

용접 데이터 시스템(I)

박 주 용* · 정 재 필* · 이 보 영*

1. 서 언

용접은 금속, 기계, 전기 및 전자 기술분야가 관련된 복합기술인 만큼 용접과정은 다양한 지식과 많은 데이터를 필요로 한다. 용접데이터 시스템은 철강재료와 아크용접, 엘렉트로 개스용접, 엘렉트로 슬러그 용접을 대상으로 하여 용접과정에 필요한 각종 데이터를 수록하여 용접설계를 지원하고 신속, 정확한 용접 시공 데이터를 얻을 수 있도록 되어 있다. 용접과정은 용접 적용대상과 용접법에 따라 크게 달라지나 아크용접을 사용한 일반 강구조물 용접의 경우에는 그림 1과 같이 용접과정이 진행된다. 그림 1은 용접과정의 흐름도와 각 단계에서 필요로

하는 용접데이터의 종류와 각종 용접 데이터에 관한 분류도 보여주고 있다.^{1),2)}

용접데이터 시스템은 그림 1의 용접과정 중에서 필요로 하는 데이터를 제공하고 의사 결정을 내리는 데 도움이 될 수 있는 참고 데이터를 제시하는 역할을 담당한다.

용접데이터 시스템(I)은 관계형 데이터베이스 시스템(Relational Database System, 약칭 RDBS)을 채택하고 있으며 용접데이터의 집합인 용접데이터베이스(Database, 약칭 DB)와 personal computer용 데이터베이스 관리시스템(Database Management System, 약칭 DBMS)인 dBASE III PLUS 및 입력, 수정, 삭제, 검색, 출력 등을 위한 응용 프로그램으로 구성되어 있다.³⁾

2. 용접 데이터베이스

2.1 용접 데이터의 특성

용접데이터는 용접기술이 복합기술이고 용접현상이 복잡한 만큼 DB의 관점에서 고찰하면 DB화하기 어려운 다음의 몇가지 문제점을 갖고 있다.

첫째로 용접데이터는 금속, 기계, 전기 및 전자분야 등과 같이 종류가 매우 다양하고 각 분야에서 방대한 양의 데이터가 존재하며 한 용접과정을 수행하기 위해서는 많은 종류의 데이터가 요구되어 진다. 이들을 특성별로 구분하면 크게 용접법 및 용접기기 분야, 용접야금 분야, 용접설계 분야, 용접시공 분야, 시험 및 검사분야로 나누어질 수 있다.**

둘째로 용접데이터는 상호간에 매우 복잡한 관련성을 지니고 있다. 그림 2는 용접데이터의 상호관련성을 나타내고 있는 것으로써 대부분이 m:n(many to many) 또는 1:n(one to many)의 관계로 연결되

