### 橋の豆知識

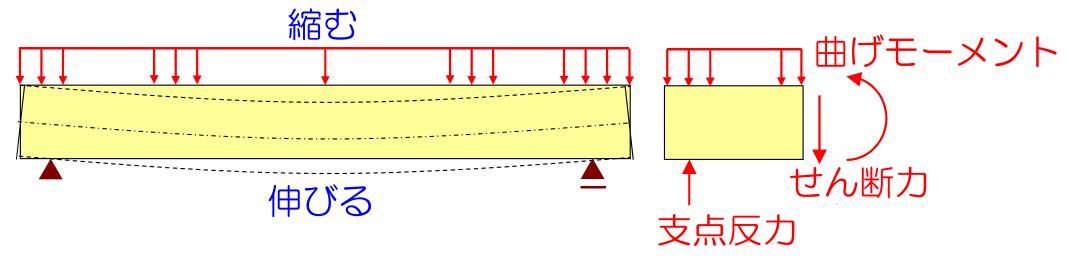
# 鋼桁橋の話



明石工業高等専門学校 三好 崇夫

### 桁橋の原理





- ▶ 古代の「丸太わたし」が起源
- ▶ 構造力学の(単純)はりと同じ原理
- > 曲げモーメントとせん断力で荷重を支点に伝達
- > 鋼橋の中では建設数が最多

# 鋼桁橋(プレートガーダー橋)



鉄道橋(リベット桁, JR姫新線・第1吉井川橋梁, 岡山県)

# 鋼桁橋 (プレートガーダー橋)



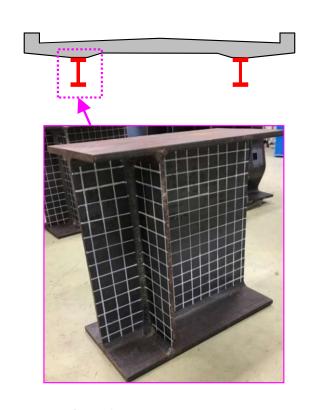
道路橋(溶接桁,用之江跨線橋,岡山県)

## (鋼)桁橋の分類

- 断面形状による分類
  - Hビーム(圧延桁)橋
  - プレートガーダー(鈑桁)橋PC床版
  - ボックスガーダー (箱桁) 橋
  - 鋼床版I桁橋
  - 鋼床版箱桁橋
- 側面支持形態による分類
  - 単純桁橋
  - 連続桁橋
  - ゲルバー桁橋

コンクリート系床版

### Hビーム(圧延)桁橋





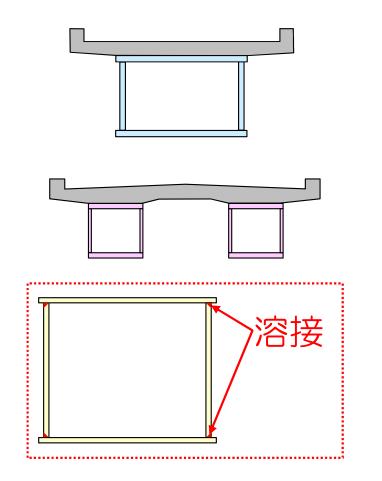
- > 主桁に圧延H形鋼(非溶接構造)を用いた桁橋
- > 支間長25m程度までの小規模な単純桁橋に多用
- ➤ 圧延H形鋼のフランジ, 腹板の幅厚比が小さいため, 局部座屈強度は高い
- ▶ 補剛材は支点部と横桁取り付け点のみに設置されるなど、構造は簡素

プレートガーダー橋



- > 鋼板3枚を溶接してI形断面に組み立てた主桁を持つ
- 主桁は鋼板の板幅,板厚の組合せで任意の断面構成可
- > 一般的に主桁は補剛材を配置した薄肉構造
- ▶ 単純桁橋では支間30~50mクラスに適用

#### ボックスガーダー橋



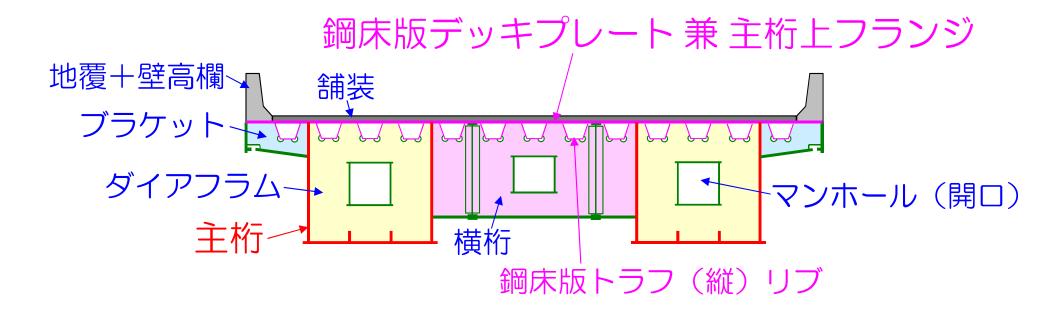


- → 鋼板4枚を溶接して箱形断面に組立てた主桁を持つ。
- 主桁は鋼板の板幅,板厚の組合せで任意の断面構成可
- ▶ 曲げ剛性が大きく、桁高を低くしやすい
- ねじり剛性が高く、ねじりモーメントが卓越する曲線橋に多用
- ▶ 単純桁橋では概ね支間長50~80mに適用

#### 鋼床版I桁橋

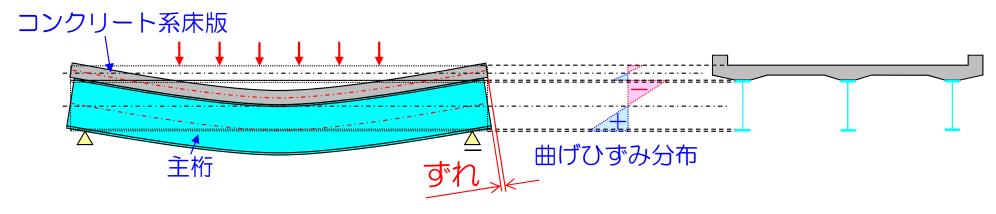
- 鋼床版厚 < R C 床版厚のため、桁高を低くすることが可能</li>
- ➤ 鋼床版自重 < R C 床版自重のため、上部構造の死荷 重の軽減が可能
- → 鋼床版が主桁断面の一部(上フランジ)として機能するため、支間長60mクラスにも適用可能
- ▶ 現場での型枠等を用いた床版施工不要,工期短縮可

#### 鋼床版箱桁橋

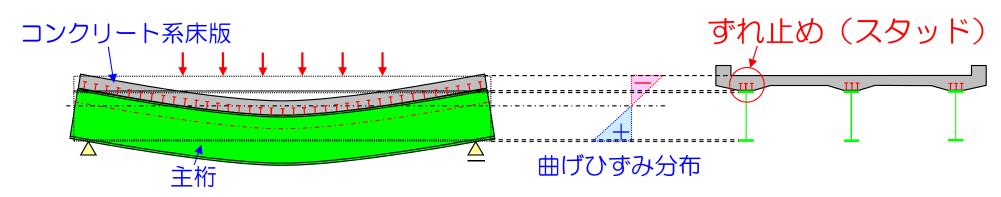


- ▶ 鋼床版I桁橋の持つ特性に加えて、さらに桁高を低く することが可能
- ▶ 主桁が箱形断面であるため、高い曲げ剛性とねじり剛性をもつ
- ▶ 高い曲げ剛性により、連続桁形式も含めると、支間長 150mクラスにも適用可能

#### 合成桁と非合成桁



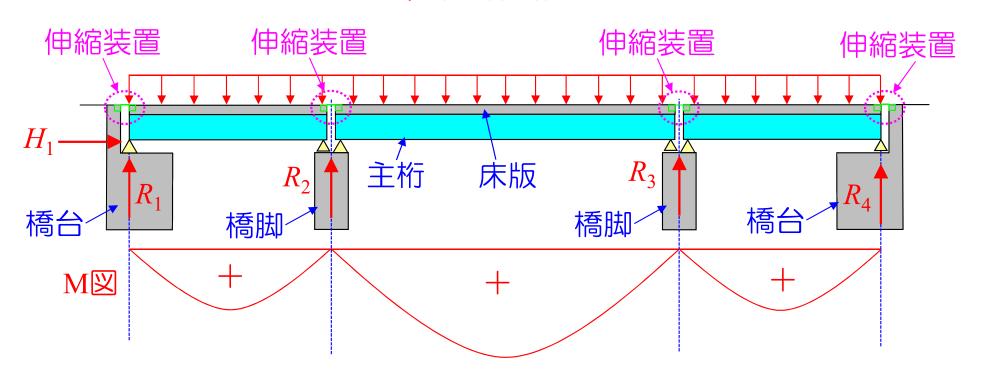
非合成プレートガーダー橋



合成プレートガーダー橋

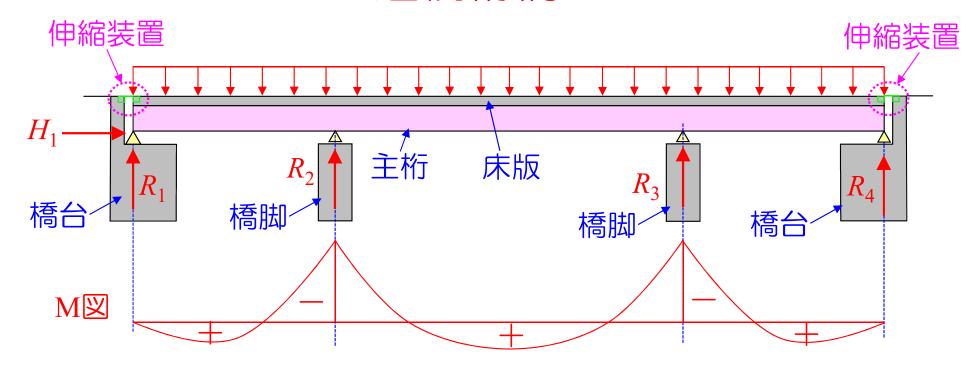
- ▶ 鋼と弾性係数が異なるコンクリート系床版を持つ鋼桁橋の形式
- > 主桁のみで荷重伝達する非合成桁
- ずれ止めを介して主桁と床版が一体となって荷重伝達する非合成桁
- ▶ 連続合成プレートガーダー橋,単純非合成箱桁橋などと称する

#### 单純桁橋



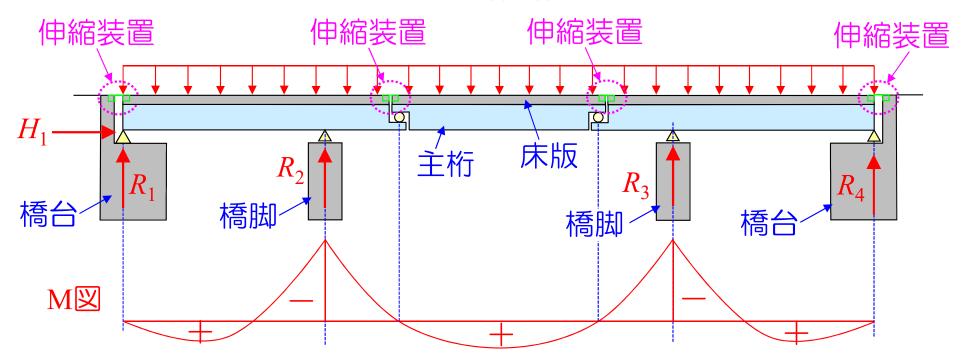
- ▶ 静定構造であり、鋼桁橋では広く採用
- ➢ 温度変化では断面力が発生しない
- ▶ 支点沈下では断面力を生じないため、軟弱地盤上への建設可能
- ▶ 支間長の増加につれて正の曲げモーメントも増加するため、長 支間化困難
- ▶ 橋面上に伸縮装置があるため、必ずしも走行性は良好でない
- ▶ 地震時に中間橋脚や橋台が倒壊すると、不安定構造化

