

균열이 발생된 콘크리트의 특성 및 보수·보강

Properties and Repair-Reinforcement of Concrete Introduced Crack

김영익* · 윤준노 · 민정기 · 김경태 · 박필우 · 성찬용 (충남대)

Kim, Young Ik · Yoon, Joon No · Min, Jeong Ki · Kim, Kyung Tae
Park, Pill Woo · Sung, Chan Yong

Abstract

This study is performed to evaluate an the crack properties and repair-reinforcement of concrete introduced crack. Materials used are portland cement, coarse aggregate, fine aggregate, unsaturated polyester resin and fly ash. Specimen is used beam of $76 \times 76 \times 412$ mm for measurement of pulse velocity, dynamic modulus of elasticity and bending strength and is introduced crack artificially.

The following conclusions are drawn;

Pulse velocity, dynamic modulus of elasticity and bending strength of concrete introduced crack is shown the lower 1.24~11.91%, 3.42~17.21% and 38.17~61.0% than that of the control concrete, respectively.

Pulse velocity, dynamic modulus of elasticity and bending strength of concrete repaired and reinforced crack is shown the higher 0.5~2.60%, 1.57~3.07% and 28.17~47.25% than that of the concrete introduced crack and the lower than that of the control concrete, respectively.

I. 서론

콘크리트 구조물은 타설초기의 침하, 시멘트의 이상응결, 블리딩 및 건조수축 등과 같은 내부환경요인과 시공시 발생되어 질 수 있는 외부환경요인에 의해 시공 초기단계에서 부터 많은 균열 발생 요인을 가지고 있다.

균열은 구조물이 대기나 습기에 노출 될 경우 철근의 부식을 가져올 수 있으며, 외관상으로

표면색깔의 변화 등이 나타나고, 균열이 심각할 경우 구조적인 문제를 발생시킬 수 있다.

콘크리트 구조물에 균열이 발생하면 정밀조사에 앞서 우선 육안검사나 비파괴검사를 통하여 균열이 구조물에 미치는 영향과 사용상에 미치는 영향을 분석하여야 하며, 균열의 정확한 원인을 규명하고, 추가적인 균열 발생의 억제와 구조물의 내구성을 개선시키기 위해 적절한 보수·보강이 이루어져야 한다.

한편, 구조물의 안전진단과 균열 등의 평가를 위하여 비파괴시험법이 일부 사용되고 있으나 사용방법과 분석 통계자료가 부족하여 평가 후 수행되어야 할 구조물에 대한 정확한 진단과 대책 마련이 어려운 실정이다.

따라서 본 연구는 균열 폭, 깊이, 수를 변수로 하여 인위적으로 균열을 도입한 콘크리트를 제작하여 휨강도 및 비파괴시험인 초음파진동속도와 동탄성계수를 측정하여 균열에 따른 콘크리트의 특성을 분석하고, 불포화 폴리에스터 수지에 의한 보수·보강을 실시하여 균열 개선의 영향을 구명하는데 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 25mm이하, 조립율이 7.28, 단위중량이 1.4495t/m³인 천연자갈을, 잔골재는 최대입경이 4.75mm이하, 조립율이 2.35, 단위중량이 1.4715t/m³인 천연모래를 사용하였다.

다. 폴리머

균열의 보수·보강을 위하여 사용된 폴리머는 비중이 1.12이고, 스티렌의 함량이 37.2%인 불포화 폴리에스터 수지를 사용하였다.

라. 경화제

경화제는 MEKPO의 함량이 55%, DMP의 함량이 45%이며, 비중이 1.13인 것을 사용하였다.

마. 플라이 애시

보수·보강 재료로 불포화 폴리에스터 수지와 함께 사용된 충전재료는 비중이 2.60이고, 비표면적이 3,650cm²/g인 플라이 애시를 사용하였다.

