

## 【技術ノート】

## 鉄骨構造の接合部について

## Connection Details of Structural Steel for Buildings

合 津 尚 \*  
*Takashi GOTSU*  
 梅 泽 宣 雄 \*\*  
*Nobuo UMEZAWA*  
 宮 本 佳 典 \*\*\*  
*Yoshinori MIYAMOTO*

## 1. まえがき

一般に、鉄骨構造物は、柱・大梁・小梁を基本部材とする構造物であり、個々の部材を工場製作し、次に、現場にて接合して初めて一つの機能をもった構造物となる。

鉄骨における部材は、圧延H形鋼や単純な形状のビルトアップ部材となることが多い。この意味から、鉄骨構造物の接合部が製作・架設全体の経済性・安全性に与える影響は大きいと考えられる。この観点から、以下において内外の文献や、実際の業務の経験を踏まえて、設計・製作・架設(建方)等の各工程における種々の問題点を再度総合的に把握・検討し、現時点における経済性・安全性を考えた接合部の標準化を試みるものである。

標準化の主要な目的として、設計・製作・架設の各工程における作業を円滑にし、多岐にわたっているディテールを社内的に統一することによって、作業の効率を高めることをめざすものである。

ここでは、鉄骨、特に業務の対象とする件数の割合が多いと思われる、一般的な中高層のビル鉄骨を対象に、内外の示方書や実例等を参考にして、代表的な部材の接合部について、検討作業を行ったので、その内容を紹介し、今後の標準化作業の一助として供したい。

## 2. 標準ディテール作成方針

## 2-1 標準化の対象

超高層等の特殊なビルは除き、一般的な中高層建築で、下記の範囲のものを対象とする。

- 1) 通常の矩形建築の接合部とする。
- 2) 圧延H形鋼は素材がそのまま部材となりうるものであるから、この特性を生かして圧延H形鋼を主体とし、一部、使用頻度の高いビルトアップボックス柱も対象とする。
- 3) 接合方法は高力ボルトおよび溶接とする。
- 4) 使用鋼材は41キロと50キロ級の2種類を考慮し、高力ボルトはF10Tとする。

## 2-2 対象とした接合部

- 1) 小梁継手
- 2) 柱継手
- 3) 柱・大梁仕口およびパネルゾーン

## 3. 小梁継手

## 3-1 継手形状の選択

ここでは、最も使用頻度の高い、大梁に小梁がピン接合される場合を取り上げる。一般によく用いられる継手形状として、図-1～図-3に示すように、3タイプある。

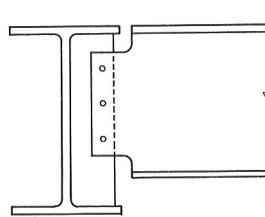


図-1 切欠き形式

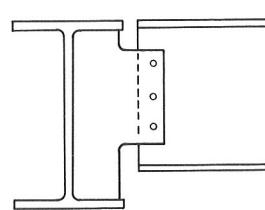


図-2 プラケット形式

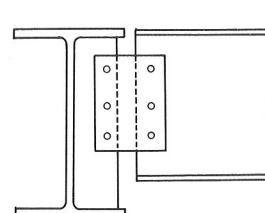


図-3 スプライス形式

図-1に示すタイプは、アメリカ等の海外建築によく見られるもので、輸送によるダメージ、輸送容積の低減等を配慮した形状であるが、小梁を振り込んで架設しなければならない点にやや問題がある。図-2に示すタイプは、小梁の加工度を抑えた形状であるが、コネクション・プレートが大梁フランジより突き出すため、輸送中にダメージを受けやすく、輸送容積も図-1の形状に比べて増加する。さらにコネクション・プレートにせん断力による付加モーメントが作用し、板厚も増大する可能性がある。図-3に示すタイプは、図-1および2に比べて輸送中のダメージ、輸送容積が最も小さくなる形状であるが、スプライス・プレートのような小片部材を必要とすることや、ボルト本数が2倍に増加することから、架設がやや煩雑になる傾向がある。とくに、小梁本数の多い鉄骨においては、架設工数・工期が増加する点で、やや問題がある。

以上の観点から、各継手形状には、それぞれに長所・短所があるが、架設があまり煩雑にならないこと、輸送容積も小さく、ダメージを受ける割合も少ない図-1に示す形状が、総合的に有利であると判断し、標準小梁継手として採用する。

