

第4章 急冷割れ防止のための溶接サイズの計算

4-1 計算方法

前述のとおり、溶接の急冷割れは鋼材組成・拡散性水素量・残留応力・溶接熱履歴に依存し、急冷割れ防止のためには

- ①鋼材の炭素当量（ C_{eq} ， P_{cm} ， CEN ）が小さいほどよい。
- ②溶接金属の拡散性水素量（ H ）が小さいほどよい。
- ③溶接変形による残留応力（拘束度、応力集中係数）が小さいほどよい。
- ④溶接熱履歴によるHAZ組織のマルテンサイト率が小さいほどよい。すなわち、入熱量が大きいほどよい。

ということがいえる。急冷割れを防止する手段として、予熱があげられ、予熱温度の推定式が数多く提案されている。しかし、これらは上記①～③がパラメータかつ板継ぎ溶接を対象としたものがほとんどである。

本研究の目的は、急冷割れの観点から $\sqrt{2t}$ の規定が妥当かを検証することにあるため、すみ肉サイズすなわち入熱量をパラメータとする必要があり、かつ、すみ肉溶接を対象としたものでなければならない。したがって、これを満足するものとして、糟谷・百合岡らの論文に示される予熱温度推定法を用いることとする。また、同時に道路橋示方書に示される予熱温度の算定式による結果とも可能な限り比較することとする。

<鋼材成分および炭素当量>

鋼材組成および炭素当量については、アンケート調査による炭素当量 P_{cm} の5%超過確率値が、道示表-15.3.9による値よりかなり小さくなっている。したがって、予熱温度の計算では、両者を計算し比較する。

なお、道示の鋼材組成は、アンケート調査結果の各成分比率に応じて P_{cm} から逆算して求める。

表-4.1 鋼材組成および炭素当量

鋼種	板厚 mm	C X100	Si X100	Mn X100	P X1000	S X1000	Cu X100	Ni X100	Cr X100	Mo X100	Nb X100	V X100	B X10000	Pcm X100	摘要
40kg 普通鋼	8~100	17.3	22.8	108.7	20.6	7.5	1.9	2.4	4.2	0.6	0.0	0.5	1.1	24.0	道示表-15.3.9
	8~100	16.3	20.6	98.8	18.7	6.5	1.7	2.2	3.7	0.4	0.0	0.4	0.8	22.4	アンケート5%超過値
50kg 普通鋼	8~40	16.4	42.5	145.0	19.9	5.6	5.3	4.0	3.9	0.7	2.2	2.7	0.9	26.0	道示表-15.3.9
	41~50	16.9	46.1	148.7	21.5	6.3	6.8	4.8	4.4	0.9	2.6	3.4	1.2	27.0	"
	51~100	17.9	53.4	156.3	24.8	7.8	9.8	6.5	5.4	1.3	3.5	4.9	1.6	29.0	"
	8~100	16.2	40.6	143.0	19.1	5.2	4.6	3.6	3.6	0.6	1.9	2.4	0.8	25.5	アンケート5%超過値
60kg 普通鋼	8~25	14.3	37.4	158.8	22.7	5.4	11.8	17.2	6.5	9.0	2.6	5.1	1.8	26.0	道示表-15.3.9
	26~50	14.7	39.0	162.2	24.4	5.9	13.7	19.9	7.2	11.5	3.0	5.9	2.1	27.0	"
	51~100	15.5	42.2	169.0	27.7	6.9	17.7	25.4	8.7	15.0	3.9	7.6	2.6	29.0	"
	8~100	13.1	32.5	148.2	17.5	3.8	5.7	8.6	4.2	4.4	1.3	2.4	1.0	22.9	アンケート5%超過値
40kg 耐候性	8~100	13.3	30.7	77.9	35.5	15.5	40.7	16.2	67.8	0.0	0.0	0.0	1.0	24.0	道示表-15.3.9
	8~100	11.1	25.2	71.2	13.2	6.3	33.2	10.3	49.8	0.0	0.0	0.0	1.0	19.9	アンケート5%超過値
50kg 耐候性	8~25	13.9	47.1	106.9	20.9	7.5	33.1	11.9	50.7	0.0	0.0	6.6	1.5	26.0	道示表-15.3.9
	26~50	14.5	48.6	110.1	25.1	8.8	33.8	12.7	52.0	0.0	0.0	7.0	1.8	27.0	"
	8~100	13.2	45.3	103.0	15.9	6.0	32.3	11.0	49.0	0.0	0.0	6.2	1.2	24.8	アンケート5%超過値

＜溶接方法および拡散性水素量＞

道路橋示方書によると、低水素被覆アーク溶接の場合 $HGL = 2 \text{ ml/100g}$ 以下、サブマージアーク溶接およびガスシールドアーク溶接の場合 $HGL = 1 \text{ ml/100g}$ 以下となっている。これをガスクロ法に直すと $HGC = 1.27 HGL + 2.19$ の関係式から低水素被覆アーク溶接の場合 $HGC = 4.7 \text{ ml/100g}$ 以下、サブマージアーク溶接およびガスシールドアーク溶接の場合 $HGC = 3.5 \text{ ml/100g}$ 以下となる。

予熱温度の計算に用いる拡散性水素量は、道路橋示方書の値を用いることとし、表-4.2とする。

溶接手法は、ガスシールドアーク溶接およびサブマージアーク溶接とする。

表-4.2 溶接方法による拡散性水素量

溶接方法	拡散性水素量
ガスシールドアーク溶接	$HGC = 3.5 \text{ ml/100g}$
サブマージアーク溶接	$HGC = 3.5 \text{ ml/100g}$

＜計算板厚および降伏点＞

予熱温度計算を行う板厚は、橋梁部材で一般的に用いられる範囲とし、かつ計算の煩雑さを避けるため、表-4.3とする。また、降伏点については、板厚により降伏点が変わらない鋼材を用いる場合もあることも考慮し、板厚によらず一定とした。

