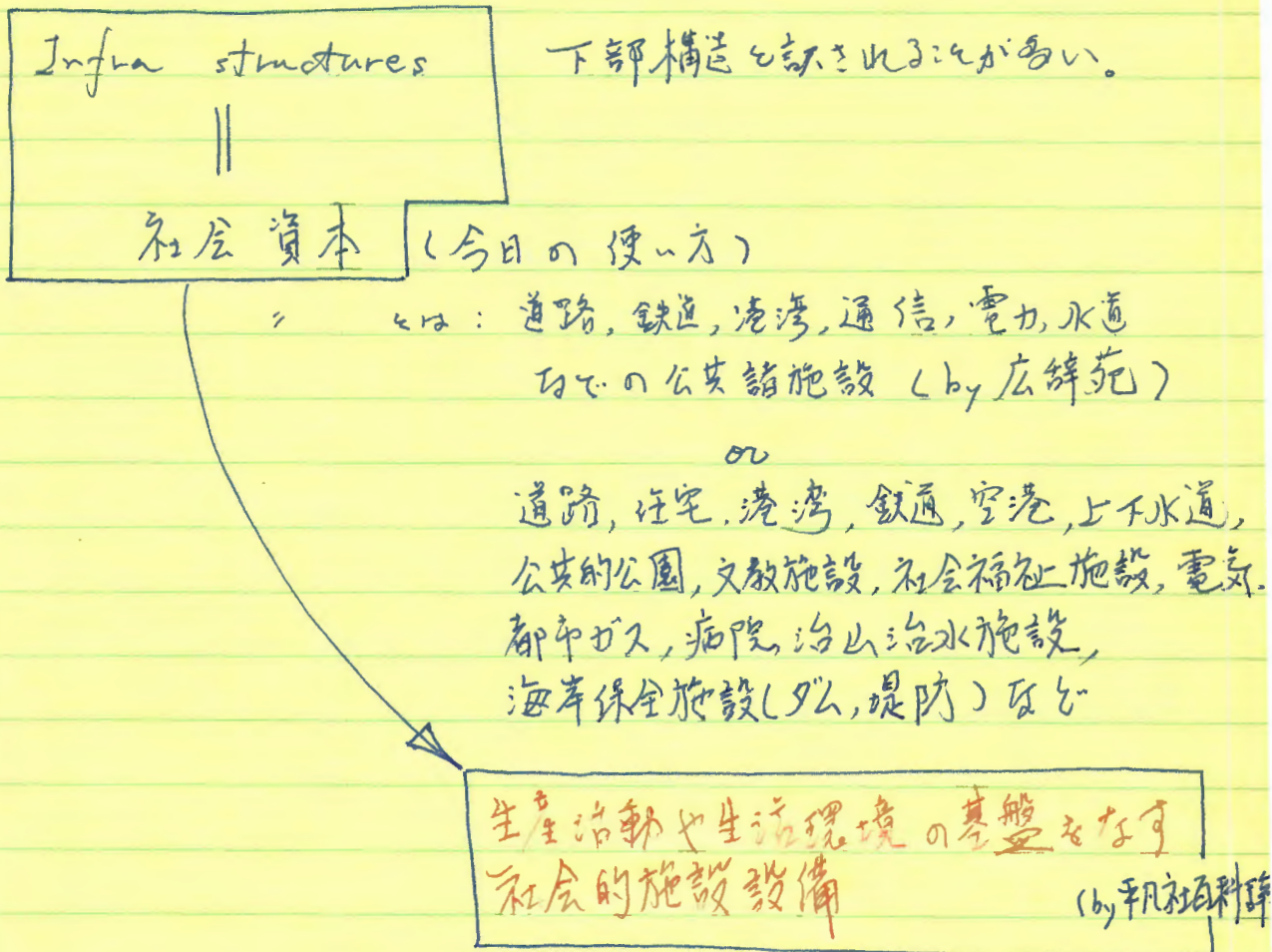


鋼構造学 西脇威夫教授
第1章 総論

88/4/18 ①

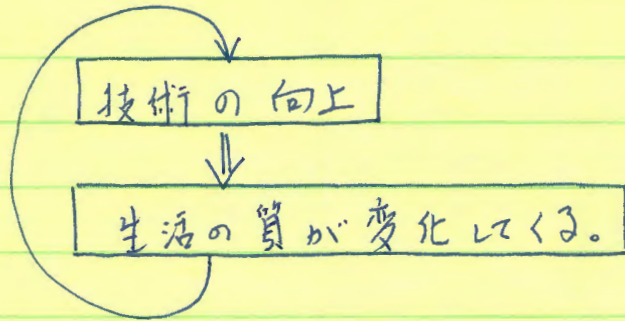
教科書: 倉西茂, 鋼構造, 技報堂.



その他の対象.

- 上下水道以外の 給養施設 - ゴミ処理等 (供給. 廃棄)
- 余服利用も含めた整備すべき地域
- 防災施設. (地震予知対策など) など.

鋼構造: 古くは橋梁工学と見られていた分野であり,
今日. その対象は多様化した。



<社会の質の変化によって生ずる技術の変化.>

1. よりよい機能の追求の技術.
2. 新たな施設の創造の技術
3. より早く創造する技術.

ゴミ処理と温水プール

より経済的に

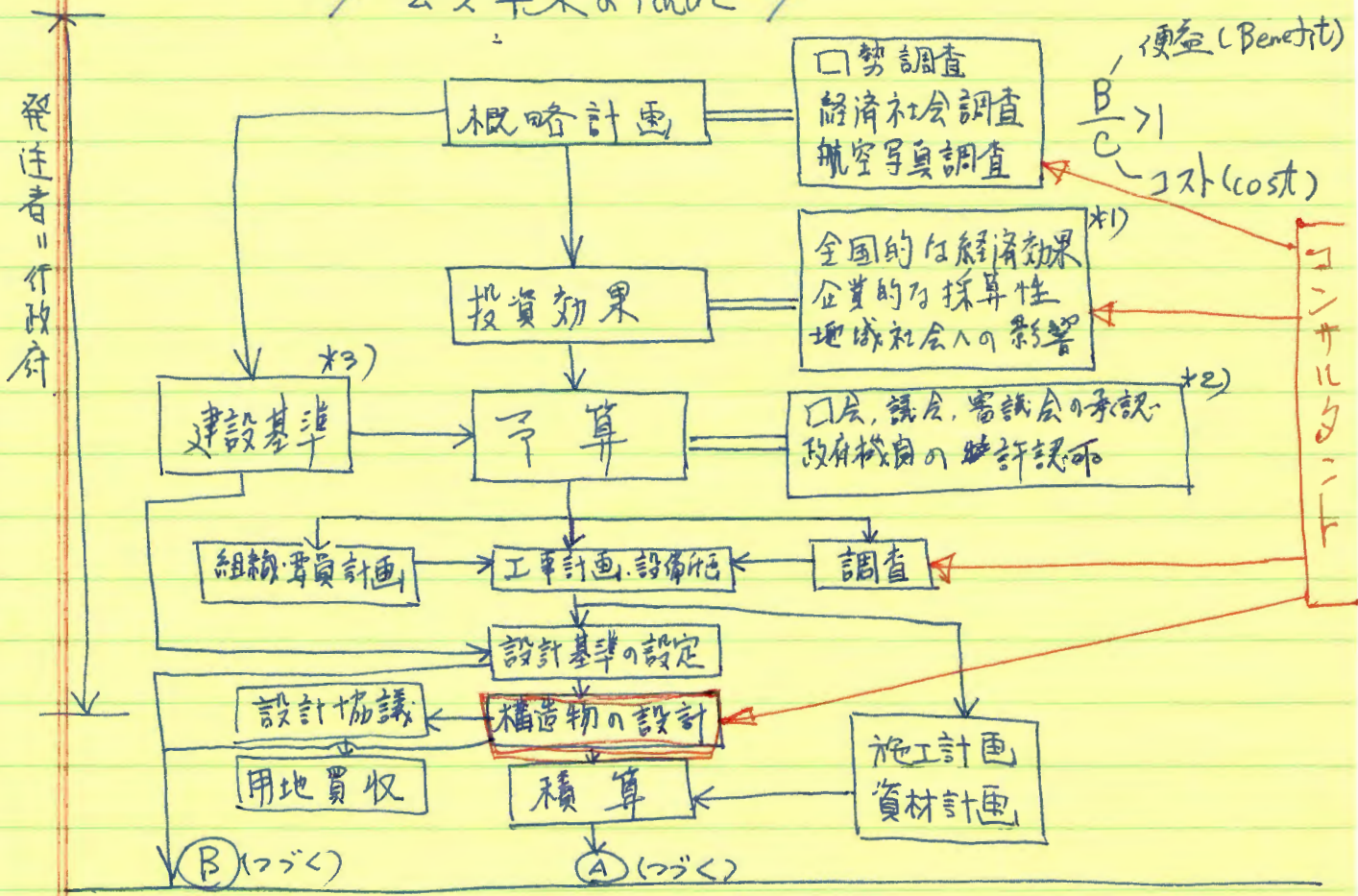
4. 充実された社会資本を効率的に稼働するための技術.

☆ 課題: このような問題に対する自分の考え方をまとめる。

社会資本の整備とは... 公共事業 (Public Works) である。

これには (ハードウェア
ソフトウェア) がある。

公共事業の流れ



私立学校は公共施設か? "YES"

国民の教育を受ける権利に答える施設である。(義務)

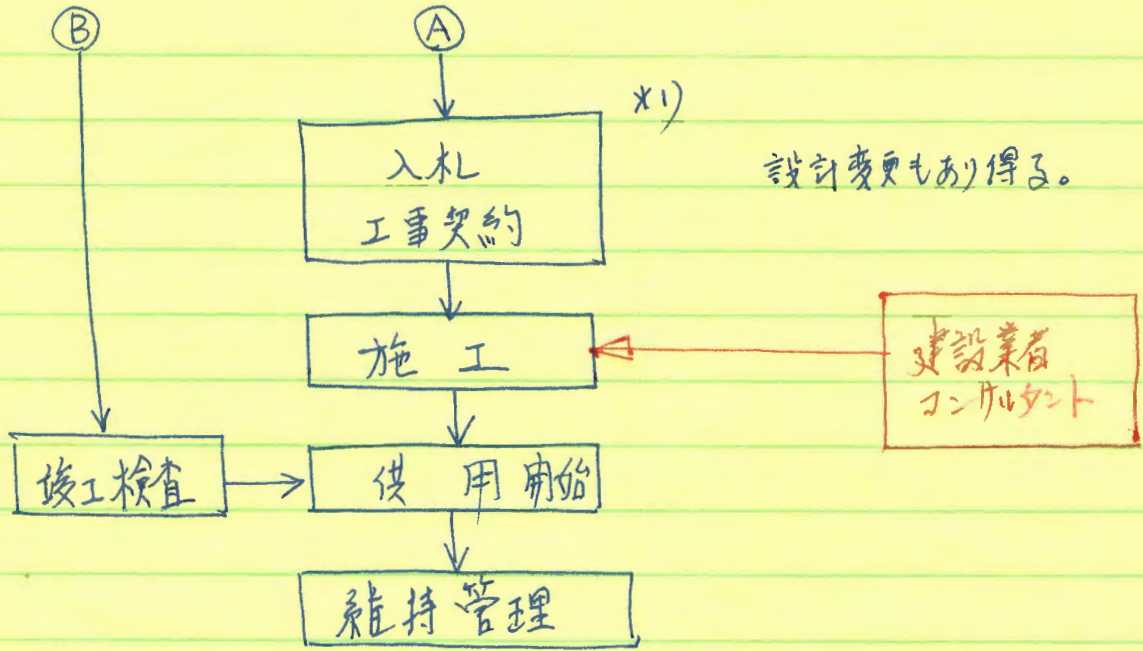
学校法人 - 教育 (教育)

*1) 本四ミルトは本営に必要か? , 本四橋による物価上昇

*2) 道路公団法, 鉄道審議会など

*3) 許認可の基準となるもの。本四は高規格道路網に入っている

88/4/18 ④



88/4/18 終了

*1) ゲンセー/とは何か?

"公共構造物に与えておくべき基準"

- 1. 建設目的に合致 = 合目的性, 機能性
- 2. 使用時に 安全 = 安全性
- 3. 建設・維管理上経費が低い = 経済性^(*)
- 4. 建設し易い = 施工性
- 5. 環境との適合 = 環境との適合性

30年代の建設費の
の割合は約10%

経済性ある程度ついでに。
★途視目

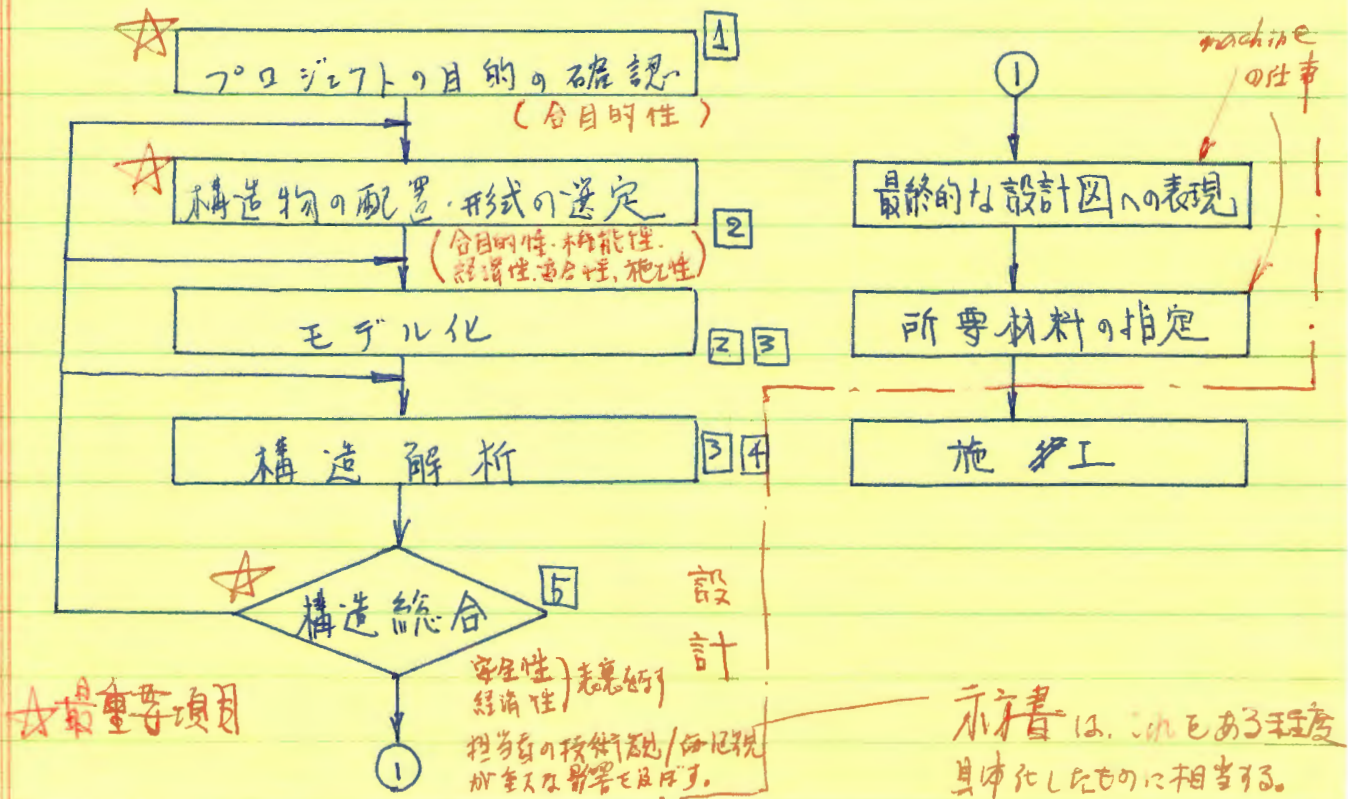
(*) 本頁を上に示すに於いては、30年当時、日本に着工可能経費60%であった。
と鉄道技術者は云った。西鉄10キロ→総経20キロの排外(1.41.2)の問題であった。

◎ 土木構造物と他の構造物の相違 (特殊性)

1. 自然現象・気象現象の変動の影響を常に受ける (強く受ける)
地震, 風, 波, 湿気 などなど
2. 社会からの影響も直接受ける.
瀬戸大橋とモ車が毎日通る. 我が家の我が家の上を.
3. 公共性
4. 大規模
5. 使用期間が長い
6. 自然条件を変えてしまう.
7. 複雑化と集約化.

◎ 設計行為の過程.

計算機のフローチャートの通りに、一方に単純に流れる作業ではない。
そうあってはならない。構造物がわかるようになる可能性がある。



以下の内容について、必ずしも確立された構構内容とは云えない
 が整理・改善したい。

① プロジェクトの目的の確認(構構の確立)

- ・ どの程度必要性があるか (優先順位 priority)
- ・ 長所と短所(社会への効果はあるか?、利用者と提供者との自適?)
- ・ 合目的性の評価
- ・ 環境への調和/自然破壊と建設

② 構造物と荷重のモデル化

- ・ 構造解析手法の精確さと精度
- ・ 構造物の規模
- ・ 建設地質の自然環境. 海洋構造に対する荷重である波浪の評価精度が良くなることは、構造のモデル化等の精度は、それ以上に必要はない。
- ・ 要求される機能
- ・ 構造物の形式と構成要素の構造物中の位置. 重荷と床版の設計では、荷重をモデル化もしている。
概略設計か詳細設計か?
- ・ 設計目標は何か?
- ・ 経済性.

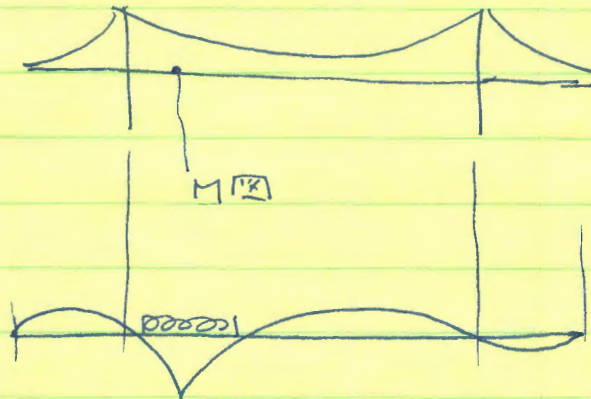
③ 荷重条件.

- ・ 種類
- ・ 組合せ.
- ・ 荷重指数の確率.

④ 構造解析

- ・ 線形/非線形 (幾何学的非線形, 材料非線形)
↳ 弾性、弾塑性、剛塑性
- ・ 平面/立体

立体解析における影響面法は経直に懸伏に在る。



- ・ 経済性 / 設計目標
- ・ 重要度
- ・ 施工法
- ・ 使用材料

に適用する方法が累年となる。

次回も 同構造総合 の

⑤ 構造総合.

... 現状では、まだ一般的に用いられている語ではない。

① はじめに、再度建設目的を確認・明確に把握する。



"合目的"的 か否か?

機能的 か否か?

経済性

施工性 ← 初期投資に顕著に影響する。

② 有効な手段、^{何かが}最適設計法 = いくつかの限られた目的に合致する、ある諸量
と決定する数学的手法であり、構造総合の
ための有効な手法と云える。構造総合自体は無い。
最小重量設計法 = 最も経済的であることは必ずしも云えない。

③ 最終的に、

材料の推定
工費の積算

 も行う。

④ 投資効果を評価する。

変更が必要であれば、Ⅱ ~ Ⅳ の過程にもとづく。

① 設計行為を進める上に必要な事項.

- ① 目的性
機能性 } 是. どの様に評価するの?

≠
< 数量化 >

数量化式とそれの設計への導入法.
 是. 決めは"やり易い". 現状では
 互の段階に至っていないの下.
 技術者には高度の技術と価値観
 が必要である.

この本に在る価値観.

320円の子と280円の子 / 320 > 280

280円の子が各々のAの子が男.

Bの子は 320円の子が女.

320 - 2 < 280

で男). 320円の子は女.

と男.

是の判断は数量的に

行はるが、やり易い.

- ② 社会的効果の推定法.

(これは、必ずしも推定結果が異なるもの)
 是は、結果を知らず.

- ③ 利用者の心理的反応
利用しない者の心理的反応

} 数量化.

(例) 立場の違い: 瀬戸大橋の脚に在る石島の偉大
 対 大橋の足に在る人の感情の差

- ④ 環境への適合性の数量的評価

(例) 本日の色: 東山画伯の此言で張るは.
 美しさの判定評価.

現状では、これは、完全に数量的評価ができていないので
 数量化について過大な迷信も在る.

⑤ 安全性, 経済性 最低限やらなければならない.
かなり数量化がなされている.

- 設計荷重の評価法
- 構造物の受ける被害の社会効果等の評価,
それの復旧費用, 復旧戦略の確立.
- 維持管理法の確立

これらのことについて設計する.

以上の事項の設計法への導入. (合理的な設計のため)

⑥ 使用材量.
施工法 → 最適施工法.

⑦ 構造解析, 構造統合

↓
数量化
比較的楽.

↓
一部の数量化されている.

⑧ 示し書の検討. — 種々の構造についてのバラつきをなくす.
設計者の便宜.

既存の構造物の諸元を変更して, 40%とかいう構造物を“設計”
するのは, “設計”とは云々ない。エンカル等でもその既存の諸元
に即っている。厳に注意しなければならない。

第2章 鋼材 . Steel, Stahl

① 鋼は何か?

鉄 + 炭素 (0.035~1.7%) 固溶体 であって化合物ではない
+ その他.

