

FRP폐선처리 기술 동향

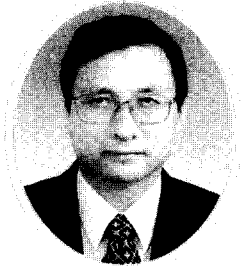
1. 서 론

문명의 발달은 우리에게 생활의 편리함과 풍요로움을 가져다 준 긍정적인 면과 함께 우리의 환경을 오염시켜 이를 복원해야 하는 부정적인 면도 있다. FRP는 그 재료가 가진 특성, 즉 중량에 비하여 강도가 높고 내식성이 강하며 성형성이 좋아서 소형 어선을 중심으로 레저용 보트 제작 등에 널리 사용되어 왔다. 1970년대 후반부터 정책적으로 FRP를 어선건조에 활용하기 시작하였는데 해마다 건조량이 증가하여 1990년에 6,647척에 19,156톤이고, 이 양은 꾸준히 증가하여 1999년에는 46,413척에 136,715톤에 달하고 있다 (해양수산부, 2000).

FRP선의 내구연한을 강선과 같이 20년으로 가정하고, 어업의 형태가 잡는 어업에서 기르는 어업으로 전환되어 가는 점을 고려하며, 최근 주변 국가와의 어업협정 체결에 의한 어선 감축을 내용으로 하는 구조 조정 등 여러 가지 요인에 의하여 폐선되어야 할 선박은 급속도로 늘어나는 반면 실제 폐선이 제대로 이루어지지 않고 있다. 따라서 항구 내에 방치된 폐선박에 의한 피해는 환경오염, 안전사고, 항만공간의 활용도 저하 등의 심각한 문제가 되고 있다.

현재 우리 나라에서는 정부에서 폐선처리를 위하여 경제적인 지원을 통하여 폐선처리를 권장하고 있지만 FRP폐선 처리가 잘 되지 않고 있는 이유는 그 처리 방법이 소각 후 매립하는 일반폐기물 처리 방식과 동일하게 이루어지고 있기 때문이다. FRP 구조물은 고분자물질인 합성수지와 불연성 물질인 유리섬유를 주원료로 제작되는데 FRP용 수지는 열경화성이어서 기존의 일반 소각방식으로는 소각이 잘 되지 않으므로 불연성 물질인 유리섬유와 함께 배출되기 때문에 소각의 장점인 감량효과가 별로 나타나지 않아서 소각 잔재물의 재처리를 위한 매립에 소요되는 비용이 크게 발생하며 연료비 부담까지 크므로 경제성이 없어서 폐기물 처리 업체에서 FRP 폐선 처리를 기피하고 있는 실정이다. 또 배가스에 의한 공해방지 설비가 취약하여 민원이 발생하여 처리 설비의 운전이 제대로 되지 않는 것도 FRP 폐선처리 부진의 한 원인이 되도 있다.

따라서 본 보고서에서는 폐선 예상 물량의 추정과 현재 폐선을 방지하고



김 용 섭

- 1948년 5월 12일생
- 1985년 홍익대학교 공학박사
- 현 재 : 홍익대학교 조선해양공학과 교수
- 관심분야 : 열유체 공학
- 연 락 처 : 041-860-2546
- E-mail : yoskim@hongik.ac.kr

있으므로 하여 발생하는 문제점을 제기하고 선진 각국에서 수행되고 있는 FRP 폐선처리 기술을 요약 정리하여 그 동향을 분석하였는데 앞으로 국내에서도 많은 분들이 이 FRP폐선처리에 관심을 가져주고 나아가 FRP

폐선 처리가 활발하게 이루어져서 폐선박 방치로 인하여 발생하였던 많은 문제점들이 해결되는 동기가 되는 것을 본보고서 기술의 목적으로 한다.

