

상수도강관 용접접합의 방법별 비교분석

김응석¹, 정원식², 김성표^{3*}

¹선문대학교 토목공학과, ²한국건설기술연구원 수자원환경연구본부,

³고려대학교 환경공학시스템공학과

The Comparison Analysis of Welding Techniques in Water Distribution Steel Pipes

Eung Seok Kim¹, Won Sik Jeong² and Sungpyo Kim^{3*}

¹Department of Civil Engineering, Sunmoon University

²Water Resources & Environment Research Department, Korea Institute of Construction Tech.

³Department of Environmental Engineering, Korea University

요약 본 연구에서는 상수도관의 도·송수관등 대형관(700mm 이상)에 주로 사용되고 있는 도복장강관의 품질 및 시공, 유지관리에 영향을 미치는 용접접합의 현황을 조사 분석하고 용접접합의 개선방안에 대하여 연구하였다. 이를 위해 강관의 사용현황 등의 문제점을 조사하고 용접접합별 특성, 그리고 수동 및 자동 용접접합을 비교 분석하여 기술적, 경제적으로 효과적인 방안을 제시하고자 하였다. 본 연구에서 비교 분석한 용접접합별 특성 검토 결과, 상수도관로의 관경 700mm - 3,000mm의 현장 시공시 자동용접공법이 수동용접공법에 비해 순공사비 대비 평균 9% 절감되며, 용접공정만 비교시에는 평균 13.5% 이상 절감될 것으로 판단된다. 특히, KS상 강관 진원도에 대한 허용치가 크며 대부분 겹치기 이음으로 되어있는 국내 현실에서 작업환경이 열악한 경우 진원확보를 위한 시간이 무한정 소요될 수 있어 실제적인 절감액은 더욱 차이를 보일 것으로 사료된다.

Abstract The welded connection is known as an essential factor for establishing qualified construction and/or maintenance of wrapped steel pipe. In this study, welded connection conditions in the coated pipes with large diameter (over 700 mm) in Korea water distribution systems were estimated for suggesting technically and economically available welded connection method. For the study analysis, current steel pipe usage and accident cases were investigated. In addition, the characteristics of each welded connection method and automatic or manual connection techniques were also compared and estimated. As results, automatic welded connection method is superior than manual welded connection method in aspect of pure construction cost (average 9%) or pure welded connection cost (average 13.5%). When the poor welding-working situations in Korea are considered such as high tolerance of out-of-roundness in KS regulation, a number of lap joint welded connections, the real cost benefits of automatic welded connection should be much higher than those of manual welded connections.

Key Words : Wrapped steel pipe, Welded connection, Welding-working, Automatic welded connection

1. 서론

강관은 배관용, 구조용, 전선용 강관 등으로 도시기간 시설에 필수적으로 소요되는 자재이다. 우리나라의 경우

강관은 1960년도에 본격적으로 개발된 이래 현재까지 주요 배관재로 사용되고 있는데 연간 400만톤 규모의 시장을 형성하고 있으며, 전체적으로 저급의 구조용관이 차지하는 비중이 상대적으로 높다. 그러나 꾸준한 기술개발과

*교신저자 : 김성표 (ub1905ub@korea.ac.kr)

접수일 11년 04월 07일

수정일 11년 05월 04일

게재확정일 11년 06월 09일

품질향상으로 상수도관 등은 선진국과 동일한 수준의 고 품질의 제품을 생산하여 국제시장에서도 그 품질을 인정 받아 강관 수출국으로서의 기반을 구축하였으며, 또한 수출되는 강관은 대부분이 선진국의 상수도, 난방 및 가스 배관재로 사용되어 그 양도 계속 증가되고 있다[3].