表-4.3 計算板厚

鋼種	計算板厚 (mm)	降伏点(MPa)
40kg 普通鋼	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100	235
50kg 普通鋼	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100	353
60kg 普通鋼	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100	451
40kg 耐候性鋼	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50	235
50kg 耐候性鋼	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50	353

4-2 計算結果と考察

<予熱温度の計算結果について>

各種鋼材、各溶接方法における予熱温度の計算結果を表-4.4~4.13および図-4.1~4.20に示す。必要予熱温度は、板厚が厚いほどかつ入熱量が小さいほど高くなり、特に板厚が比較的薄い領域での立ち上がりが大きい。一方、板厚が50~60mmを越えると必要予熱温度はあまり変わらなくなる。

糟谷・百合岡らの方法と道示式とは似たような傾向を示すが、道示式が板厚の一次関数となっているため、板厚が厚くなるにつれ両者のずれが大きくなる。また、道示の根拠である伊藤・別所らの研究では、予熱温度推定実験での入熱量が17,000j/cm(170A,25V,150mm/min)となっており、図-4.1,3,5,7,9,11,13,15,17,19に示すとおり、道示式が、糟谷・百合岡らの方法の10,000~20,000j/cmのあたりにくるところから、両者の相関性がよいと言える。

予熱温度は炭素当量(P_{cm})が高いほど高くなるが、アンケート結果ではP_{cm}が道示の値よりかなり小さくなり、予熱温度も低くてよい結果となった。しかしながら、50kg鋼では、アンケート結果においてもP_{cm}が高いため、急冷割れに対する注意が必要である。

<急冷割れ防止のための溶接サイズについて>

一般的に気温が5℃以下の条件では溶接を行わないため、必要予熱温度が5℃以下となる場合を予熱なしとして、予熱を必要としない入熱量を板厚ごとにまとめた結果を図-4.21~4.25に実線で示す。同時に $\sqrt{2t}$ ですみ肉溶接を行った場合の入熱量を点線で示す。この際の入熱量は、アンケート調査の各溶接方法におけるすみ肉溶接サイズ毎の溶接条件をもとに平均的な値とした。

これらの図より、いずれの材質においても道示に規定されるP_{cm}は実際の鋼材よりかなり高い値となるため、板厚が厚くなると $\sqrt{2t}$ のすみ肉サイズでも予熱を必要とする結果となった。

しかしながら、実際の鋼材の場合、40kg鋼では普通鋼・耐候性鋼とも溶接方法によらず予熱の必要がない。(図-4.21,4.24)

50kg鋼ではSAWの場合入熱量が高くいずれの板厚でも $\sqrt{2t}$ で決定した溶接サイズで予熱の必要がないが、CO₂の場合は普通鋼において30~80mmの範囲で予熱を必要とする結果となった。また1パスで盛れる溶接サイズはSAWで10mm、CO₂で8mm程度であるため隅肉サイズが大きい場合多層盛りとなるが、連続で溶接が行われない場合の入熱量は図-4.21~4.25に2点鎖線で示すとおりとなり、50kg鋼をCO₂溶接する場合は30~40mm以上で、SAWでも60mm以上で注意が必要となる。(図-4.22,4.25)

60kg鋼は、道示に示されるP_{cm}に比べ実際のP_{cm}はかなり値が小さいため、SAW・CO₂ともいずれの板厚でも $\sqrt{2t}$ で決定した溶接サイズで予熱の必要がなく、60mm以上ではCO₂でも余裕がある。しかし50kg鋼同様、40mm以上をCO₂溶接で多層盛りする場合は注意する必要がある。(図-4.23)

また、総じてSAW溶接では10 mmのすみ肉サイズを盛れば50 kg 普通鋼、水平溶接の場合の板厚60 mm以上を除き、いずれの材質、板厚においても急冷割れの心配がない。CO₂溶接では、板厚が厚くなると8 mm（1パス最大）のすみ肉サイズでも50 kg、60 kg 鋼で急冷割れの危険がある。

表-4. 4 予熱温度の計算結果 - 40kg普通鋼 (CASE 1)

・炭素当量 $P_{cm} = 24.0\%$ ・拡散性水素量 $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$ ($HGL = 1.03 \text{ ml}/100\text{g}$)										
板厚 (mm)	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
P_{cm} (%)	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240
溶接入熱 (j/cm)	予熱温度の計算結果 (°C)									
5,000	5	5	5	5	5	21	35	45	53	59
10,000	5	5	5	5	5	13	28	38	46	53
15,000	5	5	5	5	5	5	14	25	33	40
20,000	5	5	5	5	5	5	5	5	14	22
25,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
30,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
35,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
40,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
45,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
50,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
道示による値	0	0	0	0	0	7	14	22	32	50

図-4. 1 板厚及び入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.240 \sim 0.240\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

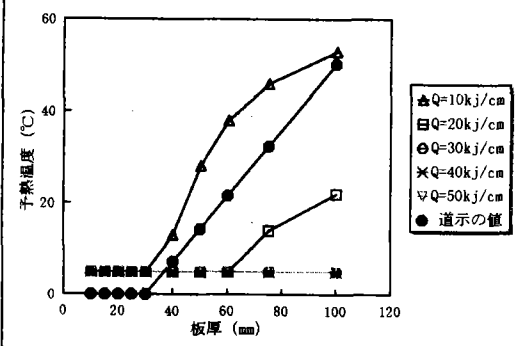


図-4. 2 板厚ごとの入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.240 \sim 0.240\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