표 2.1 연도별 FRP선 현황

연도	FRP 어선			
	척수	톤수	척수비(%)	톤수비(%)
69	109	121	0.2%	0.0%
70	105	148	0.2%	0.0%
71	127	206	0.2%	0.1%
72	105	184	0.2%	0.0%
73	99	180	0.1%	0.0%
74	94	207	0.1%	0.0%
75	124	329	0.2%	0.1%
76	128	297	0.2%	0.0%
77	132	420	0.2%	0.1%
78	148	363	0.2%	0.0%
79	160	386	0.2%	0.1%
80	228	621	0.3%	0.1%
81	295	1,320	0.4%	0.2%
82	537	1,868	0.6%	0.2%
83	753	3,322	0.8%	0.4%
84	1,086	4,389	1.2%	0.5%
85	1,310	5,217	1.4%	0.6%
86	1,808	7,489	1.9%	0.8%
87	2,288	8,764	2.4%	1.0%
88	3,862	12,098	3.9%	1.3%
89	5,343	15,334	5.4%	1.6%
90	6,647	19,156	6.7%	2.0%
91	9,764	25,732	9.4%	2.6%
92	12,345	34,273	13.1%	3.6%
93	14,212	42,527	16.2%	4.6%
94	17,453	55,954	22.6%	6.0%
95	20,868	71,286	27.2%	7.4%
96	24,367	86,241	32.4%	8.9%
97	29,832	101,202	36.8%	10.5%
98	39,090	118,296	43.0%	12.1%
99	46,413	136,715	48.9%	13.8%

2. FRP선 건조현황

표 2.1(해양수산부, 2000)은 FRP어선현황을 나타낸 것이다. 이 표의 오른쪽 칸에 표시된 척수와 톤수의 백분율은 목선과 강선을 포함한 전체어선에 대한 FRP어선의 비율을 나타낸 것으로서 톤수에 비하여 척수가 더 높은 비율로 나타난 것은 FRP어선이 소형선을 중심으로 건조되었기 때문이다. 선박의 폐선 원인이 어업 환경의 변화와 경제수역선포에 따른 구조조정 선박의 노후 등이 있으나 노후에 따른 폐선 이외에는 판단 자료의 객관성이 없으므로 노후 선박의 폐선 처리만을 고려하였는데, 평균 선령을 통상적으로 강선과 같은 20년으로 가정했을 때에서와 같이 1990년에 6,647척에 19,156톤이고, 이 양은 꾸준히 증가하여 1999년에는 46,413척에 136,715톤에 달하고 있음을 알 수 있다. 그러나 통계에서 누락된 양과 레저용 소형 보트 등을 고려하면 실제 처리 하여야할 양은 이보다 훨씬 많을 것으로 추정할 수 있다.

3. 폐FRP 폐선처리 기술 동향

FRP선을 폐선하는 방법으로 크게 물리적인 방법과 화학적인 방법으로 나눌 수 있는데 그림 3.1에 처리방법의 개요를 나타내었다(Nomaguchi, 2002). 이것을 살펴보면 물리적인 방법으로는 폐선을 파쇄한 다음 SMC, BMC와 같은 폴리머 시멘트 몰타르로 제작하는 것이다.

화학적 처리는 파쇄 후 소각을 하고 그 때 발생하는 열에너지를 이용하여 지역난방에 활용하는 단순한 방법과 열분해를 한 다음 오일을 회수하고 이를 정류하여 연료유로 사용하거나 기타 고분자 합성물질의 원료로 재활용하거나 열분해 잔유물인 유리 섬유를 흡착제로 제조하여 재활용하거나 혹은 열분해를 통하여 프틸렌을 추출하는 방법 등이 있다.

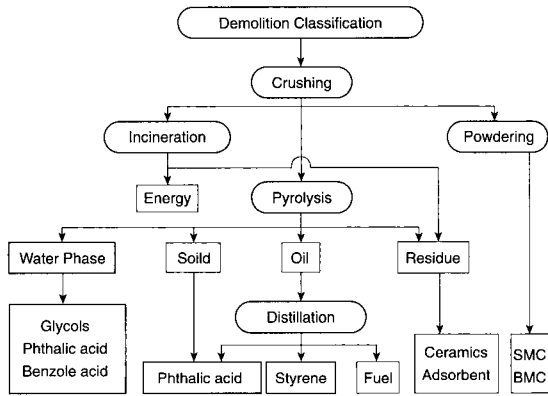


그림 3.1 FRP폐선처리 기술 계통도

3.1 폴리머 시멘트 몰타르

강도에 비하여 비중이 지나치게 큰 일반 콘크리트의 문제점을 보완하기 위하여 개발된 것이 경량콘크리트인데 천연 재료를 활용한 경량콘크리트는 현재 국내에서는 수요에 비하여 공급이 매우 부족하여 수입에 의하여 그 수요를 충당하고 있어서 천연 재료를 대체하기 위한 생산 방법이 절실히 요구되고 있다.

콘크리트가 갖고 있는 단점을 개선함과 동시에 우수한 복합성능을 부여할 목적으로 제조된 것이 경량콘크리트이며, 우리나라에서는 대한건축학회가 제정한 건축공사 표준시방서에서 콘크리트의 중량감소를 목적으로 만든 기중비중 2.0이하인 콘크리트를 경량콘크리트로 정의하고 있다.

