한국 CAD/CAM 학회 논문집
제 12권 제 1호 2007년 2월 pp. 8-14

학술논문

STEP을 이용한 구조해석 및 최적설계 정보교환

백주환*, 민승재**

STEP-Based Information Exchange for Structural Analysis and Optimization

Ju-Hwan Baek* and Seungjae Min**

ABSTRACT

In the product design process computer-aided engineering and optimization tools are widely utilized in order to reduce the total development time and cost. Since several simulation tools are involved in the process, information losses, omissions, or errors are common and the importance of seamless information exchange among the tools has been increased. In this work, ISO STEP standards are adopted to represent the neutral format for structural analysis and optimization. The schema of AP209 defined the information of finite element analysis is used and the new schema is proposed to describe the information of structural optimization based on the STEP methodology. The schema is implemented by EXPRESS, information modeling language, and ST-Developer is employed to generate C++ classes and STEP Rose Library by using the schema denoted. To substantiate the proposed approach, the information access interfaces of the finite element modeling software (FEMAP), structural optimization software (GENESIS) and in-house topology optimization program are developed. Examples are shown to validate the information exchange of finite element analysis and structural optimization using STEP standards.

Key words : STEP(제품정보표준), Structural Analysis(구조해석), Structural Optimization(구조최적설계), EXPRESS Schema(익스프레스 스키마), AP209(응용프로토콜 209)

1. 서 론

CAD/CAM/CAE 통합시스템에서는 모델링기능, 전처리기능, 해석기능, 후처리기능 등이 유기적으로 통합되어 있다. 그러나 기계공학에서 사용되는 서로 다른 상용프로그램들 사이에서의 정보교환은 전/후처리 기능만을 제공하는 상용소프트웨어를 사용하거나, 특정 소프트웨어간의 직접번역을 제공하는 번역소프트웨어를 사용하고 있으나, 이러한 데이터 교환은 정보의 오류를 가져오기가 쉽다. 소프트웨어의 업그레이드나 데이터 양식의 수정이 발생하면 이와 관련된 번역소프트웨어 개발에는 많은 시간과 자금을 투자해야 한다. 이와 같은 문제점은 기능별로 특성이 있는 다양한 상용소프트웨어간의 정보 교환을 위한 표준이 정립되어 있지 않기 때문이다. 이러한 문제점을 해결하고자 CAD 시스템에서는 IGES(Initial Graphics Exchange Specification)나 DXF(Data Exchange File)의 양식 등을 데이터 교환을 위한 수단으로 사용하고 있으나, 다양한 설계정보들의 표준이 정립되지 않아 이와 같은 방법으로도 만족할 만한 데이터 교환의 효과를 보지 못했다[1-3]. 그리고 이러한 양식들은 CAE 시스템에서 데이터 교환을 위한 표준을 포함하지 않고 있다. 현재 CAO(Computer Aided Optimization) 데이터 교환을 위한 표준은 없으며, 상용소프트웨어에서도 CAO 데이터 교환기능을 제공하지 못하고 있는 실정이다.

이러한 데이터 교환의 문제점은 Fig. 1과 같이 유한요소모델 전후 처리 프로그램인 FEMAP, 구조해석과 구조최적설계 프로그램인 GENESIS 그리고 자체개발 위상최적설계 프로그램 간의 데이터 교환에서 쉽게 찾을 수 있다. Fig. 1(*a*)는 각 프로그램 간 데이터 교환의 현재 상태를 보여주고 있다. FEMAP과 위상최

*대학원생, 한양대학교 기계설계학과
**교신저자, 종신회원, 한양대학교 기계공학부
- 논문투고일: 2005. 09. 06
- 심사완료일: 2006. 11. 23

적설계 프로그램간의 데이터 교환은 자체 개발한 직접번역기를 이용하고 교환하는 데이터는 FEMAP에서 작성된 해석모델과 사용자 입력에 의해 생성된 위상최적설계관련 정보이다. FEMAP과 GENESIS간의 데이터 교환은 FEMAP에서 GENESIS로 해석데이터 추출 기능을 사용함으로써 이루어지고 있으나 추출된 GENESIS 데이터는 Reference에서 명시하고 있는 양식과 일치하지 않으며, 최적설계관련 데이터 교환은 전혀 이루어지고 있지 않다. 위상최적설계 프로그램과 GENESIS간의 해석관련 데이터와 구조최적설계 관련 데이터의 교환은 직접번역기가 없으므로 불가능하다.

