

第4章 角形鋼管と通しダイアフラム接合部における 開先角度と初層溶接条件に関する検討

4.1 はじめに

直線の試験体を用いた初層溶接実験結果から、裏当金方式のレ形開先においては、拘束度が高いほど高温割れが発生しやすいことと、狭開先溶接において振り子状のウィーピングが適用可能であることなどが分かった。本章では、これら結果を踏まえ、最もロボット溶接が盛んに用いられている角形鋼管と通しダイアフラム接合部における最適な開先角度と溶接条件の組合せを見つけるために、同継手を模擬した試験体を用いて溶接実験を行う。

4.2 本実験の概要

組み合わせる施工条件パラメータは、直線継手での実験同様、開先角度 20 度/25 度/30 度の 3 種に対して、のど厚 4mm/7mm/10mm の 3 種、溶接電流 250A/280A/310A の 3 種の計 27 種の組合せを各 1 継手ずつとし、1 パス目のみを溶接した場合の開先収縮量、溶込み深さ、溶込み形状、高温割れ発生有無を確認した。ウィーピングには振り角度 3 度の振り子ウィーピングを用い、ウィーピング幅はルートギャップに対して 2mm 狭くし、ウィーピング周波数は 2Hz とした。実験パラメータの一覧を表 4-1 に示す。

試験体形状および断面マクロ試験片採取位置を図 4-1 に示す。試験体は板厚 16mm 外径 250mm 口の角形鋼管を用い、収縮量を測定しやすくするため、通しダイアフラムを挟んで左右に 2 継手を設け、一方の継手を溶接した後、各寸法を測定し、他方の継手の溶接を行う際は、完全に常温まで冷却されていることを確認してから溶接をおこなった。供試鋼材は、角形鋼管に BCR295 を用い、通しダイアフラムおよび裏当金には SN490B を使用した。供試鋼材の化学組成を表 4-2 に示す。

実験装置も、直線継手での実験と同じ溶接ロボット、インバータ制御式直流電源を用い、シールドノズルは、開先角度に関わらず内径 16mm ϕ に加工したものを使用し、ワイヤ突き出し長さ 25mm、ノズル-母材間距離 37mm とした。また、シールドガスとして建築鉄骨溶接分野において最も用いられている炭酸ガス (流量:25 l /min) を使用し、溶接ワイヤはソリッドワイヤ/ワイヤ径 1.2mm ϕ /YGW18 を用いた。

実験結果の確認として、開先の収縮量は、図 4-2 に示したように溶接前後において予め試験体上にけがいた位置をノギスにて測定し、その差を収縮量とした。溶込み深さおよび溶込み形状は図 3-3 に示すように、断面マクロ試験片からビード高さ (H)、ビード幅 (W)、立板と裏当て金の交差部を基点として縦方向の溶込み深さ (d)、立板側の水平方向の溶込み深さ (s) を実測した。高温割れの発生有無についても同断面マクロ試験片にて確認した。

表4-1 実験パラメータ一覧

実験パラメータ		
溶接板厚		16mm
ルートギャップ		4mm (最小値)
実験パラメータ	開先角度	30度 / 25度 / 20度
	ビードのど厚	4mm / 7mm / 10mm
	溶接電流	250A / 280A / 310A
その他	ウィーピング条件	<ul style="list-style-type: none"> ● 振り子ウィーピング(振り角度 3度) ● ウィーピング幅 2mm(ルートギャップに対して-2mm) ● ウィーピング回数 2Hz
	アーク電圧	● 各溶接電流に対する適正值を使用
	溶接速度	● 各溶接電流におけるワイヤ送り量および溶着効率からビードのど厚を満足する値を使用

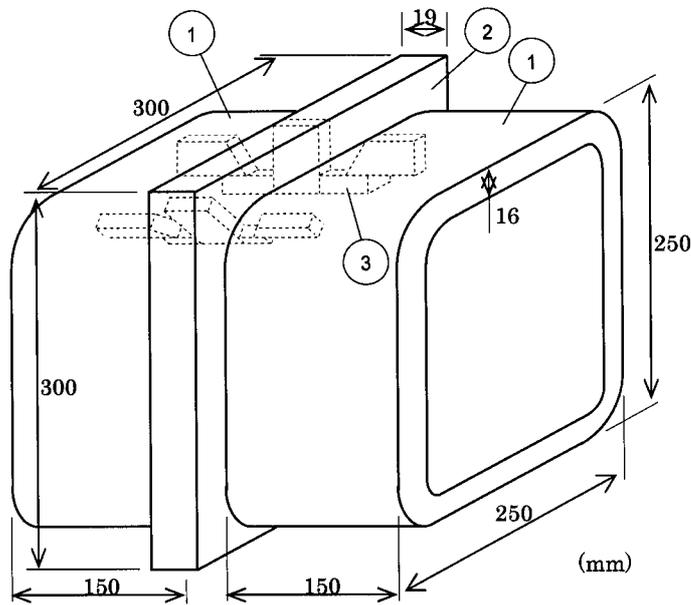


図 4-1 試験体形状および断面マクロ試験片採取位置

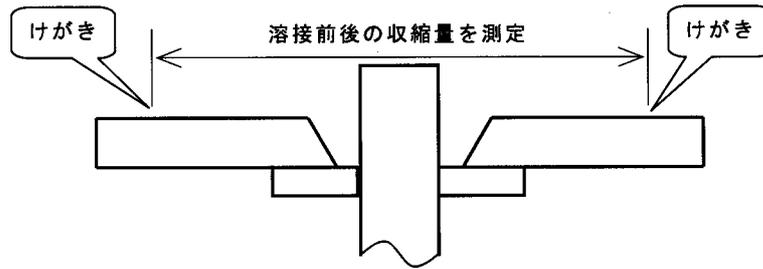


図 4-2 収縮量測定位置

表4-2 供試鋼材の機械的性能と化学成分 (ミルシートより)

部材	鋼種	引張試験			化学成分(wt%)								
		引張強さ	0.2%耐力	伸び	C	Si	Mn	Mo	Ni	Cr	V	P	S
		N/mm ²	N/mm ²	%	×100%								×1000%
①角形鋼管	BCR295	483	427	37	9	18	59	0	2	2	0	21	5
②ダイヤフラム	SN490C	534	352	27	17	29	139	0.3	1. 5	2. 3	3. 8	11	3
③裏当金	SN490B	533	351	22	15	29	118	2	7	17	1	24	12

4. 3 実験結果

各試験条件の組合せ、および実験結果の一覧を、表 4-3、表 4-4、断面マクロ写真を図 4-3～図 4-8 に示す。また、割れ発生を確認した組合せの断面マクロの拡大写真を図 4-9 に示す。いずれも左右から凝固が進んだ柱状晶がぶつかったビード中央に発生しており、代表的な高温割れの 1 つである縦割れもしくはなし形割れと推測する³⁵⁾³⁸⁾。なお、試験 No. 11 の直線部と試験 No. 21 のコーナ部については、発生箇所は他と同様だが、非常に小さく写真では確認しづらいが、現物にて確認した。

表4-3 角形鋼管の直線部の初層溶接条件組合せと試験結果

溶接条件 No.	確認部位	開先角度 (deg)	目標のど厚 (mm)	溶接電流 (A)	アーク電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	入熱 (kJ/cm)	収縮量 (mm)	溶込み形状係数 (H/W)	高温割れ有無	溶込み深さ(s) (mm)	溶込み深さ (d) (mm)
1	直線部	30	4	250	29.8	54.6	8.2	0.19	1.02	なし	1.7	2.4
2				280	32.0	63.3	8.5	0.17	0.91	なし	1.8	2.6
3				310	34.1	72.8	8.7	0.19	1.03	あり	2.1	2.5
4			7	250	29.8	26.7	16.7	0.13	1.07	なし	1.5	1.5
5				280	32.0	31.0	17.3	0.12	1.16	なし	1.9	2.2
6				310	34.1	35.6	17.8	0.18	1.13	なし	1.8	2.3
7			10	250	29.8	16.3	27.4	0.16	1.16	なし	0.7	0.7
8				280	32.0	18.9	28.4	0.39	1.12	なし	1.5	1.6
9				310	34.1	21.8	29.1	0.31	1.23	なし	3.4	2.9
10		25	4	250	29.8	57.1	7.8	0.12	0.99	なし	1.2	1.8
11				280	32.0	66.2	8.1	0.13	1.02	あり	1.3	1.8
12				310	34.1	76.1	8.3	0.13	1.02	あり	1.4	2.5
13			7	250	29.8	28.6	15.6	0.17	1.18	なし	1.5	1.5
14				280	32.0	33.1	16.2	0.16	1.17	なし	1.5	2.3
15				310	34.1	38.1	16.6	0.17	1.17	なし	1.7	2.5
16			10	250	29.8	17.8	25.1	0.23	1.21	なし	1.0	0.9
17				280	32.0	20.6	26.1	0.24	1.18	なし	1.5	1.3
18				310	34.1	23.7	26.8	0.25	1.41	なし	3.1	2.6
19		20	4	250	29.8	59.6	7.5	0.13	0.93	なし	1.4	1.9
20				280	32.0	69.1	7.8	0.12	0.92	なし	2.2	2.6
21				310	34.1	79.4	8.0	0.11	1.03	あり	1.1	2.1
22			7	250	29.8	30.5	14.7	0.13	1.12	なし	1.3	1.6
23				280	32.0	35.4	15.2	0.15	1.22	なし	1.4	2.2
24				310	34.1	40.6	15.6	0.18	1.18	なし	2.0	2.6
25			10	250	29.8	19.3	23.2	0.26	1.28	なし	1.1	1.1
26				280	32.0	22.4	24.0	0.19	1.21	なし	1.3	1.6
27				310	34.1	25.8	24.6	0.25	1.30	なし	2.9	1.9

表4-4 角形鋼管のコーナ部の初層溶接条件組合せと試験結果

溶接条件 No.	確認部位	開先角度 (deg)	目標のど厚 (mm)	溶接電流 (A)	アーク電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	入熱 (kJ/cm)	収縮量 (mm)	溶込み形状係数 (H/W)	高温割れ有無	溶込み深さ(s) (mm)	溶込み深さ(d) (mm)
1	コーナ部	30	4	250	29.8	49.0	9.1	0.13	1.21	なし	1.8	2.4
2				280	32.0	56.9	9.4	0.23	1.25	なし	1.7	2.3
3				310	34.1	65.4	9.7	0.10	1.32	なし	2.4	3.1
4			7	250	29.8	22.2	20.1	0.14	1.29	なし	1.6	1.5
5				280	32.0	25.7	20.9	0.20	1.22	なし	2.0	2.3
6				310	34.1	29.5	21.5	0.13	1.24	なし	2.3	2.4
7			10	250	29.8	13.5	33.1	0.22	1.26	なし	-0.2	-0.1
8				280	32.0	14.6	36.8	0.21	1.33	なし	1.8	1.5
9				310	34.1	16.7	38.0	0.23	1.40	なし	2.5	1.0
10		25	4	250	29.8	51.3	8.7	0.13	1.20	なし	-0.2	-0.1
11				280	32.0	59.4	9.1	0.13	1.12	なし	2.0	2.7
12				310	34.1	68.4	9.3	0.12	1.36	なし	2.6	3.4
13			7	250	29.8	23.7	18.9	0.16	1.38	なし	1.8	2.3
14				280	32.0	27.5	19.5	0.14	1.39	なし	1.9	2.4
15				310	34.1	31.7	20.0	0.25	1.29	なし	2.1	2.9
16			10	250	29.8	13.7	32.6	0.20	1.29	なし	0.7	0.5
17				280	32.0	15.9	33.8	0.19	1.33	なし	1.1	0.9
18				310	34.1	18.3	34.7	0.20	1.43	なし	3.1	3.0
19		20	4	250	29.8	53.6	8.3	0.14	1.24	なし	1.6	2.5
20				280	32.0	62.2	8.6	0.10	1.22	なし	1.9	3.1
21				310	34.1	71.5	8.9	0.13	1.29	あり	2.2	2.6
22			7	250	29.8	25.4	17.6	0.18	1.16	なし	0.9	1.2
23				280	32.0	29.5	18.2	0.21	1.29	なし	1.7	1.9
24				310	34.1	33.9	18.7	0.18	1.36	なし	2.5	3.2
25			10	250	29.8	15.0	29.8	0.25	1.34	なし	0.7	0.5
26				280	32.0	17.4	30.9	0.17	1.49	なし	0.8	0.9
27				310	34.1	20.0	31.7	0.22	1.35	あり	3.2	1.6

