

製紙 슬러지 燒却滓를 活用了한 纖維補强콘크리트의 龜裂 抑制 效果†

*金 南 旭

*清州大學校 理工大學 土木環境工學科, 專任講師

Effect on the Crack Resistance of Fiber Reinforced Concrete using Incinerated Paper Mill Sludge Ash†

*Nam-wook Kim

*Department of Civil and Environmental Engineering, Cheongju University, Full-time Lecturer

요 약

본 연구는 아직까지 활용실적이 적은 제지슬러지소각재를 대량으로 활용할 수 있는 방법을 도출하기 위하여 제지슬러지소각재를 시멘트의 대체재로 사용하고자 하였다. 또한 제지슬러지소각재 대체 시 나타나는 단점인 수화열 및 흡수율의 증가로 인한 수축균열을 폴리프로필렌섬유 및 셀룰로오스섬유를 혼입하여 이에 대한 제어효과를 고찰하여 제지슬러지소각재의 시멘트 대체재로서의 활용가능성을 규명하였다.

주제어 : 제지 슬러지 애쉬, 균열 제어, 섬유보강콘크리트, 셀룰로오스 섬유, 폴리프로피렌 섬유

This study was intended to use an incinerated paper mill sludge ash as cement alternatives in order to derive a method of utilizing the incinerated paper mill sludge ash of low utilization rate in large quantities. Also, the utilization possibility of incinerated paper mill sludge ash as the cement alternative was examined by mixing a polypropylene fiber and cellulose fiber and by considering its control effect for shrinkage cracks caused by an increase of absorption rate and hydration heat, as a weakness shown at the alternation of incinerated paper mill sludge ash.

Key words : Incinerated paper mill sludge ash, crack resistance, fiber reinforced concrete, cellulose fiber, polypropylene fiber

1. 서 론

산업 및 도시의 발달과 더불어 배출되는 폐기물의 발생량은 해마다 기하급수적으로 증가하고 있으며 이로 인해 환경오염과 관련된 많은 문제점들을 야기 시키고 있는데, 현재 국내·외적으로 폐기물의 처리 및 감소에 관련한 여러 가지 기술 개발과 연구가 활발히 진행되고 있다.¹⁾

국내의 경우, 산업 활동의 다양성에 따라 각 종의 폐기물이 발생하고 있는데, 앞으로는 대량으로 배출되는 폐기물들의 매립이나 해양 투기 등에 대한 규제가 보다 더 엄격히 적용될 것으로 예상되는데, 폐기물 중 특히

다량 배출되는 슬러지 소각재에 대한 처리가 무엇보다 시급한 실정이다. 여러 가지 경로로 배출되는 슬러지 중에서 제지공장에서 발생하는 슬러지의 양은 2005년 현재 연간 125만톤이며, 이를 800~900°C에서 소각시킨 것을 제지 슬러지 소각재(Incinerated Paper Mill Sludge Ash, 이하 PSA)라 하며 연간 80만톤 정도가 발생하고 있다. 한편, 이외에 소각하지 않은 슬러지 상태로는 연간 45만톤 이상이 배출되고 있으나 현재 그 처리방법으로는 거의 매립에 의존하고 있는 실정이다.²⁾ 발생된 PSA의 경우, 시멘트 클링커 제조시 중량재료로 이용되고 있으나 대형 제지공장을 제외한 중소 제지공장의 경우에는 슬러지 소각 시 적절한 소각 온도를 지속적으로 유지하지 못하는 경우가 있어 이에 대한 적절한 처리방안이 요구되고 있다. 또한 일부의 경우 PSA에 II형 무

† 2008년 2월 4일 접수, 2008년 6월 5일 수리

*E-mail: concrete@cju.ac.kr

Table 1. Physical properties of PSA

Items	Specific gravity	Blain (cm ² /g)	Average particle size (μm)	pH	Melting point (°C)
Result	2.51	3,410	20.52	12.2~12.7	1350

Table 2. Chemical properties of PSA

Items	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MgO	SO ₃	Ig.Loss
Result	29.4%	10.9%	6.3%	51.8%	2.1%	6.1%	1.4%	0.17%

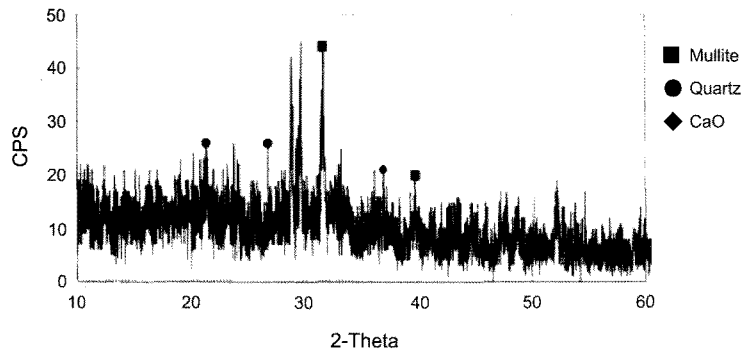


Fig. 1. XRD analysis of PSA.

