

설계자를 위한 해석입문

발췌인 _ 민승재 _ 한양대학교 기계공학부 _ seungjae@hanyang.ac.kr

제1화: 기본을 알면 두렵지 않다.

3차원 CAD의 보급과 함께 CAE를 도입하는 기업이 증가하고 있다. 강성, 강도, 피로파괴, 열팽창, 열응력 등의 기계적 특성을 시뮬레이션으로 평가하여 초기설계단계에서 설계품질을 높일 수 있기 때문이다. 설계과정에서 여러 가지 특성을 입력하여 품질을 평가할 수 있다면 설계를 다양화시킬 수 있는 각종 아이디어도 얻을 수 있다. 일반적으로 제품개발은 ①개발기획 ②설계 ③디자인리뷰 ④시작품제작 ⑤실험 ⑥양산시작품제작 ⑦양산 ⑧판매 의 순서로 진행된다.

실제 개발단계는 ② ~ ⑤이고 경우에 따라서는 ② ~ ⑤를 여러 번 반복하게 된다. 설계를 개선하려면 설계의 초반부일수록 변경의 여지가 많고 설계변경 비용은 적게 소요되며 제품개발 비용도 줄일 수 있다. 전체 설계의 큰 틀은 초기 ②에서 결정되므로 ⑤의 실험에서 문제점이 발견되더라도 개선할 수 있는 범위는 제한된다. 이 단계에서 개선안의 확인을 위하여 시작품제작과 실험을 수행한다면 오랜 시간과 많은 비용이 필요하게 된다. 게다가 한번에 품질과 비용을 만족시키지 못하면 이러한 작업을 몇 번이고 반복해야

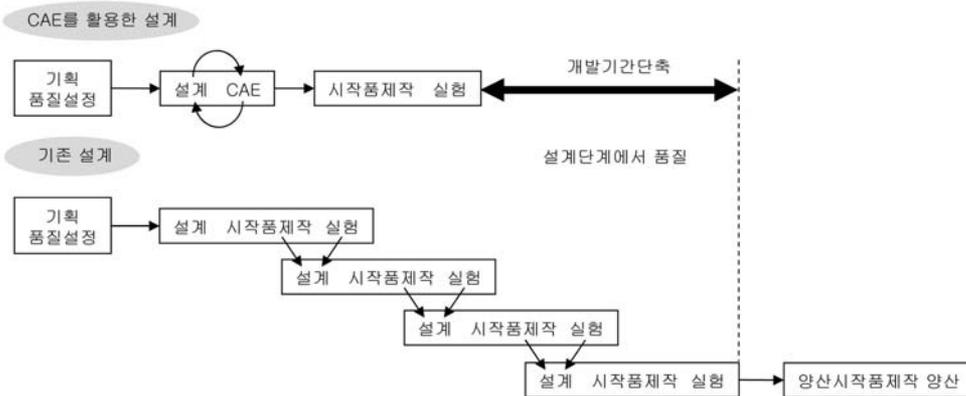


그림 1. CAE에 의한 개발기간단축

한다. 만약 그림 1과 같이 초기단계에서 설계안을 평가할 수 있다면 설계변경의 자유도는 비약적으로 증가하고 여기에 소요되는 시간이나 비용도 절감할 수 있다. 제품개발의 초기단계에 CAE를 도입하는 장점이 바로 여기에 있다. CAE를 활용하면 강도 등 기계적 특성을 시작품을 만들기 이전에 컴퓨터 시뮬레이션으로 파악할 수 있다. 이상적으로는 전체 부품과 제품에 있어서 기확한 품질과 비용을 만족할 때까지 설계의 변경과 해석을 반복하고 출도 후에는 목표한 성능의 달성여부를 실험으로 확인하는 것으로 충분하다. 따라서 그림 2와 같이 시뮬레이션으로 제품기획의 요구사항을 만족시킨 다음 후공정에 설계정보를 전달하는 프론트로딩화된 개발 프로세스를 구축할 수 있다.

