

# Safety Management

지석호

부교수 | 공학박사

서울대학교 건설환경공학부 건설혁신연구실



# Construction Accidents



# How Do Construction Workers Die?

---

- **Fall Accidents** account for 33% of the construction worker fatalities



# How Do Construction Workers Die?

---

- **Fall Accidents** account for 33% of the construction worker fatalities

*“An employee was cutting rafter tails on the flat roof of the covered outside walkway of a school that was undergoing renovations. He was standing on the end of a rafter to cut it when the rafter broke at the notch and he fell 12 ft 10 in. to the ground. He was wearing a safety harness and shock-absorbing lanyard, but **it was not tied off to the lifeline.**” (OSHA Inspection #119633477, 2004)*



# How Do Construction Workers Die?

---

- **Struck By Accidents** account for 22% of the construction worker fatalities



# How Do Construction Workers Die?

---

- **Struck By Accidents** account for 22% of the construction worker fatalities

*“An employee was installing utility piping in the lower levels of a high rise office building. The pipe hangers were installed into the concrete ceiling of the parking garage. **One of the hangers pulled out of the concrete** and the 3-in.-diameter steel pipe fell on the employee. **The pipe struck him on the head, he did not wear an appropriate safety hat**, resulting in a concussion and a fractured foot.” (OSHA Inspection #300793882, 2003)*



# How Do Construction Workers Die?

---

- **Caught In/Between Accidents** account for 18% of the construction worker fatalities



# How Do Construction Workers Die?

---

- **Caught In/Between Accidents** account for 18% of the construction worker fatalities

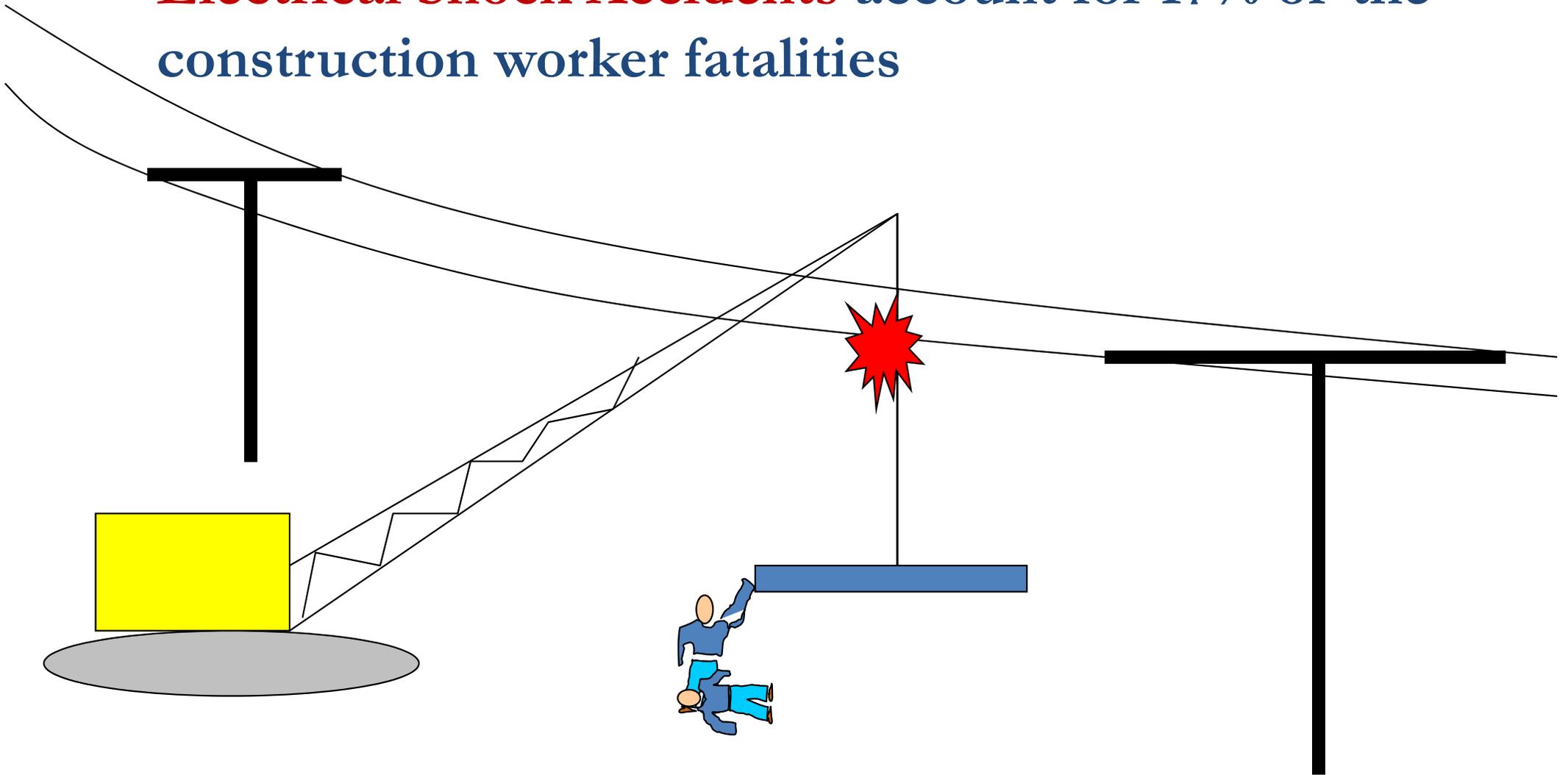
*“An employee had started the two motors on a digger. This machine is used to bore holes for the installation of fencing. He left the operator’s position to conduct a walk around inspection of the machine. While walking in front of the rotating auger, **he slipped and fell. His gloved left hand was caught by the auger** and he was pulled into the auger.” (OSHA Inspection #307481002, 2004)*



# How Do Construction Workers Die?

---

- **Electrical Shock Accidents** account for 17% of the construction worker fatalities



# How Do Construction Workers Die?

---

- **Electrical Shock Accidents** account for 17% of the construction worker fatalities

*“An employee was installing a street light pole at a new bridge being constructed. **The light pole contacted a 13,800 volt overhead power line**, and he was electrocuted.” (OSHA Inspection #313060675, 2009)*

# How Do Construction Workers Die?

---

- **Other Accidents** account for 10% of the construction worker fatalities – **Explosions**



