

# 통발프레임 자동용접장비개발과 용접점에서 수작업과 자동작업의 전단강도 비교에 관한 연구

한창민\*, 이상찬\*.#

\*목포대학교 기계공학과

## Development of Automatic Welding Machine for Fish Trap Frame and Comparison of Shear Strength between Manual and Automatic Work at Welding Point

Chang-Min Han\*, Sang-Chan Lee\*.#

\*Mokpo University Mechanical Engineering

(Received 31 January 2017; received in revised form 20 March 2017; accepted 5 April 2017)

### ABSTRACT

The process of producing a fish trap frame is very complicated and manual, so it is expensive, the quality of the product is unstable, the quality is not guaranteed, the durability is weak, and it cannot be used for a long time. Therefore, we made a fish trap frame-making machine to reduce the manpower and costs and to make robust products. This machine cuts the wire of mild steel to a certain size and then makes the connecting parts into a trapezoid shape by spot welding. In this study, the weld point shear strength between manual and automatic operation was compared and analyzed.

**Key Words** : Fish Trap(통발), Spot Welding(점용접), Shear Strength(전단강도), T-test(t검정)

### 1. 서 론

우리나라 연근해 어업은 한중일 어업 협정에 따라 사용할 수 있는 도구와 방법에 대해 규제가 강화되어 환경오염과 어획량 감소로 인해 기존의 수산물 시장에서 경쟁력을 확보하기가 어려운 실정이다.<sup>[1]</sup>

이에 따라, 법적 제한에 적합한 어구를 사용하여 저비용으로 고효율의 형태의 체계를 갖추기 위해 다양한 변화가 일어나고 있다. 그중 Fig. 1과 같은 통발의 경우 용접을 통해 접합되는 용접 구조물로서 일반적으로 피로균열의 70% 이상이 용접 이음부에서 발생<sup>[2]</sup>되고 있어 보완이 필요하며, 생산과정 역시 매우 복잡하여 개선이 필요한 실정이다.

따라서, 통발제작 과정을 자동화하여 소요인력과 경비를 절감하여 보다 튼튼하며, 저렴한 생산 구조로 개선하여야 하는데 이를 위해 1차적으로 수작업으로 제작되고 있는 통발의 프레임을 자동화하여 제작하는 기계장치를 개발하였다. 해당 장치는 연

# Corresponding Author : sclee@mokpo.ac.kr

Tel: +82-61-450-2417



Fig. 1 Fish Trap

강 와이어를 끌어와 일정한 크기로 자른 뒤 각 연결부를 점 용접하여 연결시켜 사다리꼴 형태의 구조를 만든 뒤 이를 원형으로 말아 통발의 프레임 형태를 갖추게 하는 자동화 기계이다.

본 연구에서는 통발의 프레임을 자동용접장치로 제작하여 수작업으로 제작 한 통발 프레임과 각 용접점 전단강도를 시험하여 비교하여 그 결과를 분석하였다.

## 2. 통발프레임 자동 용접장치

기존의 통발프레임 제작 공정은 모두 수작업으로 CO<sub>2</sub> 인버터 용접기를 이용하였는데 많은 장점에도 불구하고 인버터의 제어 기술이 아직 미흡하고<sup>[3]</sup>, 용가제가 필요하다는 문제점을 안고 있다. 하지만 통발프레임 자동 용접장치의 경우 다양한 용접법 중 용도와 수월성을 고려하여<sup>[4]</sup> 용가제가 필요 없는 점 용접을 적용하였고, 공정 과정은 총 5단계로 이루어지는데 구성은 Fig. 2와 같다.

첫 번째, 롤러에 감겨 있는 연강와이어를 공급하는 선재 공급부.

두 번째, 선재에 접합할 연결부 자재를 공급하는 연결자재 공급부.

세 번째, 선재와 연결자재를 점용접을 통해 접합하는 접합부.

네 번째, 사다리꼴 형태로 제작 된 프레임을 일

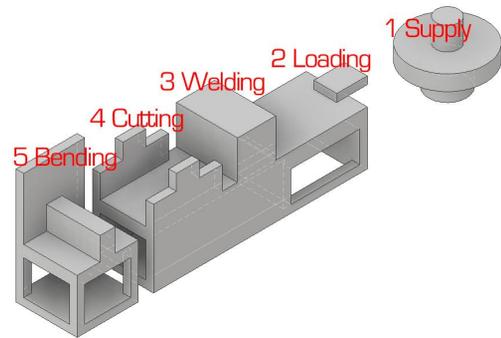


Fig. 2 Schematic diagram of Automatic welding machine



Fig. 3 Automatic welding machine

정한 크기로 절단하는 절단부.

