나 만을 놓고 본다면 그 생애주기(life-cycle)는 단순히 구입해서 현장에서 적용하고 그 성능을 다하면 폐기되는 과정이지만, 그 장비가 토목 현장에서 고가의 부가가치를 창출하고, 그 시설물은 다시 많은 사람들, 이 문명사회의 편의를 제공하는 그 밑바탕이 되는 것이다. 만약 우리가 만들고자하는 시설물이 효용가치에 비하여 지나치게 비싸거나 너무 오랜 시간이 걸려서 만들어져야 한다면 다른 시설물로 대체되거나 약간의 불편함을 감수하더라도 건설이 되지 않는 운명을 맞이하게 될 것이다.

이러한 측면에서 현대의 문명사회를 구성하기 위한 시설물을 짧은 시간내에 경제적으로 만들기 위해서는 최신의 기술과 함께 경제적인 요소를 무시할 수

없다.

수억, 수십억 원에 달하는 건설기계를 단기간 사용하고 폐기한다면 그 기계의 비용이 건설비용에 전가될 수밖에 없고, 그렇게 되면 경제적인 측면에서의 시설물 효용가치는 그만큼 떨어지게 된다.

어떻게 하면 건설 산업에서의 경제적 경쟁력을 갖추기 위한 건설기계의 효용성을 증대시킬 수 있을까?

이러한 측면에서 자산관리기법을 고려할 필요가 있다.

자산관리기법(asset management technique)은 자산의 가치를 최대화하기 위하여 투입되는 비용, 자재 등을 효율적으로 관리하기 위한 기법으로서, 상하수 관거, 발전소, 건물 등에 적용되는 방법이다.

쉬운 예를 들자면 스마트폰의 액정 화면이 약간 파손되었을 때를 가정해보자. 사용자가 그 파손된 전화기에 대하여 취할 수 있는 방법은 다음과 같다.

가. 전화기를 바꾼다.

나. 액정을 교체한다.

다. 보강테이프를 이용하여 부분적인 보수를 한다.

라. 그냥 쓴다.

경제적인 여유가 있다면 깨진 전화기 대신 새로운 최신 모델을 구입하면 된다. 하지만 그런 경제적인 부담을 극복할 수 없다면 액정 화면을 교체하는 수리를 받으면 된다. 사실 휴대전화 액정 화면의 교체는 그렇게 비용이 싼 것이 아니고 아예 전화기를 바꾸고 싶은 생각도 든다.

액정 화면을 바꿀 경제적인 여유가 안된다면, 보강 테이프를 이용하여 부분적인 보수를 하거나 약간의 불편함을 감수하고서 그냥 쓰는 것도 방법일 것이다.

‘어느 방법을 쓸 것인가?’를 결정하는 과정이 바로 자산관리기법의 기초이

다. 약간의 비용을 추가함으로써 늘어나는 전화기의 수명을 통해 얻을 수 있는 경제적인 효과와 새 전화기를 사게 됨으로서 얻게 되는 기계의 기능적인 효과 중 어느 것이 더 효율적이고 비용적인 측면에서 최고의 효과를 발휘하느냐 하는 것이 바로 자산관리기법인 것이다.

한 단계 더 나아간다면, 아예 액정화면을 사용하는 단계에서 보호 필름이나 범퍼 커버 등을 사용해서 깨지지 않도록 조치했었다면 어땠을까? 바로 이것도 자산관리개념에서 가장 적극적인 방법이 될 것이다.

다음의 그림은 자산가치를 가지는 기계를 안정적으로 사용하기 위한 자산관리의 모델의 운영 과정을 나타내고 있다.

