

# つり橋の計画と設計 Plan & Design of Suspension Bridge

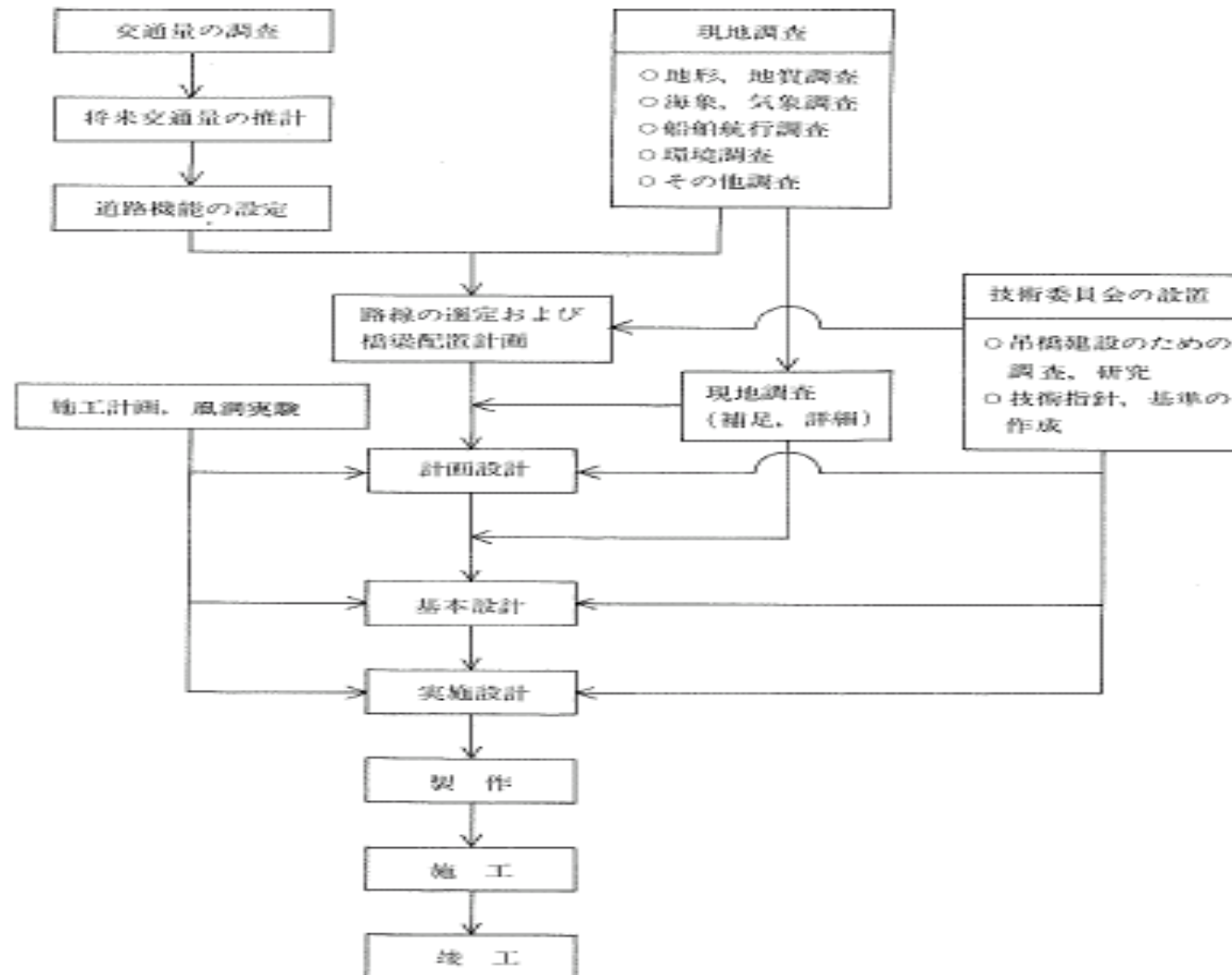
Dr. Hiroshi TANAKA



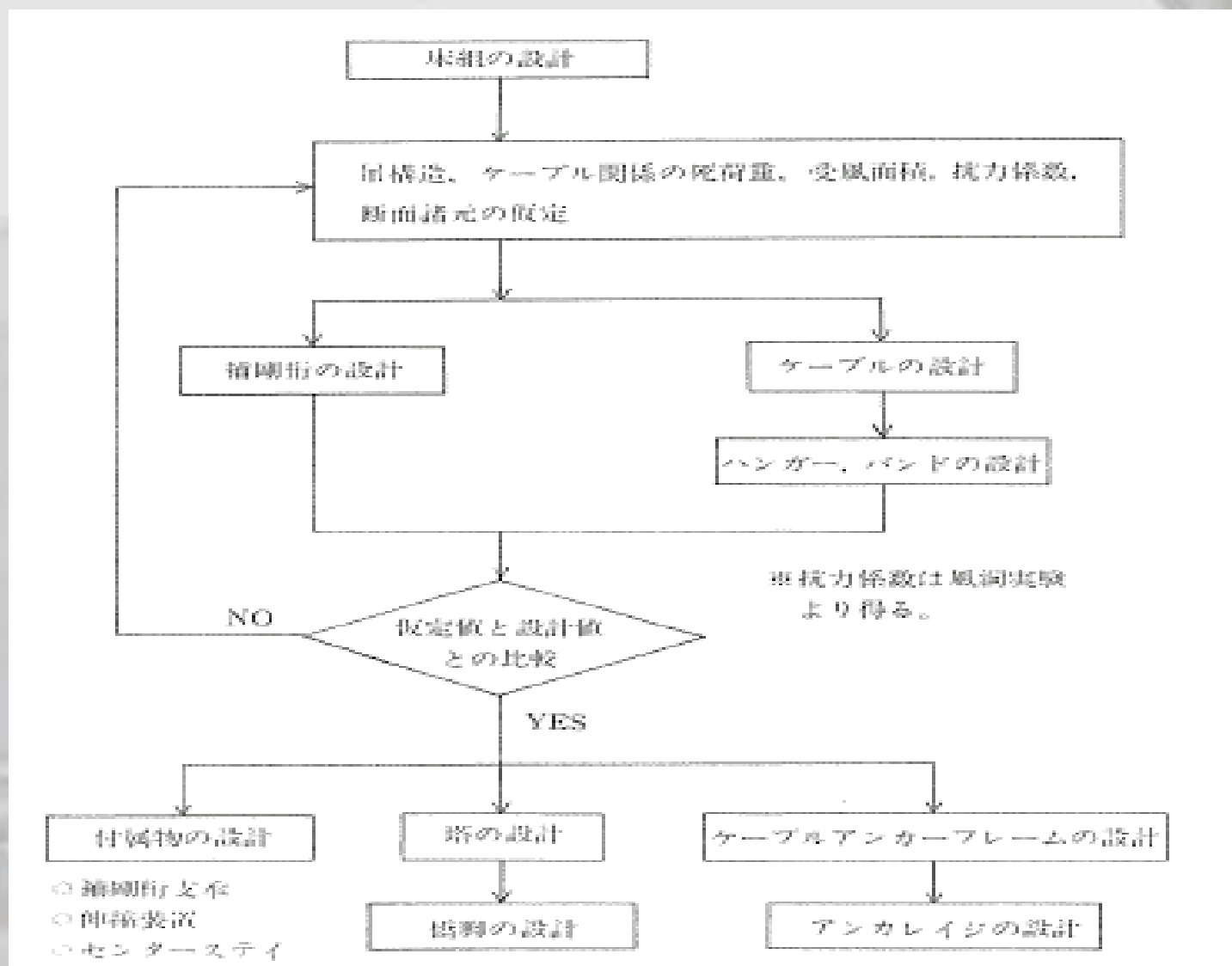
# 目次

- 調査
- 設計の手順
- 調査
- ケーブル
- ハンガー
- 補剛桁
- 主塔

# 調査と設計の手順



# 設計の手順



# 世界のつり橋の主要緒元

橋名	国名	完成年	ケーブル支間割 (m)	側径 間比	サグ (m)	サグ比	ケーブル 中心間隔 (m)	ケーブル 本数
ハンバーク橋	イギリス	1981	530+1410+280	0.38 0.20			22.0	2
ベラザノナローズ橋	アメリカ	1964	370+1298+370	0.29	117	1/11.1	31.4	4
ゴールドゲート橋	アメリカ	1937	343+1280+343	0.27	143	1/ 8.9	27.4	2
マキナックストレー橋	アメリカ	1957	549+1158+549	0.47	107	1/10.9	20.7	2
南備讃瀬戸大橋	日本	工事中	274+1100+274	0.25	100	1/11.0	35.0	2
ボスボラス橋	トルコ	1973	231+1074+255	0.22 0.24	93	1/11.5	28.0	2
ジョージワシントン橋	アメリカ	1931	186+1067+198	0.17 0.19	99	1/10.8	32.3	4
4月25日橋(サラザール橋)	ポルトガル	1966	483+1013+483	0.48	107	1/ 9.5	23.5	2
フォースロード橋	イギリス	1964	408+1006+408	0.41	91	1/11.0	23.8	2
北備讃瀬戸大橋	日本	工事中	274+ 990+274	0.27	90	1/11.0	35.0	2
セバーン橋	イギリス	1966	305+ 988+305	0.31	82	1/12.1	22.9	2
下津井瀬戸大橋	日本	工事中	230+ 940+230	0.25	94	1/10.0	35.0	2
大鳴門橋	日本	1985	330+ 876+330	0.38	82	1/10.7	32.0	2
タコマナローズ橋	アメリカ	1950	335+ 853+335	0.39	85	1/10.0	18.3	2
因島大橋	日本	1983	250+ 770+250	0.33	76	1/10.1	26.0	2

# 調査の種類

調査の種類	調査内容	調査目的
地形、地質調査	地形測量 地史、地質資料収集 物理探査、ボーリング 標準貫入試験、土質試験 岩石試験、テストピット 平板載荷試験、地下水位	架橋位置、橋長、支間割の計画 下部工の位置、支持層の選定 土の単位重量、内部摩擦角、粘着力の決定、許容支持力の決定 圧密沈下量の算定、施工法の選定
海象、気象調査	潮流、潮位、波圧、波高 航行船舶の調査 風速、降水量、気温、霧、雪の長期観測	水圧、潮流圧、波圧の算定 径間割、桁下高の計画 風荷重、温度変化量の決定 施工方法、稼働率の選定
河川調査	流量、流速、高水位、低水位の調査 航行船舶の調査	径間割、桁下高の計画 施工法の選定 橋脚の形状選定
地震調査	地震記録、震害記録の調査	設計震度の決定
添架物の調査	電力、電信、水道などの添架計画	添架物の寸法、重量の決定
環境調査	漁業、大気汚染、騒音、振動、景観・文化財の調査	環境保全対策の立案 施工法の選定

# 調査内容

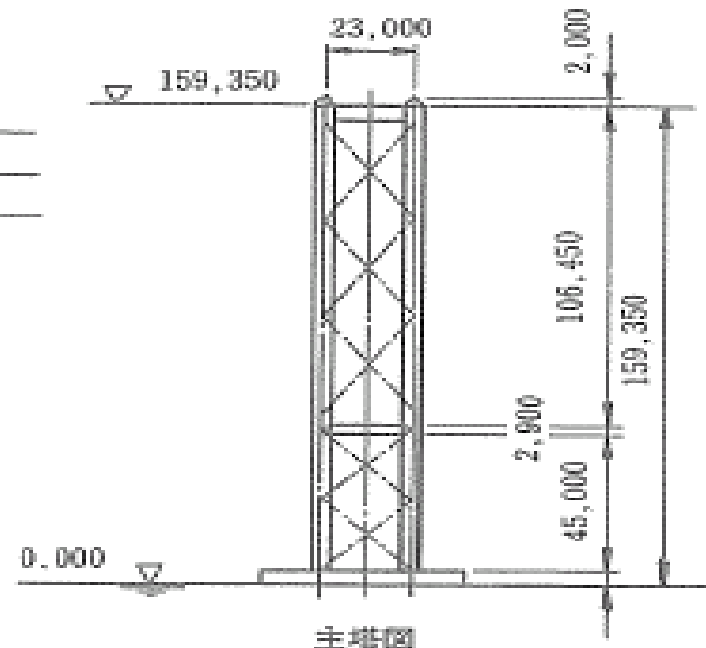
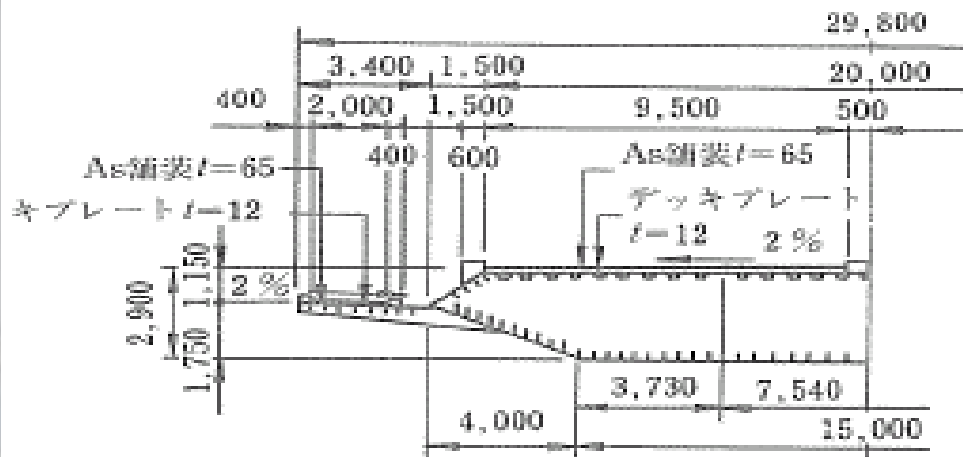
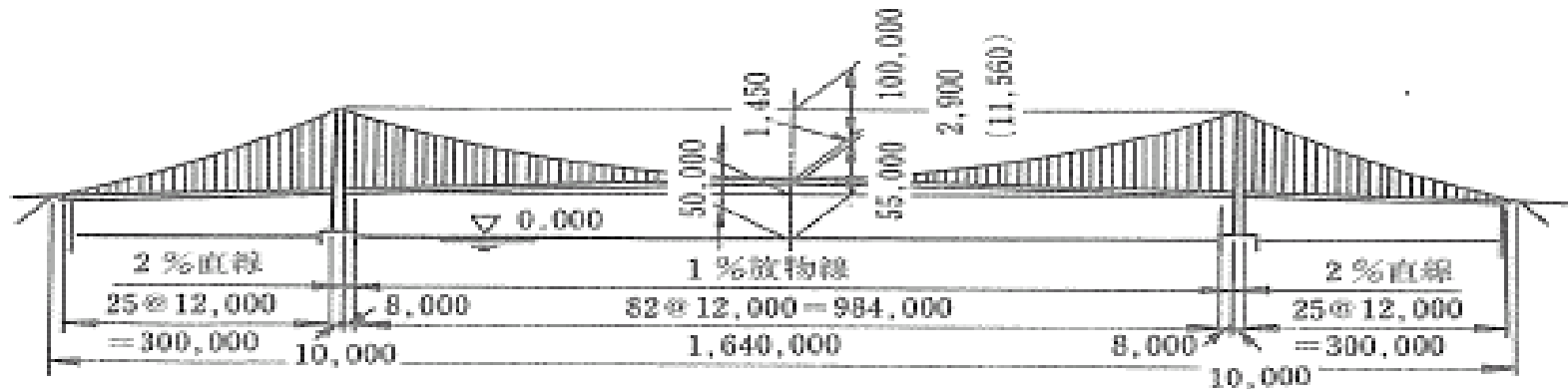
- 地形・地質調査
- 海象・気象
- 船舶航行調査
- 環境調査
  - ①漁業 ②大気汚染 ③騒音
  - ④振動 ⑤景観 ⑥文化財
- 線形計画
  - ① 平面線形
  - ② 縦断勾配・横断勾配

# つり橋の特性

つり橋は、橋げたを吊り材を介してケーブルで支持しているため、活荷重・風・地震等の外荷重に対して、たわみ易く振動し易い構造物である



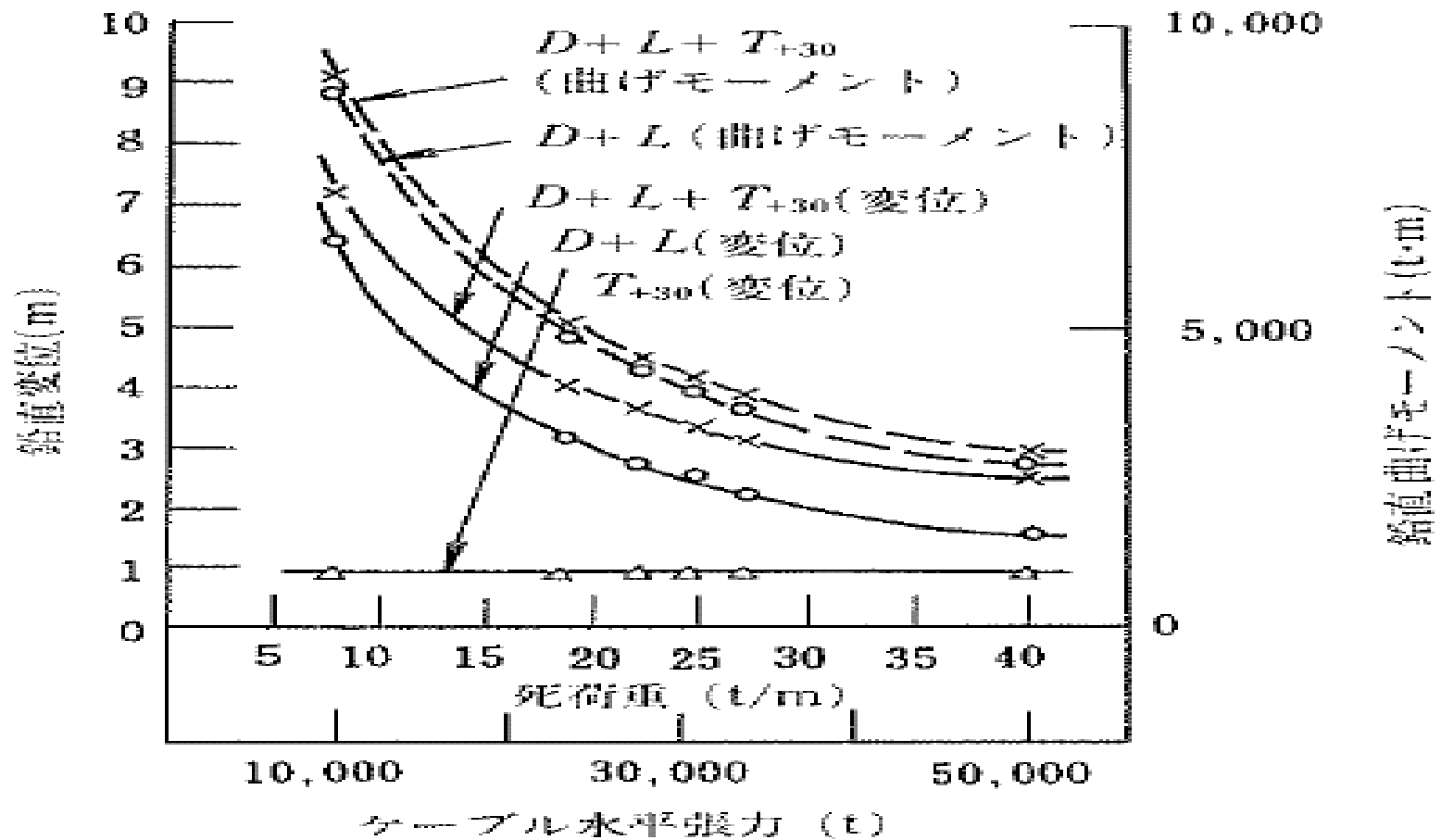
# 特性の変化比較



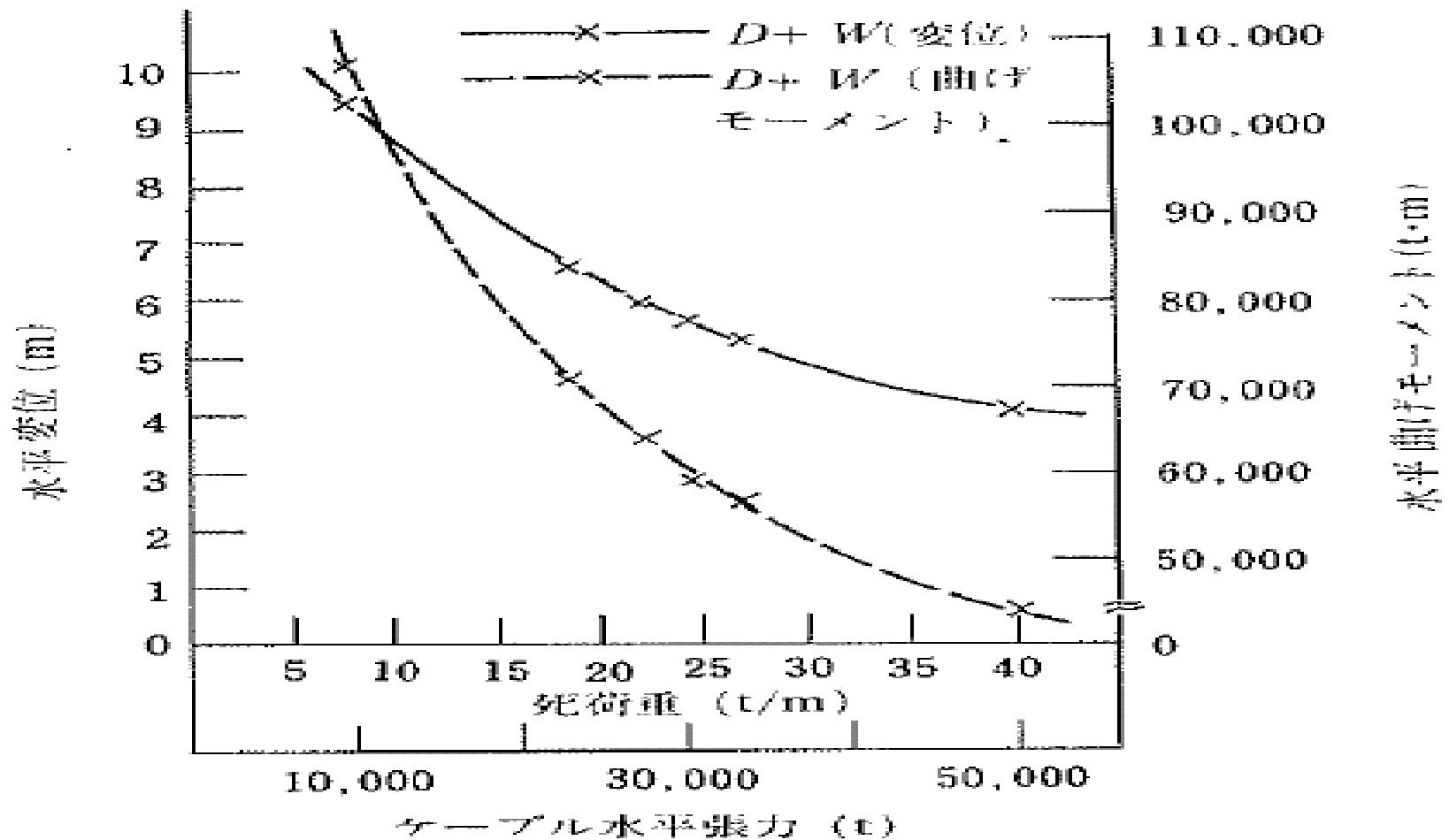
# 設計条件

橋梁形式	3径間2ヒンジ補剛吊橋
橋長	1,640m
ケーブル支間割	315m+1,010m+315m
吊構造支間	側径間：300m，中央径間：1,000m
サグ	100m（中央径間理論サグ）
幅員	車道：2@9.5m，自歩道：2@2.0m
床版	鋼床版形式
設計自動車荷重	TL-20，TT-43
横断勾配	2%直線勾配
縦断勾配	側径間：2%直線，中央径間：1%放物線
舗装	車道：アスファルト舗装 $t=65\text{mm}$ 自歩道：アスファルト舗装 $t=30\text{mm}$

