

셀룰로스 섬유 소성수축균열 저항성과 현장적용에 관한연구

Stdy for resistance Plastic Shringage Cracking and apply field of Cellulose Fiber Reinforced Concrete.

박 성 우* 김 규 용** 윤 성 훈***
Park, Sung Woo Kim, Kyu Yong Yun, Sung Hoon
권 용 주**** 김 대 용*****
Kwon, Yong Joo Kim, Dae Yong

ABSTRACT

Plastic shrindage cracking occurs at the exposed surfaces of freshly placed concrete due to consoildation of the concrete mass and rapid evaporation of water from the surface. This so called shrindage craking is a major concern for concrete, especially for been performde to obtain the plastic shrindage porperties of cellolus fiber reinforced concrete. The results of tests of the cellolus fiber were compared with plain and polypropylene fibers. Test results indicated that cellolus fiber reinforcement showed an aility to reduce the total crack area and maximum crack width significantly.

1. 서론

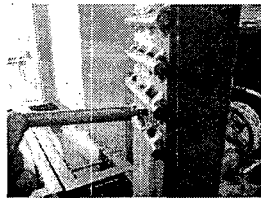
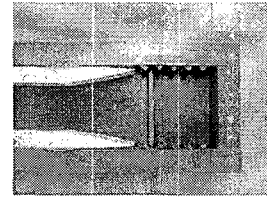
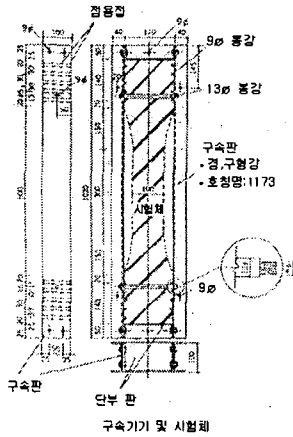
콘크리트구조물에서 소성 및 건조수축 균열은 콘크리트에 가장 많이 일어나는 균열로서 콘크리트가 경화하면서 계속적인 수분의 증발로 인한 균열이다. 콘크리트의 소성 및 건조수축으로 인한 균열은 구조물에 있어 시각적 효과뿐만아니라 콘크리트의 투수성을 증가시켜 다양한 형태의 파괴를 발생시킨다. 이와같은 균열을 감소시키는 주요 방법중의 하나로 콘크리트에 특수한 섬유를 혼입해 주는 방법이 있다. 현재 국내에서는 수밀성이 요구되는 구조물에 섬유보강 콘크리트의 사용량이 증가되고 있는 추세이다. 그 중 가장 많이 사용되는 폴리프로필렌섬유(P.P)는 섬유표면에 친수성이 없어 경화초기 시멘트 매트릭스와의 낮은 부착능력과 탄성계수값이 작은 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 국내에서 사용되어지고 있는 폴리프로필렌섬유(pp) 합성섬유보강재(pva) 셀룰로스섬유(sc) 등의 보강재료 중 셀룰로스 섬유가 소성 및 건조수축 저항성능에 미치는 영향에 대하여 고찰하고 현장적용을 실시하였다.

- * 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 수석연구원
- ** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 선임연구원
- *** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 전임연구원
- **** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 연구원
- ***** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 S-PJT 현장 차장

2. 실험계획 및 방법

2.1 구속균열 실험 계획

건조수축은 수화된 시멘트에 흡착되었던 수분이 증발하면서 콘크리트에 생기는 수축변 형으로 생기는 균열로서, 경화된 콘크리트 균열의 원인은 시멘트 페이스트의 수분감소에 의하여 발생된다. 이와 같이 콘크리트 구속에 의한 건조수축균열 시험방법은 콘크리트 시험체가 건조에 의해 수축되는 변형을 구속하는것에 의해 균열을 유발하는 시험방법으로 「콘크리트의 건조수축균열시험방법(안)/JIS원안, (Testing Method on Cracking of Concrete due to Restrained Drying Shrinkage)」을 채용하였다.



