

H10.9.22.

構造物設計論

才1部 鋼プレートガ-タ-橋の設計法

- 1-0 概説
- 1-1 設計荷重・RC床版の設計
- 1-2 鋼の性質と許容応力度
- 1-3 主桁の設計概説
- 1-4 断面決定・鋼重照査 (Part 1)
- 1-5 補剛材の設計
- 1-6 接合部の設計
- 1-7 その他の部材の設計
(横桁・対傾構・横構)
- 1-8 鋼重照査・たわみ照査

才2部 土木構造物の設計

- 2-1 社会資本とは
- 2-2 構造物の定義・設計の定義
- 2-3 土木構造物の特質
- 2-4 " 設計要件
- 2-5 構造物のライフサイクルと設計
- 2-6 構造物設計の流れ
- 2-7 計算機支援設計
- 2-8 耐震設計の現状

評価

中間・期末 各50%

出席点 ナシ

OH. 木 16:30 ~

mminagaw@eng.musashi-tech.ac.jp

Tel. Fax 05707-2226

主構造

鋼^{パン}鉄桁

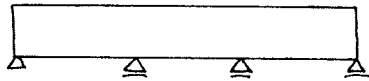
plate girder



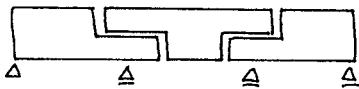
鋼プレートガーダーの
道路橋の設計!



支持条件 × 単純



連続桁 (不静定)



ゲルバー桁 (静定)

Static → Statics
静的な 静力学

dynamic → Dynamics
動的な 動力学

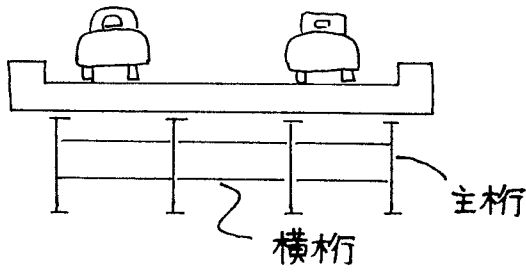
determine 定める

Statically determinate
静学的に定まる

Statically indeterminate
不静定

授業・設計でやるのは...

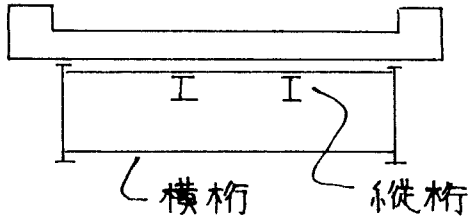
鋼単純プレートガーダー道路橋
(主桁並列形式)



並列桁

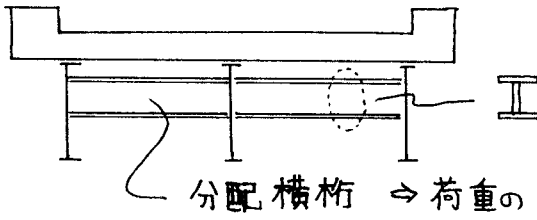
主桁が2本より多い

↑ この設計!!

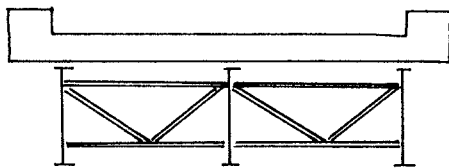


二主桁

今はこれがメイン!!



⇒ 荷重の分配効果を期待!



タイコウ
対傾構

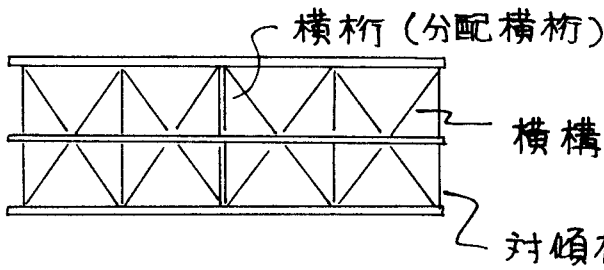
(トラス部材)

⇒ これがないと倒れてしまう

だから何mのおきに

おかななくてはダメ!

真上から
見る



← 地震・風etcの

横荷重に耐えるために

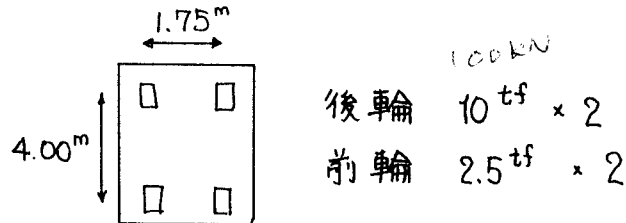
入れなくてはダメ!

対傾構

1-1 荷重・床版の設計

荷重

- 死荷重 - 材料の重さ
- 活荷重 - 車両 25^{tf} 250kN

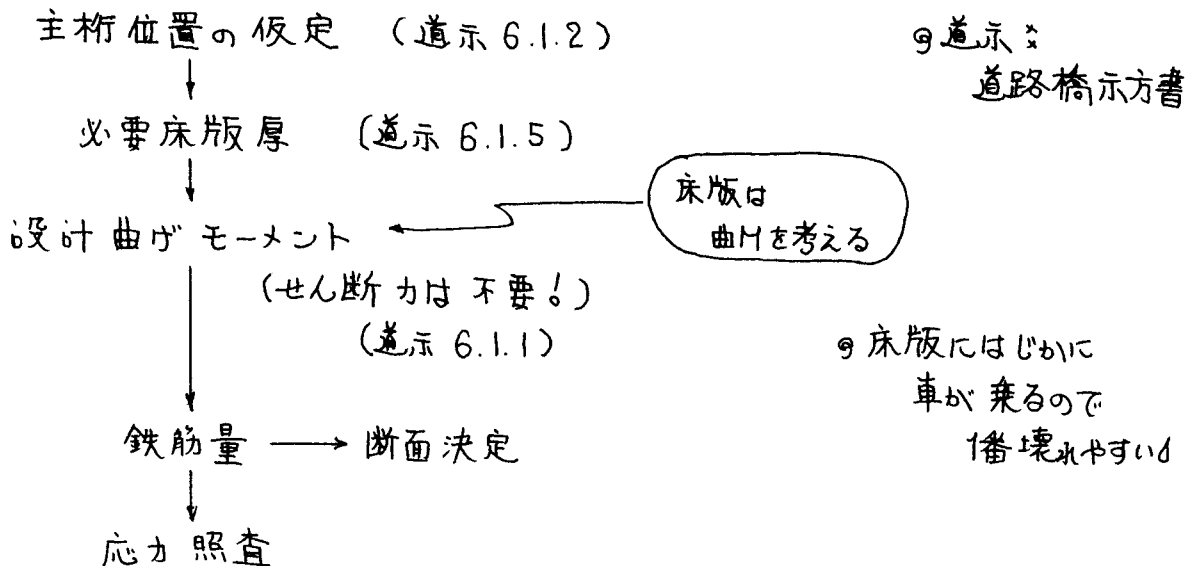


- T荷重 (traffic) : 集中荷重
 ↳ 車輪の位置に → 床版, 床組 の設計に使う。
 ↳ ヌカゲミ
- L荷重 (live) : 分布荷重
 ↳ 主桁

