

建築鉄骨における高強度鋼の溶接技量に関する基礎的研究

その10：溶接金属の衝撃試験および引張試験結果

正会員 ○緑川功^{*1} 同 中平和人^{*2} 同 大石浩史^{*3}
同 加登美喜子^{*4} 同 鈴木直幹^{*2}

高強度鋼 溶接技量 AW検定
溶接技量試験 溶接条件 溶接金属

1はじめに

AW検定協議会—西日本—研究評価委員会では、高強度鋼の溶接技量試験の適正化を検討するための基礎資料を得ることを目的とした基礎的研究を2012年度から行っており、過去の学術講演において、アンケートによる実態調査（その1）、板厚19mm（その2～5）および40mm（その6～9）の試験体に対する基礎試験について報告した。試験はいずれもAW検定に準拠して行い、それに加えて、底面の全線マクロおよび硬さ試験を実施した。

過去の報告では、溶接部で最も欠陥が出やすく溶接技能者の技量が顕著に表れる初層の溶込みに着目し、底面全線マクロの観察と溶込み波形のフーリエ変換による分析を行った。機械試験については前報まで裏曲げ・表曲げ・硬さ試験結果を報告したが、本報では未実施であった溶接金属の衝撃試験と引張試験について報告する。

2基礎試験の概要

2.1 試験の目的

本研究の目的は、鋼材、溶接ワイヤ、溶接姿勢および溶接技能者による違いが溶接部の性能に与える影響を検討することであるが、本報告では溶接金属の機械的性質に対する影響について確認する。

2.2 試験のパラメータ

基礎試験のパラメータを表10.1に示す。板厚19mm試験体の結果より、YGW18を用いた場合、490N級鋼と550N級鋼との間には有意な影響を認められなかったこと、また490N級以下の鋼材においては、厚板であることが溶接品質に影響を及ぼさないことから、板厚40mm試験体については490N級鋼を省いた。なお、本報においては、G59JA1UC3M1T等の590N/mm²級ワイヤを「旧YGW21」と称する。

表10.1 基礎試験パラメータ

試験体	試験鋼材	板厚	溶接ワイヤ	エンドタブ	姿勢	溶接技能者
111	490N級鋼	19	YGW18	鋼製	F H	A B C1、C2
121		40	YGW18	鋼製	F H	A B C2
211	550N級鋼	19	YGW18	鋼製	F H	A B C1、C2
212		19	旧YGW21	鋼製	F H	A B C1、C2
221		40	YGW18	鋼製	F H	A B C2
222		40	旧YGW21	鋼製	F H	A B C2
312	590N級鋼	19	旧YGW21	鋼製	F H	A B C1、C2
322		40	旧YGW21	鋼製	F H	A B C2

Basic study on welders skills in welding high-strength steels in steel structure buildings Part 10: Outline of the tension and impact tests for weld metal

溶接技能者のプロフィールを表10.2に示す。溶接技能者はいずれもAW検定有資格者で高強度鋼材の施工実績が十分豊富な

表10.2 溶接技能者のプロフィール

技能者	年齢	経験年数	AW資格取得年	高強度鋼施工経験	前職	姿勢
A	38	7	2008	豊富	プラント溶接	F,H
B	36	2	2014	経験有	造船溶接	F,H
C1	26	4	2013	経験無	他業種	F
C2	26	2	2013	経験無	サブマージ溶接	H

