

溶接材料の化学成分による溶接金属の強度推定式

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
 正会員 後藤和正*4 正会員 竹内秀樹*5 正会員 廣重圭一*6
 正会員 鈴木励一*7

溶接金属 化学成分 冷却速度
 溶接電流 アーク電圧 引張強さ

1. はじめに

溶接金属の引張強さは、主として化学成分により決定し、その化学成分は、溶接材料の化学成分が溶接条件の影響を受けて決定することが分かっている。

実施工では、記録により溶接施工条件は確認できるが、溶接金属の化学成分を調べるのは困難なので溶接金属の引張強さを確認するのは容易ではない。そこで、使用する溶接材料の化学成分から溶接条件を考慮して溶接金属の化学成分が推定できれば、溶接金属の引張強さが推定できると考える。

2. 研究目的

溶接金属の引張強さの推定が簡便にできれば、施工された溶接条件から溶接金属の引張強さを推定したり、または、使用する溶接材料の化学成分から、溶接施工前に所定の溶接金属の引張強さを確保するための溶接条件を設定することが可能となる。

本研究では、溶接材料の化学成分に溶接施工条件を考慮することにより溶接金属の引張強さを推定することを目的とする。

3. 試験方針

溶接材料の化学成分から溶接金属の引張強さを推定するために、最初に溶接金属の化学成分と引張強さの関係を導き、次に、溶接材料の化学成分と溶接金属の化学成分の関係を導くこととする。

3.1 溶接金属の引張強さと溶接金属の化学成分

既往の研究¹⁾データで得られた溶接金属の引張強さと化学成分および溶接条件の関係から、溶接金属の化学成分と溶接条件を変数とした溶接金属の引張強度推定式を導く。

既往の研究では、8メーカーの3規格(4分類)の溶接材料 YGW11、YGW18(Mo 無)、YGW18Mo(Mo 有)、旧 YGW21、25 銘柄の溶接材料を用いた溶接金属の引張試験および成分分析を行った。試験体は、1 銘柄について表 2 に示す 8 溶接条件とする計 294 体である。試験体の形状寸法及び試験片採取位置を図 1 に示した。材質は SN490B、板厚は全て 25mm である。

3.2 冷却速度と溶接金属の化学成分による強度推定式

溶接金属の引張強さは、溶接金属の化学成分の各成分とも増加するに従い増加する傾向があり、冷却速度も増加するに従い増加する傾向が確認できることから、Ts(depo)と溶接金属の化学成分および冷却速度(C.R)には(1)式のような関係があると仮定した。ただし、式中のα、β、γは定数である。

$$Ts(depo) = \alpha \cdot CEQ_D + \beta \cdot \log(C.R) + \gamma \quad \dots(1)$$

表 1 溶接材料の規格と溶接材料メーカー・銘柄

規格	溶接材料メーカー							
	A	B	C	D	E	F	G	H
YGW11	○	○	○	○	○	○	○	○
YGW18	—	○	○	○	—	—	—	—
YGW18Mo	○○	○	○	○	—	—	○	○
旧 YGW21	○	○	○	○	○	—	○	○

表 2 試験体溶接条件

溶接条件	入熱			
	20kJ/cm	30kJ/cm	40kJ/cm	
パス間温度	150℃	○	○	/
	250℃	○	○	/
	350℃	/	○	○
	450℃	/	○	○