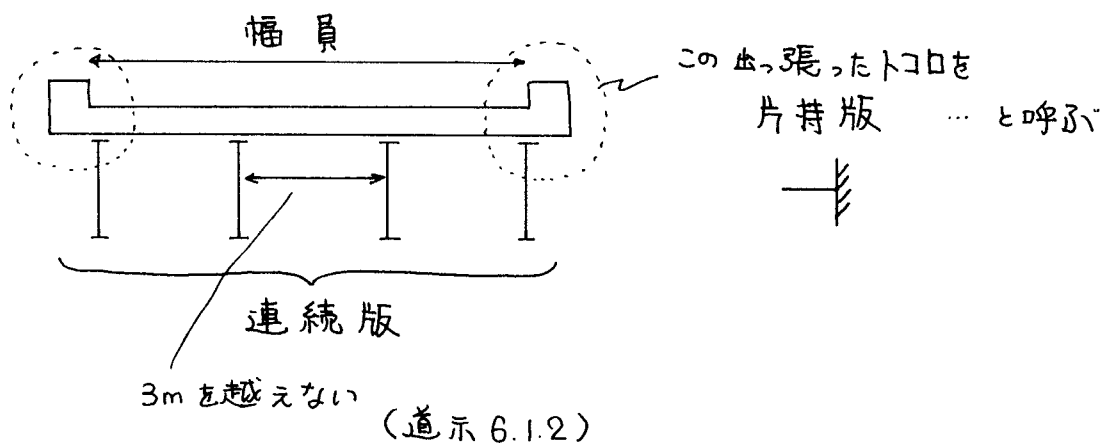
⊙ 車輪の影響が大きい時, 考えたい時は T荷重 ... を用いる.

衝撃荷重 : 風, 地震

RC床版の設計



主桁の位置



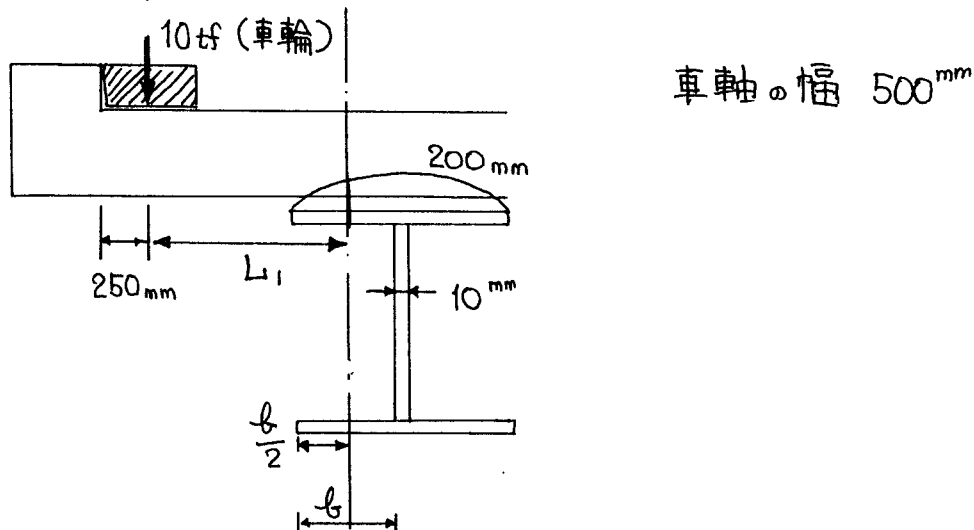
最小床版厚 (道示 6.1.5)

片持版
$$d_0 = \begin{cases} 28L_1 + 16 & ; 0 < L_1 \leq 0.25^m \\ 8L_1 + 21 & ; 0.25 < L_1 \end{cases}$$

連続版
$$d_0 = 3L_2 + 11$$

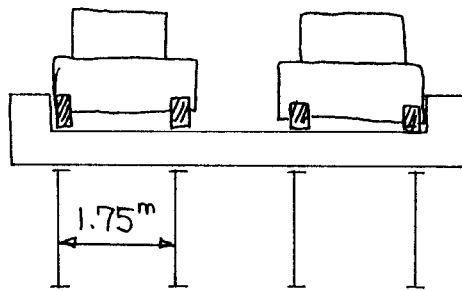
 L_2 : 床版の支間 (m)

◎ 片持版の支向



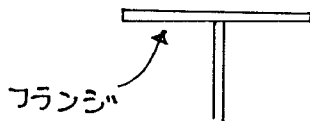
◎ 連続版の支向 : 主桁の中心間隔

片持ち版の d_0 と 連続版の d_0 が ほぼ 等しい くらいに!!



車軸がちょうど
主桁の上に来るのが Best!

主桁のフランジ幅
200 mm (最低の幅)



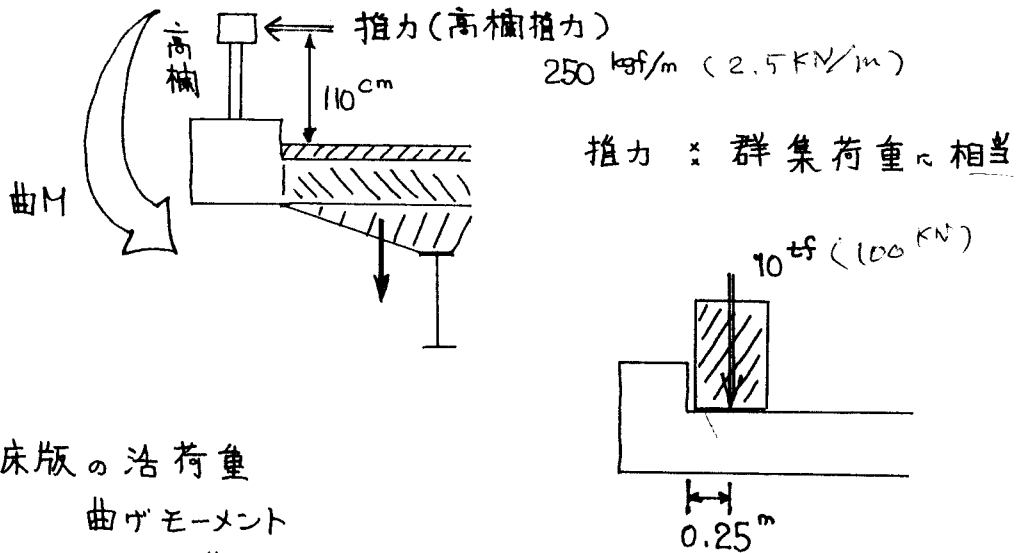
設計曲げモーメント

床版に対する荷重

- 丁活荷重
- 舗装・床版の自重 (等分布)
- 高欄推力
- その他の死荷重 : 高欄・地覆・ハンフ

道示 4.2.1

橋架用防護柵



床版の活荷重

曲げモーメント

(道示 6.1.4)

