

외관검사를 통한 한국형 철근자동가스압접기의 압접성능 연구

A study on the welding performance of korean automatic gas pressure welding machine by external appearance investigation

서 덕 석*

Seo, Deok-Seok

Abstract

This study is focused on the welding performance of automatic gas pressure welding machine adapted to korean construction site by external appearance investigation

As gas pressure welding is more economical and has good performances compared with other steel bar jointing methods, as arc welding and mechanical joint etc, in Japan, the gas pressure welding is one of the typical connection of steel reinforcement when connecting the D29 and thicker steel bars,

But in Korea, gas pressure welding joint method is not widely used caused by the shortage of skilled workers, so to activate the gas pressure welding in Korea, the automatic gas pressure welding machine is developed

In this study, the welding performances of gas pressure welding joint samples using korean automatic gas pressure welding machine are measured by external appearance investigation - blown diameters, blown length, welding face disagreement, central axis eccentric ratio, bending, sag and crack.

The results of welding performances on the gas pressure welding joint samples show that samples are satisfied with the standard value regulated in KS D 0244 and JIS Z 3120.

키워드 : 가스압접, 자동 가스압접기, 외관조사

Keywords : gas pressure welding, automatic gas pressure welding machine, external appearance investigation

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내에서 타워펠리스, 하이페리온 등의 초고층 주상복합 건물로 대변되는 초대형, 초고층 건축물이 건설된지 벌써 10년 이상의 세월이 경과하였다. 이러한 초대형, 초고층 건물의 건설에는 고강도 콘크리트와 고강도 철근의 사용이 필수적이며, 특히 철근에 있어서는 고강도의 대구경 철근 사용이 필수불가결한 선택이 되고 있다.

철근공사의 경우 철근배근 방법, 배근 상태, 배근량 등이 구조물의 안전성과 시공성, 그리고 경제성에 큰 영향을 미치고 있으나, 철근은 KS D 3504(철근콘크리트용 봉강)에 명시된 것과 같이 일정 길이로만 공장 생산이 되므로 철근배근공사를 수행시에는 불가피하게 철근의 이음이 발생하게 된다. 특히 초고층 주상복합 건물과 같은 대형화·초고층화 하는 건축물의 경우에는 철근이음의 양부가 철근 콘크리트 구조물의 구조적 안정성 및 시공성에 커다란 영향을 주는바, 철근의 합리적 이음방법 채택을 통하여 공사의 구조적 안전성, 시공성

및 경제성을 높이고자 하는 노력을 경주할 필요성이 있다.

특히 현재와 같은 철근의 단가상승은 건설현장에서의 철근 자재의 절약필요성을 점증시키고 있고, 교토의정서에 근거하여 이산화탄소의 의무적 감축이 필요한 현시점에서 제품생산에 많은 에너지를 소모하는 이산화탄소 다배출 자재인 철근의 사용을 가능한 줄여야 하는 시대적인 요구 또한 높아지고 있다.

현재 국내에서 사용되고 있는 D29 이상의 대구경 철근 이음방법으로는 가스압접, 아크용접, 기계식 이음이 있다. 이중 가스압접은 아크용접, 접침이음에서 나타나는 철근의 손실이 거의 없으며, 기계식 이음에서 발생할 수 있는 이음성능의 저하가 발생하지 않는 우수한 이음방법으로, 일본에서는 대구경 철근의 대표적인 철근이음 공법으로 자리매김하고 있다. 그러나 국내의 경우 가스압접작업에 필요한 숙련된 기능 인력이 절대적으로 부족하여 신속한 공사진행을 요구하는 건설업체의 속성상 현장에서의 가스압접 적용이 활성화 되어 있지 않은 실정이다.

이와 같은 현실을 개선하기 위해서는 우선적으로 숙련된 기능공이 다수 필요하나 숙련공의 양성에 많은 시일이 필요한 것을 고려할 때 부족현상은 단시일내에 해결하기 어려운 상황이다.(서덕석외, 2005)

* 한라대학교 건축학과 교수, 공학박사

이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구자는 일본에서 개발되었으나, 국내적용에 실패한 일본산 철근자동가스압접기의 국내 건설현장 도입상의 문제점을 요소 기기별로 파악, 분석하여 국내 현장에 적합한 한국형 철근 자동 가스 압접기를 개발하였다.