(好まぬものと好むからさるものに分けられ、

前者は添加したもの、後者は取り除かれたもの)

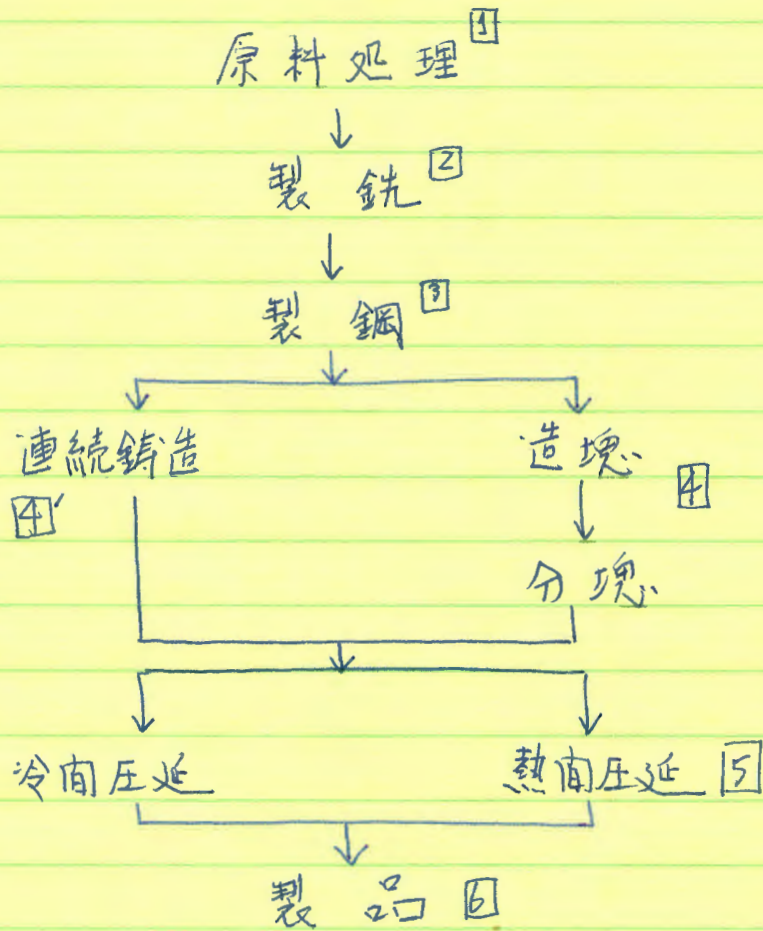
② 建設材料としての鋼の特徴

1. 資源的に豊かである...供給源 [ニッケル・マンガン (ニッケルと Fe: 地球の中)]
2. 材料として優れた性質を持つ...強度.
3. 製品としての信頼性が高い... TQCが完備. コスト/土の比較を
安心に使用出来る.
4. 目的に合った形状のものが見られる... コリトは木型枠で作り出す
いろんな形状をくりやす。
ある意味で鋼の多様性!?

③ 鋼の分類

- (1) 普通鋼 : 高張力鋼
- (2) 炭素鋼 : 合金鋼 (低合金, 高合金)
- (3) 非調質鋼 : 調質鋼
- (4) リムド鋼 : セミキルド鋼 : キルド鋼

製法



① 原料処理. 焼結鉄をいふ。

- ① 原料: 鉄鉱石, 赤鉄鉱 (Fe_2O_3)
- 磁 " (Fe_3O_4)
- 褐 " ($Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$)

これらの酸素化合物を還元して鉄を抽出する。

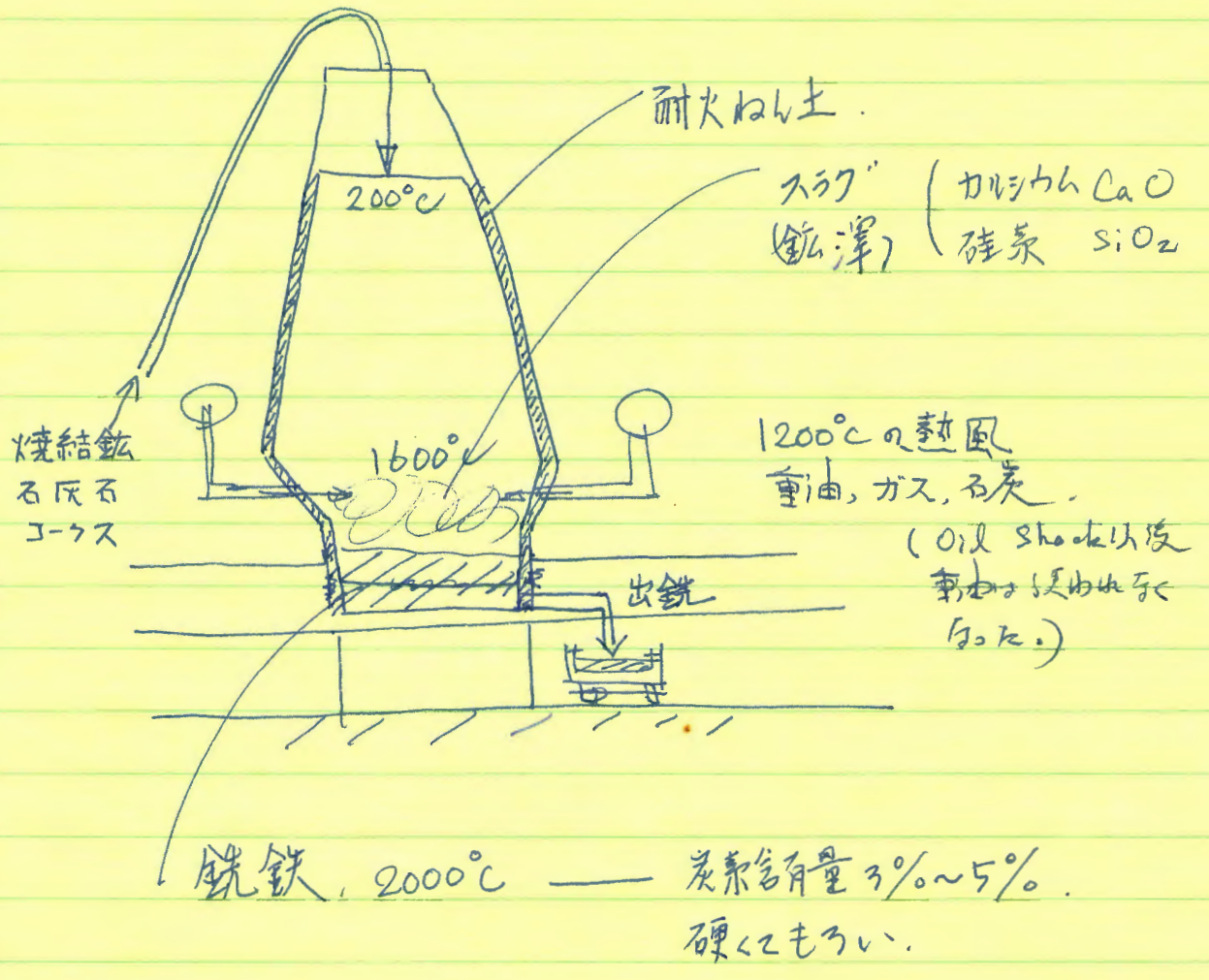
- ② ｺｰｸ
- ③ 石灰石

① ~ ③ を焼結鉄にする。 これを溶鉄炉へ
 熱に結合させる。
 (1800℃の粉体)

次回は...

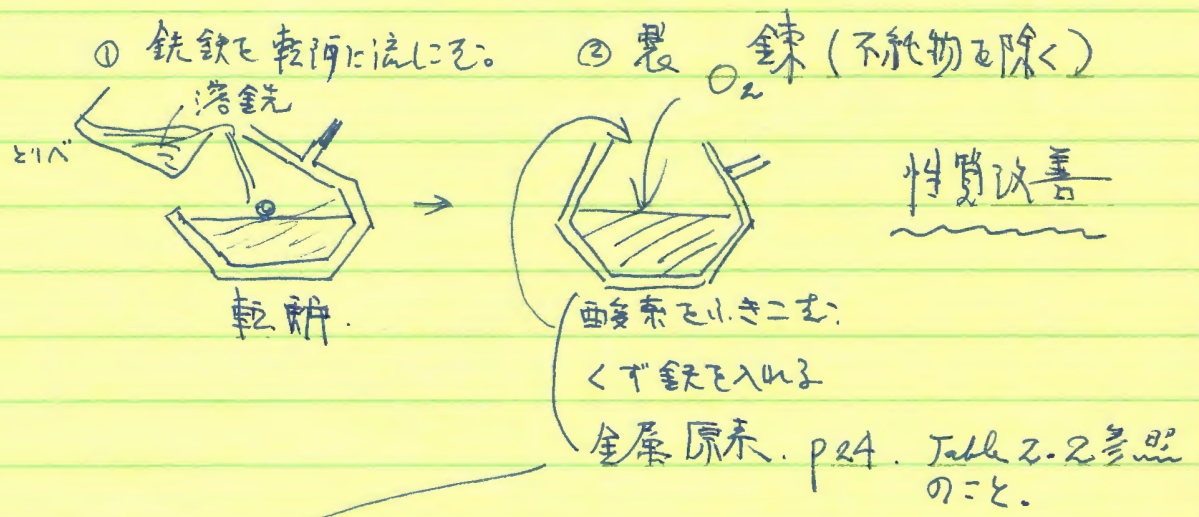
はじめに. 製鉄プロセスの主要の回覧.

② 製鉄. 高炉によって. 銑鉄をつくる。



③ 製鋼

転炉を用いて、必要に応じて鋼をつくる。
 1ロット毎実施するので、ロット毎に性能は異なる。
 従来、平炉が用いられたが現在は転炉が用いられた。
 特殊な高張力鋼には、電気炉が用いられたことがある。
 転炉の構造は企業秘密である。



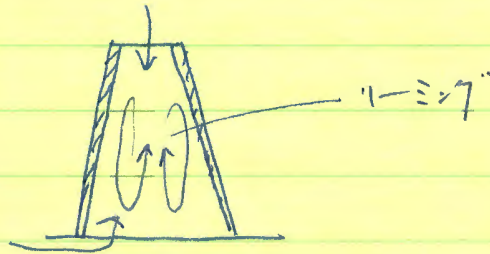
Carbon Equivalent 炭素当量
 (炭素等価量?)

- マンガン, アルミニウム, ニッケル, コロム, コバルト,
- モリブデン, バナジウム, 等は好ましい原素.
- リン, イオウは 好ましくない原素

金属原素の量に応じて
 合金鋼や非調質高張力鋼が存在する。

④ 造塊 → 分塊

型枠に注入して、自然に冷やす。インゴットができる。



上からは下から注入

自然に冷やすと、リーミングが起きます。

(溶融点の高いものから固まり、内部で対流が発生する。)

[鋼 — 溶融点が高い、はやく冷える 外側
 [不純物 — 低い、最後にかたまり、内側

この状態を左延すると、性能の悪い鋼板ができる。

リーミングが発生しないようにする。

~~酸素をいれて、不純物を燃焼させる。~~

脱酸剤 (Al, Si) を入れてリーミングをおさえる。

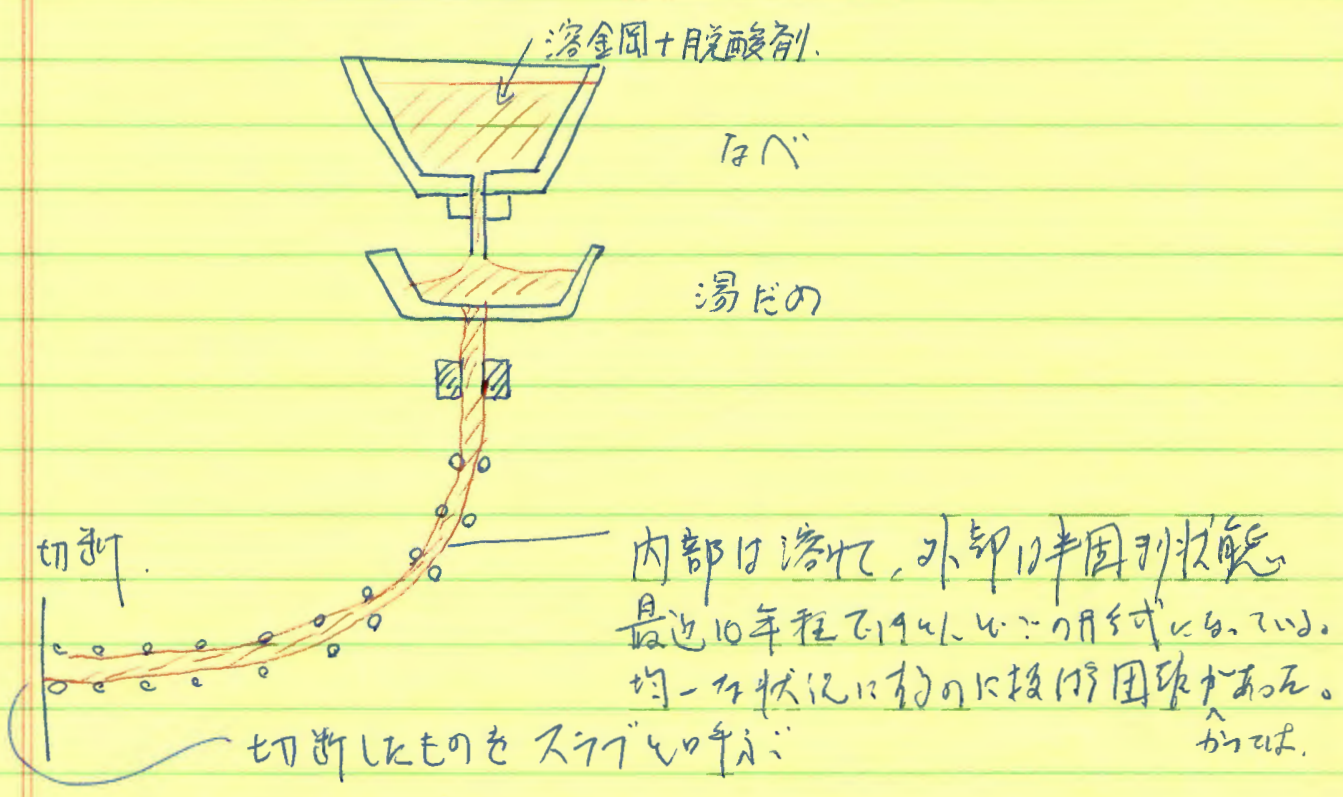


このおろる形で固まると材料の効率が悪いか、性質の良いものができる。

	ピド鋼	セピド鋼	キド鋼 (鎮静鋼)
性能	下	中	上
価格	安	中	高
効率	上	中	下

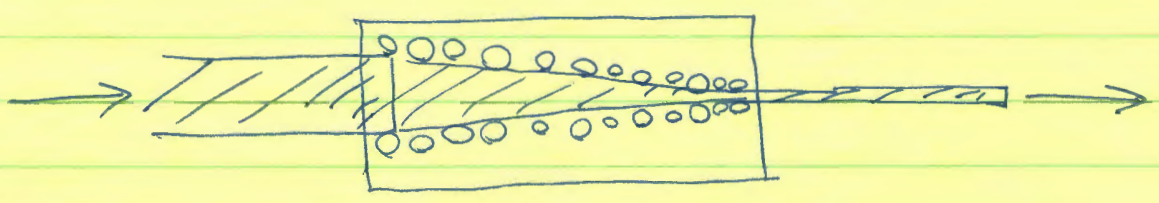
分塊 → インゴットを加熱して分ける。

④ 連続铸造(连铸) 造塊 → 分塊の過程では、一度溶して、再加熱しう無酸素工程が入るのでさける。



⑤ 圧延

熱間圧延 : 炉に入れて熱した状態で圧延。表面は冷間
 冷間圧延 : ほぼ常温で圧延(熱間圧延した後)表面は最終的には。



圧延機の 来. 鉄からの輸入
 熱処理もこの段階で行う。 → 鋼製鋼 P25?

'88/5/23.

⑤

④製品。(市販鋼材)

① 鋼材の機械的性質 (Mechanical Property)

(1) 常温下での静的強さ。 低温、高温との比較

測定により求める。 → 静的試験 (JISにより規格される)

番号:

引張試験: Steel の注としてある。最も基本となる。

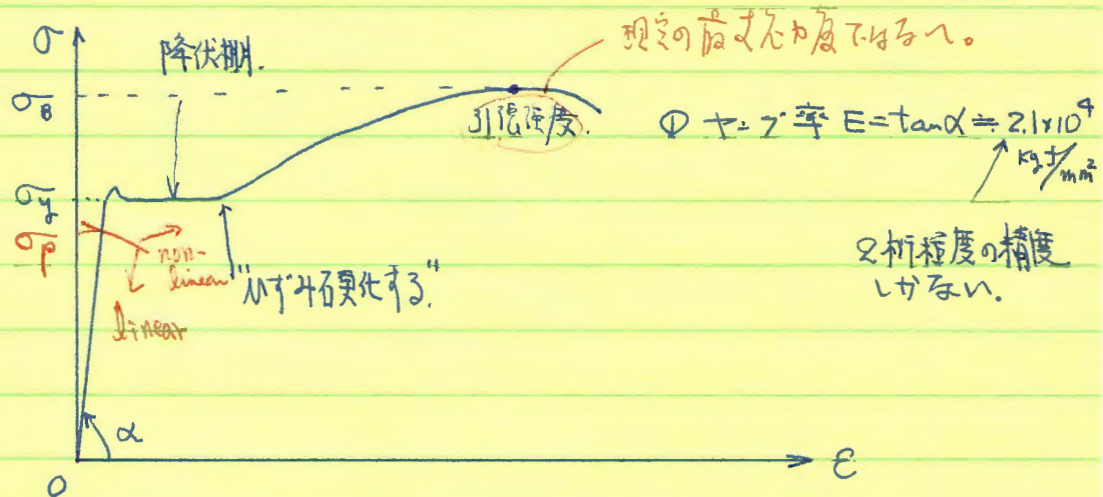
- why:
- ① 試験法が簡単。
 - ② 得られる特性が多い。
 - ③ 十分に変形させ得る。
 - ④ 応力度を均一にする: とが不可能。

9月~10月に学生に
 実験をさせる。

(2) 応力-伸び関係

縦軸 応力度 $\sigma = \frac{P}{A}$ A: 無載荷時の断面積

横軸 伸び $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$ L: 試験片の標点距離

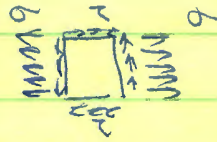


- ② 降伏: 応力が増加するとともに、伸びが増加する。
- ③ 伸びが変化
- ④ 引張強度
- ⑤ 降伏点 (上下) ⑥ 比例限

“降伏する”: 設計基準
 (現時点での
 設計基準)

⑧ 組み合わせた応力下の降伏.

$\left\{ \begin{array}{l} \text{垂直応力 } \sigma \\ \text{せん断 } \tau \end{array} \right.$



等価応力の例 $\sigma_r = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$
 (換算 σ)

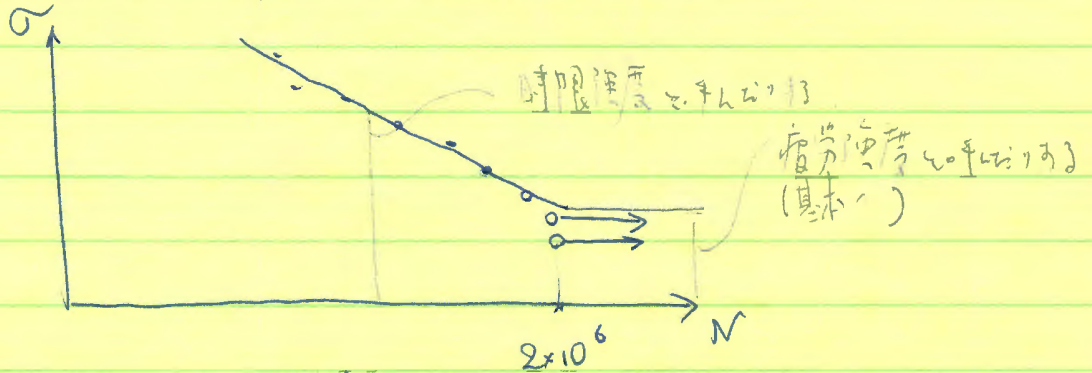
$\sigma_r = \sqrt{3} \tau$
 $\tau_y = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}}$

⑨ 繰り返し荷重 < 疲労付状 >

p21. ~ p29.

引張強度より低い応力の繰り返し破断がある。

両振, 片振, 部分両振, 部分片振の分類.



