部会の共同研究用として、名古屋大学工学部金属工学科井上研究室で購入した直流溶接電源を使用した。

本装置の使用に当っては、故小島康助教授のご協力を得たことをとくに記し、故人に対し心からの謝意と弔意を表したい。

参考文献

- 1) A.E.J. Forno, M.E. Peover, J.S. Powell; Control of hydrogen in electrosag remelting of iron, J.I.S.I., Vol. 209, (1971), No. 12, 966
- 2) D.N. Pocklington; Hydrogen pick-up during electrosag refining, J.I.S.I., Vol. 211, (1973), No. 6, 419

- 3) T. Bagshaw; The behaviour of hydrogen in electrosag remelting, 3rd. Int. Sympo., (1971), II-813
- 4) 市原訳：軟鋼および低合金鋼溶接金属中の水素の測定，溶接学会誌 40 (1971), No. 7, p. 104
- 5) 今井，大井，江見：溶融鋼滓の脱水素に及ぼすフッ化物の影響，鉄と鋼，Vol. 50, (1964), No. 3, 465
- 6) 坪井，中野，玉置：エレクトロスラグ溶接の水素の挙動について，溶接学会全国大会講演概要，第16集，(1975)，226
- 7) 寺嶋，坪井：焼成型フラックスによるサブマージアーク溶接金属の水素，溶接学会誌 45 (1976), No. 7, p. 542
- 8) E. Plöckinger; Electrosag remelting-A modern tool in metallurgy, J.I.S.I., Vol. 211, (1973), No. 8, 533
- 9) 坪井，中野，玉置：エレクトロスラグ溶接の基礎的な現象の検討，鉄鋼協会特殊精錬部会第5分科会資料，(1976)，特5-21

高張力鋼のサブマージアーク溶接における 溶接割れの研究 (第2報)*

—ルート割れについて—

岸本宏次** 印藤弘郷** 江端 誠** 大友雅道***

Study on Weld Cracking in Submerged-Arc Welding of High Tensile Strength Steel (Report 2)*

—Root Cracking—

by Kohji Kishimoto**, Hirosato Indow**, Makoto Ebata**
and Masamichi Ohtomo***

In the previous study¹⁾, the welding condition for preventing the transverse weld cracking in submerged-arc welding of HT-80 were determined.

In the present study, y-groove cracking tests were employed for determining the root cracking condition.

The root cracking characteristics depend on the P_{CM} of base metal or weld metal, whichever is higher, diffusible hydrogen content of weld metal and cooling time of weldment.

The critical conditions to prevent the transverse cracking are severer than the ones to prevent the root cracking. It is concluded, therefore, that an adoption of the welding conditions to prevent the transverse cracking generally guarantees both the root and the transverse crack-free weldments in submerged-arc welding of HT-80 steels.

1. ま え が き

HT-60~HT-80の厚板高張力鋼のサブマージアーク溶接継手に発生する，さまざまなタイプの低温割れを考

慮に入れた総合的，かつ定量的な割れ防止条件を求める目的で，前報¹⁾では HT-80 の横割れ防止条件を導いた。

いっぽう，HT-60~HT-80の厚板高張力鋼のサブマージアーク溶接部に発生する低温割れには，横割れの他にルート割れがある。手溶接継手のルート割れ停止条件は伊藤，別所²⁾によって確立され実用に供されているが，サブマージアーク溶接継手については，いまだ明確にされていない。

*原稿受付 昭和51年12月29日(昭和51年度秋季全国大会にて発表)

**正 員 三井造船(株)千葉研究所 Member, Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd. Chiba Laboratory

*** 三井造船(株)千葉研究所 Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd. Chiba Laboratory

そこで, 本報では, このルート割れについて定量的な割れ停止条件を求めるとともに, 前報¹⁾で報告した横割れ停止条件との比較・検討を行なった。

2. 供 試 材

Table 1 に供試鋼板の化学組成と機械的性質を示す。鋼板は HT-60 および HT-80 の各 1 種類で板厚はいずれも 30 mm である。ここで {PCM}_{BM} は母材の化学組成から求めた母材の低温割れ感受性組成で, WES-3002A に規定されている溶接割れ感受性組成 (PCM) と同一である。

