

共同研究報告書

～アプセット溶接によるせん断補強筋の信頼性に関する研究～

平成 27 年 5 月 13 日

大阪大学接合科学研究所 教授 田中 学
熊本大学大学院 教授 寺崎 秀紀
株式会社恵信工業 林 義信



研究成果の概要

- (1) 鉄筋径 32mm までの鉄筋 (25, 29 mm も含む) について、アプセット溶接により良好な溶接部が形成された溶接閉鎖型せん断補強筋が製作できることを確認した。
- (2) 現場または工場における溶接閉鎖型せん断補強筋の製作において、本報告書で提案する膨らみ制御の手法により、溶接強度等の品質管理が可能であることを確認した。

1. はじめに

せん断補強筋は斜めひび割れの進展抑制や主筋の座屈抑制など耐せん断力、耐圧縮の観点から重要であり、安定した品質が要求される。そのためには、アプセットやフラッシュ溶接による製作が有効であり、高加工精度、高効率施工が期待でき、また高強度鉄筋にも適用可能である。なかでもアプセット溶接はより簡単な機構（棒鋼を保持する電極を繰り返し進退させる機構や、アークを発生するためのリアクタンス回路が不要なため、フラッシュ溶接に比べて溶接設備が安価になる）で高精度の溶接ができる現場向きの手法であると考えられる。

しかしながら、鉄筋の溶接においてアプセット溶接は限定的に利用されている。例えば、棒鋼定着・継手指針[1]には、工場溶接される棒鋼の突合せ抵抗溶接継手指針が示されているが、適切な強度が保証される棒鋼径として、10 mm、13 mm、16 mm の 3 例が挙げられているのみである。また、接合断面積が大きくなると、断面全体の均一な加熱が困難となって溶接欠陥が発生しやすい[2]という文献もある。しかしながら、建築部材のせん断破壊を抑制するためには、主筋を取り巻くせん断補強筋の径を大きくすることが望ましいことは自明であり、太径鉄筋のアプセット溶接技術の開発が望まれる。

本研究は、フラッシュ溶接に比して、より簡便な突合わせ抵抗溶接法である

アプセット溶接による、鉄筋径 19mm 径以上（特に約 32mm 径）の溶接閉鎖型せん断補強筋の製作とその健全性の確認を目指すものである。特に、断面全体の均一な加熱および適切な加圧の指標として、“膨らみ”の確保に着目することで、太径鉄筋のアプセット溶接の品質管理が有益であることを示す。

2. 実験方法

試料は異形棒鋼 SD345 および SD390 を使用した。化学組成は JIS G 3112 に準拠している。呼び名 D16, D19, D22, D25, D29, D32 を対象に、図 1 に示すアプセット溶接機を用いて突合わせ溶接を行った。溶接機の電源には、現場での施工を考慮して、軽油発動機を使用した。

表 1 に予備試験で明らかとなった溶接可能条件を示し、その中からさらに抜粋した条件を提案条件として表 2 に示す。本研究では比較のため、この提案条件を中心に、意図的に加圧力を不足させた「加圧力不足条件」、意図的に熱量を不足させた「熱量不足条件」も準備して、それぞれ溶接を行った。

強度評価として、引張試験を JIS Z 2241 に準拠して行った（公称断面積は JIS G 3112 に準拠）。

組織評価として、光学顕微鏡観察（以下 OM）、電子顕微鏡観察（以下 SEM）および電子線マイクロアナライザ（以下 EPMA）による元素分布解析を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 引張試験の結果

図 2,3 に SD345（図 2）および SD390（図 3）で D32 を対象とした、各条件における引張試験後の試験片外観写真をそれぞれ示す。図 2, 図 3 に示すように、SD345, 390 に関わらず、各条件において同じ破断形態をとった。提案条件では、どちらも典型的なカップ・アンドコーン型の延性破壊形態を示し、母材破断であった。さらに、強度レベルにかかわらず、加圧力不足条件においては、熱影響部において局部せん断変形形態を示し、また、熱量不足条件では、接合面において、降伏応力以下で引張軸に垂直に破断する形態となった。

表 3 に全引張試験結果を示す。破断位置の w は熱影響部判断を b は母材破断を示す。溶接条件 1-3 はそれぞれ、提案条件、加圧力不足条件、熱量不足条件を示す。さらに太径鉄筋の結果を抜粋して見やすく示したものを表 4 に示す。

提案条件ではすべての鉄筋径において、母材破断を示し、引張強度も JIS G 3112 を十分満たしていることがわかる。

他方、熱量不足条件では、降伏応力以下で破壊し特徴的な破壊形態を示した。図 4 に SD345, D32 を対象とした(a)提案条件(b)熱量不足条件における接合部の断面（接合面に垂直）写真を示す。提案条件では、滑らかな“膨らみ”が形成されている一方で、熱量不足条件では、凹凸のある貧弱な膨らみが形成されていることがわかる。図 4(b)矢印で示す凹凸部は熱量が不足したために、未接合部が形成され、降伏応力以下での破壊を引き起こしたと考えられる。

以上の引張試験の結果から、従来不可能と考えられていた太径鉄筋においても、適正な溶接条件（提案条件）に管理することにより、アプセット溶接によって、適正な引張強度を有する健全な継手が製作できることが確認された。

(2) 元素分析の結果

溶接部の品質を評価するために、SD345, D32 を対象とした接合面に垂直な断面における元素分布を EPMA にて測定した結果を図 5（提案条件）図 6（熱量不足条件）図 7（加圧力不足条件）に示す。

未接合部であれば、接合中に酸化することが予想されることから、酸素分布に着目した。図 5, 図 6 における酸素分布を比較すると、熱量不足条件では、予想通り、凹凸部に酸素の分布が見られることがわかる。図 2,3 に示すように、SD345, 390 に関わらず同じ形態で破断しているために、SD390 でも同じような凹凸、酸化部が観察できるはずである。そこで、SD390, D32 を対象に接合面に平行な断面での酸素分布を解析してみた。図 8 に接合面に平行な面の元素分布評価例を示す。図 8(a)に示すように、接合面に平行に見た場合の凹凸部分、つまり未接合部分は変色していることがわかる。さらに図 5 (b), (c)に示すように、未接合部には酸素が濃化しており、その相手が Mn, Fe である、つまり Fe-Mn-O 系酸化物が形成されていることがわかった。この酸化した未接合部が切欠となり、降伏応力以下での破壊が起きたことがわかる。

(3) 「膨らみ制御」による溶接品質管理

上記の引張試験、組織評価の結果から、健全な溶接部の場合には溶接部が均等に膨らんでいる外観であるのに対し、図 7 に示す加圧力不足条件では、加圧不足のため少ない体積に大量の熱が付与されたために、いわゆる花が咲

いた状態となり、酸化して脱落している様子が観察された。これらの結果から、溶接部の膨らみの外観形状と溶接の品質（引張試験の結果や組織の品質）には、相関性があることが推認された。“膨らみ”の形成には施工中の熱バランスおよび加圧力の最適化が必要なことが原因である。そこで、この最適な“膨らみ”を定量化するため、SD345における各条件およびSD390における各条件において、形成された膨らみの最小値と最大値を、鉄筋径毎にまとめた（図9）。

図9の結果から、健全な溶接部が形成された場合の「膨らみ」が、鉄筋径に対し、ほぼ線形の領域に存在することが確認された。図9において、実線が提案条件（条件1）であり、それより膨らみが小さい領域に熱量不足条件のグループ（条件3）が位置していることがわかる。実線のグループより上に分布しているのは、加圧力不足条件のグループ（条件2）で、図7に示したように、いわゆる花が咲いた状態になっていることが原因である。これを見ると、狭い範囲ではあるが、最適な“膨らみ”の領域があることがわかる。SD345およびSD390それぞれにおける提案条件の膨らみの平均値を最小二乗近似すると、膨らみ $F(\text{mm})$ と鉄筋径の間に以下の式が得られる：

$$F_{345} = 3.7685 + 1.5237 D \quad (1)$$

$$F_{390} = 4.3619 + 1.4708 D \quad (2)$$

上記の結果は、式(1)(2)で示される“膨らみ”の確保により、鉄筋径によらず健全なアプセット溶接継手が形成できることを意味している。このことは、適正な膨らみを管理することで、溶接品質の管理をすることが可能であることを示唆している。

(4) 組織観察の結果

鉄筋径が大きい場合、 F の確保のためには、大きな熱量が接合部に投入される。この熱量が組織に与える影響を調べる。SD345, D32 継手の組織のOM観察結果を図10~12に示す。図10に示す、青色矢印の方向にOM観察を行った。

各図において、上段から下段に進みかつ赤色の矢印の方向が観察方向である。図10で母材のフェライト、パーライト組織が観察できる。観察方向に進むにつれて、旧オーステナイト粒のサイズが大きくなっていくことがわかる。特に図12では、かなりの熱量が投入され、粗大な旧オーステナイト粒

が観察できる。しかしながら、その粗大旧オーステナイト粒から、少しの粒界フェライトが析出したのちに、粒内フェライトおよびパーライトが生成していることがわかる。粗大粒界フェライトの析出では無く、粒内フェライトおよび機械的性質に優れたパーライト組織の形成が良好な機械特性へと繋がったことがわかる。

この旧オーステナイト粒から判断してかなりの高温に接合部は到達していることがわかる。そのために、本研究の範囲以上に大きな鉄筋をアプセット溶接しようとして、単純に熱量を増やすことは、接合面において程度の大きな脱炭を引き起こす可能性がある。そのため、本研究以上のさらなる鉄筋径の増大を狙う場合は注意が必要である。

4, まとめ

- 鉄筋径 32mm までの鉄筋 (25,29 mm も含む) についても、膨らみの制御 (熱量条件, 加圧条件) を選択することにより、現場または工場における抵抗バット溶接によって、良好な溶接部が形成された溶接閉鎖型せん断補強筋が製作できることを確認した。
- 膨らみの確保には、溶接時間の調整等が有効
- 熱量が不足した場合、膨らみが不足、未接合部が酸化し、降伏点以下での破壊が引張軸に垂直に起こる。
- 圧力が不足した場合、膨らみが過剰になり、酸化物生成し、局部せん断型の破壊が起こる。
- 熱影響部では粗粒が形成されるが、遅い冷却速度によるパーライトリッチな組織が良好な機械的特性の源であるといえる。
- 本研究の範囲以上の径をもつ鉄筋のアプセット溶接には、脱炭の影響を考慮する必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 棒鋼定着・継手指針, 土木学会, 2007
- [2] 溶接・接合技術総論, 溶接学会・日本溶接協会編, 産報出版



図 1 使用したアプセット溶接機

表 1 溶接条件

表中数値の単位 電流 (kA) × 時間 (秒)		呼び径 (mm)			
		D22	D25	D29	D32
加圧力 (MPa)	0.8	147	196 ~ 244	298 ~ 325	468 ~ 511
	0.7	実施せず	189 ~ 238	309 ~ 377	487 ~ 624
	0.6	120	210	361 ~ 456	542 ~ 842
	0.5	136 ~ 152	253 ~ 293	504 ~ 779	685 ~ 1380
	0.4	187 ~ 243	375 ~ 554	659 ~ 1248	854 ~ 1400
	0.3	221 ~ 334	510 ~ 841	944 ~ 1687	1307
	0.2	368	660 ~ 1248	2560	—

