

550N/mm²級冷間プレス成形角形鋼管の組立て溶接に関する一考察

正会員 ○二階堂真人* 正会員 西澤淳**
同 鈴木一弁* 同 廣嶋哲*

冷間成形 角形鋼管 組立て溶接
機械的性質 溶接部性能

1.はじめに

冷間成形角形鋼管(以下、コラム)の通しダイアフラムの組立て溶接は、コラムが閉鎖断面であるため開先内に行うが、その溶接材料は溶接継手強度確保の観点からコラム母材強度に合わせて選定、あるいは除去、再溶融することが必要とされている¹⁾。しかし、組立て溶接は低入熱でかつ拘束度が大きい条件であるため、溶割れ防止の観点からはコラム強度よりも低強度の溶接材料を使用する方が良いと考えられる。そこで、本研究では550N/mm²級コラムを対象に、低強度の溶接材料を用いた開先内の組立て溶接が、溶接継手性能に及ぼす影響を確認した。

2.試験計画

2.1 試験体

試験体を図 2.1 に示す。試験体は、コラムに通しダイアフラムを全自動溶接により溶接接合した溶接継手とし、コラムには板厚 32mm の 550N/mm²級コラムを、通しダイアフラムには板厚 32mm の 550N/mm²級高張力鋼を用いている。裏当金の形状は図 2.2 に示すようにテーパ付き裏当金とし、その材料には SN490B を使用している。組立て溶接には低強度の溶接材料である JIS Z 3312 YGW11 を用い、本溶接にはコラムの強度に対して 1 ランク上の JIS Z 3312 G59JA1UC3MIT の溶接材料を用いた。コラムの 4 面のうち、2 面(I 面)に対しては開先内に組立て溶接を行い、他の 2 面(O 面)に対しては組立て溶接を行っていない。

組立て溶接および本溶接の溶接施工条件を表 2.1、図 2.2、写真 2.1、図 2.3 に示す。組立て溶接は、その影響を確認するため、通常よりも大きなビード形状としている。本溶接は入熱量とパス間温度を管理し、それぞれ 30kJ/cm 以下、250℃以下となるようにした。なお、予熱は行っていない。

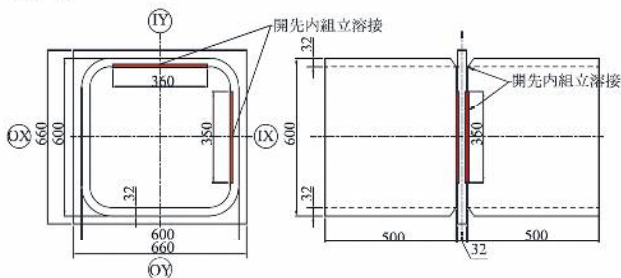


図 2.1 試験体形状

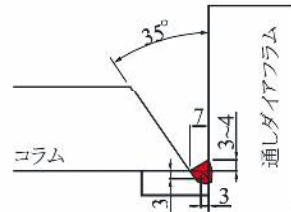


図 2.2 裏当金形状および溶接要領



写真 2.1 組立て溶接の外観

表 2.1 組立て溶接及び本溶接の溶接施工条件

| 溶接 | 電流 (A) | 電圧 (V) | 溶接速度 (cm/min) | 溶接入熱 (kJ/cm) |
|-----------|--------|--------|---------------|--------------|
| 組立て溶接 | 290 | 33.5 | 52.5 | 11.1 |
| 本溶接(1パス目) | 308 | 34.9 | 26.1 | 24.4 |

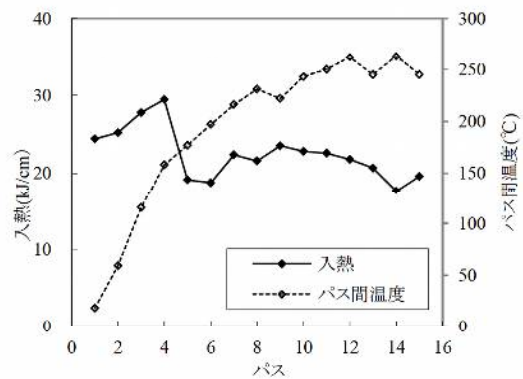


図 2.3 溶接施工条件(本溶接)

