

© 1985 ISIJ

構造用鋼材と鉄骨構造



藤本盛久*

Structural Steel and Steel Construction

Morihisa FUJIMOTO

1. はじめに

a) 鉄の構造・前史†

1779年, 中部 England, Coalbrookdale 近くの Severn 河上に史上最初の大鉄橋が建設された. 写真 1 に示したこの橋は, 半円形のアーチ橋で, スパン 100 ft 6 in, ライズ 45 ft であり, 当時, コークス高炉を擁し, 世界最大のコールブルックデール製鉄所で製造された鑄鉄が使用されている. 鑄鉄を鑄てつくられた 5 本のアーチ肋材の断面は 12 in × 6¹/₂ in, 鉄材量は 378 t である. 橋は 206 年を経た今日もなお使用に耐えているが, 現在は人道橋としてのみ使用されている.

この橋が完成した頃, 1784年, Henry CORT(1740~1800年) が England の Portsmouth で反射炉を改良して銑鉄を鍛鉄に精錬するパドル (paddle) 法を発明する. CORT は, この精錬法に合わせて, 従来のハンマーだけによる鍛造だけでなく, 1765年に James WATT(1736~1819年) によつて改良された蒸気機関に

† 文献 1), 2), 3), 4) より

よる圧延と結合し板や棒を強力なロールの間を何回も通して製造するパドル・圧延法を確立する. 錬鉄 (Wrought Iron) の誕生である.

1850年代, 1860年代までは, 鑄鉄による建築や橋梁が引きつぎ多かつたが, この頃になると錬鉄による建造物も著しく増加してくる. 錬鉄の時代である. 1851年に完成した Sir Joseph PAXTON) 1801~1865年) によ

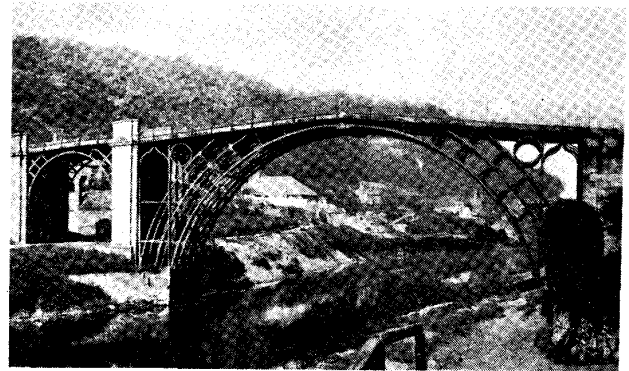


写真 1 Coalbrookdale の鑄鉄アーチ橋²⁾

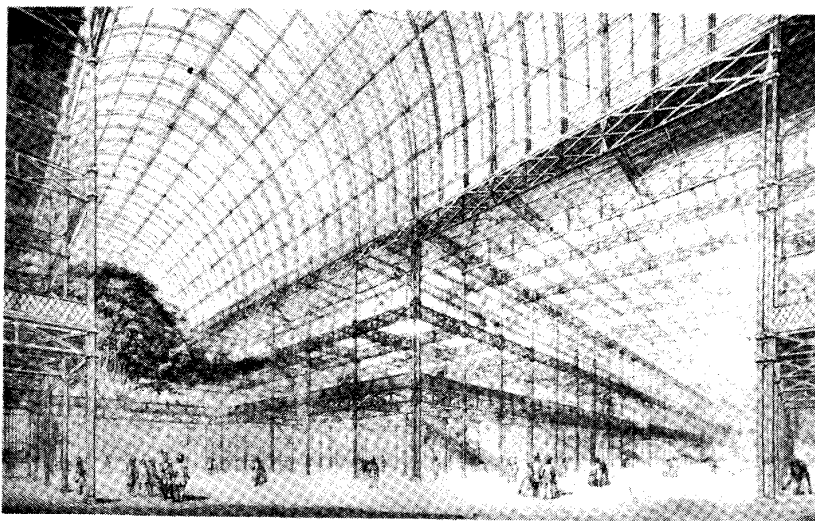


写真 2 Cristal Palace⁵⁾, London, 1851年焼失

昭和 59 年 10 月本会講演大会における浅田賞受賞記念特別講演 昭和 59 年 12 月 4 日受付 (Received Dec. 4, 1984)

* 東京工業大学名誉教授・神奈川大学工学部教授 工博 (Professor Emeritus of Tokyo Institute of Technology, Faculty of Engineering, Kanagawa University, 3-27-1 Rokkakubashi Kanagawa-ku Yokohama 221)

る壮麗な鉄とガラスの建築 Cristal Palace (London) は構造に鑄鉄と錬鉄が巧みに使われている (写真 2)。

1889 年, Paris 万国博覧会に建てられた Alexandre Gustave Eiffel (1832~1923 年) による高さ 985 ft の Eiffel 塔は 7300 t の錬鉄で組み立てられている。

この錬鉄の時代は短い。19 世紀後半に精錬法の画期的な発明が相次ぐ。Henry BESSEMER (1813~1898 年) の転炉法 (1856 年), Pierre MARTIN (1824~1915 年) による Siemens-Martin 法, すなわち平炉法 (1864 年), また Sidney Gilchrist THOMAS (1850~1885 年) の塩基性転炉など革命的な製鋼法の発明である。

19 世紀後半には, パッドル法でつくられた錬鉄に鋼 (Steel) がとつて代わり, これを処理する十分な能力の圧延機の出現によつて, 長い間望まれていた大形の I ビームの生産も可能になる。イギリスの Dorman Long 社は 1885 年に I ビームの生産を開始し, 1887 年に構造用形材のカタログを発行している。19 世紀末から 20 世紀初頭にかけて鋼は市場を席卷し錬鉄は退場する。鋼の時代の現出である。

b) 100 年の歴史の中で

このようにしてみると, 鉄による建造物の歴史は, 鑄鉄の時代からみても約 200 年, 錬鉄や鋼からみても 130 年程度にすぎない。わが国で見ても, 鉄による建造物の導入は明治維新以降であるから高々 100 年程度であるが, 都心にそびえる超高層ビル群, 本四長大橋などはまさにこの 100 年間程に展開された鋼による建造技術の華々しい成果の結晶である。

鋼による建造技術は, 更に, 多くの可能性を秘めて発展してゆくことは間違いないことであろう。しかしながら, 100 年の歴史を振り返つて見るとこの現在の技術は一朝一夕にしてつくられたものではなく, 幾多の災害や事故の経験の中から紆余曲折をへて到達したものであることがわかるのであるが¹⁾, このことは, この建造技術が, 将来にわたつて, 顕在しあるいは潜在している多くの問題を内包しながら, それらを解決しようとする努力の中で進展してゆくことを示しているものと思われる。

