

시멘트 2차제품에서의 석면의 역할

The role of asbestos in secondary cement-product

이 장 화*, ○ 박 흥 석**

Lee, Jang Hwa Park, Hung Seok

ABSTRACT

The asbestos has many advantages in engineering aspect. The objective of this report is to investigate and analyze the influence of the asbestos in secondary cement-product. For this purpose, several asbestos-ratio are examined and the relationship between asbestos-ratio and strength is studied. From the present tests, it is found that the strength of the press-out cement-product was the maximum value at the asbestos-ratio of 11 %.

1. 서론

시멘트만을 사용한 제품의 근본적인 문제점 중의 하나는 인장하중이나 충격하중하에서 취성(脆性)이 크다는 것이다. 따라서 시멘트를 주원료로 하는 제품에서 섬유를 사용하는 주된 목적은 시멘트 제품에 인성(韌性)과 인장특성을 부여하고자 하는 것이며, 이는 사용된 섬유가 시멘트 제품내에 고르게 분포하면서 시멘트와 좋은 접착력을 갖는 복합재료로 만들으로써 이루어질 수 있다. 시멘트 2차제품에 사용되는 섬유 중에서 석면은 표면에 양전하(+)를 띠고 있는 반면, 시멘트는 음전하(-)를 띠고 있기 때문에 서로간의 정전기적 인력으로 좋은 접착력을 갖게 된다. 건축자재에 사용되는 석면은 단열·절연·방음 등의 우수한 점들이 인정되고 있지만, 시멘트 제품의 강도에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 석면이 시멘트 2차제품의 강도에 미치는 영향을 알아보기 위해 침입장강도 및 압축강도 실험을 수행하였고, 비중 및 흡수율을 측정하였다.

2. 석면의 사용

석면은 다른 섬유형태 광물에 비해 매우 높은 내인장성(耐引張性)이나 유연성을 갖는 결정질 섬유이고, 내열성, 단열성, 전기절연성, 내화학약품성, 방음성 등의 많은 우수한 특성을 갖는 천연광물이다. 석면은 석기시대부터 사용된 흔적이 있으나, 오늘날과 같이 다량으로 소비되기 시작한 것은 제2차대전 직후이다. 오늘날은 그 우수한 특성과 저렴한 가격으로 3,000 종류 이상의 공업제품에 사용되고 있으며, 사용되는 석면량의 70 % 정도가 건축자재에 이용되고 있다.

그러나 석면은 많은 우수한 특성을 지니고 있는 반면, 사람이 석면의 미세한 섬유를 흡입하면 날카로운 침상(針狀)의 형상 때문에 폐속에 축적되어 20 ~ 40 년후 석면폐, 폐암, 악성중피종 등 불치의 병을 일으킬 수 있다는 문제가 제기되어 이러한 석면사용에 대해서 미국(석면 수입국)과 캐나다(석면 수출국) 사이에 법정은란도 있었으나, 석면의 우수한 특성을 대체할 재료가 아직까지 없고, 인체에 유해하다는 증거를 미국측이 충분히 제시하지 못했기 때문에 일단 석면의 주수출국인 캐나다가 승소판정을 받아 석면의 사용이 계속될 전망이다. 그러나 석면에 대한 일반인들의 정서상 석면사용량은 제품의 구조적 안전성에 영향이 없는 한 최대한 줄여야 할 것으로 사료된다.

* 정희원, 한국건설기술연구원 선임연구원

** 정희원, 한국건설기술연구원 연구원

석면사용량에 대한 KS 규격을 살펴보면, 석면 시멘트판(plate)의 경우 KS L 5115에 표 1과 같이 시멘트와 석면의 표준배합비가 제시되어 있다. 또한 석면 시멘트관(pipe)의 경우는 KS L 5116에 표 2와 같이 표준배합비가 제시되어 있다. 석면 시멘트판 보다는 석면 시멘트관이 석면배합비가 다소 낮음을 알 수 있다. 한편 석면을 사용하는 제품들의 석면 배합비를 살펴보면 플레이트가 13 %, 화장실용 칸막이가 20 %, 흡음 천정판이 6 % 정도로서 다양하다.

