

溶接条件の適正化と溶接材料の特性に関する研究
(その6. 重回帰分析による機械的性質の推定)

正会員 ○倉持 貢¹⁾ 同 加賀美安男²⁾
同 石原完爾³⁾ 同 津山 巖²⁾
同 新居 努⁴⁾

溶接材料 機械的性質
溶接施工条件 重回帰分析

1. まえがき

本研究のその2²⁾では溶接部の品質性能に及ぼす影響因子を重回帰分析によって明示し、同時に要求性能を考慮した合理的な溶接施工条件の設定と管理方法を提案した。

その後の追跡調査により新たな試験データの蓄積(試験体総数: 280体)ができたことと、適用範囲の拡大が要請された為、再度、重回帰分析法によるデータ解析を試みた。

2. 重回帰分析の基本

既往研究では、3種類の溶接ワイヤ(YGW11, YGW18, YGW21)について、溶接金属の降伏点(Yp)・引張強さ(Ts)・衝撃値(Cd)は、何れも4個の化学成分と2個の施工条件(入熱:Hmax、バース間温度:Pmax)とを説明変数とする重回帰式で表現できることを示した。

前項に示す状況を踏まえ、しかも推定式の精度向上と推定式中の影響因子をシンプルかつ理解し易くすることを考慮して、新たに重回帰分析を試みた。その基本的な考え方を表1に示す。説明変数として、従来の個別変数の他に複数の個別変数をまとめて新たな機能や概念としたグループ変数なるものを考案し、検討した。

3. 推定式の構築

表1に示す説明変数を種々組合せて、Yp, Tsに対して各24ケース、Cdで40ケースの重回帰分析を実施した。この結果から、溶接金属の降伏点Yp、引張強さTs及びシャルピエー衝撃値Cdに対する推定式を構築した。結果は表2及び図1に示す通りであり以下のように要約される。
① Yp, Tsの推定式は、成分形態を考慮して溶接ワイヤの種類毎に構築し、

その説明変数は入熱(Hmax)、バース間温度(Pmax)、炭素当量(Ceq)、窒素含有量(N)、結晶粒微細化元素(B+Ti)とすると実測値との対応が良い。

② Cdの推定式は、溶接ワイヤ種類毎の他に再熱効果を考慮し入熱(20KJ/cm+30KJ/cm)の試験データと40KJ/cmの試験データを層別して構築し、その説明変数は入熱(Hmax)、バース間温度(Pmax)、引張強さ(Ts)、窒素含有量(N)、不純物元素(P+S)、結晶粒微細化元素(B+Ti)とすると比較的推定精度が向上する。

③ グループ変数は目的変数に対する意味付けが個別変数よりも明確になると考えられる。Cdではミクロ組織、結晶粒、再熱効果等を定量化し、変数に加える必要がある。

表1. 重回帰分析に用いた諸変数

目的変数		①降伏点(Yp) ②引張強さ(Ts) ③衝撃値(Cd)
説明変数	A. 個別変数	a 施工条件 ①入熱(Hmax) ②バース間温度(Pmax) ③シールド性 b 合金元素 ①C ②Si ③Mn ④P ⑤S ⑥Ti ⑦Mo ⑧B ⑨N
	B. グループ変数	a 施工条件 ①冷却速度(CT)=10 ³ *(Hmax) ^{1/7} /(600-Pmax) ² /5.276 b 合金元素 ①炭素当量(Ceq)=C+Mn/6+Si/24+Mo/4 ②割れ感受性組成(Pcm)=C+Mn/20+Si/30+Mo/15+5B ③不純物(P+S) ④結晶粒微細化因子(B+Ti)
	C. その他	①再熱効果(試験データの層別)

