

2 . 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

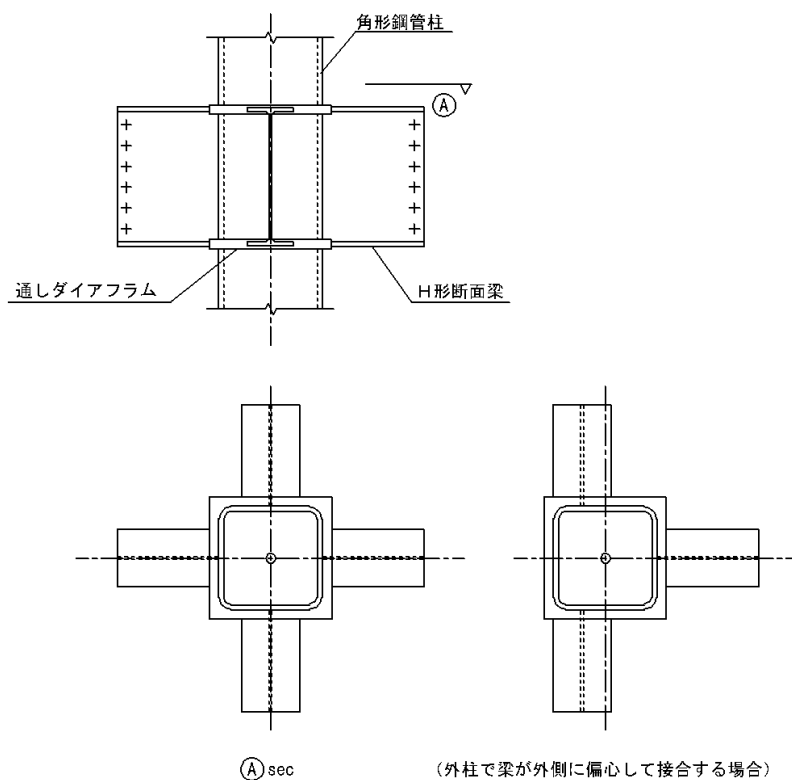
本章では、角形鋼管柱を用いた柱梁接合部に関して、合計14の部位の接合部ディテールを紹介し、それぞれ問題となる点や改善策等を示す。

(1) 通しダイアフラムを用いた柱梁接合部の標準ディテール

対象部位の概要

一般的に用いられる柱梁接合工法である。柱を切断してダイアフラムと溶接するため柱端接合部の性能確保が重要となる。外柱で梁が外側に偏心して接合される場合に、内ダイアフラム形式に比べて梁の接合が容易である。

検討対象とする接合部ディテール



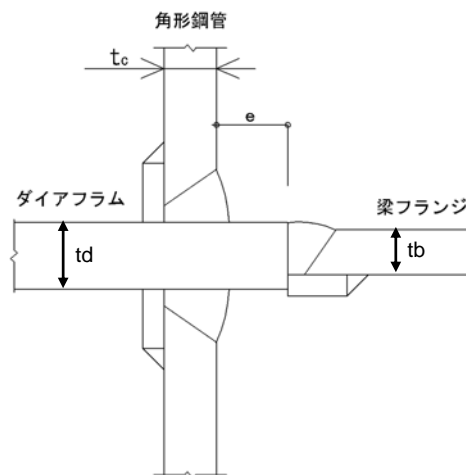
検討課題

柱端接合部の性能確保のために、以下の項目について注意が必要である。

- 通しダイアフラムの板厚
- 通しダイアフラムの材質
- ダイアフラムの出寸法
- 接合部パネルの板厚

検討課題に対応した接合部ディテールの例

- 1) 通しダイアフラムの板厚(t_d)は、梁フランジの最大厚(t_b)の2サイズアップが望ましい。
- 2) 通しダイアフラムの材料強度は、柱および梁の材料強度と同等かそれ以上の材料強度とする。材質は、原則としてSN材(建築構造用圧延鋼材)のC種とする。
- 3) 通しダイアフラムの出寸法 e は、25mm (柱スキンプレート厚(t_c) < 28mm の場合) または 30mm ($t_c \geq 28$ mm の場合)とする。(参考文献：冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル¹⁾)
- 4) 角形鋼管とダイアフラムの溶接は、裏当て金付きの完全溶込みT継手とする。



検討課題対応に関する留意点

- 1) 通しダイアフラムは、板厚方向に引張力が生じるため、C種が望ましい。
- 2) ダイアフラム板厚が40mmを超える場合は、基準強度(F値)の低下に注意して設計する。
- 3) 接合部パネルの板厚は、上下階柱の板厚の大きい値とする。
- 4) 上下階で柱径が同じで板厚が異なる柱を接合する場合は、ずれが生じやすい点に留意する必要がある。

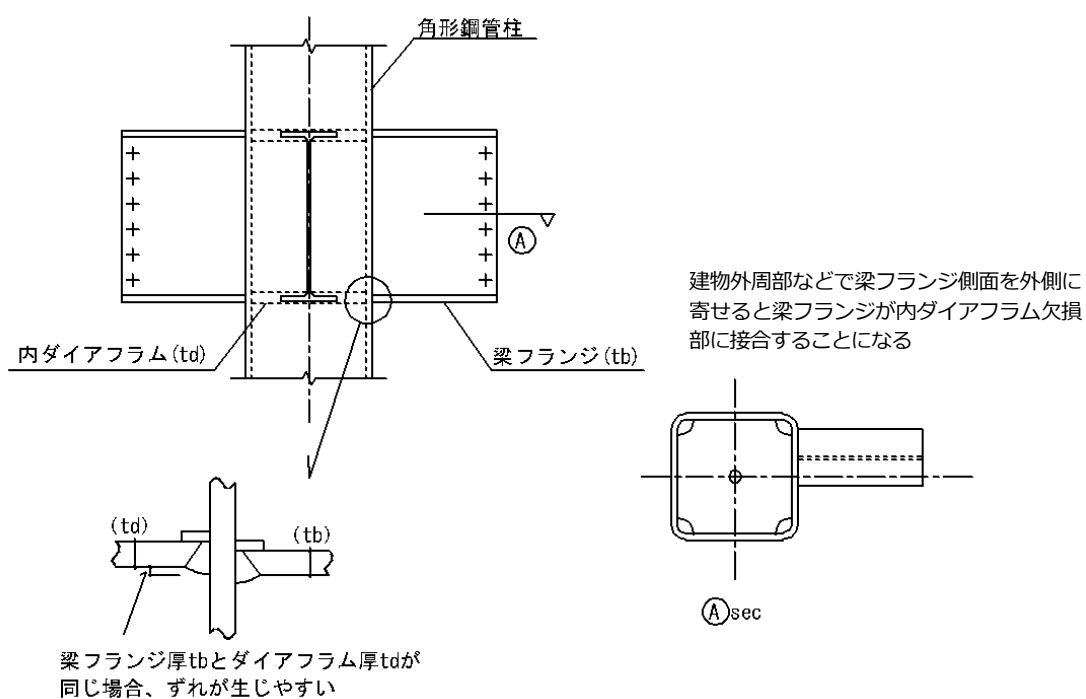
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(2) 内ダイアフラムを用いた柱梁接合部の標準ディテール

対象部位の概要

柱梁接合部のダイアフラムとして内ダイアフラムを用いる場合の柱梁接合部ディテールである。内ダイアフラムの板厚や梁が偏心して取り付けの場合の接合部ディテール等に注意する必要がある。

検討対象とする接合部ディテール



検討課題

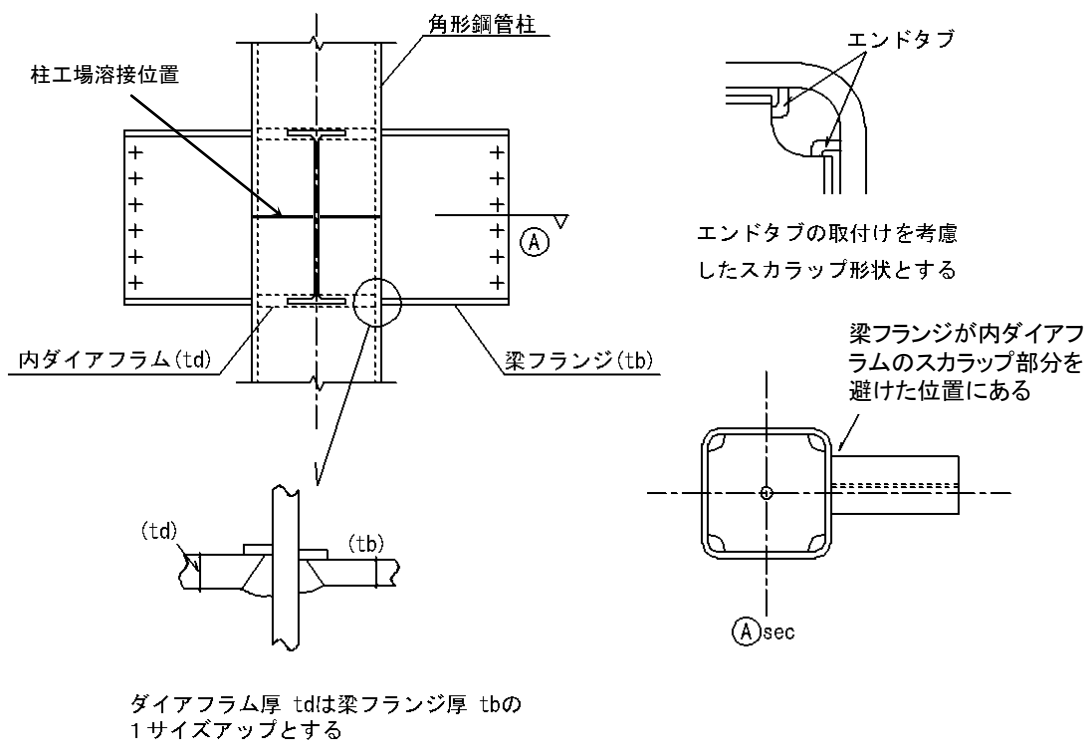
内ダイアフラムの板厚と材質を検討する。
柱に梁が偏心して取り付けの場合、内ダイアフラムのスカラップの大きさ等を考慮して梁の取り付け位置を検討する。

検討課題に対応した接合部ディテールの例

1) 内ダイアフラムの板厚と材質

- ・板厚(td) (内ダイアフラム): 集合する梁フランジの最大厚(tb)の1サイズアップが望ましい。また, 角形鋼管の角部を避け, エンドタブの取付けを考慮してスカラップを設ける。
- ・材質: 取り付く梁の最上位の強度とする。

2) 梁が柱に偏心して取り付く場合は, 内ダイアフラムのスカラップ欠損部分を避けた位置で接合する。



検討課題対応に関する留意点

- 1) 内ダイアフラムに取り付く角形鋼管柱について, 板厚方向に生じる引張応力に適した材質を採用する場合もある。
- 2) 柱溶接の前に内ダイアフラムの検査が必要となることに留意する。

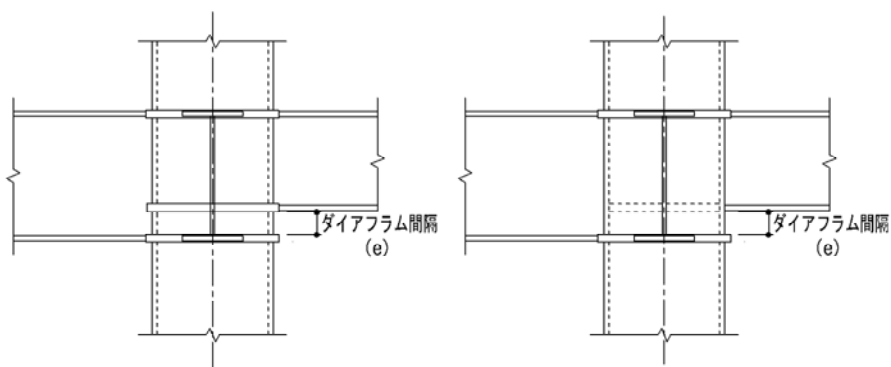
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(3) 梁せいが異なる場合の柱梁接合部の標準ディテール

対象部位の概要

梁せいが異なる場合の柱梁接合部では、それぞれの梁フランジ位置には、通しダイアフラムもしくは内ダイアフラムが配置される。ダイアフラムの間隔によっては製作および非破壊検査が困難となる場合がある。

検討対象とする接合部ディテール



(a)タイプ 通しダイアフラム形式

(b)タイプ 内ダイアフラム形式

検討課題

通常、通しダイアフラムで設計される場合が多いが、以下の検討課題を有する。

ダイアフラム間隔(e)が 150mm 未満の場合、溶接の可否を検討する必要がある。

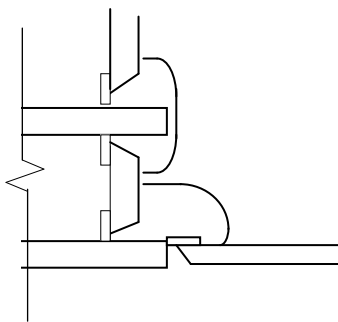
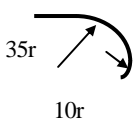
ダイアフラム間隔(e)が 150mm 未満の場合(「(4) UT検査が可能なダイアフラムの最小間隔」参照)。