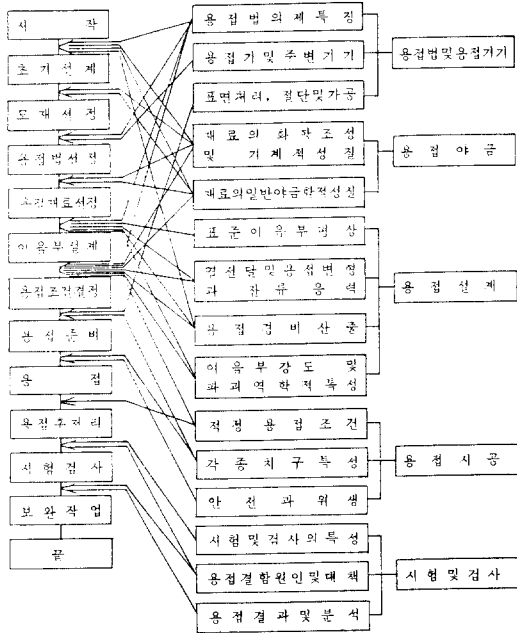


그림 1. 용접과정의 흐름도와 관련 용접 데이터

* 한국기계연구소 용접기술실

** 이 분류는 필자의 관점에서 본 것이며 사람에 따라 다르게 분류될 수 있음.

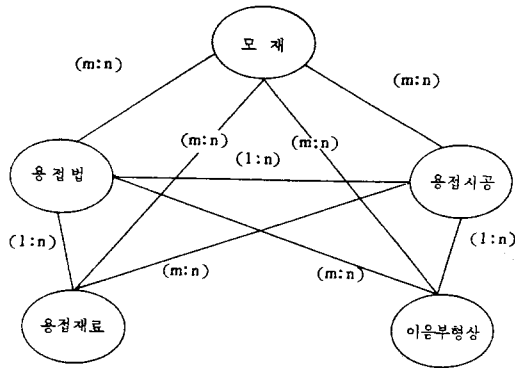


그림 2. 용접데이터의 상호 관련성

어 있다. 예를 들면 모재와 용접시공과의 관계에서 두께 16mm의 SS41강에 대한 용접시공법은 여러가지가 있을 수 있으며 마찬가지로 연강에 대한 한가지 시공방법은 연강에 속하는 여러가지의 강에 적용이 가능하므로 m:n의 관계가 있다. m:n 혹은 1:n과 같은 대응 관계에서는 특정한 데이터를 얻기 위해 다수의 조건이 필요하게 된다. 즉 두께 16mm의 연강에 대한 용접시공법을 찾기 위해서는 모재의 종류 외에 용접법, 용접재료, 이음부 형상 등에 관한 정보가 필요하게 된다.

셋째로 용접데이터 중 많은 부분이 atomic value의 형태를 취하고 있지 않다.³⁾ Atomic value는 DB의 전제조건으로써 데이터가 명확히 하나의 수치 또는 의미를 지칭하는 형태이며 atomic value가 아닌 데이터는 여러 기법을 동원하여 atomic value로 변환시켜야 한다. Atomic value가 아닌 용접데이터로 대표적인 것으로는 탄소함유량(C=0.1~0.03)과 같이 일정 범위로 주어지는 경우와 용접재료의 표현방법으로써 wild character(E60XX에서의 X)를 사용하는 경우를 들 수 있다. 본 용접데이터 시스템에서는 atomic

value로 변환하는 기법으로써 숫자값이 범위로 주어지는 경우에는 attribute를 최소치 attribute와 최대치 attribute로 분할하여 표시(C-I=0.01, C-A=0.03)하고 이들이 key로 이용되지 않는 경우에는 범위 자체를 하나의 문자값으로 간주하는 기법을 사용하였으며 wild character가 사용되는 경우는 wild character를 포함한 데이터를 문자값으로 간주하여 응용 program에서 wild character의 의미를 복구시키는 방법을 사용하였다.⁴⁾

2.2 용접 데이터베이스의 설계 및 구성

용접 데이터베이스는 그림 1의 모든 분야의 데이터를 망라함이 원칙이나 축척된 데이터가 충분치 않거나 이론식 혹은 경험식으로 주어지는 경우, 또는 복잡한 그림으로 주어지거나 포괄적으로 서술되어지는 데이터를 제외하였다. 따라서 본 용접 데이터베이스 시스템에서는 용접법, 이음부 현상, 용접재료, 모재, 용접시공의 5가지로 재분류하여 각각에 대한 데이터베이스를 구축하였고 각 데이터베이스는 computer memory의 효율적 활용과 데이터 운영의 효율성을 고려하여 1개 혹은 다수의 relation(=DB file)들로 구성되어 있다. DB가 다수의 relation으로 구성되는 경우 한 relation은 가급적 3rd normal form⁵⁾을 취하였으며 동질성이 부여되도록 하였다. 그림 3은 모재 relation의 일부를 나타낸 것이며 각 부분에 대한 명칭이 표시되어 있다.

용접 DB는 그림 4에서 보는 바와 같이 5개 분야에 15개의 relation과 20개의 index file로 구성되어 있다. Index file은 데이터를 담고 있지는 않지만 특정한 key에 대해서 sorting된 각 record의 주소를 담고 있어 검색시에 검색 속도를 높이기 위해 사용하는 파일이다.^{4),5)} 표 1은 각 relation의 이름과 담고 있는 내용을 보여주고 있다.

field(=attribute)								field name
BMNO	STNT	TH_I	TH_A	C_I	C_A	TS_I	TS_A	
BM386-1	RE	*****	*****	*****	0.180	*****	102.0	record
BM387	RE32	*****	*****	*****	0.180	41.0	50.0	
BM387-1	RE32	*****	*****	*****	0.180	40.8	50.0	
BM388	RE36	*****	*****	*****	0.180	41.0	50.0	
BM388-1	RE36	*****	*****	*****	0.180	40.8	50.0	
BM389	RE46	*****	*****	*****	0.180	41.0	50.0	
BM389-1	RE46	*****	*****	*****	0.180	40.8	50.0	
BM390	RS	*****	*****	*****	0.210	48.0	60.0	
BM391	SHP1	*****	*****	*****	*****	48.0	60.0	
BM391-1	SHP1	*****	*****	*****	*****	50.0	63.0	
BM391-2	SHP1	*****	*****	*****	*****	50.0	63.0	