#### 連続桁橋



- 不静定構造(不静定次数二径間数-1)
- ▶ 温度変化や支点沈下のみによっても断面力発生
- 等分布荷重により支点部では負の曲げモーメントが発生
- ▶ 逆に、支間の正の曲げモーメントは減少
- ▶ 単純桁に比べて長支間化可能
- ▶ 橋面上に伸縮装置がないため、走行性が良好
- ▶ 地震時に中間橋脚が倒壊しても、不安定構造化しにくい

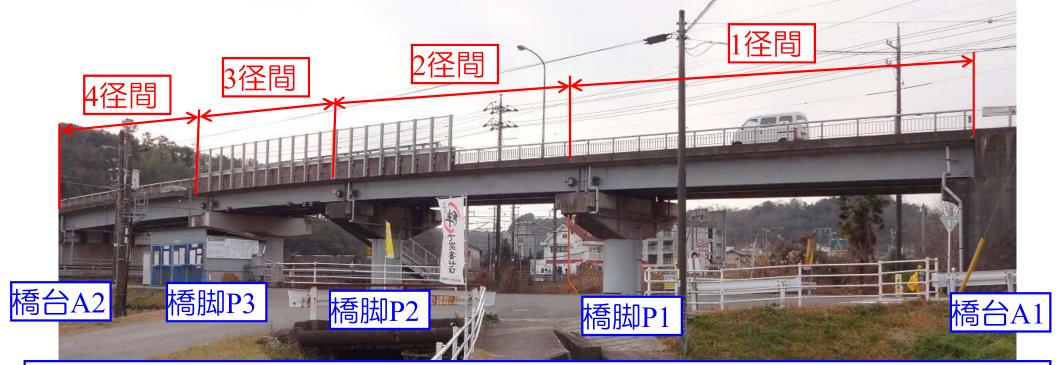
#### ゲルバー桁橋



- ▶ 連続桁の中間に不静定次数に等しいヒンジを入れた静定構造
- ➢ 温度変化や支点沈下では断面力は発生しない
- ▶ 曲げモーメントの大きさは連続桁と同程度
- かつては長支間橋に多用されたが、ヒンジ部に疲労損傷が生じやすい、振動しやすい等により、現在は殆ど建設されない
- ▶ 橋面上に伸縮装置があるため、必ずしも走行性は良好でない
- 地震時に中間橋脚や橋台が倒壊すると、不安定構造化

## プレートガーダー橋の構造(1/12)

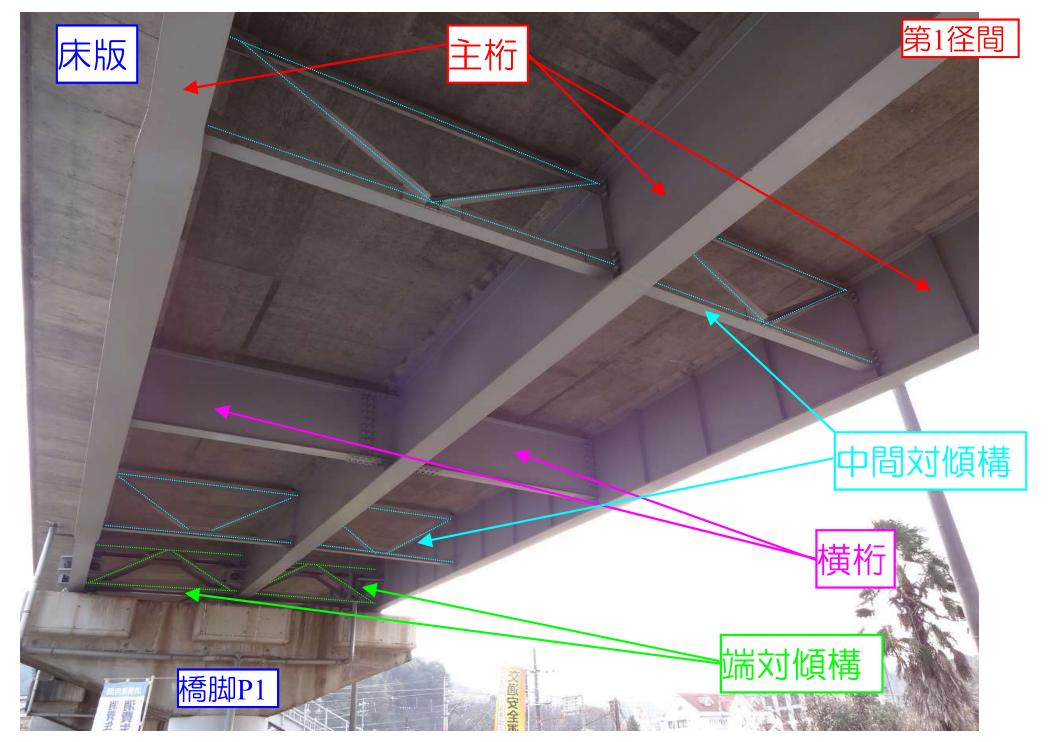
4径間単純非合成プレートガーダー橋(3主桁,RC床版) 鋼道路橋設計・製作示方書(昭和39年)に準拠して建設



兵庫県南部地震後に改訂された道路橋示方書に準拠して耐震補強

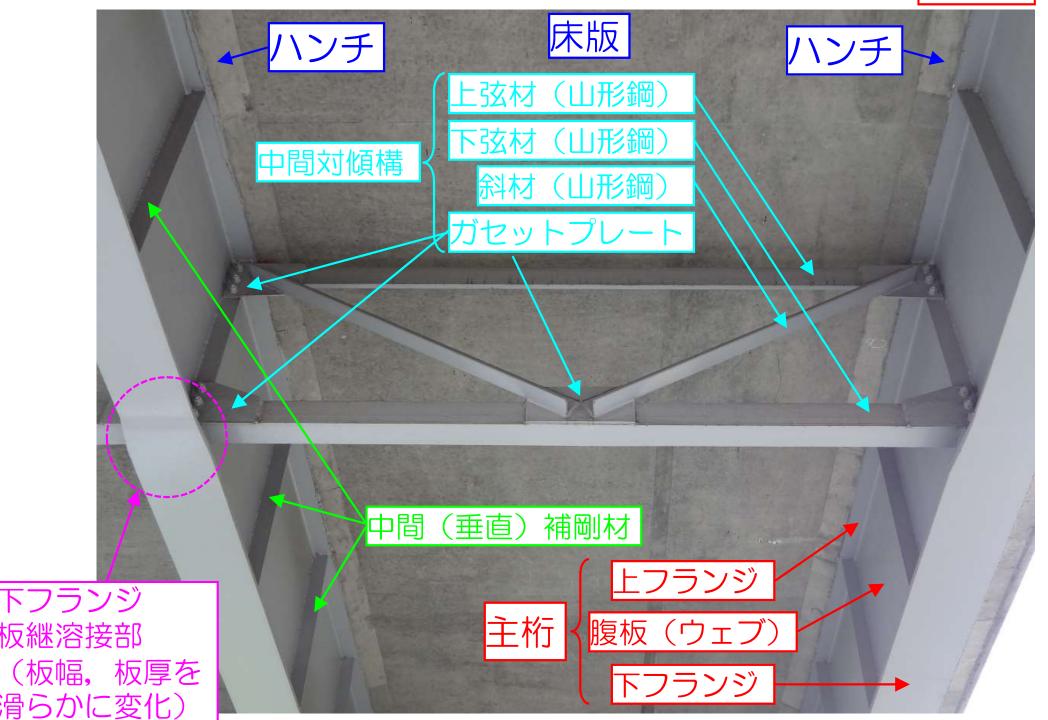
- 沓座拡幅(橋脚,橋台の支承接地面を橋軸方向に延長)
- 落橋防止構造, 落橋防止ケーブル(隣接径間の主桁どうしを連結)設置
- RC橋脚のコンクリート巻き立て