마지막, 일정한 크기로 절단 된 사다리꼴 형태를 원형으로 말아 통발프레임의 형태를 갖추도록 하는 굽힘부로 이루어져 있다.

이런 모든 구성을 설계와 제작을 통해 Fig. 3과 같은 통발프레임 자동 용접장치를 개발하였다.

## 3. 시험

### 3.1 시험재료

시험 재료는 통발의 프레임으로 용접점 강도를 비교하기 위해 기계로 만든 제품 2개와 수작업으로 만든 제품 2개이다. 소재의 경우 연강선재 KSD 3554 로 인장강도가 380N/mm<sup>2</sup> 이며, 기계로 만든 제품의 경우 점 용접을 이용하여 접합하였으며 용접조건은 전류 18000A, 전압 10V이며 수작업의 경우 Co2 용접으로 접합하였으며 용접조건은 전류 1

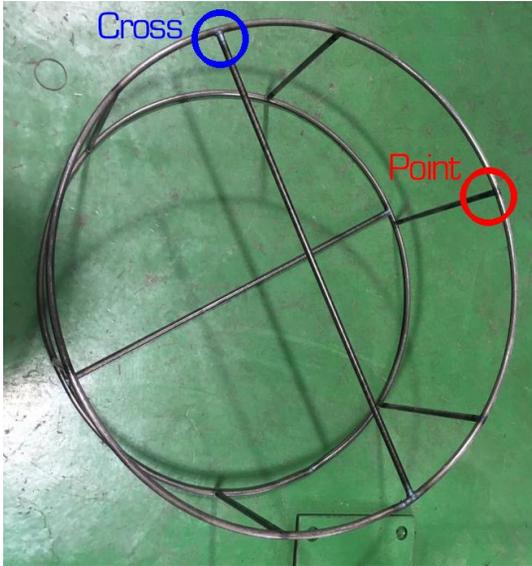


Fig. 4 Welding Point

Table 1 Number of specimens

Type	Position	Point
Welding Machine	Top Connection	6
	Bottom Connection	6
	Top Cross Connection	2
	Bottom Cross Connection	2
Hand Made	Top Connection	6
	Bottom Connection	6
	Top Cross Connection	2
	Bottom Cross Connection	2

20A, 전압 20V이다. 측정 부위의 경우 Fig. 4와 같이 각각 연결부 상단 6포인트, 하단 6포인트, 크로스 상단 2포인트, 하단 2포인트를 측정하였다. Table 1은 각 포인트에 대한 내용으로 각각 16포인트씩 총 32개이다.

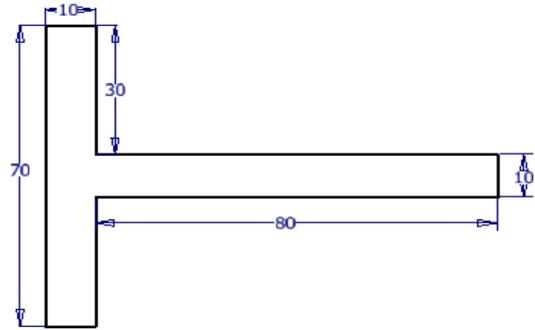


Fig. 5 Specimen shape and size (mm)

### 3.2 시험규격

검사방법의 경우 제품의 품질이 한국산업표준(KS) 수준 이상으로 보증될 수 있도록 한국산업표준에 규정된 적절한 검사방법을 적용해야 한다. 통발 프레임의 경우 용접철망 및 철근격자에 해당하여 KS D 7017<sup>[5]</sup>의 규격에 따라 품질검사를 진행해야 한다. 특히 결함을 파악하기 위해서는 용접점 전단강도 측정이 매우 중요하다.

용접점 전단강도를 측정하기 위해 시편의 형태와 크기는 Fig. 5와 같으며, 한국건설생활환경시험연구원의 전단강도 시험장치를 이용하여 측정을 실시하였다.

실험은 기계로 제작한 제품 2개와 수작업으로 제작한 제품 2개로 각각 16포인트씩 4개 제품으로 총 64회 진행하였다.

