

## サーモグラフィー法を適用した鉄筋のガス圧接継手の品質検査

中央工学校 正会員 金光 寿一  
 日本大学 正会員 柳内 睦人  
 日本大学 学生会員 江藤 亮

## 1. はじめに

阪神淡路大震災では、耐震性能の低下に大きな影響を及ぼすことになる鉄筋・鉄骨の溶接不良箇所の存在が明らかになった。我が国では、経済性や信頼性及び能率面からガス圧接法が広く採用されて施工実績では全継手量の約90%程度を占めている。そのガス圧接部の検査では、外観検査が全数検査で、超音波探傷検査が抜取検査となっている。しかし、いずれの検査手法も溶接後の検査であり、万一欠陥が検出されても再圧接などの対処が遅くなり、過密配筋などでは再圧接が困難になる場合がある。そこで、本研究では、ガス圧接時の高温環境下における温度測定に非破壊検査手法の一つであるサーモグラフィー法を鉄筋のガス圧接継手の品質検査に適用を試みるものである。手動圧接継手の不良は鉄筋品質よりも圧接施工条件、特にオペレータが行う加熱初期の還元炎の還元性の強弱など温度管理が大きく影響する。

## 2. 実験概要

## (1) 試験片及びガス圧接装置

測定の対象とした鉄筋は、種類SD345のD25及びD32である。ガス圧接装置は、電動油圧ポンプ(型式:HG-R4,最高圧力:700kgf/cm<sup>2</sup>)、ラムシリンダー(型式:TS-R)、圧接器(型式:32-S,施工範囲:D19~D32)、吹管(型式:B-1,ガス放出量:3,750l/h)、リングバーナー(型式:D25,火口数:8口,型式:D32,火口数:12口)で構成され、ガス圧接作業は、オペレータが手動式で行うものである(写真-1参照)。表-1に実施したガス圧接の諸条件を示す。圧接温度の条件は還元炎及び中性炎の時間を変えて行い、また、加圧量は規定の30MPa以上となるようにD25は14.7kN及びD32は24.0kN以上とした。



写真-1 ガス圧接状況

表-1 実験条件

試験片 No.	呼び名と組合せ	溶接条件(sec)		合計時間 (sec)	加圧量 (kN)
		還元炎	中性炎		
1	D25 + D25	58	16	74	19.9
2		40	5	45	19.9
3		34	0	34	19.9
4		42	33	75	19.9
5		37	0	37	19.9
6		25	0	25	25.2
7		41	39	80	15.2
8		39	10	49	15.2
9		32	0	32	15.2
10	D32 + D32	52	55	107	31.1
11		54	25	79	31.1
12		65	0	65	31.1
13		59	59	118	37.5
14		53	10	63	37.5
15		49	3	52	37.5
16		54	46	100	25.2
17		58	5	63	25.2
18		57	0	57	25.2

## (2) 赤外線カメラによる溶接温度の測定

サーモグラフィー法による溶接温度の測定は、鉄筋支持器に固定及び移動クランプに鉄筋をセットし、両鉄筋間をリングバーナーで加熱している状況を赤外線カメラで連続的に時系列な熱画像の撮込みを行った。なお、赤外線カメラ〔2次元非冷却マイクロボロメータ型、波長領域8.0~14.0μm、感度0.08(at30)〕による温度測定は、鉄筋と赤外線カメラとの距離が85cmを保持して行った。特に、赤外線カメラにはガス圧接時の温度が高温域であるために、この温度領域に対応した高温専用フィルター(測定温度範囲:400~2,000)を装着している。

## 3. 実験結果

## (1) 赤外線カメラで得られた熱画像

写真-2は、試験片No.1で得られた熱画像である。ガス圧接開始30秒後及び加熱停止直後の熱画像では、赤外線カメラへの高温専用フィルターの装着によってリングバーナーで加熱されている状況を視覚的に確認

キーワード: サーモグラフィー法, 鉄筋のガス圧接, 品質検査, 温度管理

連絡先: 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学土木工学科 TEL047-474-2441 E-mail: yanai@cit.nihon-u.ac.jp

することができる。溶接中の圧接部の温度は、加熱停止直後で 1,004 ，30 秒後で 835 であった。

(2)品質検査

表-2 は実験結果一覧で各判定基準を満たしていない試験片は色つきで示してある。図-1 は熱画像から得られた種々の還元炎及び中性炎での加熱停止直後の圧接部温度である。加熱時間に伴って温度が上昇し、ほぼ 80 秒程度で安定している。図-2 及び図-3 は、その加熱温度と実測したふくらみ部の長さ及び直径の関係である。規定される長さは直径の 1.1 倍以上であるが、D25 及び D32 共に還元炎のみは規定値以下であり、規定を満足するためには加熱停止直後の圧接部温度は 1,000 以上が必要であることが分かる。しかし、No.8 と No.11 は 1,000 以上にも拘わらず規定値以下であり、規定値を満足するためには D25 では還元炎と中性炎の加熱時間が No.1 の 74 秒程度、D32