# プレートガーダー橋の構造(2/12)

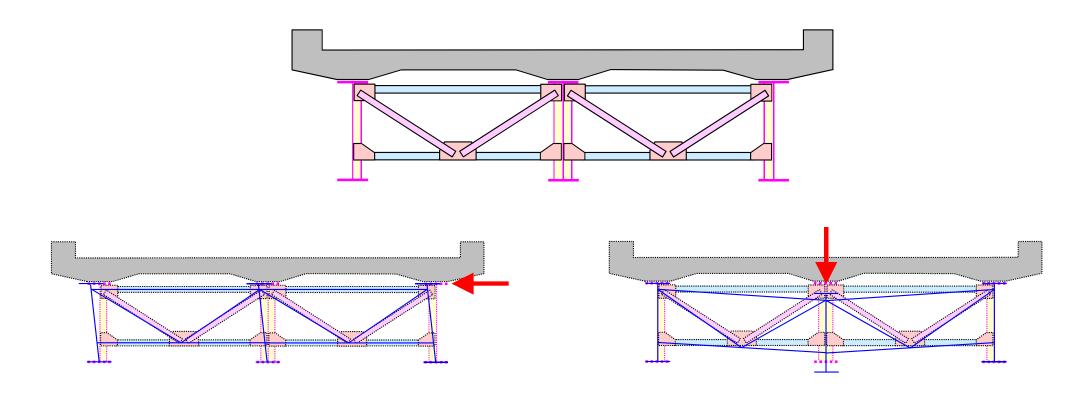


## プレートガーダー橋の構造(3/12)

第1径間

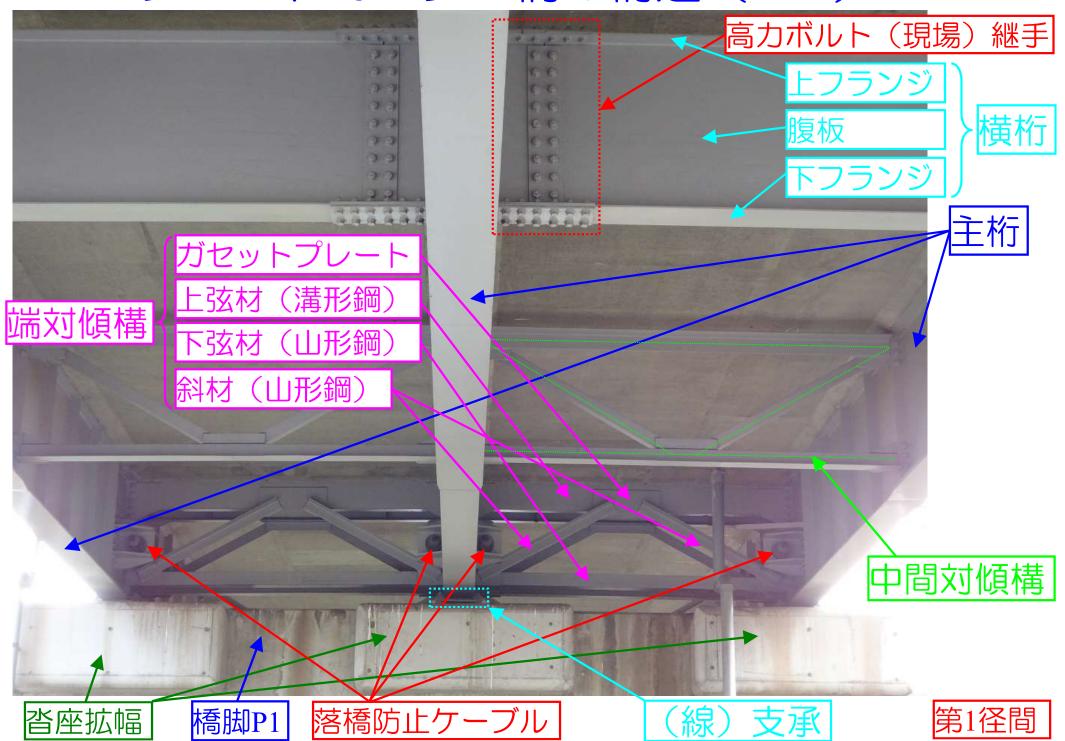


#### 中間対傾構の役割と設計

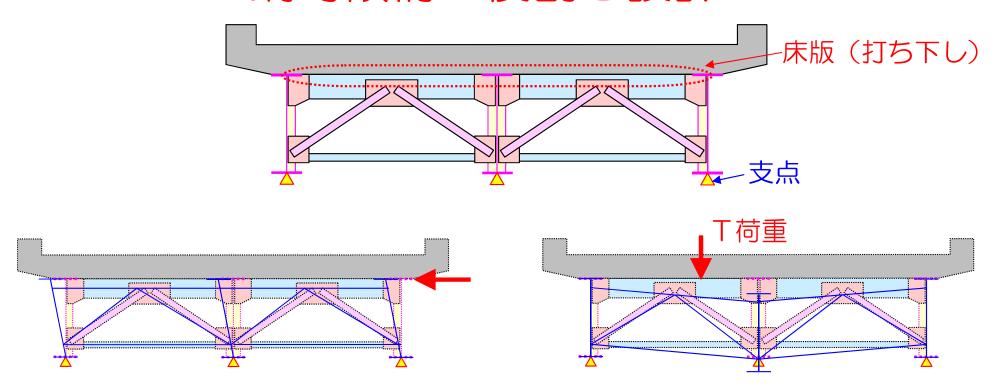


- ➤ 橋軸方向に6m以内の間隔で設置
- ▶ 風荷重や地震力などの横方向荷重に抵抗するとともに、主桁間の相対たわみを抑制
- ▶ 主桁の横変位に対する支点、横倒れ座屈に対する支間長短縮
- ▶ 床板は支持しない(斜材は谷形配置)
- ▶ 通常は山形鋼を用いて、二次部材として細長比制限で決定

# プレートガーダー橋の構造(4/12)

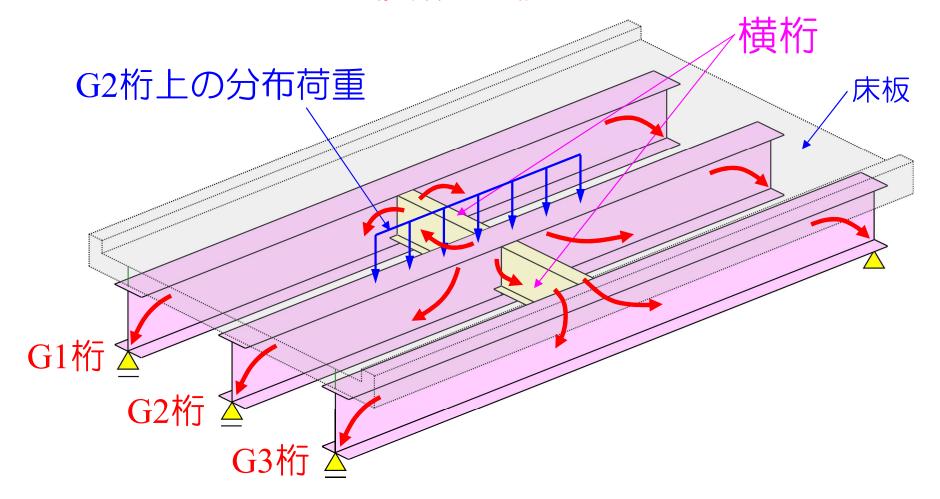


#### 端対傾構の役割と設計



- ▶ 主桁の支点部に設置し、風荷重や地震力などの横方向荷重に 抵抗するとともに、主桁間の相対たわみを抑制
- 上横構や床版から伝わる横方向荷重を支承に伝達
- ▶ 上弦材の上に床版を載せて支持し、床版端部を補強(斜材は 山形配置、床版は打ち下す)
- ▶ 端対傾構の上弦材はT荷重、床版や上横構から伝達される横方 向荷重を作用させて設計
- ▶ 上弦材以外は、通常は山形鋼を用いて細長比制限で設計

#### 横桁の役割



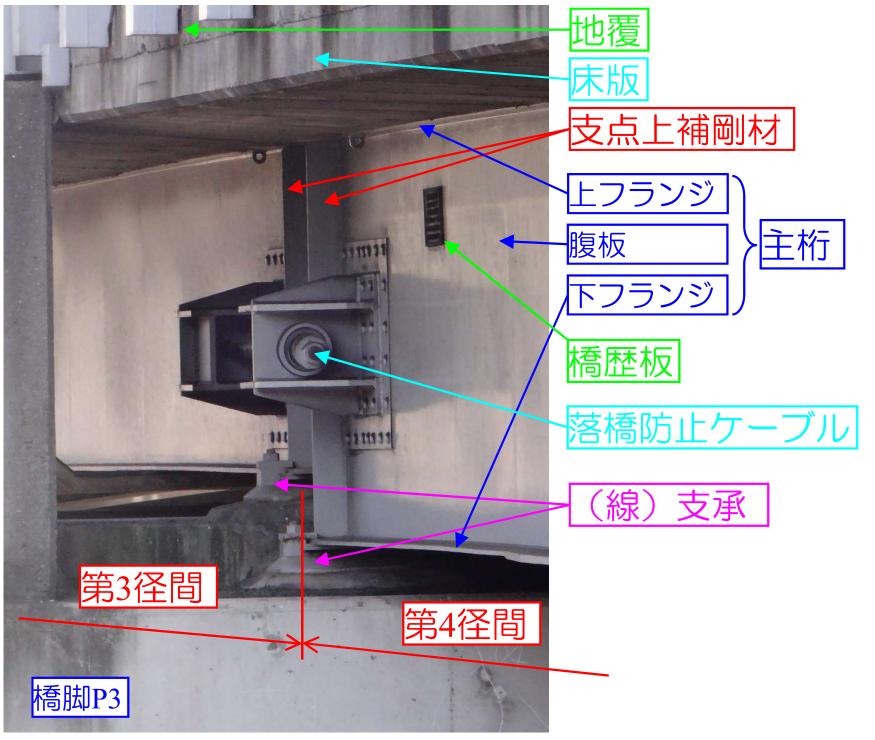
- ある主桁に作用する荷重を他の主桁に伝達する荷重分配効果を 発揮
- ▶ 主桁全体で協働して荷重に抵抗
- ▶ 主桁と横桁からなる構造を格子桁と呼ぶ
- ▶ 対傾構と同様に、横荷重に抵抗し、主桁間の相対たわみを抑制

