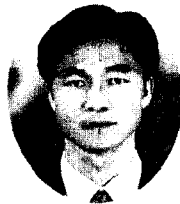


---

## AE를 이용한 탄소섬유시트 강화 모르타르의 파괴거동에 관한 연구

A Study on the Failure Behavior of Carbon Fiber Sheet Reinforced  
Mortar Using Acoustic Emission Technique



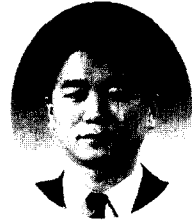
이진경\*

Lee, Jin-Kyung



이준현\*\*

Lee, Joon-Hyun



장일영\*\*\*

Jang, Il-Young

---

### ABSTRACT

It was well recognized that the damages associated mainly with the aging of civil infrastructures were one of very serious problems for assurance of safety and reliability. Recently carbon fiber sheet(CFS) has been widely used for reinforcement and rehabilitation of damaged concrete beam. However, the fundamental mechanism of load transfer and its load-resistant for carbon fiber sheet reinforced concrete are not fully understood. In this study, three point bending test has been carried out to understand the damage progress and the micro-failure mechanism of CFS reinforced mortars. For this purpose, four different types of specimens are used, that is, mortar, steel bar reinforced mortar, CFS reinforced mortar, and steel bar and CFS reinforced mortar. Acoustic Emission(AE) technique was used to evaluate the characteristics of damage progress and the failure mechanism of specimens. In addition, two-dimensional AE source location was also performed to monitor crack initiation and propagation processes for these specimens.

**Keywords** : carbon fiber sheet(CFS), acoustic emission, on-line monitoring, three point bending test, AE source location

- \* 부산대학교 기계설계공학과 박사과정  
\*\* 정희원, 부산대학교 기계공학부 교수  
\*\*\* 정희원, 금오공과대학 토목공학과 교수

· 본 논문에 대한 토의를 2000년 10월 31일까지 학회로 보  
내 주시면 2000년 12월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

## 1. 서 론

콘크리트 구조물은 재령이 증가함에 따라 그 외부환경이나 사용여건에 따라 재료 내부에 결합이나 균열의 발생 및 부식이 발생하여 구조물의 내구성이 상당히 저하된다. 따라서 최근에는 이렇게 손상되거나 성능이 저하된 콘크리트 구조물에 전혀 손상을 주지 않고도 시공이 가능한 방법으로 강판이나 섬유시트(탄소섬유, 아라미드 섬유) 등을 부착하여 보강, 보수를 하고 있다. 특히 탄소섬유시트는 비중이 약 1.6으로 철의 1/5정도로 적으므로 보강에 의한 중량증가는 거의 발생하지 않으며 인장강도도 강재의 약 10배 정도로 크기 때문에 많이 사용되어지고 있다. 또한 구조물의 복잡한 형상에 관계없이 간단하게 절단하여 사용할 수 있으며 부식 열화에 대해서도 안정하기 때문에 강재로 보강하는 것에 비하여 훨씬 효과적이다.<sup>(1)</sup> 일반적으로 탄소섬유시트로 보강된 콘크리트 구조물의 보강효과를 이해하기 위해서는 보강된 콘크리트 재료의 미시적 변형기구를 파악하여야 할 필요가 있다. 그러나 콘크리트 구조물은 콘크리트 재료 자체의 골재와 기지재 사이의 본드 균열, 기지재의 균열, 골재의 파괴 등<sup>(2-3)</sup> 복잡한 파괴 양상을 나타낼 뿐만 아니라 실제 탄소섬유로 보강한 콘크리트의 경우 보강한 탄소섬유시트와 콘크리트 사이의 계면에서의 박리현상, 에폭시의 파괴, 탄소섬유시트의 파손 등의 비교적 복잡한 미시적 파손기구를 가지며 특히 이들 각각의 미시적 파손기구에 대한 특성에 대하여는 기존의 인장, 압축시험의 거시적 재료시험특성방법<sup>(4-8)</sup>으로는 판단하기 어려운 점이 많다. 한편 재료 내부의 균열발생, 성장에 따라 발생하는 탄성파를 이용한 음향방출(Acoustic Emission, AE)<sup>(9-10)</sup> 기법은 콘크리트 부재내의 균열발생, 진전 등의 손상평가 및 미시적 파손기구를 연속적으로 온-라인 모니터링 하는데 매우 유용한 수단이다. 따라서 본 연구에서는 실제 다수의 철근과 탄소섬유시트를 보강한 콘크리트 부재의 미시적 파손기구에 대한 AE 특성을 파악하기 위한 첫 단계로 하나의 철근과 1장의 탄소섬유시트를 보강한 모르타르 부재의 미시적 파손기구 및 균열진전 특성, 탄소섬유시트의 부착 파괴

현상을 분석하였다. 그리고 이들 파손 기구에 대한 AE 특성을 명확히 함으로써 나아가 다수의 철근과 탄소섬유시트를 보강한 콘크리트 구조물의 미시적 파손기구에 대한 온-라인 모니터링을 위한 기초를 마련하고자 한다.