No	콘크리트 품질 규격	배합 요인	Mix. ID	W/B (%)	S/a (%)	단위 재료량 (kg/m³)						실험평가항목					
						W	B	C1	C2	Fiber	AD Om%	시공/역학특성			구속건조 수축균열		
												슬럼프	압축 강도	활렬 인장			
1	Slab Concrete 25-24 0-15	수광섬유 혼화제 W: 165kg/m³ F: Cellulose PVA	W165-Cel1200+Na	48.0	48.5	165	344	310	34 (10%)	1.2	Cell	0.9	니프탈렌계	○	○	○	○
2		W165-PVA900+Na	0.9							PVA	1.15	○		○	○	○	
3		W165-Cel400+Na	0.4							Cell	0.75	○		○	○	○	
4		W165-PVA300+Na	0.3							PVA	0.85	○		○	○	○	

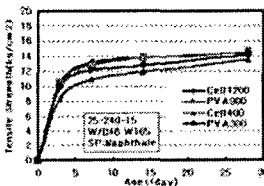
W:단위수량, B:결합재, C1:시멘트, C2:플라이애시, Ad:혼화제(니프탈렌, 폴리카르본산계), F:섬유(PVA, Cellulose계)

Mix ID: 단위수량·섬유보강(혼입량)·혼화제, 단위수량·수축저감제(첨가율), 단위수량·플라이애시(혼입율)

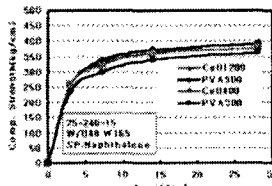
2.2 구속균열발생 평가

1) 콘크리트의 기본물성 및 품질평가

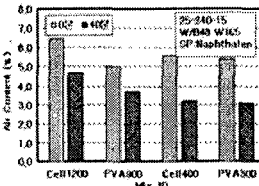
Slab 콘크리트: 설계기준강도 240kg/cm², 굵은골재 치수 25mm, 슬럼프 15cm의 기본품질로 목표하고 있다.



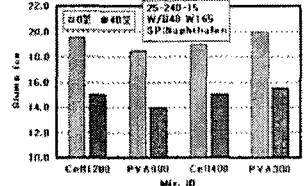
(d) 재령별 인장강도의 발전



(c) 재령별 압축강도의 발전



(b) 공기량 (초기, 40분)의 변화



(a) 슬럼프(초기,40분)의 변화

2) 시험체의 길이변화 측정

구속판변형은 구속판 중앙부 또는 중심위치를 통한 4측면에서 행한다. 콘크리트의 수축에 의한 길이변화율의 산출은 구속강판의 측면에 각각 Strain Gage를 부착하여 Data Logger에 연결하여 자동계측하였다.

구속건조수축균열의 평가항목은 각각 다음과 같다.