이러한 정보교환의 해결방안으로 Fig. 1(b)와 같이 중립양식의 하나인 STEP[1](STandard for the Exchange of Product model data)을 활용할 수 있다. STEP은 설계를 비롯한 구매, 조립, 판매에 이르기까지 모두 공유될 수 있는 제품정보 표준화로 ISO (International Standard Organization)에서 추진하고 있다. 이러한 STEP을 이용한 연구는 CAD[2], 유한요소해석[3], CAM[4] 분야 뿐만 아니라 경영정보[5], 제품정보[6], 구조정보[7] 공유에 이르기까지 다양하게 진행되고 있다.

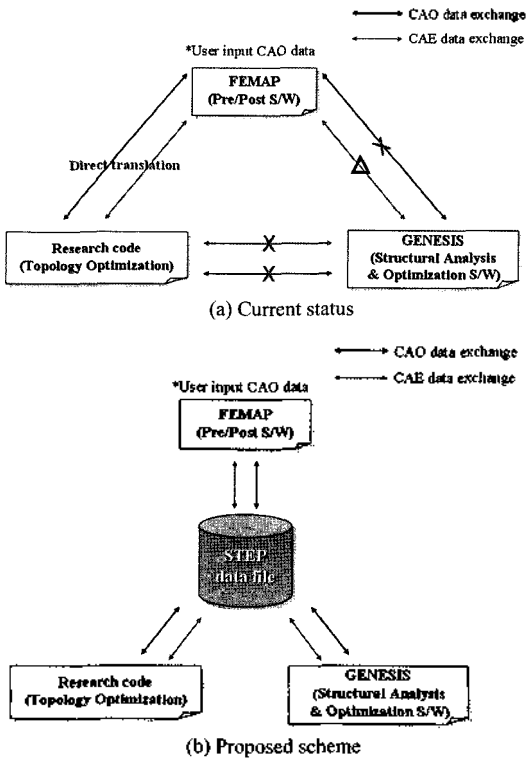

Fig. 1. Data exchange in CAE/CAO applications.

따라서 본 논문에서는 CAE/CAO 전 과정에서 사용할 수 있는 표준 정보모델을 구축하여 효과적인 정보교환을 목적으로 한다. 이를 위하여 STEP의 응용프로토콜 중 유한요소해석 모델, 해석결과, 물성값 등을 포함하여 복합금속 구조물을 정의하고 있는 AP209 (Composite & Metal Structural Anal & Related Design)를 이용하여 CAE에 관련된 정보모델을 생성하고 STEP 방법론에 의하여 구조최적설계에 필요한 정보모델을 구축한 후 상용 소프트웨어에서 데이터 교환을 수행하고자 한다. 여기서 CAO에 관련된 정보는 구조최적설계로 한정하였으며, GENESIS와 자체 개발 위상최적설계 소프트웨어의 구조를 연구함으로써 구조최적설계와 관련된 정보는 STEP 방법론으로 정보모델을 구축하였다. 구조최적설계를 위한 정보 중 치수최적설계와 위상최적설계에 대해서 스키마를 정의하였으며, 최적화 수행을 위한 정보, 목적함수와 구속조건에 관련된 정보, 치수최적설계에 관련된 설계변수에 대한 정보, 위상최적설계에 관련된 설계영역에 대한 정보에 대하여 엔터티를 구성하였다.