3.1.1 폴리머 시멘트 몰타르의 강도

이러한 경량콘크리트에 대한 연구는 선진 각국에서 이미 19세기말부터 시작되어 상당한 수준의 성과를 거두었으며, 비구조용 뿐만 아니라 구조용으로 폭 넓게 활용되고 있으나, 현재 국내에서는 대체적으로 구조용 경량골재의 부족과 경량콘크리트의 배합설계의 미숙, 경량콘크리트의 인식 부족 등으로 자중감속의 직접효과에 의한 구조용 콘크리트로서의 이용보다는 단열이나 방음 및 방수공사 보호용, 데크플레이트 바닥재료 등에 간접효과를 위한 비구조용 콘크리트로써 활용되고 있다.

그림 3.2는 폐 FRP 세골재 혼합비율과 폴리머 시멘트 몰타르의 중량 변화를 나타낸 것이다(김용섭, 2002). 이것을 살펴보면 폐 FRP 미분말의 치환율이 증가함에 따라 폴리머 시멘트 몰타르의 중량은 당연히 감소하고 있다. 이러한 경향은 세골재로 사용된 모래에 비해 비중이 가벼운 폐 FRP가 혼합되었고, 표면요철로 입형이 불규칙한 폐 FRP 세골재의 사용으로 공극율이 증가하였기 때문으로 생각된다. 폐 FRP 세골재가 치환되지 않은 경우 중량은 255g이고 비중은 2.04이다. 폐 FRP 세골재가 전체 골재의 중량비로 10% 치환된 경우 폴리머 시멘트 몰타르의 중량은 210g이고 비중은 1.68으로 비중이 17.65% 감소하였다. 폐 FRP 세골재가 20% 치환된 경우 중량은 173g이고 비중은 1.384이며 비중이 32.35% 감소하였다.

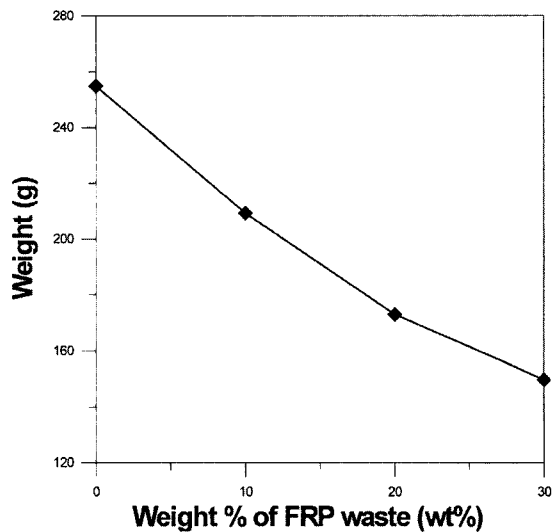


그림 3.2 폴리머 시멘트 몰타르 중량 변화

폐 FRP세골재가 30wt% 치환된 경우 중량은 152g이고 비중은 1.216이며 비중이 40.39% 감소하였다. 따라서 경량건축재료로서 KS규정에 명시된 비중이 2.0 이하로 되어 있으므로 비중만을 고려하면 FRP 세골재의 치환율은 10%만되어도 충분한 것으로 나타났다.

그러나 그림 3.3에 표시한 것처럼 폐 FRP 세골재 치환율이 증가함에 따라 폴리머 시멘트 몰타르의 압축강

도가 감소하는 것이 해결되어야할 문제점이다.

폐 FRP 세골재 치환율이 0%인 경우 강도가 413.92 Kgf/cm²이고, 치환율이 10%인 경우 강도가 206.24 Kgf/cm²로 0%에 비하여 50.17% 감소하였고, 치환율이 20 wt%인 경우 강도가 101.92 Kgf/cm²로 75.38% 감소하였으며, 치환율이 30 wt%인 경우 강도가 51.76 Kgf/cm²로 87.5% 감소하였다. 압축강도의 감소율이 치환율이 증가함에 따라 50%씩 감소하는 경향을 나타내고 있다 (김용섭, 2002).

폴리머 시멘트 몰타르 강도가 FRP세골재 치환율이 증가할수록 크게 감소하는 이유는 폐FRP 세골재 치환율이 증가됨에 따라 물-시멘트비의 증가와 시멘트 매트릭스 사이에 차지하는 시멘트 몰타르보다 탄성계수가 작은 폐 FRP 세골재 양이 증가하였고, 또한 분쇄한 폐 FRP는 섬유상, 분말상, 파편 등의 형태로 존재하므로 시멘트 매트릭스 사이에 충전결합이 발생되었기 때문으로 생각된다.