表2. 推定式の構築結果

目的変数	ワイヤ層別	N	順位	1	2	3	4	5	6	定数項	重回帰係数
Ts	YGW11	104	説明変数	Ceq	Pmax	Hmax	N	B+Ti			0.9158
			偏回帰係数	1159.2	-0.1714	-0.9922	2382.6	-11.3		259.5	
	YGW18Mn	40	説明変数	Pmax	Ceq	B+Ti	N	Hmax			0.9386
			偏回帰係数	-0.2713	1111.8	702.2	-1950.2	-0.9828		274.1	
Cd	YGW18Mo	80	説明変数	Ceq	Pmax	B+Ti	N	Hmax			0.9078
			偏回帰係数	1402.2	-0.2355	1591.6	-2086.4	-0.2		81.5	
	YGW21	56	説明変数	Ceq	Pmax	Hmax	B+Ti	N			0.9742
			偏回帰係数	1462.8	-0.1731	-0.6930	62.9	952.8		99.7	
Cd	YGW11 (H20, 30)	78	説明変数	Hmax	TS	N	P+S	Pmax	B+Ti		0.8052
			偏回帰係数	-4.1876	-0.3934	-4851.4	-2757.0	0.0594	-23.1	536.1	
	YGW11 (H40)	26	説明変数	P+S	Pmax	N	Hmax	B+Ti	TS		0.7328
			偏回帰係数	357.9	0.3784	-4490.1	-5.5989	357.9	0.1387	327.6	
	YGW18Mn (H20, 30)	30	説明変数	Hmax	N	TS	B+Ti	P+S	Pmax		0.8079
			偏回帰係数	-3.3831	-3267.4	-0.2879	-697.8	-3793.7	-0.0262	524.6	
	YGW18Mn (H40)	10	説明変数	TS	Hmax	N	B+Ti	Pmax	P+S		0.9320
			偏回帰係数	-0.4784	15.2317	-3086.8	-684.6	-0.1262	-9625.8	27.8	
	YGW18Mo (H20, 30)	60	説明変数	Pmax	B+Ti	N	Hmax	TS	P+S		0.7779
			偏回帰係数	-0.1385	-652.7	-3576.6	-1.4012	-0.0963	-1401.4	350.3	
	YGW18Mo (H40)	20	説明変数	N	B+Ti	Hmax	TS	P+S	Pmax		0.7735
			偏回帰係数	-4290.2	-950.5	3.7626	-0.0890	-1218.4	-0.0309	116.8	
YGW21 (H20, 30)	42	説明変数	TS	Hmax	Pmax	P+S	N	B+Ti		0.8693	
		偏回帰係数	-0.3461	-2.9674	-0.1065	-2708.6	-971.3	42.0	495.1		
YGW21 (H40)	14	説明変数	B+Ti	Pmax	P+S	TS	Hmax	N		0.9395	
		偏回帰係数	1783.9	-0.2230	-2916.9	-0.6054	3.1054	-1305.1	396.1		

Study on Influences of Welding Conditions for Mechanical Properties of Weld Metals in Steel Structures (Part 6 Evaluation of Mechanical Properties using Multiple Regression Analysis)

KURAMOCHI Mitsugu, KAGAMI Yasuo, ISHIHARA Kanji
TSUYAMA Iwao, ARAI Tsutomu

4. PH線図

各溶材メーカー及びワイヤの種類毎に構築した推定式をもとに所要要求性能を満足する入熱とパス間温度との関係を図示したものが図2である。本PH線図では、縦軸と横軸の交点が図中の斜線上となるようにしたときの縦軸と横軸の値が要求性能を達成するためのパス間温度と入熱の組合せを示している。したがって要求性能を満足する溶接施工条件の組合せは無数に存在すると言え、また要求性能や各溶接ワイヤの特性に応じた溶接施工条件の合理的な設定が容易にできることが明らかである。

PH線図はワイヤの種類によって異なり、特にYGW18Moのワイヤには入熱に鈍感である反面、パス間温度には極めて敏感である特徴が読取れる。また、溶材メーカー間に性能上の大きな差異があることを示している。

図3は3種類のワイヤのPH線図を溶材メーカー別に比較した例である。40KJ/cm以下の入熱の溶接では、同一要求性能 ($T_s=490\text{N/mm}^2$) を得るのにYGW11よりもYGW18Mnのワイヤの方がパス間温度を低く設定・管理しなければならないという逆転現象が発生することが明らかである。

5. 総まとめ

本研究の結果は以下のように纏められる。

- ①入熱が40KJ/cm以下の範囲では、パス間温度の許容値にYGW11とYGW18Mnのワイヤに有意な差異はないと判断される。
- ②入熱が40KJ/cm以下の範囲では、YGW18Moを用いるとパス間温度に上限値を設定する必要はないと考えられる。なお、小さなワイピングの1層多パス溶接では、入熱は40KJ/cmを超えることは殆んどない。
- ③しかし、YGW18Moを低入熱・低パス間温度で用いると、溶接金属の T_s は高くなり過ぎ、割れを発生させる危険性があると考えられる。

今後、AW検定協議会としては、部材と要求性能を考慮した適正な溶接施工条件の設定と管理方法及び溶接ワイヤの使分けを提案していく方針である。最後にご協力を頂いた関係者各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 2) 加賀美他：溶接条件の適正化と溶接材料の特性に関する調査研究、その1、その2、日本建築学会大会学術講演梗概集、2001.9
- 3) 4) 吉澤他：溶接条件の適正化と溶接材料の特性に関する調査研究、その3、その4、日本建築学会大会学術講演梗概集、2002.9

