

# 솔잎재 콘크리트의 탄성특성 및 내산성에 관한 실험적 연구

## Experimental Study on the Elastic Properties and Acid Resistance of Pine Needle Ash Concrete

남 기 성\* · 민 정 기 · 김 영 익

Nam, Ki Sung · Min, Jeong Ki · Kim, Young Ik

서 대 석 · 이 전 성 · 성 찬 용(충남대)

Seo, Dae Seuk · Lee, Jeon Sung · Sung, Chan Yong

### Abstract

This study is performed to evaluate an elastic properties and acid-resistance of concrete using pine needle ash(PNA). Materials used for this experiment are PNA, normal portland cement, natural fine and coarse aggregate.

Test results show that the highest ultrasonic pulse velocity, dynamic and static modulus of elasticity is achieved by 5% PNA filled PNA concrete, which has showed similar with those of the normal cement concrete. Acid-resistance of PNA concrete is increased with increase of the content of PNA, it is 1.29 times of the normal cement concrete by 5% PNA filled PNA concrete and 2.57times by 15% PNA filled PNA concrete. Accordingly, PNA concrete will greatly improve the properties of concrete.

### 1. 서 론

과학이 발달로 모든 분야가 급속한 성장을 하면서 우리 생활과 밀접한 관계를 가지고 있는 콘크리트 또한 많은 변화를 가져왔으며, 특히 구조물이 대형화, 고층화되고 열악한 환경에 접하는 기회가 증가되면서 고강도와 다양한 기능, 특히 내구성을 요하는 제품이 요구되고 있다.

한편, 소나무는 우리 나라의 거의 모든 산림에 분포하고 있으며, 매년 증가되어지는 숲앞에 대해 숲을 보존하는데 필요한 적정량을 제외한 나머지를 처리하는 것이 환경적인 측면에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

따라서, 본 연구는 시멘트량의 일부 대응으로 숲앞재를 사용한 숲앞재 콘크리트를 개발하여 초음파진동속도, 동탄성계수, 정탄성계수, 내산성 등을 실험적으로 구명하여, 숲앞재 콘크리트를 구조물에 유익하게 활용하기 위한 기초자료를 마련하는데 그 목적이 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 사용재료

#### 가. 시멘트

S회사 제품으로서 산화칼슘이 63%, 규사가 21% 함유된 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

#### 나. 골재

굵은골재는 최대입경이 10mm이하, 조립율이 6.14, 단위중량이 1.464t/m<sup>3</sup>인 천연자갈을, 잔골재는 최대입경이 4.75mm이하, 조립율이 2.20, 단위중량이 1.414t/m<sup>3</sup>인 천연모래를 사용하였다.

#### 다. 숲앞재

본 실험에 사용된 숲앞재는 숲앞이 완전 연소되어 탄소성분이 모두 손실되지 않도록 하기 위하여 태우는 도중에 임의로 소각을 중지시켜 불완전연소가 되도록 조절하였으며, 분쇄기로 미세한 입자를 만든 후 체분석을 하여 입경이 0.15mm이하이고, 단위중량이 0.241t/m<sup>3</sup>인 것을 사용하였다.

#### 라. 공업용 시약

콘크리트의 내산성 시험은 순도 99%인 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)을 5%용액으로 조제하여 사용하였다.

### 2. 공시체 제작

#### 가. 콘크리트 배합

숲앞재 콘크리트의 배합은 강도를 고려하고 숲앞재의 혼입량을 변수로 하여 시멘트, 숲앞재, 잔골재 및 굵은 골재의 배합비를 결정하였던 바, 숲앞재를 결합재(시멘트+숲앞재) 중량의 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15% 혼입한 P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7등 7가지 배합비로 하였다.

#### 나. 공시체 제작 및 양생

숲앞재 콘크리트의 제작은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 굵은골재와

잔골재를 잘 혼합한 다음 시멘트와 슬럼프재를 투입하는 순서로 하였으며, 몰드에 타설된 콘크리트는 양생상자(21℃, 습도 96±2%)에서 24시간 정치 후 탈형하여 소정의 재령까지 수증양생(20±1℃) 하였다.

### 3. 시험방법

시험은 다음과 같이 KS에 규정된 방법에 준하여 재령 28일에 측정하였으며, 3회 반복 시험한 것의 평균값을 실험 결과치로 하였다.

#### 가. 초음파진동속도시험

초음파진동속도시험은  $\phi 150 \times 300\text{mm}$ 인 공시체의 아래와 위 중앙에 직경 50mm의 변환기를 부착하여 BS 4408(콘크리트의 초음파진동속도 측정방법)에 준하여 측정하였다.

