

1. 材料・性能

Q 1-1 冷間成形角形鋼管には、どのような製品規格がありますか？

・ 次の 2 つの製品規格があります。

1) J I S 規格：JIS G 3466「一般構造用角形鋼管」

・ 製品記号：S T K R 400、S T K R 490

2) 日本鉄鋼連盟製品規定：B C R、B C P「建築構造用冷間成形角形鋼管」

・ 製品記号：B C R 295 (ロール製品)

B C P 235、B C P 325、B C P 325 T (プレス製品)

・ 「冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル(改訂版)」(以下、冷間マニュアル改訂版と略す)では、上記規格 1) 及び 2) の材料を対象としています。

関連：Q 1-2、1-3、1-5

Q 1-2 B C R、B C Pとはどのような鋼材ですか？

・ S N 材に相当する建築構造用として規格化された高品質・高性能な冷間成形角形鋼管(以下、冷間コラムと略す)です。

・ B C R は「建築構造用冷間ロール成形角形鋼管」、B C P は「建築構造用冷間プレス成形角形鋼管」で、共に国土交通大臣の認定品です。また、B C P 325T は「建築構造用高性能冷間プレス成形角形鋼管」で、同様に大臣認定品です。

・ B C R、B C P という名称は、ボックスコラム(角形鋼管) = Box Column の頭文字の「B C」と、製造方法を表わす「R」= Roll 成形、および「P」= Press 成形を組合わせたものです。また、B C P 325T の「T」は Toughness の頭文字をとっております。

関連：Q 1-3、1-4

Q 1-3 B C RとB C Pの違いは何ですか？

- ・ Q 1-2で記した製造方法の違いに加え、B C Rでは引張強度が 400N/mm^2 (B C R 295) の 1 鋼種に対し、B C Pでは 400N/mm^2 (B C P 235)、 490N/mm^2 (B C P 325) の 2 鋼種と、構成が異なります。なお、「295」、「235」、「325」といった数値は降伏耐力の下限値を示しています。
- ・ 降伏耐力の下限値から、設計基準強度(F 値)はB C R 295が 295N/mm^2 、B C P 235が 235N/mm^2 、B C P 325及びB C P 325Tが 325N/mm^2 となっており、それに伴い幅厚比と構造ラックの関係も異なります。同じ 400N/mm^2 鋼でも設計基準強度が異なりますので、設計段階から鋼種を定められることをお勧めします。
- ・ 降伏耐力上下限値の幅およびY R上限値などが規定されている板厚範囲で、B C Rでは、それぞれ 150N/mm^2 、90%、B C Pでは 120N/mm^2 、80%と異なります。シャルピーの下限値規定は同じです。
- ・ B C R 295の降伏耐力下限値を従来より高い 295N/mm^2 としたのは、B C Rは製法上平坦部も冷間加工を受けており、降伏耐力、引張強度ともに上昇しているという製造実態と、降伏点の上下限値の幅を規定したいという設計者側の要求とを勘案し、さらに品質改善を検討した結果です。
- ・ 形状的には、コーナー R が異なりB C Rでは標準値が外 R 2.5t、B C Pでは3.5tです。なおtは板厚を表しています。
- ・ 製造範囲はメーカーによって異なりますが、B C Rでは $\square 200 \times 6 \sim \square 550 \times 22\text{mm}$ 、B C Pでは $\square 300 \times 9 \sim \square 1000 \times 40\text{mm}$ 、また、B C P 325Tでは $\square 300 \times 12 \sim \square 1000 \times 40\text{mm}$ が日本鉄鋼連盟製品規定となっています。なお、B C Rについては製品規程が改訂されサイズ範囲が $\square 150 \times 6 \sim \square 550 \times 22$ になりました。今後、 $\square 150, 175$ サイズも製造される予定です。

関連：Q 1-2

Q 1-4 B C R、B C PとS N材の曲げ加工品とはどこが違うのですか？

- ・化学成分においてはS N材では規定していないN（窒素）の上限値を規定し、冷間塑性加工による時効硬化の影響を抑制しています。
- ・機械的性質に関しては、B C Pの辺部は冷間加工を受けておらず、母材からほとんど変化していないためS N材と同一です。B C RはQ 1-3で記したように、降伏耐力および引張強度の上下限值幅が150N/mm²、Y R 上限値が90%と異なっています。
- ・シャルピーの下限值規定(平坦部)は、B C R、B C PともS N材と同一です（0℃で27J）。但し、B C P 325Tは平坦部・角部共0℃で70 J 以上を保証しております。
- ・建築基準法の改正により、冷間での曲げ加工は外側曲率半径が板厚の10倍以下の場合、加工部の機械的性質が加工前と同等であることを確認することが必要ですが、B C R、B C Pは角部の性能を考慮して大臣認定を受けた材料ですので確認は不要です。

関連：Q 1-3

Q 1-5 B C R、B C PとS T K Rとはどこが違いますか？

- ・B C R、B C PはS T K Rに比べ化学成分の規定項目が多く、溶接性能及び靱性がS N材と同等に確保されています。即ち、化学成分においてはC、P、Sの上限値が厳しくなっており、S T K Rには無いMn、SiおよびNの上限値が規定されています。
またC_{eq}（炭素当量）の上限値も規定されており、溶接性が確保されています。
- ・B C R、B C Pの機械的性質では、降伏点の上下限值、降伏比、及びシャルピー - 衝撃値の規定が加わり、バラツキ幅が抑えられています。即ち、板厚12mm以上では降伏点（Y P）および降伏比（Y R）の上限値が規定され、更に板厚12mm超ではシャルピー衝撃値の下限值が設けられています。
- ・寸法許容差では、B C R、B C Pの板厚のマイナス公差は0.3mmです。また、コーナーRはメーカー間で標準化し、B C Rが2.5t、B C Pが3.5tとしてあります（tは板厚です）。
- ・「冷間マニュアル改訂版」にはS T K Rを用いた場合の設計法も記載されており、使用も可能です。ただし、同マニュアルによれば、S T K Rは溶接性、靱性、材料としてのバラツキ幅等の規定が無いことを理由にB C R、B C Pよりも厳しい制約が付けられています。