수석고를 주성분으로 하여 실리카 흙, 플라이 애쉬 및 고로슬래그 미분말 등의 포졸란 물질을 혼합하여 제조되고 있는데 이 경우 단가가 비싸고 별도로 분쇄하여야 하는 단점이 지적되기도 된다. 한편 PSA 자체의 물성적 특징으로는 기존연구에서 재령 초기에 높은 수화열이 발생하며 흡수율이 커 건조수축을 증가시키는 단점 등이 지적되고 있다.³⁾

따라서 본 연구에서는 매년 발생량이 증가하고 있는 PSA의 대량 재활용을 위하여 콘크리트 제조 시 시멘트 대체재료로서 사용하고자 하였으며 PSA 혼입시 발생하는 단점인 수축균열을 제어하기 위하여 폴리프로필렌섬유(이하 PP섬유) 및 셀룰로오스섬유(이하 CL섬유)를 첨가하여 섬유종류에 따른 균열 제어 효과를 고찰하였다.⁴⁾ 또한 콘크리트의 대표적인 혼화제인 플라이 애쉬(이하 FA)와의 효과를 비교하고자 재령에 따른 강도시험 및 균열 저항성 평가 등을 실시하여 그 결과를 고찰하였다.

2. 사용재료 및 시험체 제작

2.1. 사용재료

2.1.1. 제지 슬러지 소각재 (PSA)

본 연구에서 사용한 PSA는 전북소재 제지회사의 소

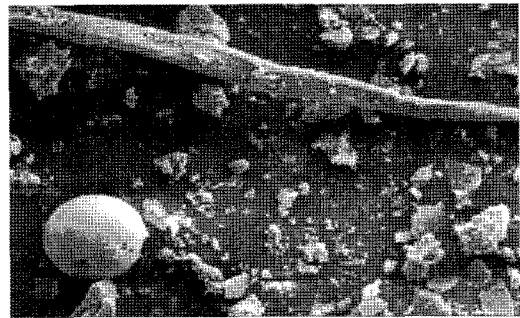


Fig. 2. SEM photo of PSA (×100).

각로에서 발생한 PSA를 사용하였는데 물리적 및 화학적 특성은 Table 1 및 Table 2와 같다.⁵⁾ Table에서 보는 바와 같이 본 연구에서 사용된 PSA의 비중은 2.51로 일반적인 보통 포틀랜드시멘트(OPC)의 비중인 3.14정도와 비교할 때 약간 낮았으나 분말도는 거의 비슷한 수준이었다. 또한 폐기물공정시험법에 의해 측정된 pH는 약 12.2~12.7 정도로 OPC와 유사하여 시멘트 대체재료로서의 활용 가능성은 충분할 것으로 판단된다.

한편, XRD 및 SEM 분석은 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다.⁶⁾ XRD분석 결과에서 보는바와 같이, PSA의 결정구조는 Mullite(3Al₂O₃ · 2SiO₂) 및 Quartz 성분(SiO₂)이

주성분이며, 기타 CaO성분이 나타나 OPC의 결정구조와 유사함을 알았다.

또한, SEM분석 결과, 표면이 매끄러운 구형입자 및 판상 모양의 입자 등을 관찰할 수 있었는데 구형입자의 형태는 일반적인 플라이 애쉬의 형태와 유사한 것으로 콘크리트 배합 시 불베어링 효과를 유도해 유동성 증가를 통한 단위수량 감소 효과를 나타낼 수 있다.

2.1.2 플라이 애쉬(FA)

플라이애쉬는 보령 화력발전소산 유연탄 플라이 애쉬를 사용하였으며 품질 특성은 다음의 Table 3과 같다.

2.1.3 섬유

본 연구에서는 PSA 혼입시 콘크리트에서 나타나는 초기 수화열의 증가 및 높은 흡수율로 인한 수축 균열

현상을 제어하고자 폴리프로피렌 섬유(이하 PP섬유) 및 셀룰로오스 섬유(이하 CL섬유)를 혼입하였으며, 이 들 각 섬유의 특성은 다음 Table 4와 같다.

2.2. 시험체 제작

본 연구에서의 배합조건은 물시멘트비 42%, 잔골재를 40% 및 목표 슬럼프 80±20mm 이며 설계기준강도는 30MPa로 하였다. 또한, PSA의 대체율은 일반적으로 적정치로 알려진 시멘트 중량의 10%로 혼입하였으며 또한 기존연구에서 수축균열의 제어효과가 입증된 PP섬유 및 CL섬유의 혼입율을 달리하여 제작 된 PSA 대체 콘크리트의 균열제어 특성을 비교·분석하기 위해 총 9가지 형태의 시험체를 제작한 후 각각 28일 및 90일 동안 수중양생을 실시하였다.⁵⁾

한편, 각 시험체의 종류 및 기호 설명은 Table 5에 콘

Table 3. Characteristics of fly ash

Items	Ignition loss (%)	Blain (cm ² /g)	Specific gravity	SiO ₂ (%)	Moisture (%)
Result	3.75	3,084	2.11	59.7	0.11