片持版 (支点)

$$P L_1 \frac{1}{(1.30 L_1 + 0.25)}$$

KN
kgf · m/m

L_1 : 片持版の支向

P : 丁活荷重の強さ

(後輪 1つ分 : 10 tf)

10000 kgf 100 kN

連続版

支向曲げモーメント

単純版の 80%

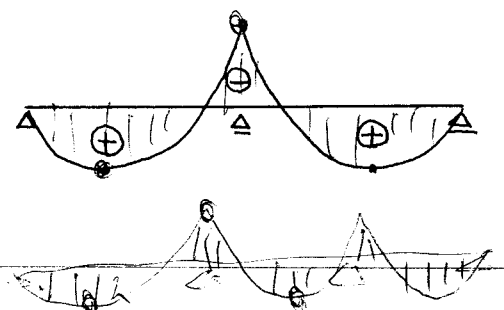
支点曲げモーメント

-(単純版の 80%)

単純版の曲げモーメント

$$P (0.12 L_2 + 0.07)$$

L_2 : 主桁の間隔

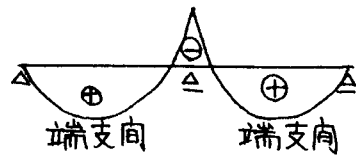
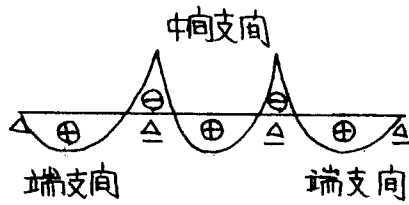


床版の死荷重曲がモーメント
(道示 6.1.4)

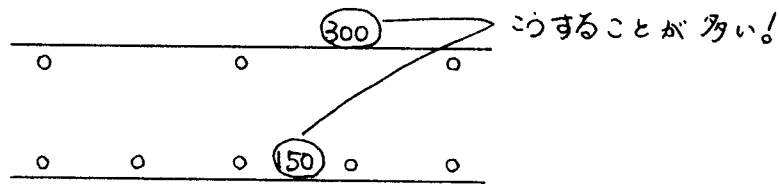
片持版 $-\frac{wL_1^2}{2}$

連続版

{	端支間	$\frac{wL_2^2}{10}$				
	中支間	$\frac{wL_2^2}{14}$				
	中支点	<table border="0"> <tr> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle; font-size: 3em;">{</td> <td>2支間</td> <td>$-\frac{wL_2^2}{8}$ (3支折)</td> </tr> <tr> <td>3支間</td> <td>$-\frac{wL_2^2}{10}$ (4支折)</td> </tr> </table>	{	2支間	$-\frac{wL_2^2}{8}$ (3支折)	3支間
{	2支間	$-\frac{wL_2^2}{8}$ (3支折)				
	3支間	$-\frac{wL_2^2}{10}$ (4支折)				



鉄筋の配置 (道示 6.16)



① 鉄筋径 13, 16, 19 mm

太いのを使うとヒビが広がり

耐久性が低下

② ひびり 3cm 以上

③ 中心間隔 100 mm ~ 300 mm

用いる鉄筋 SD295

$$\sigma_a = 1400 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\Rightarrow \boxed{1200 \text{ kgf/cm}^2}$$

程度を下げるのが望しい

Because ...

