

溶接金属の靱性に及ぼす溶接条件の影響

(その6 吸収エネルギーについての追加検証:試験方法と結果)

正会員 ○米山真一朗*1 正会員 竹内秀紀*2 正会員 後藤和正*3
 同 藤田哲也*4 同 加賀美安男*5 同 平井慶一*6
 同 岡野昌明*7 同 横田泰之*8

溶接金属 冷却時間 吸収エネルギー
 原質部 再熱部

1. はじめに

前報²⁾にて、強度区分の異なる2種類の溶接材料(Aシリーズ^{*1)}およびMシリーズ^{*2)}によるCO₂半自動下向き多パス溶接を対象に、冷却時間をパラメータとした溶接条件が、溶接金属の靱性(吸収エネルギー)に及ぼす影響について報告した。更に、溶接金属中の原質部と再熱部の割合(以後、原質部率と再熱部率と記す)が吸収エネルギーに及ぼす影響に着目し、再熱部率と吸収エネルギーの関係性を求めた。前報²⁾では、上記について、以下の結論を得た。

(1) 冷却時間が長くなる(入熱量、パス間温度の増大)に伴い、吸収エネルギー(以後、試験温度0°C)が増加するAシリーズとやや減少するMシリーズで、明らかに傾向が分かれた。

(2) いずれの溶接材料でも、冷却時間が長くなるに伴い、原質部率は減少(再熱部率は増大)する傾向となった。

※1) Aシリーズ(鋼種:SN490B、溶接材料:YGW11)
 Mシリーズ(鋼種:TMCP385B、溶接材料:YGW18)

本報では、同じ溶接条件で原質部率の違いが吸収エネルギーに与える影響をより明らかとするために、前報²⁾で使用した試験体を用いて原質部の多い、溶接部の表層近傍からシャルピー試験片を採取し(図1)、追加試験を行った。更に前報²⁾のシャルピー試験片と併せ60体全ての試験片について、ノッチ底面金属組織のマイクロ観察を行い、原質部率と吸収エネルギーの関係について述べる。

2. シャルピー試験片採取位置およびマイクロ観察面

今回の試験で採取する試験片は、図1の下側に示すように、板厚の中央よりも原質部の多い表層から採取した。採取した試験片のマイクロ観察面位置を図2に示す。

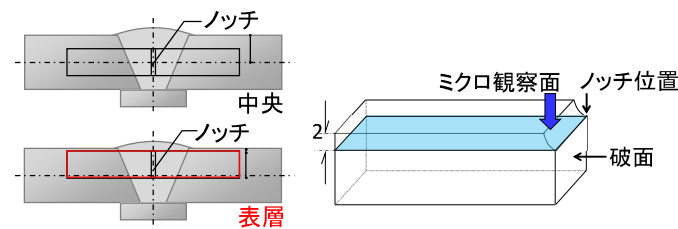


図1 シャルピー試験片採取位置

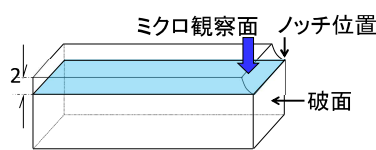


図2 ノッチ底面金属組織観察のためのマイクロ観察面

3. 試験結果

シャルピー衝撃試験結果を表1に示す。また、脆性破面率と吸収エネルギーについて、表層と中央部の値の対比を図3に示す。脆性破面率については、表層と中央部の違いによる有意な違いが見られない。吸収エネルギーについてはAシリーズでは表層と中央の違いによる差があまり見られないが、Mシリーズではやや中央が大きい傾向である。A40とM40については、いずれも表層の方が吸収エネルギーは顕著に小さかった。