2. 공시체 제작

콘크리트의 제작은 일반적으로 널리 사용되고 있는 재령 28일의 압축강도가 240kgf/cm²인 국내 레미콘 배합비를 사용하여 KS F 2407 (콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 제작하였으며, 초음파진동속도와 동탄성계수의 측정에 대한 오차를 줄이고 또한 인공적으로 여러개의 균열을 도입할 수 있도록 76mm×76mm×412mm의 각주 공시체를 사용하였다.

또한, 동일한 조건에서의 균열 폭, 균열 깊이, 균열 수에 따른 콘크리트의 균열 특성을 고찰하기 위해 공시체 제작 직후에 아크릴판을 이용하여 인위적으로 균열을 도입하였다.

한편, 균열의 보수·보강을 위한 불포화 폴리에스터 수지는 시공성을 고려하여 일정한 점도를 가질 수 있도록 플라이 애시를 충전재료 사용하여 1 : 1 배합을 하였으며, 경화제는 보수·보강 동안 경화 없이 일정한 점도를 유지할 수 있도록 조절하여 사용하였다.

나. 공시체 양생

몰드에 타설된 콘크리트는 양생상자 (21℃, 습도 96±2%)에서 24시간 정치 후 탈형하여 균열 도입을 위해 설치된 아크릴판을 제거한 후 소정의 재령까지 수증양생(20±1℃)을 하였다.

3. 시험방법

시험은 다음과 같이 KS에 규정된 방법에 준하여 균열이 도입된 콘크리트에 대하여 재령 7일에 측정하였으며, 측정 후 불포화 폴리에스터 수지에 의한 균열 보수·보강을 실시하여 익일에 다시 측정하였으며, 3회 반복 시험한 것의 평균값을 실험 결과치로 하였다.

가. 초음파진동속도시험

초음파진동속도시험은 76mm×76mm×412mm인 공시체의 양 끝에서 3mm 떨어진 표면에 직경 50mm의 변환기를 부착하여 BS 4408(콘크리트의 초음파진동속도 측정방법)에 준하여 측정하였다.

나. 동탄성계수시험

동탄성계수시험은 76mm×76mm×412mm인 공시체의 길이방향 양면 중앙에 종진동에 의한 공명진동을 BS 1881(콘크리트의 동탄성계수 측정방법)에 준하여 측정하였다.

다. 휨강도시험

휨강도시험은 KS F 2407(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

시험을 통하여 얻어진 결과를 도시하면 Fig. 1,2,3,4,5,6과 같다.

