

Web 기반 재료물성 데이터베이스 시스템

이완규* · 백운봉* · 박휘립* · 정인현* · 김동명*

Web-based Materials Property Database System

W. K. Lee, U. B. Baek, P. Park, I. H. Jung and D.M. Kim

Key Words: Materials property(재료물성), Web-based DB system(웹기반 데이터베이스시스템), Life Assessment(수명평가), Low Cycle Fatigue Data(LCF 데이터).

Abstract

Materials property data are necessary to secure the reliability of failure prevention techniques such as inspection and remaining life assessment of civil infrastructure and industrial facilities. However, there is no properly collected data in Korea, and those foreign data are hard to use because of the scattering of the sources, the difference of standards, etc. In this paper, materials property database system which has been constructed at Korea Research Institute of Standards and Science is introduced. Constructed database contains 145,000 numeric data of materials property for 600 kinds of metals and can be retrieved on the internet. The database system provides graphical user interface-based information searching functions necessary for the life evaluation and safety analysis.

1. 서론

피로, 크리프, 인장특성 등 재료물성 데이터는 발전설비, 석유화학설비, 강교량 등과 같은 설비의 수명평가, 정밀안전진단에 있어 공학적 해석, 판단결과의 신뢰성을 향상시키기 위해서 꼭 필요한 중요한 정보이다. 이들 데이터는 외국의 전문기관에서 기관특성에 따라 부분적인 데이터가 생산되고 있고 여러 논문이나 학술지 등에 연구결과로 보고되고 있다. 그러나 이들 데이터는 여러 곳에 산재해 있고 사이트의 형태로 존재하기 때문에 사용자들이 필요한 데이터를 적시에 활용하기가 용이하지 않고 재료의 다양한 물성치들을 종합적으로 참조하기가 매우 곤란한 실정이다. 최근 재료물성에 관한 데이터를 수집해서 데이터북 또는 데이터베이스화하기 위해 많은

노력이 집중되고 있다^[1-6]. 데이터베이스는 데이터의 집적이라는 면 외에도 손상평가프로그램이나 전문가시스템에의 인터페이스가 가능하므로 해서 데이터의 활용성을 높일 수 있는 장점이 있기 때문에 활발한 연구개발이 이루어 질 것으로 기대된다.

한국표준과학연구원 안전계측연구센터에서는 발전설비, 석유화학설비를 중심으로 한 산업설비의 구성재료에 대한 재료물성데이터를 수집하여 산업현장 또는 관련 연구자들이 용이하게 활용할 수 있도록 데이터베이스를 구축하고 Web을 통해 서비스할 수 있는 시스템을 개발하고 있다. 본 논문에서는 당센터에서 구축하고 있는 데이터베이스 및 Web을 통한 데이터베이스검색시스템에 대해 기술한다.

2. 재료물성데이터베이스

2.1 데이터 수집 및 데이터베이스구축

데이터베이스 구축을 위하여 필요한 재료 종류 및 물성데이터는 국내 화력발전, 석유화학설비의 손상

회원, 한국표준과학연구원 안전계측연구센터
E-mail : wklee@kriss.re.kr
TEL. : (042)868-5250 FAX : (042)868-5047

기구, 사용재료 및 필요 물성치를 조사, 분류하여 리스트를 작성하고^[7] 이에 관련된 데이터를 우선적으로 수집해 나가는 것을 기본방침으로 하였다. 데이터의 수집에 있어서는 기계 및 금속재료, 피로파괴 등과 관련된 국내외 관련 논문, 핸드북, 일본 금속재료연구소(NRIM)의 피로, 크리프 데이터시트를 참고하였다^[8,9]. 데이터베이스에는 이들 수집한 데이터의 출처를 명기하여 검색 시 참고할 수 있도록 하였다. 논문으로부터 수집한 경우에는 주로 그래프의 형태이기 때문에 스캐너로 읽어서 수치화하고 데이터베이스에 입력하였다. 구축된 데이터베이스에는 구조용강, 공구강, 구조용 합금강, 스텐레스강, 구조용 탄소강, 단조강, 봉강 및 선재, 고강도강의 철금속과 알루미늄합금, 구리계합금, 마그네슘계합금, 지르코늄계합금, 기타 비철금속의 600여종 재료가 포함되어 있다. 물성치는 이들 재료에 대한 인장, 충격, 피로, 크리프, 파괴인성, 경도 물성에 대한 수치데이터 145,000 여건이 포함되어 있다. Table 1 및 Table 2는 데이터베이스에 구축된 물성데이터의 종류 및 수량을 나타낸다.

