

웹기반 재료 DB 구축 및 3D 그래프를 사용한 물성비교

천두만*(서울대학교 기계항공공학부 대학원), 안성훈(서울대학교 기계항공공학부)

Construction of web-based material DB and comparison of material properties using 3D graph

D. M. Chun(School of Mechanical and Aerospace Engineering, SNU),

S. H. Ahn(School of Mechanical and Aerospace Engineering, SNU)

ABSTRACT

Material selection is one of the important activities in design and manufacturing. A selected material at the conceptual design stage affects material properties of the designed part as well as manufacturability and cost of the final product. Unfortunately there are not many accessible material databases that can be used for design.

In this research, a web-based material database was constructed. In order to assist designers to compare different materials, two-dimensional and three-dimensional graphs were provided. Using these graphical tools, multi-dimensional comparison was available in more intuitive manner. To provide environmental safety of materials, the database included National Fire Protection Association publication Standard No.704. The web-based tool is available at <http://fab.snu.ac.kr/matdb>.

Key Words : Material Selection (재료선택), Material Database (재료 DB), Material Property (재료물성), Material Safety Data Sheet (물질안전보건자료), Web-based (웹기반)

1. 서론

설계과정에서 처음 검토 하게 되는 작업들 중 한 가지인 재료 선정작업은 상세설계, 제품제작, 제품 사용단계에 이르기까지 많이 영향을 주는 중요한 작업이다. 하지만 오늘날 재료분야의 발전으로 약 100,000 여개에 달하는 사용 가능한 재료들이 있다. 설계자들은 설계과정을 통하여 재료들 중 상품에 적합한 재료들을 선택하여야 한다. 이러한 과정에서 설계자들은 재료에 대한 여러 가지 물성뿐만 아니라 성분, 가격, 환경성 여부 등 많은 정보가 필요하며 이러한 정보들을 설계자들이 쉽게 볼 수 있는 소프트웨어 또는 핸드북이 필요하다.

이와 같은 필요성 때문에 어디에서나 접근하기 용이한 웹을 기반으로 한 재료 물성 Database 와 검색 및 분석용 웹사이트를 구축하게 되었다.

효율적인 구축을 위하여 웹을 통해 지원되는 기존의 재료 물성 제공 Database들을 찾아서 검토

해보았다. 검토해 본 DB는 NIST², MatWeb³, CES⁴, 한국과학기술정보연구원 구축 재료물성DB⁵이다. 벤치마킹을 실시한 여러 가지 DB들은 그 구축 목적에 따라 다양하게 구축되어 있었는데 설계자를 위해서 물성들을 쉽게 비교할 수 있게 구성된 재료 DB를 찾기가 쉽지 않았다. CES는 물성비교 기능은 잘되어 있으나 별도의 사용자 계정이 필요하여 학생이나 일반 설계자들이 접근할 수 없었고 나머지 사이트들은 단순한 재료 물성정보 제공이 주된 기능이었다. 그 중에서 유용하다고 판단되는 MatWeb의 재료 검색조건과 CES의 2D chart를 이용한 재료 비교 기법을 참고로 하여 웹기반의 재료 DB를 구축하였다.

본 사이트에는 2D Graph를 이용한 재료비교 뿐만 아니라 추가적으로 3D Graph를 이용하여 3 가지 물성을 한꺼번에 비교할 수 있는 기능을 추가하였다. 그리고 많은 국가에서 모든 재료에 의무적으로 첨부하도록 하는 물질안전보건자료 (Material Safety

Data Sheet, MSDS)내 수치적으로 평가가 가능한 National Fire Protection Association (NFPA) publication Standard No.704 를 재료특성으로 추가하였다. NFPA 지수는 화재로 인해 발생하는 인명이나 재산상의 손실을 막기 위한 안전지수로서 건강위험, 화재위험, 반응성에 대해 각각 0-4 로 나누어져 있다.⁶

2. 구성

2.1 시스템 구성

웹사이트 및 재료 DB 를 구성할 때 사용한 Tool 들을 아래 Table 1 에 정리하였다.