## 2. 실험개요

### 2.1 시험편 및 탄소섬유시트 부착공정

본 연구에서는 다음과 같은 4가지 경우의 모르타르 시험편을 준비하여 실험을 수행하였다.

- i) 보강되지 않은 시험편
- ii) 철근만 보강된 시험편
- iii) 탄소섬유시트만 보강된 시험편
- iv) 철근과 탄소섬유시트를 모두 보강한 시험편

이렇게 제작된 모르타르 시험편의 단면치수 및 배근 현황, 탄소섬유시트 보강, AE 센서의 부착 위치는 Fig. 1과 같다. 그림에서 보여주는 바와 같이 시험편의 치수는 100×100×440(mm)의 크기로 제작되었으며 보강한 철근은 인장철근(D13)을 사용하였고 시험편의 모서리는 보강효과를 위하여 R10mm로 곡면화 하였다. 그리고 모르타르 재료의 배합은 물, 시멘트, 잔골재를 1:1.86:4.18 무게비로 하여 제작하였으며 시험편의 압축강도는 300kgf/cm<sup>2</sup>이다. 탄소섬유시트를 부착하기 위하여 사용된 에폭시의 배합비는 주재와 경화제의 무게비가 2:1인 S사 제품을 이용하였으며 탄소섬유시트는 두께 0.11mm의 S사 범용탄소섬유를 사용하였다. 또한 2차원 AE 발생원 위치추정기법을 적용하기 위하여 AE 센서간의 부착위치 200×85mm로 직사각형(rectangular)으로 부착하였다. 그리고 탄소섬유시트를 모르타르 시험편에 부착하기 위한 부착공정이 Fig. 2에 나타나 있다. 그림에서 보여주는 바와 같이 탄소섬유시트 1장의 시공은 다음의 순서로 실시하였다. 먼저 콘크리트 표면의 요철제거 및 사포(sand paper #1000)를 이용하여 그라인딩(grinding)하고 프라이머(primer)로 도포(250g/m<sup>2</sup>)하여 7일 동안 건조하고 난 후 표면 처리를 하였다. 표면처리가 끝난 후 접착용 상도

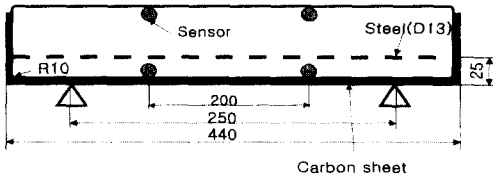


Fig. 1 Dimensions of specimen (mm)

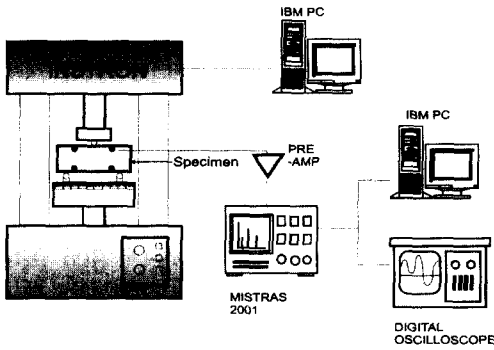


Fig. 2 Schematic diagram of the experimental set-up

레진을 도포( $400\text{g}/\text{m}^2$ )하고 탄소섬유시트를 부착하였다. 마지막으로 함침용 하도레진을 도포( $200\text{g}/\text{m}^2$ )하고 15일 동안 건조시킨 후 3점 굽힘 시험을 실시하였다.

## 2.2 실험방법

본 연구에서는 탄소섬유시트를 강화한 모르타르의 하중 증가에 따른 파괴 거동 및 손상 평가를 위한 음향방출 기법의 적용성을 평가하기 위하여 Fig. 3에서 보는 바와 같이 탄소섬유시트 강화 모르타르 시험편에 AE 센서를 부착하여 3점 굽힘 시험을 실시하였다.