表 2 提案条件

呼び径	加圧力 (MPa)	電流 (kA) × 時間 (秒)
D 2 2 (SD345)	0.8	147
D 2 5 (SD345)	0.8	196
D 2 9 (SD345)	0.8	298
D 3 2 (SD345)	0.8	468

提案条件
(D32)



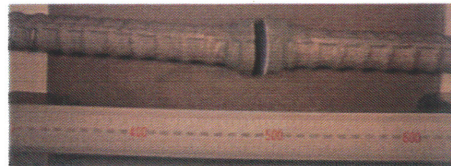
カップ・アンド・コーン型

加圧力不足条件
(D32)



局部せん断変形

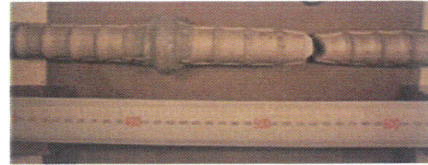
熱量不足条件
(D32)



引張軸に垂直に破断

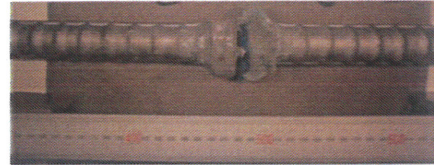
図 2 SD345 の引張試験後の外観写真

提案条件
(D32)



カップ・アンド・コーン型

加圧力不足条件
(D32)



局部せん断変形

熱量不足条件
(D32)



引張軸に垂直に破断

図 3 SD390 の引張試験後の外観写真

表3 引張試験結果

綱種(SD)	直径(mm)	荷重条件	破断位置	引張力(MPa)
345	32	3	w	529
390	32	2	w	106
390	32	3	w	477
345	32	1	b	569
390	32	3	w	558
345	32	2	w	378
390	32	2	w	363
390	32	1	b	690
390	32	2	w	556
390	32	1	b	612
390	32	3	w	553
390	32	1	b	407
345	32	2	b	276
345	32	1	b	431
345	32	3	w	632
390	29	3	w	475
390	29	2	w	620
390	29	3	w	187
390	29	1	b	472
390	29	1	b	623
390	29	1	b	564
345	29	1	b	595
345	29	3	w	429
390	29	3	w	462
390	29	2	w	504
345	29	2	w	430
390	29	2	w	539
345	29	1	b	575
345	29	2	w	314
345	29	3	w	641
390	25	3	w	500
345	25	1	b	574
390	25	3	w	567
390	25	2	w	472
390	25	1	b	331
345	25	3	w	518
345	25	1	b	367
345	25	2	w	587
345	25	2	w	459
345	25	2	w	280
345	25	3	w	506
345	25	1	b	565
390	25	1	b	603
390	25	2	w	516
345	25	3	w	432
345	22	1	b	566
390	22	1	b	554
390	22	2	w	559
345	22	2	w	528
345	22	1	b	615
390	22	2	w	603
345	22	1	b	572
345	22	2	b	151
345	22	3	w	586
345	22	2	w	332
345	22	3	w	341
390	22	1	b	614
390	22	3	w	394
390	22	3	w	519
345	22	3	w	557
345	19	2	b	575
345	19	3	w	503
390	19	3	w	325
390	19	1	b	614
345	19	2	b	571
390	19	2	w	580
345	19	1	b	589
345	19	1	b	557
345	19	2	b	550
345	19	1	b	575
345	16	1	b	593
390	16	3	w	527
345	16	1	b	569
345	16	3	w	317
345	16	2	w	566
345	16	1	b	577
345	16	3	w	252
390	16	2	w	609
390	16	1	b	624
345	16	2	w	540
345	16	2	b	575

表 4 表 3 抜粋

(a) D32 (SD390) 本数 / 試験数

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	3/3	0/3
加圧不足条件	0/3	3/3
熱量不足条件	0/3	3/3

(b) D32 (SD345)

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	2/2	0/2
加圧不足条件	1/2	1/2
熱量不足条件	0/2	2/2

(c) D29 (SD390) 本数 / 試験数

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	3/3	0/3
加圧不足条件	0/3	3/3
熱量不足条件	0/3	3/3

(d) D29 (SD345)

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	2/2	0/2
加圧不足条件	0/2	2/2
熱量不足条件	0/2	2/2

(e) D25 (SD390) 本数 / 試験数

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	2/2	0/2
加圧不足条件	0/2	2/2
熱量不足条件	0/2	2/2

(f) D25 (SD345)

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	3/3	0/3
加圧不足条件	0/3	3/3
熱量不足条件	0/3	3/3

提案条件

熱量不足条件

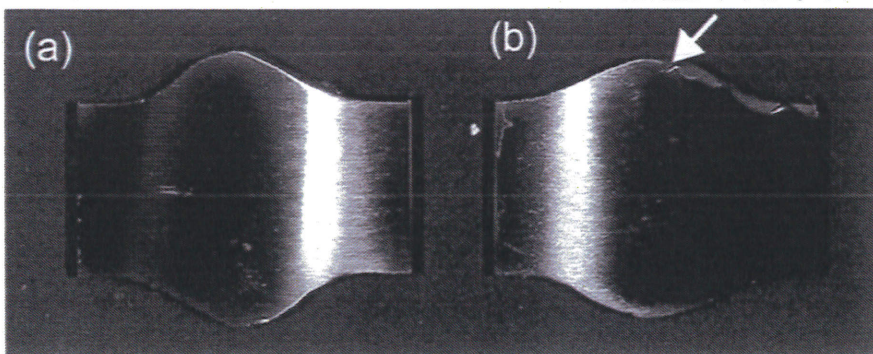


図 4 (a)提案条件および(b)熱量不足条件における
接合部断面(接合面に垂直)写真 (SD345, D32)