2.2 데이터베이스 구성

Fig.1은 본 연구에서 구축하고 있는 재료 물성 데이터 베이스의 전체 구조를 나타낸다. Fig.1에서의 물리적인 물성에는 밀도(Density), 탄성 계수(Elastic modulus), 포아송비(Poisson's ratio), 선 팽창 계수(Linear expansion coefficient), 용융점(Melting point), 비등점(Boiling point), 비열(Specific heat) 그리고 열전도도(Heat conduction coefficient)등으로 구성되어 있다. 또한 기계적 물성 데이터베이스에는 인장물성(Tensile-related properties), 충격물성(Impact properties), 경도물성(Hardness properties), 파괴인성 물성(Fracture-related properties), 피로 물성(Fatigue properties), 크리프물성(Creep Property), 부식 물성(Corrosion-related properties)의 데이터 베이스로 구

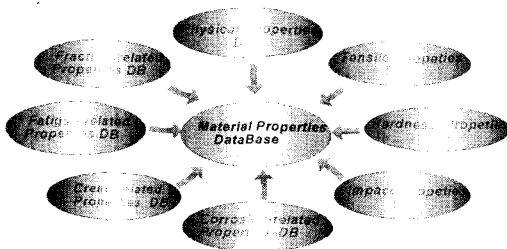


Fig. 1 Structure of materials property database

Table 1 Number of mechanical property data in the database

	탄소강	합금강	SUS	Al	Cr	Ni	기타	합계	
인장	σ_{YS}	618	1979	739	25	890	266	256	4,773
	σ_{UTS}	529	1812	736	25	890	266	256	4,514
	Elongation	451	1803	729	23	890	266	256	4,418
	Reduction of Area	386	1781	724	8	890	266	256	4,311
충격	Impact Energy	221	293		1	8		22	545
	S-N	7120	13940	2094	708	761		411	25,034
피로	Fatigue Limit	834	1046	277	56	32		77	2,322
	ϵ_{E-N}	1283	1153	44	237	289			3,006
	ϵ_{P-N}	1283	1153	44	237	289			3,006
	ϵ_{T-N}	2269	1328	62	716	289		183	4,847
	da/dN- ΔK	5508	4354	2977	127		374	1568	14,908
	Related Property	5508	3675	2977	37		374	1528	14,099
	Rupture Stress	171	243	41		10			465
크리프	ϵ_{T-t}		130	164		39			333
	ϵ_{ss}		130	164		39			333
	Rupture Strength	353	3940	1950		1963	784	562	9,552
	Rupture Time	353	3940	1950		1963	784	562	9,552
	El.	353	3940	1950		1963	784	562	9,552
	Reduction of Area	353	3940	1950		1963	784	562	9,552
파괴인성		1660		22			92	1,774	
경도	207	267	32	21	11		3	541	
Total								127,437	

Table 2 Total number of data in the database

구분	역학적 특성	화학적분	부식특성	기타	합계
수량	127,437	13,709	1,442	3,000	145,588

성되어 있다. 데이터베이스의 구축에 있어 부식물성은 설비의 사용환경(운전온도, 사용매질 등)과 부식 인자가 매우 다양하여 부식기구를 해석하거나 이에 의한 수명평가 시 일반적으로 적용할 수 있는 데이터의 수집이 매우 곤란하여 부식기구의 조사에 국한하고 데이터베이스의 구축은 하지 않았다. 재료 물성의 여러 특성을 데이터화하는 데는 고려해야 할 여러 가지 사항들이 존재하는데 데이터베이스에 따라 각각의 고유한 데이터 구조로 형성되어 있다. 데이터베이스는 구축된 데이터를 단순히 찾거나 혹은 데이터를 다른 응용 프로그램에 접속시켜 사용하는 경우도 있고, 또는 데이터베이스끼리 데이터의 공동 사용이 필요한 경우도 있다. 동일한 형식을 가진 데

