

550N/mm²級及び590N/mm²級鋼材に適用する溶接材料と溶接条件

(その2 試験結果の分析)

正会員 ○加賀美安男*1 正会員 藤田哲也*2 正会員 松浦知樹*3
 同 後藤和正*4 同 竹内秀紀*5 同 廣重圭一*6
 同 鈴木励一*7

高張力鋼 溶接材料 溶接条件
 機械的性質 成分希釈 入熱・パス間温度

1. はじめに

前報(その1)では、溶接試験体の鋼材として 550N/mm² 級 (以下本文では/mm²級表記省略)及び 590N 級鋼材を、溶接材料として YGW18Mo 及び G59J を組み合わせることによって得られた溶接金属の機械的性質を報告した。

本報では、これらの試験結果と溶接試験体の鋼材に 490N 級鋼を用いた既往の研究結果(WG5)¹⁾との比較を行い、レ型突合せ開先部の溶接金属に対する鋼材成分の希釈の影響度、さらにはこれらの関連因子である鋼材種別と溶接金属の引張強さの関係性として解析する。溶接材料の種類とは無関係に、鋼材の種別の違いが溶接金属の引張強さに与える影響として無視できる程度であれば、490N 級鋼材を用いて行った YGW18Mo 及び G59J 溶接材料の入熱・パス間温度の影響を確認した既往の実験結果が 550N 級及び 590N 級鋼材にも適用できると考える。

2. 鋼材種別が及ぼす溶接金属への希釈の影響

2.1 鋼材の化学成分

490N 級、550 級及び 590N 級鋼材について、鋼材メーカー A 社、B 社及び C 社の化学成分例を表 1 に示した。なお、550N 級及び 590N 級の A 社成分が本研究に適用した鋼材である。550N 級鋼材は合金添加を抑制して TMCP 製法により鋼材強度を確保しており、基本的には 490N 級鋼材と同様の化学成分である。一方、590N 級鋼材は、合金添加によって高強度を得ている鋼材のため、鋼材メーカーにより含まれる化学成分の量に特徴がある。特に、溶接金属の引張強さに影響を与える成分の一つである Mo 量に差があることが分かる。

2.2 鋼材種別の違いによる溶接金属への希釈の影響

同じ溶接材料を異なる種別の鋼材に溶接した際の溶接金属の引張強さを調べるために、前報(その1)の試験結果と既往の研究結果を対比して分析した。

本研究での分析に用いるパラメータとして、①別の既往研究²⁾にて溶接金属の引張強さを推定するために導き出した溶接金属 C 当量(1)式及び②ある元素毎の溶接材料(Consumable)成分に対する溶接金属(Weld metal)成分の比率(以下 W/C 比)を用いた。既往の研究では溶接金属 C 当量が大きい程、溶接金属の引張強さは高くなることを報告した。

$$CEQ_d = C + \frac{Si}{9.3} + \frac{Mn}{14.4} + \frac{Mo}{5.2} + \frac{Ti}{4.3} \quad \dots(1)$$

表 1 鋼材メーカー毎の化学成分の例 (単位;質量%)

鋼材メーカー		C	Si	Mn	Mo	Cu	Cr	Ni
590N	A	0.077	0.21	1.43	0.26	0.008	0.03	0.005
	B	0.11	0.24	1.49	0.0	0.54	0.02	0.55
	C	0.12	0.24	1.49	0.15	0.22	0.02	0.16
550N	A	0.13	0.33	1.32	0.01	0.021	0.02	0.01
	B	0.12	0.23	1.49	0.0	0.02	0.03	0.02
490N	A	0.15	0.40	1.50	—	0.02	—	—
	B	0.12	0.23	1.49	—	0.02	—	—

表 2 溶接金属の引張強さと化学成分(単位;質量%)

試験体 No.	0.2%耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	C	Si	Mn	Mo	Ti
5518A1	553	622	0.068	0.51	1.08	0.20	0.055
5518A3	501	594	0.068	0.55	1.16	0.19	0.061
5518A6	440	558	0.074	0.48	1.14	0.17	0.052
5521A1	571	643	0.067	0.41	1.33	0.33	0.044
5521A3	522	617	0.068	0.43	1.36	0.35	0.047
5521A6	436	571	0.072	0.40	1.30	0.31	0.040
5921A1	566	637	0.063	0.39	1.35	0.36	0.041
5921A3	537	624	0.064	0.43	1.39	0.36	0.047
5921A6	445	579	0.065	0.39	1.33	0.35	0.039
5921B1	583	642	0.059	0.41	1.31	0.39	0.045
5921B3	548	628	0.061	0.43	1.36	0.38	0.044
5921B6	468	566	0.061	0.39	1.29	0.37	0.037

表 3 溶接金属の引張強さと化学成分(WG5) (単位;質量%)