特に、超音波探傷検査の可否を検討する必要がある。

段違い形式の接合部であるため、接合部パネルに生じるせん断力が変動するため、その点について検討が必要である。

中段の通しダイアフラム部位は、加工が複雑となる。大梁のウェブにスカラップを設ける場合は、ウェブの欠損が過大とならないよう留意する必要がある。

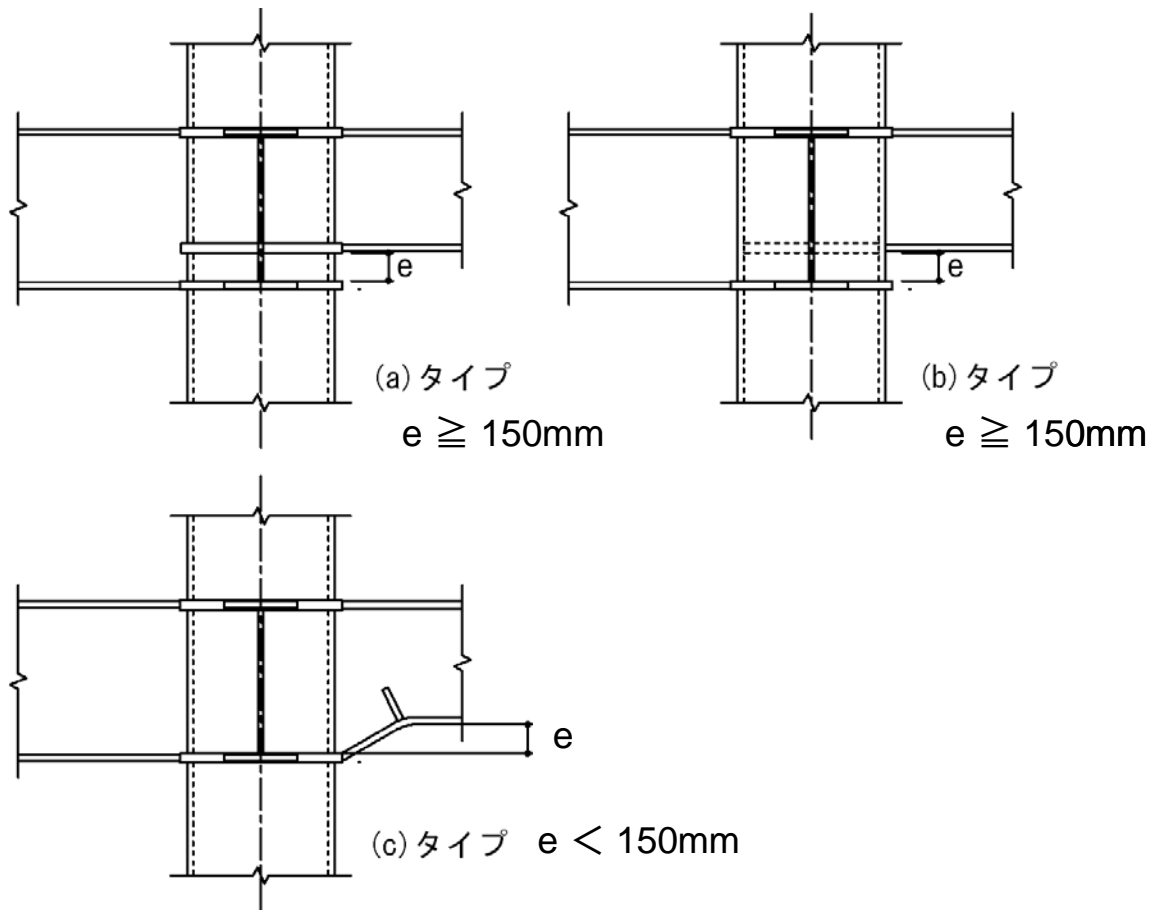
スカラップ形状
35r と 10r の複合円



(35r,10rは、スカラップ形状を決める円弧の半径で、それぞれ半径35mm,10mmを意味する)

検討課題に対応した接合部ディテールの例

ダイアフラム間隔 (e : ダイアフラムとダイアフラムの内法) が 150mm 以上ある場合は(a)タイプもしくは(b)タイプを採用し, 150mm 未満の場合は(c)タイプを採用する.



検討課題対応に関する留意点

- 1) (b) タイプを採用する場合, 柱幅と梁幅の関係で梁フランジ端部が角形鋼管角部に位置しないように留意する. また, 通しダイアフラムを組み立てる前に, 内ダイアフラムの溶接部の検査が必要となることに留意する.
- 2) (c) タイプを採用する場合, 下フランジがダイアフラムに斜めに接合することによって鉛直方向の長さが大きくなるため, この点を考慮してダイアフラムの板厚を定める.
- 3) (c) タイプを採用する場合, 天井・カーテンボックスなど仕上げに留意する.
- 4) (c) タイプの梁の曲げ加工の外曲げ半径は, $10tb$ (tb : 梁フランジ厚) 以上とする.

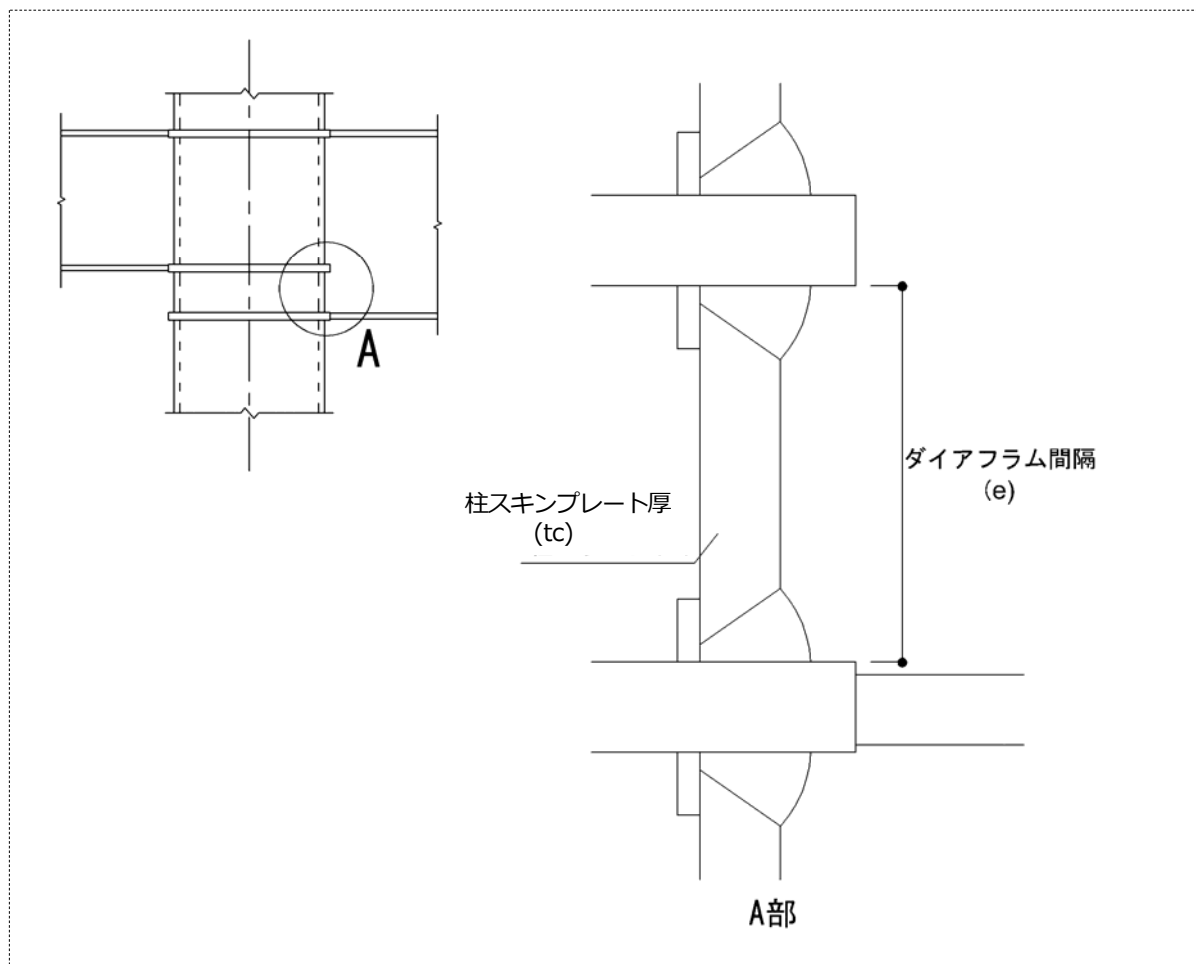
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(4) UT検査が可能なダイアフラムの最小間隔

対象部位の概要

柱スキンプレートの板厚に応じた通しダイアフラムの間隔について検討する必要がある。

検討対象とする接合部ディテール



検討課題

超音波探傷検査が可能となるダイアフラム間隔を検討する。

検討課題に対応した接合部ディテールの例

一般には段差 150mm 程度が目安となるが、柱スキンプレート厚(tc)に応じて変化する。ここでは一例として、UT検査が可能かどうかの観点から検討した結果を以下に示す。

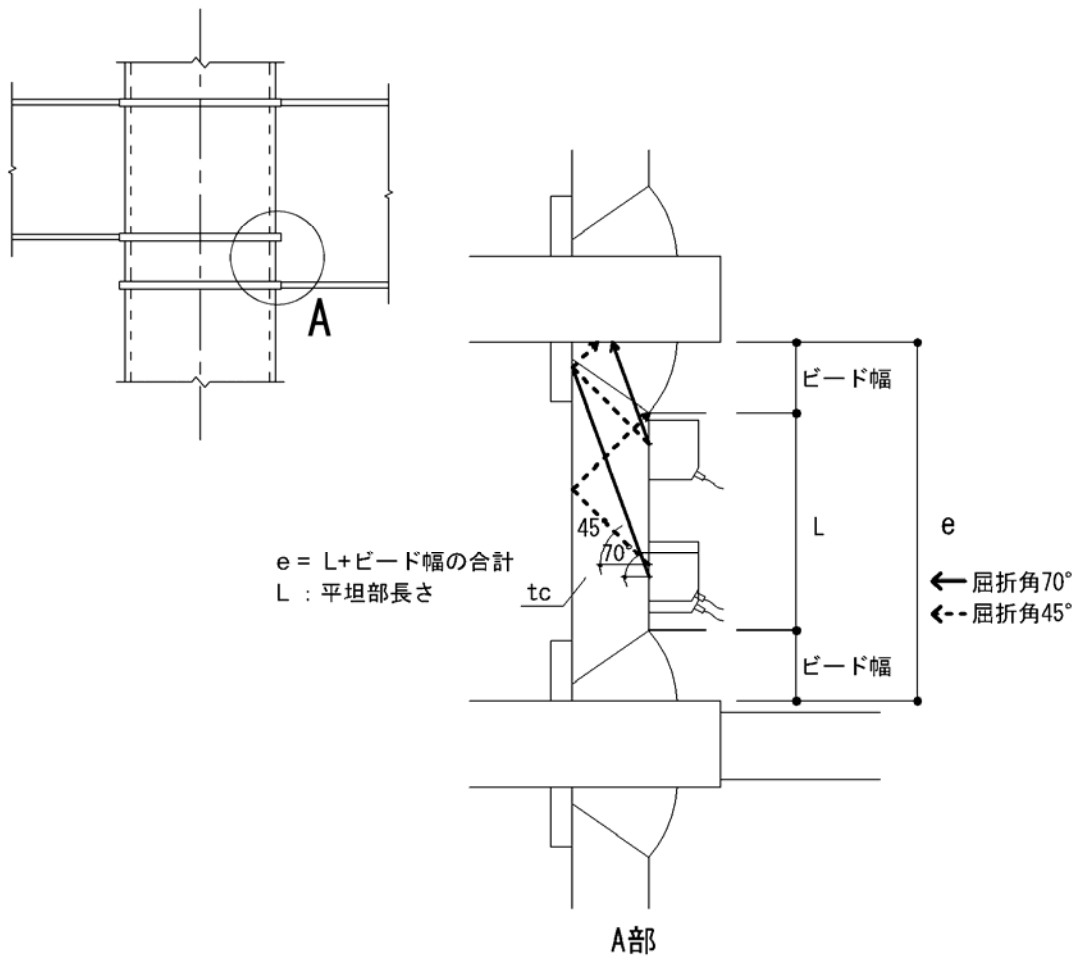
柱スキンプレート厚 tc=25mm 許容段差(内々寸法) e=125mm 以上

” tc=28mm ” e=135mm ”

” tc=32mm ” e=150mm ”

” tc=36mm ” e=160mm ”

(ルートギャップ：7mm，開先角度：35°，屈折角：45°，70°併用の場合)