床版の耐久性に不明な部分が多いので

安全性を余分に確保するため

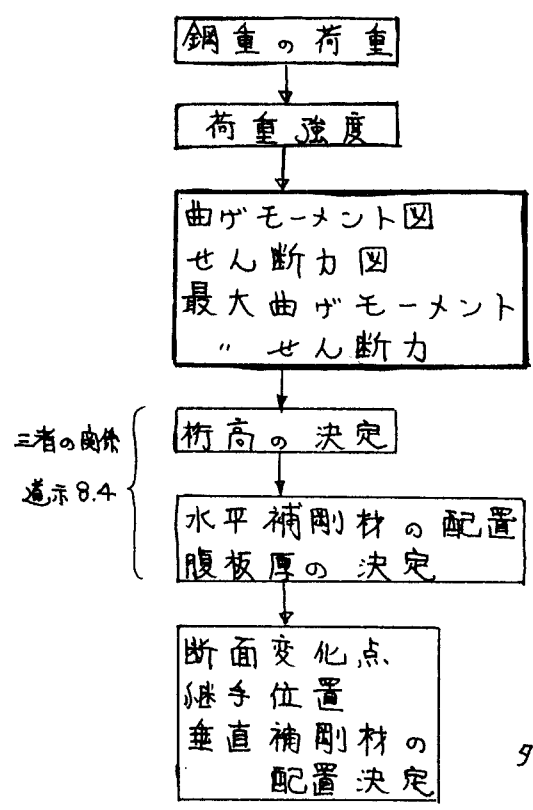
ex) ◦ 活荷重の強さに変動が大きい

◦ 床版厚が大きくとも鉄筋比が小さいと

有害なひびわれ発生

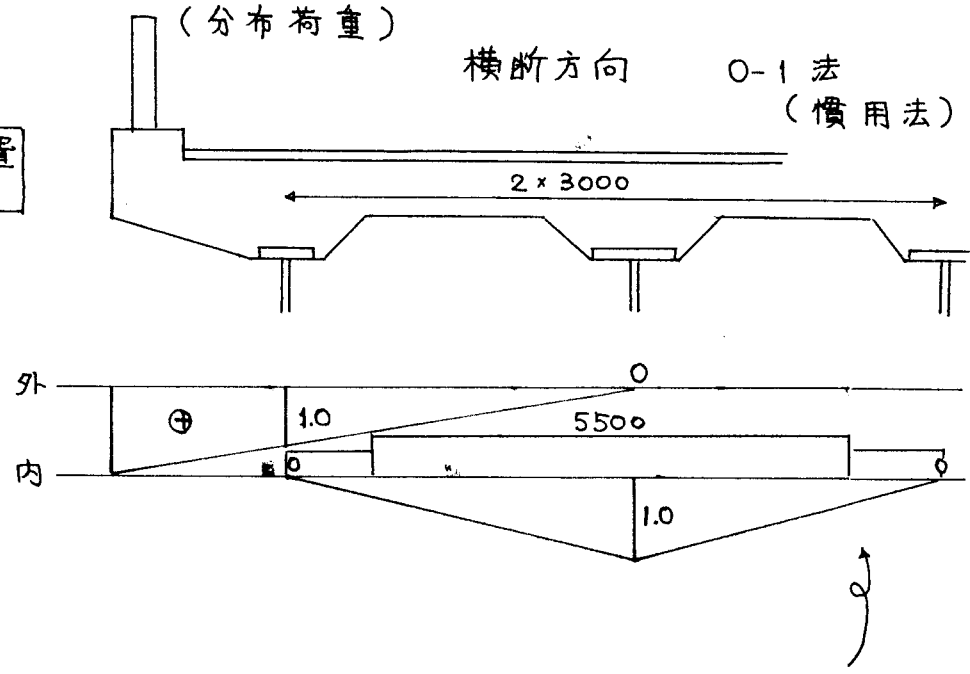
主桁設計

(1) 全体の流れ

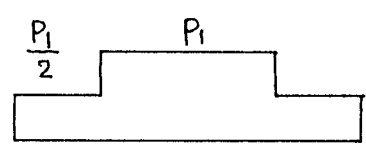


① 鋼重について
 $w = 6.56 l + 34.4$
 kgf/m^2 l : スパン m
 ↑ 経験式 (私的)
 やや重めに出る

② 活荷重
 L 荷重を用いる
 (分布荷重)

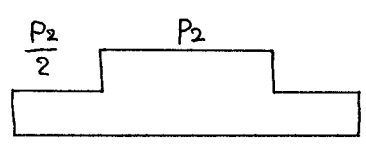


橋軸直角方向

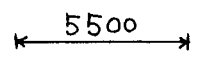


P_1 : 橋長方向 10^m

5500 mm を越えたら
 その分は半分の荷重
 がかかる! 考える!!

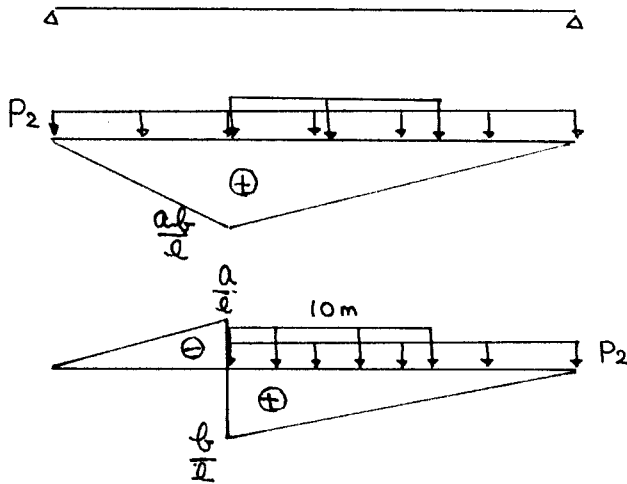


P_2 : " 制限なし



自分の設計橋が
 どちらかを確認!!