Table 3 Data structure of tensile property

테이블개요		Tensile Properties of Deposited metal	
field name	type	길이	comment
width	VarChar	10	Width(mm): Square Bar인 경우 인장시편폭
diameter	VarChar	10	diameter(mm) : Round Bar인 경우 인장시편 직경
gage length	VarChar	10	Gage Length(mm)
temper	VarChar	10	Test Temperature(°C)
mv_upyield	VarChar	10	Mean Value of Upper Yield Stress(N/mm ²)
mv_loyield	VarChar	10	Mean Value of Lower Yield Stress(N/mm ²)
mv_offyield	VarChar	10	Mean Value of 0.2% Proof Stress(N/mm ²)
mu_tensile	VarChar	10	Mean Value of Tensile Strength(N/mm ²)
mv_truystren	VarChar	10	Mean Value of True Fracture Strength (N/mm ²)
mv_elong	VarChar	10	Mean Value of Elongation (%)
mv_rearea	VarChar	10	Mean Value of Reduction of Area(%)
number	VarChar	10	Number of Specimen
cv_upyield	VarChar	10	C.V. of Upper Yield Stress (N/mm ²)
cv_loyield	VarChar	10	C.V. of Lower Yield Stress (N/mm ²)
cv_offyield	VarChar	10	C.V. of 0.2% Proof tress (N/mm ²)
cv_tensile	VarChar	10	C.V. of Tensile Strength (N/mm ²)
cv_truystren	VarChar	10	C.V. of True Fracture Strength (N/mm ²)
cv_elong	VarChar	10	C.V. of Elongation (%)
cv_rearea	VarChar	10	C.V. of Reduction of Area(%)
bend	VarChar	10	Bend Test Result
position	VarChar	10	

데이터베이스에서는 별 문제가 없으나 서로 다른 형식의 데이터베이스인 경우에는 데이터 호환에 문제가 있고, 데이터를 수집하거나 생산하는 경우에도 잘 정리된 표준구조가 필요하다고 할 수 있다. 여기서 표준구조라 함은 어느 물성치에 대해서 시험데이터와 함께 데이터베이스에 포함되어야 할 표준적인 정보의 내용과 단위 및 기억구조를 뜻하는데, 예를 들면 인장 특성에 관한 데이터로서 시험 참조 규격, 시험편 규격, 시험편 크기, 시험편 방향, 재료 조건, 항복 응력, 인장 강도, 연신률, 단면 수축률, 소성 특성 (Ramberg-Osgood관계: 소성지수, 소성 상수 혹은 tangential modulus) 등이 통일된 단위와 함께 포함되어야 데이터베이스로서 유용한 가치를 가질 수 있게 된다. 본 연구에서는 각 물성에 대해 포함되어야 할

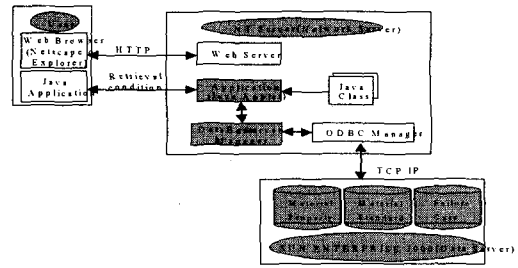


Fig. 2 Structure of the web-based database system

정보를 조사, 분류하고 데이터베이스의 구축에 있어 이들 정보가 포함되도록 데이터구조를 설계하였다. 이와 같이 필요한 정보와 단위 및 구조가 제시되면 향후 데이터의 생산, 수집 그리고 활용과정에서 일관성과 호환성을 가질 수 있다. Table 3은 작성한 데이터구조의 한 예로서 인장특성 데이터구조의 일부를 나타낸다. 데이터구조체계작성에 있어서는 일본 재료학회가 발간한 금속피로강도 데이터북^[10]과 금속재료 피로균열진전을 데이터북^[11], 파괴인성치 데이터북^[12]과 일본 금속재료기술연구소(NRIM)가 발간한 피로데이터시트 및 크리프데이터시트에 있는 데이터 기록방법을 참고하고, 국내외 관련 문헌 등을 참고하여 작성하였다.