検討課題対応に関する留意点

ダイアフラム間隔の寸法，ビード幅，柱スキンプレート厚を考慮して検討する必要がある。

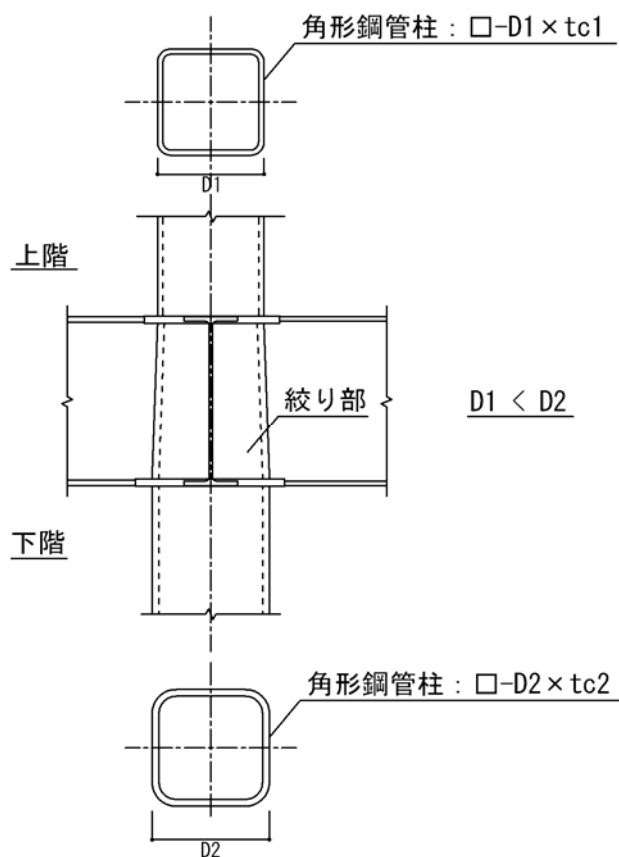
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(5) 柱絞り部のディテール

対象部位の概要

下階と上階の柱サイズが異なって設計される場合、下階と上階の間に位置する接合部パネルは、絞り形状とする必要が生じる。

検討対象とする接合部ディテール

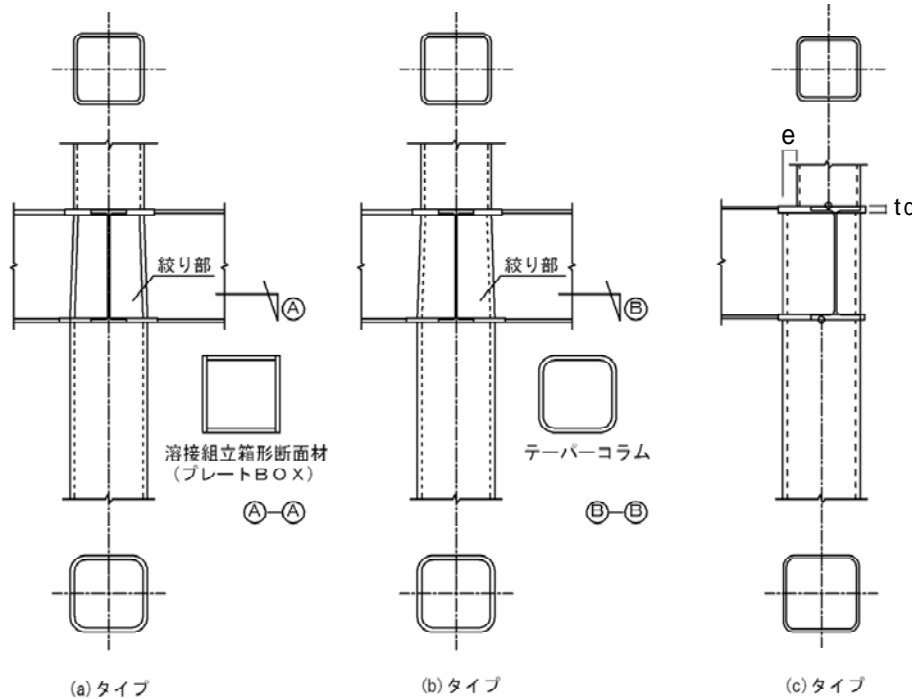


検討課題

柱絞り部の接合形式および製作法を検討する。

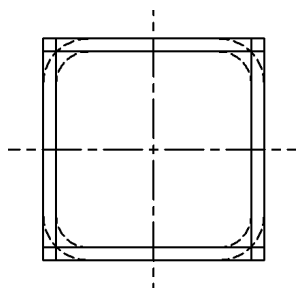
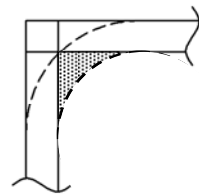
検討課題に対応した接合部ディテールの例

角形鋼管柱の柱サイズが切り替わる柱絞り部は、溶接組立箱形断面材（プレートボックス）もしくはテーパコラムの採用を標準とする。（下図の(a)タイプおよび(b)タイプ）



検討課題対応に関する留意点

- 1) テーパーコラムを用いる場合は、納期および材質に留意する。
- 2) 溶接組立箱形断面材を用いる場合は、角形鋼管柱と接合部パネルで角部の形状が異なるため、ずれについて確認を行う。溶接組立箱形断面材とした場合、ずれが生じる部分の応力伝達を FEM 解析等によって検証する方法とずれが生じる部分を断面欠損として評価する方法がある。



柱絞り部上下端と角形鋼管柱との応力伝達では、両者の断面が重ならない図中の角形鋼管柱の網掛部分を無効部分(断面欠損)として検討する。断面欠損を考慮した角形鋼管の断面積

$$= A_s - (R - t_c)^2 \times (4 - \pi)$$

A_s : 角形鋼管の全断面積

R : 角形鋼管角部外側の曲率半径 (BCP:3.5 t_c , BCR:2.5 t_c)

t_c : 板厚

BCP の場合、若干断面積が小さくなる

- 3) 角形鋼管角部外側の曲率半径が BCP では 3.5 t_c 、BCR では 2.5 t_c と形状が異なることに留意する。
- 4) 上下階の柱径が異なり、通しダイアフラムの板厚を大きくして直接接合する方法（上図の(c)タイプ）では柱幅を 300mm 以下、上階柱と下階柱の径差(e)を 50mm 以下とする。ダイアフラムの板厚 t_d については文献 2) に設計の考え方と必要板厚が示されている。

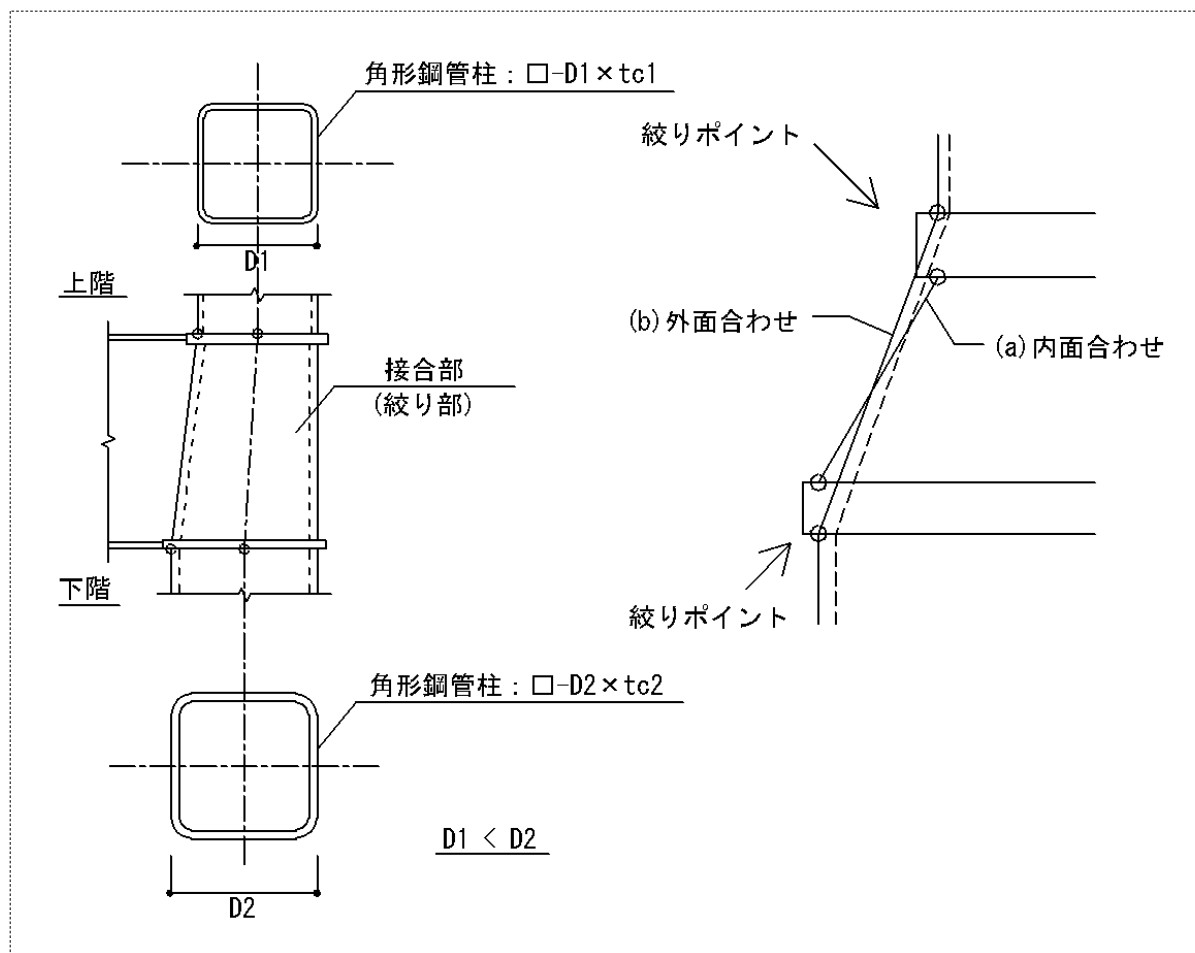
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(6) 柱絞り部の絞りポイント

対象部位の概要

上下階の柱サイズが異なる場合の柱絞り部の絞りポイントについて検討する必要がある。

検討対象とする接合部ディテール



検討課題

絞りポイントを決定する。

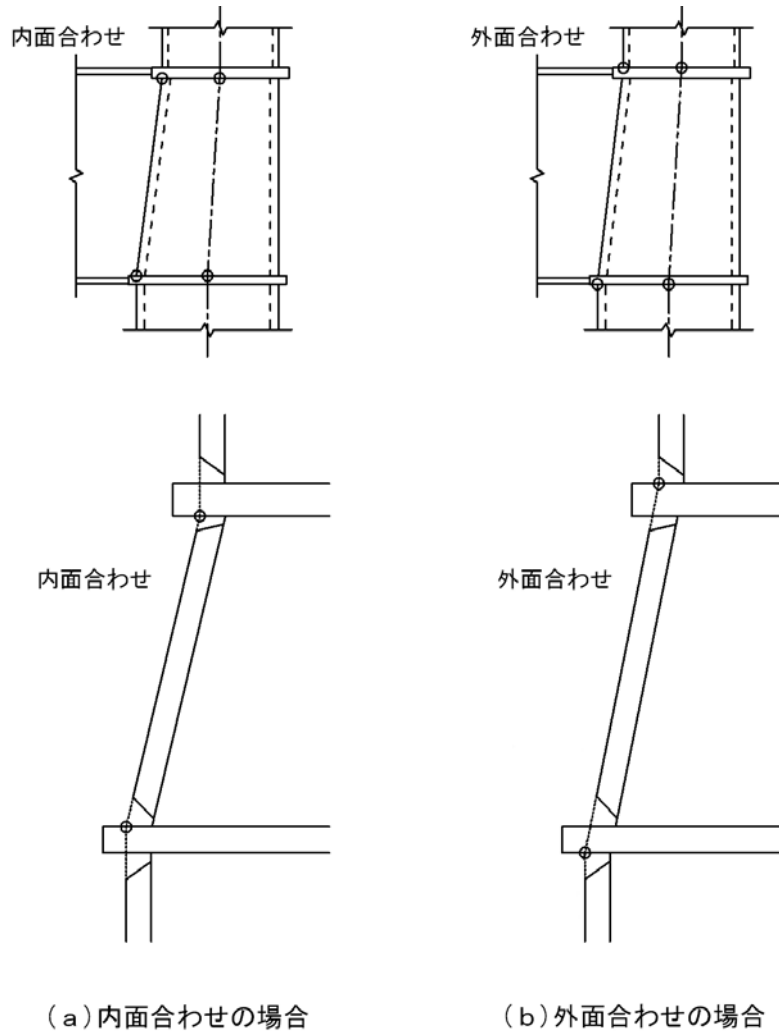
絞りポイントによって、柱と絞り部スキンプレートの軸心の一致する位置が異なるので、絞りポイントの相違により発生する応力が異なることに留意する。

