

極厚高張力鋼板の溶接性試験

奥村敏恵*
堀川浩甫**
川口喜昭***

1. 緒言

近年、構造物の大型化にともない、溶接構造用鋼材として、各種の高張力鋼が実用に供されると同時に、その使用板厚もより厚いものが要求される傾向にある。しかし、こうした極厚高張力鋼板の溶接は、高張力鋼であるための炭素当量の増大と、極厚であるための冷却速度の増加があいまって、溶接施工法の発達した今日でも、かなりの困難をまぬかれ得ない。

この報告は、溶接性と密接な関係にある炭素当量をそれぞれ変化させ、強度レベルをそろえるために各炭素当量に応じて熱処理を施した3種類の50mm厚調質60キロ級鋼板を試作し、各鋼板について被覆アーク溶接と潜弧自動溶接に関する各種溶接性試験を行なって、極厚高張力鋼板の溶接上の問題点を明らかにしようとしたものである。

2. 供試鋼板

3種類の供試鋼板は板厚50mmのNi-Mo系調質60キロ級鋼板で、炭素当量の高いものから鋼板P、鋼板Q、

鋼板Rと呼ぶことにした。60キロ鋼としての強度レベルをできるだけそろえるため、炭素当量の低い鋼板Qと鋼板Rには微量添加元素Vを加えると同時に、各鋼板の炭素当量に応じた焼もどし温度を選定し、試作した。この結果、鋼板Rの焼もどし温度は、通常の場合よりかなり低い。各鋼板の化学成分および熱処理条件を表-1に示す。

なお本報告において、炭素当量はチェック分析値を用いた。すなわち鋼板Pを0.484%、鋼板Qを0.450%、鋼板Rを0.406%として炭素当量の溶接性におよぼす影響を調べることにした。

3. 母材試験

溶接性試験に先だち、供試鋼板の母材としての性質を比較、検討するため、引張試験と衝撃試験を行なった。

(1) 試験方法

母材の原厚のままの強度および伸びを知るため、JIS 1号引張試験片を半分に減幅した試験片を用いて引張試験を行なった。

つぎに一樣伸びを調べるため、JIS 4号引張試験片の

表-1 供試鋼板の化学成分と熱処理条件

鋼板	板厚 (mm)	化 学 成 分 (%)											熱処理温度 (°C)		
		分析方法	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	V	C _{eq} *	焼入れ	焼もどし
P	50	レードル分析	0.16	0.35	1.27	0.020	0.016	0.11	0.12	0.45	0.15	—	0.458	950	630
		チェック分析	0.17	0.38	1.35	0.020	0.011	0.11	0.12	0.46	0.15	—	0.484		
Q	50	レードル分析	0.14	0.34	1.33	0.019	0.014	0.06	0.09	0.35	0.12	0.01	0.430	950	580
		チェック分析	0.15	0.34	1.34	0.020	0.012	0.07	0.10	0.35	0.13	0.02	0.450		
R	50	レードル分析	0.11	0.32	1.23	0.014	0.012	0.06	0.10	0.34	0.13	0.02	0.391	950	540
		チェック分析	0.12	0.36	1.25	0.014	0.010	0.06	0.09	0.35	0.13	0.02	0.406		

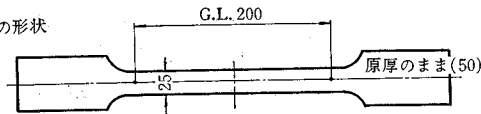
注) $C_{eq} = C + \frac{1}{24}Si + \frac{1}{6}Mn + \frac{1}{5}Cr + \frac{1}{40}Ni + \frac{1}{4}Mo + \frac{1}{14}V$ (%)

* 正会員 工博 東京大学教授 工学部土木工学科
** 正会員 工博 東京大学講師 工学部土木工学科
*** 正会員 住友金属工業(株)

