

재해원인조사 의견서

한국 산업 안전 보건공단

이 의견서는 「산업안전보건법」 제56조에 따라 중대재해 원인조사를 실시하고 재해 원인에 대한 의견을 작성한 것으로

「산업안전보건법」 제56조의 ‘중대재해 원인을 규명하여 산업재해의 예방 대책 수립’을 통한 안전 확보에 이바지함을 목적으로 하고 있다.

그러므로 이 의견서는 산업현장의 안전·보건을 증진시킬 목적 이외의 용도로 사용되어서는 아니 된다.

1. 재해발생 사업장 개요

사업장명	제일산업	전화번호 (FAX)	
소재지	경기도 화성시	대표자	B
업종	각종시멘트제품제조업	근로자수	9명
산재관리번호 (사업개시번호)		생산품 (사업내용)	콘크리트 블록

2. 재해자 인적사항 및 상해정도

연번	성명	출생년도	소속	고용형태 (상용·일용·시간제 등)	상해정도 (사망/부상)
1	A	1954	제일산업	상용	사망

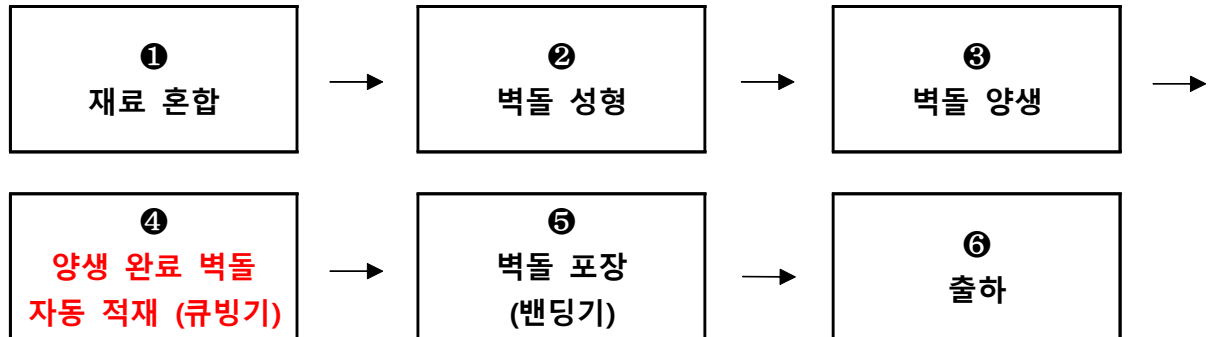
3. 재해발생 경위

발생형태	끼임	기인물	큐빙기
○ 2024.4.14.(일) 16시26분경 제일산업 소속 장치 운전원과 재해자가 에러 발생으로 인해 정지한 큐빙기*를 전원을 차단하지 않은 상태로 조치하는 과정에서 ○ 장치 운전원에 의해 큐빙기의 에러가 제거되는 순간 큐빙기가 하강하면서 재해자가 큐빙기와 컨베이어 사이에 끼임. * 양생이 완료된 벽돌을 팔레트에 자동으로 적재하는 장치.			

