

툽밥 혼입 콘크리트의 경제적 적용성

홍승렬 · 조병현* · 손기상*

대림산업(주) · 서울산업대학교 안전공학과*

1. 서론

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

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

본 연구에서는 폐툽밥을 콘크리트에 혼입하므로써 콘크리트적 특성과 실제 구조물이나 비구조물에 활용가능함과 앞으로 기본자료로 활용하기 위한 다음과 같은 단계별 실험 및 분석을 하였다.

콘크리트강도는 가장 많이 사용하는 $180\text{kg}/\text{cm}^2$, $210\text{kg}/\text{cm}^2$, $240\text{kg}/\text{cm}^2$, $270\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 각 강도별로 폐툽밥의 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 폐툽밥을 이용한 기존에 실험을 해본 결과 강도적 측면을 기준으로, 0%~0.2%까지 압축강도값이 급격히 하락하였기에 그 부분을 좀 더 세분화 시켰으며, 2.0%이상의 혼합비율은 사실상 강도값으로서 의미가 없었으며 배합에 있어서도 어려움이 있기에 제외시켰다.

우선 첫 번째 콘크리트의 휨강도 비교분석이다. 실험은 $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 55\text{cm}$ 의 공시체를 만들어 휨강도(KS F 2408)시험을 하였고, 각 강도별, 비율별로 나누어 실험하였다. 3일후 탈영하여 28일 동안 $21 \pm 2^\circ\text{C}$ 를 유지하였고 28일 강도만을 측정하였다. 툽밥 배율이 높아질수록 단위중량 또한 작아짐을 보였기에 단위중량도 각각 체크하였다.

두 번째는 콘크리트의 구조부재의 실험이다. 철근 SD40 D13을 주근 6개, SD40 D10으로 11개의 띠근을 만들어 $20\text{cm} \times 30\text{cm} \times 120\text{cm}$ 의 공시체를 Normal과 0.1%, 0.5%, 1.0%의 폐툽밥을 혼입한 구조부재 4개를 만들어 보형태로 휨강도 실험을 하였다.

2. 실험계획

2.1 실험개요

본 실험은 폐톱밥의 양을 비율별로 혼입한 공시체를 제작하여 폐톱밥 혼입콘크리트의 성상변화를 규명하는데 그 목적을 두고 있어 이에 따라 휨강도(KS F2406)시험을 실시하여 그 측정값을 폐톱밥이 혼입되지 않은 일반 콘크리트의 측정값과 비교, 분석하는데 있다.

2.2 실험재료

1) 시멘트

본 실험에 사용한 시멘트는 KS L 5201에 규정된 국내 H사에서 생산된 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

2) 굵은 골재

굵은 골재는 경기도 가평군산으로 최대치수 25mm이하이며, D레미콘사에서 직접 공급받아 배합하였다.

3) 잔골재

사용한 잔골재는 남양주시 광전리산으로 최대크기를 5mm입도로 조정하였고, D레미콘사에서 직접 공급받아 배합하였다.

4) 배합수

본 실험에 사용한 배합수는 기름, 산, 염류등이 포함되지 않은 일반 상수도를 이용하였다.

5) 혼화제

혼화제는 독립된 공기를 콘크리트 중에 균일하게 분포시키기 위해 사용되는 재료로서 단위수량을 감소시키며 워커빌리티를 증진하기 위하여 국내 S사 제품의 표준형 AE감수제를 사용하였다.

6) 폐톱밥 입자

폐톱밥 입자는 제재소에서 목재를 가공하고 남은 폐톱밥을 사용했고 폐톱밥의 주요 목재 비율로는 나왕 50%, 미송 30%, 그 밖에 참나무, 느티나무등이 20%정도가 혼합되었으며, 5mm의 체를 사용하여 5mm이하의 폐톱밥만을 사용하였다.

7) 철근

철근은 주근 SD40 D13, 띠근 SD40 D10을 사용하였으며 항복 강도값은 4,000kg/cm²와 같다.

2.3 배합설계

콘크리트란 여러 재료의 혼합으로 만들어진 것으로 굳지 않은 콘크리트의 경우 워커빌리티, 공기량, 단위중량, 골재의 분리 등과 경화된 콘크리트의 경우 강도, 내구성, 수밀성 등은 시멘트, 모래, 자갈, 물의 배합비율이 달라짐에 따라 크게 변화한다. 그러므로 콘크리트 배합을 하기 전에는 반드시 배합설계를 하여야 한다.