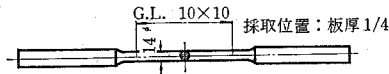
表-2 母材試験結果

鋼板	方向	引張試験***							衝撃試験	
		試験片	降伏点 (kg/mm ²)	抗張力 (kg/mm ²)	一横伸び (%)	局部伸び (mm)	全伸び (%)	しぼり率 (%)	ρE_0 (kg-m)	ρT_s (°C)
P	L	JIS 1号 (減幅)*	52.0	63.5	—	—	22.3	—	18.1	-20
		JIS 4号 (長)**	50.4	63.9	10.6	10.1	20.7	70.9		
	C	JIS 1号 (減幅)	52.1	64.1	—	—	19.6	—	5.8	-20
		JIS 4号 (長)	50.7	64.1	10.6	8.7	19.3	55.8		
Q	L	JIS 1号 (減幅)	56.9	67.5	—	—	19.0	—	23.7	-50
		JIS 4号 (長)	54.5	66.6	9.4	10.1	19.5	72.6		
	C	JIS 1号 (減幅)	56.6	68.0	—	—	17.3	—	9.0	-30
		JIS 4号 (長)	54.6	66.3	9.6	8.1	17.7	58.1		
R	L	JIS 1号 (減幅)	47.6	58.8	—	—	23.9	—	29.8	-80
		JIS 4号 (長)	47.6	58.2	11.1	11.8	22.9	76.5		
	C	JIS 1号 (減幅)	47.6	58.9	—	—	20.9	—	10.4	-35
		JIS 4号 (長)	47.1	58.0	11.5	9.9	21.4	65.2		

* 試験片の形状



** 試験片の形状



*** 引張試験の結果は3個の試験片の平均値で示した。

平行部を長くし、10 mm ピッチで 100 mm を書いた試験片を用いて引張試験を行なった。採取位置は板厚 1/4 点である。

衝撃試験は JIS 4号衝撃試験片による 2mmV シャルピー衝撃試験を -120°C ~ +40°C 間で行なった。

(2) 結果と考察

表-2 に結果を示す。引張試験においては、炭素当量が中間の値である鋼板 Q ($C_{eq}=0.450\%$) の強度がもっとも大きく、伸びが低い。鋼板 P ($C_{eq}=0.484\%$) はこれより低い強度とより良好な伸びを示すが、これは焼もどし温度の差による影響と考えられる(表-1 を参照、焼もどし温度は鋼板 P=630°C, Q=580°C, R=540°C)。鋼板 R は炭素当量が 0.406% と低いため、焼もどし温度を低くしても鋼板 P, Q よりかなり低い強度を示し、抗張力が 60 kg/mm² をやや下まわった。伸びはもっとも良好である。

衝撃試験は、しぼり率とともに炭素当量の低いものほど良好な値を示した。圧延 L 方向と C 方向の差は、この衝撃試験で顕著である。

4. 被覆アーク溶接含湿溶接性試験

高張力鋼の溶接には低水素系溶接棒が使用されるが、その際吸湿による性能の劣化が問題となり、使用前の十

分な乾燥が要求される。本試験においては、被覆アーク溶接の試験を行なうに当たって、各鋼板の割れ感受性が溶接棒の吸湿によってどの程度影響されるかを、溶接棒の乾燥条件を三段階に変えることによって調べた。各乾燥条件は、現場溶接の最悪状態、中程度の乾燥、ほぼ理想的な乾燥を想定して選んだ。

(1) 試験方法

溶接棒の乾燥条件を不良な条件から A, B, C の三段階とし、条件間の差はおもに溶接棒の乾燥温度によった。条件 A=100°C×1 h, 条件 B=250°C×1 h, 条件 C=350°C×1 h とし、条件 A, B は乾燥に先だち与湿を行ない、条件 C は与湿せず開封直後に乾燥を行なった。各条件を表-3 に示す。なお使用溶接棒は LB 62-4 mmφ である。

表-3 溶接棒の乾燥条件

乾燥条件	与湿方法	乾燥温度(°C)	乾燥時間(分)
A	与湿箱中24時間保持	100	60
B	与湿箱中24時間保持	250	60
C	与湿なし、開封直後乾燥	350	60

