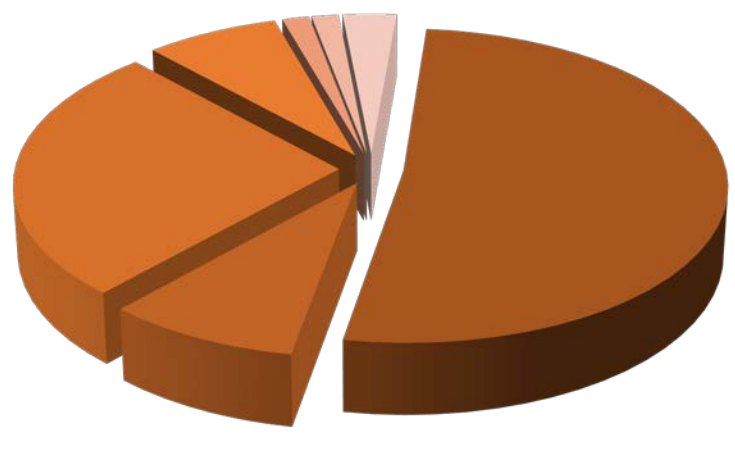


거푸집 변형 정도에 따른 경보 시스템

160637 나현수 185616 윤채완190687 장가원

1. 연구배경 및 목표

거푸집 붕괴 사고 현황



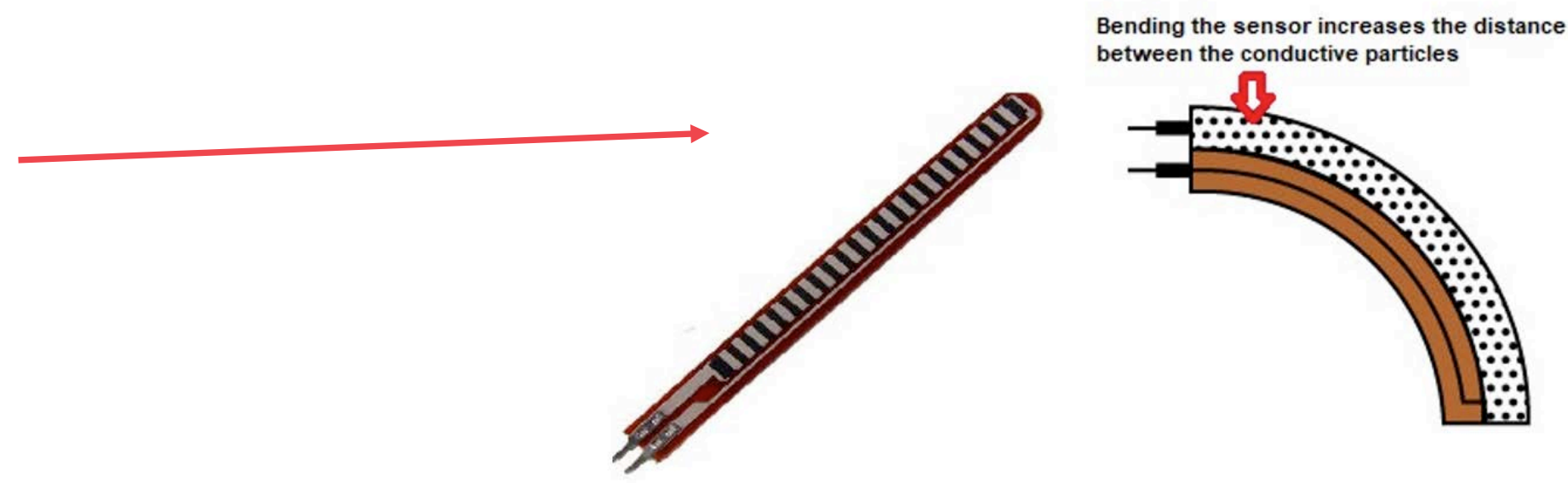
구분	붕괴사고	사망/부상(명)
5년평균	2	2/5
2016	2	1/8
2018	1	3/4
2019	1	3/0
2020	2	2/7
21.6월	4	2/10

[최근 5년 거푸집 동바리 붕괴 사고 현황]

재해 형태 분석에 의하면 붕괴사고는 26.5%로 재해 비율 2순위를 기록하였다. 연간 1회 이상 발생하였으며, 사고 발생시에 인명피해가 발생함을 알 수 있다. 따라서 거푸집 변형 예측 기술을 통한 작업자의 안전 확보 차원에서 연구하고자 한다.