또한 제품정보 모델언어인 EXPRESS[8,9]로 구성된 스키마를 STEP Tools Inc.의 ST-Developer v1.6을 이용하여 상용소프트웨어인 FEMAP, GENESIS 그리고 자체 개발 위상최적설계 프로그램간의 정보 교환을 위한 응용프로그램을 구현하여 구조최적설계 예제에 적용하여 그 유용성을 확인하였다.

2. 관련 연구

상용소프트웨어의 정보교환방법인 직접번역과 중립양식의 비교를 통하여 중립양식의 우수성을 알아보고, 중립양식의 하나인 STEP의 구조와 본 논문에서 사용할 각 파트들에 대한 내용을 설명한다.

2.1 상업용 소프트웨어의 정보교환

현재 산업체, 교육기관 및 연구소 내에서 사용하는 기계공학관련 설계업무에 있어서 여러 종류의 상용소프트웨어를 사용하고 있으며, 이러한 상용소프트웨어간의 정보교환을 위해서는 사용자가 직접 데이터 양식에 맞게 다시 수정하거나 서로 교환할 수 있는 직접번역기를 개발하는 것이다. 그러나 사용하는 소프트웨어가 다양해질수록 정보교환에 대한 어려움이 발생하게 되고 정보교환에서 왜곡이 발생하여 데이터의 안정성이 떨어지게 된다.

이와 같은 인적, 물적 낭비를 줄이고 데이터의 안정

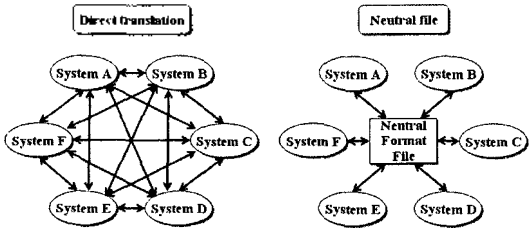

Fig. 2. Comparison between direct translation and neutral file.

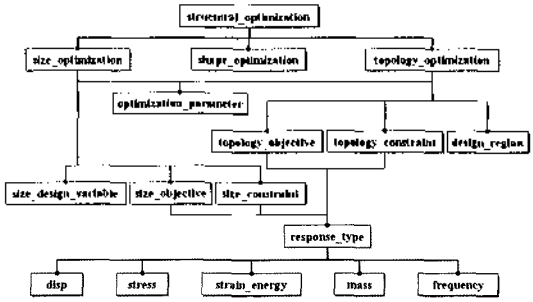

Fig. 3. Schema of the structural optimization.

성을 추구하는 효과적인 정보교환방법에 대한 연구로 중립적인 데이터 양식을 결정하고 이에 필요한 데이터 교환기를 만들어 공유하는 방법이 있다. Fig. 2는 직접번역기와 중립양식의 정보교환방법을 나타내고 있다. 직접번역기는 하나의 시스템이 변경되면 이와 관련된 모든 시스템의 번역기의 수정이 필요하므로 유지보수 비용이나 데이터의 안정성이 떨어지게 된다. 한편 중립양식을 이용하면 표준화된 양식으로 데이터의 안정성이 보장된다. 또한 번역기의 개수 면에서도 n개의 시스템인 경우 직접번역기는 $n\times(n-1)$개의 번역기가 필요한 반면, 중립양식은 $2n$개의 번역기만 필요하게 되어 시스템이 증가할수록 중립양식파일이 우수하다는 것을 알 수 있다.

2.2 STEP

STEP은 ISO에서 표준화 작업을 진행하고 있으며, 기술위원회 TC184(Industrial Automation Systems and Integration)와 부위원회 SC4(Industrial Data)에서 관리하고 있다.

STEP은 단일문서가 아니며 다수의 파트(parts)로 분리되어 있고 각 파트는 분할되어 출판되고 있다. 이러한 파트들은 표준의 기본적 구조를 반영하도록 정의된 문서 구조로 구성되어 있다. STEP을 구성하고 있는 파트들과 제안된 파트의 진행상태는 "STEP on a Page"(http://www.nist.gov/sc5/soap/)에 기술되어 있다.