溶接棒の各乾燥条件におけるフラックス水分量は、所定の乾燥を施した溶接棒からフラックスをはぎとり、450°C の炉で完全乾燥を行ない、重量法で算出した。

溶接の際、溶着鋼へ吸着される水素量は、JIS Z 3113 にもとづき、グリセリン法で発生水素を置換して、溶着

図-1 乾燥温度とフラックスの水分量

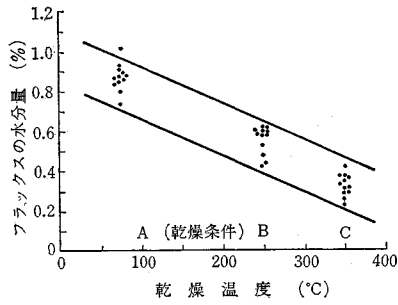
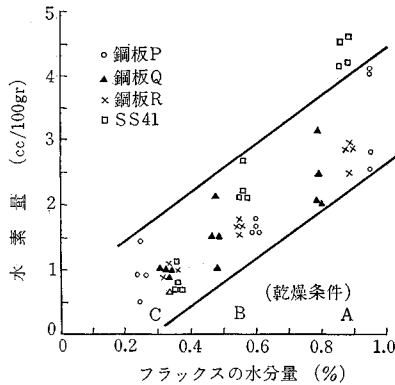


図-2 フラックスの水分量と JIS 法水素量



鋼 100 g に対する水素量を測定した。

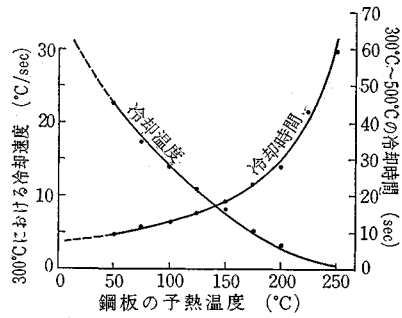
各乾燥条件下の溶接棒を用いた 50 mm 厚の各鋼板の割れ感受性は、JIS Z 3158「斜め y 形溶接割れ試験」によって調べた。この試験は従来、小型鉄研式と呼ばれ、母材の熱影響部の割れ感受性の判定にもっとも適した試験法の一つである。なお、鋼板の各予熱条件における熱影響部ボンドの冷却速度を熱電対で求めた。

さらに JIS Z 3101「最高硬さ試験」を行なって、割れ感受性と対応させた。熱影響部の最高硬さは、溶接棒の乾燥条件に無関係と考えられるので、乾燥条件 C のもとに原厚 50 mm のままの予熱用 2 号試験片を用いて、試験片の予熱温度を変えて試験した。

(2) 結果と考察

溶接棒の乾燥温度とフラックスの水分量、および溶着鋼へ吸着される水素量の関係は図-1 および図-2 に示すように、乾燥温度と水分量はほぼ負の直線関係、水分量と水素量はほぼ比例関係として

図-3 ボンド部の冷却速度と冷却時間



得られた。

「斜め y 形溶接割れ試験」のボンドにおける冷却速度と冷却時間は、図-3 に示す結果となった。300°C における冷却速度は、試験片の予熱温度がかなり高い場合でも相当に大きく、常温近傍に外挿すると 30°C/sec くらいを示す。従来の測定結果¹⁾によれば、板厚 20 mm, 25 mm の常温における冷却速度は 10°C/sec, 11.5°C/sec 程度であり、この 50 mm 厚鋼板を 130°C, 120°C に予熱した場合の冷却速度に等しくなり、極厚鋼板の溶接の困難性を推測させる。

「斜め y 形溶接割れ試験」の結果は図-4 として得られた。

いずれの鋼板においても割れ率は予熱温度に対して急激な遷移を示すが、溶接棒の乾燥条件によってこの様相がかなり変化する。それをよりわかりやすくするため、図-5 を作成した。図-5 は横軸に炭素当量をとって鋼板 P, Q, R をあてはめ、縦軸には割れ感受性を表わす割れ阻止の予熱温度、50%ルート割れ率の予熱温度、50%断面