그림에서 보여주는 바와 같이 시험편 정면에 AE 센서를 부착하고 최대 10 ton의 압축 시험기 (INSTRON)에 의해 하중이 가해지면 시험편 내의 국부적인 응력 집중, 균열발생, 성장으로 인한 탄성파가 발생한다. 이때 발생한 탄성파, 즉 AE 신호는 시험편에 부착되어 있는 AE 센서에 의해 감지되고 예비증폭기(preamplifier)에 의해 40dB 증폭되어 AE 본체(MISTRAS 2001)로 보내어

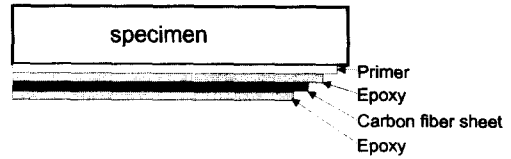


Fig. 3 Adhesive progress of carbon fiber sheet

진다. AE 본체로 보내어진 신호는 AE 사상수(event), 지속시간(duration time), 에너지(energy) 등의 AE 파라미터에 의해 분석되어진다. 그리고 시험편에 가해지는 하중은  $0.5\text{mm}/\text{min}$ 으로 변위를 제어하였으며 양지점 사이는  $250\text{mm}$ 로 정하였다. 또한 하중이 가해지는 편과 시험편과의 마찰에 의해 발생하는 신호를 제거하기 위하여 시험편과 가력 편 사이에 고무를 부착하였다.

그리고 디지털 오실로스코프(LeCroy 9310A)를 이용하여 하중이 증가함에 따라 발생하는 AE 신호의 주파수 특성을 분석하여 파손기구를 평가하였다. 또한 탄소섬유시트와 모르타르 시험편 사이의 계면에서 발생하는 균열, 혹은 철근과 모르타르 계면에서 발생하는 균열 및 균열진전 양상을 평가하기 위하여 2차원 AE 발생원 위치추정 기법<sup>(11-12)</sup>을 적용하였으며 이를 위하여 그림에서 보여주는 바와 같이 시험편 정면에 4개의 AE 센서를 직사각형(rectangular) 방식으로 부착( $200 \times 85\text{mm}$ )하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 시험편에 따른 하중곡선 변화

Fig. 4는 보강조건이 다른 각각의 시험편에 대한 3점 굽힘 시험하에서의 시간에 따른 하중 곡선 변화를 나타낸 것으로 그림에서 보여주는 바와 같이 보강조건에 따라 다양한 파괴 특성을 보여줄 수 있다. 즉 보강되지 않은 모르타르 시험편의 경우 하중이 점차적으로 증가하여  $17\text{kN}$ 에 도달하면 굽힘 모멘트가 최대로 작용하는 시험편 배면 중앙에 시험편 높이의  $3/4$  지점까지 급격하게 균열이 발생하여 하중이 급격히 감소한다. 그러나 철근을 보강한 모르타르 시험편은  $20\text{kN}$ 까지 하중이 증가하다가 무보강 모르타

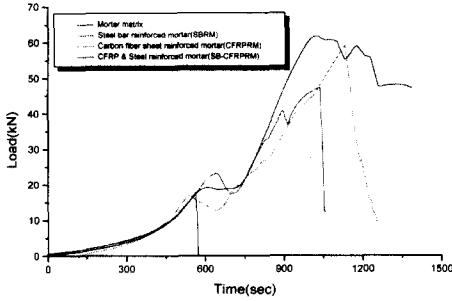


Fig. 4 Load versus time curves for four types of specimens

르 시험편과 마찬가지로 시험편 배면 중앙에 급격한 균열전파와 더불어 하중은 17kN까지 감소한 후 이차적으로 다시 증가하여 45kN의 최대하중에 도달한다. 철근이 보강된 모르타르 시험편에서 이와 같이 20kN에서 모르타르 시험편의 배면 중앙부에 주균열이 발생하여 하중은 약간 감소하지만 보강된 철근에 의해 시험편은 계속적으로 하중을 지탱할 수 있다. 그러나 이차적으로 하중이 점차적으로 증가하면서 기지재인 모르타르와 철근 사이의 계면에서 균열 발생이 관찰되었으며 최대 하중에 도달하게 되면 발생한 주균열과 계면에서 발생한 균열이 서로 합체되어 기지재인 모르타르가 여러 부분으로 부서져서 떨어져 나오는 시점에 도달하게 된다. 이때 시험편은 더 이상 철근에 의한 보강효과는 유지되지 않고 시험편은 최종파괴에 도달하게 된다.