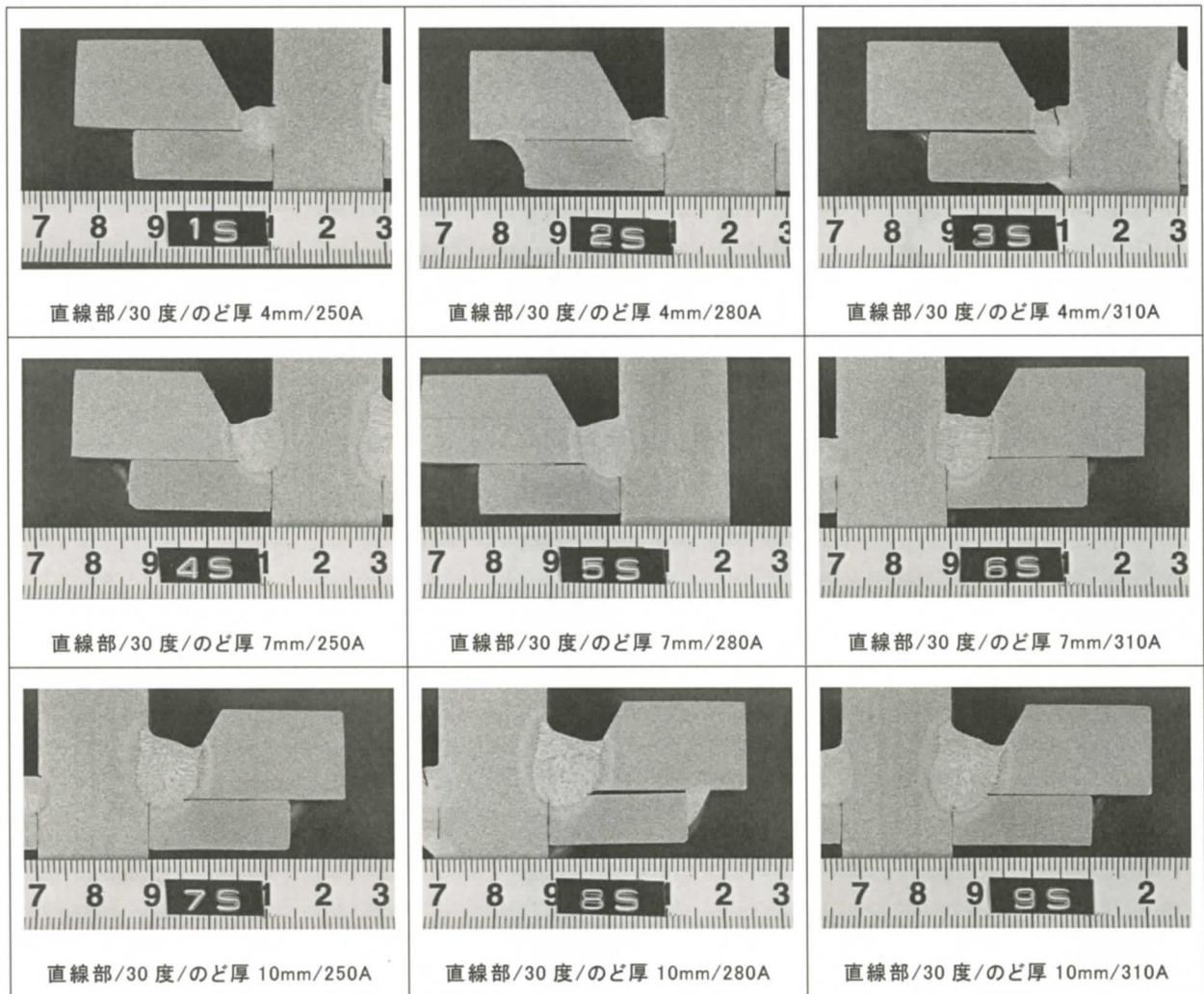


図 4-3 直線部の断面マクロ写真（開先角度 30 度）

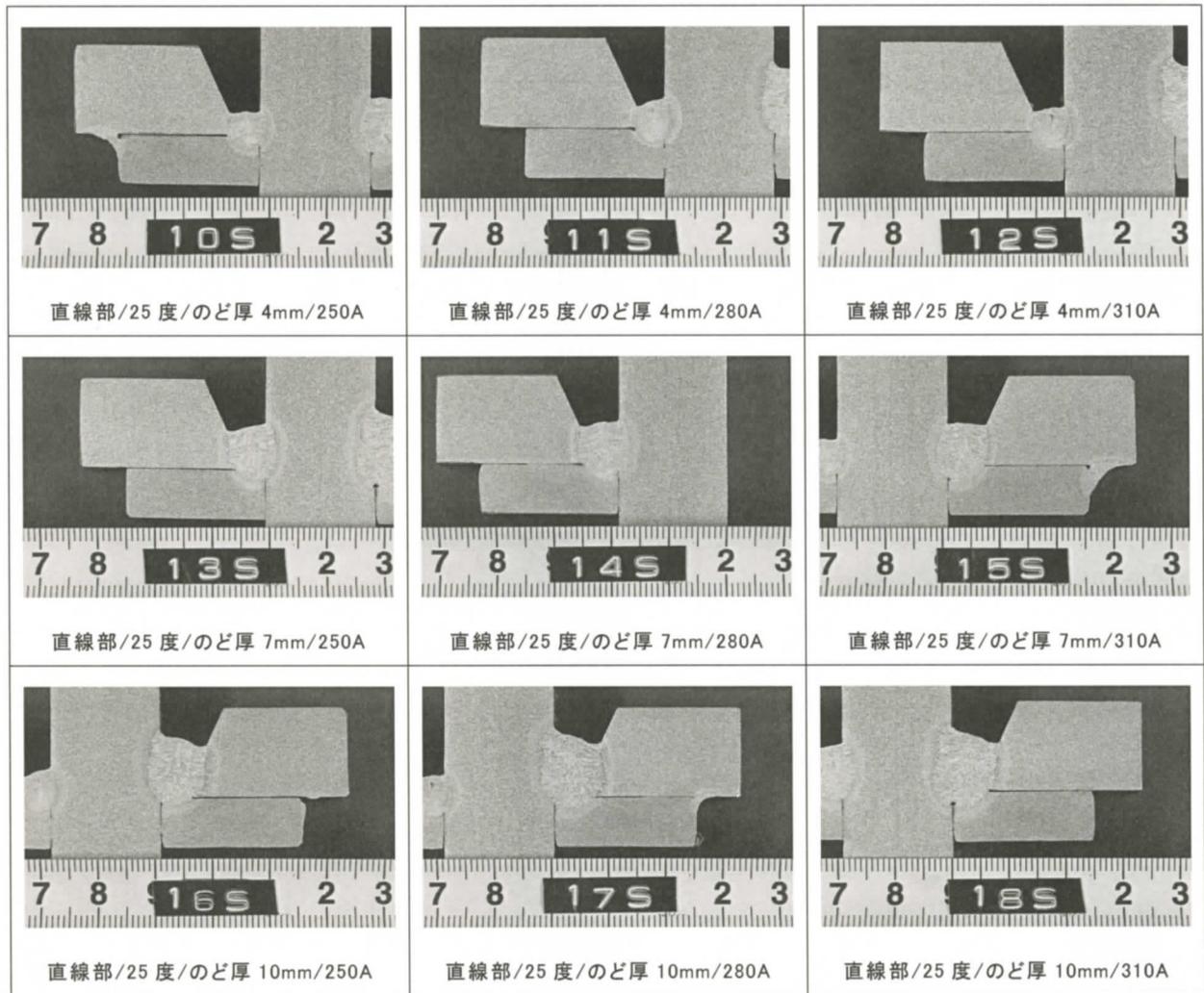


図 4-4 直線部の断面マクロ写真 (開先角度 25 度)