内面で合わせた場合、位置決めが容易となり、誤差が少なくなる。

絞りポイントを内面合わせと外面合わせの中間となるダイアフラム板厚の中心とする場合、組み立て時のずれが大きくなる可能性がある。

検討課題に対応した接合部ディテールの例

角形鋼管柱の絞りポイントの狙い点は、ダイアフラムの内側を基本とする。



検討課題対応に関する留意点

- 1) 絞りポイントによってダイアフラムに発生する応力に留意する。
- 2) 内面合わせは、外面合わせに比べて、パネル断面変化の割合を示すテーパ率が上下のダイアフラム分だけ厳しくなる。ただし、外面合わせを選択したい場合には、内面合わせと比べて仕口のずれが大きくなるように、柱、パネルの板厚に留意する。

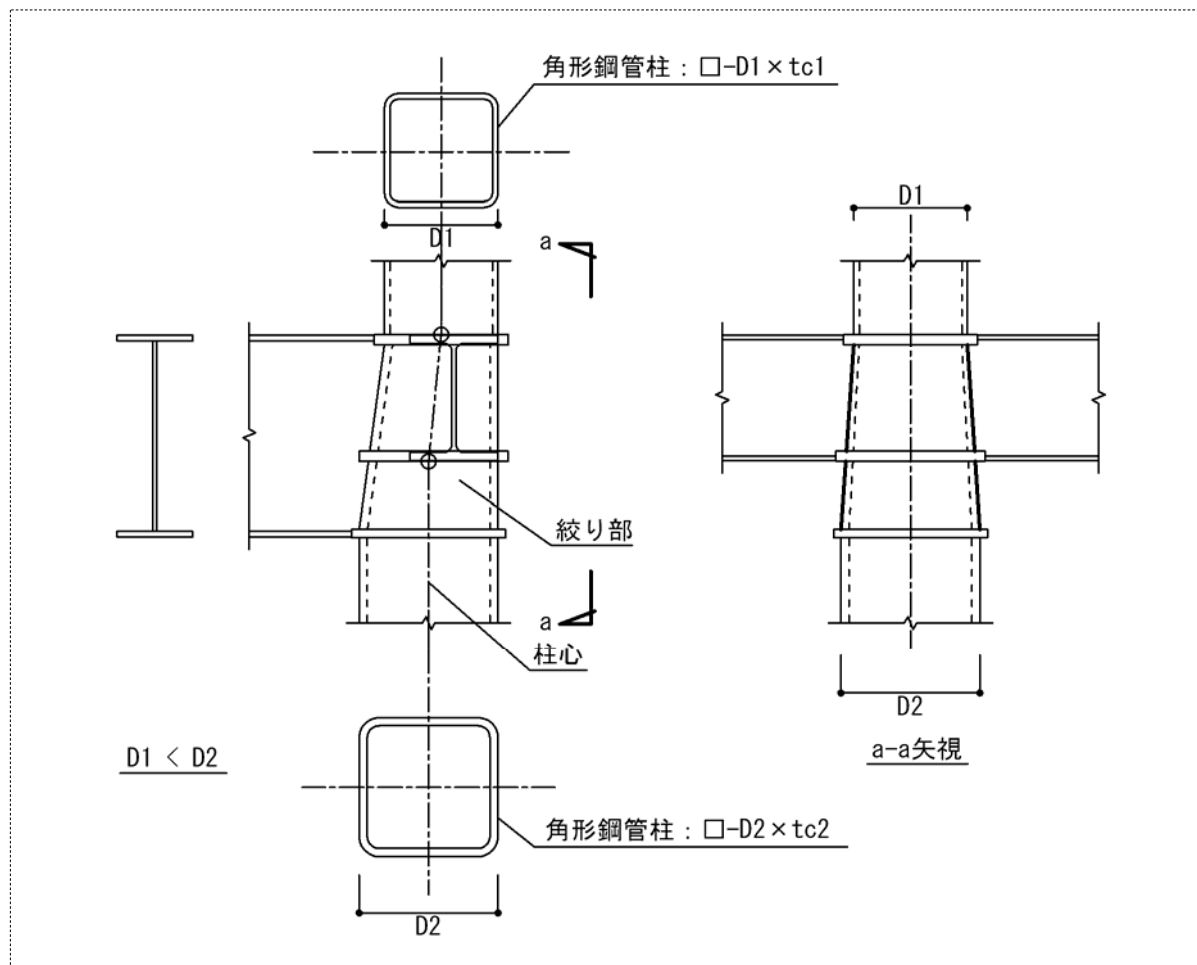
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(7) 柱絞り部の梁段違い形式ディテール

対象部位の概要

角形鋼管柱の絞り部で梁せいが異なる場合、どの範囲にテーパを設けるか検討する必要がある。梁せいの小さい部分にテーパを設ける場合と、梁せいの大きい部分にテーパを設ける場合がある。

検討対象とする接合部ディテール



検討課題

梁せいの小さい部分にテーパを設ける場合は、梁ウェブの加工が複雑になるので留意する。梁せいの大きい部分にテーパを設ける場合は、テーパ部分が分割されるのでずれが生じやすい点に留意する。

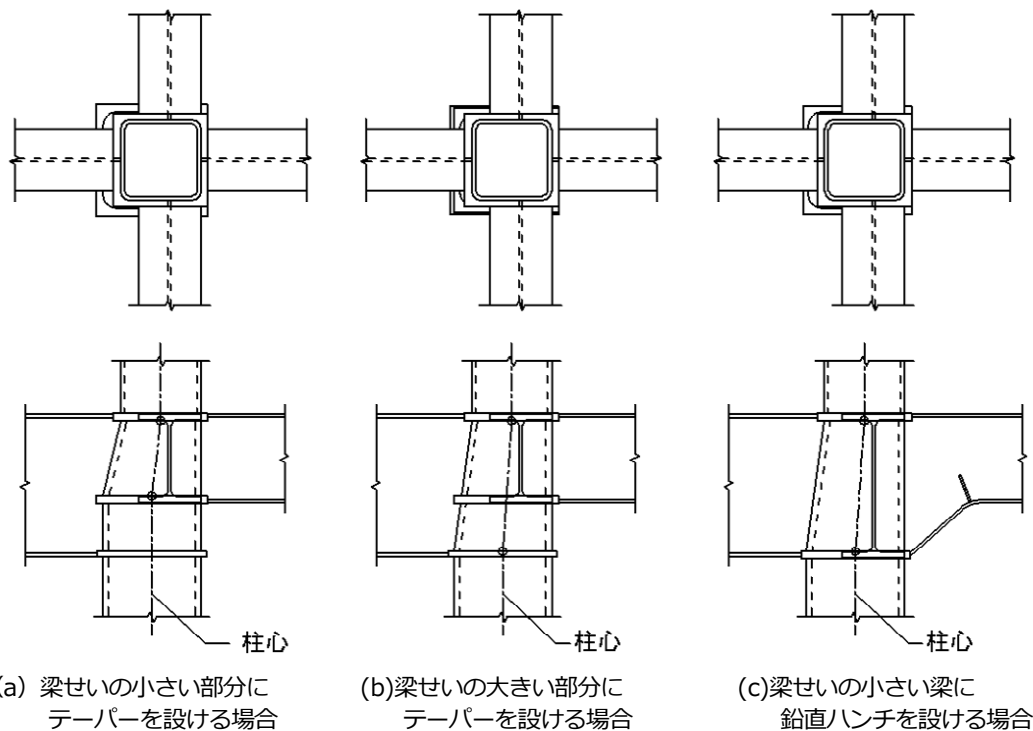
梁段違い形式接合部であるため、接合部パネルの有効体積を考慮した検討を行う。(参考文献：鋼構造接合部設計指針²⁾ 5.2 異形接合部パネル)

梁せいの大きい部分にテーパを設ける場合(柱径を最下段のダイアフラム位置より D2 から D1 に絞る場合)、中段のダイアフラム位置の柱の断面性能が下階柱(径が D2 の柱)より低下する。

応力の流れを円滑にするために、小さい梁に鉛直ハンチを設け、接合部の複雑化を避ける。

検討課題に対応した接合部ディテールの例

- 1) 梁せいの小さい部分にテーパを設ける(a)タイプ。
- 2) 梁せいの大きい部分にテーパを設ける(b)タイプ。
- 3) 梁せいの小さい梁に鉛直ハンチを設ける(c)タイプ。



(a)タイプを採用する場合、梁ウェブのテーパ角が過大とならないよう留意する。

検討課題対応に関する留意点

- 1) (a)タイプの場合、柱スキンプレートの折れ曲がり角度に応じてダイアフラム内に分力が生じる。
- 2) (b)タイプの場合、中段のダイアフラムによってテーパ管が分断される。分断によってずれが生じる場合の処理を予めテーパ管の板厚に盛り込む。
- 3) (a)(b)(c)タイプ共、熱影響部が干渉しないようにダイアフラムの出寸法に留意する。
- 4) (a)(b)タイプを採用する場合、接合部パネルに上下柱断面偏心に伴う付加曲げモーメントを考慮して接合部パネルを設計する。(参考文献：鋼構造接合部設計指針²⁾ 5.2 異形接合部パネル)
- 5) (a)(b)タイプを採用する場合、上下パネルに作用するせん断力が異なることを考慮した弾性剛性・耐力を検討する。(参考文献：鋼構造接合部設計指針²⁾ 5.2 異形接合部パネル)
- 6) (a)(b)タイプで中段のダイアフラム部位にスカラップを設ける場合、大きい梁のせん断力に対するウェブ有効断面積がスカラップにより減少することに留意する。
- 7) (c)タイプを採用する場合、ハンチ勾配が過大とならないよう留意する。
- 8) (c)タイプを採用する場合、食い違いが生じないようダイアフラム厚に留意する。

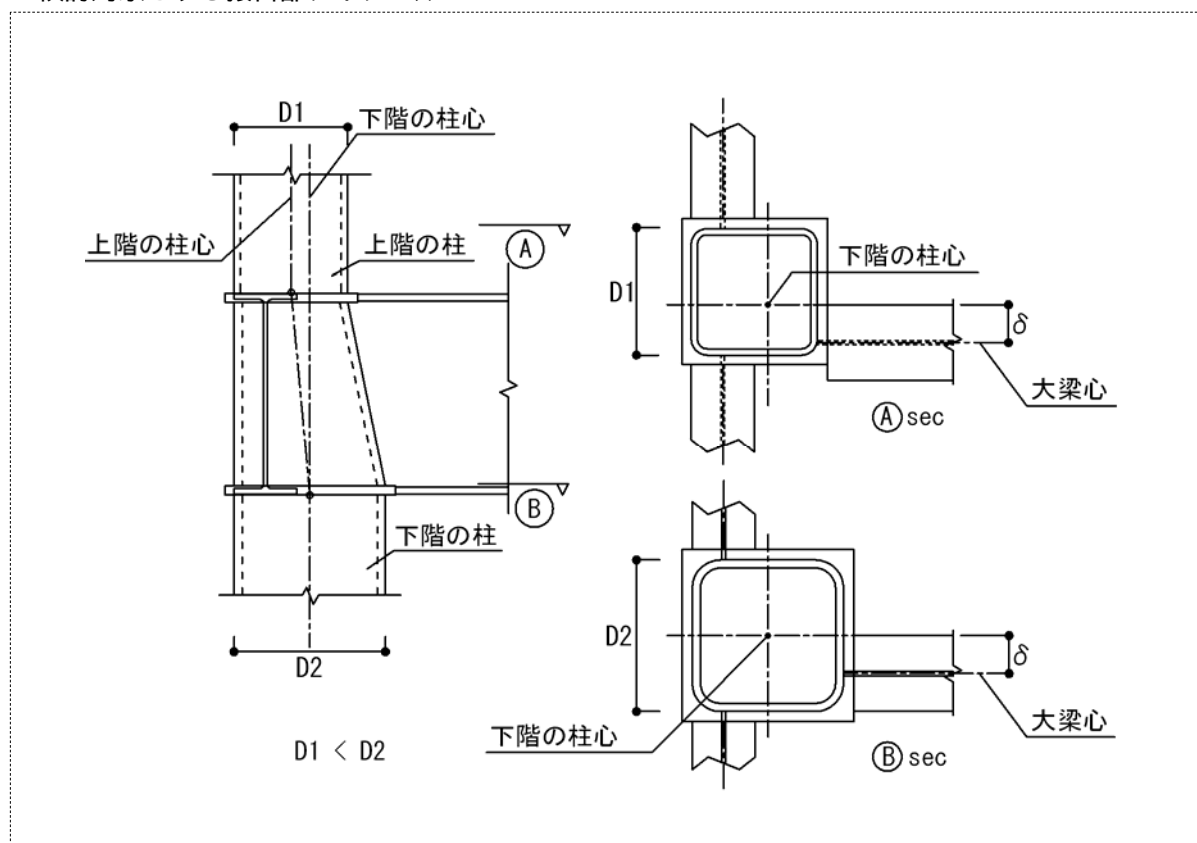
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(8) 柱心と梁心のずれが生じる柱絞り部ディテール