Table 4. Characteristics of used fibers

Kinds	Length (mm)	Specific gravity	Tensile strength (Mpa)	Elastic modulus (Gpa)
Polypropylene fiber	19	0.9	2.68	20
Cellulose fiber	25	1.5	6.68	25

Table 5. Kinds of specimens

Kinds	Notation	Cement (%)	PSA (%)	FA (%)	PP (%)	CL (%)
A	Plain	100	0	0	0	0
B	PSA10%	90	10	0	0	0
C	FA10%	90	0	10	0	0
D	PSA10%+PP0.05%	90	10	0	0.05	0
E	PSA10%+PP0.10%	90	10	0	0.10	0
F	PSA10%+PP0.15%	90	10	0	0.15	0
G	PSA10%+CL0.05%	90	10	0	0	0.05
H	PSA10%+CL0.08%	90	10	0	0	0.08
I	PSA10%+CL0.10%	90	10	0	0	0.10

*PSA : 제지슬러지 애쉬
*PP : 폴리프로피렌 섬유

*FA : 플라이 애쉬
*CL : 셀룰로오스 섬유

Table 6. Mixing design

Kinds	PSA (%)	FA (%)	PP (%)	CL (%)	W/C	S/a	Slump (mm)	Proportions by unit volume(kg/m ³)					
								W	C	S	G	Ash	Fiber
A	0	0	0	0	42	40	80±20	156	371	713	987	-	-
B	10	0	0	0	42	40	80±20	156	334	709	981	37	-
C	0	10	0	0	42	40	80±20	156	334	695	962	37	-
D	10	0	0.05	0	42	40	80±20	156	334	709	981	37	0.45
E	10	0	0.10	0	42	40	80±20	156	334	709	980	37	0.9
F	10	0	0.15	0	42	40	80±20	156	334	709	980	37	1.35
G	10	0	0	0.05	42	40	80±20	156	334	709	980	37	0.75
H	10	0	0	0.08	42	40	80±20	156	334	709	980	37	1.2
I	10	0	0	0.10	42	40	80±20	156	334	708	980	37	1.5

크리트 시험체 제작을 위한 배합설계는 Table 6과 같다.

여기서, L_0 : 기준길이

X_0 : 기준으로 한 시점에서의 측정치

X_i : 계획재령 시점 i 에서의 측정치

3. 시험방법

3.1. 압축강도시험

압축강도시험은 $\Phi 150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ 의 원주형 몰드를 제작하여 KS F 2405 규정에 따라 실시하였으며, 재령 28일 및 90일의 압축강도를 측정하여 각 시험체 및 재령에 따른 결과를 비교 분석하였다.

3.2. 건조수축 길이변화 시험

건조수축 길이변화 시험은 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트 길이 변화 시험방법) 규정에 의거 다이얼 게이지(최소눈금 0.01 mm)를 이용한 방법으로 재령 1주, 4주 및 8주에서의 길이 변화율을 측정하여 다음의 식 (1)로부터 길이 변화율(%)을 구하였으며, PSA의 첨가로 인해 증가되는 건조수축을 섬유 혼입으로 제어하기 위하여 PP섬유 및 CL섬유를 첨가하여 비교 변수로 사용하였다.

제작된 시험체는 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 60%가 유지된 상태에서 항상 시험체 받침대의 동일위치에 놓도록 세심한 주의를 기울여 측정하였다. 측정방법은 시험체를 받침대 위에 올려놓고 시험체 윗면의 플러그에 측정대의 접점과 접촉시켜 놓은 후 수직 조정핸들 및 수평 조정핸들을 조작하여 다이얼게이지의 스프링 선단이 시험체 측에 일치시켜 움직이도록 하였다.

$$\text{길이변화율}(\%) = \frac{X_i - X_0}{L_0} \times 100 \quad (1)$$

3.3. 소성수축균열 제어 특성 평가

소성수축균열이란 콘크리트가 타설 된 직후 아직 경화되지 않은 상태에서 갑자기 낮은 습도의 대기나 바람에 노출됨으로써 콘크리트 표면에 발생하는 균열을 말한다. 소성수축균열에 관련한 표준시험방법이 없는 관계로 이와 관련된 연구는 인위적으로 소성수축균열을 극심하게 유발시킬 수 있는 조건으로 시험을 실시하는데, 대부분 1980년대 Kraai에 의해서 수행된 판형 시험체를 이용한 시험방법이 이용되고 있다.⁵⁾

본 연구에서도 Kraai의 시험방법을 참고로 하여 크기 $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 의 판형 시험체를 제작한 후 건조조에서 24시간 동안 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 의 온도를 가하여 콘크리트표면을 급속히 건조시켜 균열을 유발하였다. 본 연구에서는 PSA 및 섬유 보강을 통한 균열제어 효과를 평가하기 위하여 최대 균열폭, 균열 길이 및 균열면적 계산을 이용하였다. 콘크리트 타설 직후 판형 시험체에 온도를 가하면 시험체의 표면에는 시간의 경과에 따라 점차적으로 균열이 발생한 후 전파된다. 본 연구에서는 소성수축균열이 종료되는 일반적인 기준인 24시간 동안 시험체의 표면부를 육안 관찰한 후 발생된 균열의 폭 및 길이를 측정하여 이로부터 최대 균열 폭, 길이 및 최대 폭을 이용한 계산결과로부터 균열면적을 도출하였다.