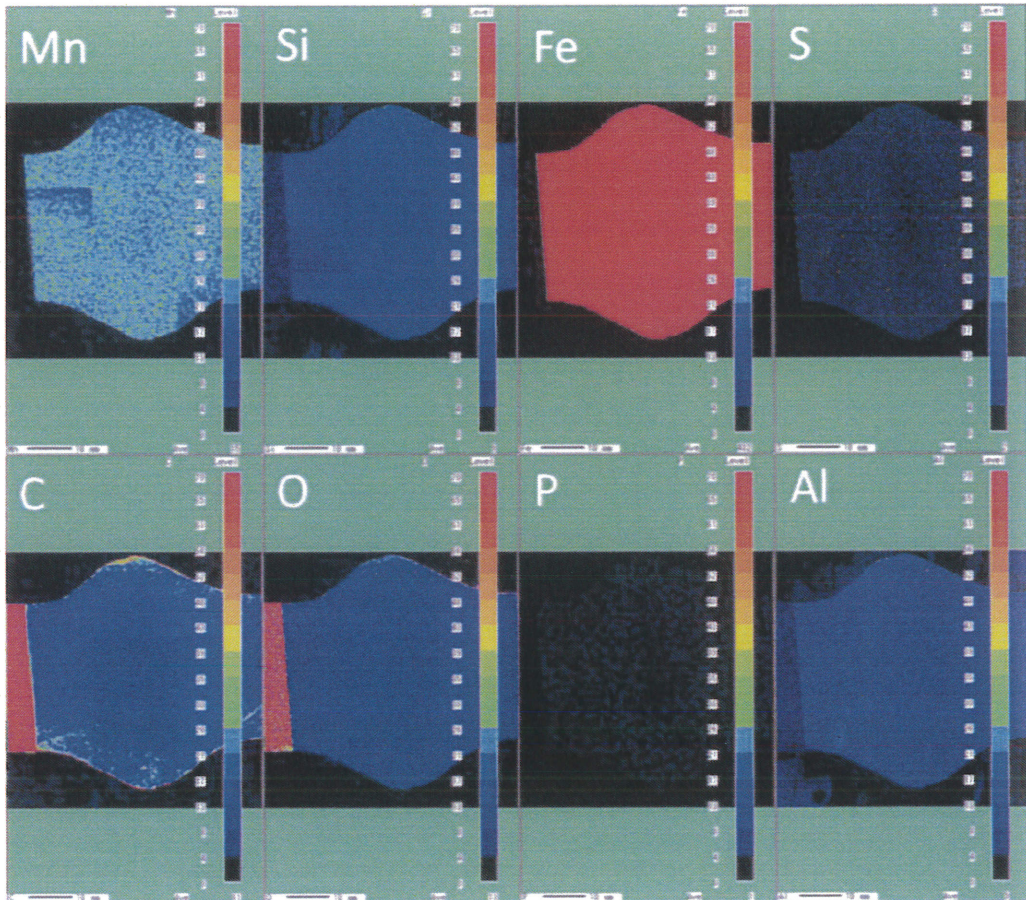


図5 接合部断面（接合面に垂直）の元素マップ（提案条件: SD345, D32）

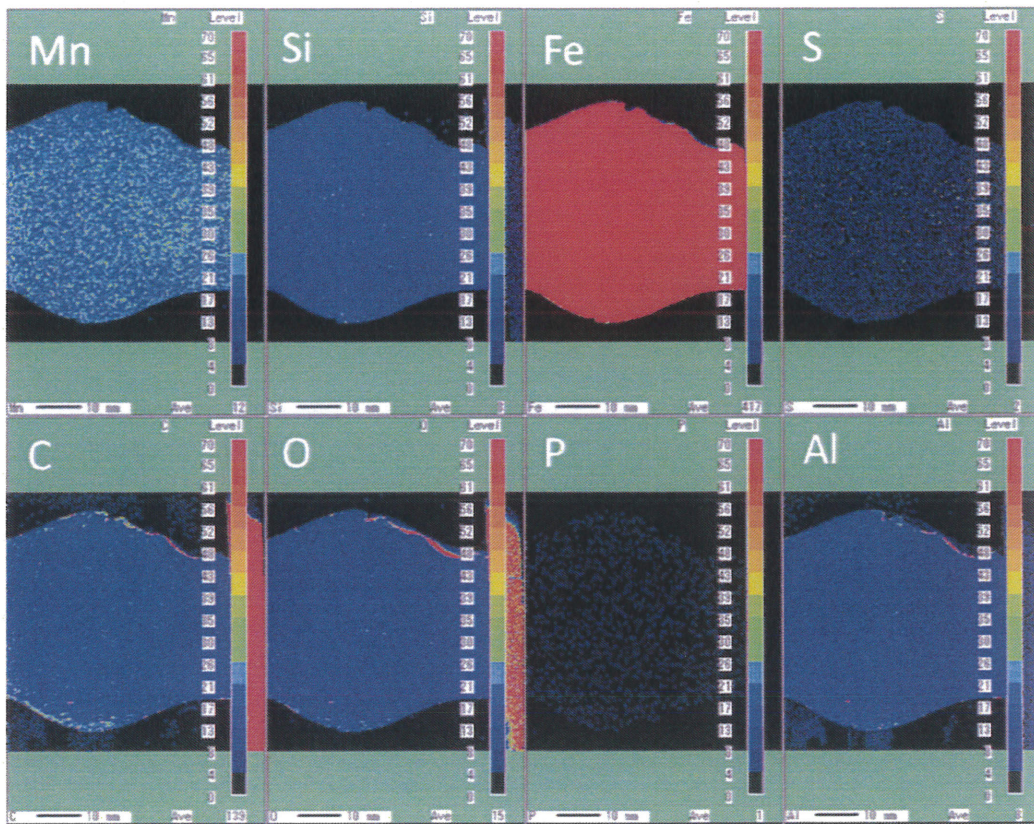


図6 接合部断面（接合面に垂直）の元素マップ（熱量不足条件: SD345, D32）

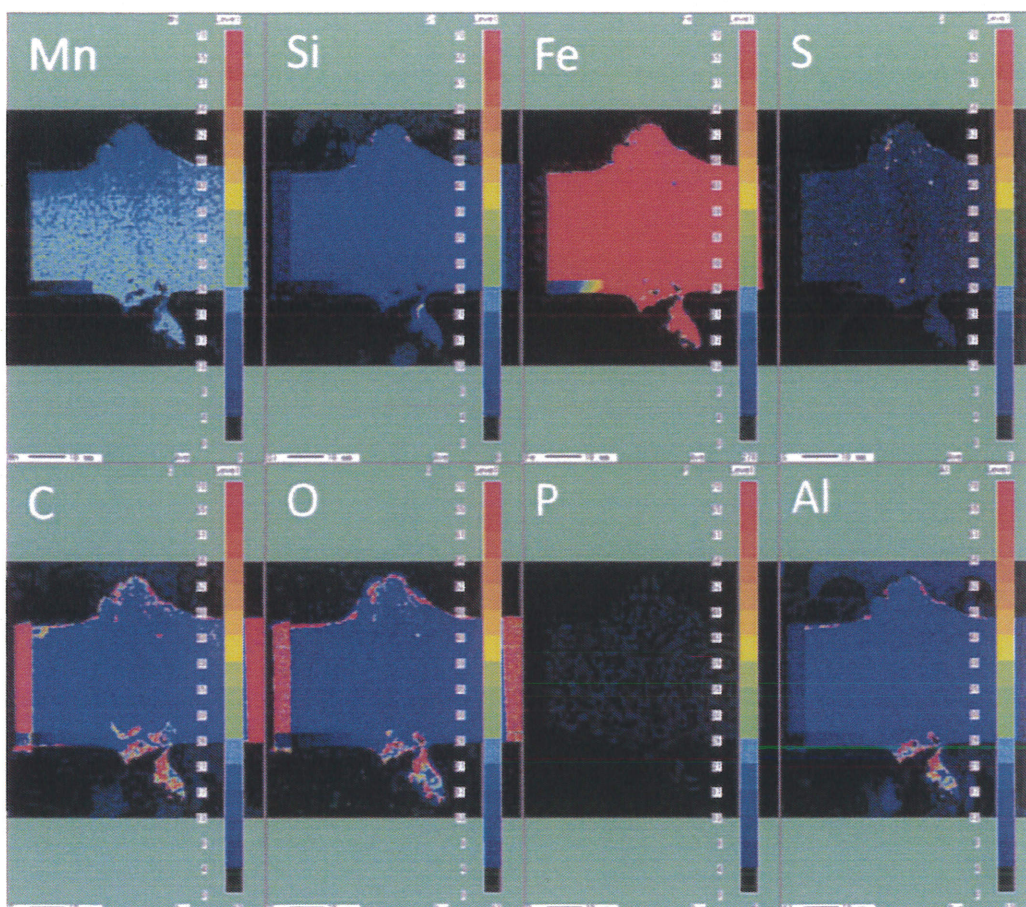


図7 接合部断面(接合面に垂直)の元素マップ(加圧力不足条件: SD345, D32)

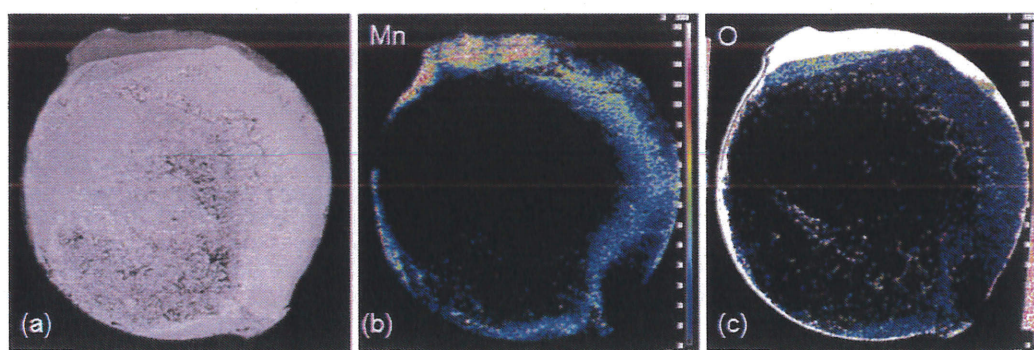


図8 熱量不足条件における接合部断面(接合面に平行)元素マップ
(a) SEM (b) Mn (c) O. (SD390, D32)