4. 재해조사 내용

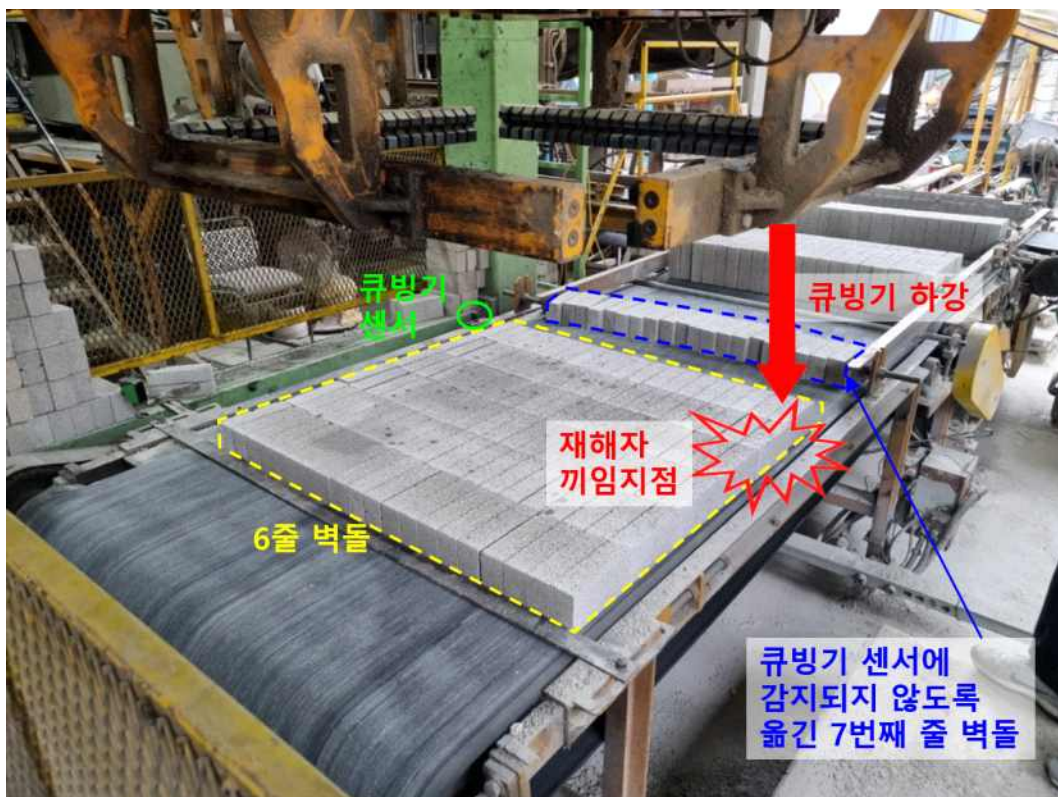
가. 사고의 경위

○ 재해발생 공정 (콘크리트 벽돌 생산 공정)



○ (재해발생 작업) 에러가 발생하여 정지된 큐빙기의 에러 제거 조치 작업 중 재해가 발생함.

- (에러 내용) 정상 작업 시 컨베이어를 통해 6줄(1줄=20개) 단위로 벽돌이 운반되어야 하나, 사고 시 7줄이 운반되며 7번째 줄이 큐빙기의 센서에 감지되어 큐빙기의 작동이 정지됨. ([사진 1] 참조)
- (에러 제거 조치) 손으로 7번째 줄의 벽돌을 모두 옮겨 큐빙기 센서에 벽돌이 감지되지 않음과 동시에 에러가 제거되며 큐빙기가 하강함.