図-4 斜め y 形溶接割れ試験結果

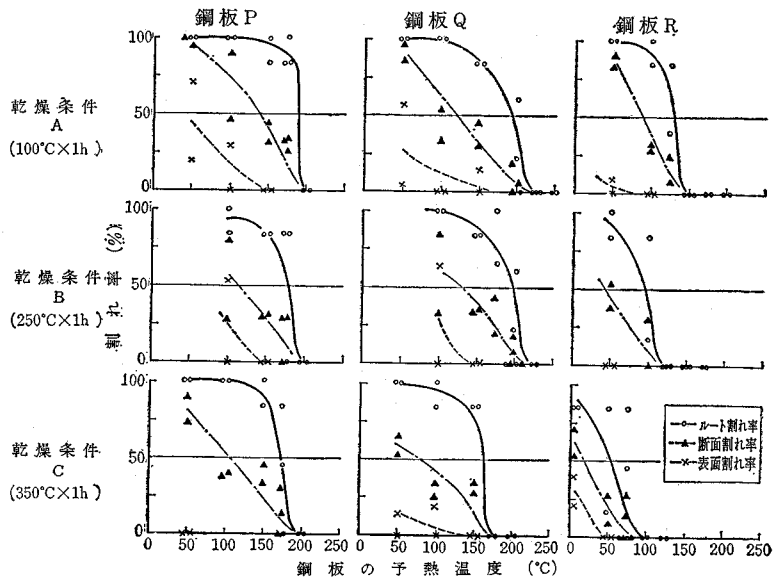
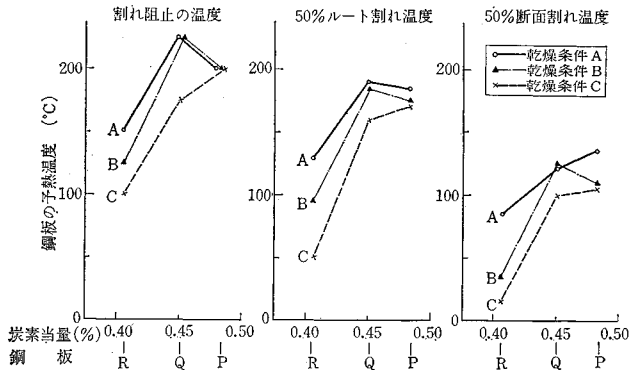


図-5 各乾燥条件における炭素当量と割れ感受性



面割れの子熱温度をとったものである。乾燥条件が A→B→C と向上すれば、各鋼板の割れ感受性はおおむね低下する傾向を示すが、乾燥条件のもっともよい C(350°C×1h) においても、割れ阻止のための予熱温度は鋼板 P で 200°C、Q で 175°C、R で 100°C というかなり高い温度となった。炭素当量と割れ感受性の関係を見ると、炭素当量のもっとも低い鋼板 R ($C_{eq}=0.406\%$) はやはり低い感受性を示すのに対し、鋼板 Q ($C_{eq}=0.450\%$) は炭素当量のより高い鋼板 P ($C_{eq}=0.484\%$) よりも部分的にはより高く、全体的としてみれば鋼板 P とほぼ等しい割れ感受性を示す。これは、つぎに述べる「最高硬さ試験」の結果とあいまって、割れ感受性が炭素当量の増加に対しある限界値を持つのではないかと推定される。一方、乾燥条件による割れ感受性の差は炭素当量の

少ない鋼板 R においてもっともいちじるしく、炭素当量の高いものほど、溶接棒の乾燥条件の向上による割れ性の改良が期待しにくくなることを示している。

「JIS 最高硬さ試験」による熱影響部の最高硬さは、図-6 に示す結果を得た。常温での硬さは鋼板 P で $H_v 443$, Q で $H_v 417$, R で $H_v 366$ という値でかなり高い。予熱温度を上げると硬度は順次低下するが、鋼板 Q と P はほぼ同等の硬度を示し、前述の割れ感受性の結果と照応する結果が得られた。

図-7 は横軸に鋼板の予熱温度をとり、予熱温度による最高硬さの変化を示したもののだが、「斜め Y 形溶接割れ試験」における 50% ルート割れの子熱温度を硬度曲線の上にプロットした。したがって、二直線間で示される領域は 50% のルート割れが発生する硬度と予熱温度を示し、その領域が右上りになっていることは予熱温度が上昇すれば割れ発生硬度が高くなることを表わす。また領域の幅は、割れ発生におよぼす溶接棒の乾燥条件の影響を示し、乾燥条件の向上によって割れ発生硬度が高くなることを表わしている。領域の幅が上方で狭まるのは、鋼板の予熱温度が高くなると乾燥条件による差が少なくなることを示すと考えられる。こうして図-7 は予熱温度と組織の硬さおよび乾燥条件の三者が溶接割れに与える影響を示すグラフとなっている。