CAE의 활용으로 가장 성공하고 있는 분야가 자동차업계이다. 20년간 개발기간을 30~50% 단축하고 여러 번 필요했던 시작품제작을 1회로 마칠 수 있게 되었다. 대폭적인 개발기간 단축 전체가 CAE에 의한 것은 아니지만 대규모 충돌해석이나 음향·진동해석 등이 개발기간과 비용절감에 크게 기여한 것은 사실이다. 또한 자동차업계 뿐만 아니라 일반적으로 CAE전문가와 설계자로 개발업무를 분업하고 있는 기업이 많다. CAE전문가는 문자 그대로 CAE를 숙지하고 있는

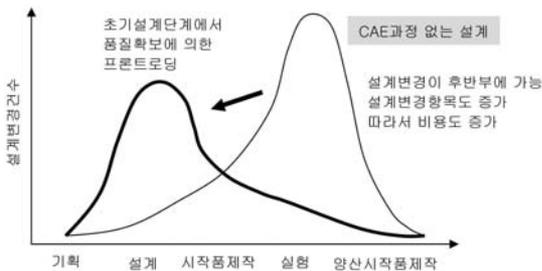


그림 2. CAE에 의한 프론트 로딩

사람으로 설계자가 의도하는 과제를 평가하기 위한 테크닉과 판단에는 뛰어나다. 그러나 설계자와 충분한 의사소통이 이루어지지 않거나 설계자와 동등한 제품 지식이 없는 한 의뢰된 범위 내에서 밖에 해석할 수 없다. 한편 설계자는 담당하는 부품 또는 제품에 대해서 잘 알고 있고 주위의 부품과의 연관성도 충분히 파악하고 있다. 주변 부품을 설계하고 있는 다른 설계자와도 협력하여 설계를 진행하고 여러가지 유의사항이나 제안사항에도 주변과 상담하면서 적절히 대응할 수 있다. 또한 설계자는 개발프로세스 중에도 ①개발기획 ②설계 ③디자인리뷰와 같은 초기 공정을 담당하고 있다. CAE전문가에게 설계작업을 전부 맡기고 거기서 필요한 정보를 주고 받아야 하는 불편한 점이나 정보전달 부족으로 충분한 해석결과를 얻을 수 없는 점을 생각하면 설계자가 직접 CAE를 실시하는 편이 바람직한 것은 자명하다고 할 수 있다. 많은 CAE전문가들이 필요한 자동차업계에서 조차 향후 한층 가속화될 개발기간의 단축이나 초기설계단계에서의 품질확보 경쟁에 의해 CAE전문가의 부족이 예상되어 설계자 자신이 해석업무를 수행할 필요성이 대두되고 있다. 최근 CAE전문가가 아닌 설계자가 해석하는 체제의 확립을 과제로 하는 기업이 증가하고 있는 것도 이러한 사정에 기인한다. 이전에는 사내 CAE전문가에 의뢰하여 수행하였던 해석도 현재는 설계자용 해석 S/W를 도입함으로써 설계현장에서 설계자가 필요한 경우에 실행할 수 있게 되었다. 또한 최근에는 CAE S/W와 PC/WS 등 H/W의 발전으로 CAE모델의 작성이나 해석작업 자체는 비교적 짧은 시간에 처리할 수 있게 됨에 따라서 3차원 CAD 모델이 있으면 간단한 문제인 경우 수 분내에 해석결과를 얻을 수 있다. 최근 설계자용 CAE[†]로 불리는 S/W의 발전과 함께 대

† 3차원 CAD에 추가기능으로 제공하는 형식으로 「CATIA V5」용 「SimDesigner for CATIA V5」(MSC.Software), 「SolidWorks」용 「COSMOSWorks」(COSMOS)가 대표적이고, 그 외에 3차원 CAD로부터 실행하는 「DesignSpace (ANSYS)」 등도 있다.