[사진 1] 사고 발생 지점

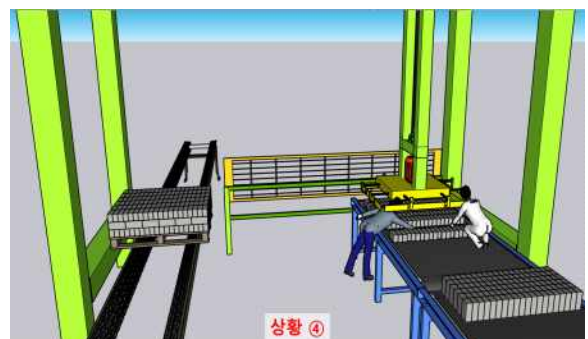
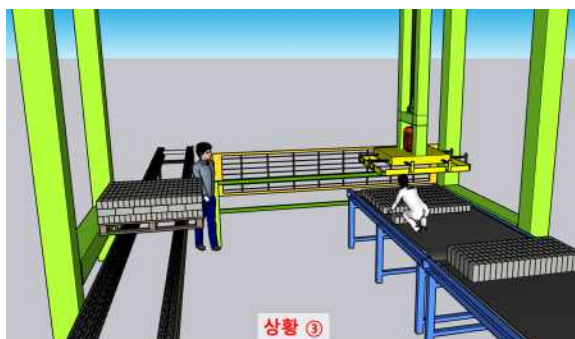
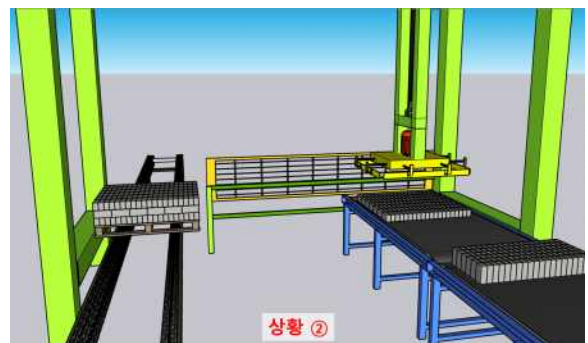
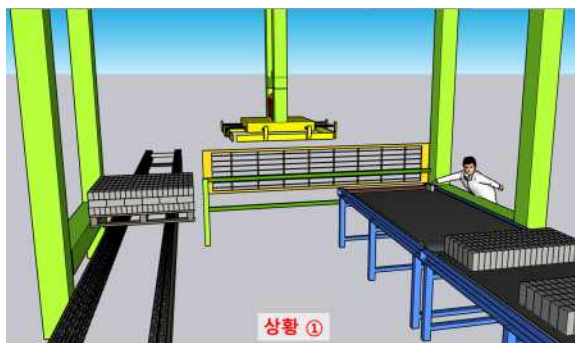
○ 재해발생 과정 [2024.4.14.(일)]

※ 사업장 대표 면담 결과 재해자의 주 업무는 벽돌 생산 완료 후 혼합기 내부 청소 작업 (1회/1일)이고 이 외 근무 시간에는 팔레트 수리, 작업장 청소 등의 잡일을 수행하며, 별도의 작업 지시를 하지 않아 사고 발생 이전 재해자의 동선을 파악하고 있지 않음.

- [07:00경] 재해자 작업장 출근. (통상 출근 시간)
- [12:00~13:00경] 재해자 점심 식사 및 휴식. (통상 식사 시간 및 휴식 시간)

※ 16:35:25 이후 재해 발생 과정 [그림 1] 재해 발생 상황도 참조

- [16:35:30] 장치 운전원이 큐빙기로 이송되지 않고 컨베이어 상부에 누락된 벽돌 1장을 제거함. (상황 ①)
- [16:35:45] 컨베이어로 7줄의 벽돌이 운반되며 7번째 줄의 벽돌이 큐빙기의 센서에 감지되어 큐빙기 운전이 정지됨. (상황 ②)
- [16:36:14] 장치 운전원이 컨베이어 상부로 이동하여 7번째 줄의 벽돌들을 큐빙기 센서에 감지되지 않도록 옮기는 작업을 시작함. (상황 ③)
- 큐빙기 주위를 지나던 재해자가 벽돌을 옮기고 있는 장치 운전원 좌측으로 이동함.
- [16:36:25] 장치 운전원이 7번째 줄의 벽돌들을 모두 큐빙기 센서에 감지되지 않는 위치로 옮김과 동시에 큐빙기가 하강하며 컨베이어 상부에 상체를 기울이고 있던 재해자가 큐빙기와 컨베이어 사이에 끼임. (상황 ④)



[그림 1] 재해 발생 상황도

나. 기인물 정보

- (큐빙기 제원) 사업장 문의 결과 2015년도에 제작된 사고 발생 큐빙기의 제작사는 폐업한 상태이며 사업장에서 보유한 설계도서 등의 서류가 없고 기계에 부착된 명판도 없어 제원 파악이 불가함.
- (큐빙기 구성) 벽돌을 집어 팔레트로 운반하는 큐빙기 본체와 큐빙기 본체가 전진 및 후진하기 위한 프레임으로 구성되어 있음. ([사진 2] 참조)
 - 큐빙기 프레임 하부에는 벽돌을 이송하는 컨베이어와 팔레트를 이송하는 컨베이어가 위치함.



