

C-07

톱밥 혼입콘크리트 화재 온도 특성

조병현, 홍승렬*, 손기상
서울산업대학교 안전공학과 · 대림산업(주)*

Fire temperature Characteristic of Sawdust-Mixing Concrete

CHO Byung Heon · HONG Seung Ryeol* · SON Ki Sang

Dept. of Safety Engineering Seoul National University of Technology · Daelim Industrial Co. Ltd.

1. 서론

연간 폐목재 발생량은 1000만m³로 추정하고 있고 우리나라 1년 총 목재 사용량의 40% 수준인 것으로 조사되고 있다. 이처럼 폐목재의 활용이 절실한 시기에 폐톱밥을 이용하여 콘크리트에 적용하므로써 그 특성을 알아보고자 한다.

그동안 톱밥을 콘크리트에 적용하는 것은 강도적 측면에서 현 구조물에 적용할 수 없을 것으로 판단되어지기 때문에 다른 폐자재를 사용한 연구는 많았으나 톱밥을 혼입한 콘크리트는 거의 없었다.

이에 재활용을 이용한다는 측면과 아직까지 톱밥을 콘크리트에 적용한 연구가 없었던 측면에서 본 논문이 의의가 클 것으로 사료된다.

본 연구에서는 5mm체에 거른 폐톱밥만을 콘크리트에 적용하여 콘크리트의 강도적 특성, 고온을 받았을때의 강도적특성, 구조체의 강도 특성, 열전도특성을 실험하여 톱밥과 콘크리트의 관계 또한 건축물에 적용가능성과 톱밥콘크리트의 특성에 대한 연구를 제시하여 앞으로 기본자료를 제공하는데 연구의 목적을 둔다.

콘크리트강도는 가장많이 사용하는 180kg/cm², 210kg/cm², 240kg/cm², 270kg/cm²의 각 강도별로 폐톱밥의 양에 따라 Normal, 0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0%, 1.2%, 1.4%, 1.6%, 1.8%, 2.0%로 총 13가지 비율로 나누어 공시체를 제작하였다. 이 배합이 나온 배경은 폐톱밥을 이용한 기존에 실험을 해본 결과 강도적 측면을 기준으로, 0%~0.2%까지 압축강도값이 급격히 하락하였기에 그 부분을 좀 더 세분화 시켰으며, 2.0%이상의 혼합 비율은 사실상 강도값으로서 의미가 없었으며 배합에 있어서도 어려움이 있기에 제외시켰다.

콘크리트 고온에 있어서는 내화시험방법(KS F 2257)에 의한 표준화재온도곡선을 참조하여 온도영역을 200℃, 400℃, 600℃의 범위로 하고 각 온도에서의 노출 시간을 1시간동안 유지한 후 냉각시켜 콘크리트 압축강도를 조사 연구한다.

2. 실험계획

2.1 실험개요

본 실험은 폐톱밥의 양을 비율별로 혼입한 공시체를 제작하여, 폐톱밥 혼입콘크리트의 특성변화를 규명하는데 그 목적을 두고 있으며, 이에 따라 압축강도(KS F 2405)시험, 인장강도(KS F2423)시험, 내화시험방법(KS F 2257)시험을 실시하여 그 측정값을 폐톱밥이 혼입되지 않은 일반 콘크리트의 측정값과 비교, 분석하는데 있다.

2.2 배합설계

폐톱밥이 혼입된 콘크리트의 최적의 배합을 위해서 배합설계는 D레미콘 회사의 배합표를 이용하여 아래와 같은 표로 배합하는 것으로 하였고, 잔골재와 굵은골재 및 혼화재 또한 실제 D레미콘 회사에서 사용하는 것을 사용하므로써 최소한의 오차도 줄이려고 노력하였다.

Table 1. 콘크리트 배합표

강도-슬럼프	W/C	C	W	G	S	ad.	total
180-15	64.7	284	184	921	900	1.23	2291
210-15	57.2	318	182	938	861	1.59	2297
240-15	52.3	344	180	942	838	1.72	2302
270-15	48.2	371	179	947	811	1.86	2308

(단위 : kg)

Table 2. 톱밥 배합표

	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
180	1.14	2.29	4.58	9.16	13.74	18.32	22.91	27.49	32.07	36.65	41.23	45.82
210	1.14	2.29	4.59	9.18	13.78	18.37	22.97	27.56	32.15	36.75	41.34	45.94
240	1.15	2.30	4.60	9.20	13.81	18.41	23.02	27.62	32.22	36.83	41.43	46.04
270	1.15	2.30	4.61	9.23	13.84	18.46	23.08	27.69	32.31	36.92	41.54	46.16

(단위 : kg)

2.3 실험방법

“내화구조”라 함은 화재에 견딜 수 있는 성능을 가진 구조로서 표준화재 조건에 노출시킨 건축구조 부재의 내화성능을 측정하기 위한 시험방법으로 KS F 2257에 의한 표준화재 온도곡선을 참조하여 나타낸 표를 이용한다.