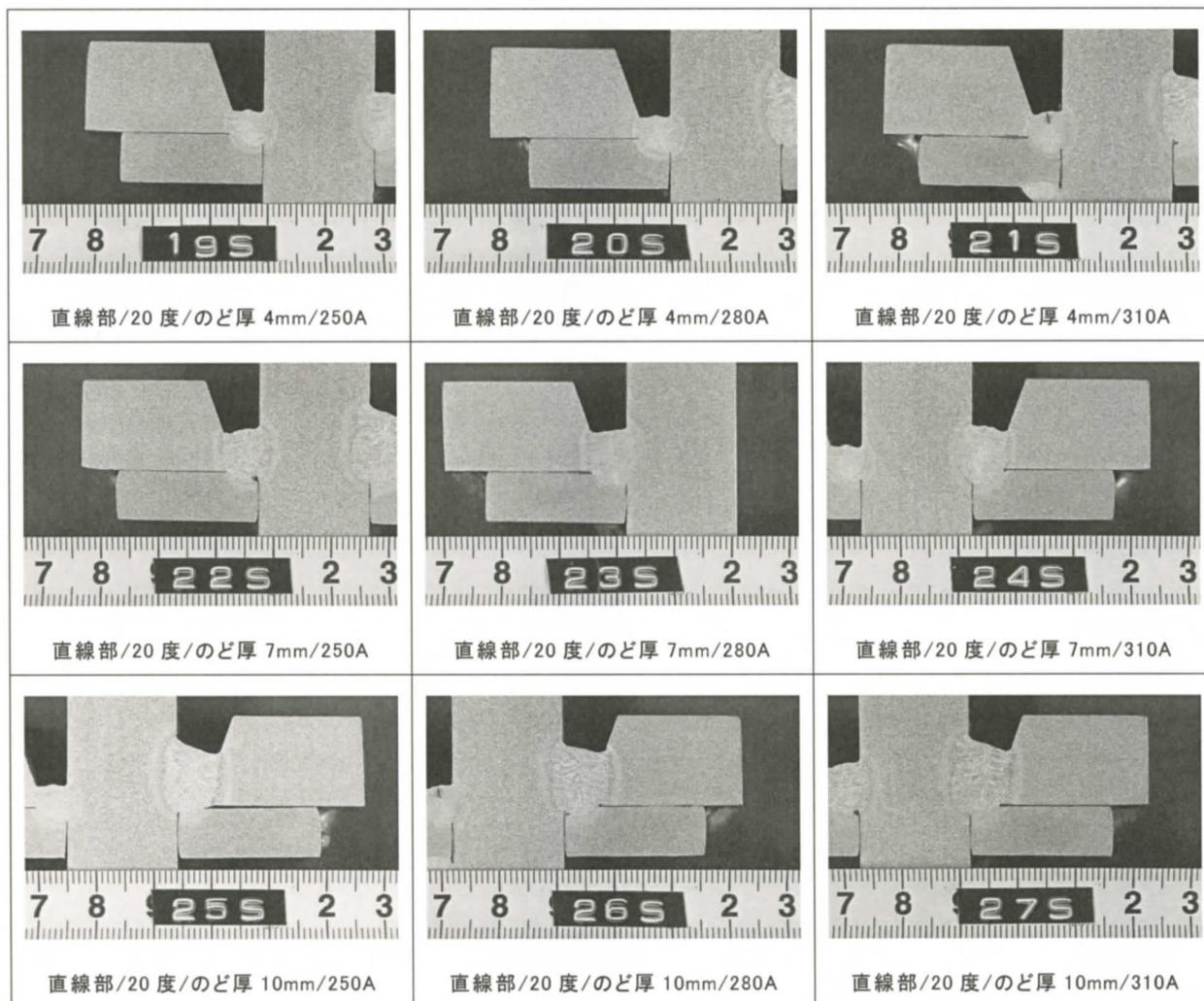


図 4-5 直線部の断面マクロ写真（開先角度 20 度）

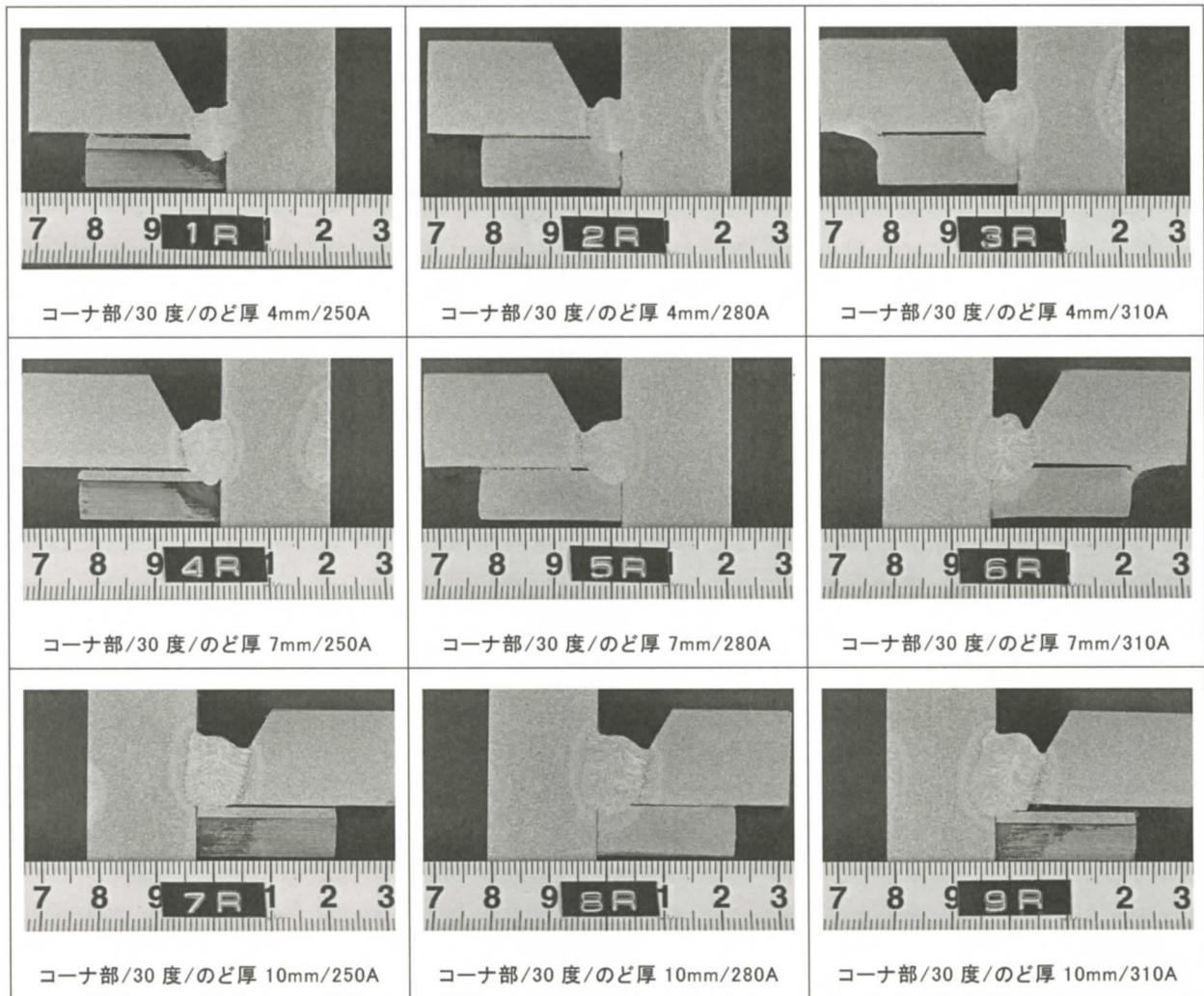


図 4-6 コーナ部の断面マクロ写真（開先角度 30 度）

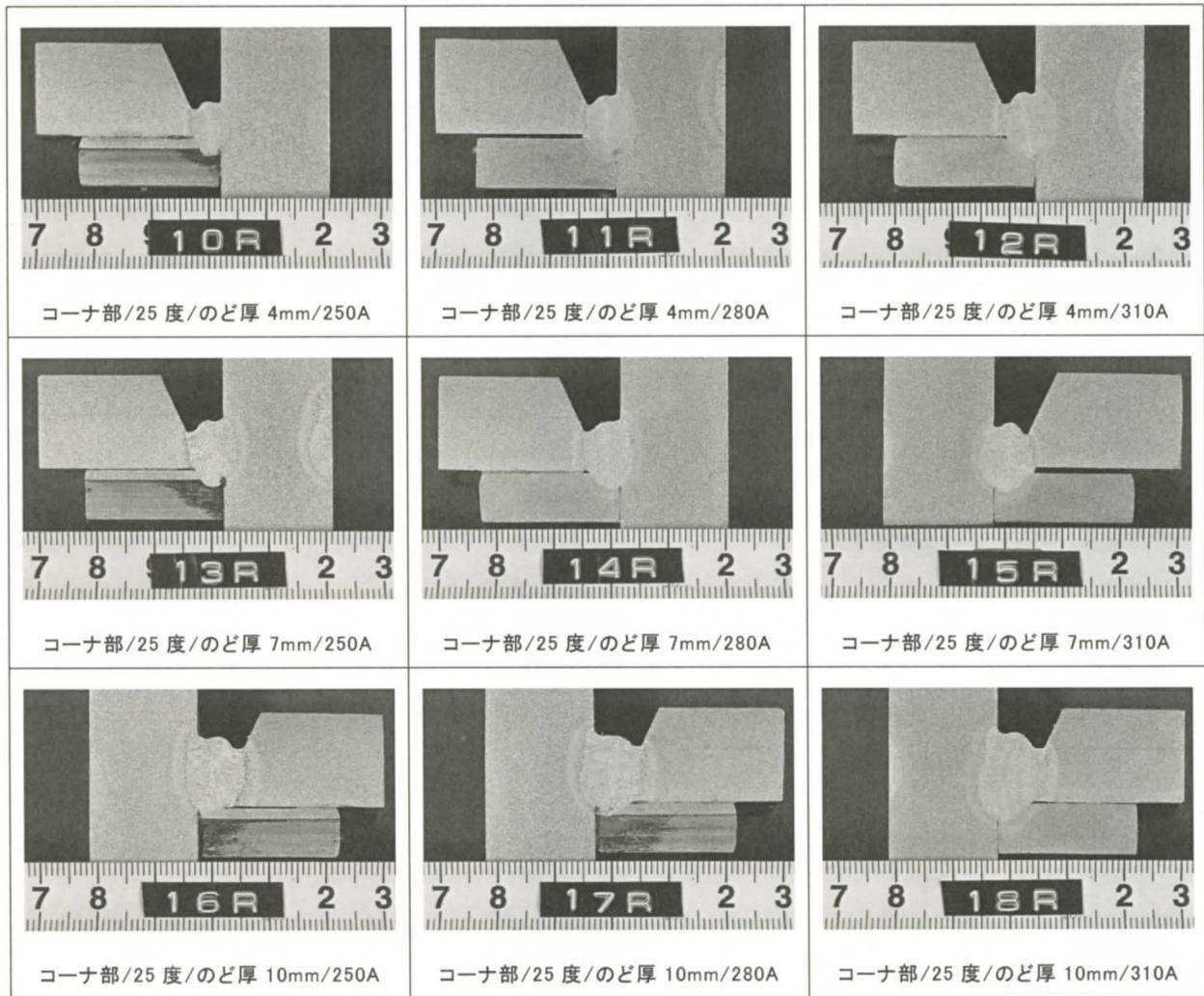


図 4-7 コーナ部の断面マクロ写真（開先角度 25 度）

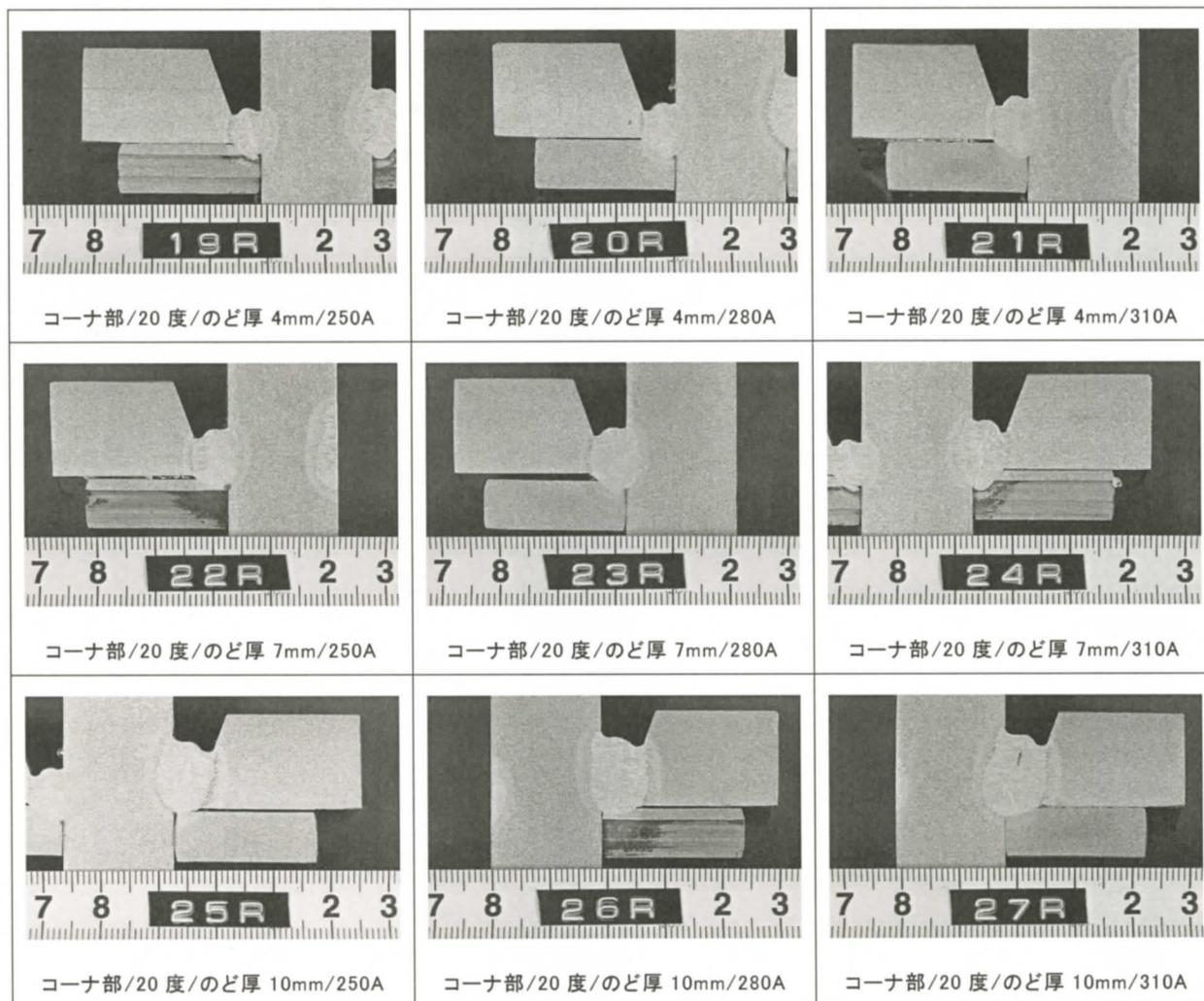


図 4-8 コーナ部の断面マクロ写真（開先角度 20 度）

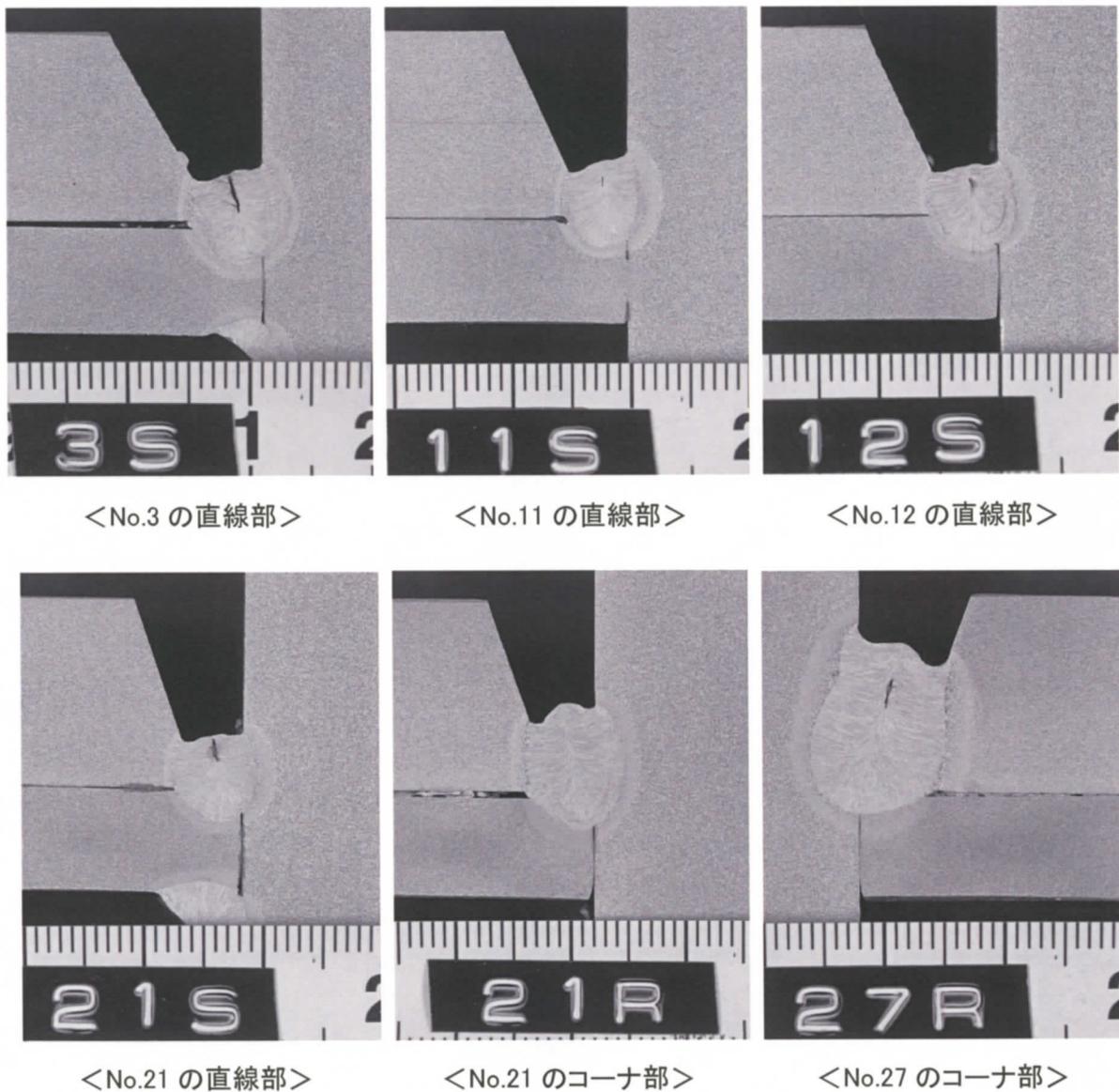


図 4-9 割れが発生した試験体の断面マクロ拡大写真

4. 4 考察

4. 4. 1 のど厚と溶接電流に対する高温割れ発生状況

図 4-10、図 4-11 は、直線部およびコーナ部の開先角度毎ののど厚と溶接電流に対する高温割れの状況を示したものである。この図から角形鋼管と通しダイヤフラム接合部の溶接においても先に行った直線の試験体同様、のど厚が大きく溶接電流の低い条件の方が割れ難いことが分かる。また、のど厚 4mm/溶接電流 310A の組合せでは開先角度に関わらず

直線部にて割れが発生したが、拘束度を高めた直線の試験体の実験結果（図 3-9）と比較すると、その発生状況は減少しており、少なくともものど厚 7mm 以上の条件範囲においては、表 3-10 で推測したように角形鋼管と通しダイアフラム接合部は直線の試験体と比べて高温割れ発生観点で有利であることが実験からも確認できた。

さらに、直線部とコーナ部の違いとして、コーナ部では開先角度 25 度以上で割れは発生しておらず、角形鋼管と通しダイアフラム接合部の溶接で懸念されるコーナ部についても、表 3-10 で推測したように直線部よりも割れは生じにくいことが確認できた。

ただし、開先角度 20 度については比較的有利と思われるものど厚 10mm において割れが発生しており、角形鋼管での溶接においても不安定さが見られる。

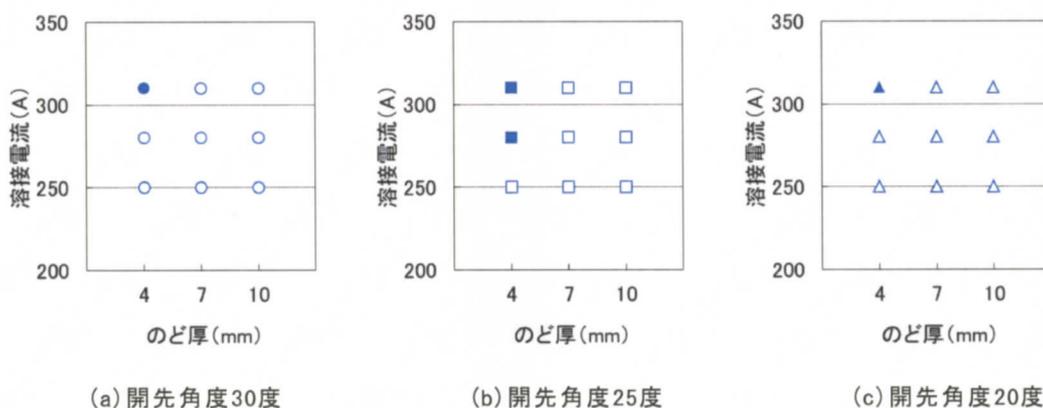


図 4-10 直線部の開先角度毎のものど厚と溶接電流に対する割れ発生状況

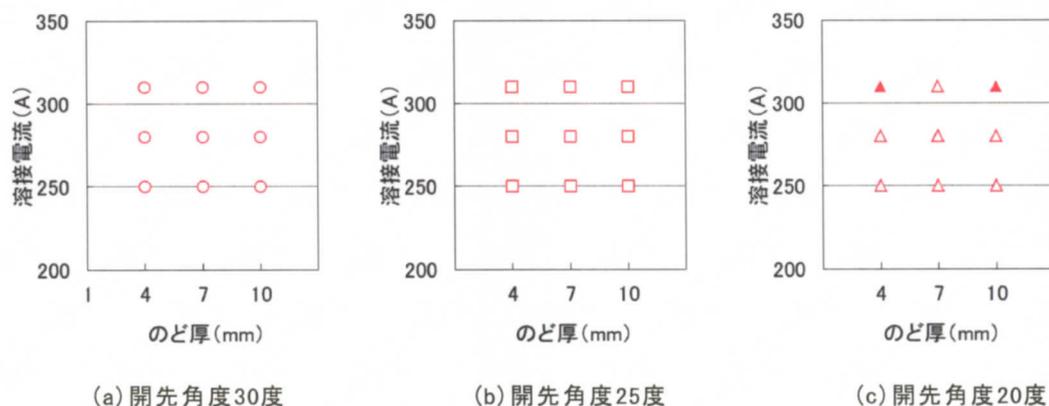