2.2 試験概要

前述した試験体を用い、I 面、O 面それぞれに対して断面マクロ組織観察、硬さ試験、化学成分分析、溶接金属引張試験、十字継手引張試験を実施し、開先内の組立て溶接の有無が溶接継手性能に与える影響を確認した。各試験での試験片採取位置、測定位置を図 2.4、図 2.5、図 2.6 に示す。硬さは、9.8N の試験力で開先背側に沿って 0.5~1mm ピッチで測定した。化学成分分析の試料は、図 2.5 に示す通り裏当金位置、1 層目溶接金属位置、3 層目溶接金属位置の 3 箇所より採取した。溶接金属引張試験片は、形状を JIS Z 3111 A2 号試験片とし、図 2.6 に示す通り裏当金側の内面上 3mm 位置と表層側の外面下 10mm 位置の 2 箇所から採取した。十字継手引張試験の試験片形状は図 2.7 に示す通りとし、コラム平坦部より採取した。

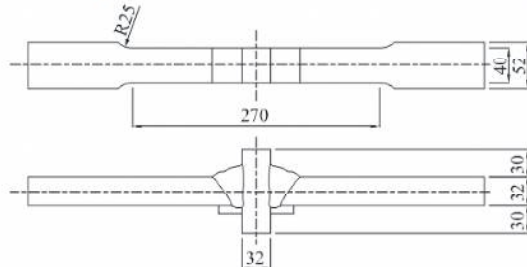
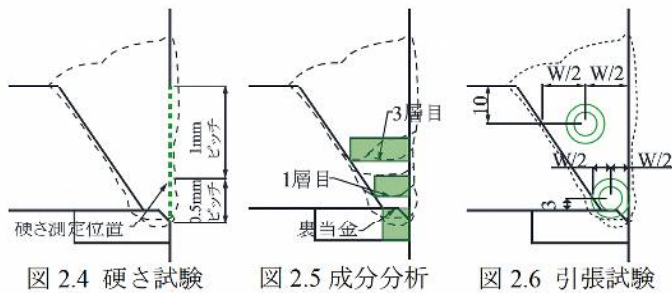


図 2.7 継手引張試験形状

3. 試験結果

3.1 断面マクロ組織観察

写真 3.1 に溶接部のルート側の断面マクロ写真を示す。組立て溶接については、I 面ではその一部が裏当金位置で残留しているが、本溶接の 1 パス目で十分に熔融されておりコラム板厚内で残留していないことが確認できる。また、初層側での溶接割れも発生していなかった。

3.2 硬さ試験結果

図 3.1 に硬さ測定結果を示す。I 面では、O 面に比べてコラム板厚の領域外の裏当金位置の硬さがばらついているが、硬さの最小値は 221 であり引張強さ換算で約 700N/mm² を超える硬さを保有していることが確認できる。

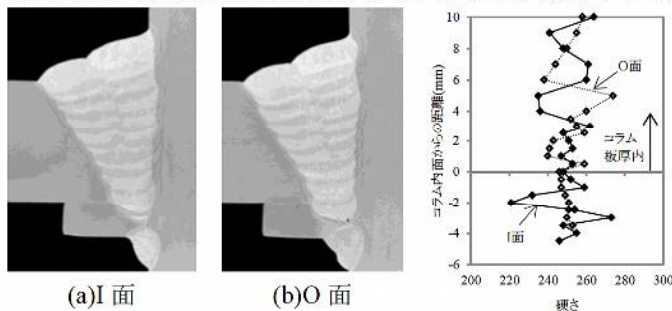


写真 3.1 断面マクロ組織

図 3.1 硬さ試験

3.3 化学成分分析結果

表 3.1 に溶接金属の化学成分分析結果を示す。なお、母材、裏当金、溶接材料の値は、参考としてミルシート記載の値を示している。裏当金位置、1 層目位置の炭素当量 C_{eq} が、3 層目に比べて低い。しかしながら、この傾向は開先内の組立て溶接の有無に関わらず同じであることから、初層側の溶接部は組立て溶接に比べて母材の方の希釈の影響を大きく受けていたと考えられる。