図-6 JIS 最高硬さ試験結果

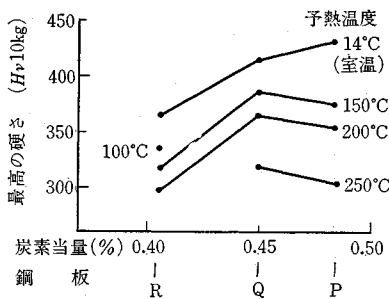
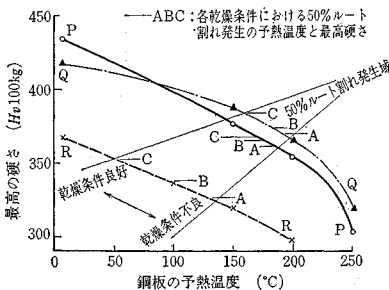


図-7 鋼板の予熱温度と最高硬さおよび割れ発生



5. 潜弧自動溶接継手性能試験

潜弧自動溶接における問題は、溶接熱影響部の軟化とボンド部のぜい化であって、いずれも溶接入熱量と密接な関係がある。この試験では、通常の入熱量 35 000 jou/cm とかなり大きい入熱量 70 000 jou/cm とについて、各鋼板の継手性能を調べた。

熱影響部の軟化に関しては、継手の硬度分布と引張試験、ボンド部のぜい化に関しては継手の衝撃値分布とボンド部の衝撃試験を行なって、極厚高張力鋼の潜弧自動溶接における問題点を明らかにしようとした。

(1) 試験方法

継手の形状は図-8 に示すとおりで、幅 1200、長 600 の突合せ溶接継手から各種試験片を採取した。溶接条件は表-4 に示すとおりであって、各鋼板に入熱量 35 000 jou/cm と 70 000 jou/cm の 2 種類の溶接を施した。

継手の硬度分布は、継手上面より 2 mm の部くらいをピッカース 10 kg で測定し、測定ピッチは熱影響部 0.5 mm、他は 2 mm とした。

継手引張試験は、溶接線と直角に原厚のまま、長平行

図-8 溶接継手の形状

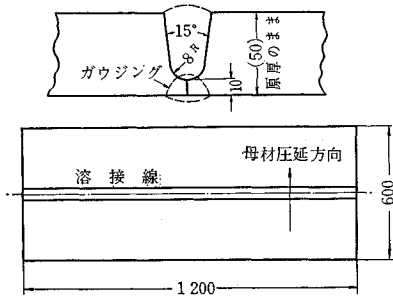


表-4 継手溶接条件

入熱量	溶接面	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	パス回数
35 000 joul/cm	上	600	36	37	15
	下	600	36	37	4
70 000 joul/cm	上	700	35	21	8
	下	700	40	24	2

部と短平行部の2種類の試験片を採取した。長平行部引張試験片は、母材試験で用いた JIS 1号 (減幅) 試験片を、短平行部引張試験片は JIS Z 3121 に規定された試験片を用い、いずれも余盛を削除した。

継手の衝撃値の分布は継手上面より 1/4 厚を中心とし、溶接線に直角に JIS 4号衝撃試験片を採取した。ノッチの位置は溶接線の中心から外側へ、溶着鋼中心から熱影響部を経て母材部まで分布させて採取した。2mmV シャルピー衝撃試験は -20°C で行なった。