図 4-11 コーナ部の開先角度毎のものど厚と溶接電流に対する割れ発生状況

4. 4. 2 角形鋼管と通しダイアフラム接合部の溶接における溶接条件

図 4-12 は溶接速度に対する裏当金への深さ方向への溶込みと高温割れの関係を開先化角度およびのど厚別に示したものである。直線部では溶接速度 35~40cm/min 程度まで、コーナ部では溶接速度 30cm/min 程度までは溶接速度が速くなるほど溶込みは安定して深く得られている。これは速度が速くなるにつれ、溶融プールに対してアーク点が先行するようになり、母材へ直接的にアークが発生しやすくなるためと思われ、今回の開先幅に対しては 30cm/min~40cm/min 程度の間にアーク先行状態が安定し、溶込み深さ(d)も頭打ちになったと考える。コーナ部では速い速度においても直線部と比べて溶込み深さにばらつきがあるが、これはコーナ部においては溶融プールが溶接線前後に流れやすく不安定になるため、アーク点付近の溶融プールの厚みの変化により溶込み深さ(d)にもばらつきが生じたと考える。つまり、アーク点に対して溶融プールが先行したケースにおいては溶込みが浅くなり、逆にアークが先行する状況においては直線部と比べても溶込みが深くなっているものと推測され³⁹⁾、施工上、注意が必要な点と考える。

溶接速度の適正範囲は、溶込み深さの観点では溶接速度が速い方が優位と言えるが、一方で、溶接速度が速くなると高温割れが発生しやすくなっており、角形鋼管と通しダイアフラム接合部においても、割れが発生しない溶接速度には上限があると思われる。図 4-13 は開先角度と溶接速度に対する高温割れ発生とのど厚別に示したものであるが、この図からルートギャップ 4mm の開先角度 25 度以上においては、溶接速度 60cm/min 程度までが適用可能と言える。拘束度の強い直線の試験体での実験結果では、開先角度 25 度は 40cm/min 以下でも割れが発生していたが、角形鋼管と通しダイアフラム接合部の溶接では大幅な改善が見られ、溶接速度範囲の点からも拘束度が小さいことの優位性が見られる。

図 4-14 は、開先角度毎の直線部およびコーナ部における溶接電流に対する裏当金への溶込み深さ(d)と高温割れとのど厚別に示したものである。直線部/コーナ部とも高電流ほど溶込みは深くなる傾向があり、のど厚が大きいほど溶込みが浅くなる傾向となっている。