(対数軸)

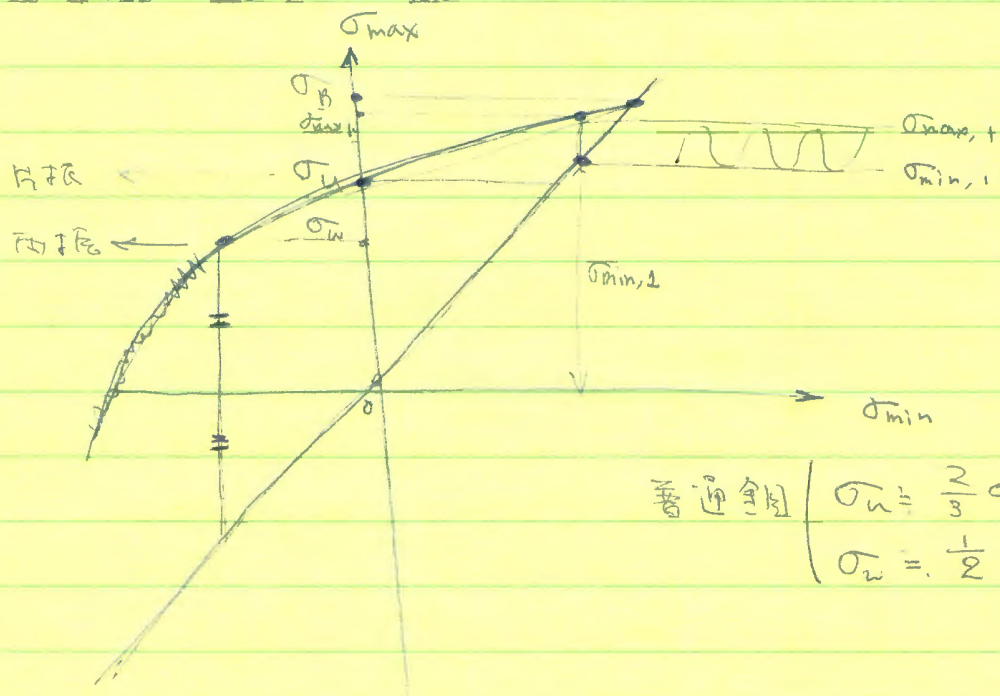
完全両振りの場合

↓
 反復限(限)

6/6
6/13
6/20
IABSEのため
休講。

6/27 第7回①

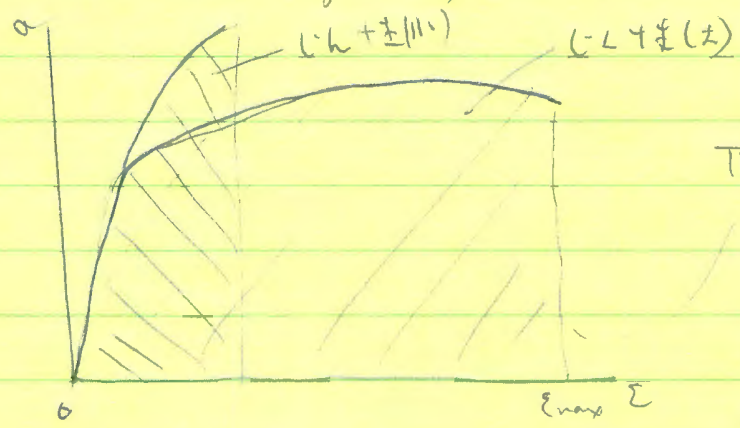
Wöhler Curve. (疲労のつぎ)



$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_u = \frac{2}{3} \sigma_B \\ \sigma_w = \frac{1}{2} \sigma_u \end{array} \right.$$

値上げ時の強さ

特に衝撃に対するしじ性 (toughness)

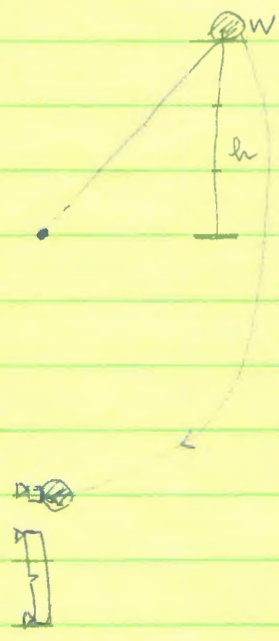


$$\pi = \int_0^{\epsilon_{max}} \sigma \cdot d\epsilon$$

しじ性の指標として
ε(2)の5出し。

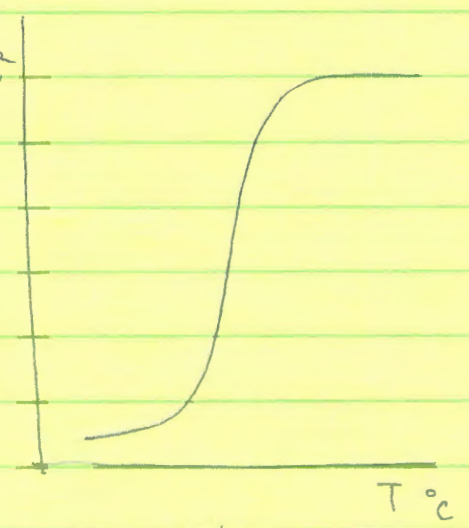
低温ぜい性

試験方法: シャルピー衝撃試験



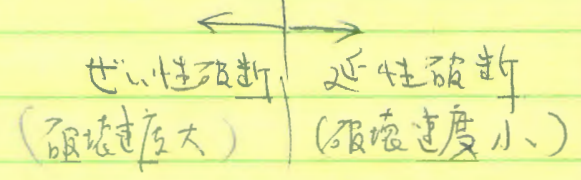
$$\Pi = Wh$$

$$\frac{\log \frac{W}{cm^2}}$$



低温ぜい性

- ① ぜい性破断
- ② 吸収エネルギーが小さくなる。



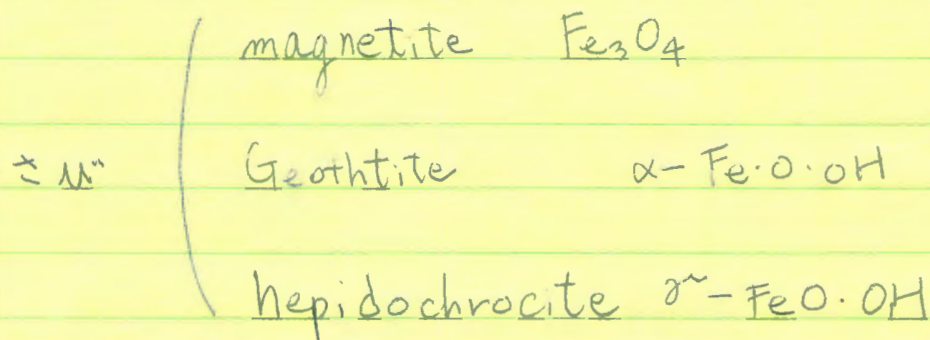
炭素含量 C_{eq} が 多い ほど 脆く なる ほど、吸収エネルギーが 小 さい。

他の性質については以下のものがあげられる。

- ・加工性 ——— 省略
- ・溶解性 ——— 後述
- ・さび

④ さびの発生と防錆

鋼は、元々は酸化鉄とあって、もろろろろる → さび (Fe₂O₃)



- ・通常、製品は 表面処理をして防錆加工もほてる。
 外側の酸化層 (黒皮) を取り除いて、塗装しやすい状態にして、
 無機シリケート + エポキシ樹脂
 により塗装する。

- ・さびが発生した場合の補修時塗装に要求される特性
 - ① さび面への浸透性
 - ② さび層の安定性

④ 補修時塗装の例

下塗り

上塗り

① 無機珪酸ペースト $35^{\mu} \times 2 = 70^{\mu}$
 $70^{\mu} \times 3 = 210^{\mu}$ エポキシ系樹脂塗料 40^{μ}

② グーロエポキシ系

塩化ゴム系塗料

③ 鉛丹ペーストのペースト

アルキド樹脂系塗料

① が良い ② の方が現状下の通説となっているようです。

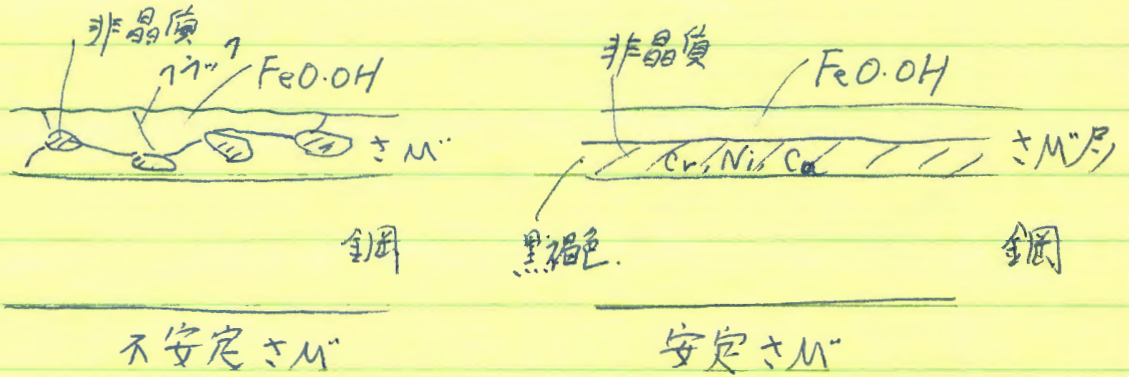
耐候性鋼材

SMA材

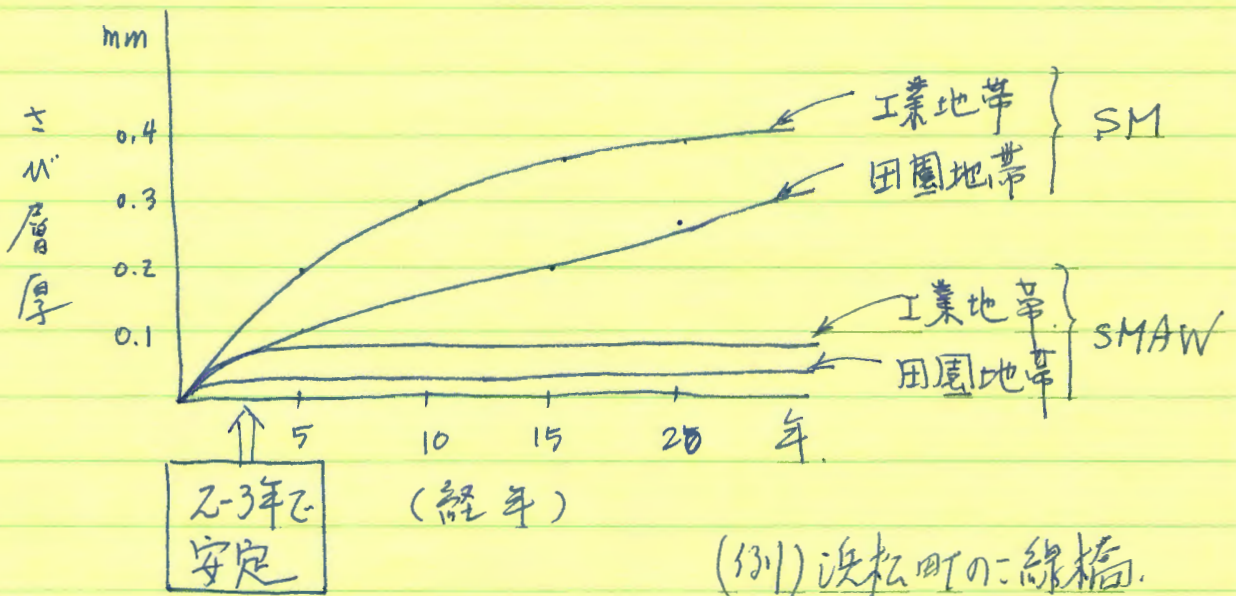
SMAW : 塗装併用. (重塗装ではない)

SMAW : 裸使用.

← 発錆はすか. 安定する.



表層の FeO.OH が ほかれおさるのみ。



(例) 浜松町の線橋.
(黒褐色の地色)

一時期 軽量形鋼が建築の柱として用いられたが、
現在は、発錆の問題から、仮設用としてしか用いら
れなくなってきた。

耐候性鋼材に安定化さび発生条件.

- ① 鋼材の化学成分 (Cr, Ni, Cu等)
- ② 構造物の環境
- ③ 構造物の形状・細部構造

設計上避けるべき条件.

- ① 水中・土中・長期間湿潤状態にある.
- ② 海水飛沫、融雪材がかかる.
- ③ 温泉水(硫化水素)がかかる.
- ④ 大気中の亜硫酸ガスが高濃度である地帯(工業地内など)

防錆のための対策

- ① 雨水を短時間に排水
- ② 水が滞留しないように
- ③ 構造を簡単にする.

耐候性鋼材の使用 \Rightarrow 3%以内 (総量 80万tonに対して2万トン)
562年度実績まで.

50年間の経済性の試算結果:

(一般鋼材 + 重塗装	140
SMAWの裸使用	100

電気防錆

安全性の確認 (故障: 部材)

安全性 → 構造物全体の安全性.
 → 構造要素の安全性.

現時点での方法 " 全ての要素が安全であれば全体は安全である"
 これは、全体の安全性を合理的に評価している: 正しいなら正しいので
 不経済かもしれないし、事故の可能性も有るかもしれない。

しかし、作らなければならぬ (社会の要望)

技術は進歩しつつある。

安全性を確認すべき部材

圧縮材

曲げ材

はり-柱材

引張材 (ヒキリ材)

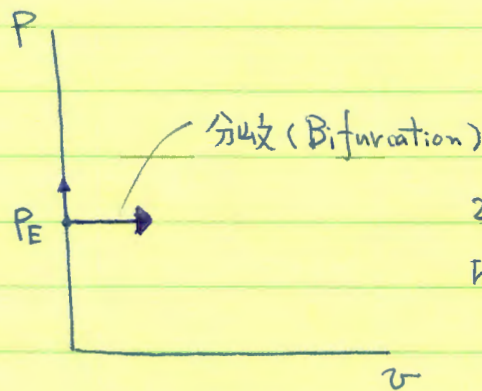
ラーメン

⑤ 圧縮材 (compression members)

オイラー座屈 (Euler buckling)

$$P \rightarrow \circ \text{---} EI, l \text{---} \circ \leftarrow P \quad \left(\begin{array}{l} P < P_E \\ v = 0 \end{array} \right.$$

$$P \rightarrow \circ \text{---} v \text{---} \circ \leftarrow P \quad \left(\begin{array}{l} P \geq P_E \\ v > 0 \end{array} \right.$$



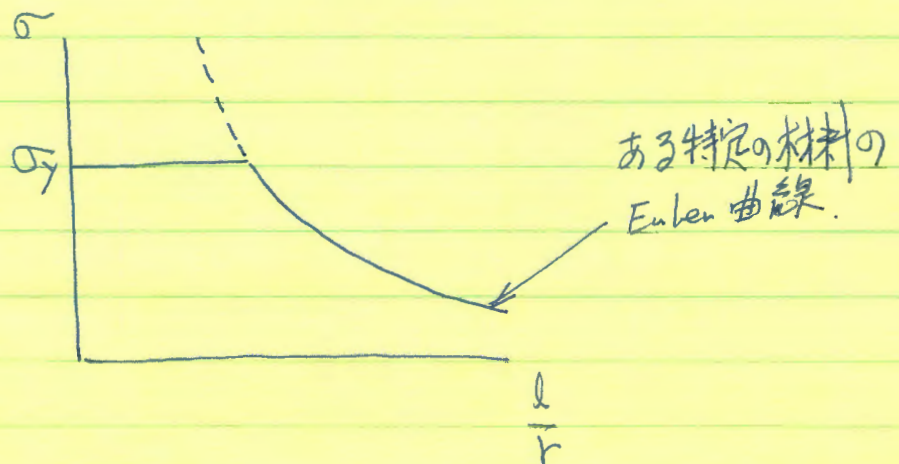
2つの経路が存在する。

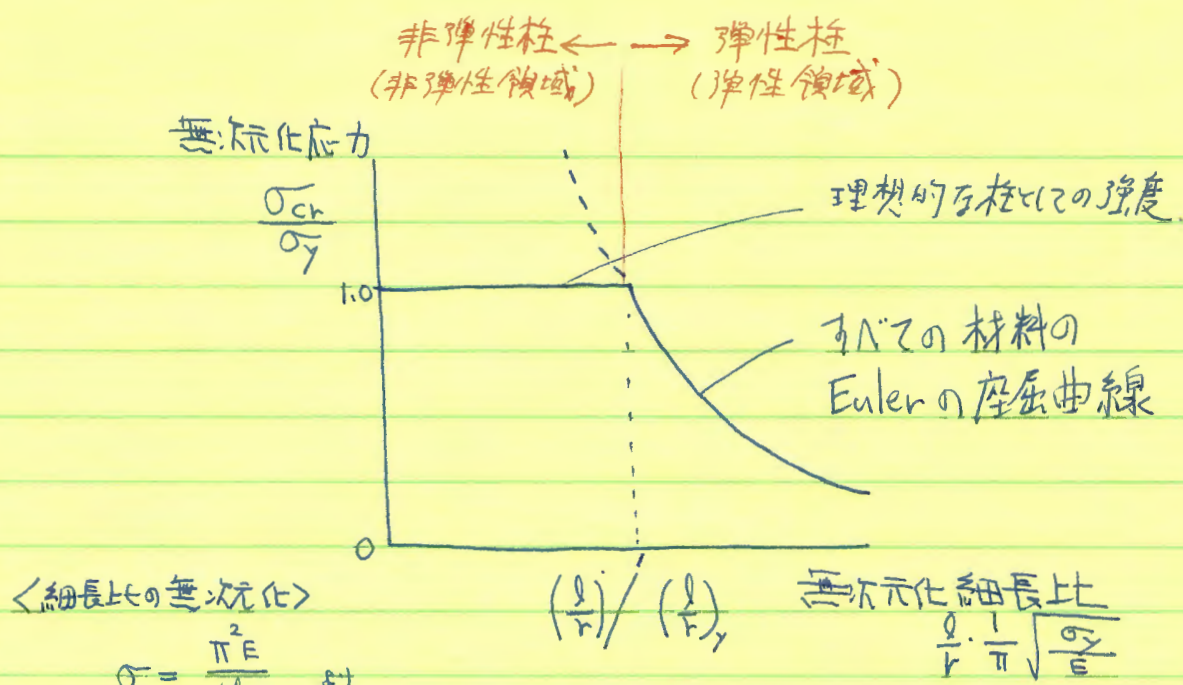
ただし $P_E < \sigma_y \cdot A$ とする。

オイラーの座屈荷重 $P_E = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$

座屈応力度 $\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{(l/r)^2}, r = \sqrt{\frac{I}{A}}$

< 材料 E と 部材特性 l/r で σ_E が決まる >





<細長比の無次元化>

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{(\frac{l}{r})^2} \quad \text{☆}$$

$$\frac{l}{r} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_E}}$$

$$\left(\frac{l}{r}\right)_{\sigma=\sigma_y} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_y}} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}$$

現実には $\frac{l}{r} < (\frac{l}{r})_y$ の領域で柱を用いることになる ☆

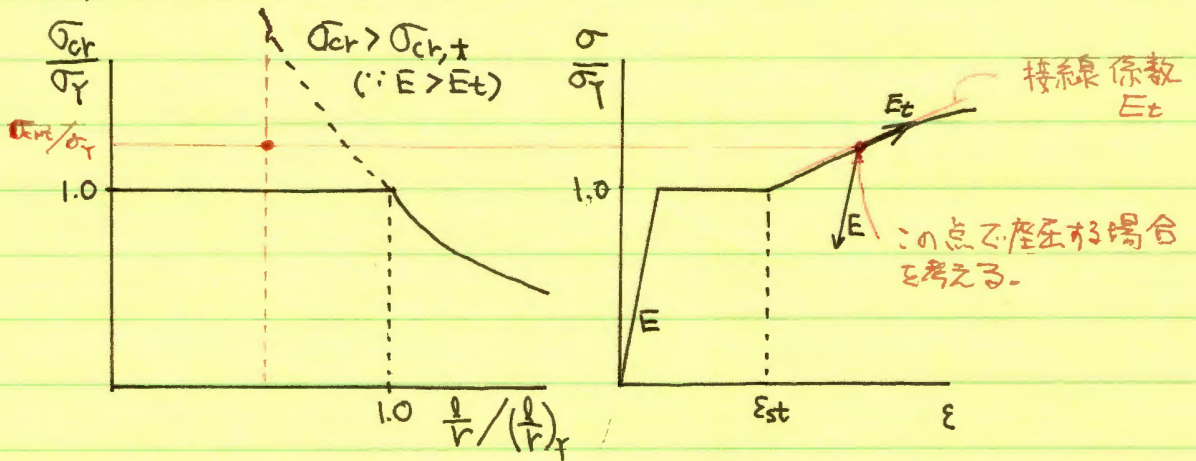
理想的な柱としての強度が得られない原因.

- ① 材料 ... 応力ひずみ曲線の非線形性 }
 - 降伏点強度が一断面内不様でない
 - 残留応力の存在. ○
 - クリープ. X
- ② 力 ... 荷重の偏心. ○
 - 部材の初期不整 ○
 - 横方向荷重.
 - 温度の影響
- ③ 形状 ... 局部座屈 ○
 - せん断力の影響 ○
- ④ ~~弾性座屈~~ ... ねじり座屈 (二次的座屈) ○
 - 後座屈強度. ○

◎ 理論に組込む
 ○ 発生しない
 X 必要ない
 対策としてどの程度の影響があるかが確認されているので、これからの論議から除外する。

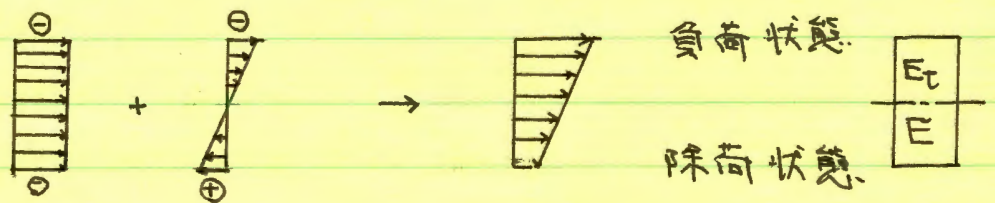
6/7/11 ①
 第9回, 第10回
 (補講)

非弾性域における柱の座屈



$$\sigma_{cr,t} = \frac{\pi^2 E_t}{\left(\frac{l}{r}\right)^2}$$

座屈が生じると、一様軸力に付加的曲げモーメントが発生し、下のようになる応力分布となる。



ある細長比のときは、

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{l}{r}\right)^2} \quad , \quad \sigma_{cr,t} = \frac{\pi^2 E_t}{\left(\frac{l}{r}\right)^2}$$

$E > E_t$ 故

$$\sigma_{cr} > \sigma_{cr,t}$$

(σ_E)

負荷と除荷が断面内で共存する場合の、
 換算剛性 E E_n とすれば

$$E > E_n > E_t$$

であると推定される。

$$\therefore \sigma_E > \sigma_{ch,r} > \sigma_{ch,t}$$

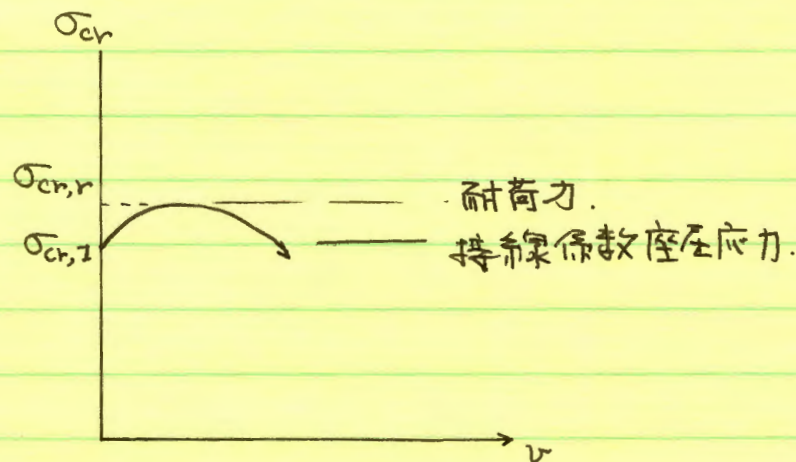
座屈は $\sigma_{ch,t}$ で始まる

座屈したとすると、 v が生じるので負荷/除荷が存在する。

それが存在するとすれば座屈応力は $\sigma_{ch,r}$ である。

$\sigma_{ch,t}$ と $\sigma_{ch,r}$ のどちらが座屈応力なのか？

(1946~1948 Shanley's paradox)



現実には下限 $\sigma_{ch,t}$ で設計に良いとされている。

★ 上図の内題は、安定内題ではなく、~~な~~なる、
 単なる非線形内題である。

6/7/11 (3)

① 不完全さのある柱

(1) 初期 欠け (Initial Imperfection)

$$v_0 = A_0 \sin \frac{\pi}{l} z \text{ と考へる。}$$

$$EI \frac{d^2 v}{dz^2} + P(v + v_0) = 0$$

↓

$$v = A_0 \frac{\alpha^2 \sin \frac{\pi}{l} z}{(\pi/l)^2 - \alpha^2} \quad \text{欠け分布}$$

$$M_c = PA_0 \frac{(\pi/l)^2}{(\pi/l)^2 - \alpha^2} \quad \text{最大曲げモーメント}$$

(2) 偏心荷重

偏心 e と考へる。

$$EI \frac{d^2 v}{dz^2} + P(v + e) = 0$$

↓

$$M_c = Pe \sec\left(\frac{\alpha l}{2}\right) \quad \therefore \alpha^2 = \frac{P}{EI}$$

M_c が求まれば $\sigma_c = \frac{M_c}{I} y$ で与えられる。

★ 不完全さのある柱の解は、安定問題ではなく応力問題である。

☆ cf. $\left\{ \begin{array}{l} \text{完全な柱の非弾性座屈} \\ \text{不完全な柱の座屈} \end{array} \right\}$ 共に 安定問題ではない.