### 3-2 標準ディテール

今回、標準ディテールの作成にあたっては、図-4に示すように、小梁間隔が2~3m、スパンが6~10m程度を想定する。この場合には、小梁の種類としては、梁成が600mm以下で300mm以上の細幅系列H形鋼を、小梁が取り付く大梁については、小梁の梁成以上で、かつ取り合いの都合上、フランジ幅は250mm以上の中幅系列表H形鋼を使用する。

接合部ディテールを図-5および6に示す。コネクション・プレートに全周すみ肉溶接を施すために、大梁フランジ端より15mm内側に入れ、隅角部には半径R=35mmのスカラップを設ける。また、大梁と小梁の梁上面を、そろえることから、小梁の切り欠き深さdは上・下フランジともに65mmに統一する。なお、最外縁の大梁などのように、小梁が片側にしか取り付かない場合は、一般的に、その反対側には、スティフナーを入れないものとする。

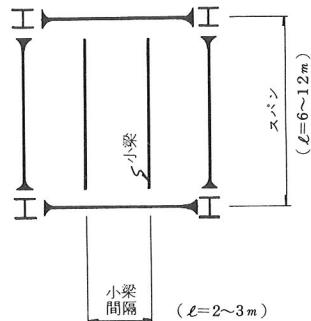


図-4 小梁配置

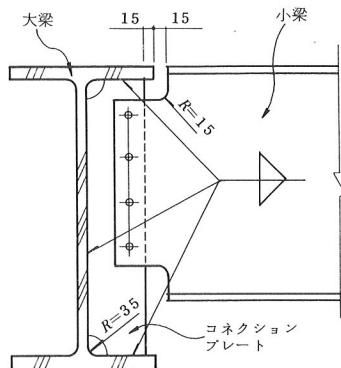


図-5 切欠き形式

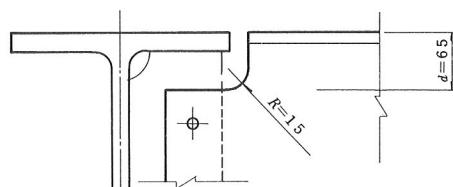


図-6 フランジ切欠き

### 4. 柱継手

#### 4-1 継手形状の選択

現場における施工性から、柱継手は主として、図-7~図-9に示す3種類の形状が用いられている。

図-7は高力ボルト摩擦接合によるもので、5~6階程度の小規模な建築物や溶接工を確保しにくい場所での建築物に用いられている。図-8は全溶接接合によるもので、柱建方時に、位置を保持するためのエレクション・ピースを必要とする。最後の図-9は、高力ボルトと溶接を用いた混用継手のものである。継手形状の選択にあ

たって、図-7については、鉄骨重量の増大を招くことから対象外とし、図-8と図-9の柱ウェブの継手方法について、高力ボルトおよび溶接の両案について比較する。

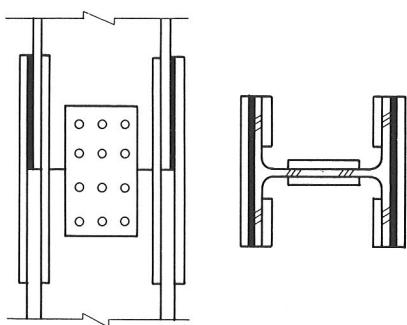


図-7 高力ボルト接合

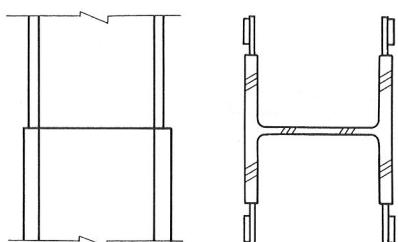


図-8 全溶接接合

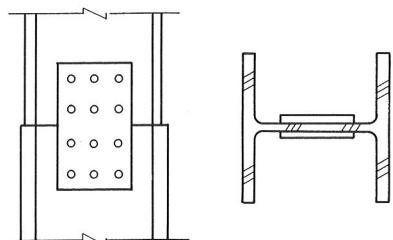


図-9 高力ボルト・溶接接合混用

### (混用継手案)

#### 長 所

- 1) 柱の端面開先加工が不用で、加工度が低下する。
- 2) ウェブ添接材を建方時の保持材として兼用でき、架設工程に支障が少ない。
- 3) 突出物がなく、輸送中にダメージを受けにくい。

- 4) 特殊技能者である溶接工の人員を削減でき、職種間のバランスが計れる。

#### 短 所

- 1) ボルト孔や添接板等の加工を必要とし、かつ、重量増加を招く。
- 2) 添接材、フィラー等の小片部材が多くなり、部材の管理・架設が煩雑になる。
- 3) フランジと接合方法が異なるため、現場管理工程が増加する。

