

3. 構造詳細と溶接

村上 貴紀

宮地エンジニアリング(株)

(一社) 日本橋梁建設協会 製作小委員会 製作部会 部会長

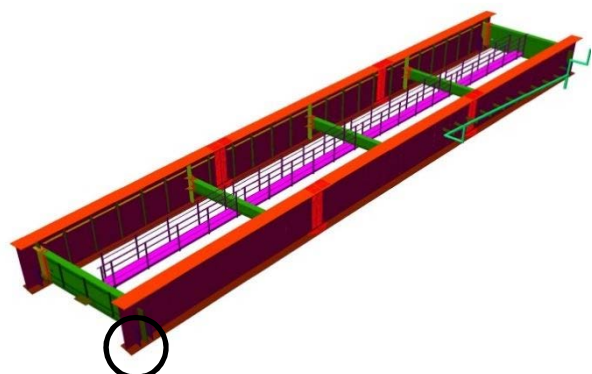
第39回鋼構造物基礎講座
「溶接構造物の設計～製作」
— 溶接構造物設計時の施工を鑑みた留意点 —

3. 構造詳細と溶接

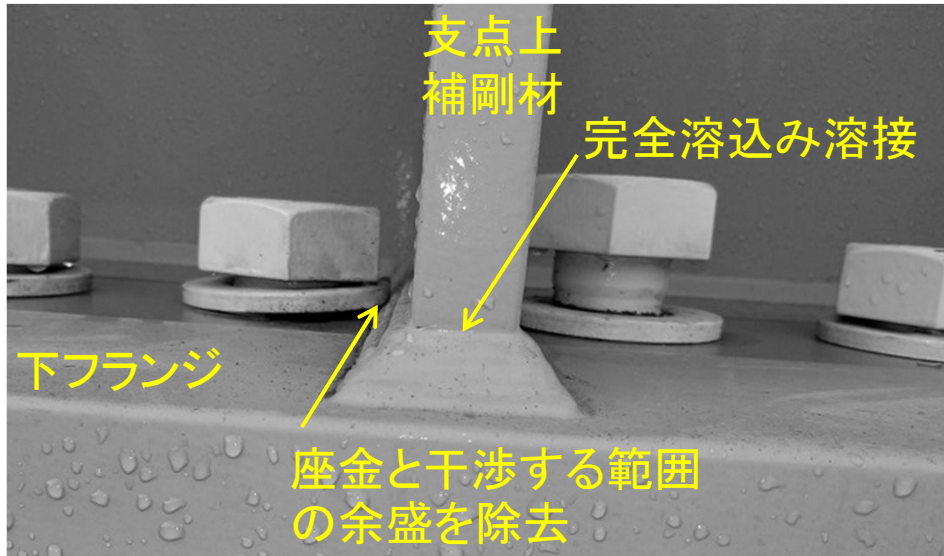
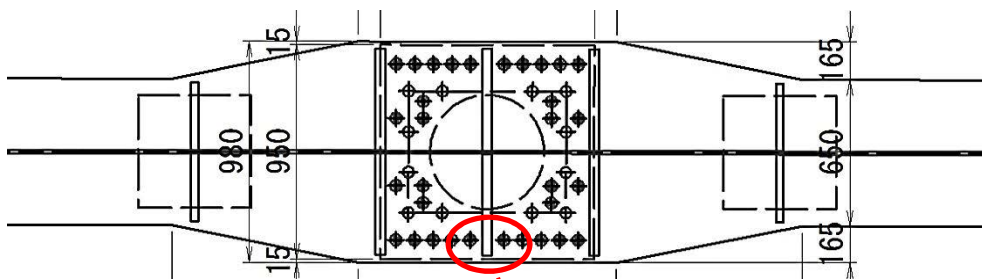
2020年10月28日

(一社)日本橋梁建設協会 製作小委員会 村上貴紀

溶接に配慮した構造詳細例 支点部

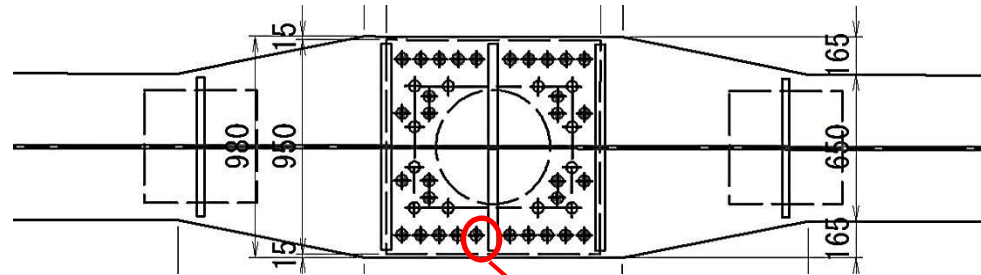


支点部

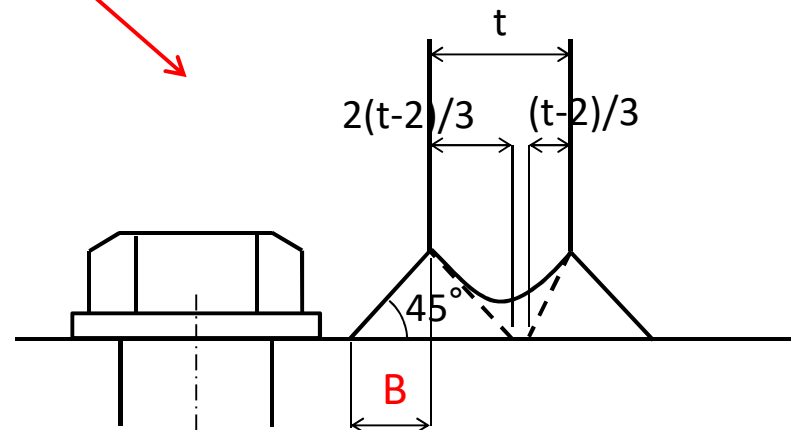


余盛: 必要寸法以上に表面から盛り上がった溶接金属

溶接に配慮した構造詳細例 支点部



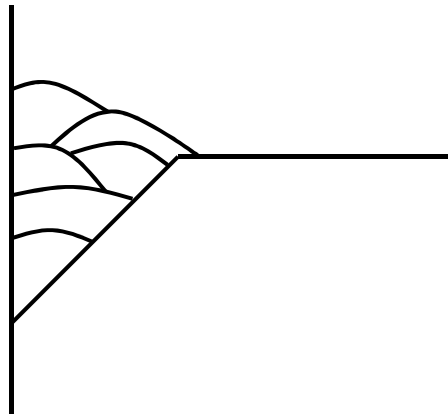
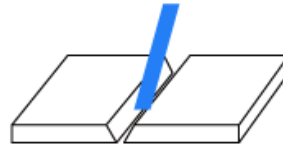
- ・この継手は**横向姿勢**での溶接となり、余盛りは大きくなってしまふ
- ・余盛りの大きさBは「 $2t/3$ 」(板厚19mm以下はt)として干渉チェック



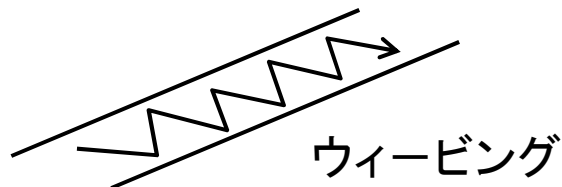
注) 完全溶込み溶接継手の一般的な開先形状

下向姿勢と横向姿勢

下向姿勢

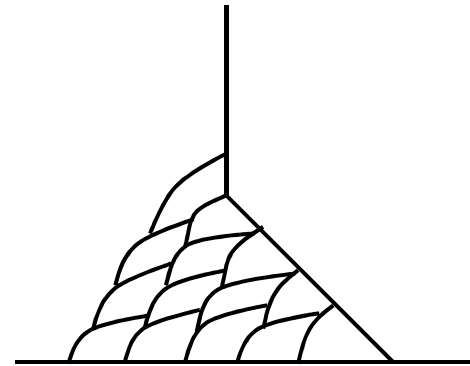
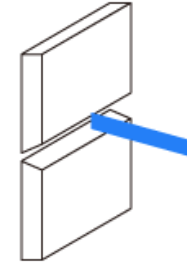


ウィービングしながら溶接
できるので1パスの溶接量
が多い



ウィービング

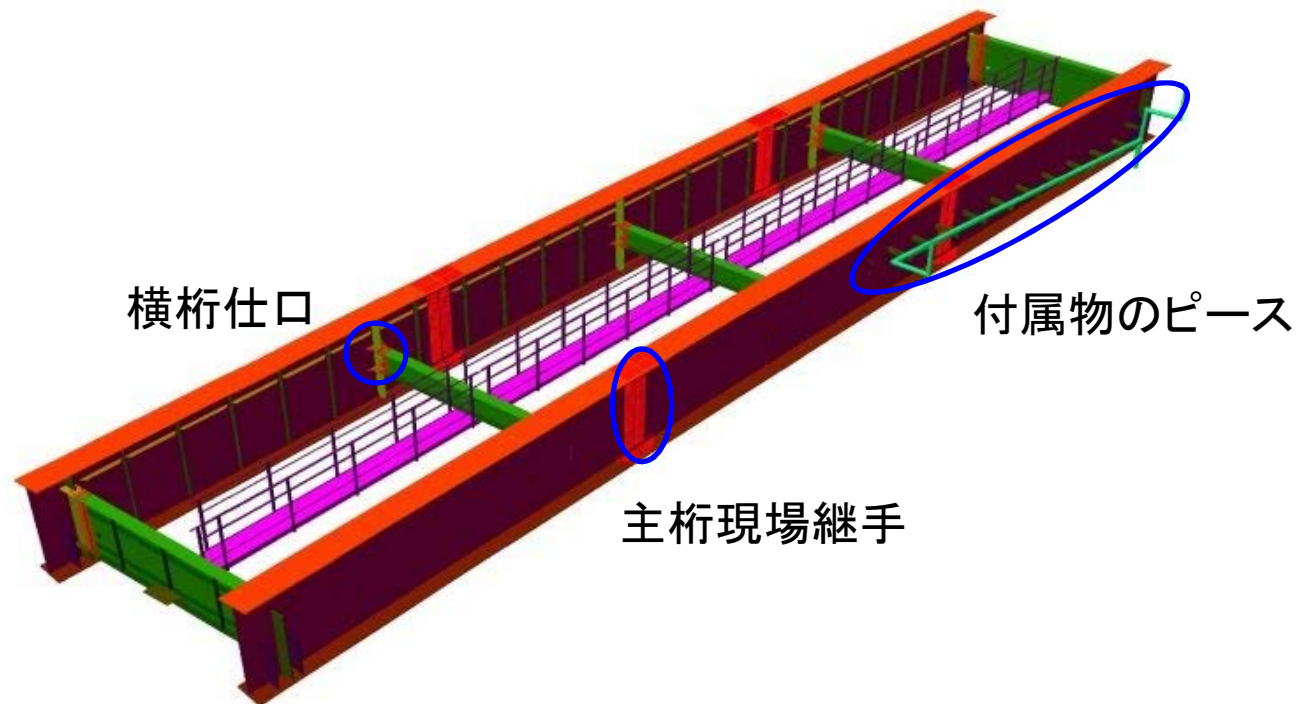
横向姿勢



1パスの溶接量を多くする
と凸形状となり溶接欠陥
が生じやすいため、比較
的小さいビードで土台をつ
くりながら積層する

部材と溶接ビードの干渉例

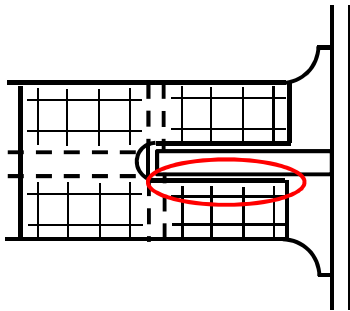
部品・部材と溶接ビードが干渉した例は多い



部材と溶接ビードの干渉例

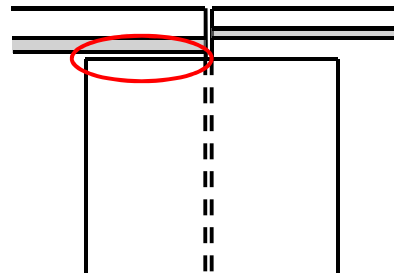
溶接継手周辺に部品・部材が取り付く場合は、脚長や余盛り、さらにプラス α して干渉チェック

