

효율적 제품개발을 위한 설계자동화 기법

최형우·이승구

Design Automation Techniques for Efficient Product Development

Hyeong-Woo Choi · Seung-Kuh Lee



- 최형우 [대우중공업(주) 중앙연구소]
- 1960년생
- 기계진동을 전공하였으며, FEM을 이용한 구조해석 및 NVH에 관심이 있다.



- 이승구 [대우중공업(주) 중앙연구소]
- 1953년생
- 유한요소법을 이용한 구조해석을 전공하였으며, NVH 및 설계화 기술 연구에 관심이 있다.

1. 머리말

최근 기업에서는 효율적인 설계방법론을 도입하여 제품의 개발기간을 단축하고 적시에 저가, 고품질의 제품을 시장에 출시하는 것을 기업경영에 중요한 문제로 생각하게 되었다. 제품개발을 효율화하기 위한 노력으로 기업에서는 제품의 초기 개념설계 단계에서부터 상세설계, 해석, 시험, 가공, 생산 및 품질관리, 마케팅 등의 제품 개발공정에 연관되는 관련부문을 공통의 데이터베이스 환경으로 통합하고, 각 단계별 개발공정을 공통 데이터베이스 위에서 동시에 추진하고 관리하는, 이른바 동시병행설계(concurrent engineering)적 개념을 도입하는 것 등을 좋은 예라고 할 수 있다.⁽¹⁾

이렇게 제품개발을 효율적으로 추진하기 위해서 다양한 설계방법론들이 출현하고 있으며 80년대 중반이후 본격적으로 소개, 보급되기 시작한 3차원 솔리드모델링 기법, 컴

퓨터 기술발전에 의한 클라이언트-서버(client-server) 엔지니어링 기법, 관계형 또는 객체지향형 데이터베이스 기술 및 분야별 전문 엔지니어링 모듈 등은 동시병행설계적 제품개발을 위한 시스템 구축을 실질적으로 가능케 하고 있다. 본고에서는 지게차 설계를 위해 3차원 설계기법 및 동시병행설계 기법을 적용한 사례와 디젤엔진 타이밍계의 핵심부분인 Valve Train 시스템에 대한 연구로서 3차원 CAD시스템의 기반위에서 API(application programming interface) 및 OSF/Motif 기법 등을 활용한 설계자동화 기법을 제품개발에 적용한 사례를 소개하고자 한다.

2. 효율적 제품개발을 위한 환경

제품개발의 효율화를 기하기 위해서는 설계, 해석, 시험, 생산 등의 분야별 개발담당자들이 상호 유기적인 팀웍을 바탕으로한 동시병행설계 시스템 환경에서 제품의 개발이

진행되어야 한다. 이것을 위해서는 설계된 제품을 포괄적으로 정의하게하는 엔지니어링 데이터베이스(또는 product database), 3차원 설계기법, 클라이언트-서버 엔지니어링 기법을 적절히 적용하는 설계자동화 기법이 도입되어야 효율적인 제품개발이 가능할 것이다.

설계자동화에는 지능화된 전문가 시스템(expert system)이 요구된다. 예를 들면 설계부품의 조립성 검토를 위해서는 CAD시스템에서 제공되는 조립설계 모듈에 각 부품들이 3차원 공간상에 조립되는 위치, 부품간의 기하학적 체결 및 구속조건 등에 대한 정보를 줄 수 있도록 공간추론(geometric reasoning) 기능이 필요하고 이에따라 효과적인 DFA(design for assembly)가 가능하다. 또한 설계단계에서 제작성의 검토 및 평가를 위해 절삭조건, 공구사양, 가공성 등의 생산 관련 정보들이 전문모듈로 데이터베이스화되어 DFM(design for manufacturing)의 검토가 가능하다. 이러한 전문모듈들은 상호 유

기적으로 통합되어 해당 개발공정에서 요구되는 의사결정, 정보검색 및 설계변경 등에 신속히 대처할 수 있어야 한다.

그러나 위에서 언급한 기법들이 현재의 국내 개발환경에서는 적용하기 어려운 점이 있고 개발된 기업들조차도 초보적이므로 부분적이고 단계적인 설계자동화 시스템의 구축을 시도해야 할 것이다. 그림 1은 설계자동화에 필요한 기본환경을 나타낸 그림이다.

2.1 동시병행설계

동시병행설계는 팀베이스의 엔지니어링 데이터베이스를 중심으로 관련정보의 공유 및 상호 커뮤니케이션을 통해 제품개발을 위한 신속한 의사결정, 설계오류의 조기발견 및 최소화, 개발과정 및 정보의 중복화 방지, 설계변경의 필요성 및 타당성에 대한 정보 제공 등과 같이 효율적인 제품개발을 지원하는 설계기법이다.