表1 シャルピー衝撃試験結果

試験片 No.	吸収エネルギー (J)	脆性破面率 (%)	試験片 No.	吸収エネルギー (J)	脆性破面率 (%)		
						vE0	vE0
A20	1	113	42	A20'	1	117	38
	2	86	49		2	108	35
	3	115	38		3	104	47
	平均	105	43		平均	110	40
A25	1	110	44	A25'	1	134	30
	2	115	41		2	115	40
	3	46	66		3	95	56
	平均	90	50		平均	115	42
A30	1	139	35	A30'	1	121	43
	2	90	46		2	122	48
	3	147	31		3	140	36
	平均	125	37		平均	128	42
A35	1	126	45	A35'	1	138	37
	2	140	35		2	120	56
	3	114	42		3	112	59
	平均	127	41		平均	123	51
A40	1	144	54	A40'	1	97	64
	2	129	64		2	30	70
	3	147	59		3	36	66
	平均	140	59		平均	54	66
M20	1	152	10	M20'	1	148	10
	2	158	6		2	137	8
	3	161	6		3	137	8
	平均	157	7		平均	141	8
M25	1	165	6	M25'	1	140	10
	2	165	8		2	148	6
	3	163	5		3	146	13
	平均	164	6		平均	145	10
M30	1	68	47	M30'	1	132	50
	2	128	36		2	128	53
	3	128	38		3	128	53
	平均	108	40		平均	130	51
M35	1	154	34	M35'	1	119	33
	2	156	27		2	123	38
	3	150	31		3	127	38
	平均	153	31		平均	123	36
M40	1	160	43	M40'	1	105	28
	2	118	54		2	36	35
	3	155	47		3	155	47
	平均	144	48		平均	71	32

注) 斜線部は、試験体寸法上、試験片採取が不可能であったため、試験を実施していない

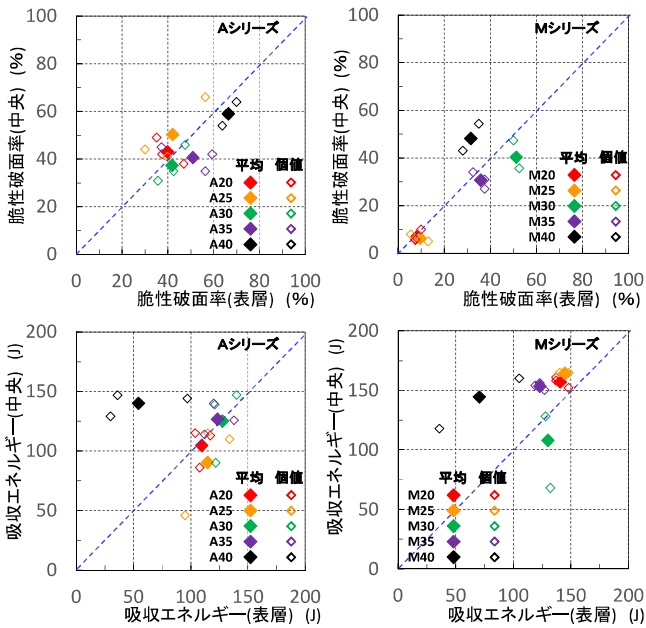


図3 脆性破面率と吸収エネルギーの中央-表層対比図

4. ノッチ底金属組織のマイクロ観察による原質部率

シャルピー試験片ノッチ底金属組織のマイクロ観察により原質部率を求めた。写真1には各試験片の No1 のみ示している。全試験体において、表層から採取した試験片の方が原質部率は大きかった。

原質部率と吸収エネルギーとの関係を、図4に示す。中央および表層共に、冷却時間が長くなると原質部率が小さくなる傾向が見られ、一部を除き原質部率の増大に対して吸収エネルギーはAシリーズで減少、Mシリーズで増大の傾向であった。