溶接用ワイヤは, 前報¹⁾の横割れ実験に供した市販の HT-80 用 W1, W2 と HT-60 用 W4 を, フラックスも前報¹⁾の場合と同じ F1, F2 および F3 を用いた。Table 2 に, それぞれの溶接材料を組合わせて得られる溶接金属の化学組成・拡散性水素量を示す。ここで, {PCM}_{WM} は溶接金属の化学組成から求めた溶接金属の低温割れ感受性組成である。

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of base metals

Materials	Plate thickness (mm)	Chemical compositions (wt.%)												Mechanical properties		
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	B	Ceq	PCM	Y.P (kg/mm ²)	T.S. (kg/mm ²)	E.L. (%)
HT-60	30	.11	.26	.116	.23	.006	—	.18	—	.03	—	.35	.189	61	69	22
HT-80	30	.13	.26	.88	.015	.006	1.00	.53	.37	.042	.0013	.51	.261	81	84	40

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

$$\{PCM\}_{BM} \approx C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B (\%)$$

Table 2 Welding materials and properties of weld metals

Wires	Flux	Chemical compositions of weld metals (wt.%)								{H ₂ } ₀ (cc/100g)
		C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	[Fe] _{eq}	
W1	F1	.059	.32	1.29	.30	.39	.76	.12	.215	.6
	F2	.080	.41	1.51	.44	.35	.68	.10	.244	1.1
	F3	.079	.26	1.34	.14	.47	.77	.08	.236	3.6
W2	F1	.065	.30	1.22	.215	.46	.63	.17	.245	.6
	F2	.078	.45	1.51	.225	.47	.66	.16	.282	1.1
	F3	.102	.30	1.05	.233	.59	.68	.16	.286	3.6
W4	F1	.058	.22	.94	.33	.13	.48	.23	.168	.6
	F2	.056	.33	1.35	.03	.04	.42	.18	.174	1.1
	F3	.078	.14	.80	.03	.06	.40	.16	.161	3.6

$$\{PCM\}_{WM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

3. 実験方法

3.1 供試試験片および溶接方法

手溶接継手のルート割れ再現試験片としてはよく用いられる斜め Y 形割れ試験片³⁾は小型であるため, サブマ

Fig. 1 Water cooled y-groove cracking test specimen

ージアーク溶接のような大入熱溶接では冷却時間が長くなり過ぎ, そのまま用いるのは不適当である。

そこで, 試験片の寸法を大きくし, かつ両側面に水冷銅板を取付け, 溶接部の冷却過程を無限板のそれに近づけるように工夫した水冷銅板付斜め Y 形割れ試験片をサブマージアーク溶接のルート割れ再現実験に供した。

Fig. 1 にその形状を示す。試験片寸法 (350×500 mm) は, 前報¹⁾で報告した水冷銅板付割れ試験片と同じである。なお, 本実験に供した試験片の拘束度を有限要素法によって求めた結果, 手溶接用斜め Y 形割れ試験片の拘束度⁴⁾とほぼ等しい値が得られ, 開先中央部の拘束度は $K=80t$ (t : 板厚) であった。

試験溶接はサブマージアーク溶接を用いて, 1 パス溶接と多層盛溶接 (3 層 3 パス) のそれぞれの条件で行なった。溶接条件は横割れ実験¹⁾の場合と等しく, 入熱は 37 kJ/cm (初層溶接), 45 kJ/cm (2 および 3 パス溶接) である。また, 予熱はガスバーナを用いて行なった。