[사진 2] 사고 발생 큐빙기

○ (큐빙기 작동 순서) [사진 3] 참조

- ① 벽돌 이송 컨베이어에 설치된 2개의 비접촉식 센서에 의해 6줄의 벽돌 감지**
- ② 큐빙기 본체가 하강**하여 벽돌을 집은 후 상승

** 1번 센서가 벽돌을 감지하고 2번 센서가 벽돌을 미감지 한 경우 6줄의 벽돌이 도착한 것으로 인식하고 큐빙기 본체가 하강함. ([사진 4] 참조)

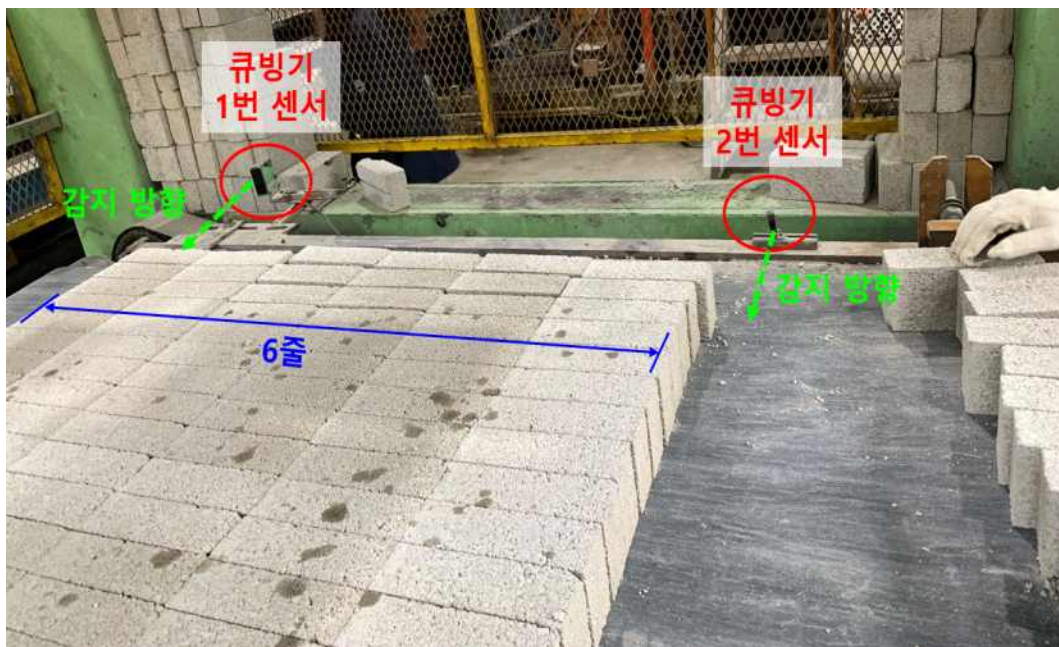
- ③ 큐빙기 프레임을 따라 팔레트 이송 컨베이어 상부로 큐빙기 본체 이동
- ④ 큐빙기 본체가 하강하여 팔레트에 벽돌 적재***

*** 적재 시 큐빙기 본체가 90° 회전할 수 있어 벽돌을 지그재그로 적재함. (무너짐 방지)

- ⑤ ①~④ 과정 반복



[사진 3] 큐빙기 작동 순서



[사진 4] 큐빙기와 연동된 비접촉식 센서

- (산업용 로봇 여부) 한국산업안전보건공단 산업안전보건인증원에 의한 사고 발생 큐빙기 검토 결과, 사고 발생 큐빙기는 고용노동부고시 제2020-37호 「위험기계·기구 자율안전확인고시」 제6조 제1항에 따른 산업용 로봇에 해당함.