강관용 상수도용으로 주로 적용되는 도복장강관은 도복장 이전의 관인 원관을 이용하여 도장한 관으로 인장 강도와 신장율이 커서 내외압 및 충격에 강하므로 압력을 아주 크게 받는 대구경관로에 주로 적용되고 있다. 특히 강관은 용접에 의해 간단하게 시공가능하므로 접합부분에 장점을 가지고 있어 주로 대구경관에 적용되고 있다[4,5,8]. 반면, 이러한 시공상의 장점과 함께 용접부위는 부식이나 강도 등에서 원관에 비해 파손이나 부식에 취약하다는 단점도 있다[7]. 따라서 강관의 적용에 있어 용접접합은 매우 중요한 시공기술이다. 또한 대형 상수도관의 부설시공 및 부식 등 노후화에 의한 사고발생 시 연간 10억톤 이상이 누수로 손실되고, 이로인한 직접적인 경제적 손실만 5천억원 이상이며, 사고로 인한 보수공사 및 교통체증 등에 의한 간접손실은 연간 수조원에 이를 것으로 추정된다[7,8]. 물부족국가인 우리나라는 특히, 이러한 상수도사고로 인한 수자원 및 경제적 손실을 줄이기 위해 상수도관의 시공품질을 확보하고 운영관리를 최적화할 필요가 있다. 자연적인 부식을 제외한 상수도관 사고의 대부분은 시공불량에 기인하며, 특히 관로의 이음부 및 연결관 용접접합부의 품질 미확보가 가장 큰 요인중 하나이다[7].

강관의 접합은 일부 플랜트를 제외하고 모두 겹치기이음(lap-joint)방식으로 수구와 삽구를 삽입하여 내·외면을 용접하는 방식을 적용하고 있으며, 굴삭기등 토공장비에 의해 거취후 진원확보가 어려워 체인블럭을 설치하여 당기든가 러그가설, 썰기, 작기 등을 이용 숙련공의 수작업에 의해 작업을 진행하게 된다. 외국의 경우도 주로 맞대기(플레인 엔드, 베벨엔드)에 의해 배관이 되며 포설장비가 용접작업 종료시까지 배관을 파지한다. 강관의 용접은 수동용접에 의한 피복 아크용접(shield metal-Arc welding, SMAW)방법을 적용하며 수작업으로 용접작업자의 숙련도에 따라 품질, 시공성, 경제성이 좌우되어 공사기간 산정이 불확실하다는 단점이 있다. 외국의 경우도 여러가지 용접기술(맞대기용) 자동, 반자동, 수동이 활용중이나 대부분 엄격한 작업조건 하에서 수동용접을 시행하며 플럭스 코어드 아크용접(flux cored arc welding, FCAW)이 주로 사용되고 있다[9]. 상수도강관의 용접은 대부분 숙련된 작업자에 의한 수동아크용접을 실시하고 있으며, 700mm 이하의 비교적 중소형관에서는 관의 부설 및 접합에 큰 문제는 없다. 그러나 대형관에서는 포설

장비(B/H, 크레인)와 작업자 경험에 의해 턴버클, 햄머, 체인블럭, 썰기등의 수공구를 활용하여 수작업으로 부설할 경우 진원의 확보가 곤란하여 용접접합이 부실하게 이루어질 뿐만아니라 작업자의 안전을 위협하는 등 여러 가지 애로사항이 발생하고 있다[2]. 따라서 강관 사고의 주요 원인인 접합부의 생산 및 시공상의 품질은 물론 경제성 및 작업자의 안전성을 확보할 수 있는 개선방안 연구 및 기술개발이 시급하다. 따라서, 본 연구에서는 상수도강관의 용접접합의 특성에 따른 방법을 비교 검토하고 이에 따른 대구경 관로에서의 효과적인 용접접합 방법을 제시하고자 하였다.