試験体 No.	0.2%耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	C	Si	Mn	Mo	Ti
4921A1	625	686	0.07	0.46	1.41	0.32	0.048
4921A3	563	658	0.08	0.48	1.47	0.29	0.050
4921A6	478	602	0.07	0.50	1.52	0.32	0.060
4918A1	573	645	0.07	0.54	1.18	0.19	0.058
4918A3	490	585	0.08	0.56	1.20	0.19	0.069
4918A6	450	577	0.08	0.58	1.22	0.20	0.070

表 4 溶接材料の化学成分(WG5) (単位;質量%)

成分	C	Si	Mn	Mo	Cu	Ti+Zr
YGW18Mo	0.05	0.79	1.65	0.23	0.28	0.27
G59J	0.06	0.69	1.98	0.38	0.16	0.19

W/C 比対象元素としては、酸化によるスラグ損出が生じず、かつ鋼材によって成分量に違いが大きい Mo を取上げ、鋼材含有 Mo 量が溶接材料含有 Mo 量よりも少ない場合、W/C 比が小さい程母材の希釈の影響を受けていると示唆できる。

表 2 に前報(その1)で報告した溶接試験体の溶接金属の引張強さと化学成分を示した。表 3 には 490N 級鋼材を用いた既往の実験にて得られた溶接金属の引張強さと化学成分を、

表 4 には溶接材料の化学成分を示した。

溶接材料 G59J を用いて 490N 級、550N 級及び 590N 級鋼材に、ほぼ同様の溶接条件で溶接した際の溶接金属の引張強さを比較したものを図 1 に示した。使用した溶接材料 G59J の Mo 量はその 1 表 4 と本稿表 4 に示した 0.38% である。

溶接材料 G59J の Mo 量 W/C 比は、母材に Mo を含んでいない 490N 級鋼材が最も低い値となっている。このことから、溶接金属は母材による希釈の影響を受けていると考えられるが、溶接金属の引張強さは 490N 級鋼材が最も高くなっている。溶接金属の引張強さは、(1)式で求めた溶接金属の当量が大い程高くなっている。すなわち、溶接条件の影響因子である入熱等の影響を W/C 比に強く受ける性質がある Si や Mn などの酸化性成分の歩留まりが高いものが、希釈率影響の Mo 量減による影響を上回って引張強さも高くなっている。

同様に溶接材料 YGW18Mo を用いて 490N 級及び 550N 級鋼材に、ほぼ同様の溶接条件で溶接した際の溶接金属の引張強さを比較したものを図 2 に示した。使用した溶接材料 YGW18Mo の Mo 量は前報(その 1)表 4 と本報表 4 に示した 0.22 及び 0.23% である。

溶接材料 YGW18Mo の Mo 量 W/C 比は、入熱が高い程小さくなっている。これは、本研究では、入熱が高い条件は高電流としているため、母材への溶込み深さが大きくなることに起因すると考える。溶接金属の引張強さは鋼材の種別によらず、溶接金属 C 当量と相関性が高く、上述 G59J での考察と同様と考えられる。

2.3 板厚の違いが及ぼす溶接金属への希釈の影響

溶接材料 G59J を用いて板厚 25mm と 40mm の 590N 級鋼材に、ほぼ同様の条件で溶接した溶接金属の引張強さを比較したものを図 3 に示した。590N 級鋼材の Mo 量は前報(その 1)表 4 に示す通り、0.26%と 0.25%でほぼ同じである。

溶接材料 G59J の Mo の W/C 比は、板厚 40mm の方が高い値となっている。このことから、溶接金属は板厚の薄い方が母材希釈の影響を強く受けていると考えられるが、溶接金属の引張強さは、板厚に関係なくほぼ同様となっている。溶接金属の引張強さは、溶接金属 C 当量が大い程高くなっており、上述 G59J、YGW18Mo での考察と同様と考えられる。

3. まとめ

本報では、550N 級及び 590N 級鋼材に対して YGW18Mo 及び G59J 溶接材料を適用して得られる溶接金属は、鋼材の希釈の影響は受けるものの、溶接金属の引張強さには鋼材種別及び板厚に関係なく有意差として影響しないこと、入熱やパス間温度といった熱管理の影響が支配的であることを確認した。

その 3 では、本邦の結果を踏まえて、高張力鋼に適用する溶接材料の入熱・パス間温度管理条件を提案する。

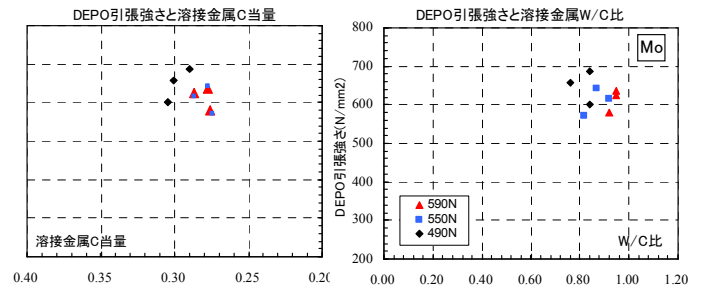


図 1 鋼材種別が及ぼす溶接金属への希釈の影響 (G59J)