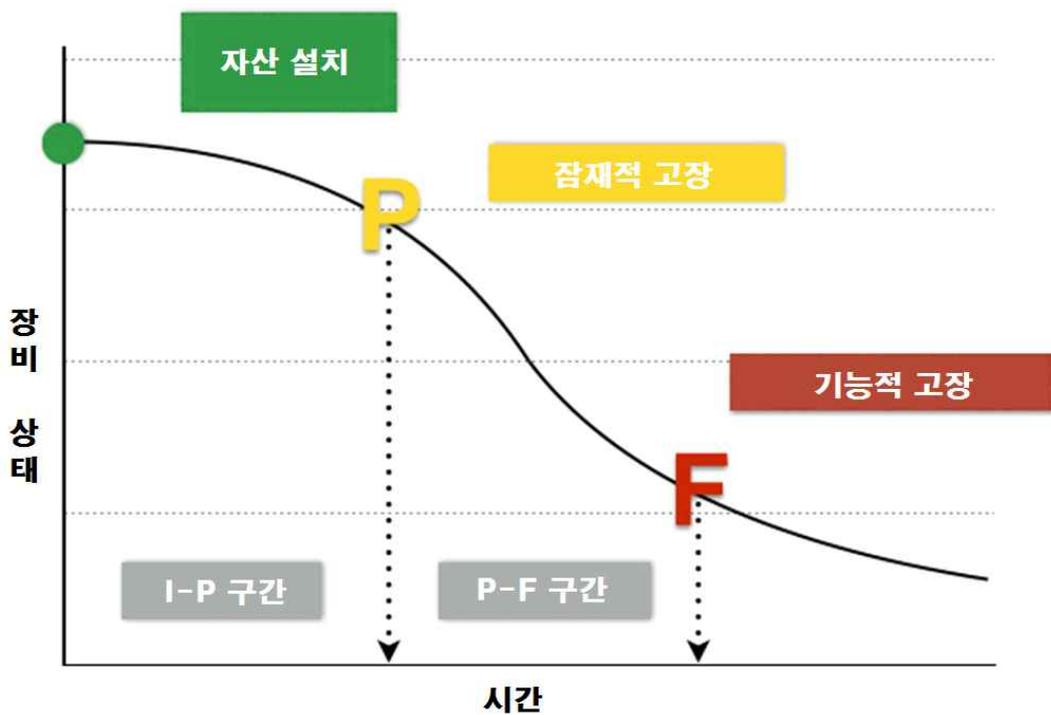


출처 : Mike Poland, 'Identifying, Mitigating and Eliminating Risk with an Asset Management Strategy', Energy Generation Conference 2013

자산관리를 위해서는 반드시 계획하여야하는 것이 '자산운용계획', '자산위험관리계획', '자산유지보수계획'이 선행되어야 한다. 그 내용은 다음의 표에 나타나 있다.

Asset Management Plan		
Asset Operations Plan	Asset Maintenance Plan	Asset Risk Plan
Operating Parameters	Maintenance Parameters	Risk Parameters
Planned Utilization Staffing Requirements Raw/WIP Materials Requirements Materials Handling Requirements Energy/Utilities Requirements Continuous Operating Hours Production Schedule Variation Incoming Materials Specifications Finished Products Specifications Production Minimum Lot Size Planned Capital Life Performance Variables (KPIs) Performance Tracking Process Business Risk Assessment	Asset Hierarchy Criticality Ranking Index Failure Modes and Effects Maximum Continuous Operation Mean-time-between-failure Mean-time-between-maintenance Mean-time-to-repair Mean-time-to-rebuild PM/PdM Requirements Overhaul/Rebuild Requirements Skills/Staffing Requirements Anticipated Useful Life Performance Variables (KPIs) Reliability Risk Assessment	Risk strategy, tolerance Risk definition and categorization Loss data collection Risk indicator data collection Control self-assessment Risk assessment and analysis Expected/Unexpected Loss Control Scores Real exposures Controls quality Cost benefit analysis Risk mitigation and transfer strategy

자산가치를 가지는 장비들의 수명곡선에 대해서 알아볼 필요가 있다. 다음의 그림은 일반적인 기계장치들의 생애 곡선을 나타내고 있다.



이러한 곡선을 P-F 곡선(P-F curve)라고 하며 David Albrice가 설명한 것이다.