2. 상수도강관 용접접합 기술

2.1 강관의 특성

강관의 일반적 특성에서 내식성 효과를 보면, 철강 그 자체는 부식에 약하나, 급수관으로서 충분한 내식성을 갖게 하기 위하여 외면은 폴리에틸렌으로 코팅하고 내면은 에폭시로 피복하여 방식성을 부여한다[10]. 도복장강관은 과거 수십년간 풍부한 시공경험을 갖고 있을 뿐만 아니라 용접시공이 용이하여 시공방법이 보편화되어 있다. 강관의 시공성을 몇 가지 항목으로 구분하여 보면, 상온에서 절단 등의 가공성이 좋다. 외경이 크고, 두께가 두꺼워 운반시에 다소 무겁고 불편할 수도 있으나, 웬만한 충격에도 변형이 없고 취급이 용이하며, 연결접합시에 용접접합으로 용이하다. 또한, 부속(곡관, T형관, 편관 등)이 다양하고 저렴하며, 시공사제가 풍부하고, 시공방법이 표준화 및 보편화되어 있다[5,6].

예를 들면, 일반배관용 강관 20A×2.6t의 내부강도는 약 140kg/cm²로서, 높은 수압이나 수격압, 겨울철의 동파에도 안전하게 설계할 수 있다. 따라서 도복장강관의 가장 큰 장점의 하나는 바로 경제성에 있다. 강관이 배관재가 될 수 있었던 주요 요인은 현존하는 가장 저렴한 기초소재의 하나인 철강을 원료로 하고 있으며, 고도의 생산성에 있다고 볼 수 있다.

국내 강관은 저급강 중심의 생산구조로 전체 강관의 80%가 전기저항용접강관이며, 90년대 이후 설비능력은 급증하여 2002년 기준으로 약 750만톤에 이른다. 그러나 최근 중국의 급성장과 함께 가동율은 현저하게 감소하여 2006년 기준 60% 수준으로 감소하여 연간 411만톤 생산 규모이다. 국내에서 생산되는 강관의 재질 특성을 보면 400MPa급으로 HB 110 이내로 수명은 통상 10년 이내이며, 이로 인하여 인성강도가 약하고, 수동용접 제작으로

시공품질도 미흡한 실정이다[3]. 한국공업규격(KS)에서 규정하는 상수도용 도복강관의 분류는 다음 표 1과 같다[4].

[표 1] 제조방법별 도복강관의 분류
 [Table 1] Classification of wrapping steel pipes according to manufacturing methods

Mark of type	Manufacture method
STWW 290{30}	Welding or electric resistance welding
STWW 370{38}	Electric resistance welding
STWW 400{41}	Electric resistance welding or Arc welding

국내와 달리, 세계 최고 수준의 강관 제조기술을 보유하고 있는 일본의 경우 80년대부터 전기저항용접강관(ERW)의 내부품질 향상을 위해 laser 용접열원을 ERW 공정에 복합 적용하는 기술을 개발하여 특허를 출원한 바 있다. 이 경우 후속 강관의 충격인성이 현저히 개선되는 효과를 얻고 있으며 JFE사에서는 25kW급 고출력 CO₂ laser를 이용하여 16mm 두께까지 강관 제조에 적용하고 있다. 또한 미국, 캐나다, 일본 등 lifeline 시공의 역사가 오래된 선진국의 경우 강관 시공의 자동화가 오래전부터 적용되어 왔으며 이러한 용접자동화를 위해 용접공정에 시각 센서의 적용이나 회전아크의 적용 등 다양한 응용기술을 복합화한 자동거스용접시스템이 개발되어 운용되고 있다[1.11-13]. 최근 국내에도 강관재질의 품질 향상을 위하여 세립압연기술의 향상을 통한 700MPa급 박육, 후속 고기능강관, HB200급 내마모 강관개발 그리고 품질향상을 위한 시공자동화연구가 이루어지고 있으며, 이를 통해 선진국과 동등 수준의 품질을 확보할 수 있는 기틀을 마련하였다[3].