연구 목표

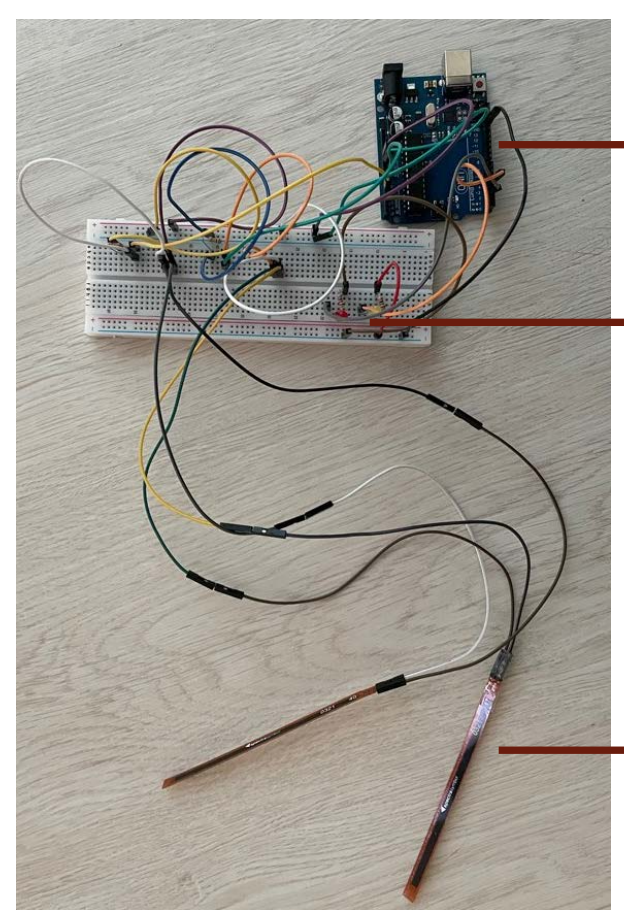
기존 기술인 동바리 센서가 동바리 제거 시에 사용할 수 없다는 문제점을 보완하여 건설현장에서 거푸집 붕괴사고로 인한 안전사고를 예방하는 것을 목표로 한다.



동바리를 제거하여도 계속 존치되는 거푸집 하단에 플렉스 센서를 부착하여 미세한 변형을 감지해 변형을 예측하여 정도에 따라 정상, 경고, 위험 범위로 나누어 신호 전달을 통해 이를 해결하고자 한다.

2. 실험 준비

모듈 설계



Arduino 보드 : 아두이노 메인보드
 브레드 보드 : 아두이노 회로 기관
 플렉스 센서 : 휨 변형 감지 센서

```

#define red 2
#define yellow 4
int flexpin_4 = A1;
int flexpin_5 = A0;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // 시리얼 통신 속도 9600로 설정.
  pinMode(red, OUTPUT);
  pinMode(yellow, OUTPUT);
}

void loop() {
  int flexVal_4;
  int flexVal_5;

  flexVal_4 = analogRead(flexpin_4);
  Serial.print("sensor_4: ");
  Serial.println(flexVal_4);
    
```

구조 계산

부재	규격	1/6 스케일	I(cm ⁴)	Z(cm ³)	E(kgf/cm ²)	fb	fs
합판	12mm 합판	2mm 합판	0.0067	0.0667	11000	240	
장선	30X50 목재	5X8 목재	0.0213	0.0533	70000	150	8
명예	45X45 목재	7.5X7.5 목재	0.0264	0.0703	70000	150	8