그러나 개발된 한국형 자동 가스 압접기를 국내현장에 적용하기 위해서는 개발된 자동가스압접기로 압접한 압접부위가 KS에서 요구하고 있는 각종 성능들을 만족시켜야 하므로, 본 연구에서는 한국형 철근자동가스압접기로 압접한 시험편들을 대상으로 외관검사를 수행하고 그 결과를 분석하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 개발한 한국형 철근 자동가스압접기를 사용한 가스압접이음부의 시험편을 대상으로 외관검사를 수행하였다.

외관검사는 측정기기를 이용하여 압접된 철근의 외관형상을 계측하는 검사방법으로, 규정에 의거하여 전수검사 하였다.

외관검사는 육안으로 압접부의 부풀음 형상, 치수, 압접면의 엇갈림, 중심축의 편심량, 휨, 가열에 의한 균열, 처짐, 기타 유해하다고 인정되는 결함을 대상으로 측정하였으며, 측정 방법은 국립건설시험소가 1998. 12.에 발간한 철근가스압접이음부의 구조성능에 관한 실험적 연구에서 적용한 방법을 이용하여 측정하였다.(국립건설시험소, 1998)



그림 1. 외관검사 시험편

또한 외관검사의 결과는 국내의 경우 KS D 0244 와 일본의 JIS Z 3120에 규정된 기준에 따라 그 결과를 비교하였다.

본 연구에서는 현재 현장에서 주로 사용되는 강도 SD 40 철근을 대상으로 국내 철근사용량의 약 2/3을 차지하고 있는 철근생산업체인 A사와 B사가 생산한 철근 콘크리트용 봉강 중 철근규격 D25, D29, D32 철근의 사용하여 압접시험편을 제작하였다.

제작된 가스압접 시험편은 A, B사의 공히 동일직경을 압접한 경우(D25+D25, D29+D29, D32+D32)와 직경이 다른

경우를 압접한 경우(D25+D29, D29+D32, D25+D32)로 나누어 각각의 경우 5개의 시험시편을 제작, 총 120개의 시험편을 대상으로 외관검사를 실시하였다.

표 1. 외관검사 시험편의 개요

제조사	직경	시편수	제조사	직경	시편수
A사	D25+D25	5	B사	D25+D25	5
	D29+D29	5		D29+D29	5
	D32+D32	5		D32+D32	5
	D25+D29	5		D25+D29	5
	D29+D32	5		D29+D32	5
	D25+D32	5		D25+D32	5
	D25+D25	5		D25+D25	5
	D29+D29	5		D29+D29	5
	D32+D32	5		D32+D32	5
	D25+D29	5		D25+D29	5
D29+D32	5	D29+D32	5		
소계	60	소계	60		

2. 압접부의 돌출지름 및 돌출길이

2.1 압접부의 돌출지름

압접부의 돌출지름은 건축공사 표준시방서에는 철근지름(지름이 다른 경우에는 가는 쪽의 철근지름을 말한다.)의 1.4 배 이상으로 규정되어 있고, KS D 0244에는 철근의 1.4배 이상, 일본의 JIS Z 3120에는 철근 지름의 1.4배 이상으로 모두 동일하게 규정되어 있다.

돌출지름의 부족은 주로 압접시공시 가압면의 간극이 너무 크거나 가압력이 부족한 경우 많이 발생하며, 이 이외에 압접의 수축에 의한 철근이동의 불충분, 펌프와 버너의 부조화, 가스압 또는 가스 토출량의 부족, 가열 또는 가압이 너무 조기에 시작된 경우에 발생하며, 돌출지름이 부족할 경우 구조 성능이 떨어지게 되므로 압접작업시 주의해야 한다.

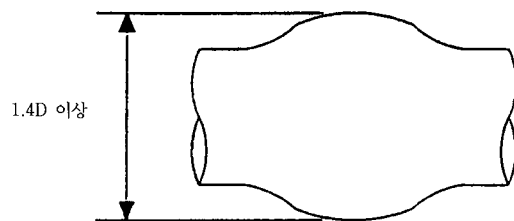


그림 2. 돌출지름

압접면의 돌출지름 조사는 버니어 캘리퍼스를 사용하여 부품의 중앙에서 3방향 측정을 하여, 측정된 지름의 평균값으로 하였다.