技能者A、ある程度実績がある技能者B、実績のない技能者Cの3名で、表中の年齢および経験年数は2014年当時のものである。

試験体の形状および寸法を図10.1に示す。試験体はAW検定協議会の工場溶接鋼製エンドタブのF姿勢、H姿勢の試験体を、溶接線方向に54mm拡幅したものである。

引張試験は溶接金属を破断させるため、溶接金属の両端につかみ代となるステンレス鋼棒を摩擦圧接接合し、

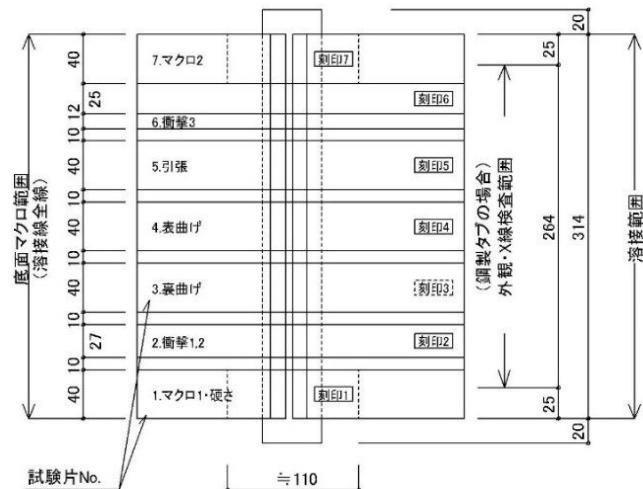


図 10.1 試験体の形状・寸法

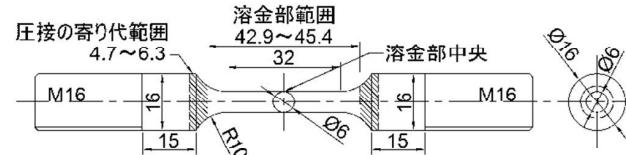


図 10.2 溶接金属の引張試験体の形状・寸法

MIDORIKAWA Isao^{*1},
NAKAHIRA Kazuto^{*2}, OOISHI Hirofumi^{*3}
KATO Mikiko^{*4}, SUZUKI Naomiki^{*2}

JIS Z3111:2005 「溶着金属の引張及び衝撃試験方法」のA2号試験片とした。引張試験片の形状・寸法を図10.2に示す。衝撃試験はJIS Z 2242のVノッチ試験片により行い、溶接金属部にノッチが入るようにした。試験温度は0°Cとした。

3 試験結果

3.1 溶接金属の引張試験結果

図10.3(a)～(d)に溶接技能者毎の溶接金属の引張試験結果を示す。図10.3(a)(b)より降伏応力度および引張強さ結果については、溶接技能者による特徴は見られない。母材強度の影響は旧YGW21ではほとんど見られず、溶接材料の性能がそのまま引張強さに反映されている。一方、Y GW18では、母材が490N級鋼材より550N級鋼材の方が引張強さが小さい傾向にある。図10.4(a)(b)に引張強さを板厚および溶接姿勢ごとに並べ替えたものを示す。F姿勢および板厚40mmの場合、引張強さの低下の度合いが顕著である。特に試験体221AFでは溶接金属の強度が母材の規格値を僅かに下回っている。試験体221CFにおいても、母材の規格値は上回ったものの比較的低い値である。

降伏応力度についても同様の傾向がみられる。溶接作業においては、規定通りの入熱・パス間温度管理を行っており、溶接金属の引張強さが母材の規格値を下回ったのは、ばらつきの範囲内と考えられるが、溶接材料の強度が母材の強度と同じで特に板厚が大きく下向き姿勢の場合はより厳しい入熱・パス間温度管理が必要と考える。

図10.3(c)(d)より伸び・絞りに関しては溶接材料に依存し、母材、溶接技能者、板厚および溶接姿勢による影響は認められない。

3.2 溶接金属の衝撃試験結果

図10.5(a)～(d)に溶接金属の衝撃試験結果を示す。図10.5(a)よりシャルピー値は鋼材強度が高くなるほど、溶接材料の強度が高くなるほど低くなる傾向がみられる。図10.5(b)より溶接技能者による特徴はみられない。図10.5(c)より板厚が大きいほど、図10.5(d)よりF姿勢よりH姿勢の方がシャルピー値が高くなる傾向にある。