3.2 割れ検査方法

ルート割れ検査は, 溶接終了後 48 時間以上経過した試験溶接部の 5 横断面について, マクロ試片を採取して行なった。多層盛溶接の場合は, ルート割れの検査後それぞれのマクロ試片を, 横割れがもっとも発生しやすいといわれている最終層直下⁵⁾に相当する鋼板表面から 10 mm 深さの位置で切断し, その断面をマクロ観察して横割れの有無を調べた。

4. 実験結果および考察

4.1 割れ実験結果

1 パス溶接部に発生した割れはすべてルート割れであり, Photo. 1 に典型的な割れ形態を示す。Photo. 1 (a)

Photo. 1 Typical root cracks in root pass welding (a) Root crack propagating in weld metal (b) Root crack propagating along fusion line (c) Root crack propagating in HAZ.

は溶接金属に伝播した割れ、(b)はボンドに沿って伝播した割れ、(c)は溶接熱影響部に伝播した割れである。ボンドに沿って伝播した割れを熱影響部に伝播した割れに含めると、溶接金属内部へ伝播した割れ(WM割れ)と溶接熱影響部へ伝播した割れ(HAZ割れ)とに大別される。

多層盛溶接部に発生した割れは、1パス溶接部の割れと同様な形態を示したが、溶接金属内部には横割れも発生していた。

Table 3 に、それぞれの鋼板・溶接材料の組合わせにおいて1パスと多層盛溶接部に発生したルート割れ、および多層盛溶接部に発生した横割れの割れ停止限界予熱(・パス間)温度を示す。従来から報告されているように⁶⁾、鋼板の炭素当量、溶接金属中の拡散性水素量が増すとルート割れ停止限界予熱(・パス間)温度は高くなっている。

溶接パス数はルート割れにある程度影響をおよぼす傾向がみられた。Fig. 2 はワイヤ W1 と F3 の組合わせについての結果を示したもので、割れ停止限界予熱(・パス間)温度は1パス溶接と多層盛溶接とではほぼ同じであるが、断面割れ率で比較すると多層盛溶接のほうが割れが伝播しにくいことがわかる。他の材料の組合わせにおいても同様の傾向がみられた。

また、Table 3 から溶接ワイヤの種類もルート割れに影響をおよぼしていることがわかる。例えば、鋼板 HT-80、フラックス F3 にワイヤ W1, W2, W4 をそれぞれ組合わせた場合、1パスルート割れの停止限界予熱温度はワイヤの種類によって異なり、強度が大きいものほど限界予熱温度が高くなる。手溶接継手に発生するルート割れは、そのほとんどが溶接熱影響部へ伝播するが²⁾、サブマージアーク溶接ではルート割れが溶接金属内部へも伝播するため、溶接金属自体の割れ感受性をも考慮する必要があると考えられる。

また、多層盛溶接部に発生した横割れの停止限界予熱パス間温度は、多層盛ルート割れのそれと差がなかった(Table 3 参照)。

4.2 ルート割れ伝播経路について

Table 4 に、それぞれの鋼板・溶接材料の組合わせに

Table 3 Critical preheating (and inter-pass) temperature to prevent cracking

Base metals (Pcm)	Wires	Flux (ltb) (cc/100g)	Critical preheating (and interpass) temperature to prevent cracking (°C)		
			Root cracking (root pass)	Root cracking (multi-layer)	Transverse cracking (multi-layer)
HT-80 (0.261)	W1	F1 (0.6)	R.T	—	—
		F2 (1.1)	50°	R.T	R.T
		F3 (3.6)	150°	150°	150°
	W2	F1 (0.6)	R.T	—	—
		F2 (1.1)	75°	75°	75°
		F3 (3.6)	200°	200°	200°
	W4	F1 (0.6)	50°	—	—
		F2 (1.1)	50°	R.T	R.T
		F3 (3.6)	125°	—	—
HT-60 (0.189)	W2	F1 (0.6)	R.T	—	—
		F2 (1.1)	R.T	—	—
		F3 (3.6)	100°	—	—
	W4	F1 (0.6)	R.T	—	—
		F2 (1.1)	R.T	—	—
		F3 (3.6)	R.T	—	—
		F1 (0.6)	—	—	—
		F2 (1.1)	—	—	—
		F3 (3.6)	—	—	—