동시병행설계 기법의 도입을 위해서는 개발팀원간의 원활한 정보교환 및 팀웍을 통한

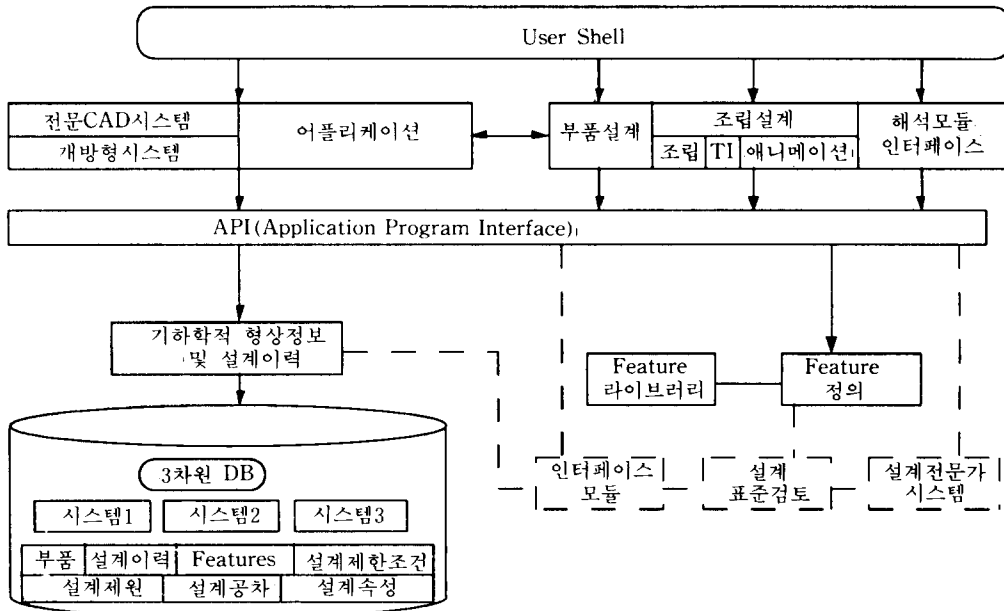


그림 1 설계자동화의 기본 환경

효과적인 제품개발을 위해 팀데이터 관리기법이 개발되어야 한다. 여기서 요구되는 사항은 설계, 해석 등의 담당 팀원들의 필요한 정보를 용이하게 공유할 수 있어야 하므로 동일한 데이터베이스 구조로 구성되어야 한다. 이를 위해서는 표준 설계시스템을 채택함으로써 공통정보의 포맷을 일치시키는 것이 최선의 방법이나 현실적으로 불가능하므로 인터페이스를 표준화하여 해결할 수가 있다. 따라서 체계적인 공통정보의 유지 및 관리가 가능하고 원활한 정보교환이 이루어지게 된다. 개발담당자가 관련공정에 대한 전문지식이 부족해도 이로 인한 중대한 오류를 사전에 방지하기 위해서는 관련 제약조건, 개발공정의 필수요건 등에 대한 검색이 가능하여야 한다. 개발과정에서 발생된 수정 및 변경된 내용을 관련공정에 통고 및 업데이트 시켜줌으로써 일관성있는 공통정보의 유지 및 개발이 가능토록 해야 한다.^(1~3)

이와 같은 동시병행설계를 위한 요건들은 현실적으로는 현시점에서 불가능한 내용들이 많겠지만 기존의 축적된 각종 데이터, 경험 및 노하우(know-how)를 근간으로 기업의 고유한 환경에 적합한 동시병행설계 기법을 설계하여 단계적으로 구축하는 것이 기업의 경쟁력 제고를 위한 대명제가 아닐 수 없다.

2.2 PDM

효율적인 제품개발을 위해서는 각종 엔지니어링 데이터가 제품의 계층적 구조에 의거하여 체계적으로 구축되어야 하며 구축된 정보들은 적시에 관련부문에 전달되어야 한다. 이를 위해서는 먼저 제품의 정보체계(product structure)를 분류하여야 하며, 그 분류 방법은 첫째, 정보의 형태별로 솔리드 데이터, 사양서, 해석결과, 가공정보, 도면, 보고서 등과 같이 구분하고, 둘째, 제품의 상하관계에 의거하여 제품, 어셈블리, 서브 어셈블리, 부품, 표준부품 등과 같이 주종관계에 의거하여 분류하며, 셋째로 화일의 위치

및 형태에 의거 호스트(host), 디렉토리, 화일포맷 등으로 구분한다.

분류된 정보들에게 상호간의 관계(re-relationship)를 부여한 후, 각종 정보들이 업무 절차상 어떻게 이용되고 누구에 의해서 관리되는가를 정의해 주어야 한다. 즉, 공정관리(process control)를 위한 공정의 정보들과 공정별로 필요한 정보의 제공을 위한 정보체계가 PDM의 주요 데이터베이스이며, 제품 정보의 생성, 변경, 결재, 전달, 검색, 보안 등이 PDM의 주요기능 들이다.⁽³⁾

PDM 제품으로 Metaphase사의 'Metaphase,' SDRC사의 'DMCS' 등이 있으며 주요 구성 모듈로는 데이터를 관리하는 NOM(networked object module), 제품 정보의 상하관계를 정의하는 PSM(product structure manager), 각종 공정들을 정의하고 관리하는 PM(process manager), 타용용 소프트웨어와의 인터페이스를 위한 application interface 등이 있다.⁽⁴⁾

2.3 3차원 설계기법

과거 제도판에서 수작업으로 행해지던 설계업무가 2차원 CAD시스템의 등장으로 설계효율이 어느 정도 향상되었고 도면관리 및 검색, 설계변경 등에 이용되고 있으나 설계 개념자체는 변경된 것이 아니다. 2차원 CAD시스템으로는 설계중량의 예측, 설계해석용 3차원 모델구축 및 산업디자인 측면의 외관디자인 등과 같은 다양한 설계목적을 만족시킬 수가 없다. 3차원 설계의 경우에도 생산을 위한 2차원 도면화작업이 필요한데 이 역시 3차원 솔리드모델을 2차원으로 투영시키는 기법을 이용하여 용이하게 할 수 있을 뿐 아니라 2차원 CAD시스템으로는 표현하기 힘들었던 Isometric View의 생성 및 임의의 단면 형상표현이 가능하므로 도면을 통한 3차원 형상이 쉽게 이해될 수 있다.

그러나 80년 중반부터 보급되기 시작한 3차원 CAD시스템도 3차원 설계개념에 대한

충분한 사전검토 및 개선없이 2차원 CAD와 동일한 개념하에서 운영됨으로써 기대만큼 큰 성과는 올리지 못하고 있는 실정이다. 예를 들면, CAM(computer aided manufacturing) 공정에서 3차원 NC(numerical control) 공구궤적(tool path) 생성 및 NC가공이 기존의 수작업에 의한 NC프로그래밍을 자동화시켰으나 기존의 2차원 도면으로부터 NC가공을 위한 3차원 모델링을 하는 수준에 머물 수밖에 없다. CAE(computer aided engineering) 공정에서도 CAD시스템이 유한요소법(FEM)을 이용하여 설계검증 및 설계최적화에 넓게 사용되어 왔으나 해석을 위한 모델링작업이 설계와 별개로 진행되기 때문에 많은 시간과 노력이 소요되는 문제점이 있다.