Q 1-6 B C Rの降伏比が90%以下、降伏点のレンジが150N/mm²と他の建築構造用鋼材と異なっていますが問題ありませんか？

- ・ B C Rはロール成形角形鋼管であり製法上平坦部も冷間加工を受けるため降伏点が上昇し、降伏点のバラツキが多少大きくなります。
- ・ 主な使用部位が柱であることから、「冷間マニュアル改訂版」の設計思想である、柱崩壊を極力避ける（はり崩壊型などの確保）という観点に立てば、必要変形性能ははり材よりも小さくて済み、降伏点のレンジもはり材ほど重要ではありません。また、柱崩壊の可能性がある場合でも、柱耐力低減係数を適用しますので、安全性は確保されます。
- ・ さらに、閉鎖断面であるために溶接接合が主で高力ボルト接合が少ないことから、降伏比は塑性変形能力上、柱として必要な値として90%が規定してあります。
- ・ これらの機械的性質で規定されているB C Rについて、実験でその保有性能は確認されており、B C P同様必要性能を十分満足しています。

関連：Q1-11

Q 1-7 角部の性能が規定されていませんが問題ないのですか？

- ・ 冷間コラムの角部の性能は、それらの製造に使用する素材により大きな影響を受けることになります。多くの実験結果を踏まえて、コラムとして必要な性能を保有させるため、B C R、B C Pは、化学成分、機械的性質など特別に規定した素材を適用し、また、加工の際にも、角部の加工度を規定して製造しています。これにより、安定した角部の性能を実現しています。なお、B C Pについては角部の靱性も保証したB C P 325 Tがあります。

関連：Q 1-6、1-10

Q 1-8 B C R、B C PにはS N材のA種、B種、C種といった区分は無いのですか？

- ・ B C RはS N材のB種相当です。A種およびC種は、それらの使用部位に該当する場合がほとんど無いため、規格化されていません。
- ・ B C PはS N材のB種およびC種に相当するものがあります。A種は、その使用部位に該当する場合がほとんど無いため、規格化されていません。

Q 1-9 「冷間マニュアル改訂版」では内ダイアフラムの場合、冷間コラムはC種となっていますが、C種の無いBCR295ではどのように対応すればいいのでしょうか？

- ・BCR295を柱に使用した場合に内ダイアフラム形式となるのは、通常、左右の梁に段差がある場合で、落とし込み形式の内ダイアフラムとなります。
- ・「冷間マニュアル改訂版」では、内ダイアフラム形式の場合の角形鋼管とはりフランジとの溶接が通常のCO₂溶接のような低入熱溶接の場合は、「B種又はC種とする」となっています。したがって、BCR295に内ダイアフラム形式を適用しても問題ありません。

関連：Q 1-8

Q1-10 化学成分規定で主要5元素以外に窒素（N）を追加しているのは何故ですか？

- ・冷間コラムはその製造過程で冷間塑性加工を受けます。冷間塑性加工により一般の鋼材では時効硬化（時間経過とともに硬く、脆くなる現象）が発生します。この現象は特に窒素量が多いと顕著になることから、窒素量を制限しています。

Q1-11 BCR、BCPは従来のSTKR等と比較して保有性能が向上していますか？

- ・鋼材倶楽部（現 日本鉄鋼連盟）で実施した実大繰返し曲げ実験の結果では、BCR、BCP材は、STKR材に対して大きな変形性能を発揮しており、結果のバラツキも小さくなっています。
- ・特に幅厚比の小さい範囲では顕著であり、熱間成形材と同等以上の性能を発揮しています。（参照：1998年度日本建築学会大会論文梗概集「斜め入力を受けた場合の建築構造用冷間成形角形鋼管の力学性状に関する研究」）
- ・ただし、冷間材に限った話ではありませんが、溶接施工を適切に行うことが前提となります。適切な溶接施工方法は「冷間マニュアル改訂版」に示されています。
- ・なお、日本建築センターの高層評価および鋼構造評価物件においてもBCR、BCPは採用されており、その性能が評価されています。

関連：Q 1-5

Q1-12 柱サイズ変更でのテーパ管にはどのような材料を使用すればよいのですか？

- ・接合部のテーパ角形鋼管には、BCP対応テーパ管（BCP大臣認定品）があります。特に、パネル部分に使用する際には、耐震性能を確保する上で非常に重要な部位となりますので、大臣認定を取得した性能の安定した製品を使用することが肝要です。

Q1-13 STKRには規格上、降伏比、シャルピー吸収エネルギー、溶接性の規定がないが、平12建告第1446号の別表第2の品質基準の規定に抵触しているのではないですか？

- ・ STKRは平12建告第1446号の別表第1に掲げる建築材料です。従って、建築物の主要構造部に適用することが可能です。同告示別表第2は別表第1に掲げられているJIS以外の材料の品質基準を示しているものです。
- ・ 鋼材はその性能に則して使用することが必要であるため、「冷間マニュアル改訂版」では性能に準じた設計法が示されています。

(ビルディングレター'04.4抜粋)*

Q1-14 BCP325T という平坦部及び角部の靱性を保証した新しいコラムが製品化されましたが、このBCP325Tを開発した目的は何ですか。又将来的には、BCPコラムは全てBCP325Tに移行するのでしょうか？

- ・ BCP325Tは角部の靱性保証が必要とされる建築構造物に適用する冷間コラムが必要との要請を受けて開発されたものです。従って、BCP325Tは建築構造設計における要求性能に応じて適用される材料であり、将来共に、従来のBCP製品と共存することになると考えられます。

Q1-15 BCP325Tの寸法公差は一般のBCPと異なりますか？

- ・ BCP325Tの特性は、冷間コラムを製造する際に使用される厚板によって決定されます。冷間コラム製造に関する基本的な加工法は従来のBCP製品と同一であり寸法関連公差は従来製品と変わりません。