#### 나. 동탄성계수시험

동탄성계수시험은  $\phi 150 \times 300\text{mm}$ 인 공시체의 길이방향 양면 중앙에 종진동에 의한 공명진동을 BS 1881(콘크리트의 동탄성계수 측정방법)에 준하여 측정하였다.

#### 다. 정탄성계수시험

정탄성계수시험은  $\phi 150 \times 300\text{mm}$ 인 공시체에 컴프레소 미터(compresometer)와 엑스탄소 미터(extensometer)를 부착하여 KS F 2438 (콘크리트 원주 공시체의 정탄성계수 및 푸아송비 시험방법)에 규정된 방법에 따라 측정하였다.

#### 라. 내산성시험

내산성시험은  $\phi 50 \times 100\text{mm}$ 인 시험체를 순도 99%인 황산( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 5% 용액에 침적한 후 표면을 철솔로 부식된 부분만을 닦아내어 표면 건조 포화상태의 중량 차이로 내산성을 비교하였다. 또한, 용액의 균질성을 위하여 1주일마다 용액을 교체하여 사용하였으며 2일 간격으로 측정하였다.

### III. 결과 및 고찰

시험을 통하여 얻어진 결과를 도시하면 Fig. 1,2,3,4,와 같다.

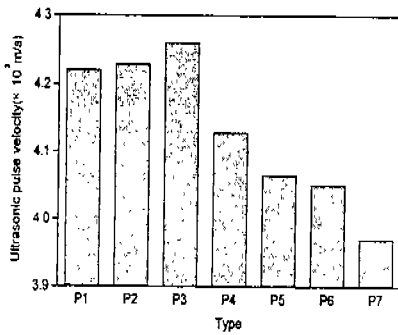


Fig.1. Comparison of ultrasonic pulse velocity by type

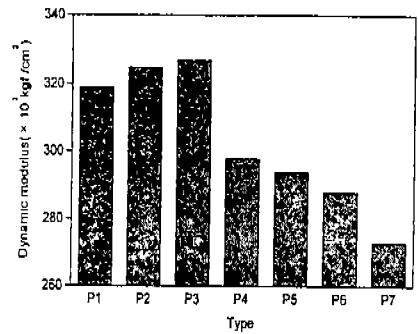


Fig.2. Comparison of dynamic modulus of elasticity by type

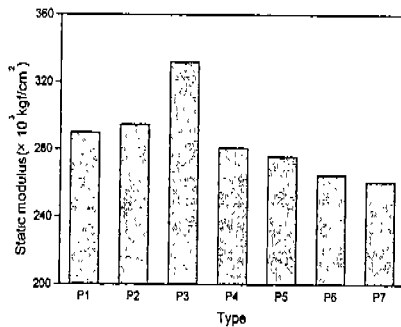


Fig.3. Comparison of static modulus of elasticity by type

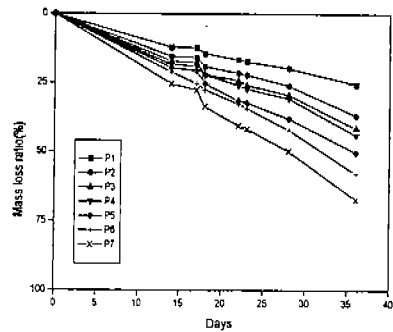


Fig.4. Mass loss ratio of pine needle ash concrete

### 1. 초음파진동속도

초음파진동속도시험은 비파괴 시험방법의 일종으로서, 초음파를 부재나 구조물에 방사해서 그 전파시간으로부터 얻어지는 전파속도에 의해 콘크리트의 성능을 평가하는 방법으로서 수m의 규모에 이르기까지 적용할 수 있다. 또한, 오래된 구조물이나 화재를 입은 구조물의 내구성을 측정할 수 있으며, 음향기기를 만드는 목재의 재질을 분석하는 데도 사용하는 등 광범위하게 적용할 수 있다.

한편, 솔잎재 콘크리트의 초음파진동속도에 대한 시험결과는 Fig.1에서 보는 바와 같이 3,971~4,261m/s의 범위로, 보통 시멘트 콘크리트의 초음파진동속도 4,221m/s의 94%~101%정도로 나타났다.

또한, 초음파진동속도는 P3에서 가장 크게 나타났는데, 이는 골재나 충전재로 인하여 콘크리트 내부의 공극이 적절히 채워져 초음파 진동속도를 저해하는 요인이 감소되었기 때문이다.

한편, 솔잎재 콘크리트의 초음파진동속도는 P3, P2, P1, P4, P5, P6, P7순으로 초음파 진동속도가 크게 나타났는데, 이는 솔잎재의 혼입량 선택에 있어 매우 중요한 결과라 할 수 있다.