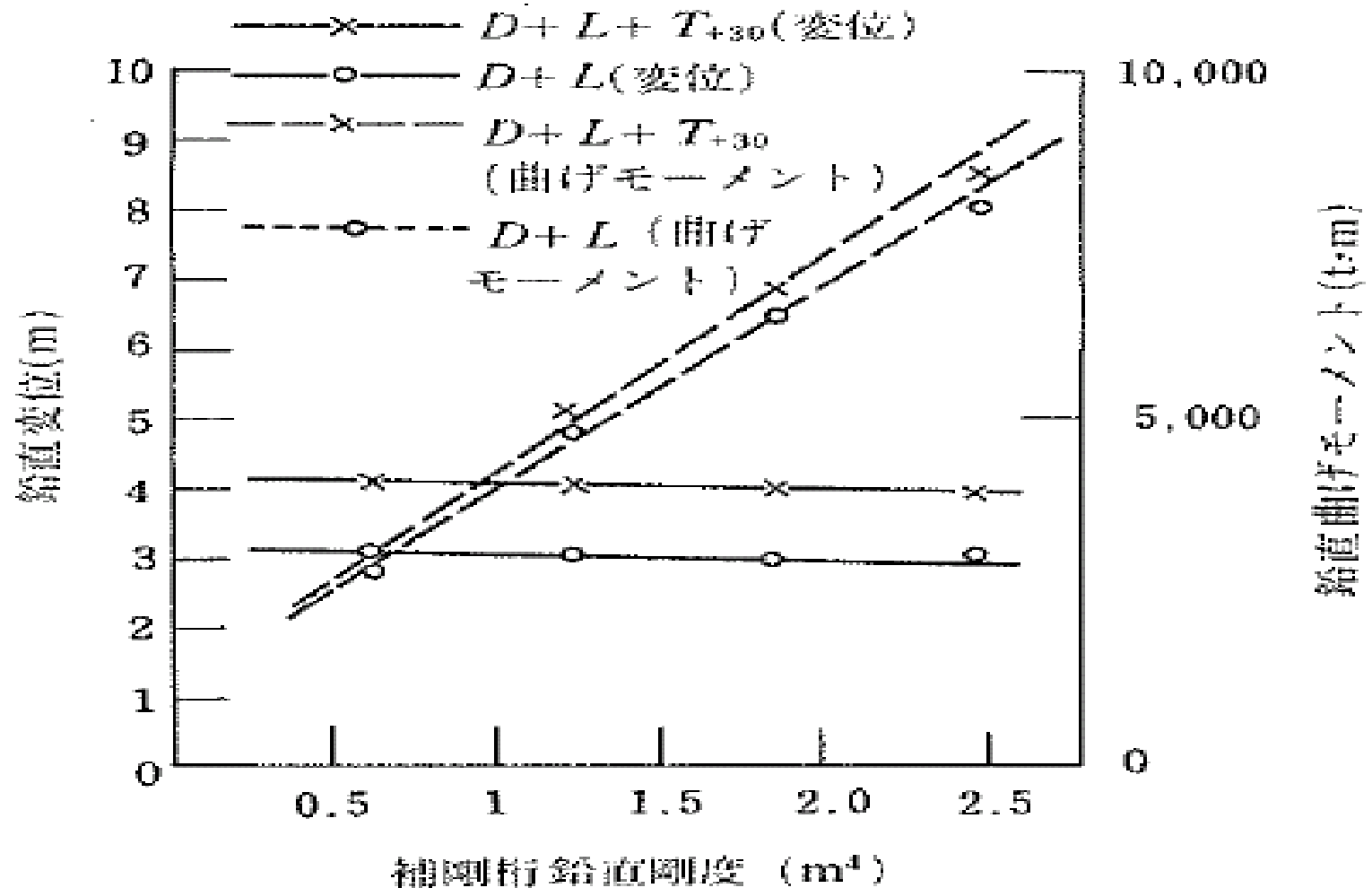
# ケーブル水平力 (tf)



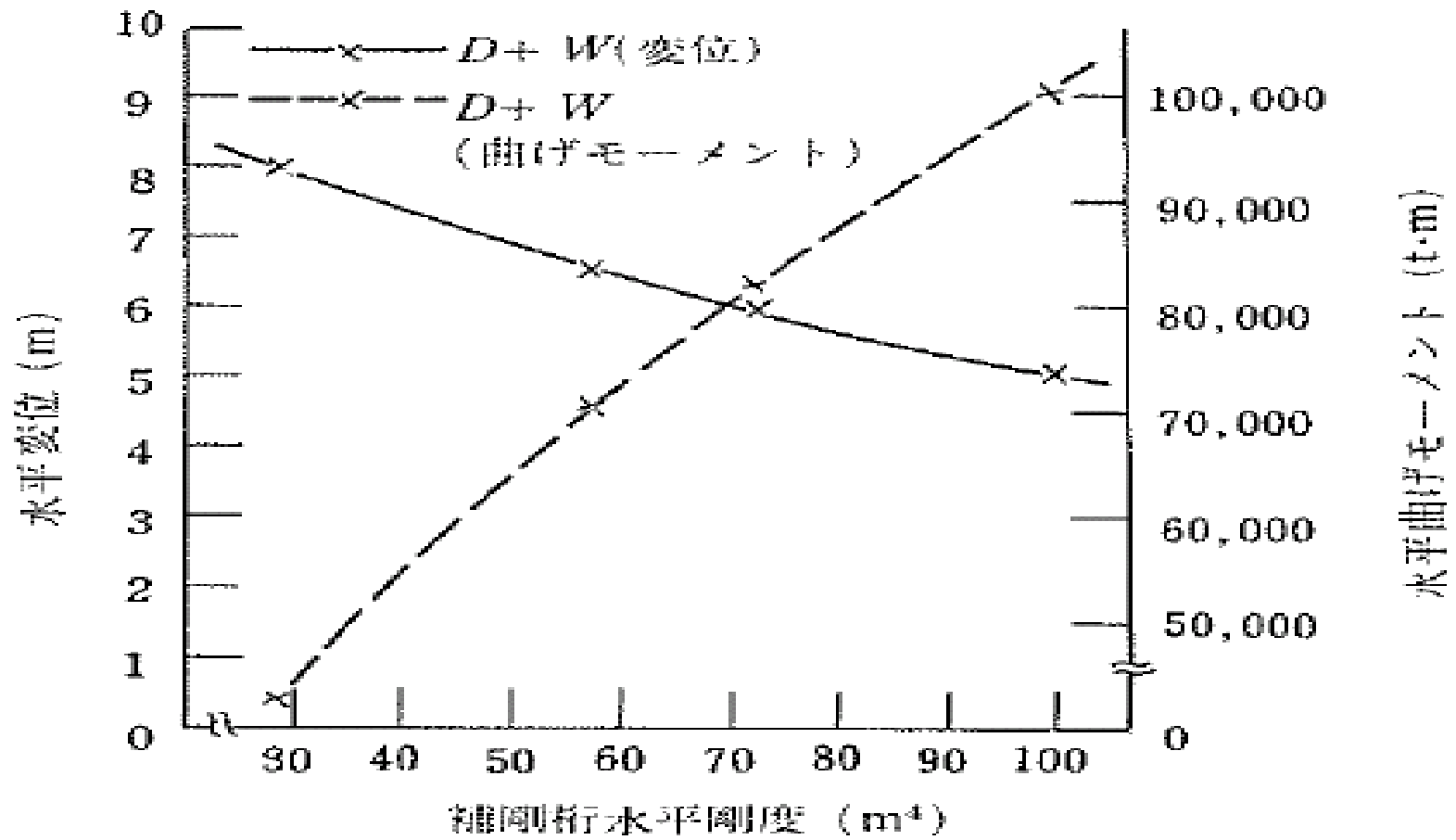
# ケーブル水平力 (tf)



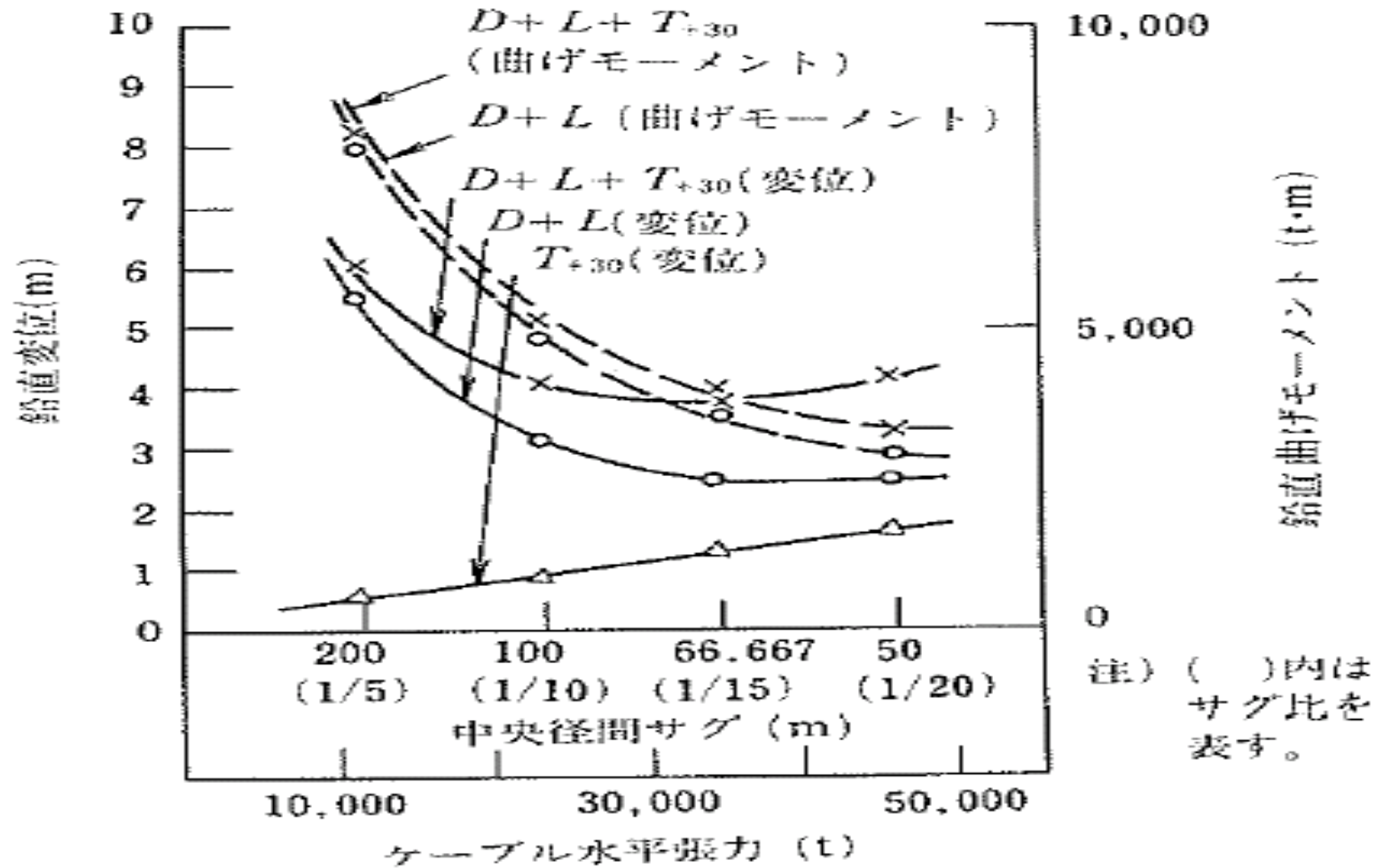
# 補剛桁の鉛直剛度 (m4)



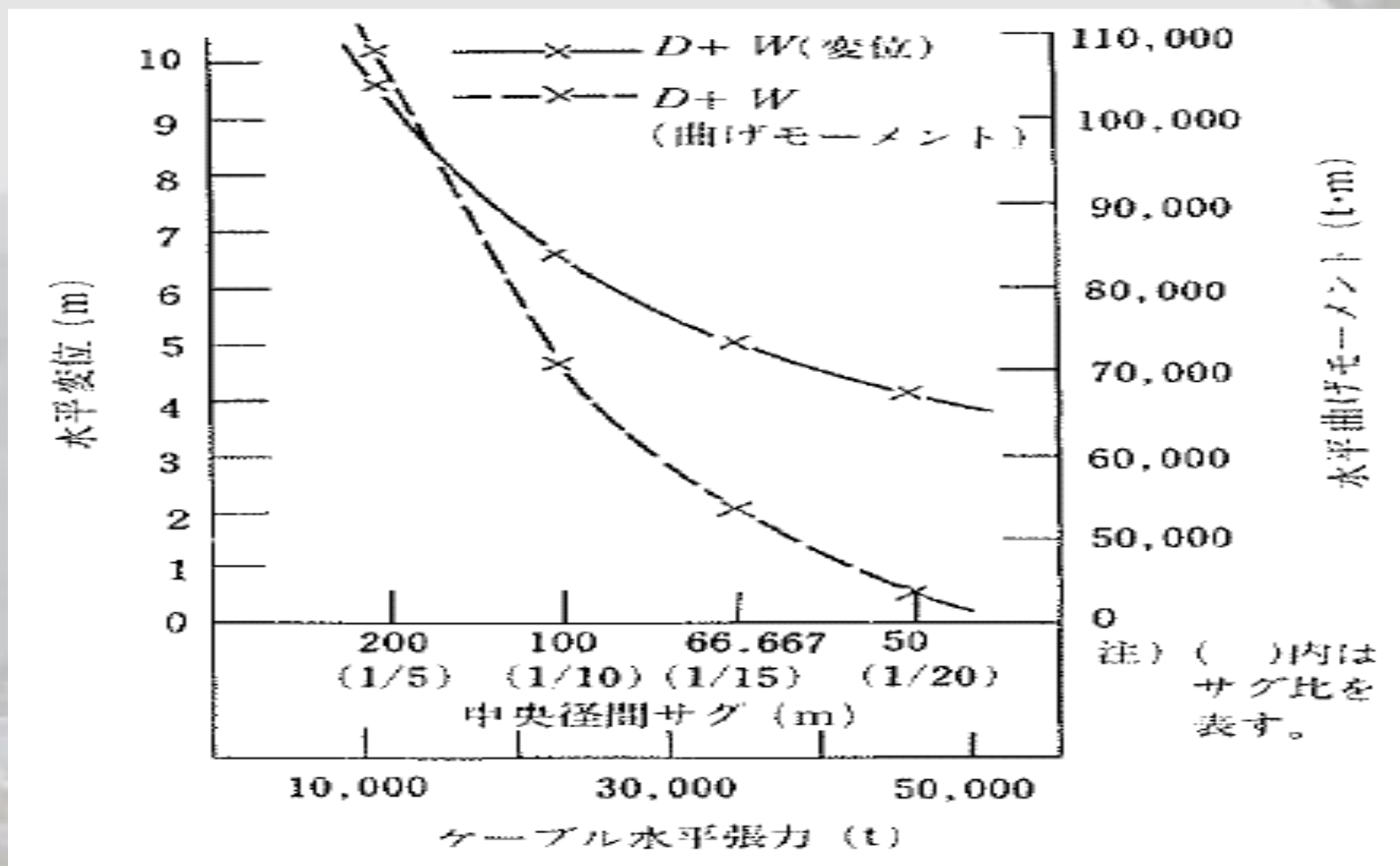
# 補剛桁の水平剛度(m4)



# サグ比の変化(鉛直方向着目)



# サグ比の変化(水平方向着目)





## パラメータ解析の結果

- 自重を増すと活荷重や風荷重による桁のたわみや曲げモーメントが大幅に減少する
- 桁の鉛直剛性や水平剛性を増加しても、それほど効果がない
- サグを小さくすると水平方向のたわみや曲げモーメントは大幅に減少する

# 主要構造の特性

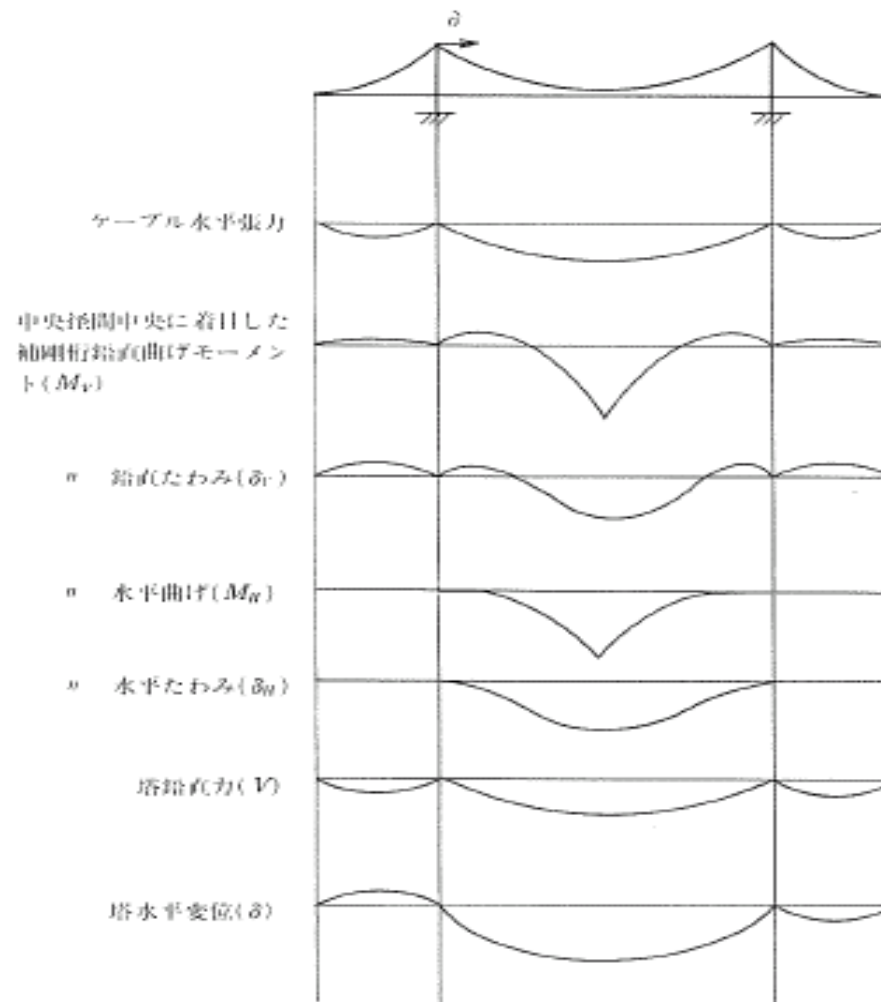


図 3-10 3 径間 2 ヒンジ吊橋の影響線概念図

# ケーブル

- 影響線よりどの径間に荷重が作用しても、ケーブルの張力は増加する。等分布荷重の影響は大きい
- ケーブルの張力が大きくなれば、作用荷重による変位は小さくなる
- ケーブルの構造全体に対する重量比は、径間が長くなれば比率が大きくなる

# 長大つり橋の鋼重

橋名	国名	(m) 中央支間長 (L)	(t) 全体重量 (A)	吊構造		ケーブル		塔	
				(t) 重量(B)	比率 (B/A)	(t) 重量(C)	比率 (C/A)	(t) 重量(D)	比率 (D/A)
ハンバー橋	イギリス	1,410	—	16,000	—	11,000	—	コンクリート塔	—
ベラザノナローズ橋	アメリカ	1,298	132,100	45,200	0.34	37,800	0.29	49,100	0.37
ゴールデンゲート橋	アメリカ	1,280	83,600	21,900	0.26	22,100	0.27	39,600	0.47
マキナックストレー橋	アメリカ	1,158	38,100	15,000	0.39	11,300	0.30	11,800	0.31
南備讃瀬戸大橋	日本	1,100	82,100	39,300	0.48	23,800	0.29	19,000	0.23
ボスポラス橋	トルコ	1,074	19,000	8,700	0.46	5,500	0.29	4,800	0.25
ジョージワシントン橋	アメリカ	1,067	94,600	20,300	0.21	30,800	0.33	43,500	0.46
4月25日橋(サラザール橋)	ポルトガル	1,013	38,000	16,300	0.43	7,700	0.20	14,000	0.37
フォースロード橋	イギリス	1,006	30,500	16,300	0.53	8,100	0.27	6,100	0.20
北備讃瀬戸大橋	日本	990	72,900	37,200	0.51	19,800	0.27	15,900	0.22
セバーン橋	イギリス	988	18,800	11,400	0.61	4,700	0.25	2,700	0.14
下津井瀬戸大橋	日本	940	60,000	32,200	0.54	15,200	0.25	12,600	0.21
大鳴門橋	日本	876	55,400	31,900	0.57	14,800	0.27	8,700	0.16
タコマナローズ橋	アメリカ	853	29,000	18,200	0.63	5,400	0.19	5,400	0.19
因島大橋	日本	770	28,700	16,400	0.57	6,700	0.23	5,600	0.20

# 補剛桁

- 補剛桁の鉛直方向について、曲げモーメント、たわみとも部分載荷で最大値となる
- トラス補剛桁の場合、1000m級では側径間は活荷重、中央径間は風荷重によって桁の断面が決定される
- 箱桁の場合、鉛直方向の剛性が小さく水平方向の受風面積が小さいので、動的風荷重に対する耐風安定性の面から断面が決まる