한국형 철근 자동 가스 압접기를 사용하여 만든 시험편의

돌출지름은 A사는 평균이 지름의 1.64배로 조사되었고, 최대 2.00배에서 최소 1.41배이며, 표준편차는 0.16으로 나타났다.

B사의 경우 시험편의 돌출지름 평균은 철근지름의 1.67배인 것으로 분석되었고, 최대 돌출지름은 2.04배, 최소 돌출지름은 1.43배이며, 표준편차는 0.12인 것으로 조사되었다.

표 2. 압접면 돌출지름의 측정결과

제조회사	구분	평균(d)	최대(d)	최소(d)	표준편차
A 사	SD40 (60개)	1.64	2.00	1.41	0.16
B 사	SD40 (60개)	1.67	2.04	1.43	0.12

위와 같은 측정결과를 분석해 보면 한국형 철근 자동가스 압접기를 사용한 압접시공은 돌출지름의 경우 KSD 및 JISZ의 규정을 모두 만족시키고 있는 것으로 분석되었다.

2.2 압접부의 돌출길이

압접부의 돌출길이는 건축공사 표준 시방서의 경우 철근 지름의 1.2배 이상으로 규정되어 있으나 한국산업규격에는 규정이 없는 실정이며, 일본의 경우 JIS Z 3120에는 철근 지름의 1.1배 이상으로 규정되어 있다.

돌출길이가 부족하게 되는 이유는 가열시간의 부족, 길이부분 철근의 가열부족, 가압력의 과대 등이 원인이며, 기준이상의 돌출길이를 가지지 않으면 철근단면의 급변에 의하여 응력 집중 현상이 발생하여 이음부의 성능에 악영향이 나타나게 된다.

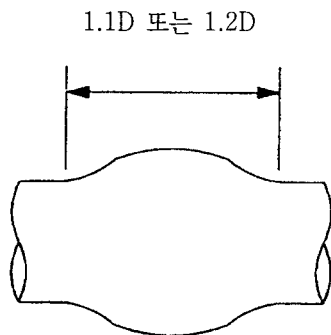


그림 3. 돌출길이

개발된 철근 자동가스압접기를 사용하여 만든 시험편의 돌출길이는 A사의 경우 평균이 지름의 1.53배로 조사되었고, 최대 2.05배에서 최소 1.12배이며, 표준편차는 0.21으로 나타났다.

B사의 경우 시험편의 돌출길이 평균은 철근지름의 1.59배인 것으로 분석되었고, 최대 부푼지름은 1.97배, 최소 돌출지름은 1.33배이며, 표준편차는 0.14인 것으로 조사되었다.

위와 같은 조사결과는 돌출지름의 경우 KS D 0244 및 JIS Z 3120의 규정은 모두 만족시키고 있으며, 가장 높은 수준을 요구하고 있는 건축공사 표준시방서의 경우에도 전체 시험편 120개중 98.33%인 118개가 규정을 만족하고, 건축공사 표준시방서의 규정에 미달되는 시험편은 단 2개에 불과한 바, 개발한 한국형 철근 자동가스압접기의 성능이 우수한 것으로 나타났다.

표 3. 압접면 돌출길이의 측정결과

제조회사	구분	평균(d)	최대(d)	최소(d)	표준편차
A 사	SD40 (60개)	1.53	2.05	1.12	0.21
B 사	SD40 (60개)	1.59	1.97	1.33	0.14

3. 압접면의 엇갈림 및 편심

3.1 압접부의 엇갈림

압접면의 엇갈림이란 그림 4와 같이 압접면이 부풀어 오른 중앙면 부분에서 어긋나 있는 것을 말하며, 압접면의 엇갈림에 대한 규정은 건축공사 표준시방서, JIS Z 3120 모두 공히 철근 지름의 25%, 즉 1/4 이하로 규정하고 있다.