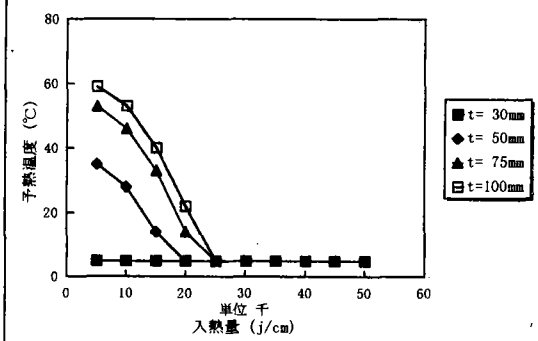


表-4. 5 予熱温度の計算結果 - 40kg普通鋼 (CASE 2)

・炭素当量 $P_{cm} = 22.3\%$ ・拡散性水素量 $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$ ($HGL = 1.03 \text{ ml}/100\text{g}$)										
板厚 (mm)	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
P_{cm} (%)	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223
溶接入熱 (j/cm)	予熱温度の計算結果 (°C)									
5,000	5	5	5	5	5	5	5	22	31	38
10,000	5	5	5	5	5	5	5	14	23	30
15,000	5	5	5	5	5	5	5	5	7	15
20,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
25,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
30,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
35,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
40,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
45,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
50,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
道示による値	0	0	0	0	0	0	0	0	8	26

図-4. 3 板厚及び入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.223 \sim 0.223\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

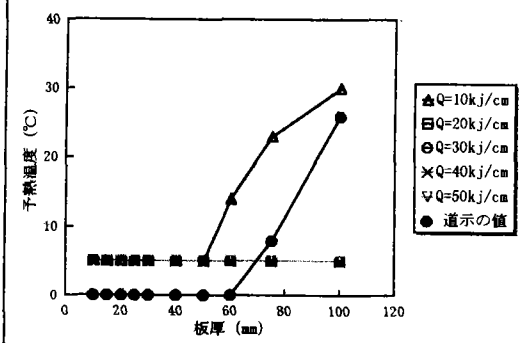


図-4. 4 板厚ごとの入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.223 \sim 0.223\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

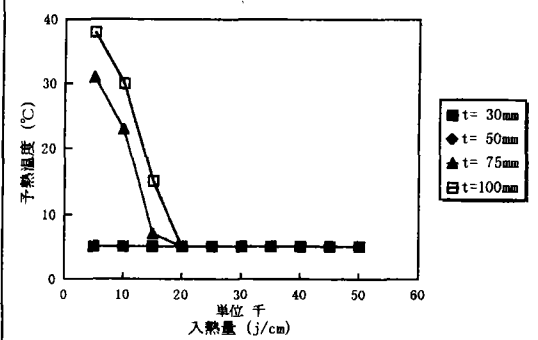


表-4. 6 予熱温度の計算結果 - 50kg普通鋼 (CASE1)

・炭素当量 $P_{cm} = 26.0\% \sim 29.0\%$ ・拡散性水素量 $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$ ($HGL = 1.03 \text{ ml}/100\text{g}$)											
板厚 (mm)	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100	
P_{cm} (%)	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.270	0.270	0.290	0.290	0.290	0.290
溶接入熱 (j/cm)	予熱温度の計算結果 (°C)										
5,000	5	5	21	36	47	62	81	106	110	115	
10,000	5	5	13	30	41	57	77	102	107	112	
15,000	5	5	5	16	29	46	69	96	102	106	
20,000	5	5	5	5	12	31	57	88	94	98	
25,000	5	5	5	5	5	10	41	77	83	88	
30,000	5	5	5	5	5	5	24	64	71	76	
35,000	5	5	5	5	5	5	5	50	57	63	
40,000	5	5	5	5	5	5	5	36	44	51	
45,000	5	5	5	5	5	5	5	24	33	40	
50,000	5	5	5	5	5	5	5	17	26	34	
道示による値	14	18	22	25	29	36	58	94	104	122	

図-4. 5 板厚及び入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.260 \sim 0.290\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

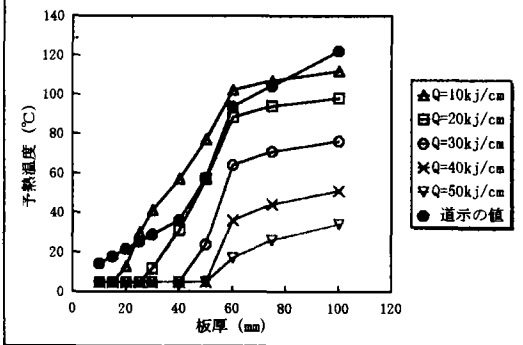


図-4. 6 板厚ごとの入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.260 \sim 0.290\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

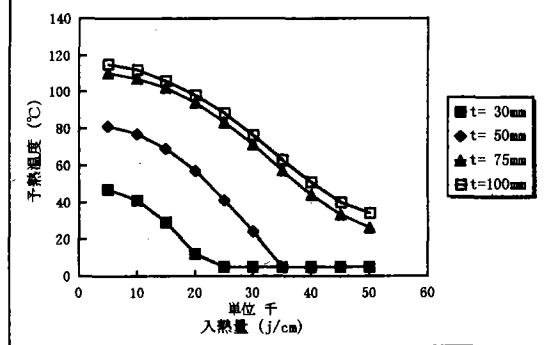


表-4. 7 予熱温度の計算結果 - 50kg普通鋼 (CASE2)

・炭素当量 $P_{cm} = 25.5\%$ ・拡散性水素量 $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$ ($HGL = 1.03 \text{ ml}/100\text{g}$)											
板厚 (mm)	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100	
P_{cm} (%)	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255
溶接入熱 (j/cm)	予熱温度の計算結果 (°C)										
5,000	5	5	13	29	41	56	66	75	81	86	
10,000	5	5	5	22	34	51	61	70	77	82	
15,000	5	5	5	8	22	39	51	60	68	73	
20,000	5	5	5	5	5	23	36	46	54	60	
25,000	5	5	5	5	5	5	18	28	37	44	
30,000	5	5	5	5	5	5	5	7	17	24	
35,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
40,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
45,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
50,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
道示による値	7	11	14	18	22	29	36	43	54	72	