橋長方向



③ 桁高の決定

(i) $h = \sqrt{\frac{M_{max}}{\sigma_a \cdot t_w}} \times 1.1$

σ_a : 許容応力
 t_w : 腹板の板厚
 M_{max} : 最大曲げモーメント

仮定 : $\bar{M} = 0.8 M_{max}$, 主桁の重量 $\times 1.6 =$ 全鋼重

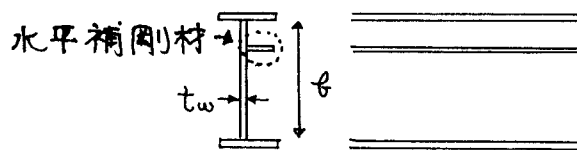
目標 : 鋼重が最小

(ii) 経験的に

スパンの $\frac{1}{15} \sim \frac{1}{20}$

(iii) 大前提として... 桁高は高い方が
 断面は有効に活用されている。

(iv) 水平補剛材... 主にせん断座屈をしないように
 補剛する。



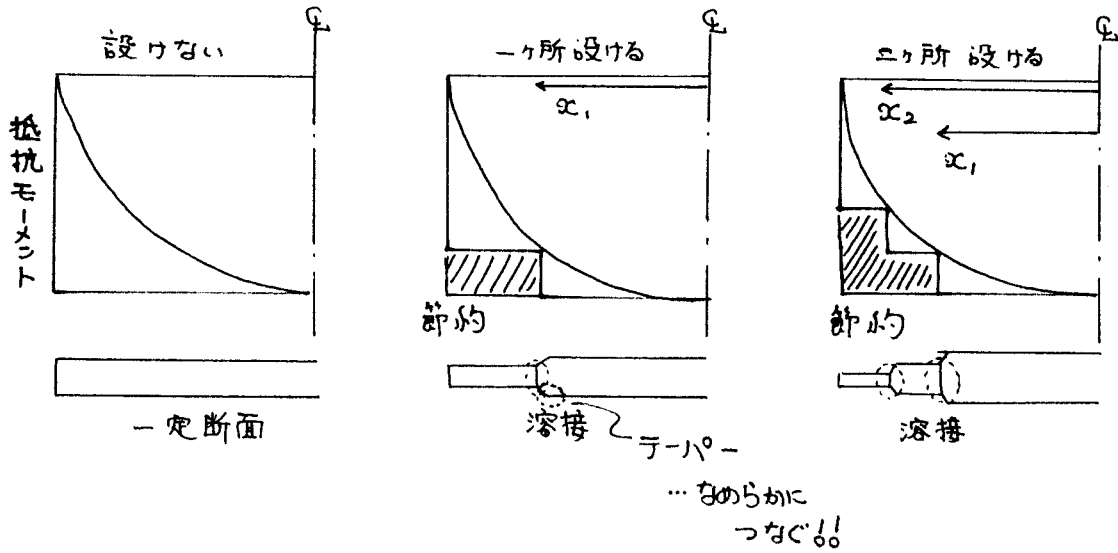
例) SM 400

水平一段

$\frac{b}{256} \leq t_w$

$t_w = 10 \text{ mm}$ では
 $b \leq 2560$

断面変化点



曲げ応力 $\sigma = \frac{M}{W} \leq \sigma_a$ 応力照査

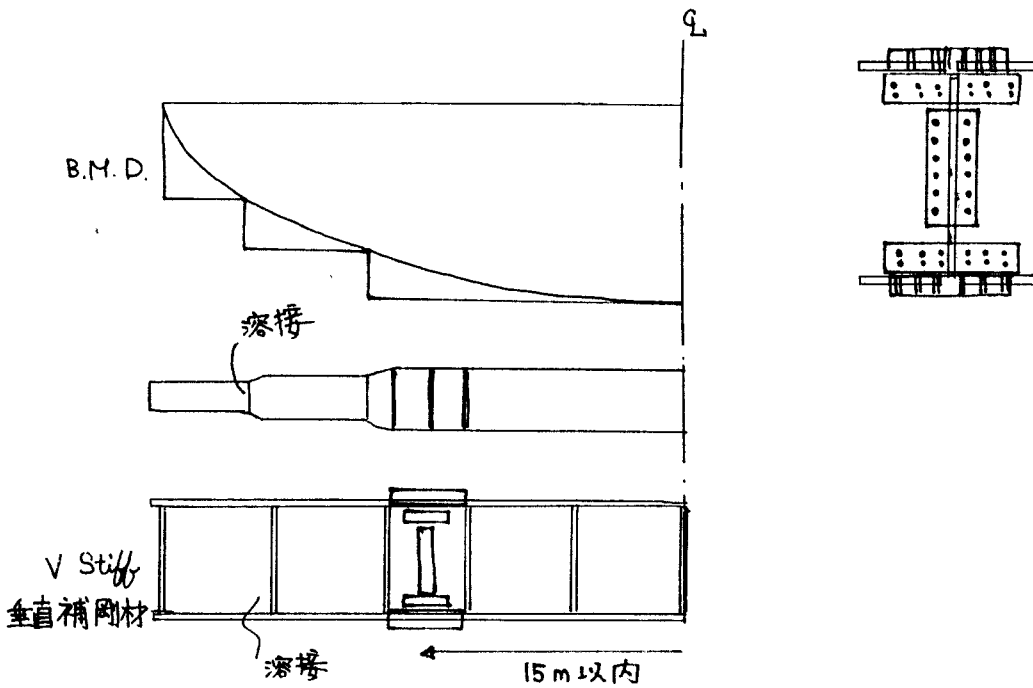
$M_r = W \cdot \sigma_a$
 抵抗モーメント 許容応力

M ... 2次式 (二ヶ所)
 $A = A(x_1, x_2)$

(一ヶ所)
 $A = A(x_1)$

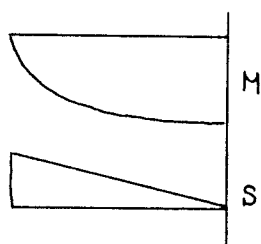
$\begin{cases} x_1 = 0.522l \\ x_2 = 0.783l \end{cases}$

$x_1 = 0.667l$

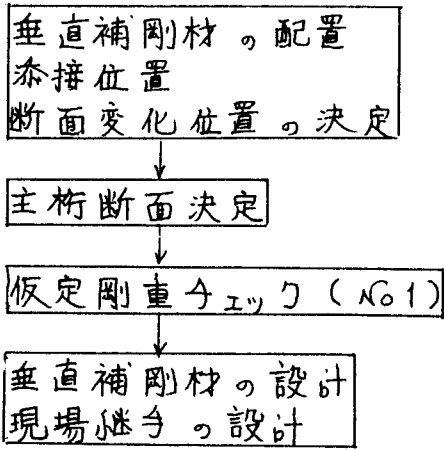


垂直補剛材の配置 (間隔)

Δ, τ から決定!

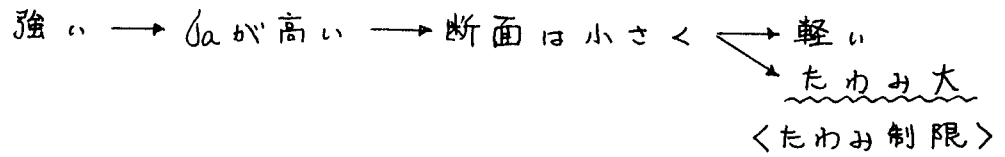


τ 大 \rightarrow 密 (間 を 小さく)
 τ 小 \rightarrow 小 (間 を 大きく)

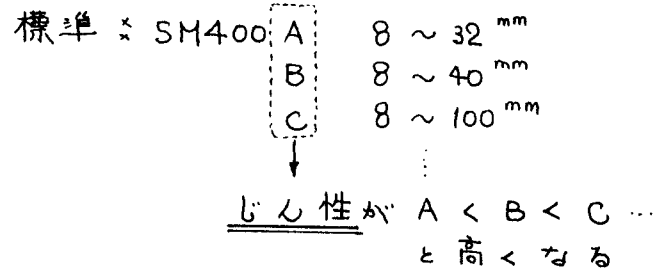


主桁断面の決定

① 材質の決定 強い方が良い？

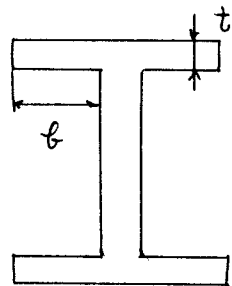


② 材質と板厚 <道示 1.6>



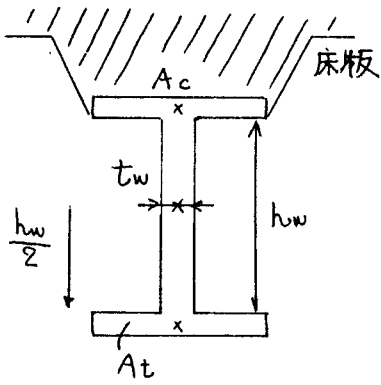
③ 標準板厚

④ コランジ, 特に継手位置のフランジは
 極端に厚くしない.



$$\frac{b}{t} \leq 16$$

b : 自由突出部



圧縮コランジの座屈は考慮

しなくてよい。

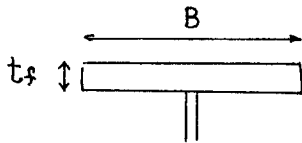
$$A_c = A_t = A$$

$$\delta a = \frac{M}{W}$$

$$\begin{cases} I = \frac{tw \cdot hw^3}{12} + \left(\frac{hw}{2}\right)^2 \times A \times 2 \\ y = \frac{hw}{2} \end{cases}$$

$$W = \frac{I}{y}$$

$$A = \frac{M}{\delta a \cdot hw} - \frac{tw \cdot hw}{6}$$



$$A \leq B \times ts$$

$$\delta \leq \delta a$$

垂直補剛材の設計

$$\left(\frac{b}{100t}\right)^4 \left[\left(\frac{\delta}{9500}\right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{1270 + 610 (b/a)^2} \right\}^2 \right] \leq 1 \quad \left(\frac{a}{b} > 0.80\right)$$

$$\left(\frac{b}{100t}\right)^4 \left[\left(\frac{\delta}{9500}\right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{950 + 810 (b/a)^2} \right\}^2 \right] \leq 1 \quad \left(\frac{a}{b} \leq 0.80\right)$$

