

突合せ継手における溶接金属部の強度評価の検証(その6 引張試験結果の分析)

正会員 加賀美安男\*1 正会員 服部和徳\*3 正会員 三村麻里\*5  
正会員 藤田哲也\*2 正会員 笠原基弘\*4 正会員 中込忠男\*6

溶接接合部 突合せ継手 溶接入熱  
引張試験 硬さ試験 化学成分分析

1. はじめに

建築鉄骨の柱梁溶接接合部は、塑性ひずみを許容して設計するため、その溶接部には強度と靱性が求められる。その検査方法のひとつとして、簡易硬さ試験で溶接金属表面のリーブ硬さを計測して、強度を推定する方法が提案されている。

本研究では中間層と最終層で溶接条件を変化させ、積層毎の溶接金属の性能を詳細に調査した。溶接条件の違いによる溶接金属の性能の違いを把握することにより、溶接材料に対する入熱、パス間温度および溶接パス数等の溶接条件を確定することで、溶接金属の性能を確実に確保することを目的としている。

前報その1~5<sup>文献1</sup>で実験概要及び実験結果を報告した。本報その6では、引張試験結果、硬さ試験結果、化学成分分析結果、試験片採取位置の溶接パス時の溶接条件から、強度を推定することを目的としている。

2. 引張強さの推定方法

実験の溶接条件及び実験の結果得られた DEPO 部の引張強さ、ビッカース硬さ及び合金成分から溶接金属の引張強度を以下のフローにて推定する。

既往の研究<sup>文献2</sup>にて提示されている推定式(1)及び(2)により溶接金属の硬さを推定する。

$$H_V = \frac{H_M + H_B}{2} - \frac{H_M - H_B}{2.2} \times \arctan(x) \quad \dots(1)$$

$$x = 4 \times \frac{\log(t_{8/5} / t_M)}{\log(t_B / t_M)} - 2 \quad \dots(2)$$

$H_M$  : 100% マルテンサイトのビッカース硬さ

$H_B$  : 0% マルテンサイトのビッカース硬さ

$t_{8/5}$  : 800 から 500 までの冷却時間 (s)

$t_M$  : 溶接金属組織が 100% マルテンサイトになる最大の 800 から 500 までの冷却時間(s)

$t_B$  : 溶接金属組織が 0% マルテンサイトになる最小の 800 から 500 までの冷却時間(s)