# How Do Construction Workers Die?

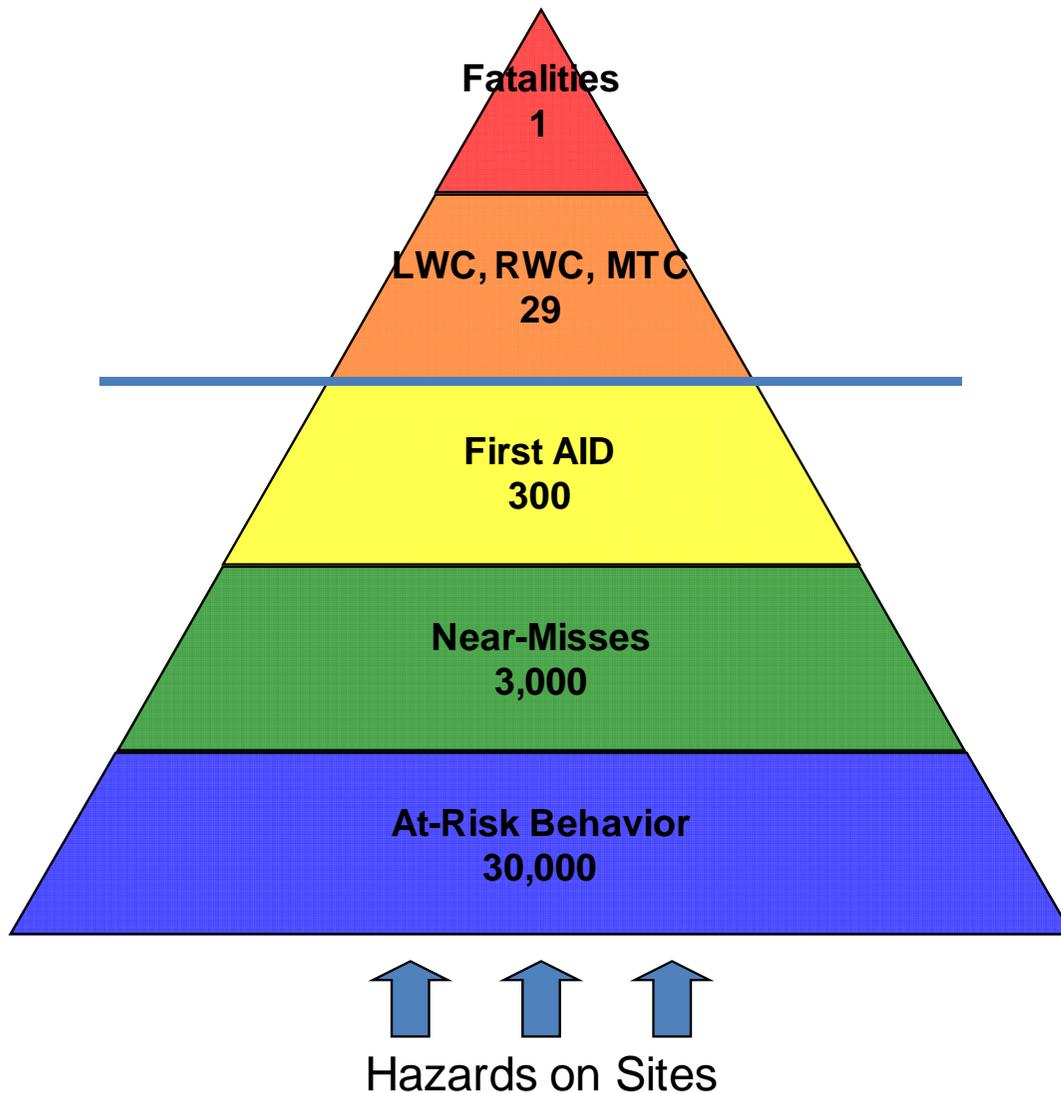
---

- **Other Accidents** account for 10% of the construction worker fatalities – **Fires**



# Accident Categories

---



**Fatalities:** Deaths by accidents

**LWC (Lost Workday Case):** Injuries by which workers cannot return to work

**RWC (Restricted Work Case):** Injuries by which workers are reassigned to other duties or cannot perform the full range of normal duties

**MTC (Medical Treatment Case):** Injuries requiring medical care beyond first aid

**First AID:** Injuries requiring first aid treatment only

**Near-Misses/At-Risk Behavior:** Dangerous conditions with no physical harm

# Accident Categories

---

- **Recordable Injuries**

- Injuries that require treatment by a physician
- If a worker becomes unconscious at work
- If a worker is injured and needs to be assigned to other work
- All lost time injuries and fatalities

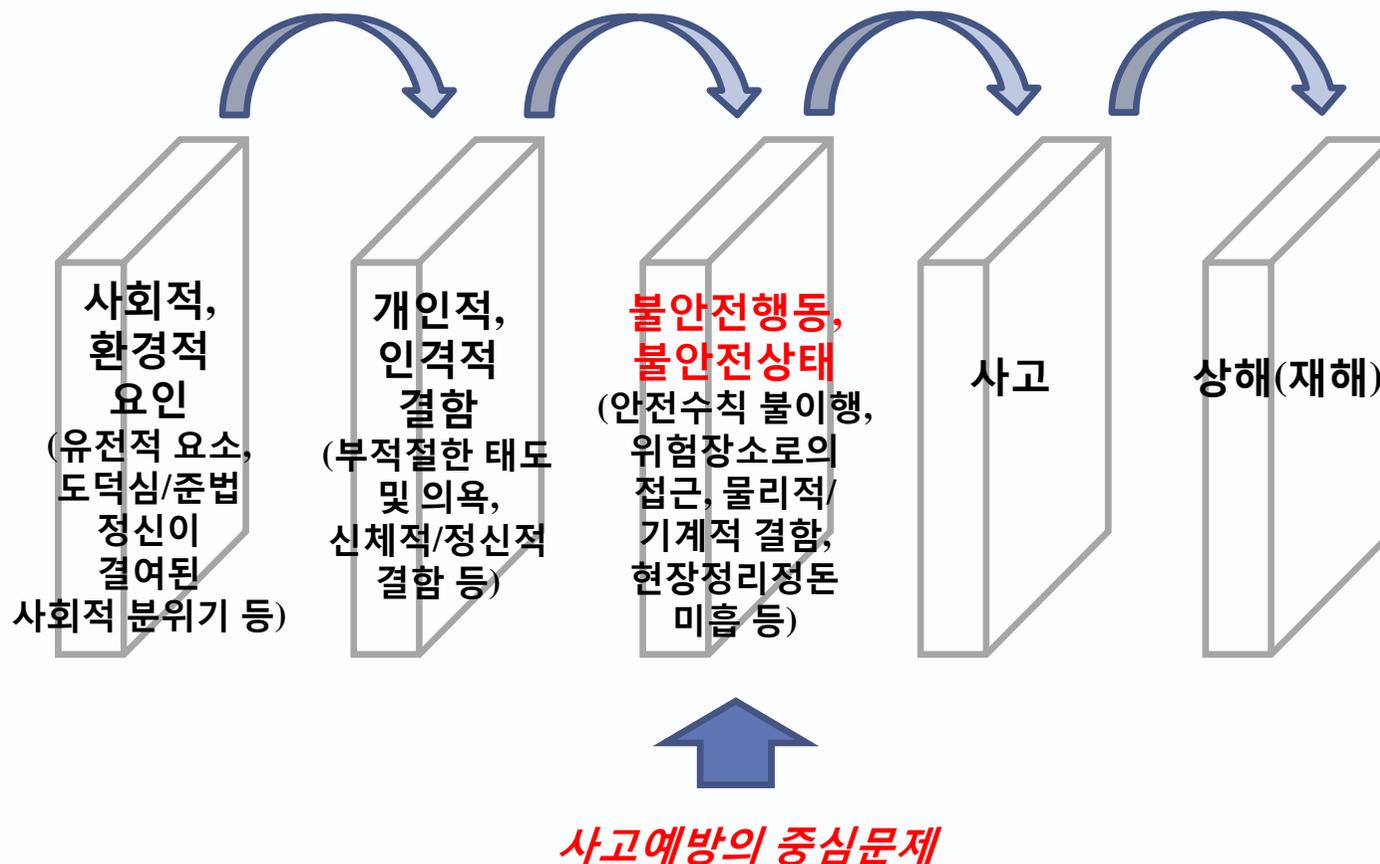
- **Not-recordable Injuries**

- First aid cases, Near-misses, At-risk behaviour
- X-Rays taken that confirm that a bone is not broken and the worker can continue to work.
- Physician examines a worker but does not perform any treatment.

# 건설현장 재해발생 원인

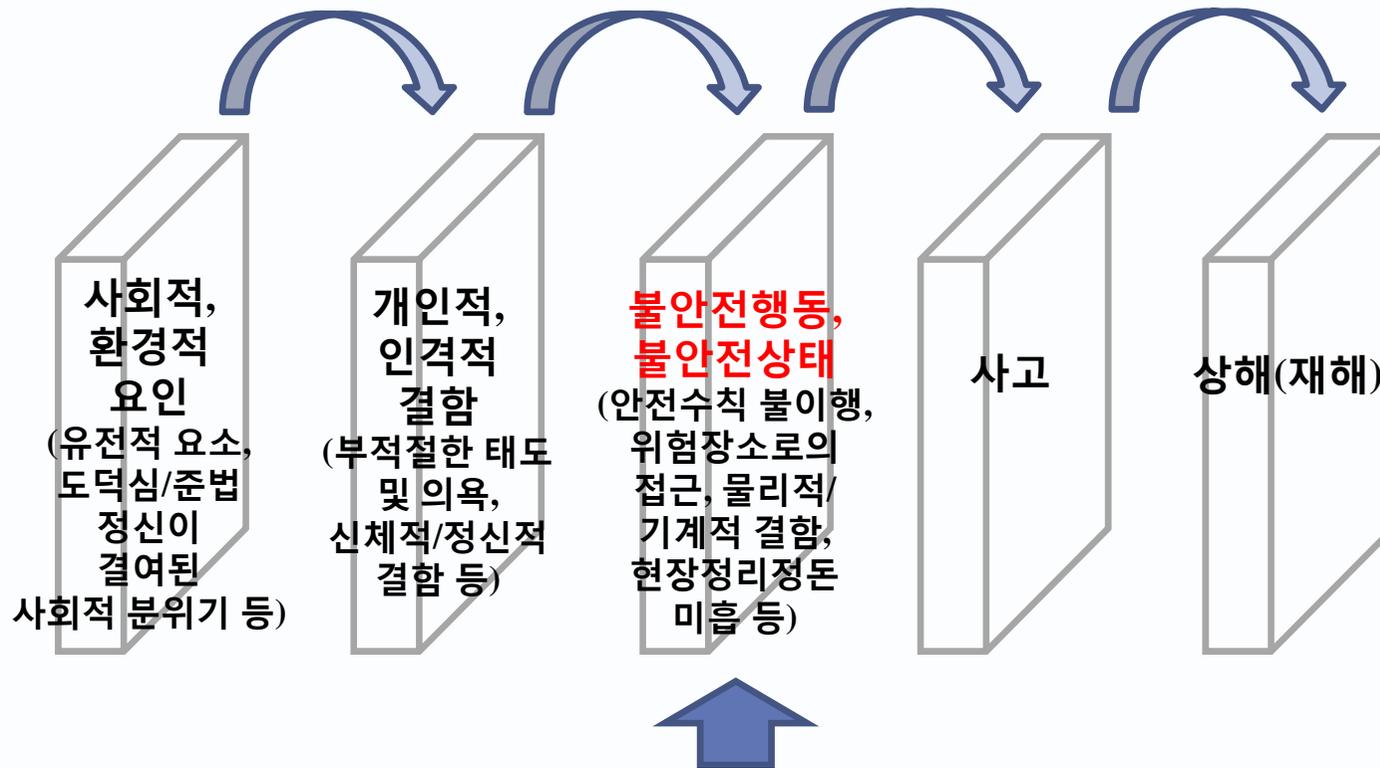
## ◆ Heinrich의 도미노 이론 (1936)

