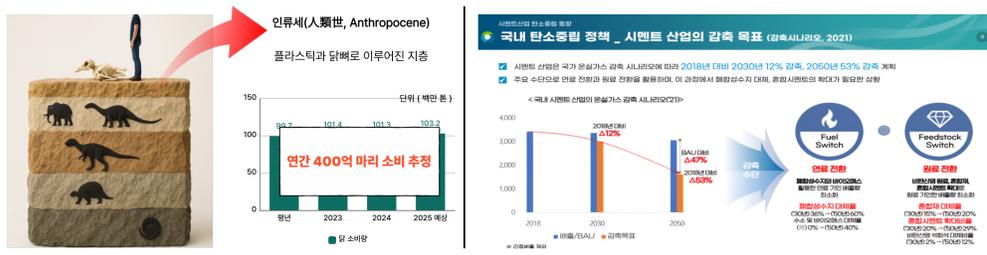


# NaOH 전처리 폐닭뼈의 시멘트 및 잔골재 대체 성능 비교

Performance Comparison of NaOH-Treated Waste Chicken Bones as a Cement and Fine Aggregate Replacement  
- A case study on flow, flexural, and compressive strength changes

## 1. 연구배경



### ▶ 폐닭뼈 자원순환 실험의 필요성

- 축산 폐기물 문제의 심화  
급증하는 닭 소비에 따른 닭 뼈 등의 축산 폐기물의 효율적 처리 및 자원화 방안이 요구됨
- 건축재료 분야 환경규제 강화  
시멘트 산업의 탄소배출 규제 강화로 친환경 대체재 개발이 필수적임
- 지속 가능한 자원 활용 기회  
폐닭뼈를 시멘트 및 잔골재 대체재로 활용하여 폐기물의 가치 재창출과 환경 개선 가능성을 모색하고자 본 실험을 진행함

## 2. 연구목표

NaOH를 통해 전처리된 닭 뼈의 최대 대체율을 찾는다.

## 3. 연구방법



### 3.1 재료준비

필요 닭 뼈 총량 : 시멘트 대체율 : 725g, 잔골재 대체율 : 32g

- 수율 (약 11%)을 고려하여 총 13kg 닭뼈 사용

시멘트	물	닭뼈	닭뼈 대체율
827.41	0.4	0	0%
750.71	0.4	0.05	5%
680.61	0.4	0.1	10%
616.29	0.4	0.15	15%
557.06	0.4	0.2	20%
502.35	0.4	0.25	25%
451.65	0.4	0.3	30%

- 에어프라이어 건조 (180°C, 90분)  
목적 : 수분 및 냄새 제거

- 유기질 제거 방법 비교 (3종)

- 1) 고온화로 : 900°C, 3시간
- 2) 락스 용액 침지 : pH 11~12, 24시간
- 3) NaOH 용액 침지 : pH 14, 15% 농도, 24시간

<시멘트 대체 배합표>

시멘트	물	모래	닭뼈	닭뼈 대체율
405.4	162.2	810.9	0	0%
392.3	158.5	792.6	4	1%
384.4	158.5	792.6	11.9	3%
376.5	158.5	792.6	19.8	5%

<잔골재 대체 배합표>

<시멘트 대체 배합표>

METHOD 1

고온화로

제작 소요 시간 : 최소 300시간  
유기질 제거 다

METHOD 2

용액침지1

제작 소요 시간 : 24 시간  
유기질 제거 소

METHOD 3

용액침지2

제작 소요 시간 : 24 시간  
유기질 제거 중

### 3.2 재료준비 (분쇄 후 체거름)

0.6mm 체 사용  
믹서 사용 시 제작 가능한 최대 입도



### 3.3 사전 실험 (플로우 테스트)



닭뼈의 다공질 구조로 인한 흡수율 증가 고려

- 재료 내 수분량 감소를 유발하여, 흐름성 저하 및 블리딩 발생 가능성이 존재함
- KS L 5111 기준에 따라 플로우 테스트를 사전 실시하여 작업성 및 재료 분리 반응 여부를 확인함
- 실험 조건 : 닭 뼈 시멘트 대체율 25% 샘플 적용

### 3.4 사전 실험 결과

플로우 테스트 결과

KS L 5111 기준, 15초간 25회 낙하 실시  
흐름 값 : 13.3%  
블리딩 현상은 발생하지 않음

결론 : 흐름성은 저하되었으나, 재료적 결함에는 문제가 없음

### 3.5 공시체 제작

40 mm X 40 mm X 160 mm

시멘트 페이스트 공시체 (시멘트 대체) : 14개  
시멘트 모르타르 공시체 (잔골재 대체) : 8개

## 4. 연구결과

### 4.1 플로우 테스트 결과

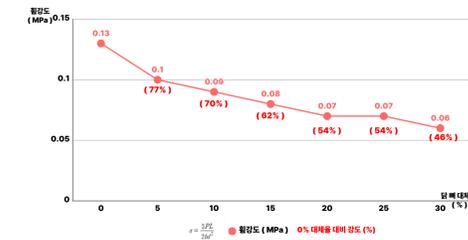


KS F 2594 기준 적정 플로우 범위: 100% ~ 150%

닭뼈 대체율 15% 이하에서는 적정 범위 내 흐름성 확보, 시공성 양호

15% 초과 혼입 시, 흐름 값이 급격히 감소하여 작업성 저하 우려

### 4.2 7일 휨강도 (시멘트 페이스트)



닭뼈 대체율 (%)	대체율 1% 당 감소율 (%)	변동계수 (%)
0	0	6.14
5	4.616	1.14
10	1	4.88
15	0.741	1.3
20	0.625	3.03
25	0	2.48
30	0.476	6.12