図 4-15 は、直線部およびコーナ部の開先角度に対する溶込み深さ(d)と高温割れとのど厚別に示したものであるが、溶込み深さ(d)は開先角度には直接依存していないことが分かる。また、図 4-16 はのど厚に対する溶込み深さ(d)と高温割れとのど厚別に示したものであるが、のど厚 10mm では溶込み深さ(d)にばらつきが大きく、その要因は溶接電流に起因していることが分かる。しかし、のど厚が小さくなると溶接電流による違いは小さくなっている。溶込み深さを確保するためにはのど厚が小さい方が良いが、のど厚が大きくても溶接電流を高くすることで溶込みを深くできることが分かり、今回の組合せにおいてはのど厚 7mm が最も適当と思われる。

図 4-17 および図 4-18 はいずれも入熱量に対する溶込み深さと高温割れ発生とのど厚別に示したもので、前者はのど厚別、後者は溶接電流別に識別している。図 4-17 から溶込み深さ

を確保するためには入熱を下げる必要がある一方で高温割れが発生しやすくなっていることが分かるが、図 4-18 から入熱が高い場合でも、溶接電流を高く保つことで比較的深い溶込みが得られることが分かる。

以上から、角形鋼管と通しダイアフラム接合部においても、直線の試験体から得られた知見と同じ傾向の結果が得られること、比較的拘束度の小さい継手として考えてよいことが分かった。今回の試験体および条件パラメータの組合せにおいて、溶込み深さを確保しつつ割れを発生させない溶接条件は、開先角度 25 度以上、溶接電流 280A~310A、溶接速度 30cm/min~60cm/min であり、このときののど厚は 7mm 程度が望ましい結果となった。

しかし、先にも触れたように開先角度 20 度では、開先角度 25 度以上では割れが発生しにくいと思われるのど厚 10mm/低速域においても高温割れが発生した。図 4-19 はのど厚 10mm のときのコーナ部における開先角度 25 度と開先角度 20 度の断面マクロを拡大したものであるが、開先角度 25 度では柱状晶が中央に向かうにつれ上方に向きを変えているのに対し、開先角度 20 度の割れ発生部ではビード中央まで左右が直線的に対向していることが分かる。また、溶込み形状においても開先角度 20 度では下部が大きく膨らんだようになり、開先角度の違いが凝固方向に影響を与えているもの考える。このことから開先角度 20 度と開先角度 25 度の間で割れ発生状況に差が生じたものと考え⁴⁰⁾。

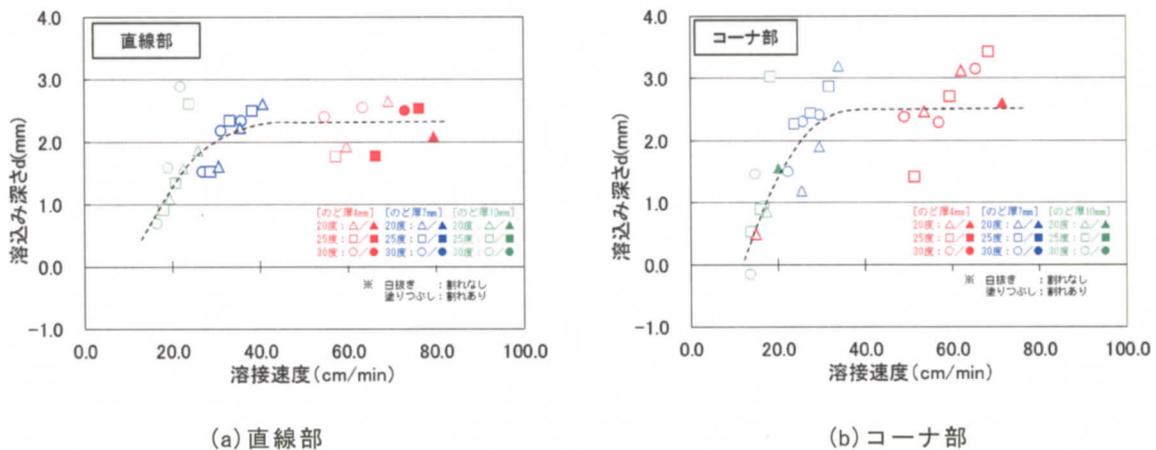
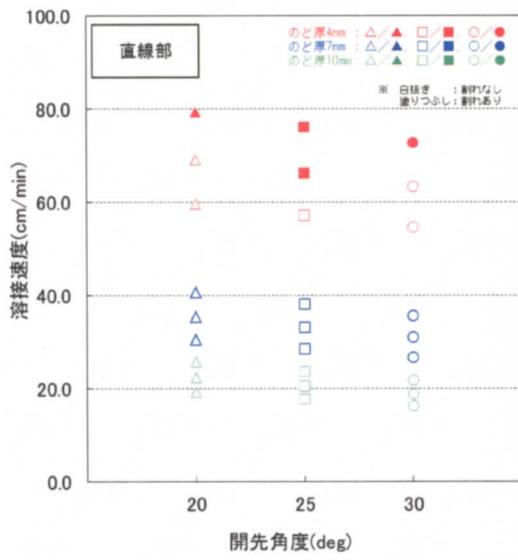
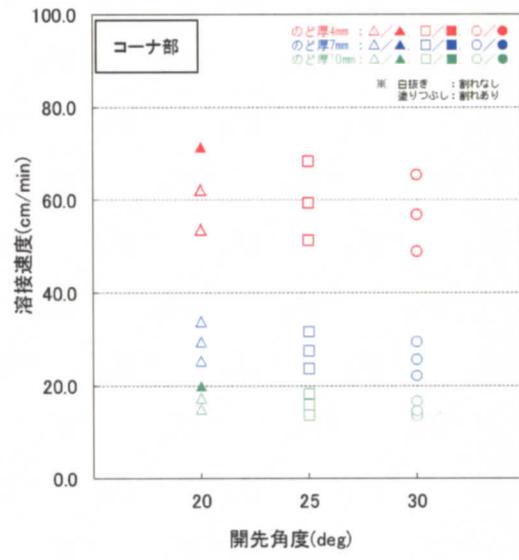


図 4-12 溶接速度に対する溶込み深さ(d)と割れ発生状況

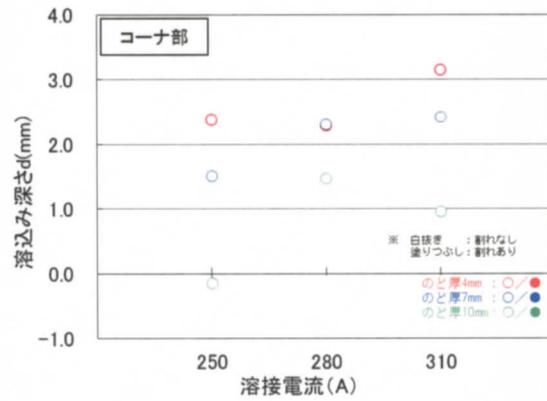
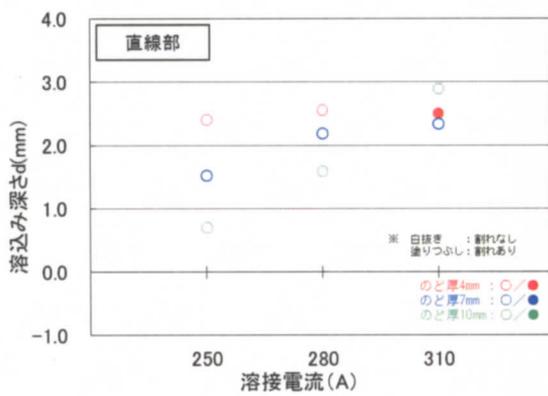


(a) 直線部

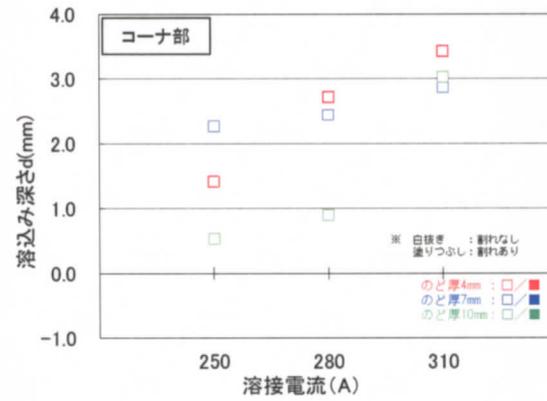
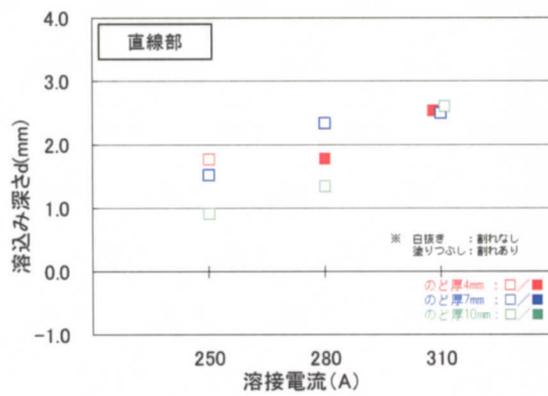


(b) コーナ部

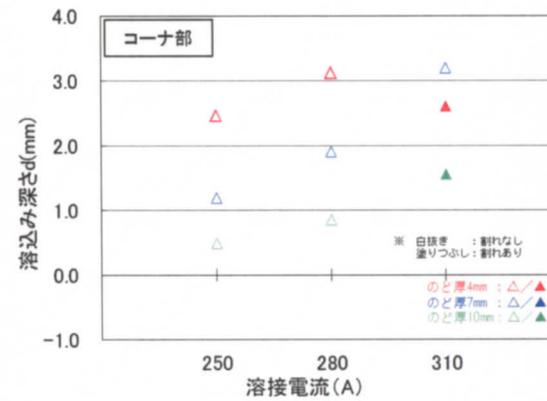
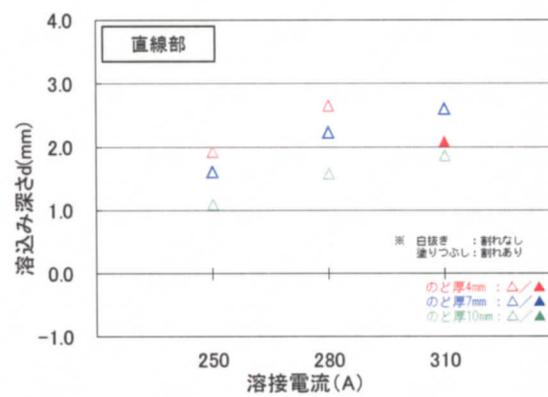
図 4-13 開先角度と溶接速度に対する割れ発生状況