이처럼 기업에 따라 정도와 수준의 차이는 있겠지만, 3차원 CAD가 제품개발 공정의 최적화를 위한 도구로서 아직 정착되지 못하고 있는 이유는 기존의 2차원적인 설계개념에서 탈피하지 못하고 각각의 공정에서 3차원 설계를 국부적으로 적용하려는 사고 때문이다. 그것은 개발일정에 쫓기는 제품개발 공정에서 각종 3차원 설계기법들은 많은 시간과 노력이 요구되므로 외면을 당하기 쉽거나 일부공정에만 적용하는 사례가 빈번하다. 따라서 3차원 설계기법의 도입을 위해서는 설계조직 및 공정의 개편이 불가피하고 2차원 설계에 익숙한 설계자들에 대한 교육이 선행되어야 한다. 시행 초기에는 프로젝트를 통해 3차원 설계 데이터의 데이터베이스화를 유도하고 연관공정에서 공유함으로써 각 공정 및 전체공정에서 생산성 향상에 대한 효과 파악 등의 관찰이 필요하고 점차적으로 3차원 설계기법을 확장시킴으로써 최적의 개발공정 시스템을 완성시켜 나가는 것이 바람직하다고 판단된다.

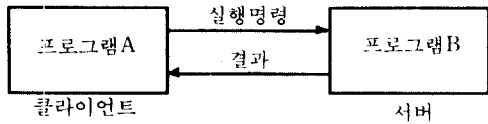
2.4 클라이언트-서버 및 API

설계자동화를 위해 3차원 CAD시스템의

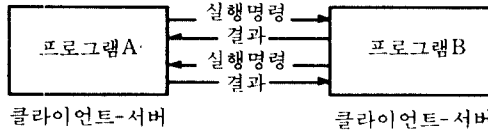
명령어(command)를 외부적으로 제어하여 의도하는 작업을 별도의 프로그램에 의해 자동으로 실행하는 방식을 개방형 프로그래밍 기법(open architecture)이라고 하며 이를 API^(6~8)라고 한다. API는 대다수의 최신 상용 CAD패키지에서 제공되고 있다. SDRCS사의 'I-DEAS Master Series'에서는 'Open Data'와 'Open Link,' Computer Vision사의 'CADD5'에서는 'CV-DORS'와 같은 API가 제공된다.

CAD시스템을 사용하는 사용자들은 반복적 발생하는 유사형상의 설계작업이나, 일정한 규칙은 있으나 매우 복잡한 형상의 설계작업 등을 자동화시키고 싶어한다. 표준형식이 있고 여기에 몇가지 변수만 정의해서 만들 수 있는 형상일 경우 더욱 자동화의 필요성을 느낀다. 이러한 요구에 의해 CAD시스템은 개방형 구조를 갖게 되고 사용자들은 보유했던 CAD시스템을 그들의 환경에 맞게 개조(Customize)할 수도 있고, 특정분야에서 강력한 기능을 발휘하는 전문 유틸리티(utility)를 개발할 수 있게 되었다.

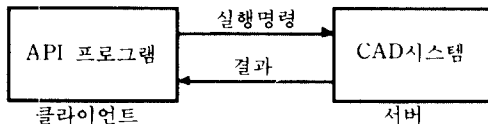
C 및 FORTRAN언어로 작성된 API 프로그램을 이용하면 CAD시스템과 사용자 프로그램은 클라이언트-서버 방식으로 연결되어 상호간에 데이터와 명령어를 주고 받으며 작업을 수행한다. 클라이언트-서버 방식이란 최근에 등장한 새로운 개념의 전산 운영방식으로서 다수의 프로그램 혹은 컴퓨터들간에 상호교신하며 통합된 작업을 수행한다는 개념이다. 작업을 제어하고 명령을 내리는 쪽을 클라이언트라고 하고, 주어진 작업을 수행하고 그 결과를 되돌려 보내주는 쪽을 서버로 정의한다. 또한 각각의 시스템이 클라이언트와 서버의 역할을 하는 경우는 양쪽 모두의 시스템은 클라이언트-서버 모델이 된다. 프로그램 개발에서 사용된 방식은 C언어로 작성된 API프로그램을 클라이언트로, CAD시스템을 서버로 운영하는 방식이다. 그림 2는 클라이언트와 서버의 관계를 나타



(a) 클라이언트와 서버



(b) 상호 클라이언트-서버 모델



(c) API와 CAD와의 연결

그림 2 클라이언트와 서버의 상관도

낸 그림이다.

또한 사용자 인터페이스를 위하여 OSF/Motif를 이용한 윈도우(Window)시스템을 사용하게 되었다. Motif란 UNIX시스템에서 제공되는 X-라이브러리 등의 그래픽 기능을 이용하여 보다 쉽게 윈도우를 프로그래밍 할 수 있도록 각종 함수로 정의해 놓은 이른바 객체지향 프로그램(object oriented program)이다. 프로그램 개발자는 X-라이브러리의 사용법을 몰라도 Motif Widget 함수를 이용함으로써 비교적 간단하게 윈도우 프로그래밍 하여 설계자동화에 이용할 수가 있다.

3. 3차원 설계기법을 이용한 지게차 개발

지게차의 개발에서는 제품설계 공정에서 필수적인 설계부품들간의 간섭 및 조립성 검토도 중요하지만 지게차의 기능이 물체를 들어올려 원하는 위치로 그 물체를 이동, 배치시키는 일이 주목적이므로 물체의 하중을 직, 간접적으로 받는 부위들의 내구성이 확보되고 화물의 적재중량을 지탱해주는 카운

터웨이트(counter weight)의 중량설계를 포함하여 차량안정성을 고려한 전체구조물의 무게 분포 등이 중요한 설계인자이다. 또한 최근에는 인간공학을 고려한 내장설계와 심미적인 외관디자인이 중시되고 있다.