STEP은 서술방법(Description Methods), 구현방법(Implementation Methods), 통합자원(Common Resources), 응용프로토콜(Application Protocols and Associated Abstract-Test Suites), 적합성 시험 방법 및 구성(Conformance Testing Methodology & Framework)의 다섯 개의 그룹으로 구성되어 있다.

3. 구조최적설계 스키마

현재 STEP 표준에 포함되어 있지 않은 구조최적설계에 관련된 정보는 STEP 방법론으로 스키마를 제안하여 구현한다. 제안된 스키마는 표준화된 규격에 의한 관리가 가능하며 이 스키마를 이용하여 응용프로그램 모듈을 개발한다. 본 연구에서 제안한 구조최적설계에 대한 스키마의 구조는 Fig. 3과 같다.

구조최적설계는 치수최적설계, 형상최적설계, 위상최적설계로 분류할 수 있고 본 연구의 범위인 치수최적설계와 위상최적설계에 대한 엔터티들은 다음과 같이 구성하였다. 기본적으로 최적설계에 필요한 설계변수, 목적함수, 구속조건은 공통적으로 정의하였으며 최적화에 필요한 매개변수들을 추가하였다.

3.1 치수최적설계 엔터티

Fig. 4는 치수최적설계를 수행하기 위한 치수최적설계 엔터티를 나타내며, 최적화에 필요한 각종 매개변수인 optimization_parameter(반복횟수, 종료조건, 라그란지 승수 등), 치수설계 변수인 size_design_variable, 목적함수를 나타내는 size_objective, 구속조건에 해당하는 size_constraint로 구성하였다.

```
ENTITY size_optimization
SUBTYPE OF (optimization);
apporximate: optimization_parameter;
design_variable:
  SET [1:?] OF size_design_variable;
object: size_objective;
constraint: SET [1:?] OF size_constraint;
END_ENTITY;
```

Fig. 4. Size optimization entity.

Fig. 5는 치수최적설계 엔터티의 구성요소 중 치수설계변수(size_design_variable)엔터티 구조를 나타낸다. 설계변수의 ID를 나타내는 variable_id, 설계변수의 초기조건인 initial_value, 설계변수의 상한값과 하

한값을 나타내는 lower_bound와 upper_bound, 설계변수의 속성 정보를 가지고 있는 variable_property_relation으로 구성하였다.

```
ENTITY size_design_variable;
  description: LABEL;
  variable_id: REAL;
  initial_value: REAL;
  lower_bound: REAL;
  upper_bound: REAL;
  property_relation: variable_property_relation;
END_ENTITY;
ENTITY variable_property_relation;
  description: TEXT;
  relation_id: REAL;
  property_id: REAL;
  relation_variable_id: REAL;
  coefficient: REAL;
END_ENTITY;
```

Fig. 5. Size design variable entity.

3.2 위상최적설계 엔터티

Fig. 6은 위상최적설계를 수행하기 위한 위상최적설계 엔터티를 나타내며, 최적화에 필요한 각종 파라미터인optimization_parameter, 주어진 양의 재료가 분포될 영역을 나타내는 설계영역인 design_region, 목적함수를 나타내는 topology_objective, 구속조건에 해당하는 topology_constraint로 구성하였다. 목적함수와 구속조건은 설계목적에 맞도록 변위, 응력, 스트레인 에너지, 질량, 주파수 중에서 지정할 수 있도록 정의하였다.

```
ENTITY topology_optimization
SUBTYPE OF (optimization)
  approximate: optimization_parameter;
  region: design_region;
  object: topology_objective;
  constraint: topology_constraint;
END_ENTITY;
```

Fig. 6. Topology optimization entity.