4. 시험결과 및 고찰

4.1. 압축강도 시험 결과

4.1.1. 재령 28일에서의 압축강도

콘크리트의 강도특성은 콘크리트의 품질을 평가하는 기본적인 특성으로서 재령 28일의 경우 PSA를 대체한 콘크리트의 강도는 OPC 콘크리트 대비 0.98이었으며, FA를 혼입한 콘크리트는 거의 비슷한 수준의 강도를 보였다. 한편, PSA 및 PP섬유를 첨가한 콘크리트의 강도

는 섬유혼입률에 따라 다소 차이는 있으나, OPC 콘크리트 대비 0.93~0.98 정도로 나타났으며, PSA 및 CL 섬유를 첨가한 콘크리트의 강도는 OPC 콘크리트 대비 0.94~0.98 정도로 나타났는데 이는 기존의 연구경향과 유사하였다. 따라서 압축강도시험 결과 PSA 혼입시는 OPC 콘크리트와 동등 수준이었고, PSA 및 섬유를 혼입한 경우 약간의 강도의 저하는 보였으나 전반적으로 큰 차이는 없음을 알 수 있었다.

Table 7. Results of compressive test at 28 days

Kinds	Notation	Compressive strength (MPa)	Relative Compressive strength ratio
A	OPC	35.11	1.00
B	OPC+PSA10%	34.39	0.98
C	OPC+FA10%	35.68	1.02
D	OPC+PSA10%+PP0.05%	34.18	0.97
E	OPC+PSA10%+PP0.10%	34.40	0.98
F	OPC+PSA10%+PP0.15%	32.54	0.93
G	OPC+PSA10%+CL0.05%	34.04	0.97
H	OPC+PSA10%+CL0.08%	34.82	0.99
I	OPC+PSA10%+CL0.10%	33.08	0.94

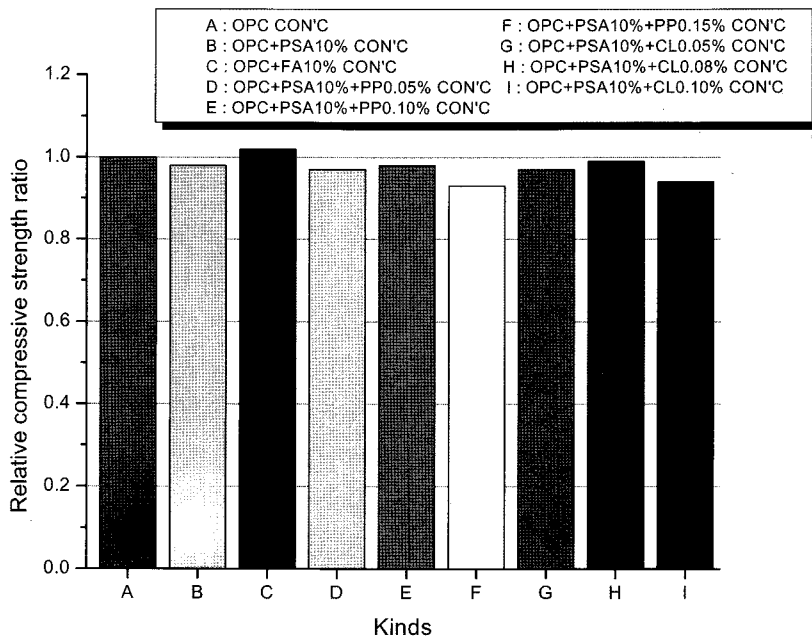


Fig. 3. Relative compressive strength ratio (28 days).

4.1.2 재령 90일에서의 압축강도

재령 90일에서 PSA를 대체한 콘크리트의 압축강도는 OPC 콘크리트 강도 대비 1.01 정도였으며 FA를 첨가한 콘크리트의 경우는 OPC 콘크리트강도 대비 1.03정도로 나타났는데, FA의 경우 포졸란 반응을 통한 콘크리트 내부의 공극충진 효과로 재령의 증가에 따라 압축강도가 미소하나마 증가된 것으로 판단된다. 위의 결과로 볼 때 PSA의 경우 FA에 비해 강도증진률은 낮았으나 대체에 다른 품질의 저하는 나타나지 않아 제조시에 품질을 더욱 향상시킨다면 FA와 같은 포졸란계 재

료로서 이용이 가능 할 것으로 판단된다.

한편, PSA 및 PP섬유를 혼입한 콘크리트의 강도는 OPC 대비 0.94~0.97로 나타났으며 PSA 및 CL섬유를 첨가한 콘크리트의 강도는 OPC 콘크리트 대비 0.92~0.97로 나타나 28일 재령시와 거의 유사한 경향을 보여 섬유의 혼입으로 재령의 증가에 따른 강도 증진효과는 없는 것으로 판단된다.