完全な柱の弾性座屈 安定問題である.



柱の耐荷力の評価.

方法 (1) ... 数値計算による

3-0-110 (ECCS 3-0-110 鋼構造連合) DIN

、 (2) ... 実験による

米国 (1-114 等)

P51 → 図 3.26

BS
協会
ASTM

図 3-26 の曲線 IV あるいは 図 3-27 の曲線 A が耐荷力の下限を与え、これは BS, DIN に対して妥当であり、ASTM (和) 規格に対しても妥当であることが確認されている。

通示の基準耐荷力曲線は、上記の曲線 A で与えられない実験結果を与えている。

柱の耐荷力の算定に考慮する ~~数値~~ 不完全さ。

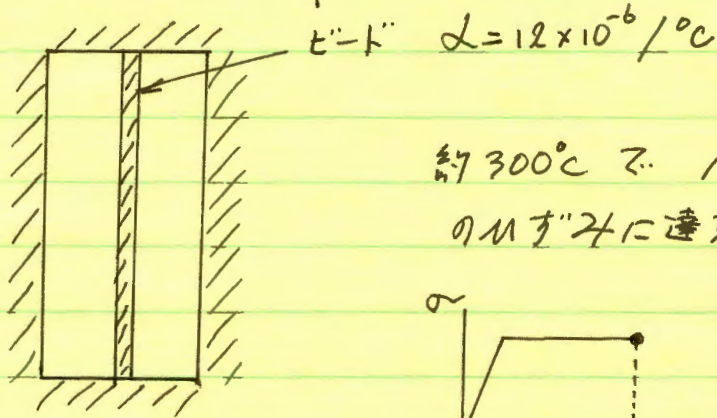
Initial Imperfection $f = \frac{l}{1000}$ (曲げと偏位を含む)

これを越えない精度で柱を製作しなければならない。

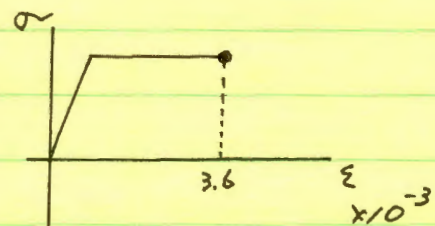
元来、初期曲りと偏位は異なる問題であるから、応力問題として与らねば扱われ得るから、 f に両方の影響を取り込むことも妥当でなくはない。

◎ 残留応力の存在.

周辺固定板の溶接部.

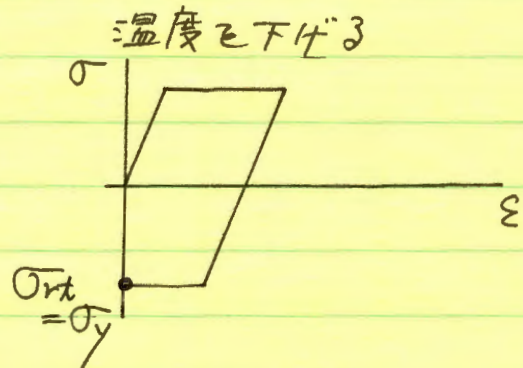
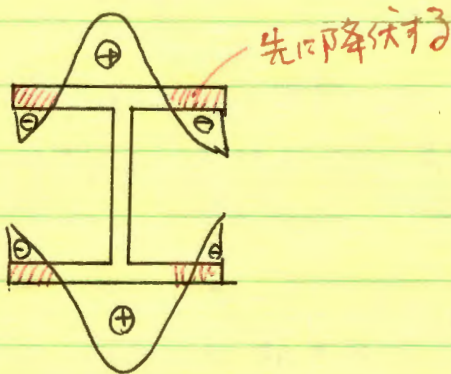


約 300°C で $12 \times 10^{-6} \times 300 = 3.6 \times 10^{-3}$ の伸びに達する.



各種断面の残留応力:

P45. 図3.16



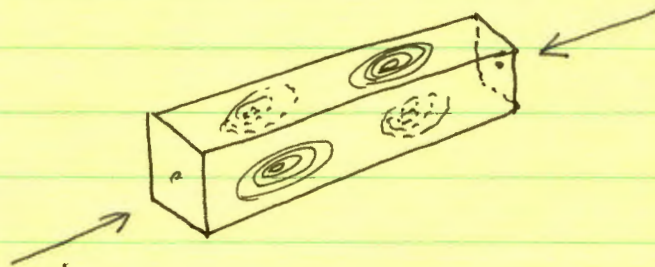
★ の部分に耐力能力がなくなるため、特に軸回りの耐力能力が低下する。(図3-19, P46)

不完性, 残留応力は、基準耐力の算定に組み込み、他の因子(せん断力の影響等)は、安全率の概念でカバーする。

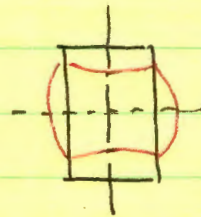
(現在使われる断面)

◎ 局部座屈を起らないよう設計する。

柱の全体座屈の前に、局部的に板が変形してしまう。



断面慣性が弱く
Iが小さくなるよう
に変形する。

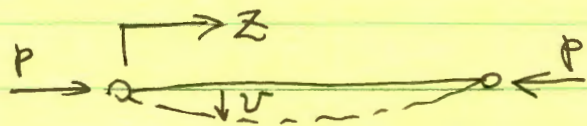


Iが大きくなる変形より
Iが小さくなる変形の方が
生じやすく、安全な変形経路
である。

○ 柱の座屈の支配方程式

$$EI \frac{d^2 v}{dz^2} = -Pv$$

$$EI \frac{d^4 v}{dz^4} = -P \frac{d^2 v}{dz^2}$$

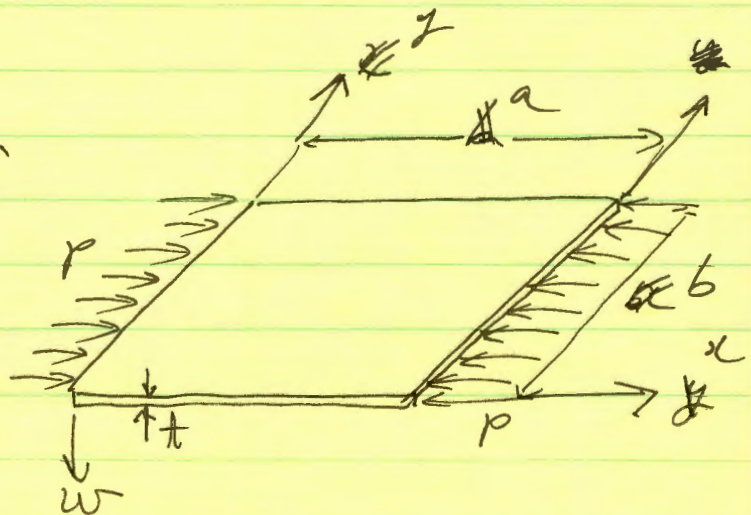


○ 板の局部座屈の支配方程式

D: 板の剛度

$$P \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right)$$

$$= -P \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$$



式の follow は講義の範囲に含まれる。

① 板の弾性座屈応力.

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 D}{b^2 t}$$

$$\text{曲率剛性 } D = \frac{t^3}{12} \times \frac{E}{1-\nu^2}$$

$$\therefore \sigma_E = \frac{\pi^2}{b^2 t} \cdot \frac{t^3 E}{12(1-\nu^2)} = \frac{\pi^2}{12} \cdot \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{b}{t}\right)^2}$$

↑
幅厚比.

基本となる応力 σ_E と 残る諸元 "a" から、
座屈応力が求まるはずである。

支配方程式の固有値より) $\sigma_{cr} = k \cdot \sigma_E$

k : a B.M. 境界条件 (拘束条件と支持条件)
($\propto \frac{a}{b}$)

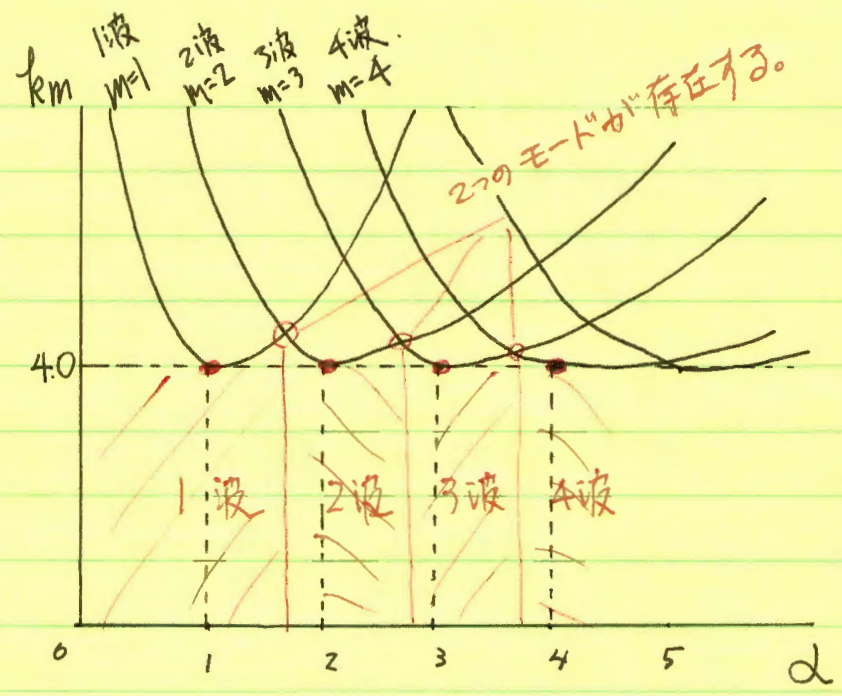
○ 境界条件: 4辺単純

$$k_m = \left(m \frac{b}{a} + \frac{1}{m} \cdot \frac{a}{b} \right)^2 = \left(\frac{m}{\alpha} + \frac{\alpha}{m} \right)^2$$

$$\alpha = \frac{a}{b} \text{ (形状係数)}$$

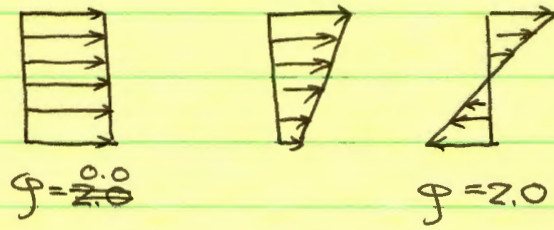
k_m, m, α の関係 \rightarrow p56 図 3.31.

63/7/11 ⑨



m : 変形のモードが決まる。

● 作用荷重の影響. P57. 図3.33



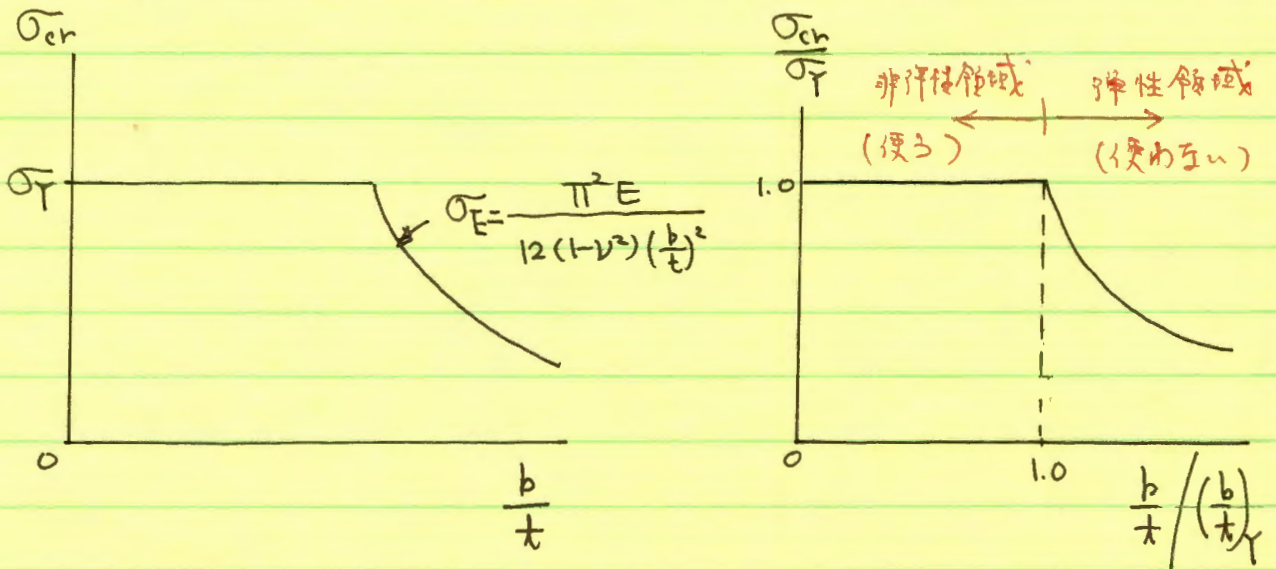
$$\varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} \text{ 定まる.}$$

$\varphi = 0.0$ 時 $(k_{bc})_{min} = 4.0$

$\varphi = 2.0$ 時 $(k_{bc})_{min} = 23.9$

曲げに対しての方が6倍強い。

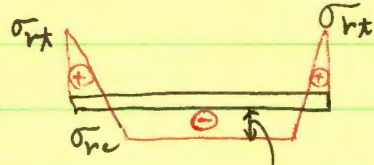
● 板厚以外のすべてが決まるとき、板厚と座屈応力の関係



<無次元化>

柱の場合と同様、不整、残留応力が座屈荷重に影響するが、変形が大きいため、不整の影響は小さく、残留応力の影響が大きい。

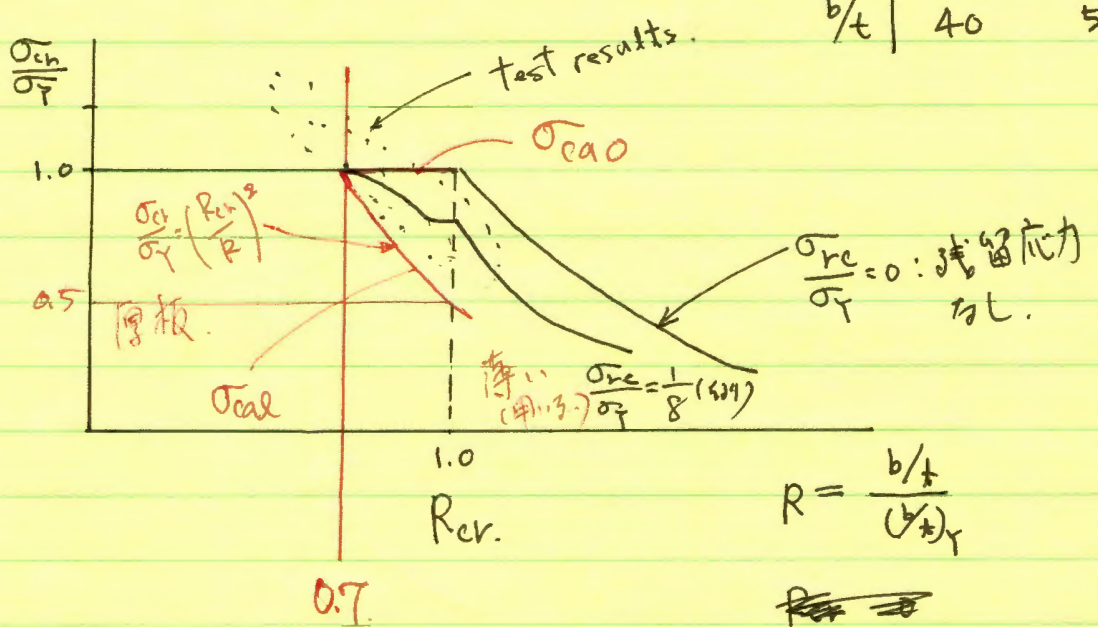
● ~~板~~ 残留応力を有る板の座屈.



$\sigma_{xc} = \frac{\sigma_y}{8}$, $\frac{\sigma_y}{4}$ は σ_{ca} に用いられる。

P.60 Fig. 3.36.

R	0.7	1.0
b/t	40	56 SS41



- ☆ $R < 0.7$: 板は座屈しない
- ☆ $R \geq 1.0$: 用いない
- ☆ $0.7 < R < 1.0$: 非弾性座屈領域
局部.

~~$\sigma = \sigma_y$~~

柱の座屈強度 $\sigma_{ca}' = \sigma_{ca} \times \frac{\sigma_{ca0}}{\sigma_{ca}}$

板の局部座屈の考慮の分だけ下げる。

13/7/11 (12)

① 作用荷重の影響.

$$\varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} \quad : \quad f = 0.65\varphi^2 + 0.13\varphi + 1 \quad (\text{近似式})$$

を板厚制限に導入するに於て、
不均一荷重に対しては制限を緩和する。

88/9/26 ①

第11回
(後期中1回)

カリキュラムの変更に伴い、履修上の注意
を行う。

10/9, 10/10, 10/17
(学会) (休日) (休日)

88/10/24

斗12回 ①

(後期斗2回)

① 補剛された板 (圧縮材として) = "補剛板"

- ・ 圧縮材の設計に対して材料一座層は実質的に定数である。
- ・ 細長比 l/r は設計パラメータを得る。

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}, \quad I = \int y^2 dA, \quad A = \int dA$$

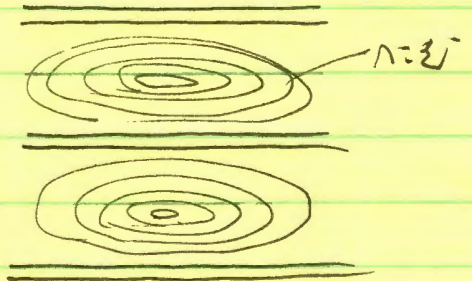
$$\text{重量 } W = \underbrace{\rho}_{\text{単位体積重量}} \cdot A \cdot l$$

鋼材の挿入は W を減らすため、断面積 A を減らす
: 70% 程度の節約が可能。

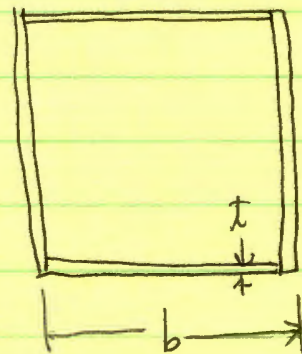
使用板厚: 9mm ~ 50mm.

8mm以下の薄板は"ヤセ馬ムシ"が起るので
使用はヤメた方がよい。

溶接変形等による局所的な歪み。



・ 補剛材を用いる場合は、板厚 t が大きくなる。



○ この程度の補剛によつて、この程度の効果が上がったか？
最適な設計が望ましい（最小のエネルギーを用いる）

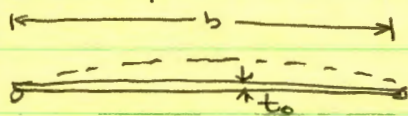
○ 補剛板の2つの圧入パターン：

：	}	全体圧入
		局部

○ 補剛材の剛性が支配的パラメータ。

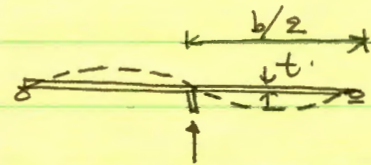
○ 全体圧入をすれば局部材に機能はなくなるので、

局部圧入を起すようにすべきである。



(無補剛)

$$t_0 \geq \frac{b}{40} \quad (t_{0 \text{ min}})$$



適切な補剛材

$$t = t_0/2 \geq \frac{b}{40 \times 2}$$

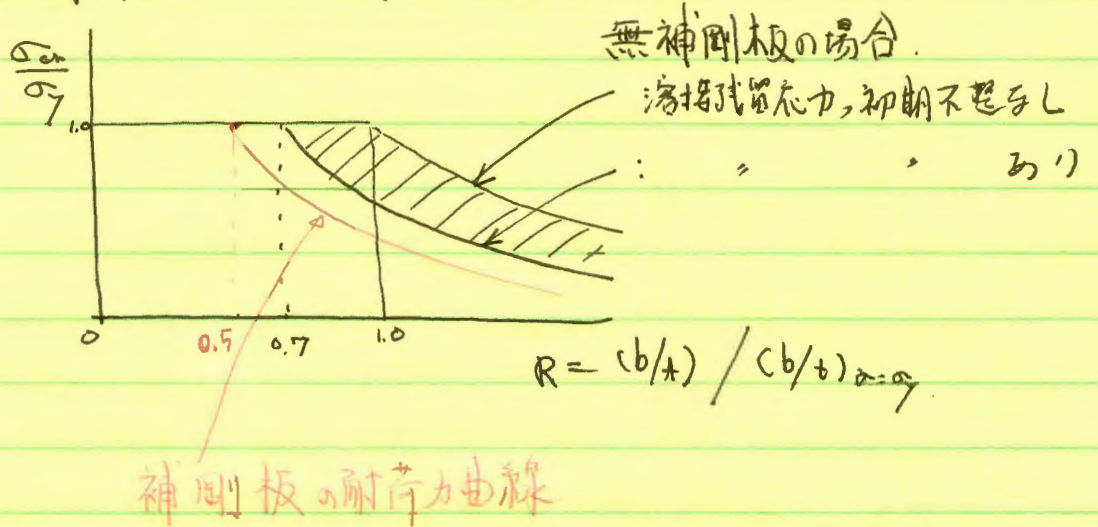
により、一波の圧入波形が
生じた場合が最もエネルギー
が少い。

適切な補剛材の剛性：多くの実験・解析等
の裏付けが与えられ
決まらる。

道示の場合：p68 表3-10（道路橋の場合）

③ 板の許容応力度

板の耐力曲線が基本



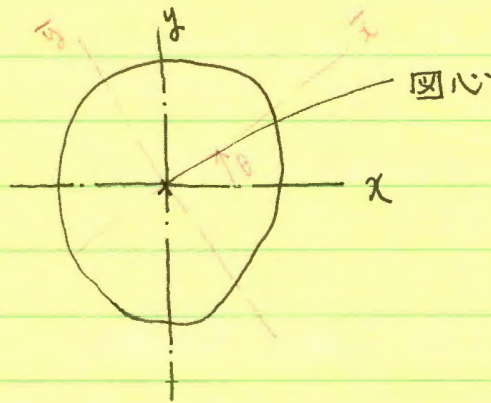
限界中厚比	R_{cr}/R_y	b/t (for SM41)
曲γ"	1.0	39.6f
無補剛板	0.7	56f
補剛板	0.5	28fm.

