

冷間成形角形鋼管柱の最近の課題

金 谷 弘*

Recent Situation of Cold Forming Rectangular Hollow Section Steel Columns in Buildings

Hiroshi KANATANI

1. は じ め に

近年, わが国の鉄骨造建物建設の伸びは著しく, 1988 年度には, 全建築物着工床面積の約 40% を占め, 史上初めて木造建物を抜いて第 1 位になり, 使用鋼材は 1000 万 t に達したと言われている。

その中でとくに目立つ傾向は, ボックスコラムと呼ばれる冷間成形角形鋼管を柱に用いた建物が多くなっていることである。1989 年度の冷間成形角形鋼管の使用量は 100 万 t を超えたと推測され, 最近, 街で見かける鉄骨造建物の柱はほとんどすべてがボックスコラムであるといっても過言ではない。

そのサイズは多様で, 戸建て住宅等に使用される外径 200 mm 以下, 厚さ 6 mm 前後の小径管から高層ビルに用いられる外径 800 mm, 厚さ 30 mm を超える大径管まで実用されている。

冷間成形角形鋼管に関連する日本工業規格としては, 最大寸法 350 × 12 mm を想定した「JIS G 3466-1982 一般構造用角形鋼管」(以下「角形鋼管 JIS」と呼ぶ)があるが, 大径管の製造方法を考慮した諸寸法の許容差等を定めた規格はない。

一方, 建築物の柱材については, 日本建築学会: 建築工事標準仕様書「JASS 6 鉄骨工事」に部材の振れ, 大曲がり等の許容差が規定されており, それらの数値は「角形鋼管 JIS」の規定値より厳しい。また, 冷間成形角形鋼管に固有の角部の丸み(以下アールと呼ぶ)がメーカーによって違っている設計・施工上不都合である。

日本鋼構造協会では, このような状況の改善を求める設計者・鉄骨加工業者の要望を踏まえ, 主として形状・寸法の標準化を目的とした規格作りにとりかかり, 1988 年に日本鋼構造協会規格 JSS II 10-1988「冷間成形角形鋼管(ボックスコラム)」を発表した。同規格は外径 700 mm, 厚さ 32 mm までの鋼管を対象にしている。

1989 年には日本工業技術院はこの JSS 規格の内容を骨子にした JIS 規格案作成の専門委員会を発足させた。

ところが, JIS 化作業のスタートと相前後して, 建築物の柱としての冷間成形角形鋼管の機械的性質について疑義が提起された。現在, メーカーとユーザーそれぞれの立場での検討がなされている。

本稿の執筆が依頼されたのは, 筆者が JSS 規格の作成と JIS 規格化作業に深く関わっていることによるものと思われる。

目下ホットな検討が続けられている問題について私見を述べることにためらいを感じたが, 本稿を読まれる方々の専門分野が建築構造設計とはやや離れていると独断し, 敢えて, 冷間成形角形鋼管に関連する建築設計上の諸問題について説明させていただくことにした。

したがって, 建築構造設計に詳しい方には蛇足と思われる記述も多いことをご容赦願いたい。

2. 冷間成形角形鋼管とその周辺の現状

2.1 建築用の冷間成形角形鋼管

建築物に用いられている冷間成形角形鋼管は製造方法から次の 3 種類に分類できる。

i) ロール成形鋼管

鋼帯をロール成形して電気抵抗溶接で円形鋼管を造ったのち, 角形鋼管に仕上げる(外径 500 mm 以下, 板厚 22 mm 以下)。

ii) プレスアンドロール成形鋼管

厚板を特殊なプレス型によって角形に成形して電気抵抗溶接あるいはサブマージアーク溶接する(外径 200~700 mm, 板厚 9~28 mm)。

iii) プレス成形鋼管

厚板をプレス成形して造ったみぞ形鋼 2 本をサブマージアーク溶接する(外径 300 mm 以上, 板厚 9 mm 以上)。

平成 2 年 10 月 4 日受付 (Received Oct. 4, 1990) (依頼解説)

* 神戸大学工学部教授 (Faculty of Engineering, Kobe University, Rokkoudaimachi Nada-ku Kobe 657)

Key words: building frame; aseismic design; cold forming RHS column; column-to-beam connection; elastic-plastic behavior; ductility.