## 落橋防止ケーブル

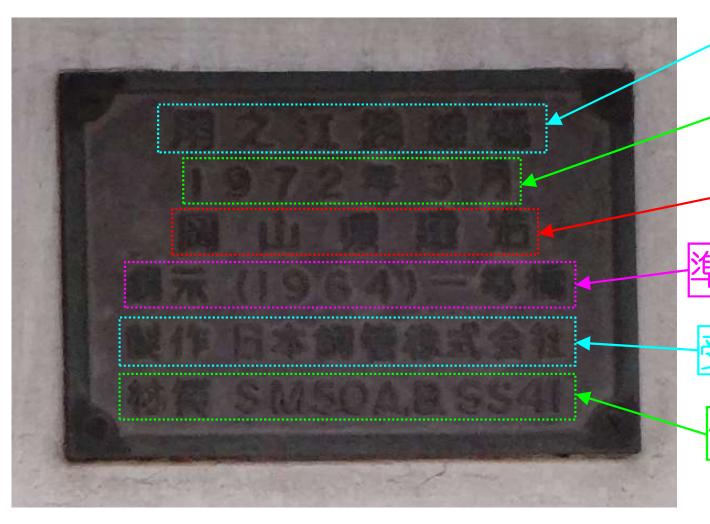


▶ 地震時に橋脚,橋台から桁が落下しないように,桁同士あるいは桁と橋台とを連結するケーブル

## プレートガーダー橋の構造(5/12)



### 橋歴板



橋梁名称

竣工年月

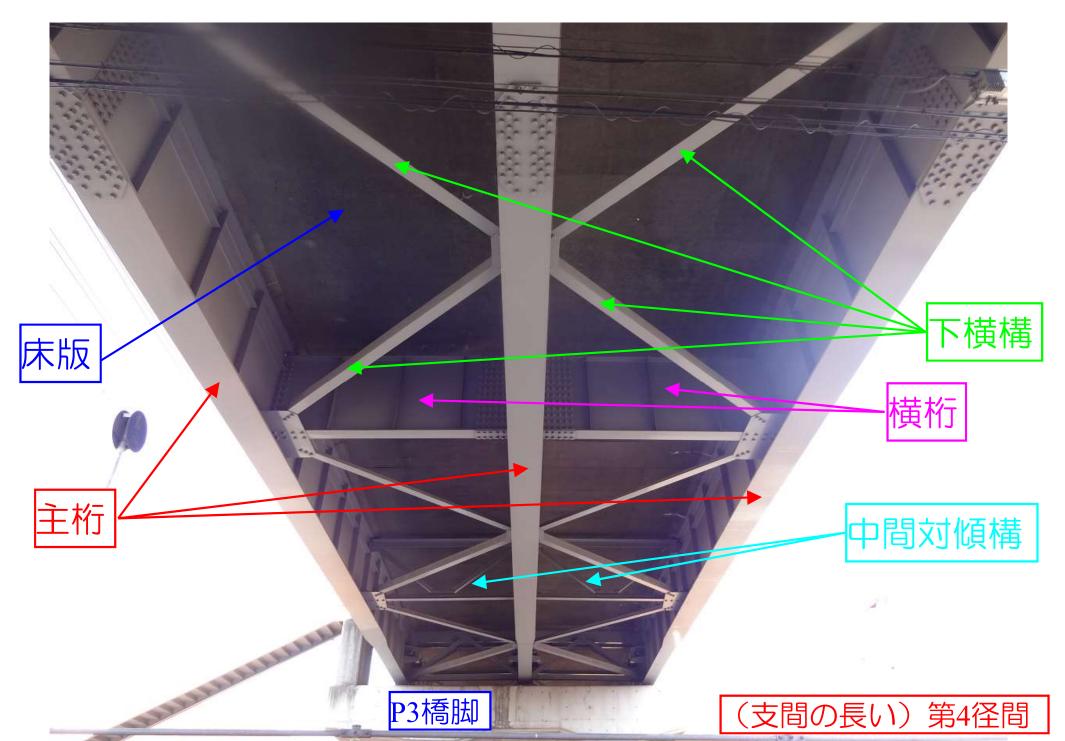
発注者名

準拠示方書•等級

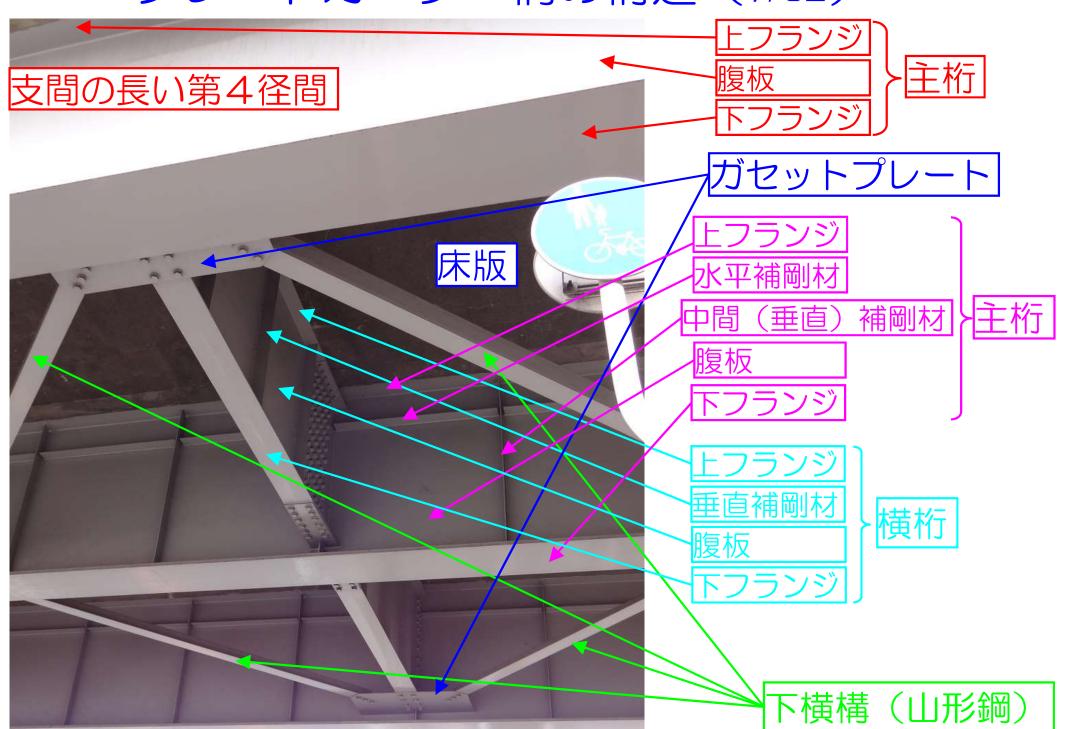
受注(製作)者名

使用鋼材の材質

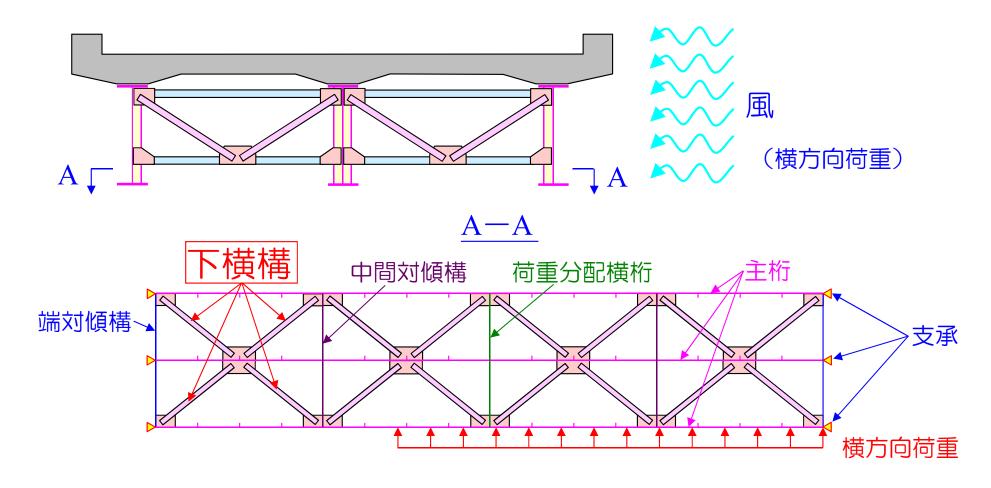
# プレートガーダー橋の構造(6/12)



# プレートガーダー橋の構造(7/12)

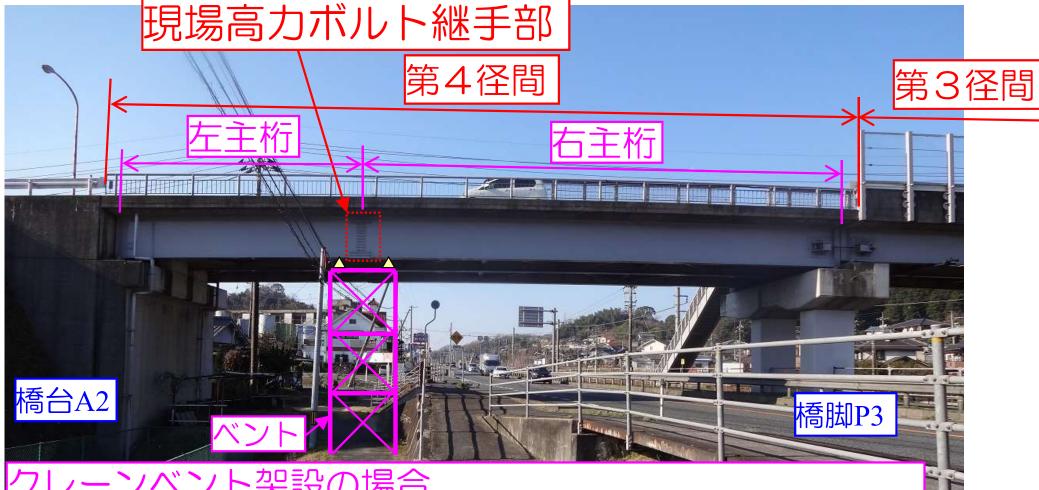


#### 横構の役割と設計



- > 風荷重や地震力等の横方向荷重に抵抗,横方向剛性の向上
- ▶ 上路橋で上フランジが床版に固定され、桁の横倒れに耐えられる場合には上横構の省略可.支間長25m以下で強固な対傾構がある場合には、下横構も省略可
- ▶ 通常は形鋼を用いて、細長比制限により断面が決定

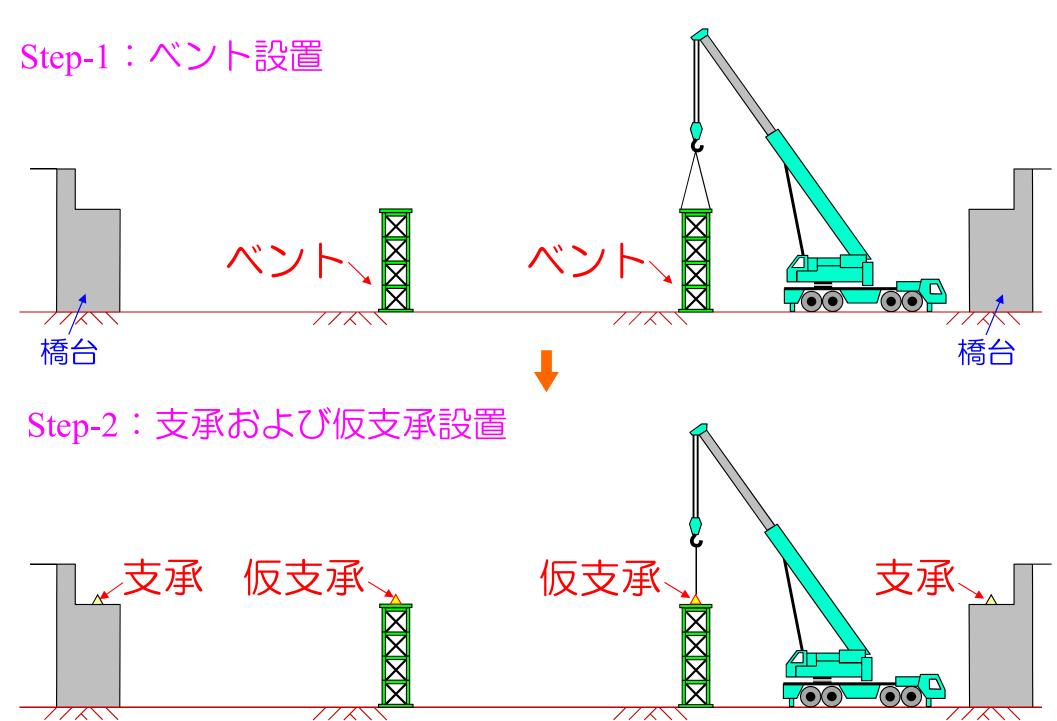
## プレートガーダー橋の構造(8/12)



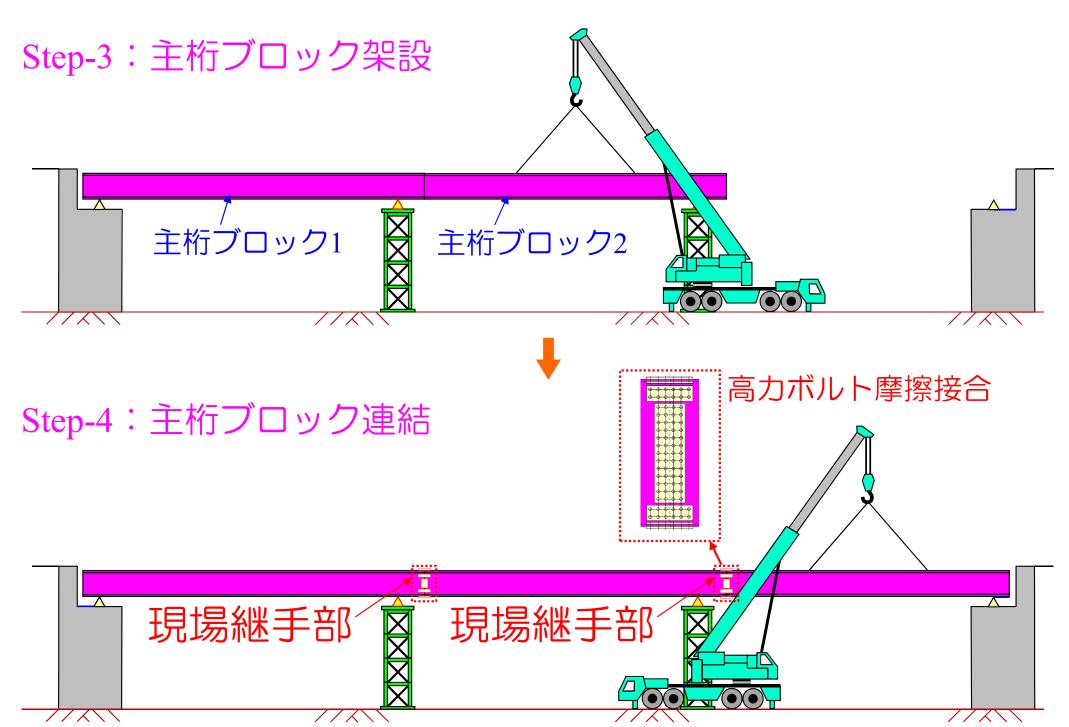
#### ーンベント架設の場合

- 1) 架設時にベント設置, 2基の仮支点をベント上に設置
- (2) 第4径間の主桁は左右2分割して現場に搬入
- (3) 橋台A2 ~ベント上~橋脚P3支点に左右の主桁を設置
- 左右の主桁を高力ボルト継手で連結
- ) 仮支点とベントを撤去