Q1-16 BCP325TとBCP325(SN490C)は、化学成分上似ていますが、どのような特性の差異があるのでしょうか？

- ・ BCP325Tは、平坦部はもとより角部の靱性が保証された冷間コラムです。又、BCP325Cは、耐ラメラティア特性を保証された冷間コラムで、角部の靱性保証はありません。なお、BCP325Tに耐ラメラティア特性を付与することも可能です(BCP325T規定)ので、各メーカーにお問い合わせ下さい。

Q1-17 BCP325Tはコラムの平板部及び角部の靱性を保証したコラムですが、コラムシーム部の衝撃特性も保証していますか？

- ・ BCP325Tの製品規定ではコラムシーム部の靱性の要求値はありません。従ってコラムシーム部の靱性の保証は、原則としてありません。コラムシーム部の靱性は、ご要望に応じて保証することも可能です。詳細については各製造メーカーにお問い合わせください。

2. 設計

Q 2-1 冷間マニュアル改訂版の運用はどのようになっていますか？

- ・ 建築基準法の改正後も、多くの行政庁等が冷間成形角形鋼管柱の設計において「冷間マニュアル改訂版」により設計・施工するよう指導しています。今後共、同マニュアルを運用する行政庁は増加するものと思われます。
- ・ 確認申請他の行政的扱いや同マニュアルの扱われ方に関しては、各行政庁、確認検査機関にお問い合わせ下さい。

Q 2-2 冷間マニュアル改訂版に従う場合、施工上やディテ-ルの関係等ではりのサイズを大きく設計した場合も含め、柱はり耐力比は必ず1.5以上確保しなければならないのですか？

- ・ 耐震安全性を確保するため柱を降伏させず、優れた崩壊型とされるはり崩壊型又はパネル崩壊型にすることを基本としています。
- ・ したがって、骨組の崩壊型を直接判別しない設計ルート2の場合は、各節点（ただし、最上層の柱頭、最下層の柱脚は除く）において柱はり耐力比1.5以上を確保する必要があります。
- ・ なお、設計ルート3でBCR、BCPを使用する場合、各層の保有耐力が必要保有耐力以上を確保しておれば、柱はり耐力比1.5以上を必ずしも満足する必要はありません。ただし、STKRに関してはルート3においても節点ごとに柱はり耐力比1.5以上を確保する必要がありますのでご注意ください。

関連：Q2-14

Q 2-3 冷間マニュアル改訂版に記述されている柱はり耐力比の解説で、5つの影響因子が挙げられています。すべてが独立していると考えれば柱はり耐力比はすべてを掛け合わせた数値と思われるが、なぜ1.5という数値に至ったのですか？

・冷間マニュアル改訂版には、柱はり耐力比の影響因子として以下の5つが挙げられています。

- a) 斜め入力の影響： $\sqrt{2}$
- b) 斜め方向の断面性能： $1/0.94$
- c) 床スラブとの合成効果によるはり耐力上昇：1.25
- d) 高次モードの影響：1.3
- e) 鋼材の降伏点のばらつき：1.15

柱はり耐力比の要求数値に影響する因子は、すべて同時に影響するものではありません。1996年発行の冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル（以下、旧マニュアル）でも述べているように、総合的に判断された数値として1.5を採用しています。

関連：Q 2-2

（ビルディングレター'04.4抜粋）*

Q 2-4 B C R、B C P、S T K Rで地震時柱応力割増係数、柱耐力低減係数に差がついているのは何故ですか？

・B C Pは角部のみ塑性加工を受けているのに対し、B C Rは平坦部も塑性加工を受けているため差がついています。

・さらにS T K Rは、降伏点の上限値、降伏比、シャルピー衝撃値、溶接性の規定がなく、化学成分上もB C R、B C Pと比較し緩やかなため、柱応力割増係数などがこれら鋼種より大きな値となり、不利な設計が強いられます。

・また、S T K Rの場合、設計ルート2でも、最終的には塑性ヒンジとなる最下階柱脚部に柱応力割増係数を用いることとし、ルート3では最下階の柱脚と最上階の柱頭のみ塑性ヒンジとなる全体崩壊のみを許容しています。

関連：Q 1-3、1-5

Q 2-5 内ダイアフラム形式に対し、通しダイアフラム形式及び外ダイアフラム形式の地震時柱応力割増係数と柱耐力低減係数に差がついているのは何故ですか？

- ・柱はり接合形式による違いは、地震時に柱端に発生する歪はコラム内面側よりも外面側の方が大きいため、発生歪の大きいところに形状的及び材質的に不連続な溶接部がくる場合をより厳しい係数としているからです。従って、コラム角部外面側に溶接線が現れる通しダイアフラム形式と外ダイアフラム形式よりも、一体の柱をそのまま使用し、溶接線がコラム内面側にある内ダイアフラム形式の方が有利になるように係数が規定されています。
- ・ただし、パネル中央部で切断する落し込み方式の内ダイアフラムは、溶接作業条件が悪い等の理由で、通しダイアフラムなどと同等の扱いになっています。

Q 2-6 合成ばりを用いたケースでは、柱はり耐力比の検討には合成ばりとしての耐力を用いるのでしょうか？

- ・冷間マニュアル改訂版では、床スラブとはりの一体化による耐力上昇、斜め入力、降伏点のばらつき等のファクターを考慮して柱はり耐力比を 1.5 以上と設定しております。従って、ルート 2 及びルート 3 のどちらの設計ルートにおいてもはりの耐力は H 形鋼のみの耐力を用いて差し支えありません。

