

자기진단 기능의 탄소섬유 복합재료 모르타르의 파괴예측 거동

Self-Diagnosis of Fracture in Carbon Fiber Composite Mortar

박 석 균* 이 병 재** 이 웅 종*** 김 진 근****
Park, Seok Kyun Lee, Byung Jae Lee, Woong-Jong Kim, Jin-Kun

ABSTRACT

In the research for giving self-diagnosing capability, conductive mortar intermixed with cokes and milled carbon fiber was produced. Then after examining change in the value of electric resistance and AE characteristics before and after the occurrence of cracks at each weight-stage, the correlations of each factors were analyzed.

1. 서 론

본 연구는 최근 관심이 고조되고 있는 자기진단이 가능한 소위 스마트구조재료의 개발에 관한 연구로서, 모르타르에 자기진단 기능을 부여하기 위해 코크스와 미분쇄 탄소섬유를 혼합한 복합재료를 제조하여 자기진단에 의한 파괴예측 가능성에 대해 검토하였다. 제조된 전도성 모르타르에 대해 배합조건을 달리하여 각각 초기저항값을 다르게 한 후, 해당 시험체에 대해 각 하중단계별 균열발생 전후에서의 전기저항 값의 변화와 AE특성을 검토하여 시험체의 파괴예측 거동과 이들 각 인자간의 변화특성을 분석하였다.

2. 탄소섬유 복합재료의 자기진단 적용 특성

2.1 전도성 복합재료 모르타르의 배합

자기진단기능이 있는 전도성 복합재료 모르타르의 배합조건은 Table 1과 같이 4가지 조건을 선정하여 실험을 하였다. 선정조건은 각 시험체의 초기 전기저항값을 기준으로 배합을 정하였다. 초기 전기저항값의 목표치는 $5\Omega \sim 350\Omega$ 의 범위로 하였다.

Table 1. Mix proportion range of conductive mortar

Specimen No.	Flow (cm)	Mix proportion range (%)			Chemical agent
		OPC	Water	Cokes and Milled carbon	
DJ1	180	35-42	18-22	40-55	Plasticizer, Viscosity-modifying admixture
DJ2	120				
DJ3	160				
DJ4	120				

*정회원, 대전대학교 토목공학과 교수

**정회원, 대전대학교 대학원 토목공학과 석사과정

***정회원, 쌍용양회 기술연구소 선임연구원

****정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 교수

2.2 전도성 자기진단 모르타르의 실험개요

각 하중 재하 단계별 시험체의 균열발생 전후의 전기저항 변화와 AE의 발생특성을 조사하기 위한 실험개요를 Fig. 1에 나타내었다. 이 때 모르타르 시험체는 무근상태에 있으므로 급격한 시험체의 파괴에 따른 측정치의 획득에 문제가 있을 것으로 예상되어, 시험체의 밑면에는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 연속섬유시트를 부착하여 시험체의 취성파괴를 방지하였다. 부착한 섬유시트는 전기저항변화가 없는 Basalt섬유시트를 사용하여, 전도성 모르타르의 균열발생에 따른 전기저항 측정치의 변화에 영향을 미치지 않도록 하였다. Fig. 2는 Basalt섬유시트를 부착한 전도성 모르타르 시험체와 실험개요를 나타내었다.

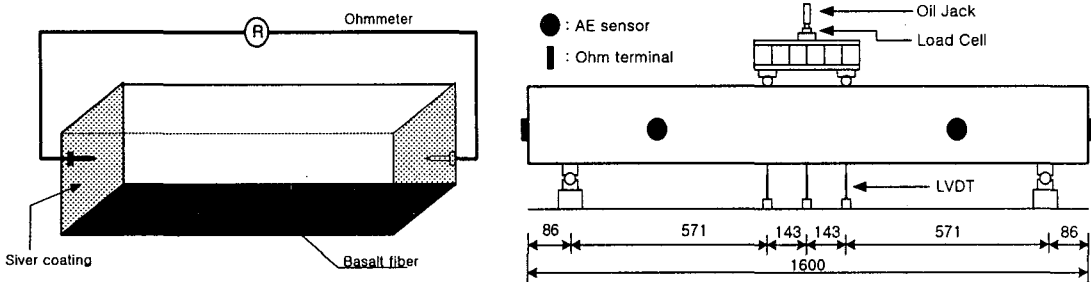


Fig. 1 Schematic diagram of test set-up

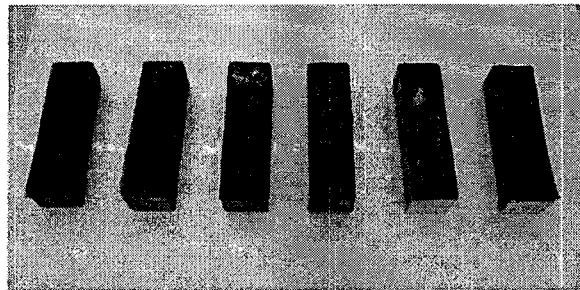


Fig. 2 Conductive mortars

2.3 실험결과 및 고찰

2.3.1 전도성 모르타르의 기본 물성

먼저 본 실험에 사용된 전도성 모르타르의 기본물성을 Table 2에 나타내었다. 기본물성은 모르타르의 재령이 28일 때 측정하였고, 일정 온도와 습도조건의 항온항습실에서 양생하였다.