- 사고 발생의 연쇄관계를 75,000개의 사고자료 분석을 통하여 조사
- 불안전행동(88%), 불안전상태(10%), 불가항력(2%)로 사고발생 (과거)
- 현재: 불안전한 환경 + 불안전한 행동



# 건설현장 안전관리의 핵심: 3E

## ◆ Heinrich의 도미노 이론 (1936)

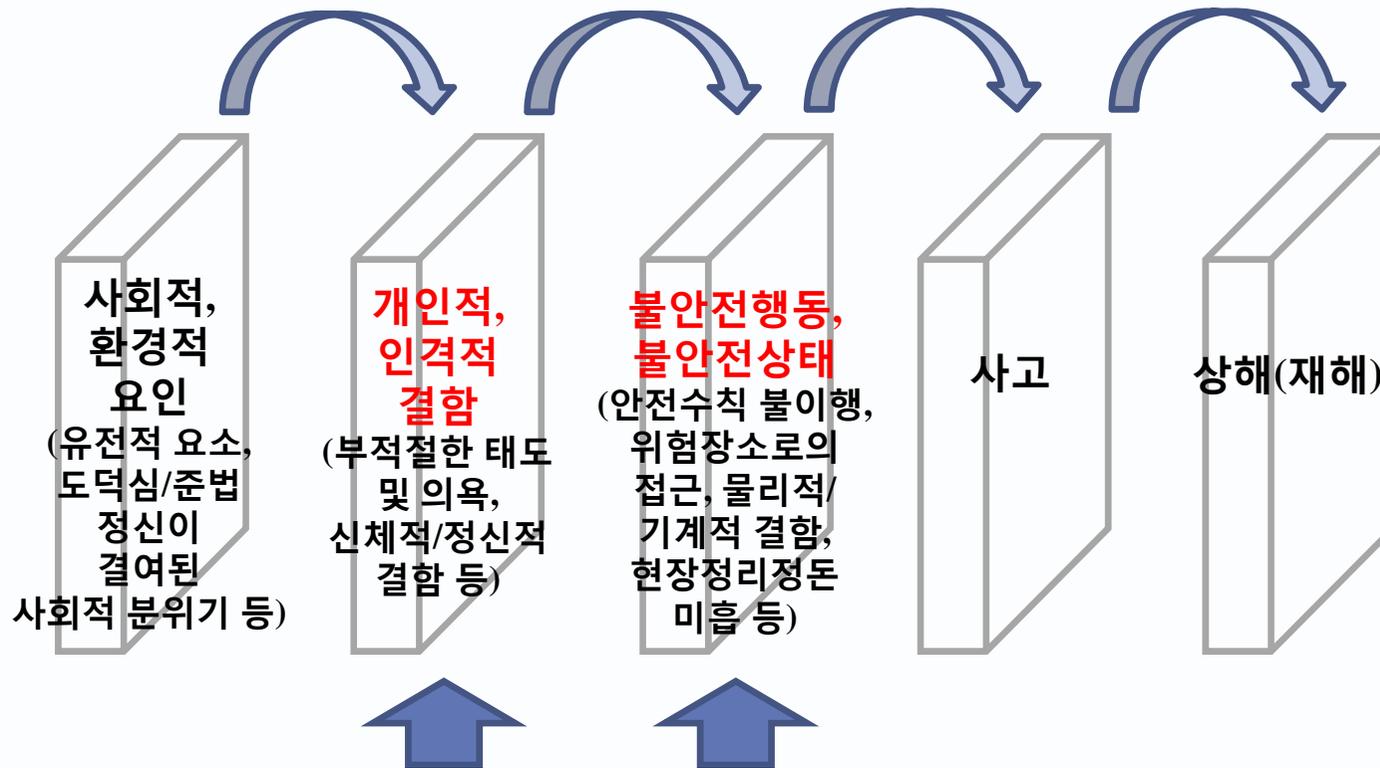


사고예방을 위한 접근 방식:

*Enforcement (제도적), Education (교육적), Engineering (기술적)*

# 건설현장 안전관리의 핵심: 4E

## ◆ Heinrich의 도미노 이론 (1936)

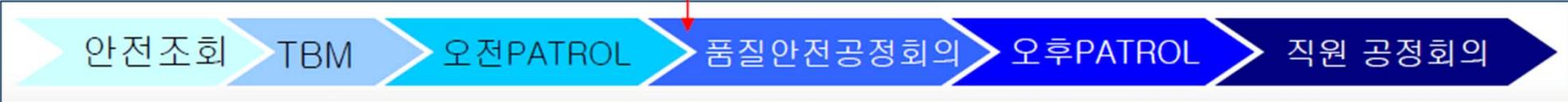
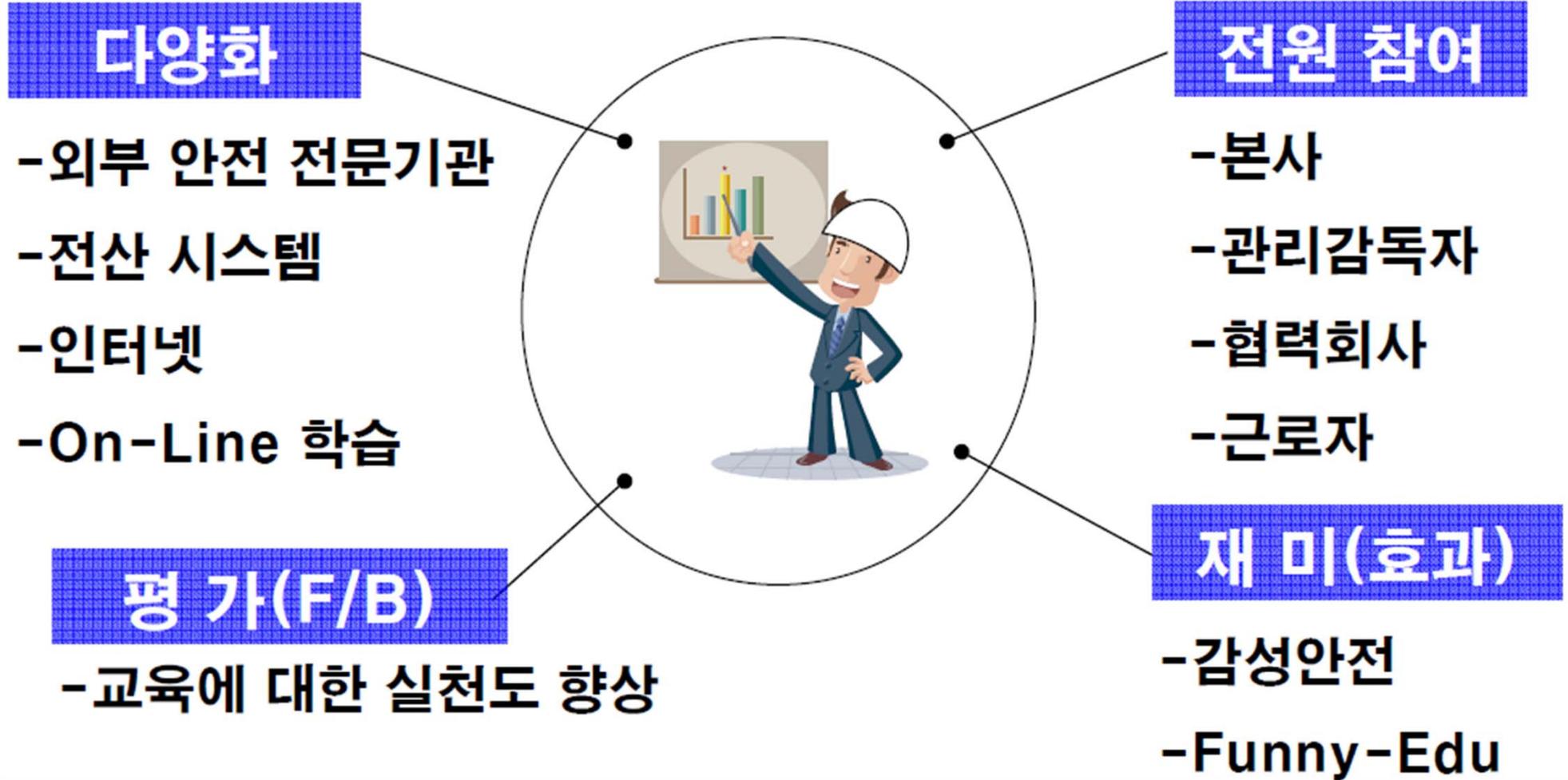