Q 2-7 はりウェブ板厚が柱板厚より大きくなることはよくないことと思いますが、どのようにすればよいのでしょうか？

- ・柱板厚が余程大きくない限り、はりウェブの軸方向応力がすべて柱に伝達されることはありません。この問題ははりの問題と柱の問題に分けて考える必要があります。設計上の安全側の対応として次のように考えます。はりウェブの有効幅等を算出困難な場合には、1 次設計での応力算定では、はりウェブを無視します。柱はり耐力比においては、はりウェブはすべて有効とみなします。また保有耐力計算でのはり端保有耐力としてははりウェブを無視します。

Q 2-8 中間層で柱がない場合、最上階柱と同じように考えてよいのでしょうか？

- ・最上階の場合には柱上部に塑性ヒンジが発生しても崩壊型に影響しませんが、中間層の場合には 局部崩壊になる可能性があります。中間層に柱がない場合、耐力“ 0 ”の柱があるものとして設計する必要があります。もし柱はり耐力比が 1.5 以上を確保することが困難であれば、ルート 3 の設計法を適用しなければなりません。

Q 2-9 冷間マニュアル改訂版の内容を取り込んだ汎用構造計算ソフトはありますか？

- ・大手の汎用構造計算ソフト全てに「冷間マニュアル改訂版」の設計法が反映されております。

Q 2-10 通しダイアフラムの鋼種は何を適用すれば良いのですか？

- ・通しダイアフラム形式に使用するダイアフラムの材料ははり材及び柱材の強度と同等かそれ以上のものとし、板厚方向に大きな力が加わることから、鋼種は原則としてS N材のC種になっています。柱がB C Rの場合、設計基準強度が 295N/mm^2 でありS N 4 0 0の基準強度 235N/mm^2 よりも高いため、ダイアフラムは強度上S N 4 9 0 Cとなります。B C Pの場合は同一強度のS N材のC種となります。
- ・ただし、ダイアフラムの出寸法が「冷間マニュアル改訂版」に記載されている長さを満足し、同マニュアルに従って溶接する場合にはダイアフラムの材質がS N材のB種でも充分性能を確保できます。

Q 2-11 はりフランジ厚さが 40mm の場合、通しダイアフラムは板厚 50mm でS N材C種となるのですか？

- ・ダイアフラムの板厚を決定するオーソライズされた設計式は現在ありませんが、ダイアフラムに必要な強度は、はりフランジ及びはりウェブの一部の存在応力を柱ウェブに伝達することから決定されます。この観点から一般的にダイアフラムは、材料強度がはりフランジと同じ場合、はりフランジの板厚では不足となります。もちろん食い違いが発生し、溶接接合部の耐力が不足することを避けなければならないことも考えますと、はりフランジの板厚が 40mm の場合、ダイアフラムは 50mm 程度となりますが、50mm の板厚の場合、基準強度が 40mm の板厚のものより低くなることから、TMCP 材をダイアフラムに用いることになります。
- ・一方、ダイアフラムの材質はC種が原則です。前項 Q2-10 で補足しているように「冷間マニュアル改訂版」には、ダイアフラムの出寸法の規定を満足し、同マニュアルに従って溶接する場合にはダイアフラムの材質がS N材のB種でも性能を確保できる旨が記載されていますが、はりフランジ厚さ 40mm のケースでは、柱部材も大型断面となり冷間成形角形鋼管と通しダイアフラムの溶接量も多く、溶接時の拘束も大きく、またダイアフラムの出寸法がダイアフラム板厚に対して小さくなることから、この場合は、ダイアフラムにC種を使用すべきです。

Q 2-12 「冷間マニュアル改訂版」には、ダイアフラムの材種はＳＮ材が推奨されていますが、柱にＳＴＫＲ材の場合はダイアフラムにＳＳ４００材を用いてはいけないのでしょうか？

- ・柱にＳＴＫＲ材を使用する場合も、ダイアフラムには、原則、ＳＮ材をご使用下さい。なお、通しダイアフラムの場合、ＳＴＫＲ４００の柱にはＳＮ４００を、ＳＴＫＲ４９０の柱にはＳＮ４９０をお使い下さい。

Q2-13 ＢＣＰではなく、板の曲げ加工品としてのプレスコラムは 建築構造用の柱材として適用できますか？

- ・平12建告第2464号において、外側曲率半径が板厚の10倍以下の曲げ加工を行った場合、加工した部分の機械的性質が加工前と同等であることを調べる事が規定されています。現実的には、ＢＣＰ製品以外に厚板を曲げ加工した加工品を建築構造用の柱材に適用することは困難と考えられます。それ故ＳＴＫＣ（（社）日本鋼構造協会規格）は、「冷間マニュアル改訂版」の適用対象外としております。

関連：Q 1-5

Q2-14 「冷間マニュアル改訂版」に基づいて設計した場合は、従来の設計結果と比べて、どのような差が生じますか？

- ・この「冷間マニュアル改訂版」に従って設計すると、設計ルート２では鋼種に関わらず全ての節点（ただし、最下階の柱脚と最上階の柱頭は除く）で柱はり耐力比 1.5 以上が要求されますが、一般的にはこれを満足するのは困難であり、従来設計と比較して柱はサイズアップする場合があります。
- ・しかしながら、ＢＣＲ、ＢＣＰの場合、設計ルート３では「全体崩壊メカニズムまたは局部崩壊メカニズム」の崩壊メカニズムの判定を行うこととなりますが、通常の建物プランであれば全体崩壊メカニズムとなり、従来通りの保有耐力設計を行えば良いという場合があります。このため従来設計と比較しサイズアップすることは一般には生じません。従って、経済設計をするためには設計ルート３の適用をお勧めします。
- ・一方ＳＴＫＲの場合は、設計ルート２または３ではすべての柱はり節点（ただし、最下階の柱脚と最上階の柱頭は除く）で柱はり耐力比 1.5 以上を満足する必要があること、またルート１では地震時応力割り増し係数 1.3 以上の規定があることより、従来設計よりサイズがアップし、柱重量が２～３割増加する場合があります。