Fig. 7은 위상최적설계 엔터티의 구성요소 중 설계영역의 엔터티 구조를 나타낸다. 재료가 분포될 영역을 나타내는 design_region_id, 물성값을 나타내는 region_property_id, 영역내 분포시킬 재료량의 초기값을 나타내는 initial_fraction_value로 구성하였다.

```
ENTITY design_region
  description: TEXT;
  design_region_id: REAL
  region_property_id: REAL;
  initial_fraction_value: REAL;
  fractional_move_limit: OPTIONAL REAL;
  design_varables_move_limit: OPTIONAL REAL;
END_ENTITY;
```

Fig. 7. Design region entity.

4. 응용프로그램 개발

본 연구에서는 STEP Tool사의 ST-Developer에 포함되어 있는 ROSE 컴파일러를 이용하였으며, 본 장에서는 SDAI를 이용한 응용프로그램 개발과정과 상용소프트웨어의 데이터 교환방법에 대하여 기술한다.

ST-Developer[8,12]는 EXPRESS의 어플리케이션을 생성하는 통합된 도구로서 정보 모델링 작업자와 시스템 설계자가 EXPRESS 기반의 정보모델을 개발하고 구현할 수 있도록 지원한다.

4.1 응용프로그램 개발

제품정보 모델언어인 EXPRESS 언어로 정의된 AP209 스키마와 구조최적설계를 위하여 제안된 스키마는 ROSE 컴파일러를 이용하여 엔터티 데이터베이스에 접근하기 위한 STEP ROSE Library와 C++ Classes를 생성하게 된다. 생성된 ROSE Library와 C++ Classes를 이용하여 C++언어로 응용프로그램 모듈을 구성하게 된다. CAE 데이터, CAO 데이터, 문서는 SDAI를 이용한 응용프로그램을 통하여 STEP파일로 저장하거나 가져올 수 있다. 이때 STEP 이진양식인 Object ROSE DB와 Part21의 STEP 물리적 파일이 생성된다. 이때 생성된 STEP 물리적 파일은

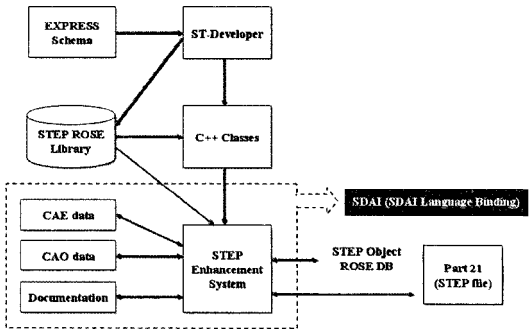

Fig. 8. Procedure of application program development.

EXPRESS에서 파일구조로 정의된 매핑방법을 가지고 있으며, 단순한 순차적 양식을 사용하고 있다. Fig. 8은 이러한 응용프로그램 개발과정의 전체적인 흐름도를 나타낸다.

4.2 STEP을 이용한 상용소프트웨어 데이터교환

중립양식인 STEP을 이용한 데이터교환은 Fig. 9에서와 같이 2개의 half-link 구조로 되어 있으며, SDAI를 이용한 응용프로그램을 통하여 데이터 교환이 이루어진다.

FEMAP에서는 모델링기능만 제공하므로 구조최적설계에 관련된 데이터 양식을 별도로 작성해야 한다. 이때 데이터 양식은 GENESIS의 양식을 인용하였다. 해석을 위한 FEMAP 모델링 정보와 사용자 입력에 의한 구조최적설계 정보를 응용프로그램을 통하여 STEP 파일로 저장하게 된다. 저장된 STEP 파일은 자체개발 프로그램 혹은 GENESIS 데이터 파일로 가져오거나 STEP 파일로 저장할 수 있다.

만약 상용소프트웨어의 개수가 증가한다면 2개의 half-link의 증가만으로 데이터의 공유가 이루어질 수 있으며, 이때 다른 소프트웨어의 데이터 구조를 알지 못해도 중립양식을 이용하기 때문에 응용프로그램 개발이 용이하다.