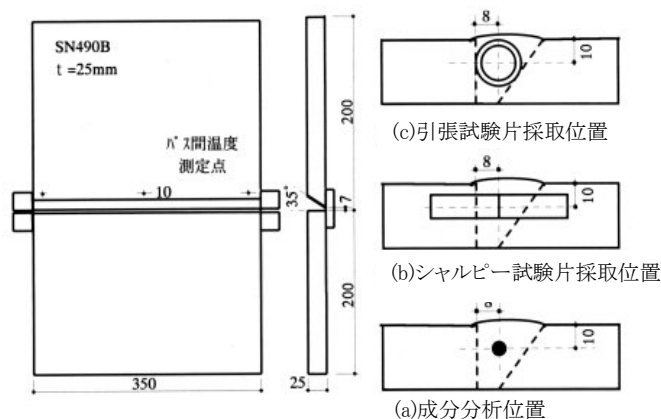


図 1 試験体の形状寸法及び試験片採取位置

294 体の試験体について、Ts(depo)に対して溶接金属の化学成分と溶接条件を変数として回帰式を導いた。考慮する化学成分は、引張強さとの相関性が強いと考えられる成分 C、Si、Mn、Mo および Ti の 5 元素とした。図 2 に Ts(depo)と C.R の関係を示した。

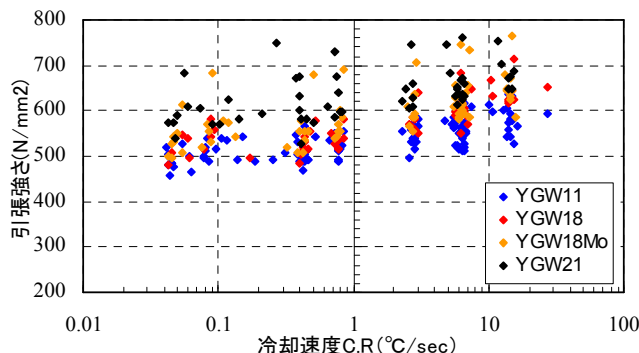


図 2 Ts(depo)と冷却速度 C.R

Formulae estimating tensile strength of weld metal depnd on
 Chemical composition of weld wire

KAGAMI/Yasuo et all

溶接条件は Rosenthal の冷却速度(4)式にて評価した。本式には、溶接条件となる入熱とパス間温度および溶接材料の板厚が考慮されることから、溶接条件が評価されるものとする。C.R の算出に用いる入熱は、試験体溶接時の各パスの平均値、パス間温度は最高値とした。

回帰分析の結果(2)式を得た。(2)式は、溶接金属の引張強さを算定するための溶接金属の C 等量(CEQ_D)と C.R から成立している。

$$eTs(depo) = 1461CEQ_D + 34.3 \log(C.R) + 198.4 \quad \dots(2)$$

$$CEQ_D = C + \frac{Si}{9.3} + \frac{Mn}{14.4} + \frac{Mo}{5.2} + \frac{Ti}{4.3} \quad \dots(3)$$

$$C.R = 2\pi\lambda c\rho\left(\frac{h}{Q}\right)^2(540 - T_0)^3 \quad \dots(4)$$

図 3 に、(3)式で求めた CEQ_D と Ts(depo) の関係を、図 4 に(2)式で求めた eTs(depo) と Ts(depo) との関係を示した。

Ts(depo) と eTs(depo) との比は、0.91~1.16 の範囲にあり、変動係数は 3.9%である。

3.3 溶接材料ミルシートの化学成分と溶接金属の化学成分

溶接材料ミルシートの化学成分から溶接金属の引張強度を推定するために、ミルシートの化学成分と溶接条件を変数とし溶接金属の化学成分(eCEQ_D)推定式を回帰分析により導く。ここでは試験体 294 体の中から、Ti 成分の分析値がなかった 14 体を除く 280 体を対象とした。

回帰分析の結果、以下に示す(5)式を得た。

$$eCEQ_D = 0.7231CEQ_w + 0.004 \log(C.R) - 0.004 \quad \dots(5)$$

4. 溶接金属の引張強さの推定

以上より、3 つの式を用いて、溶接材料のミルシートの化学成分から求めた C 当量 (CEQ_w) と C.R から、溶接金属の引張強さ eTs を推定する。

$$eTs = 1461eCEQ_D + 34.3 \log(C.R) + 198.4 \quad \dots(6)$$

$$eCEQ_D = 0.7371CEQ_w + 0.0038 \log(C.R) + 0.0129 \quad \dots(7)$$

$$CEQ_w = C + \frac{Si}{9.3} + \frac{Mn}{14.4} + \frac{Mo}{5.2} + \frac{Ti}{4.3} \quad \dots(8)$$