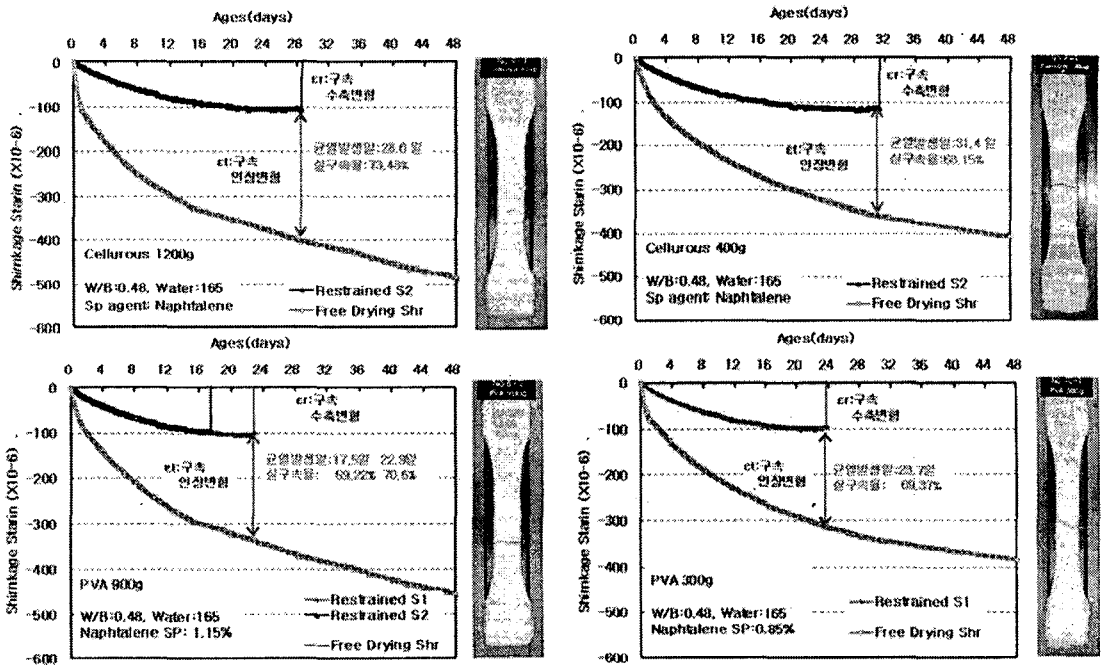
- 구속인장변형(ϵ_t)=자유수축변형(S_t)-구속수축변형(ϵ_r)
- 구속수축인장응력(σ_r)= $\epsilon \times E_s \times A_s / A_c$ (kgf/cm²)

여기에서, ϵ : 균열발생 전후의 구속판 변형

E_s : 구속판의 탄성계수(2.1×10⁶kgf/cm²로 가정), A_s : 구속판의 단면적(cm²), A_c : 콘크리트의 단면적(cm²)

- 실 구속율(%)=구속인장변형(ϵ_t)/자유수축변형(S_t) 또는,

$$\text{실 구속율} = \frac{\text{각 측정시점에서의 구속인장변형} - \text{건조개시시점에서의 자유수축변형}}{\text{각 측정시점에서의 자유수축변형}} \times 100(\%)$$



실험결과 각 섬유 종류 및 혼입율에 관계없이 구속건조일수가 22일~32일에서 실구속율은 68~74%의 범위에서 균열이 발생되었으며, 각각의 섬유의 종류와 혼입율에 따른 일관적인 경향은 분석되지 않는다.

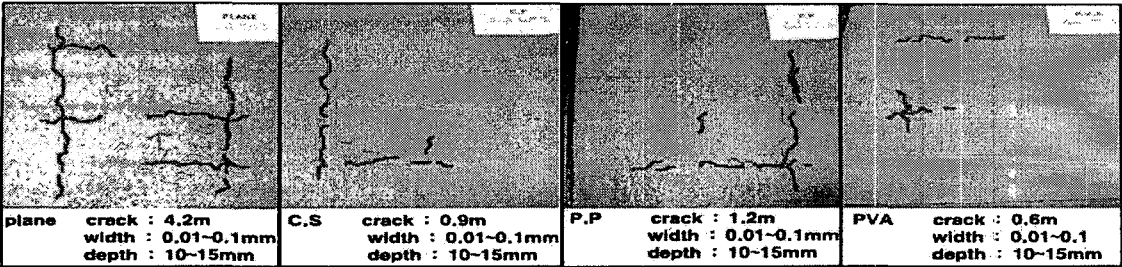
즉, 건조수축저감을 위한 섬유의 혼입에 있어서는 섬유의 종류와 혼입을 보다는 시공상에서 콘크리트에 섬유가 균질하게 분산되도록 하는 것이 무엇보다도 주요한 것으로 사료된다. 즉, 각 종류의 섬유는 혼입율이 감소되더라도 균질성이 확보되면 경제성과 목표품질을 고려하여 혼입율을 적게하여 적용하는 것도 유효하다고 할 수 있다.