2.2 수동용접의 기술

기존의 강관의 수동용접은 대부분 피복아크용접(SMAW)을 적용하고 있는데, 이 방법은 압력을 가하지 않는 용접의 가장 흔한 형태이며, 피복제를 바른 용접봉과 모재사이에서 전기아크에 의해 발생하는 열을 이용하여 용접하는 방식으로 막대용접(Stick Welding or Stick Rod Welding), 전기용접, 전극용접(Electrode Welding, or Coated Electrode Welding), 또는 수동 금속 아크용접(Manual Metal Arc Welding)이라 불리기도 한다[1,2].

수동용접 기술에 따른 문제점을 살펴보면 다음과 같이 요약하여 정리할 수 있다.

(1) 강관 KS허용치 과다 및 자중에 의한 변형

기존의 국내 KS상 허용치(원주길이에 ±0.5%적용)가 커서 발생하는 문제 (예:수구측은 -허용치, 삽구측은 +허용치의 KS 허용치가 각각 적용될 경우 3,000A는 최대 36.48mm의 간격이 발생)로 양단을 인위적인 정형 없이는 배관의 삽입 및 맞대기가 불가능하며 또한, 강관이 상대적으로 자중이 큰 중량물로 자체 자중에 의한 자연변형(3,000A의 수직/수평의지름 평균 차이가 30.4mm발생)으로 배관 시공이 어려울 정도의 진원도의 변형이 발생하고 있어 현장에서 강관의 진원을 확보하지 못하여 시공 시 많은 애로사항을 발생시키고 있으며 공사기간, 공사비, 품질, 안전, 환경의 모든 시공공정 부분에 악영향을 미친다[1,2].

(2) 기존 부설장비 시공상의 문제점

국내 강관 시공의 경우 대부분 수구삽구방식에 의한 겹치기이음(벨엔드)용접접합으로 이루어지고 있어 KS상 최소 70mm를 삽입하고 내면, 외면을 각각 용접하여 접합을 해야 하나 강관 시공현장에서의 실 시공실태는 토공장비인 굴삭기로 관 끝단을 거취한 후 작업자의 수신호와 장비 활용의 숙련도에 의존하여 수작업과 병행하여 밀며 당기며 감각적인 작업을 통해 삽입작업이 이루어지고 있다. KS상에 규정된 겹침부부를 70mm이상 확보하기 위해서는 많은 인원과 장비 시간이 소요되 종종 이를 확보하지 못하고 접합된 부위는 수압, 지반침하 등 강관에 작용하는 외압과 내압의 변화에 따라 접합부가 꺾이거나 파열되어 누수사고가 발생할 가능성이 매우 높다. 또한 수구 삽구의 과다한 겹침은 용접작업후 테이프코팅시 심한 단차로 인해 에어포켓 등 결함을 발생 시킬 수 있다 [1,2].

(3) 수작업의 강관용접 접합의 문제점

강관의 접합은 대부분 용접에 의한 용접접합으로 이루어지고 있으며 배관의 용접기술 자체가 고도의 기술을 요하는 전문기술로 많은 경험과 숙련도를 요구한다. 특히, 국내 현장의 경우 경험이 풍부하며 실력이 우수한 용접기술자의 확보만이 강관 시공현장에서 품질/안전/공사기간 등에 대한 모든 요소를 충족할 수 있는 척도가 되고 있는 만큼 용접기술자가 중요시 되고 있다. 그러나, 실제 현장에서 용접기술자의 수급 및 확보가 어려워 시공시 가장 큰 문제점으로 대두 되고 있는 실정이다. 수작업에 의한 강관용접 접합시 용접기술에서 전자세(위보기, 아래보기, 수직)에 대한 용접이 열악한 현장의 조건에서 연속적으로 이루어져 원주상 각 용접자세별 품질의 균일성

확보가 어렵고 작업자별 품질의 편차 또한 매우 커 동일한 용접 품질을 기대하기 힘들다. 또한, 수작업에 의한 강관의 용접접합시 국내 강관의 KS상 허용치 과다, 강관 자중에 의한 변형, 삽입 작업 후 자중에 의한 배관의 쓸림현상 등으로 부설된 강관 상부에 용접이 불가능한 정도의 큰 간격(GAP)을 형성하여 보통의 용접기술로 용접이 어려운 경우 각종 편법들이 현장 용접기술자에 의해 종종 시행되고 있다[1,2].