Fig. 2 Effect of the number of welding passes on the root cracking (base metal; HT-80, wire; W1, flux; F3)

において1パス溶接部に発生したルート割れの伝播経路を示す。表中、HAZとはルート割れが溶接熱影響部内またはボンドに沿い、WMとは溶接金属内部へ伝播したことを示す。また、 $\{P_{CM}\}_{1st\ WM}$ とは、1パス溶接金属の低温割れ感受性組成であり、母材化学成分の希釈がない溶接金属の化学組成から求められる溶接金属の P_{CM} ($\{P_{CM}\}_{WM}$) と母材の化学組成から求められる母材の P_{CM} ($\{P_{CM}\}_{BM}$) とから、1パス溶接時の母材の希釈を考慮して⁷⁾ 次式によって求めた値である。

$$\{P_{CM}\}_{1st\ WM} = [0.55 \times \{P_{CM}\}_{BM}] + [0.45 \times \{P_{CM}\}_{WM}] \quad \dots\dots\dots (1)$$

(1)式から求められる値の妥当性を検討するために1パス溶接金属の化学分析を行なった (Table 5)。(1)式から求められる P_{CM} 値と分析結果とは、非常によい一致を示している。

Table 4 Paths of the root cracks (root pass welding)

Base metals {PCM} BM	Wires	Flux (H ₂ O %/100)	{PCM} WM	{PCM} 1 st . WM	Paths of the root cracks**
HT-80 (0.261)	W1	F2 (1.1)	0.244	0.253	HAZ
		F3 (3.6)	0.236	0.250	HAZ
	W2	F2 (1.1)	0.282	0.270	WM
		F3 (3.6)	0.286	0.272	WM
	W4	F1 (0.6)	0.168	0.219	HAZ
		F2 (1.1)	0.174	0.222	HAZ
HT-60 (0.189)	W2	F3 (3.6)	0.161	0.212	HAZ
		F3 (3.6)	0.286	0.233	WM

* {PCM} 1st. WM = [0.55 × {PCM} BM] + [0.45 × {PCM} WM]

** Independent of preheating temperature

Table 5 Chemical compositions of the root pass weld metals

Base metals	Wires	Flux	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	PCM	Notes
HT-80	W2	F3	0.12	0.29	0.96	0.07	1.60	0.56	0.51	0.272	Calculated*
			0.12	0.27	1.08	0.19	1.69	0.53	0.53	0.274	Analyzed
HT-80	W4	F3	0.11	0.21	0.84	0.07	0.56	0.32	0.38	0.216	Calculated
			0.10	0.29	0.84	0.24	0.60	0.29	0.44	0.218	Analyzed
HT-60	W2	F3	0.11	0.28	1.11	0.07	1.05	0.36	0.31	0.233	Calculated
			0.11	0.28	1.19	0.05	1.00	0.33	0.29	0.235	Analyzed

* {PCM} 1st. WM = [0.55 × {PCM} BM] + [0.45 × {PCM} WM]

Table 4 から, 1パスサブマージアーク溶接部に発生するルート割れの伝播経路には, 予熱温度に関係なく, 鋼板・溶接材料の組合わせが大きく影響をおよぼしていることがわかる。すなわち,

