

폴리프로필렌 섬유를 혼입한 레미콘의 강도 및 비파괴 시험

Strength and Non-fracture Test of Ready Mixed Concrete Using Polypropylene Fiber

남 기 성* · 윤 동 채(삼안건설기술공사) · 윤 여 훈(청아종합건설) · 성 찬 용(충남대)
Nam, Ki Sung* · Youn, Dong Chae · Yoon, Yeo Hoon · Sung, Chan Yong

Abstract

This study is performed to evaluate the strength and non-fracture test of the ready mixed concrete(RMC) using polypropylene.

The slump is reached in $8\pm 2\text{cm}$ of each RMC using polypropylene or without polypropylene, air content is reached in $4.5\pm 1.5\%$, the chloride content is below $0.3\text{kg}/\text{m}^3$. The compressive strength of RMC not using polypropylene is appeared over $210\text{kgf}/\text{cm}^2$ at the curing age 7 days and $239\text{ kgf}/\text{cm}^2$ at the curing age 28 days. The compressive strength of RMC using polypropylene is appeared over $188\text{kgf}/\text{cm}^2$ at the curing age 7 days and $238\text{kgf}/\text{cm}^2$ at the curing age 28 days.

The dynamic modulus of elasticity of RMC not using polypropylene is appeared over $298\times 10^3\text{kgf}/\text{cm}^2$ at the curing age 7 days and $342\times 10^3\text{ kgf}/\text{cm}^2$ at the curing age 28 days. The RMC using polypropylene is appeared over $284\times 10^3\text{kgf}/\text{cm}^2$ at the curing age 7 days and $238\times 10^3\text{kgf}/\text{cm}^2$ at the curing age 28 days. The pulse velocity of RMC not using polypropylene is appeared over $4,198\text{m}/\text{s}$ at the curing age 7 days and $4,382\text{m}/\text{s}$ at the curing age 28 days. The RMC using polypropylene is appeared over $4,182\text{m}/\text{s}$ at the curing age 7 days and $4,342\text{m}/\text{s}$ at the curing age 28 days.

I. 서론

섬유보강콘크리트는 불연속의 섬유를 콘크리트 중에 균일하게 분산시킴에 따라 인장강도, 휨강도, 균열에 대한 저항성, 인성, 전단강도 및 내충격성 등의 개선을 도모한 복합재료이다.

폴리프로필렌은 콘크리트 도로 포장에 있어 레미콘에 혼입하여 양생시 발생하는 초기균열 및 동결융해에 대한 저항성의 증대와 와이어 매시의 삭제로 인한 경제성 효과가 있어 이를 사용하고 있으나, Batch Plant에서 믹싱할 경우, 폴리프로필렌이 균일하게 혼입되지 못하는 결점이 있어 레미콘 관리에 철저히 해야 한다는 어려움이 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 폴리프로필렌섬유를 혼입한 레미콘을 Batch Plant의 믹싱단계에서 현장타설까지 육안검측에 적합한 콘크리트를 제조하여 강도 측정 및 비파괴시험을 하여 추후 생산될 레미콘에 대한 적합성 여부를 수립하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 사용재료

가. 시멘트

H사의 제품으로서 비중이 3.15, CaO가 64.2%, SiO₂가 22.2%인 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

나. 골재

굵은 골재는 최대입경 25mm이하, 단위중량 1,572kg/m³, F.M이 7.12, 흡수율 0.7%인 골재를 사용하였고, 잔골재는 최대입경 5mm이하, 단위중량 1,579kg/m³, F.M이 3.6, 흡수율 0.9%인 골재를 사용하였다.

다. 혼화제

콘크리트의 강도증진과 유동성 및 공기량을 확보하기 위하여 S사의 표준형 감수제를 사용하였다.

라. polypropylene 섬유

길이가 19mm, 비중이 0.91, 탄성계수가 3.5×10^4 kgf/cm²이상인 C회사의 망사형 섬유를 사용하였다.