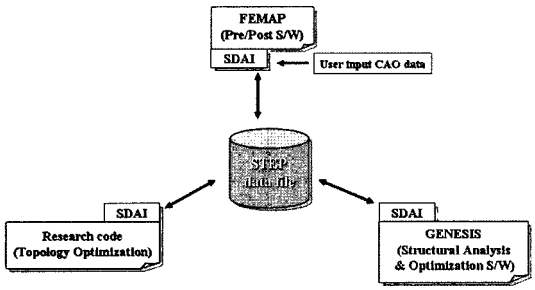

Fig. 9. Implementation of application program using SDAI.

5. 예 제

5.1 치수최적설계: Ten-Bar Truss

Fig. 10은 구조물의 중량이 최소가 되도록 10개의 부재로 구성된 트러스 구조물의 단면적 최적화를 수행하기 위한 해석모델을 나타내고 있다. 최적화를 수행하기 위하여 구속조건으로 허용응력 ±25 ksi, 허용변위 ±2.0 in.를 지정하였다[12].

해석관련 데이터를 얻기 위해 FEMAP에서 모델링한 후 FEMAP 데이터 파일인 중립 파일 양식을 생성한다. 사용자가 준비해야 할 구조최적설계관련 데이터는 GENESIS와 비슷한 구조의 양식으로 생성하였다. Fig. 11은 FEMAP에서 생성한 유한요소모델 중립파일과 사용자 입력에 의한 구조최적설계 데이터를 응용프로그램을 통하여 STEP 파일로 저장한 예를 나타내고 있다.

생성한 STEP 데이터 파일을 다시 응용프로그램을 이용하여 GENESIS 입력 데이터 파일로 가져온다.

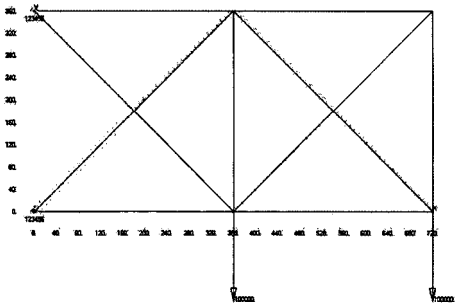

Fig. 10. Ten-Bar Truss analysis model generated in FEMAP.

```
#16=SIZE_OPTIMIZATION('10ROD Size
Optimization',$,(#79,#80,#81,#82,#83,#84,
#85,#86,#87,#88),#99,(#101,#103,#105,#107,#109,#111,#113
,#115,#117,#119,#121,#123,#125,#127,#129,#131,#133,#135
));
#17=MEASURE_VALUE(10000000.,0.,0.1,0.);
#18=ELEMENT_MATERIAL(1.,'Mat',#17);
#19=POINT_ELEMENT($,0.,$,$,#20,#18);
.  .  .
#40=CARTESIAN_POINT((720.,0.,0.));
#41=NODE(#39,1.,#40,$,#12,$);
.  .  .
#73=BOUNDARY_CONDITION_LOGICAL('Const','fixed',.
T.,.T.,.T.,.T.,.T.,.T.);
#74=APPLIED_LOAD_STATIC_FORCE('Static Load',0.,-
100000.,0.,0.,0.,0.);
#75=LOAD_NODE(1.,'Load',#41,#74);
.  .  .
#98=VARIABLE_PROPERTY_RELATION('+DP10',10.,10.,
10.,1.);
#99=SIZE_OBJECTIVE('W',100.,'MIN',#100);
#100=MASS('W',$,0.);
```

Fig. 11. STEP file of Ten-Bar Truss problem.

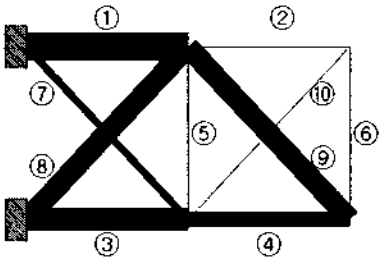

Fig. 12. Optimization result of Ten-Bar Truss problem.