(i) 母材の $P_{CM} > 1$ パス溶接金属の P_{CM} の場合には, ルート割れは母材熱影響部またはボンドに沿って伝播する。

(ii) 母材の $P_{CM} < 1$ パス溶接金属の P_{CM} の場合には, ルート割れは溶接金属内部へ伝播する。

なお, 本実験において, 1パスルート割れは75断面に観察されたが, 上記の係数に従わなかったものは8断面だけであった。

Table 6 に多層盛溶接部に発生したルート割れの伝播経路を示す。多層盛溶接部に発生したルート割れは, 同一試験片でも各断面によって伝播経路が異なっており, 1パスのルート割れにみられたような伝播経路と母材・1パス溶接金属の P_{CM} との関係はみられなかった。

今後, 2パス目以降の溶接がルート割れの発生時期や伝播経路にどのような影響をおよぼすのか, さらに多層盛溶接部での横割れの有無がルート割れ伝播経路に影響をおよぼすのか, 等の問題を検討する必要がある。

4.3. ルート割れの定量的な評価方法について

高張力鋼手溶接部に発生するルート割れについては, 伊藤, 別所²⁾によりすでに割れ停止条件が求められており, ルート割れを定量的に評価できる低温割れ感受性指

Table 6 Paths of the root cracks (multi-layer welding)

Base metal {PCM} BM	Wires	Flux (H ₂ O %/100)	{PCM} WM	{PCM} 1st. WM	Preheating & inter-pass temperature (°C)	Paths of the root cracks**
HT-80 (0.261)	W1	F3 (3.6)	0.236	0.250	50°	WM (4), HAZ (1)
					75°	WM (1), HAZ (4)
					100°	WM (1), HAZ (4)
					125°	WM (3), HAZ (2)
	W2	F2 (1.1)	0.282	0.270	R.T.	WM (2), HAZ (2)
					50°	WM (1), HAZ (2)
					75°	HAZ (5)
					125°	WM (4), HAZ (1)
					150°	WM (4), HAZ (1)
					175°	WM (1), HAZ (4)
		F3 (3.6)	0.286	0.272		

* {PCM} 1st. WM = [0.55 × {PCM} BM] + [0.45 × {PCM} WM]

** Number of the sections

数 P_W が次式によって与えられている。

$$P_W = P_{CM} + [H_2]_D / 60 + K / 4 \times 10^4 \quad \cdots \cdots (2)$$

ここで,

P_{CM} : 鋼板の低温割れ感受性組成

$[H_2]_D$: 溶接金属の拡散性水素量 (cc/100 g)

K : 拘束度 (kg/mm²・mm)

なお, 本報告では (2) 式によって与えられる P_W を $\{P_W\}_{BM}$ と表示する。

1パスサブマージアーク溶接部に発生したルート割れを (2) 式で与えられる $\{P_W\}_{BM}$ と, 溶接部の水素の逸散量に關する 300°~100°C の冷却時間²⁾ および予熱温度について整理した結果を Fig. 3 に示す。図中の *, **印は1パスルート割れの伝播経路がそれぞれ溶接金属内部, 溶接熱影響部 (ボンドを含む) であったことを示す。Fig. 3 から, 1パスサブマージアーク溶接部

Fig. 3 Results of the root cracking test (root pass welding)

に発生したルート割れは、鋼板の P_{CM} をパラメーターに含む (2) 式で与えられる低温割れ感受性指数 $\{P_W\}_{BM}$ では十分に評価できないことがわかる。すなわち、溶接熱影響部に伝播した割れは $\{P_W\}_{BM}$ で評価することが可能であり、その臨界冷却時間は図中の直線のようにになるが、溶接金属内部に伝播した 1 パスルート割れについては、そのかぎりでない。

前項で述べたように、溶接金属内部へ伝播したルート割れには 1 パス溶接金属の $P_{CM}(\{P_{CM}\}_{1st.WM})$ が大きく影響する。そこで、これを考慮に入れた次式によって 1 パスルート割れを整理することを試みた。

$$\{P_W\}_{effect} = \{P_{CM}\}_{effect} + [H_2]D/60 + K/4 \times 10^4 \quad \dots\dots\dots(3)$$