3.4 曲げ材.

曲げモーメント

せん断力 : 曲げモーメントが変化するとき起こる.

● 断面の主軸の定義



$$I_x = \int_A y^2 dA, \quad I_y = \int_A x^2 dA$$

 I_x, I_y は最大・最小値である。

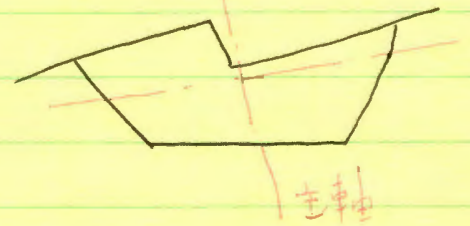
 I_x 最大 最小

 I_y 最小 最大

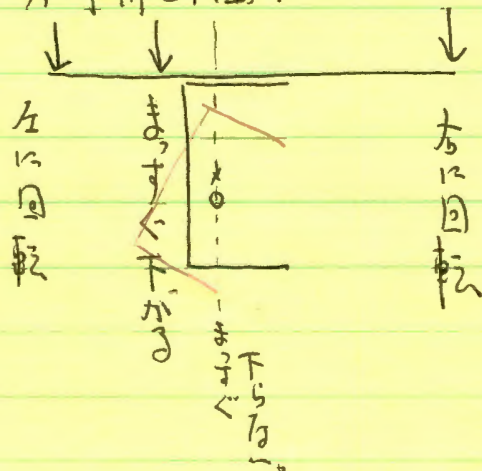
応力度 $\sigma = \frac{M}{I} y$
 (主軸に垂直に成立する)

$$I_{xy} = \int_A xy dA = 0 \text{ である満足する軸を主軸という。}$$

カッパハーフ橋の横断面.

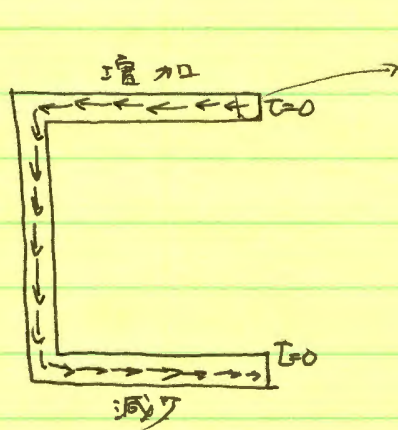


● 非対称断面.

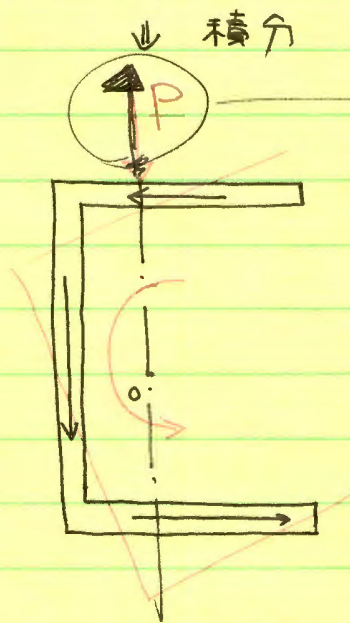


せん断力とせん断流.

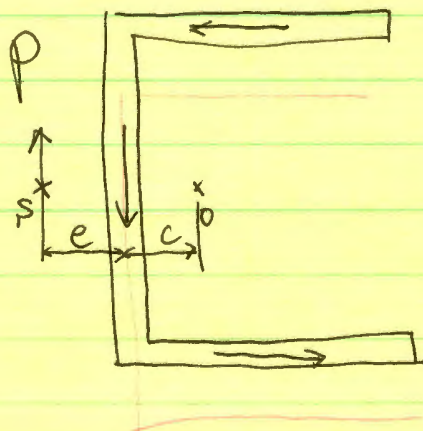
薄肉断面では $\tau = \frac{S G}{I b}$ は使えない。



$\tau = \tau_1$
 $\tau = 0$
 板厚方向に一定
 $I \times t$ (kgf/cm)
 <Shear flow>
 ↓
 長手方向



こういう Shear Flow を生じさせるべきの外力は上向き。



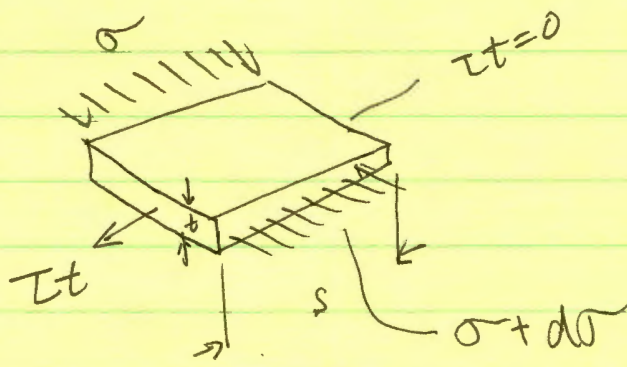
T_s : せん断流によるモーメント
 = ねじりモーメント。

モーメントのつり合い。

$$T_s - P(e + c) = 0.$$

$$\text{せん断中心 } e = \frac{T_s - P \cdot c}{P}$$

(せん断流の中心)



曲げ材の横座屈

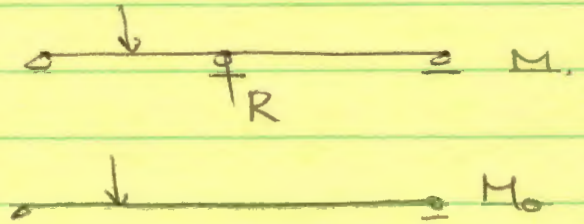
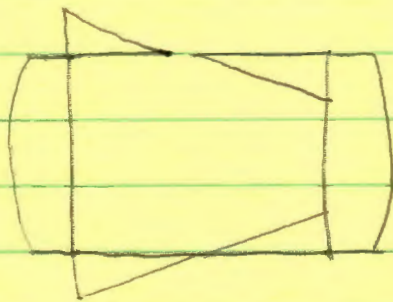
鋼部材は、ほとんども実材でなく薄肉材である。
 (断面の局部的な利用、応力層の面から)

例としてプレートガーターの最近利用に $h/l = 1/15 \sim 1/20$ 等の
 連続式が用いられるが、一桁梁の設計のため最近断面の
 法が与えられる。

(• 踏面の設計が済んで、桁梁部の設計が済む
 場合と仮定する場合)
 (X) の場合

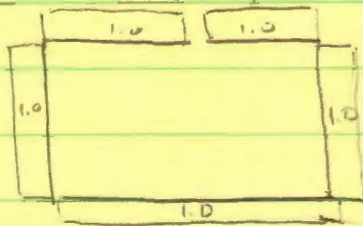
0 梁の断面のせん断流の計算。
 (自由端がある場合)

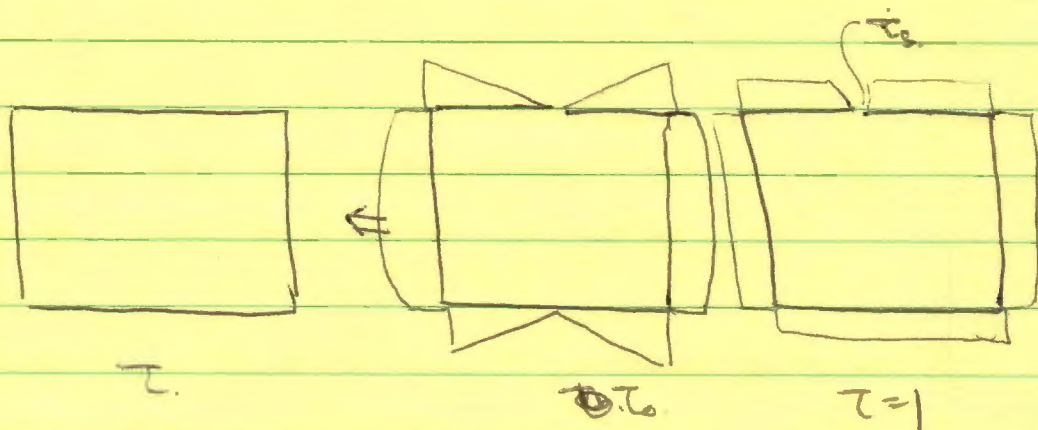
- ① 仮の切断をする。
- ② せん断流を計算。



($M = Mo + M_1 \cdot R$)
 $\int \frac{MM_1}{EI} dx = 0$ $\int \frac{MoM_1}{EI}$

- ③ 下の図のせん断流





$$\oint \frac{T \cdot 1}{G} ds = 0 \text{ であるから}$$

$$T = T_0 + T_1$$

★ 1775 <

曲り材の強度も又、"応力437"では決り方
"安定照査"が必要である。

重要 (応力437 = 部材のある断面について存在
安定照査 = "ある"構造物について存在)

940年代建設省道路局の立場: バカなものを示す者(示す者の作分)

設計に用いるようにしたい。

$$\sigma \leq \sigma_a, \quad \sigma_a = \frac{\sigma_{cr}}{\nu}$$

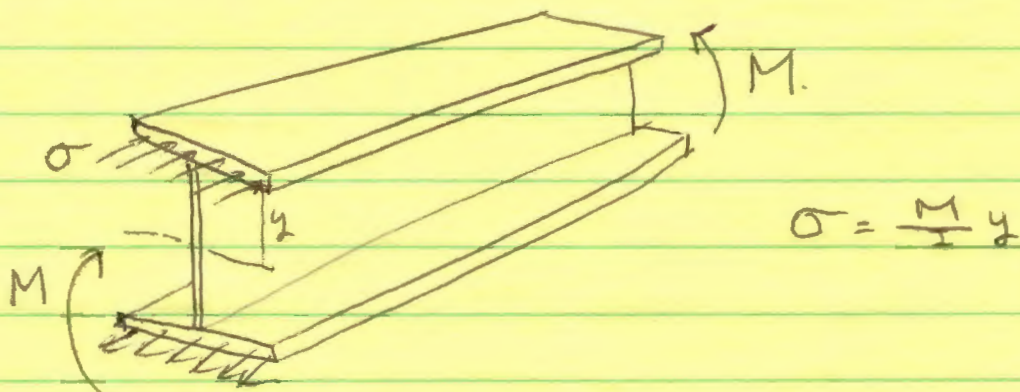
限界応力 (σ_{cr})
安全率

↓
現在の道路橋示方書

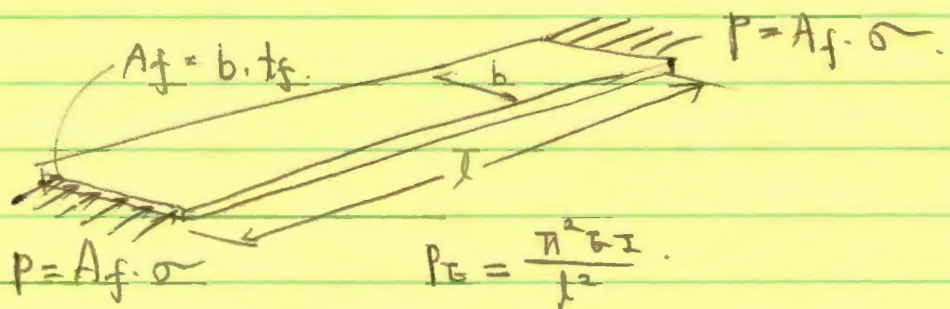
現在の設計は、部材についての安定照査も、断面についての 4-2-7 の形を示方書に準入にしてある。

なぜこの形にしようとしたかも記載は、示方書に準入した式や条件を適用してやってみよう。

横たおれ座屈



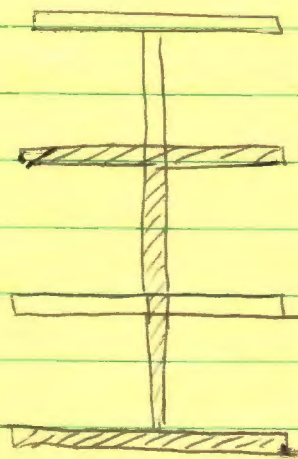
圧縮力 P を取り出す。



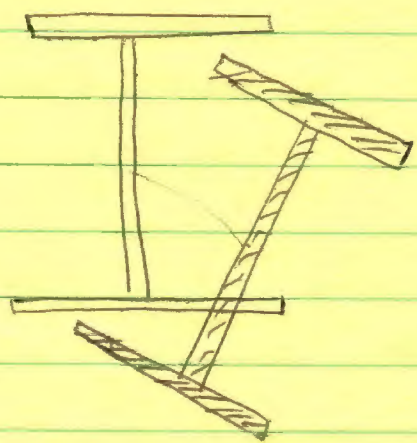
引張力を負の圧縮力として扱ってやるために、圧縮力 P は、相対的に圧縮力と見なす。

$$I = \frac{tb^3}{12}$$

桁の高さ方向の拘束に比し、横方向の拘束の
効果は、大きくない。



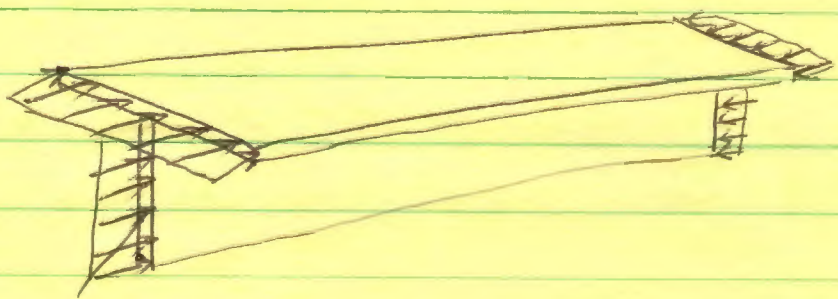
安定な変形



不安定な変形
 $\langle \sigma < \sigma_y \rangle$

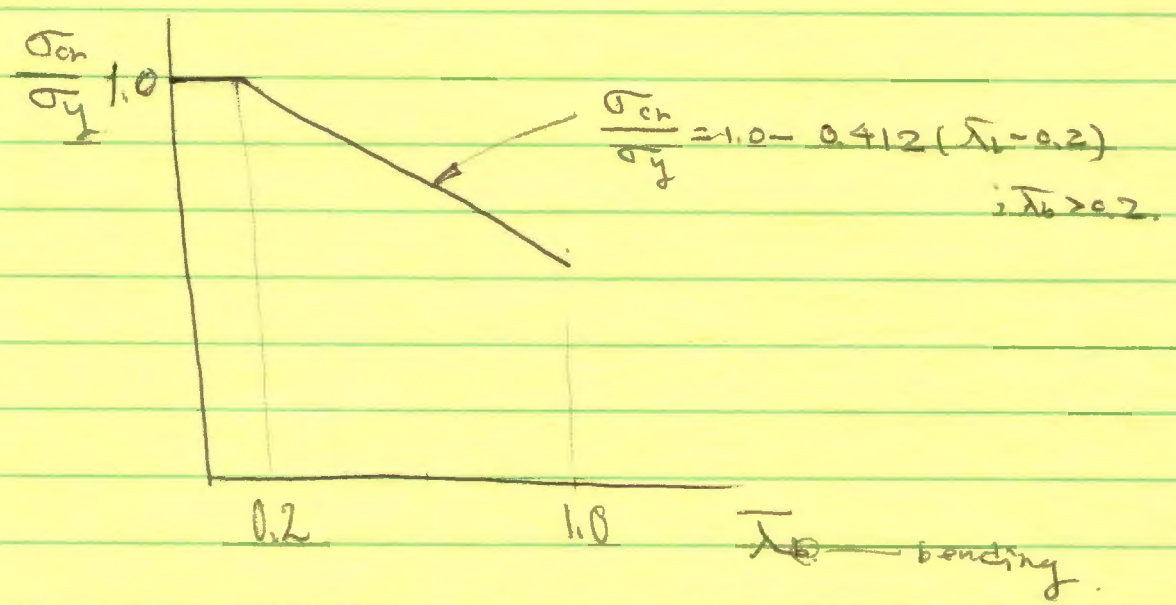
$$M_{cr} = \frac{k}{L} \sqrt{EI_y GJ}$$

その効果は、圧縮トラスでは、桁の断面積の $\frac{1}{6}$
と有効な断面として加えた部材の安定も考慮しない。
元の桁の安定性が数倍になる、には検討が必要



$$\frac{A_w}{6}$$

此に、残余応力、初期不整を考慮して
 極の耐力曲線及びM-変位結果を示す。
 124の耐力曲線が得られた。



$$\lambda_b = \frac{l}{b} / \left(\frac{l}{b}\right)_{\sigma = \sigma_y}$$

[1] 柱の耐荷力算定.

- ① 断面量の計算 $A, I_x, I_y.$
- ② 細長比の計算.
- ③ 許容応力度の計算

$$\sigma_{ca}' = \sigma_{ca} \times \frac{\sigma_{cal}}{\sigma_{cao}} \quad \text{p64. (3.33)式 (道示2.2.1)}$$

(i) σ_{ca} : 許容軸方向圧縮応力度 (局部座屈を考慮しない)

p53 表3.2 (道示2.2.1)

(ii) σ_{cal} : 局部座屈を考慮した許容軸方向圧縮応力度

p63 表3.5, p64 (3.32)式 (道示3.2.1) 両縁支持板に於いて.

p64 表3.6, (3.35)式 (道示3.2.2) 自由突出板に於いて.

p66~67 表3.7~表3.9 (道示3.2.3) 補剛板に於いて.

(iii) σ_{cao} : 許容軸方向圧縮応力度の上限値.

p53 表3.2 (道示2.2.1)

(注) 幅厚比が 表3.4, 3.5, 3.6 を越える場合

$$\sigma_{ca}' = \sigma_{ca} \times \lambda_3. \quad \text{有効桁3桁 (道示1.3)}$$

④ 耐荷力 $P_{ca} = A \cdot \sigma_{ca}$

(注) 作用力 P が 与えられた場合の安全照査.

$$\frac{P}{A} < \sigma_{ca} \quad \text{or} \quad P < P_{ca}$$

と 判定する。

[2] 軸力と^{強軸}曲げが作用する部材の安全照査

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{bay} \left(1 - \frac{\sigma_c}{\sigma_{eay}}\right)} \leq 1.0 \quad \text{p80 (3.54)式}$$

(通示 3.3)

σ_c : 軸^{方向}圧縮応力度

σ_{bcy} : 曲げモーメントによる曲げ圧縮応力度

σ_{caz} : 弱軸回りの許容軸方向圧縮応力度

[1] の σ_{ca} と同じ

σ_{bay} : 局部座屈を考慮しない許容曲げ圧縮応力度

p77 表3.13 (通示 2.2.1)

σ_{eay} : 許容オイラー座屈応力度

(注) 不等曲げの場合 $M_{eq} = 0.6M_1 + 0.4M_2 (\geq 0.4M_2)$

により, σ_{bcy} を求めてよい。

p81 (通示 2.2.1)

[3] 曲げ作用下での許容圧縮力は?

(3.54) 式を变形

$$\frac{\sigma_c}{1580} + \frac{\sigma_{bcy}}{1900 \left(1 - \frac{\sigma_c}{9670}\right)} = 1 \quad \text{を解く}$$

$$\sigma_c = 1100 \text{ kgf/cm}^2 \quad P = 1100 \times 252.6 = 278 \text{ ton} //$$

[4] 圧縮力作用下での許容等曲げモーメントは?

$$\frac{792}{1580} + \frac{\sigma_{bcy}}{1900 \left(1 - \frac{792}{9670}\right)} = 1$$

$$\sigma_{bcy} = 1900 \left(1 - \frac{792}{9670}\right) \times 0.5 = 874$$

$$M = \sigma_{bcy} \times I_x / y_{max/2} = \frac{874 \times 97994.7}{52.2/2} = 32.8 \text{ t}\cdot\text{m} //$$

引張材.

1. 分類

メンバー (アンゲルシュ)

主塔の主構の連結 (斜張橋, 吊橋)

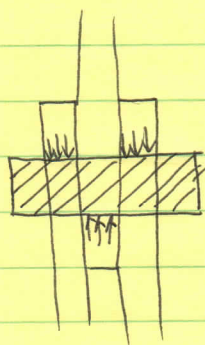
ロッド

ケーブル

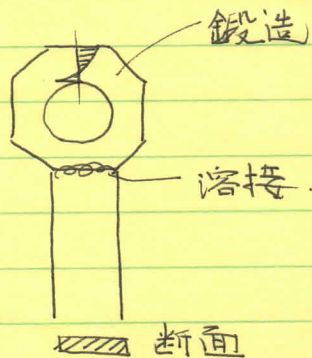
吊橋, 斜張橋.

2. マスバー (Eye bar)

頭部の応力状態が問題となる。
(局部応力)



Pin.



鍛造

溶接

断面

- ・マスバーとピンも初等理論では応力解析が出来ない。
- ・安定問題は生じない。

3. ケーブル (Cable)

・ケーブルは必ず ~~鋼線~~ 素線からなる。

・素線は. ピア線. , ?