図 6 に、Ts(depo) と 6 式で求めた eTs の関係を示した。

Ts(depo) と eTs の比は、0.86~1.23 の範囲にあり、変動係数 COV は 5.9%である。

5. まとめ

本稿では、溶接に用いる溶接材料ミルシートの化学成分と溶接施工条件から溶接金属の化学成分を推定し、溶接金属の引張強さの推定式を構築した。

謝辞:本研究は AW 検定協議会研究評価委員会 WG15 として実施した。試験に際して、ご協力を頂いた各位に謝意を表す。

1)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

2)

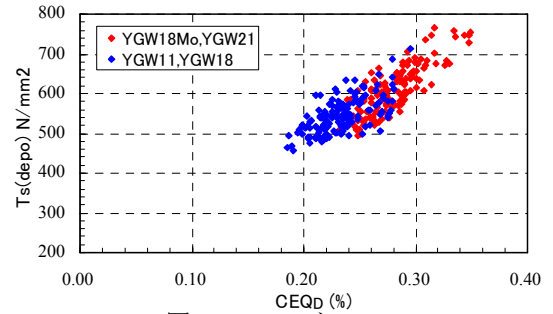


図 3 CEQ_D と Ts(depo)

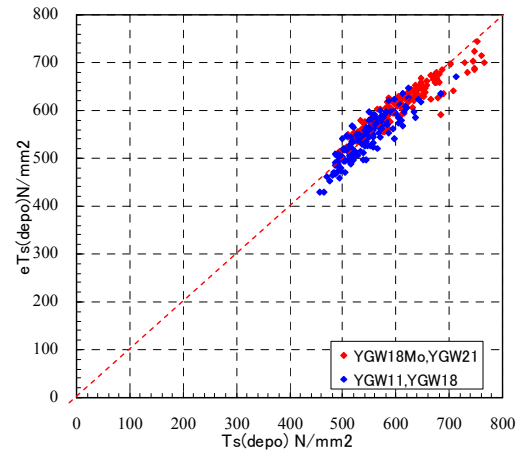


図 4 Ts(depo) と eTs(depo)

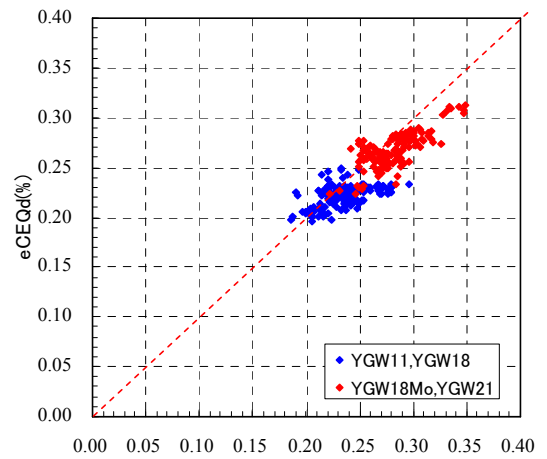


図 5 CEQ_D と eCEQ_D

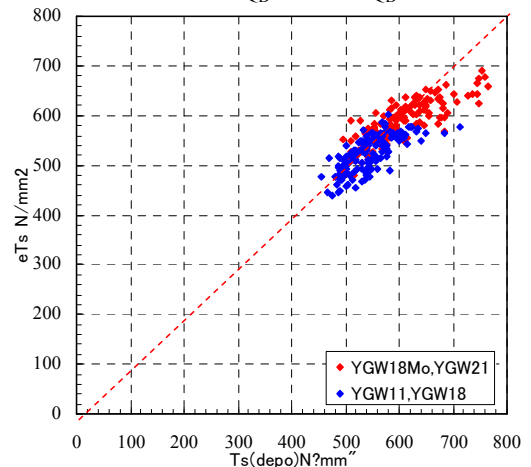


図 6 Ts(depo) と eTs(depo)

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

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