3. Web 기반 데이터베이스 검색 시스템

3.1. 하드웨어 구성

Fig. 2는 본 연구에서 개발한 데이터베이스시스템 및 하드웨어 구조를 나타낸다. 본 시스템은 데이터서버와 네트워크서버로 구성된다. 데이터서버에는 데이터베이스 및 데이터베이스와 검색프로그램간의 인터페이스 프로그램이 격납되어 있다. 데이터서버로는 SUN Micro의 Enterprise 3000 W/S을 채용하였고 데이터베이스엔진으로는 상용의 ORACLE DBMS Ver. 8.05를 사용하였다. 네트워크서버는 데이터베이스의 검색 및 데이터출력을 수행하는 프로그램과 데이터베이스와 Web과의 인터페이스를 위한 Web server, database server manager로 구성된다. 본 시스템에서의 검색프로그램은 JAVA로 구현하였고, 네트워크서버로는 600MHz의 PC 서버를 채용하였으며, Windows NT에서 기동된다. 데이터서버와 네트워크서버는 LAN으로 연결되고 이들간의 통신은 TCP/IP를 통하여 이루어진다. Fig. 2에서 보이는

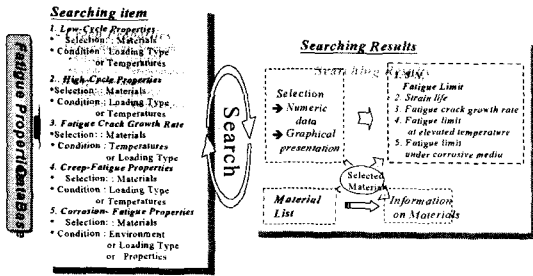


Fig. 3 Searching process used in fatigue properties database system

것과 같이 사용자가 Web 브라우저를 통하여 시스템을 액세스하면 PC 상의 Web server를 통하여 검색시스템이 기동되고, 이후 사용자는 이 시스템을 통하여 원하는 데이터를 검색할 수 있도록 구성하였다. 검색시스템은 database server manager 및 ODBC manager를 통하여 데이터베이스를 액세스하고 데이터를 사용자에게 보여준다.

3.2. 데이터 검색기능

물성치별로 검색내용이 달라지지만 검색방법은 동일하기 때문에 여기서는 피로특성데이터를 예로 들어 데이터베이스검색기능을 설명한다. Fig. 3은 피로 데이터 베이스에서 검색할 수 있는 피로 물성의 검색 과정을 나타낸다. 왼쪽은 검색내용 및 종류를 나타내고 오른쪽은 검색조건과 결과를 나타낸다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 피로 물성을 검색하려고 하면 먼저 알고자하는 재료를 선택하고, 선택된 재료 마다의 부하 방법과 온도를 현재 구축되어 있는 데이터의 조건으로 선택하게 된다. 선택된 재료와 조건에 따라 관계된 피로 물성이 검색되어지며, 이에 대한 데이터는 수치데이터와 그래픽 처리된 데이터 표현으로 출력한다. 그래픽 처리된 화면에서는 사용자 선택에 따라 재료와 관계된 물성을 다시 선택하여 그래픽처리로 화면에 나타날 수 있도록 하였다. 또한 각 데이터에 대한 시험 조건, 재료에 대한 정보, 그리고 시험편 형상 등 시험에 관계된 제반 사항들이 사용자의 선택에 따라 보여줄 수 있도록 되어 있다.