関連：Q 2-2

Q2-15 柱脚部の地震時柱応力割増係数はどのようにすれば良いのですか？

- ・ ルート 2 設計において、柱が S T K R 材の場合、最下階の柱下端の地震時応力に割増係数を乗じて許容応力度の検討を行います。柱脚が露出形式については通しダイアフラム形式の接合部と同じ割増係数値 1.4 を用います。また、柱脚が埋込み形式または根巻き形式については許容応力度検討対象箇所に溶接線がないため 1.3 を用いてよいかと思いますが、構造ソフト等では一律 1.4 で計算しているようです。

関連：Q 2-5

Q2-16 はり材としては S S 材または S M 材を使用しても良いのですか？

- ・ 「建築物の構造関係技術基準解説書」の「鉄骨造に関する技術慣行」では、建築構造用鋼材として S N 材相当の性能を有することが望ましい旨が記載されています。
- ・ また、「冷間マニュアル改訂版」の設計思想である、極力柱崩壊を避けはり崩壊などの全体崩壊型を確保するという点では、はりに対してより多くの塑性変形能力が要求されることとなります。また、はりの実降伏点のバラツキが小さい方が良く、さらに溶接部の品質が確保されることなどが必要となります。従って、柱材の性能とはり材の性能の整合性を取るためにもはり材には、S N 材の B 種を使用することが適切と考えられます。
- ・ なお、「冷間マニュアル改訂版」では、通しダイアフラムに関しては S N 材の C 種または B 種を用いる旨が記載されています。

関連：Q 1-5

Q2-17 B C R、B C P は柱材以外にも使用できますか？

- ・ 「冷間マニュアル改訂版」では、冷間コラムの用途は建物の柱材を適用範囲としています。B C R、B C P を柱材以外の筋かい材、トラス材等に使用する場合は、S T K R 同様に構造関係技術基準解説書に基づいて設計することになります。必要性能を考慮して設計する必要がありますが、塑性化する部位や、溶接接合する部位には、B C R、B C P を用いることがより適切であると思われます。

Q2-18 B C R、B C P または S T K R を C F T 柱に使用することはできますか？

- ・ 冷間コラムを C F T 柱（コンクリート充填鋼管柱）に使用する時は、「冷間マニュアル改訂版」に規定される設計法及び施工法を適用します。一般事項等詳細については（社）新都市ハウジング協会「C F T 造 技術指針・同解説」により設計することになります。この指針では、B C R、B C P、S T K R 等の冷間コラムが適用規格材として規定されておりますので、C F T にも適用可能です。

Q2-19 仕口の上下で柱サイズを変更したい場合、ダイアフラムの板厚を大きくする方法は適用できますか？

・以前の日本建築学会「鋼管構造設計・施工指針」にはダイアフラムの板厚を大きくする方法がありましたが、「冷間マニュアル改訂版」では、板厚の大きいダイアフラムを使用し、サイズ変更を行う方法については触れていません。このような接合部の強度についての研究はありますが、変形能力についてオーソライズされたものがなく、同マニュアルに適用しませんでした。今後の研究が待たれます。また、告示 1464 号での食い違い・ずれは、食い違い及びずれの無い場合を前提にして設計したものを対象としており、接合部上下で柱サイズが異なる様な場合は、告示 1464 号の対象とはなりません、設計段階でその安全性を確認する必要があります。

Q2-20 仮設建築物に対しても「冷間マニュアル改訂版」に準拠しなければならないのですか？

・技術的には「冷間マニュアル改訂版」を準拠することは可能ですが、実際には仮設建築物の構造計算は法令の適用範囲外（法第 88 条、令第 147 条）であるため、仮設建築物への同マニュアル改訂版の適用に関しては、建設現場管轄の建築主事の判断に従って下さい。

（ビルディングレター'04.4 抜粋）＊

Q2-21 はりフランジ幅が柱幅より大きい場合、問題がありますか？

・このような場合、柱耐力がはり耐力を下回る可能性が高くなり望ましいとは言えませんが、一部分の柱はり接合部で、やむを得ず、はりフランジ幅が柱幅よりも大きくなる場合は、構造全体としての耐震安全性を確認するとともに、加工上の注意が必要です。例えばダイアフラムが大きくなると溶接による変形が大きくなるため、エンドタブ近傍の溶接部に品質上の問題が生じる可能性が高くなり、注意が必要です。

Q2-22 通しダイアフラム形式の B C R 柱の低減率は柱 M_{pc} に単純に柱耐力低減率を掛ければよいのですか？

・軸力を考慮した柱の全塑性モ-メント (M_{pc}) に柱耐力低減率を掛けたものを用います。

Q2-23 建物の階に段差がある場合の設計上の取り扱いはどうするのですか？

・下段階の柱頭は、ル-ト 2 設計時には最上階として扱い柱はり耐力比の検討は不要です。ル-ト 3 設計時には中間階として扱い、崩壊型の判定を行います。詳しくは「冷間マニュアル改訂版」の P29 をご参照下さい。

Q 2-24 パネルの耐力が極端に小さく、柱及びはりが降伏しないような場合には、保有水平耐力算定時にその影響を考慮する必要はありますか？

・冷間マニュアル改訂版ではルート 3 の二次設計において、「パネル耐力の検討は、崩壊型の判別においてのみ行うものとし、保有水平耐力の検討時にはパネル耐力を考慮しない。」としています。また、一次設計においてもこれまでの慣例からパネル部の検討については規定していません。一方、2001年版建築物の構造関係技術基準解説書では「パネルの耐力が極端に小さく、柱及びはりが降伏しないような場合には、保有水平耐力算定時にもその影響を考慮すべきである。また、中地震時等においても、当該部分の許容応力度の検討を行うことが望ましい。」と記述されています。この技術基準解説書と冷間マニュアル改訂版において設計に関する規定が異なっていることは好ましくないため、次回マニュアル改訂時に反映させることを前提に、角形鋼管（BCR、BCP）柱パネル部の耐力が柱や梁に比べ弱く、パネル降伏が先行する場合の保有水平耐力、変形能力及び骨組に及ぼす影響を調査・評価すると共に、一次設計でのパネル部の応力レベルが調査されました。この調査結果より BCR・BCP を用いた骨組に関して下記の点が確認されています。