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 및 톱밥 배합표

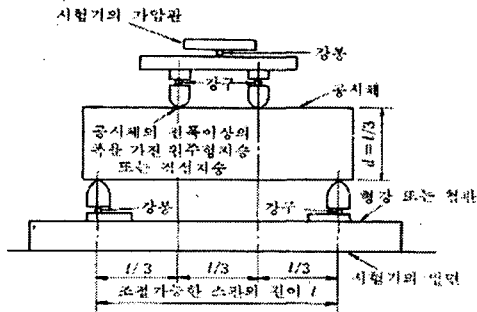
강도-슬럼프	W/C	C	W	G	S	ad.	total
180-15	64.7	284	184	921	900	1.23	2291
210-15	57.2	318	182	938	861	1.59	2297
240-15	52.3	344	180	942	838	1.72	2302
270-15	48.2	371	179	947	811	1.86	2308

	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)

3. 휨강도 실험방법 및 결과

3.1 휨강도 실험방법



콘크리트의 휨강도 시험은 KS F 2408 규정에 따라 15cm×15cm×55cm의 공시체를 재령 28일간 20±3℃로 양생한 직후 규정에 맞는 강도 시험기로 시험하였다. 시험방법은 그림과 같은 “3등분점 재하법”에 따라 시험하며 재하 장치의 접촉면과 공시체 면과의 사이 어디에도 틈새가 없도록 한다. 하중속도는 압축강도와 같은 방법으로 한다.

휨강도의 식은

$$f_b(\text{휨강도}) = \frac{Pl}{bh^2}$$

f_b : 휨강도(kg/cm²)

b : 파괴단면 나비(cm)

h : 파괴단면 높이(cm)

l : 지간(cm)

P : 최대하중(kg) 과같다.

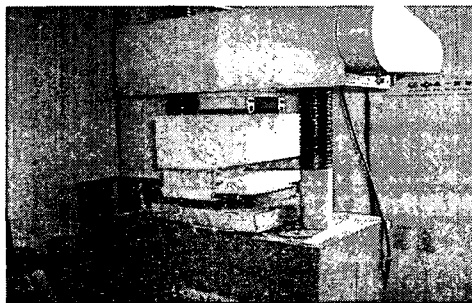


Fig 1. 휨강도 시험

3.2 구조부재 휨강도 실험방법

틈밥혼입 구조부재 휨강도 측정은 보 실험 형태로 실험하였으며 이를 위하여 철근 SD40 D13을 주근 6개, SD40 D10으로 11개의 띠근을 만들어

20cm×30cm×120cm의 공시체를 제작하였으며, 철근 배근도는 아래 표와 같다. (철근 인장값은 4000kg/cm²)

타설 2일후 탈형하여 그늘진 곳에서 28일간 습윤양생하였다. 휨강도 측정을 위하여 KS F 2408 규정에 따라 “3등분점 재하법”에 의하여 하중은 지간의 중앙에 작용하게 하고 재하면과는 수직이 되게 하여 편심이 생기지 않도록 하였고 매초 0.06±0.04N/mm²의 일정한 속도로 가압하였다. 또한 변형율을 측정하기 위하여 부재 중심에 스트레인 게이지(제조사 : Tokyo Sokki)를 2축 방향으로 부착하고 Statics Data Logger(모델명 : DTS-602, 제조사 Tokyo Sokki)에 연결하여 X, Y축의 변형율을 측정하였다.

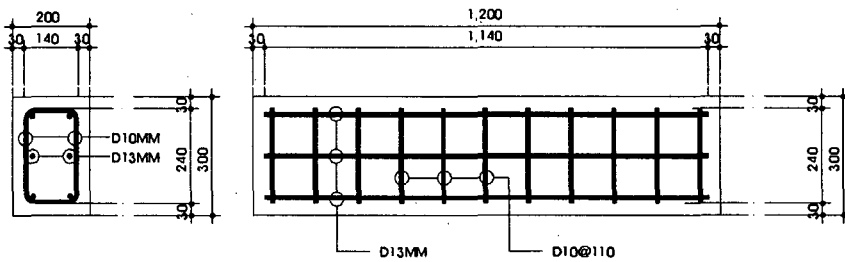


Fig 2. 철근 배근도

$$f_b(\text{휨강도}) = \frac{Pl}{bh^2}$$

- f_b : 휨강도(kg/cm²)
- b : 파괴단면 나비(cm)
- h : 파괴단면 높이(cm)
- l : 지간(cm)
- P : 최대하중(kg) 과같다.