Fig. 4 ~ Fig. 12는 low cycle fatigue property에 대한 검색기능 및 검색 예를 나타낸다. Fig. 4는 low cycle fatigue properties를 선택하여서 나타난 화면으로 그중 화력발전소의 보일러헤더나 증기배관으로 또는 석유화학 설비의 배관으로 널리 사용되는 재료인 ASTM A387 Grade91을 선택한 경우이며 오른쪽

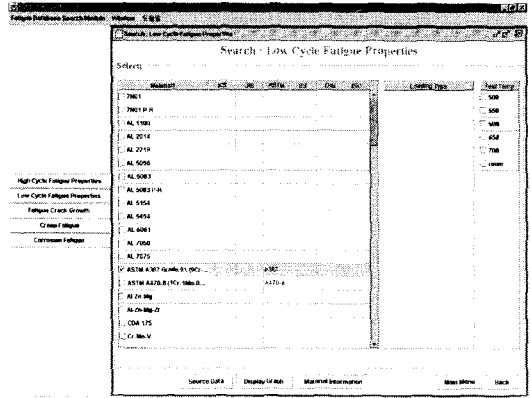


Fig. 4 Selection of material and test condition for searching low-cycle fatigue properties

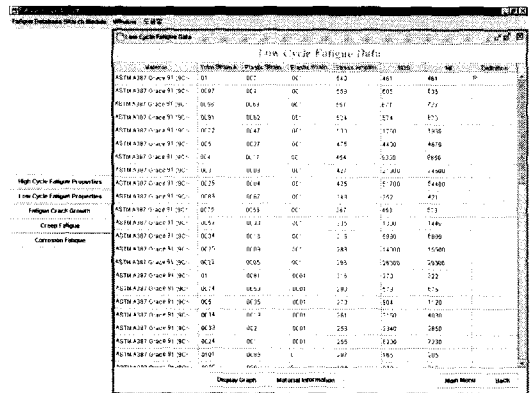


Fig. 5 Searched numerical data on strain life ($\epsilon-N$)

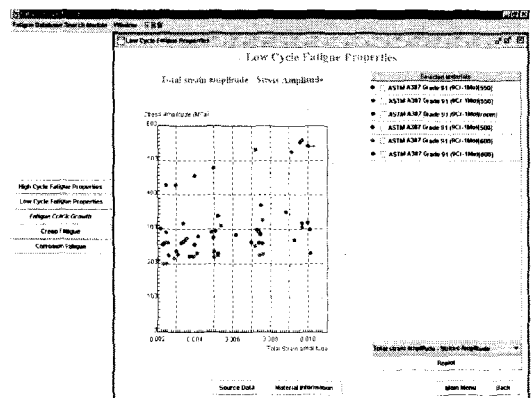


Fig. 6 Graphical presentation of the searched data on relation of stress amplitude and total strain amplitude

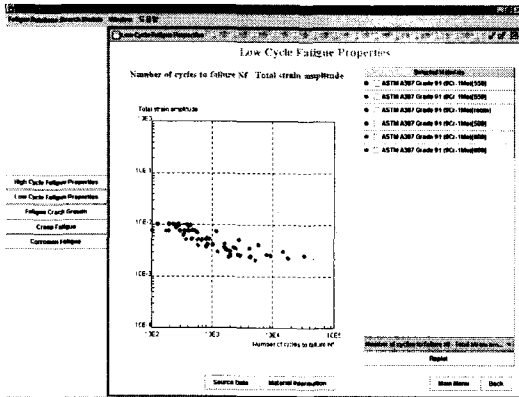


Fig. 7 Graphical presentation of the searched ϵ - N_f data

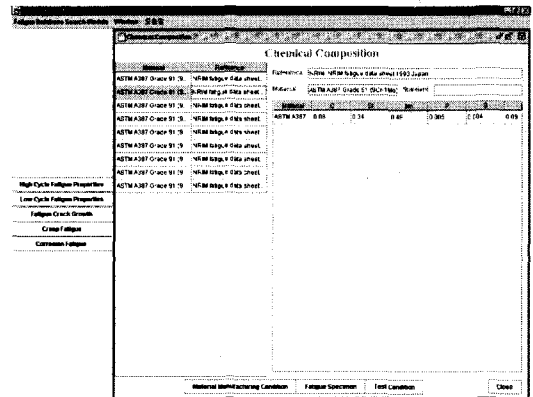


Fig. 10 Information on chemical composition of the materials used in searching fatigue properties