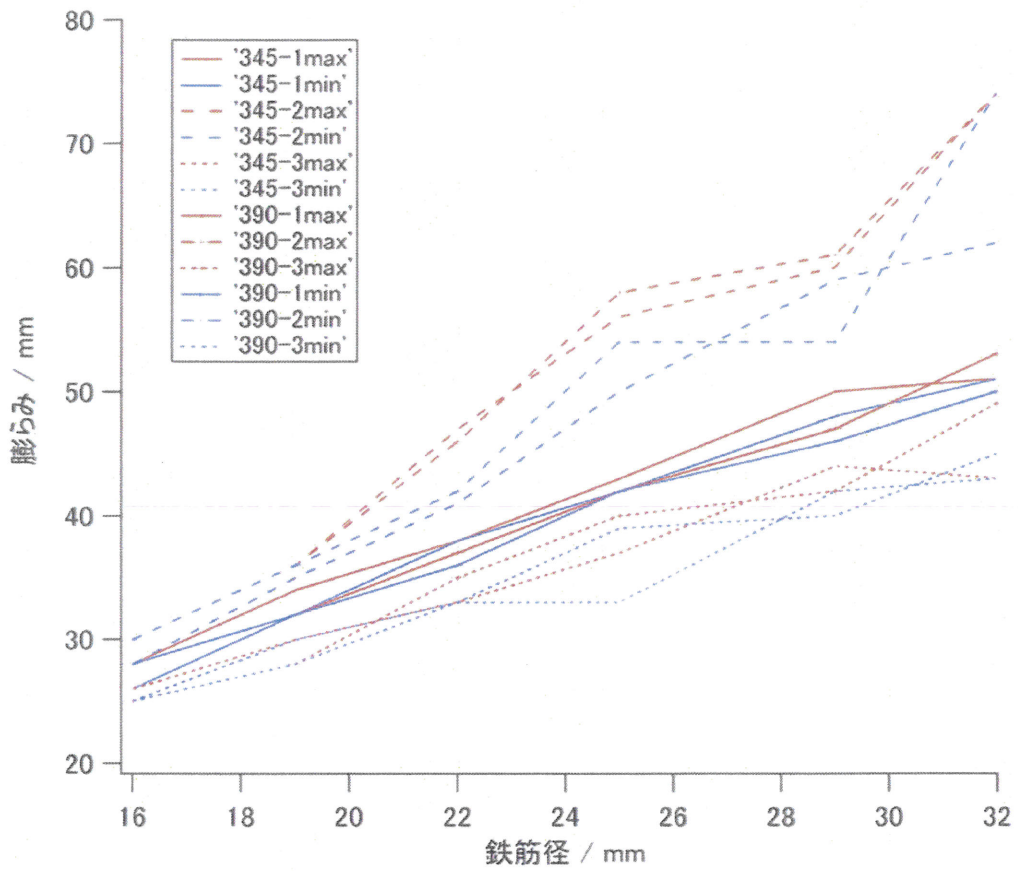


図9 鉄筋径と膨らみ

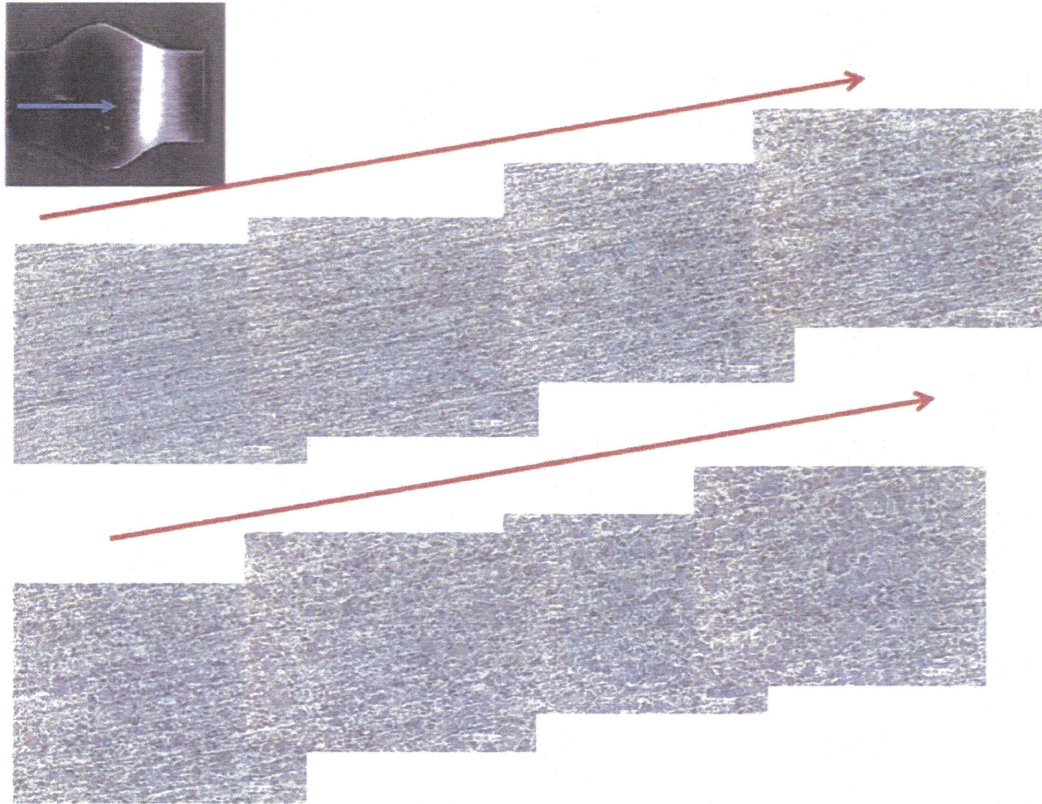


図 10 SD345, D32, 鉄筋継手組織の OM 観察

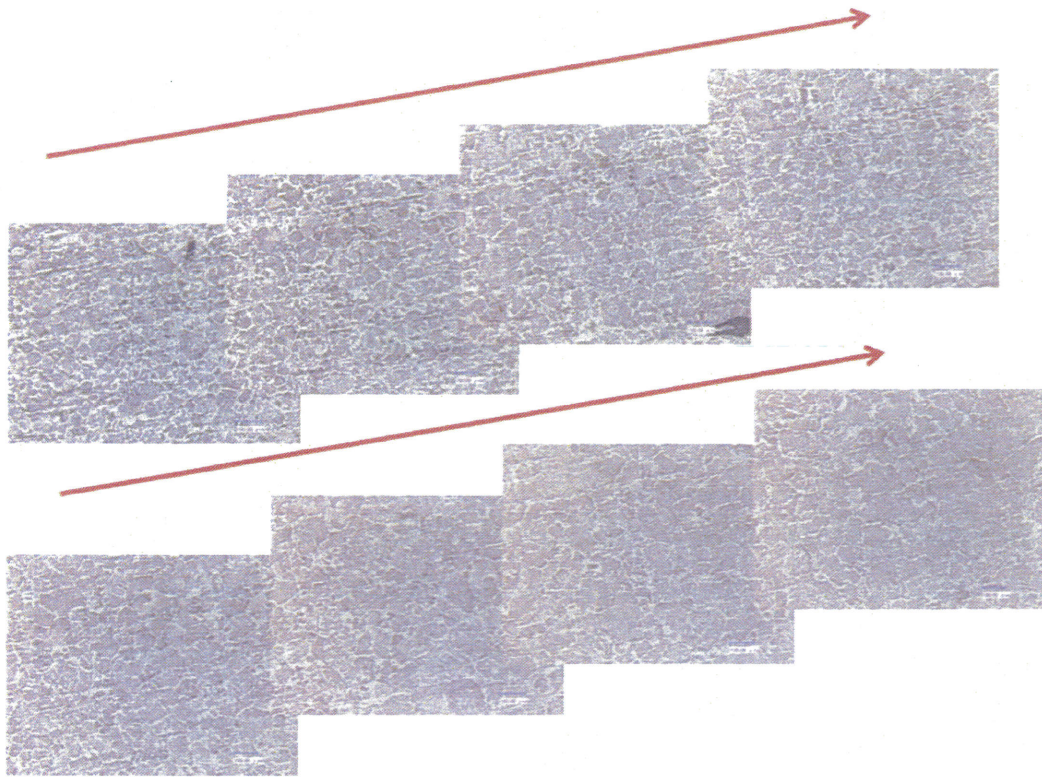


図 11 SD345, D32, 鉄筋継手組織の OM 観察 (続き)

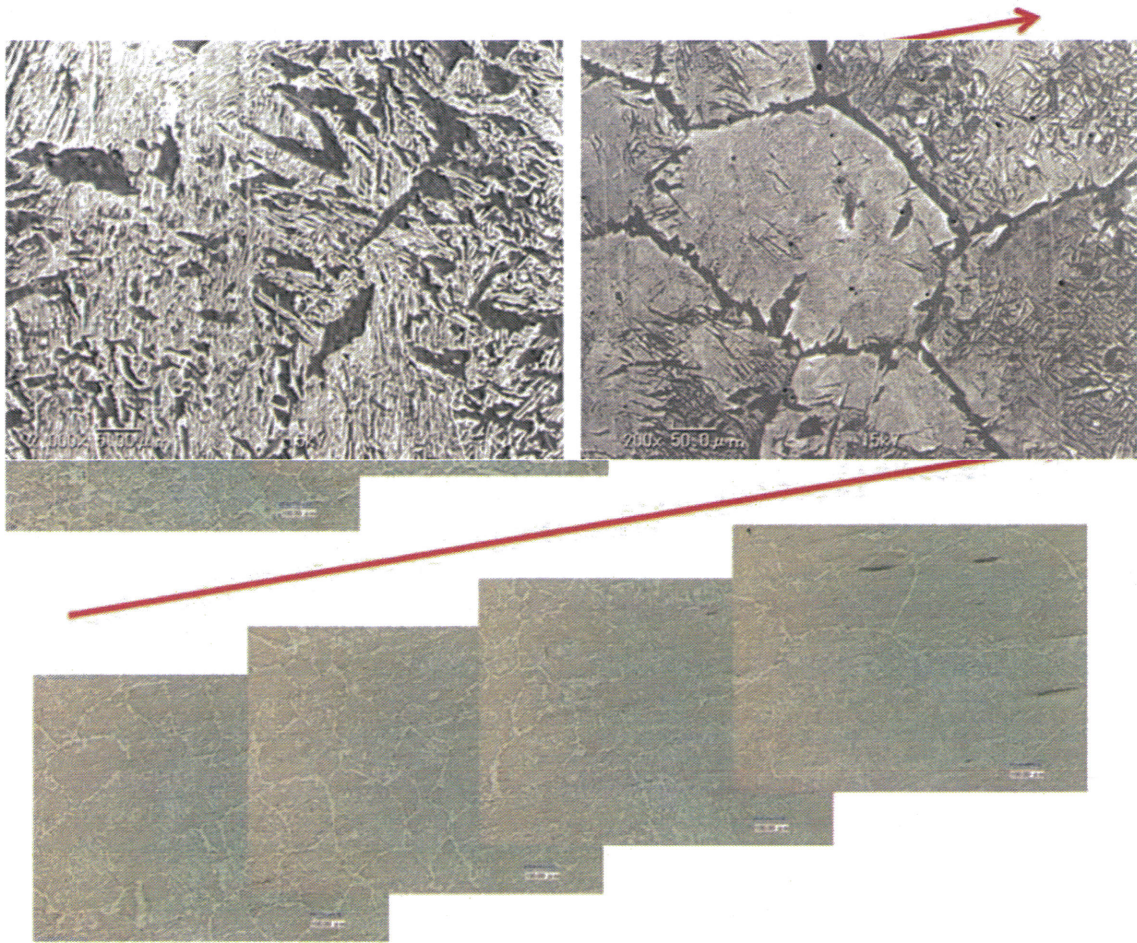


図 12 SD345, D32, 鉄筋継手組織の OM 観察 (続き)

<追加データ>

- ・平成 27 年度溶接学会春季全国大会概要
- ・平成 27 年度溶接学会春季全国大会発表スライド

太径せん断補強筋のアップセット溶接に関する研究

大阪大学接合科学研究所 田中 学

大阪大学接合科学研究所○寺崎 秀紀

恵信工業 林 義信

関西法律特許事務所 井上 裕史

On the Upset Welding of Large-sized Hoop

by TANAKA Manabu, TERASAKI Hidenori, HAYASHI Yoshinobu and INOUE Hiroshi

キーワード：太径フープ、アップセット溶接、熱量不足

Keyword: Large-sized hoop, upset welding, heat shortage

1. 緒言

鉄筋コンクリート造の建築物や基礎に用いられる鉄筋籠において、地震等に起因するせん断破壊に対する、せん断補強筋の役割（斜めひび割れの進展抑制等）は重要であり、安定した品質が要求されている。しかしながら、近年、施工の信頼性などの問題から溶接施工は敬遠される傾向にある。中でもアップセット溶接やフラッシュ溶接によって製造される溶接閉鎖型せん断補強筋は、高い加工精度や高強度鉄筋にも適用可能であるにもかかわらず、限定的にしか利用されていない。鉄筋の突合せ抵抗溶接において、適切な強度が保証される鉄筋径の上限は16mmとされ、鉄筋径が19mm以上の鉄筋を、突合せ溶接により施工する例は見られない。

本研究では、フラッシュ溶接に比して、より簡便な突合わせ抵抗溶接法であるアップセット溶接による、鉄筋径19mm径以上の溶接閉鎖型せん断補強筋の製作とその健全性の確認を目指すものである。特に約32mm径のアップセット溶接による溶接閉鎖型せん断補強筋を中心に、溶接条件、引張強度および溶接部マクロ組織における元素分布の関係を検証し、太径せん断補強筋のアップセット溶接部の健全性に関する基礎検討を行った。

2. 実験方法

供試材は異形棒鋼SD345およびSD390とし、公称直径が19mm以上である呼び名D32、D29、D25、D22を対象に、アップセット溶接（抵抗バット溶接）を行った。溶接電源には、現場で施工される場合を想定し、発動機を使用し、溶接条件としては、今回の提案条件を基準に、加圧不足条件、熱量不足条件の3種を意図的に準備した。本報告では、以後それぞれ提案、加圧不足、熱量不足条件と参照する。

以上の各条件で製作された接合継手を対象に室温での引張試験（UHF-1000KNA）を行い、破壊後残された破面の解析を行った。また、溶接部のマクロ組織を対象に電子線マイクロアナライザによる元素分布解析も行った。

3. 結果および考察

Table1にD32、D25の引張試験における溶接部破断位置を示す。Table1(a)、(c)はSD390、Table1(b)、(d)はSD345の結果である。破断位置は提案条件では、Fig.1に例を示すようにすべて母材破断であった。加圧不足条件では一部母材破断であったが、他は熱影響部破断、熱量不足条件ではすべて熱影響部破断であった。提案条件におけるD32-SD390の平均引張強さは

625MPa, D32-SD345 の平均引張強さは 561MPa となり, 太径鉄筋のアプセット溶接部においても十分な強度を確保 できることがわかった。

Fig. 2 に(a)提案条件および(b)熱量不足条件における接合部の断面写真を示す。Fig. 2(a)に示すように, 提案条件においてはふくらみ形状が適正 であり, 接合線の開口も確認できないのに対して, Fig. 2(b)においては矢印に示すように, 未溶着部とみられる深い開口部分があることがわかる。さらに熱量不足条件におけるマクロ破面をEPMA分析した結果をFig. 3に示す。Fig. 3(b)に示すように, 未溶着部は酸化しており, 熱量を不足させたために, 鉄筋端面に不均一な溶融層が形成され未溶着部が酸化し, 熱影響部破断の起点になったことがわかる。逆に, 適切な熱量と加圧条件を選定すれば太径鉄筋アプセット溶接部 において未溶着部は確認されず, 健全な継手が形成できていた。これらの結果から, 鉄筋径 32mm までの鉄筋についても, 適正な熱量条件・加圧条件を選択することにより, 現場または工場における抵抗バット溶接によって, 良好な溶接部が形成された溶接閉鎖型せん断補強筋が製作できることが分かった。

参考文献

- 1) 鉄筋定着・継手指針, 土木学会, 2007

Table 1 Fracture position of upset weld.

(a) D32 (SD390) 本数 / 試験数			(b) D32 (SD345)		
破断位置	母材破断	熱影響部破断	破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	3/3	0/3	提案条件	2/2	0/2
加圧不足条件	0/3	3/3	加圧不足条件	1/2	1/2
熱量不足条件	0/3	3/3	熱量不足条件	0/2	2/2

(c) D25 (SD390) 本数 / 試験数			(d) D25 (SD345)		
破断位置	母材破断	熱影響部破断	破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	2/2	0/2	提案条件	3/3	0/3
加圧不足条件	0/2	2/2	加圧不足条件	0/3	3/3
熱量不足条件	0/2	2/2	熱量不足条件	0/3	3/3

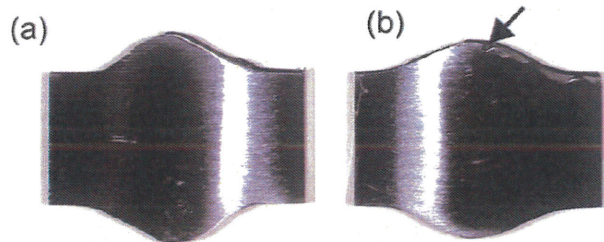


Fig.2 Cross sectional appearance of weld in (a) suggested and (b) “heat shortage” condition.