いずれも常温で成形加工され、製造後も熱処理は施されないで、材は加工硬化によって降伏点が上昇し、歪み能力が低下するとともに、かなり大きい残留応力をもつことになる。この材質の特性と建物の柱として要求される性能の関係が現在議論的になっている。

なお、高層建物では鋼板4枚を溶接で組み立てる箱形断面柱も多用されているが、冷間成形角形鋼管とは区別されている。

ここで、冷間成形角形鋼管に関連する建築構造物の行政的な取扱いについて述べておく。

わが国では、建築物の安全性確認は政令（建築基準法施行令）に定められた許容応力度・材料強度に基づいて行われる。鋼材についてのそれらの値は政令では基準強度 F （公称降伏点に相当する値）で表現され、 F の値は別途に鋼材の種類及び品質に応じて建設大臣が定める（建設省告示）ことになっている。

「告示」では鋼材の種類及び品質を JIS 規格名で表示しており、角形鋼管については「角形鋼管 JIS」に規定されている STKR41 と STKR50 が明記されている。

一方、「角形鋼管 JIS」では、その製造方法が円形鋼管からの成形加工と“鋼帯”のプレス成形に限定されているので、“厚板”を成形加工する ii) と iii) の鋼管は「角形鋼管 JIS」に含まれないと解釈されている。

とくに明文化された規定は見当たらないが、プレス成形鋼管は行政的には SS41 あるいは SM50 材の曲げ加工品として取り扱われていると判断される。

ところが、現在検討中の JIS 規格が制定されると冷間成形角形鋼管は新しい製品規格名が与えられ、形式的に「告示」の対象外の材になるので、その行政的な取扱いが問題になることが予想される。

日本建築学会の「鋼管構造設計施工指針」（1990 年 1 月刊行）及び「鋼構造限界状態設計規準（案）」（1990 年 2 月刊行）ではそれぞれ冷間成形角形鋼管の材質に言及して、その取扱いを定めている。

前者では、「解説」中に同指針の適用範囲は基本的には板厚 16 mm 以下の鋼管であることと大きい塑性変形性能を期待しない場合でも最大寸法が $500 \times 500 \times 25$ mm 以下のものに限定することが述べられている。

後者では、「本文」中で円形鋼管も含めて冷間加工材を他の構造用鋼材と区別し、角形鋼管は板厚 12 mm 以下と明記している。

2.2 冷間成形角形鋼管が多用される背景

i) 1960 年代後半からいわゆるビル建築が鉄骨構造で造られるようになるとともに、建物機能上の理由から、間口・けた行方向とも筋かい・耐震壁が不要なラーメン骨組で設計されることが多くなった。

それに伴って、当時柱材に多用されていた圧延 H 形鋼の弱軸曲げ強さを増すために、いわゆる日の字形断面柱（Fig. 1）が使われはじめた。

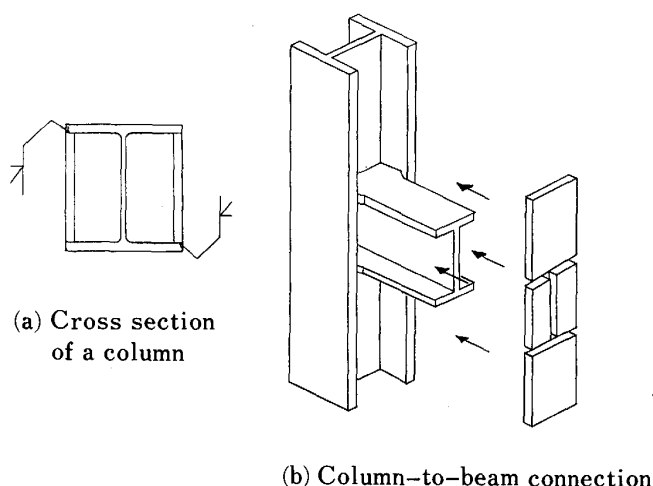


Fig. 1. Stiffened wide flange shape column.

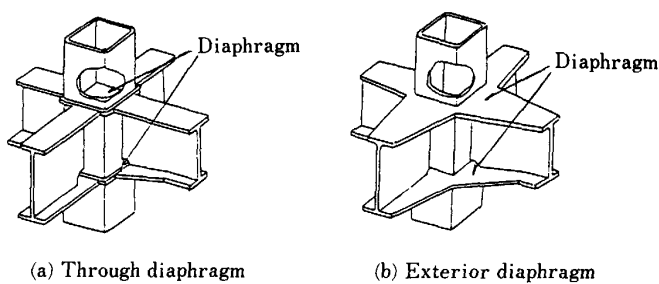


Fig. 2. RHS column-to-beam connections.

日の字形断面柱の場合、梁との接合部を剛にするには慎重な施工が要求される。ところが、当時の建築鉄骨加工工場の品質管理能力は必ずしも十分でなかったため、その使用を制限する行政指導がなされた。その結果、2 軸曲げ強さが大きい角形鋼管の需要がでてきた。

ii) この要求に対応して大径で厚肉のプレス成形角形鋼管が製造されはじめ、1977 年にはロール成形の大径角形鋼管の製造も開始されたので、角形鋼管の使用可能範囲が拡大した。1980 年には外径 600 mm 角、板厚 32 mm のプレス鋼管が高層建物に使われた実績がある。