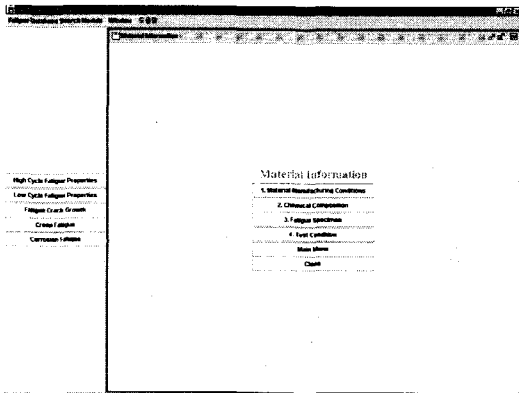


Fig. 8 Menu for selection of material information

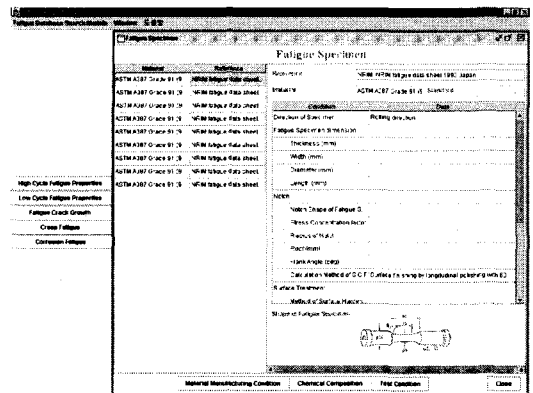


Fig. 11 Information on details of the specimen used in searching fatigue properties

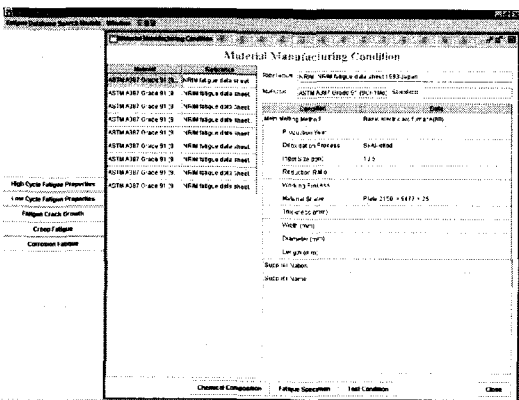


Fig. 9 Information on manufacturing process of the materials used in searching fatigue properties

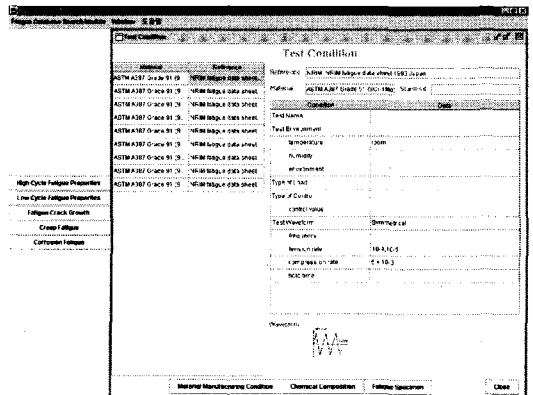


Fig. 12 Information on test condition used in searching fatigue properties

에는 본 재료의 LCF 시험 온도가 나타나있다. 이 화면에서 source data를 선택할 경우 Fig. 5와 같이 ASTM A387 Grade91 재료의 변형물성과 응력진폭 파단반복수 등이 나타나고 여기서 Display Graph를 선택하면 Fig. 6에서 보인 바와 같이 source data를 응력진폭과 총 변형률진폭의 그래프를 도시해준다. 그리고 화면 오른쪽에 보인 온도를 선택하면 선택된 온도에 대해서만 그래프를 다시 보여줄 수 있도록 구성하였다. Fig. 7은 총변형 진폭과 파단반복수와의 관계를 선택된 온도에 대해서 각각 나타낸 그래프이다. 마지막으로 Fig. 5에서 Material Information을 선택하면 Fig. 8과 같이 4가지의 시험재료에 대한 정보를 알 수 있도록 하였다. 그중 시험편의 제작에 관한 정보를 원하면 Fig. 9와 같이 보여주며 각 제작사별 시험편의 화학성분을 Fig. 10에 보인 바와 같이 알 수 있으며, Fig. 11 및 Fig. 12와 같이 각각의 데이터를 생산한 시험편의 형상 및 치수, 그리고 시험방법을 알 수 있다.

