

系在物の利用および低炭素当量を実現する合金設計からなる。加えて、溶接金属部 (WM) からの B 拡散を活用することで溶接接合部 (FL) 近傍の組織微細化を図るための溶接材料も新たに開発した。この技術を適用した板厚 100 mm までの SA440 鋼板を製造し、目標の母材性能を満足することを確認した。さらに、大入熱溶接継手が優れた靱性を有することを確認し、大入熱溶接継手靱性に優れた建築用高張力鋼板とその溶接材料のラインナップを拡充した。

#### Abstract:

The “JFE EWEL” technology for improving the toughness of heat affected zone (HAZ) effected by large heat input welding has been applied to make SA440 high strength steel plates for architectural constructions. The developed “JFE EWEL” technology consists of minimizing the coarse grain HAZ region through controlling TiN particles, refining the microstructure of HAZ by using BN and Ca inclusions as nucleation sites of intra-granular ferrites and decreasing carbon equivalent ( $C_{eq}$ ) of

## 1. はじめに

近年、建築分野における鉄骨構造物に対し、阪神淡路大震災などの経験<sup>1)</sup>を踏まえ、耐震性の観点から継手部の高靱性化が強く求められている<sup>2)</sup>。

一方、都市再生や再開発事業の一環として超高層ビルが多数建築および計画されている。これらの超高層ビルは大スパン化とともに商業スペース、オフィスおよびホテルを重層化させた点に特徴がある。このため、建築構造が複雑化し、耐震部材周辺や建築構造が変化する階層では、地震時に柱材へ高い引張力が作用するケースも想定される<sup>3)</sup>。そこで、析りレ

の建築構造用高性能 590 N/mm<sup>2</sup> 鋼材および溶接材料を新たに開発し、引張強さが 490 N/mm<sup>2</sup> から 590 N/mm<sup>2</sup> の大入熱溶接部の靱性に優れた建築構造用鋼板とその溶接材料のラインナップを完了した。

本報では、四面ボックス柱用に適用した大入熱溶接部高靱化技術「JFE EWEL」と、この技術を用いた高性能 590 N/mm<sup>2</sup> 鋼板（SA440-E）の母材性能および開発した SAW および ESW 用溶接材料を用いた大入熱溶接継手の性能について述べる。

## 2. 四面ボックス柱への大入熱溶接の適用と目標性能

### 2.1 大入熱溶接の適用による HAZ 組織変化と技術課題

四面ボックス柱の施工には、角部溶接には SAW が、内ダイヤフラム部溶接の



### 3.5 WM からの B 拡散を利用した HAZ 組織制御

鋼中に高融点の TiN を微細分散させることで CGHAZ は極小化するが、1450 を超えるような FL 近傍のごく狭い領域では、TiN の固溶が避けられず、母材の成分設計のみでは組織制御に限界がある。そこで、WM からの B の拡散に着目し、これを CGHAZ の靱性向上に活用している<sup>15)</sup>。Fig 4 に FL 近傍の CGHAZ における TiN の固溶と B の拡散の模式図を示す<sup>8)</sup>。TiN が固溶する FL 近傍ではフリー N が HAZ 靱性に対して悪影響を及ぼす恐れがある。そのため、WM からの B の拡散を利用して、このフリー N を BN として固定することでフリー N の低減を図りさらに BN を粒内組織制御に活用するものである。

$C_{eq} = 0.34 \text{ mass\%}$ 、板厚 60 mm の HBL325-E 鋼板に、開発した溶接材料を用いて入熱 100 kJ/mm の ESW 溶接を行った際の溶接部のミクロ組織を Photo 3 に示す。開発した溶接材料を用いることで、WM からの B 拡散により従来溶接材料では見られない FL 近傍の狭い領域の CGHAZ 組織も微細化していることが分かる。

## 4. 溶接金属の高靱化技術

大入熱 SAW および ESW では、WM においても組織の

粗大化が起こり、靱性低下が問題となる。WM の高靱化は Fig 5 に示すように旧  $\gamma$  粒界に生成する粒界フェライトを完全に抑制し、粒内を微細なアシキュラーフェライトとすることで達成できる。

このような WM の組織制御には、溶接材料へ焼入れ性強化元素および粒界フェライト抑制と粒内アシキュラーフェライト変態促進元素を適正添加し、WM の化学組成を制御することで可能となる。SAW および ESW では、溶接時の母材希釈が 20-50% 程度あることから、WM の組織制御を行う上で鋼板の化学組成の影響を考慮する必要がある。

そこで、溶接材料は、溶接法とその入熱量に応じた母材の希釈量を想定し、緻密な成分設計を行うことで、WM 組織の適正化を図り、WM の高靱化を実現させた。

このようにして、「JFE EWEL」技術を適用した鋼板にマッチングした SAW および ESW 用溶接材料を開発した。

## 5. 大入熱溶接継手の靱性に優れた高張力鋼板〔SA440C-E〕の開発

「JFE EWEL」技術を適用した鋼板を製造し、その母材性能や溶接性、さらに、開発した溶接材料を用いた SAW および ESW 溶接継手の性能について検討した。HBL325-E、355-E および  $\frac{335}{Tf} / \frac{355}{Tf} / T1_1$



レートに、板厚 50 mm に減厚した開発鋼をダイアフラムおよび梁材に用いた。スキンプレートと内ダイアフラムを ESW，スキンプレートと梁の溶接には入熱 1.3-2.2 kJ/mm<sup>2</sup> の CO<sub>2</sub> 多層盛り溶接を行った。SAW および ESW は Table 4 と同じ条件で溶接を行った。

継手引張試験結果を Table 6 に示す。SAW 突合せ継手および十字継手の破断は HAZ およびダイアフラム側の HAZ で生じたが、それぞれの継手引張強さは 611 N/mm<sup>2</sup> および 658 N/mm<sup>2</sup> と目標の 590 N/mm<sup>2</sup>

以上を示した。

### 5.3.3 継手引張特性

大入熱溶接による継手強度を調べる目的で、SAW 突合せ継手と、内ダイアフラムとスキンプレートおよび梁部については、十字形溶接継手を作製し、継手引張試験を行った。十字形溶接継手は、板厚 60 mm の開発鋼をスキンプ