# 主塔

- 主塔はケーブル張力の鉛直方向成分の変化によって軸力が増減して、水平方向成分変化によって塔に水平変位と曲げモーメントが発生する
- 主塔の剛性を変化させても、塔頂の水平変位は変化しない
- 主塔に生じるモーメントは主塔の剛性に支配される

# つり橋の基本骨組計画

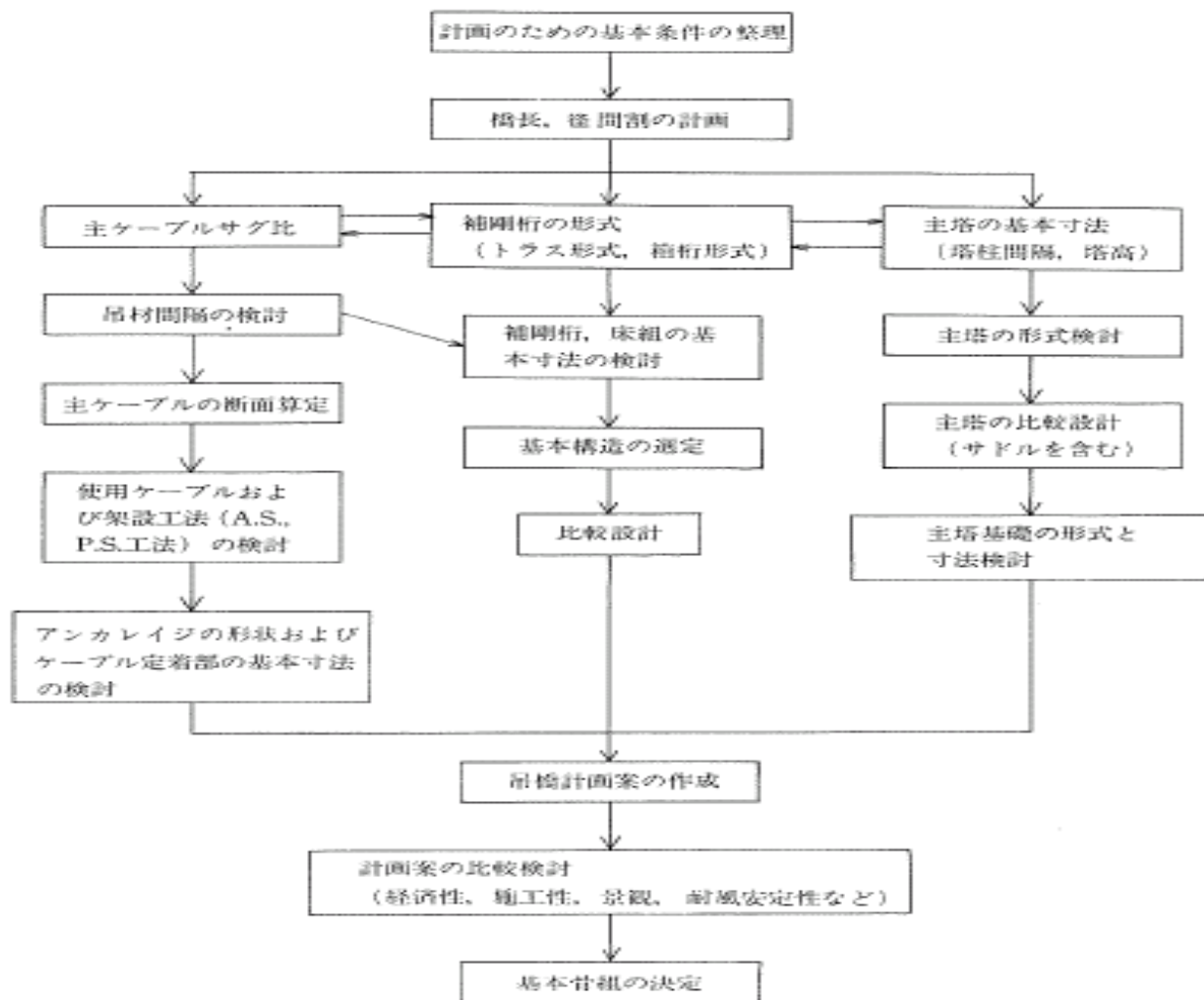


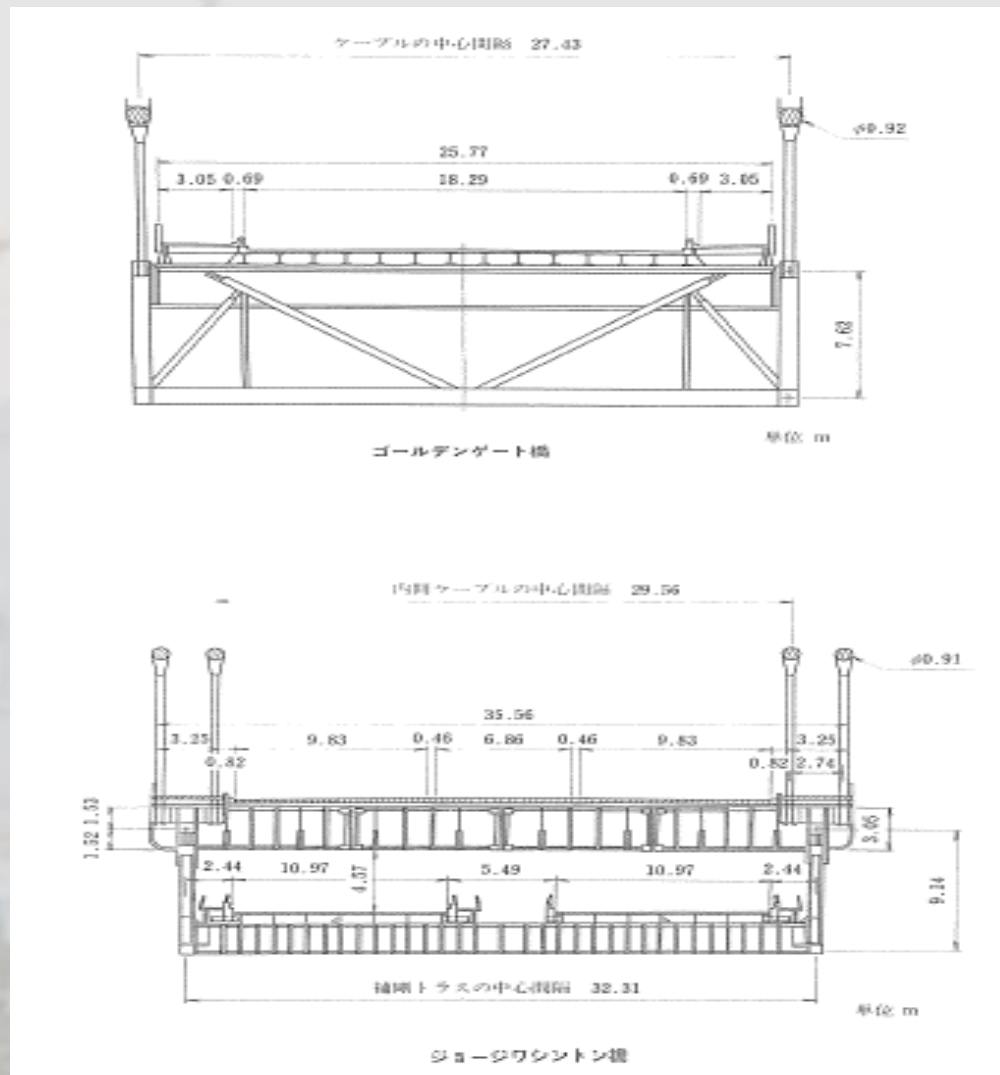
図 3-11 基本骨組計画の流れ

# 基本骨組計画

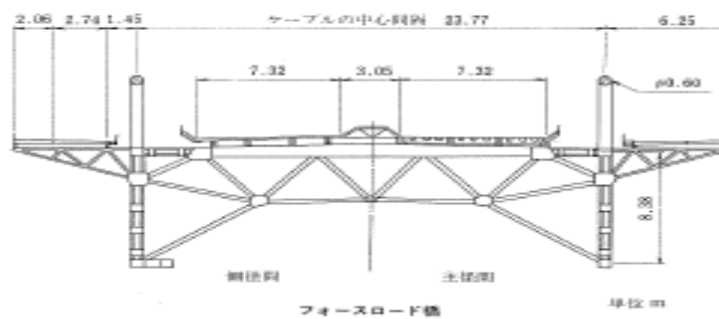
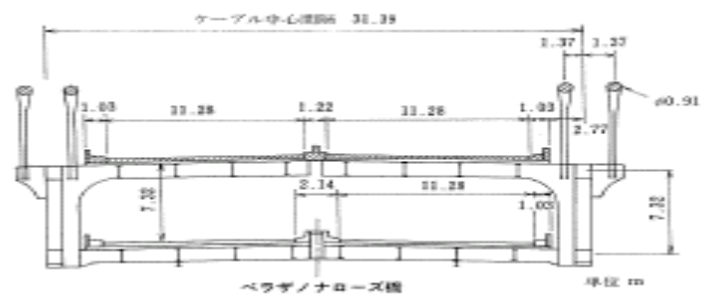
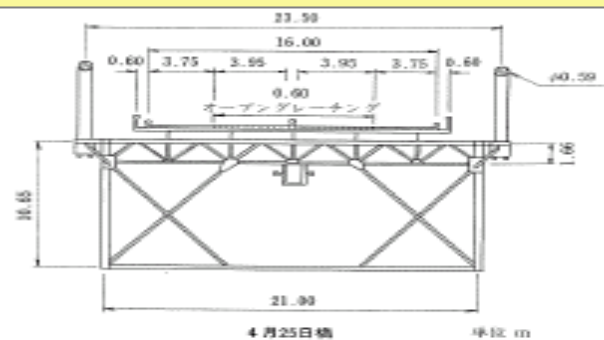
- 橋長、径間割の計画
- 主ケーブルのサグ比
- 補剛桁の型式と基本寸法
- 主塔の型式と基本寸法
- アンカーフレームの型式と基本寸法



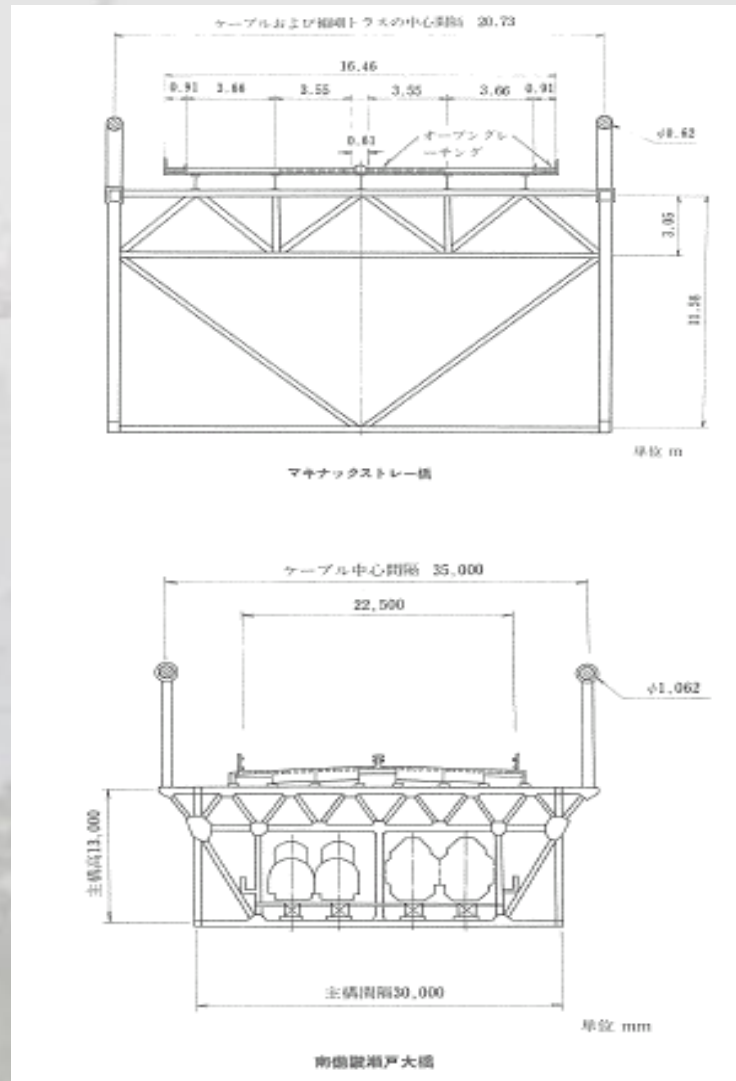
# 補剛桁断面(1)



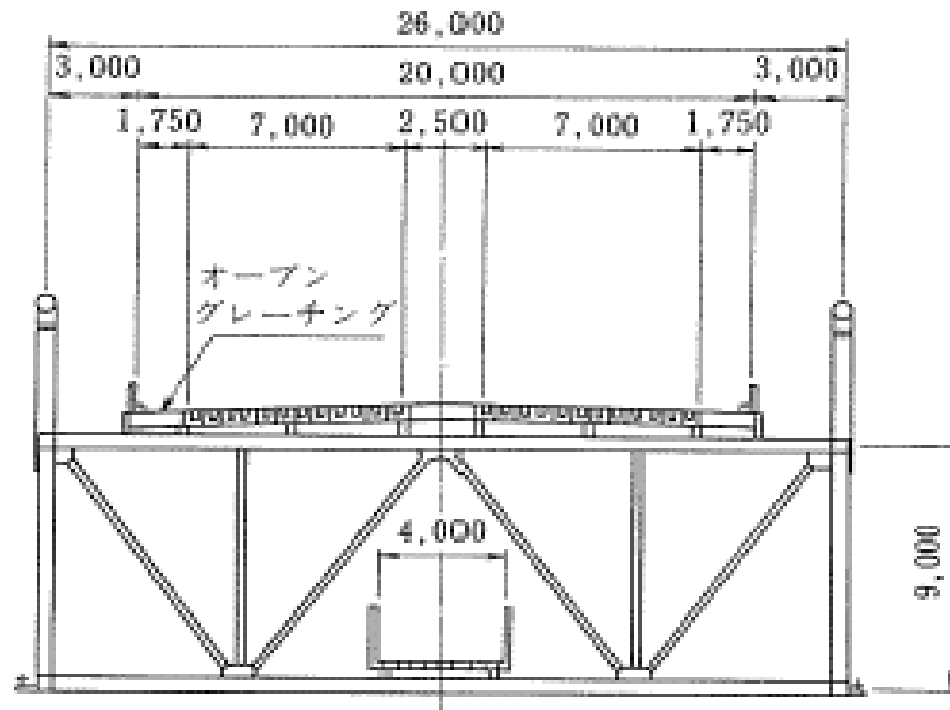
# 補剛桁断面(2)



# 補剛桁断面(3)



# 補剛桁断面(4)



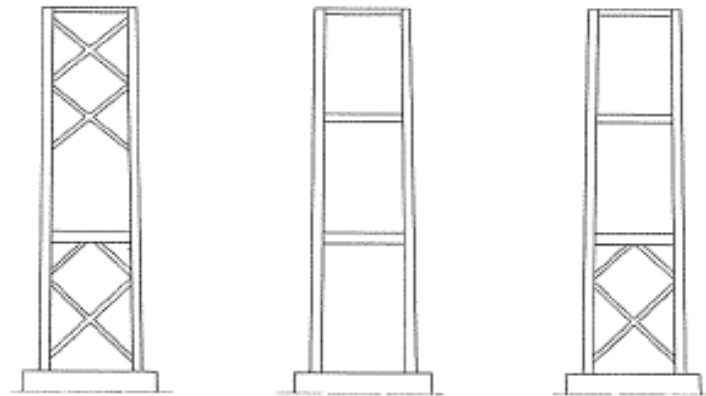
単位 mm

因島大橋

# つり橋補剛桁の桁高と桁幅

橋名	国名	完成年	中央支間長 (L) m	桁高 (H) m	桁幅 (B) m	H/L	B/L	B/H	補剛桁形式
ハンバー橋	イギリス	1981	1,410	4.5	22.0	1/313	1/64	4.9	箱桁
ベラザノナローズ橋	アメリカ	1964	1,298	7.3	30.6	1/177	1/42	4.2	トラス
ゴールデンゲート橋	アメリカ	1937	1,280	7.6	27.4	1/168	1/47	3.6	〃
マキナックストレー橋	アメリカ	1957	1,158	11.6	20.7	1/100	1/56	1.8	〃
南備讃瀬戸大橋	日本	工事中	1,100	13.0	30.0	1/85	1/37	2.3	〃
ボスボラス橋	トルコ	1973	1,074	3.0	28.0	1/358	1/38	9.3	箱桁
ジョージワシントン橋	アメリカ	1931	1,067	9.1	32.3	1/117	1/33	3.5	トラス
4月25日橋(サラザール橋)	ポルトガル	1966	1,013	10.7	21.0	1/95	1/48	2.0	〃
フォースロード橋	イギリス	1964	1,006	8.4	23.8	1/126	1/44	2.9	〃
北備讃瀬戸大橋	日本	工事中	990	13.0	30.0	1/	1/33	2.3	〃
セバーン橋	イギリス	1966	988	3.1	22.9	1/324	1/43	7.5	箱桁
下津井瀬戸大橋	日本	工事中	940	13.0	30.0	1/72	1/31	2.3	トラス
大鳴門橋	日本	1985	876	12.5	34.0	1/72	1/31	2.7	〃
タコマナローズ橋	アメリカ	1950	853	10.1	18.3	1/85	1/47	1.8	〃
因島大橋	日本	1983	770	9.0	26.0	1/86	1/30	2.9	〃

