

# 柱梁接合部に外リング構造を用いた 建築鉄骨の製作報告

## Fabrication of Building Steel Frame Using Outer Ring in Beam-to-Column Connection

中野 秀二\*<sup>1</sup> 荒井 武彦\*<sup>2</sup> 逸見 正雄\*<sup>3</sup> 田中正俊\*<sup>4</sup> 水上 智之\*<sup>5</sup>  
Shuji NAKANO Takehiko ARAI Masao HENMI Masatoshi TANAKA Tomoyuki MIZUKAMI

### Summary

We organized the process of fabrication, assembly and welding of welded steel pipe and outer ring in the fabrication of steel frames with an outer ring structure in the beam connection which used welded steel pipe for main column members. This article is presented to contribute to construction work in future similar projects.

キーワード：溶接鋼管、外リング、検査仕様

### 1. はじめに

柱主材に溶接鋼管を用い、梁接合部が外リング構造の鉄骨製作に伴う事前検討および製作過程について一例を報告する。

### 2. 溶接鋼管・外リング構造

図-1に構造概要、図-2に外リング部の詳細を示す。設計図書に示された、溶接鋼管と外リングは部分溶込溶接仕様であり、ルートフェイス (Rf) は2mm、ベベル角

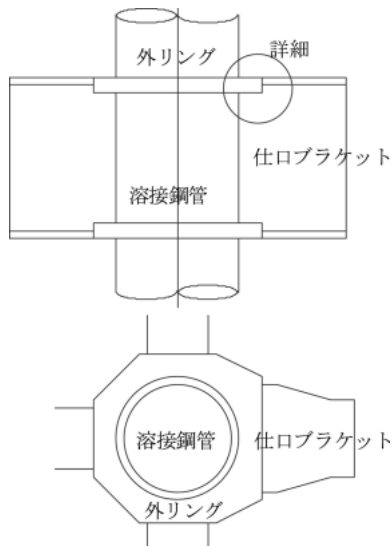


図-1 構造概要

度 ( $\theta$ ) は  $45^\circ$  である。ある。ただし上層階で柱主材厚が25mm未満の場合ルートフェイスは1/3tである。

### 3. 外リングの溶接継手仕様

仕様は部分溶込溶接で、余盛高さは外リングの板厚により

$16 \leq t \leq 40$  のとき  $1/4t \leq a \leq 10$

$40 < t$  のとき  $10 \leq a \leq 15$  である。

また、ルート部の溶込み量を超音波探傷検査する。

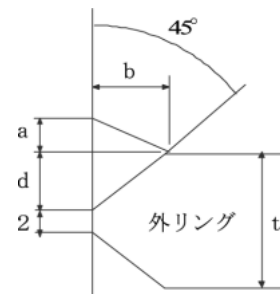


図-2 外リング部詳細

代表的な外リングの板厚を表-1に示す。aおよびbの許容値はいずれも  $0 \leq \Delta h \leq 7$  である。

超音波探傷検査の判定基準は、「エコー検出が確認されなければdが確保されているものとし、余盛高さ (a) との合計値 ( $d + a$ ) で判定する」である。ただし、開

\*<sup>1</sup>(株)宮地鐵工所 松本工場品質保証部長  
\*<sup>2</sup>(株)宮地鐵工所 松本工場製造部生産設計課長  
\*<sup>3</sup>(株)宮地鐵工所 松本工場製造部生産設計課係長

\*<sup>4</sup>(株)宮地鐵工所 松本工場品質保証部品質保証課主任  
\*<sup>5</sup>(株)宮地鐵工所 松本工場製造部製造課主任

表-1 外リングの諸条件

t	d	a	b	超音波探傷検査
25	12	7~10	16	$d + a \geq 19$
36	17	9~10	21	$d + a \geq 26$
40	19	10	23	$d + a \geq 29$
45	22	10~15	26	$d + a \geq 32$
55	27		31	$d + a \geq 37$
60	29		33	$d + a \geq 39$
65	32		36	$d + a \geq 42$

t ; リング板厚 d ; 開先深さ a ; 余盛高さ b ; ビード幅

先角度が45°であることから余盛高さ(a)が開先深さ(d)を越えてもdとして計算するものとする。またビード幅(b)はベベルのライズに対してルート間隔を最大4mmとして付加する。

#### 4. 溶接鋼管および外リング製作

##### (1) 溶接鋼管

本物件の下層階で使用する溶接鋼管は材質SA440およびSTKN490、板厚65~40mmである。なお、製作に先立って実施したSA440材の素材および鋼管の鋼材性能確性試験の結果は全て良好であった。設計図書では外径(D)の許容差は $D \times 0.5\%$ かつ $\leq \pm 4\text{mm}$ であるが、リング挿入を考慮して、鋼管メーカーの目標値は外径 $\pm 2.5\text{mm}$ 以下、シーム溶接のビード余盛り高さは2.0~2.5mm以下とした。その結果、外径は $\pm 2.0\text{mm}$ 以下の良好な範囲に収まった。また一部、シーム溶接のビード余盛り高さが、4mm程度の箇所があり超過した箇所についてはグラインダーで切削した。