(a) 開先角度 30 度

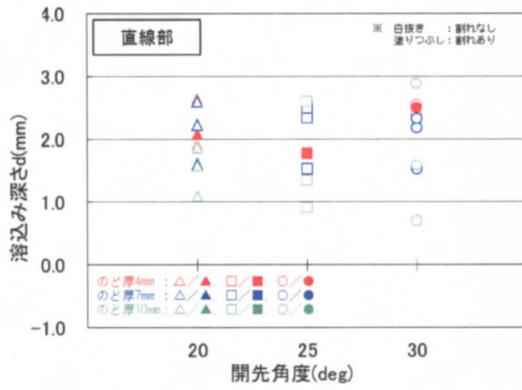


(b) 開先角度 25 度

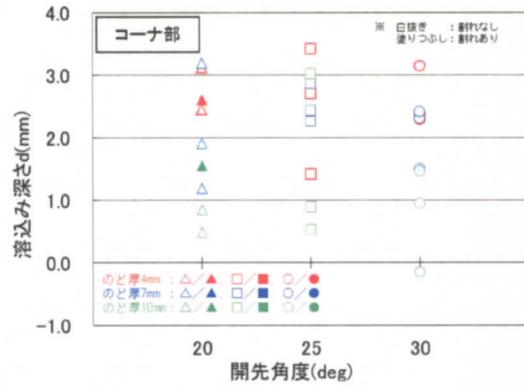


(c) 開先角度 20 度

図 4-14 溶接電流に対する溶込み深さ(d)と割れ発生状況

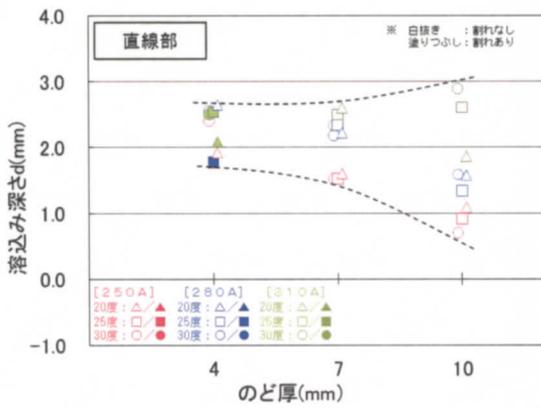


(a) 直線部

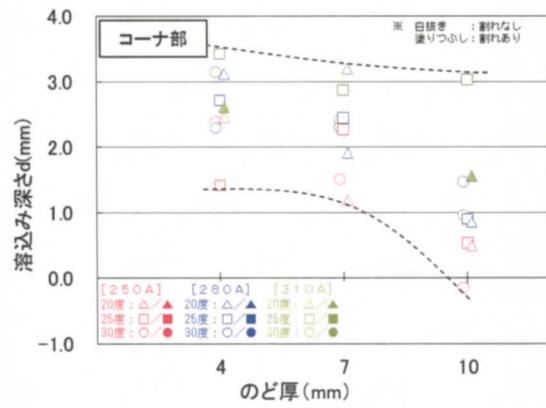


(b) コーナ部

図 4-15 開先角度に対する溶込み深さ(d)と割れ発生状況



(a) 直線部



(b) コーナ部

図 4-16 のど厚に対する溶込み深さ(d)と割れ発生状況

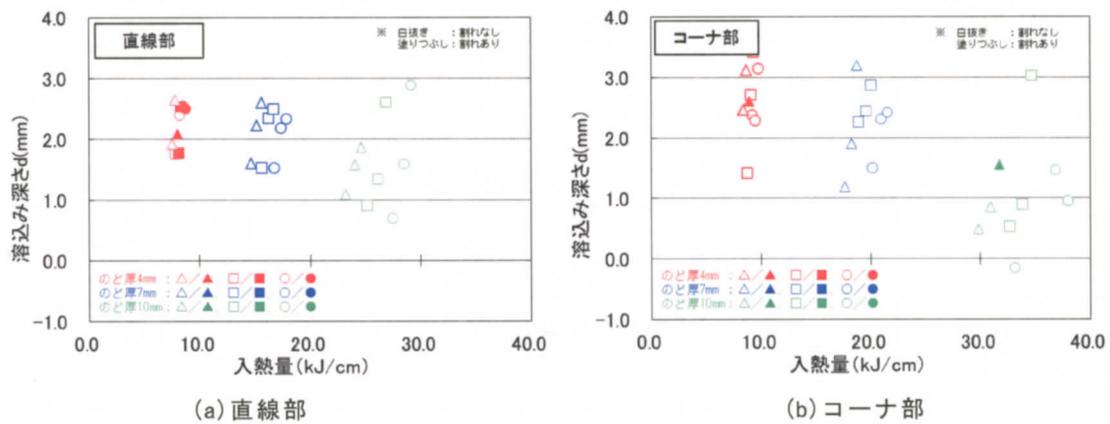


図 4-17 のど厚別の入熱量に対する溶込み深さ(d)と割れ発生状況

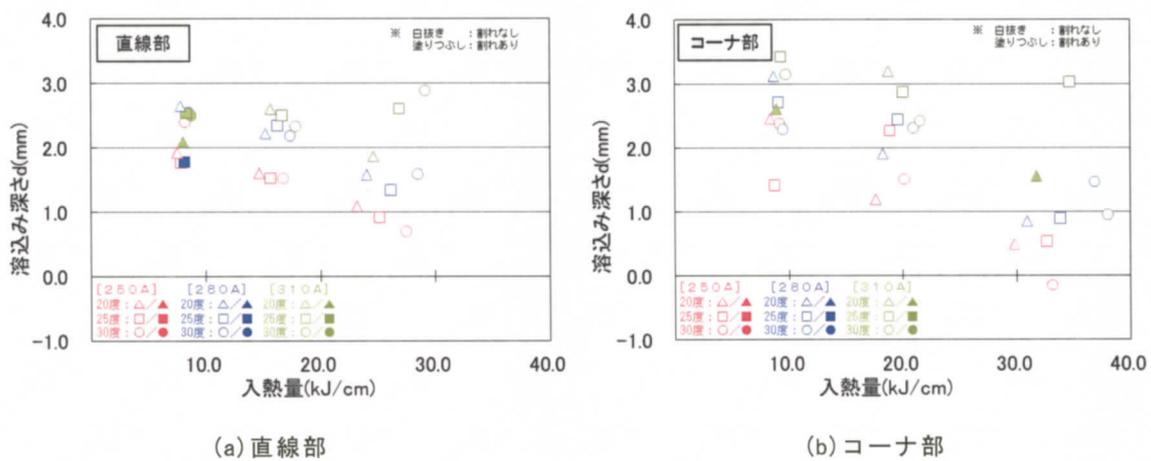
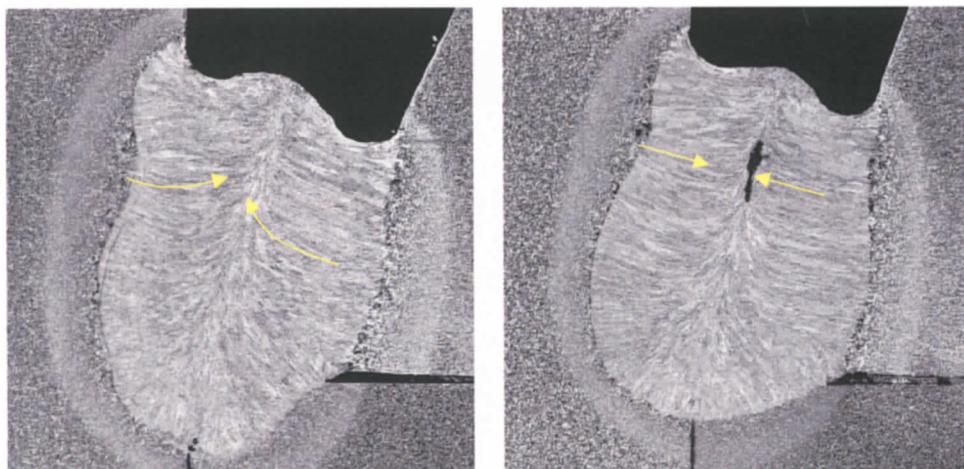


図 4-18 溶接電流別の入熱量に対する溶込み深さ(d)と割れ発生状況



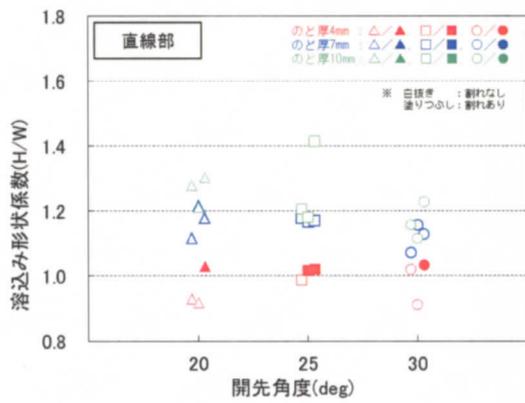
(a) No. 18, 開先角度 25 度

(b) No. 27, 開先角度 20 度

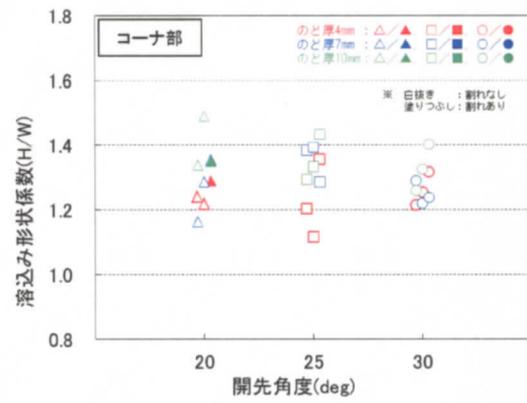
図 4-19 のど厚 10mm のコーナ部における開先角度 25 度と 20 度の断面マクロ

4. 4. 3 溶込み形状係数と高温割れ発生の関係

図 4-20 は開先角度に対する溶込み形状係数 (H/W) と高温割れ発生の関係をのど厚別に示したものである。 H/W が高くても割れが発生しないケースが多くある一方で、 H/W が 1.0 近辺でも割れが発生した。また、図 4-21 は入熱量に対する H/W と割れ発生の関係を示し、図 4-22 は入熱量に対する開先の収縮量と割れ発生の関係を示したものであるが、入熱が大きい条件ではのど厚も大きくなるため、 H/W も大きい値となるが高温割れは発生しない。また、収縮量は開先角度や溶接電流には依存せず、入熱が大きくなるにつれて収縮も大きくなっている。入熱量を大きくすると溶着量が増加し、のど厚が大きくなるため H/W も大きくなるが、入熱量の増加とともに開先の収縮が促進されるため、凝固部に生じる応力が軽減され、割れの発生が抑制されたものと思われ、直線の試験体と同じ傾向となった。ただし、その収縮量は直線の試験体と比べて小さい。

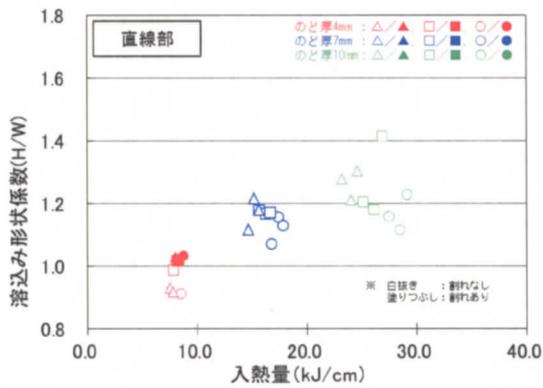


(a) 直線部

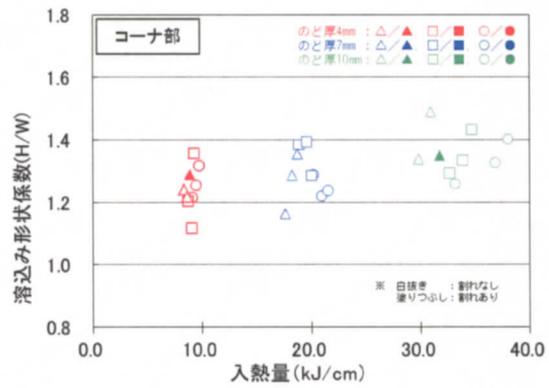


(b) コーナ部

図 4-20 開先角度に対する溶込み形状係数 (H/W) と割れ発生状況

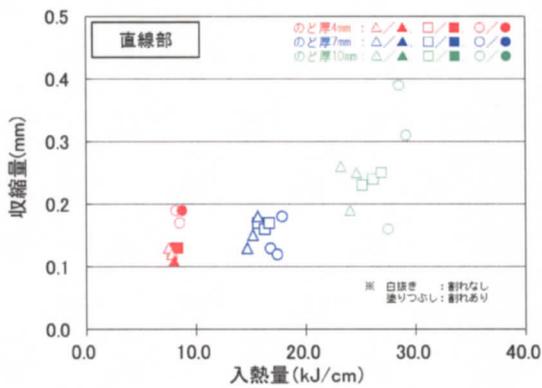


(a) 直線部

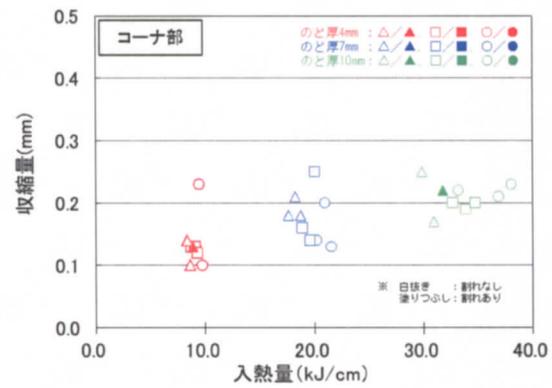


(b) コーナ部

図 4-21 入熱量に対する溶込み形状係数 (H/W) と割れ発生状況



(a) 直線部



(b) コーナ部

図 4-22 入熱量に対する収縮量と割れ発生状況

4. 4. 4 開先の収縮とダイアフラムのかさ折れ変形

図 4-23 は、拘束度の異なる直線の試験体、角形鋼管と通しダイアフラム接合部を模した試験体の直線部およびコーナ部の入熱量に対する開先の収縮量を示したものであるが、角形鋼管と通しダイアフラム接合部の収縮量は、直線の試験体でのそれと比べて全体的に小さくなっている。