iii) 日の字形柱に比べて、角形鋼管の柱・梁仕口の施工が容易であるとは決していえない（Fig. 2）。しかし、鋼管メーカーが、市場開拓の一環として仕口構成のノウハウを記載したマニュアルを用意した上で、技術指導を行ったことが現在のブームの基礎になっている。

iv) 1981 年に建築基準法施行令が改正され、「新耐震設計法」が施行されると角形鋼管柱の需要が急激に増大した。

「新耐震設計法」では、

① 建物がその耐用年数中に遭遇する可能性がある地震に対してはおおむね弾性範囲内で応答し、かつ層間変形角は $R \leq 1/200$ である（一次設計）

② 耐用年数中に遭遇する確率が極めて小さい巨大地震

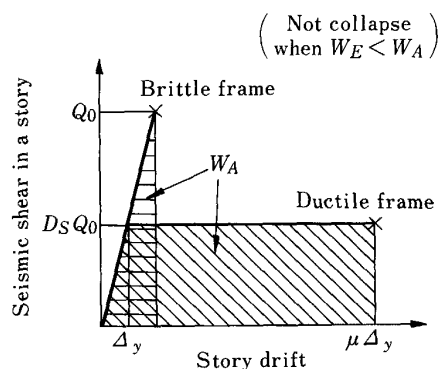


Fig. 3. Schematic feature of basic concept in aseismic design.

に対しては人命の損傷及び倒壊を避ける（二次設計）を設計規範にしている。

巨大地震時の建物の耐震安全性はある層に入力される地震エネルギー W_E とその層が吸収できる弾塑性歪みエネルギー W_A の大小関係で判定される (Fig. 3)。

この判定基準によると、塑性変形能力が優れた骨組は静的水平力に換算された地震力を小さく見積もってもよいことになる。

この変形能力に関する設計用水平力の低減係数を構造特性係数 D_S と呼び[†]、鉄骨造では骨組と部材の復元力特性に応じて 0.25~0.5 の値をとる。

骨組の形式で最も塑性変形能力に富むのは柱材の降伏に先立って梁が塑性化するように設計されたラーメン骨組（梁崩壊型）であり、部材として望ましいのは局部座屈しにくい断面である。

閉鎖形断面の鋼管は径厚比が比較的大きくても局部座屈しにくいという点に、前述のようにラーメン骨組の柱に適している。さらに、角形鋼管は強度と剛性のバランスがよく、一次設計用地震力に対する層間変形角の制限値を満足し、かつ梁崩壊型の骨組にしやすいといわれている。

以上の理由から、中低層建物から高層ビルまで、ほとんどの建物の柱に角形鋼管が使用されるようになった。

2.3 建築物の柱材に要求される性能

前項では断面形状の特長から角形鋼管柱が多用される理由を述べた。ここでは、ラーメン骨組の塑性変形能力と柱材が材質の面で要求される性能との関係について述べ、現在冷間成形角形鋼管について投げ掛けられている疑義の内容を紹介する。

ラーメン骨組の力学的特長は

- ①不静定次数^{†2}の高い骨組を構成できる
- ②部材の崩壊が曲げ崩壊型である

[†] 正確には、建物の減衰性を考慮した入力の高減も含まれている。

^{†2} 力の釣合い条件式だけで解ける構造物（静定構造物）の支持点あるいは節点に拘束力が付加された構造物を不静定構造物と呼び、その拘束力の数を不静定次数という。不静定次数の高い骨組は、その一部分が耐力の限界に達しても塑性変形能力があれば、さらに大きい外力に抵抗することが可能であり、優れたエネルギー吸収能力をもつ。

の2点に集約できる。

曲げ崩壊型の部材は、局部座屈と横座屈に対して適切な配慮がなされていれば、大きい塑性変形が可能な崩壊型である。わが国のように水平力が支配的な設計荷重であるところでは、柱材も曲げ崩壊型になる。

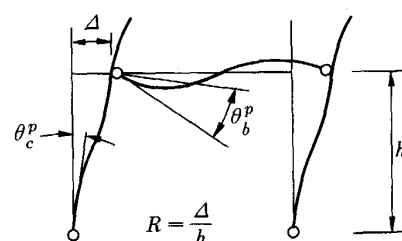
不静定ラーメンは、曲げモーメントのピーク点が終局耐力に達するとその点が塑性ヒンジになって応力再配分が行われるので、安定した塑性変形によって優れたエネルギー吸収能力をもつ (Fig. 4)。

言い換えれば、ラーメン骨組が優れたエネルギー吸収能力を発揮するためには塑性ヒンジになる位置で大きい塑性回転能力が必要である。

ここで一口に「大きい塑性回転能力」といったが、それを実現する機構は多少複雑である。

実用設計では、部材の終局曲げ耐力 M_p は鋼材の応力・歪み関係を完全弾塑性型に仮定して算出し、曲げモーメント・曲率関係も完全弾塑性型に近似されている。

しかし、地震力を受けるラーメン骨組では、早い時期



Each white circle indicates a plastic hinge.