## 4. 결과 및 분석

### 4.1 시험결과

Table 3은 기계로 만든 제품 2개에 대한 전단강도 측정값이며, Table 4는 수작업으로 만든 제품 2개의 측정값을 정리한 것이다. 기계로 만든 제품의 경우 대부분 300 N/mm<sup>2</sup> 가 넘는 모습을 보여주고 있으며, 수작업으로 만든 제품의 경우 200 N/mm<sup>2</sup> 수준으로 비교적 낮은 전단강도 값을 가지고 있는 것으로 보인다.

**Table 3 Measurement results for welding machine**

No	Type	1 (N/mm <sup>2</sup> )	2 (N/mm <sup>2</sup> )
1	Welding Machine	368	364
2		278	294
3		322	350
4		376	318
5		333	323
6		305	344
7		281	310
8		315	382
9		350	284
10		308	382
11		351	376
12		384	327
13		369	343
14		307	391
15		368	287
16		334	320

**Table 4 Measurement results for handmade**

No	Type	1 (N/mm <sup>2</sup> )	2 (N/mm <sup>2</sup> )
1	Hand Made	150	238
2		290	237
3		231	222
4		272	324
5		268	155
6		236	231
7		278	202
8		328	253
9		90	284
10		310	198
11		239	169
12		251	265
13		190	142
14		263	305
15		213	235
16		222	179

**Table 4 Standard deviation by product**

No	Welding Machine 1 (N/mm <sup>2</sup> )	Welding Machine 2 (N/mm <sup>2</sup> )	Hand Made 1 (N/mm <sup>2</sup> )	Hand Made 2 (N/mm <sup>2</sup> )
Average	334.31	337.19	239.44	227.44
N	16	16	16	16
Standard Deviation	33.706	34.931	59.605	52.108

#### 4.2 제품별 표준편차

통발의 품질에 있어 프레임의 각 연결부 전단강도가 높을수록 좋으며, 그 값이 균일해야 생산품질에 신뢰를 더할 수 있다. 그리하여, 전단강도 측정값을 통해 집단별 표준편차를 구해본 결과 Table 4과 같이 기계로 제작할 시 표준편차 33.706 N/mm<sup>2</sup>와 34.931 N/mm<sup>2</sup>로 수작업의 59.605 N/mm<sup>2</sup>와 52.108 N/mm<sup>2</sup>에 비해 적은 편차를 보여주었다. 그리고 평균값 역시 기계를 제작한 제품이 각각 334.31 N/mm<sup>2</sup>와 337.19 N/mm<sup>2</sup>로 수작업으로 제작한 제품 239.44 N/mm<sup>2</sup>와 227.44 N/mm<sup>2</sup>에 비해 월등한 결과를 보여주었다.

#### 4.3 T검정을 통한 신뢰도

본 시험을 통해 측정된 결과 값이 신뢰할 수 있는 것인지 판단하기 위해 t검정을 실시하였다. t검정은 모집단의 분산이나 표준편차를 알지 못할 때 모집단을 대표하는 표본으로부터 추정된 분산이나 표준편차를 가지고 검정하는 방법으로 두 집단의 평균값의 차이가 없다는 귀무가설과 두 집단의 평균차이가 있다는 대립가설 중 하나를 선택하여 검정하는 통계적 방법이다.<sup>[6]</sup>

이것을 공식으로 나타내면 식 1과 같다.<sup>[7]</sup>

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)} \quad (1)$$

$\bar{X}_1$ 과  $\bar{X}_2$ 는 각각 집단1과 2의 평균이고,  $s(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$ 에서 s는 표준오차이며, 따라서 두 집단 평균 차이에 대한 표준오차를 나타낸다.  $\bar{X}$ 는 엑스바라고 읽는데, 이때 다시 식 2와 같이 표현할 수 있다.

