

アンダーマッチング溶接による高強度鋼組立柱と従来鋼梁接合部の性能評価実験

正会員 ○ 新才 直紀*
同 吹田 啓一郎**

高強度鋼 隅肉溶接 アンダーマッチング溶接
柱梁接合部 完全溶込み溶接 溶接強度

1. 序

本研究は建築構造用に開発された高強度鋼 H-SA700 を対象とする。前報¹⁾では、A材を対象に、既往の鋼材に使用する溶接材料 G59JA1UC3M1T (以下 G59J と称す) を用いたアンダーマッチング溶接による接合を検討した。隅肉溶接のサイズを調節することにより、溶接継目に過大な応力が作用しないように設計して、必要な強度の溶接組立部材や接合部を実現する方法を示した。

本報では、アンダーマッチング溶接による高強度鋼組立部材を活かす骨組の一つとして、柱にこの高強度鋼組立部材を用いて、従来鋼による梁を接合することを考える。その柱梁接合部において、柱は弾性的のまま梁のみが塑性化することで十分な変形性能を確保し、溶接継目が期待される耐力を上回るかを確認するために性能評価実験を行った。

2. 高強度鋼と溶接材料の要素試験

2.1 溶接金属引張試験 WCH, WCN

表1に本研究で使用する高強度鋼 H-SA700B と従来鋼 SN490B の各板厚ごとの降伏点、引張強さの公称値 (規格下限値) と、材料試験により求められた実測値を示す。溶接材料は高強度鋼同士の接合には G59J を用い、高強度鋼と従来鋼の接合には YGW18 を用いる。G59J は通常使用される鋼材である SA440 の溶接施工指針に基づく溶接条件²⁾で溶接し、YGW18 は JIS Z3312 の解説に示される引張強さ 490N/mm² 級の溶接条件で溶接した (表2参照)。

溶接金属の強度の確認のため、隅肉溶接継目から丸棒を削りだし引張試験を行った。板厚 16mm の H-SA700B と G59J による T 字継手を WCH、板厚 19mm の SN490B、板厚 16mm の H-SA700B と YGW18 による T 字継手を WCN とし、隅肉サイズ s を 4, 7, 10, 13mm の 4 種類、それぞれ 2 本ずつ削りだした。

図1, 2に WCH, WCN のそれぞれに関して、引張試験より得られた降伏せん断応力 τ_y 、最大せん断応力 τ_u と隅肉サイズの実測値 s との関係プロットし、回帰分析を行った結果を示す。グラフには τ_y 、 τ_u の公称値も示す。図1, 2より実験結果から得られた τ_y 、 τ_u はどれも規格下限値を十分に上回っており、その上で隅肉サイズが s [mm] のときの強度の実測値に関して次式の関係が得られた。

$$G59J: \tau_y = 518 - 10.9s \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (1)$$

$$\tau_u = 555 - 10.4s \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (2)$$

$$YGW18: \tau_y = 523 - 11.4s \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (3)$$

$$\tau_u = 551 - 10.6s \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (4)$$

2.2 側面隅肉溶接引張試験 WS

G59J を用いた H-SA700B の側面隅肉溶接継目の耐力を確認するため、図3に示す試験体を製作し、隅肉サイズ s

を 4, 7, 10, 13mm の 4 種類、各 2 体ずつ引張試験を行った。

実験結果より WC と同様にそれぞれの試験体における τ_y 、 τ_u をプロットし、回帰分析を行った結果を図4に示す。グラフには τ_y 、 τ_u の公称値も示す。WS から得られた τ_y 、 τ_u も規格下限値を十分に上回っていることが確認された。

3. 高強度鋼柱と従来鋼梁の接合部実験 BCT

3.1 実験概要

試験体は柱 (H-SA700B) をアンダーマッチング溶接 (G59J を使用) による溶接組立 H 形鋼で製作し、柱フランジに梁 (SN490B) を完全溶込み溶接 (YGW18 を使用) で接合し、梁フランジの延長線上に水平スチフナ (SN490B) を配置することで製作した T 字骨組に繰返し載荷実験を

表1 H-SA700B, SN490B の機械的性質

鋼種	板厚 [mm]	降伏点 [N/mm ²]		引張強さ [N/mm ²]	
		公称値	実測値	公称値	実測値
H-SA700B	16	700	777	780	832
SN490B	9	325	381	490	535
	12		352		522
	16		334		517
	25		327		513

