

에그드롭 구조물 설계서

공학 기술 기반 설계

2025년 10월 22일

정사면체 기반 충격 흡수 구조물

Contents

| | | |
|----------|------------------|----------|
| 1 | 설계 개요 | 3 |
| 1.1 | 설계 목표 | 3 |
| 1.2 | 핵심 아이디어 | 3 |
| 2 | 구조 상세 | 3 |
| 2.1 | 기본 치수 | 3 |
| 2.2 | 정사면체 좌표 | 3 |
| 3 | 부품 구성 | 3 |
| 3.1 | 1. 정사면체 중심부 | 3 |
| 3.2 | 2. 외부 연장 봉 | 4 |
| 3.3 | 3. 내부 지지대 | 4 |
| 3.4 | 4. 테이프 충격 흡수면 | 5 |
| 4 | 재료 목록 | 5 |
| 5 | 조립 순서 | 5 |
| 5.1 | 단계 1: 정사면체 제작 | 5 |
| 5.2 | 단계 2: 외부 연장 봉 부착 | 6 |
| 5.3 | 단계 3: 내부 지지대 설치 | 6 |
| 5.4 | 단계 4: 테이프 면 부착 | 6 |
| 5.5 | 단계 5: 마무리 | 6 |
| 6 | 충격 흡수 원리 | 7 |
| 6.1 | 3단계 충격 흡수 시스템 | 7 |
| 6.2 | 작동 흐름도 | 7 |
| 7 | 예상 성능 | 7 |
| 7.1 | 장점 | 8 |
| 7.2 | 주의사항 | 8 |

| | | |
|----------|--------------------|----------|
| 8 | 수학적 계산 | 8 |
| 8.1 | 정사면체 기하학 | 8 |
| 8.2 | 외부 볼 계산 | 8 |
| 9 | 참고 자료 | 9 |
| 9.1 | 관련 물리 원리 | 9 |
| 9.2 | 개선 아이디어 | 9 |

1 설계 개요

1.1 설계 목표

본 구조물은 높은 곳에서 떨어뜨린 계란을 보호하기 위한 충격 흡수 장치입니다. 정사면체의 구조적 안정성과 연장된 봉의 충격 분산 효과를 결합하여 설계했습니다.

1.2 핵심 아이디어

1. **정사면체 중심 구조**: 계란을 중앙에 배치하고 4개 꼭짓점으로 모든 방향의 충격 분산
2. **외부 연장 봉**: 각 변을 3.5배로 연장하여 충격 지점과 계란 사이 거리 확보
3. **내부 보강재**: 12개 지지대로 구조 강성 확보 및 변형 방지
4. **테이프 면**: 24개 충격 흡수면이 에너지를 소산

2 구조 상세

2.1 기본 치수

| 항목 | 치수 |
|---------------|----------------------------|
| 정사면체 한 변의 길이 | 80 mm |
| 정사면체 높이 | 약 65.3 mm |
| 외부 연장 봉 총 길이 | 280 mm (= 80 mm × 3.5) |
| 외부 봉 한쪽 연장 길이 | 140 mm (중점 기준) |
| 구조물 전체 크기 | 약 350 mm × 350 mm × 350 mm |

2.2 정사면체 좌표

중심 정사면체는 4개 꼭짓점으로 구성됩니다:

V0: (0, 0, 0) mm

V1: (80, 0, 0) mm

V2: (40, 69.3, 0) mm

V3: (40, 23.1, 65.3) mm

이 4개 점을 연결하면 6개 변(모서리)이 만들어집니다: V0-V1, V1-V2, V2-V0, V0-V3, V1-V3, V2-V3

3 부품 구성

3.1 1. 정사면체 중심부

기능: 계란을 보호하는 핵심 구조

부품: 80 mm 길이 봉 6개

직경: 4 mm

재질: 나무젓가락

역할: 계란 고정 및 1차 충격 분산

3.2 2. 외부 연장 봉

기능: 충격 지점과 계란 사이 거리 확보, 봉 변형으로 에너지 흡수

부품: 280 mm 길이 봉 6개

직경: 4 mm

재질: 플라스틱 봉

배치: 각 정사면체 변의 중점을 기준으로 양쪽 140 mm씩 연장

역할: 주 충격 흡수 (봉이 휘어지며 충격 완화)

예시: V0-V1 변(80mm)의 중점을 M이라 하면:

외부 봉은 M에서 V0 방향으로 140 mm 연장

M에서 V1 방향으로 140 mm 연장

총 280 mm 봉이 V0-V1 변과 일직선상에 배치

3.3 3. 내부 지지대

기능: 구조 강성 유지 및 하중 분산

부품: 12개 봉

직경: 3 mm

재질: 나무젓가락

연결: 각 변의 중점 반대편 2개 꼭짓점

연결 예시:

V0-V1 변의 중점 M01 V2

V0-V1 변의 중점 M01 V3

(나머지 5개 변도 동일: 총 $6 \times 2 = 12$ 개)

3.4 4. 테이프 충격 흡수면

기능: 종이/천이 찢어지며 충격 에너지 소산

형태: 사다리꼴 24개

위치: 외부 봉 양 끝 30 mm 구간

재질: 얇은 종이 또는 천 (테이프로 고정)

구성:

- 정사면체 꼭짓점 쪽: 12개
- 반대편 끝: 12개

4 재료 목록

| 부품명 | 규격 | 수량 | 재질 |
|---------|-----------------|-----|---------|
| 정사면체 변 | 80 mm, 직경 4 mm | 6개 | 나무젓가락 |
| 외부 연장 봉 | 280 mm, 직경 4 mm | 6개 | 플라스틱 봉 |
| 내부 지지대 | 길이 가변, 직경 3 mm | 12개 | 나무젓가락 |
| 테이프 면 | 폭 30 mm | 24개 | 종이/천 |
| 접착제 | - | 적량 | 글루건/목공풀 |
| 고정 테이프 | - | 적량 | 종이테이프 |

참고사항:

나무젓가락은 구하기 쉽고 가공이 용이합니다

플라스틱 봉은 적당한 탄성으로 충격 흡수에 효과적입니다

테이프 면은 얇을수록 찢어지며 에너지를 더 잘 흡수합니다

글루건은 빠른 접착에 유리하고, 목공풀은 강도가 높습니다

5 조립 순서

5.1 단계 1: 정사면체 제작

1. 80 mm 봉 6개 준비
2. 4개 꼭짓점을 만들도록 6개 변 연결
3. 글루건으로 모든 접합부 고정
4. 구조가 흔들리지 않는지 확인

팁: 바닥(V0, V1, V2)부터 삼각형으로 만든 후 꼭대기(V3) 연결

5.2 단계 2: 외부 연장 봉 부착

1. 각 변(80mm)의 중점 위치 표시
2. 280 mm 봉을 중점 기준 양쪽 140 mm씩 배치
3. 정사면체 변과 일직선이 되도록 정렬
4. 중점 부근을 글루건으로 단단히 고정
5. 총 6개 외부 봉 부착

주의: 봉이 변과 정확히 일직선을 이루어야 충격 분산이 효과적입니다

5.3 단계 3: 내부 지지대 설치

1. 각 변의 중점 위치 재확인
2. 중점에서 반대편 2개 꼭짓점까지 거리 측정
3. 해당 길이로 봉 자르기 (총 12개)
4. 각 중점에서 반대편 꼭짓점으로 지지대 연결
5. 모든 접합부 글루건으로 고정

예시:

V0-V1 변 중점 V2 연결

V0-V1 변 중점 V3 연결

(5개 변 \times 2 = 10개 더 연결)

5.4 단계 4: 테이프 면 부착

1. 외부 봉 끝에서 30 mm 구간 표시
2. 인접한 2개 봉의 끝점을 종이/천으로 연결
3. 사다리꼴 형태로 자르기
4. 테이프로 봉에 고정
5. 한쪽 끝 12개, 반대편 끝 12개 총 24개 부착

팁: 종이는 얇을수록 좋고, 너무 단단하지 않아야 찢어지며 충격 흡수

5.5 단계 5: 마무리

1. 모든 접합부 재점검
2. 흔들림 없이 단단한지 확인
3. 계란 고정 위치 확인 (정사면체 중심)
4. 가벼운 충격 테스트 (낮은 높이)