これは、図 4-24 のように通しダイアフラムが溶接によりかさ折れ変形することによるものとする。直線部において板厚 22mm/ダイアフラム出寸法 25mm でのダイアフラム先端の変形量は 1mm 程度との報告⁴¹⁾があり、これを裏当金表面からリニアに変形したと仮定すると、各のど厚のビード表面での変形量は表 4-5 のようになる。表 3-10 でも示したように今回用いた試験体では拘束度が小さくなっており、それによる変形量の差が軸方向の収縮を緩和したものと推測する。

この現象を確認するために、今回用いた拘束度に違いのある直線部のみの試験体 2 種と角形鋼管を模した試験体において、溶接により生じる変形が開先の収縮に与える影響について、FEM 解析 (ANSYS 11.0) にて検討した。解析した位置は、図 4-25 に示したように、実験同様、直線部のみの試験体については溶接線中央、角形鋼管については直線部中央およびコーナ部の 45 度方向の断面とし、のど厚 7mm のものについて行った。

解析方法は、拘束度の弱い直線部のみの試験体の実験結果にて、開先角度 30° にて開先底部の収縮量が 0.3mm だったことから、収縮量が同じ 0.3mm になるように母材 (0°C) に対してビード部に温度変化 (-4428.3°C) を与え、このときの開先断面のうち、開先底部/ビード表面/板表面の変形状況を数値で確認した。他の試験体については、これと同じ温度を適用することで、溶着量や開先角度の違いによる変形の違いとした。なお、このときの物性値は、母材、溶接金属とも、ヤング率 205GPa、ポアソン比 0.3、線膨張係数 $11.8 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$ とした。解析条件を表 4-6 に示す。

解析の結果を、図 4-26~4-29、表 4-7 に示す。図 4-30 は表 4-7 をプロットしたものであるが、この結果、角形鋼管とダイアフラム接合部は、直線部のみの試験体と比べてダイアフラムの変形が大きく、特に高温割れの発生しやすいビード表面に向かってその傾向が大きくなるため、収縮量は小さくなるが、高温割れが発生しなかったものとする。

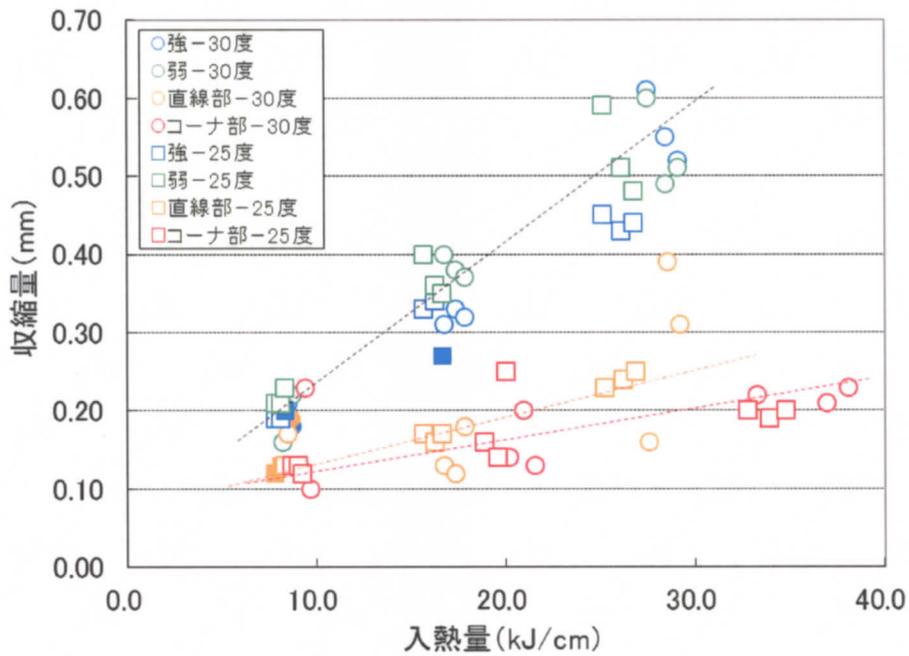


図 4-23 各試験体および部位における入熱量に対する開先の収縮量と割れ発生状況

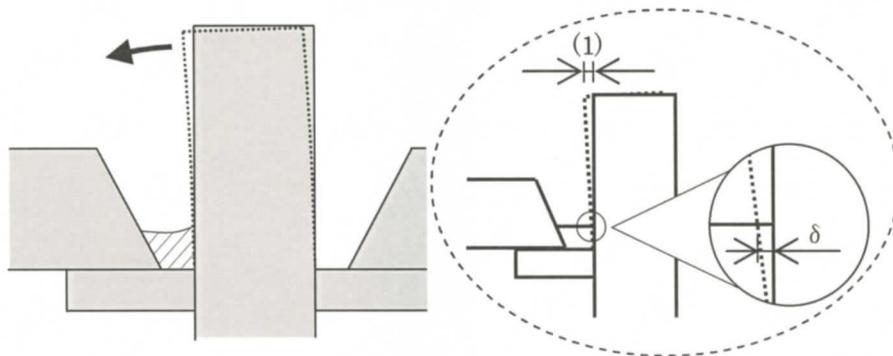


図 4-24 溶接によるダイアフラムの変形イメージ

表 4-5 かさ折れによるビード高さ位置での変形量

ダイアフラム 出寸法 (mm)	コラム 板厚 (mm)	のど厚 (mm)	ダイアフラム先端の かさ折れ量 (mm)	ビード表面高さでの 変形量 (δ) (mm)
25	22	4	(1)	0.09
		7	(1)	0.15
		10	(1)	0.21

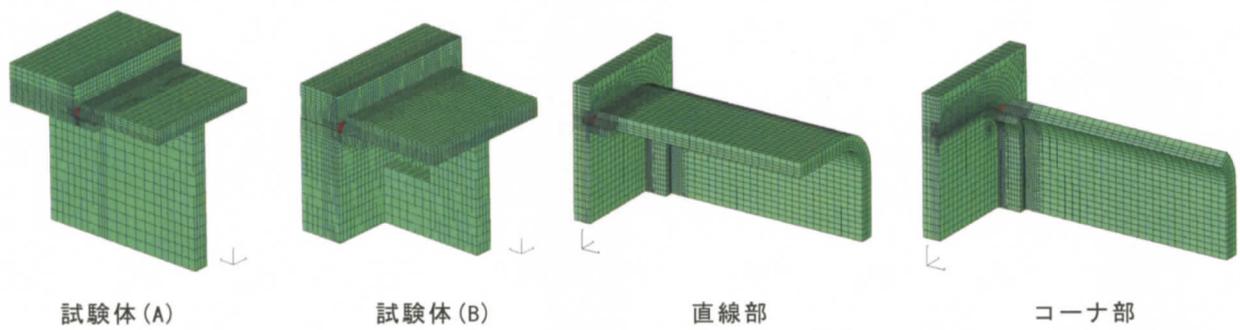


図 4-25 FEM 解析モデル (測定位置断面)

表 4-6 解析条件

モデル	試験体(A)	試験体(B)	角形鋼管と通しダイアフラム接合部	
			直線部	コーナ部
要素タイプ	六面体一次要素			
各モデルの固定位置 (測定位置断面)	<p>1/2モデル XY方向固定 Y方向固定</p>	<p>1/2モデル XY方向固定 X方向固定</p>	<p>1/4モデル Z方向固定</p>	
ビード部のメッシュ図				
開先角度	30度 / 25度 / 20度			
ルートギャップのど厚	4mm			
温度条件	試験体 B の開先角度 30° における開先底部の収縮量が 0.3mm (実験結果より) となるようにビード部の温度を調整 (母材温度 0°C)。調整結果として得られた -4428.3°C を全ケースに適用			
物性値	ヤング率 : 205(GPa) ポアソン比 : 0.3 線膨張係数 : $11.8 \times 10^{-6}(1/^\circ\text{C})$			
解析ソフト	ANSYS 11.0			