자산 설치(Installation of asset) 자산인 기계장치는 기계를 설치하거나 제작한 시점에서 시작

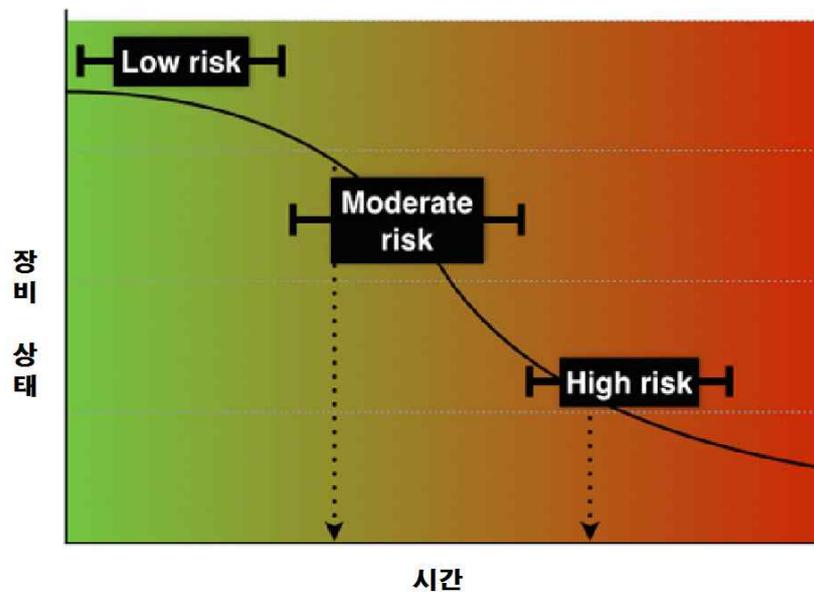
I-P 구간(I-P interval) 자산의 설치와 그 이후 처음으로 잠재적인 고장이 나타나는 사이의 시간. 목표는 이 간격을 최대화하는 것이며, 잠재적 장애가 발생하기 전에 가능한 한 자산을 최고 성능으로 유지하려고 노력해야 함을 의미.

잠재적 고장(Potential failure, P) 자산이 고장으로 이어질 수 있는 문제를 감지 할 수 있는 시점. 이러한 잠재적인 고장은 파악하기 어려우며, 사용되는 진단 기기나 기법의 성능과 품질이 고장을 예측하고 검출하는데 영향

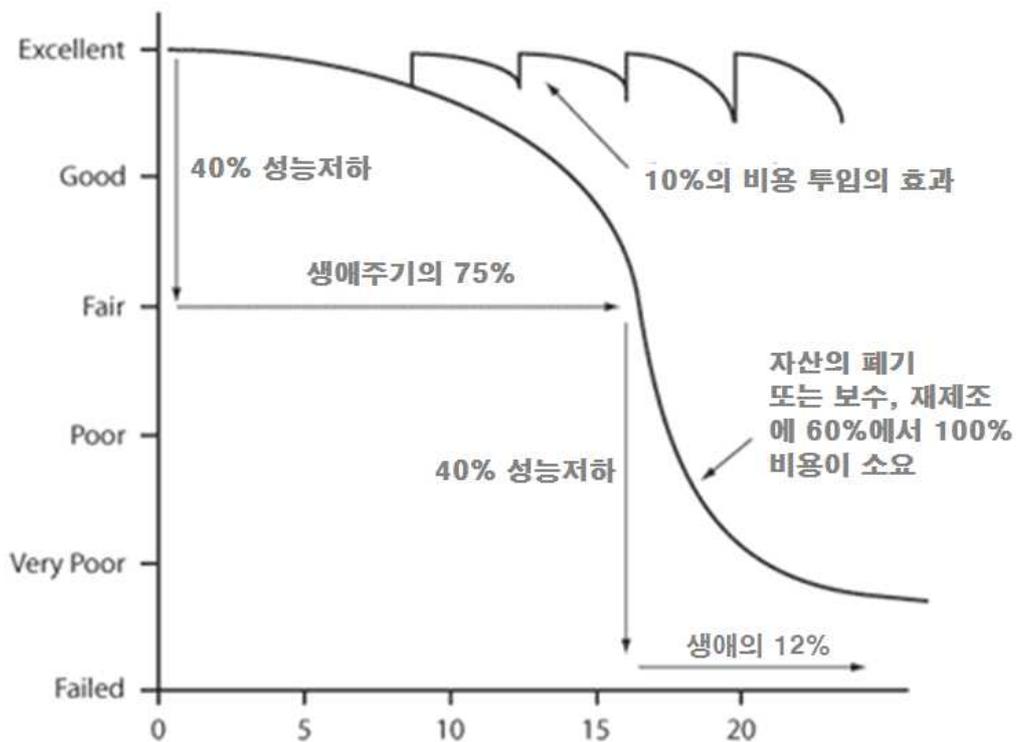
P-F구간(P-F interval) 잠재적인 고장이 발생할 수 있는 시점을 지나 기능적인 고장이 일어나 자산이 운용할 수 없는 상태전까지의 구간. 완전한 기능적 고장이 일어나기 전에 보수 대책을 수립하고 실행에 옮겨야함