次に、求められた溶接金属硬さを引張強さに換算する。この換算式には、本実験の DEPO 部分の引張強さとビッカース硬さの相関関係から求めた式を用いる。

冷却時間の算定は、稲垣式(高張力鋼、ガスシールドア

ーク溶接の場合)を用いた。

表1に実験の結果得られた入熱、DEPO 引張強さ、ビッカース硬さ及び溶接金属の化学成分を示す。

表1 実験結果

試験体名	ワイヤ	板厚	試験片名	入熱 (kJ/cm)	機械試験結果		化学分析							
					引張強さ N/mm <sup>2</sup>	硬さ Hv	C	Si	Mn	Ti	Mo	B	N	
121			25	S	27.8	509.0	175.0	0.063	0.440	0.980	0.036	0.003	0.000	0.005
				M	17.4	511.0	171.0	0.067	0.450	1.040	0.043	0.003	0.000	0.006
				B	32.1	525.0	168.0	0.089	0.420	1.110	0.041	0.004	0.000	0.006
122			25	S	19.3	517.0	168.0	0.074	0.420	1.030	0.034	0.004	0.000	0.006
				M	47.4	491.0	166.0	0.082	0.400	1.060	0.032	0.004	0.000	0.006
				B	33.5	507.0	158.0	0.091	0.410	1.150	0.040	0.005	0.000	0.007
141	YGW11		40	S	21.4	512.0	167.0	0.068	0.410	0.940	0.037	0.003	0.000	0.005
				MU	22.6	524.0	169.0	0.068	0.450	1.010	0.045	0.003	0.000	0.006
				MM	25.9	508.0	159.0	0.071	0.440	1.010	0.042	0.003	0.000	0.005
				MB	23.5	511.0	168.0	0.080	0.430	1.110	0.037	0.003	0.000	0.005
				B	26.1	488.0	161.0	0.081	0.420	1.090	0.041	0.004	0.000	0.005
142			40	S	20.5	500.0	166.0	0.070	0.370	0.900	0.034	0.003	0.000	0.005
				MU	61.6	484.0	160.0	0.078	0.400	1.050	0.034	0.003	0.000	0.005
				MM	64.0	466.0	152.0	0.083	0.380	1.040	0.032	0.004	0.000	0.005
				MB	56.1	482.0	167.0	0.094	0.410	1.130	0.046	0.003	0.000	0.005
				B	45.9	470.0	146.0	0.094	0.390	1.120	0.037	0.005	0.000	0.006
821			25	S	27.4	493.0	156.0	0.081	0.540	1.130	0.037	0.003	0.002	0.005
				M	36.2	512.0	169.0	0.084	0.540	1.170	0.032	0.003	0.002	0.005
				B	31.8	507.0	164.0	0.093	0.520	1.230	0.041	0.004	0.001	0.005
822			25	S	23.9	516.0	172.0	0.080	0.490	1.060	0.035	0.003	0.002	0.005
				M	50.7	505.0	166.0	0.087	0.500	1.180	0.032	0.003	0.002	0.005
				B	42.6	508.0	160.0	0.096	0.470	1.210	0.033	0.004	0.002	0.006
841	YGW18 (Mo無)		40	S	20.1	538.0	173.0	0.071	0.580	1.140	0.038	0.002	0.002	0.004
				MU	27.4	541.0	184.0	0.073	0.610	1.190	0.041	0.002	0.002	0.006
				MM	22.9	509.0	164.0	0.083	0.560	1.210	0.041	0.003	0.002	0.005
				MB	23.4	526.0	177.0	0.094	0.510	1.240	0.043	0.004	0.002	0.005
				B	32.1	501.0	157.0	0.089	0.560	1.230	0.040	0.003	0.002	0.004
842			40	S	25.9	491.0	156.0	0.073	0.520	1.060	0.032	0.002	0.002	0.005
				MU	61.5	491.0	162.0	0.077	0.530	1.120	0.028	0.002	0.002	0.005
				MM	57.2	468.0	150.0	0.082	0.520	1.140	0.029	0.003	0.002	0.005
				MB	58.7	497.0	173.0	0.094	0.510	1.240	0.029	0.003	0.002	0.005
				B	50.9	491.0	154.0	0.095	0.490	1.230	0.034	0.004	0.002	0.007
941	YGW18 (Mo有)		40	S	21.9	541.0	183.0	0.051	0.490	1.040	0.055	0.210	0.003	0.005
				MU	33.9	543.0	193.0	0.051	0.490	1.040	0.051	0.210	0.003	0.004
				MM	24.7	508.0	171.0	0.063	0.470	1.080	0.049	0.180	0.003	0.005
				MB	26.5	528.0	186.0	0.069	0.480	1.160	0.051	0.170	0.003	0.004
				B	32.4	511.0	163.0	0.072	0.460	1.160	0.048	0.150	0.003	0.006
942			40	S	0.0	512.0	184.0	0.056	0.450	1.000	0.044	0.200	0.003	0.005
				MU	3.1	520.0	180.0	0.065	0.450	1.080	0.041	0.180	0.003	0.005
				MM	56.8	471.0	161.0	0.062	0.450	1.070	0.039	0.180	0.003	0.005
				MB	55.5	511.0	202.0	0.075	0.470	1.170	0.046	0.160	0.003	0.005
				B	45.6	487.0	160.0	0.081	0.430	1.170	0.044	0.140	0.002	0.006