本稿では, 問題を建築鉄骨における鉄骨構造関係にしばり, 鉄骨構造と構造用鋼材に関連した問題について紹介する。

2. 鉄骨構造とは

「鉄骨構造 (Steel Construction または Steel Structure, Stahlbau)」という用語は, 鋼橋に対して鉄骨建築に用いられている骨組構造の名称であり, 定義のしかたにもよるが, よく使われる「鋼構造」は鉄骨構造, 鋼橋, 容器構造などを含めた鋼を使用した構造の総称である。

鉄骨構造は, いうまでもなく, 鋼板, 山形鋼, H 形

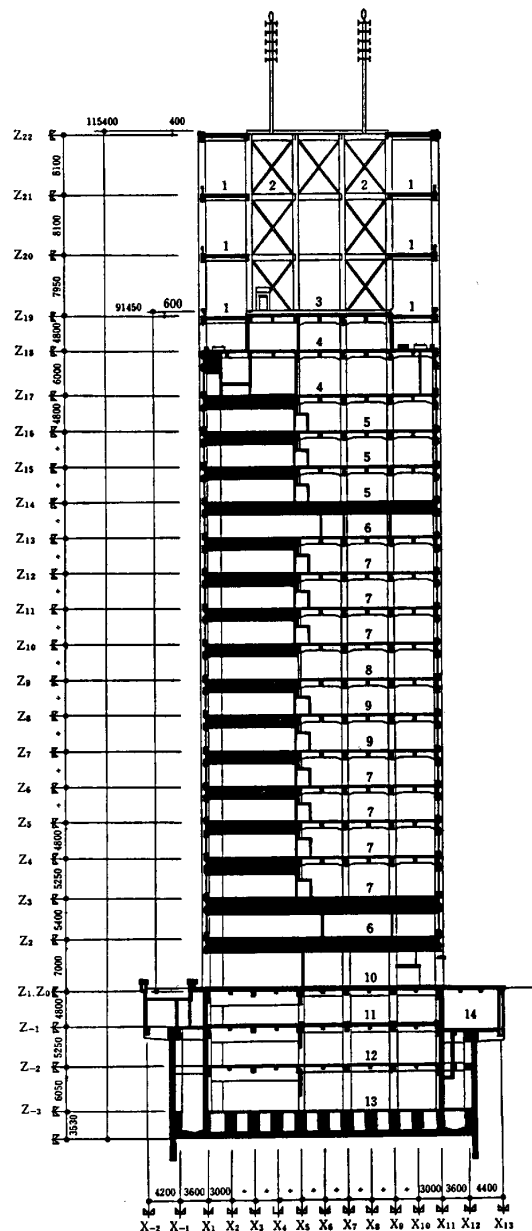
鋼, 鋼管などの構造用の鋼材を高力ボルトや溶接によつて骨組みに組み上げたものである。

a) 鉄骨骨組の形

大別して,

ラーメン構造: ラーメンはドイツ語の Rahmen, 英語では Rigid Jointed Framework で剛節骨組の意味。

トラス構造: トラスは英語の Truss, ピン節点骨組の意味がある。



1 アンテナデッキ 2 クーリングタワー 3 設備機械室
4 設備機械室 5 無線機械室 6 事務室 7 データ通信
機械室 8 設備機械室・食堂 9 電力室 10 エントラン
スホール 11 駐車場 12 電力室 13 特高受電室
14 コンベアー式駐車場

図 1 中野電々ビル(ラーメン構造)⁶⁾
地下 3 階, 地上 18 階, 塔屋 1 階, アンテナデッキ 3 層
軒高 91.45m, 最高高さ 115.40m

¹⁾ 例えば文献 30), 31), 32) など参照されたい。

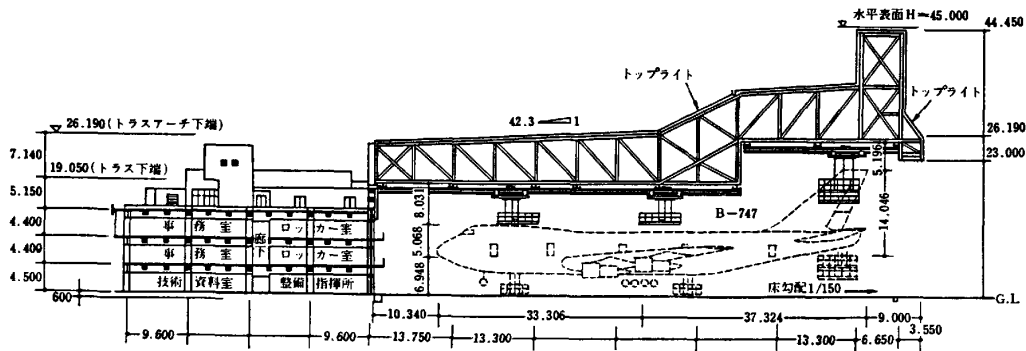


図 2 日本航空成田第1ハンガー(トラス構造)⁷⁾
間口×奥行 190m×90m 高さ 44.450m

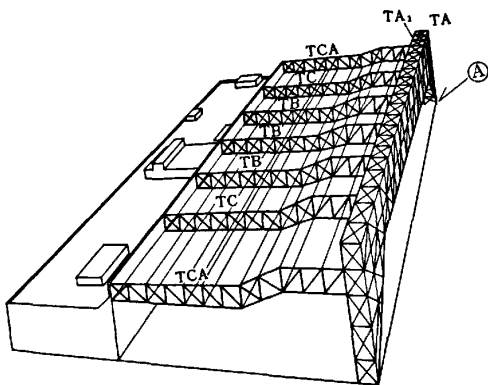


図 3 日本航空成田第1ハンガーの構造システム⁷⁾

図1にラーメン構造, 図2にトラス構造の例を示した。鉄骨建築の空間は, これらのラーメンやトラスをならべそれらを相互につなぎあわせて構成されている。図3は図2に示したトラス構造の全体構造システムである。また最近の大空間構造として, 吊屋根構造とか, 鉄骨部材を3次元的につないで自由な平面や曲面の大屋根を構成する立体トラス構造などもある。

b) 重要な接合部

ラーメンやトラスは, 山形鋼, H形鋼などの鋼材を高力ボルトや溶接によつて相互につなぎあわせて組み立てるものであるから, つなぎめすなわち接合部の構造は重要である。

図4に接合部設計の一例を示した。建物が, 自重や積載重量, 地震力, 風圧力, 積雪などの外力を受けた時, この部分には複雑な応力や歪みが生ずるが, それに対処して慎重に設計されている。

3. 建築物と構造上の安全

一般に建築物が生活の空間として満たすべき要件は, 意匠・平面・立面・構造・環境設備などに関連して多岐にわたっている。また, このような造形上, 居住性上, 技術上の問題だけでなく, 経済性を満足することも重要な条件である。

これらのうち構造上の要件は他と比べてかなり技術的

な面が強い。建築構造は前項でもふれたように, 常時の自分自身の重さや積載物の重量に対して安全であるばかりでなく, いつ作用するかはつきりしていない, 地震, 強風, 豪雪などの作用に対してまた十分安全でなければならないのである。