- （１） パネル部耐力が柱や梁より弱くパネル降伏が先行する場合、パネル降伏の影響を考慮し計算すると保有水平耐力は最大 3 割近く下がるものの、一般に層間変形角制限で建物の断面が決定しており保有水平耐力が必要耐力に対して余裕があるため、必要保有水平耐力を満足する。
- （２） 一次設計におけるパネルの応力レベルは、層間変形角制限で建物の断面が決定していることから比較的余裕があり、ほとんど降伏することはない。
- （３） パネルの塑性化を許容しても非常に安定した復元力特性を示し、パネルの変形能力は十分であり、F A ランクと評価でき、パネル塑性化が支配的な場合には、Ds 値を 0.25 としても問題ない。
- （４） パネル先行降伏型の骨組では特定層の損傷集中が緩和され、骨組全体としてのエネルギー - 吸収能力が高くなる。

以上の調査より一般的な建物では、パネル耐力が骨組の水平耐力に及ぼす影響があるものの、構造設計面から見た場合、ほとんど問題ないことが判明しました。しかしながら、調査数が必ずしも十分でない点を考慮すると、全ての構造物で問題ないと断定することはできず、中柱の本数が多く、パネル耐力比がかなり小さい場合には保有水平耐力の算定にパネル耐力を考慮することが望ましいと思われます。なお、これら調査・検討結果については、冷間マニュアル改訂版の補遺として取りまとめられています。

Q 2-25 冷間マニュアル改訂版では、ルート3の設計方法で、局部崩壊メカニズムと判定された場合には、通常の方法と柱耐力を低減する方法の2つの方法で保有水平耐力を算定することになっていますが、柱耐力を低減する方法による保有水平耐力の算定だけで十分ではないのですか？

・ ル - ト3における崩壊型の判定は、斜め(45度)方向入力を考慮し(冷間マニュアル改訂版：P45～56)、柱耐力がパネル耐力の1.3倍以下または梁耐力の1.5倍以下の場合、局部崩壊とし、柱耐力を低減し保有水平耐力を算定することとしています。通常の方法は、構面(0度)方向入力に対する算定であり、斜め入力に対して必要保有耐力を満足していたとしても、柱はり耐力比が1.0～1.5の場合、斜め入力の影響を考慮しなければはり先行降伏の可能性があります、かつはりの種別が柱よりも低ければ、必要保有耐力を満足しない場合もあることから、はりで決まる D_s 値を採用した通常の保有水平耐力の算定が必要となります。

3. 施工

Q 3-1 柱継手部の傾きは JASS6 で決められていたと思いますが、裏当て金の隙間の限界はどのように考えればよいですか。また、限界を超えた場合の手直し方法はどのようにすればよいですか？

・溶接の初層で下柱と裏当て金の溶接が困難になります。溶接で下面を盛り上げてから本溶接することになりますが、完全な溶接を行うことが困難になるとともに、溶接部の超音波探傷試験で初層近傍の欠陥を調べるのが困難となります。裏当て金の隙間は 1 mm 程度に抑えることを推奨します。

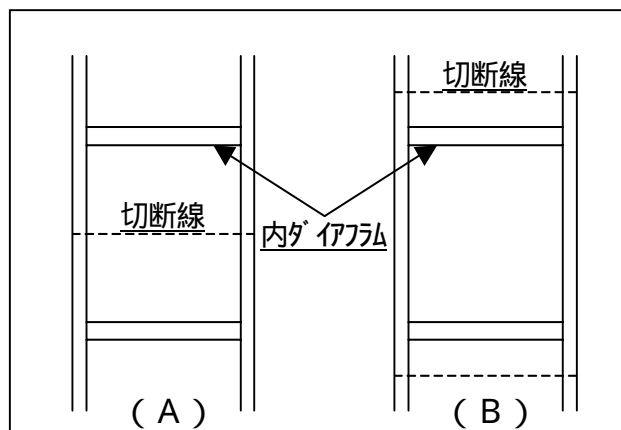
Q 3-2 平12建告第1464号で溶接部の食い違いが規定されたが、冷間コラム柱の加工において食い違いを低減するためには、どのような加工上の注意が必要ですか？

・冷間コラムの溶接部は主として、柱とダイアフラム及び柱 - 柱継手です。パネル部と柱シャフト部で板厚が異なる場合において、角部での小さな食い違いは避けられませんが、平坦部は正しい野書き、組み立てで食い違いはかなり回避できます。柱 - 柱継手では、同一断面材が使用される場合がほとんどですが、節が異なるため同一断面材でも異なる材料から製作されることが多いようです。下の柱と上の柱は同一部材から切断し、切断面を溶接できるように、上の部分の柱と下の節の柱を加工するときに準備しておくことが望ましい方法です。シーム溶接線も上下の柱で揃えた方が、精度が確保できます。

Q 3-3 溶接施工時のシールドガス流量の適正值はどれ位ですか？

CO₂溶接での最適ガス流量は、溶接中アークに空気の巻き込みが発生するのを防止するための流量が必要で溶接ノズル径、使用する溶接電流および溶接トーチと被溶接面距離により異なります。溶接ノズル径が大きくなるほど、溶接電流が大きくなるほどガス流量を多くする必要があります。また溶接トーチと被溶接面距離は、30mm以下にする必要があり、それ以上の場合空気巻き込みを防止するためには50～100l/min.位のガス流量が最低必要になります。一般的に使用されている溶接トーチで、使用されている電流が500A以下の場合、最低ガス流量はJASS6に示してあるとおり20l/min.であり、25l/min.以上が望ましいと思われます。最大ガス流量は、経済性を無視すれば100l/min.も可能であり、この流量で施工している工場もあります。

