

# 수도용 도복장강관의 용접부특성에 관한 연구

Study on the weldability of Steel water pipes

이진우\*, 고준빈\*, 이영호\*\*, 나석주\*\*\*

\*충남대학교 대학원,기계공학과

\*\*충남대학교,기계공학과

\*\*\*한국과학기술원,기계공학과

## 1. 서론

산업발달과 더불어 인구의 도시집중화가 극도로 진전된 현대에 이르러 주거문화 수준의 향상과 함께 상수의 수요가 급증하고 있다. 상수의 증가는 새로운 수도관의 설치를 요구 하고 있으며 또한 이들의 원활한 공급을 위해서도 수도관의 안전성이 크게 요구되고 있다.

본,연구에서는 수도용도복장강관에 대하여 현장에서 이루어지고 있는 용접시공방법 및 용접 조건에 따라서 용접을 실시하여 금속조직을 관찰하고 경도시험,인장시험 및 파단면 관찰등을 통하여 접합부의 안전성 및 용접성을 평가하였다.

## 2. 재료 및 실험방법

용접재료는 현장에서 사용되고 있는 수도용 도복장강관(이하 STPW재라함)을 이용하였으며 Table1은 모재의 화학성분을 나타낸다.

Table1. Chemical composition of material used(Wt.%)

Base	C	Si	Mn	P	S
STPW	0.042	0.011	0.259	0.018	0.006

STPW:200Φx200x12t

용접부 특성을 평가하기위하여 용접법은 피복 아크용접법(SMAW)을 이용였으며 이음형상은 맞대기이음과 60°-그루브이음을 실시하였다. 용접 조건을 Table2.에 나타낸다.

Table2. Welding conditions

Base Metal	Welding cur. (Amp)	Welding speed (mm/min)	Electrode
STPW	AC(80-100)	110~120	KSD 3508 KSE 4313 (Φ3.2)

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 금속조직 검토

Photo.1은 STPW재의 용접부에 대한 미세조직 사진을 나타낸다. 사진으로부터 알 수 있는 바

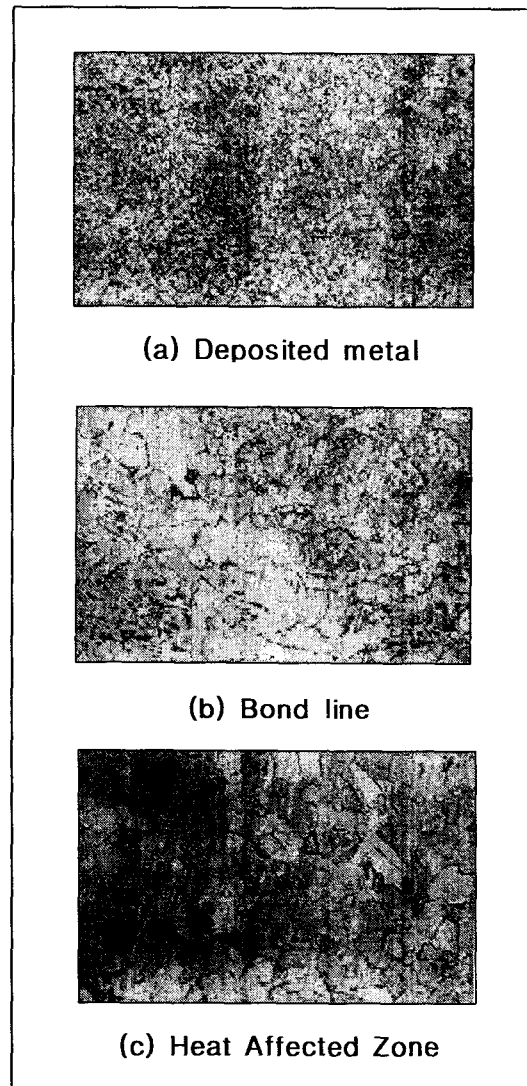


Photo.1 Macrostructure of STPW welded metal

와 같이 용접금속부분은 용착부의 불균일한 미세조직을 나타내고있어 이는 급열급냉에 의한 초기의 수지상 결정조직과 함께 주위에 탄화물이 불균일하게 혼재되어 있으며 일부 침상조직이 형성되어 있다.