이 데이터 파일은 GENESIS의 Reference에서 명시하고 있는 구조로 되어 있음을 확인하였다. 그리고 GENESIS로 수행한 결과는 Fig. 12와 같으며, 본 연구에서 제안한 스키마로 구성한 STEP을 이용하여 FEMAP과 GENESIS간의 원활한 데이터 교환이 진행되고 있음을 알 수 있다.

5.2 위상최적설계: Bridge Structure

Fig. 13은 주어진 재료를 사용하여 최대강성인 가교의 형상을 설계하는 위상최적설계 문제로 가로 120 m, 세로 40 m, 두께 0.1 m인 설계영역과 설계영역 중앙부분의 0.5 m 부분을 비설계영역으로 구성되어 있다. 재료물성값은 탄성계수 100 GPa, 포아송비 0.3이며, 메쉬 크기 120×40, 사용 재료량 20%로 구조물의 레이아웃을 도출하는 설계이다. 하중조건은 차량이 지나는 것을 고려하여 서로 다른 5가지 하중이 각각 1000 kgf로 작용하는 것을 지정하였고 아래 양단은 고정하였다.

FEMAP에서 해석모델 데이터를 생성하고 GENESIS와 비슷한 구조의 양식으로 위상최적설계 데이터들을 생성하였으며, 이 데이터들은 응용프로그램을 통하여 STEP 파일로 저장한다. 이 STEP 파일을 이용하여 GENESIS와 자체개발 위상최적설계 프로그램에서 실행할 수 있는 데이터 양식으로 자동적으로 변환할 수 있다. 이 응용프로그램으로 만들어진 데이터 양식은 GENESIS의 Reference에서 명시하고 있는 데이터 구조와 일치함을 볼 수 있었고, 자체개발 위상최적설계 프로그램의 양식과도 일치하는 것을 볼 수 있다. Fig. 14와 Fig. 15는 각 프로그램 양식에 맞는 데이터를 입력으로 하여 프로그램을 실행한 결과이다. 동일한 위상최적설계 프로그램이지만 내부 알고리즘이 다른 관계로 약간 상이한 결과를 나타내고 있지만 FEMAP에서 작성한 데이터를 STEP 파일로 생성함으로써 추가적인 작업없이 각각의 위상최적설계 프로그램에 필요한 입력 데이터로 변환이 가능하게 되었다.

STEP은 중립파일 양식이므로 GENESIS와 자체개발 위상최적설계 프로그램에서 생성된 데이터 파일은

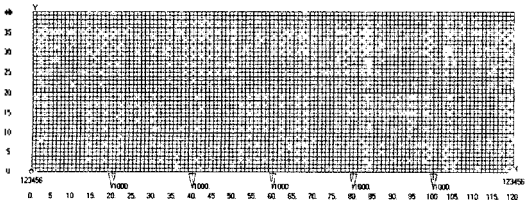

Fig. 13. Analysis model of FEMAP.

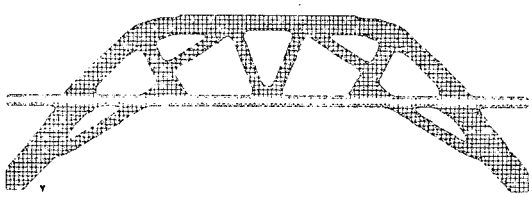

Fig. 14. Optimization result of GENESIS.

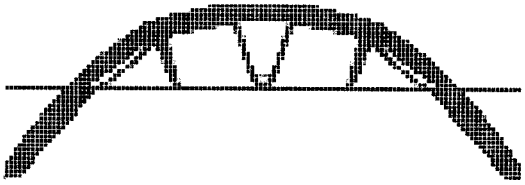

Fig. 15. Optimization result of research code.