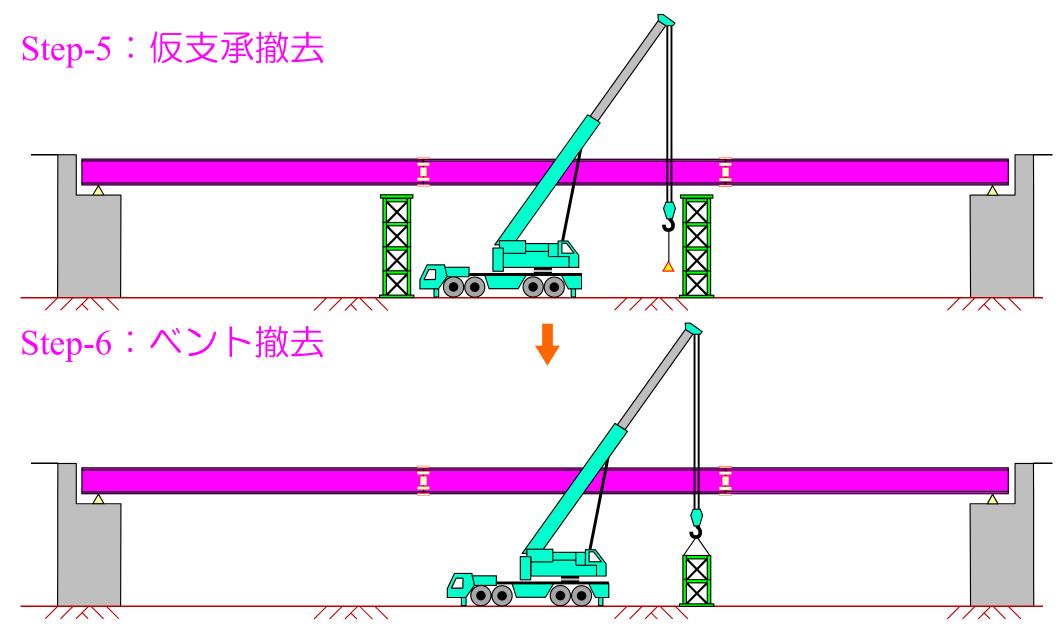
### クレーン・ベント架設(1/3)



### クレーン・ベント架設(2/3)

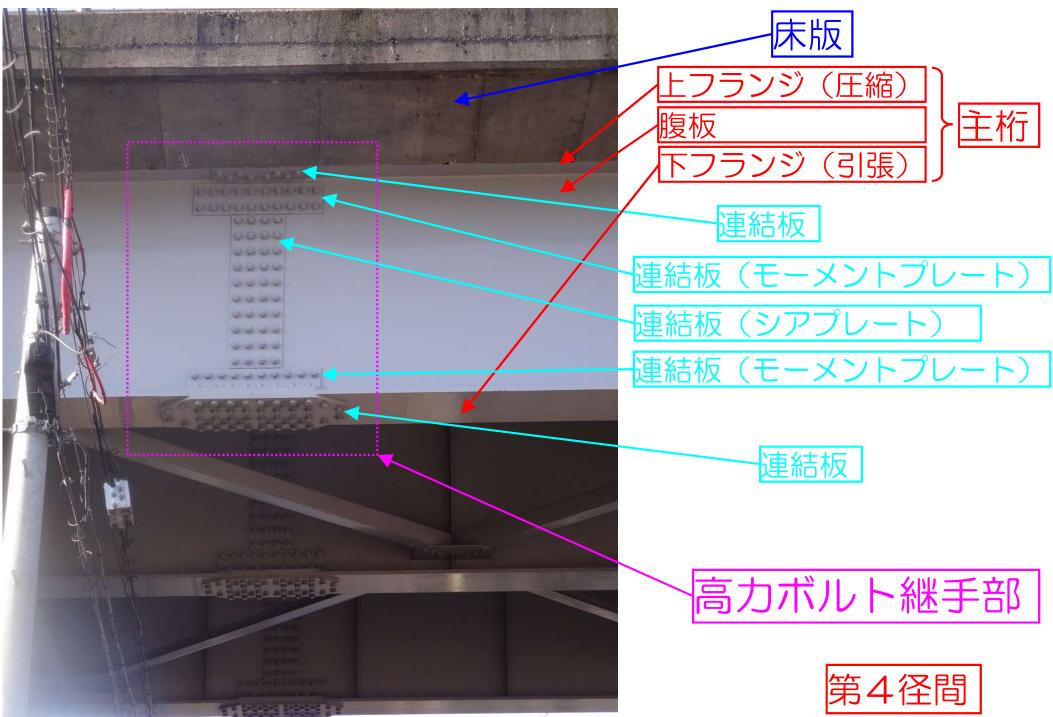


### クレーン・ベント架設(3/3)

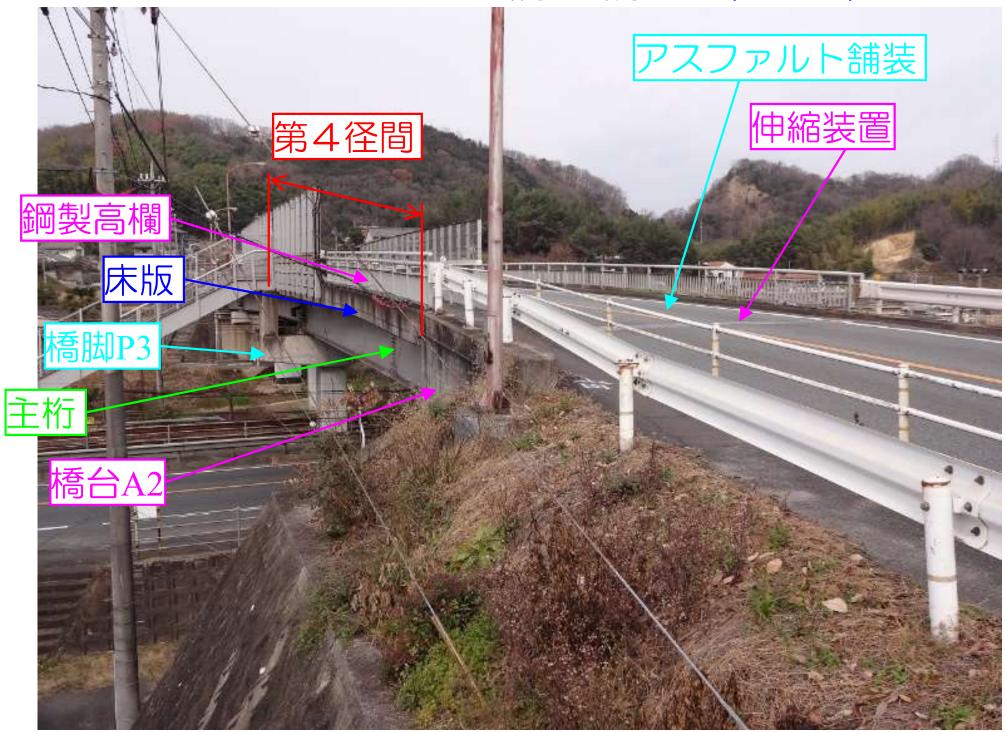


- > Step-6の後に、型枠を設置して床板施工
- ▶ 交差物件が鉄道,幹線道路の場合には一般に送り出し架設

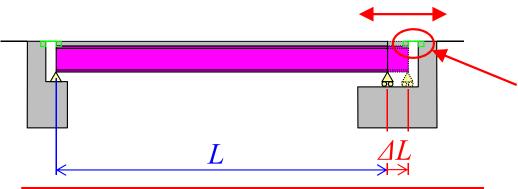
## プレートガーダー橋の構造(9/12)



# プレートガーダー橋の構造(10/12)



## プレートガーダー橋の構造(11/12)



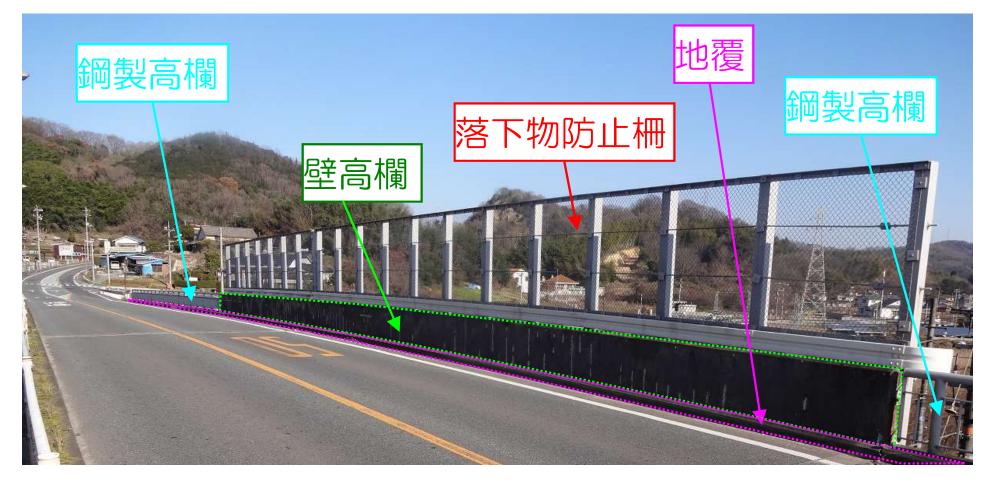
伸縮装置:

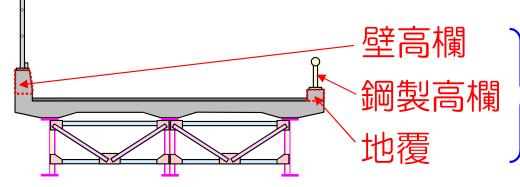
温度変化に伴う橋の伸縮変形を吸収

線膨張係数lpha,温度上昇 $\varDelta T$ のとき,温度移動量  $\varDelta L = Llpha \varDelta T$ 



## プレートガーダー橋の構造(12/12)





橋上を通行する車両等の側方安全性 を確保するために設置

### 単純非合成プレートガーダー橋の設計フロー

- 設計条件の提示 橋長, 幅員 ・荷重の種類 (A, B活荷重)

