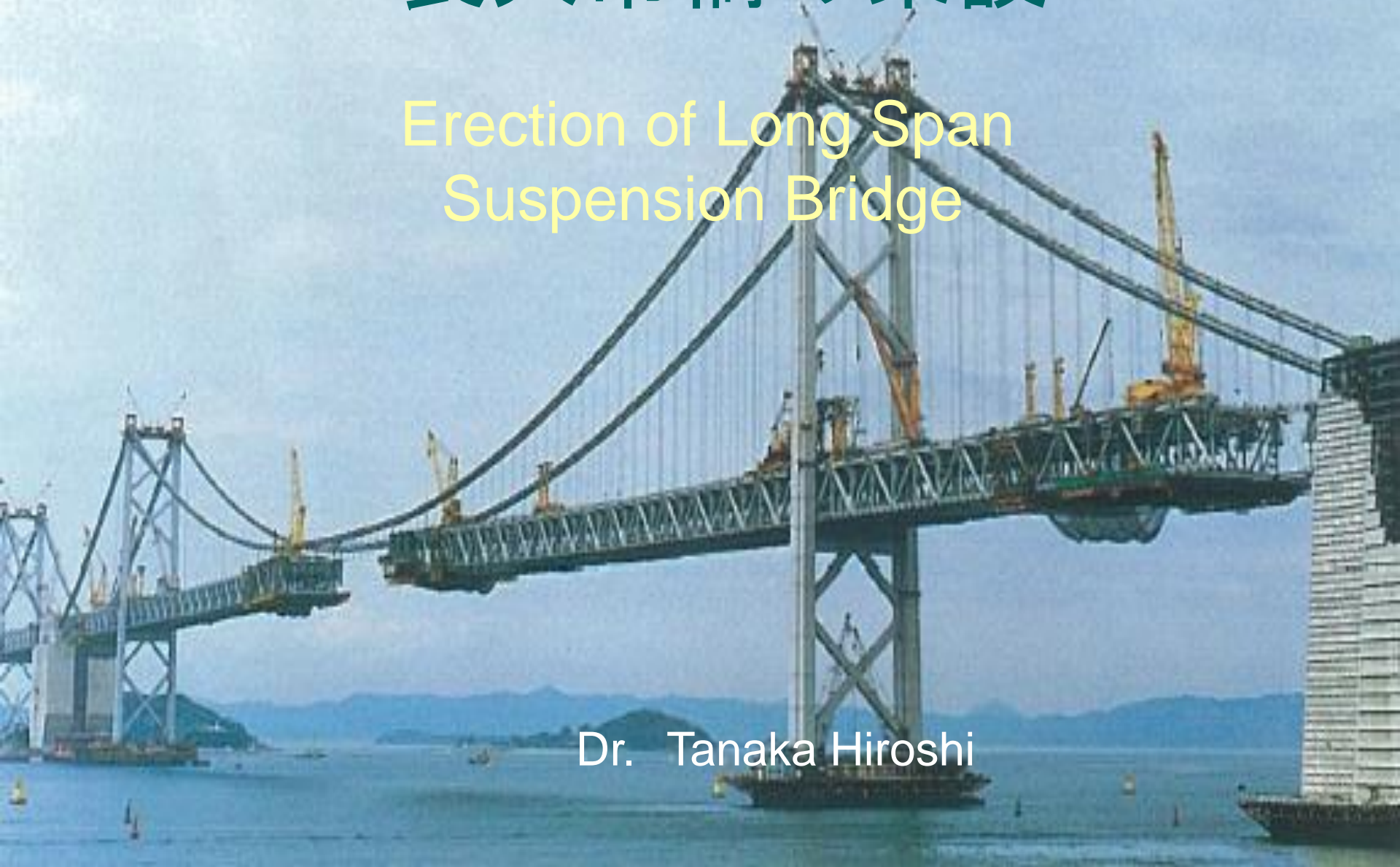


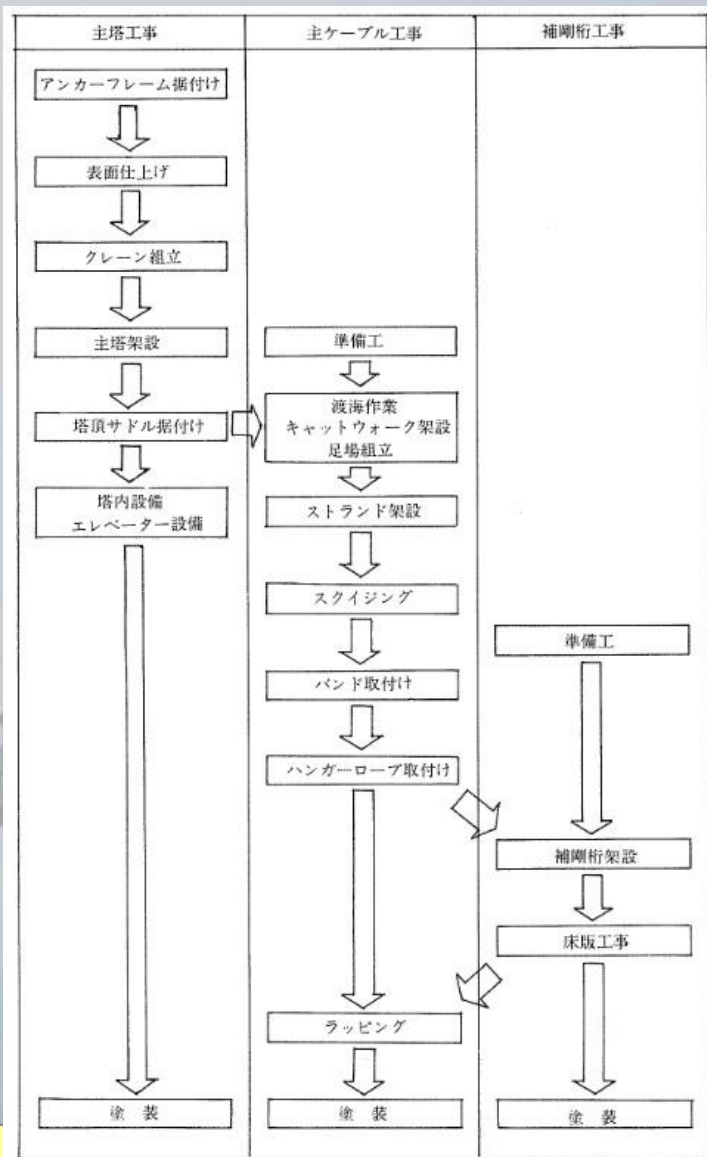
長大吊橋の架設

Erection of Long Span
Suspension Bridge



Dr. Tanaka Hiroshi

つり橋の架設順序



架設順序概略図