横桁仕口



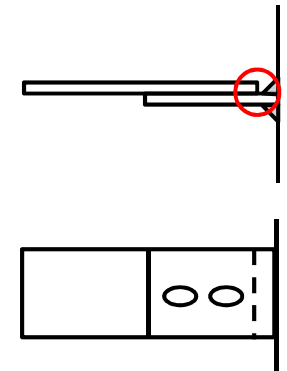
添接板とすみ肉溶接ビードが干渉する例が多い

主桁現場継手



すみ肉溶接が指定脚長よりも大きいため干渉した例

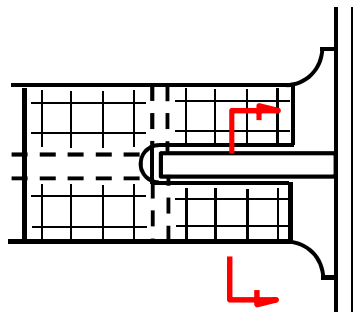
付属物のピース



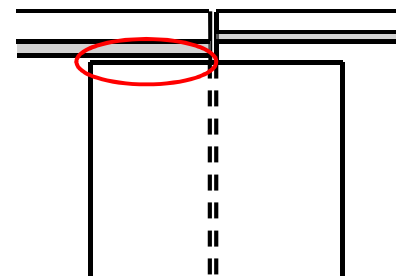
※ すみ肉溶接の指定脚長に+5mmして設計する

部材と溶接ビードの干渉例 対策

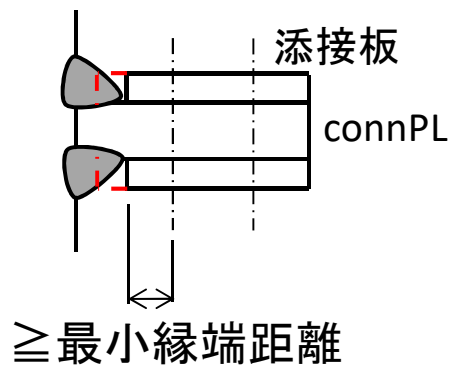
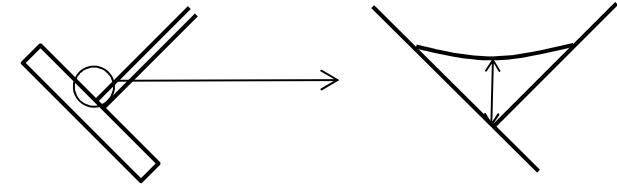
横桁仕口



主桁現場継手



のど厚で管理

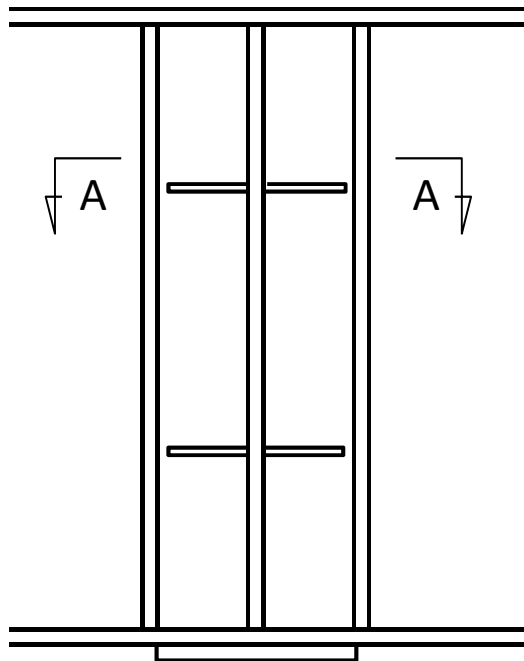
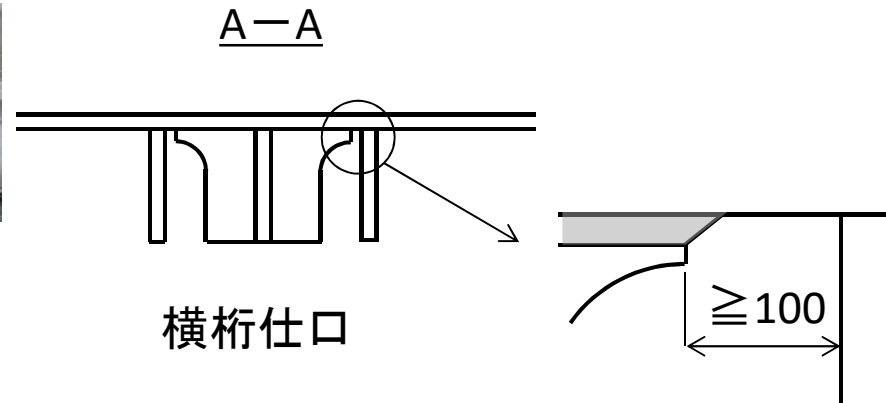


下向姿勢でのサブマージアーク溶接では凹み
ビードとなるためのど厚で管理

↓
脚長が大きくなる



溶接に配慮した構造詳細例 支点部

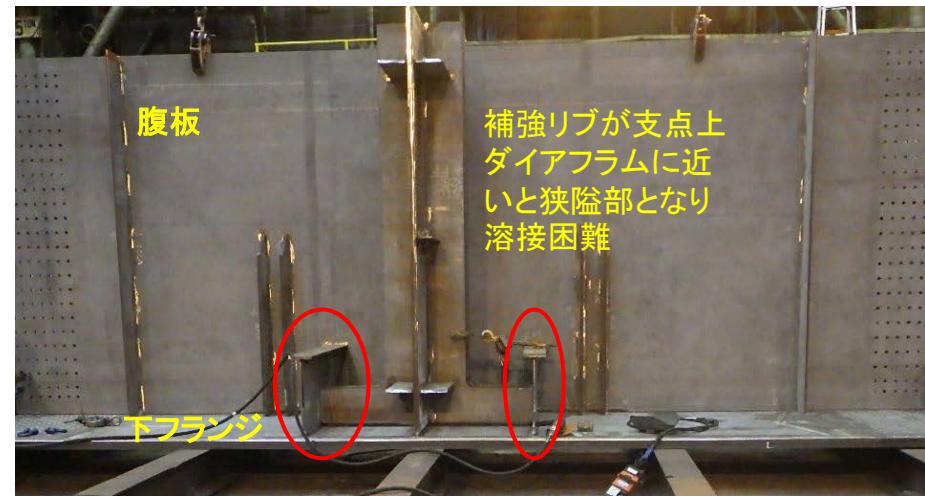
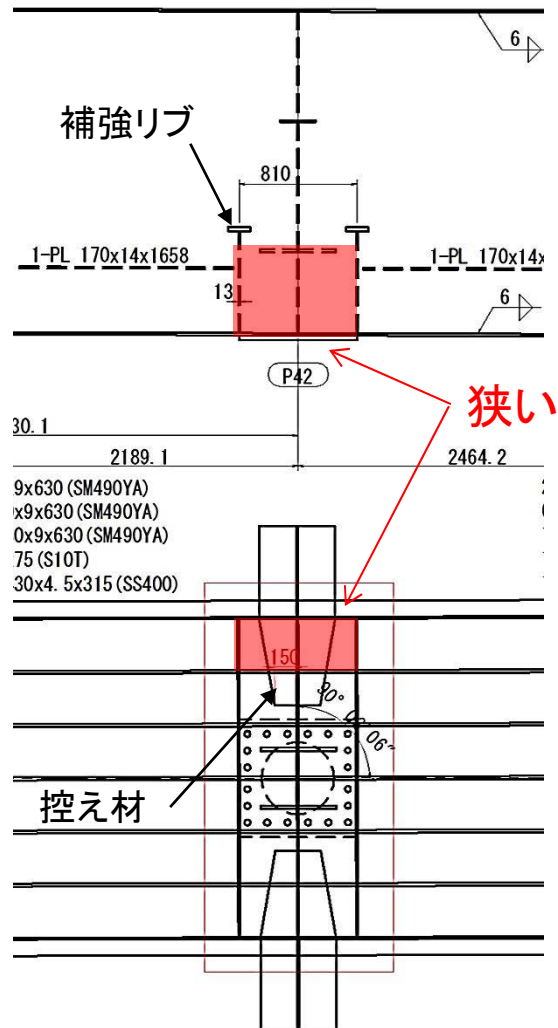


- ・フィレット仕上げまたは止端仕上げありの場合、仕上げの作業スペースとしてフィレット先端～リブを100mm以上とする

棒グラインダー

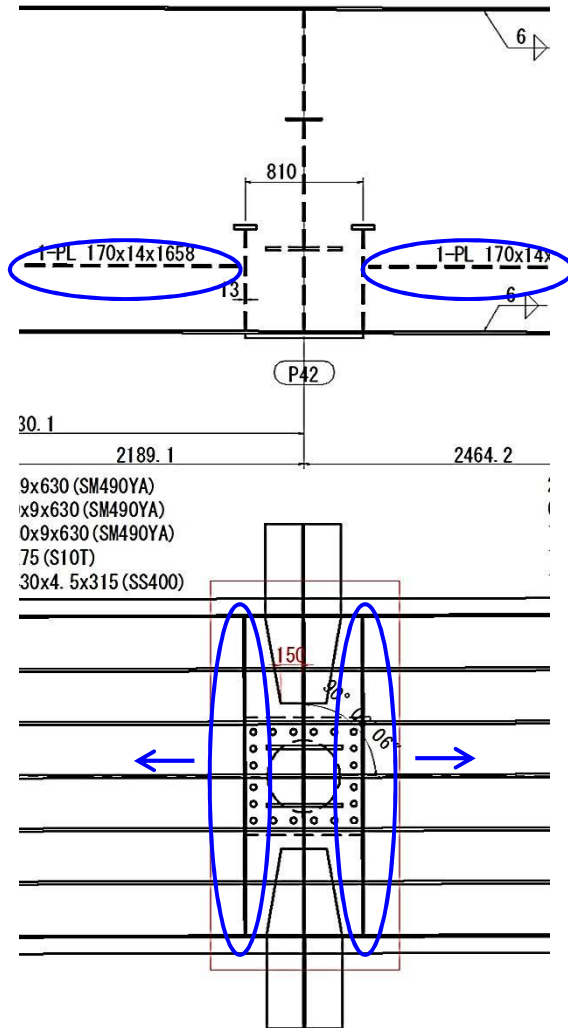


溶接に配慮した構造詳細例 支点部



支点ブロックの組立時の写真

溶接に配慮した構造詳細例 支点部

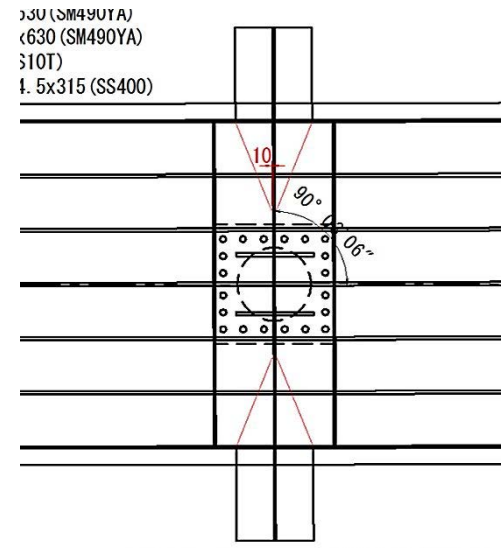


補強リブと水平補剛材を控え材溶接後に取り付け(後付け)

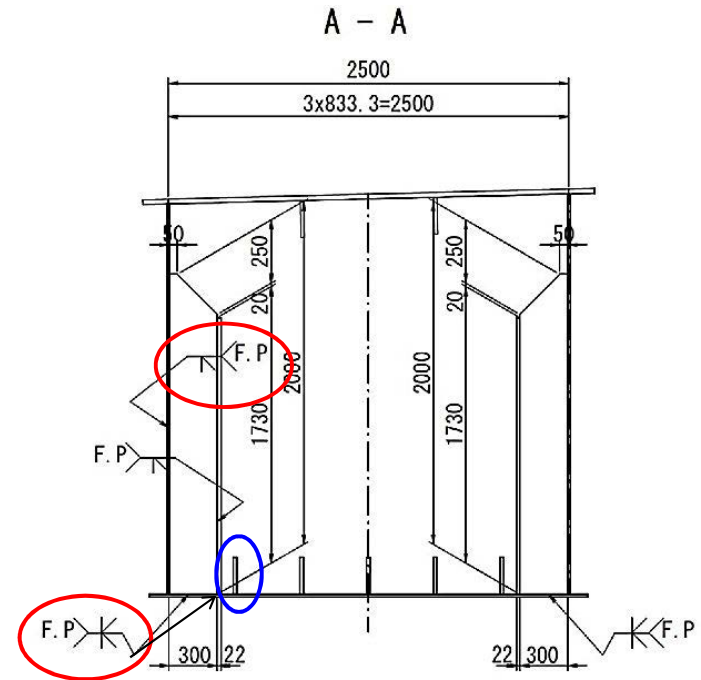
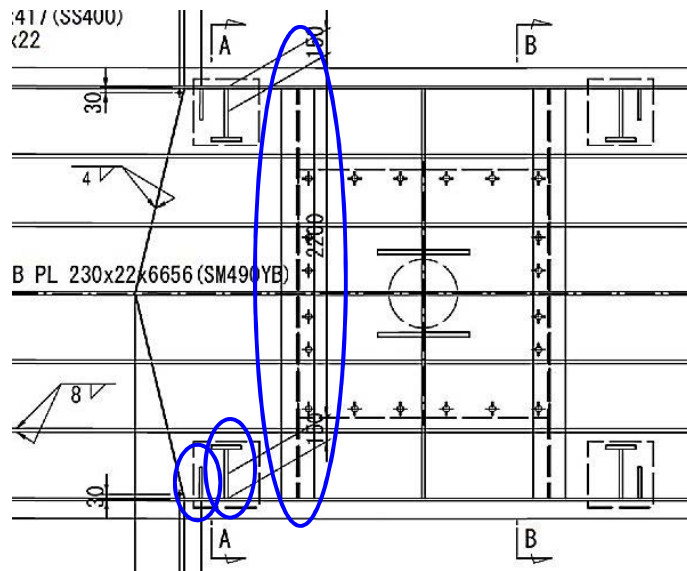