Table 1 List of tools used for implementation

Usage	Tool Name
Web page	ASP.NET
Database	MS*SQL 2000
2D Graph.	GDI+ Library
3D Graph	X3D
3D Graph Player	Octaga or Venus

기본적으로 웹 페이지는 Database, XML지원이 뛰어난 ASP.NET으로 구성하였고 Database는 MS*SQL을 사용하였다. 2D, 3D 그래프를 그리기 위해서 2D는 MS사의 GDI+ Library를 이용하여 그림 파일을 생성하도록 구성하였다.⁷ 그리고 3D Graph는 X3D를 사용하였다. X3D는 Extensible 3D (확장 가능한 3D)를 의미한다. 명칭이 뜻하는 바와 같이 VRML의 기능을 확장한 차세대의 확장 가능한 3D 그래픽 규약으로 1999 년 Web3D 컨소시엄에서 처음으로 X3D 태스크 그룹(X3D Task Group)에 의해 발표되었다. X3D는 VRML이 가졌던 단점들을 보완하고 있다. X3D는 VRML과는 달리 표준 형식인 XML 문법을 가지고 있어 다른 콘텐츠와의 호환성이 높으며, 코드의 모듈화를 통하여 확장 가능하도록 정의되었다. 따라서 X3D가 사용되는 환경에 따라 필요한 기능들을 정의하여 효율적으로 사용할 수 있고, 새로 추가되는 기능 등을 자유로이 확장하여 사용할 수 있다.⁸ 그러나 X3D는 3D 그래픽 규약이므로 이것을 보여줄 수 있는 Player가 사용자 측에 필요하다. 따라서 본 사이트는 2 개의 Player를 링크시켜 놓았다.^{9,10}

전체 웹사이트 구성은 입력부분, 물성검색부분, 물성비교부분으로 구성되어 있다. 입력부분은 재료 이름 및 구분 입력, 물성이름 및 단위입력, 해당재료의 물성입력이 있고 물성검색부분에서는 사용단어, 물성범위 등의 조건으로 만족하는 재료를 찾아 그 재료 물성전부를 볼 수 있다. 그리고 물성비교 부분에서는 2 가지, 또는 3 가지 물성을 가지고

Group 별 물성을 비교할 수 있게 구성하였다. 아래 Fig. 1 는 대략적인 시스템 구성도이다.

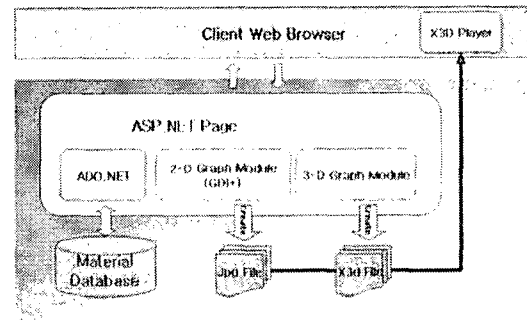


Fig. 1 System configuration

2.2 데이터베이스 구성

제품 설계를 위해서 사용되는 재료물성은 그 용도에 따라 다양하다. 따라서 한번에 모든 물성을 고려하여 테이블을 작성하기 어렵고 재료에 따라 특정 물성이 필요 없을 수도 있다. 그래서 데이터베이스 테이블 구성시 재료이름 및 구분과 재료물성 항목을 위한 테이블을 따로 두어 필요시 추가 가능하도록 하였다. Fig. 2 는 구성된 데이터베이스의 Entity Relationship Diagram 을 나타낸 것이다.

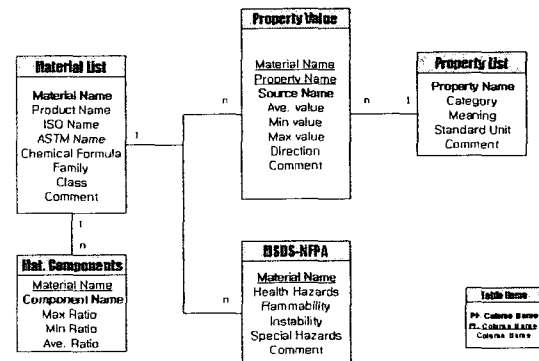


Fig. 2 Entity relationship diagram

물성을 비교할 때 모든 제조회사 물성이나 각 실험치를 사용하면 분석시 재료선정을 위한 그래프가 너무 복잡하게 된다. 따라서 재료별 구분이 필요하게 되는데 핸드북이나 데이터시트 등에서 찾을 수 있는 일반적인 분류를 이용하였다. Fig. 3 과 같은 구분으로 Family, Class 를 나누어 물성비교 그래프를 표시할 때 각 Family 별, Class 별로 구분하였다.

그리고 각 그룹별 물성은 세부 재료의 물성치 전체의 최대, 최소값을 사용하였다.

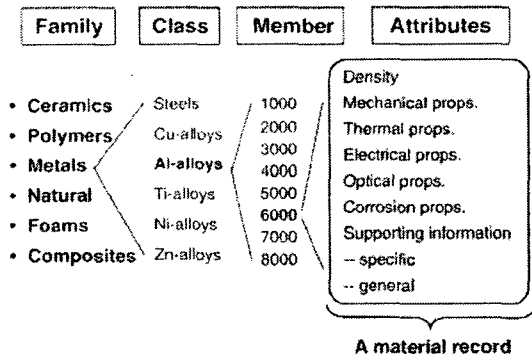


Fig. 3 Material classification¹¹

2.3 화면구성

화면구성은 입력, 조회, 분석화면으로 되어있다.