Fig. 4. Collapse of moment resisting frame.

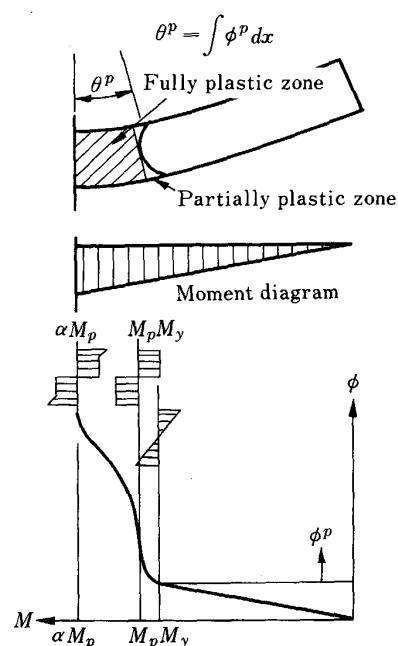


Fig. 5. Mechanism of occurrence of large plastic rotation.

に塑性ヒンジになる断面近傍のモーメント分布はかなり急な勾配をもっているため、最大曲げモーメントを受ける断面が M_p に達するだけでは大きい塑性回転は期待できない。Fig. 5 はこの状況を模式的に示したものである。

すなわち、曲げモーメント分布が勾配をもっている部材に大きい塑性回転角 θ^p が生じるためには、全断面塑性化している領域が材軸方向に広がる必要がある。そのためには、最大曲げモーメントを受ける断面（塑性ヒンジと仮定されている断面）で M_p を超える曲げモーメントを負担しなければならない。

この M_p を超える断面の曲げ抵抗力は、鋼材が歪み硬化して、降伏点以上の応力を負担することで実現する。

このように建物の構造設計では、解析上は鋼材の機械的性質を完全弾塑性型と仮定しているが、暗黙のうちに歪み硬化型であることを期待した耐震設計法が採用されている。

以上の事情から、ラーメン骨組の部材に用いられる鋼材の降伏比 ($Y = \sigma_y / \sigma_u$) はできるだけ小さいほうが望ましい。その値がいくらであるべきかは建物ごと、部位ごとに異なるが、一般的には 0.7 前後が望ましいとされている。JIS 規格値で最小降伏点が最小引張強さの 70% を超えている SM50Y 材に対して「告示」では許容応力度の基準強度 F の値として最小降伏点以下の値を与えているのはこの理由による。

また、塑性ヒンジが形成される断面の終局曲げ耐力は M_p を超える必要があるため、特別に曲げ強さの大きい柱を用いないかぎり、梁崩壊型骨組の柱でも塑性化すると考えられる。

このように、建築構造設計という「骨組のエネルギー吸収能力を保证するための鋼材の“ねばり強さ”」はシャルピー値などで表現される“靱性”とはやや異なる性質である。

現行設計法では、この“ねばり強さ”についての要求性能は直接指定されておらず、JIS 規格材の使用を前提として、“暗黙の了解事項”になっている。

鋼材の降伏比については、以前から、市場製品の実勢値が公称降伏比（JIS 規格値の最小降伏点と最小引張強さの比）より高いことと製品ごとの変動が大きいことが問題にされていた。

最近、建築物の高層化・大規模化に伴う高強度の構造用鋼材の需要と建築構造用にも高性能鋼を供給したいというメーカーの意欲があいまって、建築構造用高性能鋼の開発・実用化が進められている。

高強度鋼材は降伏比がある程度高くならざるを得ないので、降伏比を明確に規定する必要がある。

この問題とリンクして公称降伏比に較べて実勢値が著しく高い冷間成形角形鋼管の材質問題がクローズアップされた。

現在、冷間成形角形鋼管の降伏比と一様伸びの限界値

に関する要求性能について、二つの際立った見解がある。

一つは、「建築構造用鋼材を降伏比と一様伸び能力に応じて分類し、その区分ごとに構造特性係数 D_s を与えるべきである。」との立場から、冷間成形角形鋼管の JIS 規格はそれらの値を明示すべきという意見である。

他は、「この要求性能は建物ごと、部位ごとに設定されるものである。」との立場から、梁降伏型のラーメン骨組の柱材に限定した場合の要求性能を明確に指定すべきという意見である。

前者の意見では、一般的要求として、降伏比は 0.7 前後、一様伸びは 10 数% が望まれるので、角形鋼管はすべて熱処理が必要になる。

後者の意見は既に高層ビルを含めて数百万 t の使用実績があることを踏まえてのものである。

3. 冷間成形角形鋼管柱の力学特性

冷間成形角形鋼管の力学特性は、板厚 16 mm 以下のロール成形鋼管については数多くの実験研究によって一般的な性状が明らかにされているが、厚肉の大型断面については公表された資料はほとんどなく、現時点では不明と言わざるを得ない。