한편 탄소섬유시트가 보강된 모르타르 시험편에서도 17kN 정도에서 일차적으로 기지재인 모르타르에서 거시적 균열이 발생하여 하중이 감소하는 영역이 관찰되지만 보강된 탄소섬유시트 효과 때문에 완전 파단에는 도달하지 않는다. 이때 발생하는 균열양상은 앞의 보강하지 않은 시험편 혹은 철근만 보강된 시험편에서처럼 시험편 배면 중앙에서 균열이 발생하는 것이 아니라 가력 편과 시험편 저면과 45° 방향으로 저면에서 거시적 균열이 발생하여 가력지점으로 성장한다. 기지재에서의 거시적 균열에도 불구하고 보강된 탄소섬유시트 효과 때문에 하중은 다시 점차적으로 증가하며 하중증가에 따라 거시적 균열로부터 기지재인 모르타르와 보강한 탄소섬유시트 사이의 계

면으로 균열이 성장하여 계면분리 현상이 발생하고 최종적으로 작용하중이 최대 하중에 도달하게 되면 탄소섬유시트의 파단에 의해 최종 파괴에 도달하며 이때 급격한 에너지 방출에 따라 시험편은 여러 부분으로 파괴된다.

마지막으로 철근과 탄소섬유시트 모두를 보강한 모르타르 시험편에서는 시간-하중 곡선에서 보여주는 바와 같이 타 시험편과 마찬가지로 일차적으로 18kN 정도의 굽힘 하중에서 모르타르 기지재에서 거시적 균열에 의해 하중이 증가하지 않고 pop-in 형태의 곡선으로 지속된 후 하중은 다시 급격하게 증가하게 된다.

하중이 증가함에 따라 철근과 모르타르 시험편의 계면으로 다수의 거시적 균열이 발생하여 가력지점으로 성장하며 탄소섬유시트와 모르타르 시험편의 계면으로 계속해서 균열이 성장하여 계면분리가 발생한다. 최대하중 지점에서 모르타르 시험편은 더 이상 하중을 지탱할 수 없을 정도로 균열이 성장, 합체되어 하중은 급격히 감소한다.

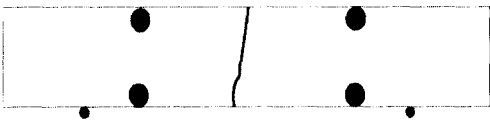
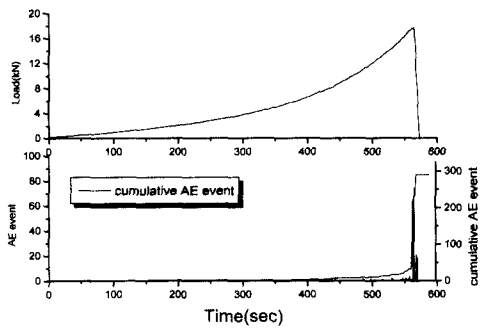
### 3.2 모르타르의 파괴거동과 AE 인자와의 관계

본 연구에서는 무보강 모르타르와 철근 및 탄소섬유시트로 보강한 모르타르 시험편의 파괴거동 및 손상정도를 평가하기 위하여 AE 기법의 적용성을 평가하였다.

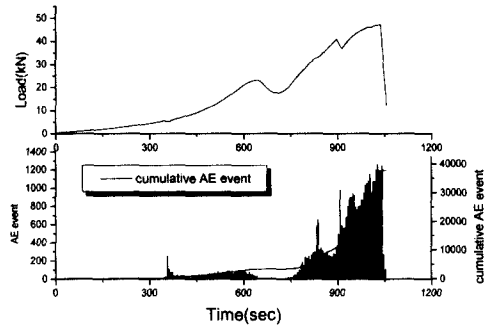
Fig. 5는 서로 다른 보강 효과에 따른 각각의 시험편들에 대한 하중-시간의 변화에 따른 하중 곡선 및 AE 사상수 변화특성을 나타낸 것이다.

Fig. 5(a)는 무보강 모르타르 시험편의 하중에 대한 AE 사상수의 변화를 나타낸 것으로 그림에서 보여주는 바와 같이 초기에는 하중이 증가하여도 AE 사상수는 발생하지 않고 있다. 하지만 최대 굽힘 하중의 30~40% 지점에서부터 소수의 AE 사상수가 발생하여 최대 하중 가까이에서 급격하게 발생하는 양상을 보여주고 있다.