建築物と同じような構造物である橋梁, 船舶, 圧力容器, 発電用水圧鉄管, 水門, 航空機などでは完成して使用状態に入ると同時に, 設計上考慮した「主外力」の洗礼を受けることになるが, 構造に欠陥があれば即, 重大な事故につながるということもあつて(図5), 設計, 施工に際しては, 慎重な配慮がなされるとともに, 「適正な価格」も維持されている。

これに対して建築物の場合は, 建物が完成してから常時の使用状態では, 自重や積載荷重に対して安全に空間が確保されていればよいのである。建築物として構造的な真価が問われているのは, 50年に1度, 100年に1度とかのしかもいつくるかわからない, あるいは構造の寿命の間にはこないかも知れない地震, 強風, 豪雪などの洗礼を受けた時なのである。

鉄骨建築, 特に中小規模の鉄骨建築の安全性について最近なんとなく不信心のあることが取り沙汰されることが多いが, 建築物の場合, 構造上の最終的な安全を決定する「主外力」が他の構造とは本質的に異なるところに, 設計, 施工に際しての「甘さ」, 「油断」があるようである。

4. 設計, 施工の技術レベル

わが国の鉄骨構造が設計され施工される技術レベルは, 国際的にも一流である超高層ビルのレベルを頂点に, 中小規模の建築物のレベルまで富士山型に裾野がひろがっている。問題は, 鉄骨構造の着工面積や棟数から言つて大部分の80%以上が, この裾野のレベルで設計され施工されているという実態にあるのである。

特に, 鉄骨加工業者は, 全国で2万社とか3万社以上であると言われているが, 最近, (社)鋼材倶楽部が(社)全国鉄構工業連合会と鉄工建設業協会の協力によつて, 調査した結果, 次のような実態が報告されている。

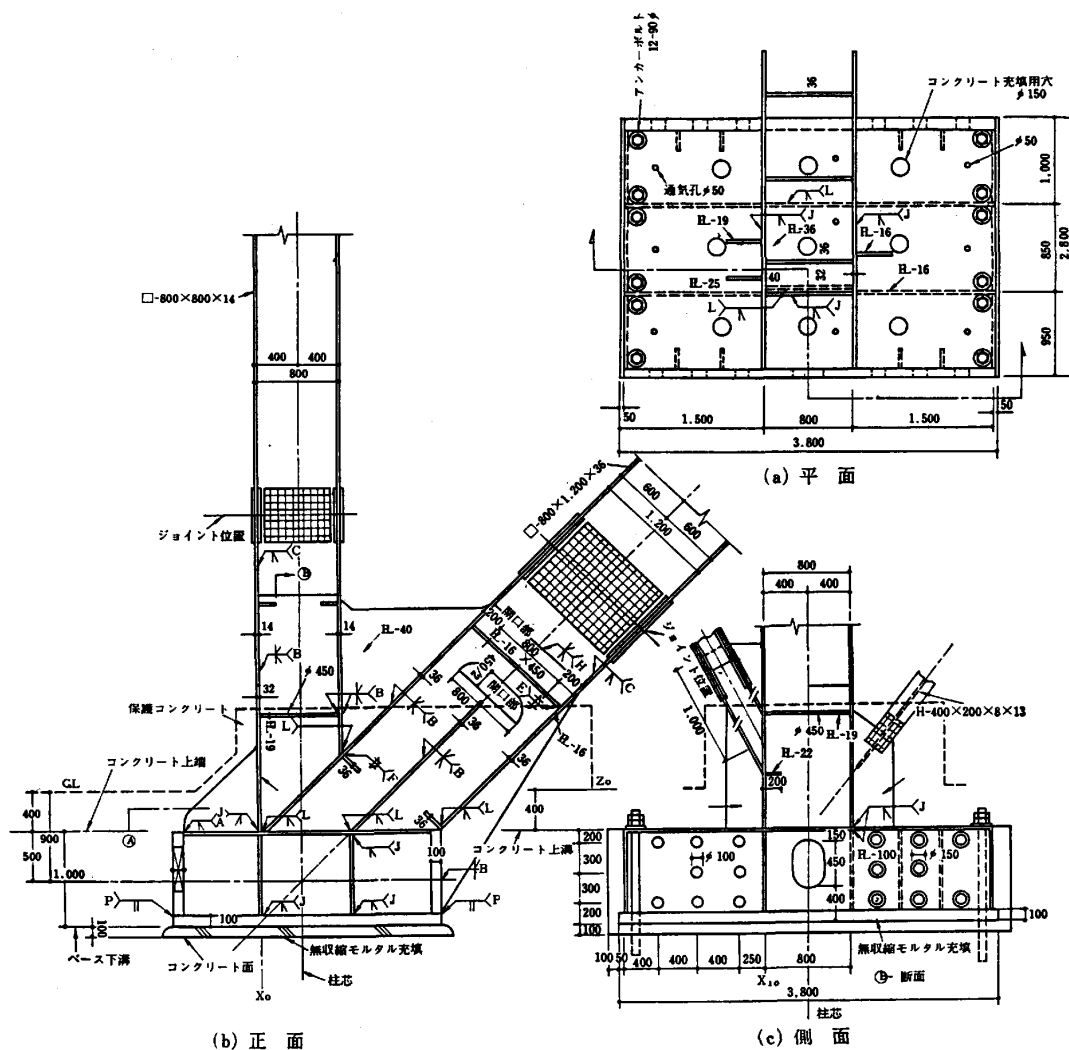


図 4 日本航空成田第 1 ハンガールの柱脚詳細(図 3 の A 部)⁷⁾

(1) 鉄骨加工専業はわずか 12%, 建築金物業 8%, 鉄骨と建築金物業の兼業 42%, 鉄骨とその他業種(建設業, 建材業など)との兼業 21%.

(2) 加工内容は, 小規模鉄骨(階数 1~2 階で加工トン数 20 t 未満) 41%, 手すり, 階段, 扉など 22%, 合計 63% で小物がかかり多い.

(3) 従業員数 10 人以下で月間加工能力 50 t 以下の企業が 76% をしめる.

(4) 建設業法による登録業者 65%.

(5) 鉄骨加工関連団体加入 35%, 未加入 55%, 解答なしを含めると 65% が未組織.

(6) 未組織の業者で団体加入の意志をもつものは 25%.