(注)着色欄は、入熱及びパス間温度の管理を最終層のみ行った試験体を示す。

3. 引張強さと硬さの相関関係

実験の結果得られた溶接金属の引張強さと硬さの関係を図1に示した。

本実験の DEPO 部引張強さとビッカース硬さの相関関係から求めた式は以下の通り。

$$Ts(MPa) = 1.234Hv + 299 \quad \dots(3)$$

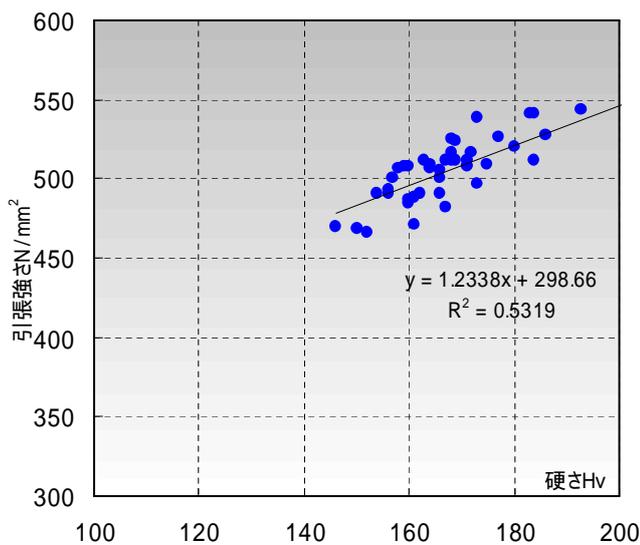


図1 引張強さと硬さの関係

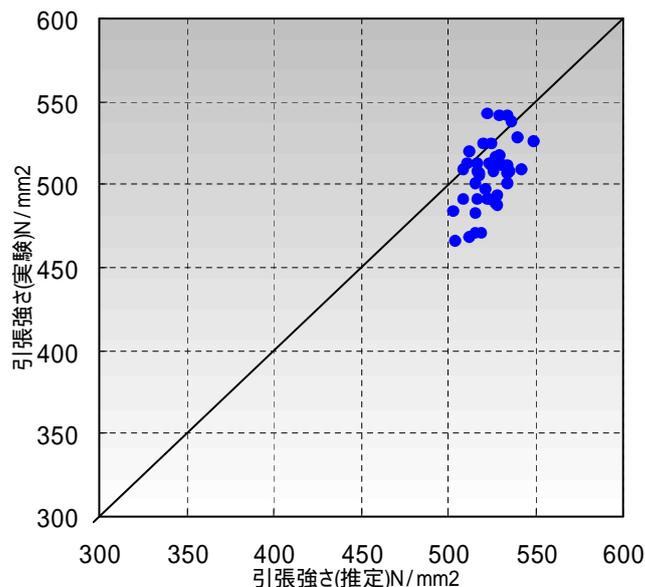


図3 引張強さ(実験)と引張強さ(推定)の関係

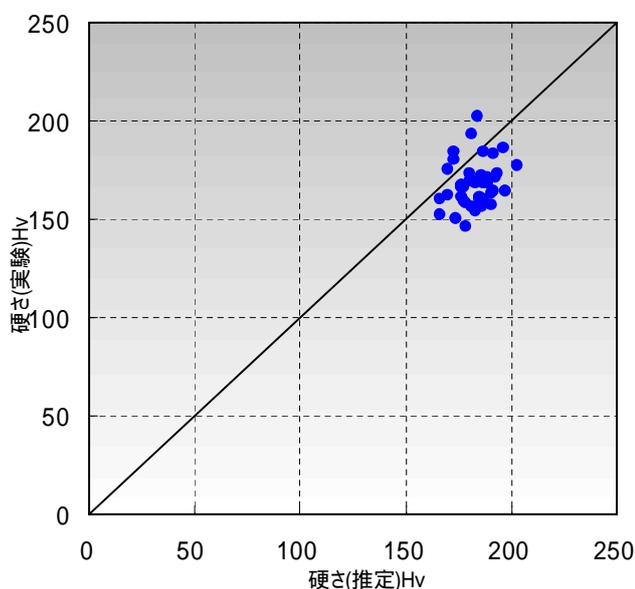


図2 硬さ(実験)と硬さ(推定)の関係

#### 4. 硬さの推定

実験で得られた溶接金属の化学成分を用いて(1)式により算定した硬さ(推定)と実験の結果得られた硬さとの関係を図2に示した。

(1)式では、硬さを推定する際に必要となる合金成分に対して、本実験では Cr、Ni、Cu の測定を行っていないため、やや精度が落ちる結果となった。

#### 5. 引張強さの推定

(1)式を用いて得られた硬さ(推定)により(3)式を用いて溶接金属の引張強さを算定した結果を実験の結果得られ

た引張強さと合わせて図3に示した。

引張強さ(推定)は、大半が実験で得られた引張強さより小さめの値となっており、安全側に評価できると考える。

#### 6. まとめ

実験の結果得られた溶接金属の引張強さと硬さ間にある相関関係をもとに、硬さから溶接金属の引張強さの推定式を求めた。

その上で、既往の研究にて提示されている硬さの推定式を用いて、与えられた溶接条件をもとに溶接金属の引張強さを推定した。

入熱及びパス間温度を管理した場合と管理しなかった場合の溶接金属とも、溶接施工時の溶接条件により推定した溶接金属の引張強さは、ほぼ実験結果から得られた溶接金属の引張強さを推定できる範囲にあると考える。

今後は、溶接条件の違いによる溶接金属の化学成分の変動を考慮し、溶接材料のミルシート成分から溶接金属の引張強度を推定すると共に、推定式の精度を高めることが課題と考える。

【この一連の研究は(社)日本鋼構造協会 鉄骨溶接部の内査検査ガイドライン作成委員会にて企画立案して行った実験である。】

#### 【参考文献】

- 文献1：小林光博，藤田哲也，加賀美安男，笠原基弘，三浦理，中込忠男，的場耕，突合せ継手における溶接金属部の強度評価の検証 その1～その5，日本建築学会学術講演要録集中国C1，2008年8月  
文献2：溶接金属引張強さの予測式：百合岡 信孝，児島 一浩：溶接学会論文集 第22巻第1号

\*1 (株)日建設計

\*2(株)日本設計 博士(工学)

\*3 ベターリビング 博士(工学)

\*4 溶接検査(株) 博士(工学)

\*5(株)竹中工務店

\*6 信州大学 工学博士

\*1 Nikken Sekkei

\*2 Nihonsekkei Inc., Dr. Eng.

\*3 Better Living ,Dr. Eng.

\*4Yosetsukensa Corp.,Dr. Eng.

\*5 Takenaka Corporation

\*6 Shinshu Univ.,Dr. Eng.