##### (2) 外リング製作

外リングの開先加工の方法として以下の二つの方法を試験加工して検討した。

###### ① ガス溶断加工

###### ② 機械切削加工

ガス溶断加工の場合はルートフェイスの精度確保が難しく(写真-1)、ノッチ発生の危険性も高いことから、機械切削加工とし超音波探傷検査を考慮してルートフェイスは0を目標とした(写真-2)。機械切削加工の手順は、目標とする内径より3mm小さいガス溶断孔加工し、機械切削で目標の内径に仕上げた後、開先加工を行った。例えば、柱外径800φの場合はガス溶断径802φとし、機械切削でリング内径805φとした後、開先加工した。ただし、リング形状が大きく偏芯して機械加工できない



写真-1 ガス溶断加工



写真-2 機械切削加工

ものは一部ガス溶断加工を行った。

#### 5. 外リング挿入および組立溶接

外リングの挿入は柱主材が短いものは立てた状態、長いものは専用ジグを使用し横向き状態で挿入した(写真-3, 4)。

超音波探傷検査との整合性をはかるため、外リング毎にルート間隔の最大値および最小値を近傍に記入して管理した(写真-5)。初品20枚のルート間隔の最大値は



写真-3 外リング挿入



写真-4 外リング挿入



写真-7 組立溶接 (ルート間隔 1.5mm)



写真-5 組立管理



写真-8 組立溶接 (ルート間隔 3.5mm)

2.4～3.8mm、平均3.3mm、最小は0.9～2.7mm、平均1.7mmであった。写真-5に示す外リング手前の鋼管シーム溶接ビードは挿入のため切削した状況を示している。外リングフェイス部の切削は厳に行ってはならない。

写真-6はルート間隔を2.5mmに設定して下向き姿勢で2パス溶接した事前のマクロ試験片であるが、ガウジング処理なしで良好な溶込み形状を示している。また、写真-7にルート間隔1.5mm、写真-8に3.5mmの実製品の例を示す、前者は良好な形状であるが、後者の場合は裏面側が凸ビード形状を呈しスパッターも発生しやす

い。この結果からルート間隔がおよそ1.5～2.5mm程度であれば初層のガウジング処理は不要であると判断できる。しかし、実際の製品におけるルート間隔は先に述べた様に0.9～3.8mmと広範囲にわたる。上記に示す良好な範囲より狭いかあるいは広い場合は初層の溶込みが悪くなると推測される。このため、梁フランジの取付く範囲への組立溶接は出来るだけ避けると共に、先溶接の反対側はガウジングによりビードを整形することとした。ガウジングは凸ビード形状の補修程度にとどめ、完全溶込溶接に比べて軽度とした(写真-9)。

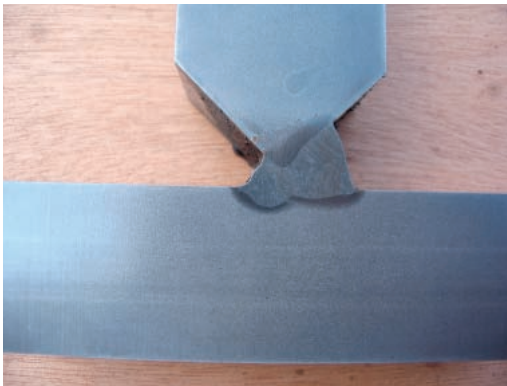


写真-6 組立溶接試験 (ルート間隔 2.5mm)



写真-9 ガウジング状況

ここでルート間隔管理値としては2.5mm以下が望ましいが、溶接鋼管外径・シーム溶接余盛高さと同様に外リング内径のそれぞれの精度誤差相互による外リング挿入の作業性から、ルート間隔管理値4mm以下は目標値として適正であると思われる。

## 6. 外リング溶接

外リングの溶接は柱長さにより組立と同様、製品を立てた状態あるいは、横向きにした場合は回転ローラージグを使用して行った。いずれも板厚1/3程度を表裏交互に溶接し外リング変形の軽減を計った。板厚が厚いものあるいは偏芯した形状の外リングで、歪量が許容値を逸脱した部位については加熱矯正を行った。写真-10に横向き溶接の外観一例を示すが余盛り過多の発生もなく良好な結果である。



写真-10 溶接外観

## 7. 外リング溶接の超音波探傷検査結果

超音波探傷検査の判定基準は、「エコー検出が確認されなければd(図-2参照)が確保されているものとし、余盛り高さ(a)との合計値で判定する」というものである。

初品の外リング板厚25～60mm、20枚について検査した結果、溶込み量でマイナスを示す箇所は20%で最大-2mm、プラスを示す箇所は20%で最大+1mmとなり、残り60%はエコー検出が確認されずdであると判断された。表-1に示す判定基準(d+a)に対して全て+2～+7mm大きく不合格になる箇所は皆無であった。またルート間隔と溶込み量の相関は確認されなかった、これは初層ガウジング処理により溶込み形状が良好なためと推察できる。