ただし

$$\{P_{CM}\}_{effect} : \{P_{CM}\}_{BM} \text{ あるいは } \{P_{CM}\}_{1st.WM} \text{ のいずれか大きい値}$$

(3) 式で与えられる $\{P_W\}_{effect}$ で 1 パスルート割れを整理した結果、Fig. 4 に示すようにルート割れ伝播経路に関係なく、すべての 1 パスルート割れを定量的に評価できることがわかる。また、Fig. 5 は、多層盛溶接部に発生したルート割れを、(3) 式で与えられる $\{P_W\}_{effect}$ で整理した結果であるが、多層盛ルート割れについても鋼板あるいは 1 パス溶接金属の P_{CM} をパラメーターに含む $\{P_W\}_{effect}$ で評価することができるようである。

Fig. 4 Relation between $\{P_W\}_{effect}$ and critical cooling time (root pass welding)

Fig. 5 Results of the root cracking test (multi-layer welding)

これらのことから、溶接金属内部に伝播する割れも、母材に伝播する割れと同様に扱うことができると考えられる。前報¹⁾で溶接金属内部に発生する横割れを溶接金属の低温割れ感受性指数で評価できることを報告したが、横割れ実験結果も、この推論を裏付けていると考えられる。

なお、今回実験を行なった 1 パス溶接金属の化学組成範囲は、(2) 式に設けられている鋼板の化学組成範囲²⁾をほぼ満足している。

4.4 ルート割れ停止条件と横割れ停止条件との比較

ここでは、本実験で求めたルート割れ停止条件と前報で報告した横割れ停止条件¹⁾とを比較・検討することにより、高張力鋼サブマージーク溶接部に発生する低温割れの、より総合的な割れ停止条件を導くことを試みる。

1 パスルート割れと多層ルート割れでは 1 パスルート割れが、また、水冷銅板付割れ試験片¹⁾・水冷銅板付斜め Y 形割れ試験片に発生した横割れでは、水冷銅板付割れ試験片に発生した横割れのほうが、それぞれ割れ停止条件が厳しかったので、1 パスルート割れと水冷銅板付割れ試験片に発生した横割れとの割れ停止条件を比較すれば上記の目的が達せられる。

Table 7 にそれぞれの溶接材料を組合わせた場合の横割れ・ルート割れの割れ停止限界予熱 (・パス間) 温度と 300°~100°C の割れ停止限界冷却時間を示す。なお、括弧内のルート割れ停止限界予熱温度は、ルート割れ実

験の試験溶接長を横割れ実験の試験溶接長, 400 mm に拡張した場合の限界予熱温度を Fig. 6 から推定したものである。Fig. 6 中の実線は, 瞬間線熱源と仮定した溶接熱に対する冷却過程⁹⁾と鋼板-水冷却板間の熱伝達係数を考慮した予熱に対する冷却過程⁹⁾とを重量させて, 計算によって求めた冷却時間である。

Table 7 から, 実験を行なったすべての溶接材料の組合せにおいて, 横割れ停止条件のほうがルート割れ停止条件より厳しいことがわかる。したがって, 一般に HT-80 のサブマージアーク溶接においては, 横割れが発生しない条件で溶接施工を行なえば, 横割れもルート割れも発生しない溶接部が得られることになる。

Table 7 Comparison between critical conditions to prevent transverse cracking and root cracking

Base metal	Wires	Flux	Critical preheating temperature and critical cooling time from 300°C to 100°C to prevent cracking			
			Transverse cracking**		Root cracking***	
HT-80	W1	F1	50°C	650sec	R.T (RT)*	330 sec
		F2	75°	800	50°C(RT)*	440
		F3	125°	1075	150°(100°)*	940
	W2	F1	100°	930	R.T (RT)*	330
		F2	125°	1075	75° (RT)*	565
		F3	200°	1430	200°(150°)*	1170