ボンド部に関しては試験片数を多くして、-60°C ~ +60°C の試験を行ない、遷移曲線を求めて破面遷移温度ならびに 0°C 吸収エネルギーを求めた。

(2) 結果と考察

継手の硬度分布は、図-9 に示す結果であった。入熱量 35 000 joul/cm と 70 000 joul/cm の場合を比較すれ

図-9 継手の硬度分布

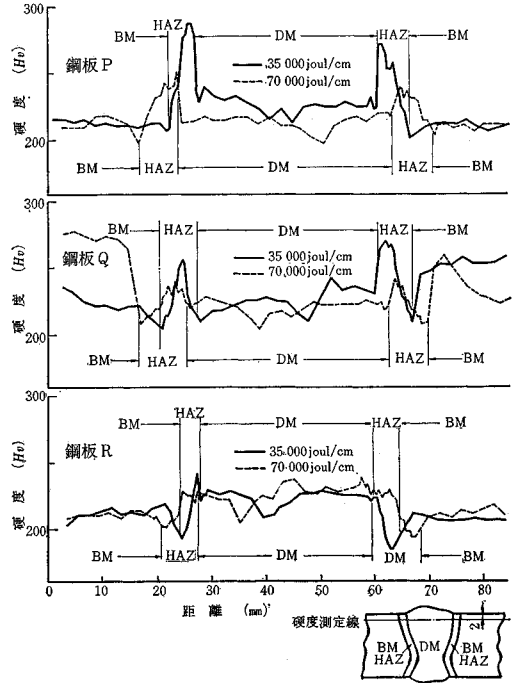
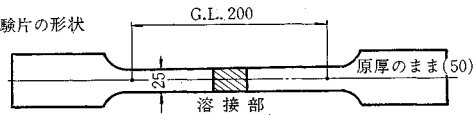


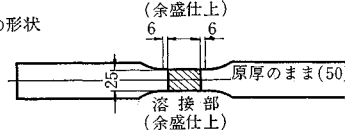
表-5 継手引張試験結果

鋼板	入熱量 (joul/cm)	長平行部引張試験*				短平行部引張試験**	
		降伏点 (kg/cm ²)	抗張力 (kg/mm ²)	伸び (%)	破断位置	降伏点 (kg/mm ²)	破断位置
P	34 000	50.2	63.2	20.1	BM	67.0	BM
		49.3	62.8	21.1	BM	66.6	BM
		50.0	63.0	20.7	BM	68.3	BM
	70 000	51.0	63.3	20.6	BM	65.1	DM+HAZ+BM
		49.6	63.2	19.4	BM	66.6	HAZ+BM
		50.0	64.0	20.3	BM	66.1	HAZ+BM
Q	35 000	52.0	65.4	19.2	BM	68.6	HAZ
		53.1	65.7	19.6	BM	67.4	DM
		53.0	67.0	18.4	BM	68.3	DM+HAZ
	70 000	51.9	64.4	18.6	DM+HAZ	66.0	DM
		50.7	64.9	15.6	DM+HAZ	66.4	DM
		54.0	65.0	14.8	DM	66.2	DM
R	35 000	43.3	56.5	21.3	BM	62.7	BM
		44.3	56.8	22.1	BM	62.9	BM
		43.6	59.3	20.0	BM	62.9	BM
	70 000	44.2	56.0	23.3	BM	60.5	BM
		43.3	59.5	21.9	BM	62.0	BM
		43.7	58.7	21.5	BM	62.7	BM

*) 試験片の形状



***) 試験片の形状



ば、鋼板 P, Q, R いずれにおいても特に軟化する傾向はみられず、70 000 joule/cm 程度の入熱量は、継手の軟化に対しては、ほとんど影響がないことが明らかとなった。

したがって、継手強度も問題ないことが推測されるが引張試験の結果は表-5 に示すとおりであった。長平行部引張試験ではほとんど母材部で破断し、継手性能上問題はないが、鋼板 Q の入熱量が大きい場合のみ、溶着金属ないしは熱影響部より破断している。しかし、この場合でも低下の程度は 3 kg/mm² (5%) 前後であって、強度上大きな問題を示すものではない。なお、鋼板 R の抗張力が低いのは母材試験の結果に示したとおりの母材自体の強度が低いためであって、継手性能の問題ではない。短平行部引張試験は溶着金属ないしは熱影響部の強度を求めるための試験であるが、多くの試験片が非平行部である母材部で破断し、溶着金属部分の強度がかなり大きいことを示している。

継手の衝撃値の分布は図-10 に示す結果となった。溶着金属の吸収エネルギーは、鋼板 P, Q, R ともほぼ同等な値を示し、入熱量が大きくなるとやや低下する。ボンド部はいずれの鋼板においても、もっとも衝撃値の低い部位であり、また入熱量が大きくなると、さらに低下する。母材部に入ると鋼板 P, R では熱影響部より 2 mm、鋼板 Q では 6 mm の位置にぜい化域がみられる。