개인에 대한 심리적 접근 방식:  
*Emotion (심리적)*

사고예방을 위한 접근 방식:  
*Enforcement (제도적), Education (교육적), Engineering (기술적)*

# S건설 안전보건교육

출처: S건설, 건설사업장 안전보건교육 활성화 사례 (2007)

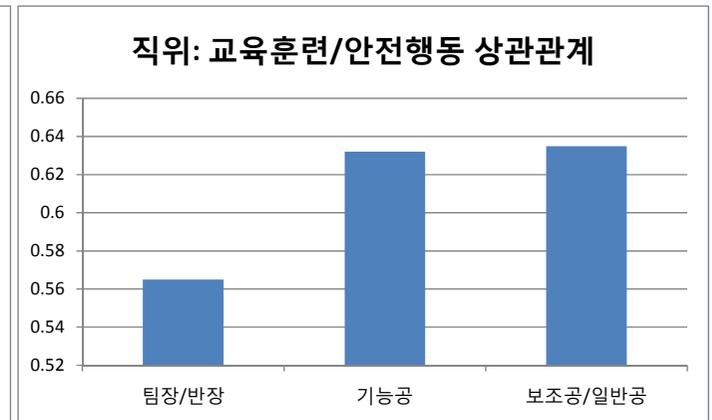
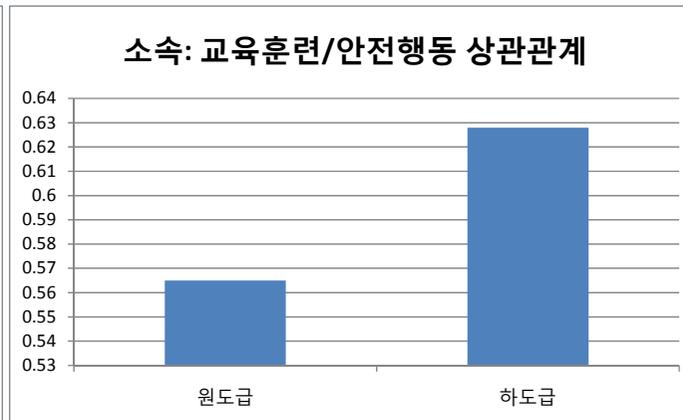
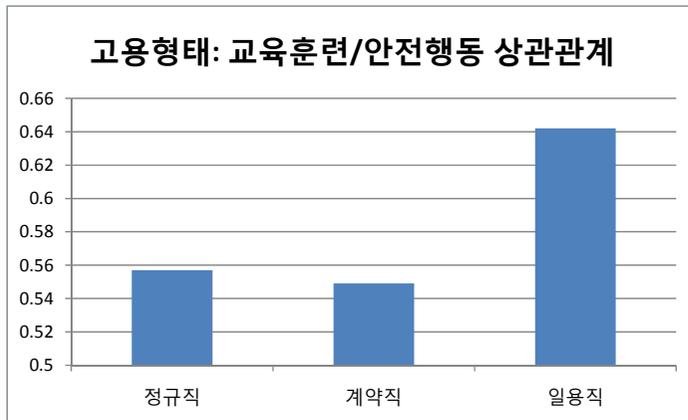


## 일일 주요 관리Point 선정 및 Check

## 안전교육의 중요성

### ◆ 건설 안전성 및 생산성 제고를 위한 다학제간 창의적 프레임워크 개발

- 연구책임자, 서울대학교 Brain Fusion Program (2013 – 2014)
- 총 432부 표본 (아파트 183, 도로 64, 터널 73, 교량 51, 지하철 61)
- 고용형태(정규직/비정규직), 소속(원도급/하도급) 및 직위(팀장/기능공/보조공), 작업의 종류(철근공, 콘크리트공, 석공, 목공, 토공, 비계공, 설비공 등), 흡연, 사고경험 관련 정보 수집



## 안전교육의 중요성

### ◆ 안전행동의 유형

- **순응행동**: 안전교육훈련에 참여하는 등 기존 안전프로그램에 잘 참여하는 것
- **참여행동**: 근로자가 안전관련 개선점을 제시한다든지 적극적으로 행동하는 것
  - 근로자 스스로의 안전점검 및 관리 (Worker-to-Worker Observation Program)  
→ 작업 후 안전회의를 통한 근로자 피드백 → 익일 TBM을 통한 경험 공유
  - 근로자 안전관련 정기 설문조사 및 안전계획 수립에의 반영
  - 안전 소위원회의 근로자의 직접 참여

## 건설현장 안전관리체계 개선방안

### ◆ 건설공사 안전관리, 시공자에게만 미룰 일이 아니다!

- 미국 OSHA의 1999-2008 기간 중 발생한 구조적 붕괴 사고 96건 중 80%는 시공 에러 사고이고 나머지 20%는 설계 에러 관련 사고임.
- 국토교통부는 2014년 7월 국가정책조정회의에서 2017년까지 안전사고를 획기적으로 줄이기 위하여 “건설현장 안전관리체계 개선방안”을 발표
- 안전관리 체계에 발주자와 **설계자의 책임 및 역할**을 추가 → 생애주기형 안전관리 체계
  - BIM을 통한 Design for Safety 및 시공성 평가
  - 설계자-시공자 간의 생애주기에 걸친 협업
  - 임시 안전시설물 시공을 설계에 반영
  - 가설공사 안전설계 기준마련, 설계 및 관리

## ◆ 프리패브/모듈러 공법

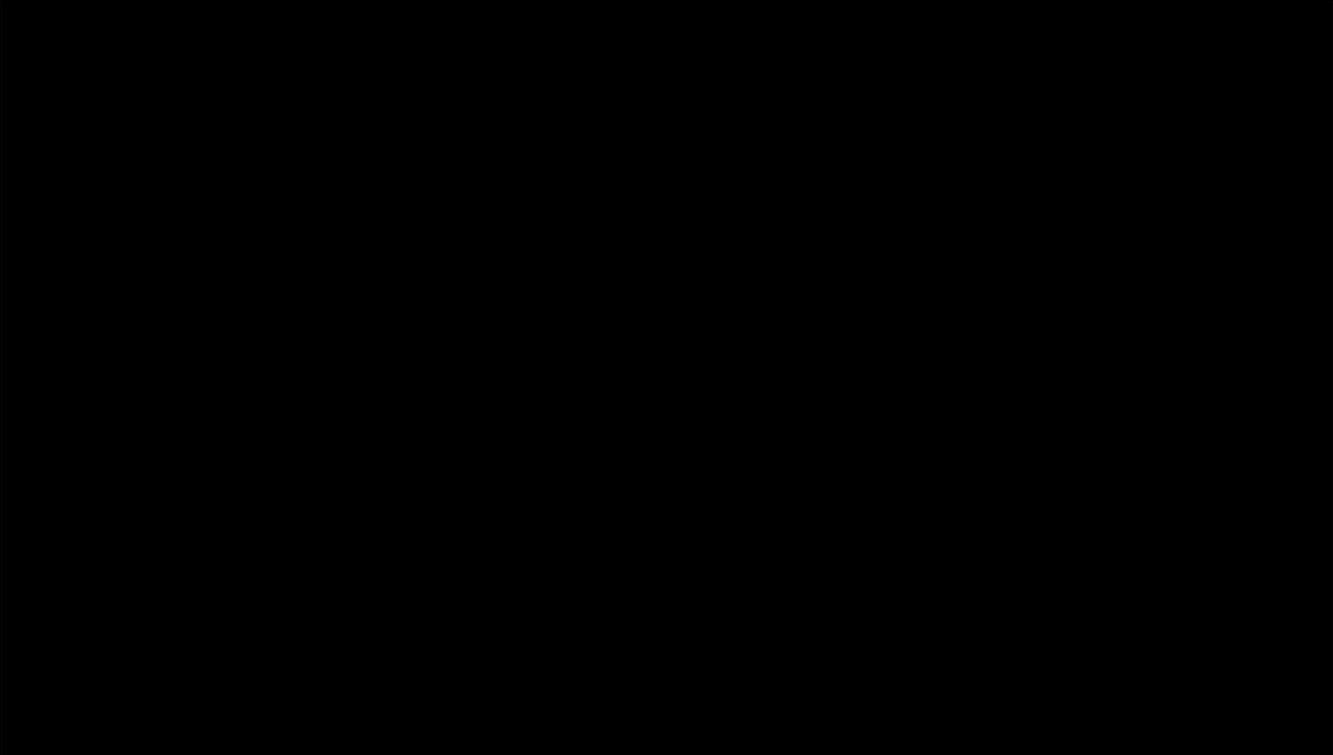
- 복잡한 작업을 Offsite에서 수행함으로써 위험요소를 배제하고 생산성을 높임
- 현장 작업자 수 감소 (건설기술자와 숙련노동자가 부족한 현장에 유리)
- 현장 접근에 제약이 있는 지역, 흑한/흑서지역 현장에 활용
- 현장 안전시공관리 용이