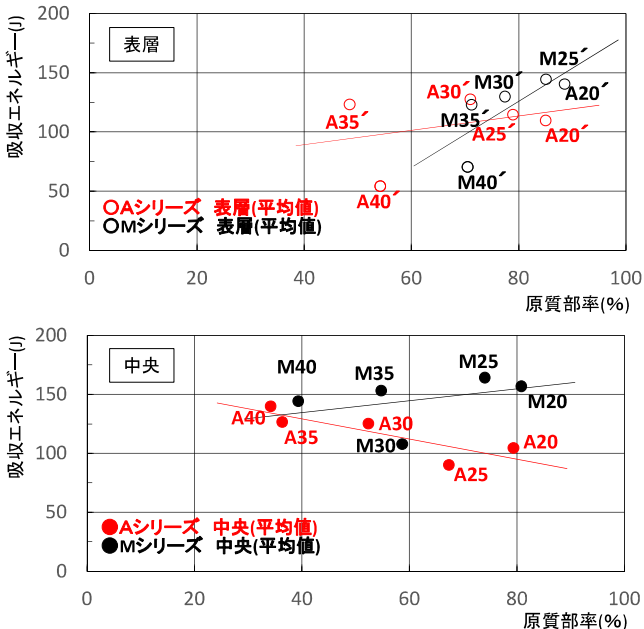
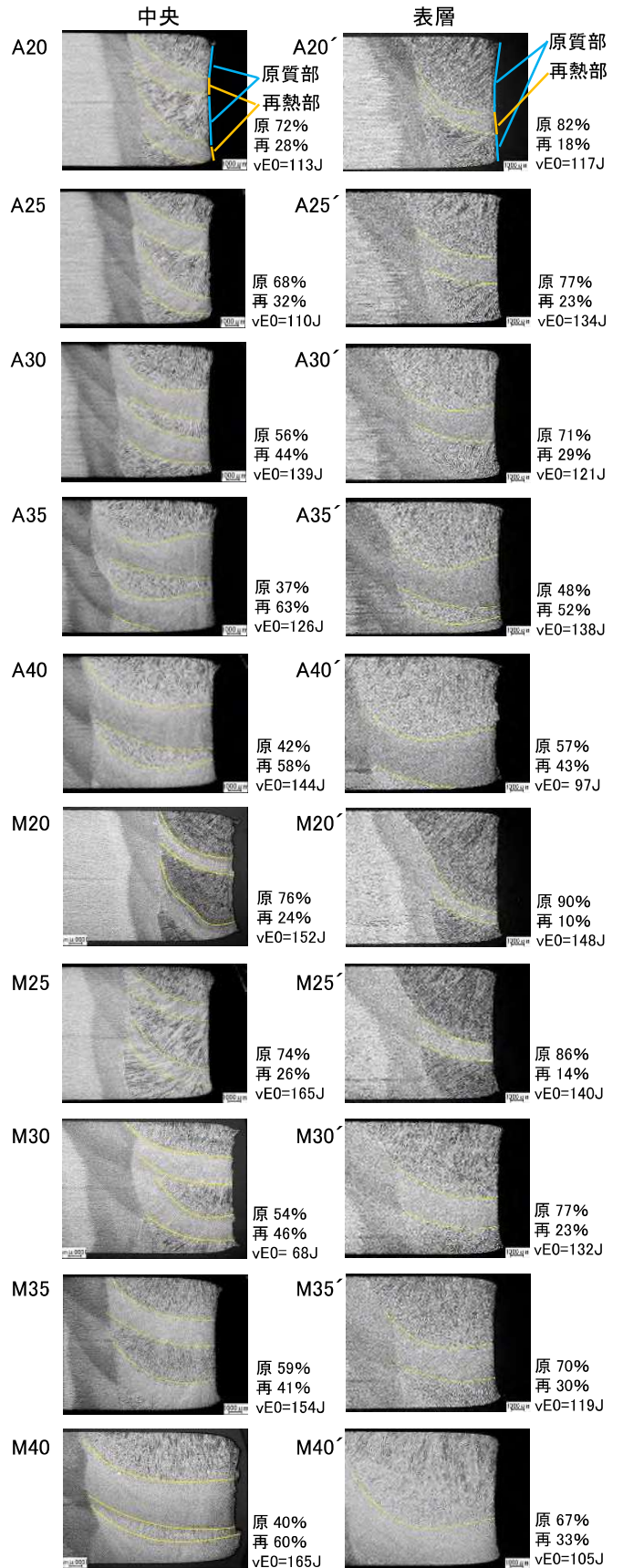


図4 原質部率と吸収エネルギーの関係

【参考文献】

- 1) 平井ら; 溶接金属の靱性に及ぼす溶接条件の影響その1~2: 日本建築学会大会学術講演梗概集 2018 年
- 2) 平井ら; 溶接金属の靱性に及ぼす溶接条件の影響その3~5: 日本建築学会大会学術講演梗概集 2019 年



「原」および「再」に示す百分率は、それぞれ原質部率および再熱部率(%)を示す。

写真1 ノッチ底金属組織のマイクロ観察写真(No1 試験片のみ)

- *1 フジタ,*2 安井建築設計事務所,
- *3 大成建設,*4 日本設計,*5 日建設,
- *6 竹中工務店,*7 鹿島建設,*8 神戸製鋼所

- *1 Fujita Corporation *2 Yasui Architects&Engineers,INC.
- *3 Taisei Corporation *4 Nihon Sekkei Inc. *5 Nikken Sekkei Ltd.
- *6 Takenaka Corporation *7 Kajima Corporation *8 KOBE STEEL,LTD.