이와 같은 설계목적을 만족시키면서 효율적인 제품개발을 하기 위해서 마스트, 프레임, 카운터웨이트, 의장 등의 지게차의 서브시스템별 설계담당자와 설계해석 등을 담당하는 응용 엔지니어들로 개발팀을 구성하였다. 팀원간의 원활한 정보교환과 일관성있는 관련공정의 진행을 위해 PDM의 팀베이스의 관리기법인 팀데이터 관리기법을 도입함으로써 동시병행설계에 의한 제품개발을 시도하였다.⁽¹⁾

3.1 팀 데이터 관리(TDM)

개발공정에서 작성된 각종 응용데이터를 프로젝트 베이스로 관리하기 위하여 전술한 PDM⁽⁹⁾과 유사한 개념이지만 프로젝트 팀내에서 구현하기에 적합한 TDM방식을 적용하였다. TDM(team data management)의 주요 기능은 프로젝트 구성(configuration)에 의한 데이터의 보안 및 Access 관리, 전자통신(E-Mail)에 의한 변경사항의 자동통고, 공정상의 데이터의 흐름제어 등이다. 앞에서 언급한 PDM의 구축대상이 하나의 시스템인 경우는 TDM으로 가능하며, 타 응용시스템과의 조합으로 PDM이 구축되어야 한다면 'Metaphase' 등과 같은 PDM 전용소프트웨어를 이용하여야 한다.

TDM에 의한 제품개발의 경우, TDM의 프로젝트 Configuration Tool을 이용하여 프로젝트 팀원들을 정의하며, 정의된 팀원들은 부여된 데이터의 접근권한에 따라 Read, Write, Approve 등의 권리를 행사할 수 있다. 프로젝트 팀원은 레이아웃(layout) 설계자, 프로젝트 관리자, 상세설계자, 응용 엔지니어들로 구성되며 레이아웃 설계자에 의해 설계된 모델데이터는 프로젝트 관리자의

승인을 거친다. 승인된 데이터는 상세설계자에 의해 상세한 설계가 행해지며 완성된 형상정보는 각 응용 엔지니어에 의해 FEM 해석, NC 가공정보 추출 등에 이용된다. 설계 변경이 필요하면 레이아웃 설계자는 모델 데이터를 변경하고 프로젝트 관리자는 변경 사항을 승인한다. 승인과 동시에 공통의 모델 데이터를 이용했던 엔지니어들에게 전자통신을 통하여 변경내용이 통고되어 자동으로 응용데이터를 업데이트시켜준다.

3.2 차량 구조물의 설계중량 예측 및 외관디자인

구조물의 설계중량 예측과 외관디자인은 별개의 설계인자이지만 중량설계 측면에서 구조물의 제원과 형상에 따라 중량이 결정되므로 설계단계에서 같이 고려되어야 한다. 여기서는 지게차 중량설계에서 가장 핵심적인 구조물인 카운터웨이트의 설계를 예로 들어 설명하기로 한다.

카운터웨이트는 지게차 중량설계에서 가장 중요한 부분으로서 총 적재중량 및 차량 안정성을 고려하여 정확한 무게와 무게중심의 산출이 필요하다. 이전처럼 단순한 형상의 카운터웨이트를 설계할 경우에는 카운터웨이트 각 부분의 무게를 수작업으로 계산한 후, 가감해 나감으로써 전체 카운트웨이트를 설계할 수가 있었다. 그러나 최근에는 산업디자인 개념이 도입되면서 미적인 외관형상을 강조하여 매우 복잡한 자유곡면으로 구성된 카운터웨이트의 설계가 요구되므로 2차원 위주의 수작업으로는 불가능하게 되었다. 3차원 설계기법에서는 설계자가 의도하는 외관형상의 3차원 설계가 가능하고 무게, 무게중심 및 질량관성모멘트(mass moment of inertia) 등이 자동계산됨으로써 설계된 카운터웨이트의 중량을 예측할 수 있다. 또한 예측된 설계중량을 기준으로 설계자는 간단히 솔리드모델을 변경하여 목표중량과 일치시킬 수 있다.

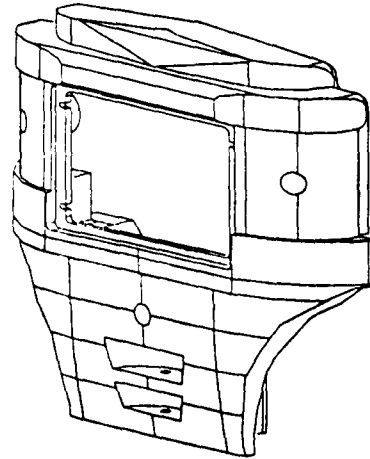


그림 3 카운터웨이트의 솔리드 모델

산업디자인 측면에서는 카운터웨이트의 솔리드모델을 설계해 나아가는 과정에서 Shading 등의 그래픽 처리기법을 통해 설계된 형상을 3차원으로 실물처럼 볼 수 있으므로 산업디자인 전문가와 설계데이터를 공유하여 미적으로 수려한 외관형상으로 설계해 나갈 수 있다. 이때 종래와 같이 수작업에 의한 별도의 Mockup을 제작할 필요없이 컴퓨터 모니터상에서 그래픽 처리된 솔리드모델만으로도 외관디자인이 가능하므로 생산성은 대폭 향상될 수 있다. 설계목적상 Mockup 제작이 필요할 경우에는 SLA(stereo lithography apparatus) 등의 장치에 의해 3차원 설계 데이터를 이용한 Rapid Prototyping이 가능하다. 그림 3은 완성된 카운터웨이트의 솔리드모델이다.