Table 2. Fundamental test results of conductive mortar

Specimen No.	Compressive strength(N/mm ²)	Electric resistance(Ω)
DJ1	23.1	6.1
DJ2	42.8	52
DJ3	36.1	110.4
DJ4	36.3	345

2.3.2 하중단계별 균열발생 양상과 전기저항 변화의 관계

이상의 시험조건에 의해 각 시험체 종류에 대해 하중재하단계별 균열발생 개시시점과 진전상태에 따

른 전기저항 변화의 관계를 Fig. 3에 나타내었다.

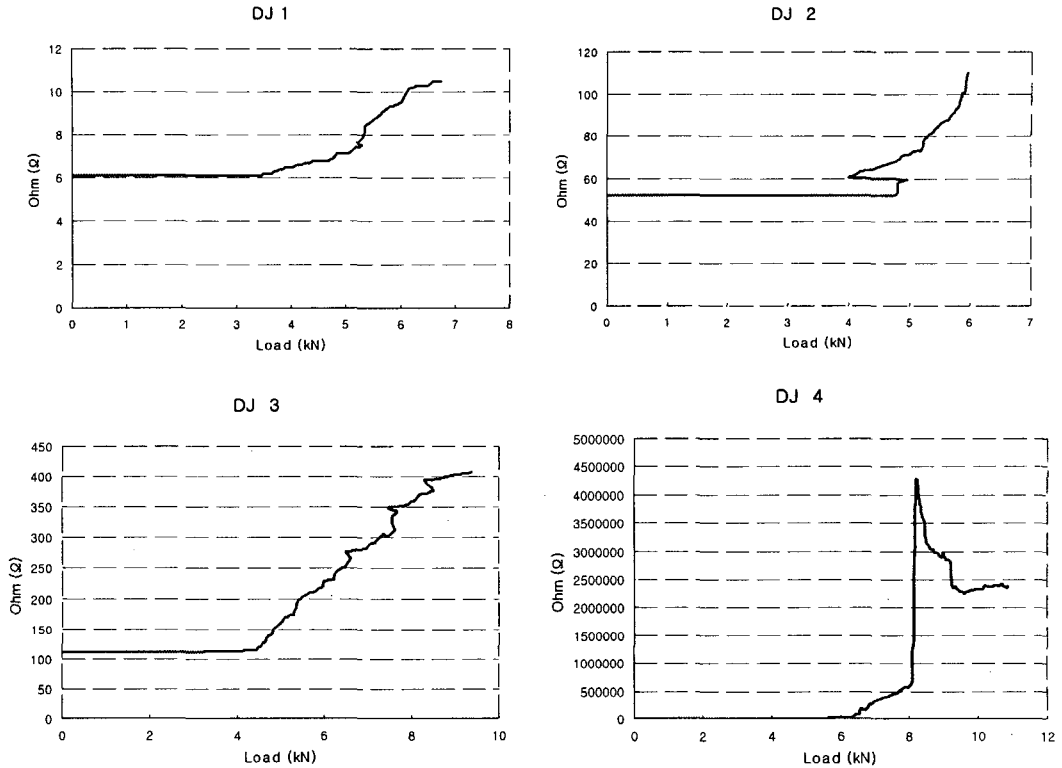


Fig. 3 Test results of electric resistance and load of conductive mortars (specimen no. DJ1~DJ4)

2.3.3 하중단계별 균열발생 양상과 AE특성치의 관계

각 시험체 종류에 대한 하중단계별 균열발생양상과 AE특성치의 관계 중에서 대표적인 결과를 Fig. 4~Fig. 5에 나타내었다. 이들 그림에는 각 시험체의 파괴양상을 포함하여 시험조건별 시험체에 따른 각 하중단계별 균열발생시간과 진전에 따른 AE 특성치의 변화를 나타내고 있다.

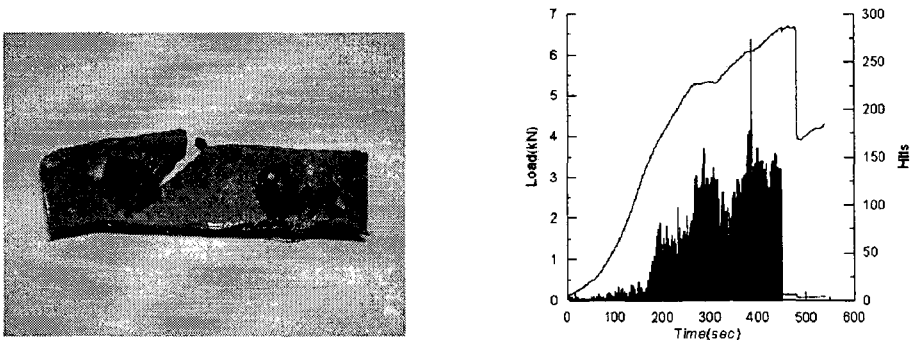


Fig. 4 Fracture form and test result of AE hits in case of specimen no. DJ1

시험체 DJ1의 파괴 양상을 살펴보면, Fig. 4(좌)에서 보는 바와 같이 모르타르의 인장면에 Basalt섬유시트를 부착시킨 시험체에 하중을 재하한 경우, Basalt섬유시트가 휨인장응력의 보강효과를 발휘해