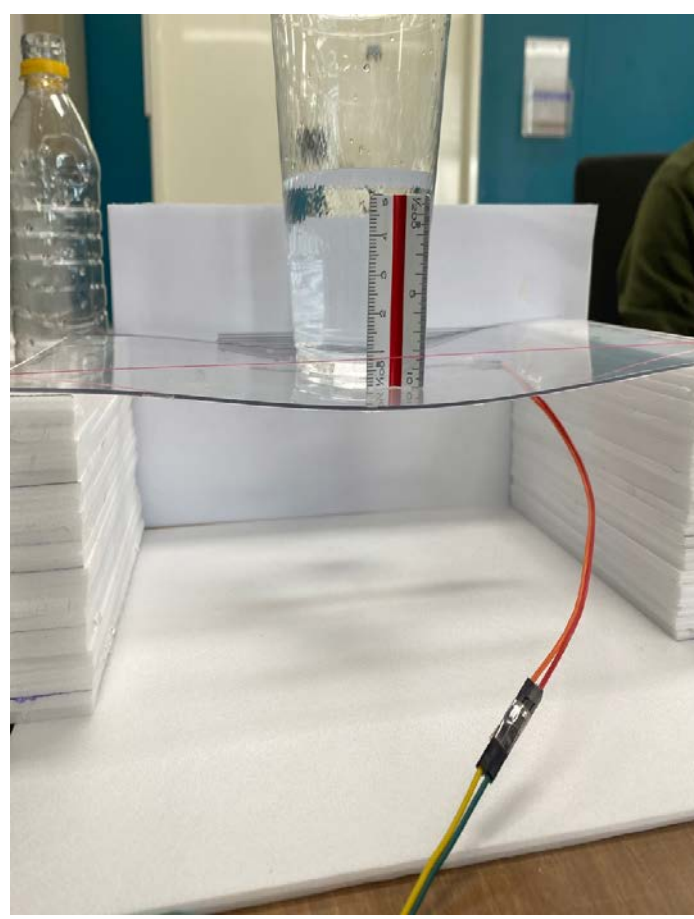
KS 기준에 따라 합판, 장선, 명예, 동바리 규격 결정 후 1/6 스케일에서의 간격을 설정하여 KDS 기준에 따라 검토 완료

실험체 제작



3. 실험 내용

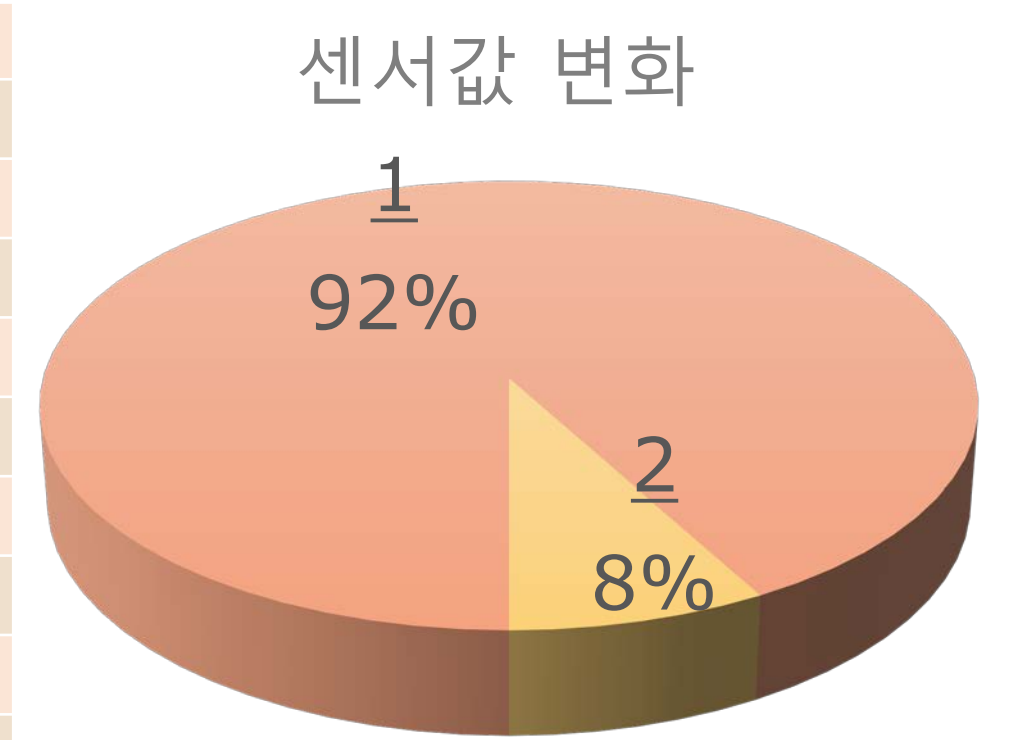
변위당 센서값 측정



변위	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
0	459	459	459	459	459	459	459	459	459	459
1	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460
2	461	461	461	461	461	461	462	461	461	461
3	462	463	462	462	462	463	463	462	462	462
4	463	464	463	463	463	464	464	463	463	463
5	465	465	464	464	466	465	465	464	464	464
6	466	466	465	465	465	466	466	466	465	465
7	467	467	466	466	466	467	467	467	466	466
8	468	468	467	467	467	468	468	468	467	467
9	469	469	468	469	468	469	469	469	469	468
10	470	470	469	470	470	470	470	470	470	469

1~10mm 변위당 센서값 측정 10회 ⇒ 총 100회 진행

결론 : 1mm 변위 기준 센서값이 1 변한다.