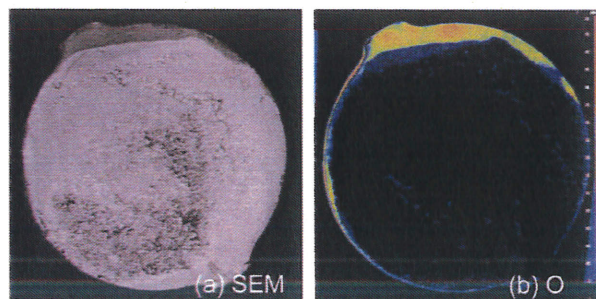


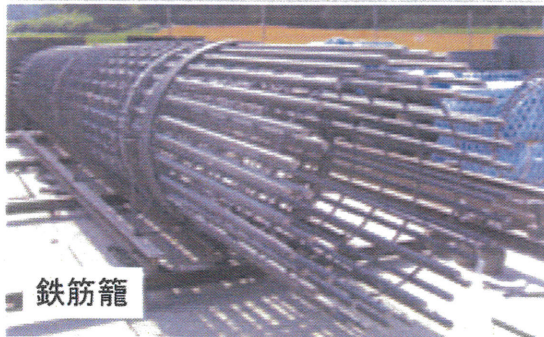
Fig.3 (a) SEM image and (b) EPMA mapping in “heat shortage” condition.

太径せん断補強筋のアップセット 溶接に関する研究

大阪大学接合科学研究所
熊本大学大学院自然科学研究科
恵信工業
関西法律特許事務所

田中 学
寺崎 秀紀
林 義信
井上 裕史

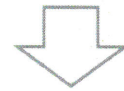
背景



鉄筋籠

せん断補強筋の役割

- 耐せん断力:
斜めひび割れの進展抑制
- 耐圧縮
主筋の座屈抑制



安定した品質が要求

溶接(アプセット, フラッシュ)の利点

- 高加工精度
- 高強度鉄筋にも適用可能
- 高効率施工

限定的利用

適切な強度が保証される鉄筋径の上限は16mm

鉄筋径が19mm以上の鉄筋を、
突合せ溶接により施工する例は見られない*

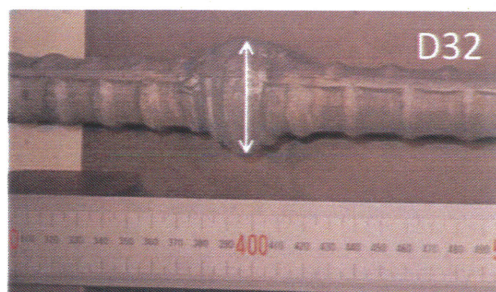
* 鉄筋定着・継手指針 土木学会

溶接・接合技術総論

太径になると均質な加熱が難しくなる

研究目的

本研究では、フラッシュ溶接に比して、より簡便な突合わせ抵抗溶接法である
アプセット溶接による、鉄筋径19mm径以上(特に約**32mm径**)の溶接
閉鎖型せん断補強筋の製作とその健全性の確認を目指すものである。



膨らみ(ヒートバランス, 加圧力)の確保に着目

実験方法

試料

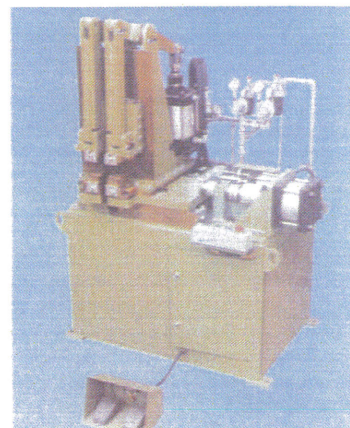
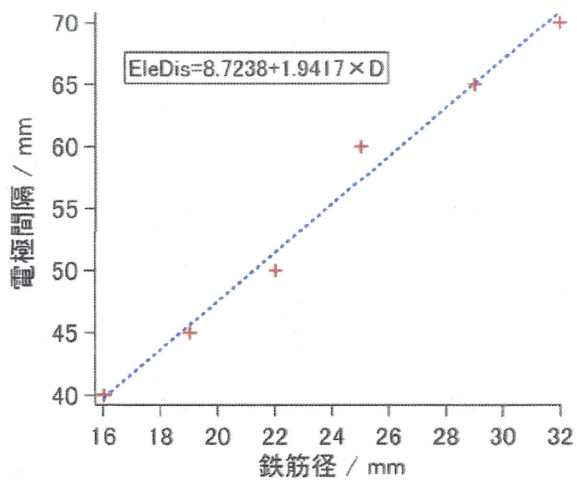
異形棒鋼SD345およびSD390

SD345: 0.25 C-0.21 Si-0.92 Mn-0.028 P-0.027 S (mass%) C+Mn/6=0.40

SD390: 0.27 C-0.21 Si-1.0 Mn-0.031 P- 0.027 S (mass%) C+Mn/6=0.44

呼び名: D32, D29, D25, D22, D19, D16

アセット溶接機外観



現場での施工を考慮:
軽油発電機(容量125 KVA)

条件変化

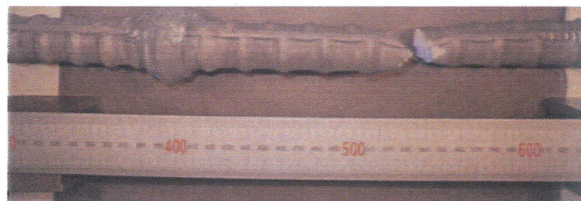
SD345 D32のケース

	加圧力 / MPa	電流(kA) × 時間(s)
提案条件	0.8	468
加圧不足条件	0.5	468
熱量不足条件	0.8	0.8 × 468

- 強度評価: 引張試験(UHF-1000KNAを使用)
(JIS Z2241に準拠, 公称断面積はJIS G3112に準拠)
- 組織評価: OM, SEM
- 電子線マイクロアナライザによる元素分布解析.

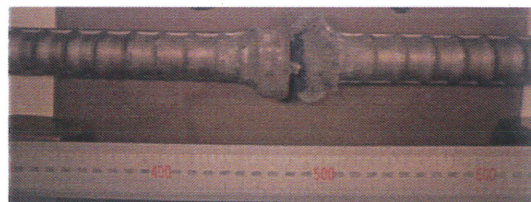
結果および考察

提案条件
(D32)



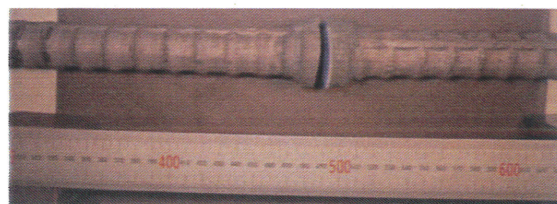
カップ・アンド・コーン型

加圧力不足条件
(D32)



局部せん断変形

熱量不足条件
(D32)



引張軸に垂直に破断

(a) D32 (SD390) 本数 / 試験数

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	625 MPa	
加圧不足条件	0/3	3/3
熱量不足条件	0/3	3/3

(b) D32 (SD345)

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	561 MPa	
加圧不足条件	1/2	1/2
熱量不足条件	0/2	2/2

(c) D29 (SD390) 本数 / 試験数

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	628 MPa	
加圧不足条件	0/3	3/3
熱量不足条件	0/3	3/3

(d) D29 (SD345)

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	579 MPa	
加圧不足条件	0/2	2/2
熱量不足条件	0/2	2/2

(e) D25 (SD390) 本数 / 試験数

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	595 MPa	
加圧不足条件	0/2	2/2
熱量不足条件	0/2	2/2

(f) D25 (SD345)