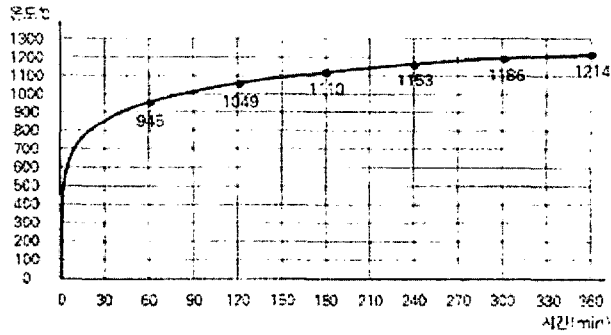


Fig 1. 내화구조의 표준가열곡선

본 연구의 시험은 위의 양생방법으로 제작된 $\varnothing 10 \times 20 \text{cm}$ 의 공시체를 이용하여 각 비율 별로 폐톱밥이 혼입된 콘크리트와 폐톱밥이 혼입되지 않은 공시체를 가스 가마에 넣고 내화 시험방법(KS F 2257)의 규정에 따라 $200^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$ 의 온도 내에서 200°C , 400°C , 600°C 3간격으로 구분하여 강도값에 따른 폐톱밥 혼입비율별로 나누어 구분하고 각 온도에 대한 노출지속시간을 1시간 이하로 노출하였다. 노출지속시간을 1시간이하로 한 후 200°C 온도에서 1시간유지, 400°C 1시간유지, 600°C 1시간유지한 후 3시간 경과로 식혀서 아직 온열이 있는 상태에서 압축강도 시험을 하는 것으로 하였다. 이 때, 가열로 내부 및 공시체 중심부 온도는 K타입 열전대(NiCr-Ni, 온도측정 범위 $-200 \sim 1370^\circ\text{C}$)를 사용하여 측정한다.



Fig 2. 가스 가마 외부모습

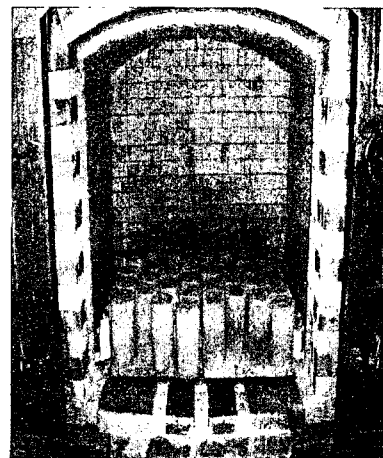


Fig 3. 가스 가마 내부모습

3. 실험결과

Table 3. 압축강도 결과

배합률 \ 강도	180kg/cm ²	210kg/cm ²	240kg/cm ²	270kg/cm ²
Normal	270.2	286.7	305.6	347.9
0.05%	261.1	259.1	269.9	336.4
0.1%	204.1	206.1	217.3	331.1
0.2%	205.7	202.3	207.5	271.1
0.4%	136	168.2	181.5	275
0.6%	109	165	159.4	208.1
0.8%	102.2	135.4	142.9	209.3
1.0%	89.6	101.9	122.8	187.2
1.2%	98.3	92.7	110.9	184.7
1.4%	95.3	52.5	63.1	137.2
1.6%	105.1	169.7	117.4	76.3
1.8%	167.9	110.5	81.3	117.8
2.0%	131.8	108.1	98.9	112.3

(단위 : kg/cm²)

Table 4. 200℃에서의 압축강도

배합률 \ 강도	180kg/cm ²	210kg/cm ²	240kg/cm ²	270kg/cm ²
Normal	223.5	238.6	251.3	279.6
0.05%	231.9	206.9	242.6	263.2
0.1%	186.1	181.6	193.8	253.3
0.2%	170.5	177.4	185.6	234
0.4%	122.4	155.8	169.1	231.5
0.6%	98.1	144.7	141.3	172.9
0.8%	92.1	110.8	132.4	189.1
1.0%	74.7	80.4	111.4	153.9
1.2%	88.4	81.7	95.3	149.4
1.4%	82.5	46.4	55	114.1
1.6%	92.2	151.8	113.8	67.3
1.8%	99.2	98.9	86.2	96.8
2.0%	118.2	85.4	56.7	91.9

(단위 : kg/cm²)