4 まとめ

490N級～590N級鋼材の溶接部の溶接金属の引張試験と衝撃試験を行った結果、溶接金属においては、溶接技能者の差異による影響はみられないことを確認した。結論は(その11)にてまとめて示す。

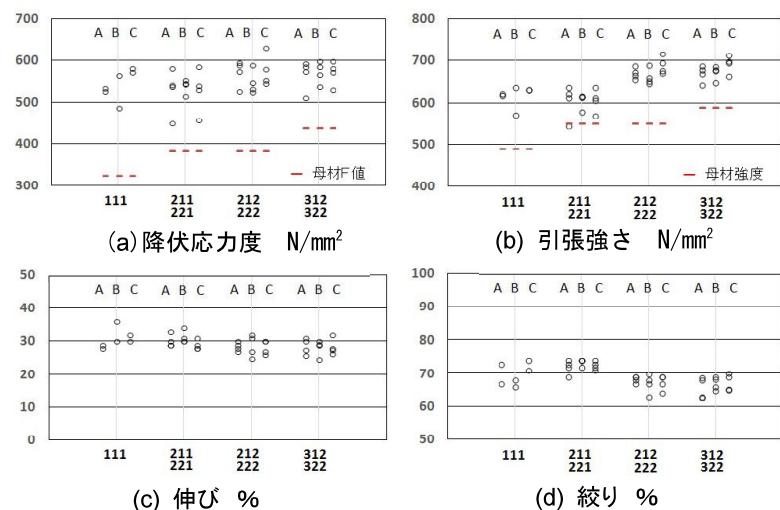


図 10.3 引張試験結果

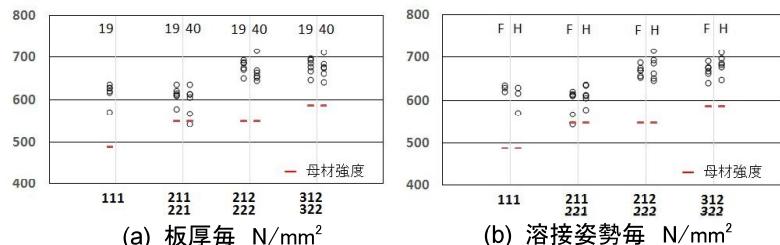


図 10.4 引張強さ

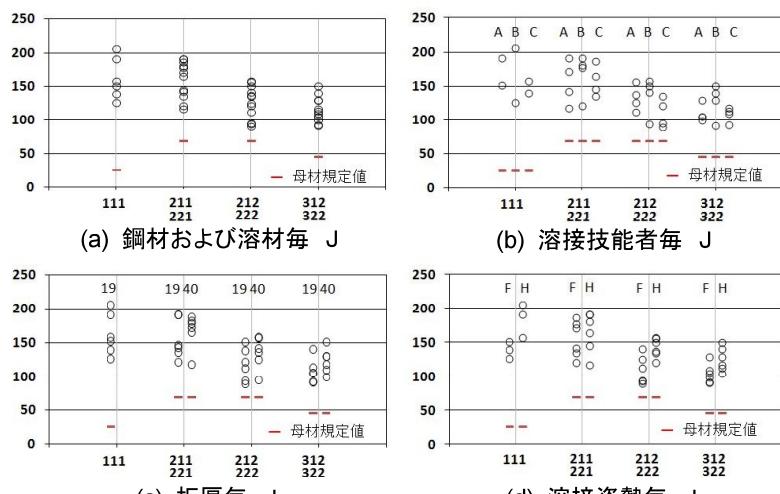


図 10.5 衝撃試験結果 シャルピー値

*1 日本建築総合試験所

*2 竹中工務店

*3 NTT ファシリティーズ

*4 日建設計

*1 General Building Research Corporation of Japan

*2 TAKENAKA Corporation

*3 NTT FACILITIES, INC.

*4 NIKKEN SEKKEI LTD.