補強リブの溶接ができない

控え材の形状を変更し、
作業スペースを確保

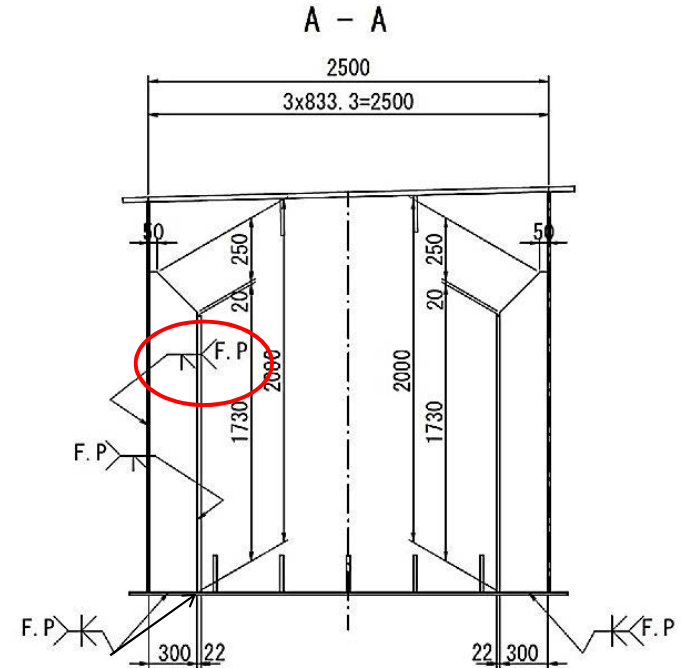
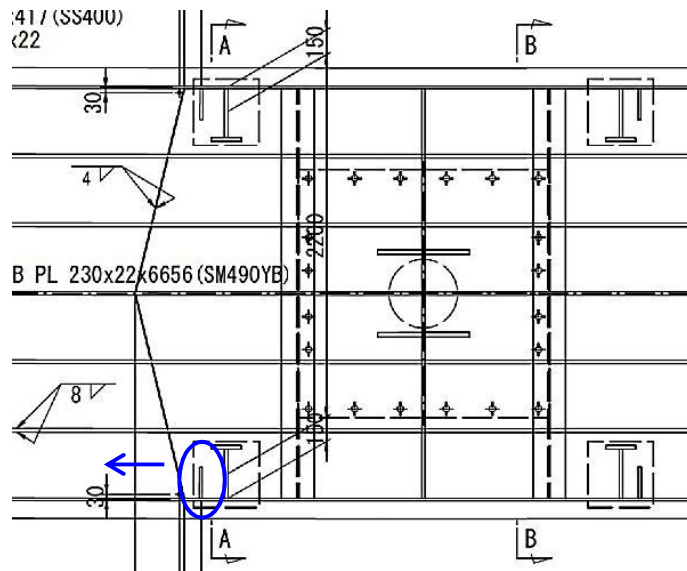


溶接に配慮した構造詳細例 支点部



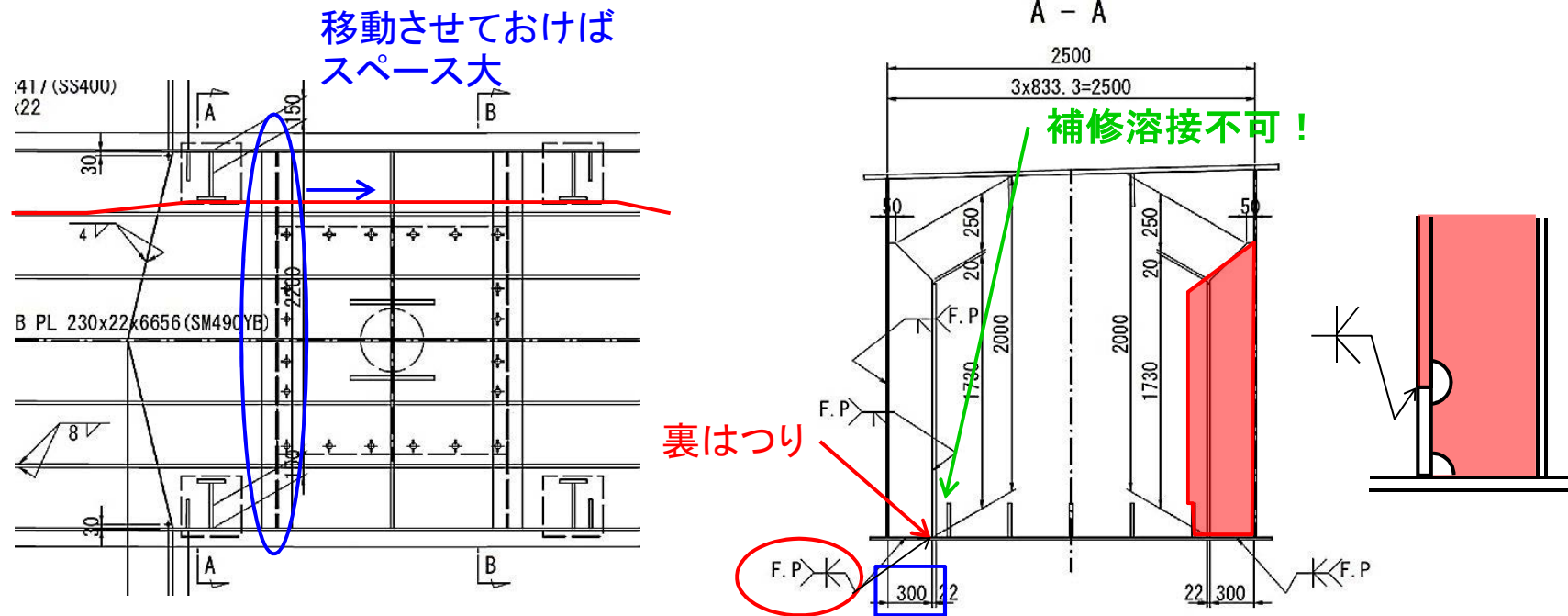
補強リブ、ジャッキアップ補強、縦リブ、垂直補剛材が近接しており、構造と施工手順の検討が必要

溶接に配慮した構造詳細例 支点部



- ・ジャッキアップ補強リブの完全溶込み溶接を優先し、ジャッキアップ補強リブの溶接を行ってから垂直補剛材を取り付け(後付け)
- ・垂直補剛材の溶接ができないため、垂直補剛材の位置を変更

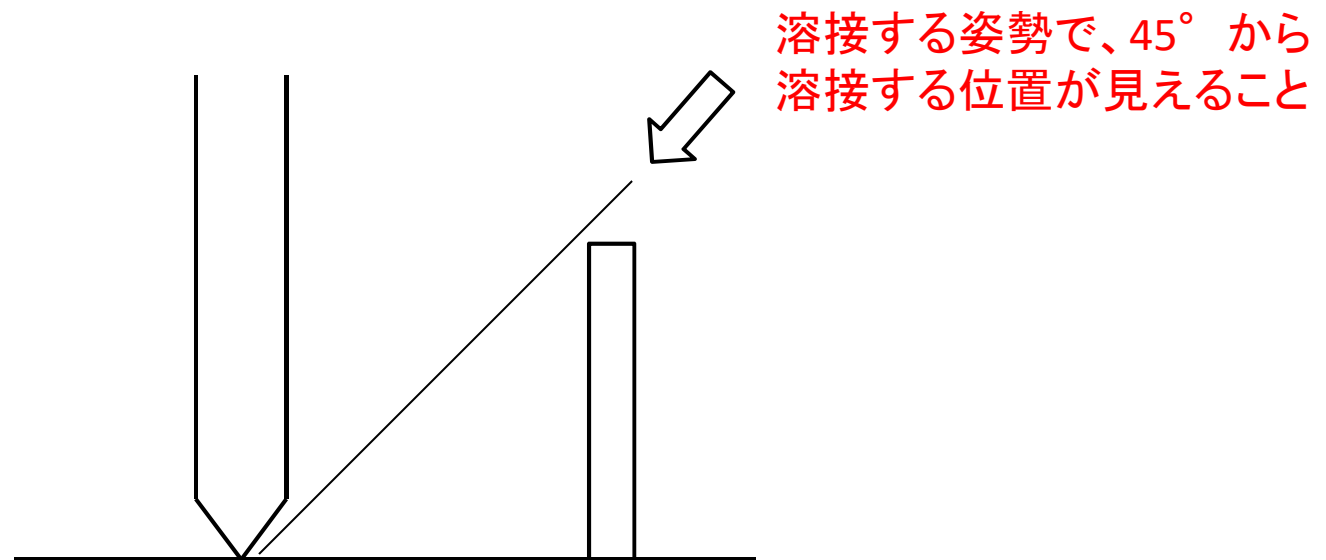
溶接に配慮した構造詳細例 支点部



- ・腹板側から裏はつりできる寸法であるが、縦リブ側から補修溶接ができない
- ・ジャッキアップ補強リブ、縦リブの構造変更が必要

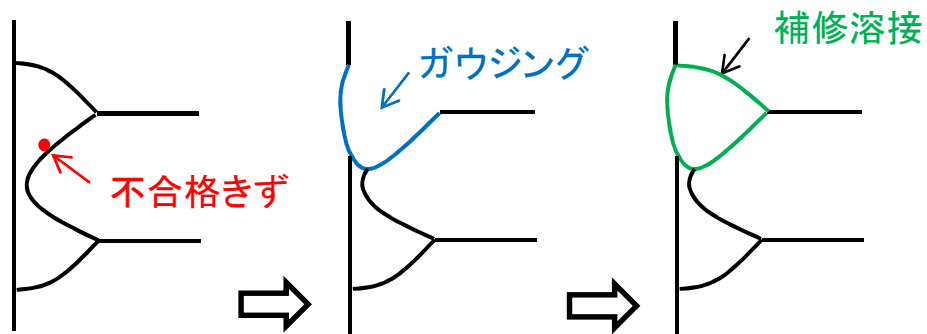
裏はつりや補修溶接も含めた溶接できる作業スペースは絶対に必要！

溶接作業スペースの考え方



内部きずの補修

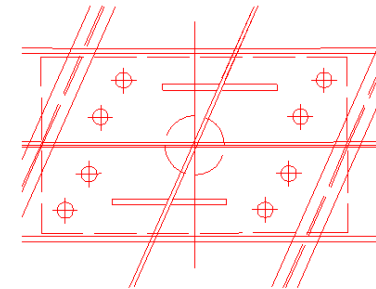
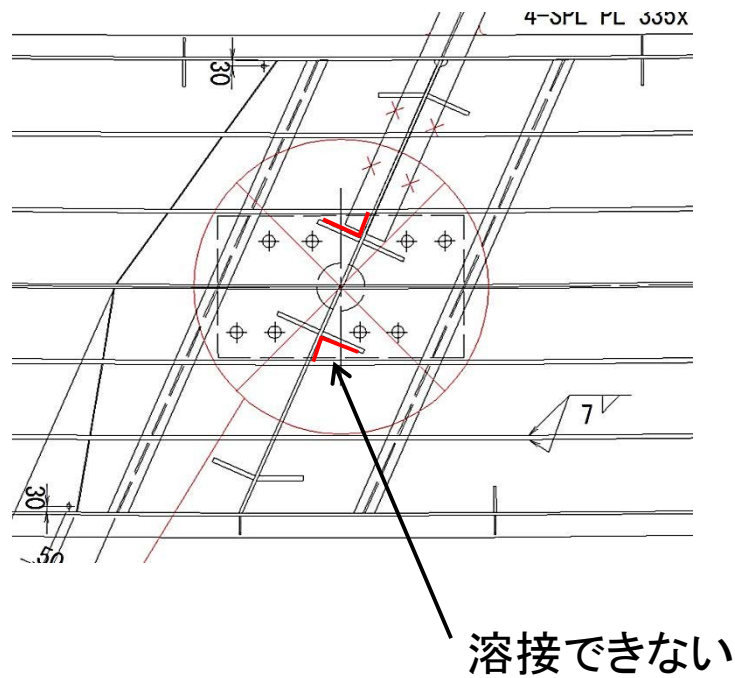
許容内部きず寸法を超えるきずは、エアアークガウジングにて完全に除去し、補修溶接を行う



不合格きず指示位置

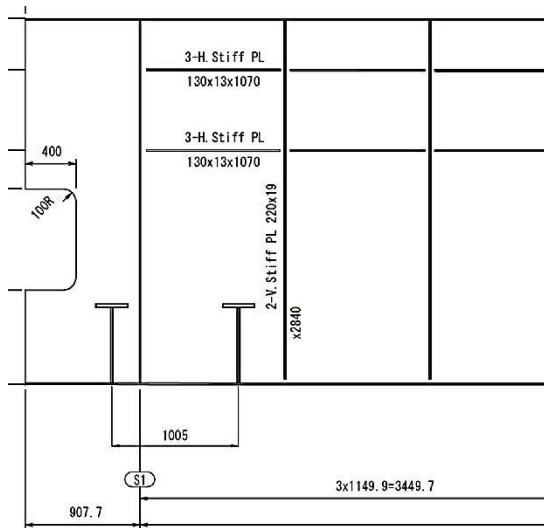


溶接に配慮した構造詳細例 支点部

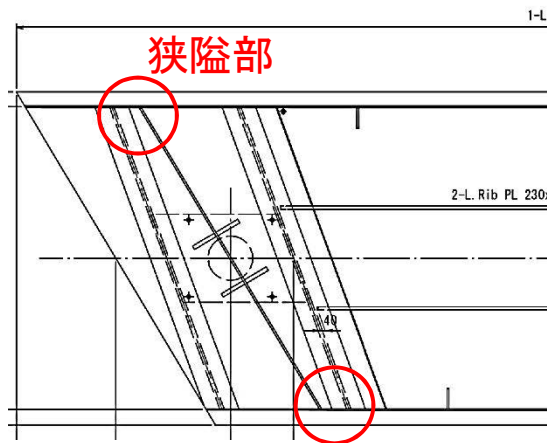
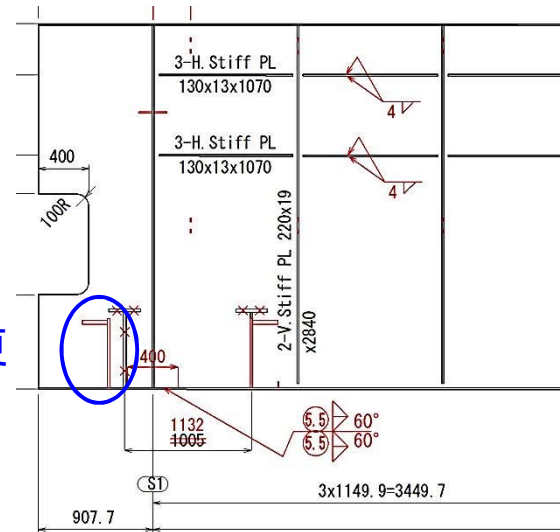