Table 5. 400℃에서의 압축강도

배합률 \ 강도	180 kg/cm ²	210 kg/cm ²	240 kg/cm ²	270 kg/cm ²
Normal	200.4	220.3	229.4	241.6
0.05%	193.4	193.8	224.4	234.3
0.1%	151.4	155.7	172.1	224.8
0.2%	118.3	135.4	151.7	187.2
0.4%	110.9	143.3	151	183.6
0.6%	85.2	113.8	118.8	127.7
0.8%	77.6	85.8	114.6	129.8
1.0%	67.1	57.1	105.3	124.1
1.2%	50.4	62.5	76.4	97
1.4%	48.2	43.5	33.1	72.2
1.6%	72.9	139.7	85.9	35
1.8%	84.5	90.9	71.1	63.8
2.0%	96.3	79.5	40.1	40.1

(단위 : kg/cm²)

Table 6. 600℃에서의 압축강도

배합률 \ 강도	180 kg/cm ²	210 kg/cm ²	240 kg/cm ²	270 kg/cm ²
Normal	183.3	180.4	214.5	225.7
0.05%	163.2	177.7	181	216.8
0.1%	138.4	144.2	131.4	204.1
0.2%	110.2	128.6	124.1	170.4
0.4%	102.4	118.4	132.6	153
0.6%	55.9	107.2	107.3	113.9
0.8%	50.7	69	69.5	114.4
1.0%	47.3	44.4	62.7	117.8
1.2%	46.8	46.8	56.3	82.8
1.4%	49.9	23.7	30	54.8
1.6%	44.1	86.7	49.3	31.3
1.8%	73.6	54.3	43	47.7
2.0%	82.6	53.9	29.2	45.9

(단위 : kg/cm²)

4. 분석

화재시험은 급격한 온도 상승으로 콘크리트 내부수분 팽창으로 인한 공시체 파괴 현상을 막기 위하여 200℃, 400℃, 600℃ 의 각 온도까지 끌어 올리는 시간을 충분히 하여서 600℃까지 자체 큰 손상이 간 공시체는 없었다.

200℃에서는 공시체 형태의 특별한 변화는 없었으며 0℃에서의 폐톱밥 혼입량보다 전체적으로 강도값이 약 20%가량 저하되었으며,

400℃에서는 공시체의 색깔이 약간 누런색을 띄었으며 캡핑부분도 약간 금이 생긴 상

태였다. 0℃에서의 폐톱밥 혼입량보다 전체적으로 강도값이 약 30%가량 저하되었으며, 600℃에서는 공시체는 검정빛 색을 띄었으며 캡핑부분이 금이 많이 생겼으며 손상부분도 많았다. 0℃에서의 폐톱밥 혼입량보다 전체적으로 강도값이 약 35%가량 저하되었으며,

200℃, 400℃, 600℃모두 0℃ 압축강도에 비해 일률적으로 강도만 저하했을 뿐 비슷한 경향(폐톱밥이 많이 혼입될수록 강도값이 하락하는 비율)을 보였으며, 온도에 따른 고강도일수록 저강도에 비해 강도의 하락되는 비율이 작았으며, 각 온도와 강도별 폐톱밥혼합비율이 높을수록 강도 하락간격이 작아짐을 보였다.

5. 결론

이상의 실험결과와 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

본 연구에서는 폐톱밥 콘크리트를 이용하여 일반 콘크리트 보다 더 나은 품질의 성능을 찾는 다기 보다는 재활용 차원으로서 더 중점을 두었고 더불어 톱밥을 첨가함으로써 일반 콘크리트보다 더 뛰어난 성질을 찾아내기 위한 여러 가지 실험을 하였으며 위의 같은 여러 가지의 실험과 분석을 통하여 다음과 같은 최종 결론에 도달하였다.

- (1) 폐톱밥의 혼입비율에 따라 규칙적으로 강도 하락값이 나타난다.
- (2) 400℃이상의 고온에 노출되었을시와 폐톱밥 혼입률 0.6%이상일시 구조적 강도값이 문제가 있음이 나타나기에 이에 대한 보강이 필요하다.
- (3) 온도가 높아질수록 콘크리트의 내부수분의 탈수와 시멘트 페이스트수축과 골재의 변화 등으로 내부균열과 미세 공극현상으로 인해 강도가 하락됨으로 판단된다.

참고문헌

1. 구해식, “고온을 받는 콘크리트 압축강도 특성에 관한 실험적 연구”, 慶南大 대학원, 2002
2. 변종현, “시멘트 온도변화에 따른 콘크리트의 특성에 관한 연구”, 청주대 산업대학원, 1999
3. 곽형, “고강도 콘크리트의 온도변화에 관한 연구”, 광운대 대학원, 1996
4. 산림청, “산림과 임업 동향에 관한 연차보고서”, 산림청, 2002