JIS G3506, JIS G3502

・素線の径は $5 \pm 0.06 \text{ mm}$

・素線のたばね方により 種々のケーブルが出来る。

ケーブルの分類

- ロープケーブル : ぶりがあふ (スパイラル (L.C. も含む) スランデッド)
- 平行線ケーブル : ぶりがなふ

工事用 ... スランデッドロープ

主構造 ... スパイラルロープ
平行線ケーブル

φが大きいと、たわみにくい。よふ技術もあふ。ん。

● スパイラルロープ : 1本の心線 (コア) を中心に素線を巻いたもの。

● ロックコイルロープ : スパイラルロープの外層の断面がE型断面のものを用いて、表面の凹凸をなくす。高強度。
(ケーブルカー、リフトのケーブル) → 車輪ののるケーブル。
~~ドイツでは、鉱山用にふく用いられた。~~

● スランデッドロープ : スパイラルロープより、素線の断面を異なる。

strand. 子なめ (スパイラルと構造は同じだが、細く、たわみやすい) をさらによふ。
strand と呼ばれる。

● 平行線ケーブル 素線を平行にたはねたもの。

{ プレファブ形式

{ 現場架設形式 ... 450kg ~ 500kgの素線をローラーをよいて搬入し、univac (12t) をよから、素線を1本1本 (エアスピニング)

瀬戸大橋以前の、日本の1000m級の吊橋はよはてエアスピニング方式で架設された。工期がよかる。

① ケーブルの設計

(1) 重量を求めろ。 $w = \rho \cdot A$ (単位長さの重量)

ρ : 単位体積重量

A : 断面積

ケーブルの形式によって空け率があり、断面積を求めるとき

以下: 空け率 α (= 示方書に規定されている)

$$A = (1 - \alpha) \frac{\pi D^2}{4} \quad ; \quad D: \text{外径}$$

$$\therefore w = \rho (1 - \alpha) \frac{\pi D^2}{4}$$

	空け率 α	単位体積重量 ρ	係数 δ	ヤング率 E

(2) 強度を求めろ (許容荷重)

平行線ケーブル: 許容応力 \times 断面積

ロープケーブル: " \times 係数

ロープに発生するねじりのため係数が低下する。

$$P_{max} = \sigma_{max} \times A \times \delta$$

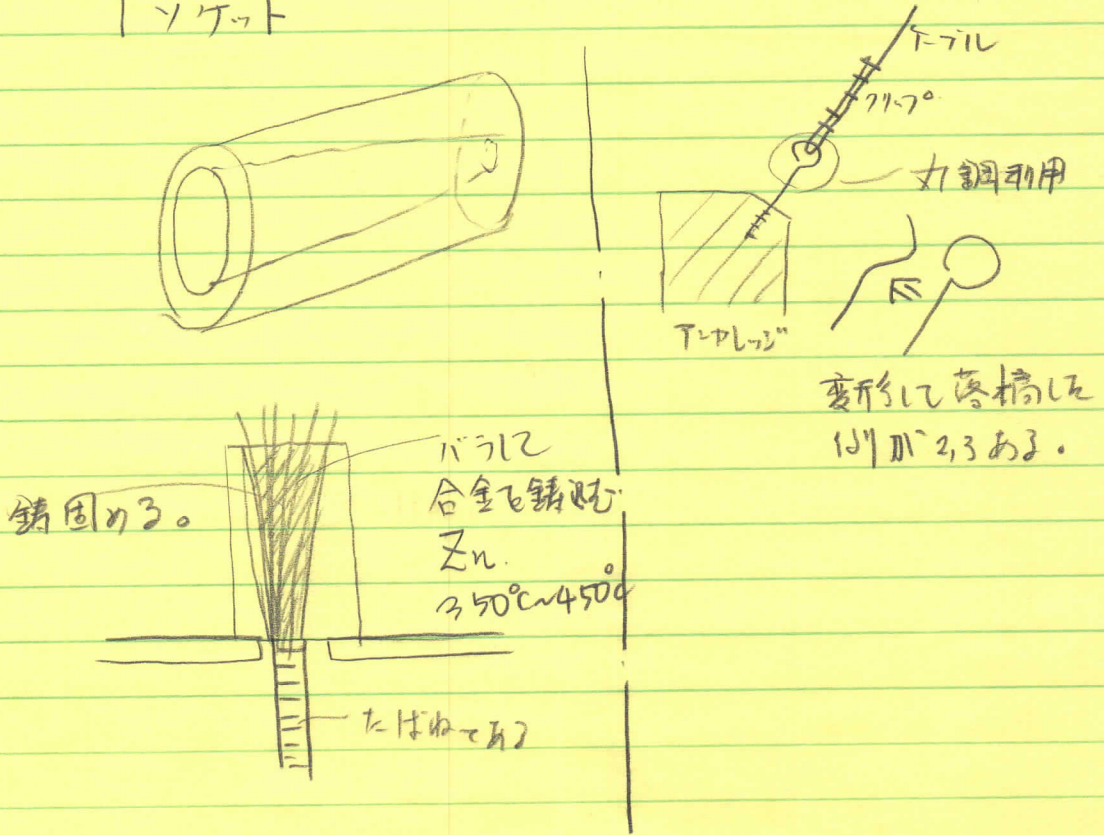
L JISで規定されている。

(3) ヤング率 : ロープケーブルでは、おりにおて低下する。

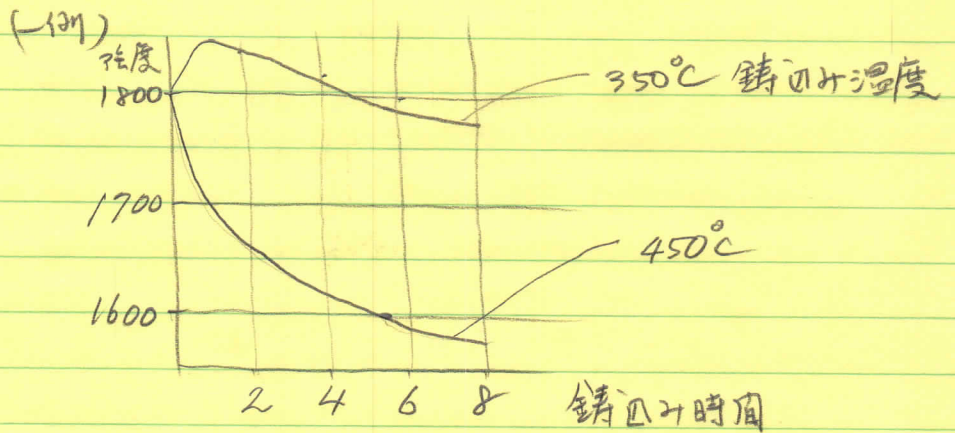
- 道示では設計用の値を定めているが、現場では、臆測するべきである (施工用) 履歴がわからない。
- 新しいものには、必ずあらかじめプレテンションをかけるべきではない。使用した荷重のところで数回載荷しておく (ウインチを引張る)。

(4) 定着方法 (アンカー)

{ クリップ — 過去の事故のほとんどは 71.7° にある。好みに応じた。
ソケット



Y_Tは熱処理をうけてる。
鋳造材にあって ~~真鍮が変質する~~ (熱間鋳造の場合)



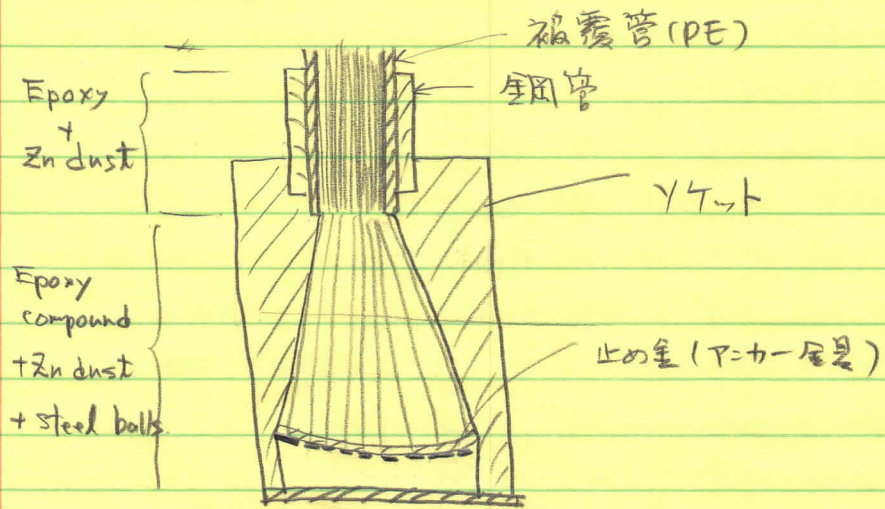
疲労強度を上昇させるため 熱間鋳造が必要
があり、この場合、熱処理はなし。



High Amplitude Anchor
(HiAm Anchor)
の利用

最近の斜張橋のTカーは、ほとんど
HiAm Tカーである。

HiAm アンカーの構造



- 軸力を受ける部材の振動 - 音鳴
- パス材 - 身置のこ。

第 4 章 <joints>

◎ 土木構造物で用いられる方法

機械的 - 高ボルト, リベット

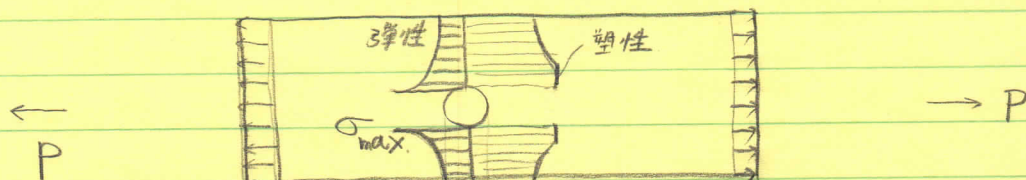
冶金学的 - T-溶接, エポキシ樹脂溶接

◎ 機械的方法

部材に孔をあけることは、避けられない。



応力集中 (Stress Concentration)



平均
応力 $\sigma = \frac{P}{bt} \ll d$

$b \gg d$ のとき $\sigma_{max} = 3\sigma$ となる。

全断面降伏荷重 $P_y = \sigma_y (b - 2d)t$

設計の観点からは、降伏した状態を基本とする。
すなわち、孔以外の部分では均一応力状態を
考えることが出来る。

よめる $\sigma = \frac{P}{(b-2d)t} \leq \sigma_a$

設計するとき、一般可能となる。(静荷重の場合)

・部材中に欠陥のある場合、そこには鋭い角(切欠)があるが、鋭い応力集中が生じている筈である。

孔の周りにも、当然切欠が存在する。

・くり返し荷重を受けると、 $\sigma < \sigma_y$ においても疲労破壊することもある。

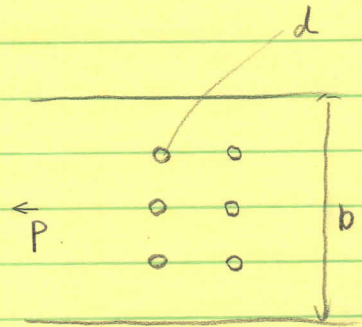
(P100, 図47)

◎多孔の場合の応力計算

(1) 千鳥下り場合

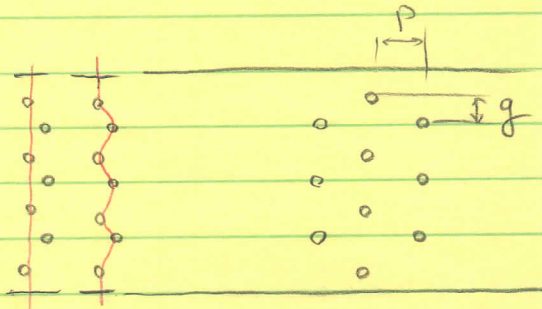
Net Area $A_n = (b-3d)t$
である。

$\sigma = \frac{P}{A_n} < \sigma_a$ 設計する。



(2) 千鳥並列の場合

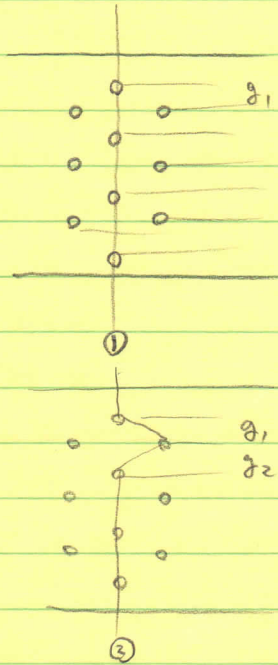
<Cooklaneの式>
 $w = d - \frac{p^2}{4g}$



このほか
危険か
checkする。

definition

} Net Area 断面面積 (A_n)
 } Gross Area 総面積 (A_g)



断面標式から A_n が決まる

$$A_{n0} = (b - 4d)t$$

$$A_{n②} = b - d - \left(d - \frac{p^2}{4g_1}\right) - \left(d - \frac{p^2}{4g_2}\right) - 2d$$

(注)

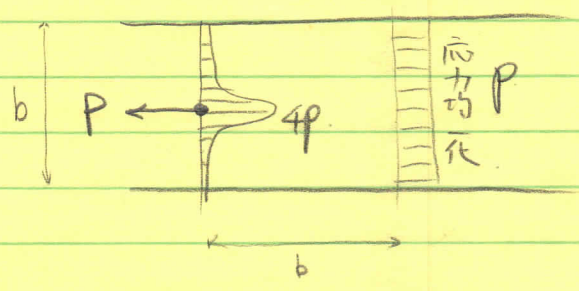
- 断面が斜めの場合にのみ適用する
- これは数値計算の便宜上とされている方法である。
- 概算として、 $p/100 \sim 10$ 以内であれば考え方の方が論理的である。

考えられる A_{ni} を計算する

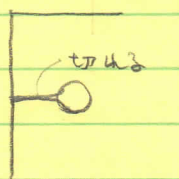
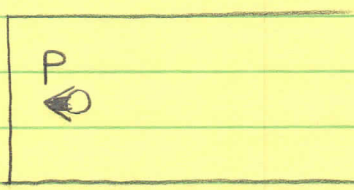
断面は A_{ni} の最小値 $A_{n, \min}$ を用いる。

$$\sigma = \frac{P}{A_{n, \min}} \leq \sigma_a$$

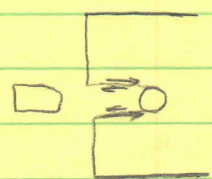
◎ 断面中央の集中力による応力集中



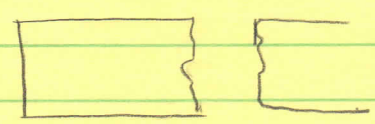
◎ ホウ孔から集中力を受ける場合の破壊様式と対策



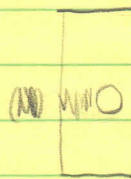
パターン①
(割裂)



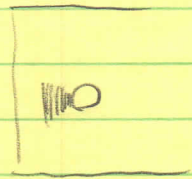
パターン②
(せん断)



パターン③
(引張)



パターン④
(圧潰)



パターン⑤
(支圧)

区別は無い?

- これらの現象を理論的に定めるのは困難。
- 実験に基づいて規格に依って detail を決定している。

< 最小縁端距離 >

板の仕上げ状態
 孔の位

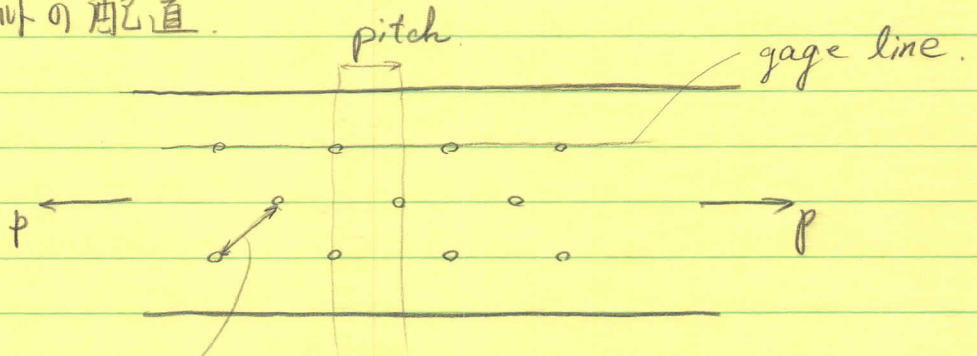
により異なるが、通常 $\phi 22$ の場合 40mm とするのが慣習となっている。

- あまり縁端も大きくはならない

< 最大縁端距離 >

$\delta_{\text{min}} (\leq 150\text{mm})$

◎ ボルトの配置



最小 75mm ($\phi=22$)

又は 3D (ヤニを得る場合)

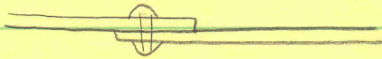
最大

$\left\{ \begin{array}{l} p \\ g \end{array} \right.$

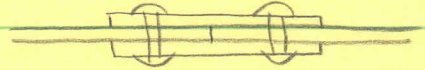
を以て決定されている。

● 接合様式

(1) 重ね継手 (Lap Joint)



(2) つき合せ継手 (Butt joint)

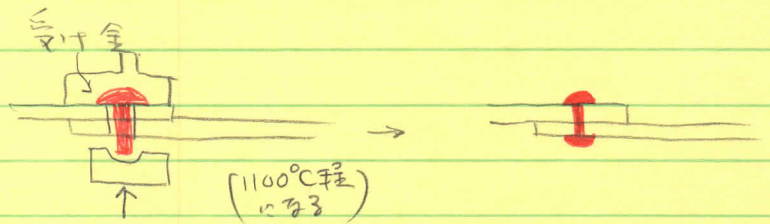


つき合せ材 → $\begin{cases} \text{ボルト} \\ \text{リベット} \end{cases}$

後で説明 (トルネード型ボルト
防錆加工ボルト)

ボルト・ボルトの直連: 歴史的にはリベットが先に用いられていたその為
その設計思想を継いでボルトが設計されている。
しかし、現在ではリベットは用いられなくなり
その設計もなくなった。ボルトにも共通している。
本当に?

● リベット

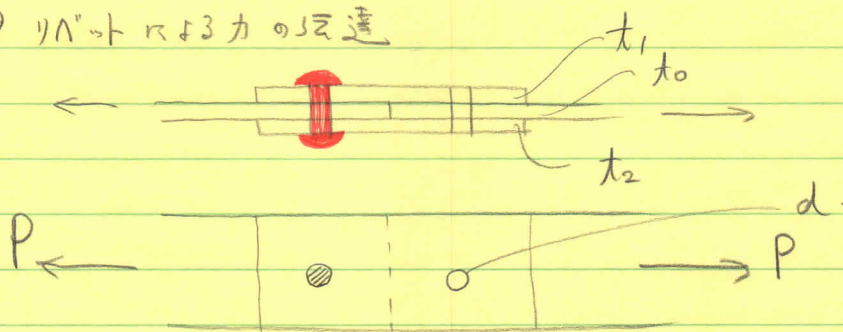


① 炉内で1300°Cに
熱する

② ハンマーで
打ちこ (60~70回)

③ 完成

① リフトによる力の伝達



(注) リフトと木片にあたる力の伝達機構の相違

リフト

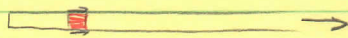
木片

板と接する。

板との間にすきまがある。

(1) せん断

① せん断力



せん断で破断して
1/2に短縮。

せん断破壊した状態

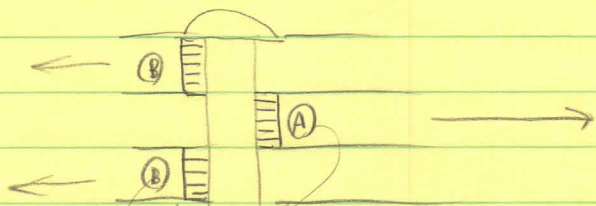
木片
の許容力
shear

$$\sigma_s = \frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2 \times 2} \leq \sigma_{pa}$$

$$\leq \sigma_{pa}$$

せん断面積が2面ある。

② 支圧



$$\begin{aligned} \rightarrow \textcircled{B} R_{b1} &= P / (d \cdot t_1 + d \cdot t_2) \leq \sigma_{pa} \\ \rightarrow \textcircled{A} R_{b2} &= P / d \cdot t_0 \leq \sigma_{pa} \end{aligned}$$

★ 支柱に対する許容力 R_{ba} :

リフトの板で、右の支柱に対して強さが
 弱くなることを示す。
 リフトの強さ > 材の強さ R_{ba} : 材の許容力
 リフトの強さ < 材の強さ R_{ba} : リフトの
 強さ。

★ $t_1 + t_2 < t_0$ のとき、最小の厚さを求める。

$$R_b = \frac{P}{dt} \leq R_{ba}$$

を4にうつす。

(1) 単純断面

$$\textcircled{1} R_b = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq R_{ba}$$

$$\textcircled{2} R_b = \frac{P}{dt} \leq R_{ba}$$

t_2 は $t_1 < t_2$ の最小の厚さ。

$$\left(\frac{P}{dt_1} \leq R_{ba} : t_1 \leq t_2 \right)$$

$$\begin{cases} P_s = \tau_{sa} \frac{\pi d^2}{4} & (2 \tau_{sa} \frac{\pi d^2}{4}; \text{ねじ切断}) \\ P_{ba} = \sigma_{ba} \cdot d \cdot t_n \end{cases}$$

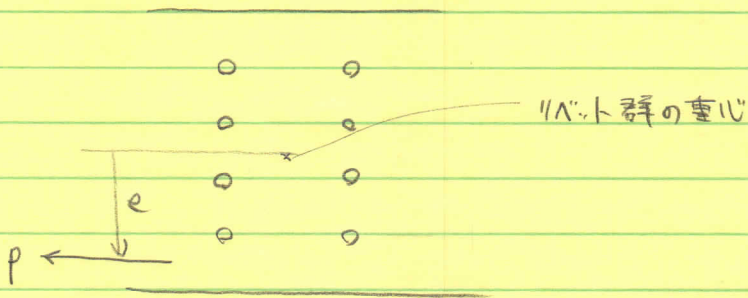
P_s と P_{ba} の小さい方が耐力値

<設計式>

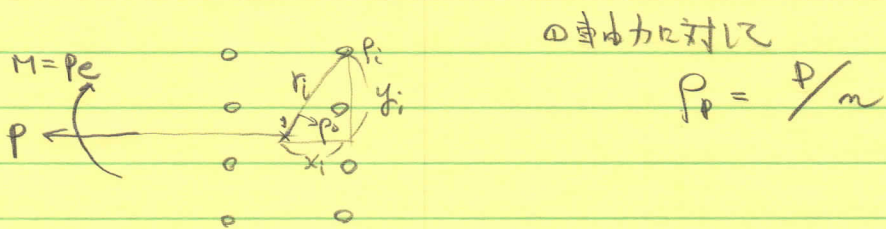
$$\frac{P}{n} = P < P_a$$

↑
耐力値 (d, t による)

① 偏心力に対する設計.