이러한 현상은 전자현미경사진현미경 사진의 관찰을 통하여 보다 확실하게 알 수 있는데, 그림3.4는 시멘트 몰타르 파단면을 전자현미경을 이용하여 촬영한 것이다.

이것을 살펴보면 폐 FRP 미분말 세골재가 치환되지

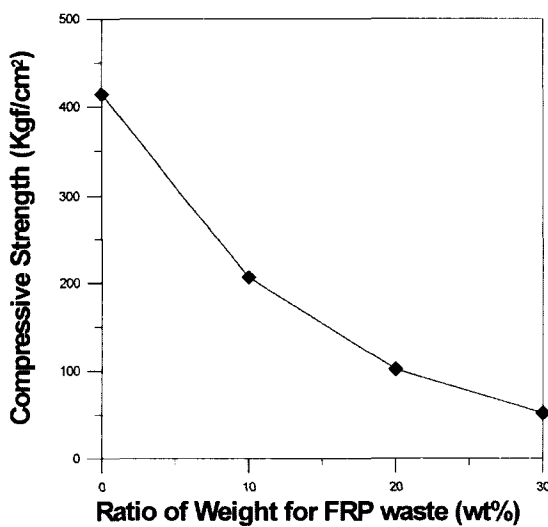


그림 3.3 폴리머 시멘트 몰타르 압축강도

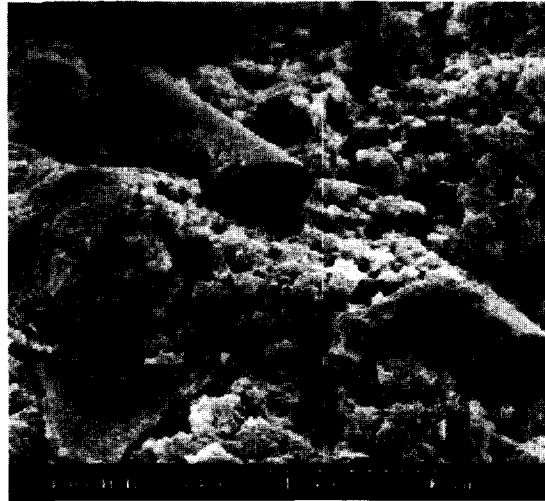


그림 3.4 폴리머 시멘트 몰타르 파단면 전자현미경 사진

않은 경우에는 시멘트와 세골재의 결합이 매우 잘 되어 있어서 공극이 거의 발견되지 않는 것을 알 수 있다. 그러나 폐 FRP 미분말 세골재의 치환율이 30wt%인 경우에는 사진의 좌측 상단 우측 하단에 길게 나타난 것과 같은 유리섬유와 여러 곳에 산재하고 있는 불규칙한 모양의 수지파쇄분 등과 시멘트 사이에 결합이 제대로 되지 않아 검은색으로 나타나고 있는 공극이 많음을 확인 할 수 있는데 이로 인하여 강도가 저하된 것으로 생각된다. 치환율이 증가함에 따라 폴리머 시멘트 몰타르의 강도가 저하되는 것을 방지하려면 배합시 시멘트와 세골재 물이 잘 혼합될 수 있도록 친수성을 높여 물-시멘트비의 증가를 막고 결합력을 높일 수 있는 혼화제의 사용이 필요하며 혼화제를 이용하면 강도를 100%까지 높일 수 있는 것으로 밝혀졌다(이병기 등, 1998).

3.1.2 폴리머 시멘트 몰타르 시공 사례

폴리머 시멘트 몰타르는 최근에 이르러 하부건축물 (Infrastructure)에 광범위하게 쓰이고 있다. 그중에서도 재활용 FRP를 이용한 교각의 건설이 활발하다.