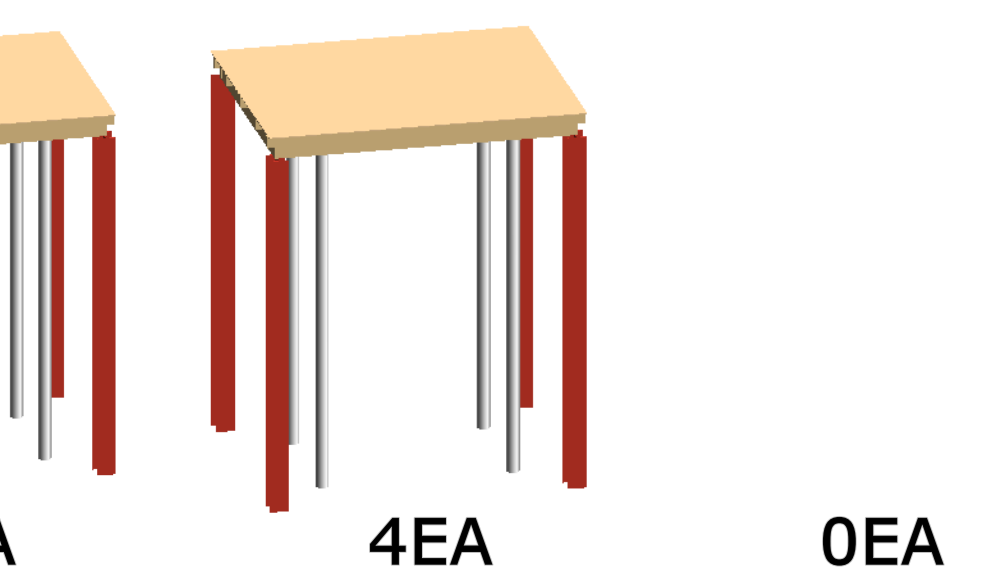
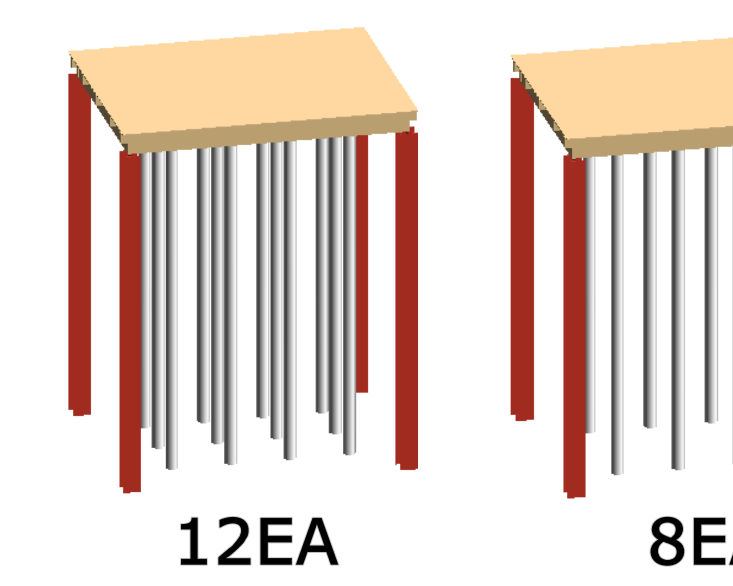