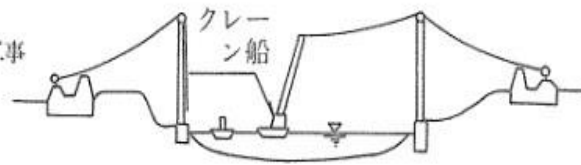
(1) 基礎工事



(2) 塔架設および橋台工事



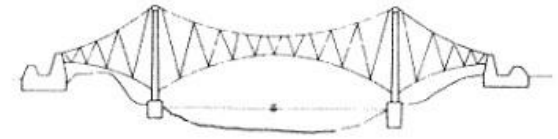
(3) パイロットロープ張渡し工事



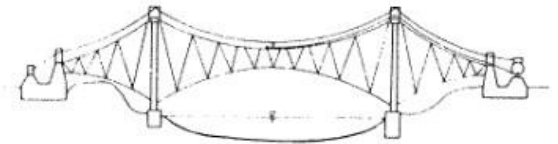
(4) ホーリングロープおよび
キャットウォークロープ架設工事



(5) キャットウォーク床組および
スチームケーブル架設工事



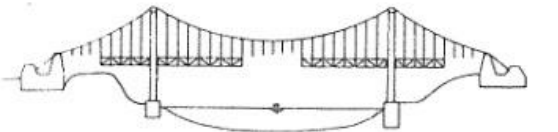
(6) ケーブルストランド架設工事



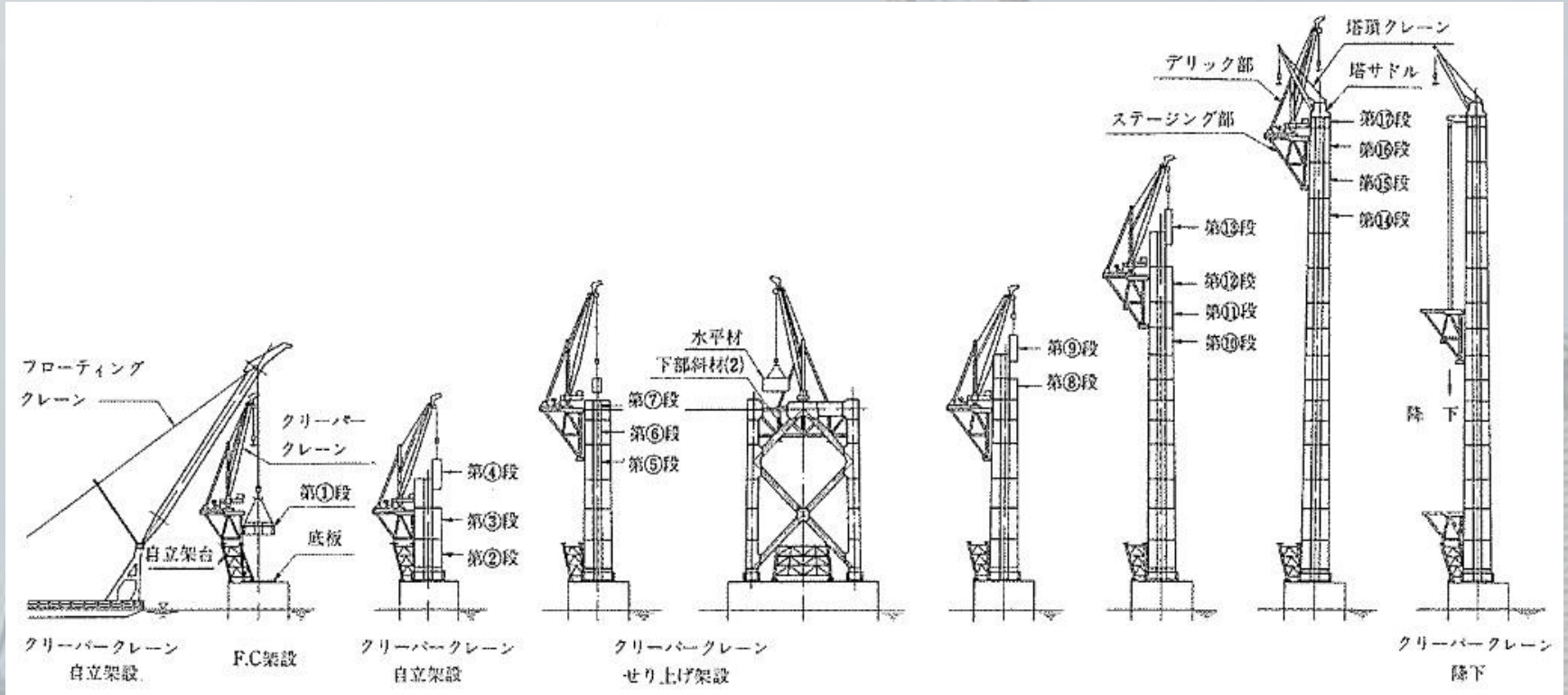
(7) ケーブルバンドおよび