写真-11 梁仕口取付状況

以降は得られた条件に従い製作を進めることが出来た。

## 8. まとめ

溶接鋼管に外リングが梁接合部として取合う構造について、外リング溶接までの事前検討および製作経緯を報告した、梁仕口の取付け状況は写真-11で紹介するにとどめる。事前検討、試験加工等を実施して施工した結果、製作は問題なく進めることができた。

以下に今回の製作で得られた要点を整理する。

### 鋼管について

- ①外径は±2.5mm以下を目標とする。
- ②シーム溶接のビード余盛り高さは2.0～2.5mm以下を目標値としリング挿入に支障ある部位は切削する。

### 外リングについて

- ①開先加工は機械切削加工とする。
- ②ルートフェイスは0を目標とする。(ルートフェイス1/3tの場合を除く)
- ③内径は鋼管外径+5mmとする。

### 外リング挿入・組立・溶接について

- ①ルート間隔は最大4mm以下を目標とする。
- ②挿入に支障ある場合は鋼管シーム溶接を切削し、外リングフェイス部を切削しない。
- ③梁フランジの取付く部位への組立溶接を避ける。
- ④先溶接の反対側は軽度のガウジングをする。
- ⑤余盛り高さ管理を確実に進行。
- ⑥板厚の1/3程度を交互溶接して変形を軽減する。

### 超音波探傷検査について

- ①判定基準はルート部の溶込み量と余盛り高さの和による総合判定による。
- ②上記の外リング加工と挿入・組立・溶接事項を厳守することで溶込み不良は懸念されない。

以上である。

今回の経験から本構造での製作上の問題点は以下の様な事項がある。

- ①外リングの開先加工が機械切削の場合、精度確保は容易であるが加工工数が大きい。良好なガス溶断加工の条件把握を検討する。また、溶接条件設定で許容される開先加工精度の幅を見極める。
- ②外リングの溶接方法が横向き溶接の場合、溶接工数が大きい。設備の改善により下向き溶接とし溶接ロボット使用（専用機を含む）等により高能率化を図る。

- ③外リングの組立溶接条件（電流・電圧および狙い位置等）をルート間隔別に設定してガウジング作業の低減を図る。

今後の改善が望まれるところである。

今回の施工例を集約して残すことで事前検討および製作工数の削減が計られ、かつ知識を継承して更なる工夫がなされることで品質向上の一助になれば幸いである。

以上で報告を終わりますが、多大な御指導、御協力を承りました関係各位にはここに厚く御礼申し上げます。

2008.11.26 受付

## グラビア写真説明

### 門真 JCT

本橋は、西日本高速道路株式会社及び国土交通省によって整備されている第二京阪道路の終着部であるジャンクションの工事です。第二京阪道路は一般国道1号線のバイパスとし周辺道路の交通混雑を緩和する役目を果たし、且つ名神高速道路、京滋バイパス、近畿自動車道と一体となり近畿都市圏の更なる発展に大きな役割を担う道路であります。

昨年12月、夜間時に近畿自動車道の全面通行止めを行い、近畿自動車道上空部への架設も完了致しました。現地は、近畿自動車道・大阪中央環状線・茨田大宮交差点・花博通り等の路線の上空部での工事であるため、現場では様々な事を想定しながらの工事を進めております。引き続き桁の架設、床版工と順調に進捗しています。（淵上 哲也）

### 武蔵小金井Ⅱ期

本工事は、中央線三鷹・立川間連続立体交差化事業における武蔵小金井電車区付近のSR5（2径間連続ラーメン高架橋、SC構造）、SR6（4径間連続ラーメン高架橋、S構造）の2つの高架橋の鉄骨製作運搬工事です。

本高架橋の特徴は、前後のコンクリートラーメン高架橋に合わせて背割り構造となっていることと、Ⅰ期施工分（平成19年7月下り線切替済み）はほぼ直線平行の長方形構造でしたが、Ⅱ期施工分はSR6が電車区の入出区線、引上げ線の線形に大きく関連しているため、線路直角方向の柱間スパンがそれぞれ大きく変わっていることにあります。また、最終線形に配線変更が終わらないと（上り線切替後）、本設柱が立てられないため、スパンを広げて仮柱で対応する期間があり、最終的に柱を基礎と本設柱位置に押し込んで構築することになる（Ⅲ期施工分）。塗装はアルミ亜鉛溶射で見た目は鋼構造に見えますが、SR5、SR6とも柱内は鉄筋コンクリート、箱形梁内にはコンクリートが充填されています。（町田 祐治）