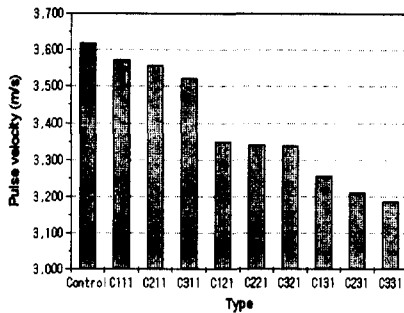


Fig.1. Ultrasonic pulse velocity vs. type of concrete introduced crack

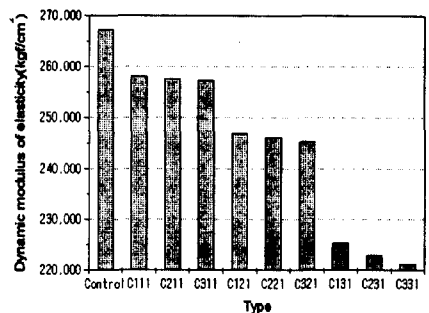


Fig.2. Dynamic modulus of elasticity vs. type of concrete introduced crack

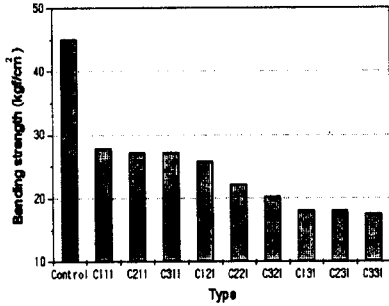


Fig.3. Bending strength vs. type of concrete introduced crack

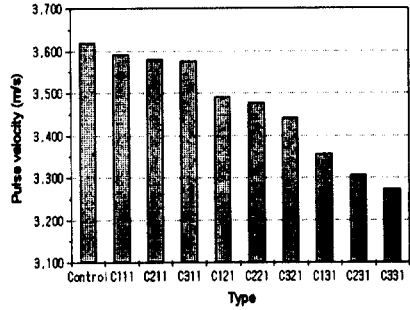


Fig.4. Ultrasonic pulse velocity vs. type of concrete repaired and reinforced

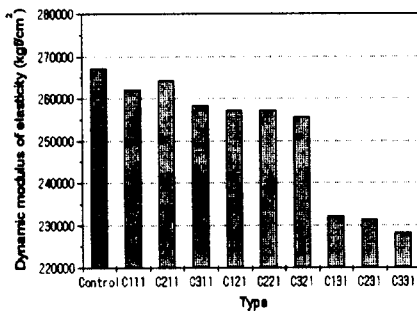


Fig.5. Dynamic modulus of elasticity vs. type of concrete repaired and reinforced

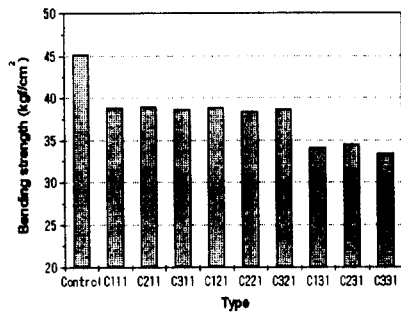


Fig.6. Bending strength vs. type of concrete repaired and reinforced

1. 초음파진동속도

균열이 도입된 콘크리트의 초음파진동속도는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 3,188~3,574m/s의 범위로서, 균열이 없는 콘크리트의 초음파진동속도 3,619m/s보다 작게 나타났다.

또한, 균열이 도입된 콘크리트의 초음파진동속도는 균열의 깊이와 폭이 클수록 작게 나타났으며, 균열 깊이 3cm, 균열 폭 3mm인 C331에서 가장 작게 나타났다.

이것은 초음파진동속도는 발신자에서 초음파를 발사하여 수신자에 도달하는 최단시간을 측정하는 것으로서 물체 내부의 공극의 유무와 밀도 등에 큰 영향을 받기 때문에 균열이 있는 콘크리트의 경우 초음파가 균열 부분을 돌아서 수신자에 도달하기 때문에 초음파 속도가 작게 나타난 것으로 생각된다.

한편, 균열을 보수·보강한 콘크리트의 초음파진동속도는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 3,273~3,592m/s의 범위로서, 균열이 도입된 콘크리트에 비하여 0.5~2.60% 증가되어 졌으며, 균열이

없는 콘크리트보다는 작게 나타났다.

이것은 불포화 폴리에스터 수지에 의해 균열 부분을 충전함으로써 내부의 밀도를 증가시켰을 뿐만 아니라 균열 부분을 직진하여 초음파가 전달되었기 때문인 것으로 생각되며, 균열이 없는 콘크리트에 비하여 작게 나타난 것은 균열 부분에서 콘크리트와 불포화 폴리에스터 수지라는 다른 두 개 재료의 사용에 의한 밀도의 차이와 부착력의 감소에 기인한 것으로 생각된다.

2. 동탄성계수

균열이 도입된 콘크리트의 동탄성계수는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 $221 \times 10^3 \sim 258 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 의 범위로서, 균열이 없는 콘크리트의 동탄성계수 $267 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 보다 작게 나타났다.

또한, 균열이 도입된 콘크리트의 동탄성계수는 균열의 깊이와 폭이 클수록 작게 나타났는데, 초음파진동속도가 균열 폭보다는 균열 깊이에 의한 영향을 크게 받은 반면에 동탄성계수는 균열 깊이와 균열 폭 모두의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

이것은 동탄성계수는 물체 내부의 밀도에 의해 영향을 받기 때문에 물체 내부에 균열이 발생한 경우 균열 깊이와 균열 폭이 클수록 밀도의 감소가 증가하기 때문에 동탄성계수가 작게 나타난 것으로 생각된다.