2.3 자동용접의 기술

기존의 수동에 의한 강관 시공시 숙련된 작업자가 필요하고, 열악한 작업환경으로 인한 인력수급의 어려움이 나 사고, 그리고 시공시간의 불확실 등으로 용접방법의 개선이 필요하다. 미국, 캐나다, 일본 등에서는 강관 시공의 자동화가 오래전부터 적용되어 왔으며 이러한 용접자동화를 위해 용접 공정에 시각 센서의 적용이나 회전아크의 적용 등 다양한 응용기술을 복합화한 자동거스용접 시스템이 개발되어 운용되고 있다. 따라서 국내에서도 이러한 용접자동화의 필요성으로 인해 플럭스코어드아크용접(Flux cored arc welding, FCAW) 공법이 개발되어 일부 적용되고 있다[2]. 최근에는 상수도강관의 대형관에 대하여 서울시, 한국수자원공사, 한국농어촌공사 등에서는 자동용접공정을 원칙으로 하는 등 그 사용이 점점 증가하는 추세에 있다[9]. 수동용접의 피복아크용접과 달리 자동용접에서는 FCAW를 적용하고 있다.

국내 상수도분야에서 자동용접공법이 적용된 곳은 2004년 한국수자원공사가 운영하는 광양공업용수도(Ⅲ), 한강하류권, 동판교에서 시험시공한 끝에 한국수자원공사 표준시방서에 채택되었으며, 이후 한국농어촌공사, 서울특별시, 대전광역시, 경기도 등 지방자치단체 등을 중심으로 전국적으로 적용되기 시작하였다[9].

용접품질 향상 관련 연구동향을 보면 SMAW용접과 FCAW 용접의 생산성과 깊은 관련이 있는 Power Supplies/Process Optimization와 High Productivity Welding/Process Variants 분야에 대한 연구가 많이 수행되고 용접품질과 관계가 있는 Process Control/Monitoring 분야도 많은 관심을 받고 있음을 보여준다. 또한 용접환경과 용접사의 건강에 많은 영향을 주고 있는 Fume Generation에 관한 연구도 수행되고 있다[1]. 최근 국가연구사업으로 용접자동화에 대한 연구가 진행중이며, 주요 내용은 강관 소재의 고급화에 대응한 조관 용접공정의 최적화를 통해 강관 제품의 고급화를 지원하고 강관 생산능력의 획기적 향상을 위한 ERW, SAW 용접공정의 복합열원화 및 다전극화를 통해 강관산업의 기술경쟁력을 확보하는 것과, 국내 지형에 적합하며 회전아크 및 시각

센서를 사용하는 강관 자동 용접 시스템을 개발하는 것이다[3]. 이러한 자동거스용접기술은 다양한 라이프라인과 연계하여 활용할 수 있다.

3. 용접접합 방법별 비교분석

용접분야의 기술은 그간의 발전을 거듭하여 대부분의 장비가 디지털화 하여 작업시 발생하는 각종상황을 실시간으로 작업자에게 제공하고 있는 수준이다. 그러나 현재 우리나라 강관의 시공현장에서는 아직 기술적으로 진보성을 이루어 내지 못하고 있으며 대부분 SMAW기술이 주로 사용되고 있으며 일부 플랜트 및 내구성 확보가 필요한 부분에서 선택적으로 용접부 품질 및 용착성, 작업성, 경제성, 용접부 미관 등을 고려하여 FCAW기술이 활용 중에 있다.