1997년 미국의 캔자스주에 있는 KSC(Kansas Structural Composites Inc.)는 재활용 된 FRP를 이용

하여 혼합식 교량을 시공하였다. 자세한 방법은 특허 출원 관계로 공개되지 않았으나 일명 'Continuous-flow contact molding' 이라 명명되었고 저온의 연속 라미네이트된 36인치폭의 폴리에스터웹과 분쇄된 유리 섬유를 사용하였으며, 웹은 45-50%의 수지로 0.1인치 두께라고 한다. 그 형상은 그림 3.5에 나타낸 것과 같이 육각형구조물(일명 'Honeycomb')과 사다리꼴 구조물을 'rubber-modified vinyl esterresin'을 이용하여 접합시켰으며 30%의 수지와 유리섬유 등을 이용하여 20인치 두께의 코어와 5/8인치 유리섬유 라미네이트 레이어를 사용하였다. 또한 다리 표면과 교각 등은 FRP가 포함된 콘크리트를 사용하였다. 현재의 제작단가는 전통 강교와 비교하여 3배 정도의 비용이 더 드나 앞으로 반 정도로 시공할 수 있다고 밝혔다(Naitove, 1997).

또 다른 교각분야 응용으로 West Virginia University의 CFC(Constructed Facilities Center)에서 주 정부와 공동으로 건설한 고속도로 다리가 있다. 교각은 'Hexagonal Deck System' 이라 명명 되었으며 사다리꼴과 육각형이 연속적으로 이어진 형태를 취하고 있다. 재료로는 재활용FRP와 콘크리트 복합교라 보고되었으며 시공현장에서 직접 제작한다고 한다. 이 역시 특허와 관련하여 세밀한 정보는 공개되지 않았으나 기존의 노후 또는 불량교각의 대체와 수리에 매우 효율적으로 사용되고 있다고 한다(Gaspari, 1998).

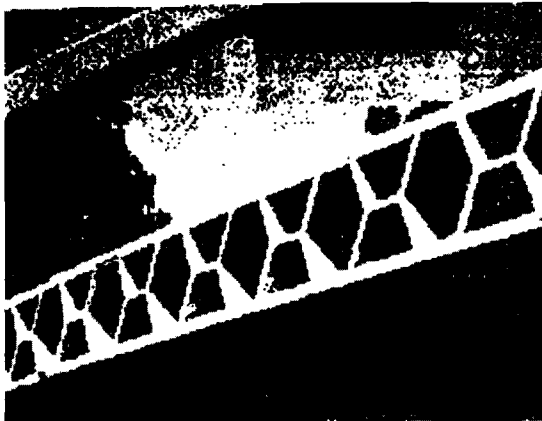


그림 3.5 폴리머 시멘트로 건조한 교량

건축구조물 외에 재생FRP가 사용되는 분야로는 자동차산업분야(GM 의 17가지 차종)에서 재생SMC와 BMC가 상당부분 쓰여지고 있다고 보고되었으며 Phoenix Fibre glass Inc. 라는 캐나다 소재 회사는 재생전문회사로 알려져 있다.

국제적으로 요구되는 'Green Building Materials' 기준으로 인해 Renewable재료의 선택, 최종품의 재사용(Reuse), 재활용(recycle) 이 강요되고 있어 FRP의 재활용은 환경보호의 수준이 아닌 재료의 선택에서도 반드시 재활용의 가능성을 제시하여야 하는 사용가능 재료로 인정되는 추세가 되고 있다.

3.2 건류 가스화 소각

FRP 복합재중에서 수지성분은 소각하고 남은 유리를 재생유리로서 재활용하기 위해서는 수지부분에 대한 완전연소가 선행되어야 하는데, 이 수지는 고분자 물질이므로 일반적인 소각로를 이용해서는 소각이 잘 되지 않는다. 물질을 연소시키기 위해서는 공기 중의 산소를 이용하는데 고분자물질은 분자량이 많은 만큼 저분자 물질을 소각할 때와 같은 시간 동안에 수십배 이상의 공기를 공급하여야 하므로 실제로 이러한 장치의 설계가 용이하지 않아서 고분자물질을 연소시킬 때는 고분자물질을 저분자물질로 분해한 다음 연소하는 소위 건류가스화 소각방식을 이용하여야 한다. 건류가스화 소각이란 고분자 물질을 산소가 결핍된 상태에서 가열하여 열분해를 통하여 휘발분을 증류하고 탄소와 수소가 주성분인 가스를 추출하여 이 가스를 직접 소각하거나 별도의 공정을 통하여 액체 혹은 기체연료를 제조하는 것을 말하며 건류가스화에 공급되는 공기의 양은 물질의 종류나 상태에 따라서 다르지만 대개 이론공기량의 20%가 적절한 것으로 밝혀졌다(김용섭, 2001).