骨組形状の決定:主桁数,主桁間隔,横桁,対傾構位置の決定

床板の設計

主桁の設計

|各主桁への荷重分配の計算|:格子桁,1-0分配法等を使用

|各主桁の断面力の計算|:曲げモーメント,せん断力の計算

| 桁断面の設計 |:桁高,腹板厚,フランジ幅,厚さの設計

補剛材の設計:垂直補剛材,水平補剛材の板幅,板厚,垂直

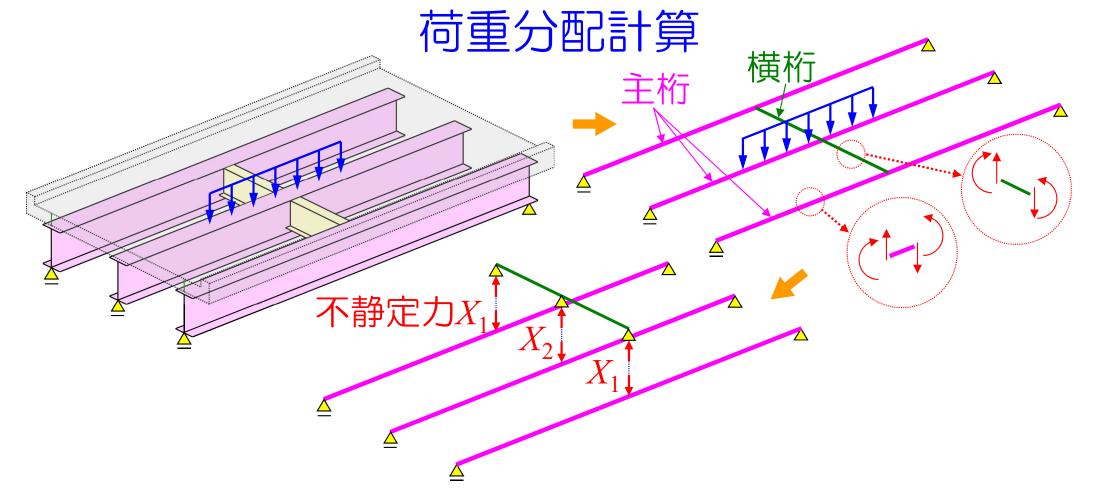
補剛材の配置間隔の設計 たわみの照香

現場継手の設計 : 一般に高力ボルト摩擦接合継手の設計

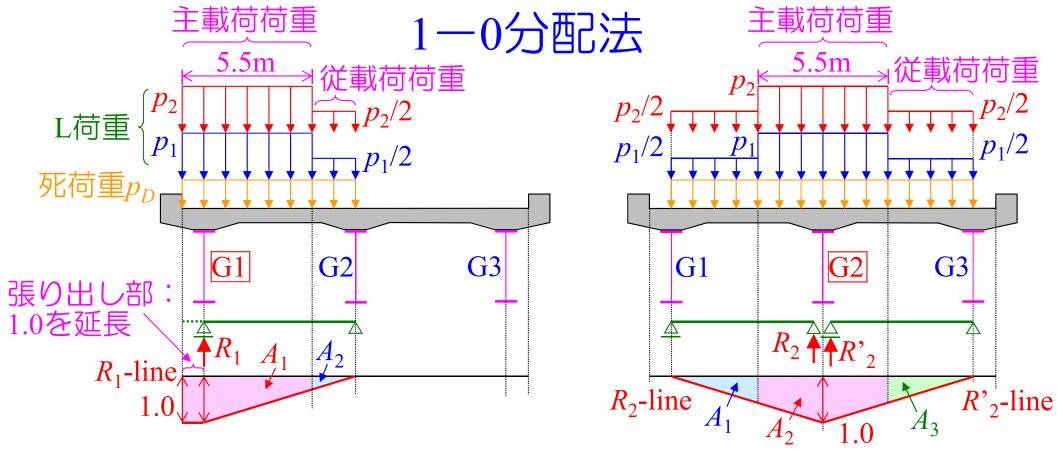
対傾構の設計

横構の設計

※鋼桁の設計において、RC床板との合成効果は省略している が、H29年版道示では、それを適切に考慮する必要あり



- → 荷重分配効果を考慮して、床板上の設計荷重によって主桁や横桁に生ずる断面力(曲げモーメントとせん断力)の計算
- ▶ 格子桁の桁間はピン接合を仮定した不静定構造
- ➤ かつては、Leonhardtの格子桁理論に基づく荷重分配係数を用いて各主桁の分担荷重を計算
- ▶ 現在は、マトリクス構造解析を使用して主桁の断面力を計算



G1桁の $p_1$ 荷重: $w_{p1} = p_1 A_1 + p_1 A_2/2$ 

G1桁の $p_2$ 荷重: $w_{p2} = p_2 A_1 + p_2 A_2/2$ 

G1桁の死荷重: $W_{pD} = P_D(A_1 + A_2)$ 

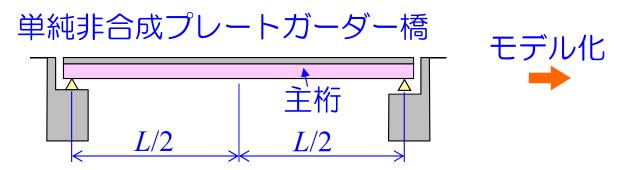
G2桁の $p_1$ 荷重: $w_{p1} = p_1 A_2 + p_1 (A_1 + A_3)/2$ 

G2桁の $p_2$ 荷重: $w_{p2} = p_2 A_2 + p_2 (A_1 + A_3)/2$ 

G2桁の死荷重: $W_{pD} = P_D(A_1 + A_2 + A_3)$ 

- ▶ 荷重分配効果を無視して、床板上に載る設計荷重が主桁位置で 支持された単純ばりを介して支点に伝達されると仮定
- ▶ 単位荷重が移動するときの支点反力に関する影響線を計算
- → 荷重載荷幅と支点反力(主桁が負担する設計荷重)を計算

### 主桁の断面力の計算



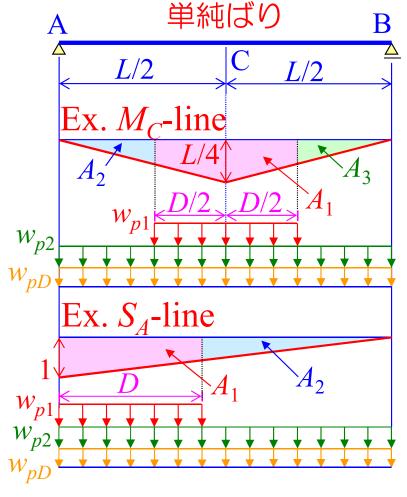
#### C点の設計曲げモーメント:

$$M_C = (1+i)w_{p1}A_1 + \{w_{pD} + (1+i)w_{p2}\}(A_1 + A_2 + A_3)$$

i:衝擊係数(道路橋示方書参照)

#### A点の設計せん断力:

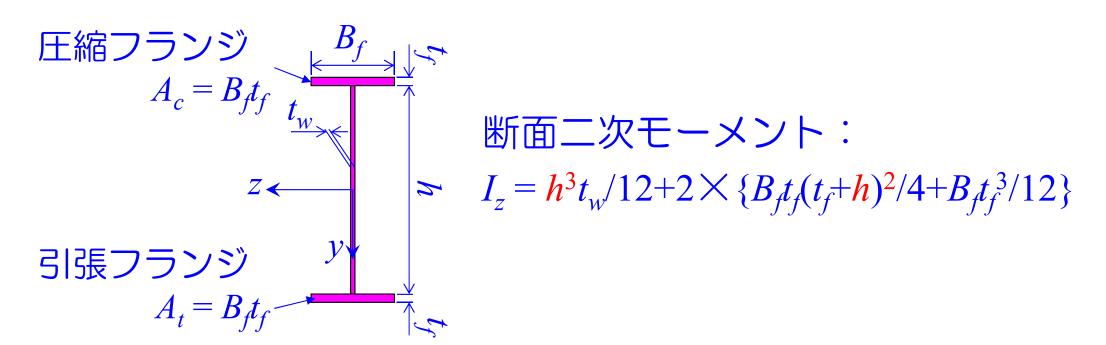
$$S_A = (1+i)w_{p1}A_1 + \{w_{pD} + (1+i)w_{p2}\}(A_1 + A_2)$$



- ▶ 支間を細かく分割した位置で設計断面力M, Sの最大値を計算
- ightharpoonup 各位置について、M、Sに関する影響線を用いて、それらを最大とする $W_{p1}$ 、 $W_{p2}$ の載荷幅を決定、その時のM、Sを計算
- 各位置のM, Sの最大値を連ねて. 最大曲げモーメント, 最大 せん断力図を描く

### 主桁断面の設計 (1/18)

- ightharpoonup 設計曲げモーメント,設計せん断力に対して,最も経済的で安全となるように,桁高(腹板幅)h,腹板厚 $t_w$ ,フランジ幅 $B_t$ ,板厚 $t_t$ を決定
- ▶ 設計曲げモーメントMに対して断面決定後,設計せん断力に対する照査を実施
- ▶ 断面二次モーメントI₂の計算式に照らせば、桁高を高くするほど、フランジの必要断面積は減少



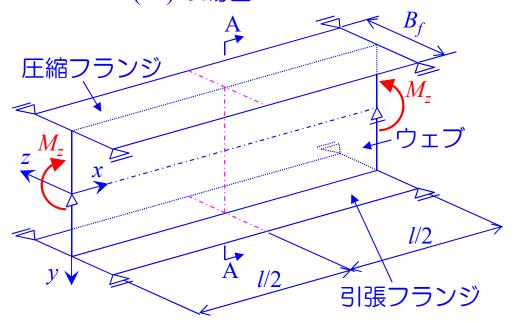
# 主桁断面の設計 (2/18)

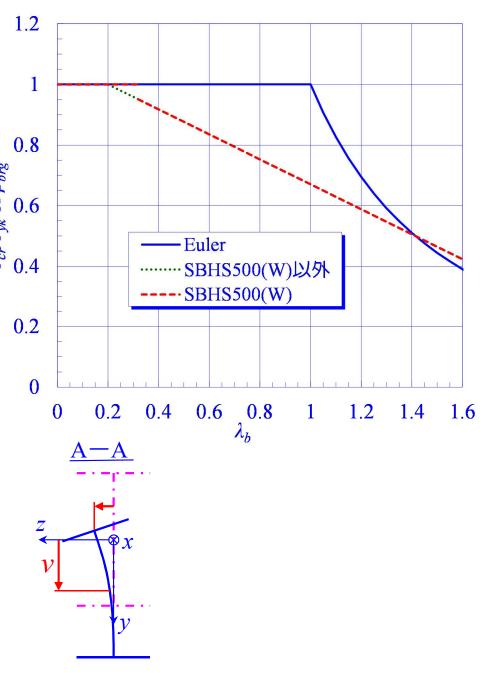
### ➤ 圧縮フランジ幅が小さいと、桁の横倒れ座屈が懸念

座屈パラメータ
$$\lambda_b$$
:  $\lambda_b = \frac{2}{\pi} K \sqrt{\frac{\sigma_{yk}}{E}} \frac{l}{B_f}$ 