Fig 3. 구조부재 휨강도시험

3.3 실험결과

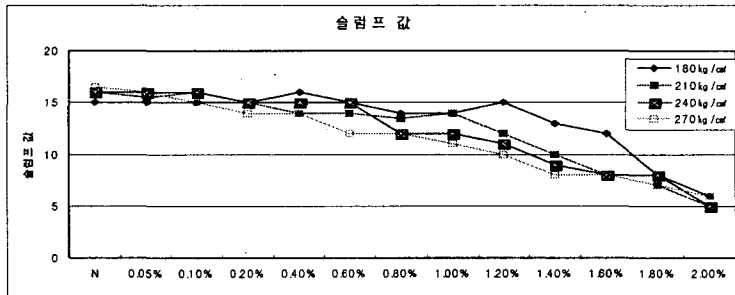


fig 4. 슬럼프 값

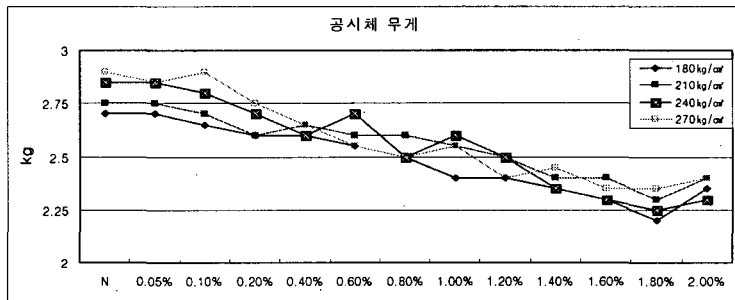


fig 5. 공시체 무게

Table 2. 휨강도 결과

배합률 \ 강도	180kg/cm ²	210kg/cm ²	240kg/cm ²	270kg/cm ²
Normal	21.9	22.4	23.1	23.6
0.05%	21.1	19.5	20.3	24.4
0.1%	21.1	18.7	20.3	25.7
0.2%	17.1	15.4	17.9	22.8
0.4%	17.1	15.4	18.2	23.6
0.6%	14.6	16.2	17.1	16.7
0.8%	14.6	13	13	18.7
1.0%	12.2	10.2	13	17.9
1.2%	14.6	8.1	13	13.8
1.4%	11.7	10.5	8.1	16.2
1.6%	10.5	18.7	11.4	8.1
1.8%	18.7	9.7	8.1	11.4
2.0%	11.4	9.7	8.9	9.7

(단위 : kg/cm²)

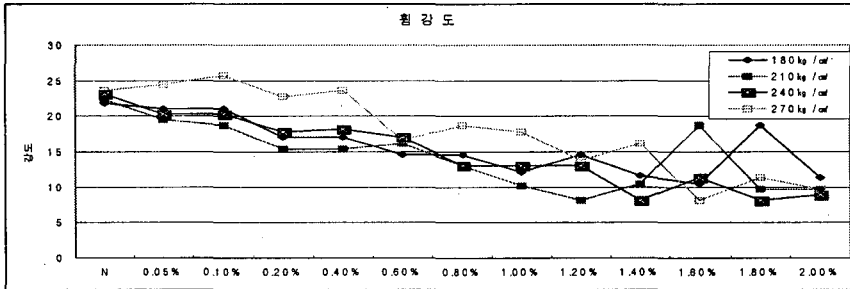


Fig 6. 힘강도 결과 그래프

Table 3. 구조부재 힘강도 결과

폐톱밥	Normal	0.1%	0.5%	1.0%
Max Load(tonf)	8.91	9.54	7.74	7.86
F(kg/cm ²)	74.25	79.5	64.5	65.5