그림 3. 모재 relation의 일부

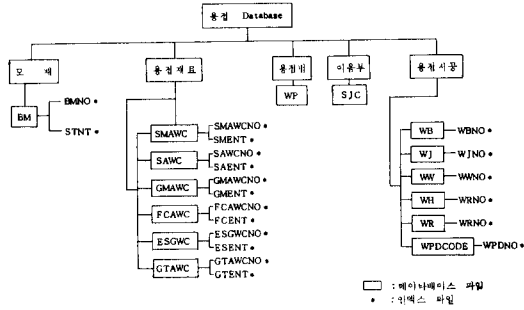


그림 4. 용접데이터 베이스의 구성

표 1. 용접 데이터베이스의 RELATION

Relation 이름	내	용
BM	소재의 화학적 조성, 기계적 성질 및 기타 특성	
SMAWC	SMAWC용 용접재료의 화학적 조성, 기계적 성질, 적용법 및 기타 특성	
SAWC	SAWC용 용접재료의 화학적 조성, 기계적 성질, 적용법 및 기타 특성	
GMAWC	GMAWC용 용접재료의 화학적 조성, 기계적 성질, 적용법 및 기타 특성	
FCAWC	FCAWC용 용접재료의 화학적 조성, 기계적 성질, 적용법 및 기타 특성	
GTAWC	GTAWC용 용접재료의 화학적 조성, 기계적 성질, 적용법 및 기타 특성	
ESGWC	ESW, EGW용 용접재료의 화학적 조성, 기계적 성질, 적용법 및 기타 특성	
WP	용접법의 선택 및 특성	
SJC	표준 이음부 현상	
WB	용접시공에 있어서 소재에 관한 내용	
WJ	용접시공에 있어서 이음부에 관한 내용	
WW	용접시공에 있어서 용접조건에 관한 내용	
WH	용접시공에 있어서 열처리에 관한 내용	
WR	용접부의 파괴 및 비파괴 시험 결과	
WP-D CODE	용접시공법으로서 WB, WJ, WW, WH, WR의 Record 번호로 구성됨	

그림 5는 용접 DB의 E-R(Entity-relationship) diagram으로써 데이터베이스 파일의 관련성을 나타내고 있다. 그림 5에서 □는 Entity(=Relation), ◇은 relationship으로써 entity를 관련시켜 주는 공통 domain(=Field)을 뜻하며 이러한 relationship에 의해 전체의 DB는 메모리절약과 효율적인 데이터의 운용을 꾀하면서도 1파일로 되어 있는 것처럼 운용될 수 있다.³⁾

3. 용접데이터베이스 관리 시스템

용접 데이터베이스 관리시스템(Welding Database

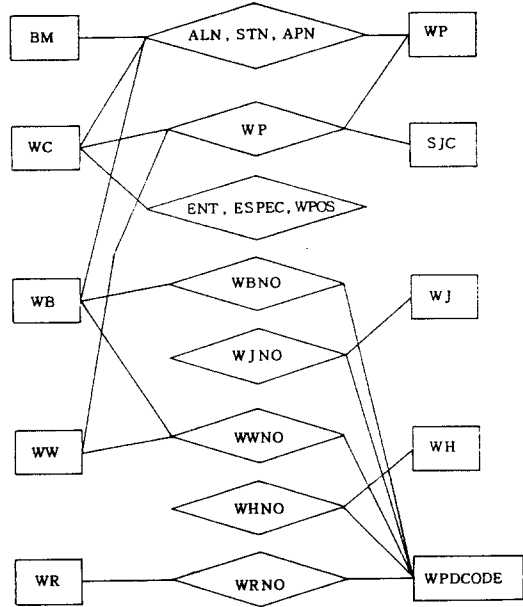


그림 5. 용접 DB의 E-R diagram

Management System 약칭 WDBMS)은 용접 DB를 운용하기 위한 도구로서 응용 프로그램 작성을 위한 data language를 제공한다. 본 WDBS에서는 관계형 DBMS이면서 퍼스널 컴퓨터용인 미국 Asthon-tate사의 dBASE III PLUS를 채용하였다. dBASE III PLUS는 최대 128 fields와 10억 records의 relation을 만들 수 있어 방대한 용접데이터를 충분히 수용할 수 있으며 일반집합 연산과 projection, selection, join, division과 같은 relation 연산을 지원한다.^{3), 4), 5)}