斜橋の場合、狭隘部が多くなるので注意が必要

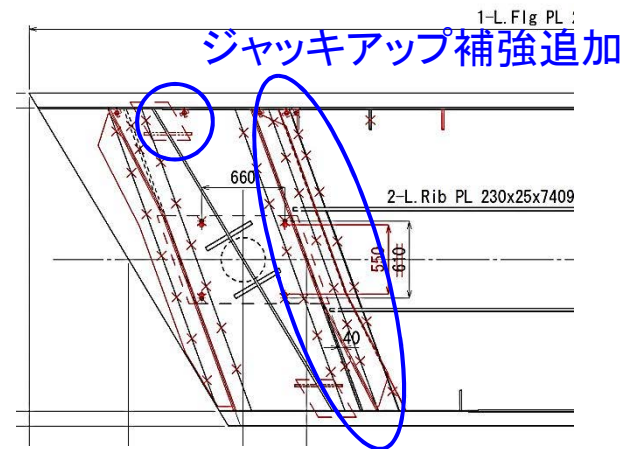
溶接に配慮した構造詳細例 支点部



板組変更

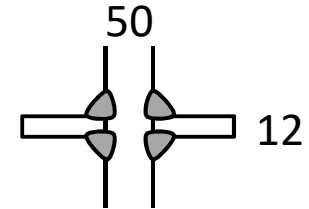
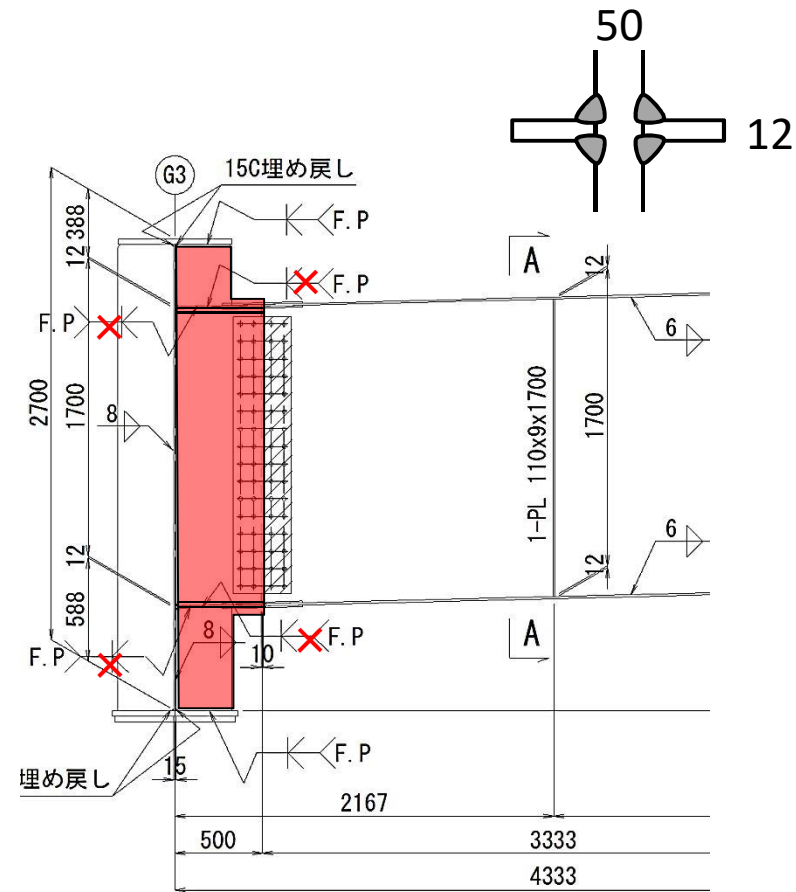
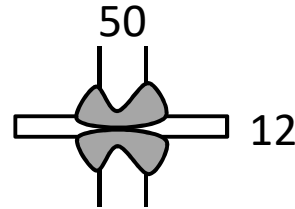
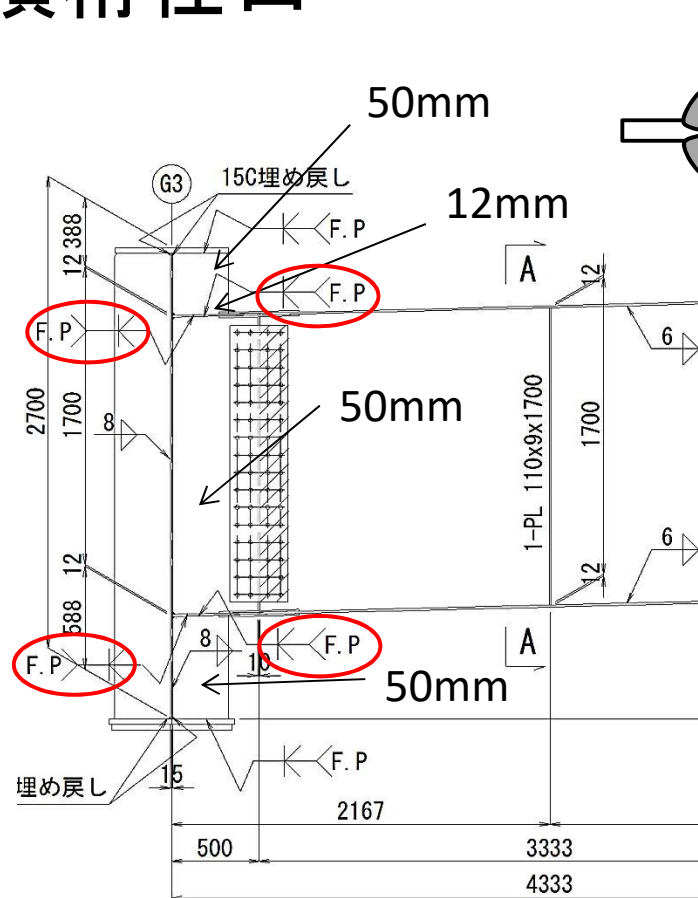


狭隘部 (端横桁の控え材もある)



取り付け角度変更

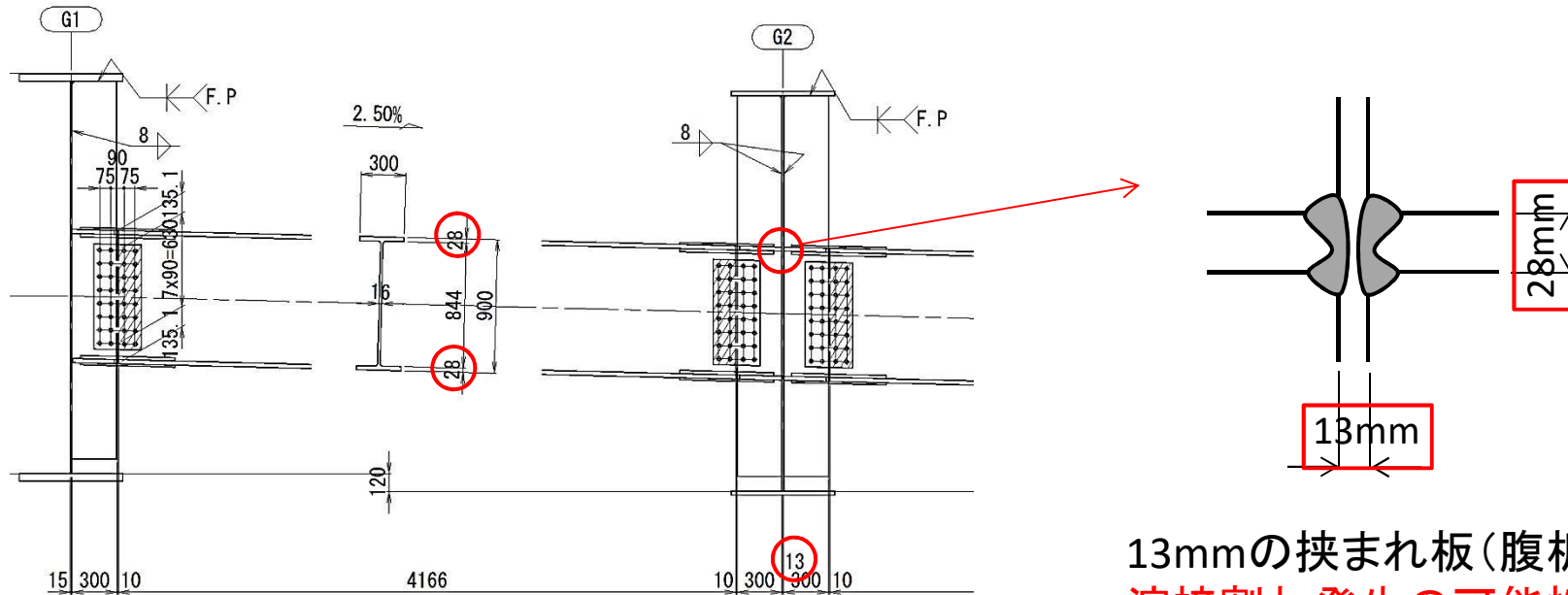
溶接に配慮した構造詳細例 横桁仕口



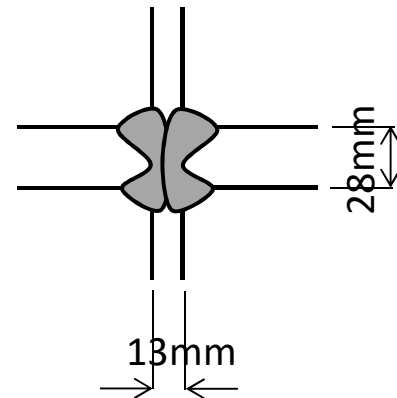
12mmのフランジが50mmのリブに挟まれ、さらに完全溶込み溶接で、アンバランスな板厚構成
⇒ 溶接変形大、溶接割れ発生の可能性大