### (全溶接案)

#### 長 所

- 1) ボルト孔の加工が不要であり、重量が軽くなる。
- 2) ウェブの板厚差による支障がない。
- 3) フランジ部と作業工程が一致するため、管理工程が増加しない。
- 4) 現場で寸法の誤差を吸収しやすい。

#### 短 所

- 1) 上柱ウェブに開先加工を必要とする。
- 2) ウェブ溶接線の終始端に溶接欠陥がでやすい。
- 3) 保持材が輸送中にダメージを受けやすい。
- 4) 特殊技能者である溶接工を多数必要とし、溶接工の稼働率が建方工程に影響する。
- 5) 建方時に保持材を必要とし、また、それを溶接終了後、切断・撤去しなければならないことがある。

以上のような長所・短所をあわせて考えると、余分な保持材を必要としないこと、作業員の職種バランスが計れること、さらに、柱ウェブに溶接開先加工を必要としないことから、図-9に示す高力ボルトと溶接接合による混用継手が望ましいと判断される。しかしながら、柱ウェブの板厚差の処理については、建築工事共通仕様書によれば、1mmを越えるすき間は、フィラー材を用いて補うよう規定されていることからも、フィラー材の入手可能な板厚を考え、柱断面を決めなければならない。<sup>1)</sup>このことからも、フィラー材を省略し、架設を容易にするためにも、肌すきを3mm程度そのまま認めた場合の継手耐力の算出方法および施工方法を示した新しい規準が設けられることが望まれる。

#### 4-2 標準ディテール

鋼構造設計基準<sup>2)</sup>によれば、継手の位置によっては、計算応力が許容応力の $\frac{1}{2}$ 以下となる場合があり、柱の連続性から見て、接合部が弱くなりすぎる。そのため、部材の許容耐力の $\frac{1}{2}$ 以上は確保しなければならない。このようなことは、柱貫通方式の場合は、柱断面変化位置と継手位置が一致することから、比較的生じにくいが、梁貫通方式の場合は、柱断面を決める応力と柱継手を計算する応力が異なるため、時折生ずることがある。また、柱継手の接触面を削り仕上げなどにより密着させること（メタルタッチ）によって、継手における応力のうち、せん断力は全せん断力を伝達しなければならないが、圧縮力および曲げモーメントはそれぞれの $\frac{1}{4}$ が接触面から直接支圧伝達されるものとして扱い、継手の計算応力を低減することができるとされている。

しかしながら、柱・梁等の部材断面を算定するときの荷重組み合わせとは異なり、死荷重と地震または風の横荷重との組み合わせにおいて、柱継手部に引張応力が発生していないことを確認しなければならない。このため、支圧伝達を考慮するにあたっては、十分注意する必要がある。

柱継手の接触面は、工場における切断面の真直度および直角度、建方時における架設誤差、現場溶接による部材の縮み等により、どうしても完全な密着を期待することはむずかしい。の規定に関する参考文献<sup>3)</sup>およびその抄訳<sup>4)</sup>によれば、下記のような処理をすることによって、継手を有しない柱と同等な伝達強度を有することが確認されている。

- 1) ギャップが $1.5\text{ mm}$ 以下の場合は、シムプレートは不要ない。そのままギャップを認めている。
- 2) ギャップが $6.4\text{ mm}$ 以下の場合は、テーパーのない軟鋼のシムプレートをつける。
- 3) 出来上がった柱材は規定の許容寸法公差内におさめる。

なお、実験に用いられた部分溶け込みのサイズは、に規定されている最小サイズである。

今回の標準化にあたっては、下記の理由により、柱・フランジの部分溶け込み溶接の必要有效のど厚として、柱フランジ厚の $\frac{1}{2}$ を採用している。また、柱ウェブについては、ウェブ板厚の $\frac{1}{2}$ に対応する許容圧縮応力度およびせん断応力度に対応するよう、ボルト本数・添接板を決める。標準ディテールを図-10に示す。