3.3 간섭 및 조립성 검토

지게차는 다수의 부품들로 이루어진 제품으로 이들 각 설계부품들은 3차원적으로 조립되고 배열되기 때문에 부품들간의 간섭 및 조립성 검토도 설계단계에서 이루어져야 한다. 특히 차량성능이 고도화되고 다기능화되면서 차량자체는 오히려 컴팩트화되고 있는 추세이므로 각 부품들은 매우 정교하고 복잡

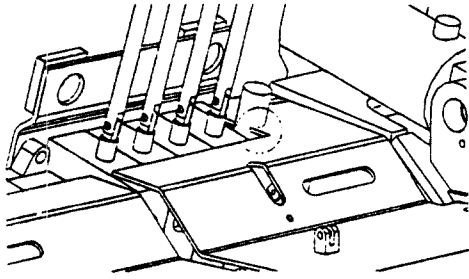


그림 4 지게차 바닥판 조립부의 간섭 검토

한 조립기준에 의거하여 조립되어야 한다.

제품의 서브 시스템별 설계담당자가 설계한 파트들을 팀원들이 공유하여 부품들의 조립성을 검토하고자 하는 경우에는 부분조립, 또는 전체조립을 가능케하는 메카니즘이 필요하다. 이것은 앞에서 설명한 TDM 및 공용형상의 라이브러리틀 이용함으로써 가능하다. 개념설계시 레이아웃 설계자가 구성하는 제품의 계층적 구조의 형태에 따라 효율적인 조립성 검토가 가능하다.⁽⁹⁾

설계단계에서 3차원으로 설계된 부품들의 솔리드모델들을 이용하여 전체차량의 3차원 어셈블리 모델을 구축함으로써 설계된 부품들간의 정적 및 동적인 간섭여부가 확인 가능하고 같은 방법으로 조립성 및 간단한 기구학적 거동도 평가할 수가 있다. 이와 같이 설계부품들에 대해 간섭과 조립성을 설계단계에서 검증하여 문제점의 조기발견 및 대책수립 등이 가능하다. 그림 4는 바닥판(floor plate) 조립부의 간섭 검토과정에서 확인된 간섭부위를 나타낸 그림이다.

3.4 설계해석

앞에서 설명한 바와 같이 최근의 지게차의 개발추세는 고성능성 및 다기능성을 보유하면서 콤팩트하게 설계되고 있으므로 주요 기능부품들을 포함한 모든 구조물은 경량화, 소형화 설계가 필요하다. 이와 같이 상호 모순되는 설계개념을 만족하는 제품설계를 위해서는 설계해석을 통한 설계보완이 개발 공

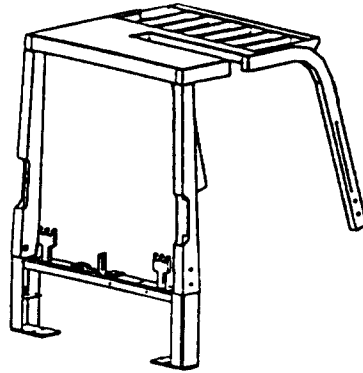


그림 5 Overhead Guard의 솔리드 모델

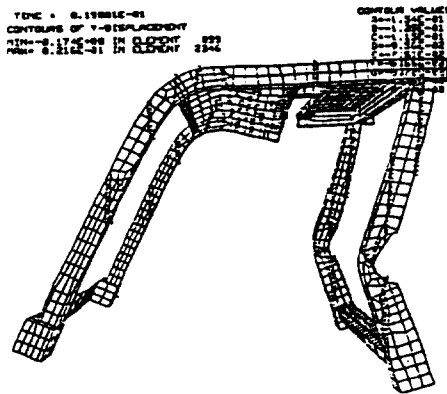


그림 6 Overhead Guard의 충돌해석 결과

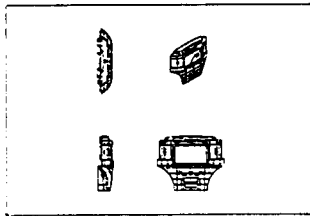
정에서 병렬적으로 진행되며 최적화설계를 유도해야 한다.

구조물에 대한 설계해석은 FEM을 이용한 해석이 가장 보편화되어 있고, 실제로 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 범용 및 전문해석용 FEM 소프트웨어들이 널리 보급되어 있다. FEM 해석에서 요구되는 유한요소모델은 많은 시간과 노력을 요하므로 이 과정을 이미 3차원으로 설계된 구조물의 솔리드모델을 이용하면 간단히 유한요소모델을 작성할 수 있다. 이 경우에는 중복된 모델링 작업과정을 삭제하면서 쉽게 유한요소모델을 생성할 수 있으므로 해석효율의 극대화가 가능하다. 이렇게 완성된 유한요소모델로 설계검증

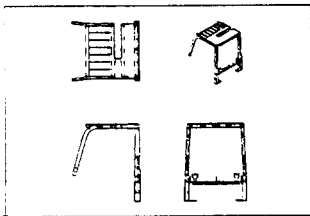
을 위해 필요한 해석분야의 설계해석을 수행하고 그 결과를 즉시 설계에 반영함으로써 설계 생산성을 증대시킬 수 있다. 그림 5는 최적화설계를 목표로 수행한 지게차 Overhead Guard의 솔리드모델이고 그림 6은 설계된 Overhead Guard의 안전성 평가를 위해 충돌해석 소프트웨어를 이용한 낙하 충돌 해석 결과이다.⁽¹⁰⁾

3.5 도면화

3차원 설계개념은 처음부터 2차원 도면을 작성하는 것이 아니라 초기 설계단계에서 완성된 3차원 설계데이터를 활용하여 개발단계별 업무를 수행하면서 설계검증을 조기에 완료하고 최종 완성된 제품의 솔리드모델을 2차원으로 투영시켜 도면화작업을 하는 것이다. 그림 7은 그림 3, 그림 5와 같이 완성된 카운터웨이트 및 Overhead Guard의 2차원 도면배치도(layout drawing)이다. 여기서 도면배치도란 완성된 솔리드모델에서 2차원으로 투영시킨 각방향 그림들을 도면화를 위해 원하는 위치로 배치시킨 그림이고 이것을 기초로 하여 치수, 공차, 주기 등을 기입함으