4. 응용 프로그램

용접데이터 시스템(I)의 응용 프로그램은 그림 6에서 나타난 바와 같이 일반 DBS의 기능인 데이터의

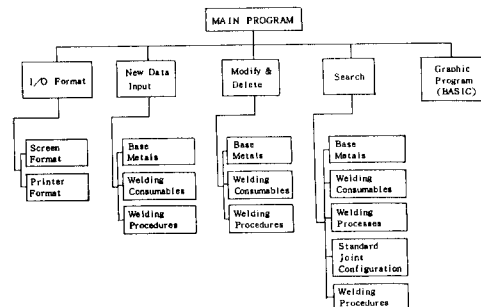


그림 6. 응용 프로그램의 구성

신규입력, 수정 및 삭제, 검색을 위한 프로그램과 이음부 현상의 표시를 위해 basic으로 작성된 graphic 프로그램과 사용자의 편의와 현장에의 적용을 위한 형태로 입출력이 되도록 하기 위한 모니터 및 프린터 출력용 프로그램으로 구성되어 있다.

i) I/O Format Program

DB에 속해 있는 relation들은 통상 10~100의 field를 갖고 있어 데이터의 입출력시 대개 80줄로 되어 있는 monitor screen상에서 사용하기가 불가능하거나 매우 불편할 뿐만 아니라 대개 약자로 표기되어 있어 의미를 숙지하여 하는 불편함이 따른다. 또한 데이터의 신규입력이나 수정 및 삭제시에 사용자가 데이터베이스 파일의 구조를 명확히 알고 있어야 한다. I/O format program은 그림 7과 같이 사용자가

이해하기 쉽고 편리한 format을 통해서 DB file을 검색하게 하므로 DB file에 대한 지식이 없이도 입력, 삭제, 출력 등의 조작을 가능하게 한다.

그림 8은 실제의 DB file의 모습과 format을 통해서 사용자에게 보여진 모습을 보여주고 있다.

ii) 신규입력, 수정 및 삭제 프로그램

데이터의 신규입력, 수정 및 삭제기능은 DB를 확장하고 유용한 데이터로 이루어지게 하는 DBS의 기본적인 기능이며 그림 9와 같이 update라는 subprogram 속에 모재(BM), 용접재료(WC), 용접시공(WPD) 데이터의 신규입력, 수정 및 삭제프로그램으로 구성되어 있다.

iii) 검색 프로그램

검색 프로그램은 사용자의 요구조건 입력 과정과

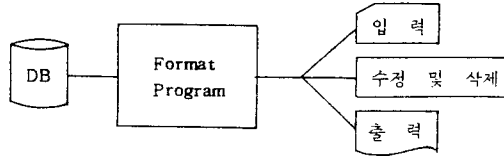


그림 7. Format 프로그램

```

YS_I  YS_A  TS_I  TS_A  EL_I      TIV  HB_I  HB_A  HV_I  HV_A  HR_I  HR_A
36.0  *****  50.0  63.0  22      -40.0  ****  ****  ****  ****  ****  *****
DEOX                                     WELDABIL  HT
Fine grained killed                       Good      NORMALIZING
BMNOTE
.....
    
```

(1) 실제의 DB file

BASE METAL DATA (3)	
(MECHANICAL PROPERTIES AND SPECIAL CHARACTERISTICS)	
Strength	Yield Strength : 36.0 ~ ***** (kg/mm ²) Tensile Strength : 50.0 ~ 63.0 (kg/mm ²)
Elongation	Elongation : >=22(%) Specimen No. :
Impact	Impact Value : >=3.50(kgm) Testtemp. : -40.0(°C)
Hardness	Brinell (Hb) : *** ~ *** Vickers (Hv) : *** ~ *** Rockwell (Hr) : *** ~ ***
Special Characteristics	Deoxidization : Fine grained killed Weldability : Good Heat Treatment : Normalizing Note :

- * Press Down-Arrow if no data.
- ** Press Ctrl-PgDn to input in and Ctrl-End to exit the Note field.
- *** Press Return or PgDn as the first key or Ctrl-End to exit this part.