역으로 STEP으로 저장이 가능하다. STEP으로 저장된 정보는 어느 형식에도 구애를 받지 않고, 2개의 half-link에 해당하는 응용프로그램을 구현함으로써 데이터의 교환이 원활히 이루어지는 것을 알 수 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 제품정보 모델언어인 EXPRESS로 정의된 CAE 관련 AP209 스키마를 이용했으며, STEP에 포함되지 않은 구조최적설계 정보 스키마를 정의하였다. 또한 상용소프트웨어 데이터교환을 위하여 응용프로그램을 구축하였다. 연구내용을 요약하면 다음과 같다.

- 구조최적설계 수행에 필요한 데이터 교환을 위한 스키마를 정의함으로써 정보교환의 가능성을 제시하였다.
- CAE/CAO에 관련된 스키마의 엔터티들을 단위 기능별로 모듈화하였다.
- 다양한 상용소프트웨어 Binding 방식에 따른 SDAI를 이용한 응용프로그램을 객체지향 언어인 C++로 구현하였다.
- STEP을 이용한 응용프로그램을 통하여 상용소프트웨어간의 CAE/CAO 정보교환을 구조최적설계 예제를 통하여 확인하였다.

향후 구조최적설계에 대한 스키마 정의뿐만 아니라 최적설계 전 과정에서 사용할 수 있는 스키마로 확장이 가능하며, 본 연구에서 사용한 상용소프트웨어 이외에 다른 상용소프트웨어들 간의 데이터 교환도 간단한 응용프로그램의 추가 작성으로 수행할 수 있다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단 지정 최적설계신기술연구센터의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 한순흥, 이현찬, 디지털 제조를 위한 STEP, 시그마 프레스, 2000.
2. 이영준, 고광욱, 유상봉, "STEP을 이용한 CAD 데이터 변환 시스템의 구현", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제1권, 제2호, pp. 87-96, 1996.
3. 최영, 조성욱, 권기억, "STEP을 이용한 유한요소해석 정보모델 구축", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제3권, 제1호, pp. 48-56, 1998.
4. Peng, T.-K. and Trappey, A. J. C., "A Step Toward STEP-compatible Engineering Data Management: The Data Models of Product Structure and Engineering Changes", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 14, No. 2, pp. 89-109, 1998.
5. 예도경, 박정선, "STEP 데이터의 활용 방안에 대한 연구", 한국 CALS/EC학회지, 제1권, 제2호, pp. 133-160, 1996.
6. 이형주, "분산환경에서 STEP과 SGML을 이용한 제품정보 공유 방안에 대한 연구", 한양대학교 석사학위논문, 1999.
7. 최현문, "STEP을 이용한 범용 시스템 간의 데이터 교환에 관한 연구", 한양대학교 석사학위논문, 2000.
8. Schenck, D. and Wilson, P., Information Modeling the EXPRESS Way, Oxford University Press, 1994.
9. Hardwick, M., "Making Business Objects Using EXPRESS-X", STEP Tools, 1999.
10. http://www.nist.gov/sc4/step/parts/
11. Hardwick, M., Mehta, A., Spooner, D. and Willis, C., "ROSE Library Tutorial Manual", STEP Tools, 1991-2000 (http//www.steptools.com)
12. Haug, E. J. and Arora, J. S., Applied Optimal Design, John Wiley & Sons, pp. 242-245, 1979.

백 주 환

2001년 한양대학교 기계공학과 학사
2003년 한양대학교 기계설계학과 석사
2003년~2004년 Lotte Canon 기술연구소 연구원
2004년~현재 LG화학 전지사업본부 Battery Tech Center 연구원
관심분야: CAE/CAO Information Exchange, Structural Optimization

민 승 재

1989년 서울대학교 기계공학과 학사
1991년 서울대학교 기계설계학과 석사
1997년 University of Michigan, Ann Arbor Ph.D.
1997년~1999년 University of Tokyo, Research Associate
1999년~현재 한양대학교 기계공학부 교수
관심분야: Structural Optimization, CAD/CAD/CAE, Simulation Based Design using Digital Images