(a) 카운터웨이트



(b) Overhead Guard

그림 7 2차원 도면 배치도

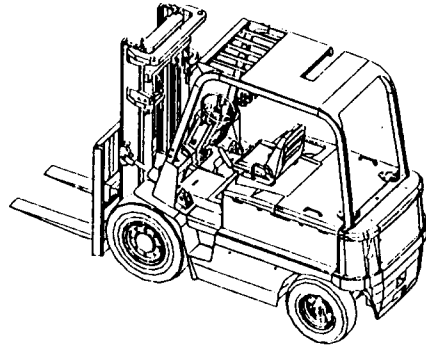


그림 8 완성 지게차의 솔리드 모델

로써 최종도면이 완성된다. 그림 8은 지게차 개발과정 최적화를 통해 3차원으로 설계된 지게차 부품들을 조립하여 완성된 지게차 어셈블리 솔리드모델이다.

4. 디젤엔진 Valve Train의 설계자동화 프로그램 개발

디젤엔진의 Valve Train 시스템은 그림 9와 같이 구성되어 있는 시스템으로서, 캠축의 회전(크랭크축 회전수의 1/2)에 의한 캠의 회전운동에 따라 이와 연결된 나머지 Valve Train 시스템의 상하운동으로 흡, 배기밸브를 개폐시킴으로써 실린더내의 가스를 교환시켜 주는 시스템이다. 엔진성능을 좌우하는 연소효율을 극대화시키기 위해서는 캠형상의 최적화, 전체시스템의 동적거동해석 등의 Valve Train 시스템의 최적설계가 요구된다.^(11,12)

Valve Train 시스템의 자동설계 프로그램은 기본적으로 UNIX 베이스의 전산시스템(하드웨어, 소프트웨어) 환경하에서 Valve Train 시스템의 각 부품 및 어셈블리를 설계하고, 해석 지원기능을 수행하는 프로그램으로서 모든 작업은 3차원 솔리드 모델러 상에서 이루어지게 된다. 3차원 모델러는 'I-DEAS Master Series'의 파트(part) 모델러와 어셈블리 모델러를 이용하였다. 각 부품은 파트 모델러에서 생성되고 어셈블리 모

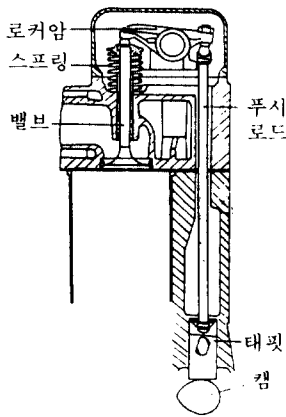


그림 9 Valve Train 시스템 구성도(Over Head Valve Type)

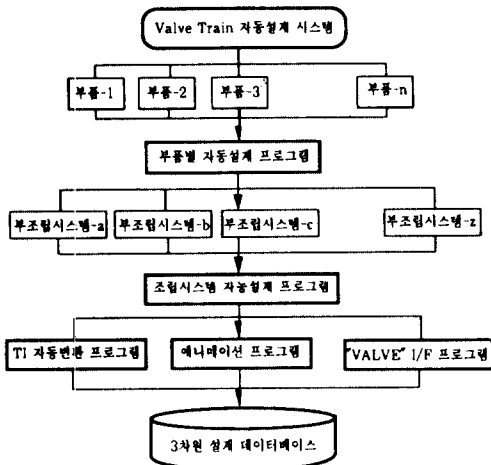


그림 10 Valve Train 자동설계 시스템

델러에서 조립된 뒤, 각종 시뮬레이션, TI (technical illustration) 변환 등에 이용되고, 또한 파트 모델러에서 각 파트의 기계적 물성치를 자동적으로 계산하여 시뮬레이션에 이용되는 입력데이터로 제공된다.

프로그램은 3차원 CAD시스템을 이용한 Valve Train 시스템의 3차원 설계과정을 API기법을 이용하여 자동화 프로그램으로 개발하고, OSF/Motif기법을 이용한 사용자 인터페이스(user interface) 부분을 개발함으

로써 설계자가 의도하는 설계내용을 신속, 용이하게 설계에 반영토록 한다.^(5~8) 또한, 자동설계된 Valve Train 시스템의 각 부품 및 조립부품 들을 3차원 설계 데이터베이스화하여 설계변경, 제도, 해석, 시제품 제작 및 시험 등의 관련 개발공정의 공통 데이터베이스로 활용함으로써 설계효율의 향상 및 제품개발 생산성의 증대를 통한 경쟁력있는 제품개발을 가능하게 하는 데 목적이 있다. 그림 10은 자동설계 프로그램의 구성도이다.

4.1 부품 자동설계 프로그램

Valve Train 시스템을 구성하는 각 부품들을 설계하는 모듈로서 부품의 설계과정을 표준화하고 설계공정을 프로그램화하였다.

각 부품은 CAD시스템이 제공하는 홀(hole), 슬롯(slot) 등의 특징형상들을 이용하는 Feature 베이스의 모델링기법과 설계변수(design parameter), 기하학적인 상관관계 및 구속조건 등의 설계정보를 정의하여 모델링되고 이들 설계정보의 변경에 의해 모델 수정이 가능한 Variational Geometry(혹은 Parametric Design)설계 기법 등을 응용하였다.