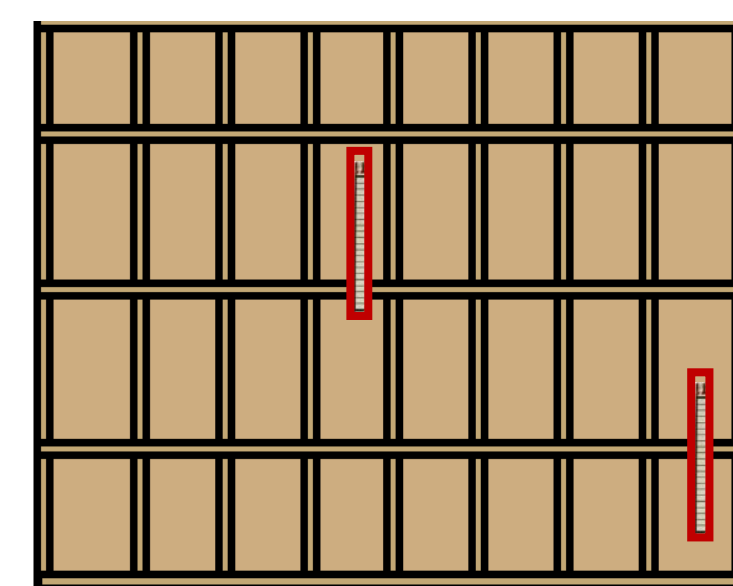
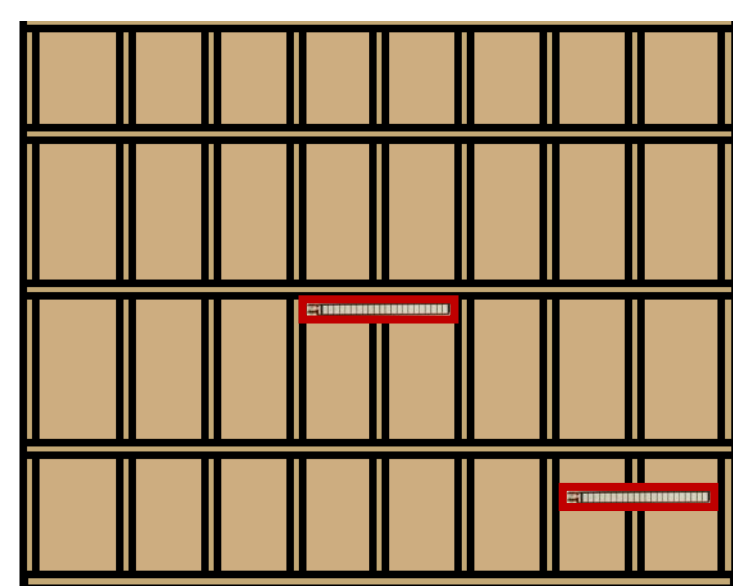