表2 G59J, YGW18 の規格値及び溶接条件

溶接材料	降伏点 [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	予熱 [°C]	入熱 [kJ/cm]	パス間温度 [°C]
G59J	500 以上	590 ~ 790	≥ 60	≤ 30 ≤ 40	≤ 350 ≤ 250
YGW18	460 以上	550 ~ 740	なし	≤ 40	≤ 350

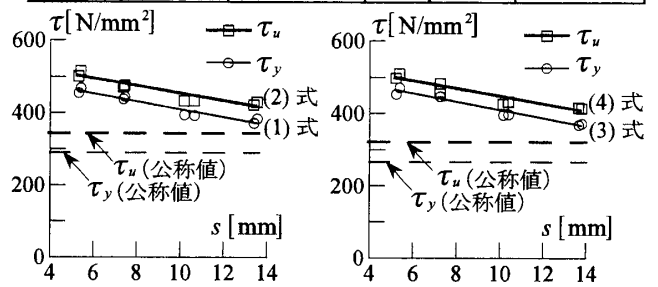


図1 WCH τ - s 関係

図2 WCN τ - s 関係

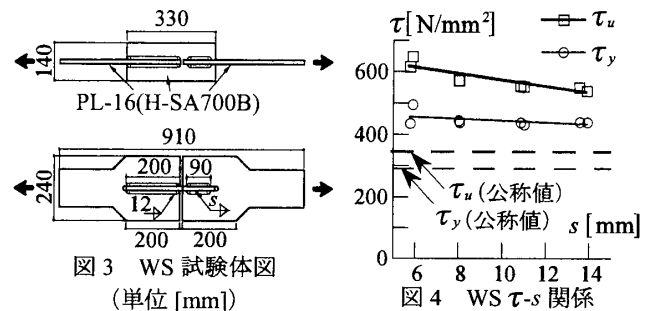


図3 WS 試験体図
(単位 [mm])

図4 WS τ - s 関係

Loading Test of High Strength Steel (H-SA700B) Column and SN490B Beam Welded Moment Connection

SHINSAI Naoki and SUITA Keiichiro

行った(図5参照)。また、水平スチフナと柱ウェブの隅肉溶接をW1、接合部パネルと柱フランジの隅肉溶接をW2とし、その必要サイズ(それぞれ S_1 、 S_2 とする)も検討した。試験体は表3の4種類用意する。BCT1は柱、パネル、溶接はどれも降伏せずに梁のみが塑性化する基本型とする。BCT2はW1とW2のサイズを小さくし、溶接部の耐力を確認する。BCT3は梁とともにパネルも塑性化させ、パネルの塑性化に溶接が追従できるか確認する。BCT4は柱にアンダーマッピング溶接による角溶接で接合された溶接組立箱形断面を使用し、梁崩壊型とする。

表4に各試験体の柱、梁、パネルがそれぞれ降伏、全塑性モーメントに達するときの載荷荷重(柱： cQ_y 、 cQ_p 、梁： bQ_y 、 bQ_p 、パネル： pQ_y 、 pQ_p)を示す。また柱がH形鋼の試験体に関しては、W1、W2が降伏、破断するときの載荷荷重(W1： w_1Q_y 、 w_1Q_u 、W2： w_2Q_y 、 w_2Q_u)も示す。

3.2 実験結果

各試験体の荷重 Q -層間変形角 R 関係を図6-9に示す。また、表4に各実験における最大荷重 Q_{max} を示す。

BCT1は bQ_y に達した辺りから剛性が低下し、その後は R が0.05radまで安定した紡錘形の挙動を描いた。その後0.07radの載荷中梁が局部座屈を起こすことで耐力が低下した。W1やW2には最後まで損傷が見られなかった。

BCT2は w_2Q_u (=211kN)を超えてもW1やW2は損傷せず、BCT1と同様に R が0.05radまで安定した紡錘形の挙動を描いた。その後もBCT1と同様に0.07radの載荷中梁が局部座屈を起こすことで耐力が低下し、W1やW2には最後まで損傷が見られなかった。

BCT3は bQ_y に達した辺りから、剛性が低下し、 R が0.05radまで安定した紡錘形の挙動を描いた。その後 w_2Q_u

(=706kN)を超えてもW1やW2は損傷せずに、耐力が低下しないまま試験機の限界を迎え実験を終了した。

BCT4は bQ_y に達した辺りから剛性が低下し、その後は R が0.05radまで安定した紡錘形の挙動を描いた。その後0.07radの載荷中、梁が局部座屈することで耐力が低下し、柱フランジと梁フランジの完全溶込み溶接が脆性破断することで実験を終了した。 R が0.05radの時点で梁の塑性率は9に達しており、十分な変形能力を確認できた。