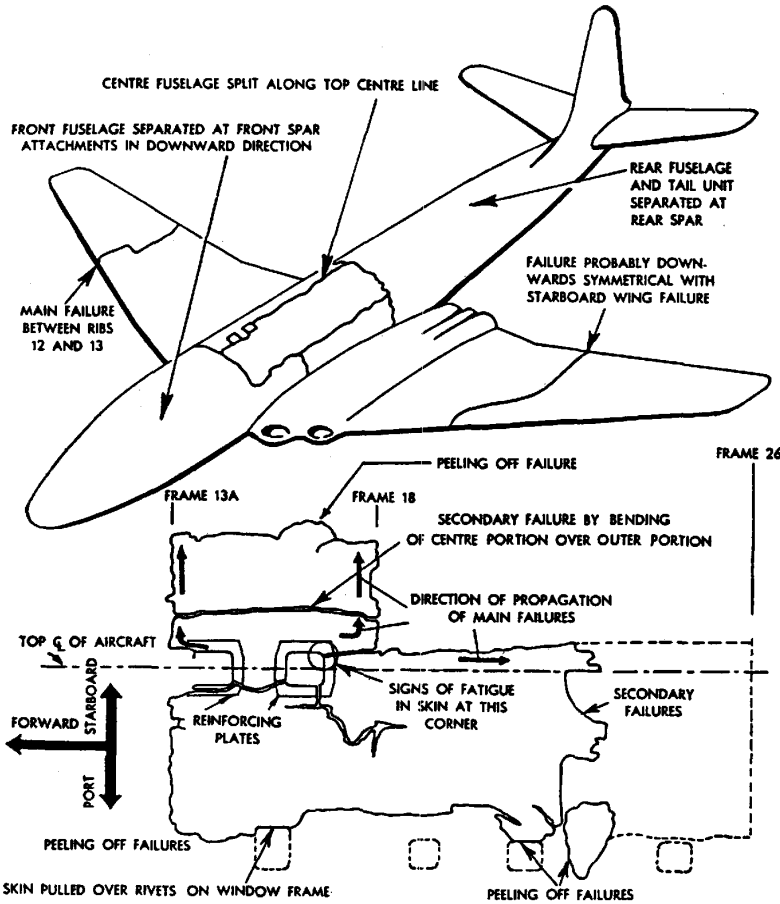
昭和 59 年度における建築鉄骨(鉄骨造と鉄骨鉄筋コンクリート造の鉄骨)に使用される鋼材量は, 日本鋼構造協会経済委員会の推定によると約 700 万 t である⁹⁾. このうち組織化された鉄骨建設業協会(鉄骨加工業者大手を中心とした組織, 約 70 社)と, 全国鉄構工業連合

会(中小の鉄骨加工業者で組織, 約 3000 社)で 400~500 万 t 程度加工されるが, 残りはほとんどが前述のレベルで製作加工されることになる. 設備的に見ると, わが国鉄骨加工業者の加工能力は 1000 万 t 以上であると言われているから, その受注に際しては, 不況の中での経済原則に従った熾烈な競争が行われ, 適正な価格の維持, ひいては適正な品質の確保にもいろいろと問題が多い.

5. 適正価格の維持

経済原則に従えば, 需給の関係が価格に大きな影響を与えることになるのであるが, 前項でのべた業界の構造も反映して適正価格の維持は実際にはなかなかむずかしい状況にあるようである. 需要が低迷すると, 会社が生きのこるために, やむなく赤字覚悟で受注することになる. このような状況の中で, 鉄骨の市場価格は, その品質や加工業者の技術レベルに関係なく決定されることが多い.

LESSONS OF FAILURES



BOAC は 1952 年初頭から世界にさきかけてジェット旅客機 De Havilland Comet 機を就航させたが、1953 年 4 月、1954 年 1 月、さらに 1954 年 4 月の三回にわたって、飛行中原因不明の墜落をし、多数の乗客の生命がうばわれた。その後の調査により、原因は客室を常に地上と同気圧に保つための余圧による繰返負荷の効果によつて機体が疲労破壊したためであるとされている。

図 5 コメット機の機体の破壊状況⁸⁾

鉄骨建設業協会が実施している鉄骨生産工場の認定制度では工場を以下に示すイメージで 4 種類に類別している。なお文中の JASS 6 は日本建築学会制定の「鉄骨工事標準仕様書」である。

S 類：超大型、特殊工事の実績があり、新材料・新工法にも対処できる能力を有している。

品質管理に十分な体制と能力を有しすべての鋼種、板厚のものが適正に取り扱える態勢を整えている。

月産 1200 t 程度以上

HA 類：15 階建程度以下の鉄骨は、JASS6 に示されるレベルの品質のものを自主的に製作できる態勢を整えている。

50 キロ級以下の鋼材で板厚 50 mm 以下のものを適正に取り扱うことができる態勢を整えている。

月産 800 t 程度

MB 類：9 階建程度以下の鉄骨は、JASS6 に示されるレベルの品質のものを自主的に製作できる態勢を整えている。

41 キロ級鋼材では板厚 32 mm 以下、50 キロ級鋼材では 25 mm 以下のものを適正に取り扱うことができる態勢を整えている。

月産 250 t 程度

RC 類：3 階建以下の一般的な鉄骨を完備した設計図書に沿い、JASS6 に示されるレベルの品質のものを製作することができる態勢を整えている。

50 キロ級以下の鋼材で板厚 16 mm 以下のものを適正に取り扱うことができる態勢を整えている。

月産 100 t 程度

同協会の調査によると、価格の決定に大きな比重をしめる直間比（直接工の労務費に対する間接工や職員の労務費、その他の間接経費などの比）は、各類工場ではばつきはあるが平均値で約 S 類工場 210%、HA 類工場 200%、MB 類工場 110%

であり、RC 類や、前記の未組織の中小工場などではこの比は更に小さい値であることは容易に想像される。

したがって上述のように、鉄骨の市場価格が、その品質や加工業者の技術レベルに関係なく決定されているとすれば、品質管理体制を整え、技術向上につとめている工場ほど競争力は弱くなり、更には、これによる弱体化をふせぐために数段階の下請製作が行われ、結果として品質性能が十分でない鉄骨になりかねないことになる。

最近の話題である¹⁰⁾¹¹⁾韓国やブラジルからの輸入鋼材問題、韓国での加工問題、SM 材と SS 材の取りちがえ問題などなど、根はすべて価格問題であろう。

6. 再び構造上の安全について

建築物は3項でのべたように、何時襲ってくるかわからない地震の作用や、また強風や積雪の作用に対して構造全体ならびに構造の各部が十分な強度をもつことが必要である。

現行の設計法は、これらの想定された外力に対して構造の各部に生ずる応力度が、計算上、構成構造材料の許容された弾性範囲内にあることを条件とした弾性設計法である。外力のうち風圧力や積雪の作用については、実際の状況も、ほぼこの設計法が成り立つものと考えられるが、地震の作用に対しては、強震、烈震レベル以上の大地震については、構造の各部の応力度は弾性範囲を超えて塑性範囲で激しい繰返し力をうけることが、十勝沖地震、宮城県沖地震、日本海中部地震等で実証されている。

