

벼짚재 콘크리트의 탄성 특성

Elastic Properties of Rice Straw Ash Concrete

김 영 익* · 민 정 기 · 조 일 호

Kim, Young Ik · Min, Jeong Ki · Cho, Il Ho

김 경 태 · 성 찬 용 (충남대)

Kim, Kyung Tae · Sung, Chan Yong

Abstract

This study is performed to evaluate an elastic properties of rice straw ash concrete.

The following conclusions are drawn:

The ultrasonic pulse velocity is in the range of 4,084~4,336m/s, which has showed about the same compared to that of the normal cement concrete. The highest ultrasonic pulse velocity is showed by 5% rice straw ash filled rice straw ash concrete. The dynamic and static modulus of elasticity is in the range of $294 \times 10^3 \sim 347 \times 10^3$ and $266 \times 10^3 \sim 328 \times 10^3$ kgf/cm², respectively. It is showed about the same compared to that of the normal cement concrete. The poisson's number of rice straw ash concrete is less than that of the normal cement concrete. The stress-strain curve of concrete which is contained rice straw ash within 10% appear slowly and over 10% appear almost straightly.

I. 서 론

콘크리트의 사용범위가 다양하게 변화됨에 따라 환경조건이 열악한 곳에 사용되는 기회가 증가되면서 콘크리트 구조물의 내구성에 대한 관심이 고조되고 있으며, 환경문제와 함께 이를 해결할 수 있는 신소재 개발, 특히 산업 및 농업 부산물을 이용한 특수재료 개발에 관한 연구가 요구되고 있다.^{1,2,3,4,5,6)}

한편, 우리나라는 약 105만 ha의 농지에서 벼농사를 짓고 있으며, 여기서 생산되는 부산물인 벼짚은 부가가치가 낮은 용도로 사용되어지고 있으며, 부산물의 유효 이용 측면에서 이의 활용에 관한 연구가 필요하다 하겠다.

따라서, 본 연구는 시멘트량의 일부 대용으로 벚짚재를 사용한 벚짚재 콘크리트를 개발하여 초음파진동속도, 동탄성계수, 정탄성계수, 푸아송수, 응력-변형을 등의 탄성 특성을 실험적으로 구명하여, 벚짚재 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 7.28, 단위중량이 1.4495t/m³인 천연자갈을, 잔골재는 최대입경이 4.75mm이하, 조립율이 2.35, 단위중량이 1.4715t/m³인 천연모래를 사용하였다.

다. 벚짚재

벚짚재는 벚짚을 태워 분쇄기로 미세한 입자를 만든 후 체분석을 하여 입경이 0.15mm이하이고, 단위중량이 0.275t/m³인 것을 사용하였다.

라. 고성능감수제

혼화제는 콘크리트의 강도증진과 유동성 확보를 위하여 음이온 계면 활성제인 나프탈렌 설 분산염을 주성분으로 하는 고성능감수제를 사용하였다.

2. 공시체 제작

가. 콘크리트 배합

벚짚재 콘크리트의 배합은 콘크리트 내부의 조직을 치밀하게 하여 하중의 작용시 탄성 특성이 보통 시멘트 콘크리트보다 우수하게 작용할 뿐만 아니라, 실용화 할 수 있는 강도를 나타낼 수 있는 배합비로 하였다. 이와같은 방법에 의하여 시멘트, 벚짚재, 잔골재 및 굵은골재 등의 배합비를 결정하였으며, 벚짚재를 결합재(시멘트+벚짚재) 중량의 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15% 혼입한 R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7 등 7가지 종류의 배합비로 하였다.

또한, 콘크리트의 강도증진과 유동성 확보를 위하여 고성능 감수제를 결합재 중량의 1% 사용하였다.

나. 공시체 제작 및 양생

벚짚재 콘크리트의 제작은 KS F 2405 (콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 잔골재와 굵은골재를 잘 혼합한 다음 시멘트와 벚짚재를 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 $\phi 150 \times 300$ mm인 공시체의 아래와 위 중앙에 직경 50mm의 변환기를 부착하여 BS 4408(콘크리트의 초음파진동속도 측정방법)에 준하여 측정하였다.

나. 동탄성계수시험

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

다. 정탄성계수 및 푸아송수시험

정탄성계수와 푸아송수시험은 $\phi 150 \times 300$ mm인 공시체에 컴프레소 미터(compresometer)와 엑스탄소 미터(extenso meter)를 부착하여 KS F 2438 (콘크리트 원주 공시체의 정탄성계수 및 푸아송비 시험방법)에 규정된 방법에 따라 측정하였다.