그림 3.6은 건류 가스화로를 활용한 미쓰비시중공업의 폐 FRP 처리용 건류가스화 소각로 계통도를 나타낸 것이다 (桑名幸一, 1998). 이것을 살펴보면 FRP폐선을 파쇄기를 이용하여 파쇄한 다음 공급기를 통하여 가스화로 내부로 투입된다. 가스화로는 상향통풍식으

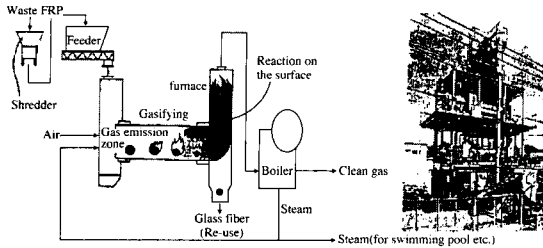


그림 3.6 Mitsubishi중공업의 건류가스화 소각로 계통도 및 플랜트전경

로 노의 아래쪽에서 위쪽으로 공기가 공급되는데 건류 가스화 과정을 거치면서 발생한 가스는 보일러로 공급되어 연소된다. 이 때 발생한 열은 난방용으로 이용되며, 건류화로 속에서 반응하고 남은 유리섬유는 노의 아래 부분에 설치한 수집장치로 모아져서 유리로 재활용된다.

3.3 열분해

3.3.1 폐FRP의 열분해 특성

고분자 물질의 열분해 반응에 의한 생성물의 성분분석이 어려운 경우에 온도변화에 대한 질량변화를 연속적으로 측정하여 총괄반응속도를 연구할 때 주로 TGA

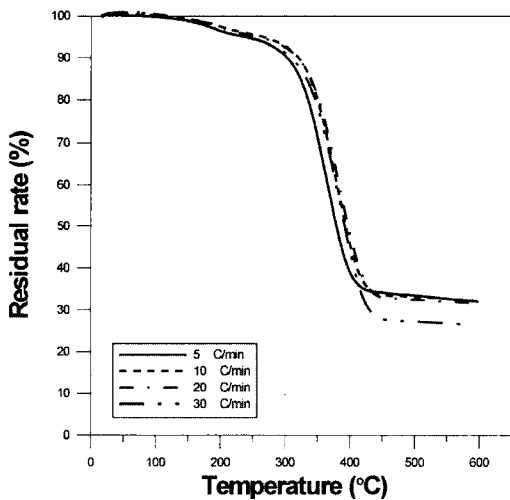


그림 3.7 폐FRP의 열중량 특성곡선

를 사용한다. 그림 3.7은 TGA를 사용하여 폐FRP의 승온속도 변화에 따른 질량 변화율을 온도변화에 대하여 나타낸 것이다. 이것을 살펴보면 승온속도가 5°C/min 일 경우 144 °C에서 열분해가 시작되어 570 °C에서 열분해가 종료되었으며 최종 질량감량율은 67.65%인 것을 알 수 있다. 그리고 승온속도가 10°C/min인 경우에는 162 °C에서 열분해가 시작되어 590 °C에서 종료되고 최종질량 감량율은 67.87%이며, 승온속도가 20°C/min인 경우에는 170°C에서 열분해가 시작되어 595 °C에서 종료되었으며 최종 질량감량율은 68.28%인 것으로 나타났음을 알 수 있다.

승온속도가 30°C/min인 경우에는 174°C에서 열분해가 시작되어 600 °C에서 종료되었으며 최종 질량감량율은 73.62%인 것으로 나타났음을 알 수 있다.

그림 3.8은 폐로프의 승온속도 변화에 따른 순간반응율을 온도의 변화에 따라 측정한 것이다. 여기서 종축의 X는 전환율로서 최대값은 1, 최소값은 0을 가지며 다음과 같이 정의한다.

$$X = \frac{\text{감량율}(\%) \times \text{시료의 전체질량}}{\text{시료의 전체질량} - \text{열분해 후 남은 질량}}$$

따라서 dX/dt는 단위 시간당 시료의 전환율로 온도에 따른 순간반응율을 나타내며 승온속도가 5°C/min로 느릴 때는 반응 온도범위에 걸쳐서 상대적으로 순간반응율이 낮게 나타난다. 이는 대상물질이 열분해 반응이 가능한 조건에 머무르는 시간이 길어지기 때문이고 승온속도가 10°C/min, 20°C/min, 30°C/min로 증가할수록 반응온도 범위에서 짧은 시간에 상대적으로 많은 양이 열분해되기 때문에 순간반응율이 높은 것을 알 수 있고 승온속도에 관계없이 320°C~450°C사이에서 열분해가 활발함을 볼 수 있다. 이 결과로부터 승온속도에 따른 열분해 대상물질의 열분해반응이 가능한 상태에 있는 시간의 변화에 따른 열분해 반응 특성을 명확하게 알 수 있다.