溶接金属の靱性に及ぼす溶接条件の影響

(その7 試験結果の分析)

正会員 ○加賀美安男*1 正会員 竹内秀紀*2 正会員 後藤和正*3
 同 藤田哲也*4 同 米山真一朗*5 同 平井慶一*6
 同 岡野昌明*7 同 横田泰之*8

溶接金属 冷却時間 吸収エネルギー
 原質部率 再熱部率 柱状晶

1. はじめに

本報では、その6で示したシャルピー衝撃試験の結果を踏まえて、前報その5で報告した①シャルピー衝撃試験の原質部率と冷却時間の関係、②溶接材料の違いにより試験片ごとの原質部と再熱部の吸収エネルギーの低下度合いが異なることにより、吸収エネルギーと冷却時間との関係が異なることに考察を加えて溶接材料ごとの溶接金属の吸収エネルギーと冷却時間の関係を報告する。更に、その6で報告したシャルピー衝撃試験片のノッチ底のマイクロ観察から得た原質部率をもとに、前報その5で仮定した原質部と再熱部の吸収エネルギーと冷却時間の関係を報告する。

2. 原質部率と再熱部の吸収エネルギー

図1にAシリーズ、Mシリーズの溶接条件ごとの吸収エネルギーと冷却時間の関係を示す。試験片の採取位置によらず、冷却時間が長くなるとAシリーズの吸収エネルギーは上昇するが、Mシリーズは減少しており、前報その5で報告した結果と同様である。

採取位置を変えて採取した試験片の原質部率と冷却時間の関係を図2に示す。A、M両シリーズ共に試験片採取位置を変えることにより、試験片の原質部率が変わっても冷却時間が長くなるほど原質部率が減少、すなわち再熱部率が増加する結果となっている。このことは前報その5で示した結果と同様である。溶接材料銘柄ごとに詳しくみると以下の通りである。

◇Aシリーズ

冷却時間が長くなると原質部率は減少するが吸収エネルギーは低下しない。このことは冷却時間が長くなると再熱部の吸収エネルギーは相対的に低下するものの、その低下度合いは少なく、原質部の吸収エネルギーの低下分を再熱部の吸収エネルギーが補っているためと考えられる。

◇Mシリーズ

冷却時間が長くなると吸収エネルギーが低下する傾向だが、いずれの溶接条件においても、原質部の多い試験片(表層)の方が原質部の少ない試験片(中央)より吸収エネルギーは低くなっている。

冷却時間が長くなると、原質部率は減少するが、原質部の多い試験片(表層)に対して原質部の少ない試験片(中央)の方が原質部の減少率が大きい。すなわち、Mシリーズの原質部の吸収エネルギーはAシリーズに比べて相対

的に高いが、冷却時間が長くなると原質部率の減少度合いが大きいことによるものと考えられる。

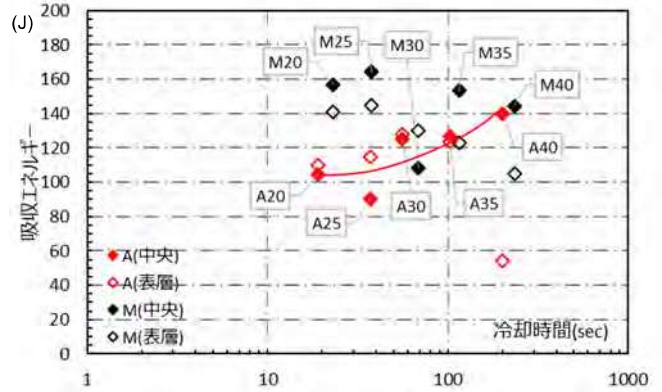


図1 溶接金属の吸収エネルギーと冷却時間

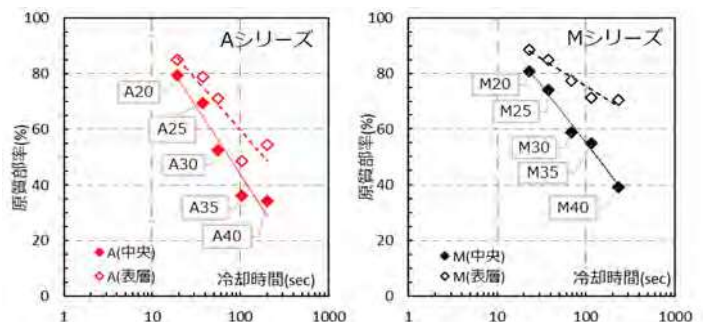


図2 溶接金属の原質部率と冷却時間

3. 吸収エネルギーのばらつき

前報その5で仮定した原質部と再熱部の吸収エネルギーを表1に示す。この仮定値から求めた仮定吸収エネルギーと全試験値との関係を図3に示す。

これによると①仮定値と試験値との差が偏っている、②仮定値と試験値に極端な差があるものがあることか

表1 吸収エネルギー仮定値

試験片	仮定値	
	原質部(J)	再熱部(J)
A20	90	190
A25	85	185
A30	80	180
A35	75	175
A40	70	170
M20	140	220
M25	130	210
M30	120	200
M35	110	190
M40	100	180