2.3.1 입력화면

입력화면은 구성된 테이블에 물성값을 웹을 통하여 입력하기 위해 구성하였다. 기존 물성 DB는 물성관리를 전담하는 곳이 있어 정확한 데이터의 관리를 위해 데이터입력은 해당부문에서만 실시하도록 되어 있다. 하지만 구축한 DB의 목적이 새로운 재료선택 방법을 제시하고 설계자들을 위한 교육용이므로 입력화면을 웹에 구성하였다. 그리고 실제 재료 DB의 방대함을 고려하여 재료 DB의 확장성과 사용성을 높이고자 하는 목적도 담겨있다. 물론 데이터보호를 위해 입력화면에 한하여 사용권한을 설정하였다.

2.3.2 조회화면

조회화면은 Fig.4에 표시한 것과 같이 조건으로 실제 해당되는 물성을 찾기 위한 화면이다. 조건으로는 이름, 3 가지 물성값의 범위 및 재료 분류 그리고 MSDS의 NFPA 지수를 조건으로 만족하는 재료 리스트를 보여준다.

조회된 리스트를 클릭하면 재료의 상세정보, 물성정보, Component 정보를 볼 수 있다.

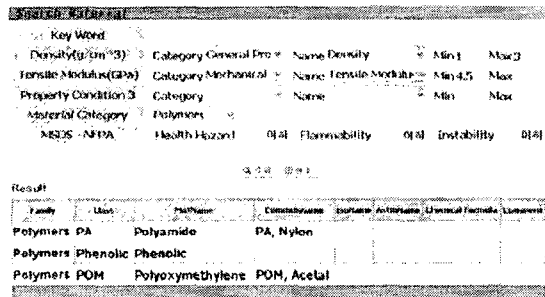


Fig. 4 Material search page

2.3.3 분석화면

분석화면에서는 사용자가 재료 선정시 중요하게 고려되어야 할 2~3 가지 물성을 선택한 후 그래프 생성을 요청하면 선택된 물성이 기본 축이 되고 재료는 각 Class별로 타원이나 공 모양으로 표시되는 2D 또는 3D 그래프를 보여준다. 좌표 스케일은 Log-Log로 되어 있는데 이는 재료별로 차이가 아주 많은 값들을 한꺼번에 표시하고 재료 선정시 사용되는 유용한 식을 그래프 내에 간단히 표시하기 위함이다.

구축된 웹사이트에서 제공하는 재료물성비교 그래프 사용하는 방법을 소개하기 위해 스프링 재료 선정을 위한 사용예로 아래에 정리하였다.¹²

스프링은 탄성에너지를 저장하는 장비이다. 저장에너지는 스트레인 에너지식으로부터 구할 수 있다. 여기서 단순한 Axial Spring 을 고려한다고 하면 식(1)과 같이 된다.

$$U = \frac{1}{2} \sigma \epsilon V, \quad \frac{U}{V} = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2}{E} \quad (1)$$

U : Stored strain energy σ : Stress
V : Volume ε : Strain
E : Young's Modulus

여기서 탄성영역(σ ≤ σ_f, σ_f: Yield strength)의 조건을 만족시켜야 하므로 식(1)을 정리하면 단위 부피당 가질 수 있는 가장 큰 스트레인 에너지는 식(2)와 같이 된다.

$$W_v = \frac{1}{2} \frac{\sigma_f^2}{E} \quad (2)$$

유사한 과정으로 Torsion Bar, Leaf Spring에 대해서 유도해 보면 각각 식(3)과 같이 유도되고 이를 일반화시키면 식(4)와 같다.

$$W_v)_T = \frac{1}{3} \frac{\sigma_f^2}{E}, \quad W_v)_L = \frac{1}{4} \frac{\sigma_f^2}{E} \quad (3)$$

$$M_1 = \frac{\sigma_f^2}{E} \quad (4)$$

$$\text{Log}(M_1) = 2 \text{Log}(\sigma_f) - \text{Log}(E) \quad (5)$$

식(5)는 식(4)를 Log-Log 스케일의 2D 그래프에 적용하기 위한 식이다. 오른쪽 상수항에 임의의 값을 대입하여 그리면 Fig. 5와 같은 형태의 직선으로 표시된다. 이 직선을 기준으로 평행하게 위로 갈수록 저장되는 스트레인 에너지가 크고 아래로 갈수록 작게 된다. 이 그래프를 이용하여 재료를 선택하면 직선의 위쪽에 있는 Elastomers, Stainless

steel, Carbon Steel, Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) 등이 가장 적합한 재료가 된다.