リブと仕口ウェブを1枚として、50mmのリブに12mmのフランジを挟む構造に変更

溶接に配慮した構造詳細例 横桁仕口

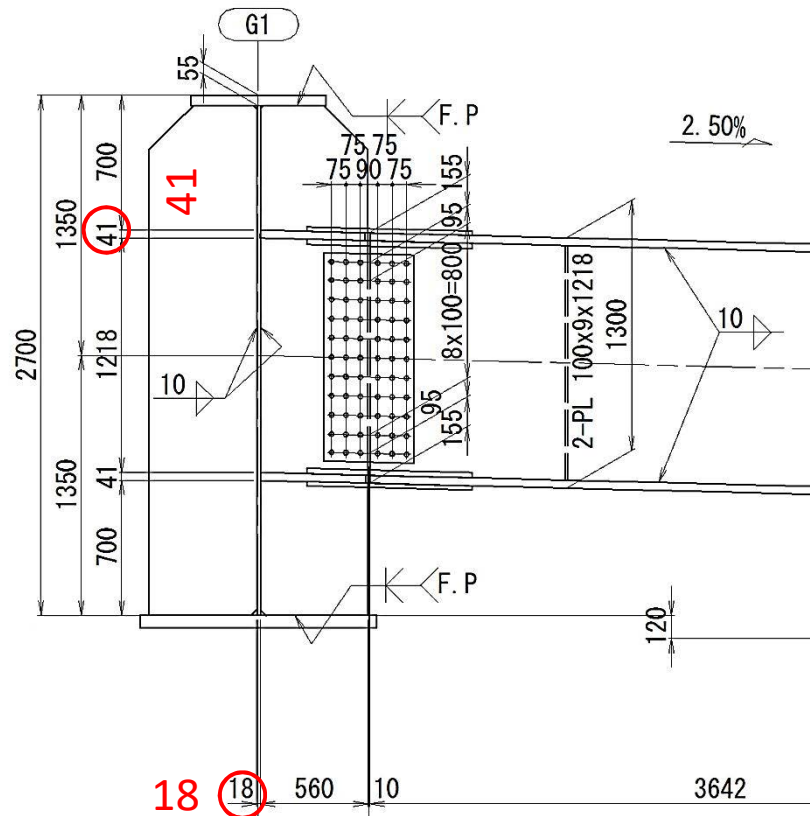


13mmの挟まれ板(腹板)が
溶接割れ発生の可能性大

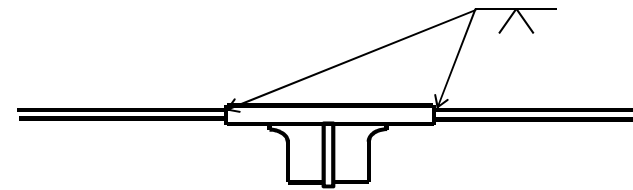


再設計が無理だったため、
挟まれ板が全て溶接金属部
となるように溶接

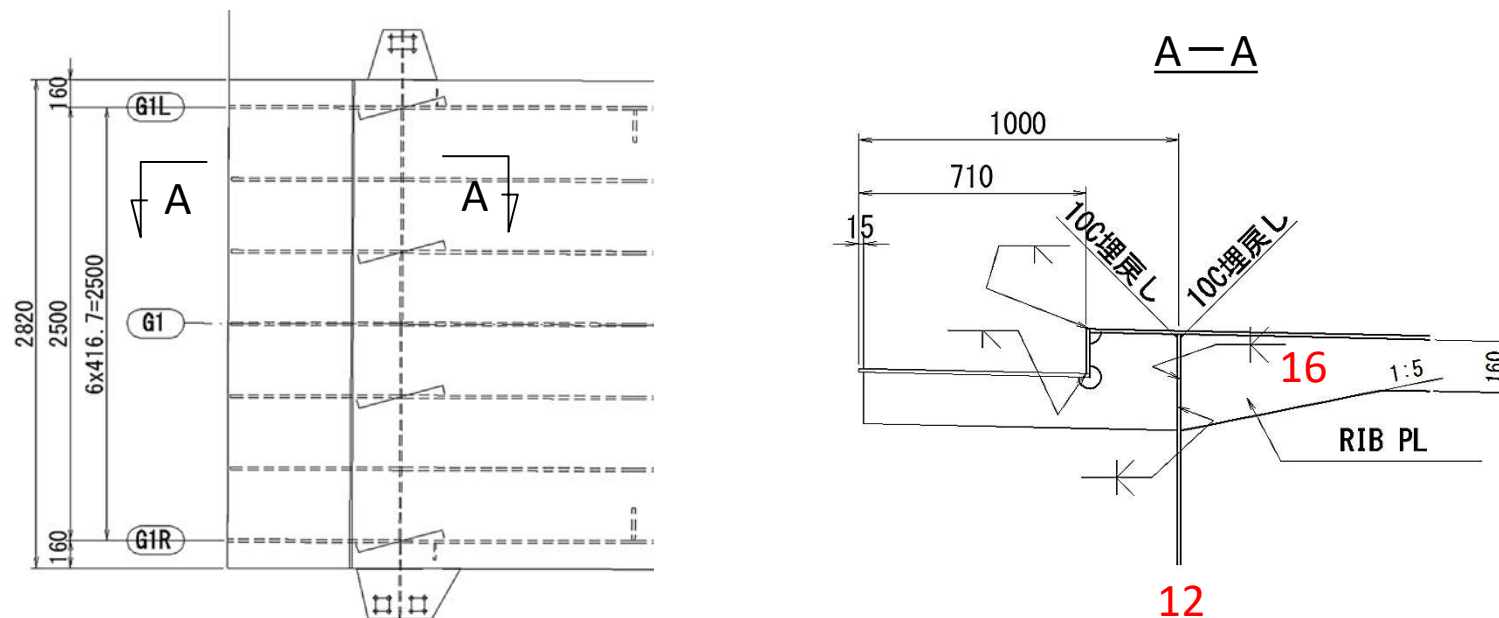
溶接に配慮した構造詳細例 横桁仕口



さすがに無理な板厚構成のため、
横桁仕口部分だけ**腹板の板厚を
アップ**した(施工承諾)



溶接に配慮した構造詳細例 箱桁端支点



箱桁の端支点到伸縮装置の段落ちがあると、端ダイアフラムが縦リブの挟まれ板となり、溶接割れが生じやすい構造

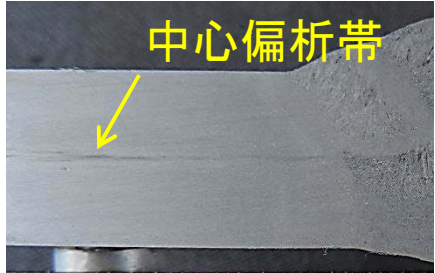
なぜ、母材に溶接割れが生じるのか

鋼板

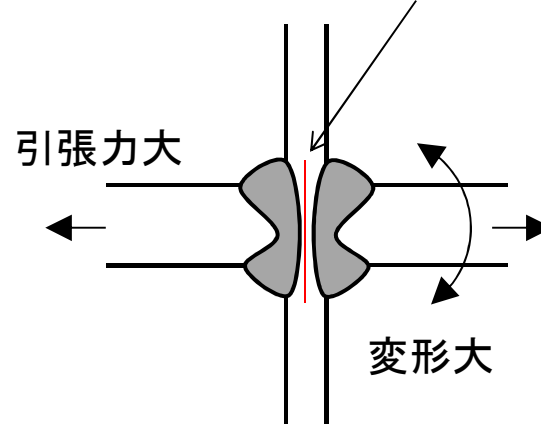
中心偏析帯

- ・不純物(PやS)の濃度が高い
- ・MnS(硫化マンガン)などの非金属介在物が生じやすい

⇒ 介在物の微小化など高品質化となっているが“0”にはならない



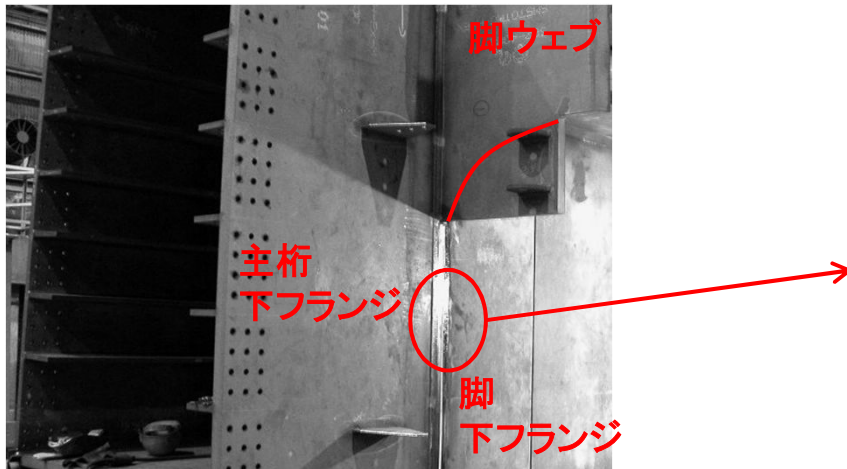
中心偏析帯からの割れ ⇒ ラメラテア



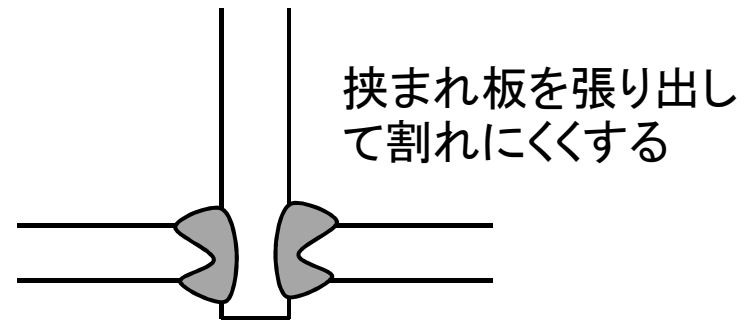
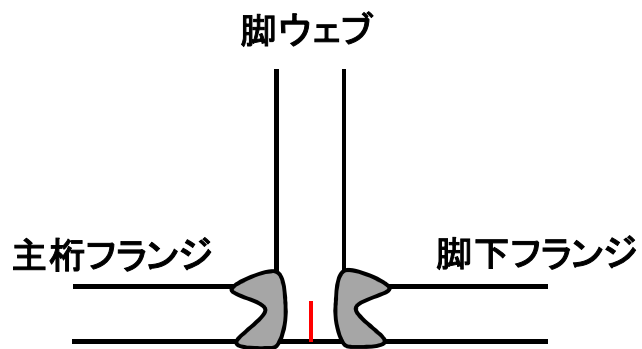
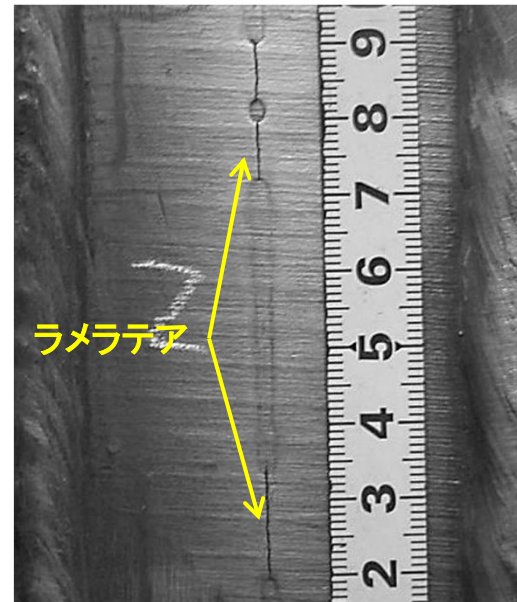
挟まれ板を耐ラメラテア鋼板(S量低減、板厚方向の絞り大)とすれば割れ防止の効果はあるが、耐ラメラテア鋼板でも中心偏析帯は“0”ではない

板厚構成が悪ければラメラテア発生の可能性大！

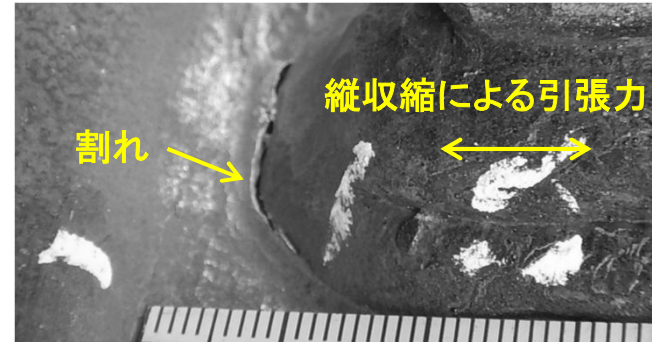
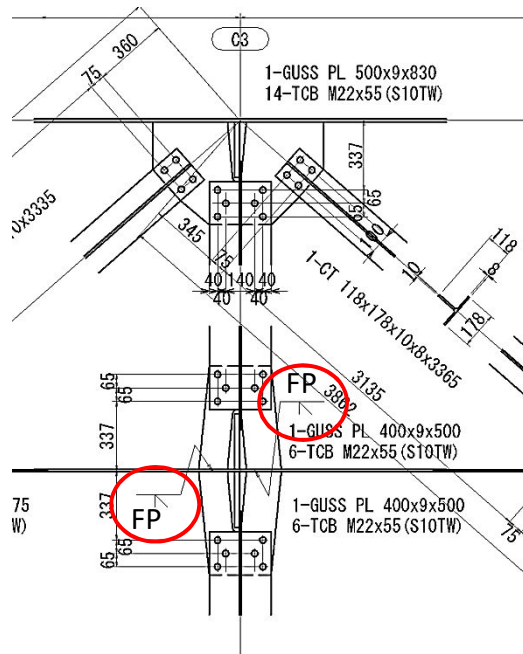
ラメラテアの事例



鋼製橋脚と主桁の剛構造



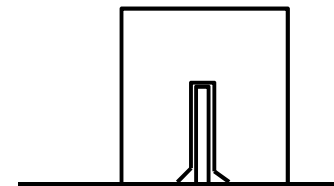
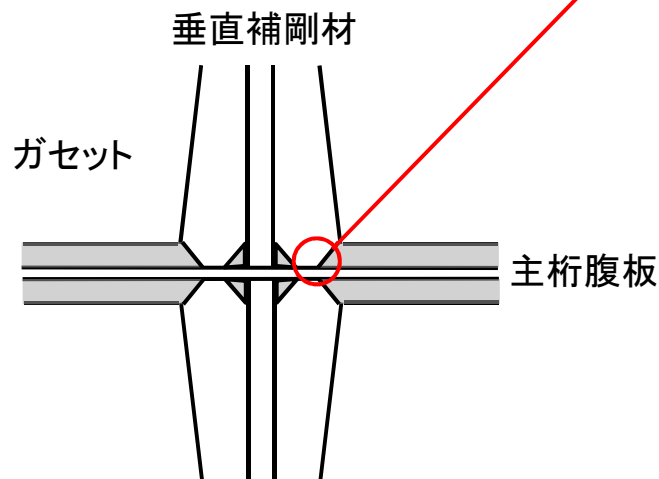
他の溶接割れの事例