$$\text{曲げモーメント } M = P \cdot e$$



② 各ボルト下の重心からの距離を r_i とする。
その方向の単位長 ρ_0 の r_i に P_0 が
おそく一定に、その n ボルトに及ぼす力を P_i
とすれば

$$P_i = \rho_0 \cdot r_i$$

$$M = \sum_{i=1}^n P_i r_i = \rho_0 \sum_{i=1}^n r_i^2 = \rho_0 \sum_{i=1}^n (x_i^2 + y_i^2)$$

$$\therefore \rho_0 = \frac{M}{\sum_{i=1}^n (x_i^2 + y_i^2)}$$

$$\therefore P_i = \frac{M}{\sum_{i=1}^n (x_i^2 + y_i^2)} \cdot r_i$$

ただし、

$y_i \Rightarrow x_i$ の場合 (プレートがウェブを貫く)

$$P_i = \frac{M}{\sum_{i=1}^n y_i^2} y_i$$

$$|P_i \leq P_p \text{ の } \sum \text{ の 和} | < f_a$$

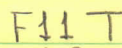
● 高力ボルト

F10T

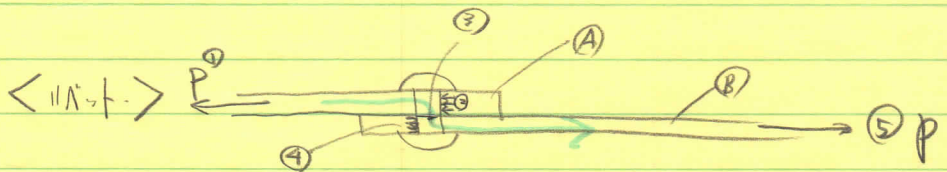


強度: 100 Kgf/mm²

F11T

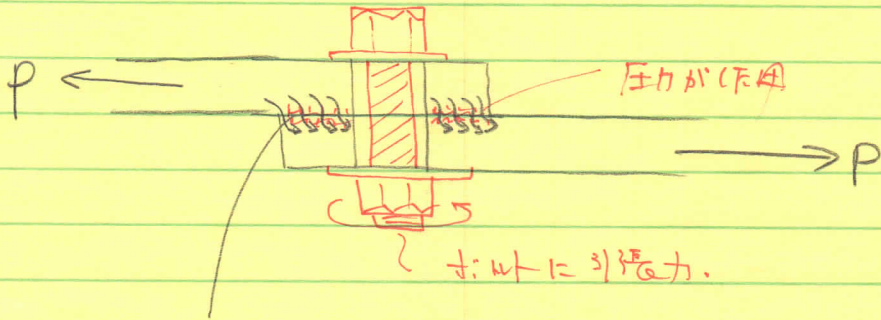


強度: 110 Kgf/mm²



- ① 力Pが作用する
- ② 板(A)とボルトの抵抗力が作用する
- ③ せん断力で、ボルトに抵抗
- ④ ボルトから板(B)に抵抗力が作用する
- ⑤ 外力の場合、力Pが発生 (力の伝達完了)

<高力ボルト>



P による引張力が生じ、 P に抵抗する。

引張力は、引張力を通じて力が伝わり、応力集中の問題が生ずる。孔付近に集中力が作用して問題が生ずる。高力ボルトの場合、手摺面での力が伝わるため、集中力は孔の付近に作用するようになる。

● 高力ボルトの導入軸力

材肉マサツカ < 外力
 なるべし。

マサツカ : 圧縮力とマサツ係数で定まる。

① 圧縮力を増加させるために、ボルト軸力を大きくする
 必要がある。 → 高張力鋼でボルト作成

F8T

F10T : $\sigma_p = 100 \text{ kg/mm}^2$

作用させる軸力 } 0.70 ~ 0.75 σ_{fy} (JAPAN)
 || } 0.90 σ_{fy} 程度 (ドイツ)
 設計ボルト軸力。

標準ボルト軸力 = 設計ボルト軸力 × 1.1
 (現場における目標値)
 ↑
 施工管理

② マサツ係数 : 高い程よい。表面がザラザラしている方がよい。

ショットブラスト

さみ肌

表面の“浮きさみ”
 へのため。

最低でもマサツ係数 0.4 程度に保たなくてはならない。

③ 最小ボルト肉隔について。

実験の結果、リボルトの肉隔配量によって、

ボルトが腐蝕に帯びてくることが確認されているので、

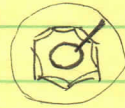
リボルトの肉隔をそのうち用いてよいという判断がなされた。

④ ポリ締管理の方法 (現場における)

締めおれ、以下のように印を付ける。

(1) しめおれを印する

(2) 印が完了したら、ゆるい目印を付ける。



⑤ トルク法 (トルク T と軸力 N の関係)

$$T = kDN$$

↑ ↑
トルク係数
トルク係数

トルク係数は、工場において各ロットの平均値が示されている。(表 4.9 参照)

ただし、工場からの出荷時と、現場での値は異なる。これは毎日異なるから、測定は 4 回程度行わない。(たぶん 1 日 2 回程度)

⑥ 引きさきり法 : トルクポリネロの使用。

④ 高力ボルト継手の設計

<リボルト値> 1本のリボルトで負担出来る力。

$$P_s = \tau_{sa} \frac{\pi d^2}{4} \quad (\text{or } 2\tau_{sa} \frac{\pi d^2}{4} \text{ 複重ねじ})$$

$$P_b = \sigma_{sa} \cdot b \cdot t$$

$P_s < P_b$ の小さい方

ボルトの場合 <ボルトの許容力> P_a <正しい配置>

マシンの処理と軸力管理が十分に行なわれている。

1本のボルトの伝え得る力 (許容力) を

基準とし、リボルトに等して設計される。

$$\frac{\text{外力}}{\text{本数}} = P < P_a$$

{ 力の伝わり方の全く異なるボルトとリボルトに對して
是れ以上、全く同じ設計法が適用された。 }

① せん断力
曲げが作用する梁の設計

(1) せん断力に対し $S/N = \rho_s$

$$\bar{g}_i = \frac{g_i + g_{i+1}}{2}$$

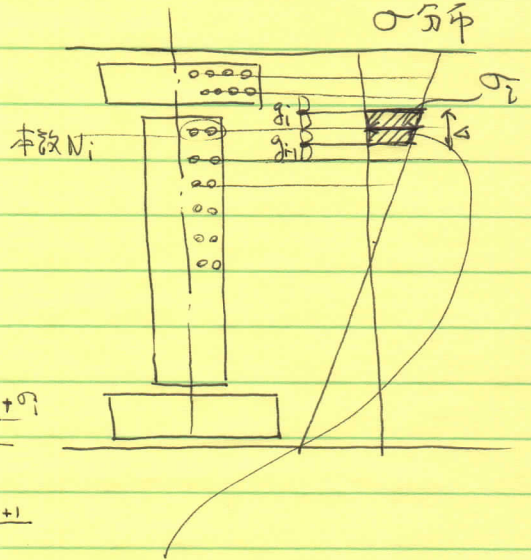
$$\bar{\sigma}_i = \frac{\sigma_i + \sigma_{i-1}}{2}$$

$$P_i = \bar{\sigma}_i \cdot \bar{g}_i \cdot t$$

$$\rho_n = P_i / N_i$$

$$\frac{\frac{\sigma_i + \sigma_{i+1}}{2} + \frac{\sigma_{i-1} + \sigma_i}{2}}{2}$$

$$\frac{\sigma_{i-1} + 2\sigma_i + \sigma_{i+1}}{4}$$

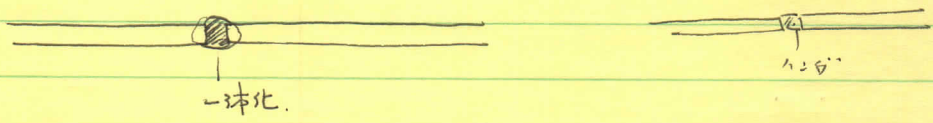


= 0 の領域の曲げせん断力
= 0 の領域のせん断力
より。

4.4 溶接継手

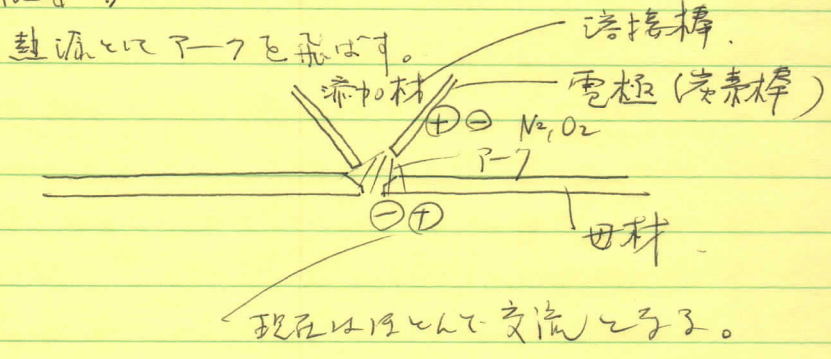
継ぎ材と母材が一体化する。

目的: 両材の結合



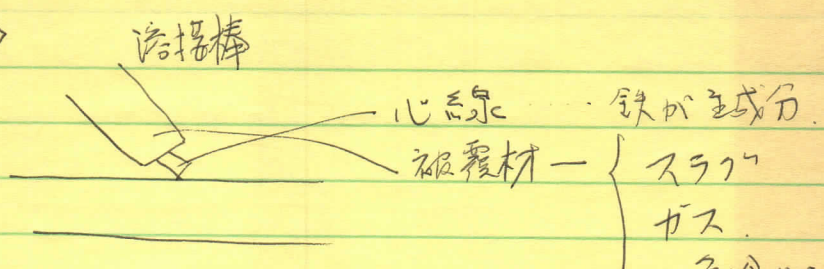
ボルト/ナットと違い、一端溶接が完了したら、欠陥が
発生し均合。気泡致命的(fatal)に均合が均合。

<方法の概要>



母材の熱処理過程で、(気泡を材質を均合する
製錬工程で、溶接作業中につくり出すかか?
必要に応じて配電する。(N₂, O₂は空気から取り除く)
例として

<半溶接>



{ スラグ: 溶接後、金属表面に残り、^{急冷から}保護する。
 { ガス: 融点から金属を保護する。

心線, 被覆材: 溶接したい母材によって選ばれる。

心線の送り出す速度
 溶接棒の速度) → 決まってくる
 溶接の特性が定まる。

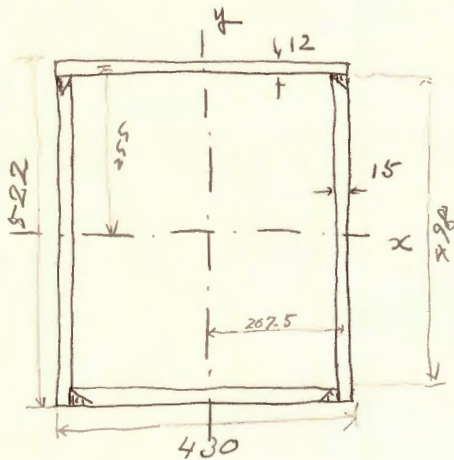
<自動溶接>

この一種に ガスマージター溶接があり、
これは、ユニオンメントの特許である。

これらの言語は別々なのに、日本では
同一のもののごく使われている。

<問1> 下の図 ~~は~~ $I = 700 \text{ cm}^4$ の柱の断面を示す。SM50を

製材を用いることとする。耐荷力は約トンか。(両端ヒンジ支持)



1 flg. pl 430 x 12

2 Web pl 510 x 15

1 flg. pl 400 x 12

板厚の比値

flg. pl $\frac{430-30}{34.0} = 11.8 < 12$ (P63, 表3.4)
指示3.2.1(2)

Web. pl $\frac{510-12}{34.0} = 14.6 < 15$

断面定数

	A (cm ²)	I _y (弱軸)	I _x (強軸)
1 flg. pl 430 x 12	51.6	$\frac{1.2}{12} \times 43^3 = 7950.7$	$\frac{43}{12} \times 1.2^3 + 51.6 \times 25.5^2 = 33559.1$
2 web pl 510 x 15	153.0	$\frac{51}{12} \times 1.5^3 \times 2 + 153.0 \times 20.75^2 = 65904.8$	$\frac{3.0}{12} \times 49.8^3 = 30876.5$
1 flg. pl 400 x 12	48.0	$\frac{1.2}{12} \times 40^3 = 6400$	$= 33559.1$
	252.6	80255.5	9799.47

$r_x = 19.7 \text{ cm}$ ($= \sqrt{9799.47/252.6}$)

$r_y = 17.8 \text{ cm}$ ($= \sqrt{80255.5/252.6}$)

$\frac{l}{r_y} = 39.3$ ($\frac{700}{17.8}$)

$G_{ca} = 1900 - 13 \left(\frac{l}{r} - 15 \right) = 1580 \text{ kg/cm}^2$ $\leftarrow \sigma_{ca} = \sigma_{avg} \cdot \frac{\sigma_{ca}}{\sigma_{ca0}}$ (2.2.1)

$P_{ca} = 1580 \times 252.6 = 399 \text{ t}$

// (避く。荷重が与えぬ限り、 $P < P_{ca}$ 参照可能)

<問2> 工化部材に $P = 200 \text{ t}$, $M_1 = 22 \text{ t}\cdot\text{m}$, $M_2 = 15 \text{ t}\cdot\text{m}$, 曲げ一方向

に強軸方向に作用し、この部材に安全か?

$G_c = \frac{200000}{252.6} = 792 \text{ kg/cm}^2$ ($\frac{P}{A}$) 指示3.3 軸方向の曲げ一方向

$G_{ca2} = 1580 \text{ kg/cm}^2$ (弱軸方向) の許容軸方向圧縮応力度

$\frac{G_c}{G_{ca2}} = 0.50$

等価モーメント

$$M_{eq} = 0.6M_1 + 0.4M_2 = 19.2 \text{ t}\cdot\text{m} \quad (\text{図 2.2.1.(3) 3})$$

(0.4M₁ = 8.8)

作用力

$$\sigma_{bcy} = \frac{1920000}{97994.7} \times \frac{52.2}{2} = 511 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{作用力の割増し係数})$$

スリット軸力

$$\sigma_{eay} = \frac{\pi^2 E}{(\frac{l}{r})^2} \times \frac{1}{\nu} \quad \frac{l}{r_x} = 35.5 \left(\frac{200}{19.7} \right)$$

$$= \frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6}{35.5^2 \times 1.7} = 9670 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 9520$$

12000000 → 9670
12200000 → 9680

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{eay}} = \frac{792}{9670} = 0.08 \checkmark$$

$$\sigma_{ba_y} = 1900 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{設計応力係数})$$

$$\frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{ba_y} (1 - \frac{\sigma_c}{\sigma_{eay}})} = \frac{511}{1900 (1 - 0.08)} = 0.29 \checkmark$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{ba_y} (1 - \frac{\sigma_c}{\sigma_{eay}})} = 0.50 + 0.29 = 0.79 < 1.0$$

よって安全である ✓

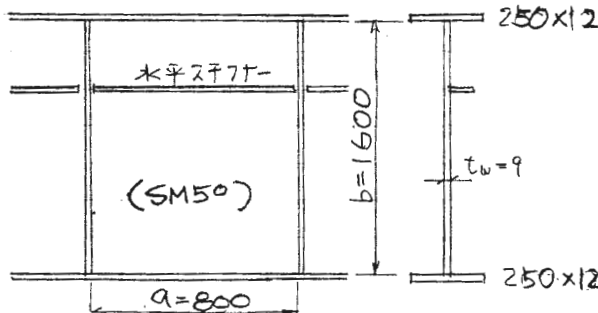
④ 上記曲げモーメントの作用による軸力は向トマで
載荷しよ。

⑤ 上記軸力の作用による時、両端は等曲げを載荷あり
可なり。向トマトマを可なり。

昭和63年度 橋梁工学レポート課題

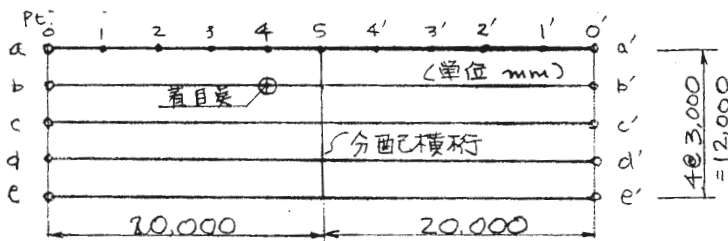
S. 63. 7. 1

1. 次のようなプレートガングのパネルの座圧安全性を照査せよ。



- せん断力 $Q = (20 - 2n) \tau$
 モーメント $M = (23 + 3n) \tau \cdot m$
 但し n は 学籍番号の末尾数字
- 道路橋示方書 8.5.1 条により
 垂直補剛材間隔 a の値の
 妥当性を照査せよ。

2. 次の格子桁について以下の計算をせよ。



- 格子剛度 $Z = 10 + 1.5n$ とする
 但し n は 学籍番号の末尾数字
- 縁剛度比 $j = 1.2$

D. 次のマトリックスの解を用い荷重分配係数を計算せよ。

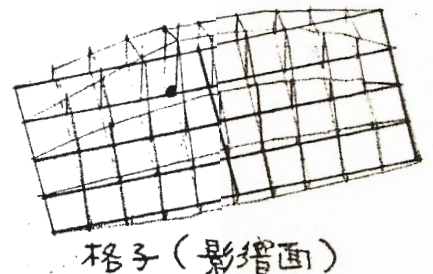
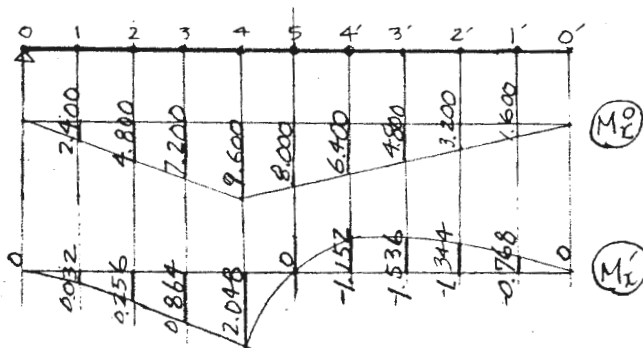
但し 着目点を $b \sim b'$ 桁の Pt. 4 に限定するのでこれに必要なものだけであらう。結果を図示せよ (δ_{bi})。

上欄	分母 N_1	分母 N_2	下欄	
$\delta_{a0} - 1 = [-2 - 3Z]$	\pm	$[-1]$	$N_1 = \frac{14j}{Z} + (64j + 4) + (4j + 6)Z$ $N_2 = 8j/Z + (8j + 2)$	
$\delta_{ab} = [+5 + 2Z]j$	\pm	$[+2j]$	$= \delta_{ac}$ $= \delta_{ad}$	
$\delta_{ac} = [-6 + 2Z]j$	\pm	0	$\left\{ \begin{array}{ll} \delta_{ba} = \delta_{ab}/j & \delta_{be} = \delta_{ad}/j \\ \delta_{cd} = \delta_{cb} & \delta_{ca} = \delta_{ac}/j \\ \delta_{cb} = \delta_{bc} & \delta_{ce} = \delta_{ca} \end{array} \right.$	
$\delta_{bb} - 1 = [-16j - (2j + 1)Z]$	\pm	$[-4j]$		$= \delta_{bd}$
$\delta_{bc} = [+22j + 2Z]$	\pm	0		
$\delta_{cc} - 1 = [-32j - (4j + 4)Z]$	\pm	0		

2) 着目点 $b \sim b'$ 桁の Pt. 4 につき影響線と求め結果を図示せよ。

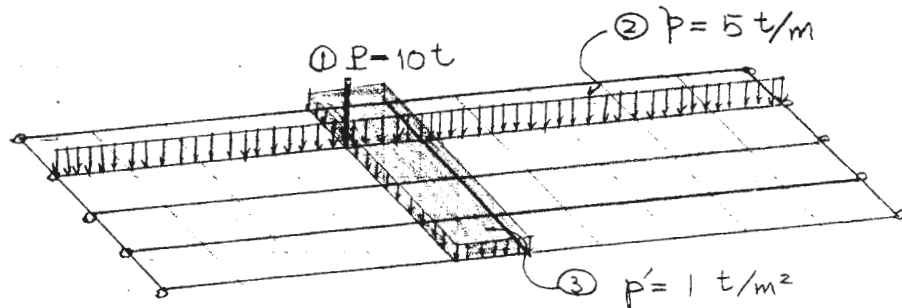
$M_x = M_x^0 \delta_{bb} + M_x' (1 - \delta_{bb})$ (b桁にのみ) } の公式を利用せよ。
 or $= M_x^0 \delta_{bj} - M_x' \delta_{bj}$ (b桁以外)

M_x^0, M_x' については次の値を利用せよ。



格子 (影響面)

- 3). 2)で求めた影響面(線)に対し、次の①②③の荷重を載荷し、そのモーメントを求め、かつ格子構造と考えない場合のモーメントと比較せよ。



- ① $b-b'$ 桁の Pt 4 に 集中荷重 $P=10t$
 ② $b-b'$ 桁全に 等分布荷重 $p=5t/m$
 ③ Pt 4 ~ Pt. 5 面に 等分布荷重 $p'=1t/m^2$

以上.