[1mm 변위 기준] 센서값 1 변화 92%
 센서값 2 변화 8%

실험체 변형 실험

단변방향, 장변방향 2가지 케이스

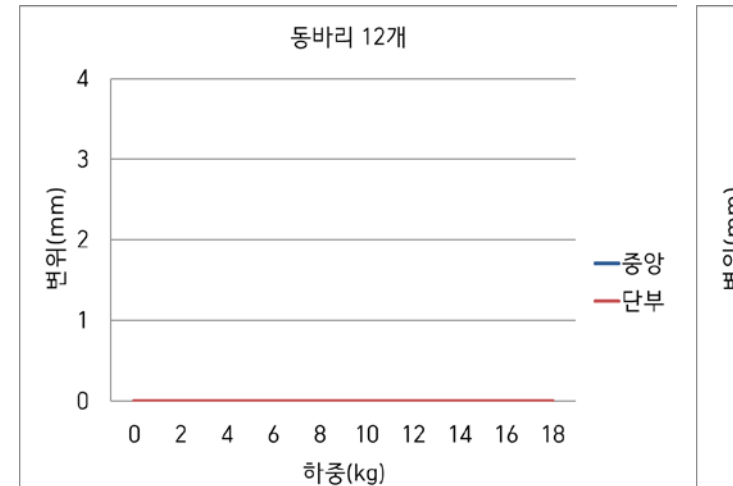
동바리 개수를 정상 개수 12개에서 줄여가며 실험진행



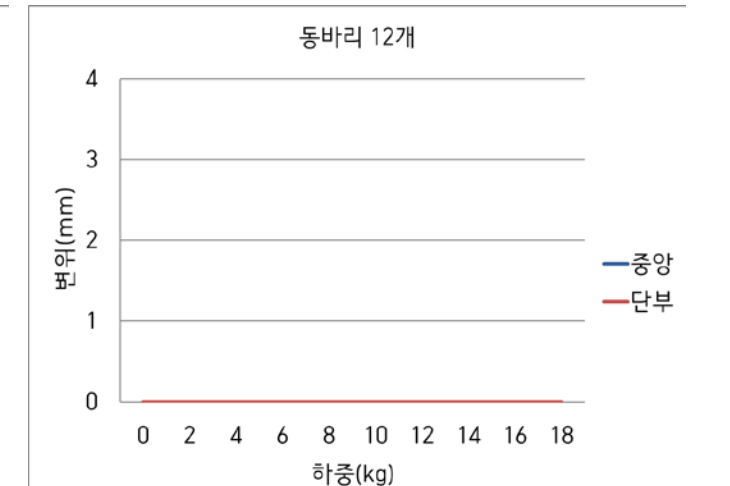
동바리 12개



단변방향



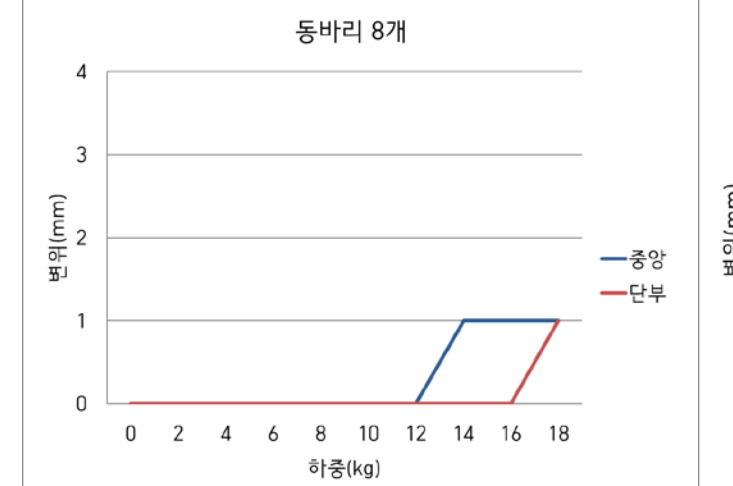
장변방향



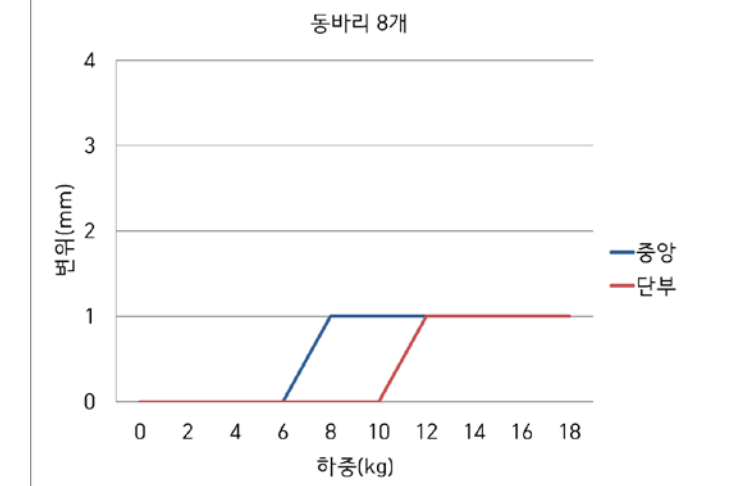