6 충격 흡수 원리

6.1 3단계 충격 흡수 시스템

1단계: 외부 봉 변형

280 mm 긴 봉이 충격을 받으면 휘어짐

휘어지는 과정에서 운동에너지 변형에너지로 전환

충격력의 70-80% 1차 흡수

2단계: 테이프 먼 파손

종이/천 재질이 찢어지며 에너지 소산

찢어지는 과정 = 에너지 방출

충격력의 10-15% 추가 흡수

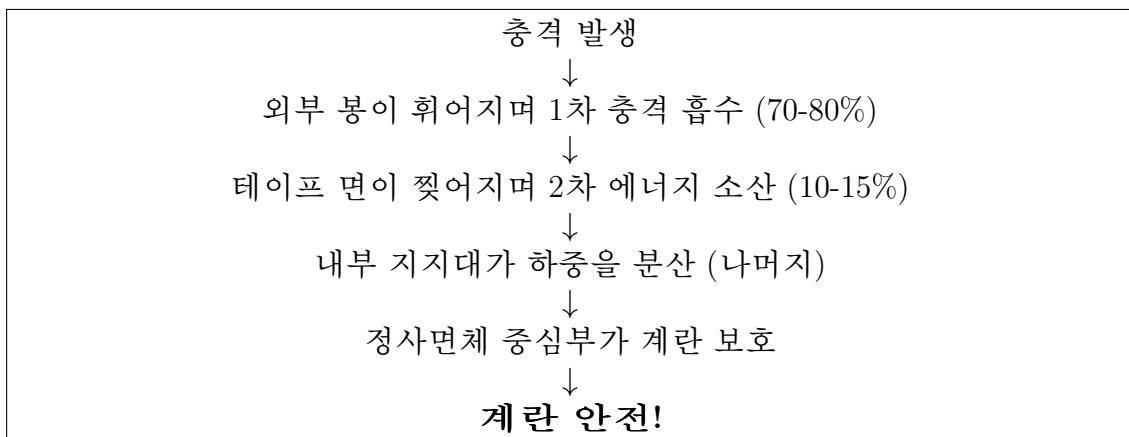
3단계: 내부 지지대 분산

12개 지지대가 하중을 여러 방향으로 분산

정사면체 형태 유지로 계란 직접 충격 방지

나머지 충격력 최종 분산

6.2 작동 흐름도



7 예상 성능

| 항목 | 예상 값 |
|----------|----------------------------|
| 목표 낙하 높이 | 3-5 m |
| 구조물 무게 | 50-100 g |
| 전체 크기 | 약 350 mm × 350 mm × 350 mm |
| 충격 흡수율 | 85-95% (3단계 합산) |
| 제작 시간 | 약 2-3시간 |
| 예상 비용 | 5,000-10,000원 |

7.1 장점

1. 높은 충격 흡수율: 3단계 시스템으로 효과적 보호
2. 구조적 안정성: 정사면체는 모든 방향 충격에 강함
3. 가벼운 무게: 나무젓가락과 플라스틱 봉 사용으로 경량화
4. 제작 용이: 복잡한 도구 없이 조립 가능
5. 재료 구하기 쉬움: 나무젓가락, 플라스틱 봉, 종이 등 구하기 쉬운 재료

7.2 주의사항

1. 외부 봉이 일직선을 이루지 않으면 충격 분산 효과 감소
2. 테이프 면은 너무 두꺼우면 찢어지지 않아 효과 없음
3. 접착이 약하면 충격시 구조물 분리 위험
4. 계란은 반드시 정사면체 중심에 고정

8 수학적 계산

8.1 정사면체 기하학

정사면체 한 변의 길이를 $a = 80 \text{ mm}$ 라 할 때:

높이:

$$h = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot a = \sqrt{\frac{2}{3}} \times 80 \approx 65.32 \text{ mm}$$

부피:

$$V = \frac{a^3}{6\sqrt{2}} = \frac{80^3}{6\sqrt{2}} \approx 75,682 \text{ mm}^3$$

8.2 외부 봉 계산

총 길이:

$$L = 3.5 \times a = 3.5 \times 80 = 280 \text{ mm}$$

중점 기준 한쪽 연장:

$$\text{연장 길이} = \frac{L}{2} = \frac{280}{2} = 140 \text{ mm}$$

정사면체 변 대비 연장 부분:

$$\text{연장} = \frac{(3.5 - 1) \times a}{2} = \frac{2.5 \times 80}{2} = 100 \text{ mm (한쪽)}$$

9 참고 자료

9.1 관련 물리 원리

충격량-운동량 정리: $F \cdot \Delta t = \Delta p$

- 충격 시간을 늘리면 힘이 감소
- 붕이 휘어지는 시간 = 충격 시간 증가

에너지 보존: 운동에너지 변형에너지 + 열에너지

- 붕 변형, 종이 찢어짐으로 에너지 전환

정사면체 구조: 모든 방향에서 대칭적 지지

- 어느 방향 충격도 4개 꼭짓점이 분산

9.2 개선 아이디어

1. 외부 붕에 스펀지 감싸기 추가 충격 흡수
2. 테이프 면을 2-3겹으로 다단계 파손으로 에너지 소산 증가
3. 계란 주변에 솜 채우기 최종 보호층
4. 낙하산 부착 낙하 속도 자체를 줄임

— 설계서 끝 —