図-4. 7 板厚及び入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.255 \sim 0.255\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

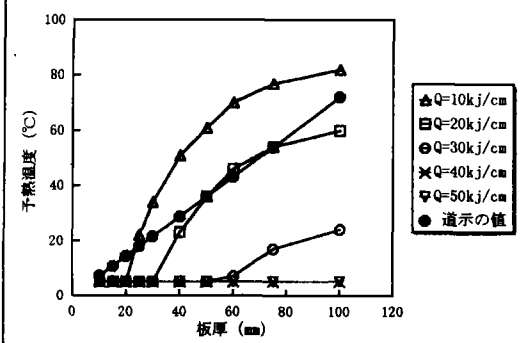


図-4. 8 板厚ごとの入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.255 \sim 0.255\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

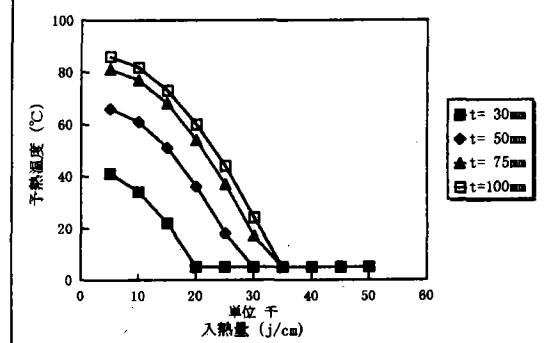


表-4. 8 予熱温度の計算結果 - 60kg普通鋼 (CASE1)

・炭素当量 $P_{cm} = 26.0\% \sim 29.0\%$ ・拡散性水素量 $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$ ($HGL = 1.03 \text{ ml}/100\text{g}$)										
板厚 (mm)	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
P_{cm} (%)	0.260	0.260	0.260	0.260	0.270	0.270	0.270	0.270	0.290	0.290
溶接入熱 (j/cm)	予熱温度の計算結果 (°C)									
5,000	5	22	45	60	84	98	106	131	135	140
10,000	5	14	39	54	80	94	102	129	133	138
15,000	5	5	27	43	71	86	95	124	129	133
20,000	5	5	8	26	59	75	85	117	122	127
25,000	5	5	5	5	44	61	72	108	114	119
30,000	5	5	5	5	25	44	57	99	105	110
35,000	5	5	5	5	5	26	42	88	95	100
40,000	5	5	5	5	5	8	27	78	85	91
45,000	5	5	5	5	5	5	14	69	77	83
50,000	5	5	5	5	5	5	6	64	72	78
道示による値	14	18	22	25	43	50	58	94	104	122

図-4. 9 板厚及び入熱量と予熱温度の関係
 $P_{cm} = 0.260 \sim 0.290\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

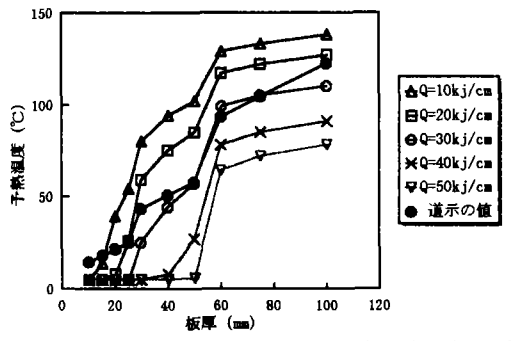


図-4. 10 板厚ごとの入熱量と予熱温度の関係
 $P_{cm} = 0.260 \sim 0.290\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

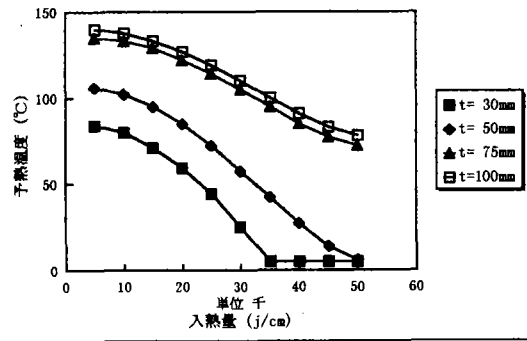


表-4. 9 予熱温度の計算結果 - 60kg普通鋼 (CASE2)

・炭素当量 $P_{cm} = 22.8\%$ ・拡散性水素量 $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$ ($HGL = 1.03 \text{ ml}/100\text{g}$)										
板厚 (mm)	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
P_{cm} (%)	0.228	0.228	0.228	0.228	0.228	0.228	0.228	0.228	0.228	0.228
溶接入熱 (j/cm)	予熱温度の計算結果 (°C)									
5,000	5	5	5	5	19	38	53	63	71	77
10,000	5	5	5	5	11	31	46	56	64	71
15,000	5	5	5	5	5	15	33	44	52	59
20,000	5	5	5	5	5	5	15	26	35	43
25,000	5	5	5	5	5	5	5	5	12	22
30,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
35,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
40,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
45,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
50,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
道示による値	0	0	0	0	0	0	0	4	15	33

図-4. 11 板厚及び入熱量と予熱温度の関係
 $P_{cm} = 0.228 \sim 0.228\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