동바리 8개



단변방향



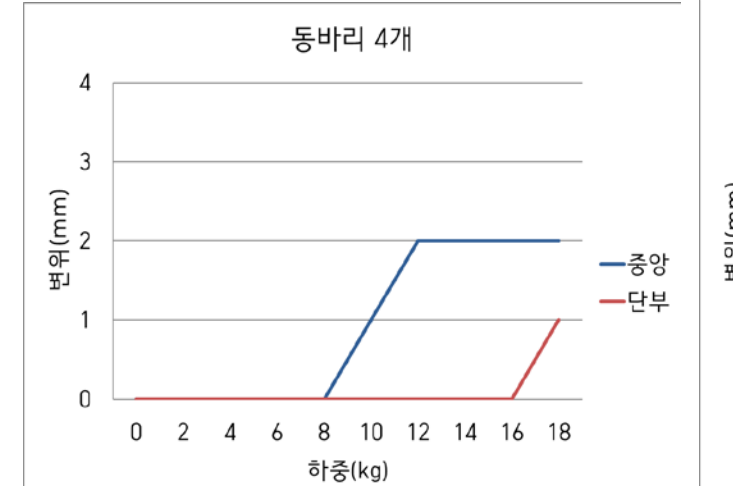
장변방향



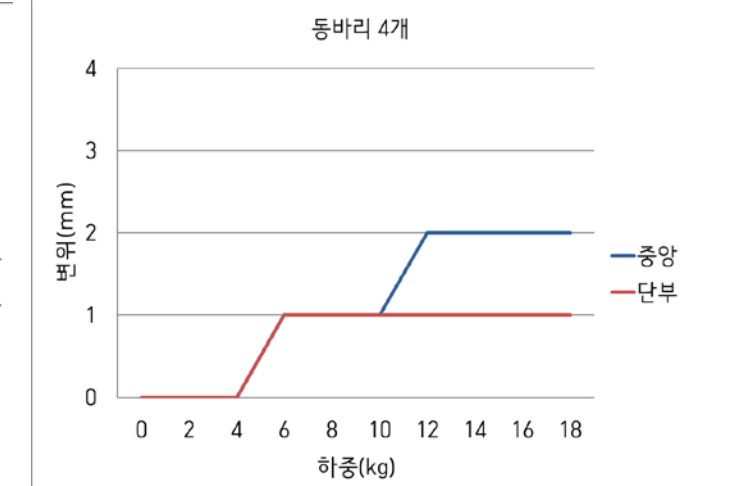
동바리 4개



단변방향



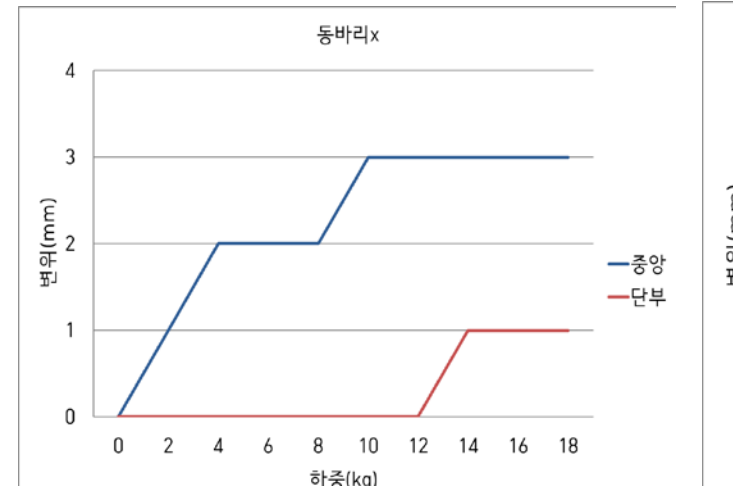
장변방향



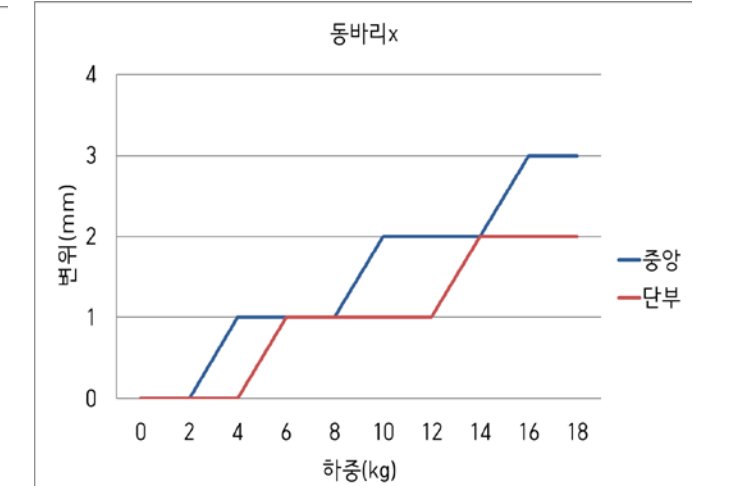
동바리 제거



단변방향



장변방향



위험범위 산정

[KDS 허용범위기준]