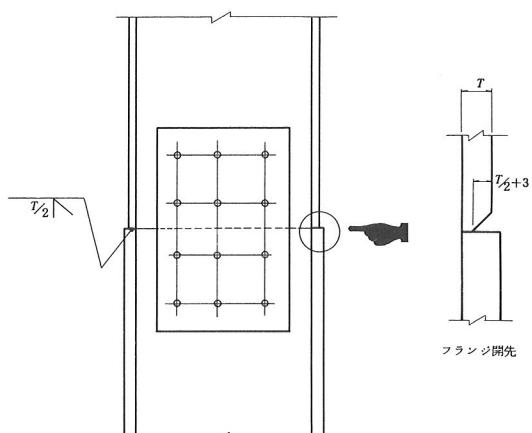


図-10 柱継手

- 1) 柱と梁の継手において、圧延H形鋼の特色を生かすため、梁より柱を優先させる、いわゆる柱貫通方式を採用することから、柱断面の変化は継手位置に一致させる。
- 2) 柱材の細長比は、 $20 \sim 40$ 程度が一般的である。このため、柱の許容耐力は全強の約 $90\%$ になり、ほぼ全強に等しい。また、作用応力も許容耐力の $80 \sim 90\%$ に達するように柱断面を決めている。
- 3) の規定<sup>5)</sup>にあるように、圧縮力および曲げモーメントによる圧縮応力度の $\frac{1}{2}$ は直接支圧伝達される。
- 4) ルート先端部の溶接ワレと部分溶け込み溶接における不溶着スリット部の区別がむずかしいことから、先端より $2 \sim 3\text{ mm}$ は溶接溶け込みが保証できないといわれている<sup>6)</sup>。このことから、部分溶け込み溶接の開先深さは、 $T_{\frac{1}{2}} + 3\text{ mm}$ とする。ここでTはフランジ厚である。

#### 5. 柱・大梁仕口およびパネルゾーン

##### 5-1 仕口形状の選択

柱と大梁の仕口形状は、従来からわが国においては、図-11に示すプラケット形式、すなわち、柱に大梁と同じ梁を工場にて溶接しておき、現場にてボルト接合を行う方法が広く用いられている。しかしながら、最近では、図-12に示すようなエンド形式、すなわち、梁端を現場にて溶接する接合方式がよく用いられるようになった。

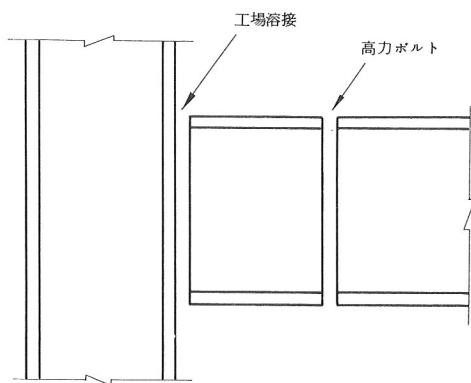


図-11 ブラケット形式

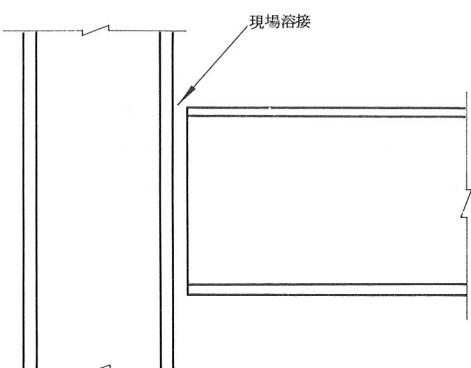


図-12 エンド形式

これらの両案について、比較すると次のようになる。

### ( ブラケット形式 )

#### 長 所

- 1) 現場接合は全てボルト継手のため、溶接工のような特殊技能者を必要としない。
- 2) 架設が容易で、早く、現場の工期短縮に寄与する。

#### 短 所

- 1) 添接板・ボルト等の接合材を必要とする。
- 2) 柱からブラケットが突出しているため、輸送容積が増加する。
- 3) 建方精度は加工精度に左右されやすく、部材加工精度を厳しく管理する必要がある。
- 4) 床にデッキプレートを使用する場合、ボルト部分とデッキプレートがなじまないために、継手部にデッキ受け材を必要とする。

### ( エンド形式 )

#### 長 所

- 1) 添接板やボルト数量が減少する。
- 2) 突出物がなく、部材の保管・輸送が容易であり、輸送費が減少する。
- 3) 梁端の開先・スカラップ加工用の設備があれば、製作コストを低減でき、かつ、加工精度も向上する。
- 4) 床にデッキプレートを使用する場合、梁上面に突出物がなく、デッキの敷詰作業が容易である。
- 5) 工場加工一建方からの施工誤差を容接開先部のルートギャップで、ある程度調整できる。