기능적 고장(Functional failure, F) 최종적으로 자산이 고장을 일으켜 더 이상의 기능적 활동을 못하게 되는 시점

이러한 P-F 곡선에서 자산인 기계 장치에 가해지는 위험도의 등급은 아래와 같다. 기계를 사용하는 시점에서 잠재적인 고장이 나타날 수 있는 시점까지의 구간에서는 위험도가 적은 반면, 시간이 지날수록 위험도는 계속 증가하게 되고, 그 위험도가 증대할수록 안전적인 측면이나 경제적인 측면에서 소요되는 비용은 급격히 증가하게 된다.



현장에서 건설기계를 사용하는 단계에서는 어떻게 해야 할까?  
 주기적인 과정으로 기계를 보수 보강함으로써 기계의 자산적 가치를 지속적으로 유지하여야 한다.



그림에서 보는 바와 같이 건설기계를 사용하는 과정에서 일반적인 관리만을 한다면, 40%의 성능저하가 오는 기계수명 75% 전후의 시점 이후 급격한 성능저하가 오게 되고 사실상의 기계의 자산 가치는 존재하지 않게 된다.

하지만 급격한 성능저하가 오기전인 시점에서 기계를 관리하고 성능개선, 리컨디셔닝(리콘디션)을 실시한다면 80%이상의 건전성과 신품의 안전성대비 차이가 없는 상태의 기계 상태를 유지할 수 있을 뿐만 아니라 자산가치도 지속적으로 유지할 수 있다는 것이다.

물론 기계적인 특성 및 상태에 따라서 이러한 성능 및 안전성유지를 위한 자산관리 기법은 차이가 나게 되며, 지속적인 연구가 진행되어야 하는 부분이다.

맺으면서...

‘자동차 10년 타기 운동’이 있다. 차량을 잘 유지관리해서 자동차의 수명을 늘려서 비용도 줄이고 환경도 보호하고자하는 차원에서의 일이다. 이때 권고되는 방법이 ‘1. 적절한 유지관리 비용 2. 주기적인 확인 3. 적절한 세차 4. 무리하지 않기’ 등 이다.

사실 건설기계도 동일하며, 자산 가치를 유지하고 경제적 이득을 실현하는 자산관리의 기초가 바로 이것이다. 한번 구입한 기계를 오래 잘 쓰는 것이 자산관리의 목적이며, 그 시작은 적절한 관리와 수리인 것이다.

이러한 측면에서 최근 관심을 받고 있는 건설기계의 리콘디션, 재제조는 자산관리 차원, 환경보호 차원, 일자리 창출 차원 등에서 주목해야할 것이라고 사료된다.