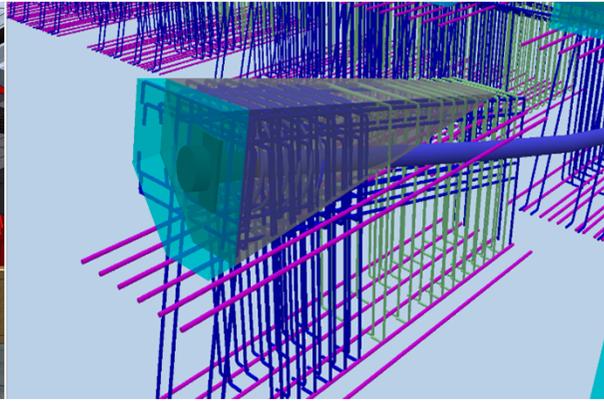
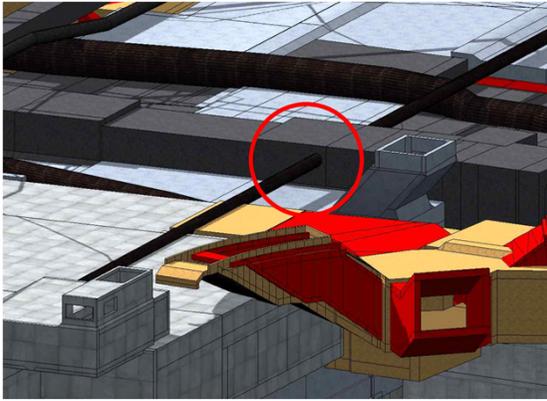


# 안전관리 - Engineering

- ◆ 프리패브/모듈러 공법







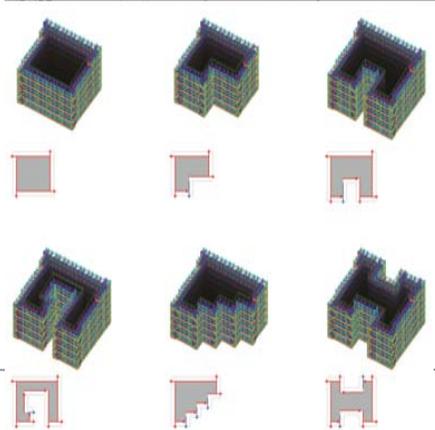
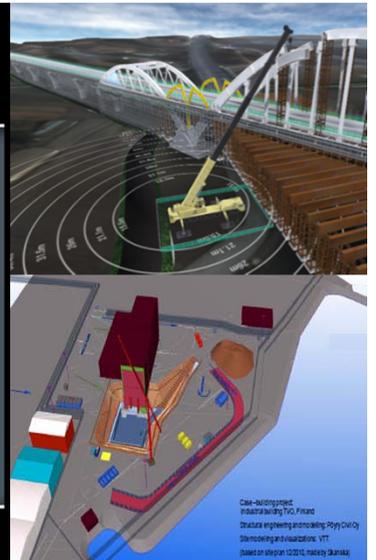
활동	이름	상태	계획된 시작	계획된 끝	실제 시작	실제 끝	작업 유형	연결됨
<input checked="" type="checkbox"/>	지면조사	완료	2017-07-01	2017-07-01	2017-07-01	2017-07-01	구입	일시적 연결
<input checked="" type="checkbox"/>	인양구간 선로	진행	2017-07-02	2017-07-03	2017-07-02	2017-07-04	구입	일시적 연결
<input checked="" type="checkbox"/>	교량시공준비	진행	2017-07-03	2017-07-04	2017-07-04	2017-07-05	구입	일시적 연결
<input checked="" type="checkbox"/>	인양구간 시공 준비	진행	2017-07-04	2017-07-05	2017-07-05	2017-07-06	구입	일시적 연결
<input checked="" type="checkbox"/>	인양구간 교량	진행	2017-07-05	2017-07-06	2017-07-06	2017-07-08	구입	일시적 연결
<input checked="" type="checkbox"/>	교량중점시공	진행	2017-07-06	2017-07-07	2017-07-07	2017-07-09	구입	일시적 연결
<input checked="" type="checkbox"/>	인양구간 시공 완료	완료	2017-07-07	2017-07-08	2017-07-08	2017-07-10	구입	일시적 연결
<input checked="" type="checkbox"/>	A1-교량기초	진행	2017-07-08	2017-07-09	2017-07-09	2017-07-13	구입	일시적 연결
<input checked="" type="checkbox"/>	A1-교량	진행	2017-07-09	2017-07-10	2017-07-10	2017-07-14	구입	일시적 연결
<input checked="" type="checkbox"/>	A1-교량기초	진행	2017-07-10	2017-07-11	2017-07-11	2017-07-15	구입	일시적 연결

**SAN FRANCISCO-OAKLAND BAY BRIDGE EAST SPAN RISK ANALYSIS**

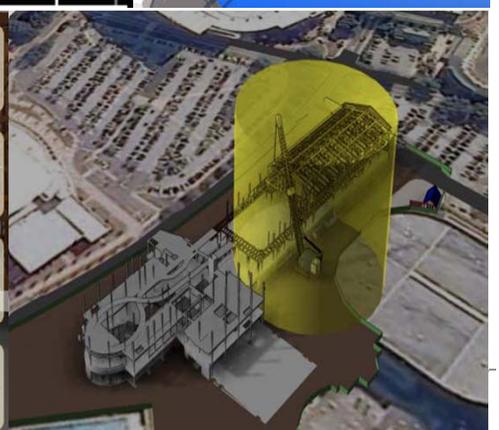
CUMULATIVE IMPACT (MONTHS)

- 0-1 [LOW]
- 1-2 [MODERATE]
- >2 [HIGH]

- TOP 5 RISKS [IN ORDER OF OCCURRENCE]**
- > Unforeseen subsurface obstructions delay pile and pile cap installation
  - > Late changes to bridge deck construction sequence impacts adjacent contracts
  - > Adverse weather conditions delay cast-in-place bridge deck concrete placement
  - > Constructability issues and spatial restrictions delay deck construction
  - > Late delivery of prefabricated seismic joints delays bridge deck completion