2. 시험체 제작

가. 레미콘 배합

본 배합은 B사에서 직접 배합설계를 확인한 후 레미콘 제조시 현장배합을 토대로 하였으며, 시멘트만 사용한 재령 28일 압축강도 210kgf/cm²를 기준으로 하여 폴리프로필렌을 레미콘 m³당 0.9kg를 혼입하여 배합설계를 하였다.

나. 시험체 제작 및 양생

콘크리트 제작은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 1시간 이내에 도착한 레미콘으로 $\phi 150 \times 300$ mm인 몰드에 3층 25회 다짐을 통해 재령 7일과 재령 28일 시험체를 각각 3조씩 제조하였고, 150m³이상 타설하거나 타설공정이 다음으로 연기될 경우 다시 제작하였으며, 몰드에 타설된 콘크리트는 현장에서 충분한 수분을 함유한 양생포에 싸서 24시간 정치 후 탈형하여 소정의 재령까지 수중양생(20±1℃)을 하였다.

3. 시험방법

가. 물성 시험

슬럼프 시험은 레미콘 도착시 임의의 차량을 선택하여 KS F 2402에 의해 슬럼프 시험을 하였고, 공기량 시험은 KS F 2421에 의하여 워싱턴 에어미터로, 염화물 시험은 KS F 2515에 의하여 시험을 하였다.

나. 압축강도 시험

압축강도 시험은 KS F 2405(콘크리트 압축강도 시험방법)에 준하여 폴리프로필렌을 사용하지 않은 레미콘의 시험체와 폴리프로필렌을 레미콘의 m³당 0.9kg를 혼입한 레미콘의 시

험체를 재령 7일과 재령 28일에 UTM시험기로 측정하였다.

다. 동탄성계수 시험

재령 7일과 재령 28일인 $\phi 150 \times 300\text{mm}$ 의 시험체로 측정하였으며, 영국 C.N.S사의 ERUDIT MIKI(Resonant frequency test system)측정기를 사용하여 BS 1881(콘크리트 동탄성계수 측정방법)에 준하여 측정하였다.

라. 초음파진동속도 시험

재령 7일과 재령 28일인 $\phi 150 \times 300\text{mm}$ 의 시험체를 영국 C.N.S사의 PUNDIT를 사용하여 측정하였으며, BS 4408(콘크리트의 초음파진동속도 측정방법)에 준하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 물성 시험

폴리프로필렌을 혼합하지 않은 레미콘과 폴리프로필렌을 레미콘의 m^3 당 0.9kg을 혼입한 레미콘의 슬럼프($8.5 \pm 2.5\text{cm}$), 공기량($4.5 \pm 1.5\%$), 염화물($0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 이하)은 KS 규정에 적합한 것으로 나타났다.

2. 압축강도

레미콘의 압축강도는 잔골재율(s/a), W/C, 시멘트 강도 및 골재 사용량에 따라 좌우되며, 배합설계의 기준이 될 뿐만 아니라 인장강도, 휨강도, 탄성계수, 내구성 등 경화한 콘크리트의 성질을 나타내는 요소이다^{1,2)}.

폴리프로필렌을 혼합하지 않은 레미콘의 압축강도는 재령 7일의 경우 $210 \sim 224\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이었으며, 재령 28일의 경우 $239 \sim 251\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이었고, 폴리프로필렌을 레미콘의 m^3 당 0.9kg을 혼입한 레미콘의 압축강도는 재령 7일의 경우 $188 \sim 204\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이었으며, 재령 28일 경우 $238 \sim 242\text{kgf}/\text{cm}^2$ 로 나타났다. 이러한 결과는 폴리프로필렌 섬유를 혼입함으로써 내부 부착강도가 감소 될 뿐만 아니라 혼입하지 않은 레미콘에 비해 시험체 내부의 미세공극의 증가로 인해 압축강도가 저하된 것으로 보이며, 섬유를 혼입함으로써 압축강도 증가에 큰 영향을 미치지 못하는 기존의 연구와 유사한 결과^{3,4)}라 생각되나, 현장에 타설된 레미콘은 기준강도 이상치를 나타냄으로서 현장타설에 적합한 것으로 생각된다.