라. 응력-변형율시험

응력-변형율은 $\phi 150 \times 300$ mm인 공시체의 횡방향과 종방향에 비선형성이 0.06%이고, Hysteresis가 0.09%인 게이지를 부착하여 하중재하에 따른 공시체의 변형율을 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

시험을 통하여 얻어진 결과를 도시하면 Fig. 1,2,3,4,5와 같다.

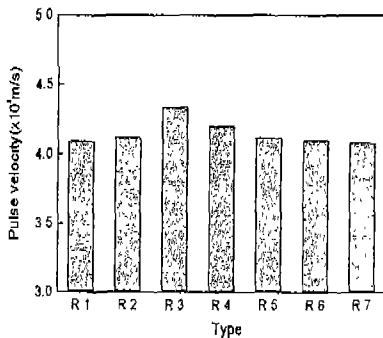


Fig.1. Comparison of ultrasonic pulse velocity by type

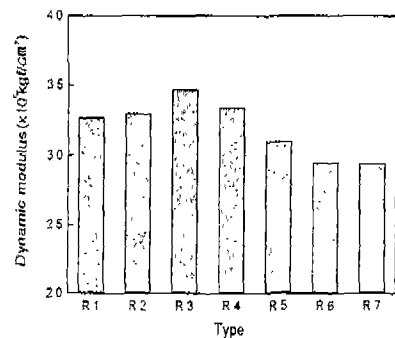


Fig.2. Comparison of dynamic modulus of elasticity by type

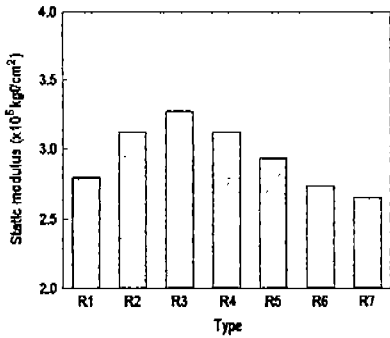


Fig.3. Comparison of static modulus of elasticity by type

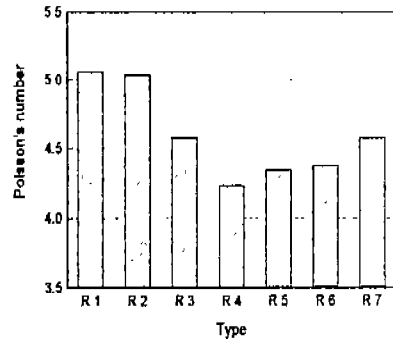


Fig.4. Comparison of poisson's number by type

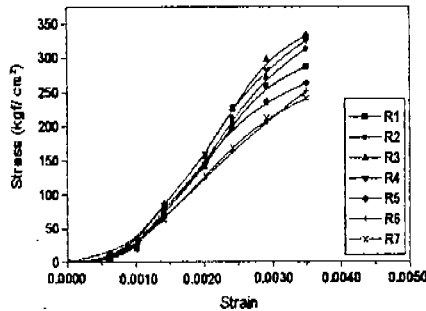


Fig.5. Stress-strain curve of rice straw ash concrete

1. 초음파진동속도

벼짚재 콘크리트의 초음파진동속도는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 4,084~4,336m/s의 범위로서, 보통 시멘트 콘크리트의 초음파진동속도와 유사하게 나타났다.

또한, R2~R6의 초음파진동속도는 보통 시멘트 콘크리트보다 크게 나타났고, R7은 작게 나타났다. 벚짚재를 5% 혼입한 콘크리트에서 가장 크게 나타났는데, 이러한 결과는 벚짚재가 콘크리트 내부의 공극을 적절히 채워 초음파진동속도를 저해하는 요인이 감소되었기 때문이며, 벚짚재를 15% 혼입한 콘크리트에서 초음파진동속도가 작게 나타난 것은 결합력이 없는 벚짚재가 적정량 이상 혼입되어 콘크리트 내부 조직의 치밀성이 감소되었기 때문이라 생각된다.

2. 동탄성계수

벼짚재 콘크리트의 동탄성계수는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 R2~R4의 동탄성계수는 $330 \times 10^3 \sim 347 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 로 보통 시멘트 콘크리트의 $327 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 보다 크게 나타났으며, 벚짚재를 5% 혼입한 R3에서 가장 크게 나타났다. 이와 같은 원인은 적정량의 벚짚재를 혼입할 경우, 미

세립의 벚짚재에 의한 공극충진으로 콘크리트 내부의 밀도를 증가시켜 전파 속도를 감소시키는 저해 요인이 감소하였기 때문으로 생각된다.