建築鉄骨における高強度鋼の溶接技量に関する基礎的研究

その11：溶接金属の引張試験における一様伸びに関する考察

正会員 ○中平和人^{*1} 同 大石浩史^{*2} 同 緑川 功^{*3}
同 加登美喜子^{*4} 同 鈴木直幹^{*1}

高強度鋼	溶接技量	AW検定
溶接技量試験	溶接金属	一様伸び

1 はじめに

本報では溶接金属の引張試験における一様伸びに着目した考察を行う。また過去一連の報告^{1) 2)}の総括を述べる。

2 鋼材の一様伸び

鋼材の伸びの指標には、破断伸び、一様伸び、局部伸びがあり、それらには以下の関係がある。

$$\text{破断伸び} = \text{一様伸び} + \text{局部伸び} \dots \dots (1)$$

一様伸びは図11.1に示すように、最大荷重点Mにおける伸びとして定義され、標点間の塑性変形が一様である。最大荷重点を過ぎると標点間にくびれが生じ、変形はこのくびれ部に集中し、やがて破断に至る。

一般的に、鋼材の伸び能力は一様伸びではなく破断伸びで整理されており、一様伸びに対する板厚や強度の違いによる影響に関する研究は少ない。また一様伸びに関する既往の研究は、鋼材に対しては行われているが、溶接金属を対象としたものは見られない。

鋼材の一様伸びに関する既往の研究では、降伏応力度あるいは引張強さが高くなるにつれて、一様伸びが小さくなること、また一様伸びに達するまでの吸収エネルギーは、ばらつきはあるものの降伏応力度によらず概ね一定となることなどがわかっている⁵⁾。

本報では、溶接金属の引張試験に基づき、溶接金属の一様伸びと吸収エネルギーの関係について考察する。

3 一様伸びまでの吸収エネルギー

鋼材の一様伸びまでの吸収エネルギーは、図11.2に示す面積で定義されるが、これを簡略化した五角形モデルにより算定した数値が、精算値とよい対応を示すことが三木らにより示されている⁵⁾。五角形モデルに基づく吸収エネルギーを(2)式に示す。

$$E_s = (\sigma_y + 3\sigma_u) \cdot \epsilon_u / 4 \dots \dots (2)$$

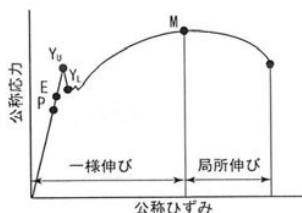


図 11.1 一様伸び概念図

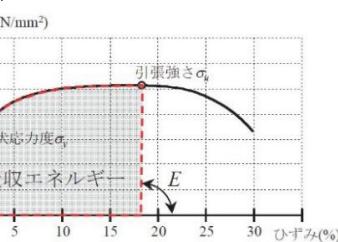


図 11.2 一様伸びまでの吸収エネルギー

本報ではこの五角形モデルを用いて、一様伸びまでの吸収エネルギーを評価する。降伏応力度は、0.2%オフセット耐力とする。一様伸びは、引張強さに対応する塑性ひずみであり、除荷剛性を 205000N/mm^2 として求める。

4 考察

4.1 一様伸びに着目した考察

降伏応力度と一様伸びの関係を図11.3に、引張強さと一様伸びの関係を図11.4に示す。鋼材と同様に、溶接金属においても、降伏応力度または引張強さが高くなるにつれて一様伸びが小さくなる傾向は見られるが、その傾向は鋼材ほど顕著ではなく、ばらつきが大きい。

降伏比と一様伸びの関係を図11.5に示す。鋼材では、降伏比が大きくなるにつれて、一様伸びが小さくなるが⁵⁾、溶接金属ではその傾向は見られない。

また、一様伸びと破断伸びの関係を図11.6に示す。鋼材と同様に、溶接金属においても、一様伸びが大きくなるにつれて破断伸びが大きくなる傾向にある。

4.2 一様伸びまでの吸収エネルギーに着目した考察

次に、一様伸びまでの吸収エネルギーに着目する。一様伸びと、一様伸びに達するまでの単位体積あたりの吸収エネルギー（以下、吸収エネルギー）の関係に着目すると、一様伸びが大きくなるにつれて吸収エネルギーも大きくなる（図11.7）。この傾向は鋼材も有しており、鋼材のほうより明瞭な傾向を示す⁵⁾。