기존 강관의 현장시공상의 문제점을 개선하기 위해 국내에서도 강관을 현장에서 용접하는데 있어 관의 양단을 고정할 수 있는 정형장치 및 내외면 FCAW 방법에 의한 자동용접공법이 개발되어 현장에서 활용되고 있으며, 현재는 그 사용추세가 증가하고 있다[2]. 따라서 본 장에서는 기존 수동용접과 현재 적용중인 자동용접공법을 비교 분석하고, 자동용접의 추가적인 기술개발 및 개선방법을 제시하였다.

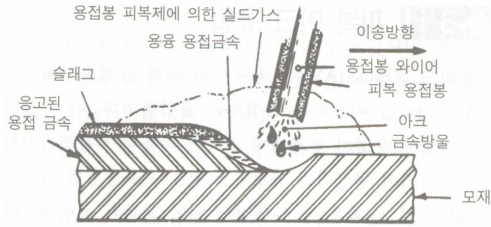
3.1 공정별 장단점

현재의 강관 용접방법은 피복아크용접(SMAW)으로 피복 용접봉과 모재 사이에 전기 Arc의 발생열에 의하여 모재 및 용접봉, Flux Coating을 녹여 모재 사이의 흠을 메우는 방법이다. 개선된 용접방법인 플럭스코어드아크용접(FCAW)은 모재와 연속으로 공급되는 소모성 플럭스코어드와이어 사이에서 발생하는 아크열을 이용하는 용접방법으로 자동용접에 적용되는 방법이다. 특히, FCAW는 용접 속도가 SMAW 보다 최소 4배이상 빠르다. 따라서 비용 절감차원에서 SMAW보다 선호되고 있다. 다음 그림 1과 그림 2는 SMAW 용접과 FACW 용접 공정을 나타내었다.

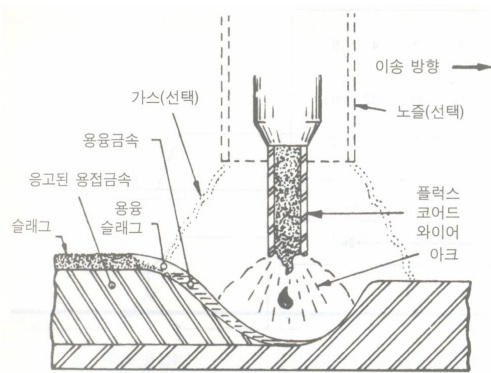
3.2 시공성 측면

자동용접기술은 서로 이웃하는 강관의 끝단을 정형기로 파지한 상태에서 내외측에서 방사상으로 가압하여 진원으로 조정 유지시킨 다음 이웃하는 강관을 수평으로 정렬한 후 아주 쉽게 삽입시킬 수 있어 시공성이 뛰어나다. 특히, 기존의 수동용접 공법에서 시공하기 어려운 넓

은 간격의 용접 이음도 자동용접 공법에서는 FCAW에 의해 간격이 다소 크더라도 단락 이행용접으로 용이하다.



[그림 1] SMAW 용접과정
[Figure 1] SMAW welding process



[그림 2] FCAW 용접과정
[Figure 2] FCAW welding process

3.3 경제적 측면

강관의 현장 용접 시공시 경제성에 영향을 미치는 항목은 투입인력, 작업소요시간이 좌우하며 현재까지의 시험시공 및 현장적용 결과를 바탕으로 평가하면, 관경 700mm - 3,000mm의 현장 시공시 자동용접공법이 순공 사비 대비 평균 9% 절감되며, 용접공정만 비교시에는 평균 13.5% 이상 절감될 것으로 판단된다. 특히, KS상 강관 진원도에 대한 허용치가 크며 대부분 겹치기 이음으로 되어있는 국내 현실에서 작업환경이 열악한 경우 진원확보를 위해 시간이 무한정 소요될 수 있어 실제적인 절감액은 더욱 차이를 보일 것으로 사료된다[2].