3. 동탄성계수

폴리프로필렌을 혼합하지 않은 레미콘의 동탄성계수는 재령 7일의 경우 $298 \times 10^3 \sim 302 \times 10^3\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이었으며, 재령 28일의 경우 $342 \times 10^3 \sim 352 \times 10^3\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이었고, 폴리프로필렌을 레미콘의 m^3 당 0.9kg을 혼입한 레미콘의 동탄성계수는 재령 7일의 경우 $284 \times 10^3 \sim 290 \times 10^3\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이었으며, 재령 28일의 경우 $330 \times 10^3 \sim 334 \times 10^3\text{kgf}/\text{cm}^2$ 로 나타났는데, 이는 압축강도와 유사한 경향을 나타내었다.

4. 초음파진동속도

폴리프로필렌을 혼합하지 않은 레미콘의 초음파진동속도는 재령 7일의 경우 4,198~4,213m/s이었으며, 재령 28일의 경우 4,382~4,429m/s이었고, 폴리프로필렌을 레미콘의 m³당 0.9kg을 혼입한 레미콘의 초음파진동속도는 재령 7일의 경우 4,182~4,192m/s이었으며, 재령 28일의 경우 4,342~4,386m/s로 나타났는데, 이는 폴리프로필렌을 혼입하여 사용함으로써 시험체 내부밀도 감소와 동일 매질이 아닌 섬유 혼입으로 초음파 통과시간이 지연되었기 때문이라 생각된다.

IV. 결론

본 연구는 현장에서 사용되는 레미콘의 m³당 폴리프로필렌 0.9kg을 사용함으로써 콘크리트 포장에서 사용되어지는 와이어 매시를 생략함으로써 경제적인 효과는 물론, 품질관리 측면에서의 효과 증진을 위해 레미콘의 강도 및 비파괴시험을 하였으며, 이를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 폴리프로필렌을 혼합하지 않은 레미콘과 폴리프로필렌을 레미콘의 m³당 0.9kg을 혼입한 레미콘의 슬럼프(8.5±2.5cm), 공기량(4.5±1.5%), 염화물(0.3kg/m³이하)은 KS 규정에 적합한 것으로 나타났다.
2. 압축강도는 폴리프로필렌을 혼합하지 않은 레미콘의 재령 7일의 경우 210~224kgf/cm²이었으며, 재령 28일의 경우 239~251kgf/cm²이었고, 폴리프로필렌을 레미콘의 m³당 0.9kg을 혼입한 레미콘의 재령 7일의 경우 188~204kgf/cm²이었으며, 재령 28일의 경우 238~242kgf/cm²로 나타났다.
3. 동탄성계수는 폴리프로필렌을 혼합하지 않은 레미콘의 재령 7일의 경우 298×10³~302×10³kgf/cm²이었으며, 재령 28일의 경우 342×10³~352×10³kgf/cm²이었고, 폴리프로필렌을 레미콘의 m³당 0.9kg을 혼입한 레미콘의 재령 7일의 경우 284×10³~290×10³kgf/cm²이었으며, 재령 28일의 경우 330×10³~334×10³kgf/cm²로 나타났다.
4. 초음파진동속도는 폴리프로필렌 섬유를 혼합하지 않은 레미콘의 재령 7일의 경우 4,198~4,213m/s 이었으며, 재령 28일의 경우 4,382 ~4,429m/s이었고, 폴리프로필렌을 레미콘의 m³당 0.9kg을 혼입한 레미콘의 재령 7일의 경우 4,182~4,192m/s이었으며, 재령 28일의 경우 4,342~4,386m/s로 나타났다.

참고문헌

1. Vipulanandam, C., N. Dharmarajan, and E. Ching, 1988, Mechanical behavior of polymer concrete, RILEM, 4(19) : 13~40.
2. W.Koyanagi., 1993, Resin concrete constuction head book, Mc Graw-Hill Book Company : 72~89.
3. ACI Commitee 544., Measurements of the properties of fiber reinforced concrete, American Concrete Institute : 124~143.
4. Gopalaratnam, V. S. and S. P Shah, 1986, Properties of steel fiber reinforced concrete subjected to impact loading, Journal of ACI, Proceedings, 83(1) : 126~177.