Q 3-4 内ダイアフラムを施工する場合、内ダイアフラム間の中央でパネル部を切断する場合（Ａ）と、内ダイアフラムの直上・直下で柱を切断する場合（Ｂ）とで、どちらが構造上好ましいのですか？



（Ａ）の溶接部には軸力と大きなせん断力が作用します。また、（Ｂ）の溶接部にはせん断力は小さいが軸力と大きな曲げモーメントが作用します。共に応力的に厳しい箇所ですが、構造耐力と変形能力を考慮すると、また、検査を含めた品質管理上、溶接箇所はできるだけ少ないほうがよいことから、（Ａ）の方が好ましいと考えられます。

Q 3-5 コラム角部に溶接する工法があり、溶接は角部の品質を改善しているのですが問題ないとしていますが、「冷間マニュアル改訂版」と矛盾するのではないですか？

・角部は冷間塑性加工の影響で、材質が変化しています。入熱等において適切な溶接が行われれば、施工された部分の溶接熱影響部は、冷間加工による材質硬化が改善されます。しかし角部に溶接施工することによりその部材全体での応力の流れ及び歪状態を検討した上での溶接施工が望まれます。そうでない場合、溶接止端部の応力集中部分で延性亀裂が発生し、進行すると脆性破壊が発生する可能性があります。溶接部分の応力状態などに対応して溶接部で破断しないことを確かめた上で角部への溶接を行う配慮が必要です。

Q 3-6 「冷間マニュアル改訂版」で推奨している適切な溶接入熱とパス間温度の値が、建築基準法改正により措置された鉄骨製作工場の大員認定制度におけるグレード別適用範囲と溶接条件制限事項に規定された値と異なるが、どちらを使用したらよいのですか？また、同マニュアルの値を使用した場合、図書省略はできるのですか？

・溶接入熱量とパス間温度については諸説がありますが、大員認定の但し書きの値は少し厳しすぎるとの評価もあります。「冷間マニュアル改訂版」の扱いについては、個々の行政庁等による判断となりますが、図書省略のための条件についても個々の行政庁等に確認する必要があります。

Q 3-7 「冷間マニュアル改訂版」では脆性破壊を防止する溶接法としてNBFW法が提案されており、BCP325Tに適用すると優れた塑性変形性能を得ることができると理解しましたが、NBFW法の性能を評価するために、どのような実験が行われたのでしょうか。また一般の溶接法とNBFW法との性能の差異を、どのように証明されましたか？

- ・NBFW法はCO₂多層溶接の最終層の積層パスを工夫するだけで優れた塑性変形性能を持った鉄骨が得られる施工方法です。NBFW法の性能は、NBFW法の適用の有無による溶接部強度、曲げ、硬度、靱性等の性能確認試験、組織検査、及び数十体の実大の柱はり接合試験体による繰返し曲げ実験により評価しております。その結果、一般の溶接法の場合、クラックパスが熱影響部の脆化部を通過するかないかで塑性変形性能にバラツキが生じるが、NBFW法を適用すれば一般の溶接法と比較し、より安定し優れた塑性変形性能が得られることが判明しております。

Q 3-8 BCP325Tを適用した場合の溶接施工に関する品質管理上の重要なポイントは何ですか？

- ・溶接施工状態（NBFW法）が最も重要であり、そのポイントはビードUとビードT（冷間マニュアル改訂版 p.133参照）の施工管理です。その他の施工管理は、通常のBCP325と変わりません。溶接工も若干の教育のほかは特別の技量資格も必要ないと思われます。

Q 3-9 NBFW法を適用する場合、NBFW法の溶接施工方法の説明は行われるのですか？

- ・日本鉄鋼連盟ボックスコラム委員会に共通のBCP325Tを適用した場合の鉄骨製作標準が準備されています。施工前に、この鉄骨製作標準に基づき 各BCP325T製造メーカーから鉄骨製作者に対し、溶接施工方法の説明を行います。

Q 3-10 溶接ロボットでNBFW法を施工できますか？

- ・溶接ロボットメーカーが標準ソフトを準備することになります。ほとんどの溶接ロボットメーカーで標準ソフトが準備されていますが、詳細は、各ロボットメーカーにお問い合わせ下さい。

Q 3-11 NBFW法を適用した場合の外観限度見本写真はありませんか？

- ・限度見本は有りませんが、施工を行った外観写真は、各メーカーが持っていますのでお問い合わせください。

Q 3-12 N B F W法で施工した溶接部の施工が適正でなかった場合、グラインダーで手直することは可能でしょうか。また、その施工が適正でなかった場所をはつる場合、どこまではつればよいのでしょうか？

- ・グラインダー手直しは、可能です。ビード U とビード T の積層位置と溶接入熱が非常に重要な管理ポイントで、溶接部の施工が適正でなく、その結果としてオーバーラップや小さなアンダーカット等が発生した場合、グラインダー手直し後の板厚等が規格の寸法許容差内である場合、グラインダー手直しは望ましい施工方法です。
- ・NBFW 法の施工方法が適正でないケースは色々のケースがあり、一概に示すことが出来ません。基本的に NBFW 法で施工が適正でない場合は、“ はつる ” のではなくもう 1 層付け加えることになると思います。

Q 3-13 N B F W法を施工した溶接部の割れ、ブローホールなどをガウジングにより補修する場合、どのように積層するのでしょうか？

- ・割れ、ブローホール等の溶接内部欠陥の補修は、溶接欠陥発生位置で若干補修方法が異なります。ビード U に欠陥が発生する以外は通常補修される方法となんら変わらずガウジングによる欠陥除去—開先清掃—最低 2 層以上の補修溶接で行います。溶接入熱・パス間温度は $30 \text{ K J / c m} \cdot 250$ の施工条件で行います。標準的な施工方法は、「建築構造用高性能冷間プレス成形角形鋼管 B C P 325T を用いた鉄骨柱構造の鉄骨製作標準」または「冷間マニュアル改訂版」に示されています。ビード U に欠陥長が 100mm 以下のような比較的溶接欠陥長さの短い欠陥が発生し補修する場合、溶接欠陥をまずガウジングで除去し開先清掃・最低 2 層以上の補修溶接を行います。その時の溶接入熱・パス間温度は $15 \text{ K J / c m} \sim 22 \text{ K J / c m} \cdot 250$ の施工条件で行います。ビード U のほぼ全長に渡る溶接欠陥が発生した場合は、欠陥部分をガウジングで除去し開先清掃を実施した後、もう一度 N B F W法による溶接施工を実施したほうが望ましいです。但しどのような補修溶接施工にするかは、施工前に設計者や工事監理者に施工要領書を提出し承認を受けたほうが望ましいです。また、このような補修を実施した場合でも NBFW 法が適用されたことを確認できるように補修範囲、及び寸法を測定、記録しておきます。