この実状は大型断面の系統的な実験が困難であることと、プレス成形角形鋼管は使用されるプロジェクトに対応して製造されるのが通常で、その際に行われた性能調査は公表されないことによる。

先に紹介した「鋼管構造設計・施工指針」（以下「鋼管指針」と呼ぶ）で、板厚 16 mm を限界にして異なる取扱いを示唆しているのはこの理由によっている。

以下では、「鋼管指針」の解説を引用して、冷間成形角形鋼管の力学特性を紹介する¹³。

3.1 材料の機械的性質

同じ冷間成形材でもロール成形材とプレス成形材では製品としての材料性質はかなり違う。

ロール成形材はホットコイルから成形された円形電縫鋼管をサイジングロールで加圧して角形に仕上げられるので、

①コイルを解いて平板にする

②平板を常温で円弧状に成形する

③高周波電気抵抗溶接をする

④四方から加圧して円弧部分を平板に戻すとともにコーナーアールを成形する

⑤材軸方向に引張りながら曲がり等を矯正する

の各工程での塑性加工と溶接熱・冷却の影響で降伏点が増加し、複雑な残留歪みが生じる。

板厚 16 mm 以下のロール成形鋼管の材質については数多くの実験研究が報告されており、「鋼管指針」解説にそれらが網羅的に引用されている。それらを要約する

¹³「鋼管指針」の解説は莫大な数の文献を参考にしているが、ここでは本稿と特に関係の深いものだけを「参考文献」に示した。

と、

i) 降伏点は JIS 規格値の 1.4~2.0 倍に上昇し、その平均値は 1.65 倍で、変動係数は 0.1 以下である。

ii) 引張強さ JIS 規格値の 1.0~1.4 倍である。

iii) その結果、降伏比は 70~90% になる。

iv) これらの値には断面の幅厚比 D/T が影響し、 D/T が小さいほど大きくなる。

ただし、これらは STKR41 材についてのもので、STKR50 に関する資料は得られていない。

このようにロール成形の STKR41 材については資料が多く、その降伏点も比較的ばらつきが小さいので、「鋼管指針」ではトラスの分岐継手の設計にこの実勢値を考慮した許容力式を提案している。

しかし、JIS 規格値が素材の鋼帯の降伏点と等しい値であることを考えると、柱材の設計に実勢値を用いることはできない。

プレス成形材は厚板を常温で成形した 2 本のみぞ形断面材をサブマージアーク溶接で組み立て角形鋼管とするので、平板部分の機械的性質は原板とほぼ等しいが、アール部は局部的に 20% を超える残留歪みが生じる塑性加工の影響を受けている。ただ、厚肉のプレス成形材の詳細な材料特性については前述の理由から十分な資料がないので、現在当面している課題に対処するための研究が望まれる。

プレスアンドロール成形材は角形に成形されたのち、サイジングロールで仕上げられるので、プレス成形材とロール成形材の中間的な性質をもつと考えられるが、これについても資料が公表されていない。

3.2 部材の挙動

建築物の柱に要求される最も重要な力学特性は軸力と曲げを受ける材（ビームコラム）として安定で大きい塑性変形能力をもっていることである。

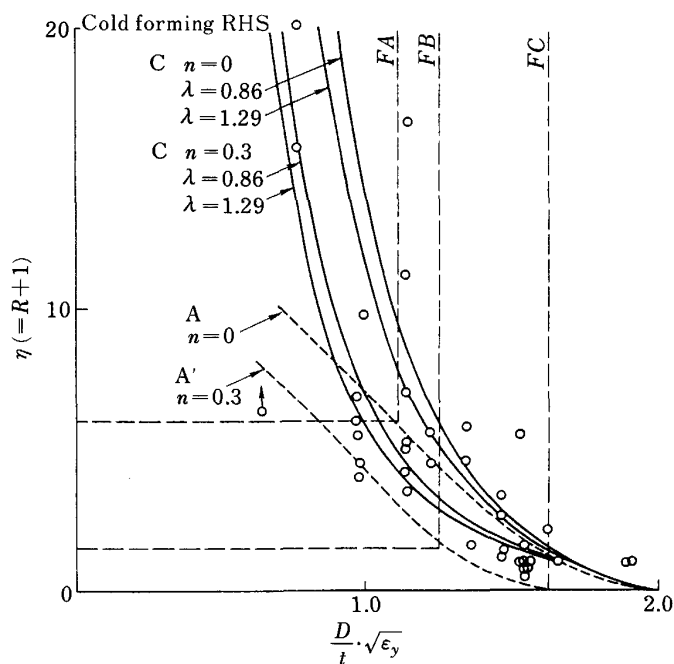
これについても板厚 16 mm 以下のロール成形材に関しては数多くの実験研究が報告されている。