표 1. 석면 시멘트판의 표준배합비(무계비)

종 류	시멘트(%)	석 면(%)
플렉시블 판	65	35
연질플렉시블 판	70	30
평 판	85	15
연 질 판		

표 2. 석면 시멘트관의 표준배합비(무계비)

종류	시멘트(%)	석 면(%)
보통관	86	14
내화관	80	20

3. 강도 실험

석면이 시멘트 2차제품의 강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 본 연구에서는 석면의 배합비를 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 % 의 7가지로 변화시켜 휨 인장강도와 압축강도에 대한 실험을 수행하였다. 석면배합비에 따른 시편은 소형압출기를 이용하여

압출시켜 제작하였으며, 시험재령은 14일로 하였다.

3.1 휨인장강도

시편의 휨인장강도는 KS F 2407(콘크리트의 휨강도 시험방법 - 단순보의 중앙점 하중법)에 의거 실험하였다. KS F 2403(시험실에서 콘크리트의 압축 및 휨강도 시험용 공시체를 제작하고 양생하는 방법)에 시편의 크기는 15 cm x 15 cm 단면으로 하고 두께의 3배 이상의 지간을 갖도록 규정하고 있다. 본 연구에서는 압출 시편 제작 여건상 10 cm x 10 cm x 35 cm 로 하였으며 이 경우 석면배합비 변화에 따른 소재의 휨인장강도 및 그 경향을 파악하는데 특별한 문제점은 없을 것으로 사료된다. 실험에 의하여 시편이 파괴될 때의 하중을 측정하였고, 이 파괴하중을 이용하여 휨인장강도를 다음 식으로 계산하였다. 여기서 지간 l 은 10 cm x 10 cm 단면의 시편인 경우 30 cm 이다.

$$\sigma_b = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

여기서, σ_b : 휨인장강도(kg/cm²)

P : 최대하중(kg)

l : 지간(cm)

b : 시편의 평균 폭(cm)

d : 시편의 평균 두께(cm)

휨인장강도 실험의 결과는 표 3에 나타내었으며, 그림 1에 도시하였다. 시편의 수는 각각의 석면배합비에 대해 4개씩을 제작하여 실험하였고, 4개의 값중 편차가 큰 1개를 제외한 나머지 3개의 값을 채택하였다. 실험결과를 분석하면 석면배합비가 증가하면 휨인장강도가 증가하여 11 % 일때 최대값이었다가 이후 감소하였다. 한편 석면배합비가 작으면 압출 속도가 느리고, 치수의 정확도가 떨어짐을 알 수 있었다.

3.2 압축강도

표 3. 침인장강도 실험결과

석면 배합비 (%)	시편 번호	파괴 하중 (kg)	침인장 강도 (kg/cm ²)	평균 (kg/cm ²)
3	1	1340	60.3	58.2
	2	1300	58.5	
	3	1240	55.8	
5	1	2020	90.9	101.0
	2	2230	100.4	
	3	2480	111.6	
7	1	2780	125.1	127.5
	2	2840	127.8	
	3	2880	129.6	
9	1	2890	130.1	140.4
	2	3160	142.2	
	3	3310	149.0	
11	1	3190	143.6	148.4
	2	3320	149.4	
	3	3380	152.1	
13	1	2720	122.4	134.4
	2	3000	135.0	
	3	3240	145.8	
15	1	2890	130.1	134.2
	2	2740	135.6	
	3	3040	136.8	

압축강도를 구하기 위한 시편의 형상은 5 cm x 5 cm x 5 cm의 정육면체로 하였고, 시편의 압축강도는 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 의

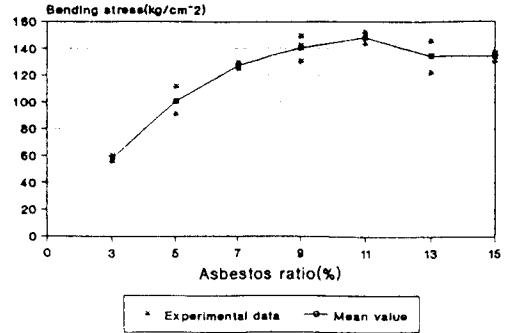


그림 1. 침인장강도 실험결과

거 실험하였으며, 압축강도는 다음식으로 계산하였다.