2.3 콘크리트 소성수축 실험

2.3.1 실험계획

콘크리트 구조물에 가장 많이 발생하는 균열인 건조 및 소성 수축균열의 제어성능을 상호 비교하기 위하여 100*100cm의 강재거푸집에 구속조건을 위하여 D13*300 간격으로 철근 배근을한뒤에 온도

28±3℃에 습도40±5% 풍속4.5~5m/sec 의 양생조건에서 현장에서 널리쓰이는 25-24-15 규격 콘크리트에 각 섬유(CF:1.2kg/m³, PP1.2kg/m³, PVA0.9kg/m³)를 첨가하여배합한 콘크리트를 타설하여 초기에 발생하는 건조수축,소성,침강균열의 발생을 유도하여 비교하였다.



2.3.2 실험결과

구분	PLANE	C.F	P.P	P.V.A
균열면적	4.2cm ²	0.9cm ²	1.2cm ²	0.6cm ²
균열감소율	0%	79%	72%	86%

실험결과 대부분의 균열은 철근이 배근되어있는 콘크리트 표면에 일어나는 전형적인 침강균열의 형상을 하고 있었으며 침강균열 주변으로 소성 수축균열의 형상을 한 미세 균열이 발생하였다. 또한 균열의 발생빈도를 보았을때 섬유보강 콘크리트가 일반콘크리트보다 월등하게 균열이 적게 발생하는 것을 알수있으며 그중에서도 PVA, CF의 균열제어 성능이 상대적으로 PP섬유보다는 낫은 것으로 나타났다. 여기서 PVA와 CF와의 균열제어성능에 관한 것은 콘크리트 배합상에서 각 섬유가 콘크리트 혼합물에 어느것이 더 균일하게 분산되었는가에 따라 영향을 받는 것으로 판단된다.

3. 현장적용

3.1 S-PORJECT현장 SLAB부위 CF적용

위의 실험결과를 토대로하여 S-PROJECT현장의 누름 콘크리트 저감을 위해 셀룰로스섬유를 적용함에 레미콘차량 자체에서의 섬유첨가 보다는 B/P에서 굵은골재투입시 섬유를 고르게 분산시켜 주는 것이 더 좋은효과가 있는 것으로 확인되었다.

적용결과 SLAB상부 누름콘크리트에서 종전의 WIRE MASH를 사용하였을때보다 약 80%이상 표면에 생기는 균열제어 성능을 발휘한 것으로 평가되었으며 비용은 WIRE MASH를 빼고 셀룰로스 섬유로 대체하여 단가상승에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

4. 결론

- (1)소성 수축균열저감을 위한 섬유의 혼입에 있어서는 섬유의 종류와 혼입율 보다는 시공상에서 콘크리트에 섬유가 균질하게 분산되도록 하는 것이 무엇보다도 주요한 것으로 사료된다. 즉, 각 종류의 섬유는 혼입율이 감소되더라도 균질성이 확보되면 경제성과 목표품질을 고려하여 혼입율을 적게하여 적용하는 것도 유효하다고 할 수 있다.
- (2) 실험결과 친수성 섬유인 셀룰로스 섬유는 콘크리트 타설시 초기에 발생하는 소성수축균열에 저항하는 성능이 우수한 것으로 나타났으나 장기적인 건조수축 저항성능은 현재의 실험결과로는 확인할 수가 없어 향후 지속적인 현장 적용 및 수축계측을 통하여 확인할 예정이다.

참고문헌

1. 건국대학교 “콘크리트 보강제로서 셀룰로오스섬유 제조방법 개발 및 적용성에 관한 연구”외
2. 대전대학교 “친수성 셀룰로오스 섬유를 혼입한 콘크리트의 물성 및 내구성에 관한 연구”외