#### 短 所

- 1) 工場加工精度はあまり厳しく要求されない反面、現場溶接による溶接縮みが、建入精度に影響をおよぼす。
  - 2) 部材の溶接縮みがあるため、これを考慮した建方・溶接順序をとらなければならない。
  - 3) 現場工程を確保するために、溶接工を多数必要とする。
- 以上のように、両案の仕口形状には長所・短所があるが、継手材の数量減少、保管・輸送等が容易、工場加工が容易である等の経済性で優れていることから、エンド形式を標準仕口として採用する。

### 5-2 標準ディテール

柱と大梁との組み合わせは図-13～図-15に示すような3ケースが考えられる。柱材に圧延H形鋼を採用するにあたっては、柱パネルゾーンの形状を構造的に明瞭なものとし、加工度の低いものとする必要があり、次のようなパネルゾーンの形状が望ましいと思われる。

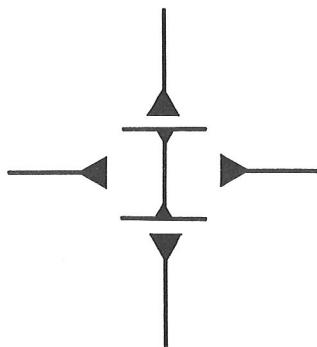


図-13 中柱

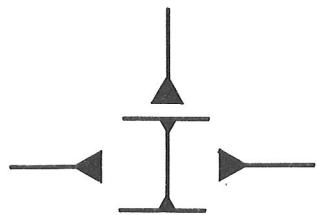


図-14 外周柱

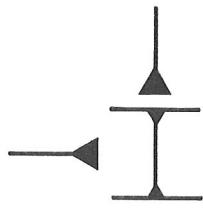


図-15 隅柱

- 1) 柱ウェブに補強材(ダブループレート)を設けない。
- 2) 水平スティフナーは柱ウェブに取り付く梁のフランジ厚と同一にする。
- 3) 柱に取り付く大梁の梁成はできるだけ一致させる。

以下、これらについて順次述べる。まず、上記 1)について、AISC サイズの圧延 H 形鋼(フランジ厚／ウェブ厚 = 1.6)を使用した場合、柱ウェブにダブループレートを溶接した構造がよく見受けられる。図-13～図-15 に示したように、柱ウェブにも大梁が取り付くため、ダブループレートに板厚方向の力が加わる。このためダブループレートを柱ウェブにプラグ溶接等によって、取り付ける必要も生じる場合があり、柱材の選定にあたっては、パネル部を補強する必要のない柱ウェブの厚い圧延 H 形鋼や、大梁には梁成の高いものを採用することが望ましい。さらに、水平スティフナー板厚と柱ウェブに取り付く梁フランジ厚を一致させることができるよう、柱フランジ側に取り付く梁の曲げモーメントは、できるだけ柱ウェブにて伝達できるような柱サイズを選ぶのが望ましい。

次に、水平スティフナーの取り付け部は、剛接合の仕口に当たり、応力変化が激しく、部材応力が最大になるところでもあるため、水平スティフナーと梁フランジに板厚差が生じた場合、溶接ビード止端部に応力集中が発

生する。このため、テープを設けて応力の流れをなめらかにする必要がある。さらに、水平スティフナーと柱フランジおよび梁フランジを完全溶け込み溶接することから、この部分に溶接線が集中する。このため、繰り返し荷重を受けた場合に、溶線部付近よりワレが生じることもあるため、海外の実例等を参考にして、水平スティフナーを柱フランジ端から 40 mm 程度外側に突出している。なお AISC<sup>5)</sup>によると、水平スティフナーの板厚は、柱フランジに取り付く梁フランジ厚のすくなくとも  $1/2$  以上の板厚とするよう規定されている。この点からも、柱フランジ側の梁フランジ厚と柱ウェブ側の梁フランジ厚の関係にも注意する必要がある。

最後に、柱に取り付く大梁の梁成については、東京工業大学藤本研究室を中心とした、水平スティフナーに関する実験において、次のような結果が得られている<sup>8)</sup>。まず、柱ウェブに取り付く梁成が柱フランジに取り付く梁成よりも 100 mm 未満の大きさならば、柱フランジに取り付く梁に対する水平スティフナーは柱ウェブのものがいれば、十分梁の許容耐力を伝達できるとされている。また、100 mm 以上の差がある場合は、図-16 に示すように柱フランジに取り付く梁に対応する水平スティフナーを追加する必要がある。