한편, R5~R7의 동탄성계수는 $294 \times 10^3 \sim 310 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 으로 보통 시멘트 콘크리트보다 작게 나타났는데, 이와 같은 결과는 결합력이 없는 벚짚재가 적정량 이상 혼입되어 콘크리트 내부 조직의 치밀성이 감소되었기 때문이라 생각된다.

3. 정탄성계수와 푸이송수

가. 정탄성계수

벚짚재 콘크리트의 정탄성계수는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 $266 \times 10^3 \sim 328 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 의 범위로서 R2~R5는 보통 시멘트 콘크리트의 정탄성계수 $280 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 의 105~117%, R6~R7은 95~98%의 수준에 이르고 있어 R2~R5는 보통 시멘트 콘크리트보다 변형성이 비교적 작다는 것을 알 수 있으며, R6~R7은 비교적 크다는 것을 알 수 있다.

나. 푸아송수

벚짚재 콘크리트의 푸아송수는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 4.23~4.64정도로 보통 시멘트 콘크리트의 푸아송수 5.06보다 작게 나타났는데, 이러한 결과는 보통 시멘트 콘크리트에 비해 벚짚재 콘크리트의 종변형율에 대한 횡변형율의 비가 크게 나타났기 때문이라 하겠다.

4. 응력-변형율

벚짚재 콘크리트의 응력-변형율 곡선은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 응력의 초기단계에서는 벚짚재의 혼입량에 관계없이 응력이 증가함에 따라 변형율도 거의 비슷한 크기로 증가하였으며, 응력이 100kgf/cm^2 에 도달한 이후에는 벚짚재의 혼입량이 10%이하인 콘크리트는 응력이 증가하여 최대응력에 도달하는 순간까지 변형율이 완만하게 증가하였으며, 벚짚재를 12.5% 이상 혼입한 콘크리트에서는 응력이 최대응력에 도달하는 순간까지 변형율이 거의 직선에 가깝게 증가하였다.

IV. 결 론

이 연구는 벚짚재와 시멘트 및 천연골재와 고유동화제를 사용한 벚짚재 콘크리트를 개발하여 탄성 특성을 실험적으로 구명한 것으로, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 벚짚재를 혼입한 콘크리트의 초음파진동속도는 배합설계에 따라 4,084~4,336m/s로 보통 시멘트 콘크리트와 유사하게 나타났으며, 벚짚재를 5% 혼입한 콘크리트에서 가장 크게 나타났다.
2. 동탄성계수는 배합설계에 따라 $294 \times 10^3 \sim 347 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 으로 보통 시멘트 콘크리트와 유사하게 나타났으며, 벚짚재를 5% 혼입한 콘크리트에서 가장 크게 나타났다.
3. 정탄성계수는 배합설계에 따라 $266 \times 10^3 \sim 328 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 으로 보통 시멘트 콘크리트와 유사하게 나타났고, 벚짚재를 5% 혼입한 콘크리트에서 가장 크게 나타났으며, 동탄성계수는 정탄

성계수보다 3~10%정도 크게 나타났다.

4. 벚짚재 콘크리트의 푸아송수는 4.23~4.64정도로 보통 시멘트 콘크리트의 푸아송수 5.06보다 작게 나타났으며, 종변형율에 대한 횡변형율의 비가 크게 나타났다.
5. 용력-변형율 곡선은 벚짚재를 10%이하로 혼입한 콘크리트에서는 완만하게 나타났으며, 벚짚재를 12.5%이상 혼입한 콘크리트에서는 거의 직선에 가깝게 나타났다.
6. 시멘트량의 일부로 적적량의 벚짚재를 혼입하여 사용할 경우, 탄성 특성이 보통 시멘트 콘크리트보다 우수할 뿐만 아니라, 농업부산물의 활용측면에서도 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. Blake, Jr, R. A., 1990, Test methods (ultrasonic nondestructive evaluation techniques for composite materials), Technomic Publishing Company, pp.57-58.
3. Boateng, A. A and Skeete, D. A., 1990, Incineration of rice hull for use as a cementitious material : The Guyana Experience, Cem. Concrete Research, 20(5), pp. 795-802.
4. Malhotra, V. M. and Carino, N. J., 1991, Handbook on nondestructive testing of concrete, CRC Press, pp.50-83.
5. Swamy, R. N., 1986, Cement replacement materials (concrete technology and design), Surrey University Press, 3, pp.171-196.
6. Topcu, B. and Guncan, N. F., 1995, Using waste concrete as aggregate, An International Journal of Cement and Concrete Research, 25(7), pp.1,385-1,390.