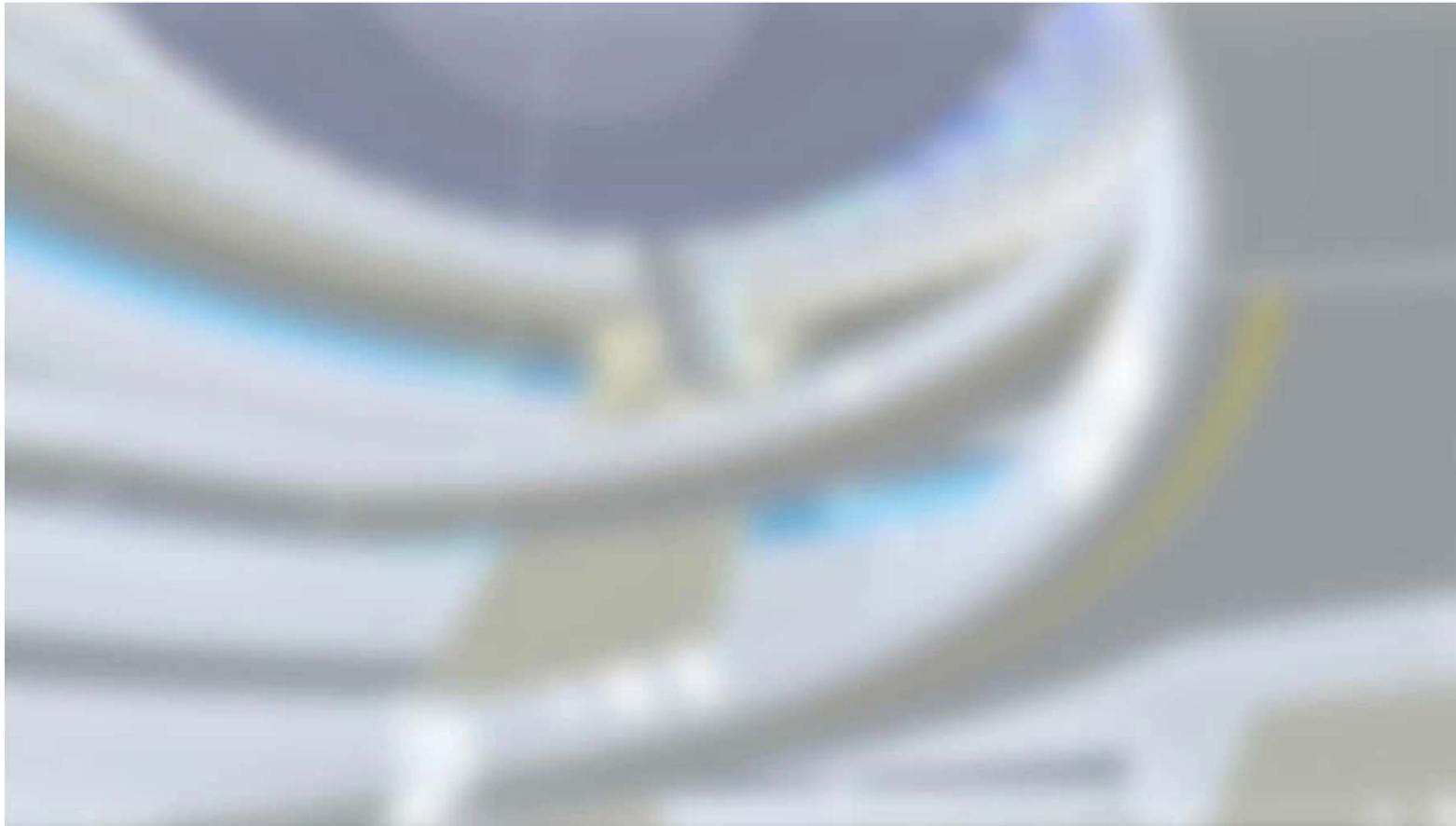
- 신구조 배치하여 지체 안양 안전하게 유도
- 웨이어보트 등 인양공법은 손상이 없고 견고한 것 사용  
• 마운트카는 견고하고 평탄한 지면에 거치
- 교량선동 위험물 인근에서 작업시 신구조 배치하여 접근 단계 거려 유지
- 뱀의 각도는 인양비용 조건표에 따라 적당하게 유지



## 가상 모델을 통한 계획·설계·시공계획 검토

### ■ InsiteVR, ShilpMIS Technologies, IrisVR 등

- Revit, Sketch-up 등으로 작업한 3차원 도면을 클릭하여 가상 현실을 구현하는 상품 개발



## IT를 활용한 실시간 현장 안전관리 예시

**BUILDSAFE** Product Pricing More Log in BOOK A DEMO

Dashboard Projects Rounds Deviations Observations Incidents Contacts Leo Andersson

All projects | Project Safe [SFP]

**PROJECT STATISTICS**

- TOTAL OPEN DEVIATIONS:** 2 (0%)
- TOTAL OVERDUE DEVIATIONS:** 6 (50%)
- AVERAGE TIME TO RESOLVE DEVIATION:** 1d3t
- TOTAL DEVIATIONS RESOLVED ON TIME:** 70% (122/175)

**DEVIATIONS**

Date	Description	Status	Severity	Round
20 APR 11:42	Are fall injury prevention systems required and in place?	NO	MEDIUM	Safety ROUND 2
20 APR 11:42	Fall prevention plan is up to date	NO	HIGH	Work Environment ROUND 15

**PREVIOUS DEVIATIONS**

- Induction procedures to be revised
- Excavation unsupported
- MEWP inspection reports not completed for
- Harness inspection report not completed for

**WORK AT HEIGHT (WAH)**

- Hierarchy of control (avoid, prevent, reduce)
- Collective protection
- Individual Fall Protection

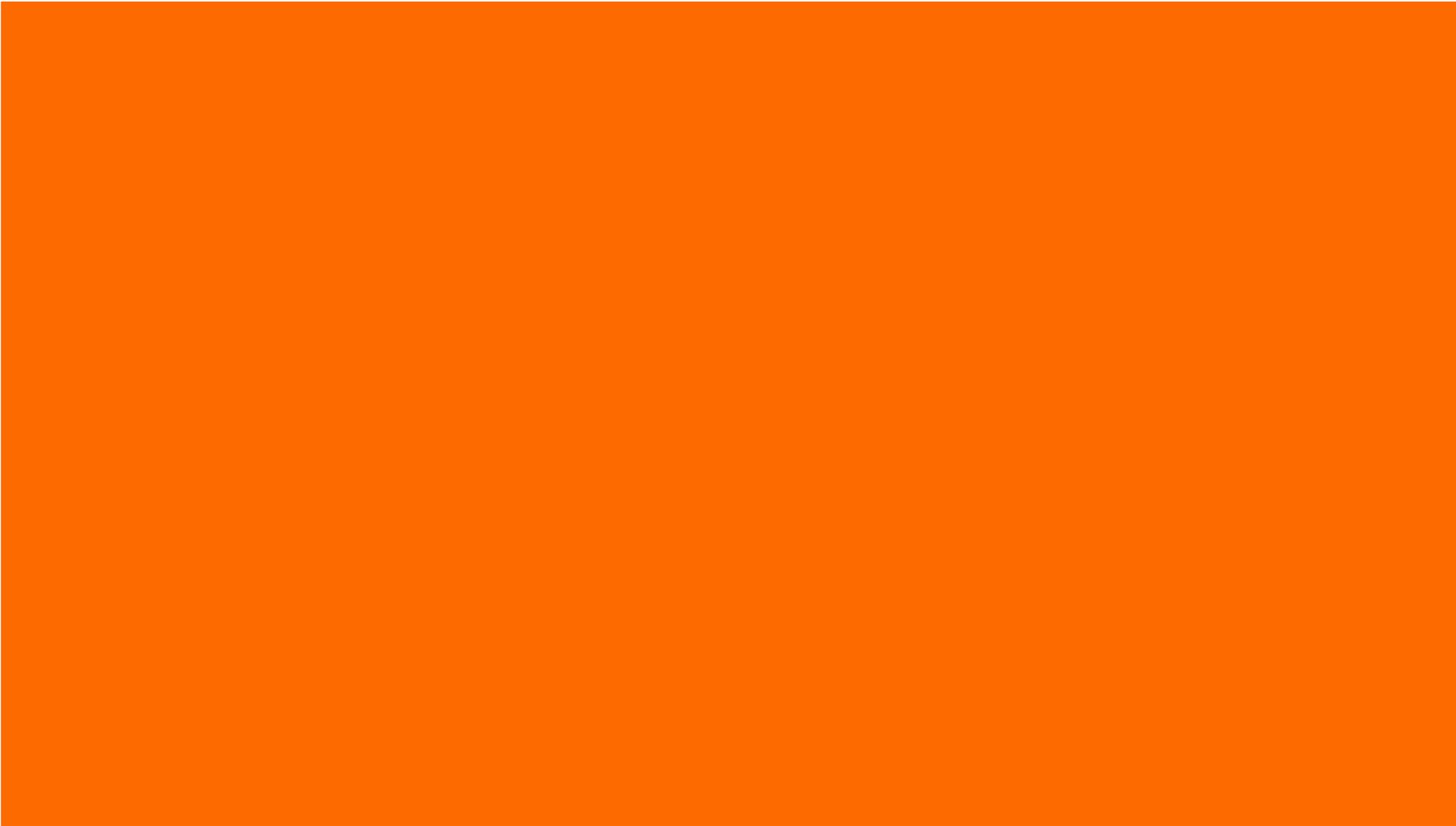
**EDGE PROTECTION**

- Installed to manufacturer's instructions
- Ops trained to install, alter, and dismantle.

**Accidental uplift installed**

Report: What'd would you like to report?