3.4 기술적 측면

기존의 수동용접공법과 자동용접공법을 비교할 때 기술적 측면의 핵심기술은 현장 강관 시공시의 진원확보 및 정형기술, 자동화 장치에 의한 자동삽입 부설기술 정형장치와 일체식으로 구성된 자동용접기술이다. 핵심 기술

부분에 대한 기존기술과 자동용접기술을 비교하면 다음과 같다.

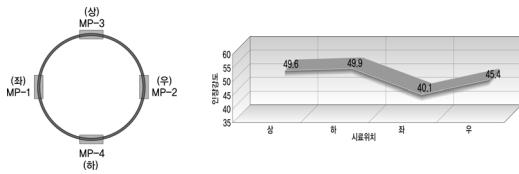
강관 용접접합의 기술성은 용접의 품질의 확보 즉, 신뢰성에 있다. 용접의 품질을 확보하기 위해서는 관의 진원을 확보하는 것이 우선적이 사항이며, 이를 통해 상하 좌우 등 전체적인 용접의 품질이 확보될 수 있다.

2개의 공법적용에 따른 결과에서 아래의 표 2의 SMAW(수동용접)과 FCAW(자동용접)의 용접방법별 강관의 겹 수치에서 보면, SMAW의 경우 겹 수치가 최소 1.7mm에서 최대 7.3mm까지 범위를 보이며, 평균 겹의 수치에서도 4.03mm으로 FCAW의 2.45mm에 2배 가까운 결과임을 알 수 있었다. 따라서 이러한 결과에서 보듯이 FCAW의 공법이 상대적으로 SMAW 공법과 비교해 강관의 맞대기 이음접합시 상당히 높은 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

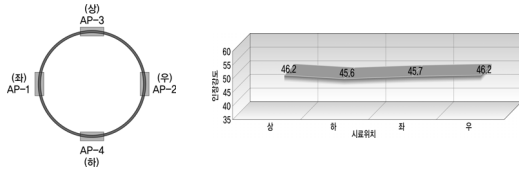
[표 2] SMAW와 FCAW 공법별 강관의 겹수치
[Table 2] The values of steel cap in SMAW and FCAW welding process

구 분	a	b	c	d
GAP (mm)	7.3	4.2	2.2	1.7
구 분	e	f	g	h
GAP (mm)	4.8	6.7	4.9	5.2
SMAW 용접: Max. 7.3mm, Mean 4.03mm				
구 분	a	b	c	d
GAP (mm)	3.0	2.7	2.2	2.3
구 분	e	f	g	h
GAP (mm)	2.2	2.0	2.2	3.0
FCAW 용접 Max. 3.0mm, Mean 2.45mm				

또한, 아래의 그림 3과 그림 4는 공법별 위치에 따른 인장강도 시험결과로, 용접 후의 관의 상하 및 좌우의 인장강도를 살펴보면, SMAW의 인장강도의 표준편차는 $\pm 3.9\text{kgf/mm}^2$ 이며, FCAW의 인장강도의 표준편차는 $\pm 0.3\text{kgf/mm}^2$ 으로, FCAW기술의 적용에 따른 관의 인장강도가 SMAW기술의 적용보다 신뢰성 있는 결과를 나타내었다[2].



[그림 3] SMAW 공법의 위치별 인장강도
[Figure 3] The spatial tensile strength distributions in SMAW welding process



[그림 4] FCAW 공법의 위치별 인장강도
[Figure 4] The spatial tensile strength distributions in FCAW welding process

4. 결론

본 연구는 상수도관의 도·송수관등 대형관(700mm 이상)에 주로 사용되고 있는 도복장강관의 품질 및 시공, 유지관리의 효율성을 위하여 강관의 용접접합의 현황을 조사하고 용접접합의 개선방안을 검토하기 위한 것으로 상수도관에 적용되는 도복장강관의 수동 및 자동용접에 대하여 기술적, 경제적, 시공성 측면을 비교, 분석하여 가장 효율적인 강관 용접접합의 적용방안을 제시하였다.