부분 3차원 CAD와 연동하여 3차원 모델의 작성 후 간단히 CAE작업에 들어갈 수 있는 기능이 제공되고 있다. 그러나 S/W의 종류나 기능이 증가되고 다양한 업체가 CAE를 도입하고 있음에도 불구하고 설계자가 CAE를 사용하고 있는 기업은 적은 편이고 실제로 설계부분에 도입해도 사용자는 제한적이다. 그 원인 중 하나로는 기존의 설계업무로도 바쁜 설계자가 부가적으로 해석업무까지 담당할 시간적 여유가 없는 점을 들 수 있다. 그리고 또 다른 큰 원인은 설계업무에서 CAE의 정확도를 어느 정도 보장할 수 있는지, 즉 설계자가 CAE를 올바르게 사용하여 타당한 결과를 얻을 수 있는가에 대한 문제이다.

CAE의 정확도를 확보하기 위해서는 크게 두가지 접근법이 있다. 첫째는 설계자의 CAE에 대한 이해도를 높이는 것으로 CAE의 기본방식을 이해하고 S/W를 능숙하게 사용할 수 있다면 빛나진 결과가 나오는 일은 없다. 둘째는 실수를 없애기 위하여 해석방법을 표준화시키는 것으로 정형적인 해석에는 이러한 방법이 유효하겠지만 기업마다 그 내용과 수준이 다르므로 여기서는 첫번째 접근법에 대하여 살펴본다. 우선 3차원 CAD S/W가 존재한다는 전제하에 CAE프로세스의 기본적인 과정은 그림 3과 같이 ①3차원 CAD에 의한 형상작성 ②3차원 CAD데이터를 CAE S/W에 입력하기 위해 필요한 CAD 데이터의 수정 ③3차

원 CAD 데이터를 CAE S/W로 전달 ④3차원 CAD 형상을 바탕으로 한 메쉬(mesh, 요소망, 그물망)분할 ⑤경계조건 설정 ⑥계산실행 ⑦계산처리 ⑧결과판단으로 구분할 수 있다. 이 중에서 특히 설계자가 실무하기 쉬운 부분이 ④의 메쉬분할과 ⑤의 경계조건 설정이고 ⑧의 결과판단에도 지식이 요구된다. 그러나 어렵게 생각할 필요는 없다. 설계자가 범하기 쉬운 실수의 대부분은 CAE의 기본지식을 이해하지 못한 점에 기인하고 있다. 우선 메쉬분할, 경계조건설정, 결과판단의 세단계에 있어서 요점을 파악하면 계산결과의 어느 부분에 주의해야 하는지, 결과가 이상한 경우에는 해석모델의 어느 부분을 수정해야 하는지 알 수 있다.

첫번째, 메쉬분할과 관련하여 CAE 초보자는 메쉬분할방법에 따라서 해석결과가 달라질 수 있다는 사실을 인식하지 못하는 경우가 많다. 평가하고 싶은 위치의 메쉬크기를 다소 수정하는 것 만으로도 응답이 변화한다는 사실을 인식하지 못하기 때문에 적당히 메쉬를 생성하여 결과값을 틀리게 해버린다. 이전과 비교하면 현재는 설계사용 CAE S/W에 따라서 메쉬분할작업은 상당히 간소화되었다. 많은 CAE S/W가 자동메쉬분할(Auto Mesh)기능을 구비하고 있어서 이러한 작업을 설계자가 의식하지 않도록 수행하고 있는 것도 있다. 해석결과에 따라서 메쉬를 자동으로 재분할하는 등 다양한 방법도 도입하고 있다. 그러나 이러한 편리함 때문에 메쉬크기나 형상에 따른 영향 등과 같은 CAE의 기본지식이 소홀히 다루어지고 있다. 그 결과 안이하게 메쉬를 구성하는 것에서부터 발생하는 실수가 의외로 많다. 예를 들어 메쉬분할이 불충한 경우 계산결과의 응력값이 낮아지는 경우가 있다. 특히 모서리부분의 응력집중부를 평가하고자 하는 경우에는 그 경향이 현저하므로 주의가 필요하다. 일반적으로 돌출부가 존재하는 물체의 밀부분 등 곡률반경이 작은 부분에는 응력이 집중되기 쉽다. 특히 모서리 R 부분에는 충분한 수의 메쉬로 분할해야 함과 동시에 요소형상의 중횡비를 가능한 한 1에 근접하도록 하지