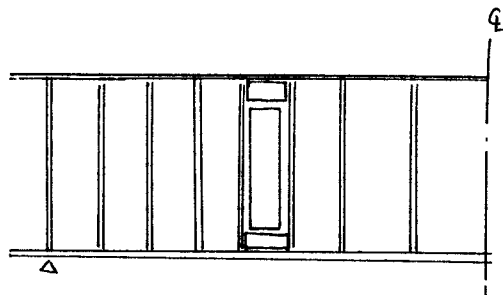
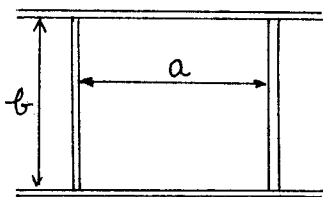
a : 垂直補剛材間隔 (cm)

b : 腹板の板幅 (cm)

t : 腹板厚 (cm)

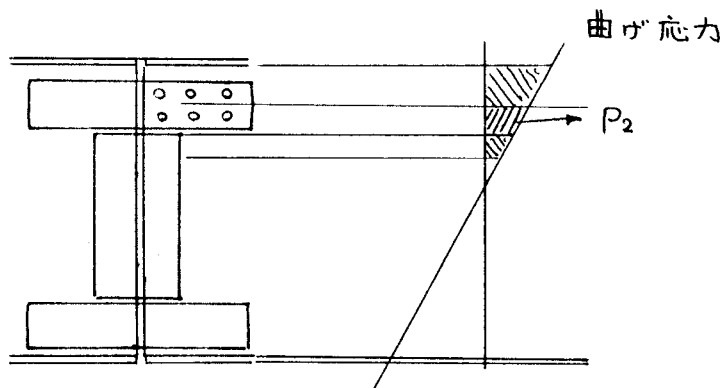
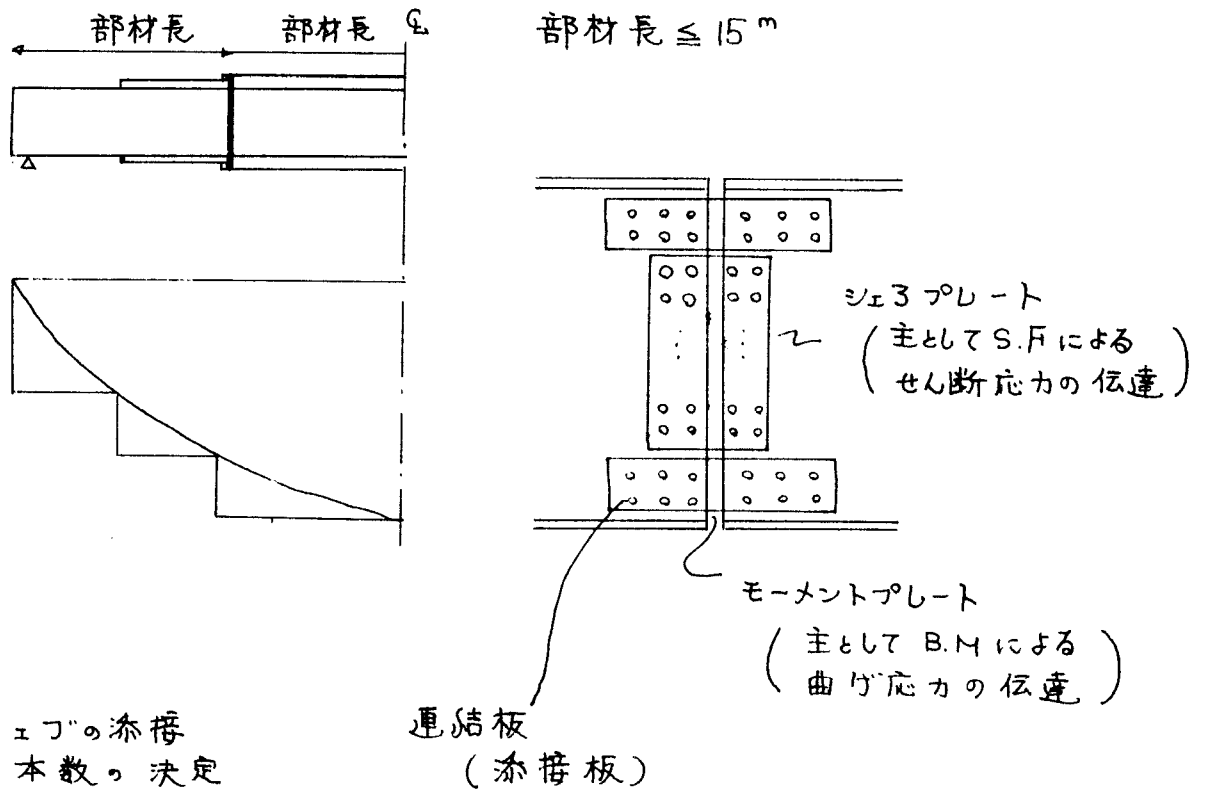
δ : 圧縮応力度 (kgf/cm²)

τ : せん断応力度 (kgf/cm²)



a : 大 \longrightarrow 小

現場継手の設計



曲げを受ける継手のボルト本数

$$\frac{P_2}{3} = P_p \leq P_a \quad (9600 \text{ kgf})$$

体当り力 許容力

せん断を受ける継手のボルト本数

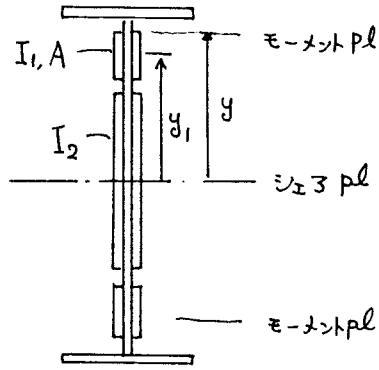
$$\frac{S}{N} = P_s \leq P_a$$

S : 全せん断力
 N : 全本数

曲げとせん断を受ける場合

$$P = \sqrt{P_p^2 + P_s^2} \leq P_a$$

[1-2] 連結板の応力照査 (通示. 4.3.6.)