공정별 분석에서 자동용접 공법이 수동용접 공법과 비교해서 4배 가까이 빠른 공정기간을 단축할 수 있으며, 시공 및 경제적 측면의 분석에서는 상수도관로의 관경 700mm - 3,000mm의 현장 시공시 자동용접공법이 수동용접공법에 비해 순공사비 대비 평균 9% 절감되며, 용접 공정만 비교시에는 평균 13.5% 이상 절감될 것으로 판단된다.

특히, KS상 강관 진원도에 대한 허용치가 크며 대부분 겹치기 이음으로 되어있는 국내 현실에서 작업환경이 열악한 경우 진원확보를 위한 시간이 무한정 소요될 수 있어 실제적인 절감액은 더욱 차이를 보일 것으로 판단된다. 또한, 기술적 측면에서 시공시의 용접 공법별 강관의 겹 수치 및 시공 후 인장강도의 표준편차 시험에서도 자동용접 공법이 수동용접 공법에 비해 상당히 높은 수준의 신뢰성 있는 결과를 나타내었다. 따라서 국내의 대규모 강관의 시공시에 자동용접 공법의 적용은 시공 및 용접의 품질을 극대화 할 수 있는 공법으로 판단된다.

References

- [1] Whantae Kim, Progress Trends of FCAW/GMAW welding technology, KISTI Tech. News Brief, 2002.
- [2] Hyundai special steel pipe(Co), New Tech. Report on the Auto-piping and Welding of Steel pipe on Field, 2004.
- [3] RIST, Study on the development of Design/Construction Technology for harmonic and eco-friendly Lifeline inFuture City(2nd Report). 2008.
- [4] KSA, KS, KS D 3565, 1998.
- [5] KSA, KS, KS D 3607, 2001.
- [6] KOGAS Research/Development Institute, Study on the Manufacture and Inspection Sandard of Extrusion process 3 layer coating pipe Used Gas Steel Pipe, 2001.
- [7] KICT, Development of the integrated nondestructive diagnosis technique for the state diagnosis and evaluation of deteriorated service pipe in the building, 2001.
- [8] KICT, Study on the Characteristic Comparison with coating types of Coated Steel Pipe Used Water Supply, 2002.12.
- [9] KOWACO, Standard on Design and Construction, civil engineering construction Design standard(Section7 water and sewage), pp. 47-48, 2004.
- [10] PIPELINE RESEARCH CENTER(PRC), Technicle Report of Coated Material for Inhibiting Corrosion pipe.
- [11] Mainstream-Waterstatics, USA, 1999.
- [12] Corrosion Engineering, K. Masamura. 1999
- [13] Corporate Development Consultants(CDC) Ltd., 1999.

김 응 석(Eung Seok Kim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 고려대학교 토목환경공학 (수공학석사)
- 2002년 2월 : 고려대학교 토목환경공학 (수공학박사)
- 2002년 3월 ~ 2004년 2월 : 고려대학교 부설 방재과학연구소 터 선임연구원
- 2004년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 토목공학과 부교수

<관심분야>

수자원시스템, 상하수도 관망시스템

정 원 식(Won Sik Chung)

[정회원]



- 1994년 8월 : 경희대학교 환경학과 (환경학석사)
- 2001년 9월 : 서울시립대학교 환경공학과 (환경공학박사)
- 1994년 6월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 수석연구원

<관심분야>

상하수도관망시스템, 지하매설물진단평가

김 성 표(Sungpyo Kim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 고려대학교 토목공학과 (환경공학석사)
- 2005년 6월 : 뉴욕주립버팔로대학교 토목구조환경공학과 (토목환경공학박사)
- 2006년 11월 ~ 2009년 2월 : 컬럼비아대학 박사후연구원
- 2009년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 환경시스템공학과 조교수

<관심분야>

기후변화, 환경보건공학