POSITIVE OBSERVATION | RISK-OBSERVATION | INCIDENT | ACCIDENT



## 웨어러블 디바이스 기반 공사현장 관리

### ■ AIG & Human Condition Safety: Wearables and Worker Safety

- 웨어러블 기기를 활용하여 사용자의 움직임 분석, 위험행동 탐지 및 경고



조끼 뒤쪽: 위치정보 수집 센서, 광각 센서 등



조끼 앞쪽: 태양광 충전, 운동에너지 충전 센서 등



잘못된 자세로 물건을 들거나, 장비 간의 거리가 가까우면 경고알람신호를 보냄



# IT를 활용한 실시간 현장 안전관리 예시

- ◆ 건설장비 관제 및 스마트 시공 기술 개발



두산의 타선, '붓물 터졌다'...kt 상대로 대승  
(2016-06-21, kt 1對 12 두산, 잠실)

21일 잠실구장에서 열린 2016 타이어뱅크 KBO리그 두산과 kt의 경기에서 두산이 포문을 연 에반스의 1루타 이후 타선이 폭발하면서 kt를 상대로 파죽의 대승을 거두었다. 두산은 16안타 3홈런을 뽑아내며 탁월한 경기력을 보여줬다. 두산은 0:0으로 경기 중이던 3회 말, 에반스가 1루타를 때리며 1점을 획득했다. 이후, 허경민, 박세혁이 활약해서 두산의 승리에 크게 기여했다.

1회 말 두산은 2사 2루 상황에서 김재환의 볼넷으로 2사 1, 2루 상황을 만들었으나 이후 에반스의 3루수 땅볼로 공수교대가 이루어지며 점수를 내지 못했다. 그 후 2회 말에는 2사 1, 2루 상황에서 박건우의 중견수 플라이로 공격권을 넘겨주며 득점에 실패했다. 또 3회 말에는 무사 1, 2루 상황에서 에반스의 1타점 적시타로 1점 앞서나가기 시작했고, 허경민의 1타점 적시타로 2점을 달아났다. 4회 말에는 무사 1, 3루 상황에서 정수빈의 1타점 적시타로 1점을 달아냈고, 이종도루로 무사 2, 3루, 김재환의 볼넷으로 1사 만루 상황을 만들고 에반스의 4점 홈런으로 1점을 달아냈다. 박세혁의 2점 홈런으로 2점을 달아냈다. 5회 말에는 박건우의 1점 홈런으로 1점을 달아냈다. 무사 1, 3루 상황에서 김재환의 희생플라이로 점수 차를 벌렸다. 2사 1, 3루 득점찬스를 맞이하였으나 허경민의 좌익수 플라이로 이닝이 종료되며 달아나지 못했다.

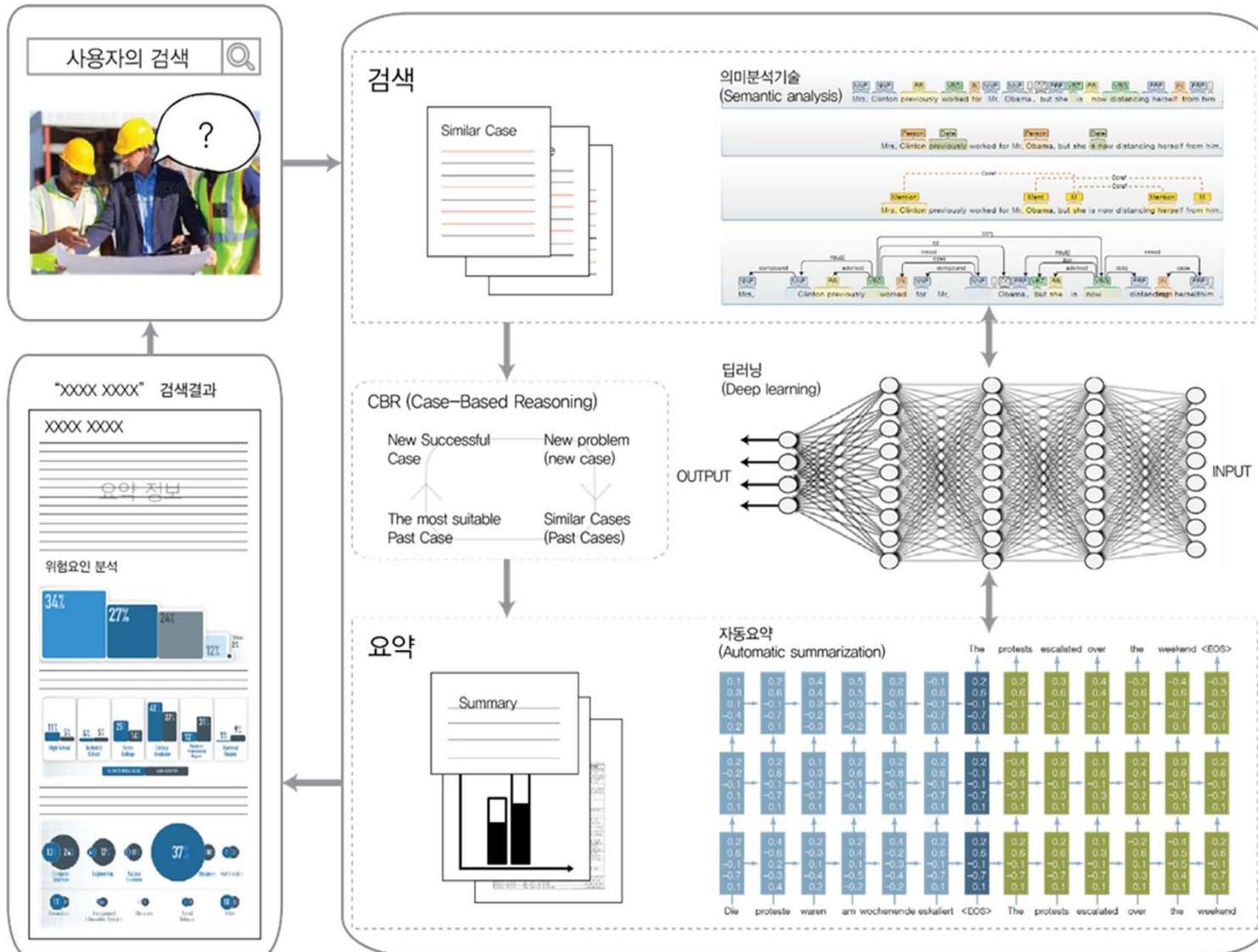
8회 초 kt는 김상현의 1점 홈런으로 1점을 따라잡았다.

8회 말 두산은 무사 2루 상황에서 양의지의 데드볼로 무사 1, 2루 상황을 만들고 허경민의 1타점 적시타로 1득점하며 경기결과를 확정지었다.

끝내 두산은 kt에게 대패를 안겨줬다. 오늘 경기 결과에 따라 두산은 3연승을 올렸고 현재 1위(승률 0.727)이다. 한편 kt는 4연패의 수렁에 빠졌고 현재 한화와 공동9위(승률 0.406)이며 3안타를 때려 다소 아쉬운 플레이를 보여줬다.

# IT를 활용한 실시간 현장 안전관리 예시

- ◆ 텍스트마이닝 기반 건설 경험정보 웹 인텔리전스 시스템 개발



# Text Mining and Natural Language Processing for Construction Knowledge Management

Semantic research

Work process

Hazard Object

박스형 옹벽내부 거푸집 설치 후 동바리를 설치하기 위해 주변 자재 정리 중 벽체 내부거푸집이  
전도되어 협착 1명 사망, 2명은 부상한 사고

Accident result Accident result  
material human

Hazard Position



*COSMIS 516 cases (1990-2017), KOSHA 3550 cases (1999-2016)*

# 현장 근로자 Emotion



# S건설 감성안전: Safety Love

출처: S건설, 건설사업장 안전보건교육 활성화 사례 (2007)

- ◆ 분산된 현장작업 + 동시다발성 → 모든 세세한 관리 감독 한계 → 품질/안전은 각 근로자의 자발적 헌신성에 의존

♪ 음악신청곡기록판 ♪

NO	곡명	가수명
1	어머나!!	
2	아름답게 알았잖아	김보영
3	꿈의 여파	박경숙
4	조약돌	
5	반전	
6	너에게 또다시	
7	갈매기 추억	한혜진
8	전심연애	송지은
9	기공그사함은	남진
10	그아름다운시	백지영
11	바람과 기다리	박경심
비고		



근로자 휴게공간



여성근로자 샤워실



근로자 휴게공간 (감성공원)