제품을 구성하는 부품들을 설계공정에서 효율적으로 보관하고 관리하기 위해 라이브러리기능을 이용하여 데이터베이스화할 필요가 있다. 프로젝트를 수행하는 도중, 프로젝트 관련 작업자나 작업화일(file)에 관계없이 공동의 데이터베이스를 이용할 수 있기 때문에 네트워크(network)상의 어느 컴퓨터나 프로그램에서도 이용할 수 있다. 설계자가 설계를 시작할 때, 처음부터 전혀 새로운 제품을 모델링하는 것이 아니라면 라이브러리에 등록된 표준모델을 이용해서 원하는 형상으로 수정하는 방식의 모델링이 가능하도록 하였다. 이렇게 함으로써 보다 효율적인 설계가 이루어질 수 있고 과거의 제품 또는 부품의 지속적인 개선 및 설계변경된 이력의 보관과 관리가 용이하며 부품의 구조와 스타

일도 계열화 및 규격화될 수 있다.

4.2 자동조립 프로그램

라이브러리에 등록된 부품들은 조립설계 (assembly design) 모듈에서 자동으로 조립된다. 자동조립 프로그램은 Valve Train을 자동으로 조립하거나 애니메이션(animation), TI변환 등의 3가지 기능을 가지고 있다.

앞서 언급한 바와 같이 2차원 도면작업에 의한 제품개발시 수반되는 가장 큰 문제는 조립시 부품간의 간섭과 조립성의 검토이다. 이 문제는 CAD시스템에서 제공되는 어셈블리 모듈을 이용하여 파트모델링 작업을 통해 만들어진 3차원 파트들을 컴퓨터상에서 조립해봄으로써 해결된다. 각각의 파트들을 3차원 공간상에서 연관 파트들과 조립시켜 나감으로써 조립상의 문제점들을 사전에 확인해볼 수 있다. 이와 같이 설계부품들의 간섭과 조립성을 설계단계에서 검증하여 문제점의 조기발견 및 대책수립이 가능하다. 이 라이브러리에 등록된 파트들의 위치좌표 데이터를 입력하면 자동적으로 조립시스템이 완성되도록 되어 있다. 그림 11은 자동생성된 조

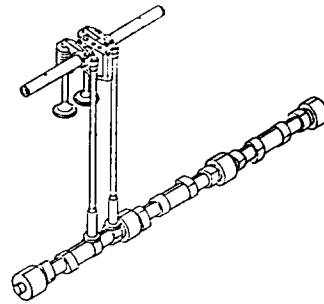


그림 11 Valve Train의 어셈블리 모델

립도를 나타낸다.

신제품의 개발과정에서 간과할 수 없는 부분이 제품소개 카다로그의 제작으로서 종래에는 제품의 2차원 도면을 보고 담당팀에서 투시도 형태의 TI그림을 제작하였다. 이 작업은 설계와는 별도로 수행됨으로써 비효율적인 면이 있으며 신제품의 개발사이클이 점점 빨라지고 있는 현 시장상황에는 적합하지 않다. TI자동변환 프로그램은 완성된 3차원 어셈블리 모델에서 TI용도에 맞게 부품들을 자동배치시켜 TI그림을 완성시킨다. 따라서 TI작업을 위한 별도의 공정이 불필요하고 수정 및 변경도 용이하므로 개발기간을 대폭

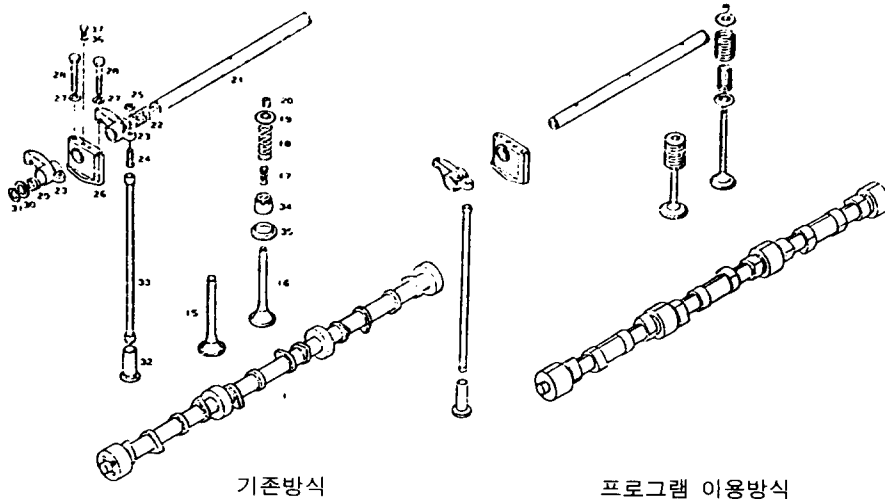


그림 12 TI구성도 비교

단축시킬 수 있을 것이다. 그림 12는 기존의 방법대로 2차원 도면을 참고로 TI를 구성한 것과 3차원 조립모델에서 TI를 자동구성한 결과를 비교한 그림이다.

4.3 설계해석 인터페이스 프로그램

엔진이 고속, 경량화되어 감에 따라 Valve Train 시스템에 대한 설계최적화 및 동적해석 요구된다. Valve Train 시스템의 운동이 엔진의 연소효율에 직접적인 영향을 미치며, 기계적인 소음, 캠과 태핏사이의 마모 등과 밀접한 관계가 있기 때문이다. 일반적으로 엔진이 고속화되면 이와 반비례하여 밸브의 작동시간이 짧아지고, 가속도는 증가하므로 밸브가 캠운동을 따르기 어렵게 되어 밸브기구의 분리현상(jump & bounce)과 밸브스프링의 서지(surge)현상 등이 발생하여 엔진성능을 저하시킨다. 이와 같은 문제해결을 위한 노력으로 Valve Train 시스템의 동적 설계해석용 프로그램인 'VALVE'를 개발하여 설계에 활용하고 있다. 'VALVE'는 그림 13과 같이 Valve Train 시스템을 2자유도 모델로 가정하여 설계된 Valve Train 시스템의 동적해석을 통해 설계를 검증하는 모듈(module)과 설계 변수 입력으로 캠(polydyne cam)을 설계하는 모듈로 구성되어 있다.^(11,12)