압접면의 엇갈림은 가열위치가 맞담 위치에서 어긋나게 압접된 것이 원인이며, 압접작업장소의 조명이 좋지 않거나 눈의 위치보다 높은 곳에서 작업할 경우 발생가능성이 높다.

압접면의 엇갈림이 클 경우 flat파단면이 증가하고, 인장강도가 모재의 강도보다 현저하게 저하되는 경우가 발생하므로, 가스 압접시 압접면의 어긋남은 철근 지름의 1/4 이하가 되도록 시공되어야 한다.

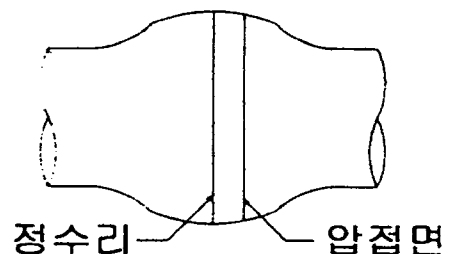


그림 4. 압접면 엇갈림

한국형 철근 자동 가스 압접기를 사용하여 만든 시험편의 압접면 엇갈림은 A사의 경우 평균이 지름의 0.01배로 조사되었고, 최대 0.07배에서 최소 0.00배이며, 표준편차는 0.02으로 나타났다.

B사의 경우 SD 40철근을 사용한 시험편의 압접면 엇갈림

평균은 철근지름의 0.01배 인 것으로 분석되었고, 최대 엇갈림은 0.12배, 최소 엇갈림은 0.00배이며, 표준편차는 0.02인 것으로 조사되었다.

표 4. 압접면 엇갈림 측정결과

제조회사	구분	평균(d)	최대(d)	최소(d)	표준편차
A 사	SD40 (60개)	0.01	0.07	0.00	0.02
B 사	SD40 (60개)	0.01	0.12	0.00	0.02

위와 같은 측정결과는 압접면의 엇갈림에 관한 건축공사 표준시방서 및 JIS Z 3120의 규정을 A, B사의 시험편 공히 모두 만족시키고 있을 보여 주고 있다

3.2 압접부의 중심축 편심

철근 압접부에서의 중심축 편심은 그림 5와 같이 압접하는 철근의 중심축이 서로 일치되지 않게 물린 경우를 말하며, 국내의 KS D 0244, 건축공사 표준시방서, 일본의 JIS Z 3120 공히 철근지름의 1/5이하 즉 0.2d로 규정하고 있다.

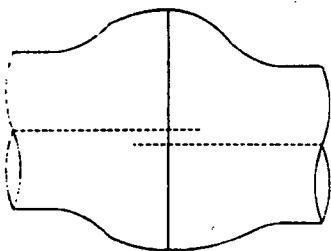


그림 5. 중심축 편심

이와 같은 편심의 발생은 압접기계의 중심축이 많지 않아 발생하는 압접기의 불량, 압접기 클램프 부분의 불량, 철근이 축의 중심에 대하여 심하게 기울어져 있었거나 압접면의 간극에 큰 경우에 발생하기 쉽다. 이외에 압접기계의 조임 또는 압접기의 고정이 불완전한 경우 및 철근 단면의 표면처리가 미숙한 경우에도 발생한다.

한국형 철근 자동가스압접기를 사용하여 만든 시험편의 중심축 편심은 A사는 SD 40의 경우 평균이 지름의 0.02배로 조사되었고, 최대 0.12배에서 최소 0.00배이며, 표준편차는 0.03으로 나타났다.

B사의 경우 SD 40철근을 사용한 시험편의 중심축 편심 평균은 철근지름의 0.01배 인 것으로 분석되었고, 최대 편심은 0.08배, 최소 편심은 0.00배이며, 표준편차는 0.02인 것으로 조사되었다.

표 5. 압접면 중심축 편심 측정결과

제조회사	구분	평균(d)	최대(d)	최소(d)	표준편차
A 사	SD40 (60개)	0.02	0.12	0.00	0.03
B 사	SD40 (60개)	0.01	0.08	0.00	0.02

이와 같은 측정결과를 분석해 보면 한국형 철근 자동 가스 압접기를 사용하여 압접시공한 시험편은 KS D 0244 및 건축공사 표준시방서, JIS Z 3120의 규정을 모두 만족시키고 있는 것으로 나타났다.