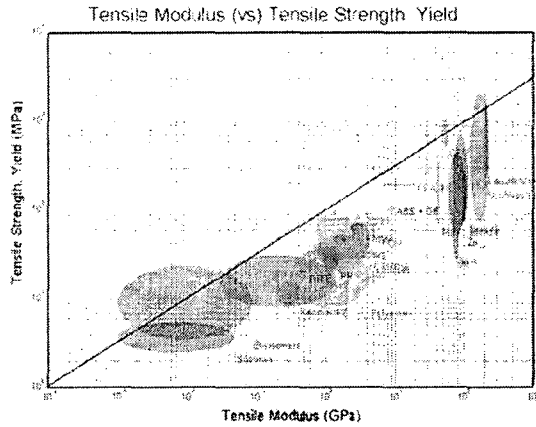


Fig. 5 2D Graph for material selection

여기서 단위부피당이 아닌 단위질량당 최대 스트레인 에너지로 조건을 바꾸면 식(4)에서 밀도가 추가되어 3 가지 물성이 들어간 식(6)이 도출된다.

$$M_2 = \frac{\sigma_f^2}{\rho E} \quad (\rho : \text{Density}) \quad (6)$$

$$\text{Log}(M_2) = -\text{Log}(E) + 2\text{Log}(\sigma_f) - \text{Log}(\rho) \quad (7)$$

식(7)을 토대로 Log-Log Scale 의 3D 그래프를 그리면 Fig. 6 과 같이 표시된다. 재료의 물성범위가 계란형으로 보이고 유도된 식은 평면으로 표시된다. 여기서 X, Y, Z 축은 각각 Young's Modulus, Yield Strength, Density 이다.

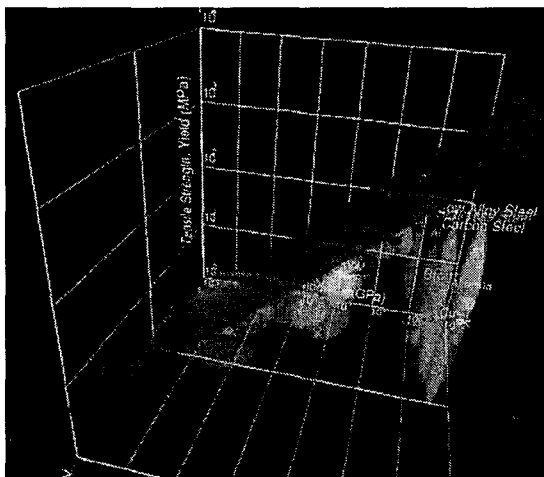


Fig. 6 3D Graph for material selection

결과를 살펴보면 2D 그래프에서와 다르게 여기에서는 밀도가 높은 Stainless steel, Carbon Steel 은 적합하지 못하고 상대적으로 밀도가 낮은 Elastomer, Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)가 더 좋은 스프링 재료가 됨을 알 수 있다.

3. 결론

디자인 단계에서 중요한 작업중 하나인 재료 선정 작업을 지원하기 위해 3D 그래프를 사용한 웹 기반 물성 비교 Tool 및 재료 DB를 구축하였다.

기존 재료 DB 시스템에서 찾아볼 수 없었던 재료 선정을 위한 2D, 3D 그래프 물성비교 기능을 인터넷에 연결된 모든 설계자들이 사용할 수 있도록 웹으로 구현하였다. 그리고 2D, 3D 그래프를 이용하여 재료물성을 비교하여 특정 부품 설계에 적용하여 유용성을 확인할 수 있었다.

실제 재료 물성 Data 의 방대함 때문에 지속적인 Data 입력이 필요하고 기능보완을 통해서 설계자들에게 보다 많은 도움이 될 수 있도록 할 것이다.

본 논문에서 구축된 재료DB, 물성비교 웹사이트 주소는 <http://fab.snu.ac.kr/matdb>이다.

후 기

이 연구는 BK21 의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Ashby, M.F., and Johnson, K., *Materials and Design*, Butterworth-Heinemann, 2003.
2. <http://www.nist.org>
3. <http://www.matweb.com>
4. <http://www.grantadesign.com>
5. <http://fact.kisti.re.kr>
6. <http://www.nfpa.org>
7. White, E., Garrett, C., and Robinson, S., *MIT DI+ Programming*, Wrox, 2003.
8. <http://www.web3d.org>
9. <http://www.octaga.com>
10. <http://www.vcom3d.com>
11. Ashby, M.F., Brechet, Y.J.M., Cebon, D., and Salvo, L., "Selection Strategies for materials and processes," *Materials and Design*, Vol. 25, pp. 51 ~ 67, 2004.
12. Ashby, M.F., "Materials Selection in Mechanical Design 2nd," Butterworth-Heinemann, 1999.