한편, 균열을 보수·보강한 콘크리트의 동탄성계수는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 $228 \times 10^3 \sim 262 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 의 범위로서, 균열이 도입된 콘크리트에 비하여 1.57~3.07% 증가되어 졌으며, 균열이 없는 콘크리트보다는 작게 나타났다.

이것은 불포화 폴리에스터 수지에 의해 균열 부분을 충전함으로써 내부의 밀도를 증가시켰기 때문인 것으로 생각되며, 균열이 없는 콘크리트에 비하여 작게 나타난 것은 균열 부분에서 균열이 없는 콘크리트의 일체식 구조에 비하여 서로 다른 두 개의 재료의 부착에 의한 부착력 감소와 밀도의 차이에 의한 것으로 생각된다.

3. 휨강도

균열이 도입된 콘크리트의 휨강도는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 $17.6 \sim 27.9 \text{ kgf/cm}^2$ 의 범위로서, 균열이 없는 콘크리트의 휨강도 45.1 kgf/cm^2 보다 작게 나타났다.

또한, 균열이 도입된 콘크리트의 휨강도는 균열의 깊이와 폭이 클수록 작게 나타났으며, 균열 폭보다는 균열 깊이에 의한 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

한편, 균열을 보수·보강한 콘크리트의 휨강도는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 $33.09 \sim 38.89 \text{ kgf/cm}^2$ 의 범위로서, 균열이 도입된 콘크리트에 비하여 28.17~47.25% 증가되어 졌으며, 균열이 없는 콘크리트보다는 작게 나타났다

IV. 결 론

이 연구는 균열 폭, 깊이, 수를 변수로 하여 인위적으로 균열을 도입한 콘크리트를 제작하여 휨강도 및 비파괴시험에 의한 초음파진동속도와 동탄성계수를 측정하여 균열에 따른 콘크리트의 특성을 분석하고, 불포화 폴리에스터 수지에 의한 보수·보강을 실시하여 균열 개선의 영향

을 구명한 것으로, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 균열이 도입된 콘크리트의 초음파진동속도는 3,188~3,574m/s의 범위로서, 균열이 없는 콘크리트의 초음파진동속도 3,619m/s보다 작게 나타났으며 또한, 균열을 보수·보강한 콘크리트의 초음파진동속도는 3,273~3,592m/s의 범위로 나타났다.
2. 균열이 도입된 콘크리트의 동탄성계수는 $221 \times 10^3 \sim 258 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 의 범위로서, 균열이 없는 콘크리트의 동탄성계수 $267 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 보다 작게 나타났으며 또한, 균열을 보수·보강한 콘크리트의 동탄성계수는 $228 \times 10^3 \sim 262 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 의 범위로 나타났다.
3. 균열이 도입된 콘크리트의 휨강도는 $17.6 \sim 27.9 \text{kgf/cm}^2$ 의 범위로서, 균열이 없는 콘크리트의 휨강도 45.1kgf/cm^2 보다 작게 나타났으며 또한, 균열을 보수·보강한 콘크리트의 휨강도는 $33.0 \sim 38.8 \text{kgf/cm}^2$ 의 범위로 나타났다.
4. 균열이 도입된 콘크리트의 초음파진동속도, 동탄성계수 및 휨강도는 균열폭보다는 균열깊이에 의한 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났으며, 균열을 보수·보강한 콘크리트가 균열이 없는 콘크리트에 비하여 작게 나타났다.

참 고 문 헌

1. Brandt. A. M., 1995, Cement-based composites : materials, mechanical properties and performance, E & FN Spon : 66.
2. Blake, Jr, R. A., 1990, Test methods (ultrasonic nondestructive evaluation techniques for composite materials), Technomic Publishing Company, pp.57-58.
3. Malhotra, V. M. and Carino, N. J., 1991, Handbook on nondestructive testing of concrete, CRC Press, pp.50-83.
4. Neville A. M., 1995, Properties of concrete, 4rd Ed., Longman Malaysia, London : 666~674.
5. Swamy, R. N., 1986, Cement replacement materials (concrete technology and design), Surrey University Press, 3, pp.171-196.