Bond-line 부근의 조직은 용착금속쪽에서 모재의 열영향부쪽으로 용접열사이클에 의하여 커다란 주상정 조직이 성장하고 있다.

열영향부조직은 주상정조직에 이어서 조대한 결정을 나타내고 있다.

즉 Bond\_line과 열영향부의 조직은 모재에 비하여 굵은조직을 나타내며 상대적으로 외부하중 및 노치효과에 의하여 균열의 전파가 용이하기 때문에 이부분에 대하여는 용접후 열처리를 실시하여 조직의 연화(softening)를 취할 필요가있다.

Photo.2은 STPW재에 대한 맞대기 이음 용접부의 마크로 단면사진을 나타낸다. 사진에서 알수 있는 바와 같이 맞대기 이음에서는 용융부족(Lack of fusion)으로 STPW재의 안쪽방향으로 백비드가 형성되지 않아 용접결함이 나타나고 있는데 이는 실제 사용성능상의 안전성면에서 그 영향이 클것으로 판단된다.

한편, 60°-그루브이음에서는 시험재의 하부까지 완전한 용입으로 건전한 용착부를 얻을수 있었다. 따라서 수도용 강관의 접합시에는 V-그루브를 가공하여 용접하는 것이 바람직하다.

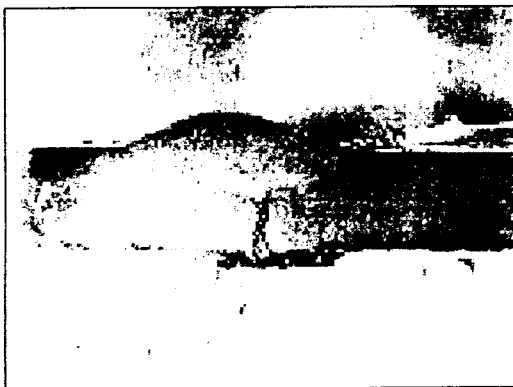
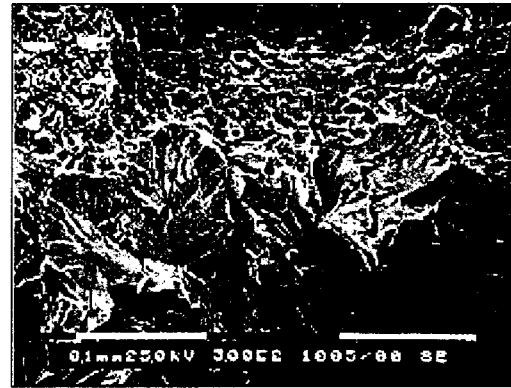


Photo.2 Macro-photograph of Butt-joint welded metal

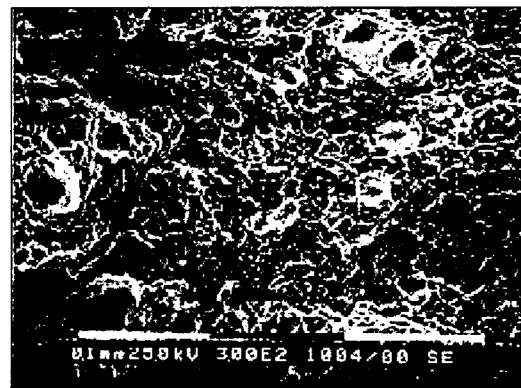
Photo.3은 STPW재의 맞대기 이음에 대한 인장시험편의 SEM사진을 나타낸다. 파단면의 상층부(a)에서는 균열이 결정립의 내부를 관통하는 취성 파괴의 전형적인 벽개 파면(cleavage