# 主塔の基本型式とケーブル位置

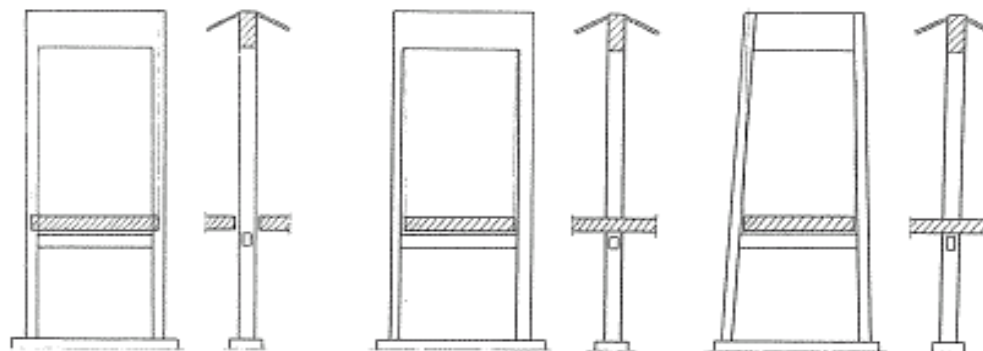


(a) トラス形式

(b) ラーメン形式

(c) 複合形式

図 3・15 主塔の骨組形式

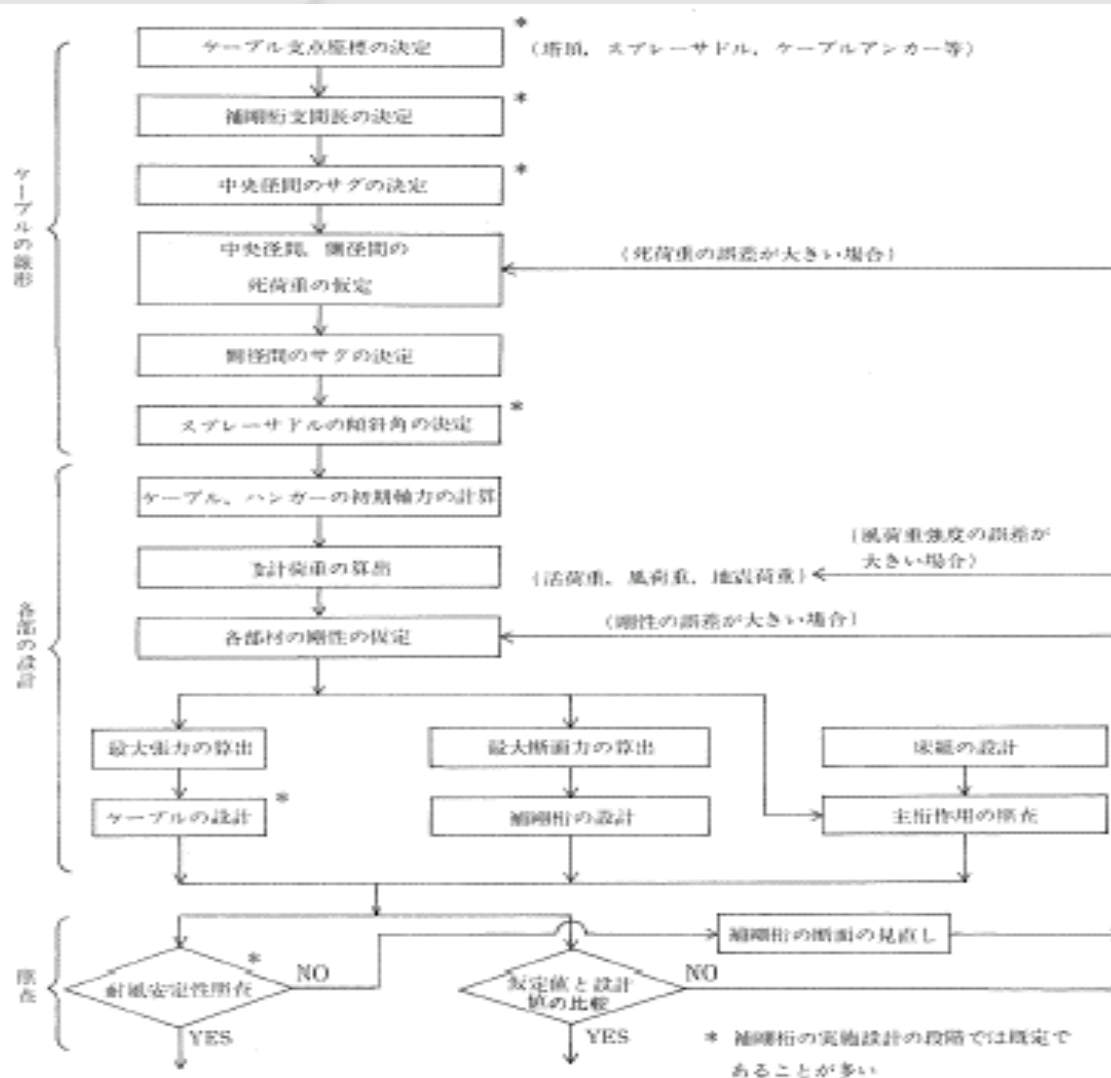


(a) 塔柱中心とケーブル中心を一致させた直塔

(b) 塔柱中心とケーブル中心を偏心させた直塔

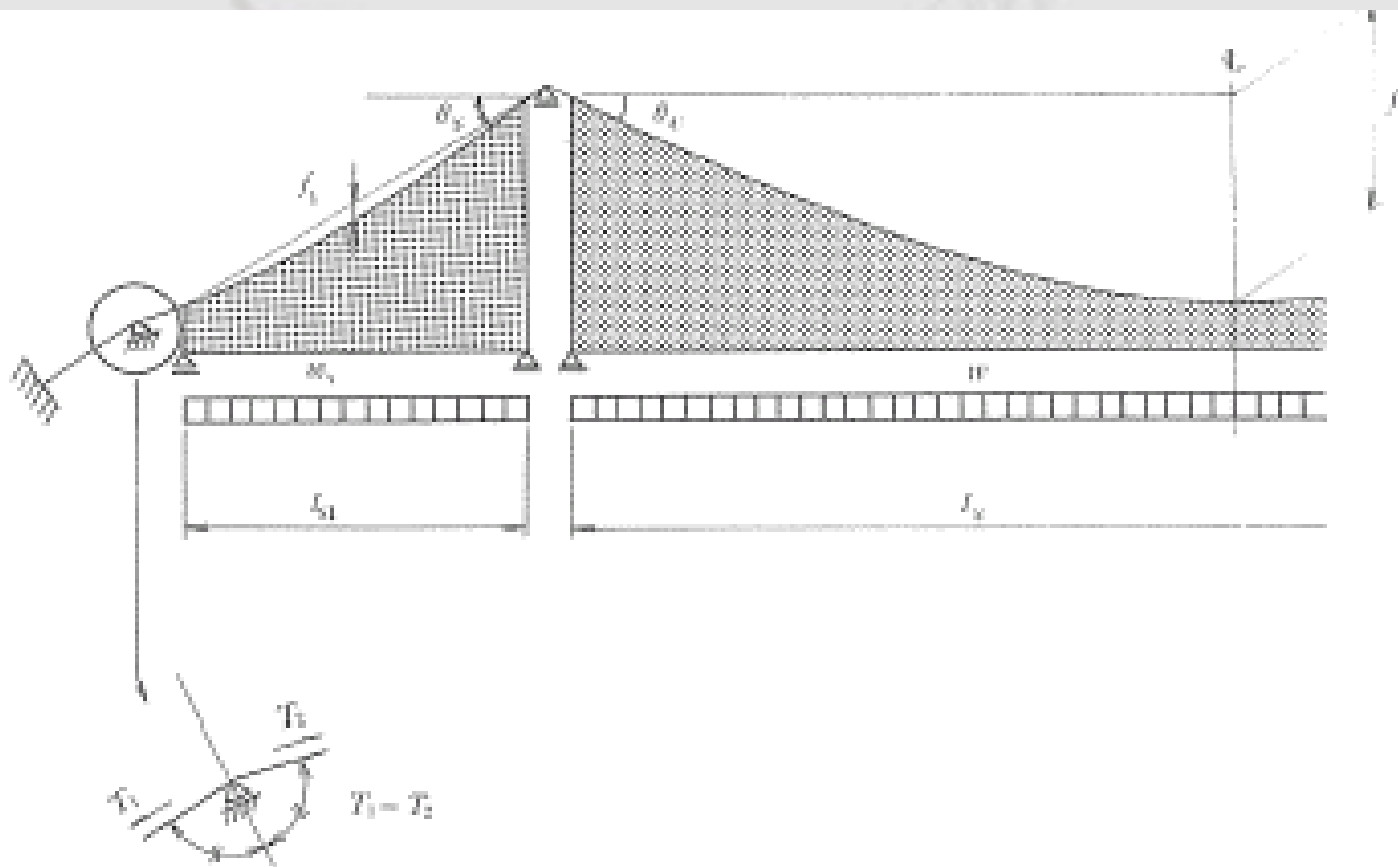
(c) 塔柱中心とケーブル中心を一致させた斜塔

# ケーブル部の設計



# 主ケーブル

$$f_1 = \left( \frac{w_1 \cdot l_{s1}^2}{w \cdot l_s^2} \right) f \quad \dots\dots\dots (3.1)$$





# サドル上の主ケーブルの滑り安全率

$$f = \frac{\mu(T_s \cdot \sin \theta_s + T_c \cdot \sin \theta_c + 2R)}{T_s - T_c} \dots\dots\dots (3.4)$$

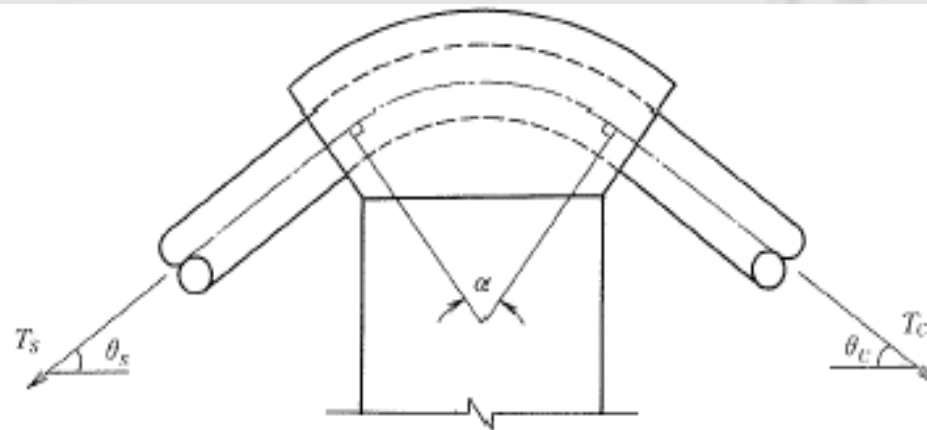


図 3.19 サドルと主ケーブル

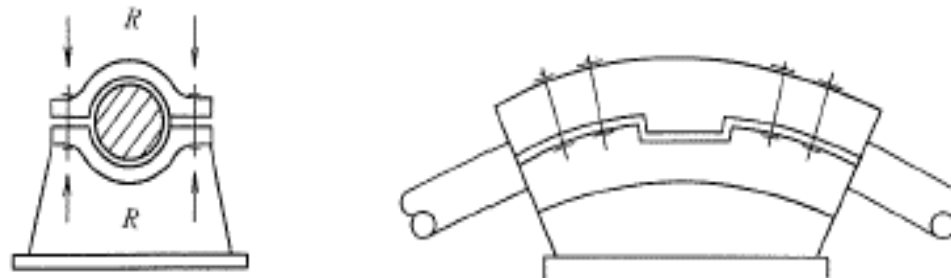
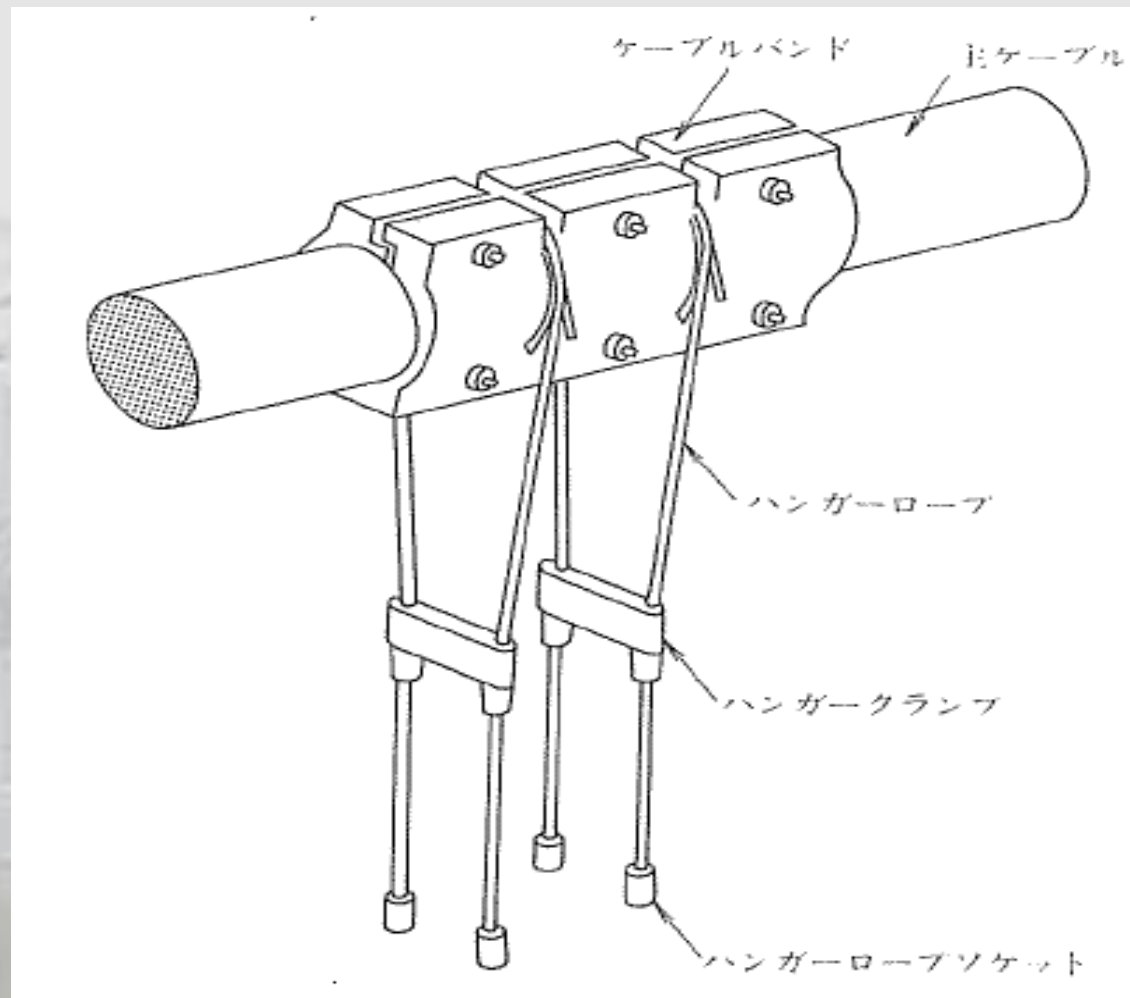
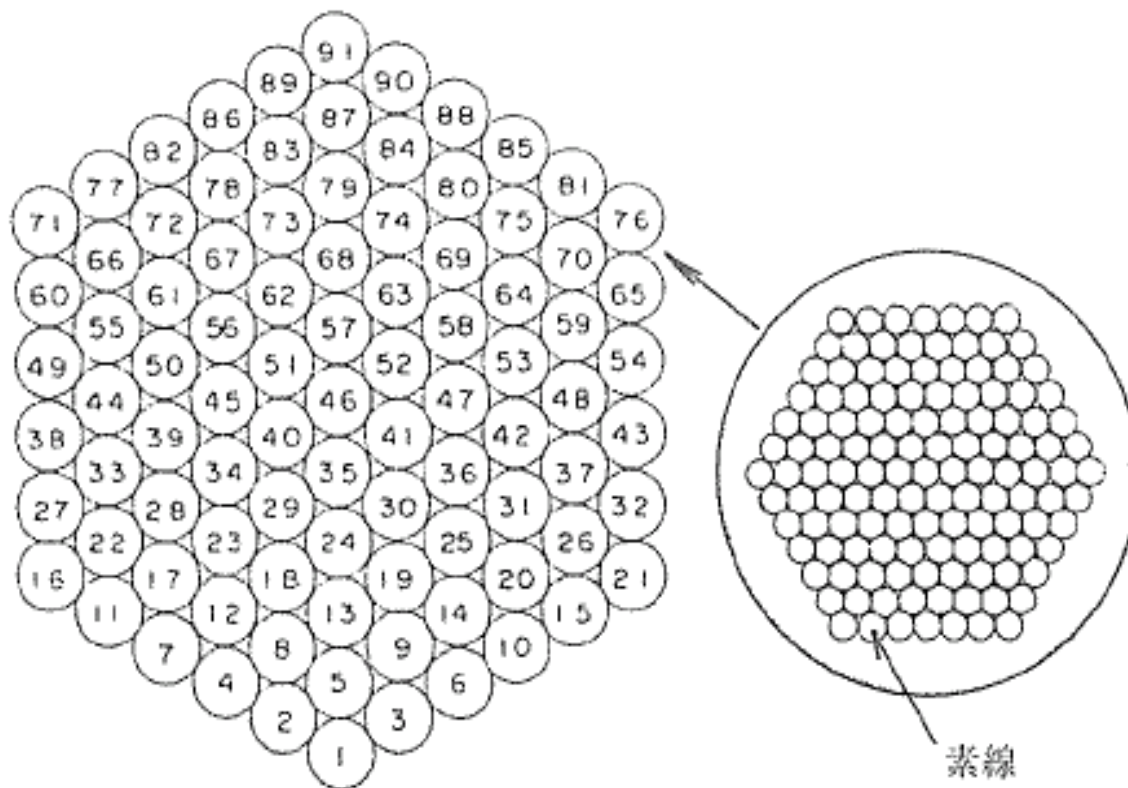


図 3.20 サドル蓋を利用した加圧

# 主ケーブルの設計



# 主ケーブルの構成



主ケーブル断面図  
(スクイズ前)

ストランド断面図

# ストランドの物理的特性と一般的な適用範囲

		ストランドの物理的特性		一般的な適用範囲
		ヤング係数(t/m <sup>2</sup> )	破断強度	
ワイヤ ロープ	ストランドロープ	$1.4 \times 10^7$	$0.85 \times \sigma_t$	中小規模吊橋
	スパイラルロープ	$1.6 \times 10^7$	$0.90 \times \sigma_t$	
平行線ストランド		$2.0 \times 10^7$	$0.95 \times \sigma_t$	長大吊橋

注)  $\sigma_t$ : ワイヤーの引張強度

# 許容応力度

	$\sigma_a$	$\sigma_t$	橋名
日本	58	160	関門橋
	56	160	因島大橋
	64	160	大鳴門橋, 南北備讃瀬戸大橋, 下津井瀬戸大橋
アメリカ	58	155	サンフランシスコオークランドベイ橋, ゴールデンゲート橋, マキナックストレージ橋
	58	158	ウォルトホイットマン橋
	61	158	ベラザノナローズ橋
イギリス	62	155	フォースロード橋
	70	155	セバーン橋
	70	160	ボスポラス橋, ハンバー橋

注)  $\sigma_t$ : ワイヤーの最小引張強度 ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

# 断面決定

最大張力  $T$  および許容引張応力度  $\sigma_a$  が決まれば、必要断面積  $A_{req}$  が求まる。

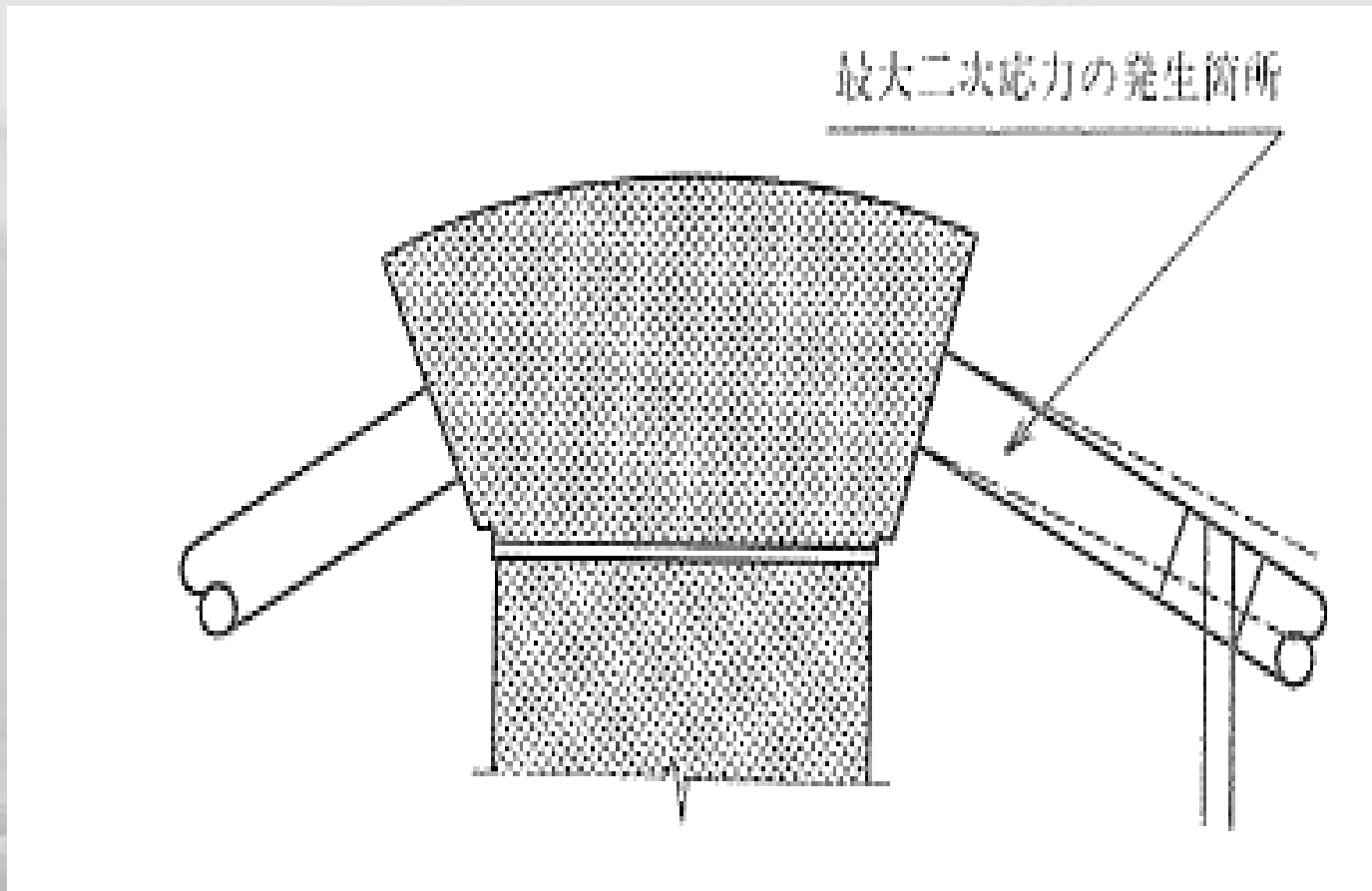
$$A_{req} = \frac{T}{\sigma_a} \dots\dots\dots (3.6)$$

$A_{req}$  から使用断面積  $A$  の求め方は後述するが、 $A$  に対する外径  $D$  は空隙率を  $\alpha$  とすると

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi(1-\alpha)} A} \dots\dots\dots (3.7)$$

$D$  があまり大きくなると主ケーブルの曲げによる二次応力が大きくなるので、 $D$  は 1 m 程度を限界としているようである。1 m を越える場合は、ダブルケーブルの検討が必要である。しかし、シングルとダブルとでは吊橋全般にわたって、設計・製作・架設上の差違が生じるので慎重な検討が必要である。二次応力が最も顕著に生じる箇所は、サドルの出口付近である（図-3.24 参照）。

# 主ケーブルの二次応力



# A.S.工法とP.S.工法の比較

	A.S.工法	P.S.工法
製作・輸送	ストランドの製作の必要がない。 輸送単位重量を比較的自由に選択できる。	ストランドの製作を行う分だけ不利である。 長大橋になる程、1ストランドの重量が大となり輸送が不利となる。
架設	工期は長く、多数の労務を必要とする。風によりワイヤーの交差よじれが生じやすい。	工期は短く、労務も少ない。 風による被害も少ない。
ストランド定着面の面積	1ストランドの素線数が多く、ストランド数が少ないので、定着面積が小さい。	輸送・架設の制約から1ストランドの素線数が少なくストランド数が多いので定着面積が大となる。



## 下津井瀬戸大橋と因島大橋の主ケーブルの比較

	下津井瀬戸大橋	因島大橋
工 法	A.S.工法	P.S.工法
ケーブル直径	940mm	610mm
1ケーブル当り ストランド数	44本	91本
1ストランド当り ワイヤー本数	552本	127本
1ケーブル当り ワイヤー本数	24,288本	11,557本

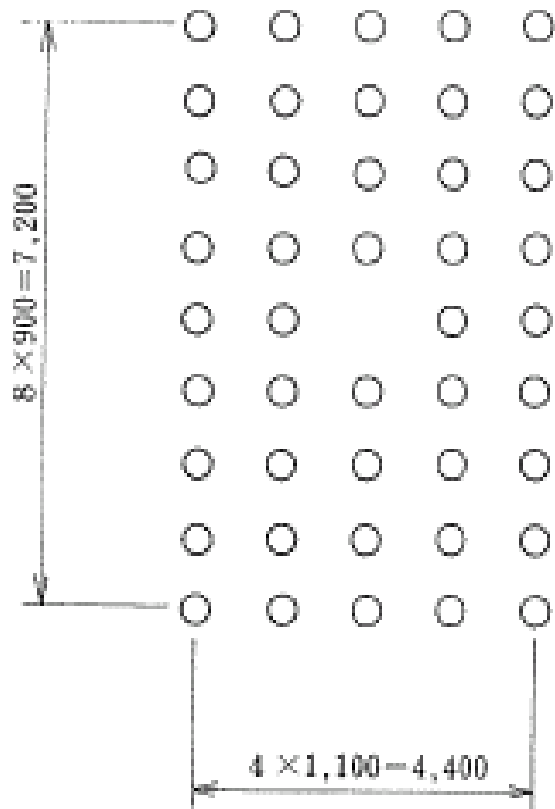
# 主ケーブルの緒元

橋名	国名	中央径間長 (m)	工法	ケーブル構成
ハンバーク橋	イギリス	1,410	A.S.	404素線×37ストランド
ベラザノナローズ橋	アメリカ	1,298	A.S.	428×61×2ケーブル
ゴールデンゲート橋	アメリカ	1,280	A.S.	452×61
マキナックストレート橋	アメリカ	1,158	A.S.	340×37
南備讃瀬戸大橋	日本	1,100	P.S.	127×271
ジョージワシントン橋	アメリカ	1,067	A.S.	434×61×2
フォースロード橋	イギリス	1,006	A.S.	320×36
北備讃瀬戸大橋	日本	990	P.S.	127×234
セバーン橋	イギリス	988	A.S.	440×19
下津井瀬戸大橋	日本	940	A.S.	552×44
大鳴門橋	日本	876	P.S.	127×154
因島大橋	日本	770	P.S.	127×91
関門橋	日本	712	P.S.	91×154
サンフランシスコオークランドベイ橋	アメリカ	704	A.S.	472×37
ニューポート橋	アメリカ	488	P.S.	61×76
平戸大橋	日本	465	A.S.	228×19