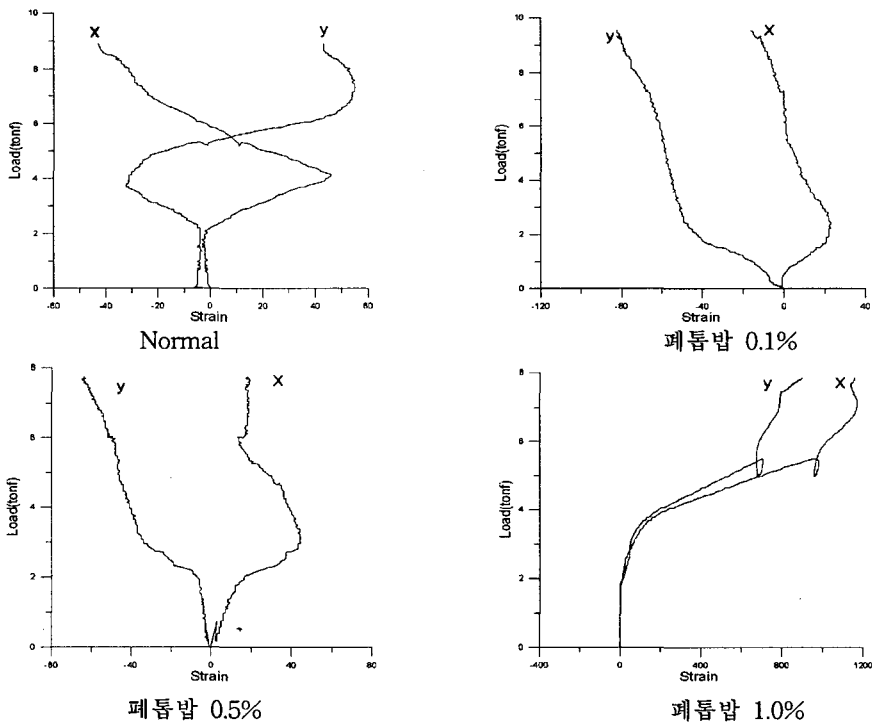


Fig 7. 게이지 측정 그래프

4. 분석

1.6% ~ 2.0%은 목재의 특성상 물을 많이 흡수하여 콘크리트 비빔에 있어 어려움이 있었으며 그 결과로 강도값이 높게 나타난 것으로 보였으며 불규칙적인 면을 볼 수 있었다.

180kg/cm², 210kg/cm², 240kg/cm²의 강도값은 혼입비율에 따라 비슷한 강도값을 보였으며 270kg/cm² 강도값은 180kg/cm², 210kg/cm², 240kg/cm² 강도값보다는 대체적으로 큰 강도값을 나타내었다.

휨 강도 실험시 일반 콘크리트보다 폐쇄형이 혼입률이 높아질수록 순간 쪼개짐이 많이 나타내었다.

구조부재의 휨강도값은 폐쇄형의 혼입비율에 비례하지 않고 전체적으로 비슷한 강도값을 보였으며, 하중 2tonf에서부터 게이지 값이 변화 하였으며 x축은 양의 방향을 y축은 음의 방향을 나타내었다. 게이지 값 역시 폐쇄형 혼입비율에 따른 큰 변화가 없음을 보여준다.

5. 결론

일반 콘크리트보다 더 뛰어난 성질을 찾아내기 위한 여러 가지 실험을 하였으며, 더 나아가서는 앞으로의 목재와 콘크리트와의 관계에 있어 기초자료로 사용하는데 있어 본 연구에 임했으며, 위의 같은 여러 가지의 실험과 분석을 통하여 다음과 같은 최종 결론에 도달하였다.

- (1) 폐쇄형의 혼입비율에 따라 강도값이 규칙적으로 나타난다.
- (2) 저강도의 콘크리트보다는 고강도의 콘크리트가 폐쇄형의 영향으로 인한 강도값의 영향을 덜 받는다.
- (3) 온도가 높아질수록 콘크리트의 내부수분의 탈수와 시멘트 페이스트수축과 골재의 변화 등으로 내부균열과 미세 공극현상으로 인해 강도가 하락됨으로 판단된다.
- (4) 구조부재의 경우 인장력은 콘크리트의 강도값이나 폐쇄형의 영향보다는 철근의 영향이 더 크게 받는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 李成宰, “高熱을 받은 鐵筋콘크리트 短柱의 耐力에 特性에 관한 研究”, 東亞大 대학원, 1987

2. 金澣峰, “철근콘크리트 기둥의 예비설계에 관한 연구”,蔚山大 대학원, 1987
3. 최동호, “고열을 받은 인공경량골재콘크리트의 성상에 관한 실험적 연구”,健國大 대학원,1994
4. 정국환, “팽창점토골재를 사용한 경량골재콘크리트의 열전도율에 관한 실험적 연구”,建國大 대학원,1993
5. 李昌倫, “전단보강된 고강도경량콘크리트 보의 휨거동에 관한 연구”, 금오공과대 대학원,1998
6. 李澤東, “유동화 경량골재콘크리트의 성상에 관한 연구”,健國大 대학원,1998