すなわち、構造各部が、弾塑性の範囲での繰返し力に対して、十分な強度と破壊にいたるまでの変形能力を有することが必要になる。この際構造各部の中で最も問題になるのは、接合部である。溶接部分を多く含むこの接合部が、地震の作用をうけた場合、どの程度のひずみレベルで繰返し力をうけるのか、地震の波そのものにも明確にされない問題の多いことなどから、その推定はかなりむずかしいことではあるが、最近少しずつ明らかになってきているので、柱・はり接合部を例にとつて考えてみよう。

a) 大きい地震時のひずみ

図6に示した柱・はり接合部のはり上フランジ端部におけるひずみ分布は、一般にaのような分布形をしているのであるが、ひずみが塑性に入ると、bのようにこの形が逆転することがある¹²⁾¹³⁾。したがって、この場合平均ひずみ度をとることとし、この部分の平均ひずみ度を ϵ 、鋼材の降伏点におけるひずみ度を ϵ_y とすると、通常

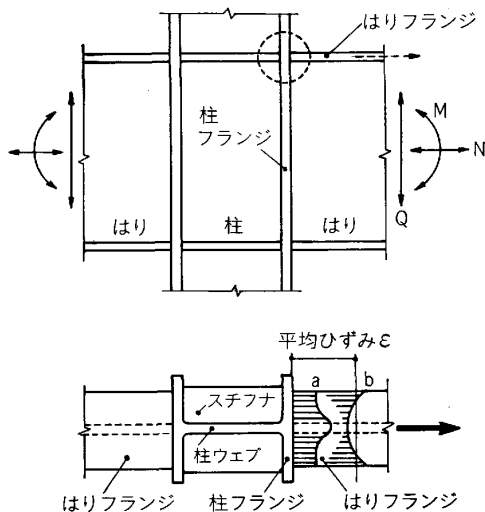


図 6 柱はり接合部のひずみ

のビルディングフレームの場合に対して、地震時のひずみレベルとしては、最近の研究によると

$$\epsilon/\epsilon_y = 4 \sim 12^{14)} \quad \epsilon \leq 1.8\%^{15)}$$

であるといわれている。すなわち、一般のビルディングフレームは地震の作用をうけた時、図6に示した接合部の柱フランジにはりフランジが取り付く近傍では、ほぼ $\epsilon = 4\epsilon_y \sim 12\epsilon_y$ 、または最大で1.8%程度のひずみレベルで激しい繰返し力をうけることになる(ϵ_y は建築に用いられる41キロクラス、50キロクラスの鋼材の場合0.1%~0.15%程度である)。

このひずみの分布をある1例について、より詳細にながめてみると、図7(b)に示したエンドタブ(図13参照)と溶着金属の接点Aでは、はりフランジ端平均ひずみ度の約3倍程度、(c)の裏あて金(図13参照)の取り付けのためのすみ肉溶接のB点では、同じくはりフランジ端平均ひずみ度の約6倍程度のひずみ集中を生じている¹⁶⁾。

このように接合部で鋼材や溶接部に要求されるひずみレベルは相当に高く、しかも繰返し力の状態であることを考えると、かなりきびしい要求性能であることが理解できよう。

b) 柱フランジ板Z方向の力学的性質

一般に、外力をうけた鉄骨構造接合部の応力・ひずみの分布状態は極めて複雑な様相を呈するが、最近、超高層ビルディングフレームの柱・はり接合部の安全性について、図8に示したa)項でのべたようなはりフランジ

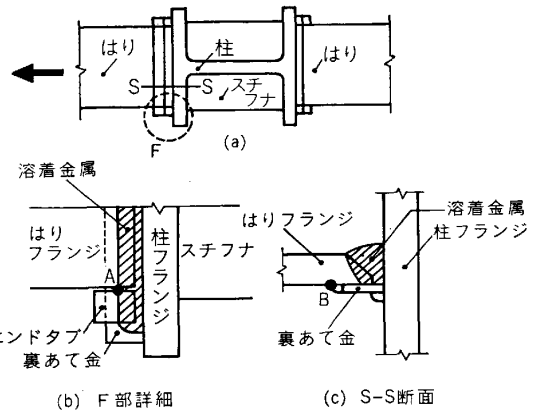


図 7 ひずみ集中

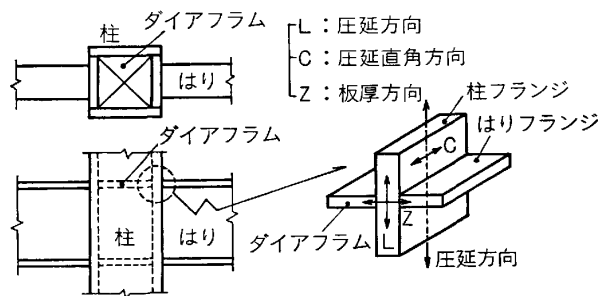
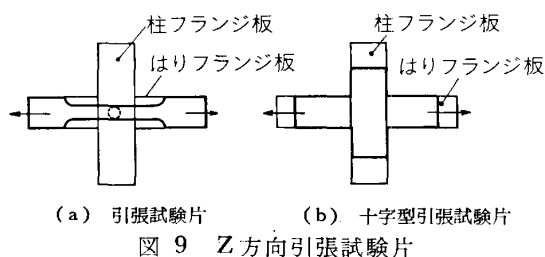


図 8 柱フランジ板

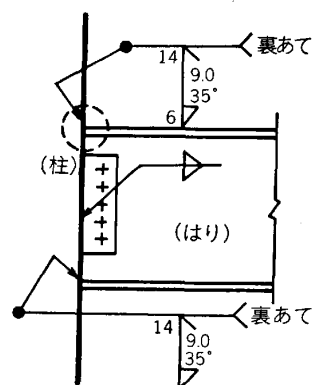


端から高いひずみレベルで繰り返し力の作用をうける柱フランジ（一般に、SM50 材で厚さ 30 mm~70 mm 程度の場合が多い）の Z 方向の引張性質が問題となつてきている。

これは、箱形断面柱の柱・はり接合部グイアフラム（図 8 参照）の取付けに多用されているエレクトロスラッグ溶接の溶込み幅の測定に、超音波探傷法による垂直探傷が行われるようになり¹⁷⁾、鋼材自体のラミネーション (lamination)、偏析、各種の介在物 (inclusion) などの欠陥が、溶接部の欠陥と同時に探傷されてくるという背景が、その理由になつているようである。しかしながらもともとこの問題は、昭和 30 年に仲威雄博士¹⁸⁾が、圧延鋼板の異方性として溶接構造の構造設計上の注意を喚起されてからの問題なのであるが、一方、上記の理由のほかに数年前より、連続鋳造法により製造された鋼板が多用されるようになり、従来の鋼塊より圧延された鋼板と、特に偏析や介在物などの点で若干様子が異なるというようなことも背景にはあるようである。また、特に最近問題になつている溶接部直下で鋼板の表面と平行に伝ばしていく階段状の割れ (ラメラティア)²¹⁾ もこのような鋼材の層状組織に関係した問題であるとされている。