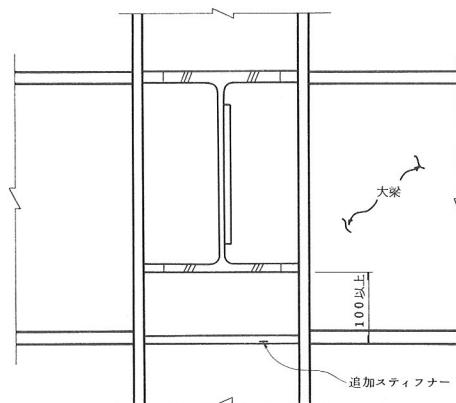


図-16 段違い梁付きパネルゾーン

以上のことから、柱・大梁仕口およびパネルゾーンの標準ディテールとして、図-17 に示す形状を採用する。部材断面の選定にあたっては、次の点に留意することが望まれる。すなわち、大梁については小梁との取り合いの都合上、一般的には中幅系列の 350×250 シリ

ズ以上のサイズを使用する。また、柱サイズについては、広幅系列400×400シリーズや、JISサイズではないが、極厚圧延H形鋼を採用する。

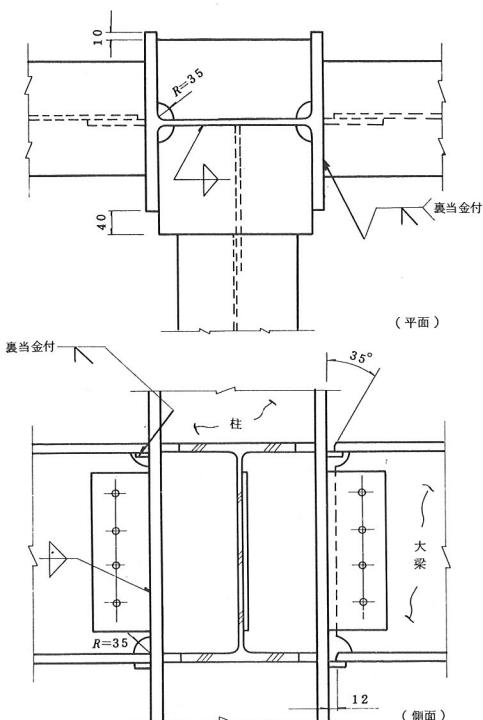


図-17 柱・梁接合部

## 6. まとめ

中高層建築の鉄骨構造の標準接合部(案)の作成にあたって、設計・製作・輸送・架設(建方)等の各工程が有する問題点を検討して、各接合部について下記に示す標準化を提案する。

- 1) 小梁継手は図-5に示すように、小梁のフランジを切り欠き、ウェブを高力ボルト接合する切り欠き形式を採用する。
- 2) 柱継手は図-10に示すように、フランジを溶接接合、ウェブを高力ボルト接合とする混用継手形式を採用する。
- 3) 柱・大梁仕口およびパネルゾーンは図-17に示すように、梁端にて梁フランジを現場溶接、ウェブを高力ボルトによる接合とする混用継手を採用する。これらの接合部標準化(案)に対して、設計・製作・輸送・架設(建方)の各方面から、さらに検討すべき事

項が多々あると思われる。特に現場溶接における施工順序、梁端を現場溶接することによる部材の縮み等が、建方精度におよぼす影響について、十分検討しなければならないと思われる。各方面から、本案に対する御意見や御指摘をお願いしたい。

最後に、本案をまとめるにあたって、御協力頂いた設計部・各工場や工事部の皆様に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 営繕協会：建築工事共通仕様書 昭和56年版、豊文堂、昭和57年7月
- 2) 日本建築学会：鋼構造設計規準、日本建築学会、昭和55年
- 3) E.P.POPOV and R.M.STEPHEN: Capacity of Columns with Splice Imperfections, Engineering Jornal/AISC, First Quarter/1977
- 4) 福知保長：継手に不完全性を有する柱の強度、JSSC, Vol. 13, № 142, 77年10月
- 5) AISC: Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings, Nov. 1978
- 6) 笹戸、河井、吉川、水元：長大トラス橋におけるかど継手の設計・施工(上)，橋梁と基礎、1975年4月
- 7) GEORGE C. DRISCOLL AND LYNN S. BEEDELE : Suggestions for Avoiding Beam-to-Column Web Connection Failure, Engineering Journal/AISC, First Quarter/1982
- 8) 鋼材俱楽部：HSC H形鋼構造標準接合部(I)付-1 実験報告1 水平スティッパー、昭和49年10月