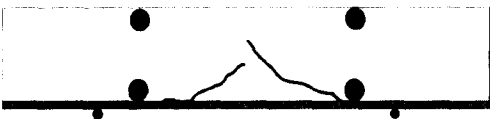
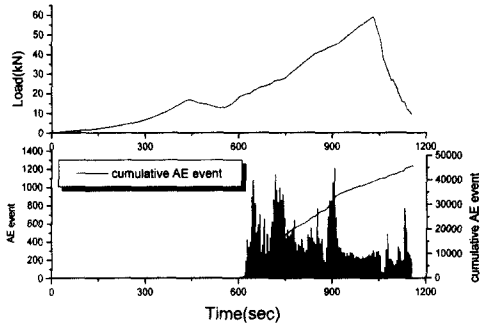
하중이 점차적으로 증가하여 최대 굽힘 하중의 30~40% 지점부터 재료 내부의 기공 등에 의한 국부적인 응력집중에 의해 소수의 AE 사상수가 발생되며 최대 하중 근처에서는 다수의 미소 균열의 발생, 성장 등에 의해 다수의 AE 사상수가



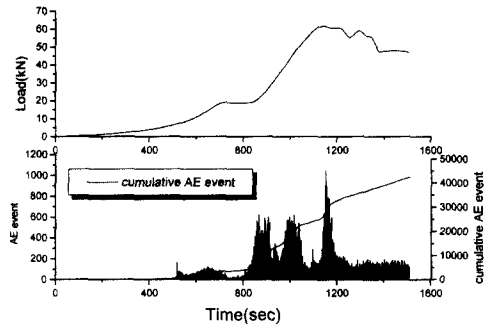
(a) Mortar specimen



(b) Steel bar reinforced mortar



(c) CFRP reinforced mortar



(d) Steel bar & CFRP reinforced mortar

Fig. 5 Load, AE event versus time

발생한다. 그리고 최대하중에서는 발생한 미소 균열의 합체에 의해 시험편 배면 중앙에서 주 균열이 발생함에 따라 급격하게 AE 사상수가 발생하였다.

Fig. 5(b)는 철근이 보강된 모르타르 시험편의

AE 사상수 발생 양상을 나타낸 것으로써 모르타르에 거시적 균열이 발생하기 전에 다수의 AE 사상수가 발생하고 있음을 알 수 있다. 이것은 시험편 표면관찰에서는 관찰되지 않지만 강화된 철근과 기지재인 모르타르 사이의 계면에서 하중이

증가함에 따라 다수의 미소균열이 발생하고 있음을 말해준다. 이러한 결과는 뒤의 Fig. 7의 2차원 AE 발생원 위치 추정결과에서 기지재인 모르타르와 철근과의 계면에서 다수의 AE 발생원이 발생하는 것과 잘 일치함을 보여준다. 특히 기지재인 모르타르에 거시적 균열이 발생하고 난 후 다시 이차적으로 하중이 증가함에 따라 AE 사상수가 급격하게 증가하고 있다. 이것은 순간적으로 시험편 배면 중앙에 거시적 균열이 발생하고 난 후 보강한 철근에 의해 다시 하중이 증가함에 따라 철근과 모르타르 사이의 계면에서 미소균열이 발생, 성장함과 더불어 기존의 거시적 균열의 마찰에 의해 AE 사상수가 급격하게 증가하는 것으로 생각되어진다. Fig. 5(c)에서는 탄소섬유시트만 강화한 모르타르 시험편의 하중 증가에 따른 AE 사상수와 상관계수를 나타낸 것으로 모르타르에 거시적 균열이 발생하는 지점에서도 앞의 경우들과는 달리 소수의 AE 사상수만 발생하고 오히려 하중이 이차적으로 증가하여 모르타르와 탄소섬유시트간의 계면에서 계면분리현상이 발생하는 시점부터 다수의 AE 사상수가 발생하고 있다. 이때 발생하는 AE 사상수는 모르타르와 탄소섬유시트간의 계면으로부터의 균열, 접착 재료인 에폭시 재료의 파단, 그리고 탄소섬유시트의 파단 등 다양하게 발생하는 AE 신호들으로써 다수의 AE 사상수가 발생한다. 마지막으로 Fig. 5(d)에서는 철근과 탄소섬유시트 모두 강화된 모르타르 시험편의 AE 사상수 변화를 나타낸 것으로 이때 발생하는 AE 사상수의 발생양상은 앞의 철근만 보강된 (b)의 경우와 탄소섬유시트만 보강한 (c)의 경우의 AE 사상수 발생양상을 합쳐놓은 것과 같은 AE 사상수 변화를 보여주고 있다. 즉 일차적으로 모르타르 기지재에 거시적 균열이 발생하는 시점에 도달하기 전부터 모르타르와 철근과의 계면에서 다수의 AE 사상수가 발생하고 다시 이차적으로 하중이 점차적으로 증가하는 영역에서 발생하는 AE 사상수는 모르타르와 철근과의 계면뿐만 아니라 모르타르와 탄소섬유시트간의 계면으로부터의 계면분리 현상에 의한 AE 발생, 에폭시의 파단, 그리고 발생한 다수의 거시적 균열들의 마찰 등 아주 다양한 손상인자들로부터 AE 사상수가 다수 발생하고 있다.