このような、鋼板の Z 方向の性質については、よく知られているように、L 方向、C 方向に比べて衝撃値は小さく、また図 9 (a) のような引張試験片の場合、しばしば引張強さ、伸びなどがあまりでない傾向がある。実際の状況に近い図 9 (b) のような十字形の引張試験片では、ひずみが広く分布することもあつて引張試験の結果では L 方向、C 方向に比べてあまり差のないことが確かめられている¹⁹⁾。

しかしながら、この部分の鋼板の層状組織として、ラミネーション、非金属介在物としての酸化物 (Al_2O_3 など)・硫化物・けい酸塩など、C, Si, Mn, P, S などの偏析、また水素の存在等々が Z 方向の機械的性質にどのような影響を与えるのか。この部分のひずみ度は、最近の研究によれば¹⁹⁾、a) 項でのべたはり端ひずみ度の 60% 程度であることが確かめられているが、なお相当のひずみレベルで繰り返し力をうける部分でもあり、また実際の構造物では複雑な多軸応力状態下にあること、溶接による影響なども考え併せて、脆性的な破壊を生ずるおそれもあり^{24)~26)}、早急に、鋼材の製造上はもちろん、設計面においても検討がなされなければならない



はり・H-500×200×10×16

図 10 柱・はり接合部のディテール

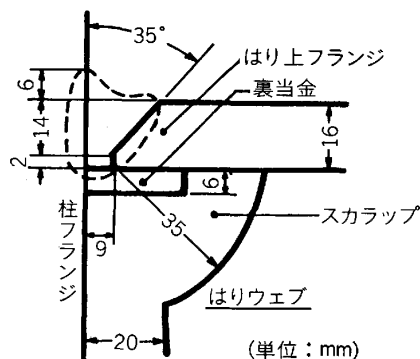


図 11 はりフランジとスカラップ (図 12 の上フランジの詳細)

と思う。

c) 柱・はり接合部のディテール

以上のような構造上要求される性能を十分発揮できるようにするため、力の流れと伝達を考慮して、各部のディテールが設定され加工が行われることになる。

具体的例で、このことを考えてみよう。

図 10 は、ビルディングフレームの柱・はり接合部で通常採用されている現場溶接によるはり端のディテールを示したものであるが²⁹⁾、このディテールは、はり端に生ずる曲げモーメント、せん断力などの応力を柱に完全に伝達するため、溶接と高力ボルトの原則にしたがつて設定されている。はり上下のフランジをつき合わせ溶接により全強を柱フランジに伝えており、そのためつき合わせ溶接としての曖昧さをのぞくため、フィレット部を欠いてスカラップを設け (図 11)、完全とけ込みのつき合わせ溶接としている。せん断力はウェブ面に配置された高力ボルトによつて伝達されている。はり端の応力を完全に柱に伝達させるという構造設計上の性能を満足するためには、このようなディテールが必要になることになる。

d) 加工

更にこの部分の製作加工を考えてみると、上下フランジの開先加工を含めて、かなりの手数が必要であり、加

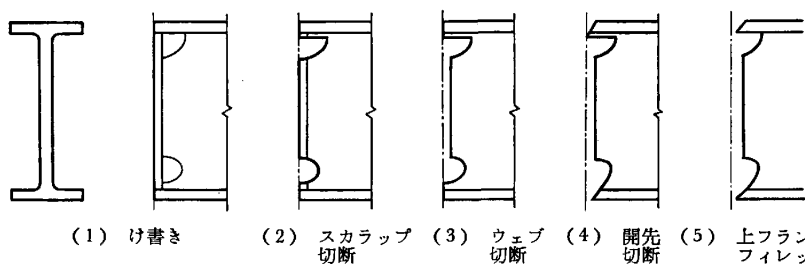


図12 はり端(H形鋼)の加工順序

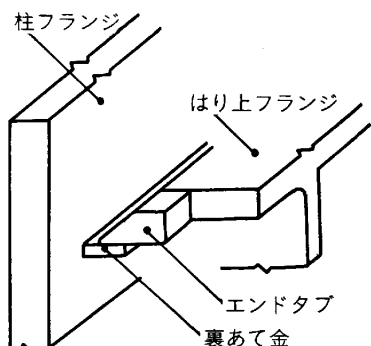


図13 エンドタブと裏あて金

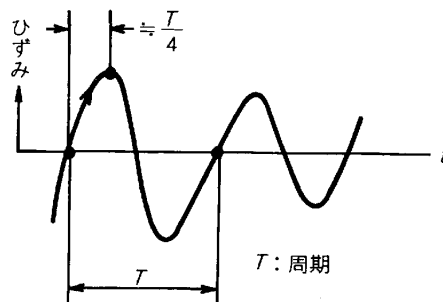


図15 地震時のひずみ速度

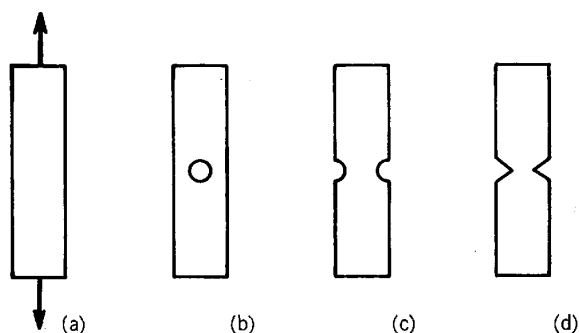


図14 不連続断面

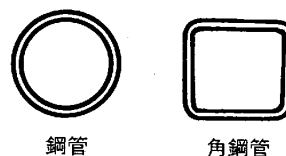


図16 塑性加工された鋼材

以上、具体的な一例で、構造設計上の要求性能を満足させるための作業を簡単にのべてみたが、精度の高い加工と建方、慎重な溶接作業と検査によつて始めて品質が確保されることになる。

7. 断面の不連続、ひずみ速度、降伏比、塑性加工²⁴⁾

図14に示したような各試験片に引張力を加えて破断させた場合の伸びは、(a)に比べて(b)、(c)、(d)のように断面に不連続のある場合は、著しく小さくなることはよく知られている。また、この伸びは、鋼材の

$$[\text{降伏比}] = (\text{降伏点}) / (\text{引張強さ})$$

によつても大きくことなり、断面に例えば(b)のように円孔のある場合で、降伏比が0.8程度になると、降伏比が0.65の場合に比べて伸びが1/2~1/3程度になることも報告されている。

図15は、地震の作用をうけて構造物が振動しているときの、ひずみの時間的変化を抽象的に示したものである。

例えば、比較的規模の小さい筋違つきの鉄骨構造であると、その固有周期が0.25s程度のものが多いが、地震時にもこの程度の周期で振動しているものとみると、構造のある部分は、ひずみ0の状態からひずみの最大値に達するまでの時間が、