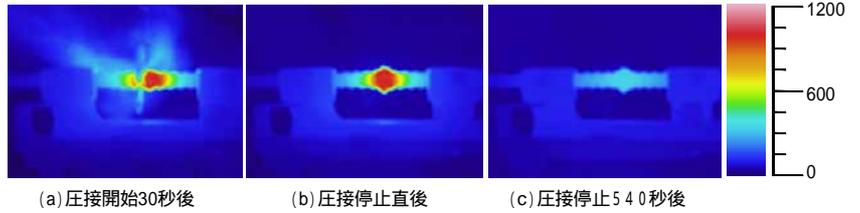


写真-2 ガス圧接の熱画像(No.1 試験片)

表-2 実験結果一覧

試験片 No.	画像温度( )		ふくらみ部(mm)		強度試験(N/mm <sup>2</sup> )			画像からの直径(mm)	超音波判定
	0分後	1分後	長さ	直径	降伏	引張強度	伸び(%)		
1	1004	726	31.27	40.52	369	549	16	40	合格
2	950	632	21.53	32.32	435	627	17	35	合格
3	884	589	22.77	30.37	373	528	8(破断)	30	合格
4	1015	725	32.41	47.62	367	546	13	48	合格
5	926	625	22.76	34.08	367	547	15	35	合格
6	754	424	4.87	26.83	-	290	2(破断)	25	不合格
7	1047	775	36.17	44.49	374	553	21	48	合格
8	1014	662	26.67	31.79	369	546	12	33	合格
9	904	581	19.62	28.83	371	491	7(破断)	30	合格
10	1069	822	42.79	54.01	379	556	13	53	合格
11	1043	733	32.66	43.18	375	558	16	43	合格
12	964	717	30.96	42.22	371	494	5(破断)	45	合格
13	1038	817	43.99	56.37	373	554	14	53	合格
14	982	690	30.54	43.27	378	557	18	40	合格
15	971	660	30.70	41.34	375	554	19	43	合格
16	1008	793	40.32	51.99	374	561	12	56	合格
17	965	687	32.00	39.12	372	557	18	43	合格
18	959	633	17.39	34.17	376	485	5(破断)	37	合格
判定基準	D25		27.5以上	35以上	345 ~ 440	490以上	18以上	35以上	54dB
	D32		35.2以上	44.8以上			20以上	44.8以上	56dB

ではNo.16の100秒程度が目安となる。また、ふくらみ部の直径規定は母材の 1.4 倍以上であるが、長さと同条件の加熱が必要である。その規定を満足する還元炎と中性炎の関係は、還元炎のみで得られた上昇温度を回帰して推定した。D25 の No.8(還元炎 39 秒,中性炎 10 秒で不合格)の還元炎の例では還元炎で 940 程度まで上昇しており、その後規定を満足するには 25 秒間程度の中性炎加熱が必要となる。また、D32 の No.11(還元炎 54 秒,中性炎 24 秒)では 960 程度まで上昇し、その後 35 秒間程度の中性炎加熱が必要となる。

(3)実測直径と熱画像直径との関係

図-4 は冷却後実測したふくらみ部の直径と加熱停止直後の熱画像から母材の直径を基準に相対的に求めた直径との比較である。両者は良好な比例関係にあり、サーモグラフィ法がガス圧接継手の品質検査に利用できることが分かる。

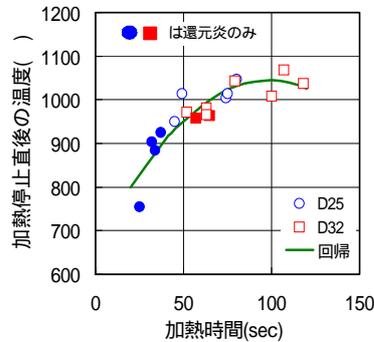


図-1 加熱時間と上昇温度

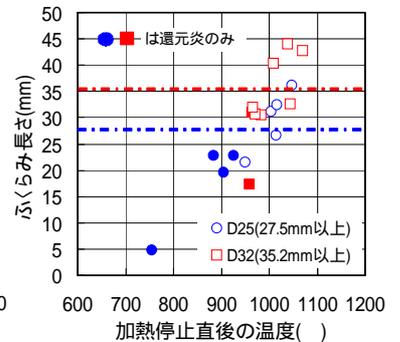


図-2 上昇温度と長さ

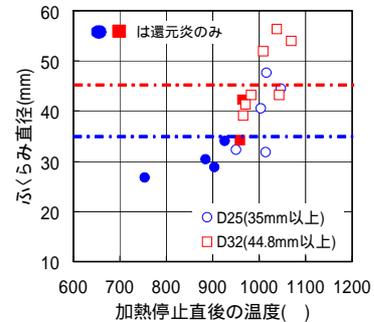


図-3 上昇温度と直径

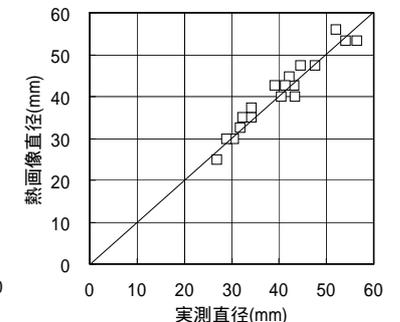


図-4 実測寸法との比較

5. まとめ

- (1) 赤外線カメラに高温専用フィルターを装着することによってガス圧接時の鉄筋温度の測定が可能である。
- (2) ふくらみ部の直径は加熱停止直後の熱画像から算出可能であり品質検査に利用できる。