4. 결론

한국표준과학연구원에서 구축하고 있는 재료물성 데이터베이스 및 데이터베이스 검색시스템의 기능에 대해 기술하였다. 본 데이터베이스에는 600종의 재료에 대한 피로물성, 크리프물성, 인장물성, 파괴인성, 경도, 화학성분 및 물리적 성질 등 145,000건의 수치데이터가 포함되어 있다. 구축된 데이터베이스는 인터넷을 통하여 검색할 수 있고, 그래픽출력, 통계처리 등 고온설비의 설계와 노후 설비의 잔여수명평가에 필요한 자료를 제공하고 있으며, 현장에서 사용되는 재료의 등가 규격 등을 제공함으로써 사용자가 손쉽게 국내외 규격을 대비하여 검색할 수 있다. 본 재료물성 데이터베이스 시스템의 URL은 <http://corba.kriss.re.kr>이다

현재 보다 많은 물성을 수집하여 보완하고 있으며 균열해석 및 잔여수명평가 프로그램과의 인터페이스를 통한 전문가 시스템을 개발중이다.

후 기

본 데이터베이스의 구축에 사용된 NRIM data sheet는 본 데이터베이스가 공공 목적에 사용된다는 조건하에 NRIM으로부터 허가를 얻었음을 부기한다.

- [1] M. Fujita et al.(1997), "A Distributed Data System for Mutual Usage of Materials Information(Data-Free-Way)," Computerization and Networking of Materials Database: Vol.5, ASTM STP 1311, American Society for Testing And Materials, Philadelphia, pp.249~260.
- [2] M.Kumasawa, et al.(1999), "High-Cycle Fatigue Strength Database of Metallic Materials for Personal Computer and Web," Fatigue'99, Beijing, P.R. China, pp.2723~2728.
- [3] JSMS(1982,1992), Data Book on Fatigue Strength of Metallic Materials, Vols. 1-5, The Society of Materials Science, Kyoto, Japan.
- [4] C.H. Newton(1993), Manual on the Building of Materials Databases, ASTM Manual Series: MNL 19, American Society for Testing And Materials, Philadelphia.
- [5] J.E. Lee, et al.(1995), "Space Transportation Main Engine(STME) Database Standardization," Computerization and Networking of Materials Database: Vol.4, ASTM STP 1257, American Society for Testing And Materials, Philadelphia, pp.48~63.
- [6] 이완규 외(1999), "인터넷을 통한 크리프물성 데이터베이스 검색 시스템", 대한 기계학회 1999년도 추계학술대회논문집, pp. 333- 337.
- [7] 이완규 외(2000), "통합방재기술정보시스템개발", 99-N3-01-01-A-01, 한국표준과학연구원 연구보고서, pp. 23 - 42.
- [8] NRIM(1978-1994), NRIM Fatigue Data Sheet, No.1-84, National Research Institute for Metals, Tokyo, Japan.
- [9] NRIM(1978-1999), NRIM Creep Data Sheet, No.1-47, National Research Institute for Metals, Tokyo, Japan.
- [10] JSMS(1982,1992), Data Book on Fatigue Strength of Metallic materials, Vols. 1-5, The Society of Materials Science, Kyoto, Japan.
- [11] JSMS(1983), Data Book on Fatigue Crack Growth Rates of Metallic materials, Vols. 1-2, The Society of Materials Science, Kyoto, Japan.
- [12] JSMS(1995), Fracture Toughness Data(Metallic materials), The Society of Materials Science, Kyoto, Japan.