工用の機器も十分整備されていないと精度のよい加工はできないことになる。図12は、この部分の加工で、通常とられている加工の順序を示したものであるが、かなり面倒な作業であることが理解できよう。はり端の加工後、現場での溶接作業は、ウェブの高力ボルトの締付け完了後行われるが、建て入れの精度によつては、完全な溶接が期待できないので、溶接による収縮なども考慮した上で、溶接開先関係の諸寸法が許容差内におさまるよう、十分な精度で建て入れが行われなければならない。

溶接作業は、周辺機器の整備と足場の確保など、溶接上のいろいろな条件をととのえた上で行うことになるが、完全なつき合わせ溶接が行われるために、裏あて金、エンドタブが取り付けられる(図13)。溶接完了後エンドタブは原則として切りおとすことになっている。

溶接作業が終了すると、必要に応じて、溶接部の外観検査、超音波探傷検査などによつて欠陥の有無を検出し、補修が行われる。

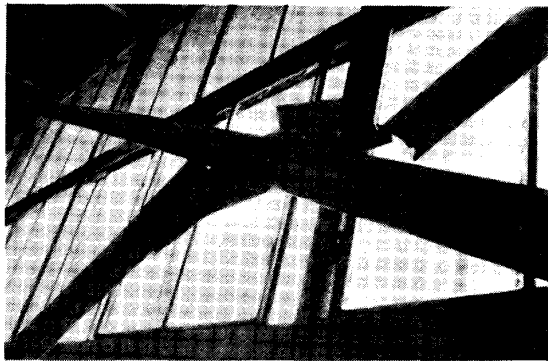


写真 3 1968 年十勝沖地震における八戸高専体育館筋違(1L-75×75×6)の脆性破断²⁰⁾

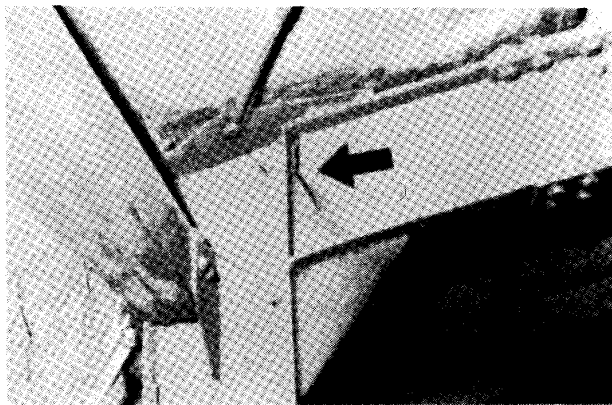


写真 4 1978年宮城県沖地震による仙台市S運輸倉庫山形ラーメン隅角部の脆性き裂²⁰⁾

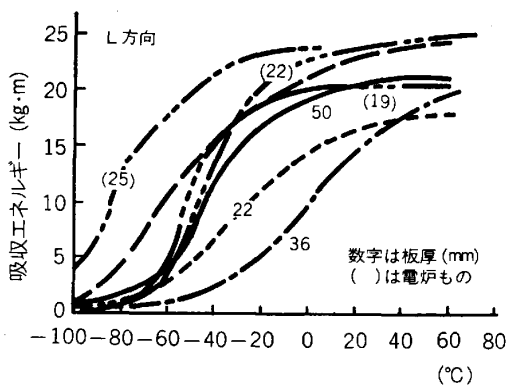


図17 圧延(L)方向吸収エネルギー

$$T/4=0.25/4=1/16(s)$$

になる。この程度のひずみ速度でも、特に断面に不連続のあるような場合には、伸び能力に影響があり、切り欠きなどの存在とあいまつて、脆性的な破断を示すことがありうるようである。これは、試験機などの関係で明確にはまだ実験的に再現されてはいないが、最近の地震による被害建物のうち、体育館などの筋違付構造における山形鋼筋違材端接合部(ボルト穴存在)に生じている脆性的破断で明確に示されている(写真3, 写真4)。

図16は最近ビルディングフレームの柱として用いられている鋼管、角形鋼管である。これらはいずれも材質が塑性加工の影響を受けており、原板に比べて機械的性質が異なっている。降伏点の上昇、伸びの減少である。特に角形鋼管の隅部は加工度が著しいが、この部分も含めて上述の板厚方向の引張りに対して十分注意する必要がある。

8. 電炉ものと高炉もの³³⁾³⁴⁾

図17~19は、最近、私の研究室で行った実験で50キログラス鋼材の高炉ものと電炉ものの吸収エネルギーを示したものである。

これによると、L方向については、電炉もののほうが

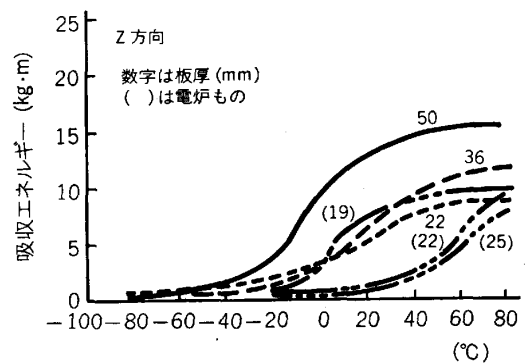


図18 板厚(Z)方向吸収エネルギー

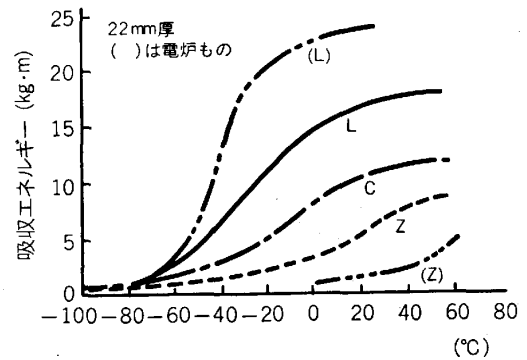


図19 22 mm 厚板の吸収エネルギー

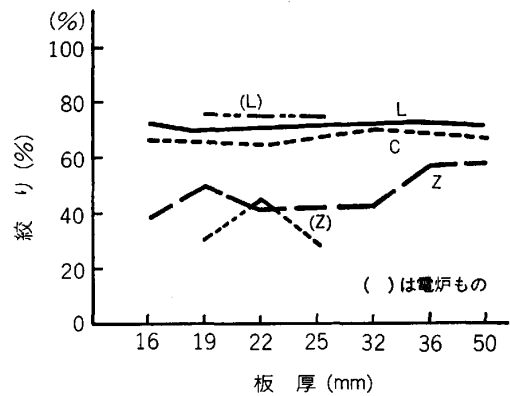


図20 伸び

高い数値を示していること、Z方向では電炉ものの値は低く、特に板厚 20 mm を境にして劣化していることなど注目される。図 20 は絞り値であるが、吸収エネルギーと、かなり相関があるようである。

このような高炉ものと電炉ものとの差異は、化学成分で電炉ものは Cu, Cr, Ni, ならびに N の量が多いこと、圧延時の減面比が小さいこと、高炉ものは制御圧延の技術が進んでいることなどがあげられている。