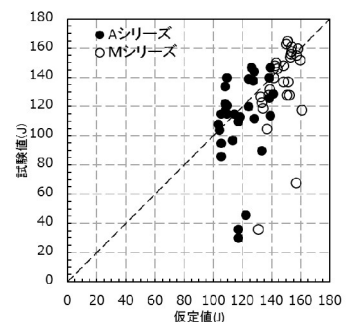


図3 仮定値と試験値

表 2 M シリーズ原質部と再熱部の吸収エネルギー

溶接条件	試験値 (J)	原質部		再熱部		合計 仮定値(J)	仮定値-試験値	θ(°)
		率(%)	仮定値(J)	仮定値(J)	仮定値(J)			
M20-1	152	76	136	248 (220)	156	4	37.0	
M20-2	158	83			150	-8	26.5	
M20-3	161	83			150	-11	26.0	
M20'-1	148	90	136	248 (220)	144	-4	52.5	
M20'-2	137	90			144	7	43.0	
M20'-3	137	86			148	11	45.0	
M25-1	165	74	122	234 (220)	148	-18	23.5	
M25-2	165	74			148	-18	26.5	
M25-3	163	75			147	-17	15.0	
M25'-1	140	86	122	234 (220)	136	-4	41.0	
M25'-2	148	85			137	-11	35.5	
M25'-3	146	83			139	-7	21.5	
M30-1	68	54	108	220	160	92	2.5	
M30-2	128	60			153	25	27.0	
M30-3	128	62			151	23	28.5	
M30'-1	132	77	108	220	134	2	15.0	
M30'-2	128	78			133	5	15.0	
M35-1	154	59	94	206	140	-14	8.0	
M35-2	156	46			154	-2	11.5	
M35-3	150	70			140	-10	14.0	
M35'-1	119	71	94	206	127	9	6.0	
M35'-2	123	54			126	3	15.9	
M35'-3	127	72			125	-2	6.0	
M40-1	160	40	80	192	147	-13	15.0	
M40-2	118	37			151	33	6.5	
M40-3	155	41			146	-9	4.5	
M40'-1	105	67	80	192	117	12	9.0	
M40'-2	36	74			109	73	7.0	