(2) Screen format에 의한 DB의 표시

그림 8. Screen format에 의한 BM relation의 표시

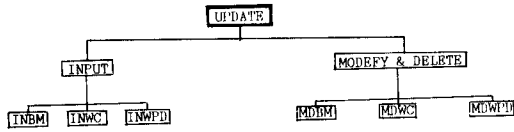


그림 9. 신규입력, 수정 및 삭제 프로그램 구성

조건을 만족하는 데이터의 검색과정, 검색된 데이터의 화면 혹은 프린터로의 출력과정의 3단계의 과정으로 되어 있다. 사용자의 요구조건은 매우 다양하고 때로는 복잡한 경우도 있으므로 본 용접데이터시스템에서는 요구조건을 한 단위씩 분리하고 각 단위

Condition no	Expression
C1	$C_I \geq 0.1$ (C_I=Min. of Carbon content)
C2	$C_A \leq 0.3$ (C_A=Max. of Carbon content)
C3	$TS_I \geq 50$ (TS_I=Min. of Tensile strength)
C4	$TS_A \leq 65$ (TS_A=Min. of Tensile strength)
C5	SPEC = ABS (SPEC=Specification)
C6	SPEC = ASTM

Combination of condition : C1 AND C2 AND C3 AND C4 AND (C5 OR C6)

그림 10. 검색조건 표현방법의 예

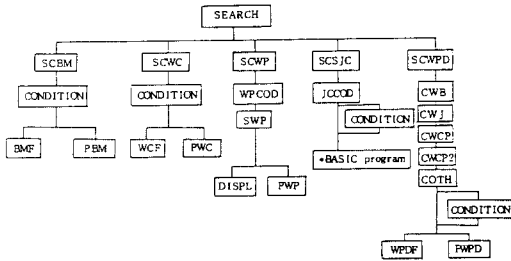


그림 11. 검색 프로그램의 구성

를 logical operator(AND, OR, NOT)를 이용하여 조합함으로써 모든 요구조건을 쉽게 표현하도록 하였다. 예를 들어 탄소함량이 0.1~0.3이며 인장강도가 50~65kg/mm²인 ABS 혹은 ASTM 규격에 속한 강을 검색하는 경우는 그림 10과 같이 표현된다. 사용빈도가 높은 key field에 대해서는 index file을 만들어 사용함으로써 검색 시간의 단축을 도모하였다.

검색 프로그램은 모재, 용접재료, 용접법, 표준이 음부 형상, 용접시공의 5부분으로 되어 있으며 그림

WELDING CONSUMABLES DATA		
WELDING CONSUMABLES DATA NO : FCAWC1	DATE : 04/03/87	
<WELDING CONSUMABLES CLASSIFICATION>		
Electrode Name : E60T-7	Welding Process : FCAW	
Spec. No. : AWS A5.20-69	Flux Type : -	
Nation : USA		
Applicable Base Metal : -		
<CHEMICAL COMPOSITION OF DEPOSITED METAL>		
C : *****~*****	Cr : *****~0.200	Cu : *****~*****
Si : *****~0.900	Mo : *****~0.300	W : *****~*****
Mn : *****~1,500	V : *****~0.080	Ti : *****~*****
P : *****~*****	Al : *****~1,800	Zr : *****~*****
S : *****~*****	Zn : *****~*****	Pb : *****~*****
Ni : *****~0.500		
Other Elements : -		
<MECHANICAL PROPERTIES OF DEPOSITED METAL>		
Yielding Strength : *****~38.7 (kg/mm ²)		
Tensile Strength : *****~47.1 (kg/mm ²)		
Elongation : >=22 (%)		
Impact value : >=***** (kgm)	Test Temp. : ***** (°C)	
<OTHER PROPERTIES>		
Shielding Gas : -		
Gas Flow Rate : -		
Deposition Ratio : ****		
Deposition Rate : ****		

REMARKS :