(a) Upper zone



(b) Middle zone



(c) Lower zone

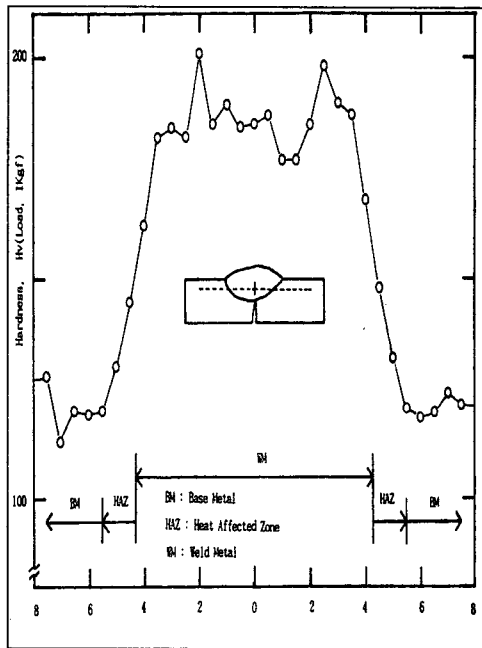
Photo.3 Scanning electron microscope of tensile test specimen

fracture)의 형태를 나타내고 있다. 이 파면은 소성변형을 하지 않는 벽개면(cleavage plane)에서 이루어진 결과 단(cleavage step)이 생기고 리버패턴(river pattern)을 나타내고 있다. 중

양부(b)에서는 벽개와 딴플(dimple)이 혼재하는 파면이며 하층부(c)에서는 입내 및 입계의 연성 파괴에 따라 미소 공동(micro-void)의 연결 및 합체로 많은 딴플이 관찰되고 있다. 따라서 본 파단면 해석의 결과는 인장시험의 결과와 잘 일치하고 있는 것으로 판단되었다.

### 3.2기계적성질(경도시험 및 인장시험)

Fig.1에서 알수 있는 바와같이 용접금속에서는 급열급냉에의하여 심한 경도분포를 나타내고 있으며 열영향부의 취화 조직에서도 모재경도(Hv110~120)에 비하여 Hv.130~150의 높은 경도값을 나타내고 있다. 이상과 같이 모재에 비해 높은 경도값을 갖는 취화 조직 때문에 이 부분에서는 노치효과 및 불순물혼입등에 의하여 균열전파 가능성이 보다 크게 나타날 것으로 판단된다. 따라서 용접부에 대해서는 조직의 균일화 및 경화조직을 피하기 위해서 용접전후의 열처리가 필수적이다.



Distance from the center line of cross-sectional bead(mm)

Fig.1 Hardness distribution of welded metal

Table.3 은 인장시험결과를 나타낸다. 맞대기 이음에서는 시험편의 백비드 형성부족으로 인한 노치효과의 영향으로 인장강도 및 연신율이 각각 29.7kgf/mm<sup>2</sup>, 4.3%로서 60°-그루브이음에 비하여 낮게 나타나고 있다. 특히 V-그루브 이음인 경우 건조용접봉을 사용한 경우가 흡습용

접봉을 사용한 경우에 비하여 강도 및 연신율이 양호하게 나타났다.

Table3 . Results of tensile test for welded metal

	Tensile strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Fracture Location
Butt Joint (dry electrode)	29.7	4.3	Weld Metal
60 °-Groove (dry electrode)	40.5	10.3	HAZ (Heat Affected Zone)
60 °-Groove (water electrode)	37.1	6.0	Weld Metal

### 4.결론

수도용도복장강관에 대하여 현장에서 이용되고 있는 시공방법 및 조건에 따라 맞대기 이음과 60°-그루브용접이음을 실시하여 금속조직관찰과 기계적 성질을 통하여 용접부 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수도용강관에 맞대기 이음을 채용한 경우 백 비드(back bead)형성 부족으로 인한 응력집중으로 균열의 전파 가능성이 예측되기 때문에 강관 용접은 60°-그루브이음이 바람직하다.
2. STPW재의 맞대기 이음부의 용접금속조직은 대부분 경화조직으로 파면은 벽개파면(cleavage fracture)을 나타내고 있다.
3. 맞대기 이음인 경우, 인장강도및연신율은 60°-그루브 이음을 채용한 경우보다 낮게 나타났다.
4. 강관용접 열영향부의 경도값은 모재에 비하여 높은 경도값을 나타내고 있다.

### 참고 문헌

1. 나석주 "수도용강관 용접시공개선에 관한 연구", 한국과학기술원, 1990
2. 이영호 "강의 용접성" 대광문화사, 1991