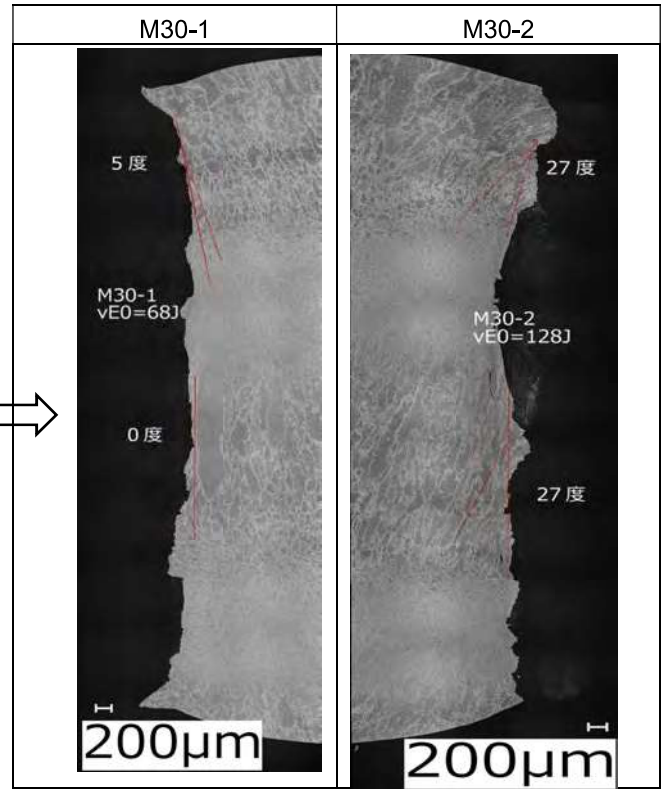


写真 1 ノッチ底柱状晶マイクロ観察

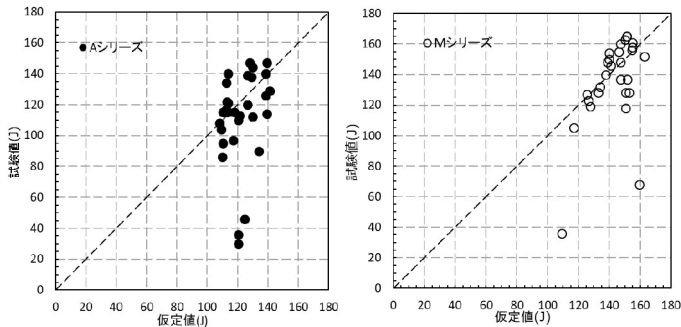


図 4 吸収エネルギーの試験値と仮定値

ら、②の試験データを除いて、仮定値と試験値の関係が1:1に近づくように両シリーズの仮定値を補正し全試験値との差を求めて表 2 および図 4 に示す。

②の試験データについて、この原因を調べるために、試験片のノッチ底のマイクロ写真から試験片破断部の柱状晶の角度を観察した結果(M シリーズ)を表 2 の(θ)に示す。

M シリーズの中で、仮定値と試験値の差が 92 と最も大きかった M30-1 と M30-2 のマイクロ観察結果を写真 1 に示す。ノッチ底の柱状晶の角度は M30-1 では 0~5 度であり、M30-2 では 27 度であった。全試験片のノッチ底柱状晶の角度と仮定値と試験値の差の関係を図 5 に示した。ノッチ底柱状晶の角度が 8 度未満で仮定値と試験値の差が大きくなっていることが分かる。

4. まとめ

強度区分の異なる溶接材料 2 銘柄について、溶接条件と

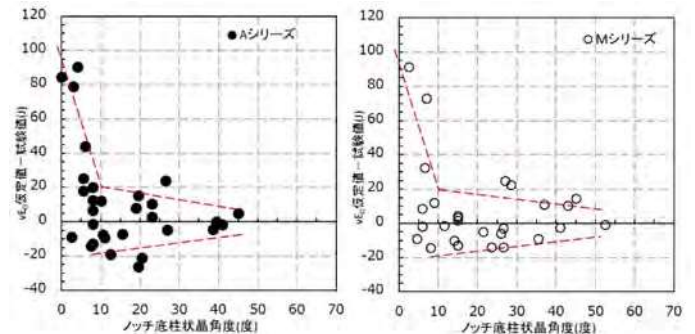


図 5 ノッチ底柱状晶角度と仮定値-試験値の差

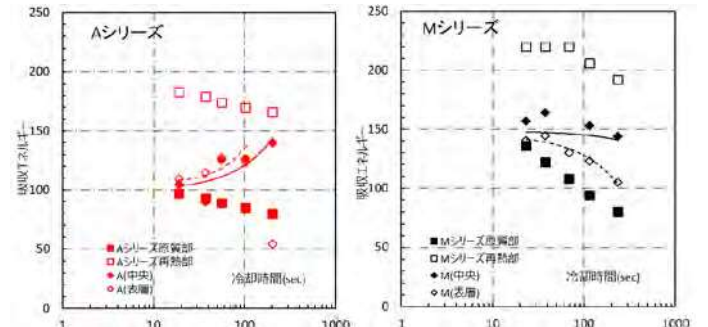


図 6 吸収エネルギーと冷却時間

溶接金属の吸収エネルギーの関係について、原質部と再熱部の吸収エネルギーを仮定して整理した。

仮定した原質部と再熱部の吸収エネルギーの範囲で冷却時間により原質部率が変わり吸収エネルギーが変化することを確認した。

本研究は AW 検定協会の研究評価委員会 WG24 として実施した。

*1 日建設計,*2 安井建築設計事務所,
*3 大成建設,*4 日本設計,*5 フジタ,
*6 竹中工務店,*7 鹿島建設,*8 神戸製鋼所

*1 Nikken Sekkei Ltd *2 Yasui Architects&Engineers,INC.
*3 Taisei Corporation *4 Nihon Sekkei Inc. *5 Fujita Corporation
*6 Takenaka Corporation *7 Kajima Corporation *8 KOBE STEEL,LTD.