破断位置	母材破断	熱影響部破断
提案条件	569 MPa	
加圧不足条件	0/3	3/3
熱量不足条件	0/3	3/3

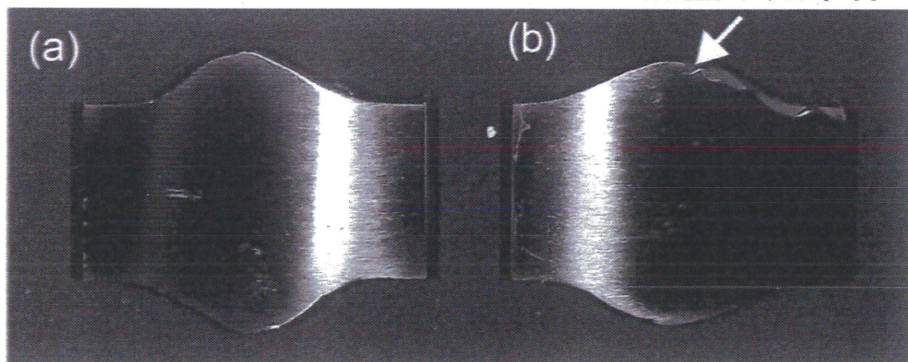
熱量不足条件

: 引張軸に垂直に, 降伏点以下で破断

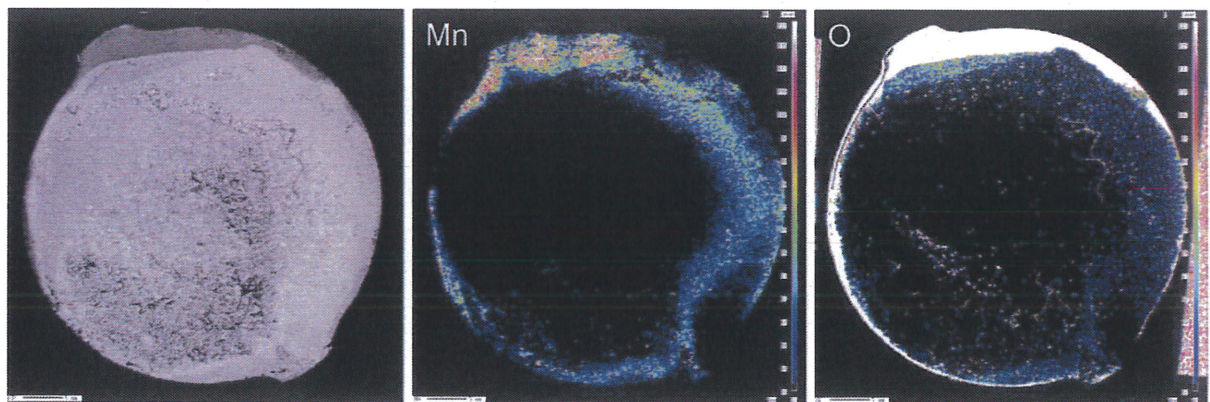


提案条件

熱量不足条件

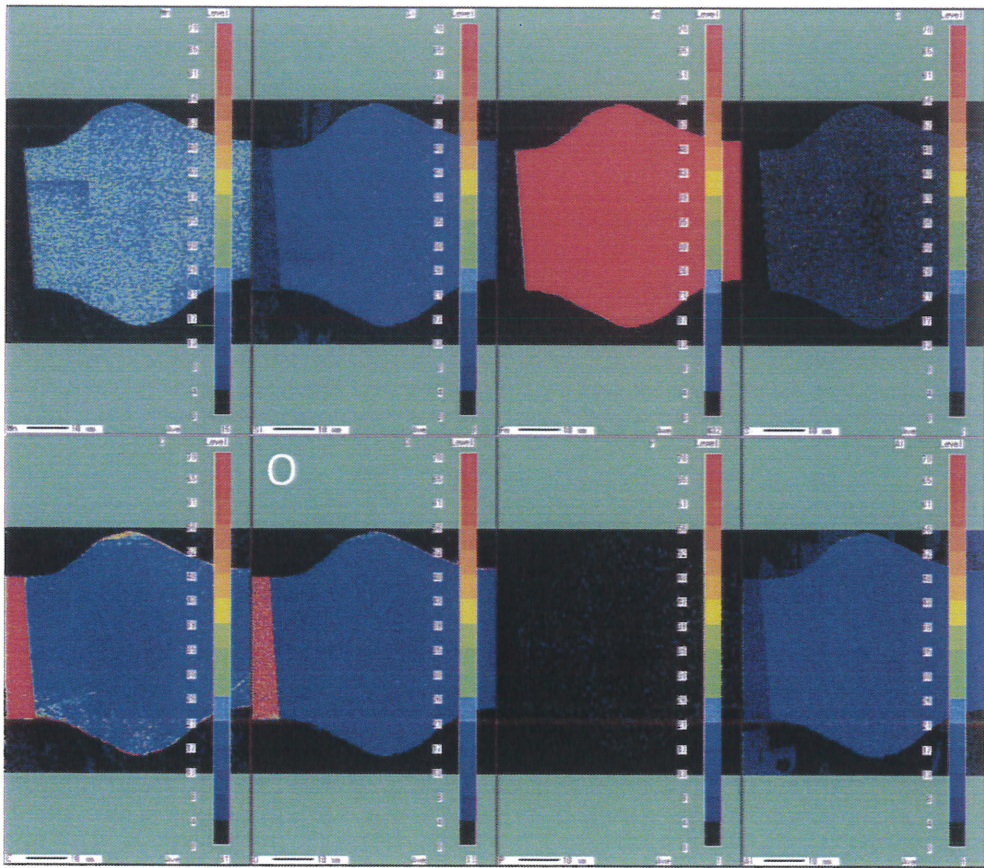


Fe-Mn-O酸化物



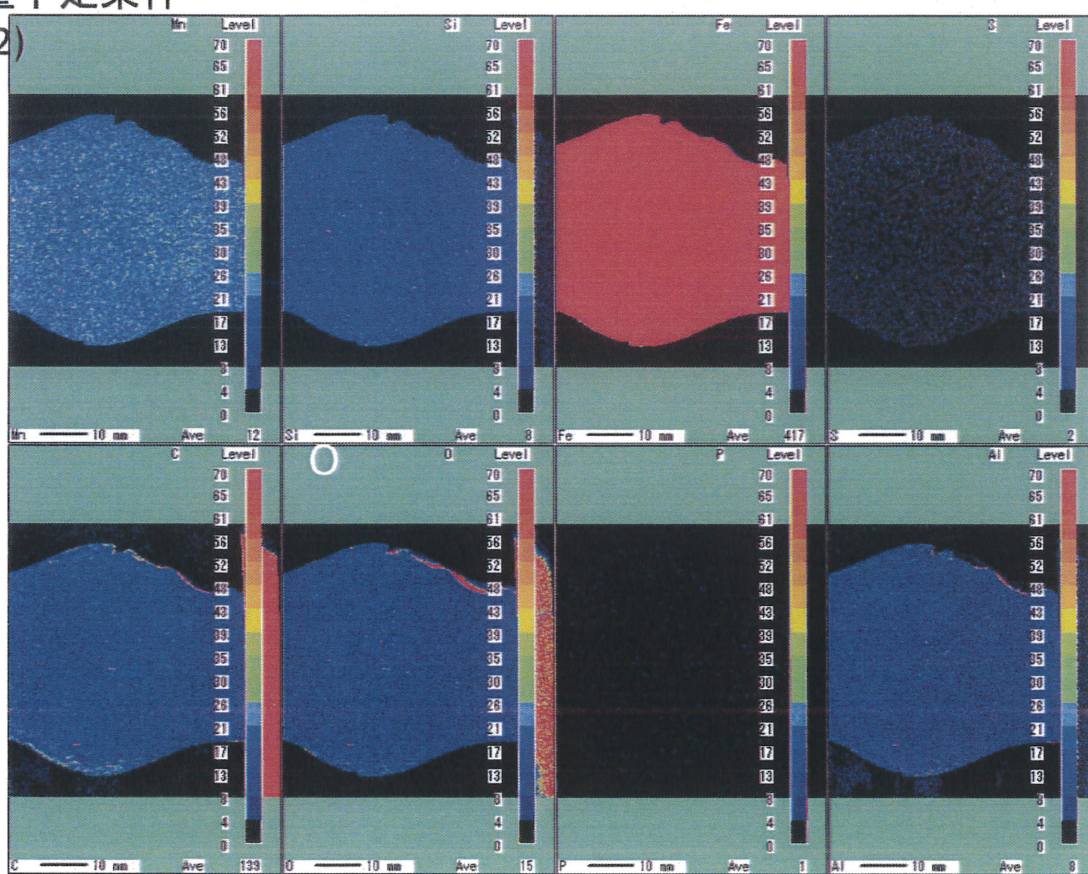
提案条件

(D32: SD345)



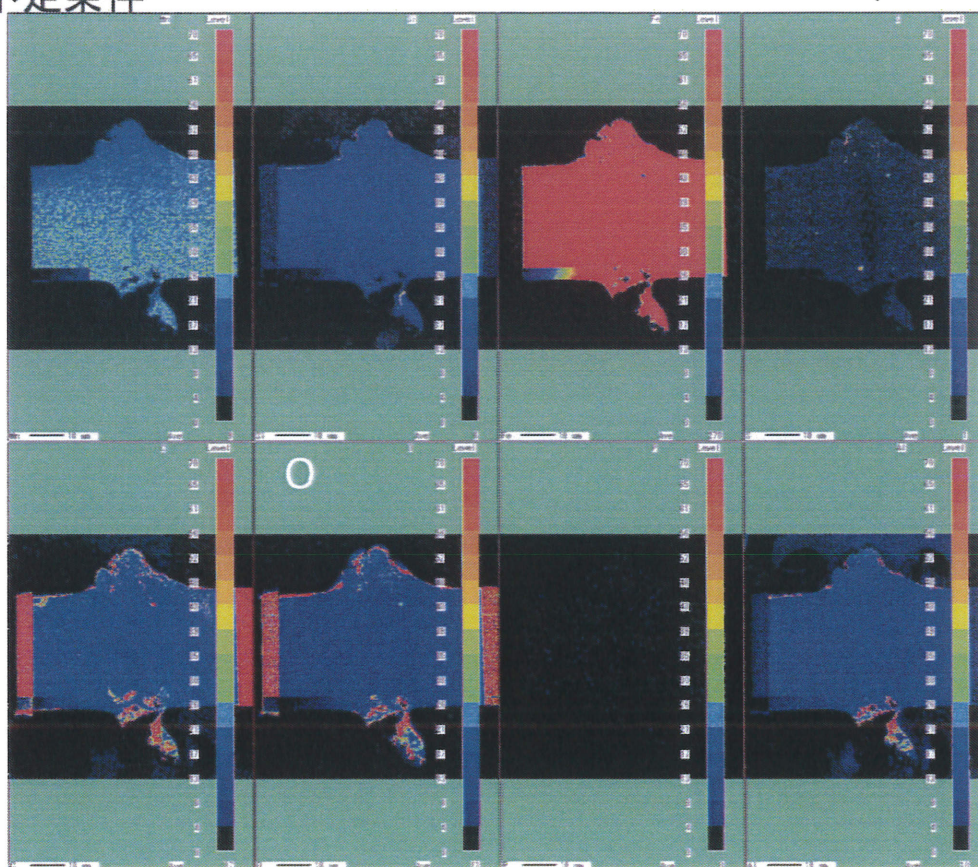
熱量不足条件
(D32)

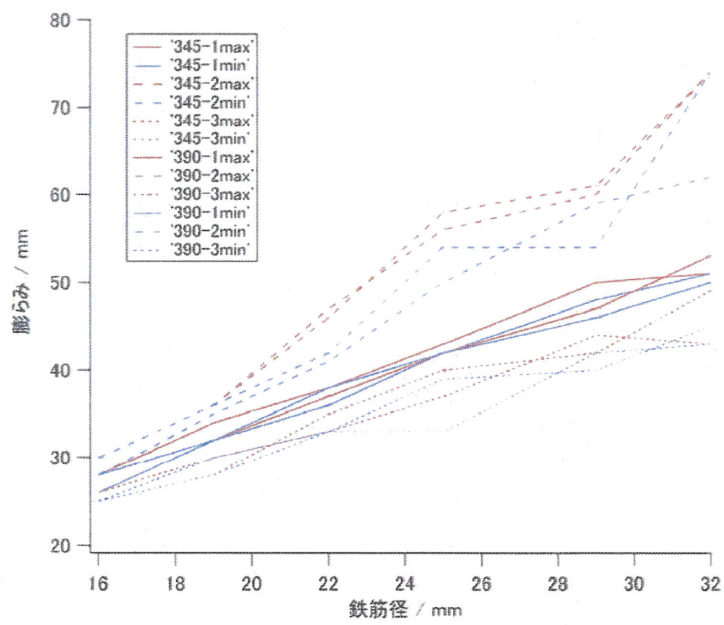
(D32: SD345)



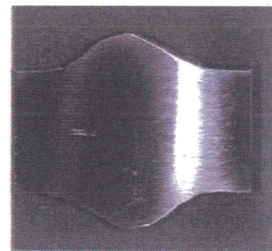
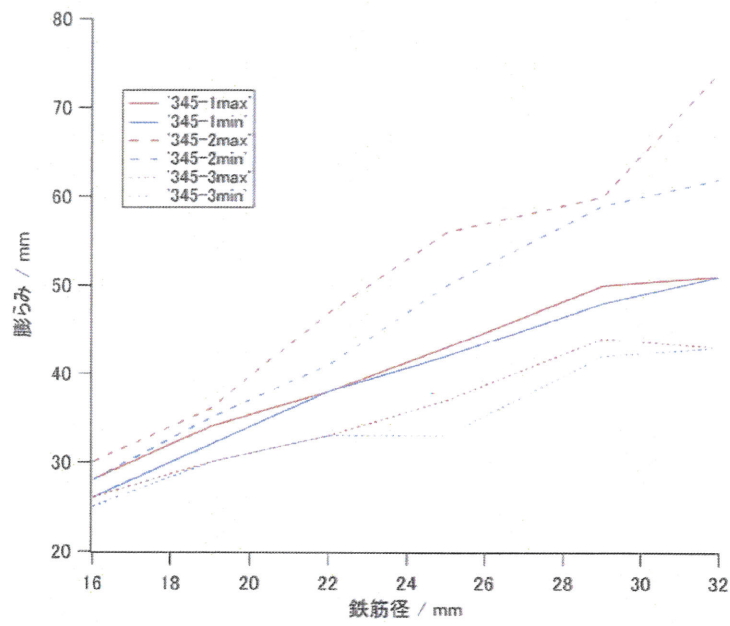
加圧力不足条件
(D32)