4. 휨, 가열균열 및 처짐

4.1 압접부의 휨

철근 가스압접부의 휨이란 다음 그림에서와 같이 철근의 중심축이 휘어진 경우를 말하며, 휨에 대한 규정으로는 KS D 0244와 건축공사 표준시방서에는 단순히 굽음이 없어야 한다고 되어 있으나, 일본의 JIS Z 3120에서는 휨각도를 3.5° 이하로 규정하고 있다.

만일 압접부에 휨이 발생하면 응력전달상 많은 문제점이 발생되므로 가능한한 철근 압접부에 휨이 발생되지 않도록 해야 한다.

휨이 발생하는 주요원인은 압접후 너무 이른시기에 압접기를 제거하기 때문에 적열상태에서 압접기를 제거할 경우 접합면 고체의 재결정과 재배열이 완전히 끝나지 않아 휨이 발생한다.

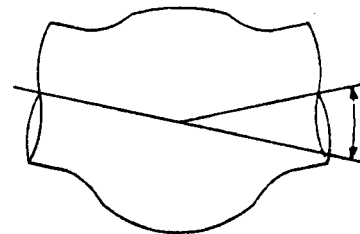


그림 6. 휨 측정방법

시험편의 휨은 A사는 SD 40의 경우 평균이 0.80°로 조사되었고, 최대 3.20°에서 최소 0°이며, 표준편차는 1.07으로 나타났다.

B사의 경우 SD 40철근을 사용한 시험편의 휨평균은 0.50° 인 것으로 분석되었고, 최대 휨각도는 3.00°, 최소 휨각도는 0°이며, 표준편차는 0.76인 것으로 조사되었다.

표 6. 휨 측정결과

제조회사	구분	평균(d)	최대(d)	최소(d)	표준편차
A 사	SD40 (60개)	0.80	3.20	0.00	1.07
B 사	SD40 (60개)	0.50	3.00	0.00	0.76

위와 같은 조사결과를 분석해보면 한국형 철근 자동 가스 압접기를 사용하여 압접 시공한 시험편은 국내외의 제반규정을 모두 만족시키고 있는 것으로 분석되었다.

4.2 압접부의 가열균열

철근 가스압접부의 가열균열은 그림 7과 같이 압접면에 균열이 발생한 것을 말한다.

이와 같은 가열균열은 국내의 건축공사 표준시방서나 KS D 0244, 일본 JIS Z 3120에는 특별한 규정은 없으며, 단지 유해하다고 인정된 결함이 포함된 지나친 균열이 없어야 한다고 규정되어 있다.

이러한 가열 균열은 일반적으로 직경이 큰 철근에서 많이 발생하는데, 이는 버너의 화구와 가열시간의 증가가 균열의 원인이 되기 때문이다. 국내외 규정에서는 압접부 표면균열의 원인을 고려하여 가열에 의한 균열을 어느 정도 인정하고 있으나, 중심축 직각방향 균열은 구조내력상의 문제를 발생시키는 것으로 판단되므로 이러한 균열이 발생할 경우 구조적 성능실험을 수행하여야 한다.

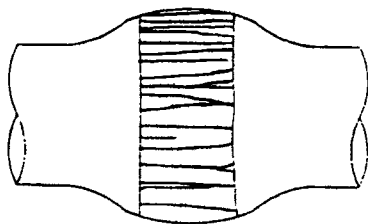


그림 7. 가열 균열

시험편의 가열 균열의 경우 A사는 SD 40의 철근에서 총 60개의 시험편중 28개의 시험편에서 가열균열이 발생하여 46.87%의 가열균열이 관측되었다.

표 7. 가열균열 관측 비율

제조회사	구분	균열관측	비율(%)
A 사	SD40 (60개)	28	46.87
B 사	SD40 (60개)	7	11.67

B사의 경우 SD 40철근을 사용한 총 60개의 시험편중 7개의 시험편에서 가열균열이 관측되어 가열균열 발생비율이

11.67%이었으나 A, B사 공히 중심축 직각방향의 균열은 관측되지 않았다.