[고용노동부고시 제2020-37호 「위험기계·기구 자율안전확인고시」 제6조 제1항]
 “산업용 로봇”이란 산업자동화 응용을 위한 자동제어와 프로그램이 가능한 3축 이상 매니플레이터를 구비하고 고정 또는 이동이 가능한 로봇을 말함.

- 사고 발생 큐빙기는 PLC(Programable Logic Control)에 의해 자동제어와 프로그램이 가능함.
- 사고 발생 큐빙기 본체는 전진/후진, 상승/하강, 90° 회전할 수 있는 3축의 매니플레이터****를 갖추. ([사진 5] 참조)

**** 인간의 팔과 유사한 동작을 제공하는 기계적인 장치.

- 사고 발생 큐빙기는 자율안전확인 신고 대상이나, 자율안전확인 신고 여부는 확인하지 못함.

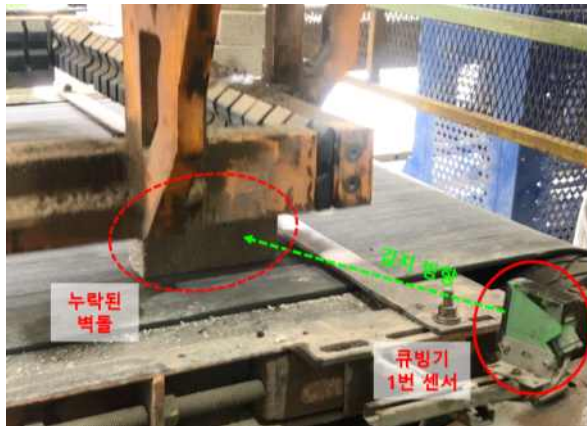
- (비상정지 스위치) 작업장 내에 큐빙기의 작동을 정지시킬 수 있는 비상정지 스위치가 3곳에 설치되어 있으나 큐빙기가 하강하여 끼임이 발생한 지점 부근에 설치된 비상정지 스위치는 없음. ([사진 5] 참조)



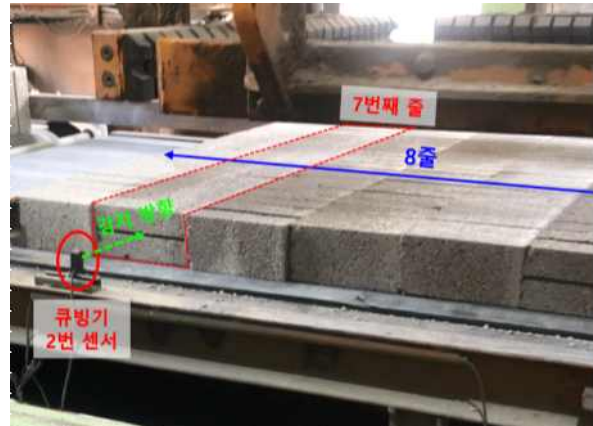
[사진 5] 사고 발생 지점 및 비상 정지 스위치 설치 지점

다. 조사·확인 내용

- (에러 발생원인) 사고 발생 상황 재현 결과 큐빙기 본체가 벽돌을 집는 과정에서 1번 센서 부근의 일부 벽돌이 누락 되는 경우([사진 6] 참조), 누락 된 벽돌 제거 직후 벽돌 이송 컨베이어가 6줄을 초과하는 (최대 12줄) 벽돌을 이송하는 에러가 발생함. ([사진 7] 참조)
 - 장치 운전원 면담 결과 해당 에러는 비정기적으로 발생하며 벽돌의 양생 상태에 따라 하루에 2~3회 발생하는 때도 있음.
 - 장치 운전원 면담 결과 당 사고의 경우 에러 발생 직후 본인이 컨베이어를 수동으로 정지시켜 7줄의 벽돌만 이송됨.
 - 큐빙기 2번 센서의 감지 가능 거리 확인 결과 센서 전방 50~55 cm 이내 (벽돌 5~6장 거리)임. ([사진 8, 9] 참조)