ハンガーロープ架設工事



(8) 補剛桁および床版架設

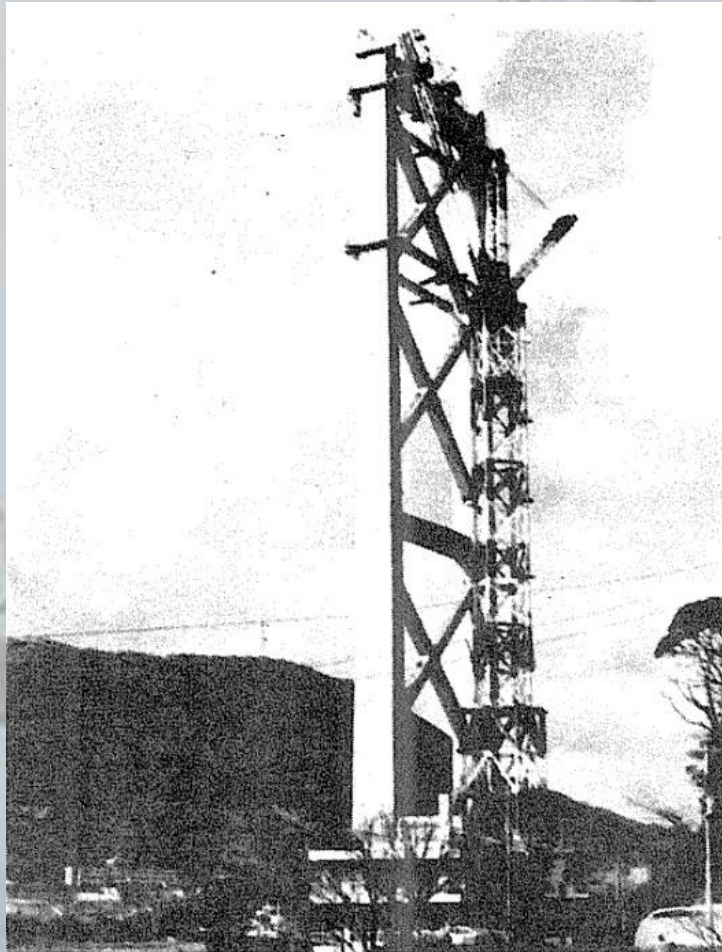


主塔の架設



クリーパークレーン工法

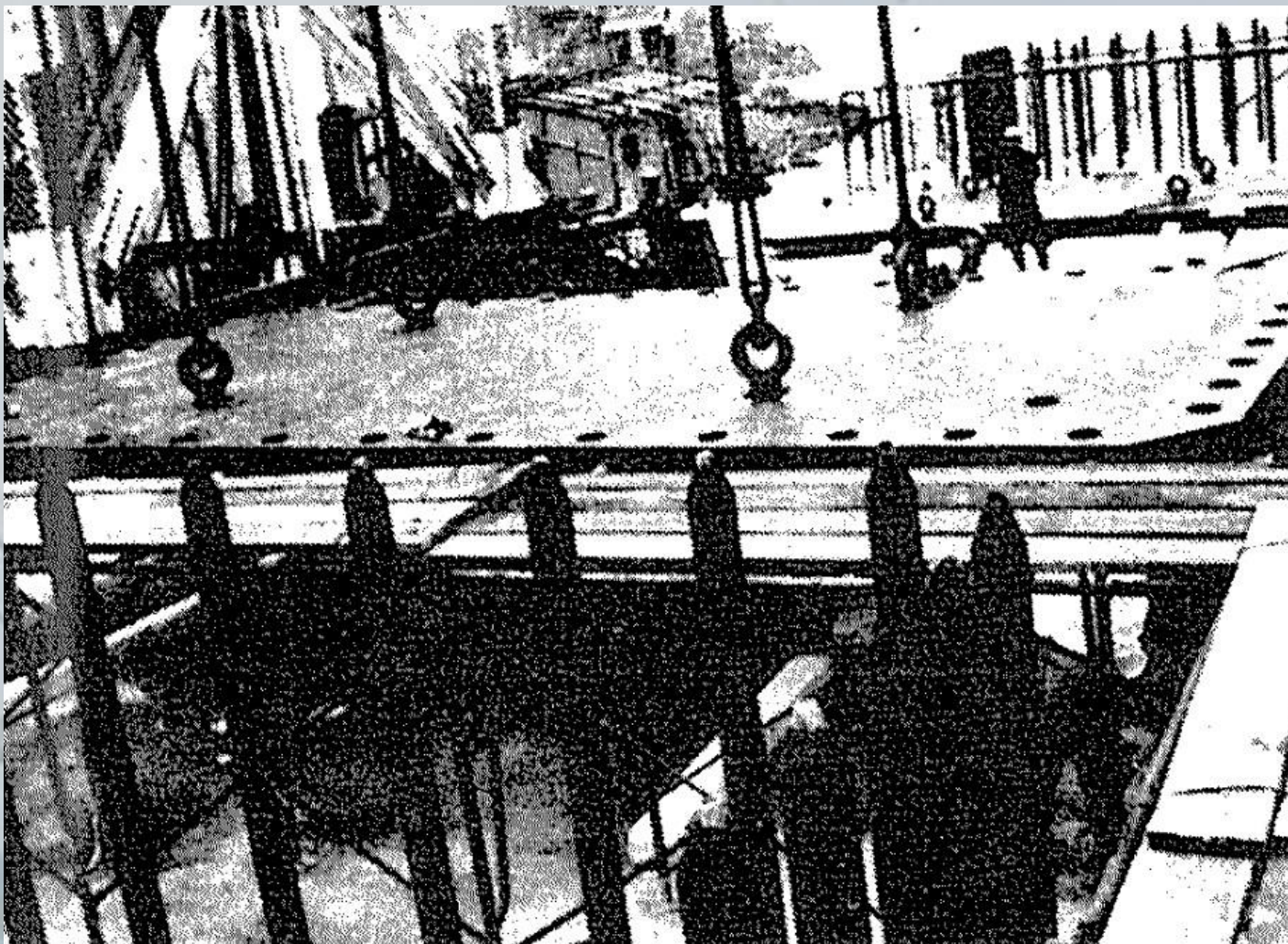
タワークレーン工法



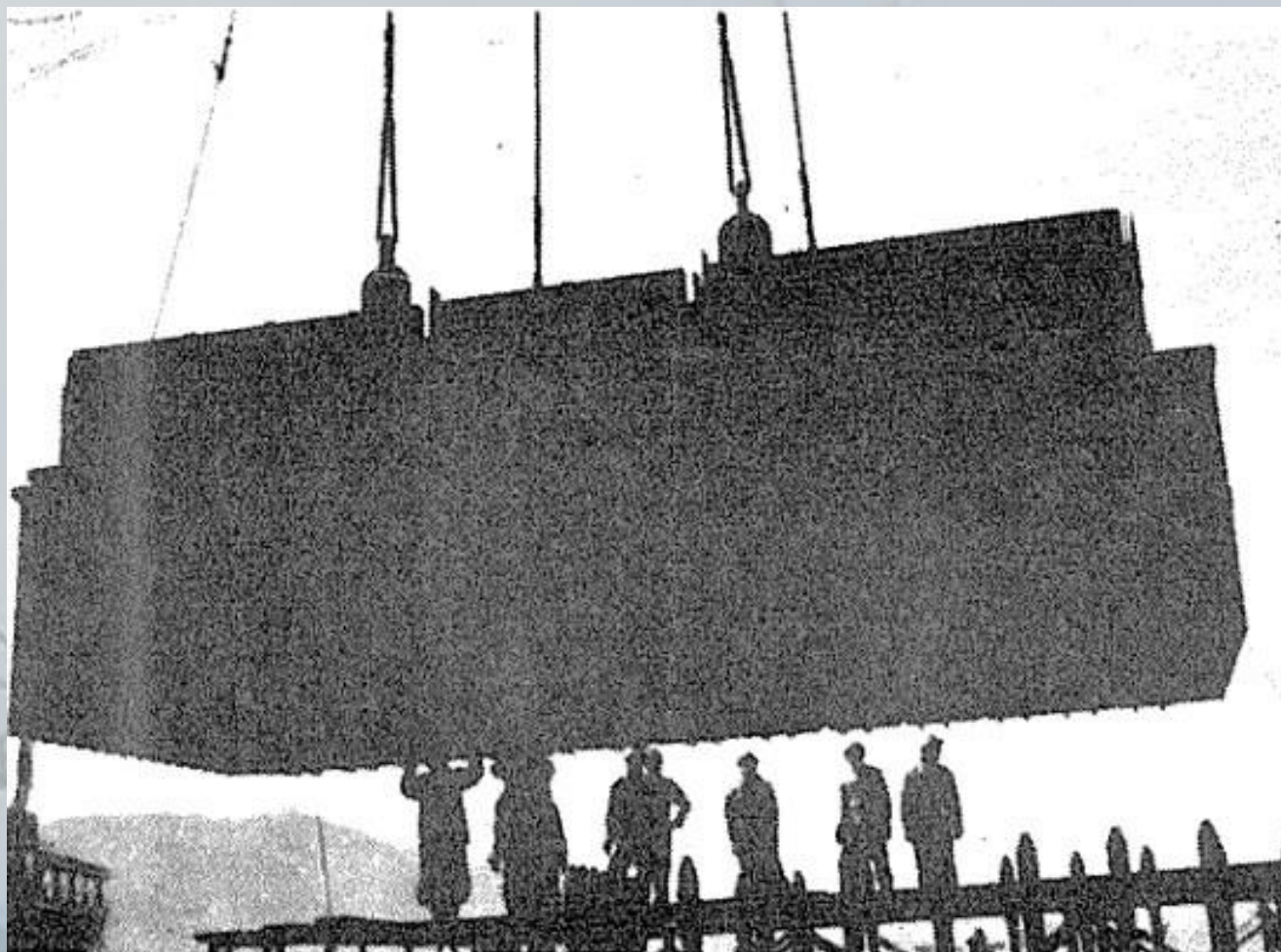
主塔基部の仕上げ

- クリーパークレーンによる本体架設に先立ち主塔基部の下記の準備を行う
 - 1) アンカーフレームの据え付け
 - 2) 橋脚天端コンクリートの仕上げ
 - －主塔の標高、鉛直度の基準
 - －仕上げ全面につき2mm以下の平面度差
 - 3) クリーパークレーンの組立て
 - 4) 底板部の架設