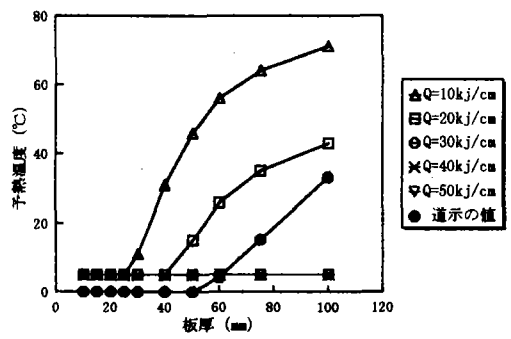


図-4. 12 板厚ごとの入熱量と予熱温度の関係
 $P_{cm} = 0.228 \sim 0.228\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

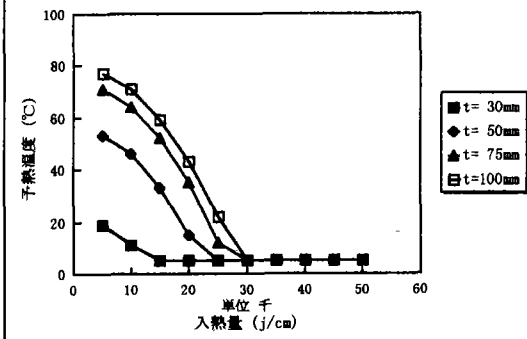


表-4.10 予熱温度の計算結果 -40kg 耐候性鋼 (CASE 1)

・炭素当量 $P_{cm} = 24.0 \%$ ・拡散性水素量 $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$ ($HGL = 1.03 \text{ ml}/100\text{g}$)									
板厚 (mm)	10	15	20	25	30	40	50		
P_{cm} (%)	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240		
溶接入熱 (j/cm)	予熱温度の計算結果 (°C)								
5,000	5	5	5	5	17	35	47		
10,000	5	5	5	5	10	28	41		
15,000	5	5	5	5	5	15	30		
20,000	5	5	5	5	5	5	14		
25,000	5	5	5	5	5	5	5		
30,000	5	5	5	5	5	5	5		
35,000	5	5	5	5	5	5	5		
40,000	5	5	5	5	5	5	5		
45,000	5	5	5	5	5	5	5		
50,000	5	5	5	5	5	5	5		
道示による値	0	0	0	0	0	7	14	0	0

図-4.13 板厚及び入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.240 \sim 0.240 \%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

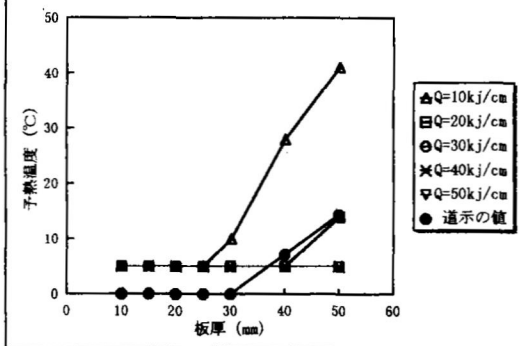


図-4.14 板厚ごとの入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.240 \sim 0.240 \%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

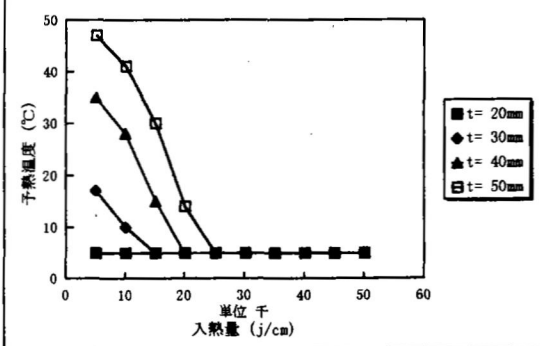


表-4.11 予熱温度の計算結果 -40kg 耐候性鋼 (CASE 2)

・炭素当量 $P_{cm} = 19.9 \%$ ・拡散性水素量 $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$ ($HGL = 1.03 \text{ ml}/100\text{g}$)									
板厚 (mm)	10	15	20	25	30	40	50		
P_{cm} (%)	0.199	0.199	0.199	0.199	0.199	0.199	0.199		
溶接入熱 (j/cm)	予熱温度の計算結果 (°C)								
5,000	5	5	5	5	5	5	5		
10,000	5	5	5	5	5	5	5		
15,000	5	5	5	5	5	5	5		
20,000	5	5	5	5	5	5	5		
25,000	5	5	5	5	5	5	5		
30,000	5	5	5	5	5	5	5		
35,000	5	5	5	5	5	5	5		
40,000	5	5	5	5	5	5	5		
45,000	5	5	5	5	5	5	5		
50,000	5	5	5	5	5	5	5		
道示による値	0	0	0	0	0	0	0	0	0

図-4.15 板厚及び入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.199 \sim 0.199 \%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

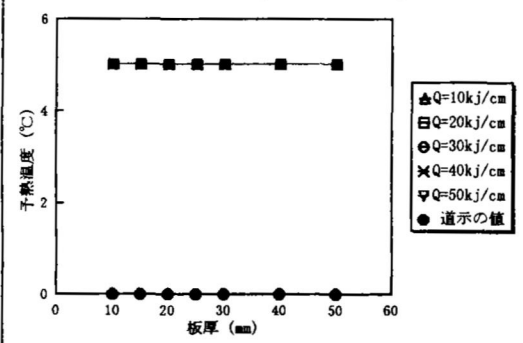


図-4.16 板厚ごとの入熱量と予熱温度の関係

$P_{cm} = 0.199 \sim 0.199 \%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

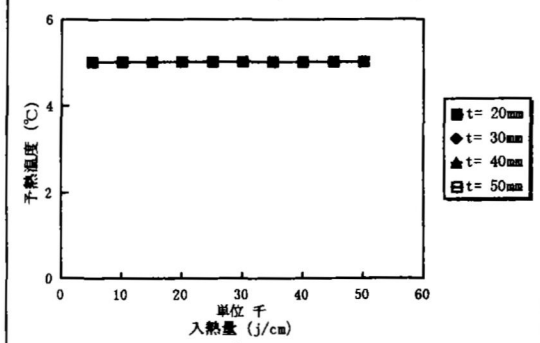


表-4. 12 予熱温度の計算結果 - 50kg 耐候性鋼 (CASE 1)