$$s(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} \quad (2)$$

$n_1$ 과  $n_2$ 는 각 표본의 크기를 나타내는 것으로 이 공식에 따르면  $s(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$ 는 각 집단의 변화량, 즉 분산을 각 집단 크기로 나눈 후 합산한 값에 루트를 씌운 것으로 간략하게 이해할 수 있다. 따라서 표본크기가 커짐에 따라 표본 평균의 표본추출 분포는 정규 분포로 수렴한다는 중심극한정리를 고려한다면, 표준오차를 줄이기 위해선 분모인 각 집단의 크기를 크게 하면 좋다. 여기서 중요한 부분은 두 집단 내 변화량이다. t-검정의 핵심적인 작동 원리는 각 집단 내 구성원들의 속성이 각 집단의 중심적인 경향인 평균과 큰 차이를 보이지 않을 때, 즉 평균과 유사한 속성을 가질 경우, 두 집단 간에 객관 비교가 가능하다는 것이다. 이러한 방법을 통해 t검정통계량을 계산하여 두 표본평균 간의 차이가 귀무가설 하에 있을 확률, 즉 표본오차로 인해 차이가 발생할 확률을 계산한다. 만약 계산될 확률이 귀무가설을 기각하기로 설정한 유의수준 0.05이하라면 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하면 된다.

본 실험의 경우 이러한 t검정을 수행하기 위해 통계 예측분석 프로그램 IBM SPSS Statistics<sup>[8]</sup>를 이용하여 분석을 실시하였다. 자동작업과 수작업으로 만든 통발 프레임의 용접점 전단강도 측정 결과 값을 독립표본 t검정 메뉴를 이용하여 분석을 실시한 결과 Table 5, 6과 같은 결과 값을 얻을 수 있었다. Table 6에서 확인된 유의수준의 경우 0.059로 유의수준 0.05를 넘어서기 때문에 귀무가설을 선택하여 확인하여야 한다. 그 결과 유의확률 P(B)가 0.0으로 이는 통계적으로 유의미한 것으로 판단된다.

**Table 5 T-test Collective statistics**

	N	Average (N/mm <sup>2</sup> )	Standard Deviation (N/mm <sup>2</sup> )	Standard error of the means (N/mm <sup>2</sup> )
Welding Machine	32	335.75	33.797	5.975
Hand Made	32	233.44	55.408	9.795

**Table 6 Result of T-test**

	F	P	t	D	P(B)	MD	SE
Alternative hypothesis	3.709	.059	8.917	62	.0	102.313	11.473
Null hypothesis			8.917	51.263	.0	102.313	11.473

## 4. 결론

기계로 제작한 통발프레임과 수작업으로 만든 통발프레임의 전단강도를 시험하고 비교 분석하기 위하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기계로 만든 제품의 연결부 용접점 전단강도의 평균이 334.31 N/mm<sup>2</sup> 이상으로 수작업으로 만든 제품의 227.44 N/mm<sup>2</sup> 보다 높으므로 훨씬 튼튼한 제품으로 확인 되었다.
2. 기계로 만든 제품의 연결부 용접점 전단강도의 표준편차가 33.706 N/mm<sup>2</sup> 이상으로 수작업으로 만든 제품의 52.108 N/mm<sup>2</sup> 보다 낮으므로 생산 품질이 보다 우수한 것으로 보인다.
3. 마지막으로 t검정을 통해 신뢰도를 확인한 결과 유의수준 0.0으로 본 시험 측정값을 통해 얻은 결과 값이 유의미한 것으로 판단되었다.

## 후 기

이 논문은 2016년도 재단법인전남테크노파크의 지역수요맞춤형연구개발사업의 지원을 받아 작성되었습니다.

## REFERENCES

1. Kwon. I. Y., Song. H. Y., Han. J. S., "Comparison of fishing performance according to the shape of fish pot", Fishing Technology Institute Report, Vol. 5, No 1, pp. 18-23, 2012
2. Park, K. D., Shin, Y. J. and Lee, J. Y., "Effect of stress ratio on fatigue crack propagation processing of structural steel", J. of KSMPE, Vol. 5, No. 4, pp. 68, 2006.
3. Bae, J. I., "Development of the CO<sub>2</sub> inverter welding controller for compensation of voltage loss", J. of KSMPE, Vol. 4, No. 4, pp. 54, 2005.
4. Kim, J. D., Kim, K. H., Yoon, M. C., "Decision-making method of priority welding process", J. of KSMPE, Vol. 15, No. 5, pp. 49-47, 2016.
5. "KS D 7017,"(2015) <http://www.kssn.net/>(accessed 10, Mar., 2017)
6. Park, Y. G., "Statistical series, 3: t-test and Wilcoxon test", J. of KAFM, Vol. 231, No. 1, pp. 850~852, 2000.
7. Ryu, S. J., Communication statistics method, Communicationbooks Publication, pp. 80-83, 2013.
8. Nam, G. S., How is statistical analysis using SPSS 21?, Freeacademy Publication, pp. 2, 2014.