4.2. 건조수축 길이 변화시험 결과

본 연구에서는 PSA 대체 시 발생하는 단점인 수축

Table 8. Results of compressive test at 90 days

kinds	Notation	Compressive strength (MPa)	Relative Compressive strength ratio
A	OPC	39.38	1.00
B	OPC+PSA10%	39.65	1.01
C	OPC+FA10%	40.69	1.03
D	OPC+PSA10%+PP0.05%	36.83	0.94
E	OPC+PSA10%+PP0.10%	37.99	0.96
F	OPC+PSA10%+PP0.15%	36.95	0.94
G	OPC+PSA10%+CL0.05%	37.42	0.95
H	OPC+PSA10%+CL0.08%	38.20	0.97
I	OPC+PSA10%+CL0.10%	36.04	0.92

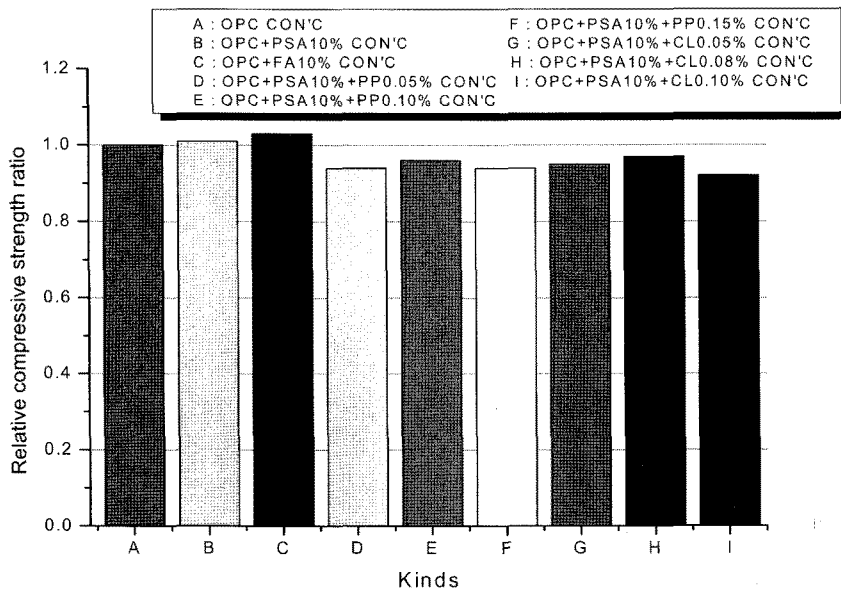


Fig. 4. Relative compressive strength ratio (90 days).

Table 9. Results of drying shrinkage test

Kinds	1 Week	4 Weeks		8 Weeks		1~8 Weeks
	Measured value of Gage (mm)	Measured value of Gage (mm)	(1~4Weeks) Length Variation (%)	Measured value of Gage (mm)	(1~4Weeks) Length Variation (%)	Total Length Variation (%)
A	1.074	0.966	-0.0300	0.942	-0.0067	-0.0367
B	2.315	2.175	-0.0389	2.161	-0.0039	-0.0428
C	1.619	1.524	-0.0264	1.505	-0.0264	-0.0317
D	1.522	1.406	-0.0322	1.386	-0.0322	-0.0378
E	1.600	1.489	-0.0308	1.475	-0.0308	-0.0347
F	1.441	1.341	-0.0278	1.329	-0.0278	-0.0311
G	1.543	1.436	-0.0298	1.416	-0.0298	-0.0353
H	1.608	1.516	-0.0256	1.503	-0.0256	-0.0292
I	1.699	1.600	-0.0275	1.587	-0.0275	-0.0311

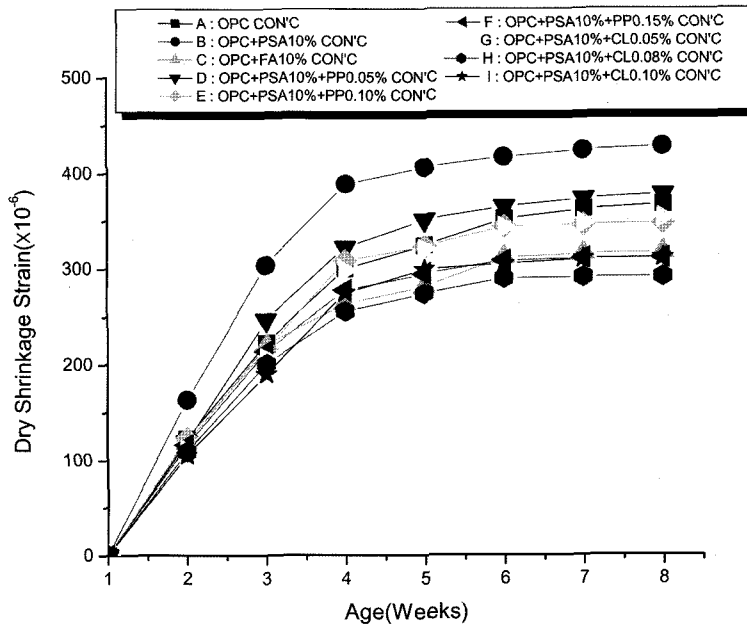


Fig. 5. Length variation of drying shrinkage according to ages.