### 3.3 2차원 AE 발생원 위치추정

본 연구에서는 재료내부의 균열발생, 진전 양상 또는 결함위치를 측정하기 위하여 Fig. 1에서 보여주는 바와 같이 시험편에 4개의 AE 센서를 부착하여 2차원 AE 발생원 위치추정 기법을 적용하였다. 2차원 AE 발생원 위치 추정기법에는 부착하는 센서의 위치에 따라 선형적 방법, 삼각법, 사각법 등의 여러 가지 기법이 있지만 본 연구에서는 예비실험을 통해 사각법 기법을 적용하였다. 한편 정확한 AE 발생원 위치를 추정하기 위해서는 시험편의 종파속도를 정확하게 측정하는 것이 대단히 중요하기 때문에 본 연구에서는 2개의 센서를 시험편에 선형적으로 부착하고 반대편에서 연필심을 부러뜨려 발생한 탄성파가 각각의 센서에 도달하는데 걸리는 시간차를 이용하여 시험편의 종파속도를 측정하는 연필심 파단기법을 이용하여 모르타르 시험편의 종파속도를 측정하였다. Fig. 6은 디지털 오실로스코프를 이용하여 얻은 파형을 나타낸 것으로 Fig. 6은 센서 1과 센서 2에서 얻은 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 보여주는 바와 같이 발생한 탄성파가 센서 1에 먼저 도달하고 일정한 시간이 경과된 후 센서 2에 도달한다. 이때 두 센서에 도달하는데 걸리는 시간차와 두 센서간의 거리를 측정하여 모르타르 시험편의 종파속도를 측정하였다. 이러한 방법에 의해 측정된 모르타르 시험편의 종파속도는 4000m/s이었다.