吸収エネルギーと降伏応力度の関係を図11.8に示す。鋼材においては、降伏応力度によらず吸収エネルギーが概ね一定となるが、今回の試験結果では、溶接金属ではばらつきが大きく、その傾向は見られない。鋼材ではこの特性を利用し、降伏応力度および引張強さから、一様伸びを概算できるが⁵⁾、溶接金属においては適用できない。

4.3 溶接技能者の段階的技能に着目した考察

降伏応力度、引張強さ、降伏比、一様伸び、吸収エネルギーと各技能者ABCの関係を図11.9に示す。溶接金属の降伏応力度、引張強さ、降伏比、一様伸び、吸収エネルギーについては、溶接技能者の段階的技能による差異が表れていない。

5 まとめ

本報では段階的に技量の差を有する技能者が溶接した各種高強度鋼材の溶接金属に対する機械試験を行い、以下の知見を得た。

NAKAHIRA Kazuto^{*1}, OOISHI Hirofumi^{*2}
MIDORIKAWA Isao^{*3}, KATO Mikiko^{*4}
SUZUKI Naomiki^{*1},

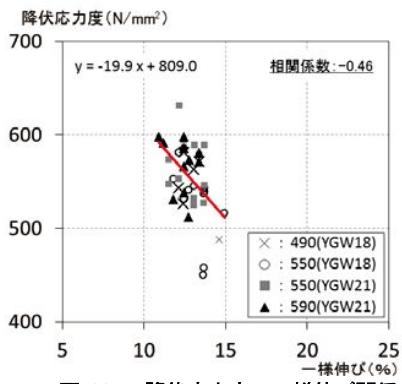


図 11.3 降伏応力度—一様伸び関係

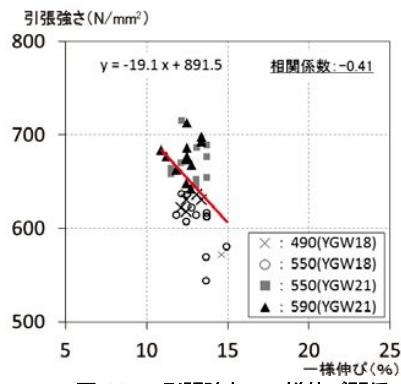


図 11.4 引張強さ—一様伸び関係

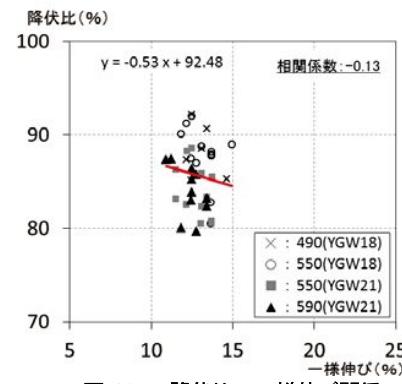


図 11.5 降伏比—一様伸び関係

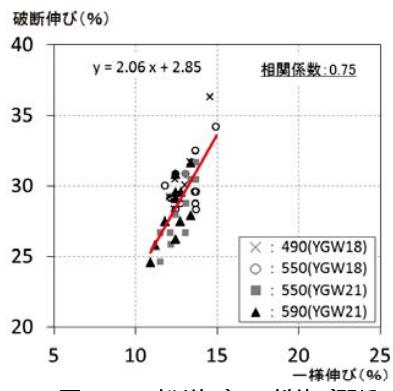


図 11.6 破断伸び—一様伸び関係

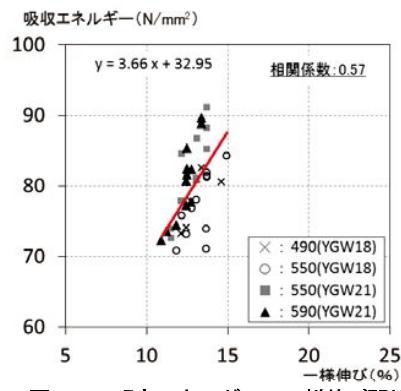


図 11.7 吸収エネルギー—一様伸び関係

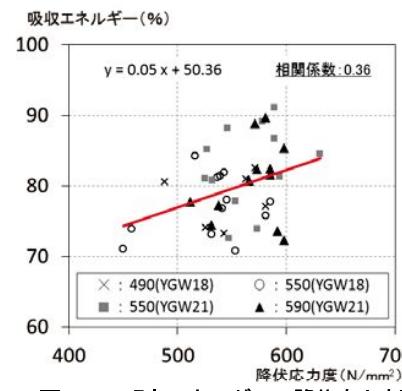


図 11.8 吸収エネルギー—降伏応力度関係

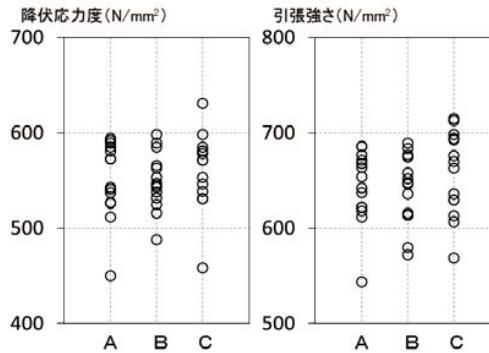


図 11.9 溶接技能者の関係

一様伸びについて知られている諸特性は、溶接金属においても確認できたが、鋼材ほど明瞭には得られなかつた。これは、圧延された鋼材と比べて溶接金属がより多くのばらつき要因を有しているためであると考えられる。技能者の段階的技量が溶接金属の機械的性質に及ぼす影響については、これを確認することができなかった。