(*)*: Modified as 400mm length of the test bead

** : Experimental results with the water cooled weld cracking test specimen

*** : Experimental results with the water cooled y-slit cracking test specimen (root pass welding)

Fig. 6 Relation between cooling time from 300° to 100°C and preheating temperature

5. ま と め

高張力鋼のサブマージアーク溶接 (1パス・多層盛溶

接) に際して発生するルート割れについて, 水冷却板付斜めY形割れ試験片を用いて実験を行ない, 得られた結果と前報で報告した横割れ停止条件¹⁾とを比較した。その結果をまとめると, 次のとおりである。

1) サブマージアーク溶接部に発生するルート割れは, その伝播経路から, 溶接熱影響部内またはボンドに沿って伝播する割れと, 溶接金属内部へ伝播する割れとに大別される。

2) 溶接ワイヤの化学組成はルート割れに影響をおよぼし, 溶接金属の強度レベルが増すとルート割れは発生しやすくなる。

3) 1パス溶接部に発生するルート割れについては, 鋼板の低温割れ感受性組成 $\{PCM\}_{BM} > 1$ パス溶接金属の低温割れ感受性組成 $\{PCM\}_{1st.WM}$ の場合, 母材溶接熱影響部またはボンドに沿って, また, $\{PCM\}_{BM} < \{PCM\}_{1st.WM}$ の場合には溶接金属内部へ伝播するという明りような関係がみられ, $\{PCM\}_{1st.WM}$ をも伊藤, 別所の低温割れ感受性指数のパラメーター²⁾に加えた次式によって, サブマージアーク溶接部に発生するルート割れを定量的に評価することができる。

$$\{P_W\}_{effect} = \{PCM\}_{effect} + [H_2]_D/60 + K/4 \times 10^4$$

ここで

$$\{PCM\}_{effect}; \{PCM\}_{BM} \text{ あるいは } \{PCM\}_{1st.WM}$$

のいずれか大きい値

すなわち, 溶接金属の割れ感受性は, 溶接熱影響部の割れ感受性と同等に考えることができる。

しかし, 多層盛溶接部に発生したルート割れについては, 1パス溶接のルート割れにみられたような明りような関係は見出せなかった。

4) 横割れとルート割れの停止条件を比較した結果, 横割れ停止条件のほうが厳しかった。したがって, 一般に, HT-80 のサブマージアーク溶接部においては横割れ停止条件にさえ注目すれば, 横割れもルート割れも発生しない溶接部が得られることになる。

参 考 文 献

- 1) 岸本, 印藤, 江端, 大友: 高張力鋼のサブマージアーク溶接における溶接割れの研究 (第1報), 本誌 46-8 (1977) 561~566
- 2) 伊藤, 別所: 高張力鋼の溶接割れ感受性指数について (第2報), 本誌, 38-10 (1969) 1134~1144
- 3) JISZ 3158; 斜めY形溶接われ試験方法
- 4) JISC, 極厚高張力鋼溶接研究班: 大型溶接構造物の溶接割れに関する研究 (その2), JSSC, 11-114 (1975), 24-28
- 5) 生駒, 堀川: 溶接金属の横割れに関する研究, JSSC, 10-101 (1974), 40-54
- 6) 佐々木, 渡辺, 桐原, 小沼, 妹島: 高張力鋼溶接部のルート割れにおよぼす拘束度の影響, 本誌, 43-1 (1974) 3-11
- 7) 坪井, 西山, 寺嶋: HT80 のサブマージアーク溶接の研究 (第6報), 本会全国大会講演要集, 15 (1974) 4-5
- 8) 佐藤, 松井, 伊藤, 別所: 鋼構造物の溶接割れ防止のための適正予熱条件選定に関する研究, 本誌, 40-11 (1971) 1117-1127
- 9) 川下: 熱伝導論 (第2版), オーム社 (1971) 107-108