また、このような電炉ものについての性状は、建築の分野で多量に使用されている鉄筋コンクリート構造用の異形棒鋼についても同じであるようである²⁷⁾²⁸⁾。棒鋼の場合は継手にガス圧接が用いられるということから、鋼材の溶接性とは別の観点からの注意が必要であろう。

電炉もの鋼材の吸収エネルギーの低いことが、構造強度上、特に柱はり接合部の強度にどのような影響があるかはあまり明確ではないが、柱フランジ部のような板厚 (Z) 方向に力をうける部分の使用については、6 項で述べた程度のひずみを生ずることから考えて特に注意が必要であろう。

電炉もの特に 20 mm 以上の厚ものについての改善の努力を期待申し上げたい。

9. 再び品質と価格について

以上いろいろのべてきたように、想定された各種の外力に対して安全でなければならないという構造設計上の要求性能を満足する品質を確保するためには、所要の機器を備え、十分な技術レベルを有している工場によって製作・加工、建方が行われなければならないのである。その点、わが国の鉄骨加工業界の実情は、必ずしも十分ではないと言える。鉄骨加工業で組織化されている範囲は、鉄骨建設業協会、全国鉄構工業連合会傘下の約 3100 社で全国で数万社といわれる中小の工場については全く野ばなしの状況である。この業界の技術レベルの向上や、資格の設定などに対して強力な対策が必要である。

また、要求された品質を確保するためには、当然、適正な価格と無理のない工期が必要である。特に鋼材の価格も含めた価格に対しては、需給の関係や業界内の競争など、経済の原則にしたがっているのだ、といつてしまえばそれまでであるが、低い価格では、高い品質など期待できないのは当然であり、適正な価格の維持と無理のない工期の確保に抜本的で強力な方策がとられなければならない。

10. おわりに

今回、はからずも日本鉄鋼協会の「浅田賞」をいただく栄に浴し、昭和 59 年 10 月 9 日、広島大学で行われた表彰式につづいて受賞記念の講演をさせていただきました。

本稿は、鉄鋼協会関係の皆さんが日頃苦心してお作りになっている構造用の鋼材が、建築の鉄骨構造の分野でどのように使われているかについて述べたものです。同じようなお話を鉄鋼協会の西山記念技術講座第 56 回²²⁾(昭和 53 年 11 月)、第 98 回・99 回²³⁾(昭和 59 年 5 月)でお話ししておりますので併せて参考にしていただければ幸いです。このほかいろいろお話申し上げたいことはまだまだたくさんありますが、次の機会にゆずります。

本稿によつて、鉄骨構造がつくられている実態について理解を深めていただき、鉄骨構造の正しい普及発展に対してよりいつそうの協力をいただきたいと思ひます。

文 献

- 1) R. S. KIRBY, S. WITHINGTON, A. B. DARLING and F. G. KILGOUR: Engineering in History (1956) [McGraw-Hill Book Company]
- 2) H. STRAUB: A History of Civil Engineering, translated from the German "Die Geschichte der Bauingenieurkunst" (1949), English translation by E. ROCKWELL (1960) [Leonard Hill Limited]
- 3) 中沢護人: 鋼の時代 (1964) [岩波書店]
- 4) 成瀬勝武: 橋 (1941) [河出書房]
- 5) G. ROISECCO: L'Architettura Del Ferro, Bulzoni Editore (1972)
- 6) 鋼材倶楽部: 日本の鋼構造, 6 中野電々ビル (1977)
- 7) 鋼材倶楽部: 日本の鋼構造, 3 日本航空成田第一ハンガー (1975)
- 8) R. HAMMOND: Engineering Structural Failures (1956) [Odhams Press Limited]
- 9) 日本鋼構造協会, 経済委員会: 84 年度鋼構造物需要見通し, JSSC. 1984. 7.
- 10) 鋼構造ジャーナル, No. 147 (1984), No. 149 (1984)
- 11) 日本経済新聞: 安値に揺れる鉄骨, (上), (下) (昭和 59 年 7 月 27 日, 28 日)
- 12) 山崎徳也, 滝沢章三: 日本建築学会論文報告集 (1977) 252, p. 23
- 13) 藤本盛久, 佐藤亘広, 松塚展門: 日本建築学会論文報告集 (1976)245, p. 75, (1978)264, p. 73, (1979)275, p. 1, (1979)276, p. 27
- 14) 日本鋼構造協会関西地区委員会: 鋼構造物の欠陥評価と安全性, JSSC, Vol. 12 (1976) 124, p. 27
- 15) 藤本盛久, 松下真治: 日本建築学会論文報告集 (1981) 301, p. 53
- 16) 藤本盛久, 佐藤 誠, 佐藤亘宏, 松本正巳, 藤盛紀明, 中辻昭幸, 松塚展門, 磯田和彦, 打越瑞昌: 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1978), p. 1255, p. 1257
- 17) 日本建築学会: 鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準
- 18) 仲 威雄: 溶接学会誌, 24 (1955) 7, p. 20; 溶接学会誌, 24 (1955) 11, p. 17
- 19) 藤本盛久, 松下真治: 日本建築学会論文集 (1981) 309, p. 41
- 20) 鋼材倶楽部: 地震・強風・豪雪による鉄骨構造の被害と設計・施工の手引き (1980)
- 21) 日本溶接協会: 耐ラメラテア鋼材の特性, WES 3008-1981 (1981)

-
- 22) 藤本盛久: 第 56 回西山記念技術講座 (日本鉄鋼協会編) (1978), p. 69
 - 23) 藤本盛久: 第 98・99 回西山記念技術講座 (日本鉄鋼協会編) (1984), p. 37
 - 24) 建材試験センター: 「構造材料の安全に関する調査研究」研究報告書, 昭和 48 年度～昭和 57 年度
 - 25) 藤本盛久, 金 鐘洛, 中込忠男, 松村弘道, 多賀雅泰: 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1982), p. 1775, p. 1777
 - 26) 藤本盛久, 中込忠男, 橋本篤秀, 泉 満, 松村弘道, 松下真治, 金鐘洛, 大畑次郎: 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1983), p. 1273, p. 1775, p. 1277
 - 27) 沼崎吉次: 普通鋼電炉, No. 33 (1982), p. 1
 - 28) 藤本盛久, 矢部喜堂, 藤盛紀明, 中込忠男: 日本建築学会論文報告集 (1983) 334, p. 47
 - 29) 鋼材クラブ: H形鋼構造標準接合部Ⅳ (1980)
 - 30) 藤本盛久: 構造工学の基礎, エンジニアリングサイエンス講座 27 (1980) [共立出版]
 - 31) 藤本盛久: 鋼構造学の発展, カラム No. 15 (1965), p. 23
 - 32) 藤本盛久: 自然と建築構造, 構造工学研究 (1968) [東京大学出版会]
 - 33) 藤本盛久: 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1984), p. 1481
 - 34) 藤本盛久, 橋本篤秀, 中込忠男, 山本美佐夫: 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1984), p. 1483
-