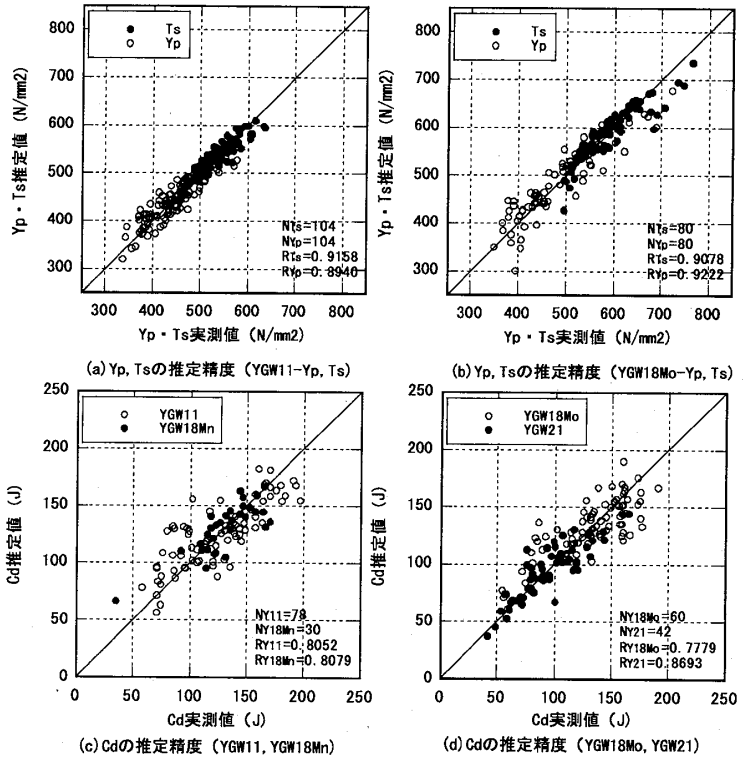


図1. 推定式の推定精度

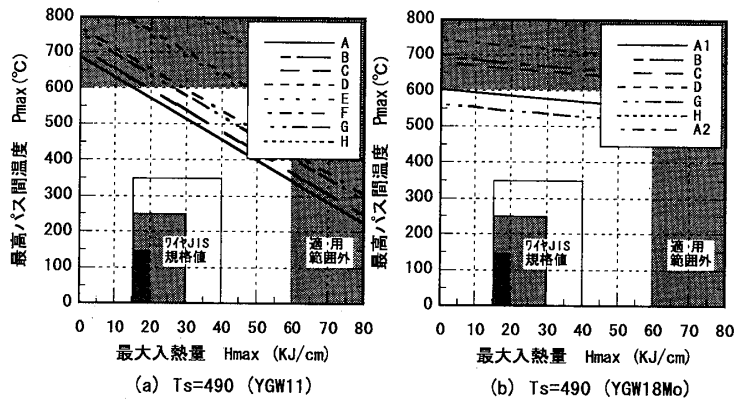


図2. PH線図

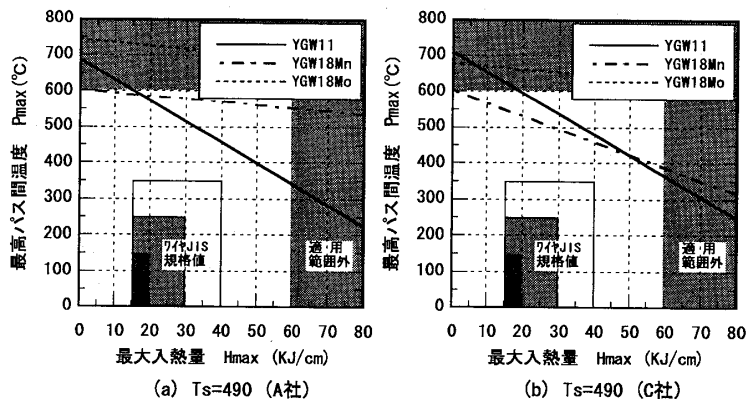


図3. PH線図の比較

- 1) 清水建設 建築事業本部 建築構造技術部
- 2) 日建設計東京 構造設計室
- 3) NTT都市開発 企画推進部
- 4) 大林組 建築設計部

- 1) SHIMIZU CORPORATION
- 2) NIKKEN SEKKEI Ltd.
- 3) NTT Urban Development
- 4) OBAYASHI CORPORATION