対象部位の概要

上下階の柱サイズが異なり、柱絞り部で柱心と梁心のずれが生じる場合の納まり。

検討対象とする接合部ディテール

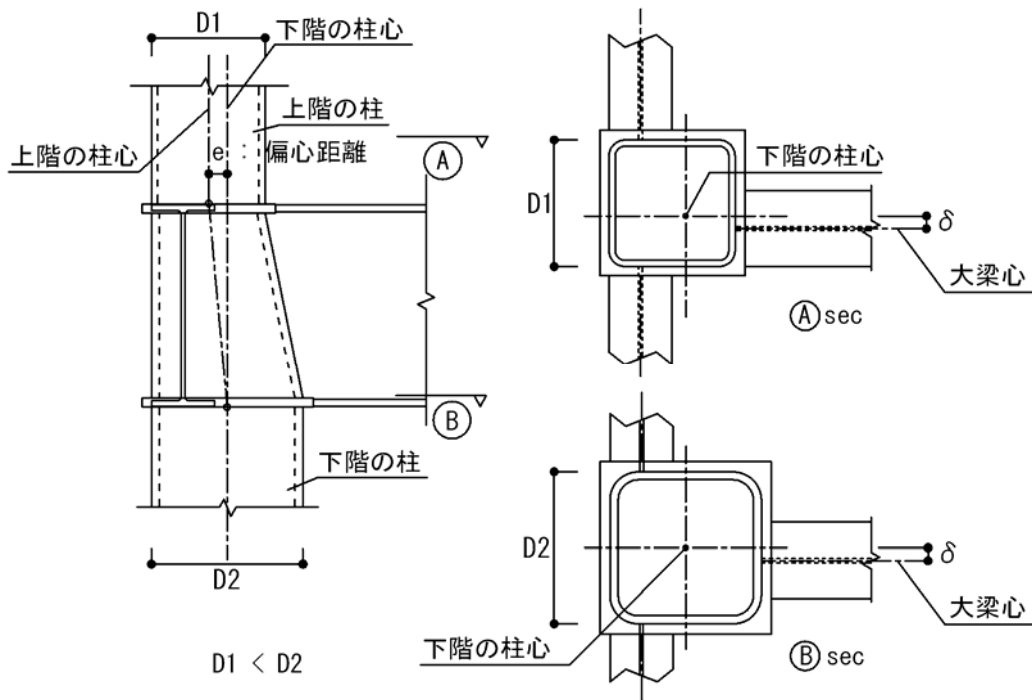


検討課題

上下階角形鋼管柱の隅（上図では左上）を基準に合わせて、上階の柱を絞る場合、大梁の上フランジは通しダイヤフラムからはずれ、また大梁のウェブは、柱の角部に取り付いている。

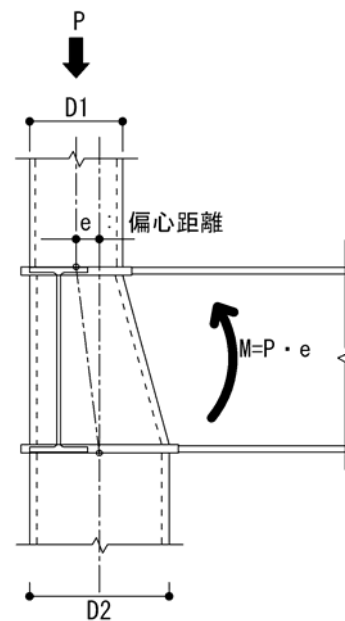
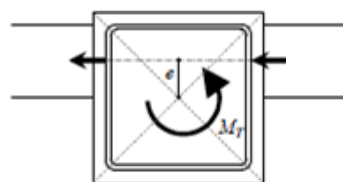
検討課題に対応した接合部ディテールの例

大梁心は，上下階の柱位置を確認して決定する．



検討課題対応に関する留意点

- 1) 柱心と梁心のずれによって生じる柱の捩りモーメント M_T に留意する。(参考文献：鋼構造接合部設計指針²⁾ 5.2 節 異形接合部パネル，および 三木，他：角形鋼管柱に梁が偏心して取りつく接合部の実験³⁻⁴⁾)
- 2) また，上下階の柱心が異なる場合は，絞り量に応じて偏心モーメントが発生する．軸力に応じた偏心モーメントに対し，架構およびパネル部の検討を行う(右図参照，参考文献：鋼構造接合部設計指針²⁾ 5.2 異形接合部パネル).



$D1 < D2$

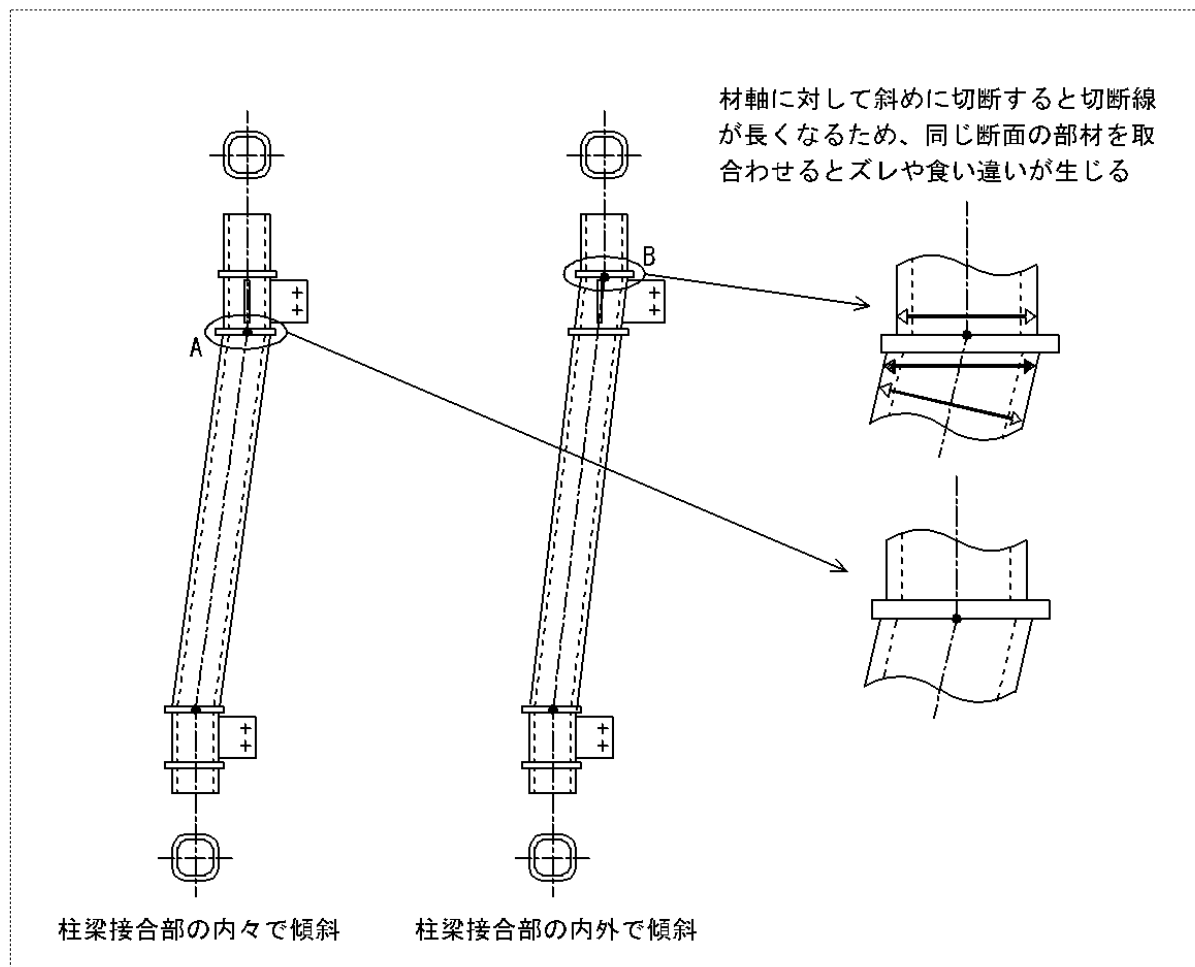
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(9) 斜め柱に取り合う柱梁接合部のポイント

対象部位の概要

斜線制限がある場合、斜め柱が計画されることが多い。その際、斜め柱の柱端接合部の納まりに配慮が必要となる。

検討対象とする接合部ディテール

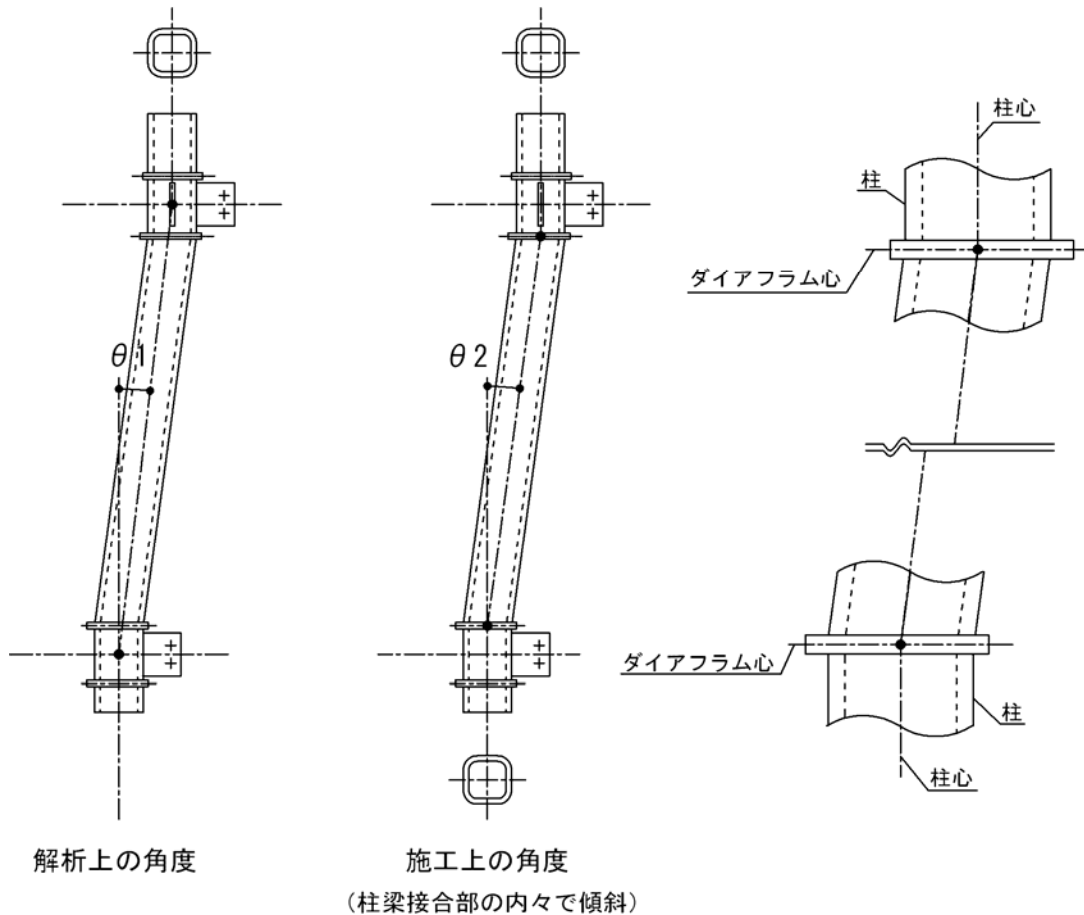


検討課題

柱を傾斜させ、接合部パネルを傾斜させない場合、接合部パネルの柱スキンプレート切断面長さと傾斜する柱スキンプレート切断面長さに差が生じる。

検討課題に対応した接合部ディテールの例

柱スキンプレート切断面長さの差を考慮して、ダイアフラム心を折り曲げポイントとする。



$$\theta_1 < \theta_2$$

θ_1 : 解析上の角度

θ_2 : 施工上の角度

検討課題対応に関する留意点

- 1) 上下階の柱梁接合部の内々で傾斜させる場合、解析上の角度 θ_1 と施工上の角度 θ_2 が異なるので、勾配の違いによる柱の剛性や梁に生じる軸力の評価について、設計上留意する必要がある。
- 2) 接合部パネルを傾斜させず柱の傾斜角度が大きい場合は、柱スキンプレートの切断長さが異なるので、ダイアフラムの板厚に留意する。

