

## 12. 다층 층간분리된 복합보의 자유진동해석

토목환경공학과 백재욱  
지도교수 김도삼

교량을 비롯한 구조물에 있어서 현 상태를 파악하고 향후의 거동을 예측함으로써 불의의 재난을 방지하기 위한 구조물의 모니터링 및 손상의 조기발견은 반드시 필요하다. 이를 위한 방법은 크게 두 가지로 대별할 수 있는데, 첫째는 전문가에 의하여 이루어지는 육안조사이며, 두 번째는 센서를 사용한 모니터링이다. 육안조사는 전문인력의 부족, 상시 관측의 어려움, 접근성의 문제 등을 가지고 있기 때문에 이러한 문제점을 극복하기 위해 모니터링을 이용하기 위한 본 연구가 제안되었다.

최근 들어 복합재료는 중량에 대한 고강도, 고강성, 경량성, 내구성 및 설계의 용이성 때문에 항공, 우주, 자동차, 설비재료로서 활발히 사용되고 있다. 기존의 철근콘크리트 구조물에 대한 가장 심각한 손상은 중성화현상과 열화현상으로 구분되는데 그 결과는 철근의 부식으로 나타난다. 이에 비해 복합재료는 부식에 대한 저항능력 및 내구성을 가지고 있어 산업분야에선 필수적인 재료로 인식되었고 선진국에서는 이미 실용화되고 있다. 또한 복합재료의 사용은 공사기간의 단축, 유지관리비용의 감소, 수명의 극대화, 규격화로 인한 공사비용의 감소, 보수기간의 단축 등으로 사회간접비용 절감이라는 효과를 가져온다.

하지만 복합재료는 구조물의 성형, 제작과정 혹은 사용 중에 외부에서 가해지는 저속충격 등에 의해 외부에서 육안으로 식별하기 어려운 모재 균열(matrix cracking), 강화재 파단(fiber breakage), 섬유와 모재 간의 분리(debonding) 및 층간분리(delamination) 등의 결함이 내부에 발생한다. 이러한 층간분리 형태의 결함이 존재하면 구조물은 전체적인 강성과 강도가 저하되고, 대칭 적층형태의 구조물인 경우 층간분리에 의해 국부적인 비대칭형태가 되어 연계강성(coupling stiffness)이 발생하고 기하학적인 비선형 거동을 유발하게 된다. 이로 인해 적층구조물은 좌굴하중이 감소되고 설계하중보다 낮은 하중에서 전체적인 파손이 야기될 수 있다.

복합재 적층구조물의 안전한 사용을 위해서는 정적 및 동적 하중 또는 환경적인 영향에 의해 발생하는 다양한 형태의 손상들을 검출, 평가, 해석하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 이러한 손상 평가방법으로는 구조부재의 재료인자를 획득하기 위해 동적 특성 결과를 이용한 비파괴 시험법과 스트레인 게이지를 사용한 진동측정방법 및 구조물의 고유진동수를 측정함으로써 대략적인 결함의 위치 및 손상의 정도를 찾을 수 있는 방법 등이 있다. 즉, 전체거동을 대변하는 고유진동수의 저하를 손상복합 적층구조물의 건전성 여부를 평가할 수 있게 하는 도구로서 Stamos 등은 역방법(inversion method)을 제안했고 Cawley는 모드매개변수(고유진동수, 감쇠비 및 모드 형상)를 사용한 구조물의 사용성 여부 평가 방법이 비파괴 검사법으로서 활용될 수 있음을 제시했다.

그러나 이러한 층간분리에 관한 진동특성 연구들에서는 복합재 적층구조물에 발생할 수 있는

실제적인 층간분리 형상이나 특성이 고려되지 않고 단일 층간분리나 부재의 횡방향으로만 존재하는 다 층간분리로 한정되어 수행됨에 따라 실제 구조물에서 발생할 수 있는 모든 경우의 영향이 고려되지 않았기 때문에 실제 건설분야에서 적용되고 있는 교량의 이동하중을 생각한다면 종방향 층간분리를 고려한 실제적인 형태의 해석이 필요하다고 생각된다.

이를 위해 본 연구에서는 복합재 적층보에 다 층간분리가 종방향과 횡방향으로 발생한 경우(이하-다 중간·횡간 층간분리보)에 대해서 여러 가지 형태의 층간분리 형상으로 모형화 하여 모드해석을 통하여 4차모드까지의 고유진동수 저하를 평가하였다. 이러한 결과로부터 다 중간·횡간 층간분리보에서 층간분리부의 위치와 크기 변화에 따른 고유진동수 저하를 평가할 수 있고(직접법: direct method), 이에 상관되어 손상 보의 진동수를 비교, 분석함으로써 층간분리부의 위치와 크기를 대략적으로 평가할 수 있다(역방법: inverse method).

해석모델은 층간분리부에서 분리된 보들간의 상대적 변위가 발생하지 않도록 횡방향 변위를 구속하였다. 따라서 본 해석의 결과는 층간분리부에서의 국부 또는 혼합형태의 동적거동을 대변하지는 못하나, 전체적인 동적특성은 대변할 수 있음을 수치결과와 비교로부터 알 수 있다. 또한 층간분리부로 인한 국부적 비대칭성의 효과를 고려하기 위해 연계강성이 고려된 신장, 굽힘 강성을 유도하였으며, 층간분리가 존재하는 부분과 존재하지 않는 부분들에 대한 일반적인 해를 구성하기 위해 내부 영역들의 경계에서 연속조건을 적용함으로써 근접한 내부 영역들간의 통합된 상수들에 관계하는 순환방정식(recurrence equation)을 적용하였다. 그리고 진동수 결정은 양단 영역들과 내부 영역의 연결부위에 연속조건을 적용함으로써 얻어질 수 있다.

본 연구에서는 얻어진 결과로부터 층간분리가 보의 동적특성에 미치는 민감도를 제시하였으며, 해석결과가 구조물의 건전성과 안전성을 평가하는 기준 정립의 자료로 활용될 수 있는 가능성을 제시하였다.

### 13. 부산지역 교차로에 있어서 실시간 신호주기의 지체추정모형 구축에 관한 연구

토목환경공학과 심양주  
지도교수 김태곤

국내의 경우 신호교차로 지체모형에 대한 대다수의 연구들이 HCM, KHCM, TRANSYT-7F 모형과 같은 기존 지체모형을 비교·분석하고 그 제한성을 보완하는 수준에서 모형을 개발하는데 그치고 있으며, 현장조사 자료를 바탕으로 구체적인 시간대별, 차종별 변수를 고려한 모형에 대한 연구가 거의 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 3지, 4지 교차로의 교통특성분석과 시간대별 지체모형의 구축, 검증 및 요인분석을 통해 다음과 같은 결론에 도달하게 되었다. i) 연구대상 교차로들의 통행특성을 살펴보면, 기존의 첨두시간대에 통행량이 집