主桁腹板の板厚やガセットの板厚にもよるが、完全溶込み溶接の十字溶接継手にスカラップがあると、スカラップ内に割れが生じることがある。

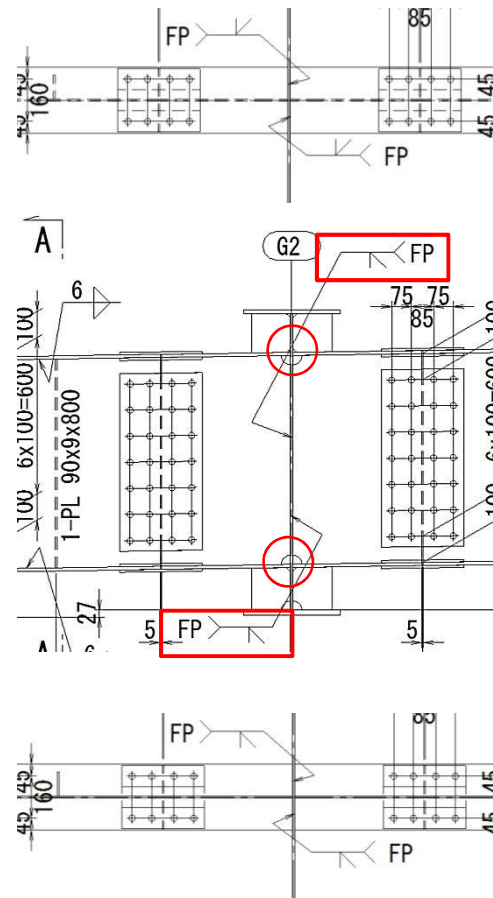


スカラップを大きくするか、弱点となるスカラップ内の止端部をなくす。

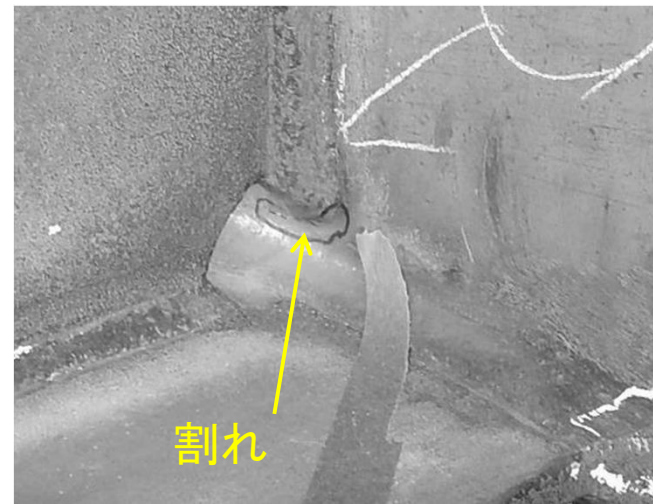


貫通スリットにして
交差部はコーナーカット

他の溶接割れの事例

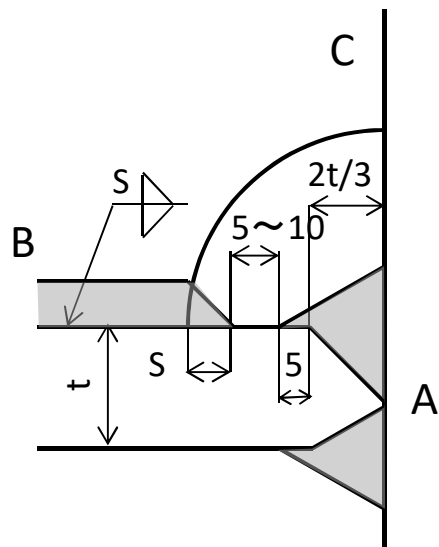


横桁仕口のフランジと腹板が完全溶込み溶接で、スカラップありの場合も割れに注意

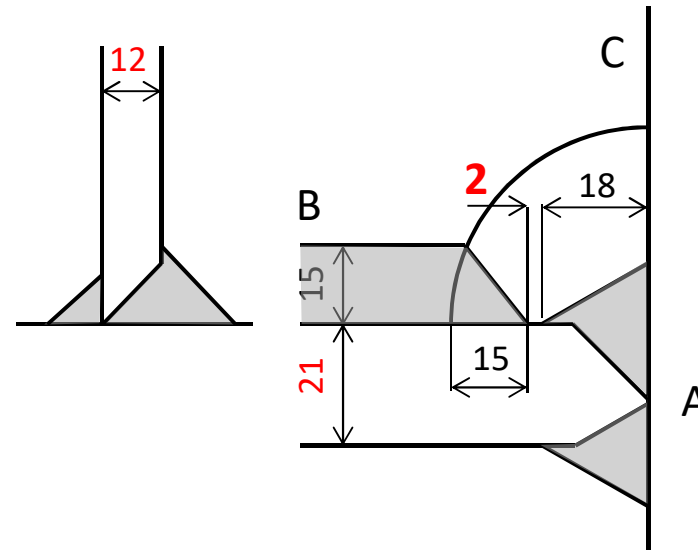


溶接に配慮した構造詳細例 スカロップ

スカロップの大きさは一般に35Rであるが...



この考え方では、完全溶込み溶接がある場合、板厚28mm程度から50Rとなる

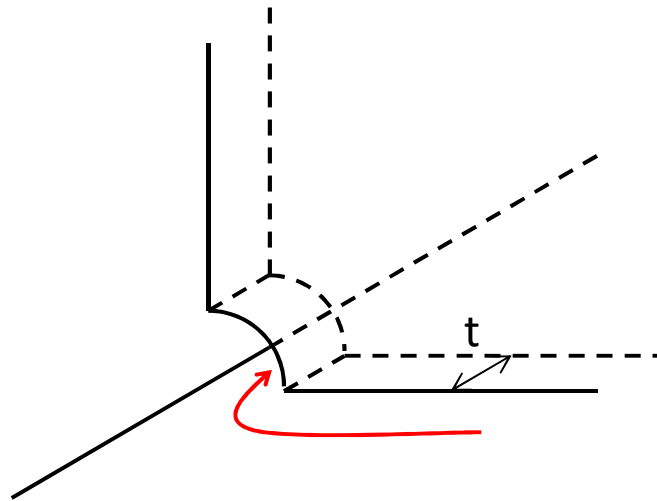


しかし、完全溶込み溶接がもう1継手あると、板厚が薄くても50R必要である(部分溶込み溶接も注意)

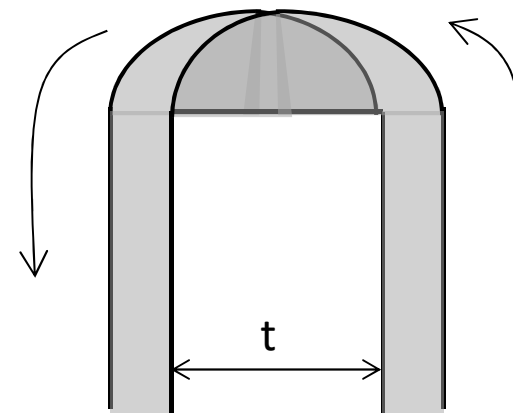
※ スカロップの大きさは、板厚だけでなく溶接継手の種類によっても検討が必要！

溶接に配慮した構造詳細例 スカロップ

まわし溶接ができるスカロップを確認してみたが...



ここまわし溶接は、頭に壁がぶつかって、案外見えない



スカロップ内で溶接継ぎする条件で確認

溶接に配慮した構造詳細例 スカラップ

まわし溶接ができるスカラップを確認してみたが...

35R



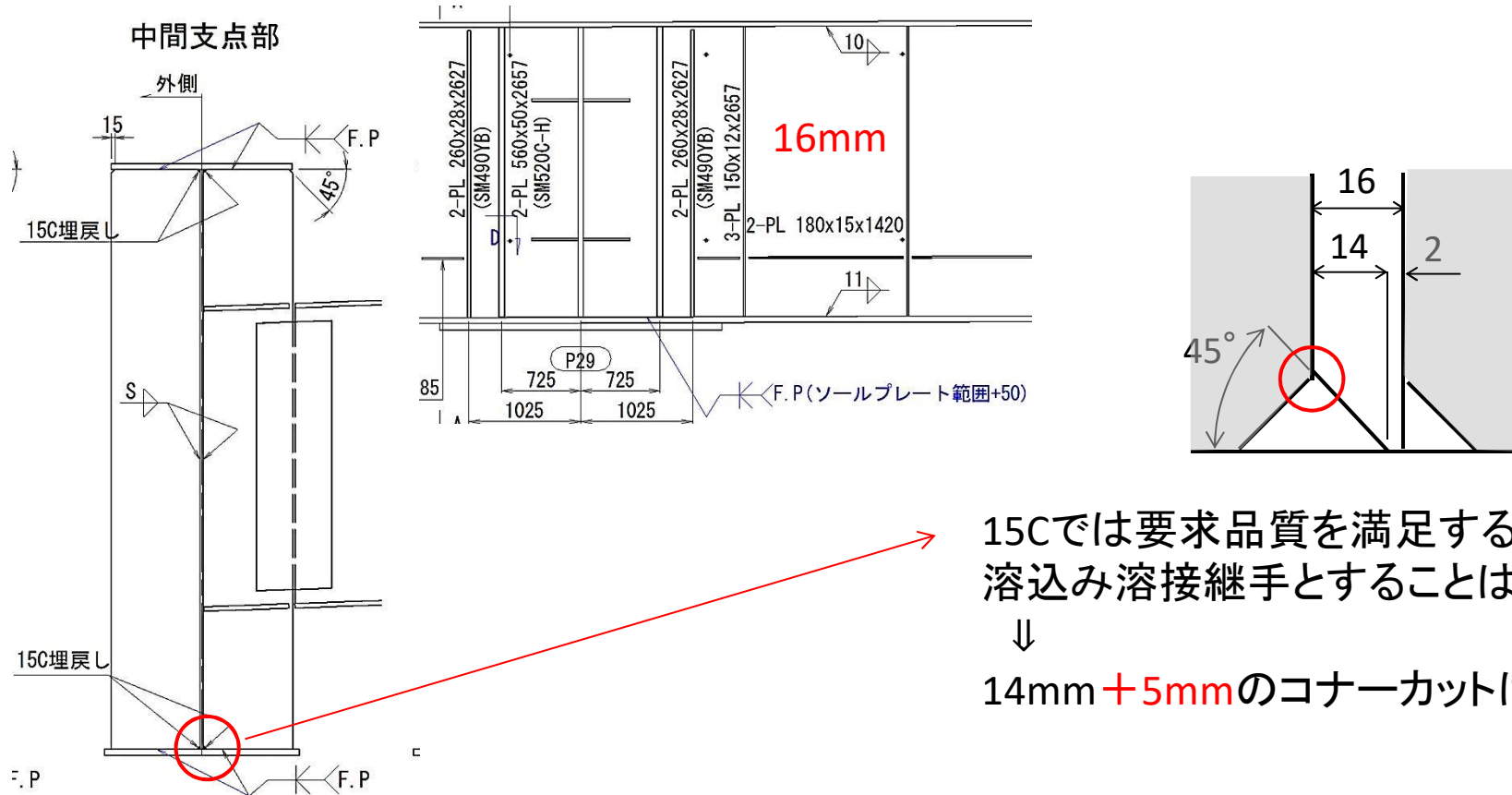
板厚30mm程度が
限界

50R



板厚50mm程度が
限界

溶接に配慮した構造詳細例 コーナーカット



15Cでは要求品質を満足する完全溶込み溶接継手とすることは難しい
↓
14mm + 5mmのコーナーカットは必要

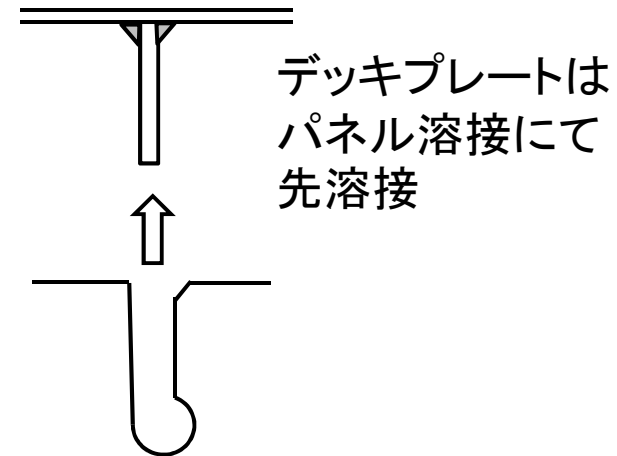
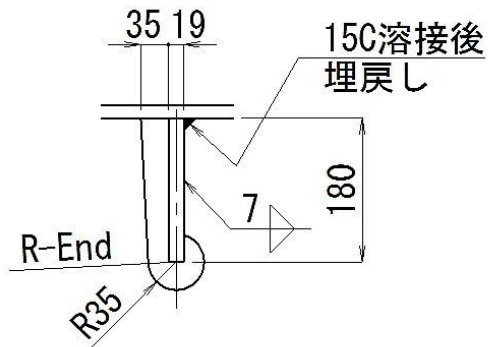
※ 15Cではなく**コーナーカット**と記載