근로자 대형 세면장/샤워실



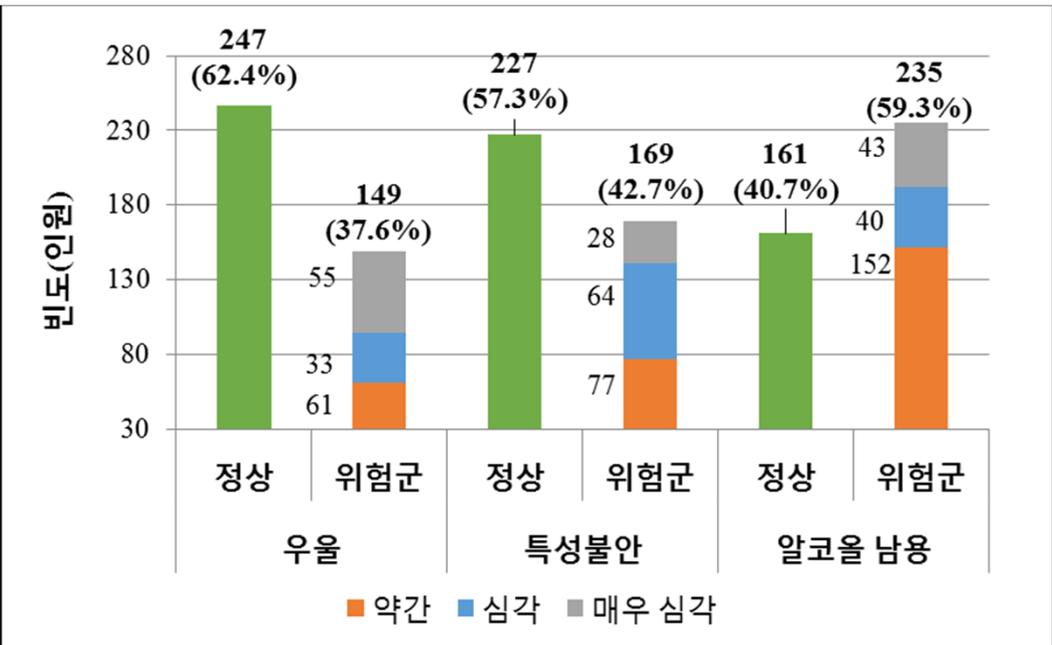
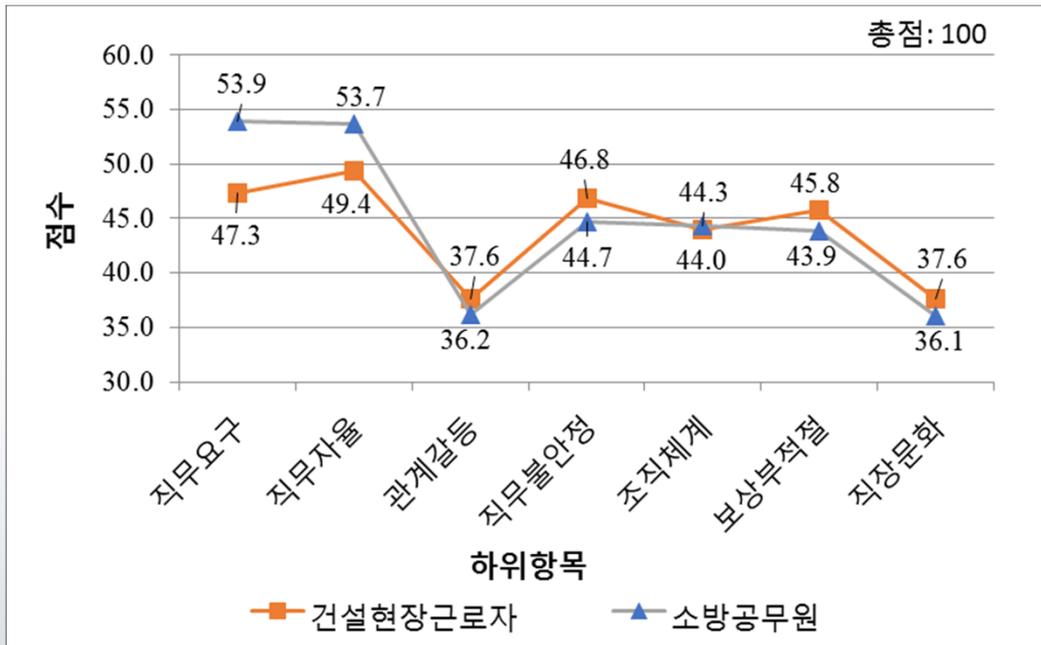
**“ 이 현장에서는 사람대접을 받는 것 같다!”**



# 건설근로자 정신건강 증진

- ◆ 서울대학교 Brain Fusion: 총 432부 표본 (아파트 183, 도로 64, 터널 73, 교량 51, 지하철 61)
  - 고용형태(정규직/비정규직), 소속(원도급/하도급) 및 직위(팀장/기능공/보조공), 작업의 종류(철근공, 콘크리트공, 석공, 목공, 토공, 비계공, 설비공 등), 흡연, 사고경험 관련 정보 수집

심리적 인자 항목	개인의 기질 및 성격, 스트레스 수준 및 정서 상태			알코올 중독 상태	사고 유경험자의 심리상태
	기질	직무스트레스	정서장애		
세부영역 (척도)	기질 (TCI-RS) 81문항	직무스트레스 (KOSS) 24문항	우울 (CES-D) 20문항	음주 습관 (AUDIT) 10문항	사고 후 충격 (K-IES-R) 22문항
		스트레스 대처방식 척도 32문항	특성불안 (STAI-T) 20문항		



## 건설근로자 정신건강 증진

- ◆ 서울대학교 Brain Fusion: 총 432부 표본 (아파트 183, 도로 64, 터널 73, 교량 51, 지하철 61)
  - 고용형태(정규직/비정규직), 소속(원도급/하도급) 및 직위(팀장/기능공/보조공), 작업의 종류(철근공, 콘크리트공, 석공, 목공, 토공, 비계공, 설비공 등), 흡연, 사고경험 관련 정보 수집

심리적 인자 항목	개인의 기질 및 성격, 스트레스 수준 및 정서 상태			알코올 중독 상태	사고 유경험자의 심리상태
	기질	직무스트레스	정서장애		
세부영역 (척도)	기질 (TCI-RS) 81문항	직무스트레스 (KOSS) 24문항	우울 (CES-D) 20문항	음주 습관 (AUDIT) 10문항	사고 후 충격 (K-IES-R) 22문항
		스트레스 대처방식 척도 32문항	특성불안 (STAI-T) 20문항		

- 50대 이상에서 알코올 의존도가 매우 높음,
- 20년 이상 종사자들의 경우 전반적인 스트레스가 낮음,
- 대학 졸업자들의 경우 직무요구, 직장문화 등 개인 삶의 질 저해에 따른 스트레스가 높음,
- 기혼자의 경우 직무불안정에 대한 스트레스가 높음,
- 일용직 근로자는 낮은 직무자율, 직무불안정에 의한 스트레스가 높고 우울 위험군이 많음,
- 도로현장의 경우 일용직 근로자 비율이 높으며 전반적인 직무 스트레스가 높음, .....

## 건설근로자 정신건강 증진

- ◆ 서울대학교 Brain Fusion: 총 432부 표본 (아파트 183, 도로 64, 터널 73, 교량 51, 지하철 61)
  - 고용형태(정규직/비정규직), 소속(원도급/하도급) 및 직위(팀장/기능공/보조공), 작업의 종류(철근공, 콘크리트공, 석공, 목공, 토공, 비계공, 설비공 등), 흡연, 사고경험 관련 정보 수집

심리적 인자 항목	개인의 기질 및 성격, 스트레스 수준 및 정서 상태			알코올 중독 상태	사고 유경험자의 심리상태
	기질	직무스트레스	정서장애		
세부영역 (척도)	기질 (TCI-RS) 81문항	직무스트레스 (KOSS) 24문항	우울 (CES-D) 20문항	음주 습관 (AUDIT) 10문항	사고 후 충격 (K-IES-R) 22문항
		스트레스 대처방식 척도 32문항	특성불안 (STAI-T) 20문항		

### 근로자 심리-안전행동-안전분위기-작업환경 간의 관계 분석

- 근로자 심리 vs 안전행동
- 현장 안전분위기(안전교육, 안전관리, 안전규정, 의사소통 등) vs 근로자 심리 및 안전행동
- 작업환경 vs 근로자 심리 및 안전행동
- 안전지식-안전교육-안전행동-안전관리 간 관계
- 물리적인 작업환경(소음, 조도, 온도 등) vs 안전행동

## ***건설 안전관리의 핵심: 4E***

*Enforcement*

*Education*

*Engineering*

*Emotion*