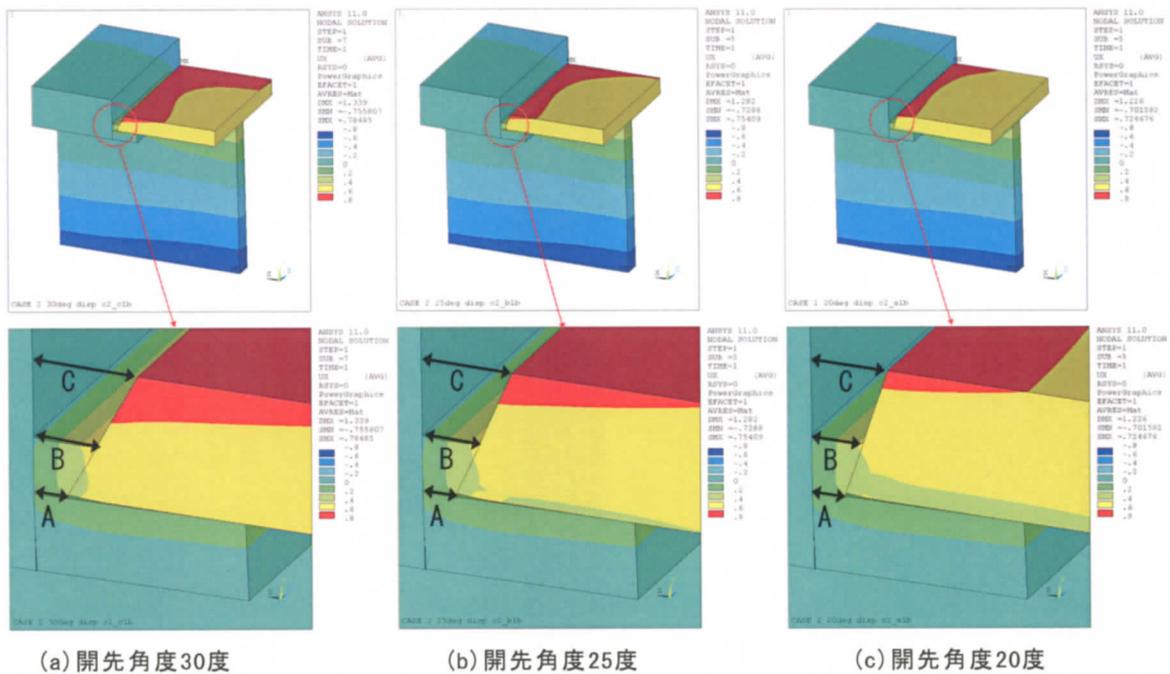


図4-26 試験体(A)の解析結果

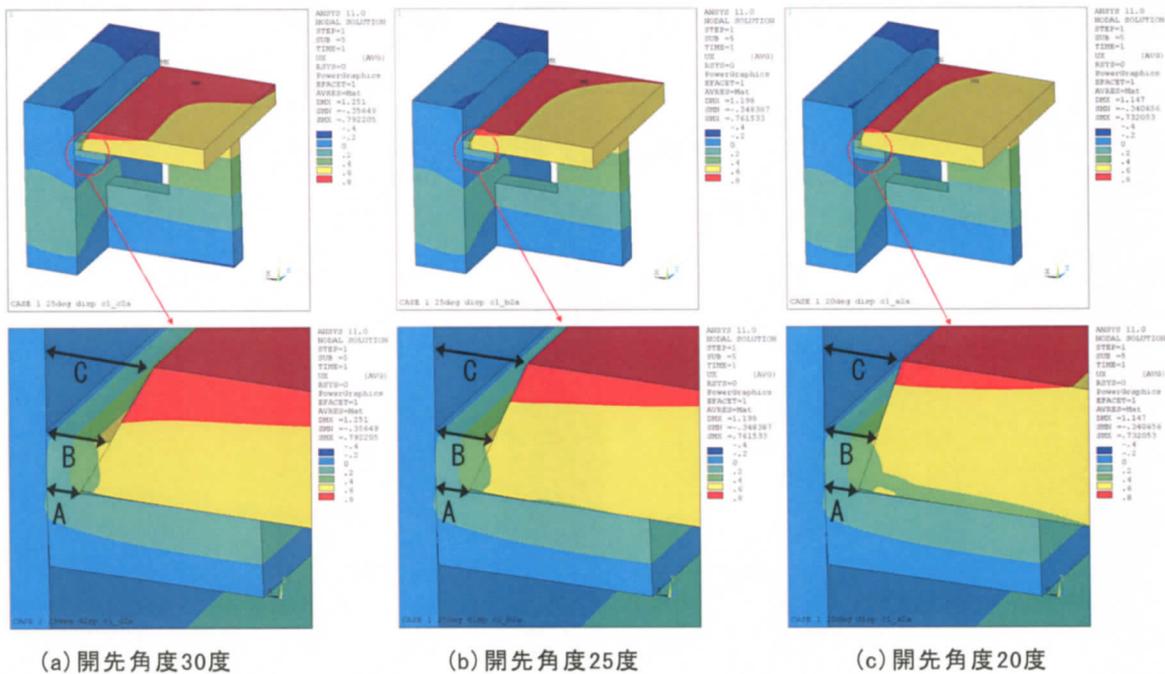


図 4-27 試験体(B)の解析結果

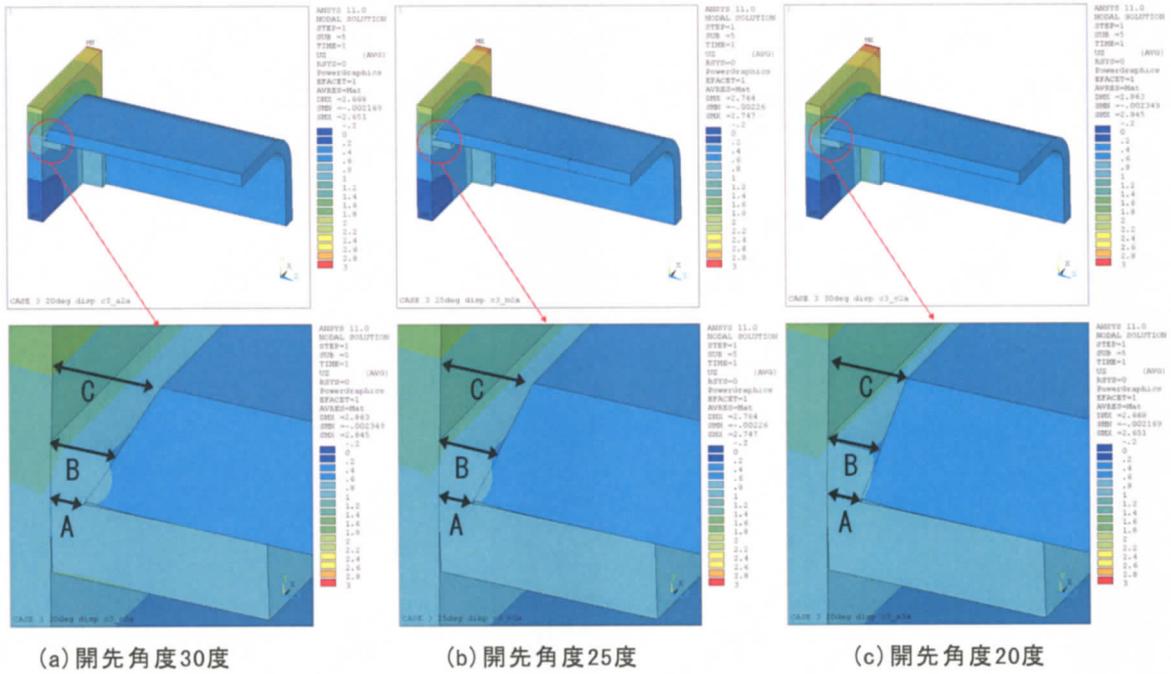


図 4-28 角形鋼管と通しダイアフラム接合部の直線部の解析結果

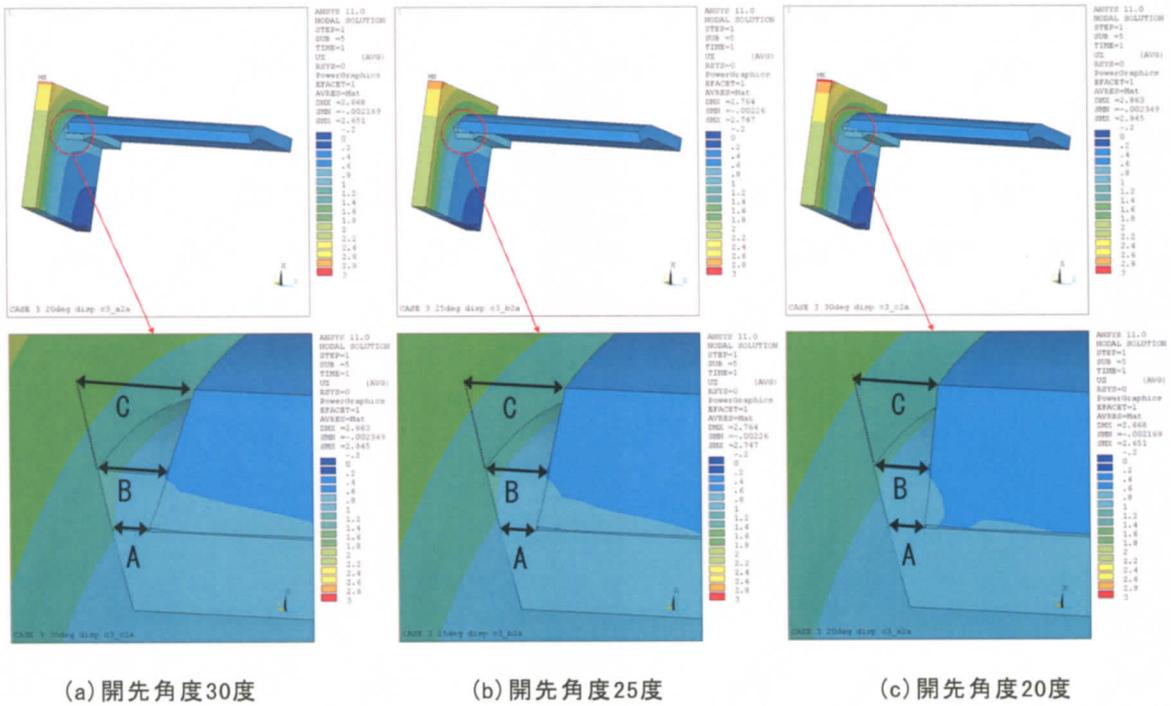


図 4-29 角形鋼管と通しダイアフラム接合部のコーナ部の解析結果

表 4-7 解析結果の一覧

試験体(部位)種別	開先角度 (deg)	収縮量(mm)		
		開先底部 (A)	ビード表面 (B)	板表面 (C)
試験体(A)	30	0.287	0.563	0.792
	25	0.283	0.525	0.766
	20	0.279	0.487	0.740
試験体(B)	30	0.300	0.581	0.842
	25	0.295	0.540	0.813
	20	0.291	0.502	0.786
角形鋼管と通しダイアフラム接合部の直線部	30	0.288	0.609	1.046
	25	0.284	0.566	1.007
	20	0.280	0.525	0.970
角形鋼管と通しダイアフラム接合部のコーナ部	30	0.281	0.657	1.167
	25	0.276	0.610	1.125
	20	0.271	0.564	1.084

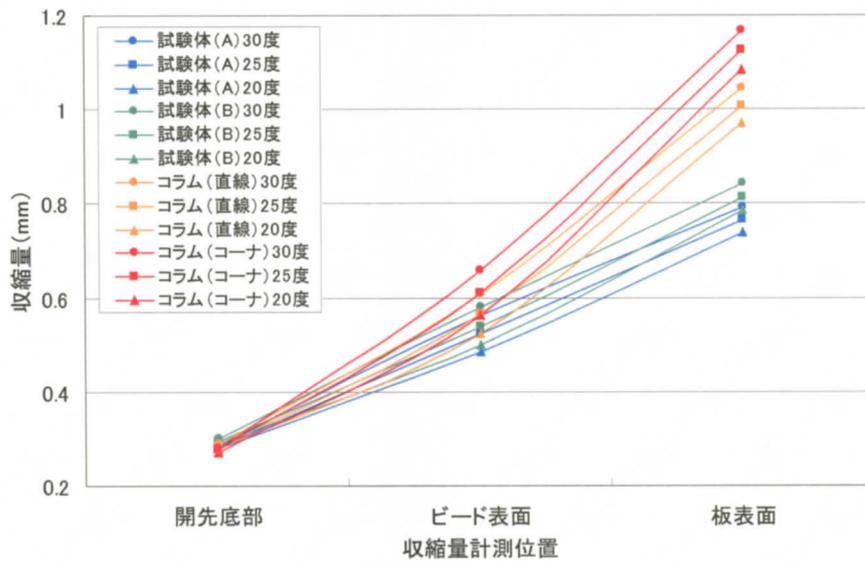


図 4-30 各試験体のダイアフラム変形状況

4. 5 本章のまとめ

- (1) 角形鋼管と通しダイアフラム接合部の溶接は、直線の試験体から得られた知見と同じ傾向の結果が得られ、拘束度の弱い試験体と同等もしくはさらに拘束度の小さい継手として考えてよいことが分かった。
- (2) 角形鋼管と通しダイアフラム接合部のコーナ部は直線部と比べて高温割れが生じにくいことが分かった。
- (3) 今回用いたルートギャップ 4mm の試験体および条件パラメータの組合せにおいて、溶込み深さを確保しつつ割れを発生させない溶接条件は、開先角度 25 度以上、溶接電流 280A~310A、溶接速度 30cm/min~60cm/min であり、このときののど厚は 7mm 程度が望ましい結果となった。