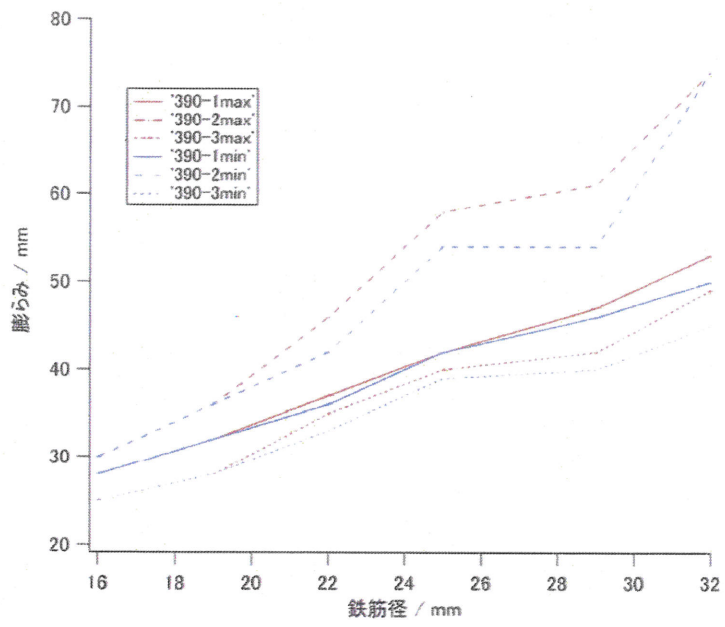
(D32: SD345)



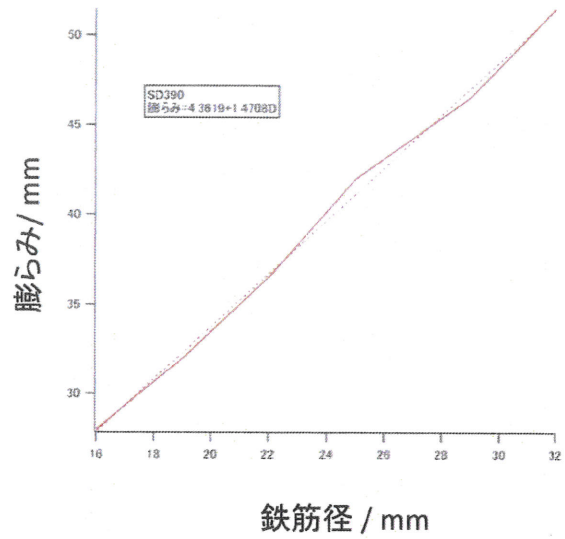
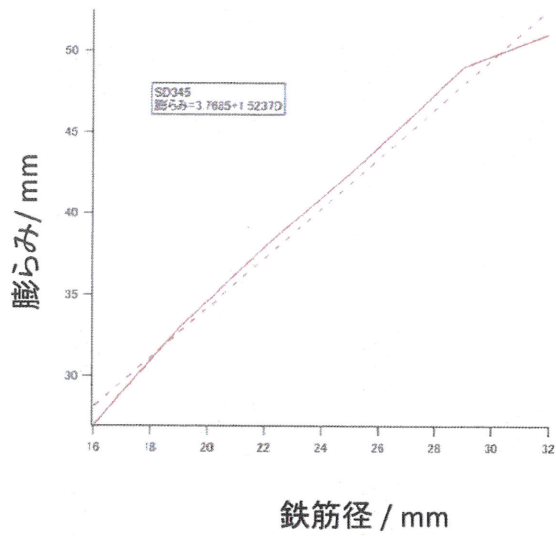


D32(SD345)の膨らみ例 (52 mm)