。 質疑の連絡先

鈴木康弘

勤務先 桜田形硝工業(株) 市川工場 Tel 0473(28) 3145 (代表)
 自宅 千葉県八代市下和田 920-47 " 0474(85) 4340

。 提出日

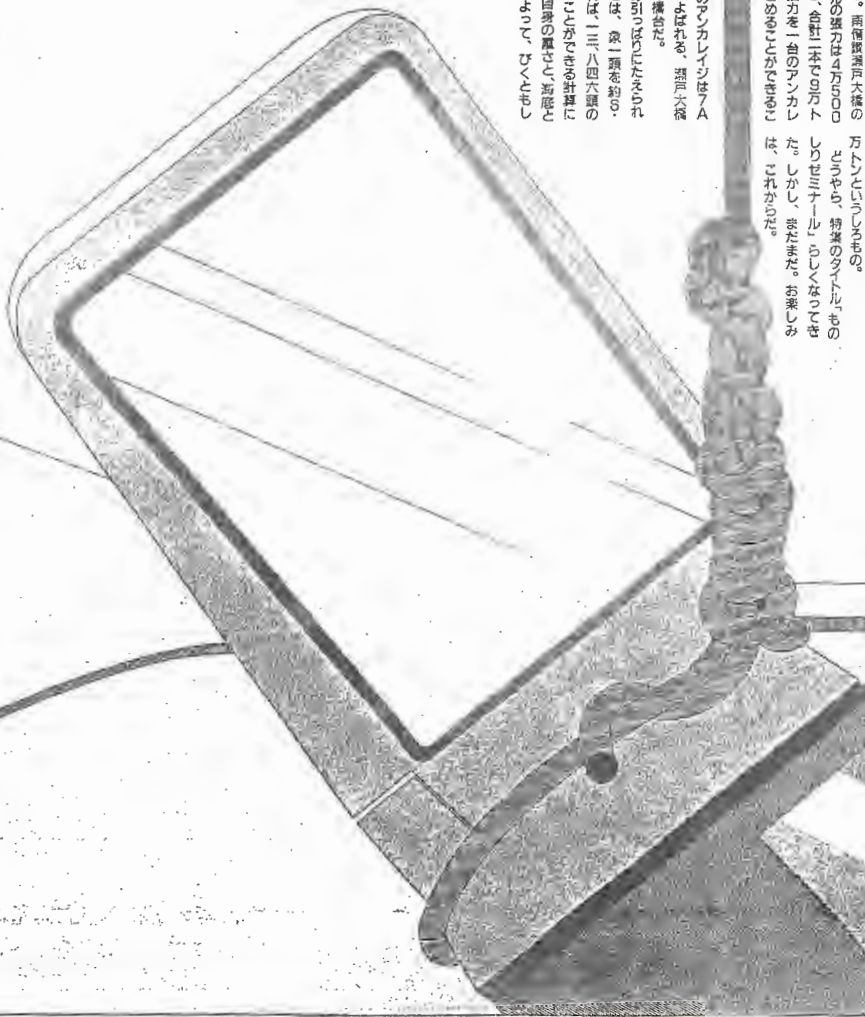
7月15日(金) 15:00 ~ 15:30
 於 1号館 兼任講師室

- ・なるべく研究室、グループでまとめて提出のこと。
- ・上記期限以後の提出は受けつけない。

強

瀬戸大橋はいったいどれくらい強いのか？
 誰でも気になるのがこの問題だ。
 とにかく考えたって、想像もつかない。
 ここでは世界最大の併用橋「両備瀬戸大橋」をとりあげて
 その強さを数字や物におきかえて考えてみよう。

直径51・2ミリのケーブルの
 素線一本で約8000キログラムの
 軽自動車一台を吊りあげられる。



一三・四六頭の象を引っぱることもができる
 瀬戸大橋ルート最大のアンカレッジ。

ケーブルはアンカレッジで、鋼鉄のワイヤを束ねて編み出したもので、その断面は正方形に近い形をしています。このアンカレッジは、橋の両端に設置されており、橋の重量を支えています。アンカレッジの断面は、正方形の中心にケーブルの束が配置されており、その周囲には鋼鉄のフレームが組み込まれています。このアンカレッジは、橋の重量を支えるだけでなく、橋の揺れを抑える役割も果たしています。

一本のケーブルは45,000トンパワー。
 香川の全県民を吊りあげられる。

瀬戸大橋のケーブルは、一本のケーブルが45,000トンパワーをもち、香川の全県民を吊りあげることができる。このケーブルは、直径51・2ミリの素線一本で約8000キログラムの軽自動車一台を吊りあげられる。また、このケーブルは、橋の重量を支えるだけでなく、橋の揺れを抑える役割も果たしています。ケーブルの断面は、正方形の中心にケーブルの束が配置されており、その周囲には鋼鉄のフレームが組み込まれています。このアンカレッジは、橋の重量を支えるだけでなく、橋の揺れを抑える役割も果たしています。

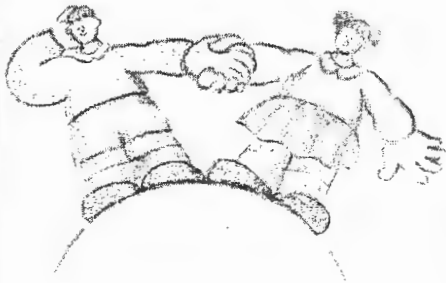
直径1ミリのケーブルでも大人二人を
 軽々と吊りあげられる。



ケーブルの断面は、正方形の中心にケーブルの束が配置されており、その周囲には鋼鉄のフレームが組み込まれています。このアンカレッジは、橋の重量を支えるだけでなく、橋の揺れを抑える役割も果たしています。

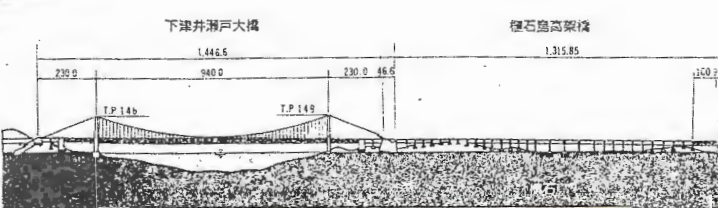
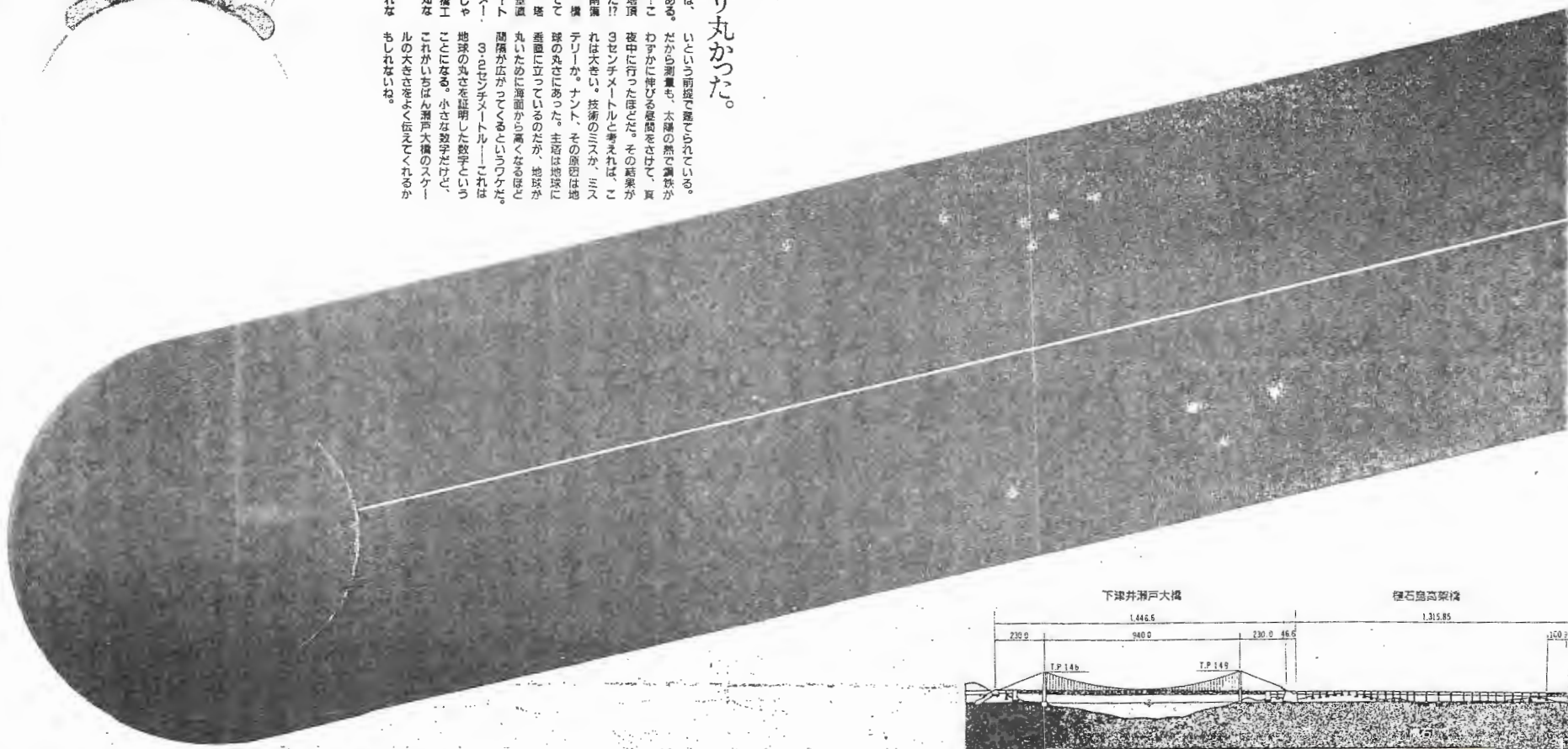
長

瀬戸大橋の見どころは、なんといってもその長さだ。
 9.4キロの海峡を3つのつり橋と2つの斜張橋
 1つのトラス橋、そして高架橋でつなぐ延長12.3キロメートルの夢の架け橋。
 橋の長さだけでなく、工事に使われた資材も長さにおきかえると
 アッ!と驚く数字になる。



地球はやっぱり丸かった。

瀬戸大橋の長さばかりでは、
 ちよつとおもていじやうな部分がある。
 主塔を支える橋脚の部分——
 これを中央支脚といふ——の塔頂
 間の長さがかつていじやうなだけ
 瀬戸大橋でもいちばん長い距離
 瀬戸大橋の南北の塔は、橋
 脚部で1,000メートルほど
 垂直に立っている。ところが、塔
 の頂上の間隔がたかだか、東西
 の長さの9分の10、約900メー
 ルほどしかない。これは、地球の
 丸いせいだ。地球が丸いから、
 間隔が広がってゆく。この間隔は
 地球の丸さを証明した。これに
 対して、小さな数字だけだ。こ
 れが、いちばん瀬戸大橋のスケー
 ルの大きさをよく示してくれるか
 もしれない。



瀬戸大橋の道路面の広さは 27万6,750平方メートル

瀬戸大橋は総延長13キロメートル、道路の幅が25メートルだ。から道路幅は約6750平方メートルにもなる。乗用車の面積を1台約10平方メートル程度とする。二万七千六百七十五台収用

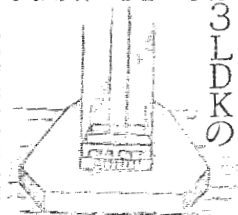
ルート最大の橋台の上は テニスコート6面分。

橋台は瀬戸大橋の橋台7Aは西大橋ルート最大のものが、六面のテニスコートがとれる広さだ。巨大なケーソンは幅約100メートル、高さ約100メートル、長さ約100メートルだ。



平方メートルのテニスコートは全部で十八面とれることになる。海の上で八面のテニスの試合が行われているシーンを、想像しただけで涼しくなってみよう。

つり橋の主塔は3LDKのマンションの広さ。



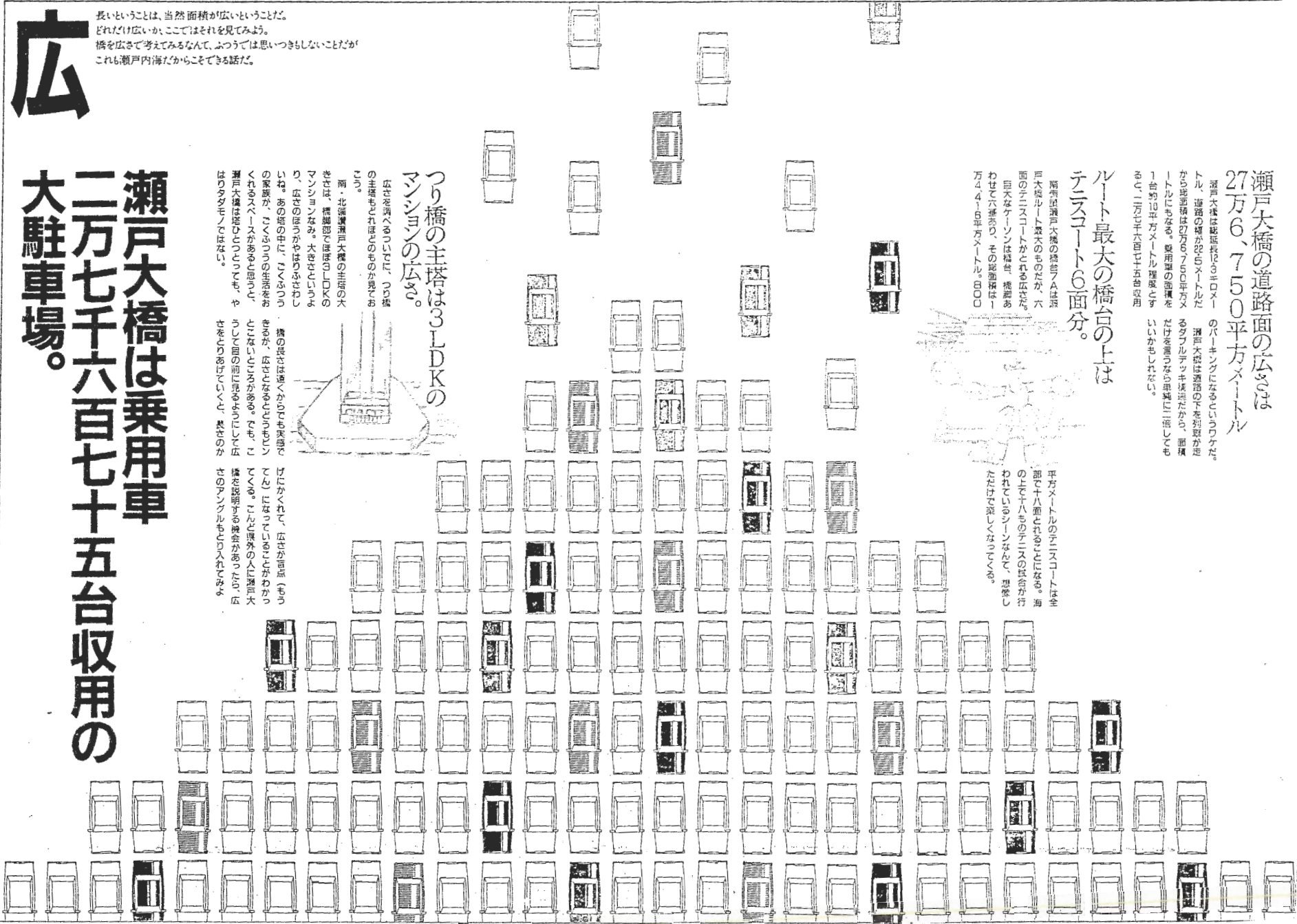
つり橋の主塔は3LDKのマンションの広さだ。高さ約100メートル、幅約100メートル、長さ約100メートルだ。巨大なケーソンは幅約100メートル、高さ約100メートル、長さ約100メートルだ。

つり橋の主塔は3LDKのマンションの広さだ。高さ約100メートル、幅約100メートル、長さ約100メートルだ。巨大なケーソンは幅約100メートル、高さ約100メートル、長さ約100メートルだ。

広

長いということは、当然面積が広いということだ。どれだけ広いかわかるにはそれを見てみよう。橋を広く考えてみるなんて、ふつうでは思いつきもしないことだが、これも瀬戸内海だからこその話だ。

瀬戸大橋は乗用車 二万七千六百七十五台収用の 大駐車場。



重

あれだけの長さの併用橋だから
 重いというのよくわかる。
 しかし、どれくらい重いかとなると、まったくわからない。
 その点では長さよりもはるかに重さの方がつきみにくい。
 て、宇高連絡船でいちばん大きい讃岐丸と重さ比べをしてみた。

ルート最大の橋台の重さ 宇高連絡船 讃岐丸二百二十四隻分。

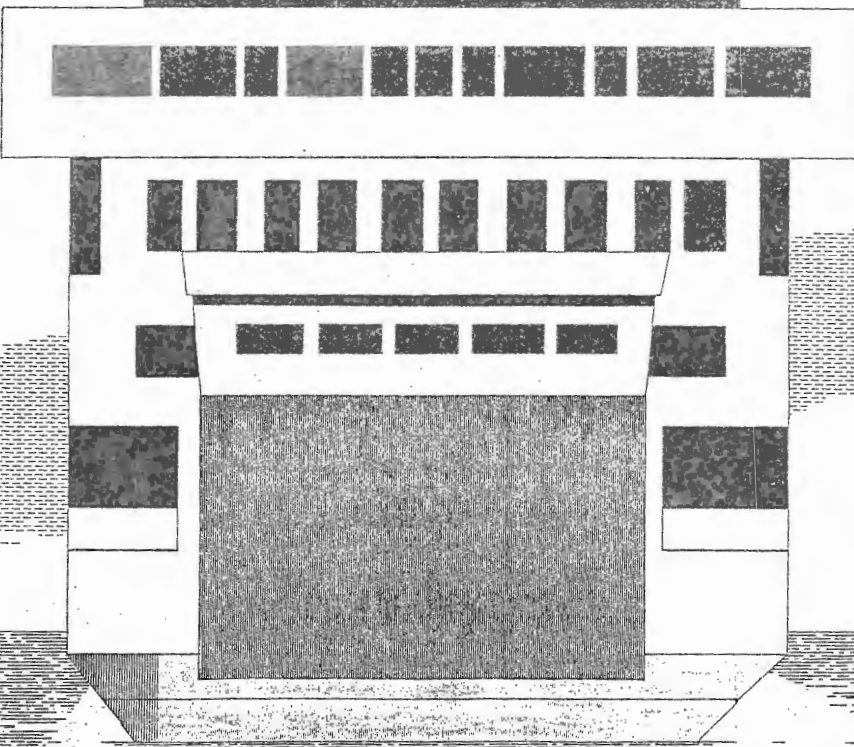
さよなら、連絡船。
 惜別の想いをこめて、
 ここではその勇姿をかかげたい。

連絡船もき日かたは。瀬戸大橋
 の重やかなオーニングのかけで
 長いドラマが幕引きを告げようとして
 いる。

橋脚の瀬戸の風物詩が、これを
 最後と添えていく。複雑な想いを
 抱いている人も多いだろう。いく
 じちの思い出があつて、別れがあ
 つた。そこにいしも、船があつた。
 海を渡る、船が見えた。明日か
 らは、それが懐かしく。世代交錯
 の涙は、いつの時代もとちがふ
 がない。



た。船から橋へ、受ける圧
 をとてみよ。西瀬戸大橋の
 橋台、アンカレッジ、フーム、ル
 ート最大のロングリフト構造物
 だ。これらすべてが、この橋台に
 つまみこまれている。この橋台
 は、瀬戸大橋の主役である。一
 一、一〇〇万トン。世界最大の足
 下アンカーの初重量だ。さすが
 一三、一八四、四一六頭の重さで
 重さの能力は、たかだか、この
 実力者のプロファイルといえぬ。
 このアンカレッジの重さを讃岐丸
 と比べてみたい。讃岐丸は、ロ
 フアン。アンカレッジは、重
 量の約二倍の重さがある。こ
 うになる。瀬戸大橋工事に伴
 った、このアンカレッジの重さ
 は、約二倍だ。



下の信

早明浦ダムをつくった残りだけでも 香川県庁11杯分。

瀬戸大橋の工事に使われたコンクリートは合計1,600,000立方メートルにもなるといわれるが、まだ別立方メートルも残っている。瀬戸大橋の工事に使われたコンクリートは合計1,600,000立方メートルにもなるといわれるが、まだ別立方メートルも残っている。瀬戸大橋の工事に使われたコンクリートは合計1,600,000立方メートルにもなるといわれるが、まだ別立方メートルも残っている。

南備讃瀬戸大橋の塔に使った鋼材は、 JR四国のレールを5回も 取りかえることができる量になる。

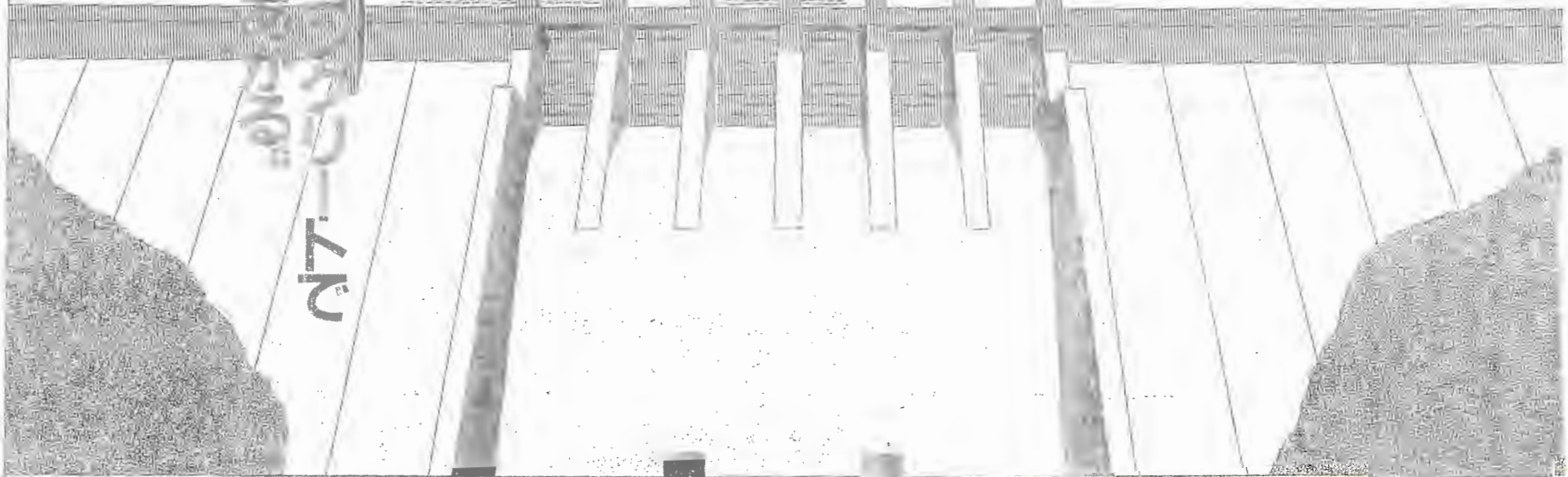
瀬戸大橋の工事に使われた鋼材は、JR四国のレールを5回も取りかえることができる量になる。瀬戸大橋の工事に使われた鋼材は、JR四国のレールを5回も取りかえることができる量になる。



瀬戸大橋に使った 早明浦ダムがでた コンクリート

橋桁工事に使ったボルト、四百万本。

瀬戸大橋工事はボルトが大量に使われている。ボルトは、橋桁工事に使ったボルト、四百万本。瀬戸大橋工事はボルトが大量に使われている。ボルトは、橋桁工事に使ったボルト、四百万本。



世紀の大工事、使った資材も群をぬいている。コンクリート、鉄鋼、ボルトの数……どれをとってもビックリ数字のオンパレードになる。そろそろビックリづかれが出てきたかな。