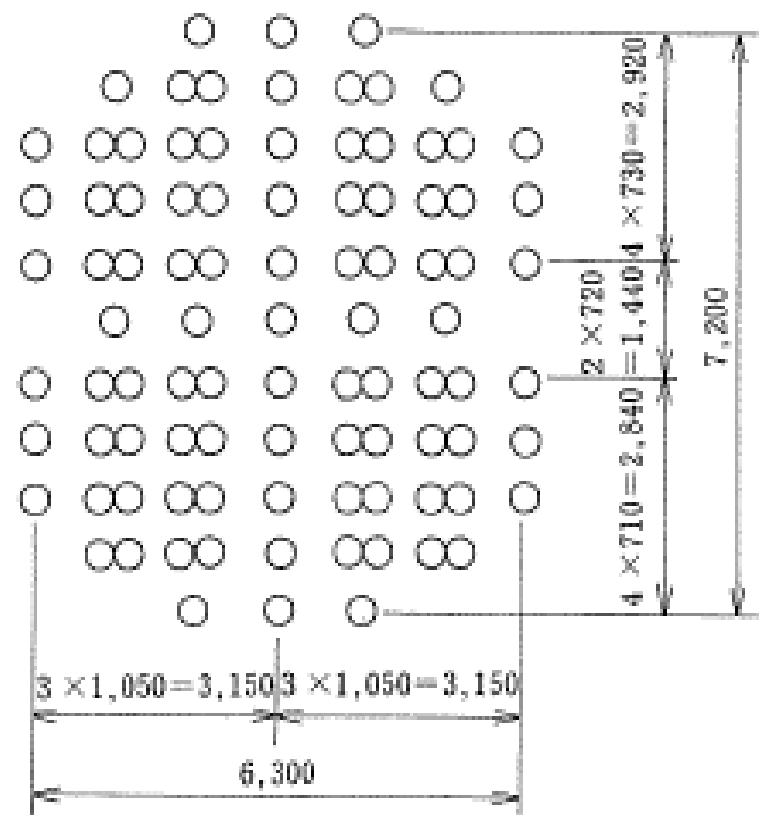
# ケーブル空隙率

橋名	国名	ケーブル径 (mm)	架設方式	バンド取付点 空隙率 (%)	バンド取付中 間点空隙率 (%)
ジョージワシントン橋	アメリカ	911	A.S.	21.2	22.7
ゴールデンゲート橋	アメリカ	909	A.S.	17.4	19.4
旧タコマナローズ橋	アメリカ	434	A.S.	17.0	20.2
タコマナローズ橋	アメリカ	511	A.S.	17.2	19.8
フォースロード橋	イギリス	603	A.S.	18.9	21.7
4月25日橋	ポルトガル	586	A.S.	20.8	22.8
ニューポート橋	アメリカ	387	P.S.	18.6	21.5
ボスポラス橋	トルコ	580	A.S.	20.7	22.2
関門橋	日本	664	P.S.	16.8	19.5
平戸大橋	日本	365	A.S.	19.7	22.4
因島大橋	日本	610	P.S.	17.2	19.9

# A.S.工法とP.S.工法の定着比較

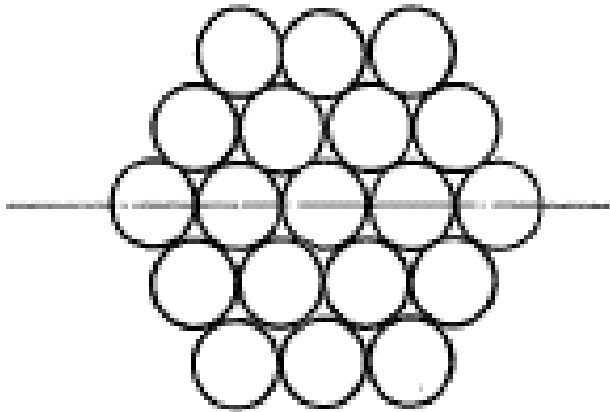


下津井瀬戸大橋ケーブル定着面の形状 (A.S.工法)

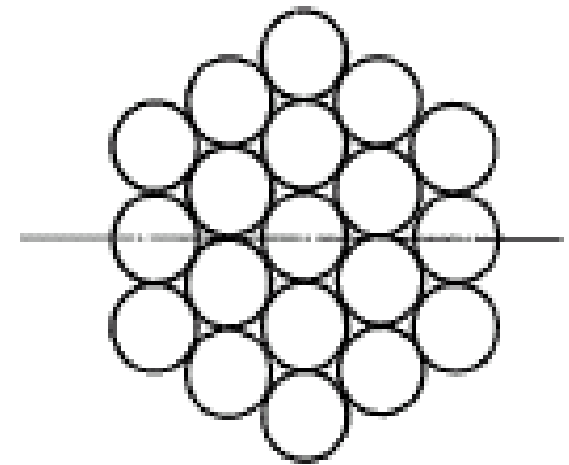


因島大橋ケーブル定着面の形状 (P.S.工法)

# ストランドの配置方法

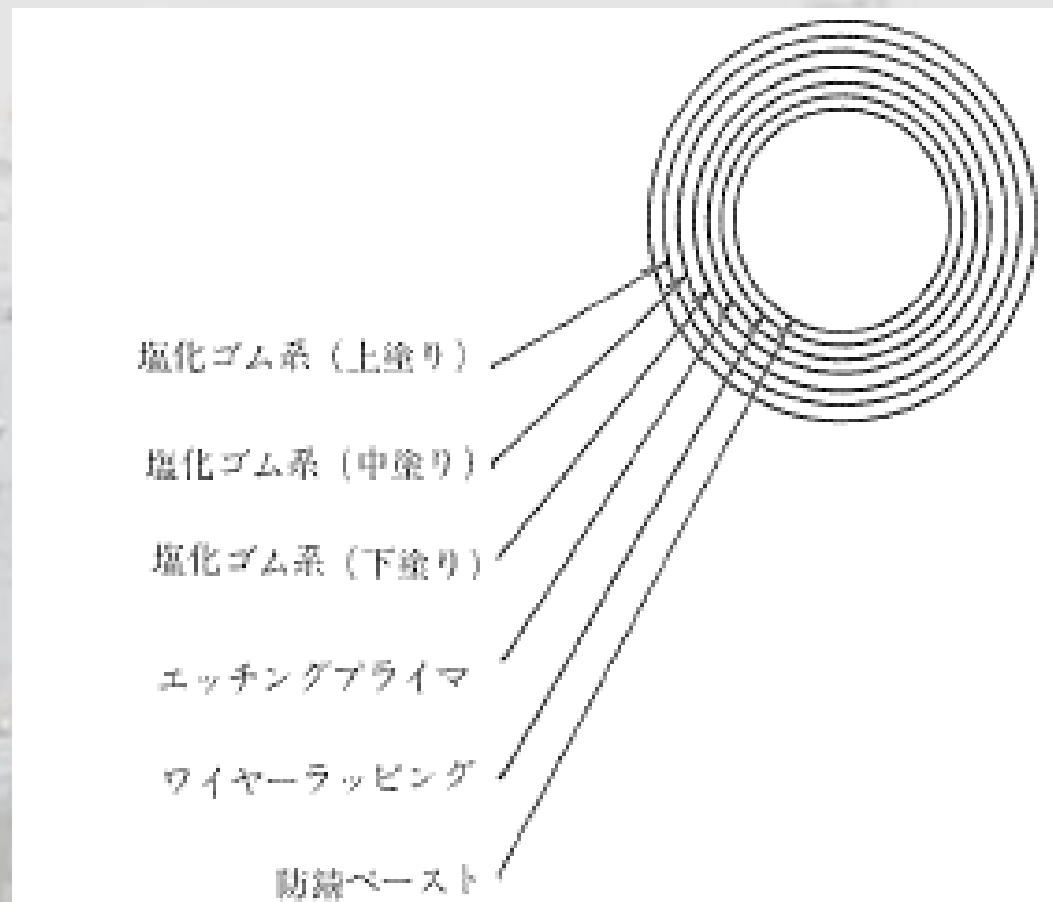


(a) フラットトップ型



(b) ポイントトップ型

# ワイヤーラッピング防錆方法



## 主ケーブル構成と素線径

	ストランド数	素線数	素線径
関門橋	154*	91	5.04
因島大橋	91	127	5.17
大鳴門橋	154*	127	5.37
南備讃瀬戸大橋	271	127	5.12
北備讃瀬戸大橋	234*	127	5.18

注) \*は変形六角形, 素線数は1ストランド当り

# ケーブルバンドの設計法

(1) 所要ボルト本数  $n$

$$n \geq \frac{\nu \cdot T_h \cdot \sin \theta}{m \cdot \mu \cdot N} \dots\dots\dots (3.8)$$

ここに

$n$  : 所要ボルト本数

$\nu$  : すべり安全率 (=3.0)

$T_h$  : ハンガー張力

$\theta$  : ケーブル傾斜角

$m$  : バンドの内圧分布状態に関する係数で、バンドとケーブル間の円周方向の摩擦を考慮し、無視した場合の  $m=\pi$  から 2.8 に減少させた。

$\mu$  : バンドとケーブル間の摩擦係数 (=0.15)

$N$  : ボルトの締付け力 (=  $A \cdot \sigma_e$ )

$A$  : ボルトの有効断面積

$\sigma_e$  : 設計ボルト締付け応力度

$$= 0.70 \times \text{導入応力度} (= 0.75 \times \sigma_Y) = 0.525 \sigma_Y$$



# ケーブルバンドの設計

- ① 空隙率を 18% と仮定し、設計するのを標準とする。
- ② ボルトの締付けによる内圧は、 $100 \text{ kg/cm}^2$  以下とするのを標準とする。
- ③ ケーブルバンドは次式によって照査するのを原則とする。

$$\sigma = \frac{N}{2l \cdot t} \leq \frac{1}{3} \sigma_y \dots\dots\dots (3.9)$$

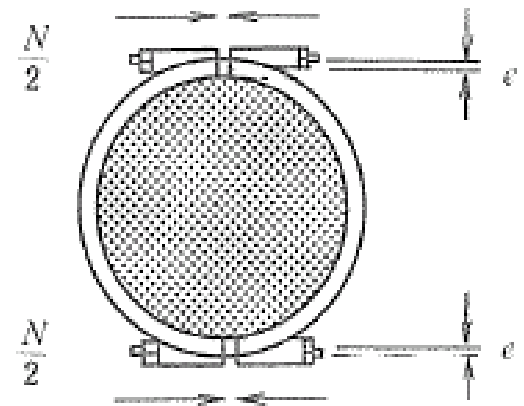
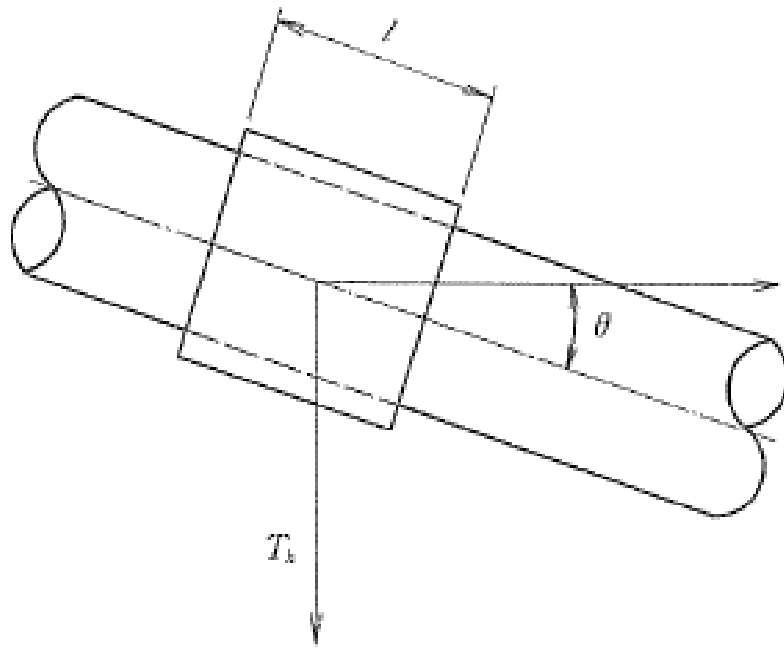
ここに、 $N$ ：バンドボルトの全締付け力

$l$ ：バンド長

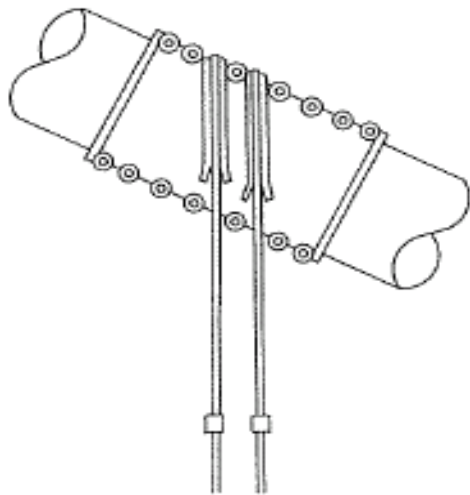
$t$ ：バンドの肉厚

$\sigma_y$ ：バンド材料の降伏点

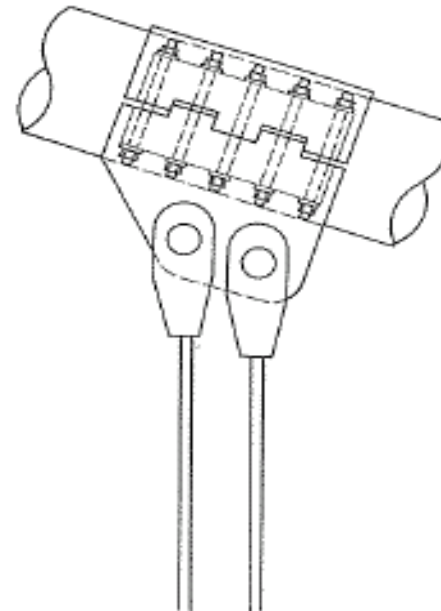
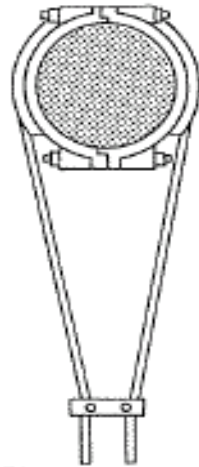
# ケーブルバンド



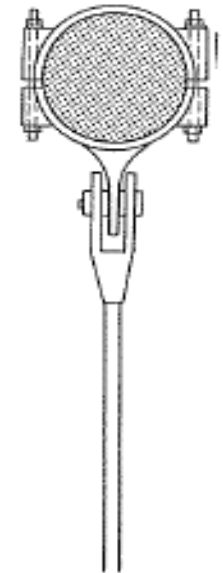
# ケーブルバンドの種類



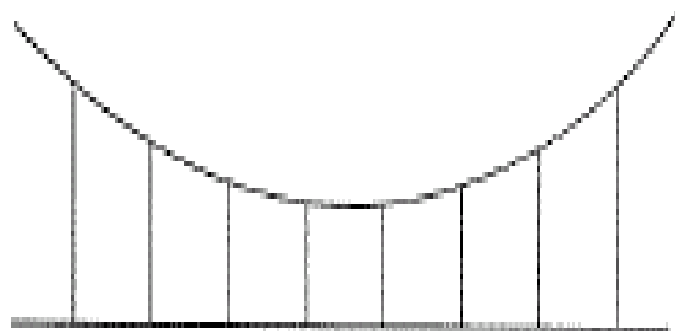
鞍掛け方式（縦縦じ型）



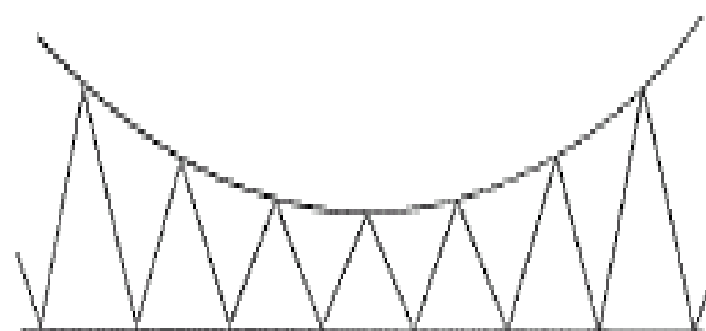
ピン連結方式（横縦じ型）



# ハンガーの設計



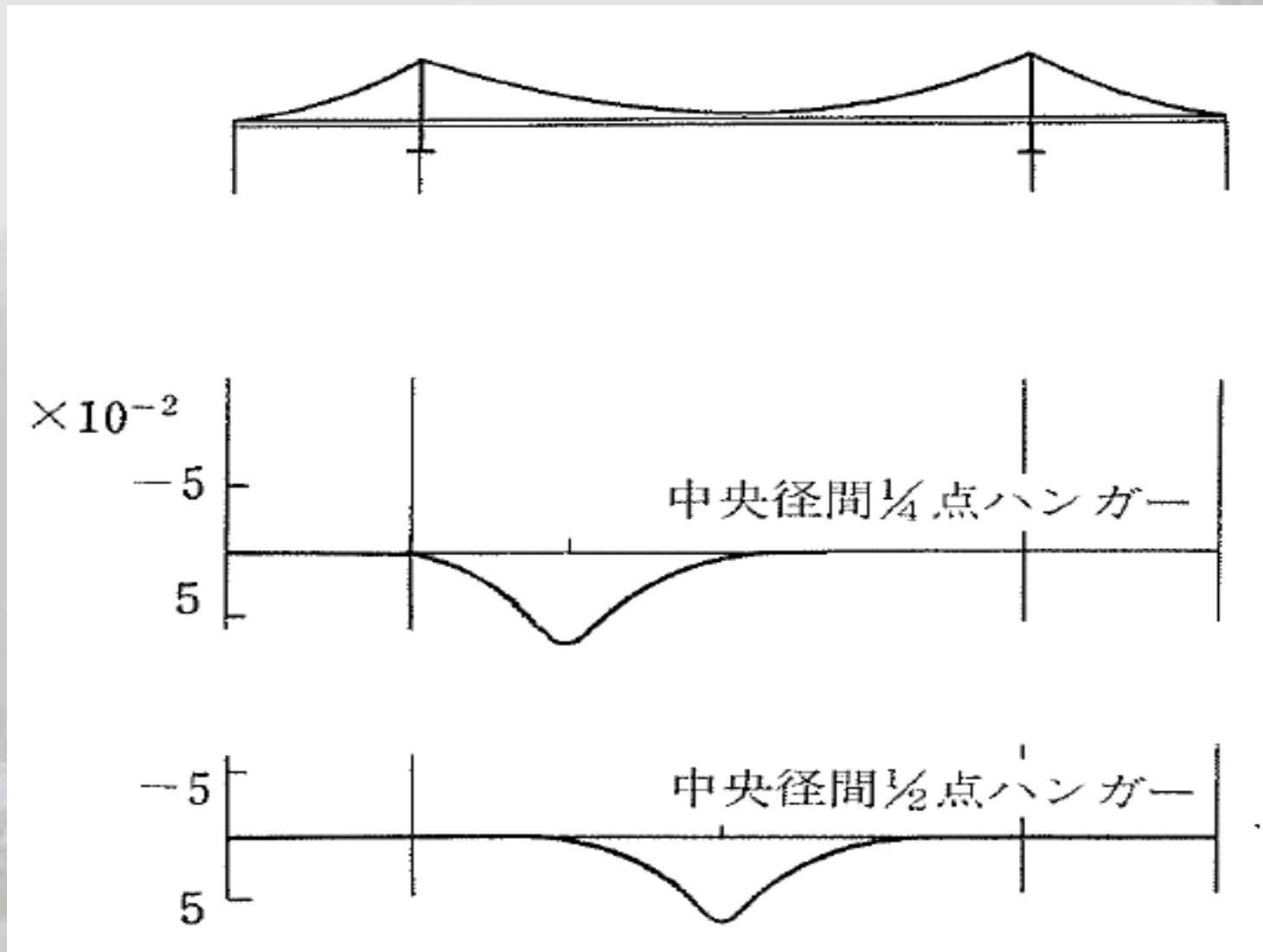
鉛直ハンガー



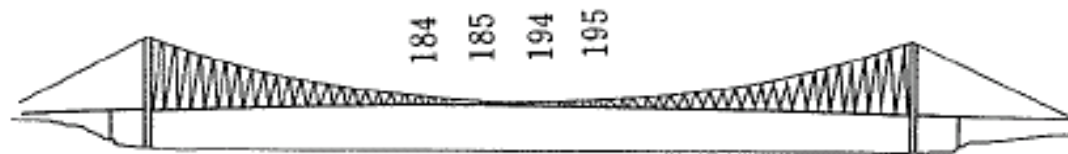
斜めハンガー

図 3・34 ハンガーの吊り方式の種類

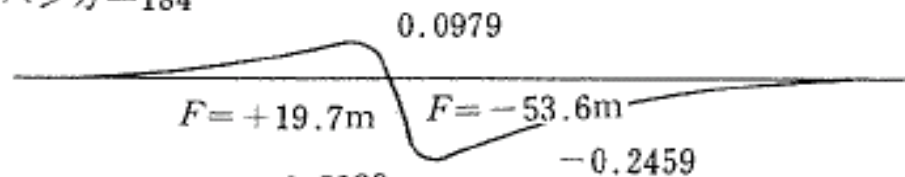
# 鉛直ハンガーの影響線



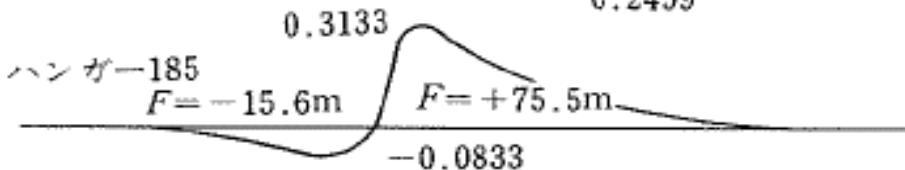
# 斜めハンガーの影響線



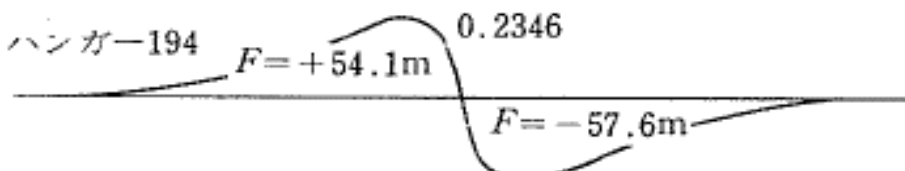
ハンガー184



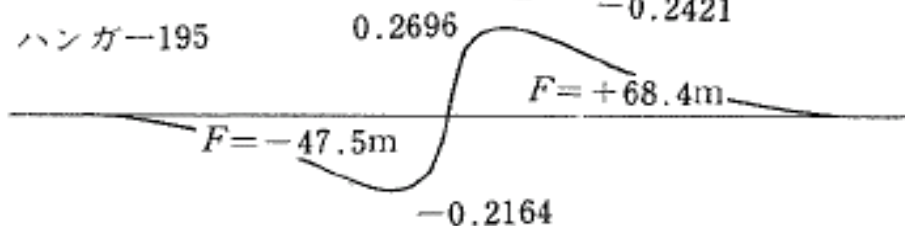
ハンガー185



ハンガー194



ハンガー195



# 斜めハンガーの特徴

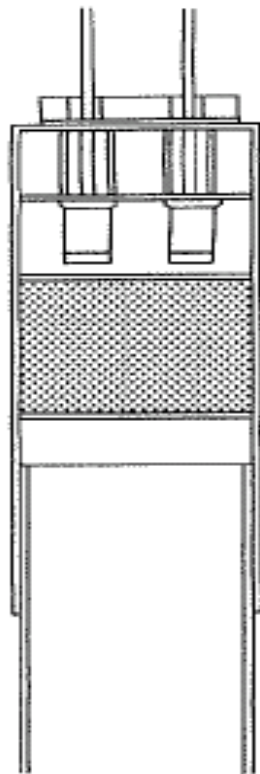
- ① 斜めハンガーがトラス作用をするので、鉛直ハンガーよりもたわみ等の構造特性は良い。1,000 m 級吊橋のたわみ振動に関して、鉛直ハンガーよりも対称一次で 10%、逆対称一次で 30% 振動数が高くなった計算例が見受けられる。
- ② 斜めハンガーの履歴現象 (hysteresis) により、構造減衰が増加する。セバーン橋等は、箱桁が全溶接のため構造減衰が小さいので、斜めハンガーにそれを期待しているようである。