ボンド部については、遷移曲線を求めたが、図-11 に 0°C 吸収エネルギーと破面遷移温度を母材試験の結果と比較して示した。ボンド部の吸収エネルギーは、各鋼板とも母材に比してかなりの低下がみられ、入熱量が大き

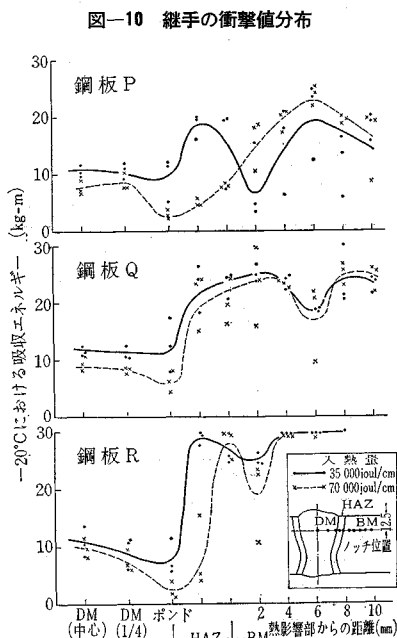
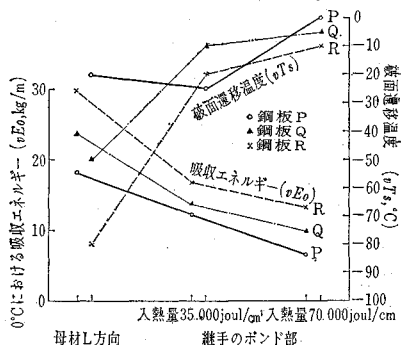


図-10 継手の衝撃値分布

くなるとさらに低下する。鋼板 Q, R は 35 000 joule/cm までに大きな低下を示し、それ以降はゆるやかになる。これに対し、鋼板 P は入熱量 35 000 joule/cm までは低下の割合がやや少なく、破面遷移温度はデータ上はむしろ向上している。その後 70 000 joule/cm まで吸収エネルギーは同じような割合で低下し、破面率は急激に劣化している。このように、鋼板 P は鋼板 Q, R とやや異なった傾向を示している。これは鋼板 P の焼もどし温度が鋼板 Q, R に比して高いので、入熱量による影響がより大きい入熱量で現われるものと考えられ、入熱量が鋼板のぜい化に与える影響はその焼もどし温度とも関係するのではないかと考えられる。

図-11 母材と比較したボンド部の衝撃試験結果



以上の継手性能試験を通じて、50 mm 厚の鋼板においては、その冷却速度の大きいことがかえって幸いし、入熱量がかなり大きくなっても継手性能はそれほど損なわれないことが明らかとなった。焼もどし温度のかなり低い鋼板 R においても、熱影響部の軟化が問題とならなかったことは、これを裏づけるものと考えられる。

6. 総括

極厚高張力鋼板として 3 種類の 50 mm 厚調質 60 キロ級鋼板を用い、その溶接性を検討してきたが、結果をまとめるとつぎのようになる。

(1) 50 mm 厚鋼板の被覆アーク溶接においては、冷却速度が大きいため熱影響部の最高硬さがかなり高くなって、相当の予熱温度を与えないと割れ発生を完全に阻止することはできない。最高硬さと割れ感受性は炭素当量が中位の鋼板ともっとも高い鋼板においてはほぼ同等の結果となり、この実験に関する限り、炭素当量がある限界値をこえると、最高硬さと割れ感受性は大きな差を示さないが、かなりきびしい条件を与えることが示された。

また溶接棒の乾燥条件は割れ発生に大きく影響し、その向上によって割れ阻止のための予熱温度を下げるこ

ができるが、炭素当量が高く予熱温度が高い場合にはその効果が少ない。

(2) 本試験に用いた鋼材ではその潜弧自動溶接において、入熱量が70 000 joule/cm程度になっても軟化はほとんど促進されず、継手強度上問題はなかった。しかしボンド部のぜい化が認められるので、母材の衝撃値の低い鋼材については注意が必要である。またボンド部の衝撃値低下に関連して施工上考慮すべき入熱量の選定は、鋼板の焼もどし温度とある種の関係をもつことが示された。