이와 같이 가열균열이 다른 검사항목에 비하여 발생비율이 높은 이유는 일본에서와는 달리 국내에서 생산되는 철근은 거의 재생철근으로 탄소함유량이 높아 균열이 많이 발생하는 것으로 사료된다.

그러나 특히 B사에 비하여 A사 제품을 사용한 압접시험편의 경우 균열발생이 상대적으로 높은 것으로 나타난 이유의 정확한 원인을 알아내기 위해서는 압접시험편의 화학적 성분 분석 및 조직검사와 같은 심도있는 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

4.3 압접부의 처짐

처짐이란 그림 8과 같이 압접면에서 용융금속이 한방향으로 돌출되는 현상을 말한다.

압접부의 처짐에 대해서는 건축공사 표준시방서, KS D 0244, JIS Z 3120 공히 특별한 규정은 없으며, 단지 기타 유해하다고 인정된 결함에 포함되어 지나친 처짐이 없어야 한다고 규정하고 있다.

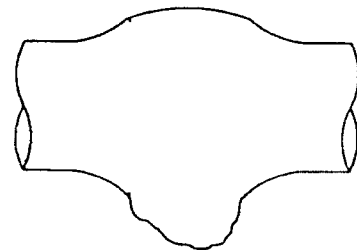


그림 8. 처짐

처짐의 원인으로는 압접부의 불균일한 가열과 화염불꽃의 조절불량, 가열시간 과다, 버너조작불량 등의 부적절한 압접 작업에 기인한다.

처짐의 경우 A사는 SD 40의 총 60개의 시험편중 2개의 시험편에서 처짐이 발생하여 3.33%의 처짐이 관측되었고, B사의 경우 또한 SD 40철근을 사용한 총 60개의 시험편중 처짐이 발생한 시험편은 전무하였다.

표 8. 처짐 관측 비율

제조회사	구분	처짐관측	비율(%)
A 사	SD40 (60개)	2	3.33%
B 사	SD40 (60개)	0	0

이와 같은 측정결과를 분석하면 한국형 철근 자동 가스압 접기를 사용하여 압접한 총 120개의 시험편의 98%이상에서

처짐이 발생하지 않았는바, 처짐에 대한 우려는 거의 없는 것으로 판단된다.

그러나 A사 제품을 사용하여 가스압접을 한 시험편의 경우 가열균열의 관측비율이 B사 제품을 사용한 경우에 비하여 높으며 처짐 또한 비록 높은 비율은 아니나 발생하고 있다는 것은 두 회사에서 생산되는 철근의 화학적 성분에 차이가 있을 수 있다는 것을 암시하고 있는바, 추후 이에 대한 보다 심도 있는 연구가 필요하다.

5. 결 론

본 연구는 초대형, 초고층 건축물이 지속적으로 건설되고 있는 현실에서 불가피하게 사용하게 되는 대구경 철근의 이음 방법으로 경제성과 이음성능이 우수한 철근 가스 압접 공법을 활성화하고자 개발한 한국형 철근 자동 가스 압접기의 압접성능을 분석한 연구이다.

이를 위하여 본 연구에서는 개발된 한국형 철근 자동가스 압접기를 사용하여 압접 시험편을 제작하고, 외관검사를 통하여 제작된 시험편의 압접성능을 평가하였다.