・炭素当量 $P_{cm} = 26.0\% \sim 27.0\%$ ・拡散性水素量 $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$ ($HGL = 1.03 \text{ ml}/100\text{g}$)									
板厚 (mm)	10	15	20	25	30	40	50		
P_{cm} (%)	0.260	0.260	0.260	0.260	0.270	0.270	0.270		
溶接入熱 (j/cm)	予熱温度の計算結果 (°C)								
5,000	5	5	18	33	58	73	81		
10,000	5	5	11	27	54	68	77		
15,000	5	5	5	15	44	60	69		
20,000	5	5	5	5	31	47	58		
25,000	5	5	5	5	14	32	44		
30,000	5	5	5	5	5	13	28		
35,000	5	5	5	5	5	5	11		
40,000	5	5	5	5	5	5	5		
45,000	5	5	5	5	5	5	5		
50,000	5	5	5	5	5	5	5		
道示による値	14	18	22	25	43	50	58	0	0

図-4. 17 板厚及び入熱量と予熱温度の関係
 $P_{cm} = 0.260 \sim 0.270\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

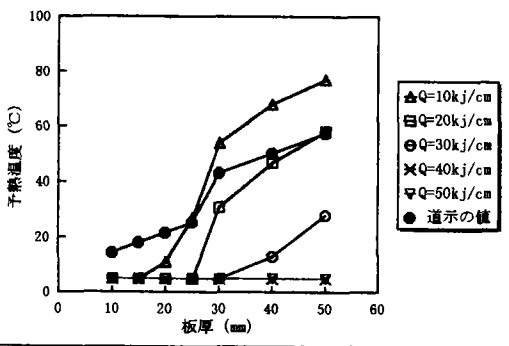


図-4. 18 板厚ごとの入熱量と予熱温度の関係
 $P_{cm} = 0.260 \sim 0.270\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

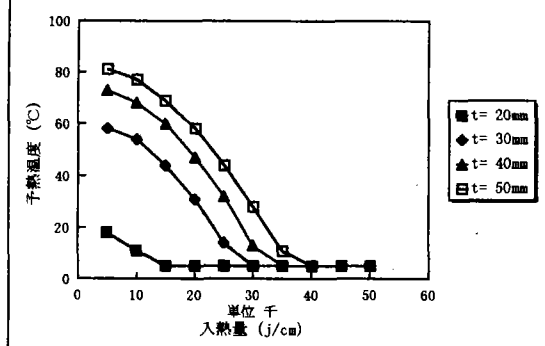


表-4. 13 予熱温度の計算結果 - 50kg 耐候性鋼 (CASE 2)

・炭素当量 $P_{cm} = 24.8\%$ ・拡散性水素量 $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$ ($HGL = 1.03 \text{ ml}/100\text{g}$)									
板厚 (mm)	10	15	20	25	30	40	50		
P_{cm} (%)	0.248	0.248	0.248	0.248	0.248	0.248	0.248		
溶接入熱 (j/cm)	予熱温度の計算結果 (°C)								
5,000	5	5	5	11	25	42	53		
10,000	5	5	5	5	18	36	48		
15,000	5	5	5	5	5	24	37		
20,000	5	5	5	5	5	6	22		
25,000	5	5	5	5	5	5	5		
30,000	5	5	5	5	5	5	5		
35,000	5	5	5	5	5	5	5		
40,000	5	5	5	5	5	5	5		
45,000	5	5	5	5	5	5	5		
50,000	5	5	5	5	5	5	5		
道示による値	0	1	4	8	11	19	26	0	0

図-4. 19 板厚及び入熱量と予熱温度の関係
 $P_{cm} = 0.248 \sim 0.248\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

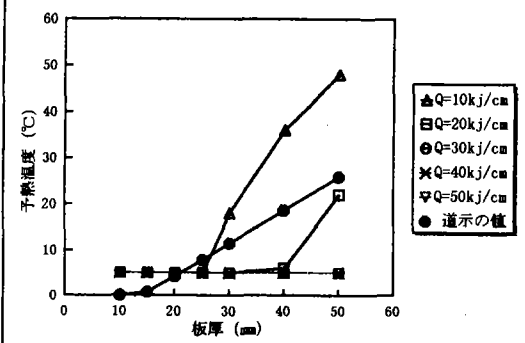


図-4. 20 板厚ごとの入熱量と予熱温度の関係
 $P_{cm} = 0.248 \sim 0.248\%$, $HGC = 3.50 \text{ ml}/100\text{g}$