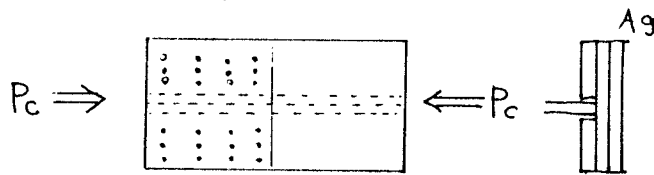
$$\sigma = \frac{M}{I} y \leq \sigma_a$$

連結板の最外縁
 I : 中立軸に関する連結板の断面2次モーメント

$$I = 4 \times (I_1 + Ay_1^2) + 2 \times I_2$$

[2] 圧縮フランジ

[2-1] 本数の決定



$$P_c = \sigma \times A_g$$

A_g : フランジ総断面積 (gross)

$$N \geq \frac{P_c}{P_a}$$

[2-2] 母材の応力照査

不要

[2-3] 連結板の応力照査

$$\frac{P_c}{A_{g,s}} \leq \sigma_a$$

連結板の総断面積 (3枚)

[3] 引張フランジ

孔あき板は弱い!

[3-1] 本数の決定

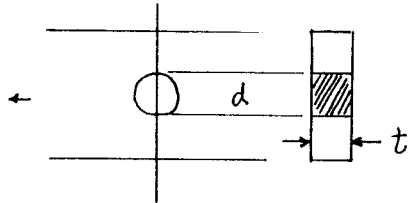
$$P_t = \sigma \cdot A_g$$

$$N \geq \frac{P_t}{P_a}$$

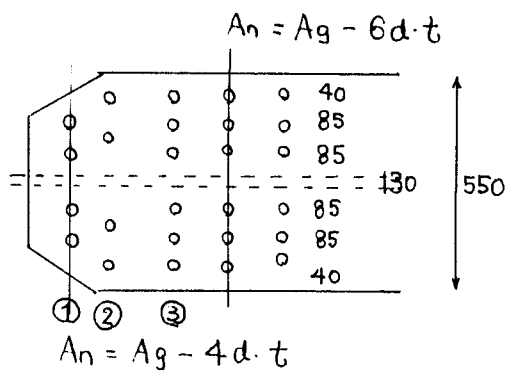
[3-2] 母材の応力照査

$$\sigma = \frac{P_t}{A_n}$$

A_n は引張フランジの 純断面積
(net)



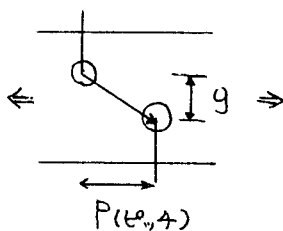
$$A_n = A_g - d \cdot t$$



$$\text{① - 列目} \quad \sigma = \frac{P_t}{A_{n1}} \leq \sigma_a$$

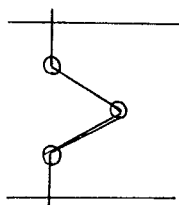
$$\text{② = 列目} \quad \sigma = \frac{P_t \times \frac{N-4}{N}}{A_{n2}} \leq \sigma_a$$

$$\text{③ ≡ 列目} \quad \sigma = \frac{P_t \times \frac{N-8}{N}}{A_{n3}} \leq \sigma_a$$



まっすぐ切れないうつ...

$$A_g - d \cdot t - \left(d - \frac{p^2}{4g}\right) t$$



$$A_n = A_g - dt - \left(d - \frac{p^2}{4g}\right) t - \left(d - \frac{p^2}{4g}\right) t$$

主桁フランジ継手の設計例

条件 { 母材 : 1-PL 510 × 25
 $\sigma = 1000 \text{ kgf/cm}^2$ (曲げ応力)

① フランジが伝えるべき力の大きさ

(応力) → 作用力

[道示 4.1.1] 主要部材については作用応力の全強の 75% の大きい方で設計!!

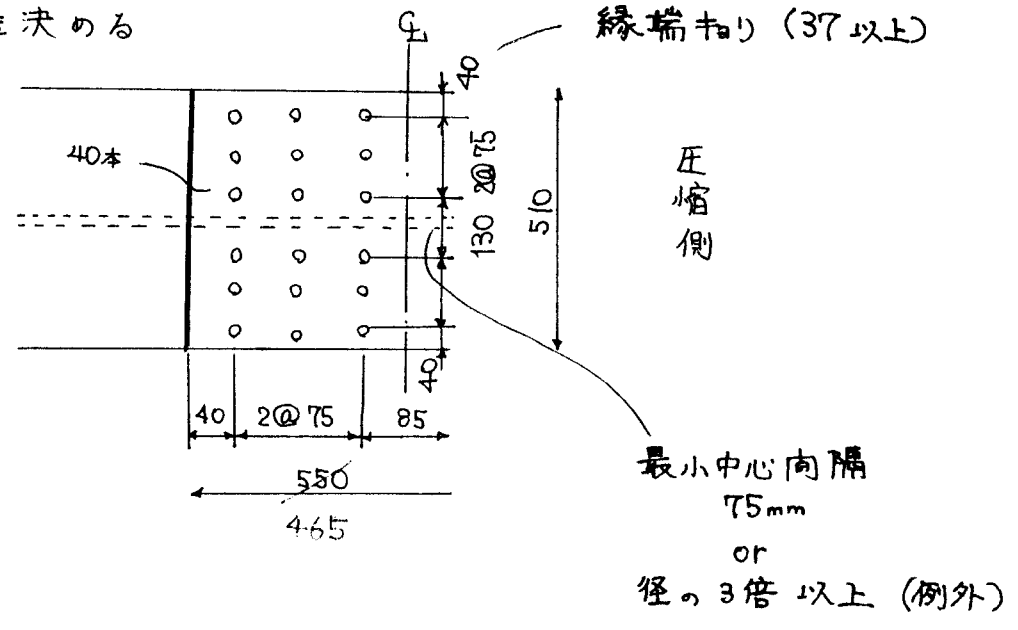
作用応力 = $1000 < 1050 = 1400 \times 0.75$
 応力として 1050 kgf/cm^2 を用いる。

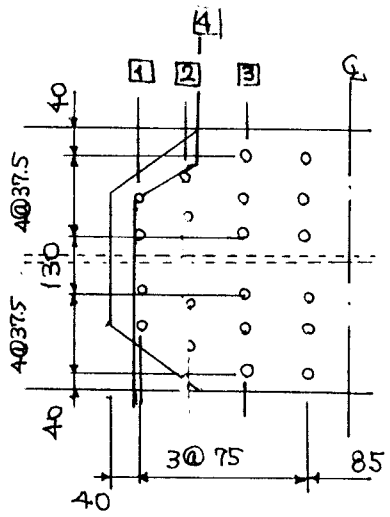
伝える力 $P = 1050 \text{ kgf/cm}^2 \times 51 \times 2.5$
 $= 134 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$

② ボルト本数 n

ボルト 1 本 $\approx 9.6 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$
 $n = \frac{P}{p} = 14 \text{ 本}$