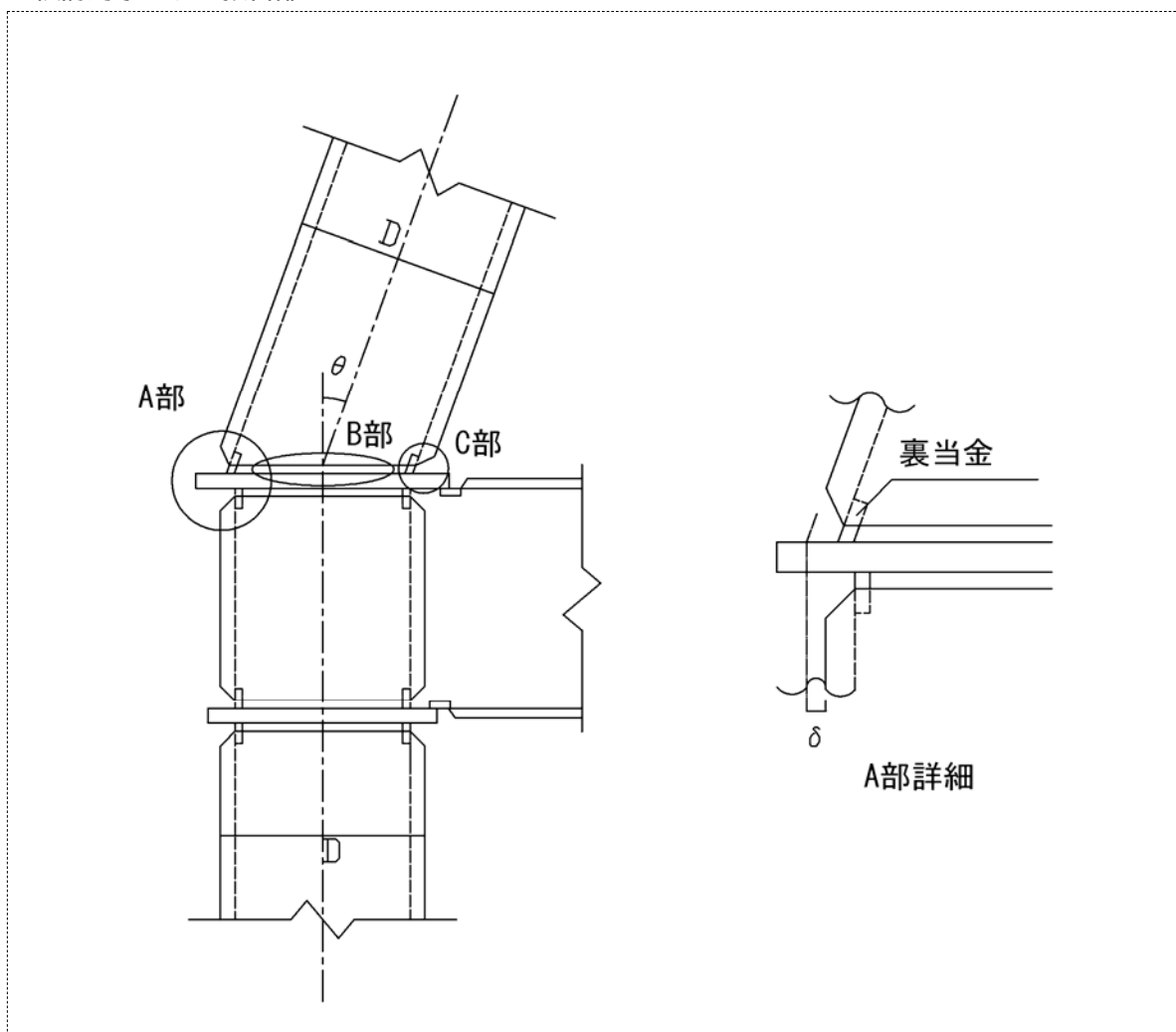
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(10) 斜め柱に取り合う柱梁接合部のディテール

対象部位の概要

斜線制限等から、建物をセットバックさせる場合には、角形鋼管柱を斜めに切断する必要がある。この場合、切断面形状に一致する角形鋼管断面サイズがないため、接合形式によっては水平ダイヤフラム位置の接合部にずれが生じやすい。

検討対象とする接合部ディテール



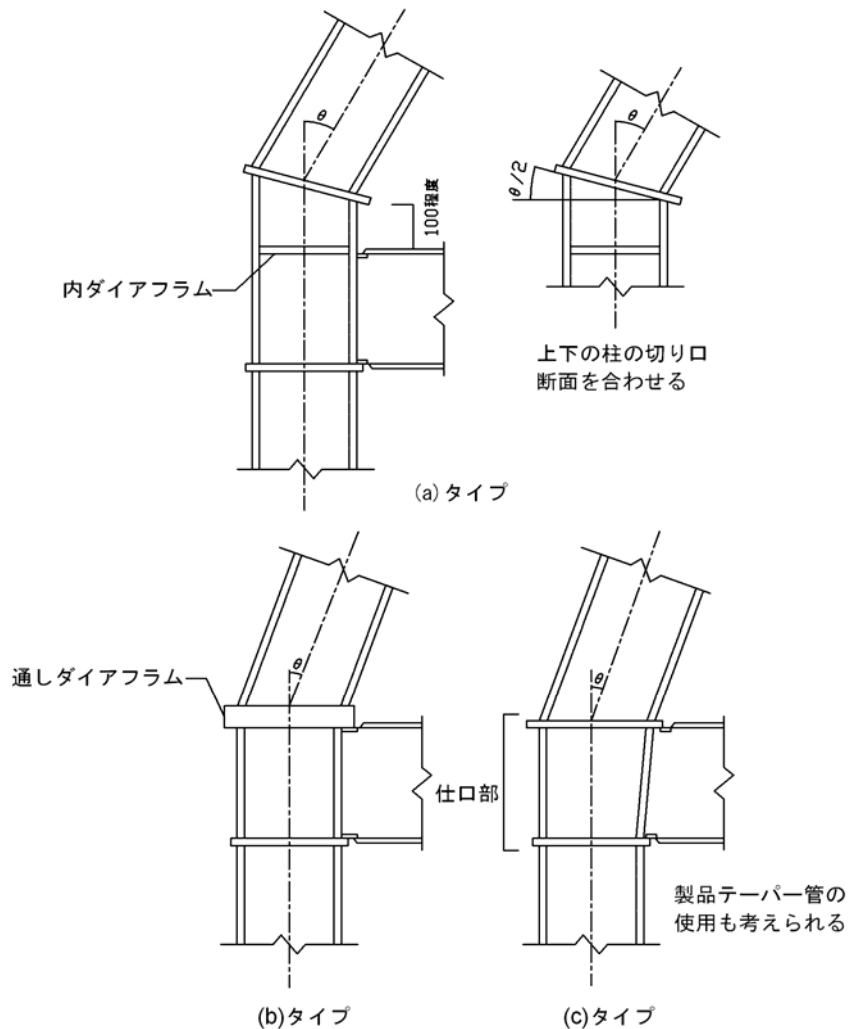
検討課題

セットバック柱の軸心と下側直柱の軸心が一致する場合でも、図中の柱スキンプレートのずれ()による応力伝達を検討する。

柱スキンプレートのずれ()が生じ難い接合形式を検討する。

検討課題に対応した接合部ディテールの例

- 1) 仕口の 100mm 程度上部に柱の折り曲げ点を設ける (a) タイプ .
- 2) 板厚が大きい通しダイアフラムを使用する (b) タイプ .
- 3) 接合部パネルを逆テーパ形状とする (c) タイプ .



(参考文献：実例でわかる工作しやすい鉄骨設計 第3版⁵⁾, p.49)

検討課題対応に関する留意点

- 1) (a)タイプは、接合位置が上昇するがずれが生じ難く対応しやすい工法である .
- 2) (b)タイプは、径差および柱傾斜角が小さい場合に採用可能である . この場合、通しダイアフラムの剛性および耐力の検討が必要である .
- 3) (c)タイプは、ずれが生じ難い工法である . 溶接組立または製品テーパ管を用いる .
- 4) (b)タイプにおけるダイアフラム板厚の決定方法について以下の参考文献がある .
 (参考文献：建築技術者の鉄骨 Q&A(2集)⁶⁾, p.11)
 (参考文献：冷間成形角形鋼管「Q&A」集⁷⁾, p.13)

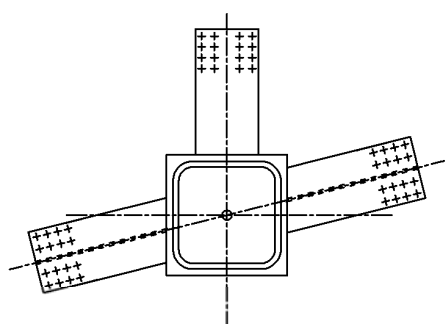
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(1 1) 梁が水平方向に斜めに交わる柱梁接合部のディテール

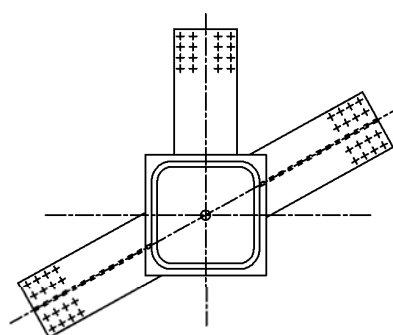
対象部位の概要

角形鋼管柱に対して，梁が平面的な傾き角度をもって取付く場合で，特に取付く傾き角度が大きい場合，その接合部ディテールに留意する．

検討対象とする接合部ディテール



平面的な傾き角度が小さい場合



平面的な傾き角度が大きい場合

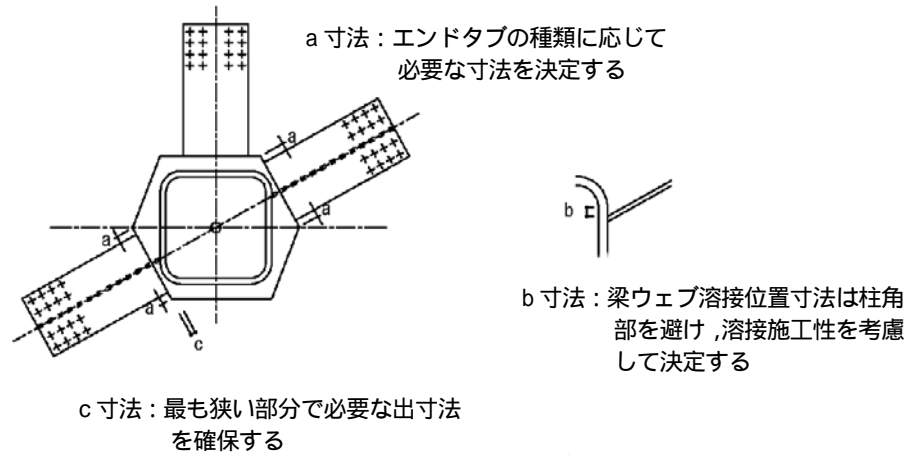
- ・ 梁フランジの溶接線が直線でなくなる
- ・ エンドタブを取付けにくい

検討課題

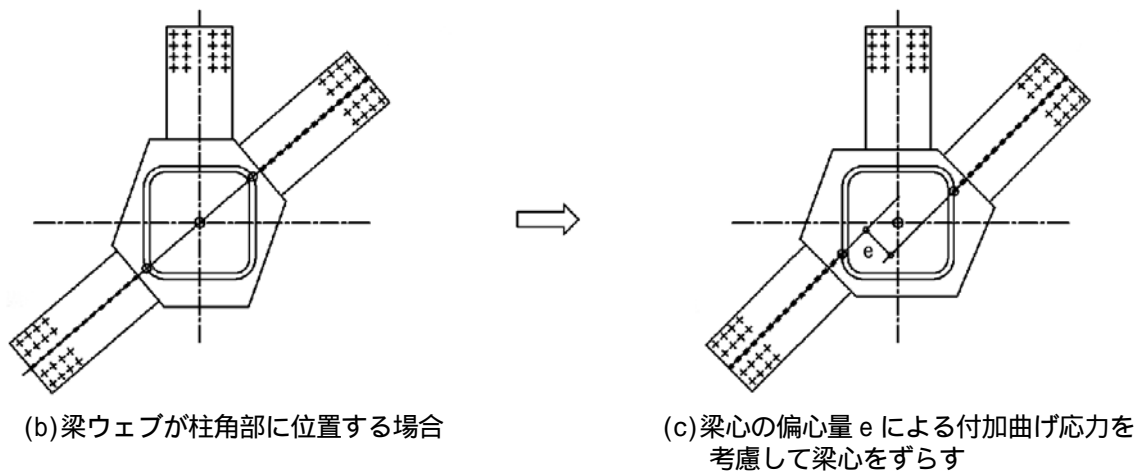
取付く梁の平面的な傾き角度が大きい場合，取付く梁のフランジおよびウェブと柱部の関係に留意して接合部ディテールを決定する．

検討課題に対応した接合部ディテールの例

梁の取付く平面的な角度が大きく、梁フランジおよび梁ウェブが柱角部に接合する場合、梁材軸に垂直に接合するように通しダイアフラムの形状を異形として対応する。



(a) 梁ウェブが柱角部に位置しない場合



検討課題対応に関する留意点

- 1) (c)のように梁心をずらす場合、梁フランジからの軸力中心がずれることによる柱材軸まわりの捩りモーメントが生じる。また、梁ウェブからのせん断力も偏心して作用するので、これらの2次応力を適切に処理する。
- 2) 円形鋼管柱の採用も有効である（実例でわかる工作しやすい鉄骨設計⁵⁾参照）。