## 短所

- ① 斜めハンガーのトラス作用により、活荷重による応力変動が大きいため疲労の検討が必要である (図-3.35 参照)。

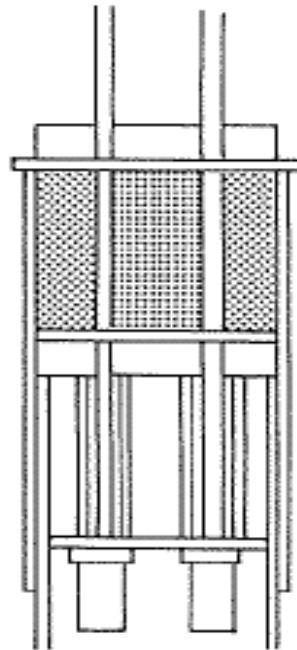
# ハンガ一定着構造

タイプ1



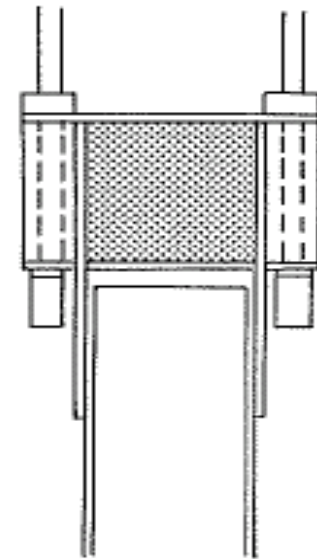
フランジ上に定着  
(マタディ橋)

タイプ2



フランジを貫通  
(ゴールデンゲイト橋)  
(タコマナローズ橋)

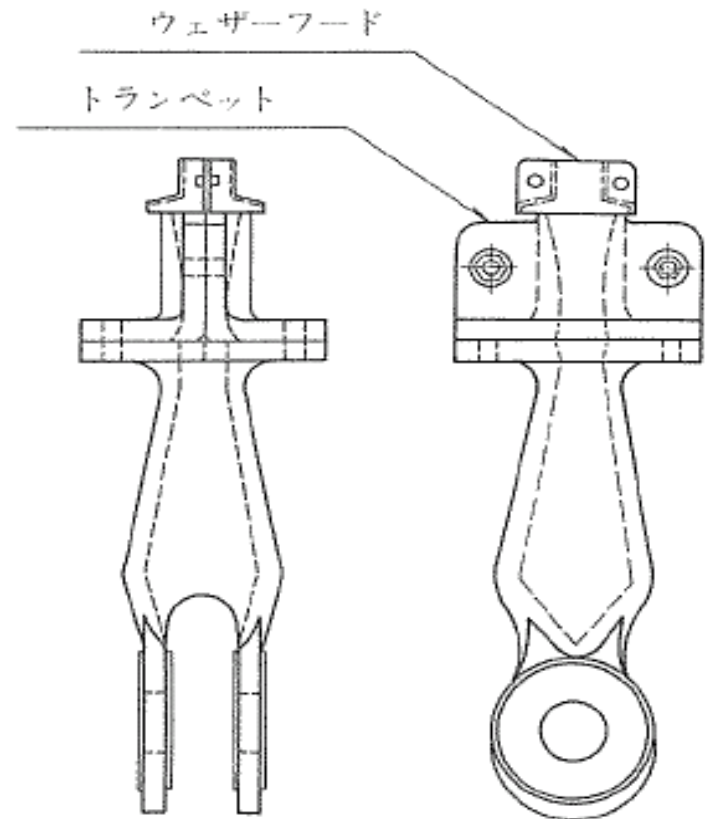
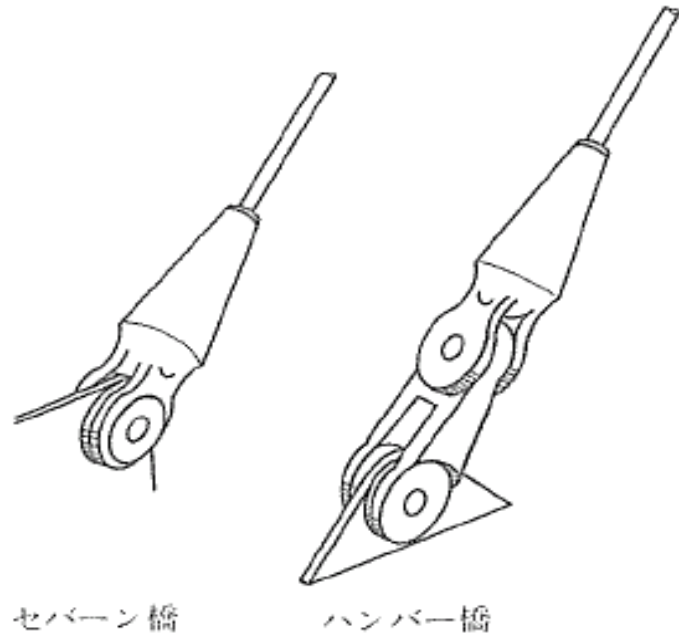
タイプ3



ウェブの外側  
(因島大橋)  
(関門橋他多数)



# ハンガーソケット



第2 ポスボラス案

# 吊り構造部の設計

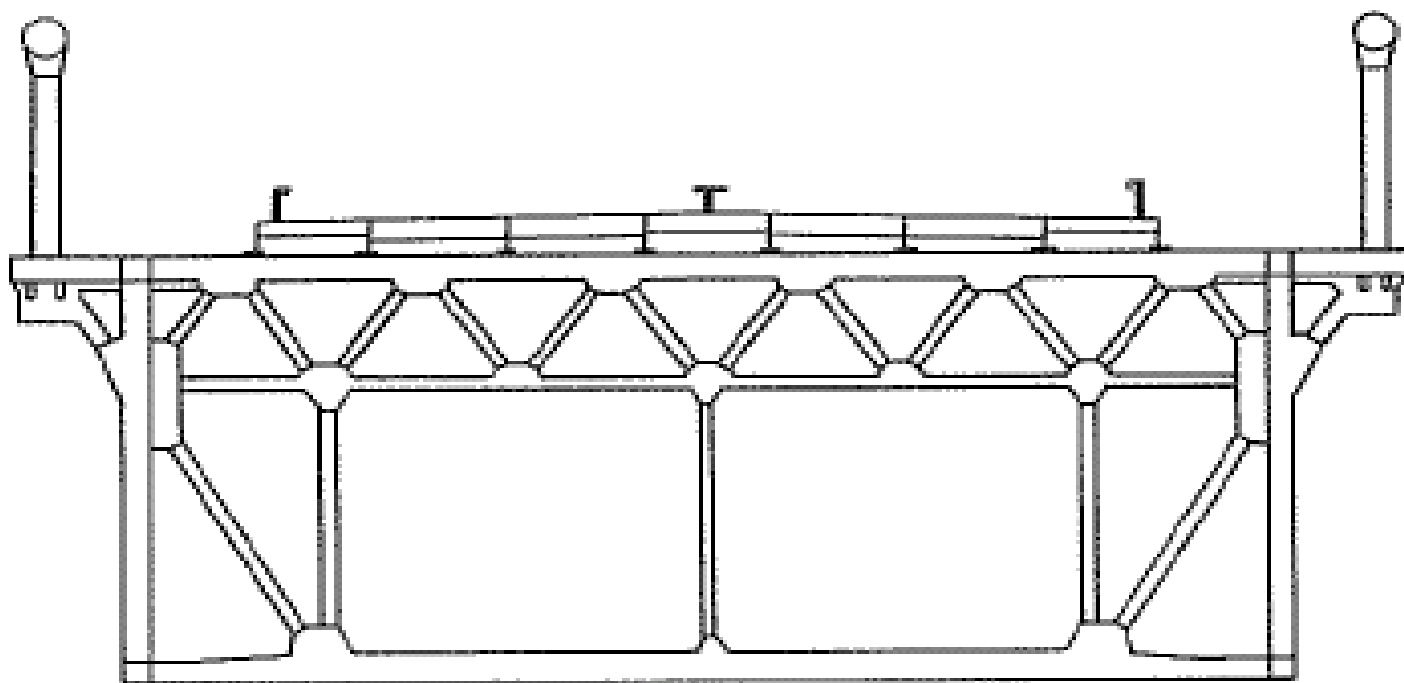
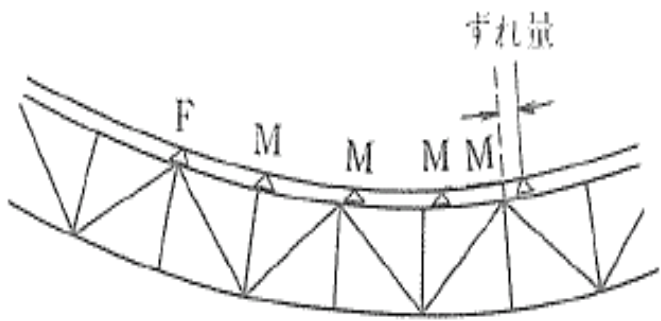
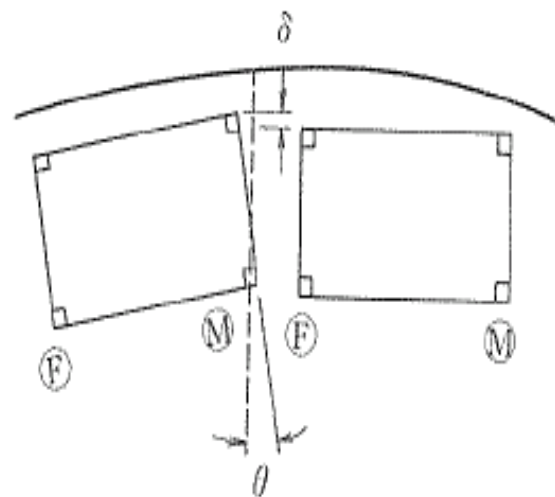


図 3・54 上乗せ方式の鋼床版縦桁

# 補剛桁と鋼床版のずれ



面内変形

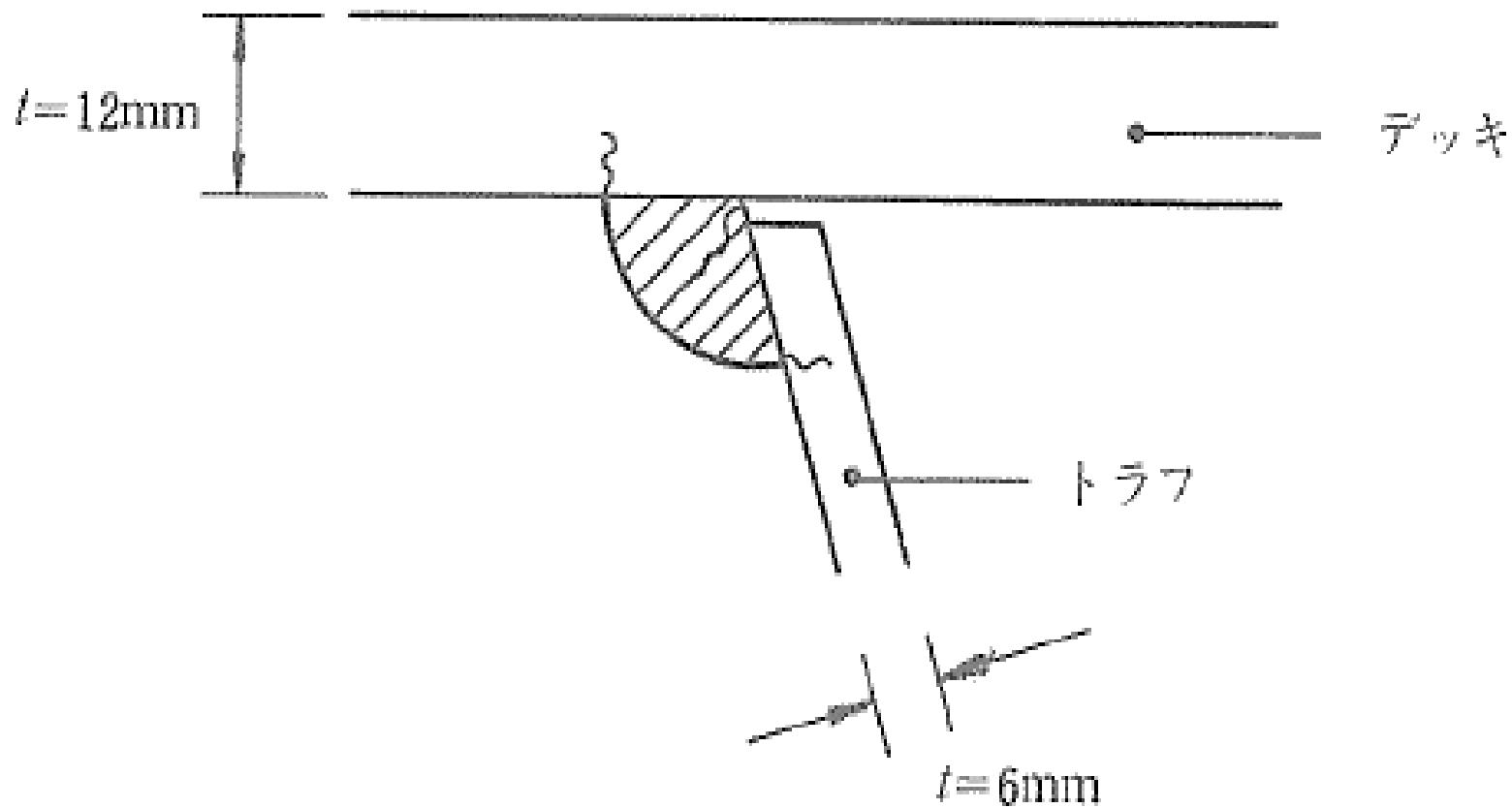


面外変形

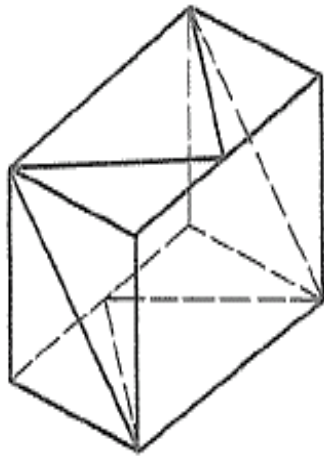


伸縮継手部

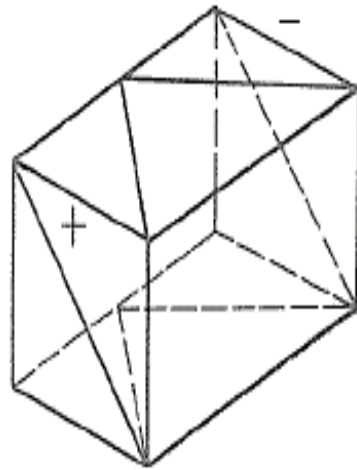
# 鋼床版部とUリブ部のクラック



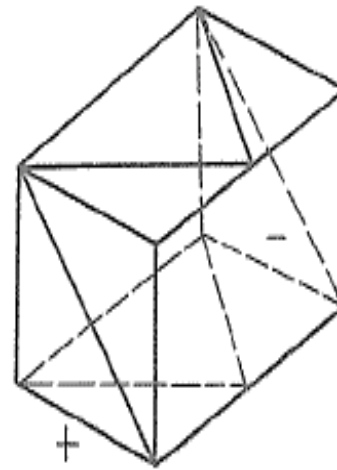
# トラスの基本骨組



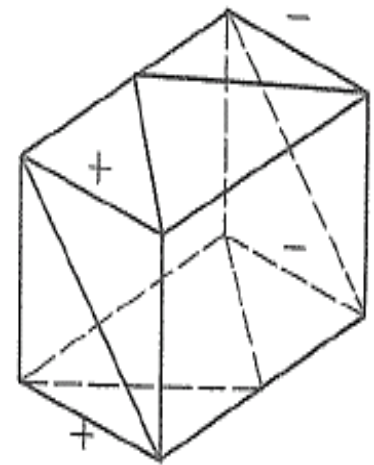
タイプ1



タイプ2



タイプ3



タイプ4

# 日本の代表的なトラス組み

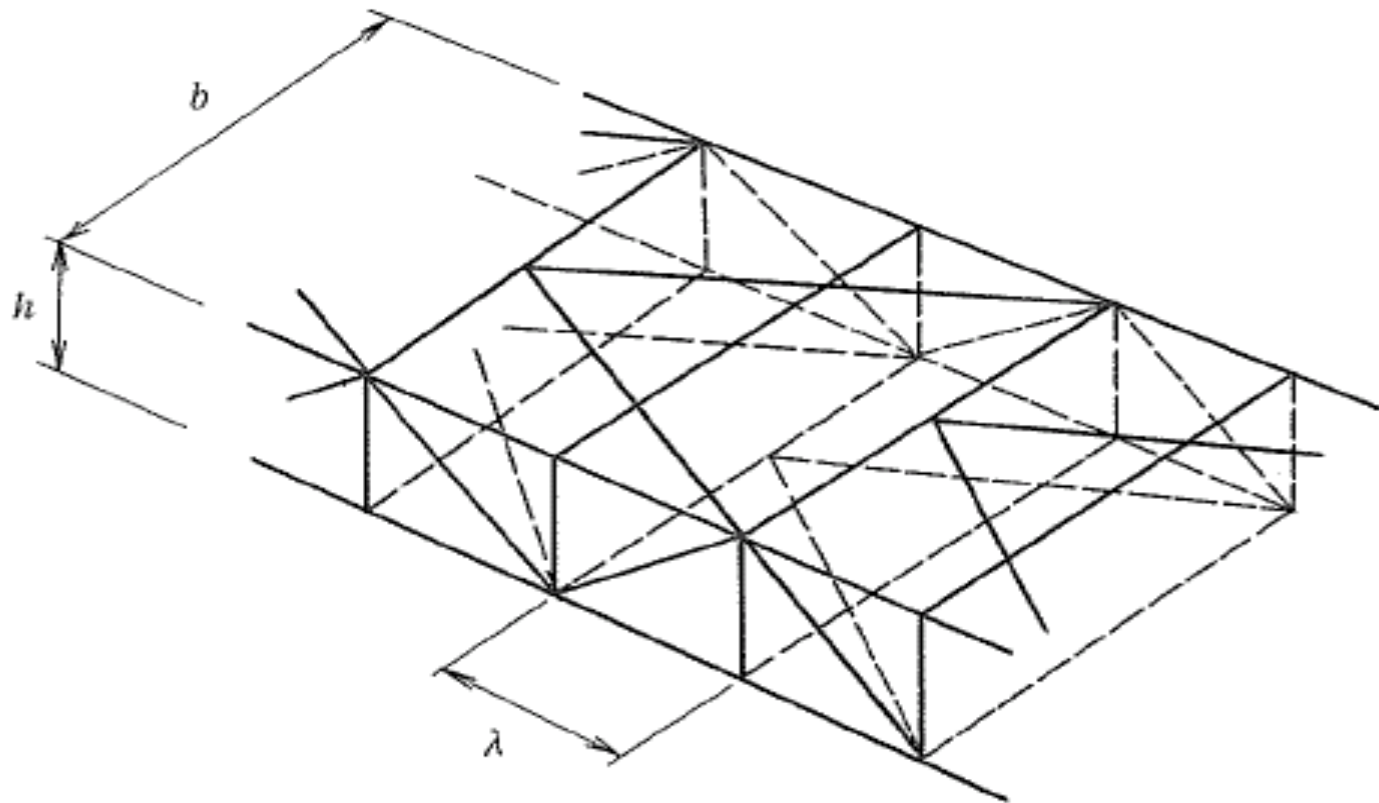
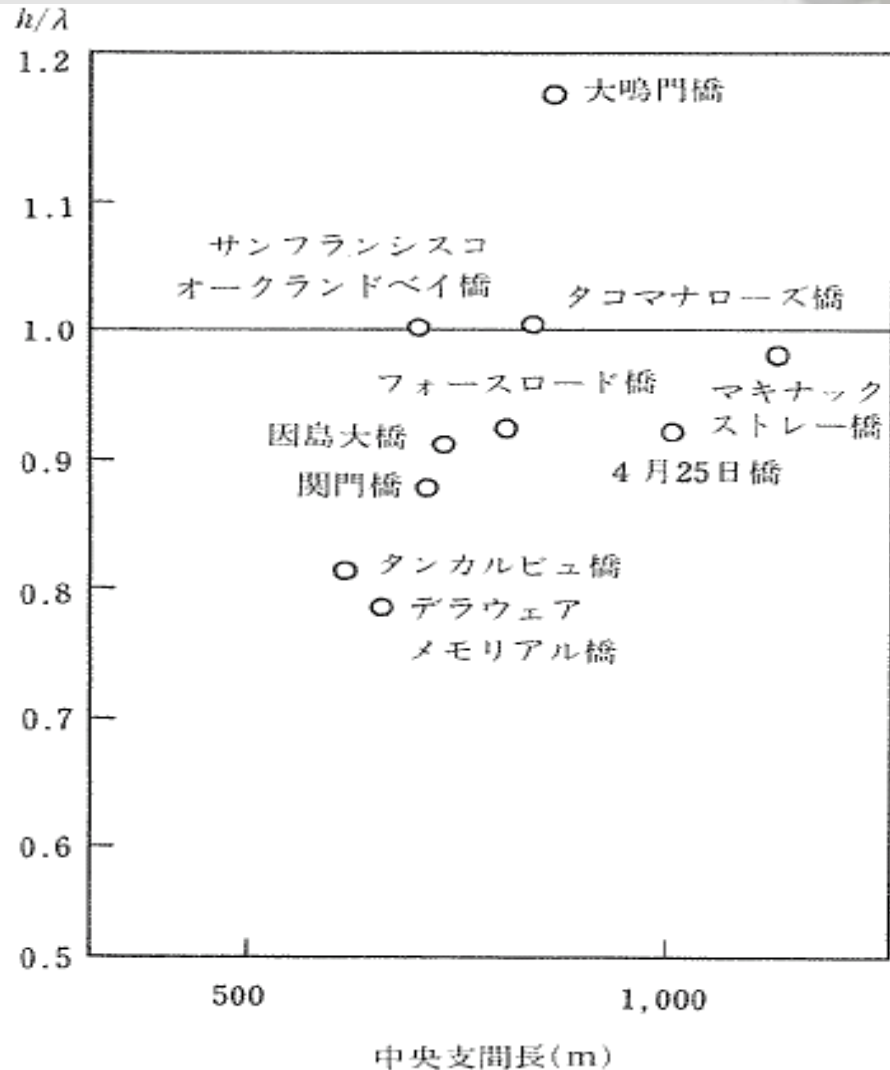
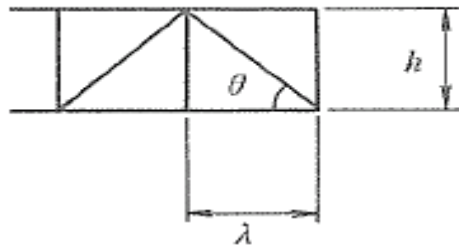
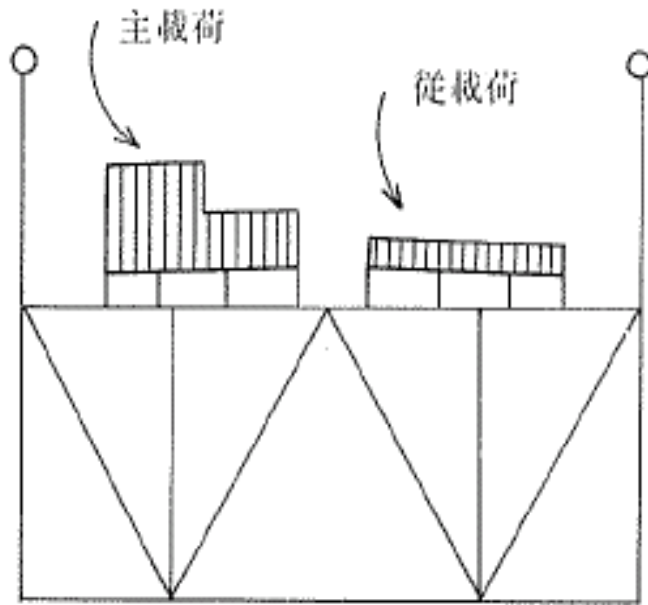