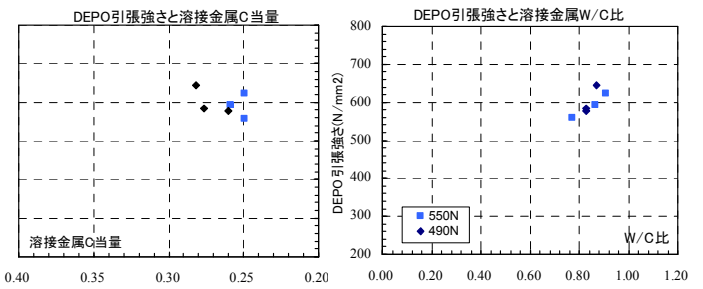
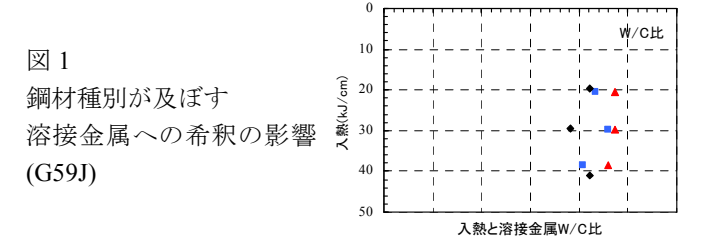


図 2 鋼材種別が及ぼす溶接金属への希釈の影響 (YGW18Mo)

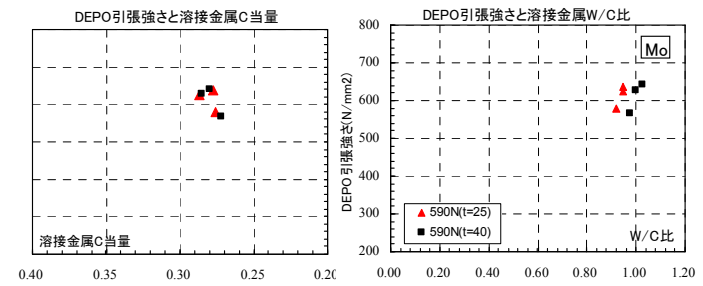
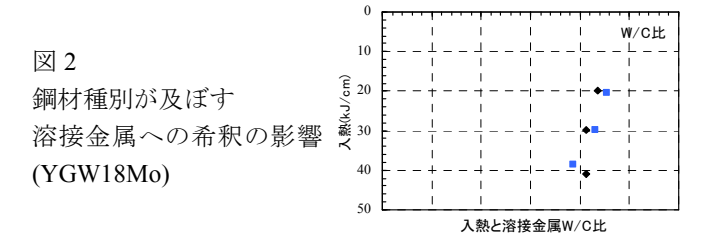
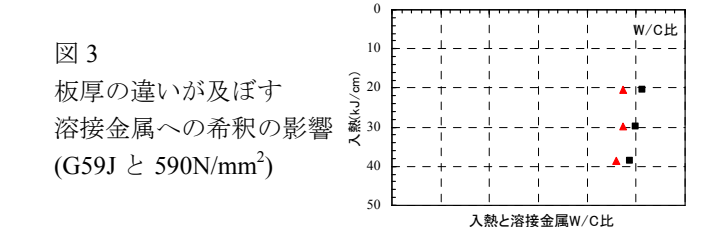


図 3 板厚の違いが及ぼす溶接金属への希釈の影響 (G59J と 590N/mm²)



- 倉持貢ら「設計要求性能と溶材特性を考慮した溶接施工条件の設定と管理」(報告)、社団法人日本鋼構造協会、鋼構造年次論文報告集、第 11 巻 (2003 年 11 月) p665-673
- 加賀美安男ら:「溶接材料の化学成分による溶接金属の強度推定式」日本建築学会学術講演梗概集 2012 年

* 1 日建設計,* 2 日本設計,* 3 安藤・間,* 4 大成建設,* 5 類設計室,* 6 安井建築設計事務所,* 7 神戸製鋼所

* 1 Nikken Sekkei Ltd. * 2 Nihon Sekkei Inc. * 3 Hazama Ando Corp. * 4 Taisei Corporation * 5 Rui.Sekkeisitsu.Co.Ltd * 6 Yasui Architects,INC. * 7 Kobe Steel,Ltd.