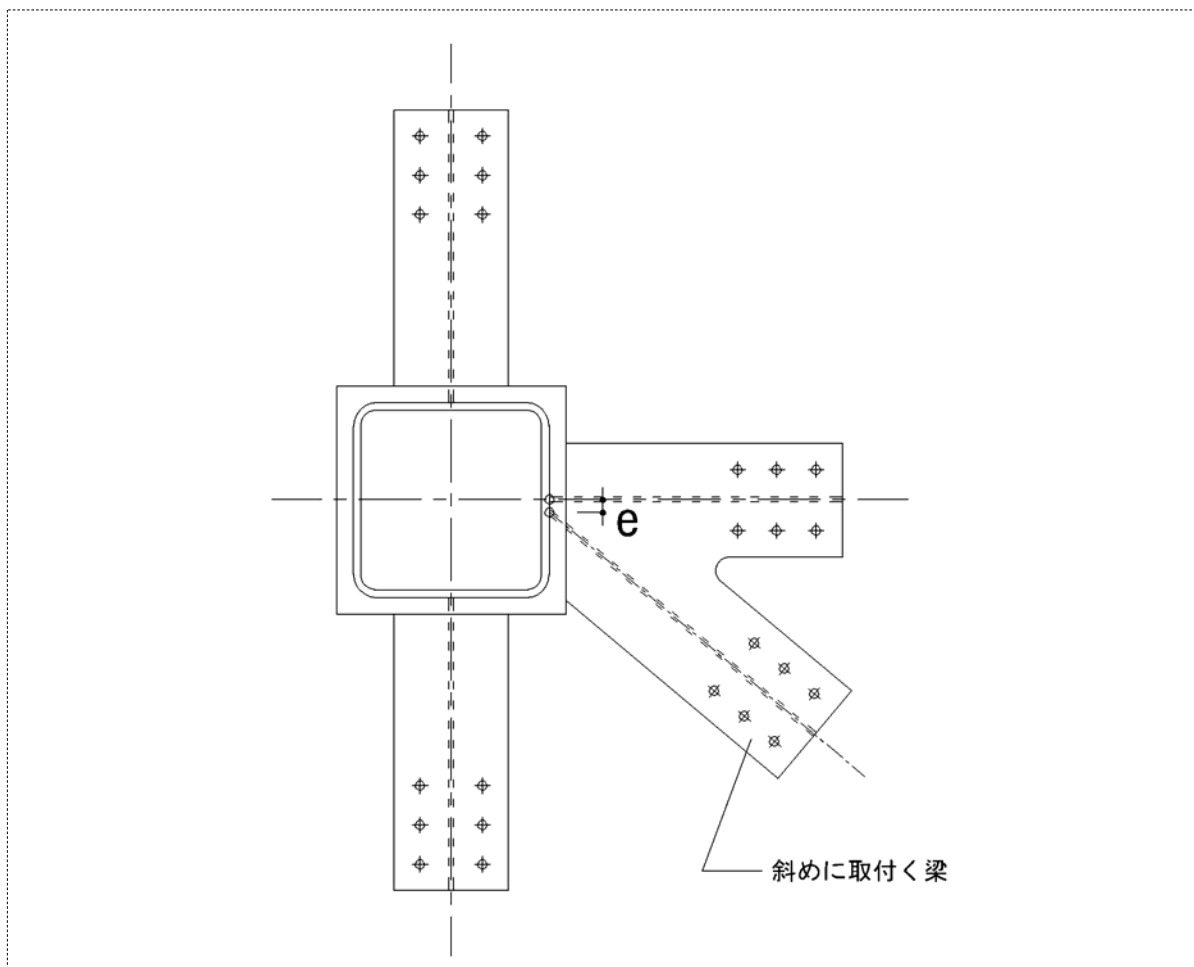
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(1 2) 梁が水平方向に斜めに集合する柱梁接合部のディテール

対象部位の概要

接合部に斜めに取り付く梁がある場合等で、梁が重複する接合部では、力の伝達やディテールが複雑となる。

検討対象とする接合部ディテール

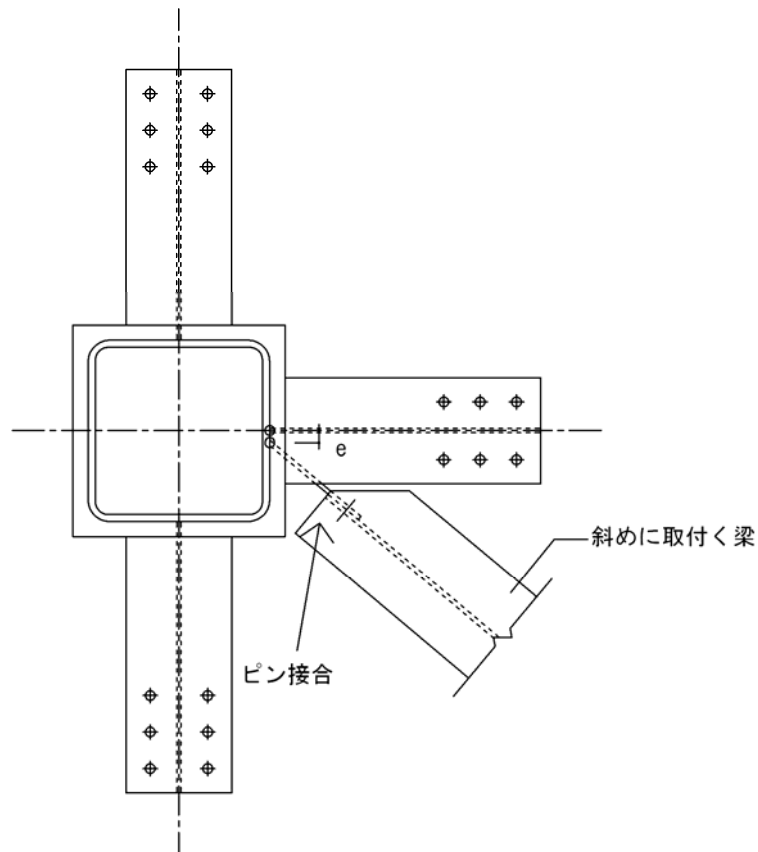


検討課題

2つの梁が重複して接続されるような場合には、梁端部の保有耐力接合を満足するように接合部梁のフランジ厚を検討する必要があるが、一般的に保有耐力接合を確保することは困難となる場合が多いので、その場合は、接合形式等を検討する必要がある。

検討課題に対応した接合部ディテールの例

設計段階において、斜めに取付く梁をピン接合として検討する方法も考える。



検討課題対応に関する留意点

- 1) 重複して接合される場合、ウェブが近接するので、図中の e は、溶接施工性を考慮して寸法を決定する。
- 2) 1つの梁端をピン接合とするか柱に円形鋼管を採用する方法もある。

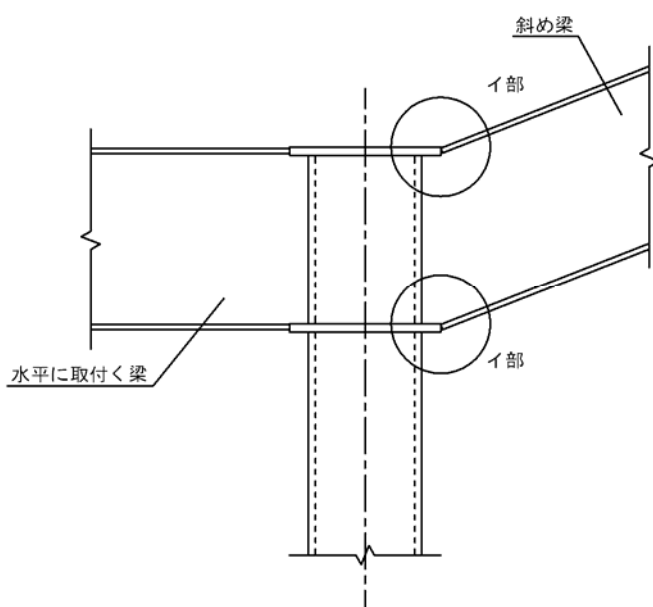
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(1 3) 梁が鉛直方向に斜めに交わる柱梁接合部のディテール

対象部位の概要

角形鋼管柱に斜め梁が取り付けられる場合は、梁せいとダイアフラム間隔の関係およびダイアフラム板厚の決定に留意する。

検討対象とする接合部ディテール

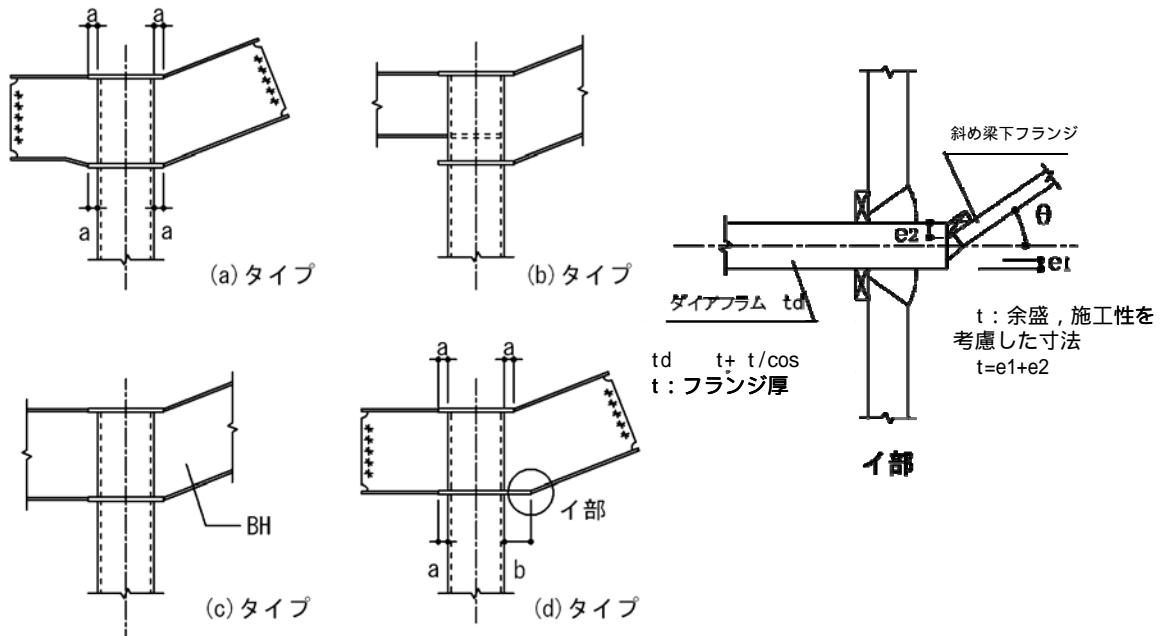


検討課題

斜め梁と水平に取り付く梁せいの違いから、イ部（次ページの図参照）の梁フランジとダイアフラムに食い違いが生じない接合部ディテールを検討する。

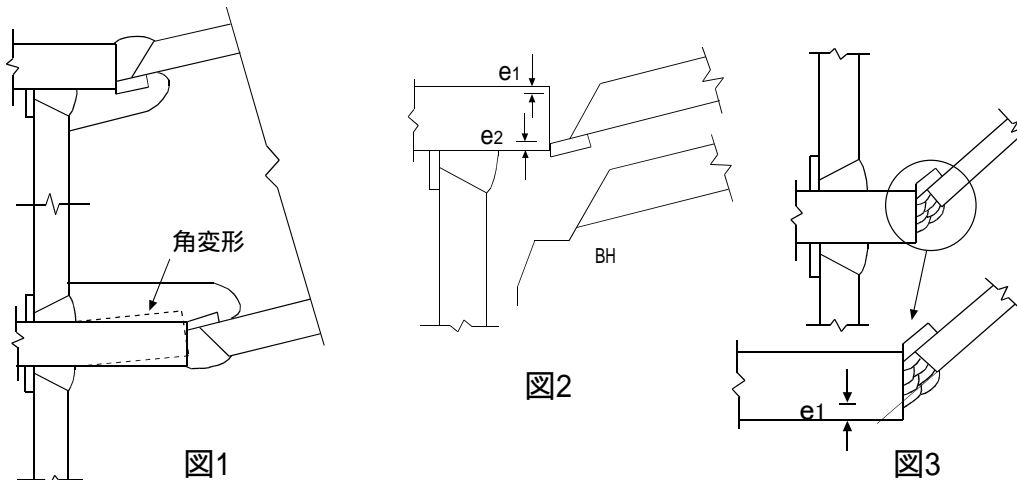
検討課題に対応した接合部ディテールの例

- 1) 両側のダイアフラム出寸法を一定とし、水平に取り付く梁に鉛直ハンチを設ける (a)タイプ .
- 2) 斜め梁に取り合うダイアフラムを設定する (b)タイプ .
- 3) 斜め梁を BH 材として梁せいを調整する (c)タイプ .
- 4) 斜め梁側のダイアフラム出寸法を大きくして納める (d)タイプ .