량의 증가를 제어하기 위하여 PSA를 시멘트 사용량의 10%로 대체한 후 섬유 종류 및 혼입량을 달리하여 시험체를 제작한 후 KSF 2424에 의거 재령 1~8주까지 측정된 길이변화율을 Table 9 및 Fig. 5에 나타내었다. 결과로부터, PSA를 대체한 콘크리트의 경우 OPC 콘크리트 보다 건조수축길이가 증가되는 경향을 보였는데, 이는 PSA가 흡수율이 큰 원인 때문인 것으로 판단된다. FA를 대체한 콘크리트의 경우 OPC 콘크리트

보다 건조수축길이가 다소 감소하는 경향을 보였는데 이는 FA의 입자의 특성으로 인한 포졸란 반응이 초기 수화반응의 지연에 기인한 것으로 판단되었다. 따라서, 이러한 경향으로부터 PSA 및 FA를 혼합 사용할 수 있는 연구의 가능성이 고려되어지며, 추후 이 부분에 대한 지속적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

한편 PSA를 대체한 콘크리트에 섬유를 혼입한 경우, 섬유의 혼입을 및 종류에 따라 다소의 차이는 있으나,

건조수축균열에 대한 제어효과가 있는 것으로 확인되었는데 섬유 종류로는 PP섬유의 혼입보다 CL섬유의 혼입이 PSA를 치환한 콘크리트의 건조수축 감소에 좀더 효과적인 것으로 나타났다. 또한, 섬유의 혼입율의 경우 PP섬유는 0.1%에서, CL섬유는 0.08%에서 가장 효과적 이었는데 이는 섬유가 전체 콘크리트 매트릭스에서 차지하는 유효율 및 섬유의 뭉침현상 등이 관여해서 나타난 것으로 기존 섬유보강콘크리트의 연구동향과 유사한 결과를 나타내고 있다.

4.3. 소성수축균열 시험 결과

본 연구에서는 콘크리트의 타설 직후 경화되기 전 소성상태에 있을 때 급격한 수분의 증발에 의해서 발생하는 소성수축균열에 대해서 PSA를 대체한 콘크리트에 압축강도시험 및 건조수축 길이변화시험을 통해 나타난 PP섬유의 적정 혼입률인 0.1% 및 CL섬유의 적정 혼입

를 0.08%를 혼입하여 소성수축균열제어 특성을 평가하였다. 따라서 이를 위하여 본 연구에서는 기존 문헌을 참고로 크기 500 mm×500 mm×50 mm의 판형 시험체를 제작한 후 건조로에서 24시간 동안 105±5°C의 온도를 가하여 콘크리트 표면을 급속히 건조시켜 균열을 유발시킨 후 측정된 균열의 폭, 길이 및 면적으로 소성수축균열 제어 특성을 평가하여 이를 Table 10 및 Fig. 6~Fig. 8에 나타내었다.

결과로 부터 OPC 콘크리트에 발생한 균열의 최대 균열 폭은 0.3 mm 이었으며, PSA를 대체한 콘크리트의 경우 0.6 mm의 균열이 발생하였다. 또한 총 발생한 균열의 길이 및 면적 또한 PSA를 대체한 콘크리트가 OPC 콘크리트에 비해 각각 1.40 및 2.76배 정도 증가하는 것으로 고찰되었다. 이는 PSA를 대체한 콘크리트가 OPC 콘크리트에 비해 초기 수화열 및 흡수를 등이 높아 콘크리트가 건조 혹은 냉각될 때 균열이 더욱 유

Table 10. Results of plastic shrinkage test

Kinds	Notation	Max. crack width (mm)	Relative ratio	crack length (mm)	Relative ratio	Crack area (mm ²)	Relative ratio
A	OPC	0.30	1.00	1175	1.00	147.75	1.00
B	OPC+PSA10%	0.60	2.00	1649	1.40	407.50	2.76
C	OPC+FA10%	0.25	0.83	831	0.71	101.55	0.69
E	OPC+PSA10%+PP0.10%	0.20	0.67	809	0.69	95.85	0.65
H	OPC+PSA10%+CL0.08%	0.20	0.67	601	0.51	72.00	0.49

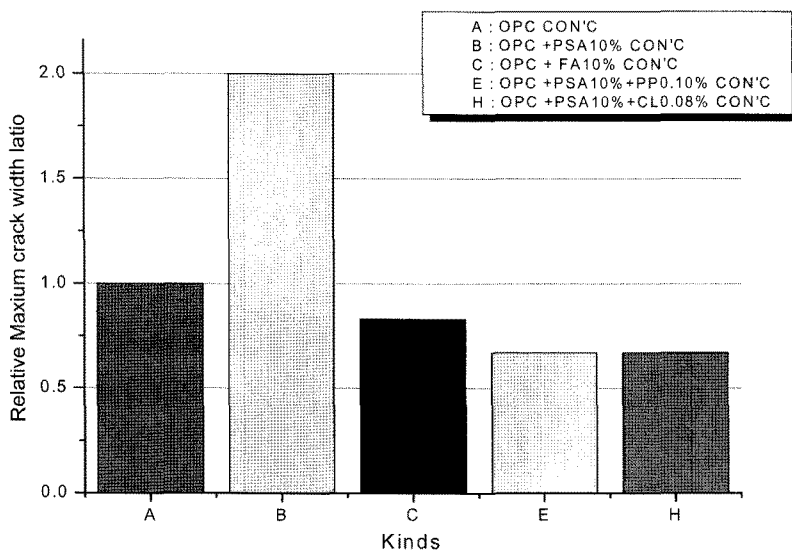


Fig. 6. Results of calculated maximum crack width.