基準耐荷力曲線:

\*SBHS500(W)の場合





## 主桁断面の設計 (3/18)

### ▶ 圧縮フランジ厚が小さいと、桁の局部座屈が懸念

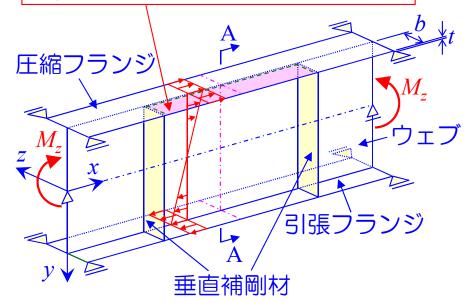
#### 幅厚比パラメータR:

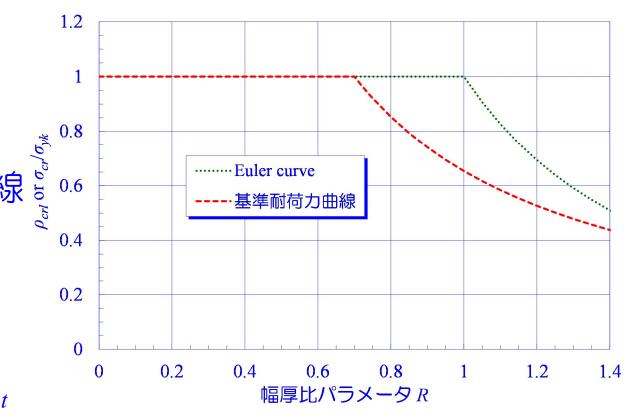
$$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_{yk}}{E}} \frac{12(1-\mu^2)}{k\pi^2}$$

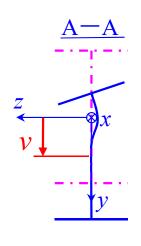
自由突出板の基準耐荷力曲線

$$\rho_{crl} = \begin{cases} 1.00 & (R \le 0.7) \\ (0.7/R)^{1.19} & (0.7 < R) \end{cases}$$

#### ー様圧縮を受ける自由突出板

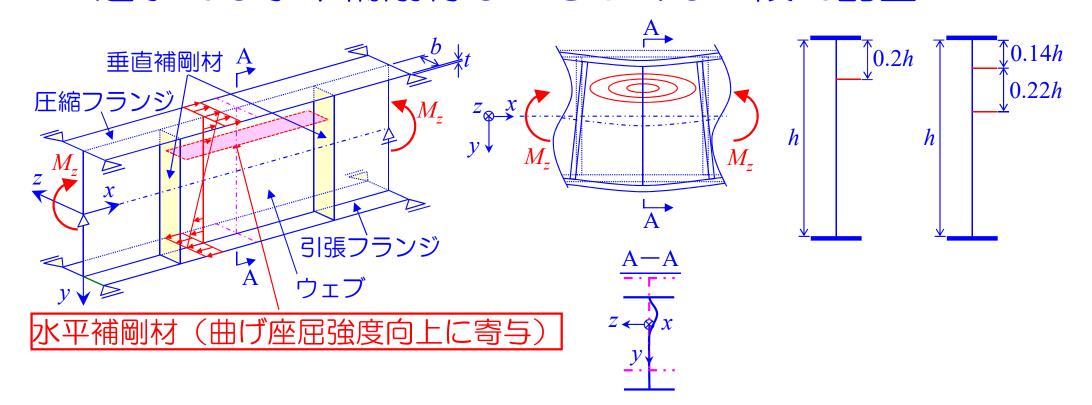






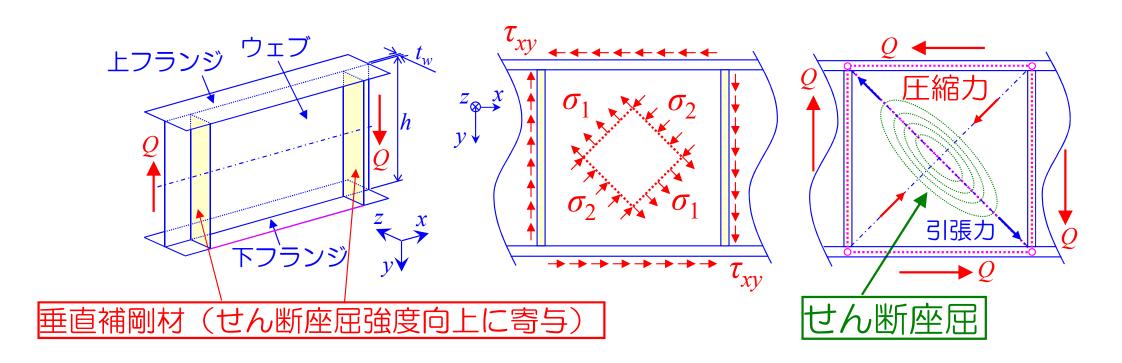
## 主桁断面の設計 (4/18)

- ▶ 圧縮フランジの横倒れ座屈に対する支持点間隔が短く、その幅厚比も小さく、腹板の幅厚比が大きい場合には、腹板の圧縮フランジ側に曲げ座屈の発生懸念
- ▶ 腹板厚を薄くして合理化を図る場合には、腹板の曲 げ圧縮側に水平補剛材を設置
- ▶ 道示では水平補剛材は1もしくは2段で配置



## 主桁断面の設計 (5/18)

- ▶ 支点付近等のせん断力Qが卓越する箇所では、せん断座屈の発生が懸念
- > 腹板に垂直補剛材を設置して対応
- せん断座屈が生じても、腹板には張力場が形成され、 垂直補剛材、上下フランジとともにあたかもトラスの ように荷重を負担するため、急激に破壊しない



### 主桁断面の設計 (6/18)

- $\blacktriangleright$  腹板厚を一定とすると、桁高が高くなるほど、ウェブの高さと厚さの比 $h/t_w$ (幅厚比)が増大
- $> h/t_w$ が増大すると、腹板に座屈が生じやすくなるため、 補剛材を密に配置
- h/twに応じて、垂直補剛材のみ、あるいは垂直補剛材と水平補剛材を使い分け
- ightharpoonup 最適な桁高hは、設計曲げモーメントM、腹板厚 $t_w$ ,曲げ引張応力度の制限値 $\sigma_{tud}$ から、次式で計算可能

$$h = 1.1 \sqrt{\frac{M}{\sigma_{tud} t_w}} \tag{1}$$

> 腹板厚t<sub>w</sub>は鋼桁腹板の最小板厚から計算可能

### 主桁断面の設計 (7/18)

鋼桁腹板の最小板厚 (mm, H29年版道路橋示方書)

鋼種	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SBHS400 SBHS400W	SM570 SMA570	SBHS500 SBHS500W
水平補剛材なし	<i>b</i> /152	<i>b</i> /131	<i>b</i> /124	<i>b</i> /117	<i>b</i> /110	<i>b</i> /107
水平補剛材1段	<i>b</i> /256	<i>b</i> /221	<i>b</i> /208	<i>b</i> /196	<i>b</i> /185	<i>b</i> /180
水平補剛材2段	<i>b</i> /311	<i>b</i> /311	<i>b</i> /293	<i>b</i> /276	<i>b</i> /260	<i>b</i> /253

*b*:上下フランジの純間隔 (mm)

Ex. SM490Yで「水平補剛材なし」の場合:

最小腹板厚  $t_w = b/124 = h/124$ を式(1)へ代入すると,

## 主桁断面の設計 (8/18)

曲げ引張応力度の制限値:

$$\sigma_{tud} = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi_{Ut} \cdot \sigma_{yk} \tag{2}$$

 $\sigma_{vk}$ : 鋼材の降伏強度の特性値,

 $\xi_1$ :調查·解析係数,

 $\xi_2$ : 部材·構造係数,

 $\Phi_{Ut}$ :抵抗係数

#### 軸方向引張力を受ける部材の部分係数(限界状態3)

	$\xi_1$	$\xi_2$	$\Phi_{Ut}$
i ) ii )およびiii )以外の作用を組み合わせる場合	0.90	1.00	0.85
ii)L1地震動を考慮する変動作用支配状況(荷重組み合わせ⑩)の場合	0.70	$0.95^{1)}$	1.00
iii)L2地震動を考慮する偶発作用支配状況(荷重組み合わせ⑪)の場合	1.00		

注:1) SBHS500およびSBHS500W

# 主桁断面の設計 (9/18)

### 構造用鋼材の強度の特性値 $\sigma_{yk}$

		鋼種						
	鋼材の板厚 (mm)	SS400 SM400 SMA400W	SM490	SM490Y SM520 SMA490W	SBHS400 SBHS400W	SM570 SMA570W	SBHS500 SBHS500W	
引張降伏 圧縮降伏	40以下	235	315	355		450	500	
	40を超え 75以下	215	295	335	400	430		
	75を超え 100以下	213		325		420		
引張強度	]	400	490	490 (520) <sup>1)</sup>	490	570	570	
せん断 降伏	40以下	135	180	205		260	285	
	40を超え 75以下	125	170	195	230	250		
	75を超え 100以下	123		185		240		

注:1)()はSM520材の引張強度の特性値を示す.

## 主桁断面の設計(10/18)

- ightharpoonup 桁高hが求まれば,腹板の最小板厚制限から腹板厚 $t_w$  の計算可能
- ➤ ただし、絶対最小腹板厚は8mm

Ex. SM490Yで「水平補剛材なし」の場合,腹板厚  $t_w = h/124$ を用いて計算可能

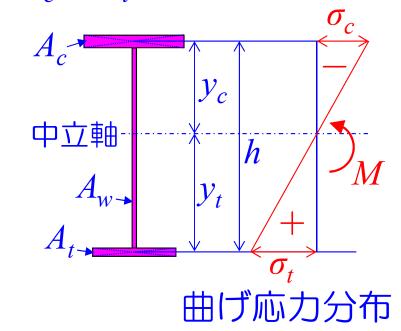
ightharpoonup 桁高h, 腹板厚 $t_w$ (断面積 $A_w = ht_w$ )から,次式を用いて 圧縮,引張フランジの必要断面積 $A_c$ , $A_t$ が計算可能

圧縮フランジ:

$$A_c = \frac{M}{\sigma_c h} - \frac{A_w}{6} \frac{2\sigma_c - \sigma_t}{\sigma_c} \quad (3)$$

引張フランジ:

$$A_t = \frac{M}{\sigma_t h} - \frac{A_w}{6} \frac{2\sigma_t - \sigma_c}{\sigma_t}$$
 (4)

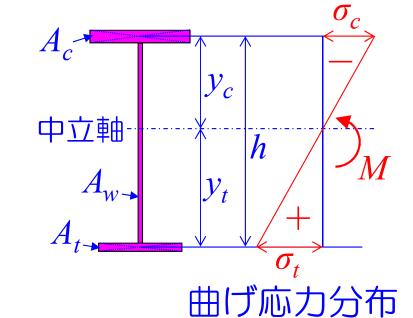


## 主桁断面の設計(11/18)

圧縮フランジ:

$$A_c = \frac{M}{\sigma_c h} - \frac{A_w}{6} \frac{2\sigma_c - \sigma_t}{\sigma_c}$$

(3)