なお、2 mmV シャルピー試験における衝撃値の低下が継手の実際の脆性破壊に結びつくかどうかは、大型ぜい性試験による確認が必要となり、これらについては今後十分検討したいと考える。

7. 結 言

極厚高張力鋼板の溶接にあつては、その特殊性に応じて種々の考慮を必要とするが、本報告の結論としてその実用上の障害は十分取除きうることがほぼ確認できたと考える。本報告がより使いやすい極厚高張力鋼板の開発、発展に役立ちうるならば幸いである。

なお、本研究は住友金属工業(株)の委託研究として行なわれ、実験の実施にあつては横河橋梁(株)研究室の協力を得た。関係各位に厚く謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 木原・鈴木・稲垣・中村：“高張力鋼溶接部のルートに関する研究(第1報)”，溶接学会誌，31(1)53-66(1962) (1967.9.2・受付)

土木図書館蔵書目録 第1集

先に創立50周年記念事業の一環として建設されました土木図書館の蔵書目録が土木図書館運営委員会の協力を得てこのたび刊行されましたのでご利用下さい。第2集は43年1月刊行予定しました。

内 容：図書館規程/同利用規定/分類記号/和書/洋書/国際会議論文集/雑誌/土木図書館フィルムライブラリー
 体 裁：A5判 タイプ印刷 236 ページ
 定 価：700 円 会員特価：600 円 送 料：100 円

案内書進呈

下記のうち昭和43年春に発売するものがありますので、ご了承ください。

舗装試験用データシート

A4判 上質トレーシングペーパーに裏面に逆字印刷、各種類とも1冊50枚綴り
 定価 各種類とも1部200円(送料実費) <お申込みは記号で>

アスファルト混合物試験関係

記号	種 類
M-1a	アスファルト混合物の配合設計(骨材粒度設計その1)
M-1b	アスファルト混合物の配合設計(骨材粒度設計その2)
M-2	骨材の粒径加積曲線図
M-3	混合物の理論最大密度計算表
M-4a	マーシャル安定度試験(そのI-a)<計算表>
M-4b	マーシャル安定度試験(そのI-b)<計算表>
M-4c	マーシャル安定度試験(その2)<図>
M-5a	アスファルトの抽出試験(ソックスレー法)
M-5b	アスファルトの抽出試験(遠心分離法)
M-6	アスファルト抽出試験後の骨材ふるい分け試験

アスファルト試験関係

B-1	アスファルト試験成績表
B-2	アスファルトの比重試験
B-3	アスファルトの針入度試験
B-4	アスファルトの軟化点試験(環球法)
B-5	アスファルトの伸度試験
B-6	アスファルトの蒸発減量試験
B-7	セイボルトフロー粘度試験
B-8	アスファルトの四塩化炭素可溶分試験
B-9	アスファルトの引火点試験(クリーブランド開放式)

骨材試験関係

記号	種 類
A-1	骨材試験成績表
A-2a	骨材のふるい分け試験
A-2b	骨材のふるい分け試験<図>
A-3	粗骨材の比重および吸水量試験
A-4	細骨材の比重および吸水量試験
A-5	ロサンゼルス試験機による粗骨材のスリヘリ試験
A-6	骨材の安定性試験
A-7	粗骨材中の軟石量試験
A-8	粗骨材の粒径判定試験(発売日未定)
A-9	フィラーの比重試験(発売日未定)
A-10	フィラーの粒度試験(発売日未定)
A-11	骨材の洗い試験

管理試験関係

QC-1	アスファルト舗装の切取供試体試験(発売日未定)
QC-2	温度管理図
QC-3	骨材粒度と抽出アスファルト量の管理図(発売日未定)
QC-4	マーシャル基準密度の測定表(発売日未定)
QC-5	ベンケルマンビームによるタワミ測定試験
QC-6	平板載荷試験(発売日未定)

株式会社 建設図書

東京都千代田区外神田2-2-17 TEL 東京(03)(255)0231(代)
 振替口座・東京62450