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

여기서, σ_c : 압축강도(kg/cm²)

P : 시편이 받은 최대하중(kg)

A : 시편의 단면적(cm²)

표 4에는 석면배합비 변화에 따른 압축강도 실험 결과를 나타내었고 그림 2에는 이를 도시하였다. 실험결과를 분석하면 석면배합비에 따라 어떤 추세가 발견되지는 않았지만, 압축강도는 매우 크게 발생됨을 알 수 있었다.

4. 비중 및 흡수율

석면배합비에 따른 비중 및 흡수성을 알아보기 위하여 본 연구에서는 5 cm x 5 cm x 5 cm의 정육면체 시편을 제작하여 실험을 행하였다. 석면배합비는 강도 시편제작시와 같은 7가지 석면배합비로 제작하였고, 각각의 석면배합비에 대해 3개씩의 시편이 제작되었다. 실험결과는 표 5에 나타내었는데, 석면의 배합비가 증가할수록 시편의 내부 치밀도(緻密度)가 저하되는 정도가 커지게 됨으로써 흡수율이 높아지고, 비중은 작아짐을 알 수 있었다.

표 4. 압축강도 실험결과

석면 배합비 (%)	시편 번호	파괴 하중 (kg)	압축 강도 (kg/cm ²)	평균 (kg/cm ²)
3	1	16,350	623.7	617.5
	2	16,800	618.9	
	3	17,000	609.8	
5	1	14,700	561.9	588.1
	2	15,250	586.3	
	3	15,900	616.1	
7	1	17,100	673.2	665.9
	2	16,750	650.3	
	3	17,500	674.2	
9	1	17,250	680.4	677.7
	2	16,050	635.6	
	3	18,250	717.0	
11	1	15,300	597.6	613.2
	2	15,700	612.0	
	3	16,100	630.1	
13	1	16,450	647.6	657.9
	2	16,900	665.3	
	3	16,950	660.7	
15	1	14,350	557.2	560.1
	2	14,450	564.4	
	3	14,250	558.8	

5. 결론

석면을 사용한 시멘트 2차제품에서 석면이 강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 강도실험을 수행한 결과, 석면배합비가 11 % 에서 원인장강도가

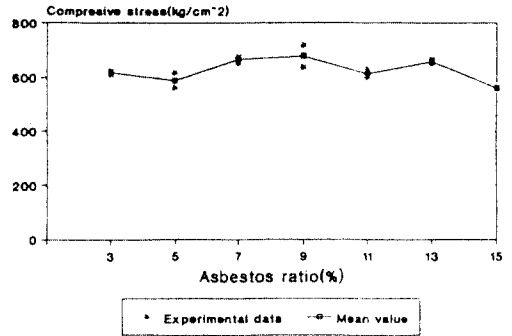


그림 2. 압축강도 실험결과

표 5. 비중 및 흡수율 실험결과

석면 비율 (%)	표면건조 포화상태의 비중	노건조 비중	흡수율 (%)
3	2.09	1.86	12.05
5	2.08	1.83	13.53
7	2.08	1.85	12.62
9	2.04	1.81	12.88
11	2.07	1.85	12.24
13	2.03	1.80	12.99
15	2.03	1.78	14.11

가장 높음을 알 수 있었다. 또한 석면의 사용은 인체에 유해할 수 있다는 논란이 있으므로, 소요강도를 만족시키는 범위에서 사용량을 줄여나가는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 건설공사 공해대책, (주)성도건설산업, 1991.
2. The asbestos racket, Michael J. Bennett, 1990.
3. 지급자재 구입시방서, 대한주택공사, 1992.
4. KS 규격