引張フランジ:

$$A_t = \frac{M}{\sigma_t h} - \frac{A_w}{6} \frac{2\sigma_t - \sigma_c}{\sigma_t} \tag{4}$$

 $\sigma_t$ と $\sigma_c$ にそれぞれ曲げ引張応力度の制限値 $\sigma_{tud}$ ,曲げ圧縮応力度の制限値 $\sigma_{cud}$ を代入して $A_c$ , $A_t$ を計算

 $(\sigma_{cud}$ の計算方法は道路橋示方書・鋼橋編参照)

 $\sigma_{tud}$ ,  $\sigma_{cud}$  の絶対値が異なる場合は、式(1)を用いて $\sigma_{tud}$  からhを決定し、その比に応じて繰り返し計算によって $A_c$ ,  $A_t$ を計算

## 主桁断面の設計 (12/18)

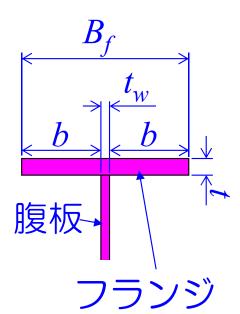
- フランジは一様な圧縮力もしくは引張力を受ける自由 突出板とみなせる
- ▶ 自由突出幅bとフランジ厚tで定義される。幅厚比b/tが大きいと、圧縮フランジ側では局部座屈の発生が懸念
- ▶ 引張,圧縮や鋼種に関わらず,自由突出板の最小板厚はb/16,絶対最小板厚は8mm
- ▶ 例えば、自由突出板の降伏限界幅厚比パラメータ0.7 からフランジ板厚と板幅を決定可能

#### 幅厚比パラメータR:

$$R = \frac{b}{t} \int \frac{\sigma_{yk}}{E} \frac{12(1-\mu^2)}{k\pi^2}$$
 (5)

自由突出板の基準耐荷力曲線

$$\rho_{crl} = \begin{cases} 1.00 & (R \le 0.7) \\ (0.7/R)^{1.19} & (0.7 < R) \end{cases}$$
 (6)



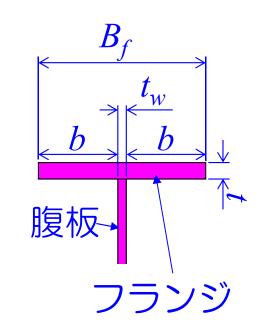
## 主桁断面の設計 (13/18)

フランジの自由突出幅bと板幅 $B_p$  腹板厚 $t_w$ の関係

$$b = \frac{B_f - t_w}{2} \tag{7}$$

圧縮フランジの必要断面積 $A_c$ とフランジの板幅 $B_f$ 、板厚tの関係

$$A_c = B_{t}t \tag{8}$$



式(8)を $B_f$ について解いて、式(7)に代入すると、

$$b = \frac{A_c/t - t_w}{2} \tag{9}$$

式(9)をR=0.7とした式(5)に代入すると次の二次方程式を得る.

$$0.7 \sqrt{\frac{E}{\sigma_{yk}}} \frac{k\pi^2}{12(1-\mu^2)} t^2 + \frac{t_w}{2} t - \frac{A_c}{2} = 0$$
 (10)

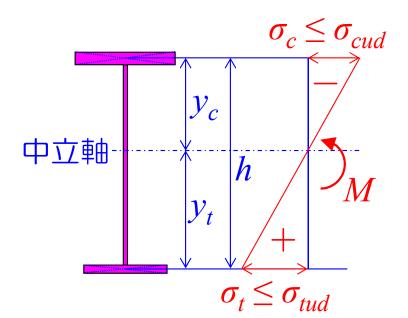
## 主桁断面の設計 (14/18)

式(10)をtについて解けば、式(8)からフランジ全幅 $B_f$ が求められる  $B_f = A_c/t$ 

- ightharpoonup 設計した断面に対して、次式で曲げ圧縮、引張応力 $\sigma_{c'}$   $\sigma_{t}$ を計算し、それぞれの制限値 $\sigma_{cud}$ 、 $\sigma_{tud}$ に収まっていることを確認する
- ▶ 単純桁では支点に近づくほど設計曲げモーメントが減少するため、それに合わせて断面を変化させる

$$\sigma_c = \frac{M}{I} y_c \le \sigma_{cud} \tag{11}$$

$$\sigma_t = \frac{M}{I} y_t \le \sigma_{tud} \tag{12}$$



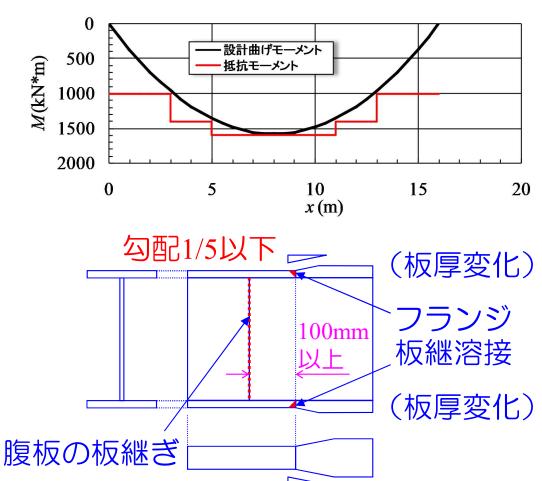
## 主桁断面の設計 (15/18)

 $\blacktriangleright$  各断面に対して圧縮,引張側の抵抗モーメント $M_c$ ,  $M_t$ の絶対値の小さい方を断面の抵抗モーメントとして,最大曲げモーメント図と抵抗曲げモーメント図を作図

▶ 主桁断面の変化点では、板厚、板幅を1/5よりも緩い

勾配で板継溶接する





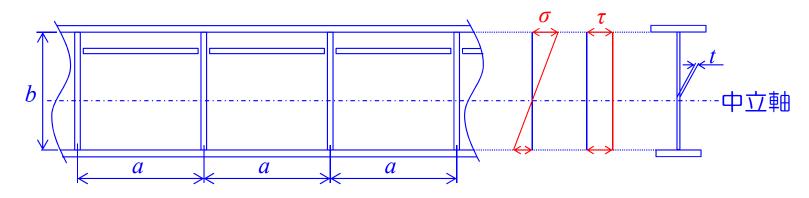
### 主桁断面の設計 (16/18)

- 一般に、せん断力はプレートガーダーの腹板が抵抗
- ightharpoonup 設計せん断力をS,腹板の断面積を $A_w$ とすると,腹板に生ずるせん断応力 $\tau$ は次式で算定可能

$$\tau = \frac{S}{A_w} \tag{13}$$

- ▶ せん断応力は小さいため、曲げモーメントに対して腹板の板厚を決定すると、せん断応力の制限値に対しては余裕あり
- プレートガーダーには、曲げモーメントとせん断力が同時に作用し、それによる座屈に対しては、垂直補剛材の配置間隔を変更して対応
  - → 垂直補剛材の配置間隔に対する照査が必要

# 主桁断面の設計 (17/18)



縦横比a/bに応じて、b、t、 $\sigma$ 、 $\tau$ を以下の式に代入して1以下になることを確認

#### 垂直補剛材間隔の照査式

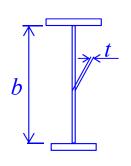
水平補剛材なし	$\left(\frac{b}{100t}\right)^4 \left[ \left(\frac{\sigma}{431}\right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{97 + 72(b/a)^2} \right\}^2 \right] \le 1$	$\frac{a}{b} > 1$
	$\left(\frac{b}{100t}\right)^4 \left[ \left(\frac{\sigma}{431}\right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{72 + 97(b/a)^2} \right\}^2 \right] \le 1$	$\frac{a}{b} \le 1$
水平補剛材1段	$\left(\frac{b}{100t}\right)^4 \left[ \left(\frac{\sigma}{1121}\right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{151 + 72(b/a)^2} \right\}^2 \right] \le 1$	$\frac{a}{b} > 0.8$
	$\left(\frac{b}{100t}\right)^4 \left[\left(\frac{\sigma}{1121}\right)^2 + \left\{\frac{\tau}{113 + 97(b/a)^2}\right\}^2\right] \le 1$	$\frac{a}{b} \le 0.8$
水平補剛材2段	$\left(\frac{b}{100t}\right)^4 \left[ \left(\frac{\sigma}{3741}\right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{235 + 72(b/a)^2} \right\}^2 \right] \le 1$	$\frac{a}{b} > 0.64$
	$\left(\frac{b}{100t}\right)^4 \left[ \left(\frac{\sigma}{3741}\right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{176 + 72(b/a)^2} \right\}^2 \right] \le 1$	$\frac{a}{b} \le 0.64$

### 主桁断面の設計 (18/18)

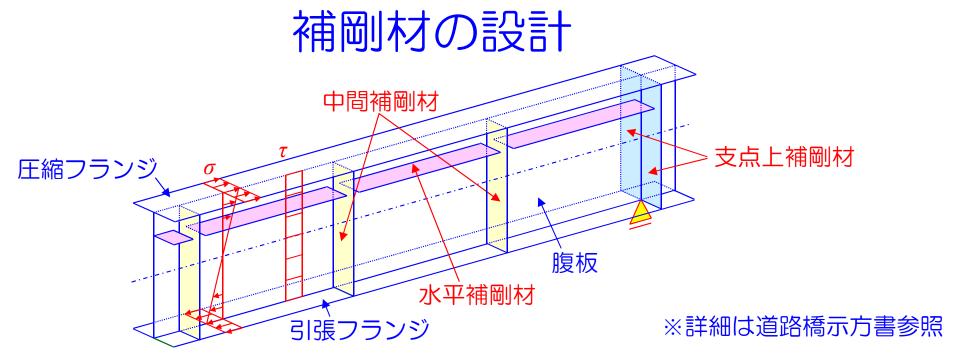
- ➤ 縦横比a/bが大きいほど、補剛材が少なく、経済的であるが、腹板の座屈強度は低下
- ▶ 道路橋示方書では、a/b ≤ 1.5と規定
- ▶ 道路橋示方書では、フランジ純間隔が以下の表に規定する値以下の場合は、垂直補剛材が不要(横桁取り付け点の垂直補剛材と支点上補剛材は必要)
- ▶ Hビーム橋の主桁のフランジ純間隔は、下表の値より も小さいため、垂直補剛材が不要

垂直補剛材が省略できるフランジ純間隔の最大値(mm)

鋼種	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SBHS400 SBHS400W	SM570 SMA570	SBHS500 SBHS500W
純間隔	70 <i>t</i>	60 <i>t</i>	57 <i>t</i>	54 <i>t</i>	51 <i>t</i>	49 <i>t</i>



*t*:腹板の板厚 (mm)



水平補剛材

垂直補剛材

中間補剛材

荷重集中点 の補剛材

- ・必要剛度を満たし、その取り付け点の腹板と同じ圧縮応力が作用するものとして設計
- ・腹板の曲げ圧縮側に設置
  - ៌ 必要剛度,板幅,板厚を満たすように設計
  - ・腹板の片側に設置
  - 支点, 横桁, 対傾構取り付け点に設置
  - ・支点上に設置するものは支点上補剛材と呼ぶ
  - ・集中荷重(支点反力)を受ける両端固定柱として設計
  - 支点上補剛材は腹板の両側に設置