6 その1～その11までの総括

AW検定有資格者に代表される一定以上の技量を有する技能者が高強度鋼を溶接した場合、初層溶込み部のきずやマクロ波形においては顕著に技量の差が表れるが、2層目以上の溶接金属の機械的性質については有意な差は見られない。

本報（その10、その11）によって、（その9）までに述べた結論¹⁾²⁾³⁾⁴⁾が変わることはない。

【謝辞】

本研究は、2012年～18年度AW検定協議会－西日本－研究評価委員会の活動として実施したものである。関係者に謝意を表する。

【参考文献】

- 1 中平和人他：建築鉄骨における高強度鋼の溶接技量に関する基礎的研究、鋼構造年次論文報告集 第24巻, pp.192-199, 2016.11
- 2 中平和人, 吉澤幹夫, 緑川 功, 椿 英顯, 新居 努：建築鉄骨における高強度鋼の溶接技量に関する研究（板厚の影響）, 鋼構造年次論文報告集 第25巻, pp.190-197, 2017.11
3. 吉澤幹夫他：建築鉄骨における高強度鋼の溶接技量に関する基礎的研究(その1～その5), 日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集 構造III, pp.1051-1060, 2015.9
- 4 中平和人他：建築鉄骨における高強度鋼の溶接技量に関する基礎的研究（その6～その9）, 日本建築学会大会（九州）学術講演梗概集 構造III, pp.1079-1086, 2016.8.
- 5 三木徳人, 吉敷祥一, 岩田善裕, 山田哲, 長谷川隆：構造用鋼材の一様伸びの評価、鋼構造年次論文報告集 第26巻, pp.97-104, 2018.11

*1 竹中工務店

*2 NTT ファシリティーズ

*3 日本建築総合試験所

*4 日建設計

*1 TAKENAKA Corporation

*2 NTT FACILITIES, INC.

*3 General Building Research Corporation of Japan

*4 NIKKEN SEKKEI LTD.