「鋼管指針」解説にはそれらの資料に基づいて、一定軸力を受ける柱が曲げ崩壊するときの変形能力を推定する実験式が提案されている。Fig. 6 は同書から引用した図で、断面の幅厚比と変形能力の関係を示している。

実験結果の変形能力は部材が最大曲げ耐力あるいは最大曲げ耐力の 95% まで低下したときの変形量で評価され、Fig. 6 の縦軸 η はその値 θ_{max} と軸力の効果を考慮して低減された断面の全塑性モーメント M_{PC} 時の変形の計算値 θ_{PC} の比で定義されている (Fig. 7)。

Fig. 6 中の実験 C が提案式で、破線 A は局部座屈のみに着目して得られた変形能力の解析解である。図中の n は軸力比、 λ は部材の無次元化細長比 ($l/i \cdot \sqrt{\sigma_y / \pi^2 E}$) で、FA, FB, FC は骨組の構造特性係数 D_s を定めるときの部材種別の指標である。

実験値はばらつきが大きい、これには鋼管の製造方



A, A': Theoretical formulae C: Empirical formulae
 n : Compressive stress ratio ($= P/P_Y$)
 λ : Non-dimensional slenderness ratio
 FA, FB, FC: Rank of members related to D/t

Fig. 6. Relationships between ductility of beam columns η and width-to-thickness ratios D/t .

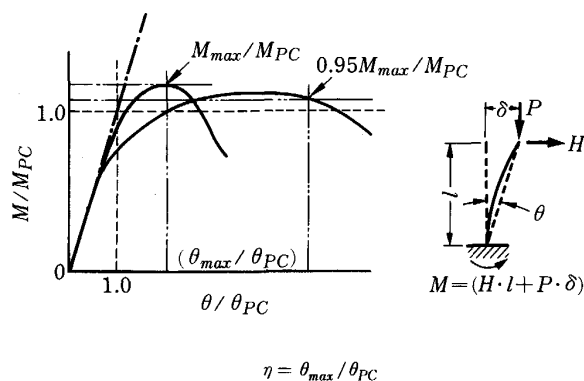


Fig. 7. Illustration of ductility η of beam column.

法や軸力比などが影響しているとともに、変形能力の定義の仕方も関係することが指摘されている。

なお、提案式 C は溶接組立箱形断面材にも適用でき、同書にはそれらの実験結果との比較もなされている。

以上は「鋼管指針」解説のごく一部を紹介したものであるが、同書では種々の検討結果から、板厚 16 mm 以下の冷間成形角形鋼管は部材や接合部の形状、ディテール、荷重条件を一定の範囲に絞れば、建築構造物として満足できる性能をもつと判断している。しかし、より大きい肉厚の鋼管については実験資料が乏しいので慎重な取扱いを要望し、同指針の適用範囲を当面板厚 25 mm までに限定している。

3.3 接合部の挙動

ラーメン骨組の耐震設計上最も重要な課題は適切な柱・梁仕口の設計である。水平力を受けて骨組が崩壊するときには、必ず柱と梁の交点に塑性ヒンジが発生する。2・3項で述べたように、塑性ヒンジになる断面では単純に計算された全塑性モーメントより大きい曲げ耐力をもつ必要がある。

一方、新耐震設計法では、地震時の入力エネルギーの1/3以上が接合部の塑性変形によって吸収されることを期待して構造特性係数が設定されている。

つまり、ラーメン骨組接合部の設計規範は、そこに接合される部材の終局曲げ強さを伝達できること及び安定で大きい塑性変形が可能である、の2点に集約される。

この問題に関しては、冷間成形角形鋼管を用いた場合についても数多くの研究資料が蓄積されており、「鋼管指針」に反映されている。

ここでは、接合部パネル（柱と梁で囲まれた長方形の領域）の弾塑性挙動に及ぼす冷間加工の影響について調べた実験結果を紹介する。

接合部パネルは水平荷重を受けたとき曲げモーメントが急変する部分で、そこには非常に大きいせん断応力が発生する。そのため被接合部材の曲げ降伏に先行して塑

性化する設計になることが多い。しかし、塑性化した後も安定した復元力特性を示すので、上述のエネルギー吸収が期待できるのである（Fig. 8）。

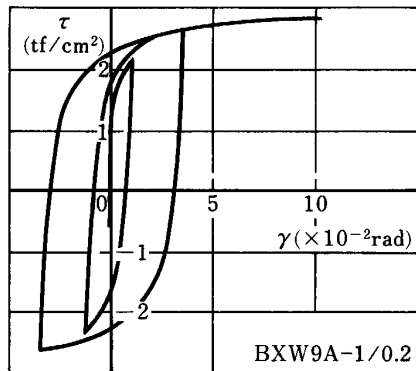
Fig. 9～Fig. 11 は製造法の異なる鋼管柱の材料特性及び復元力特性を比較したものである。Fig. 9 は実験に用いた板厚 9 mm の鋼管素材の応力-歪み関係で、ロール成形材、応力焼鈍したロール成形材、プレス成形材及び4枚の鋼板を溶接組立した材の4種類の試験結果が示されている。