발된 것으로 판단된다.

그러나 섬유를 혼입한 콘크리트의 경우, PP섬유를 0.1% 혼입한 콘크리트 및 CL섬유를 0.08%를 혼입한 콘크리트에서 모두 최대 균열 폭이 0.2mm로 나타나, 섬유의 혼입으로 균열이 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 PP섬유를 혼입한 콘크리트의 경우, OPC 콘크리트

의 상대적인 비율 대비 균열 면적은 0.65, 균열 총길이는 0.69로 나타났으며, CL섬유를 혼입한 콘크리트의 경우 균열 면적은 0.49, 균열 총길이는 0.51로 나타나 섬유의 종류로는 CL섬유를 혼입한 경우가 PP섬유를 혼입한 경우보다 균열 제어에 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 CL섬유가 시멘트와 친수성으로 인하여 콘

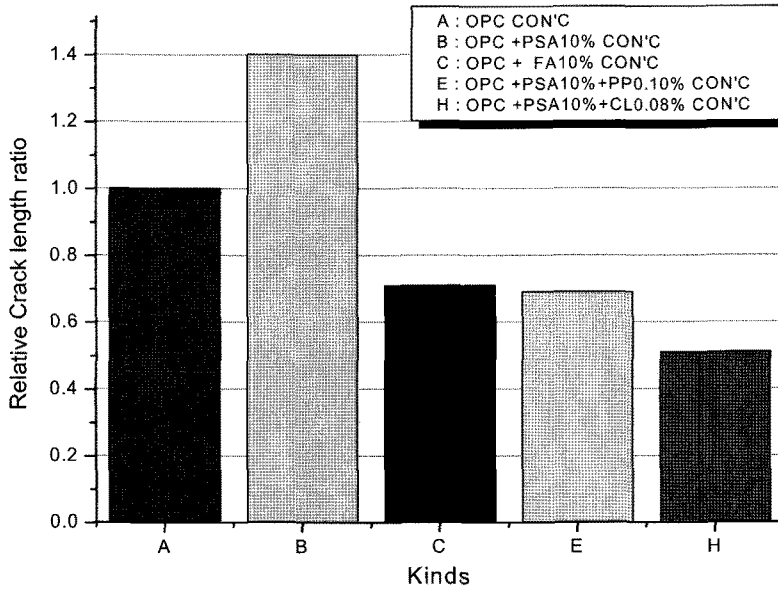


Fig. 7. Results of calculated crack length.

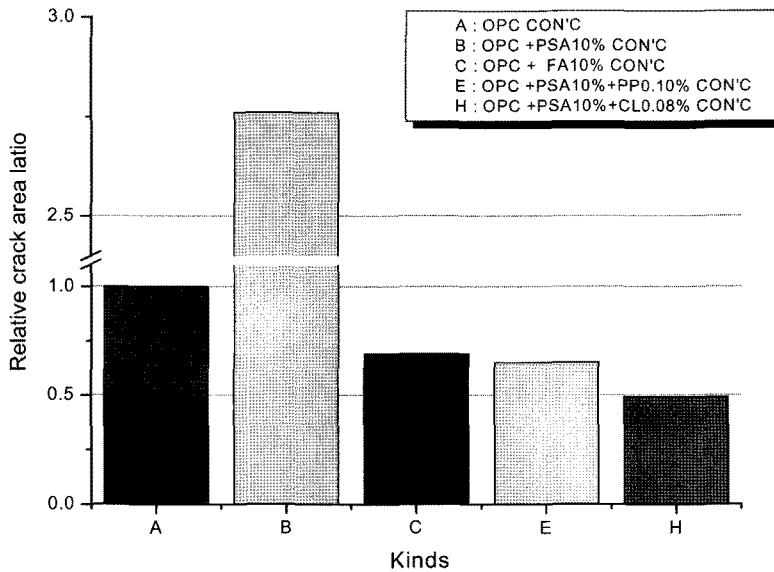


Fig. 8. Results of calculated crack area.