図 3・63 関門橋, 因島大橋, 大鳴門橋の補剛トラスの組み方

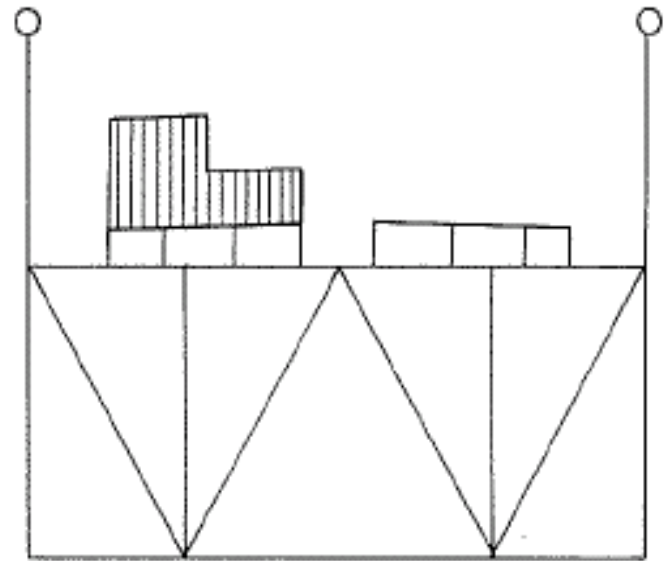
# 主構高(h)とパネル間隔( $\lambda$ )



# 活荷重載荷方法



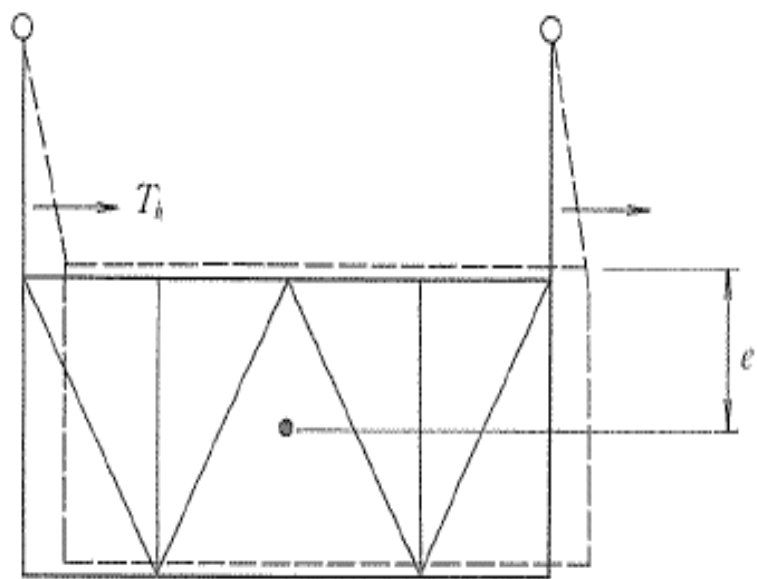
鉛直荷重最大時



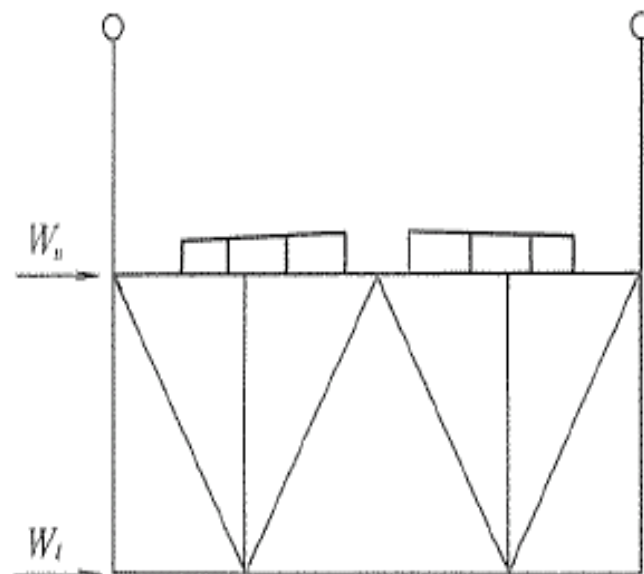
ねじり荷重最大時



# 風荷重(面外荷重)

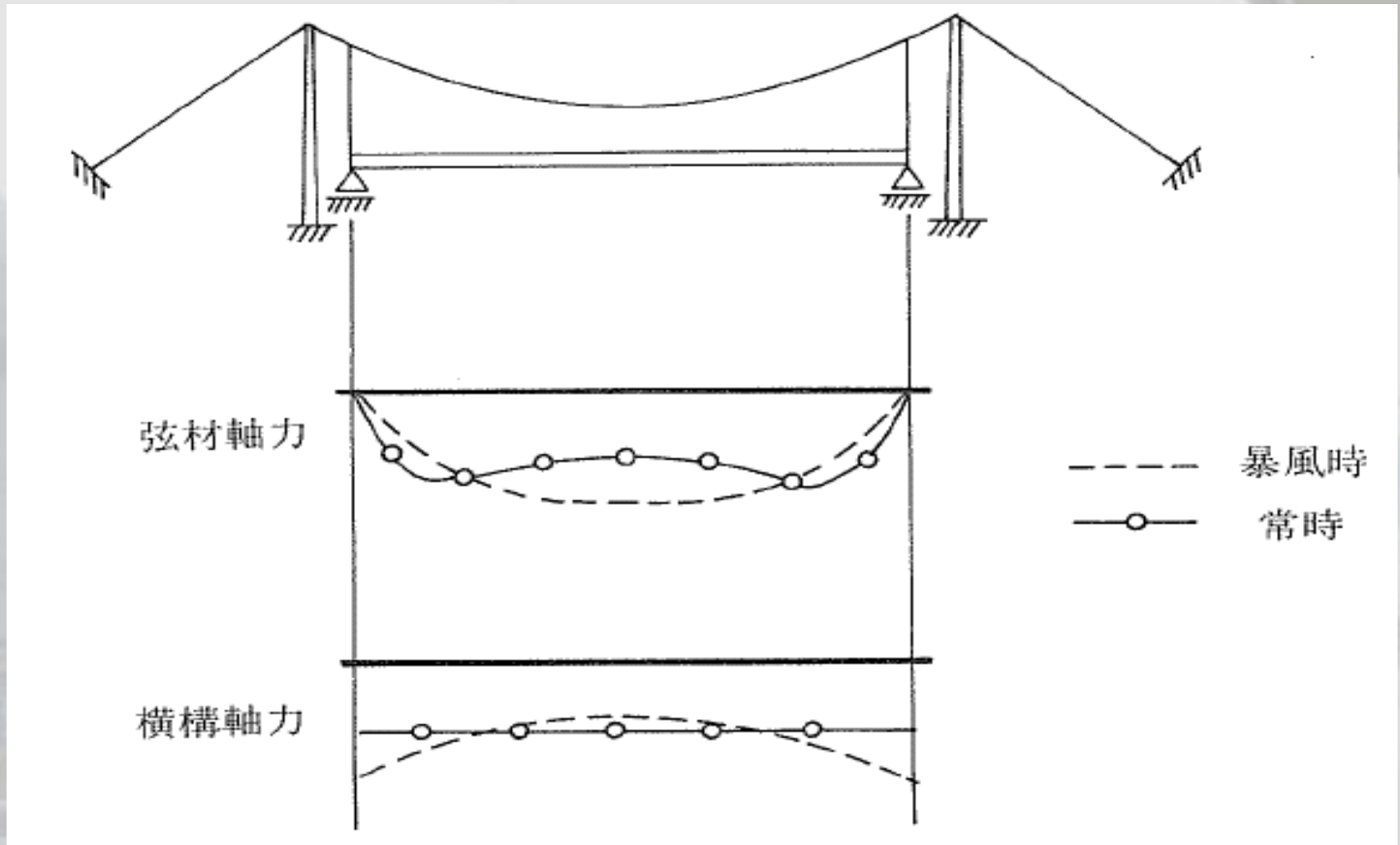


(a)

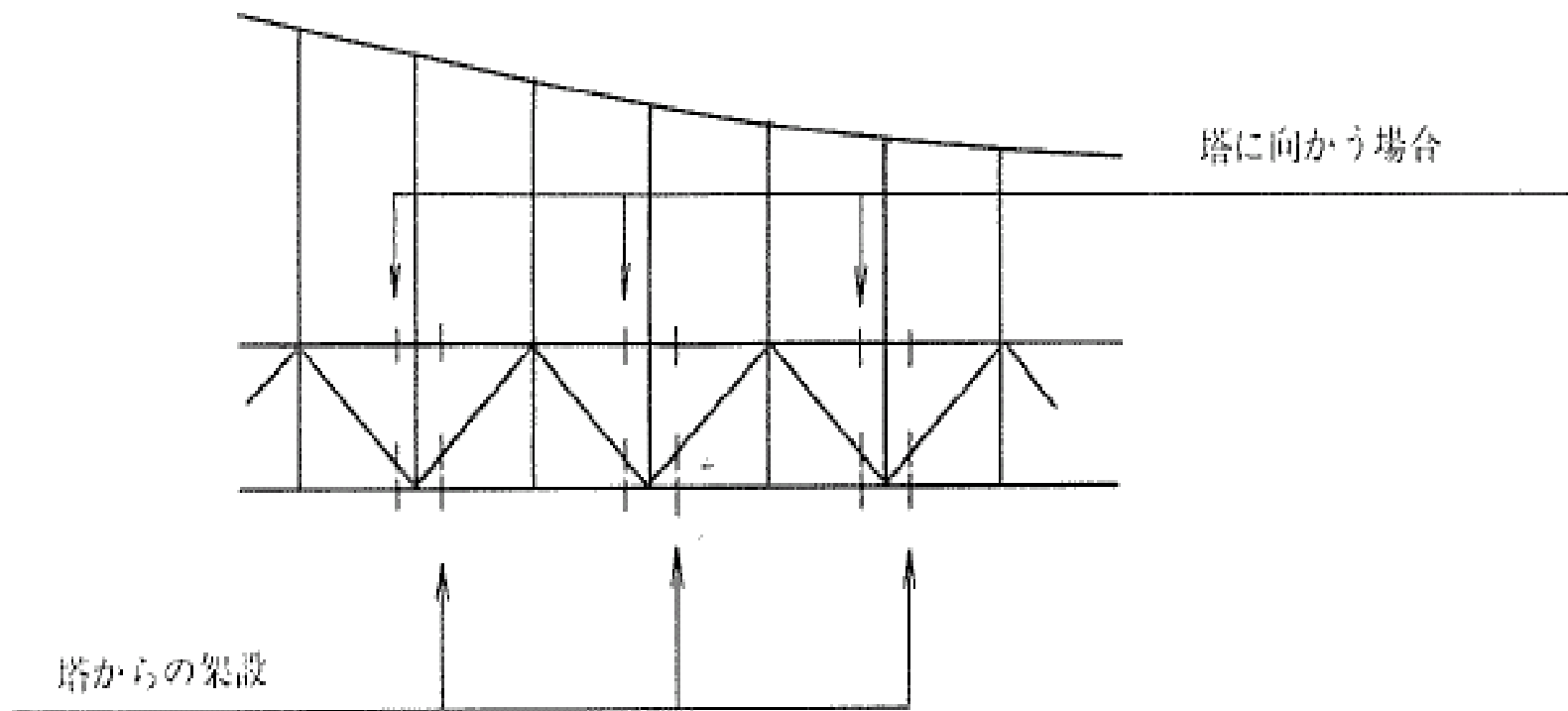


(b)

# 長大橋の応力概念図

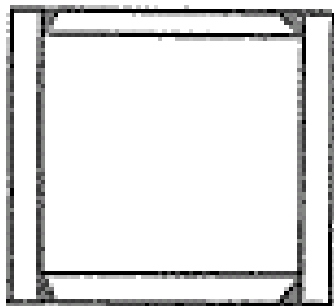


# 架設方法と継手の位置



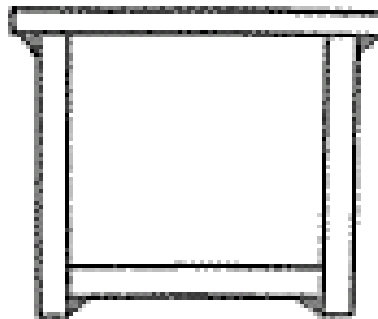
# 上弦材の種類

## 上弦材の種類



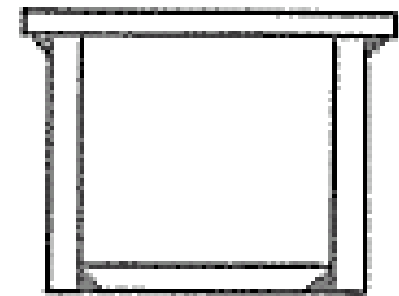
a

(関門橋)



b

(因島大橋)  
(大鳴門橋)

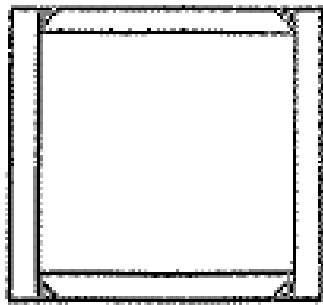


c

(南北備讃瀬戸大橋)  
(下津井瀬戸大橋)

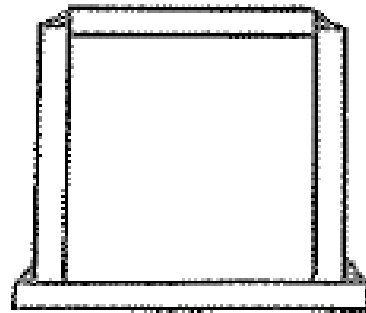
# 下弦材の種類

## 下弦材の種類



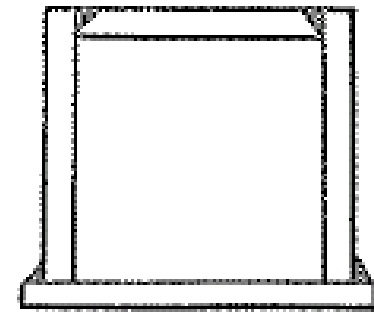
d

(関門橋)



e

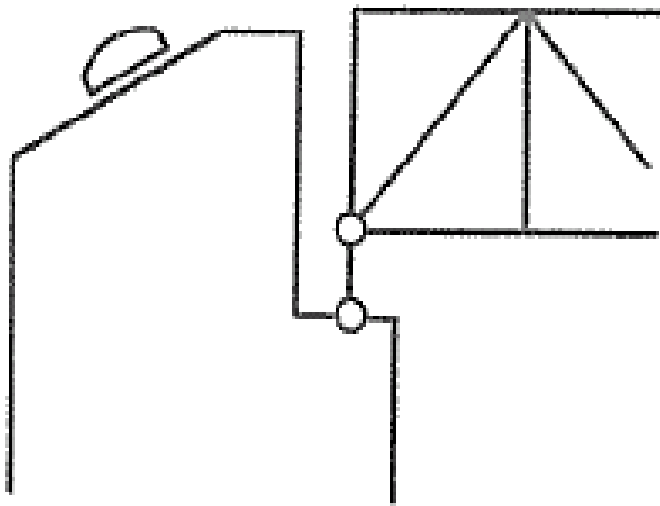
(因島大橋)



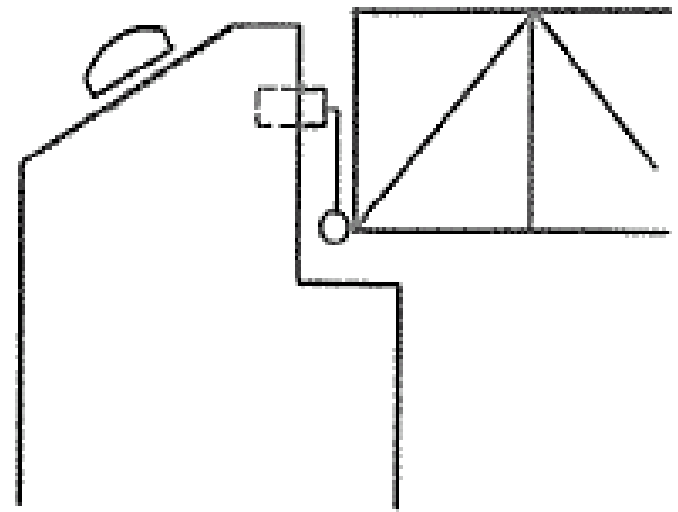
f

(大鳴門橋  
南北備讃瀬戸大橋  
下津井瀬戸大橋)