③ 配置を決める





引張側
例
20本

④ 応力照査

圧縮側 → 捻断面で設計
引張側 → 他断面

① 列目 $A_g = 51 \times 2.5 = 127.5 \text{ cm}^2$ 径 22mm
 $A_{n1} = A_g - 4 \times (2.5) \times 2.5$ +
 $= 102.5 \text{ cm}^2$ 3mm
25mm

$$\sigma_{t1} = 1050 \times \frac{127.5 \text{ cm}^2}{102.5 \text{ cm}^2} = 1310 \text{ kgf/cm}^2 < 1400 \text{ kgf/cm}^2 \dots \text{OK!!}$$

② 列目 $A_{n2} = 102.5 \text{ cm}^2$
 明らかに $\sigma_{t2} < \sigma_a$

$$\left(\sigma_{t2} = 1050 \times \frac{127.5 \text{ cm}^2}{102.5 \text{ cm}^2} \times \frac{N-4}{N} \right)$$

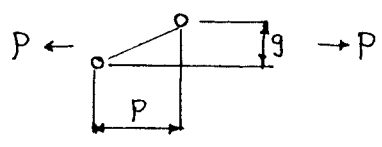
③ 列目 $A_{n3} = A_g - 6 \times 2.5 \times 2.5 = 90 \text{ cm}^2$

$$\sigma_{t3} = 1050 \times \frac{127.5}{90} \times \frac{N-8}{N} \overset{20}{\text{---}} = 893 \text{ kgf/cm}^2$$

千鳥配列での破壊はあり得るか？

千鳥の場合 断面の減少

$$d' = d - \frac{P^2}{4g}$$



図列目 $A_{n4} = A_g - 4 \times t \times d - 1 \times t \times (d - \frac{p^2}{4g})$

$$d - \frac{p^2}{4g} = 2.5 - \frac{7.5^2}{4 \times 3.75}$$

$$= 2.5 - 3.75$$

$$= -1.25$$

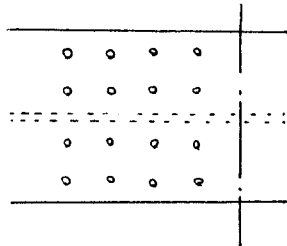
“-” となっているので 4角で切れることはない!

$d' = d - \frac{p^2}{4g} = 0$... が限界!

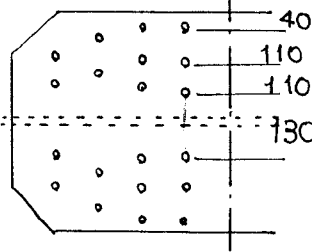
$P = 7.5$
 \downarrow
 $g = 5.6 \text{ cm}$

$\left\{ \begin{array}{l} g : \text{小} \rightarrow \text{大} \\ d' : \text{小} \rightarrow \text{大} \end{array} \right.$

フランジ幅 ~ 500

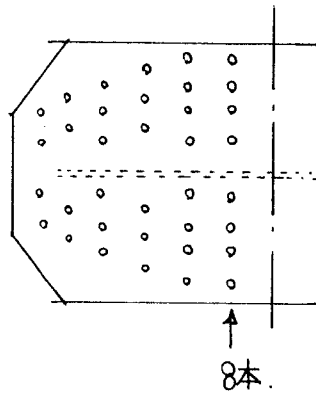


510 ~ 650



これが最大!!

660 ~

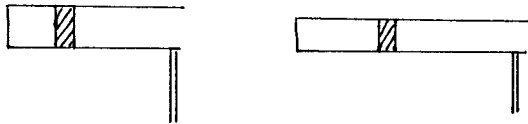


⑤ 継手板の応力照査
引張側について

$$\sigma_t = 1050 \times \frac{A_g}{A_n, S} < \sigma_a$$

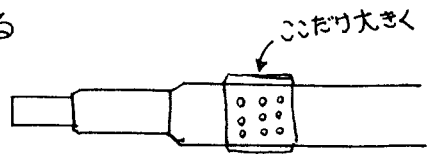
$$\sigma_t = \sigma \times \frac{A_g}{A_n} > \sigma_a \dots \text{となってしまうたら...}$$

① フランジ厚を薄くする, 同じ断面積

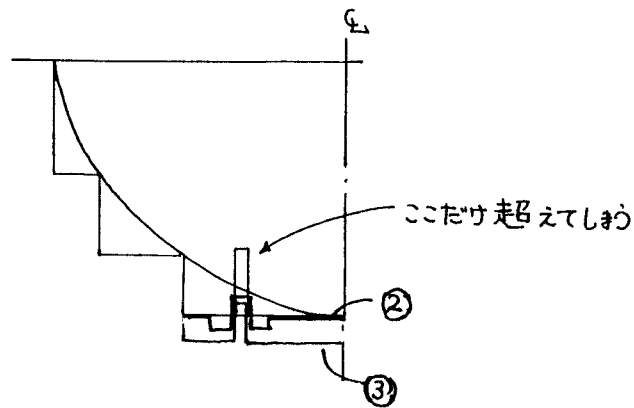


② 継手部の引張フランジを大きくする

③ 中央断面そのものを大きくする



④ 継手の位置を外側へずらす
(→断面変位の変更の場合(有))



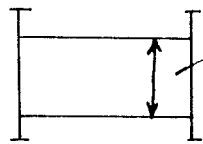
荷重分配横桁の設計

- ① 応力に余裕のある断面を用いる
- ② 剛性を十分確保する

$$(15 \geq) \delta = \frac{I_a}{I} \left(\frac{l}{2a} \right)^3 \geq 10$$

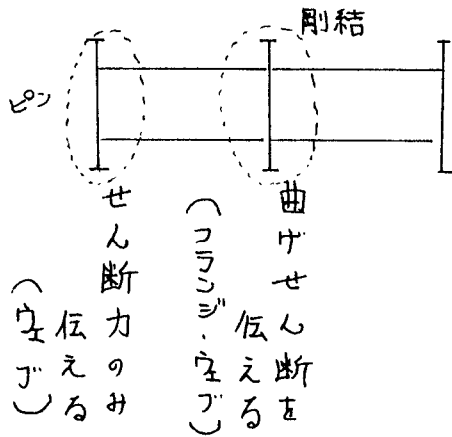
格子剛度
(シオンハルトによる)

a : 主桁間隙
 l : スパン
 I : 主桁の断面 2 次モーメント
 I_a : 横桁の "

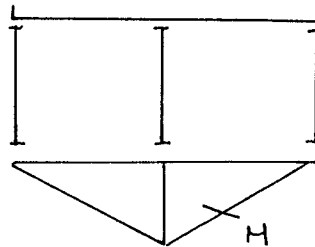


横桁の長さは
主桁の 0.5 ~ 0.8 位が望ましい!

③ 継手 (主桁)



全強の 75% で設計
 $1400 \text{ kgf/cm}^2 \times 0.75$



格子効果を無視