表 3.1 化学成分分析結果

| 採取位置 | C (%) | Si (%) | Mn (%) | P (%) | S (%) | C _{eq} ※ (%) | |
|------------|-------|--------|--------|-------|-------|-----------------------|------|
| I 面 | 3 層目 | 0.09 | 0.53 | 1.37 | 0.012 | 0.009 | 0.43 |
| | 1 層目 | 0.10 | 0.49 | 1.35 | 0.015 | 0.010 | 0.40 |
| | 裏当金 | 0.10 | 0.49 | 1.36 | 0.015 | 0.010 | 0.40 |
| O 面 | 3 層目 | 0.10 | 0.51 | 1.35 | 0.012 | 0.009 | 0.42 |
| | 1 層目 | 0.11 | 0.43 | 1.31 | 0.014 | 0.009 | 0.41 |
| | 裏当金 | 0.11 | 0.43 | 1.31 | 0.014 | 0.009 | 0.40 |
| [参考]ミルシート値 | 母材 | 0.13 | 0.28 | 1.28 | 0.011 | 0.003 | 0.36 |
| | 裏当金 | 0.11 | 0.27 | 1.31 | 0.016 | 0.013 | 0.38 |
| | YGW11 | 0.06 | 0.72 | 1.62 | 0.024 | 0.013 | — |
| | G59J | 0.07 | 0.80 | 1.96 | 0.010 | 0.010 | — |

※C_{eq}=C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

3.4 溶接金属引張試験結果

表 3.2 に溶接金属引張試験結果を示す。いずれの採取位置でも母材平坦部における引張強さの規格値 550N/mm² を大きく上回っていることが確認できる。また、内面上 3mm 位置の引張強さの方が外面下 10mm 位置に比べて高い。これは、溶接最終層近くである外面下 10mm 位置における溶接部はコラム温度が 200℃程度で溶接されるため、コラム温度が室温近傍で溶接を開始する 1 層目に比べて冷却速度が遅くなっていることに起因していると考えられる。

表 3.2 溶接金属引張試験結果

| 採取位置 | 0.2%オフセット耐力(N/mm ²) | 引張強さ(N/mm ²) | 破断伸び(%) | |
|------|---------------------------------|--------------------------|---------|----|
| I 面 | 外面-10mm | 651 | 724 | 28 |
| | 内面+3mm | 672 | 730 | 28 |
| O 面 | 外面-10mm | 652 | 717 | 29 |
| | 内面+3mm | 658 | 721 | 31 |

3.5 十字継手引張試験結果

表 3.3 に十字継手引張試験結果を示す。継手の引張強さは母材の引張強さ規格下限値 550N/mm² を上回っており、破断位置も母材位置であったため、開先内の組立て溶接の影響はなかったと考えられる。

表 3.3 溶接金属引張試験結果

| 採取位置 | 引張強さ(N/mm ²) | 破断位置 |
|------|--------------------------|------|
| I 面 | 580 | 母材 |
| O 面 | 577 | 母材 |

4. まとめ

550N/mm² 級コラムを用いて溶接継手試験を行い開先内の組立て溶接の影響を調査した結果、以下が確認できた。

- ・本試験での溶接方法では、組立て溶接部がコラム板厚内の領域に残留することはなかった。
- ・開先内の組立て溶接が溶接継手の強度特性に与える影響は小さかった。

[参考文献]

- 1) 日本建築学会編著：鉄骨工事技術指針－工場製作編, 2018 年第 6 版

*新日鐵住金(株)

** (株) 角藤

*Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation

**Kakuto Corporation