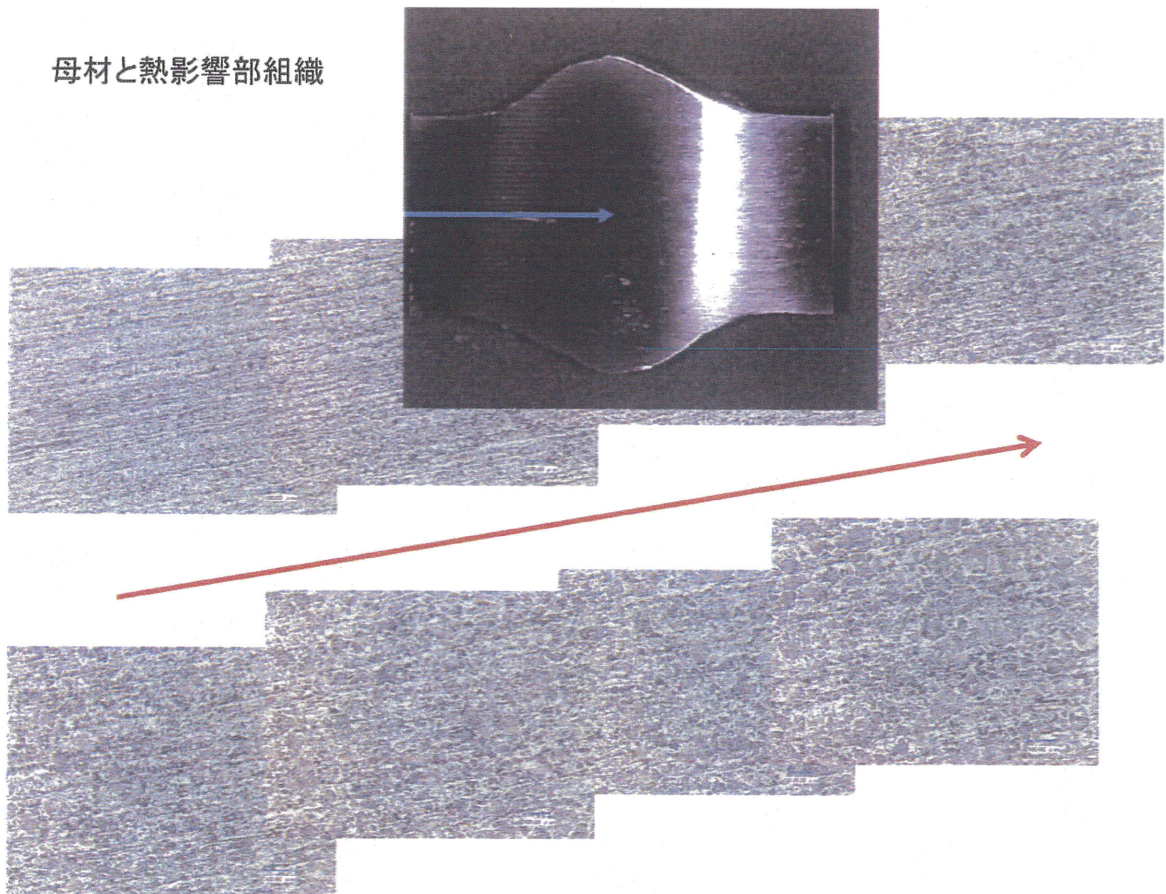




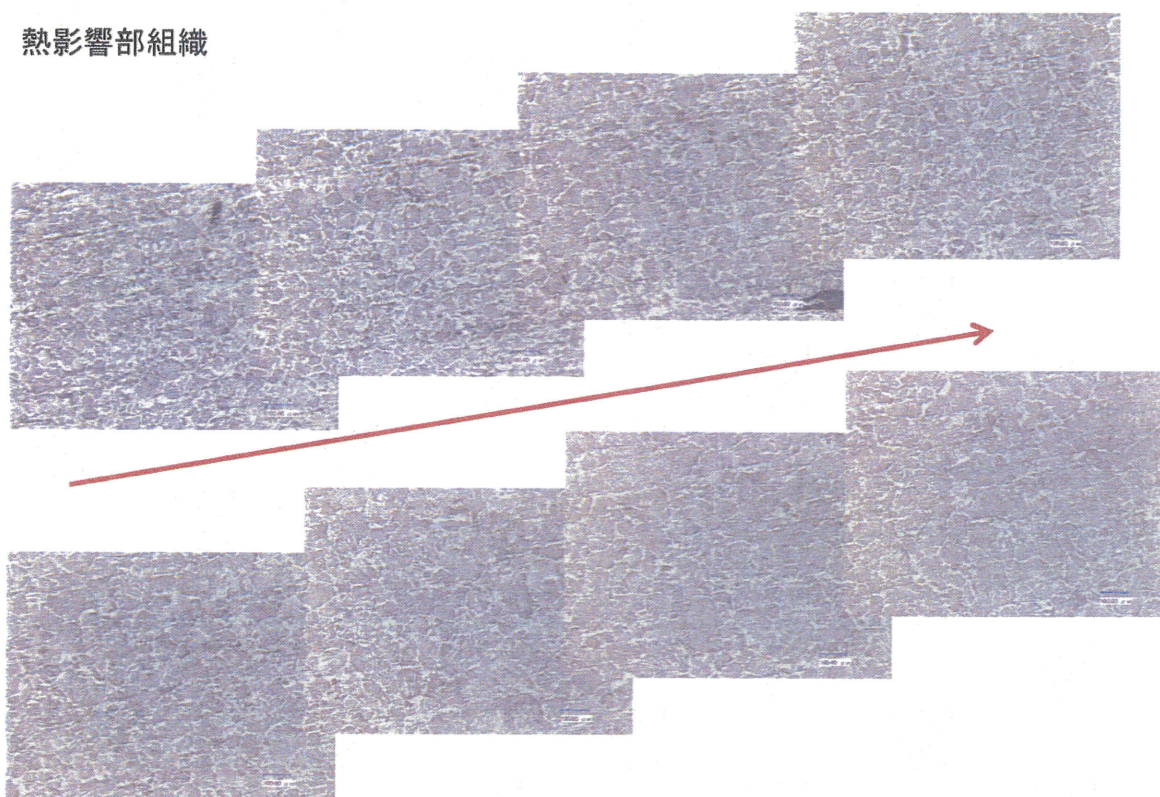
膨らみを線形に増加制御することにより、アプセット溶接可能



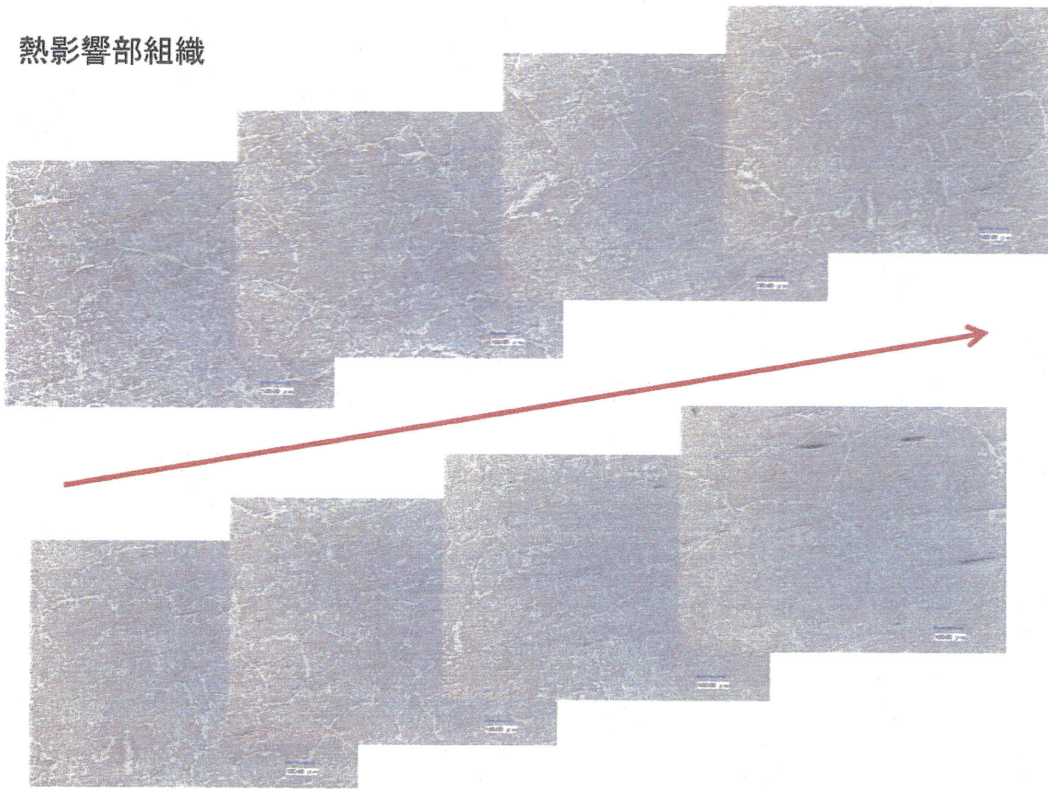
母材と熱影響部組織



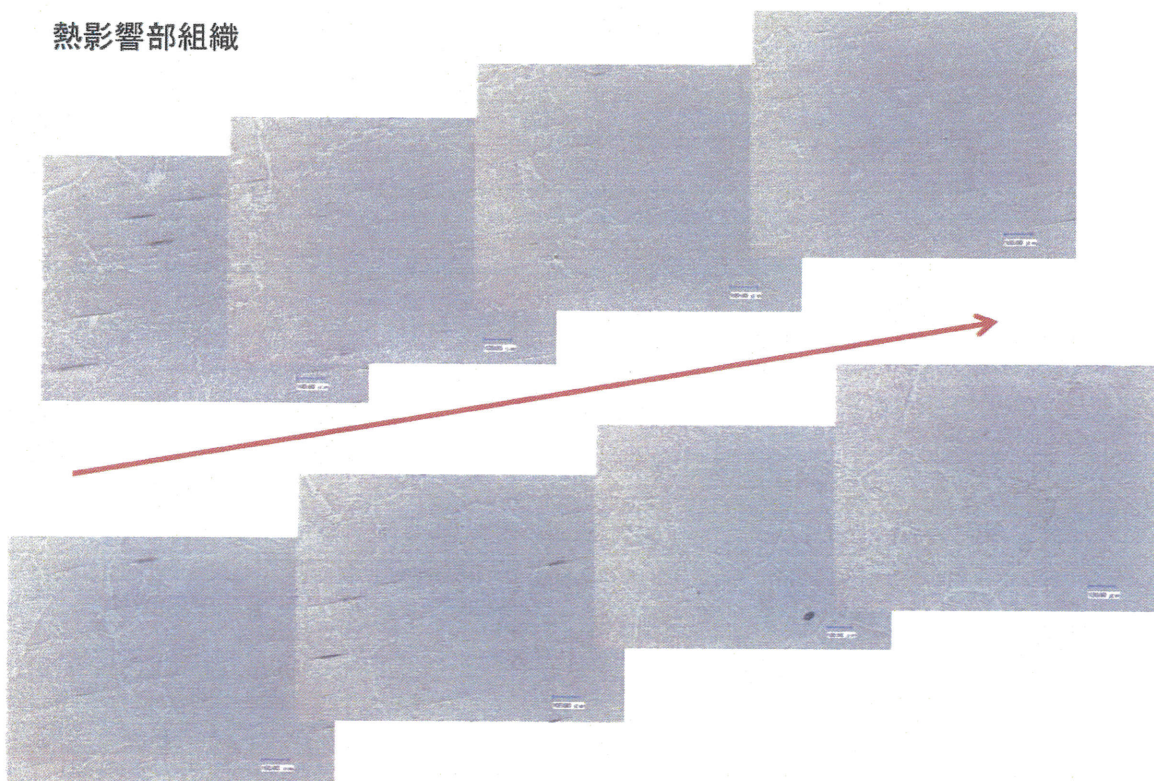
熱影響部組織



熱影響部組織



熱影響部組織



結論

- 1, 鉄筋径32mmまでの鉄筋(25,29 mmも含む)についても, 膨らみの制御(熱量条件, 加圧条件)を選択することにより, 現場または工場における抵抗バット溶接によって, 良好な溶接部が形成された溶接閉鎖型せん断補強筋が製作できることを確認した.
- 2, 膨らみの確保には, 溶接時間の調整等が有効
- 3, 熱量が不足した場合, 膨らみが不足, 未接合部が酸化し, 降伏点以下での破壊が引張軸に垂直に起こる.
- 4, 圧力が不足した場合, 膨らみが過剰になり, 酸化物生成し, 局部せん断型の破壊が起こる.
- 5, 熱影響部では粗粒が形成されるが, 遅い冷却速度によるパーライトリッチな組織が良好な機械的特性の源であるといえる.

一般社団法人 溶接学会 平成27年度 春季全国大会開催御通知

平成27年度春季全国大会講演会を下記のとおり開催いたしますので、ご案内申し上げます。

一般社団法人 溶 接 学 会

平成27年度 春季全国大会 日程表

日	時間	テ	マ	時間	テ	マ
4月22日 (水)	第1会場 (一橋講堂)			第2会場 (中会議場3+4)		
	10:30 } 11:45	アーク溶接 (I)		10:30 } 11:45	抵抗スポット溶接	
	13:00 } 14:00	特別講演 「都市インフラの現状と長寿命化」 山田健太郎 氏 名古屋大学 名誉教授・中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱ 顧問 (第1会場：一橋講堂)				
	14:15 } 17:00	シンポジウム 「都市インフラに貢献する接合・補修・評価技術」 (第1会場：一橋講堂)				
4月23日 (木)	第1会場 (一橋講堂)			第2会場 (中会議場3+4)		
	10:00 } 12:00	通常総会 (第1会場：学術総合センター 2階 一橋大学 一橋講堂)				
	13:00 } 17:00	フォーラム 「溶接・接合プロセスの 先進可視化・シミュレーション技術 一次代を拓くデジタル技術の最前線」 (第1会場：一橋講堂)		13:00 } 14:15	F S W (I)	
				14:30 } 15:30	F S W (II)	
15:45 } 17:00				F S W (III)		
4月24日 (金)	第1会場 (一橋講堂)			第2会場 (中会議場3+4)		
	10:30 } 11:30	溶接冶金 (I)		10:30 } 12:00	F S W (IV)	
	11:45 } 13:00	溶接冶金 (II)		12:15 } 13:30	摩擦接合プロセス	

第 3 日 (4月24日-金-)

第3会場 (中会議場2)			第4会場 (中会議場1)						
318	10:45 ～ 11:00	極薄板重鉛めっき鋼板用低 スラグ溶接プロセスの開発	神戸製鋼所 マツダ 神戸製鋼所	○宮田 実 田中 正顕 山崎 圭 鈴木 勲一	415	10:45 ～ 11:00	高周波誘導加熱と超音波加 振を用いた大気中でのアル ミニウム合金固相接合法の 開発	日本サーモニクス 山梨大学	○長田 智司 園家 啓嗣 中村 正信 杉本 知弘 唐沢 準
319	11:00 ～ 11:15	二電極溶接の高効率化に関 する研究	埼玉大学 日立建機	○王 維西 沼澤 敏和 山根 道徹 細谷 徹光 中嶋 徹光	416	11:00 ～ 11:15	電磁圧接で接近並列シーム 溶接されたアルミニウム薄 板接合部のエネルギー依存 性	都立工専	○相沢 友勝 松澤 和夫
320	11:15 ～ 11:30	電源出力変調による炭酸ガ スアーク溶接におけるビー ド形状の改善	愛媛大学	○小原 昌弘 村岡 典之 忽那 太裕	417	11:15 ～ 11:30	Interfacial strength evolu tion in low temperature steel-to-steel solid-state bonding	東京大学	○新井 将一 南部 純哉 井上 敏彦 小関 敏彦
	11:30 ～ 11:45	休 憩				11:30 ～ 11:45	休 憩		
アーク溶接 (III)			固相接合・界面現象 (II)						
座 長 茂 田 正 哉 (阪大)			座 長 松 坂 壮 太 (千葉大)						
321	11:45 ～ 12:00	マイクロ放電プロセスに関 する研究	大阪大学	○山下 準 朴 ミンゴン 平田 好則	418	11:45 ～ 12:00	ホットスタンプ工程を活用 した面ろう付継手の強度特 性 (第2報)	新日鐵住金	○鏡谷 佑 西畑ひとみ 児玉 真二 泰山 正則
322	12:00 ～ 12:15	溶接アークの多方向同時三 次元分光計測 (第2報)	大阪大学	○三村 晃平 片岡耕太郎 野村 和史 平田 好則	419	12:00 ～ 12:15	太径せん断補強筋のアプセ ット溶接に関する研究	阪大接合研 恵信工業 関西法律特許事務所	○田中 学 寺崎 秀紀 林 義信 井上 裕史
323	12:15 ～ 12:30	粒子法を用いた溶融池の3 次元数値解析	IHI	○佐宗 駿	420	12:15 ～ 12:30	加熱工具と熱風を利用した 高分子材料のハイブリッド 接合	西日本工大 熊本県立技短大 熊本大学 茨城大学	○中村 賢治 里中 忍 松永 佳樹 黒永 昌弘 岩本 知広
324	12:30 ～ 12:45	継手形状・溶接姿勢を考慮 した3次元溶融池モデル	大阪大学	○荻野 陽輔 平田 好則	421	12:30 ～ 12:45	Siペースト塗布による炭化 ケイ素の低温接合	阪大接合研	○小濱 和之 伊藤 和博 寺田 俊一 桐原 聡秀
325	12:45 ～ 13:00	MIG溶接におけるフィンガ ー溶け込み形状再現のため の線状分布熱源の開発	阪大接合研 大阪大学(関大ハナ) 大阪大学	○芹澤 久 吉山 花夢 宮坂 史和					