ロール成形材は素材の降伏点が増加して降伏比が高くなっているためにパネルせん断降伏後の耐力上昇率が小さく、耐力を素材降伏点で無次元化した場合、他の材より性能が劣る結果になる（Fig. 10）。しかし、エネルギー吸収量の絶対値は他の製法のものに比べて遜色はない（Fig. 11）。

先に述べたように、現在資料が得られているサイズの範囲内ではロール成形材の機械的性質の変動係数は小さいので、上記の性状はその範囲内で一般的なものと考えることができる。

本稿の主題からは外れるが、角形鋼管柱と梁の仕口の塑性変形能力に大きい影響を与える要因に梁端部の詳細がある。

現在、常用されている角形鋼管柱・梁仕口の詳細は Fig. 2(a) の通しダイアフラム形式である。溶接組立箱



Roll forming RHS column : $D/t = 22$
 $t = 9 \text{ mm}$ $N/N_y = 0.2$

Fig. 8. Typical hysteretic behavior of joint panel.

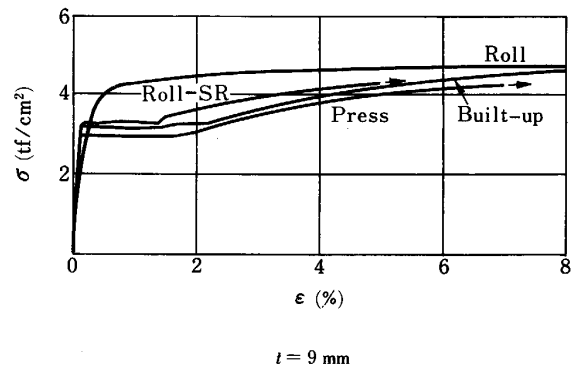
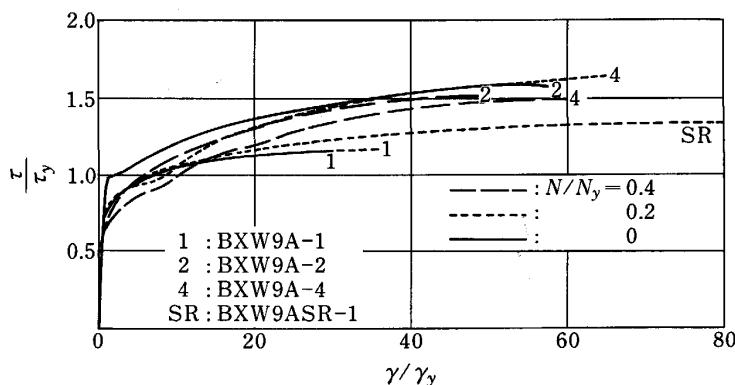


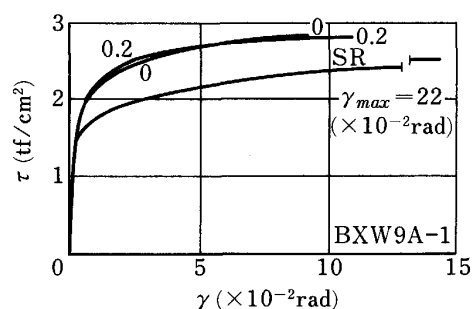
Fig. 9. Stress-strain relationships of RHS material.



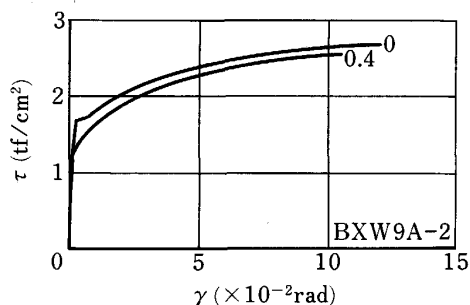
$t = 9 \text{ mm}$ BXW9A : $D/t = 22$

-1 : Roll forming column
-2 : Press forming column
-4 : Built-up column
SR-1 : Roll forming column stress relieved

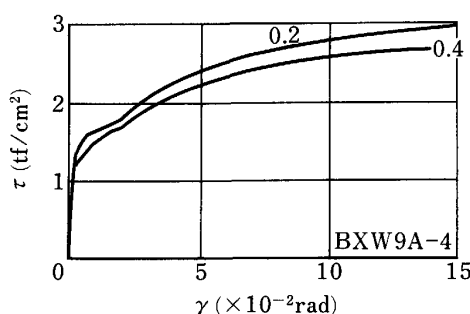
Fig. 10. Dimensionless shear stress-strain relationships of joint panels.