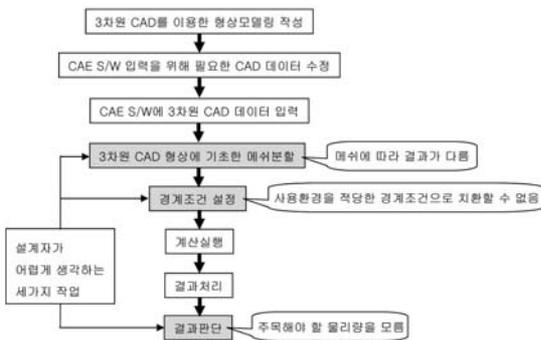


그림 3. 해석 프로세스

않으면 응력값이 작게 계산된다. 그렇다고 어느 부분에 응력이 집중될지 모른다고 해서 전체 영역을 조밀한 메쉬로 분할하는 것도 타당하지 않다. 데이터 양이 증가하고 계산 및 결과표시에 시간이 걸리며 때에 따라서는 표시할 수 없게 되는 문제가 발생하기 때문에 계산시간과의 균형도 고려해야 한다. 일반적으로 메쉬 크기가 작을수록 정확도가 높아지지만 메쉬크기가 작아진 만큼 계산에도 많은 시간이 소요된다. 상당히 작은 크기의 메쉬로 일률적으로 분해해 버리면 간단하지만 시간에 제약이 있는 일상 설계업무 중에 이것은 어려운 일이다. 실용적인 정확도와 계산시간의 균형을 잡는 일은 메쉬분할 정도와 바람직한 메쉬형상을 알아두는 것이다.

두번째, 경계조건의 설정도 확실히 알아두어야 한다. 유한요소법으로 해석하는 경우 솔리드요소라면 x, y, z 방향의 3자유도, 셸요소라면 여기에 x, y, z 회전 방향이 추가되어 6자유도가 모델의 어디에선가 구속되지 않으면 수학적으로 경계조건 수가 부족해서 계산할 수 없게 된다. 이 조건을 만족시키지 않은 채 계산이 안된다고 고민하는 설계자를 종종 보게 된다. 물성값의 입력에서 단위계를 혼돈하는 것, 재료선택을 잘못하는 것 등 초보적인 실수도 적지 않다.

세번째, 해석결과의 판단도 예비지식 없이는 곤란하

다. 예를 들어 경계조건으로 고정한 부분은 전체 작용력을 그 경계조건 부분에서 받게 되므로 계산상으로는 그 근방에 큰 응력이 발생하는 경우가 있다. 그러나 이것은 어디까지나 수학모델로 표현한 경우에 가상적으로 발생한 응력이다. 이런 점에 주의하지 않으면 실제로 최대응력이 발생하는 부분을 간과하게 된다. 위와 같은 초보적인 실수는 해석을 수행해 본 사람이라면 한번 정도는 경험하는 것이지만 이러한 실수에 주의하지 않으면 그대로 시작품이 제작되고 실험에 이르러서야 비로써 문제를 깨닫게 되는 사태에 빠진다. CAE가 만병통치약과 같은 존재일 수 있지만 사용법을 한 단계 잘못 적용하면 독이 될 지도 모른다. 다음 회부터는 앞서 기술한 세가지 단계를 중심으로 CAE의 기본지식과 활용시 범하기 쉬운 실수 및 대처방안에 대하여 보다 구체적으로 설명한다.



본 기사는 한양대학교 기계공학부 민승재 편집위원이 NIKKEI MONOZUKURI 2006년 1월호 연재기사에서 발췌하였으며, 출판사인 Nikkei Business Publications, Inc.의 연락처는 다음과 같다.

Fax: 81-3-5210-8122

URL: <http://techon.nikkeibp.co.jp/mz>