위와 같은 기존의 해석 프로그램은 CAD를 이용한 설계자동화 프로그램과 연동하여 사용하면 매우 유용한데 인터페이스 프로그램은 API를 이용하여 작성 가능하다. 이 모듈은 3차원으로 모델링된 각 부품의 데이터를 이용하여 질량, 관성모멘트, 특정부 위의 단면계수 등을 자동으로 계산한 다음 이들로부터 유효질량, 유효강성 등의 입력화일을 작성하고, 메인 프로그램인 'VALVE'와 연결되도록 프로그래밍되어 있다. 프로그램 방식은 그림 14와 같은 UNIX 시스템상의 'VALVE' 인터페이스 프로그램과 VAX 시스템에서 운용되고 있는 'VALVE'와 엔진

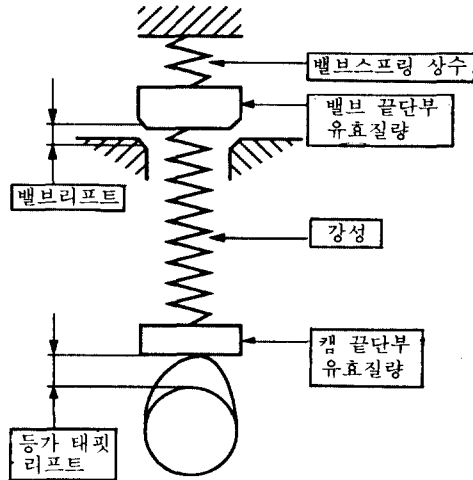


그림 13 2자유도계의 Valve Train 해석모델

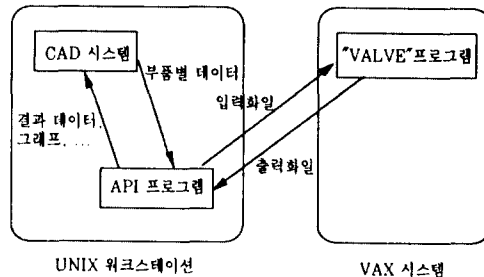


그림 14 "VALVE" I/F 프로그램에 사용된 클라이언트-서버 모델

관련 데이터베이스가 상호 연계된 클라이언트-서버 방식이다.

5. 맺음말

경쟁력있는 제품의 개발을 가속화하고 기술수준을 선진국 수준으로 제고하기 위해서는 기업들마다 각기 고유의 개발환경 구축이 필요하다. 그런 개발환경은 통합된 엔지니어링 데이터베이스를 중심으로 설계데이터의 상호교환 및 공유가 가능해야 한다. 기업에서는 효율적인 제품개발을 위하여 컴퓨터, 각종 응용분야의 전문 소프트웨어 확보, 엔지니어링 네트워크 등 새로운 컴퓨터 관련기술

을 도입하여 통합된 개발환경을 갖추려고 노력을 해왔다. 그리고 부분적으로나마 이러한 개발환경하에서 제품개발의 성과를 올리고 있다.^(1~3)

이 글에서 최근에 각광받고 있는 3차원 CAD시스템, API, OSF/Motif 및 클라이언트-서버 시스템 등의 컴퓨터 프로그램 기술들을 이용하여 지게차 및 Valve Train의 설계자동화 시스템개발 사례를 중심으로 당사에서의 개발내용들을 소개하였다. 이런 시스템들을 이용하여 제품개발을 하면 설계 효율이 향상되는 것이 관찰되며, 그 적용대상을 확대시켜 나갈 예정이다. 기존의 2차원 설계 데이터베이스의 환경 위에 3차원 설계 데이터베이스의 지속적인 확장이 진행되고 있으며 사용부문별 각종 설계지원 시스템이 이러한 데이터베이스를 중심으로 개발되고 있다.

향후 과제로서 설계과정에서 발생하는 새로운 설계정보의 인식기능을 보강하여 설계자가 의도하는 설계를 완벽히 구현해야 하고 입력되는 설계변수에만 의존하는 현재의 설계 자동화 시스템에 인공 지능(artificial intelligent, AI) 기술을 적용하여 폭넓은 설계노하우와 전문지식이 내장된 설계전문가 시스템(expert system)에 대한 연구와 아울러 각종 기술정보가 망라된 종합적인 엔지니어링 데이터베이스의 구축이 요구된다.

참고문헌

(1) Hartley, J. R., 1992, "Concurrent Engineering," Productivity Press pp. 87~102,

123~141.
 (2) 이수홍, 1993, "동시공학 설계 생산시스템," 한국정밀공학회지, 제10권, 제3호.
 (3) 삼성휴렛팩커드, 1993, "CIM 실천전략 (I), (II)," (주)컴퓨터엔지니어링, pp. 145~156, 177~192.
 (4) SDRC, 1993, "Metaphase 1.0 Usage Introduction Training Manual," SDRC, pp. 11~23.
 (5) OSF, 1991, "Programmer's Reference," Prentice Hall.
 (6) 삼성휴렛팩커드, 1991, "Programming with OSF/Motif," 삼성휴렛팩커드.
 (7) SDRC, 1993, "I-DEAS Open Architecture User's Guide," SDRC.
 (8) 박홍균, 1993, "I-DEAS API를 이용한 클라이언트-서버 프로그램," '93 Korea I-DEAS Users' Conference, pp. 12-3~12-12.
 (9) SDRC, 1993, "I-DEAS Team Data Manager User's Guide," SDRC, pp. 1~57.
 (10) ISO, 1984, "Earth-moving Machinery-falling-object Protective Structures-laboratory Tests and Performance Requirements," ISO 3449, 3rd Ed., pp. 3~6.
 (11) 박경조, 1988, "밸브기구 동특성을 고려한 캠형상 설계에 관한 연구," 석사학위논문, 한국과학기술원, pp. 4~11, p. 39.
 (12) 오성환, 1985, "Valve Train 해석 및 Cam Profile 선정 Program," DHI Internal Report, pp. 1~26. ■