모르타르 시편은 휨파괴를 일으키지 않고 휨전단 파괴의 양상을 나타내었다. 한편, AE의 발생은 모르타르 내부의 미소한 파괴 혹은 파괴와 동시에 에너지 해방과정에 의해서 발생하는 탄성파동이 모르타르에 부착한 AE센서에서 검출되었다. Fig. 4(우)는 하중재하와 AE파라미터 중에서 AE활동성을 비교 분석한 결과로서, 파괴하중은 약 6.69kN이었으나, AE 히트의 활동성은 이보다 빠른 6.66kN까지만 검출되었다. 이러한 경향을 나타낸 이유는 모르타르 자체는 파괴에 도달하였지만, 추가 내력을 Basalt섬유시트가 저항하고 있기 때문이다. 즉, 모르타르의 휨전단 파괴후에는 AE는 검출되지 않았고, 추가적인 내력은 Basalt섬유시트가 저항하는 상태에서, Basalt섬유시트의 인장 미소파괴로 인한 AE파는 검출되지 않았음을 의미한다. 결국, Basalt섬유시트의 인장파괴보다 극히 작은 영역에서 모르타르의 휨전단파괴에 의해서만 파괴거동을 나타내고 있음을 나타낸다.

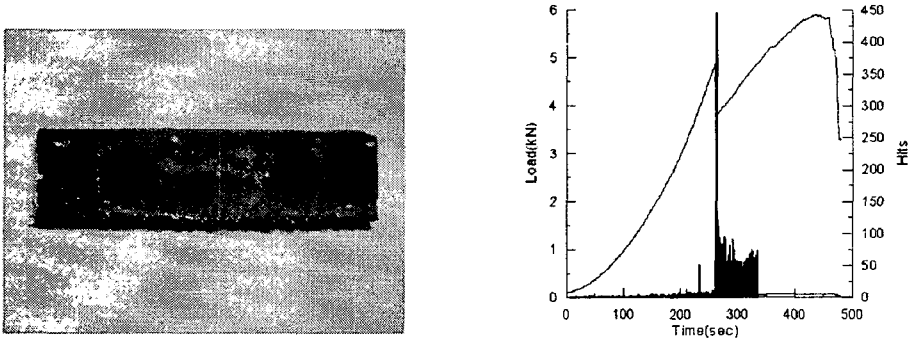


Fig. 5 Fracture form and test result of AE hits in case of specimen no. DJ2

시험체 DJ2는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 휨파괴에 의해 파괴가 발생하였으며, 시험체 DJ1과 같이 AE의 발생은 모르타르 내부의 미소한 파괴 혹은 파괴와 동시에 검출되었다. 그러나 모르타르의 휨파괴후에도 Basalt섬유시트가 휨내력에 저항하고 있지만, Basalt섬유시트에서는 AE파동은 검출되지 않았다. 본 시험결과에 의하면, 모르타르의 휨파괴 시점은 약 4.88kN이고, 이 하중 이후는 Basalt섬유시트에 의해 휨저항을 유지하고 있는 것으로 판단된다.

이들 결과에서 알 수 있는 바와 같이 균열이 발생할 때의 하중치가 전기저항과 AE히트수간에 거의 유사하게 나타나 이들 간에 상관이 있음을 알 수 있다.

3. 결 론

코크스와 미분쇄 탄소섬유를 전도성 재료로 첨가한 모르타르를 이용하여 자기진단 소재로서의 적용 가능성을 검토한 결과, 해당 시험체에 대해 전기저항을 지속적으로 모니터링 할 경우, 균열발생시 전기저항 특성치에 뚜렷한 변화가 감지되는 것이 확인되었고 이들 전도성 첨가재의 사용에 따른 강도저하 문제도 발생되지 않아 충분히 자기진단 기능을 부여할 수 있음을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구의 일부 결과는 한국과학기술원 스마트사회기반연구센터(SISTeC)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

본 연구의 시료제작에 협조하여 주신 (주)인트캡 안상욱대표이사님과 시험시 협조하여 주신 한국과학기술원 김정수님께 감사드립니다.

참고문헌

1. Seok Kyun Park, "APPLICABILITY OF CARBON POWEDR AND MICROCAPSULES FOR SELF DIAGNOSING AND HEALING IN MORTAR AND CONCRET", 4th JCI-KCI JOINT SEMINAR, 2004.7