외관검사는 측정기기를 이용하여 압접된 철근의 외관형상을 계측하는 검사방법으로, 압접부의 돌출 지름, 돌출 길이, 압접면의 엇갈림, 중심축의 편심량, 휨, 가열에 의한 균열, 처짐 등을 KS D 0244 와 JIS Z 3120에 규정된 기준에 의거하여 전수검사를 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 압접부의 돌출 지름의 경우 A사는 평균이 지름의 1.64배, 최소 1.41배로 조사되었고, B사는 돌출 지름 평균이 철근지름의 1.67배, 최4 1.43배 인 것으로 분석되어 A, B사 공히 KSD 및 JISZ의 규정을 모두 만족시키고 있는 것으로 분석되었다
- 2) 압접부의 돌출 길이의 경우에는 A사는 평균이 지름의 1.53배, 최소 1.12배, B사는 시험편의 돌출 지름 평균이 철근지름의 1.59배, 최소 1.33배 인 것으로 분석되어 KS D 0244 및 JIS Z 3120의 규정은 모두 만족시키고 있으며, 건축공사 표준시방서의 경우에도 전체 시험편 120개중 98.33%인 118개가 규정을 만족하고 있고, 건축공사 표준시방서의 규정에 미달되는 시험편은 단 2개에 불과하였다.
- 3) 압접면의 엇갈림에 있어서는 A사, B사 공히 평균이 지름의 0.01배로 조사되었고 최대는 각각 0.07, 0.12배로 건축공사 표준시방서 및 JIS Z 3120의 규정을 모두 만족시키고 있는 것으로 나타났다
- 4) 중심축의 편심의 경우 A사는 편심 평균이 지름의 0.02

배, 최대 0.12배로 조사되었고, B사는 편심 평균이 철근지름의 0.01배, 최대 0.08배인 것으로 조사되었다. 이와 같은 측정결과는 돌출 지름, 돌출 길이와 동일하게 KS D 0244 및 건축공사 표준시방서, JIS Z 3120의 규정을 모두 만족시키고 있는 것으로 분석되었다.

- 5) 휨에 있어서 또한 A사의 경우 평균 0.80°, 최대 3.20°로 조사되었고, B사의 경우 평균 0.50°, 최대 3.00°로 측정되어 JIS Z 3120에서 규정하고 있는 휨각도인 3.5° 이하를 만족시키는 것으로 분석되었다.
- 6) 가열균열의 경우에는 A사의 경우 46.87%의 균열발생이 관측되었고 B사의 경우 11.67%의 균열이 관측되었다. 다른 항목과 달리 균열의 발생이 많은 원인에 대해서는 재생철을 사용하는 국내철근의 특성에 기인한다고 예상되나, 보다 정확한 발생원인을 확인하기 위해서는 압접시편의 화학성분 분석 및 조직 검사 등의 추후 연구가 필요할 것으로 판단된다.
- 7) 처짐이 경우 A사는 3.3%인 2개의 시편에서 처짐이 관측되었고, B사에서는 관측되지 않았다. 이를 종합하면 압접한 총 120개 시험편의 98%이상에서 처짐이 발생하지 않은 것이므로, 처짐에 대한 우려는 거의 없는 것으로 판단된다.

본 연구는 개발한 한국형 철근 자동 가스 압접기를 사용하여 제작한 시험편에 대한 외관검사 결과를 분석한 연구로 향후에는 압접시험편의 인장성능에 대한 실험과 압접시험편의 화학성분 및 조직에 대한 후속연구를 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

1. 건축기술정보(월간), 통권 제41호 1992. 3.
 2. 국립건설시험소, 철근가스압접이음부의 구조성능에 관한 실험적 연구, 1998.12
 3. 대한건축학회, 건설부 재정 건축공사표준시방서, 야정문화사, 1994.
 4. 서덕석 외 3인, 철근 가스압접공법 활성화를 위한 한국형 철근 자동 가스 압접기 기술개발 방향, 한국건축시공학회 논문집, 제 5권 3호, 2005.9
 5. 윤영호 외 3인, 이형철근 가스압접이음의 역학적 특성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 발표논문집, 제15권 제2호 1995. 10.
 6. 주택연구소, 철근 가스압접이음의 품질향상을 위한 기능평가 및 공법설명회 발표집, 대한주택공사 주택연구소, 1997.5
 7. 한국가스압접연구소, 철근가스압접 시공 실무, 기문당, 1987. 5
 8. 勝本盛久, 勝盛紀明, 中翔忠男, 失部喜堂, 円周切欠きを有する鉄筋コンクリト用棒鋼の低温下における脆性破壊發生特性に關する實驗的研究, 日本建築學會論文報告集, 第334 1983. 12.
 9. 日本建築學會, 建築工事標準仕様書・同解説 - JASS 5 鉄筋コンクリト工事, 1991
- (접수 2008. 10. 26, 심사 2008. 11. 24, 게재확정 2008. 12. 1)