検討課題対応に関する留意点

- 1) 斜め梁の勾配が大きい場合には軸力の影響が無視できないので、接合部での応力伝達方法を検討する。ダイアフラム突出部(特に(d)タイプの図中イ部)の溶接変形(角変形)に留意する(図1) .
- 2) 斜めに取り付くフランジの突合せ溶接の裏当て金の形状・位置に留意する .
- 3) e2 寸法は、溶接時の裏当て金の溶込みを考慮した寸法とする(図2) .
- 4) e1 寸法は、斜め梁フランジの溶接余盛りを考慮し、ダイアフラムの板厚が欠損しない寸法とする(図2,3) .
- 5) 斜め梁フランジの溶接時には、勾配に応じた適切な余盛り高さとする .



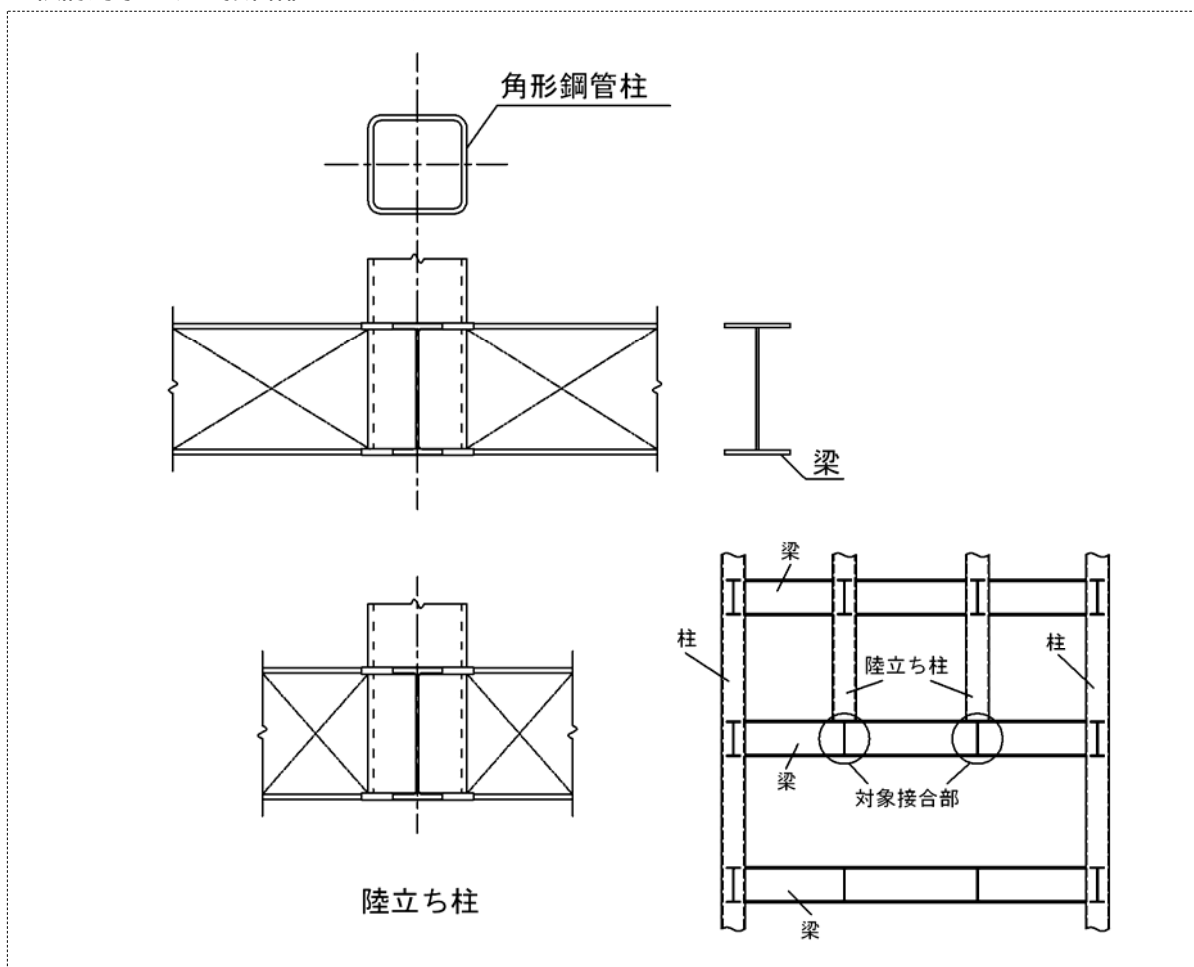
2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部

(14) ^{おが}陸立ち柱の接合部ディテール

対象部位の概要

任意の階に大空間を有する場合もしくは屋上ペントハウス階に移行する場合など、梁上から柱が立上る接合部ディテールがある。H形断面梁より角形鋼管柱が立上る場合（陸立ち柱）の接合部ディテールを検討する。

検討対象とする接合部ディテール

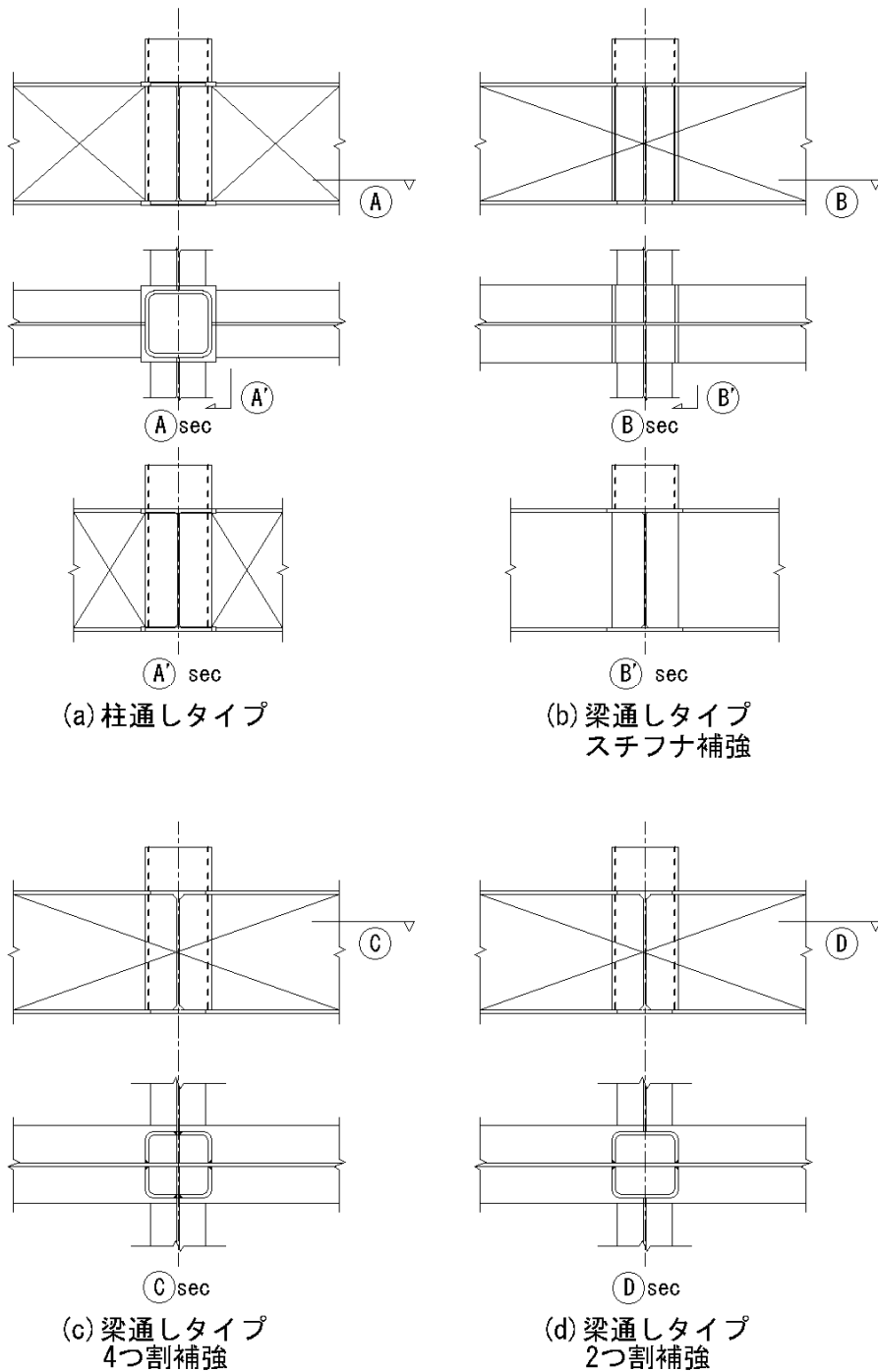


検討課題

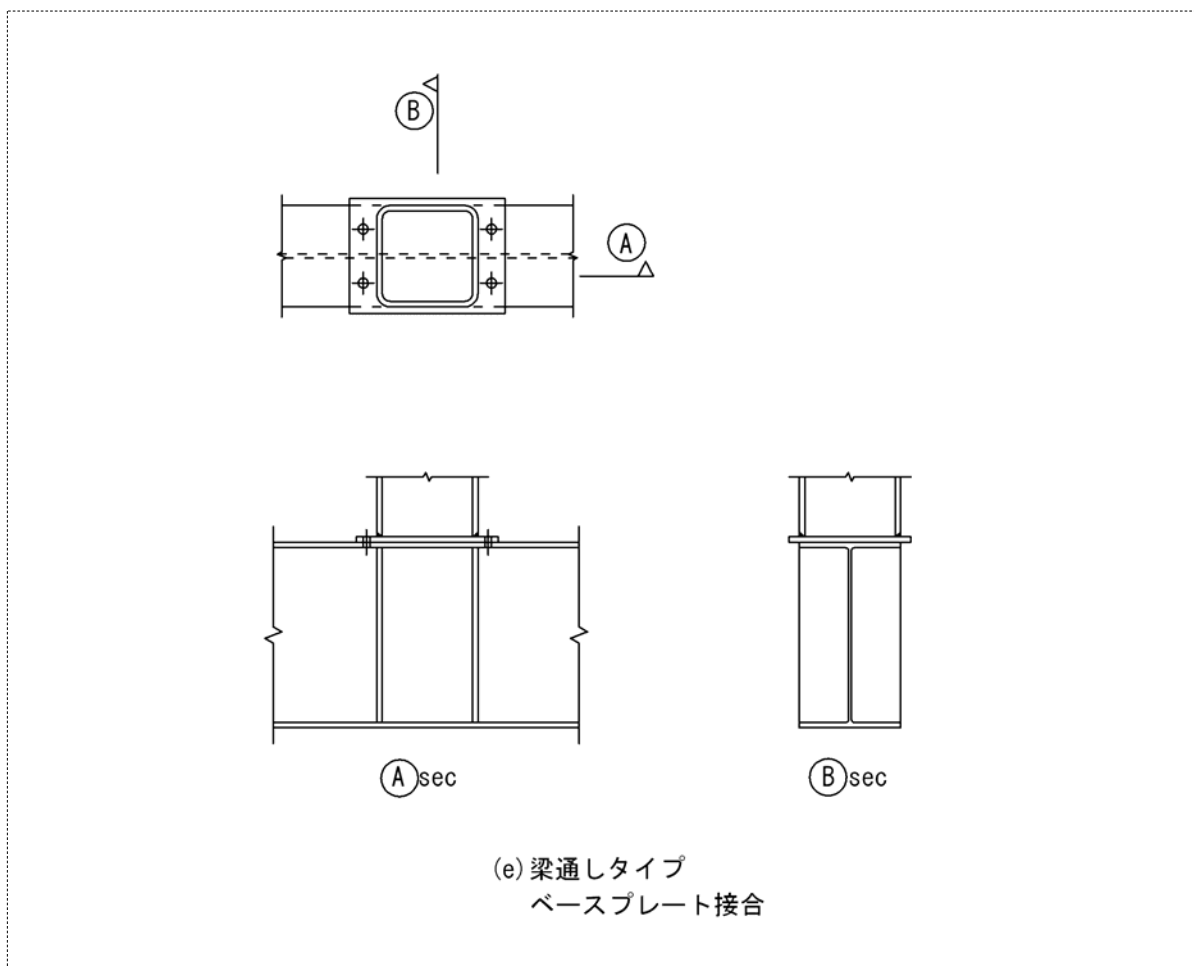
応力状態などの設計上、鉄骨製作上の難易度などを考慮して、対象接合部の接合形式および補強方法を検討する。

検討課題に対応した接合部ディテールの例

- 1) 柱通しタイプとする(a)タイプ .
- 2) 梁通しタイプ (スチフナ補強) とする(b)タイプ .
- 3) 梁通しタイプ (4つ割補強) とする(c)タイプ .
- 4) 梁通しタイプ (2つ割補強) とする(d)タイプ .
- 5) 梁通しタイプ (ベースプレート接合) とする(e)タイプ .



2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部



検討課題対応に関する留意点

- 1) 梁通しの場合，陸立ち柱の柱脚について応力伝達を検討する．
- 2) 梁ウェブが貫通し，さらに直交する梁ウェブも貫通する場合（(b)，(c)タイプ）は，接合部ディテールが複雑になることに留意する．
- 3) 角形鋼管の4つ割り補強の(c)タイプでは，製作加工数および溶接量が増えることに留意する。

2. 角形鋼管柱を用いた柱梁接合部