그림 3.8은 비등온반응 조건에서의 폐 FRP의 열분해 동역학 결과인 TGA와 미분 열중량(Derivative Thermogravimetry : DTG) 곡선을 나타내는 것으로 DTG

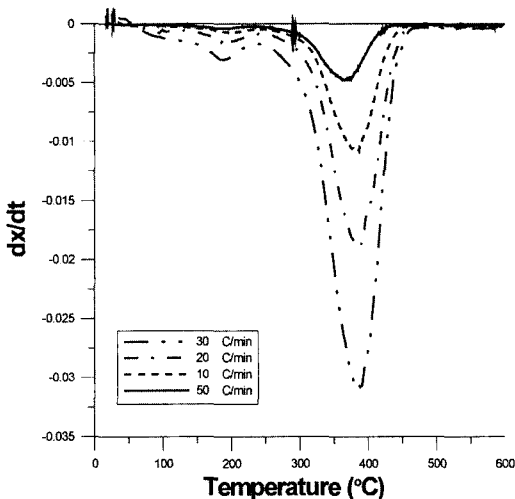


그림 3.8 페FRP의 열분해 특성 곡선

결과에서 보는 것처럼 피크가 두 개 나타났다. 앞의 피크가 차지하는 비율은 10% 이하이고, 200°C 이하의 저온에서 반응이 일어난다. 이는 상당히 휘발성이 강한 물질이 저온에서 빠져나가는 것으로 판단되며, 경화제로 사용되는 휘발성 물질 또는 단량체가 일부 빠져나가는 것으로 추정된다. 한편 두 번째 피크는 350°C 근처에서 최대 피크점을 보이고 있으며 전체적으로 가연 성분은 빠르게 반응이 진행되는 것으로 나타났다. 따라서 열분해 반응시 400°C 이하의 저온 운전도 충분히 가능한 것으로 판단된다.

3.3.2 열분해 소각로의 종류

열분해 소각로는 형상과 작동 방법에 따라 스토커형, 로터리 킬른(rotary kiln)형 유동상형, 유인상로 등으로 나눌 수 있다. 스토커형은 주로 그 형상이 수직축형이며 폐기물은 서서히 플러그 유동으로 아래로 이동하고 연소가스는 일반적으로 아래쪽에서 위로 흐르게 되어 있다. 따라서 폐기물과 가스가 서로 반대로 흐르는 대향류형 열전달에 의하여 가스의 열이 폐기물로 전달된다. 유동상형 로에서는 노의 아래쪽에서 공급되는 유동화 가스(혹은 공기)가 고속(최소유동화속도이상)으로 유동화 물질(주로 모래) 사이를 통과하면 항력에 의하

여 유동화 물질이 유동화가스를 따라 노의 위 방향으로 흐르다가 일정 높이에서 다시 아래로 떨어지는 즉 유동화 현상이 발생하고 있는 상태에 공급되어 유동화 물질과 함께 노내를 아래위로 순환하므로써 가스와 폐기물 사이에 열전달이 매우 원활한 특징이 있다. 유인상로는 폐기물과 가스가 같은 방향으로 흐르는 병행류로 작동하므로 폐기물과 가스의 접촉시간이 짧고 폐기물은 200mesh이하로 전처리되어야 하는 것이 문제점이다. 로터리 킬른형은 원주 모양의 로가 경사각 10° 정도로 수평으로 설치되어있고 노의 양단에 노를 지지하면서 회전이 용이하도록 해주는 롤러가 설치되어 있으며 중앙부에 기어를 설치하여 노를 1rpm 전후로 매우 천천히 회전시킨다. 폐기물과 가스는 노의 측면으로부터 공급되어 노내에서 반응한 후 다른 측면으로 배출되는데 이러한 폐기물의 공급과 배출부는 고정되어 있고 노는 회전하므로 고정부와 회전부 사이를 밀봉하는 문제가 매우 까다롭긴 하지만 노내에서의 반응시간이 길고 교반이 용이하여 열분해용 노로서 많이 활용되고 있다.