그림 12. 용접재료 데이터의 출력 예

WELDING DATABASE SYSTEM

<WORK MENU>

No. 4

- 1) INPUT OF NEW DATA
- 2) MODIFICATION OF DATA
- 3) DELETION OF DATA
- 4) SEARCH OF DATA

Pick a number or
type a to quit

<SEARCH MENU>

No. 4

- 1) BASE METAL
- 2) WELDING CONSUM
- 3) WELDING PROCESS
- 4) STANDARD JOINT
- 5) WELDING PROCEED

Pick a number

<Groove Code>

- I : I or square groove
- SV : Single V "
- DV : Double V(=X) "
- SU : Single U "
- DU : Double U "
- SB : Single Bevel "
- DB : Donble Bevel(=K) "
- S : Single J "
- DJ : Double J "
- F : Full penetration
- P : Partial "
- Ex) FI, PSV, FDB, PDJ

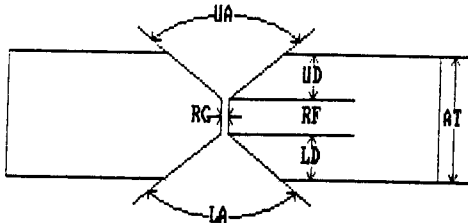
<SEARCH CONDITIONS>

Welding Process* : SMAW
 Joint Type* : B
 Groove Type* : FDV
 (Base Metal Thickness)
 A (One part) : 15 (mm)
 B (The other part) : 15 (mm)

*Code name must be inputted in the * item.

<입 력>

《Press any key to continue》



Joint Type : B
 Groove Type : FDV
 Welding Process : SMAW
 Welding Position : ALL

Base Metal Thickness (AT)
~15.9

	Upper Side	Lower Side
Groove Angle~60.0~60.0
Groove Depth~.....~.....
Root Radius~.....~.....
Root Face~3.2	Root Gap
	~3.2

<출 력>

그림 13. 표준용접 이음부 형상데이터의 입출력 예

WELDING PROCEDURE DATA SHEET

Welding Procedure Data No. : WPD11
 Welding Process : SAW

Date : 04/02/87
 Type : AUTOMATIC

1. Base metal

		Base metal A	Base metal B
Notation Specification No.		EH36 ABS	EH36 ABS
Name	by alloy type by strength class by application field	HT60	HT60
Thickness(diameter (mm))		25.0 ~ 25.0	25.0 ~ 25.0
Note :			

2. Welding machine

Machine Name	—	Capacity	—
Duty Cycle	—	Maker	—
Note			

3. Joint Configuration

	Joint type	B	Groove type	FDV
			Upper Side	Lower Side
	Groove Angle(Deg)		70.0~70.0	80.0~80.0
	Groove Depth (mm)		12.0~12.0	6.0~ 6.0
	Root Radius (mm)		*****~*****	*****~*****
Root Face	7.0~7.0	Root Gap	0.0~ 0.0	

4. Welding consumables

Electrode (wire)	Notation Spec. No. Coverd flux type Maker Diameter	EH14 AWS — — 4.0	Flux	Notation Flux type Maker	F76 — —
Insert material			Tung. electrode dia. Gas composition Gas compos. ratio		**** — —
Note :					

그림 14. 용접시공데이터 검색의 출력 예(I)

5. Welding condition (I)

Pass No.	Current (A)	Voltage (V)	Speed (cm/min)	Pass Sequence
F1~F4	600~620	32	47	

Pass No.	Wire feed rate(cm/min)	Gas flow rate (l/min)	Weaving width(mm)	Weaving freq. (HZ)	Arc time (sec)	Arc length (mm)
F1~F4	—	—	—	—	—	—

6. Welding Condition (II)

Total Pass	4	Spot/Seam	—	
Total electrode no.	1	Torch drag angle (Deg.)	90	
Welding position	F	Elec. to joint angle (Deg)	90	
Polarity	DCRP	Back gouging	—	
Elec. extension (mm)	—	Pulse	Peak current(A)	—
Backing material	—		Base current(A)	—
Backing size(B×W×T)	—		Frequency(Hz)	—
Interpass temp(Deg)	200		Duty(%)	—
Note				

7. Heat Treatment

	Preheat	Postheat
Temperature(Deg.)	—	—
Time(hour)	—	—
Method	—	—

그림 14. 용접시공 데이터 검색의 출력 예 (2)

8. Welding Results

Bead Appearance(Good/Poor)	GOOD	Leg Length(mm)	*****~*****
Bead width(mm)	*****~*****	Penetration(mm)	*****~*****
Bead Cross-Section Area(mm ²)	*****~*****		
Remarks			

9. NDT RESULTS

Visual Inspection	GOOD	Magnetic Particle Test	—
Liquid Penetration Test	—	X-ray Test	ABS CLASSA