Q 3-14 N B F W法におけるビードU及びビードTの積層位置をどのように確認すればよいのでしょうか？

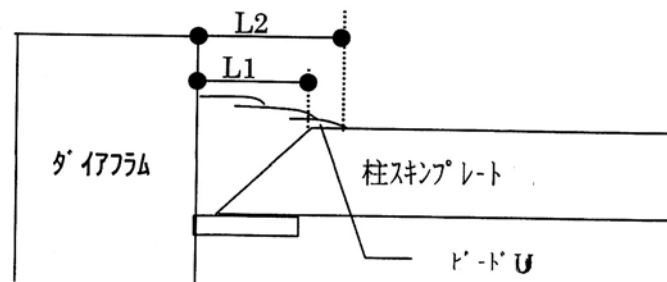
- ・ N B F W法では最終層のビードUならびにビードTを所定の位置に積層することが重要です。以下にビードUおよびビードT積層位置の検査方法の例を示します。なお全自動溶接の場合、所定の位置に安定的に積層できることが確認できれば以下の検査を実施する必要はありません。

[ビードU止端部の位置]

- ・ 溶接施工後に開先上面の端部位置が判るように、ダイアフラムから開先上面の端部までの距離 (L 1) を測定する。
- ・ 溶接施工後、ダイアフラムからビードU止端部までの距離 (L 2) を測定し、当該止端部が所定の位置 (5mm L 1 - L 2 10mm) に積層されていることを確認する。

[ビードT止端部の位置]

- ・ ビードT止端部がビードU止端部から 4mm (0mm超) に積層されているか確認する。



Q 3-15 N B F W施工方法は「建築構造用高性能冷間プレス成形角形鋼管BCP325Tを用いた鋼管構造の鉄骨製作標準」に準拠して施工することになっていますが、そのとおり施工出来なかった場合どのような対応方法がありますか？

- ・ N B F W施工方法は「建築構造用高性能冷間プレス成形角形鋼管 BCP325T を用いた鋼管構造の鉄骨製作標準」に準拠して施工することが望ましいですが、その通り施工できないケースには原則として以下の対応方法があります。
 - ・ 溶接材料、溶接入熱、パス間温度が鉄骨製作標準を満足しない場合、再溶接施工を実施する。
 - ・ N B F W法で施工した溶接部の一部が、溶接材料、溶接入熱、パス間温度について鉄骨製作標準を満足するがN B F W法の積層位置等が鉄骨製作標準を満足しない場合、補修溶接もしくはグラインダ - 手直しによって手直しする。
 - ・ N B F W法で施工した溶接部の大部分が、溶接材料、溶接入熱、パス間温度について鉄骨製作標準を満足するがN B F W法の積層位置等が鉄骨製作標準を満足しない場合、その施工条件の妥当性を確性試験等で確認し、性能評価機関等で審査を受ける。

4. その他

Q 4-1 B C R、B C Pの納期はどの程度ですか？

- ・ B C Rに関しては、ほぼ全国的に在庫販売が行われていますので、鋼材店に問い合わせてください。B C Pに関しては、各メーカーにご相談下さい。
- ・ 耐火鋼仕様の場合は、B C R、B C Pとも受注生産となります。各メーカーにご相談下さい。

関連：Q 4-1

Q 4-2 B C R、B C Pの判別は可能なのですか？

- ・ B C Rは、コラムの外面に「□」と「社章」などを交互に連続マーキングしており、S T K Rなどとの判別は可能です。
- ・ また、製品ラベルおよびマーキングが施されており、製造業者、商品名、種類の記号、断面寸法、長さなどが記載されています。
- ・ B C Pに関しては、製品ラベルおよびマーキングにより判別が可能です。
- ・ また、原則としてコラム内面側には、S N材の連続マーキングが施されています。
- ・ B C R、B C Pともミルシートが発行されます。

Q 4-3 現在どのメーカーがBCR、BCPの大臣認定を取得して製造販売しているのでしょうか？

・2007年1月現在の状況を記します。

【BCR】

共英建材工業（株）	：キョウエイコラムBCR
JFE鋼管建材（株）	：KKコラムBCR
JFEスチール（株）	：JFEコラムBCR
ナカジマ鋼管（株）	：NコラムBCR
日鐵住金建材（株）	：UコラムBCR
丸一鋼管（株）	：マルイチコラムBCR

【BCP】

佐々木製罐工業（株）	：SKコラム - BCP
（株）セイケイ	：Pコラム - BCP
ナカジマ鋼管（株）	：NコラムBCP
ニッテツコラム（株）	：UコラムW - BCP Cコラム - BCP

【テーパーBCP】

佐々木製罐工業（株）	：SKテーパーコラム - BCP
（有）三和コラム	：SANWA絞りコラム - BCP
（株）セイケイ	：Pテーパーコラム - BCP
ニッテツコラム（株）	：テーパーコア - BCP

（アイエ順）

その他、詳細な内容に関しましては、「冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル（改訂版）」をご参照ください。

（ビルディングレター'04.4抜粋）*

：ビルディングレター'04.4に掲載された【平成15年9月改訂版「冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル」講習会における質問と回答】より抜粋。