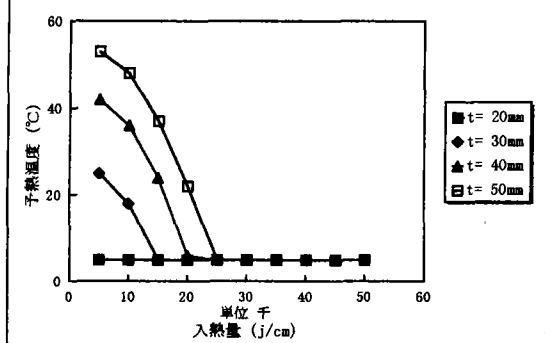


図-4. 21 予熱を必要としない入熱量 (実線) と $\sqrt{2t}$ における入熱量 (点線)
 < 40kg普通鋼 >

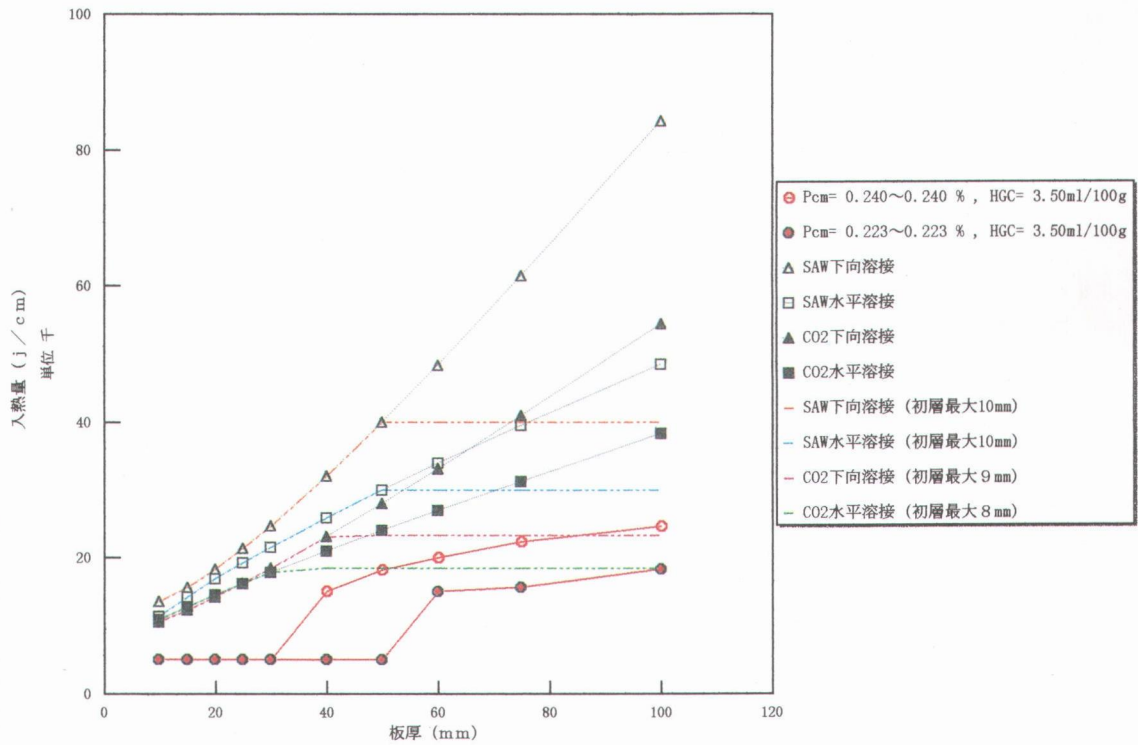


図-4. 22 予熱を必要としない入熱量 (実線) と $\sqrt{2t}$ における入熱量 (点線)
 < 50kg普通鋼 >

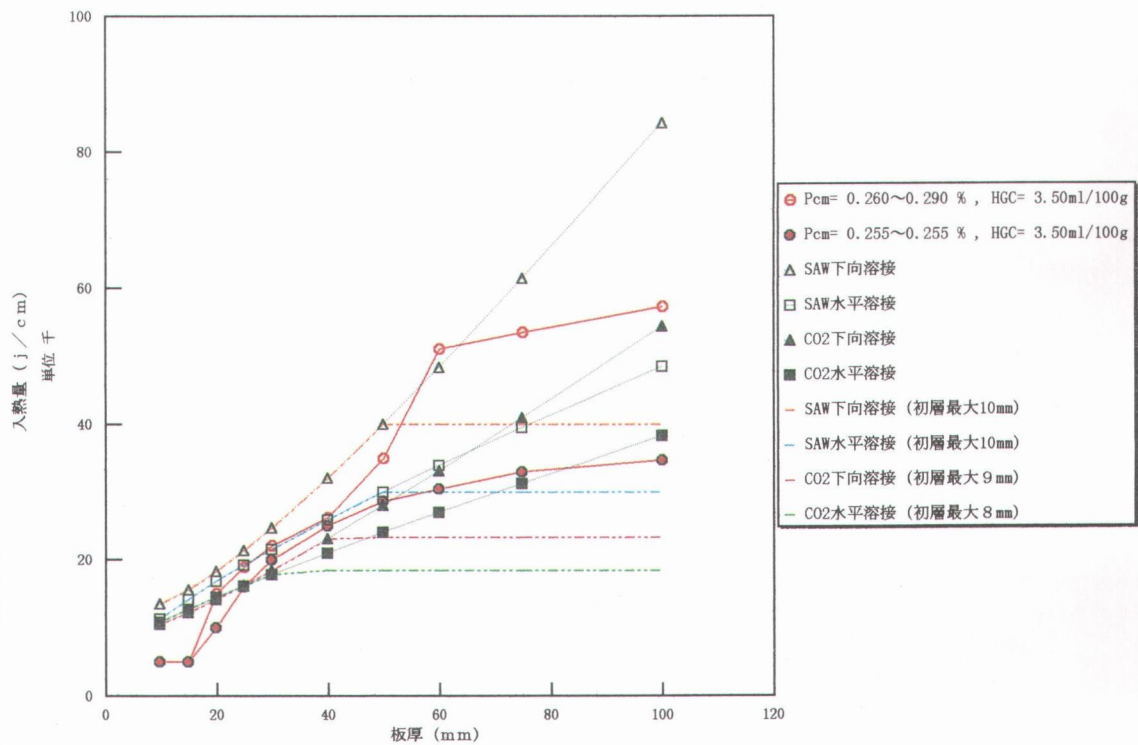