10. TENSILE TEST

Specimen No.	Width (mm)	Thick (mm)	Area (mm ²)	Ultimate Load(kg)	T. S. (kg/mm ²)	Fracture Location
1	38.0	26.0	988.0	58884	59.6	BASE METAL
2	37.5	26.0	975.0	58400	59.9	BASE METAL
3	*****	*****	*****	*****	*****	BASE METAL

11. TOUGHNESS TEST

Specimen No.	Notch Location	Notch Type	Test Temp.(°C)	Impact value (kg-m)
1	WELD METAL	CHARPY-V	-40.0	14.9
2	WELD META	CHARPY-V	-40.0	14.9
3	WELD METAL	CHARPY-V	-40.0	20.3
4	—	—	*****	*****
5	—	—	*****	*****
			Average = 16.7	

12. GUIDED BEND TEST

Type	Result	Type	Result
SIDE	GOOD	SIDE	
SIDE	GOOD	SIDE	GOOD

13. OTHER TERT

Fillet weld test	—
Macro test	—
Deposit analysis	—

그림 14. 용접시공 데이터 검색의 출력 예(3)

11과 같이 22개의 subprogram과 BASIC program으로 되어 있다. 그림 12는 용접재료 데이터의 검색 예를 보여주고 있으며, 그림 13은 표준이음부 형상 데이터의 출력예, 그림 14는 용접시공 데이터의 출력예를 보여주고 있다.

5. 결 토

현재의 용접 데이터 시스템은 철강재료의 용접 데이터에 대한 입력조건을 만족하는 데이터의 출력여부의 전부이며 용접법의 선택 부분에서 입력 조건을 만족하는 데이터에 대한 적당도를 함께 출력함으로써 사용자의 의사결정을 지원하는 기능이 일부 포함되어 있다. 따라서 용접데이터 시스템이 강력한 역할을 담당하기 위해서는 비철금속 용접 데이터까지 적용할 수 있으며, 또한 기존의 DBS 기능외에 논리 및 추론 혹은 통계적 처리를 통해서 최적 데이터의 도출과 폭넓은 의사결정의 지원기능을 갖추는 것이 필요하다. 또한 graphic 기능의 강화와 각종 계산프로그램의 도입에 의해 보다 나은 용접데이터 시스템을 구축할 수 있을 것이다. 필자는 비철금속 용접까지 적용할 수 있도록 현재의 용접데이터 시스템을 확장하고 있으며 인공지능을 이용한 최적 데이터 도출 및 의사결정 지원시스템을 용접데이터 시스템에 도입하기 위한 연구를 착수할 계획이다.

6. 결 론

용접과정에 필요한 데이터를 신속하게 얻을 수 있는 용접데이터 시스템(I)을 개발하였다. 용접데이터 시스템은 철강재료의 용접에 적용할 수 있고 관

계형 데이터베이스 시스템을 채택하고 있으며 용접 데이터베이스, dBASE III PLUS 및 응용 프로그램으로 구성되어 있다. 용접데이터는 용접법, 모재, 용접재료, 이음부 형상, 용접시공 데이터를 수록하고 있으며, 응용프로그램은 데이터의 신규입력, 수정, 삭제, 검색의 4부분으로 구성되어 있고 사용자의 편의를 위해 I/O format program과 graphic 처리를 위한 BASIC 프로그램이 포함되어 있다. 프린터로의 출력은 현장에서 이용 가능한 PQR의 형태를 취하고 있다.

참 고 문 헌

1. 尾上久浩·小林 實：溶接施工管理（現代溶接技術大系，全38卷），18卷，産報出版，1980.
2. 日本溶接協會：鋼構造溶接工作法通論，産報出版，1983.
3. 이석호：관계 데이터베이스 관리시스템，1985년도 학기 단기강좌 교재，서울대 공대 전산기공학과，1985.
4. Ashton-Tate：Learning and using dBASE III PLUS，1985.
5. Ashton-Tate：Programming with dBASE III PLUS，1985.
6. 박주용·이보영：용접 데이터 시스템개발(I)，과학기술처，한국기계연구소 연구보고서 UCN 068-8740D，1987.
7. 益本 功·奮名宗春：“溶接データシステム研究委員會の活動：現状と課題”，日本溶接學會誌，第55卷 第4號，1986年，pp.41~48.