[사진 6] 1번 센서 부근 벽돌 누락 (재현)



[사진 7] 누락 벽돌 제거 후 이송된 벽돌 (재현)



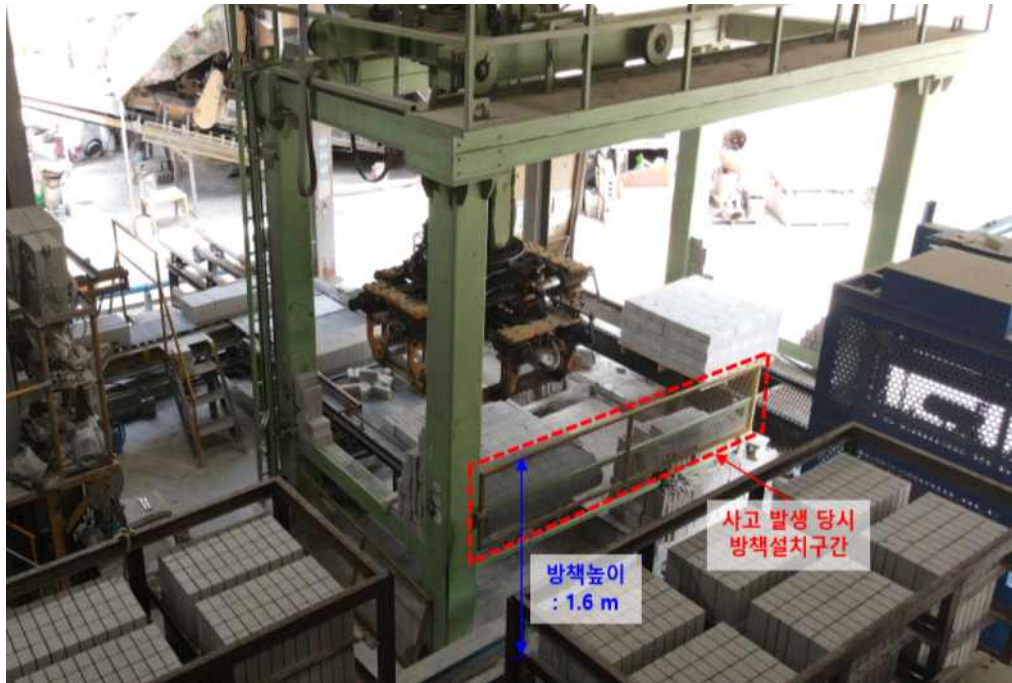
[사진 8] 2번 센서 벽돌 감지 상태 (재현)



[사진 9] 2번 센서 벽돌 미감지 상태 (재현)

- (에러 제거 작업 시 기계 작동상태) 큐빙기 및 컨베이어의 전원을 차단하지 않은 상태에서 큐빙기는 자동모드, 컨베이어는 수동모드로 운전됨.
 - (큐빙기 자동모드) 에러가 제거됨과 동시에 정상 작동되는 상태.
 - (컨베이어 수동모드) 작동 패널에서 컨베이어를 조작하거나 자동모드로 전환하기 전에는 작동하지 않는 상태.