溶接に配慮した構造詳細例 コーナーカット



鋼床版 平リブ

RIB PL 180x19



7mm脚長のすみ肉を先溶接してある部材への取り付けのため、10Cでよい

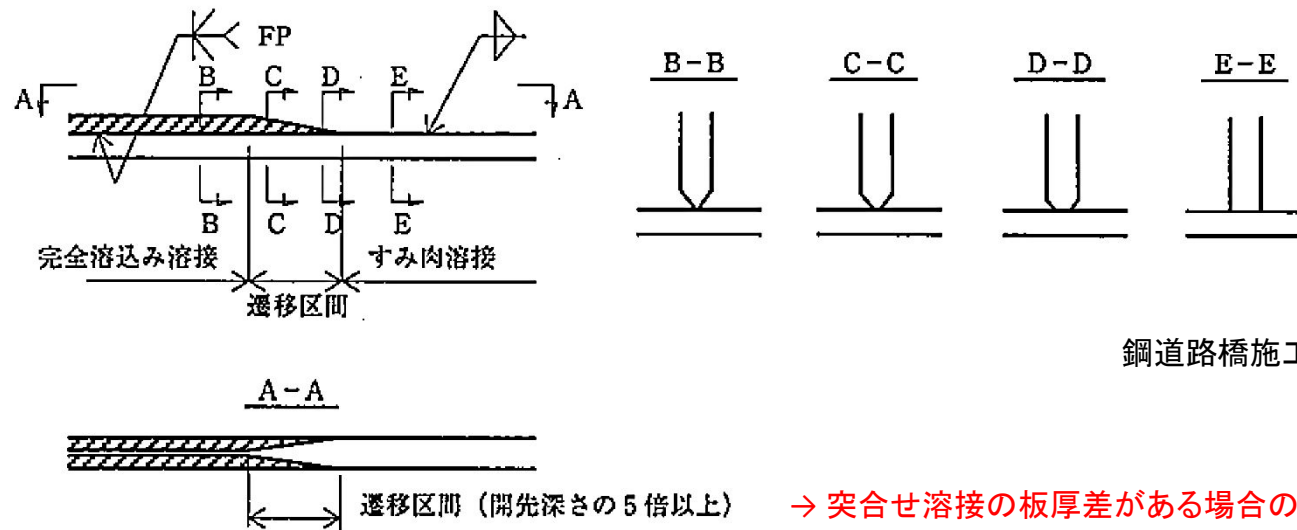
先溶接の有無や脚長の大きさにてコーナーカットの大きさを決定している

溶接に配慮した構造詳細例 開先形状が変化する継手

完全溶込みからすみ肉溶接に変化する継手など、1溶接線内で開先形状が変化する場合



応力伝達が円滑になるように行われるように遷移区間を設ける



鋼道路橋施工便覧より

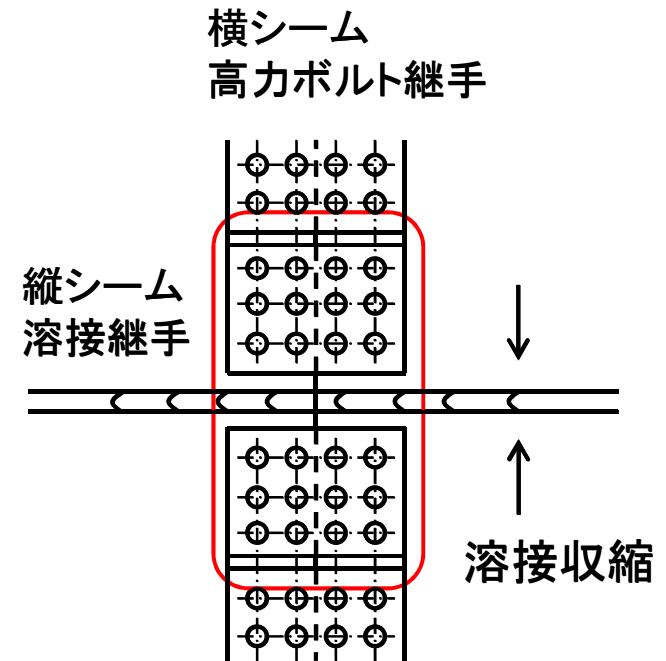
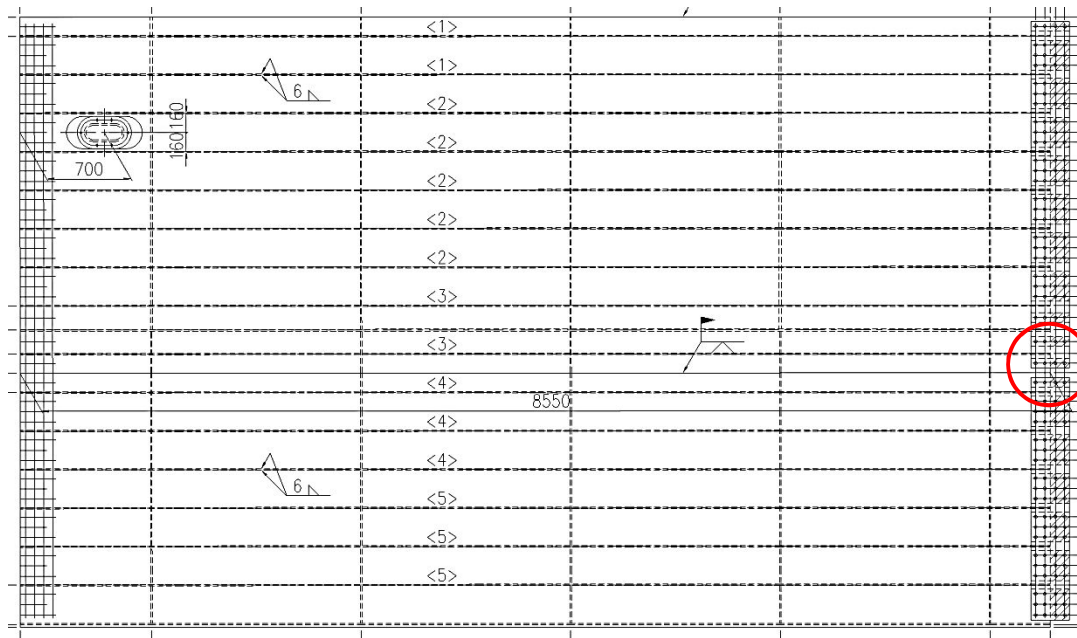
遷移区間で欠陥が生じやすい溶接始末端を設けない

⇒ 遷移区間の範囲に邪魔板がないようにする

設計図に遷移区間を明記する

溶接に配慮した構造詳細例 鋼床版

鋼床版デッキプレートの現場継手



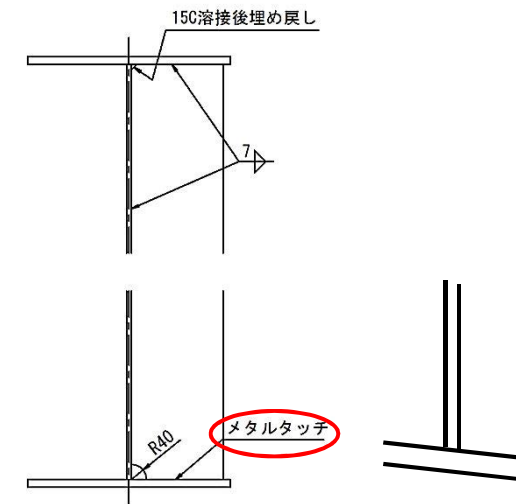
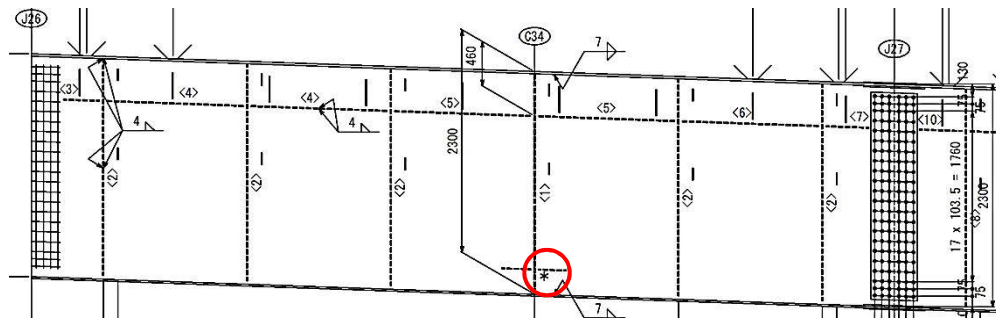
現場溶接付近は溶接收縮が生じること、超音波探傷試験を適用した場合は後孔(4.溶接の非破壊検査で説明)となることから、**添接板を分割する**

溶接に配慮した構造詳細例 垂直補剛材

道路橋示方書・同解説Ⅱ編 13.4.5 垂直補剛材の取付け方

(2) 支点部以外の垂直補剛材の取付け方は以下のとおりとする。

2) 鋼桁の主桁並びに床桁、縦桁及び対傾構等の取付部等のような荷重集中点の垂直補剛材と引張フランジは**原則として溶接せず密着させる。**



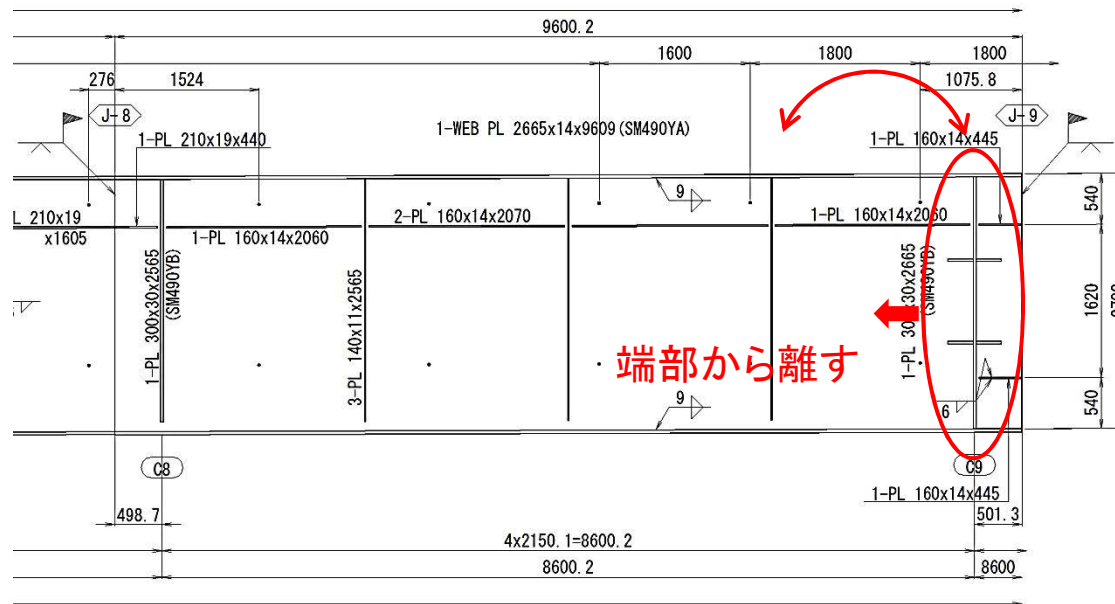
縦断勾配が大きい場合、垂直補剛材は縦断勾配に合わせた角度で切断するが、メタルタッチさせるには擦り合せが必要

→ **疲労照査してOKなら溶接としたい**

溶接に配慮した構造詳細例 横桁位置

横桁位置が現場継手に近いと

→ 仕口フランジの完全溶込み溶接による溶接收縮と溶接変形の影響で主桁の腹板の変形大

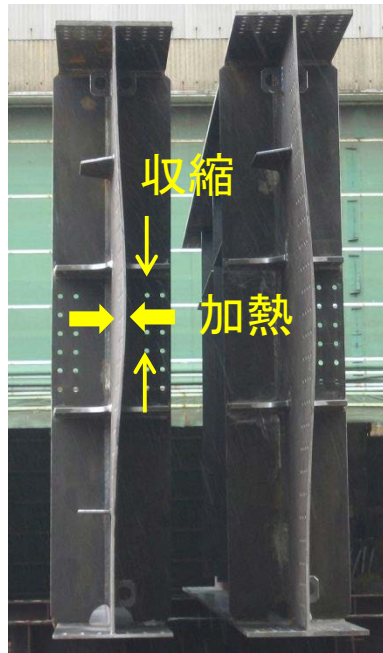


完全溶込み溶接がある横桁仕口は、できるだけ端部から離してほしい

溶接に配慮した構造詳細例 横桁位置

横桁位置が現場継手に近いと、

→ 仕口フランジの完全溶込み溶接による溶接收縮と溶接変形の影響で主桁の腹板の変形大



どのように矯正するか

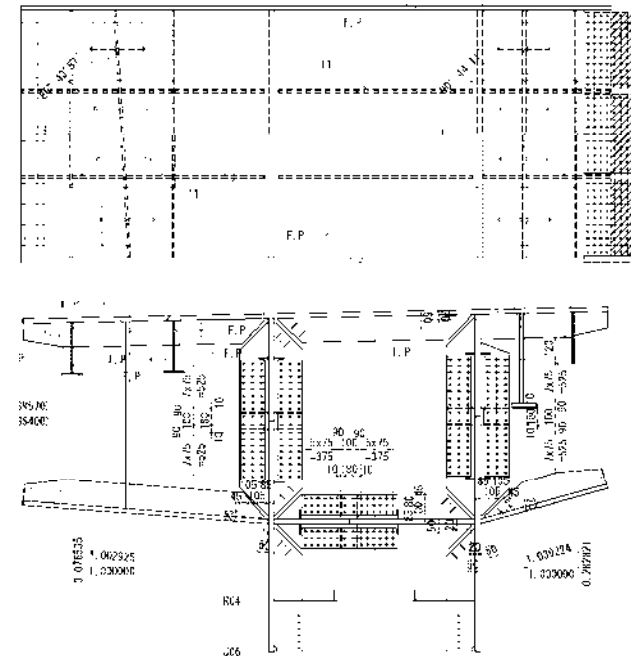
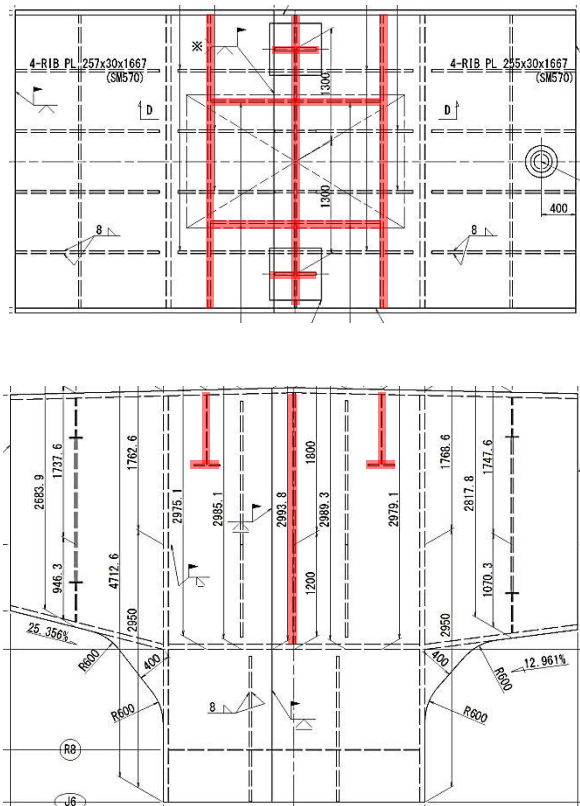
・フランジで固定されているため、ウェブを加熱矯正で収縮させてウェブをまっすぐにする