(a) Roll forming column



(b) Press forming column



(c) Built-up column

Fig. 11. Shear stress-strain relationships of joint panels (The same specimens as them of Fig. 10).

形柱では組立時に内部にダイアフラムが設けられる。そして、梁端部のウェブにはフランジ溶接が簡便なようにスカラップがとられる。

鋼管柱に接合される梁ウェブはほとんど曲げ応力を負担できないのに加えて、スカラップによる断面欠損のためにフランジに大きい二次曲げ応力が発生する。またダイアフラムによって梁フランジの幅方向の歪みが拘束される。このために引張応力を受けるフランジの端部は非常に厳しい多軸応力状態になり、脆性的な破壊が生じる可能性がある。

「鋼管指針」解説にはこの現象に対する注意事項が示されている。

4. お わ り に

建築物の柱に用いられる冷間成形角形鋼管について、建築構造物の構造設計の考え方と手順を説明しながら、

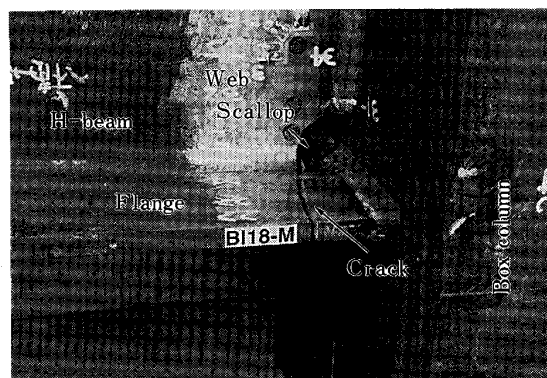


Photo. 1. Brittle fracture at beam end of box column-to-beam connection.

その現状と当面している課題について述べた。

要約すると、

i) 角形鋼管は建築物の機能の面ならびに構造耐力の面からみて優れた断面性能をもっているため、現在、中低層建物から高層ビルまで非常に多くの建物の柱に用いられている。

ii) 建築物のラーメン骨組部材は大きい塑性変形能力をもつとともに鋼材の降伏比が適切に抑制されていなければならないが、冷間成形角形鋼管は常温での塑性加工の影響で圧延鋼材に比べて一様伸び能力が劣り、降伏比が高い。したがって、冷間成形材を建築構造用部材に使用するの望ましくないという意見がある。

iii) 一方、通常の建物の柱材としての要求性能を考慮すれば、使用可能であるという意見がある。すなわち、冷間成形角形鋼管の力学特性はロール成形材とプレス成形材で異なり、かつ、その必要性能は建物ごと部位ごとに異なる。これまでの使用実績からみて適材適所の設計が可能という意見である。

iv) いずれにしても、厚肉の大型断面材に関する資料が乏しいので一般的な結論を出すことができない現状である。

最後に筆者の個人的な見解を付言させていただく。

鉄骨造ラーメン骨組の耐震安全性を確保するためには部材材質の高級化より現在多用されている柱・梁仕口詳細の改善の方が急務であると考えている。すなわち、梁端部フランジを滑らかに捻げるとともにウェブのスカラップによる断面欠損をなくして、応力集中・二次応力による脆性的な破壊を避けるべきである。

Photo. 1 は筆者の研究室の実験例で、4枚の鋼板を溶接組立して造った箱形断面柱と梁仕口の梁フランジが瞬時に破断した例である。

“ほとんど真剣に検討されることがない工費”が高むことを理由にして放置すべきでないと考えられる。

文 献

- 1) 加藤 勉, 青木博文, 黒沢隆志: 日本建築学会構造系論文報告集 (1988) 385, p. 39
- 2) 飯田国広, 鈴木英之, 永井英晴: 日本造船学会論文集 (1984) 156, p. 485
- 3) 青木博文, 村田耕司: 日本建築学会論文報告集 (1984) 335, p. 157
- 4) 越智健之, 黒羽啓明: 日本建築学会構造系論文報告集 (1988) 391, p. 59
- 5) 加藤 勉, 西山 功: 日本建築学会論文報告集 (1980) 294, p. 45
- 6) 五十嵐定義, 辻岡静雄, 矢島 悟: 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1983 年 9 月), p. 1361
- 7) 青木博文, 成原弘之, 中村克彦, 黒沢隆志: 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1985 年 10 月), p. 669
- 8) 加藤 勉: 日本建築学会論文報告集 (1987) 378, p. 27
- 9) 三谷 勲, 松井千秋, 津田恵吾: 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1984 年 10 月), p. 1299
- 10) 田渕基嗣, 金谷 弘: 日本建築学会構造系論文報告集 (1986) 361, p. 104
- 11) 福田浩司, 金谷 弘, 田渕基嗣: 日本建築学会近畿支部研究報告集 (1988) 28, p. 317