4. 結論

柱にアンダーマッピング溶接(G59J)による高強度鋼(H-SA700B)溶接組立部材を用いて、従来鋼SN490Bによる梁を完全溶込み溶接によって接合された柱梁接合部に関して、実験により次のことがわかった。

- ①従来の柱梁接合部と同様に、梁の塑性変形により期待される変形能力が確保されていることが確認された。
- ②各溶接箇所において、溶接継目が母材の崩壊荷重においても降伏しないように設計することで、大変形時においても溶接継目は損傷しないことが確認された。

謝辞

本研究は、社団法人日本鉄鋼連盟「鋼構造研究・教育助成事業」の助成金を受けて実施しました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 新才直紀, 吹田啓一郎, 佐藤篤司: アンダーマッピング溶接による高強度鋼組立部材の性能評価実験(その1, その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), C-1, 構造III, pp.673-676, 2010.9.
- 2) 日本鉄鋼連盟 高性能鋼利用技術小委員会: 建築構造用高性能590N/mm²(SA440)設計・施工指針, 2004.8.

表3 BCT試験体形状及び予想される破壊形式(単位[mm])

	柱断面	梁断面	S_1	S_2	予想される破壊形式
BCT1	BH-250×250×16×16	BH-400×200×9×16	8	12	梁の全塑性
BCT2			4	4	
BCT3	B□-250×250×16	BH-600×200×12×25	14	16	梁、パネルが全塑性
BCT4					

表4 BCT耐力予想及び実験結果(単位[kN])

	柱		梁		パネル		W1		W2		実験結果
	cQ_y	cQ_p	bQ_y	bQ_p	pQ_y	pQ_p	w_1Q_y	w_1Q_u	w_2Q_y	w_2Q_u	
BCT1	768	877	197	227	319	339	482	524	338	377	338
BCT2	768	877	197	227	319	339	319	341	194	211	335
BCT3	855	976	469	545	535	569	822	918	620	706	840
BCT4	942	1130	472	550	1023	1139					890

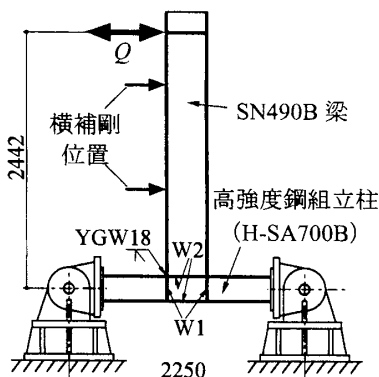


図5 BCT 載荷装置(単位[mm])

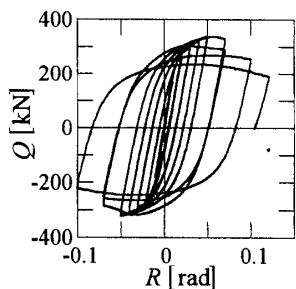


図6 BCT1 Q-R 関係

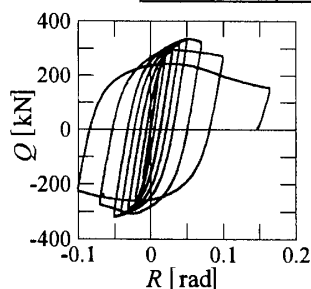


図7 BCT2 Q-R 関係

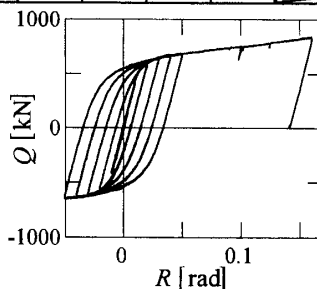


図8 BCT3 Q-R 関係

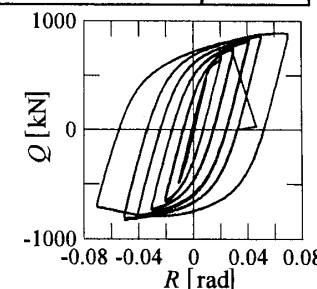


図9 BCT4 Q-R 関係

* 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 修士課程
 ** 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 教授・博士(工学)

* Graduate Student, Kyoto University
 ** Professor, Kyoto University, Dr. Eng.