실계용(μ)	검토용(μ)
노출 및 건물 미장 마감	노출 및 건물 미장 마감
강재감판	미장 마감 등

$$\sqrt{(\text{명에간격}^2 + \text{동바리간격}^2)} \times 1/100$$

실제 규격 거푸집 허용처짐 : 7.95mm

실험 규격체 허용처짐 : 1.5mm

실험 결과값에 따라 경고 범위는 1mm 위험 범위 2mm



위험 범위 2mm



경고 범위 1mm



정상

실험체 변형 실험

```

#define red 2
#define yellow 4
int flexpin_4 = A1;
int flexpin_5 = A0;
int buzzer = 3;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(yellow, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
}

void loop() {
  int flexVal_4;
  int flexVal_5;

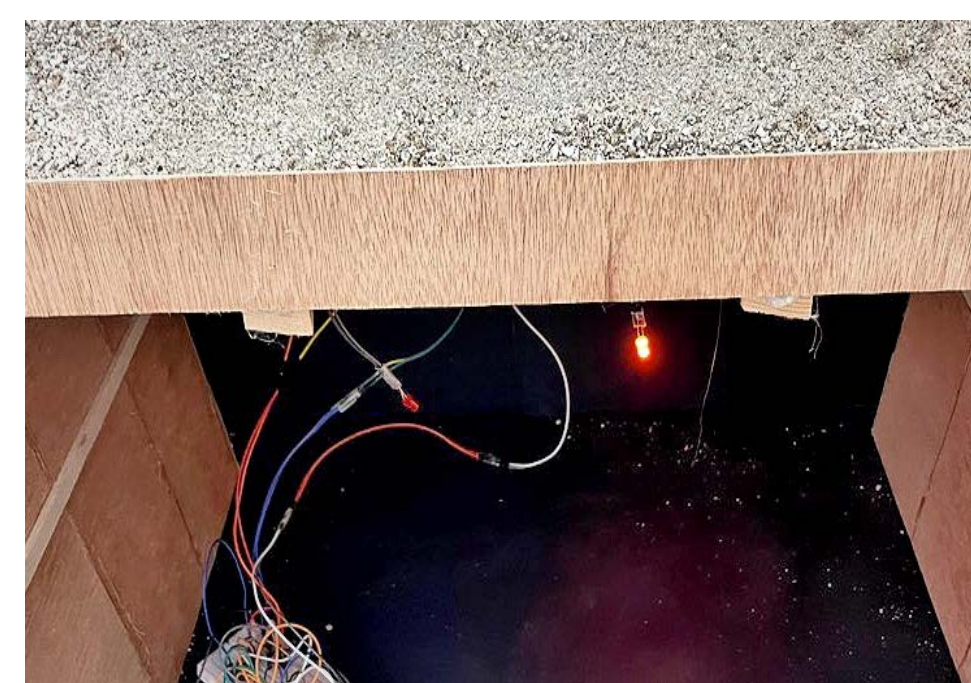
  flexVal_4 = analogRead(flexpin_4);
  Serial.print("sensor_4: ");
  Serial.println(flexVal_4);

  flexVal_5 = analogRead(flexpin_5);
  Serial.print("sensor_5: ");
  Serial.println(flexVal_5);

  if (flexVal_5 > 460 || flexVal_4 > 460) {
    digitalWrite(yellow, HIGH);
    digitalWrite(yellow, LOW);
  }

  if (flexVal_5 > 461 || flexVal_4 > 461) {
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    tone(3, 270, 1000);
    digitalWrite(red, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    digitalWrite(red, LOW);
  }

  delay(1000);
}
    
```



[경고 범위 : 노란색 LED]



[위험 범위 : 빨간색 LED & 부저]

위험범위를 기준으로 코딩 후 센서들 중 하나라도 1mm 변위 발생 시 노란색 LED 점등으로 경고, 2mm 이상의 변위 발생 시 빨간색 LED 점등 및 부저 울림을 통해 위험을 알림

4. 결론

- 기존 기술인 동바리 압력센서와 비교했을 때, 거푸집의 변형이 직접적으로 관측가능 하고, 실험결과 중앙부 장변 방향의 변화가 큼. 1/6 스케일에서도 1mm 변형 감지가 가능했기에 실제 스케일에서 더 정확하게 감지 가능할 것이라 예상됨.
- 허용처짐 1.5mm에 의해 알림 범위를 경고 1mm, 위험 2mm로 설정, 이를통해 실제 건설현장에서 노동자들의 위험도를 평가 가능하고, 위험도를 기준으로 알림을 주어 사전에 거푸집 붕괴에 대한 인명피해 예방을 기대할 수 있음.