図-4. 23 予熱を必要としない入熱量 (実線) と $\sqrt{2t}$ における入熱量 (点線)
 < 60kg 普通鋼 >

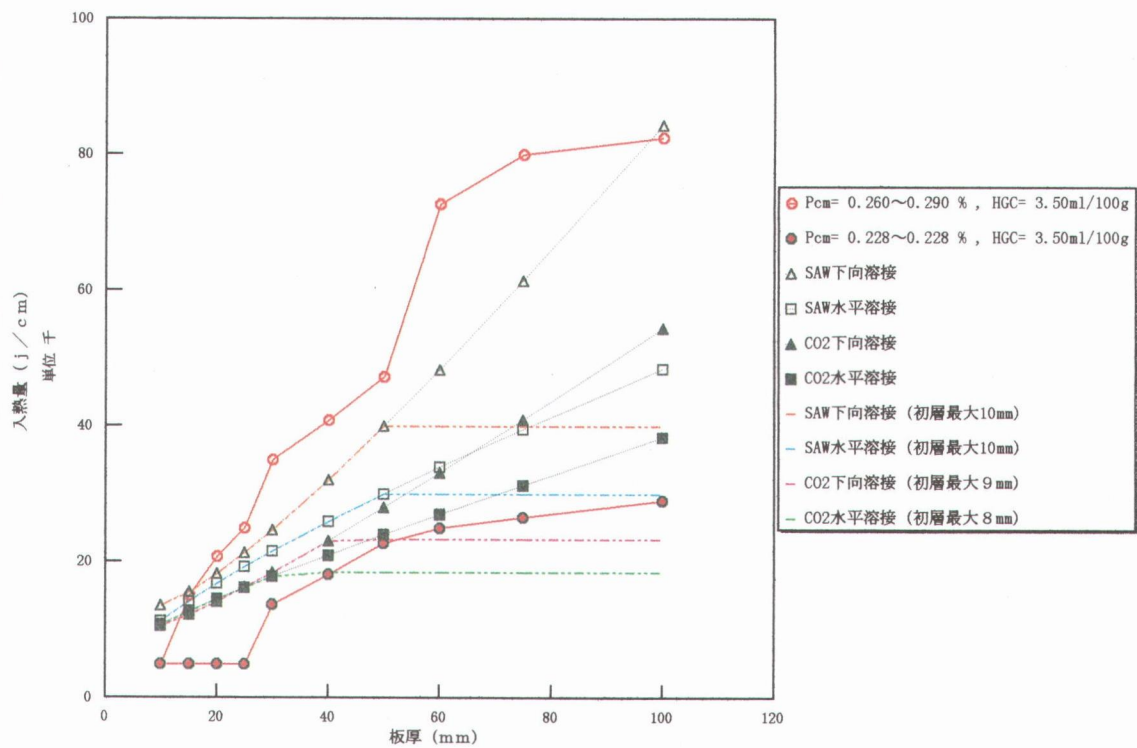


図-4. 24 予熱を必要としない入熱量 (実線) と $\sqrt{2t}$ における入熱量 (点線)
 < 40kg 耐候性鋼 >

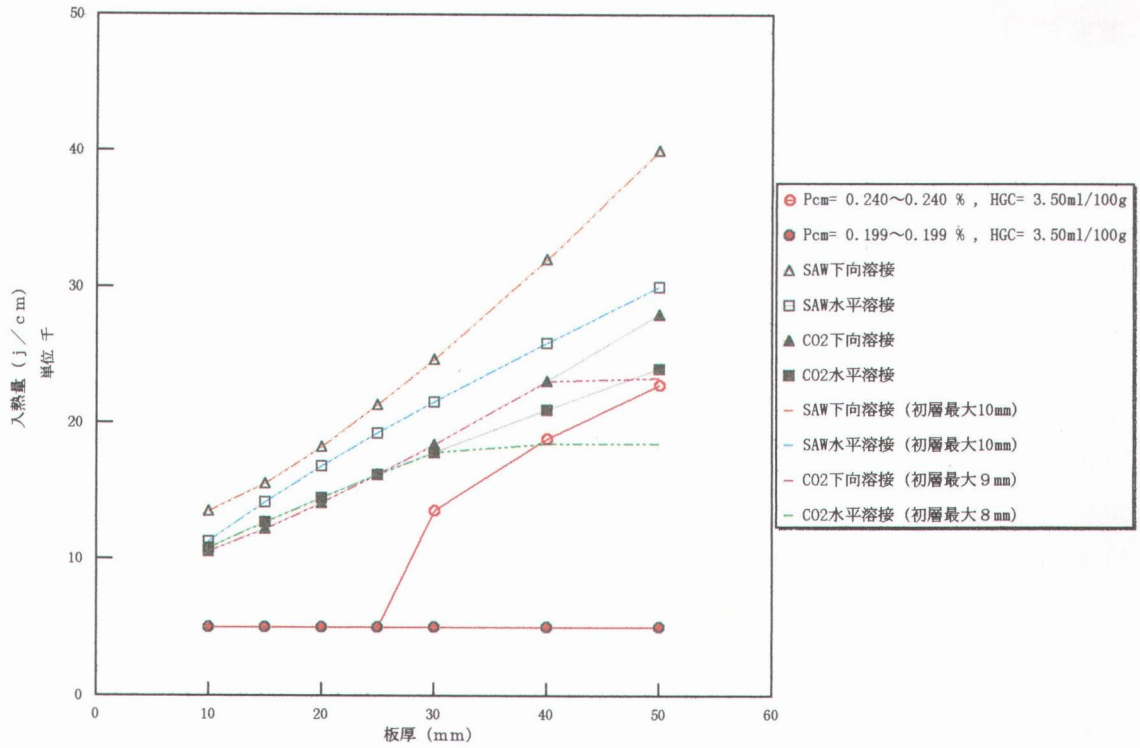


図-4. 25 予熱を必要としない入熱量 (実線) と $\sqrt{2t}$ における入熱量 (点線)
 < 50kg 耐候性鋼 >