휨강도는 대체율 증가에 따라 지속적으로 감소함

5% 대체 시 변동계수가 가장 적었으며 가장 안정적인 결과를 나타냄

### 4.3 7일 압축강도 (시멘트 페이스트)



닭뼈 대체율 (%)	대체율 1% 당 감소율 (%)	변동계수 (%)
0	0	8.06
5	7.2	1.86
10	2.575	11.12
15	1.279	11.95
20	0.887	7.91
25	0.633	3.32
30	0.938	2.47

압축강도는 대체율 증가에 따라 지속적으로 감소함

5% 대체 시 변동계수가 가장 적었으며 가장 안정적인 결과를 나타냄

### 4.4 7일 휨강도 (시멘트 모르타르)

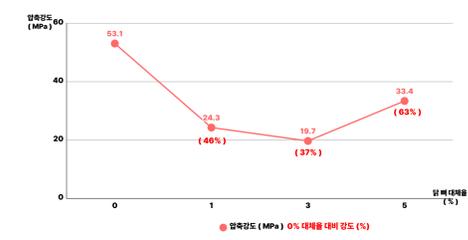


닭뼈 대체율 (%)	변동계수 (%)
0	17.6
1	8.2
3	2.8
5	2.8

휨강도는 대체율 증가에 따라 0~3% 구간까지 감소하다, 5% 구간부터 강도가 회복하는 양상을 보임

5% 대체 시 변동계수가 가장 적었으며 가장 안정적인 결과를 나타냄

### 4.5 7일 압축강도 (시멘트 모르타르)



닭뼈 대체율 (%)	변동계수 (%)
0	8.75
1	2.71
3	4.60
5	1.42

압축강도는 대체율 증가에 따라 0~3% 구간까지 감소하다, 5% 구간부터 강도가 회복하는 양상을 보임

5% 대체 시 변동계수가 가장 적었으며 가장 안정적인 결과를 나타냄

### 4.6 활용 방안 분석



5% 이내 혼입 시 구조, 비구조 재료 모두 사용 가능

석고보드: 보통 2~5 MPa 수준 (KS F 2517 참고)  
경량블록: 보통 2~15 MPa 수준 (KS F 2405 등)  
기포콘크리트: 보통 2~10 MPa 수준 (KS F 4910 참고)

구조 설계 시 사용되는 콘크리트 : 24 ~ 30 MPa (최소 ≥ 21 MPa) (KDS 4100 00:2022)

## 5. 토의

### 5.1 시멘트 페이스트 결과 분석 (시멘트 대체)

- 유동성 감소 원인 분석 : 닭뼈의 다공질 구조로 인해 닭뼈가 수분을 흡수, 혼합물 내 수분량 감소로 유동성 저하
- 강도 감소 원인 분석
  - 1) 닭뼈의 기계적 강도 부족
  - 2) 다공질 구조로 인한 공시체 내부 공극률 증가
  - 3) 닭뼈는 수화반응에 기여하지 않는 비반응성 재료 수화반응 저하로 압축 및 휨강도 감소

### 5.2 시멘트 모르타르 결과 분석 (잔골재 대체)

- 0~1% 혼입 시 강도 감소 : 닭뼈의 양이 적어 공극을 메우는 충전 효과 미비 → 강도 저하
- 3% 혼입 시 : 충전 효과 부족, 공극률 개선에 제한적
- 5% 혼입 시 강도 회복 : 충분한 미세 입자 공급으로 공극률이 감소하고, 충전 효과 및 밀도 향상으로 인해 강도 회복

## 6. 결과 및 향후계획

### 결론요약

기준방식(고온화로)과 다른 NaOH의 처리 방식을 통한 폐닭뼈의 시멘트 및 잔골재 대체의 최적의 배합을 찾았다.

- 1) 효과적인 유기질 제거 방법을 도출하였다.
- 2) 시멘트 및 잔골재의 최적 대체율을 찾았다.
- 3) 실험에서 얻은 데이터를 바탕으로 기포 콘크리트의 실용 가능성을 확인하였다.

### 향후계획

- 1) 닭뼈의 대체율을 세분화 및 장기강도 측정
- 2) 닭을 포함한 소, 돼지, 양 등 다양한 동물 뼈를 활용한 연구
- 3) 다양한 용액을 활용한 효과적인 유기질 제거 방안 연구
- 4) 경제성 및 탄소 배출량 비교 분석