열분해에 필요한 열을 공급하는 방법에는 간접적 외부 가열 방식, 열매체 순환식, 직접가열식 등으로 나눌 수 있다. 외부 간접 가열 방식은 노의 외부를 고온 가스나 기에 의하여 가열하는 방식이고 주로 로터리 킬른에 잘 활용된다. 열매체 순환식은 모래 등을 가열하여 순환시켜 폐기물을 가열하는 방식으로 유동층로에 적합하며, 직접 가열식은 폐기물 중의 휘발성분 혹은 보조연료를 노내에서 연소시켜 발생한 열을 이용하여 폐기물을 가열하는 방식으로서 스토커형 로에 많이 응용되고 비교적 널리 사용되며 효율도 높은 방식이다.

3.3.3 페FRP 열분해 처리 장치

이러한 FRP의 열분해 특성으로부터 고분자 물질인 FRP를 열분해 처리하면 연료용 기름, 혹은 기타 합성수지를 제조하는데 재활용될 수 있는 원료를 얻을 수 있고 반응 후에 남은 유리섬유는 그대로 유리의 원료로 사용될 수도 있고 별도의 공정을 거쳐서 흡착제로 만들 수도 있다.

그림 3.9는 FRP폐선 처리를 위한 열분해 장치 계통도의 한 예를 나타낸 것이다. 적절한 전처리과정을 통하여 파쇄되고 금속성 물질이 제거된 FRP폐기물은 열분해 반응기로 공급된다.

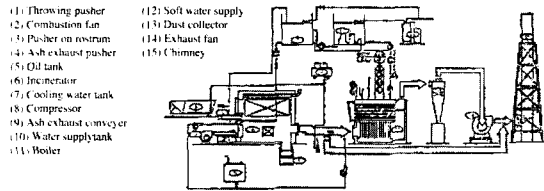


그림 3.9 FRP폐선 처리용 열분해 장치 계통도

열분해 반응기에는 거의 공기가 공급되지 않으며 주로 간접 가열방식에 의하여 500°C 전후로 가열된다. 열분해반응기 속에서 분해된 가스가 반응기 외부로 나오면 응축기 내에서 응축되어 기름으로 회수되고 미응축 가스는 소각시켜 열분해 반응에 필요한 열원으로 이용되거나 아니면 다시 열분해 반응로 속으로 공급되어 열분해반응가스 운반용 기체로 활용되는 예도 있다. 회수된 기름은 정제 과정을 거쳐서 연료유로도 사용될 수 있고, 합성수지를 제조하는데 원료로도 재활용될 수 있다. 반응하고 남은 유리섬유는 노하부에 설치한 수집기에 모아져서 유리의 원료로 혹은 흡착제로 재가공된다.

4. 결론

FRP 폐선처리와 관련된 기술 동향을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 과거의 소각에 의한 단순 폐선처리보다는 에너지 회

수 물질회수를 통한 재활용 기술 개발로 경제성이 확보된 폐선처리 기술이 개발되고 있다.

2. 폐선처리기술은 물리적 처리법으로는 폴리머 시멘트 몰타르로 재활용하는 방법을 중심으로 하여 기술이 개발되고 있고, 화학적 방법으로는 열분해 혹은 건류가스화를 통하여 액체 또는 기체 연료를 회수하거나, 열분해 반응 후에 남게되는 잔재물인 유리 섬유를 수거하여 유리의 원료로 직접 재활용하거나 또는 흡착제, 경량골재와 같은 고부가가치 물질로 재가공하는 방법 등을 중심으로 연구개발이 진행되고 있다.

참고문헌

- 김용섭, “열가소성 물질의 효과적인 연소제어 기술 개발”, 한국해양연구원연구보고서, 2001
- 김용섭, “환경친화적 FRP 폐선처리 기술 개발”, 해양수산부 연구 연차실적보고서, 2002
- 이병기, 이범재, 황의환, 노재성, “분쇄 FRP 폐기물을 사용한 폴리머 시멘트 모르타르의 물성”, 콘크리트학회지, 제10권, 제5호, 1998, p217
- 해양수산부, “안전관리관실 보고자료”, 2000
- John De Gaspari, “SPI Composites Preview”, *Plastics Technology*, January, 1998, pp45-47
- Kenamesa Nomaguchi, “Composite Waste Management in Japan”, *GPRM Composite Waste Management & Environment Conferences*, April, 2002
- K.Nomaguchi, “FRP recycling”, *Plastics and Special issues* 2000
- Matthew H. Naitove & John De Gaspari, “News from the SPI Conference EXPO”, *Plastics Technology*, March, 1997, pp32-37, *Composites* '97,
- 桑名幸一, “FRP 廢船處理の 現實と 問題点”, 鉾社出版社, 1998