- (큐빙기 방책 설치 상태) 큐빙기의 가동 범위인 큐빙기 프레임 안쪽으로 근로자의 출입을 제한하기 위한 방책이 일부 구간에만 설치되어 있었으며 별도의 출입문은 설치되어 있지 않음. ([사진 10] 참조)



[사진 10] 사고 발생 당시 방책 설치 구간 및 방책 높이

- (재해자 사고지점 이동 경로) 사고 발생 당시 방책이 설치된 구간과 팔레트 이송 컨베이어 사이의 폭 0.6 m의 공간을 통해 사고 발생 지점으로 이동함. ([사진 11] 참조)



[사진 11] 사고 발생 시 재해자 이동 경로 및 이동 통로 폭

- 재해자 이동 통로 이외에도 방책이 설치된 구간 맞은편의 벽돌 이송 컨베이어 측면의 폭 1.2 m 통로 및 컨베이어 상부 등을 통해 큐빙기 가동 범위 내로 근로자 접근이 가능함. ([사진 12] 참조)



[사진 12] 큐빙기 가동 범위 내로 근로자 접근 가능한 통로

○ 조사·확인 결론

- 큐빙기 본체가 벽돌을 집는 과정에서 1번 센서 부근의 벽돌이 누락 되며 6줄을 초과한 벽돌이 운반되어 큐빙기 작동이 정지되었고
- 장치 운전원이 큐빙기의 전원을 차단하지 않은 상태로 자동모드에서 7번째 줄의 벽돌을 제거하는 작업을 수행하여
- 2번 센서 감지 범위에서 벽돌들이 모두 제거됨과 동시에 큐빙기가 정상 작동되며 재해자가 큐빙기 본체와 컨베이어 사이에 끼임.

5. 조사자 의견

가. 작업 현장의 위험요인

- 큐빙기의 전원을 차단하지 않은 상태로 에러가 제거됨과 동시에 정상 작동 되는 자동모드에서 에러 제거 조치 작업을 수행함.
- 산업용 로봇에 해당하는 큐빙기의 가동 범위에 근로자 접근을 차단하는 방책 미설치 등 산업용 로봇에 대한 안전조치 미흡.

나. 사고원인

- 에러 제거 조치 작업 전 운전정지 미실시
 - 큐빙기의 에러 제거 조치 작업 전 전원을 차단하거나 수동모드로 전환하는 등 운전을 정지시키지 않은 상태에서, 큐빙기 센서를 가로막은 7번째 줄의 벽돌을 제거 함과 동시에 큐빙기가 정상 작동되며 재해자의 상체가 큐빙기 본체와 컨베이어 사이에 끼임.
- 자동 운전 중인 큐빙기 가동 범위 내로 근로자 접근
 - 큐빙기 에러 제거 조치 작업 시 큐빙기 주위를 지나가던 재해자가 방책이 설치되지 않은 공간을 통해 큐빙기 가동 범위 내로 접근하였고
 - 출입문이 별도로 설치되지 않음으로써 출입문 연동장치에 의한 큐빙기 자동 정지가 이루어지지 않아 에러가 제거됨과 동시에 큐빙기가 작동함.

다. 안전조치 권고

- 수리·조정 등의 작업 전 운전정지 후 LOTO (Lock Out Tag Out) 실시
 - 산업용 로봇의 작동 범위에서 수리·조정 등의 작업을 하는 경우 반드시 운전을 정지시키고 작업을 수행하여야 함.
 - 작업을 수행하는 동안 산업용 로봇의 기동스위치를 열쇠로 잠근 후 열쇠를 별도 관리하거나(Lock Out), 기동스위치에 작업 중이란 내용의 표지판을 설치하여(Tag Out) 다른 작업자에 의한 기동스위치 조작을 방지하여야 함.
- 산업용 로봇에 대한 안전조치 시행
 - 큐빙기의 가동 범위 내로 근로자가 접근할 수 없도록 1.8 m 이상의 방책을 설치하고, 컨베이어 상부와 같이 방책 설치가 곤란한 지점에는 광전자식 방호장치 등 감응형 방호장치를 설치하여야 함.
 - 큐빙기 가동 범위 내로 근로자가 출입할 수 있는 출입문을 설치하는 경우 출입문 개방 시 기계의 작동이 자동으로 정지되는 연동장치를 설치하여야 함.