Fig. 7은 보강조건이 다른 시험편들의 2차원 AE 발생원 위치추정 결과를 나타낸 것으로 그림

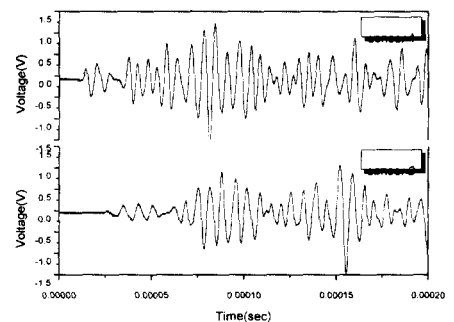


Fig. 6 Typical waveform due to pencil breakage test

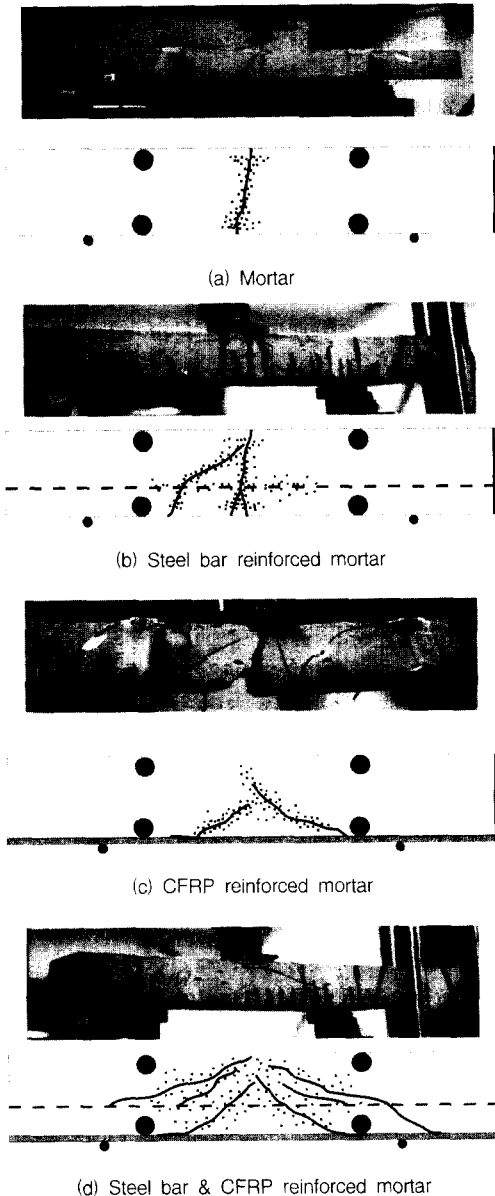


Fig. 7 Two dimensional AE source location at four different types of specimen

에서 보여주는 바와 같이 4가지 경우의 시험편 모두 발생한 균열을 따라 AE 발생원이 집중적으로 발생하고 있음을 보여주고 있다. Fig. 7(a)는 무보강 모르타르 시험편의 경우로써 AE 발생원은 하중이 점차적으로 증가함에 따라 굽힘 모멘트가 최대가 되는 시험편 배면 중앙에서 국부적인 응력집중에 의해 소수 발생하였으며 시험편

에 순간적으로 균열이 발생함에 따라 주균열을 따라 다수의 AE 발생원이 발생하였다.

Fig. 7(b)는 철근을 보강한 모르타르 시험편의 AE 발생원 위치 추정 결과를 나타낸 것으로 하중 초기에 시험편에 균열은 전혀 관찰되지 않았지만 철근과 기지재인 모르타르와의 계면 사이에서 다수의 AE 발생원이 관찰되었다. 그리고 하중이 증가함에 따라 모르타르에서 거시적 균열이 발생함과 동시에 균열을 따라 다수의 AE 발생원이 발생하였다. 이와 같은 결과는 앞에서 언급하였듯이 Fig. 5(b)에서 철근을 보강한 시험편의 AE 사상수와 하중과의 관계에서 기지재인 모르타르의 주균열 발생전에 다수의 AE 사상수가 발생하고 있는 것과 아주 잘 일치하고 있음을 보여준다. Fig. 7(c)의 탄소섬유시트 강화 모르타르 시험편과 (d)의 철근과 탄소섬유시트 강화 모르타르 시험편의 2차원 AE 발생원 위치 추정 결과도 균열을 따라 다수의 AE 발생원이 발생하여 2차원 AE 발생원 위치 추정 기법이 시험편의 손상 및 균열진전을 평가하는데 양호한 결과를 나타내었다. 그러나 탄소섬유 시트와 모르타르 시험편 사이의 계면에서 발생하는 균열 또는 예폭수지의 파단에 의해 발생하는 계면분리에 의한 AE 발생원의 위치는 부착한 센서의 범위밖이므로 정확하게 위치추정을 할 수 없었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 철근, 탄소섬유시트로 보강된 모르타르 부재의 파손 기구를 명확히 하기 위하여 AE 기법을 적용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 모르타르 시험편의 최종 파괴양상
  - i) 무보강 시험편의 경우 굽힘 모멘트가 최대로 작용하는 시험편 배면 중앙에서 높이 방향으로 순간적으로 거시적 균열이 발생하여 최종파괴에 도달하였다.
  - ii) 철근만 보강한 시험편도 시험편 배면 중앙에서 주균열이 발생하고 하중이 증가함에 따라 철근과 모르타르 계면에서 균열이 발생, 성장하며 발생한 주균열과 합체되어 완전파괴에 도달하였다.

- iii) 탄소섬유시트로 보강한 시험편에서는 시험편 저면과 가력지점과 45° 방향으로 주균열이 발생하여 가력지점으로 진전하고 모르타르와 탄소섬유시트간의 계면으로도 성장하며 최종적으로는 탄소섬유시트의 파단에 의해 완전 파괴되었다.
- iv) 철근과 탄소섬유시트를 보강한 시험편도 가력지점과 45° 방향으로 주균열이 발생하며 하중증가에 따라 철근과 모르타르 계면을 따라 다수의 주균열이 발생하여 최종적으로 단부로부터 발생한 균열과 합체되어 완전파단에 이른다.

2) 하중 증가에 따른 AE 사상수는 모든 시험편에서 일차적으로 기지재인 모르타르가 파단될 때 다수의 AE 사상수가 발생하고 철근이 보강된 시험편은 하중 초기, 즉 기지재인 모르타르에 거시적 균열이 발생하기 전에 철근과 모르타르의 계면으로부터 다수의 AE 사상수가 발생하였다. 특히 탄소섬유시트를 보강한 경우 탄소섬유시트가 모르타르로부터 분리될 때 현저히 많은 AE 사상수가 발생하였다.

3) 2차원 AE 발생원 위치 추정기법에서 무보강, 철근보강 시험편은 비교적 정확하게 발생원의 위치를 추정하였지만 탄소섬유시트로 보강된 시험편들은 탄소섬유시트와 모르타르 부재의 계면으로부터의 AE 발생원은 정확히 추정할 수 없었다.