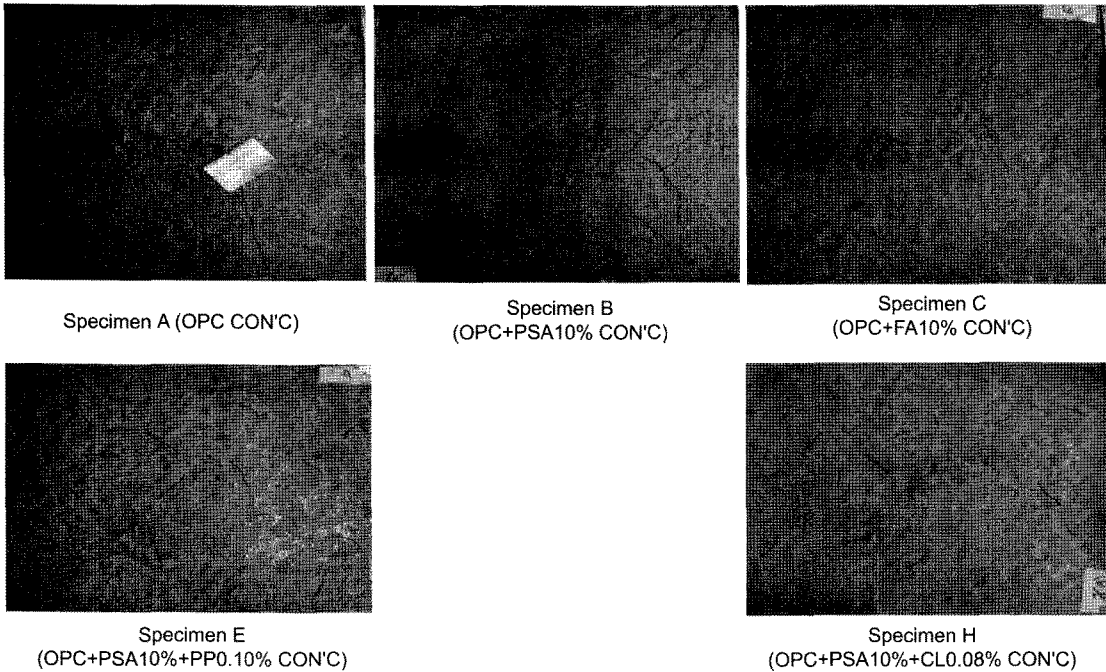


Fig. 9. Appeared plastic shrinkage crack in each specimen.

크리트 매트릭스와 초기 부착능력이 뛰어나고, 단위 면적당 차지하는 섬유 수가 많으므로 섬유의 유효면적이 커서 상대적으로 PP섬유보다 균열 제어 효과가 크게 나타난 것으로 판단된다. 한편 Fig. 9는 각 시험체에 발생된 균열을 나타내고 있다.

5. 결 론

본 연구는 제지슬러지소각재를 시멘트의 대체재로 사용하고자 하였으며, 이에 따른 단점을 개선하고자 섬유를 혼입한 콘크리트를 제작 하여 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 압축강도는 플라이 애쉬를 대체한 콘크리트의 경우 일반콘크리트보다 약간 증가하였으며, 제지슬러지소각재 대체 콘크리트 및 제지슬러지소각재 및 섬유 혼입 콘크리트의 경우는 일반콘크리트보다 약간 감소하는 경향을 나타내었으나, 그 감소율은 미소하였다.

(2) 건조수축 길이변화는 제지슬러지소각재 대체 콘크리트의 경우, 일반 콘크리트보다 증가되었으나 섬유 혼입시 제지슬러지소각재만을 대체한 경우보다 감소한 것으로 나타나 섬유혼입이 제지슬러지소각재 대체 콘크리트의 건조수축길이 감소에 효과적임을 알 수 있었다.

(3) 제지슬러지소각재를 대체한 콘크리트의 경우, 일반 콘크리트에 비해 균열 폭, 길이 및 면적 등이 현저히 증가되었으나 섬유를 혼입함으로써 모든 항목에서 일반콘크리트보다 감소하여 섬유의 혼입이 제지슬러지소각재 대체 콘크리트의 균열제어에 효과적임을 알 수 있었다.

(4) 제지슬러지소각재를 시멘트 대체재로 활용한 콘크리트에 섬유를 혼입함으로써 제지슬러지소각재 대체 콘크리트의 단점인 수축균열을 감소시켜 개선시킬 수 있었으며 섬유의 종류로는 셀룰로오스섬유가 효과적으로 판단된다.

참고문헌

1. 한국폐기물학회, 2006 : 2006년 폐기물 정보총람, pp. 15-28.
2. 한국제지공업연합회, 2005 : 제지산업 폐기물 발생 및 처리현황 보고서, pp. 27-46.
3. Elsevier science, 2001 : Utilization of paper waste sludge in the building construction industry
4. P. Soroshian and M. Faiz, 1995 : Plastic Shrinkage Cracking of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete, ACI Materials Journal, September-October pp. 553-560.

5. 정명일, 2005 : 제지슬러지소각재를 활용한 콘크리트의 균열제어 효과에 관한 시험적 연구, 전북대학교 대학원 공학석사 학위논문.
6. 주소영 외, 2003 : 시멘트 혼화재로서 제지슬러지 소각재의 재활용 특성, 대한위생학회지, 제18권 제2호, pp. 34-41.

金 南 旭

- 현재 청주대학교 토목환경공학과 교수
 - 당 학회지 제 17권 1호 참조
-

學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解説	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解説, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調査의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解説하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外的 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隨霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 掲載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.