# エンドリングの構造

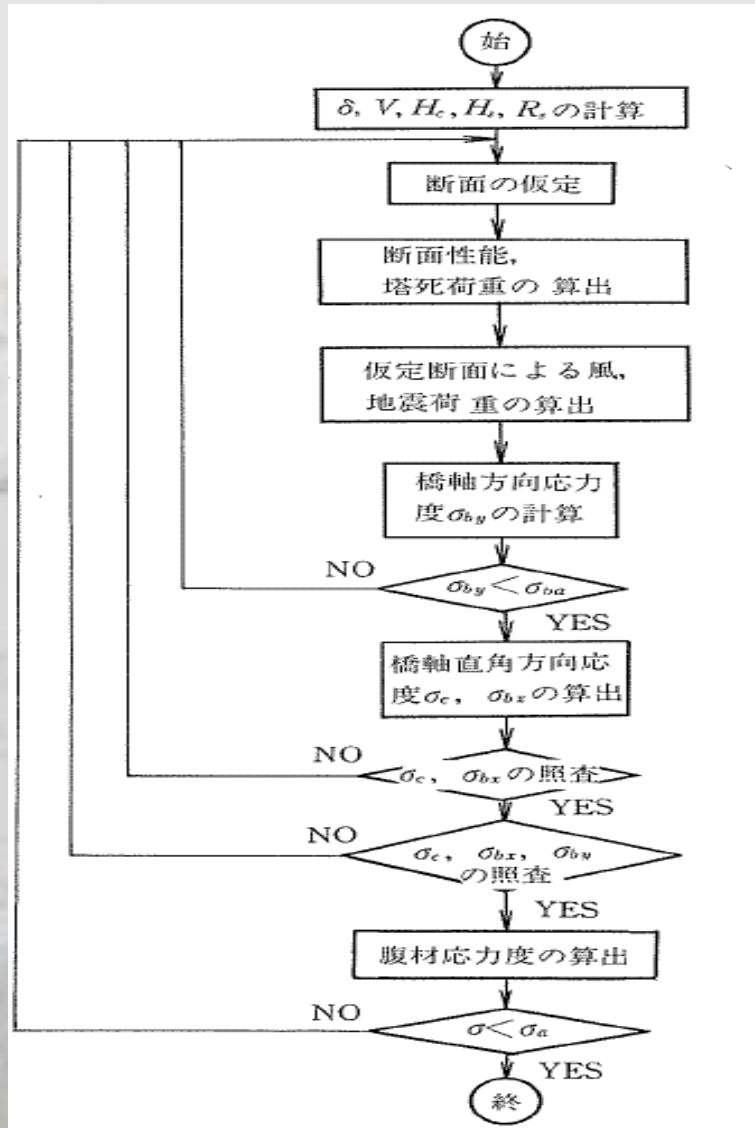


(a) 下支え方式



(b) 上支え方式

# 主塔部の設計



$\delta$  : 橋軸方向塔頂水平変位

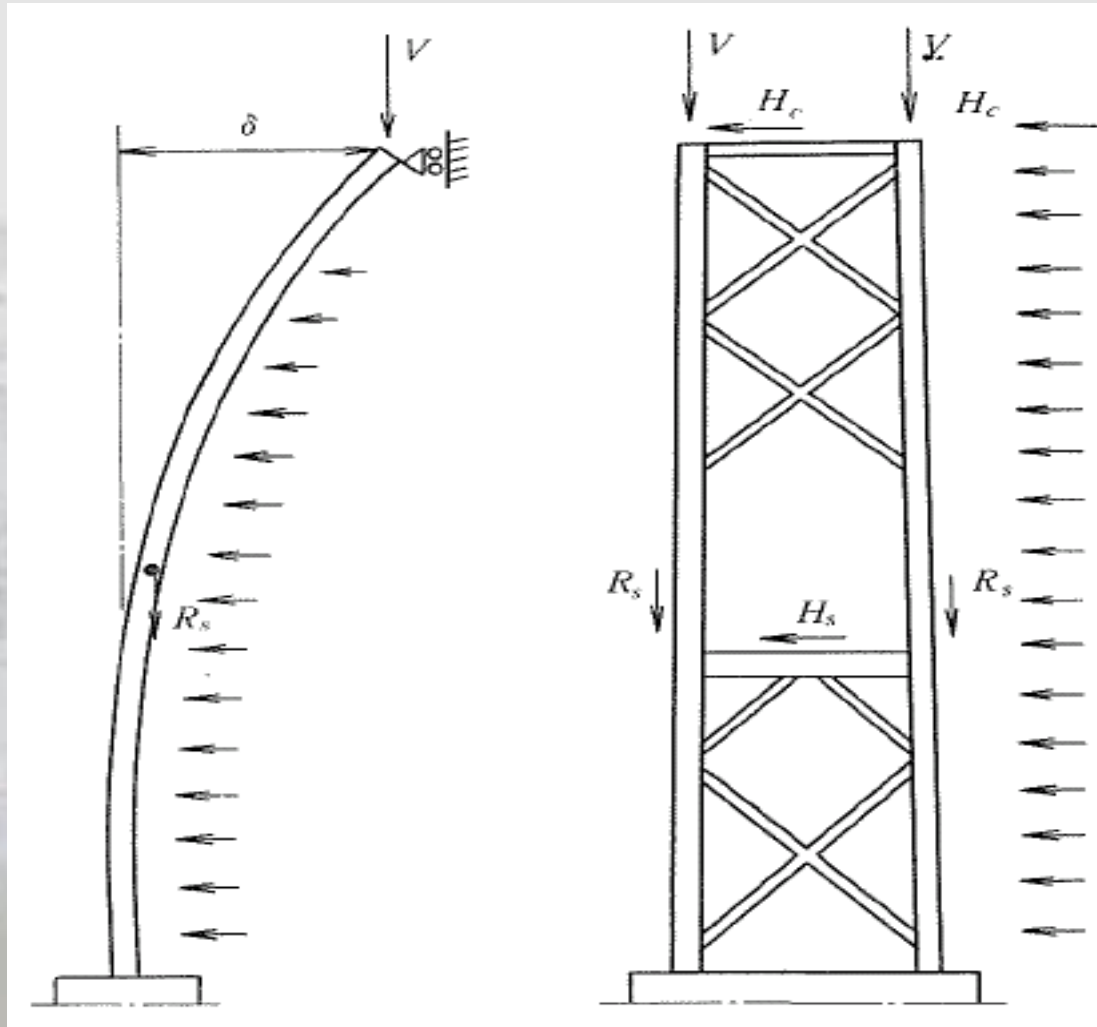
$V$  : 塔頂鉛直荷重

$H_c$  : 主ケーブル水平反力

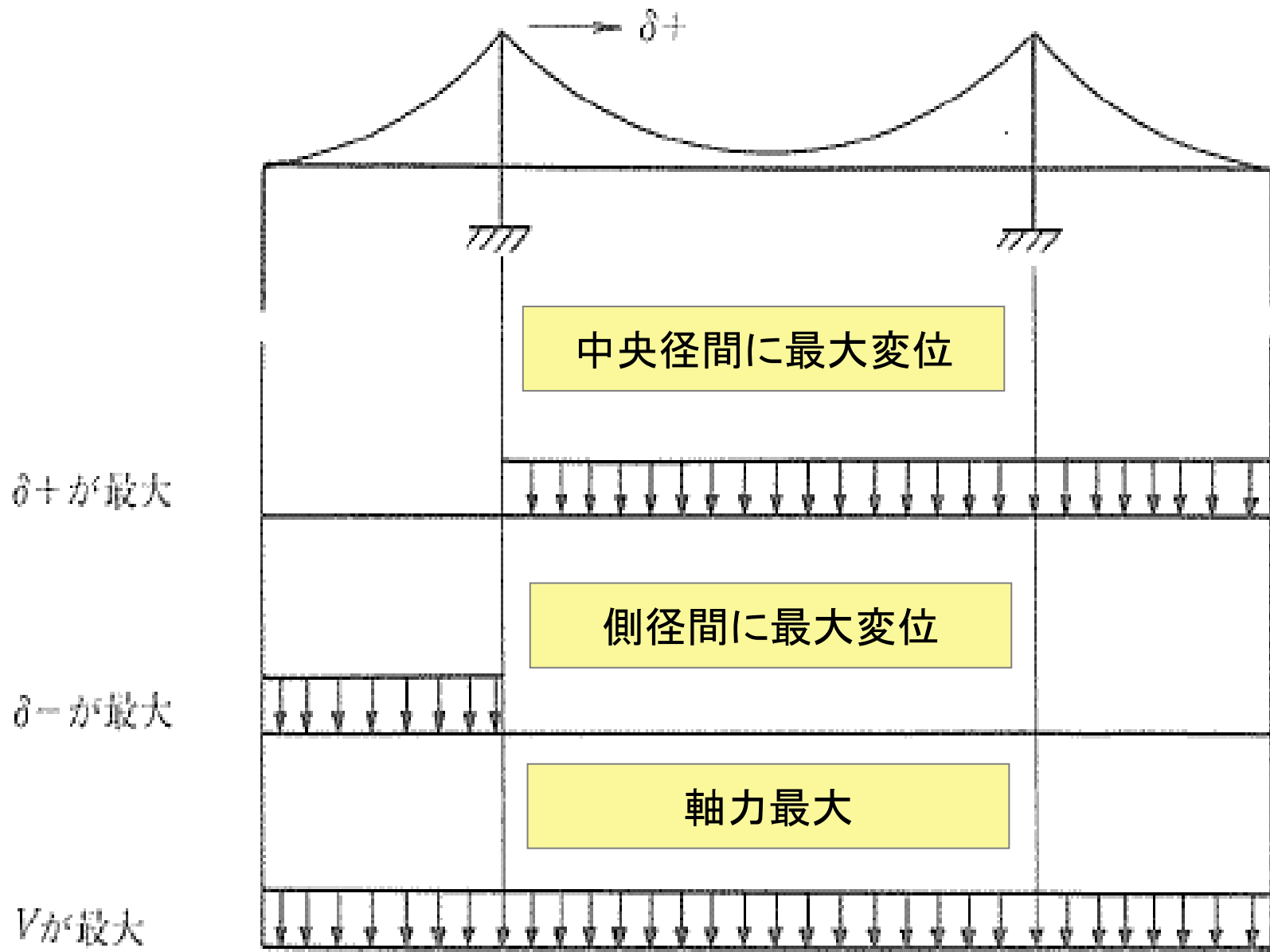
$H_r$  : 補剛桁水平反力

$R_r$  : 補剛桁鉛直反力

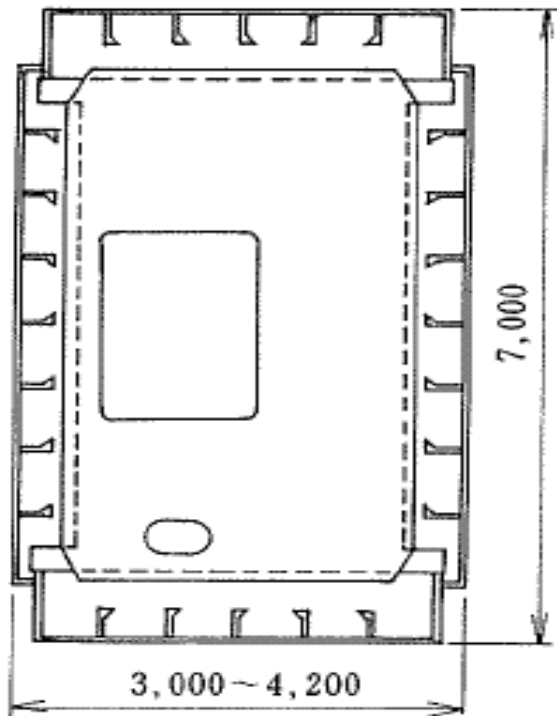
# 主塔計算モデルと外荷重



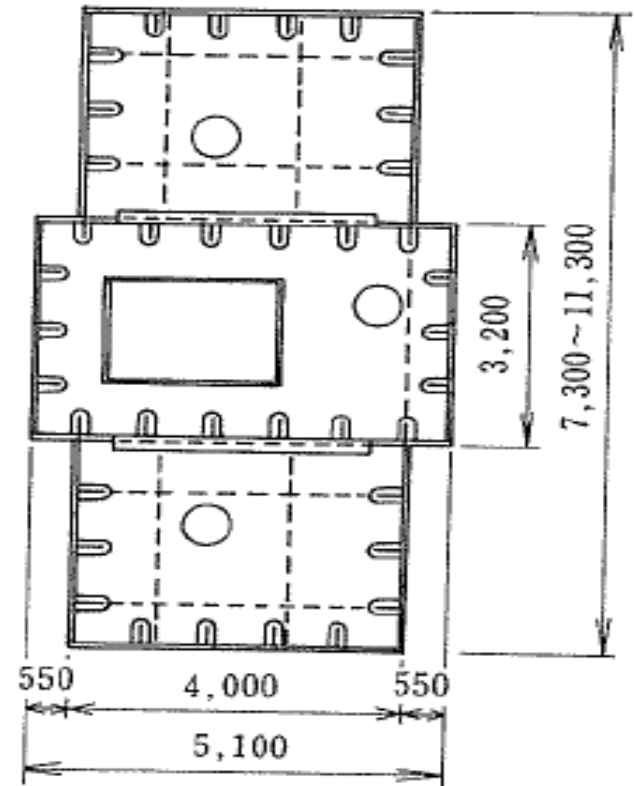




# 塔柱断面の例

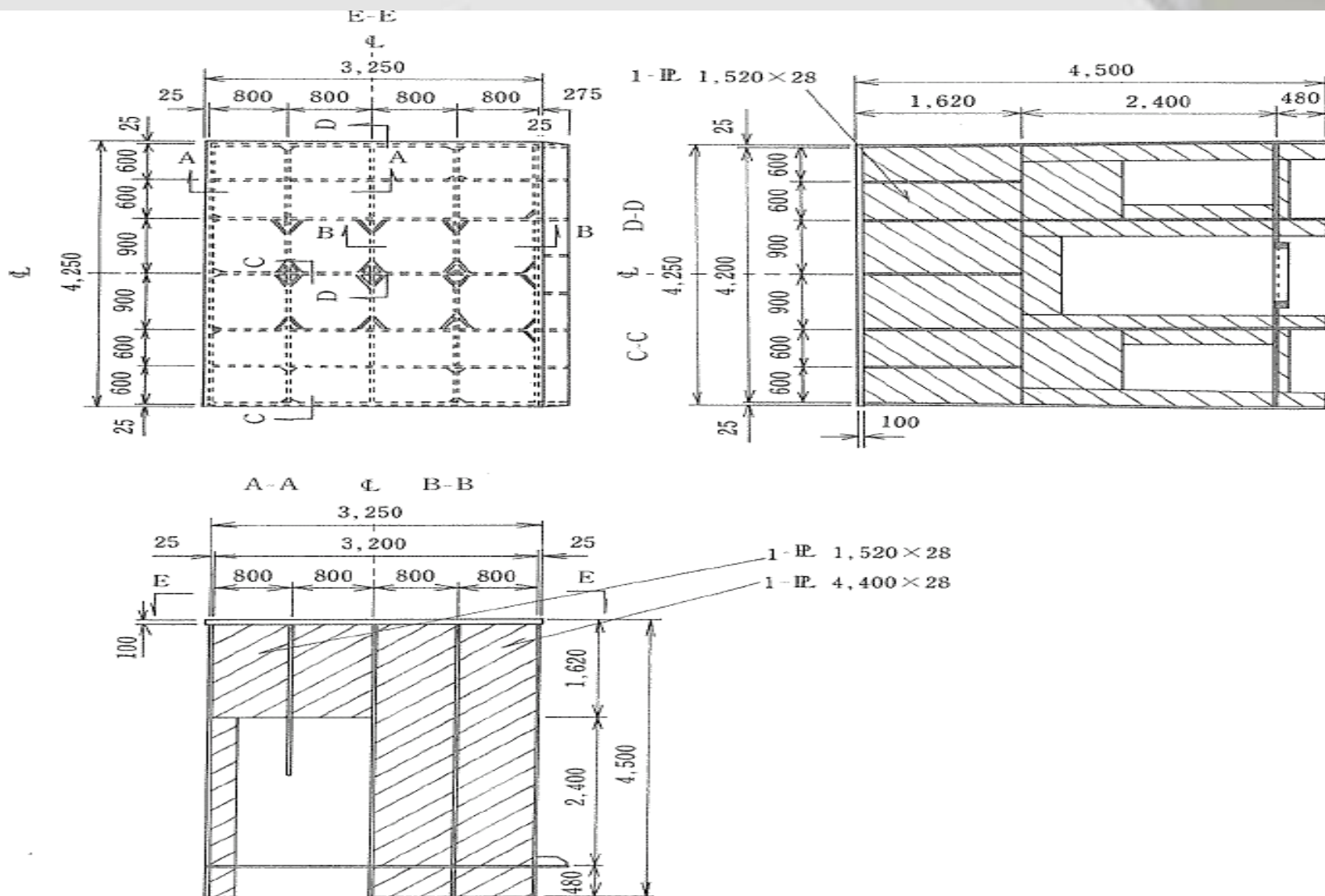


ボスポラス橋

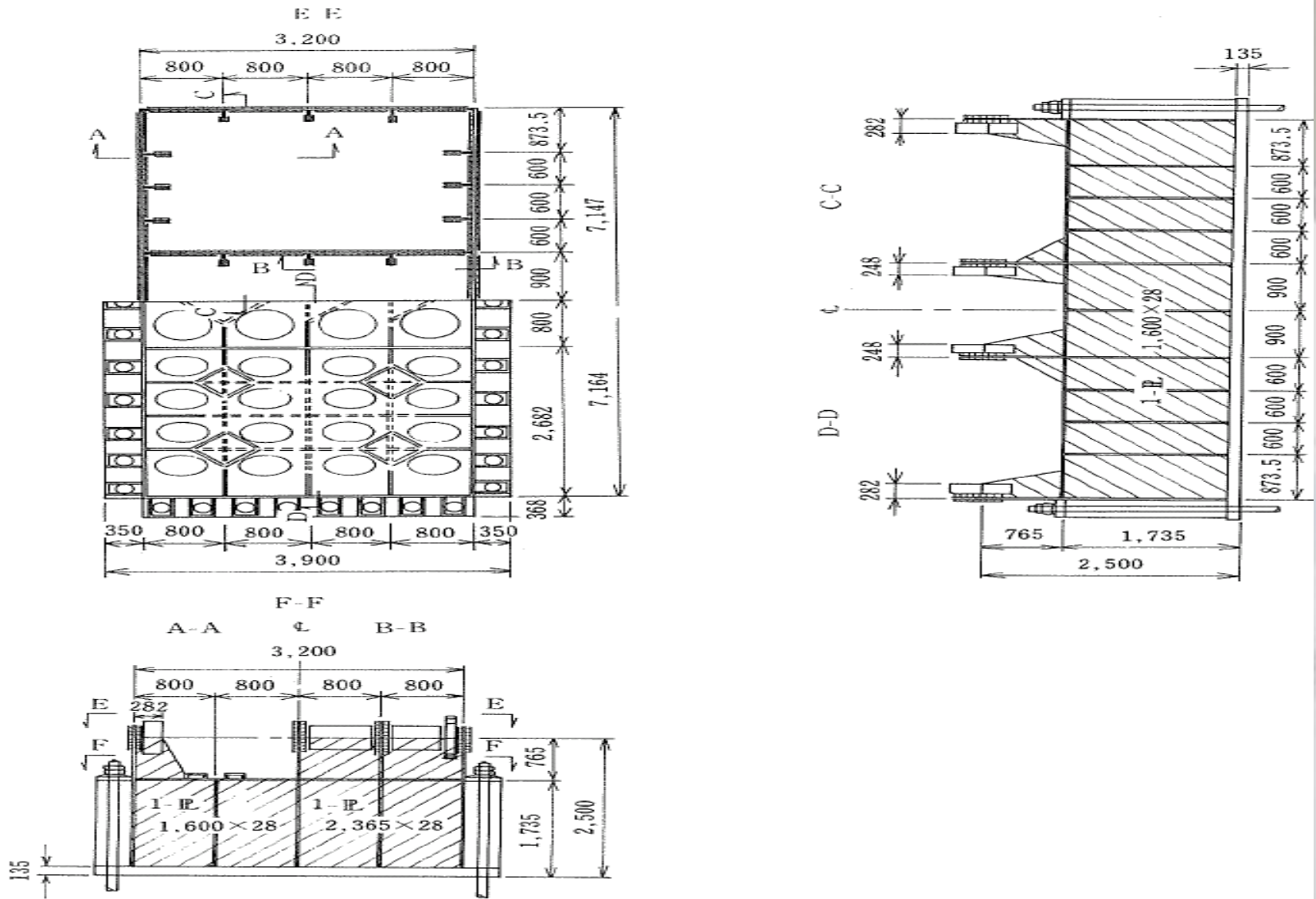


南備讃瀬戸大橋

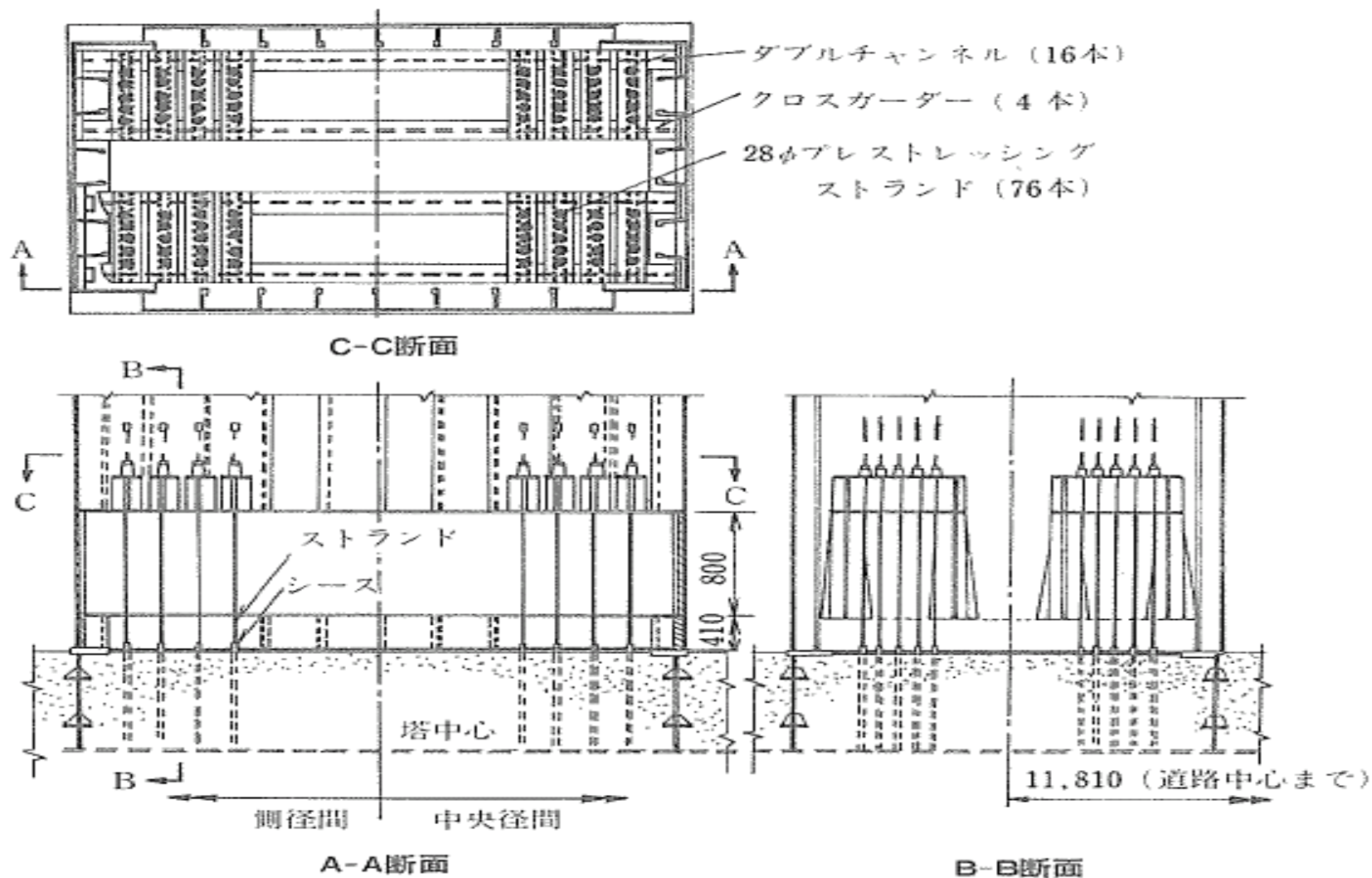
# 塔頂補強の例 (関門大橋)



# 塔基部補強例(関門大橋)



# 塔基部固定装置 (Severn橋)



# 主な参考文献

- 現代の吊橋 川田忠樹 編著 理工図書
- 吊橋の設計と施工 川田忠樹著 理工図書
- 鋼橋設計の基礎 中井博・北田俊行 共立出版
- 橋と鋼 大田孝二・深沢誠共著 建設図書



Thank You Very Much !!