### 감사의 글

본 논문은 한국과학재단 산하 성균관대학교 산업설비 안전성 평가 연구센터의 연구비 지원으로 이루어진 것으로 이에 관계자 여러분께 감사드립니다. 또 시험편 제작에 있어서 도움을 주신 (주) SK 케미칼의 정성룡 과장님께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. SK 케미칼 정밀화학 사업본부 프리프레그 사업팀, "SK 탄소섬유시트공법 기술자료", 1998.

2. 이준현, 이진경, 장일영, 윤동진, "음향방출을 이용한 mortar 재료의 미시적 파괴거동에 관한 연구", 콘크리트 학회지 제10권 6호, 1997, pp. 203~211.

3. 이준현, 이진경, 윤동진, "음향방출을 이용한 콘크리트 부재의 미시적 파괴특성의 온라인 모니터링", 한국비파괴검사학회지, 제 19권 1호, 1999, pp. 25~33.

4. Hiroya Hagio, Dideo Katsumata, Kohzo Kimura, Yoshiro Kobatake, "A Study of Existing Reinforced Concrete Structure Retrofitted by Carbon Fiber", ACCM-1, 1998, pp.107-1~107-4.

5. Atsushi Yokoyama, Dazuaaki Nishiyabu, "Fracture Behavior of Concrete Beam Strengthen with Composite Materials", ACCM-1, 1998, pp. 103-1~103-4.

6. 오병환, 강동욱, 조재열, "강관 휨보강된 철근 콘크리트보의 파괴기구 및 박리하중산정 이론연구", 콘크리트학회지 제 9권 5호, 1997, pp. 243~254.

7. 정란, 박현수, "탄소섬유시트 보강 콘크리트용 무기계 폴리머 접착제의 내화 및 구조성능", 콘크리트학회지 제 10권 5호, 1998, pp.109~115.

8. G. Spades, F. Bencardino, "Behavior of Fiber-Reinforced Concrete Beams under cyclic Loading", J.of Structural Engineering, 1997, pp. 660~668.

9. J. H. Lee, J. H. Kim, D. J. Yoon, O. Y. Kwon, "Acoustic Emission Monitoring of Fracture Process of SiC/Al Composites under Cyclic Loading", Proc. of 4th International symposium on Acoustic Emission from Composite Materials, Seattle, U.S.A, 1992, pp. 300~309.

10. J. H. Lee, W. J. Sung, "Acoustic Emission Characterization of single and Dual fiber Reinforced Metal Matrix Composite", Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Vol.17A, 1997, San Diego, U.S.A.

11. 이진경, 이준현, "음향방출을 이용한 콘크리트 부재의 미시적 파괴특성의 온라인 모니터링", 한국비파괴학회 추계학술발표회논문집, 1998, pp. 332~347.

12. Ronnie D.Miller, Paul McIntire, "Nondestructive Testing Handbook", Vol 5, Acoustic Emission Testing, ASNT, 1987.



## 요 약

콘크리트 구조물은 재령이 증가함에 따라 그 외부환경이나 사용여건에 따라 재료 내부에 결함이나 균열의 발생 및 부식이 발생하여 구조물의 내구성이 상당히 저하된다. 따라서 최근에는 이렇게 손상되거나 성능이 저하된 콘크리트 구조물에 전혀 손상을 주지 않고도 시공이 가능한 방법으로 강판이나 섬유시트 등을 부착하여 보강, 보수를 하고 있다. 그러나 탄소섬유로 보강한 콘크리트의 경우 비교적 복잡한 미시적 파손기구를 가지며 특히 이들 각각의 미시적 파손기구에 대한 특성에 대하여는 기존의 거시적 재료시험특성방법으로는 판단하기 어려운 점이 많다. 따라서 본 연구에서는 음향방출기법을 이용하여 실제 다수의 철근과 탄소섬유시트를 보강한 콘크리트 부재의 미시적 파손기구에 대한 AE 특성을 파악하기 위한 첫 단계로 하나의 철근과 1장의 탄소섬유시트를 보강한 모르타르 부재의 미시적 파손기구 및 균열진전 특성, 탄소섬유시트의 부착 파괴현상을 분석하여 부착 파괴거동을 규명하고 나아가 다수의 철근과 탄소섬유시트를 보강한 콘크리트 구조물의 미시적 파손기구에 대한 온라인 모니터링을 위한 기초를 마련하고자 한다.

(접수일자 : 2000. 1. 31)