## 2. 동탄성계수

동탄성계수시험은 콘크리트의 성능시험을 하는 방법 중의 하나로 전혀 하중을 가하지 않고 전파를 시험체의 상대편에서 방사하여 측정된 주파수로 동탄성계수를 구하는 비파괴 시험방법이며, 일반적으로 탄성계수가 작으면 재료의 변형량이 크고 탄성계수가 크면 대체적으로 강도가 크게 나타난다는 것을 의미한다.

한편, 솔잎재 콘크리트의 동탄성계수에 대한 시험결과는 Fig.2에서 보는 바와 같이  $273 \times 10^3 \sim 327 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 으로 보통 시멘트 콘크리트의 동탄성계수와 유사하게 나타났다.

## 4. 정탄성계수

콘크리트의 탄성계수는 콘크리트의 압축강도가 클수록 크며, 압축강도가 같으면 잔 골재의 양이 많을수록 공기량이 적을수록 탄성계수는 커진다. 솔잎재 콘크리트의 정탄성계수는 재료의 역학적 성질을 나타내는 요소의 하나로서 대체적으로 탄성계수가 작으면 재료의 변형성이 크다는 것을 의미한다

한편, 솔잎재 콘크리트의 정탄성계수에 대한 시험결과는 Fig.3에서 보는 바와 같이  $249 \times 10^3 \sim 324 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 정도로서, 솔잎재를 5% 혼입한 P3에서 가장 크게 나타났으며, 솔잎재를 15% 혼입한 P7에서 가장 작게 나타났다.

## 5. 내산성

솔잎재 콘크리트의 내산성 시험결과는 Fig.4에서 보는 바와 같이 솔잎재의 혼입량이 증가할수록 감소율이 작게 나타났으며, 솔잎재를 5%, 10%, 15% 혼입한 솔잎재 콘크리트의 내산성이 보통 시멘트 콘크리트에 비해 1.29배, 1.64배, 2.57배 정도 각각 크게 나타났다. 이러한 결과는 솔잎재의 주성분이  $\text{SiO}_2$ 로서 황산 이온의 침투에 대한 저항성이 증가되었으며, 솔잎재는 시멘트에 비해 CaO가 적게 함유되어 있어 에트링자이트를 보다 적게 유발시켜 석고( $\text{CaSO}_4$ )의 생성이 적었기 때문인 것으로 생각된다.<sup>3,6)</sup>

#### IV. 결 론

이 연구는 솔잎재와 시멘트 및 천연골재를 사용한 솔잎재 콘크리트의 탄성특성과 내산성을 실험적으로 구명한 것으로, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 솔잎재 콘크리트의 초음파진동속도는 3,971~4,261m/s정도로 보통 시멘트 콘크리트와 유사하게 나타났으며, 솔잎재를 5% 혼입한 콘크리트에서 가장 크게 나타났다.
2. 솔잎재 콘크리트의 동탄성계수는  $273 \times 10^3 \sim 327 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 정도로 보통 시멘트 콘크리트와 유사하게 나타났으며, 솔잎재를 5% 혼입한 콘크리트에서 가장 크게 나타났다.
3. 정탄성계수는  $249 \times 10^3 \sim 324 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 정도로 보통 시멘트 콘크리트와 유사하게 나타났으며, 솔잎재를 5% 혼입한 콘크리트에서 가장 크게 나타났다.
4. 내산성은 솔잎재의 혼입량이 많을수록 증가되었으며, 솔잎재 5%, 10%, 15%를 혼입한 콘크리트는 보통 시멘트 콘크리트보다 각각 1.29배, 1.64배, 2.57배 정도 크게 나타났다.
5. 적정량의 솔잎재를 혼입하여 콘크리트를 제조할 경우, 솔잎재 콘크리트의 탄성특성 및 내산성이 보통 시멘트 콘크리트보다 우수할 뿐만 아니라, 임업 부산물의 활용 측면에서도 많은 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

1. 성찬용, 1997, 왕겨재 콘크리트의 개발 및 그 공학적 성능에 관한 실험적 연구, 한국농공학회지, 39(5), pp.55-63.
2. 성찬용외 1인, 1998, 벚지재 콘크리트의 물리·역학적 특성, 한국농공학회지, 40(4), pp.103-108
3. Swamy, R. N., and G. Rigby., 1971, Dynamic properties of hardened paste, mortar and concrete, RILEM, 14(19), pp.13-40.
4. Swamy, R. N., and A.H. Al-Hamed., 1984, The use of pulse velocity measurements to estimate strength of air-dried cubes and hence in situ strength of concrete, Journal of the ACI, 81(2), pp.247-276.
5. Wolfgang Czernin., 1980, Cement chemistry and physics for civil engineers, Wiesbader Betriebe GmbH, pp.10-55.