ウェブ高が小さくなり、隣りの部材との相対誤差が大きくなることもある

溶接に配慮した構造詳細例 鋼製橋脚

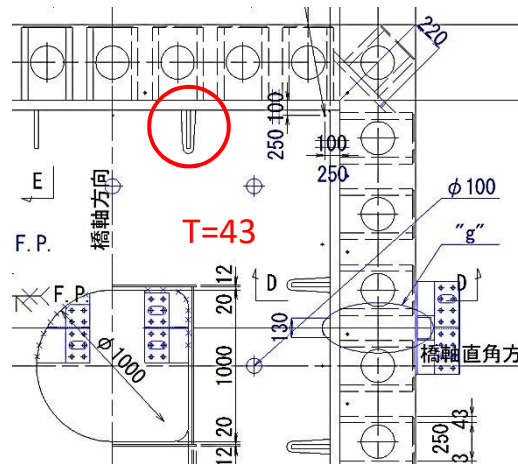
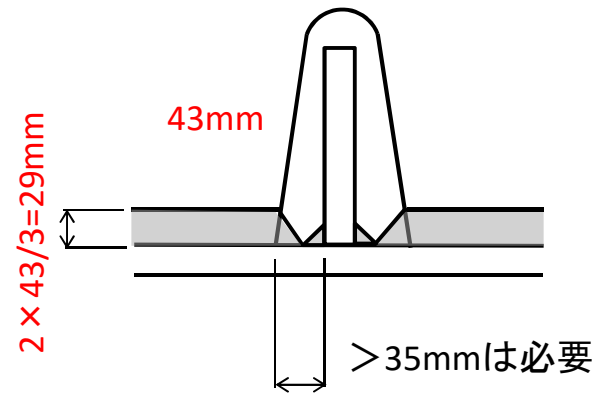
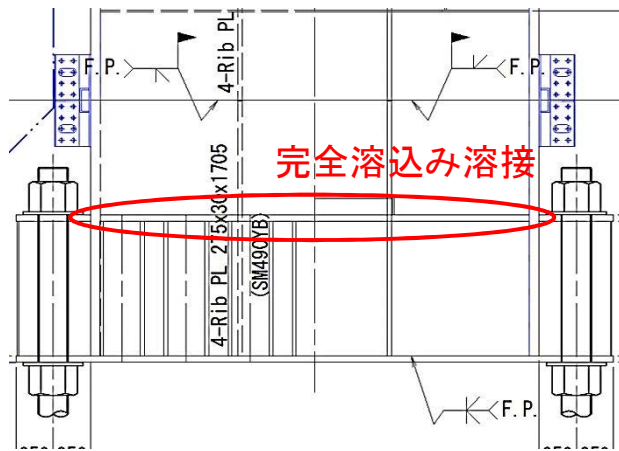
上部工の支点部は狭隘部となるので注意



右側の支点部は組立手順を工夫しても溶接できないため、大幅に構造変更した

溶接に配慮した構造詳細例 鋼製橋脚

基部のダイヤフラムのスカラップ



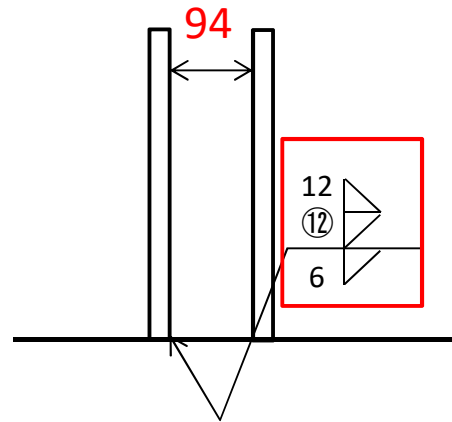
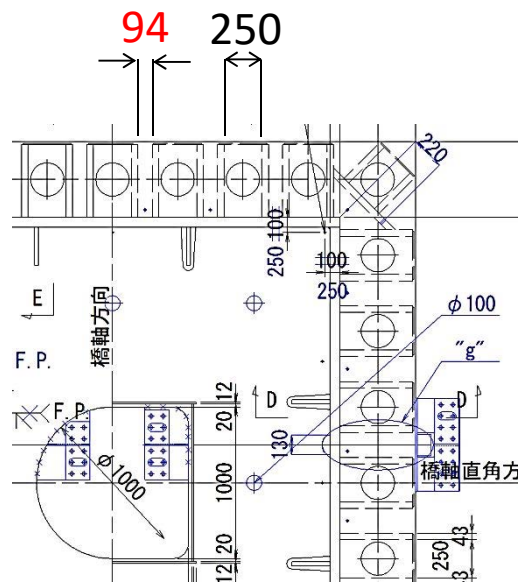
ダイヤフラムは板厚が厚いので、ビードが干渉することが多い

スカラップ幅は、

完全溶込み溶接の開先幅 + 縦リブのすみ肉溶接脚長
としてほしい

溶接に配慮した構造詳細例 鋼製橋脚

基部のリブ

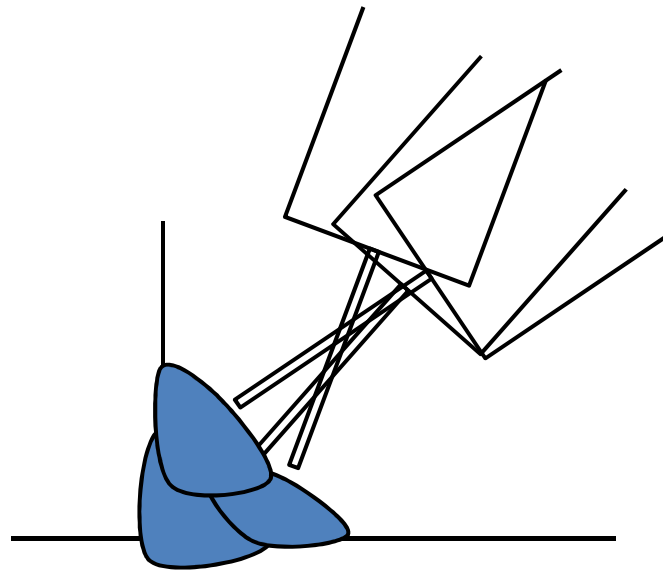


溶接トーチを傾ければ挿入できるので、脚長6mmの溶接は可能(トーチの角度を変える多層盛溶接は不可)
ただし、グラインダーが入らないので、溶接外観の補修はできない
最低限、150mmの間隔はほしい



多層盛すみ肉溶接のトーチ角度

マグ溶接(CO₂溶接)で水平すみ肉溶接の場合、1パスで溶接できる最大脚長は8mm程度、それ以上は多層盛溶接

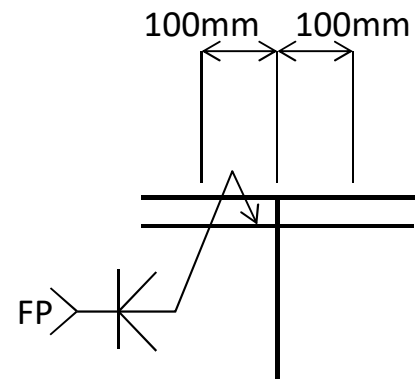
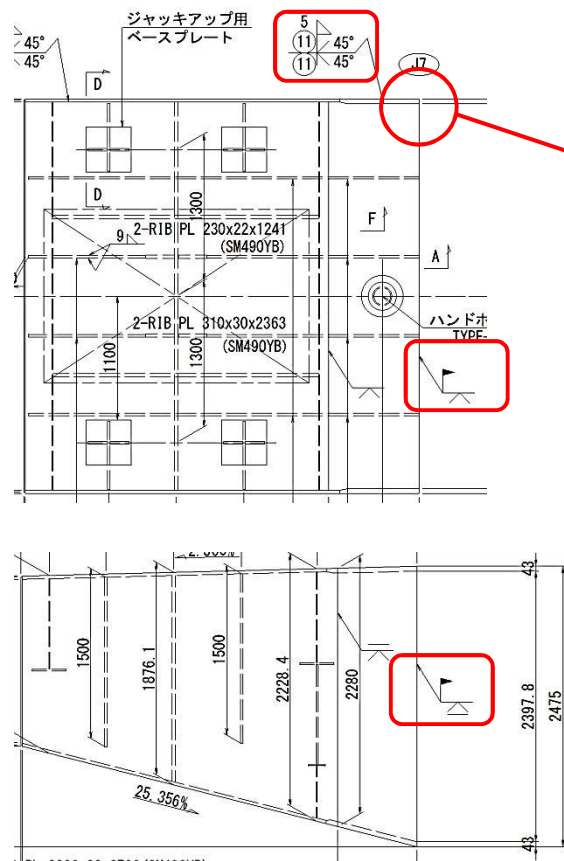


トーチの角度をかえて溶接



溶接に配慮した構造詳細例 鋼製橋脚

現場溶接継手近傍の角溶接継手

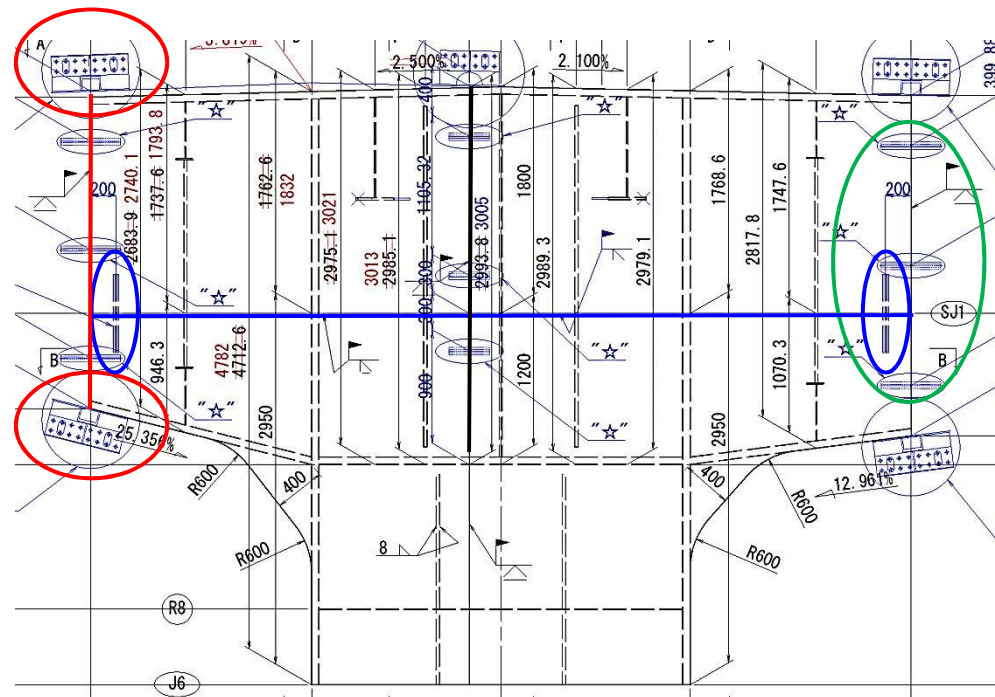
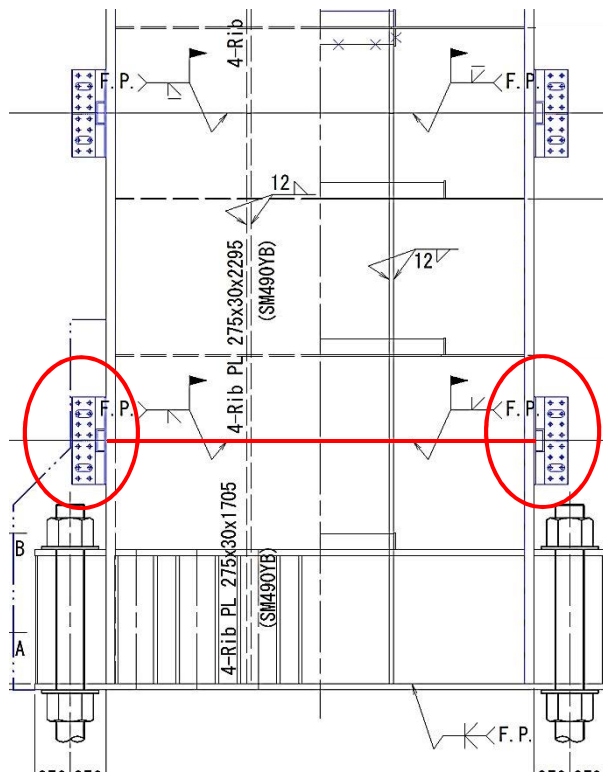


角溶接継手が部分溶込み溶接だと、
角溶接継手溶接と現場突合せ溶接
継手の境界部の品質が確認しにくい

↓
角溶接継手の端部100mm程度は完
全溶込み溶接とする

溶接に配慮した構造詳細例 鋼製橋脚

現場溶接継手の形状保持材(エレクションピース)



陸上輸送の場合、部材の高さ、幅、重量は形状保持材も含めて検討

ご清聴ありがとうございました。