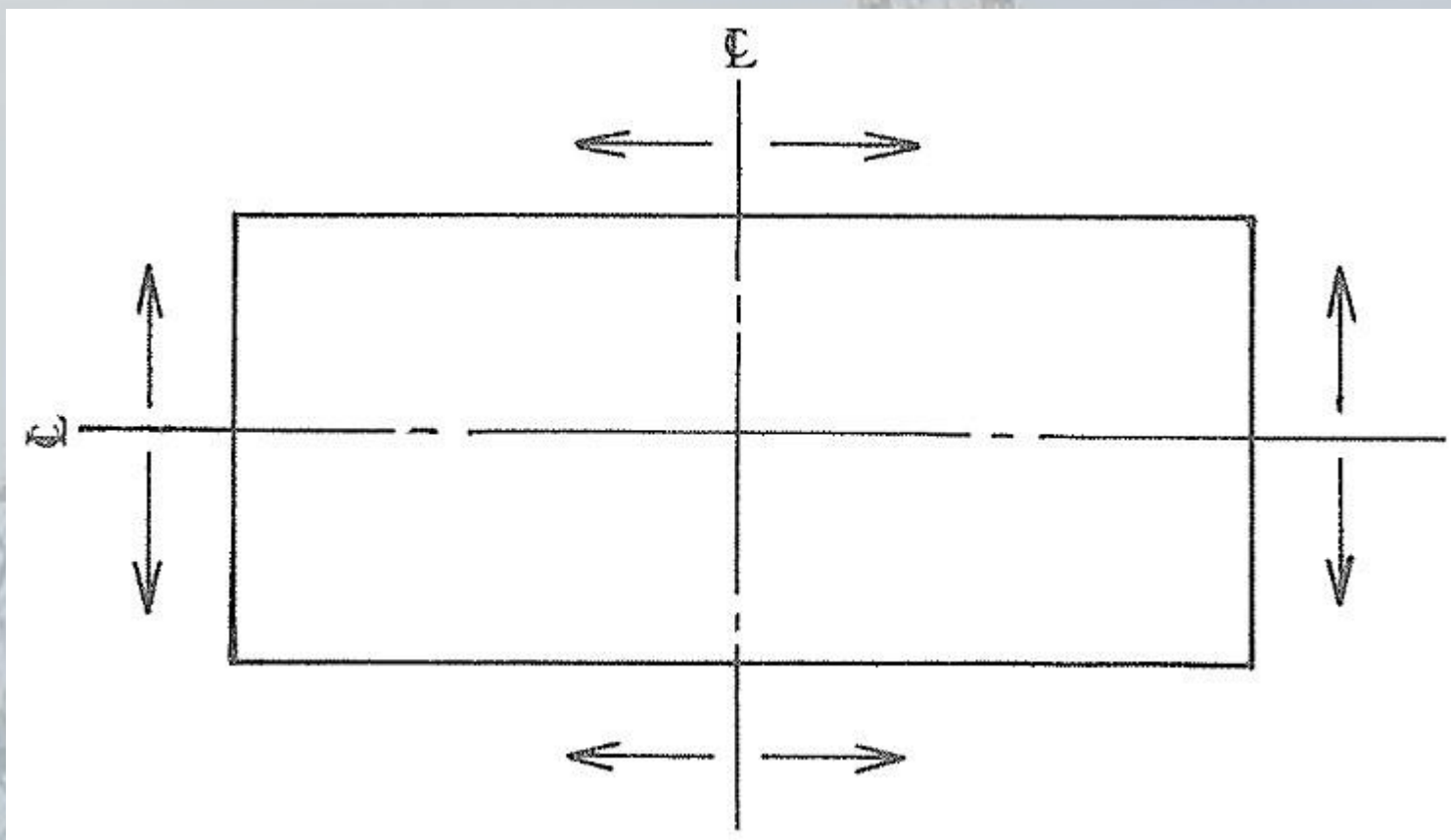
底板の架設



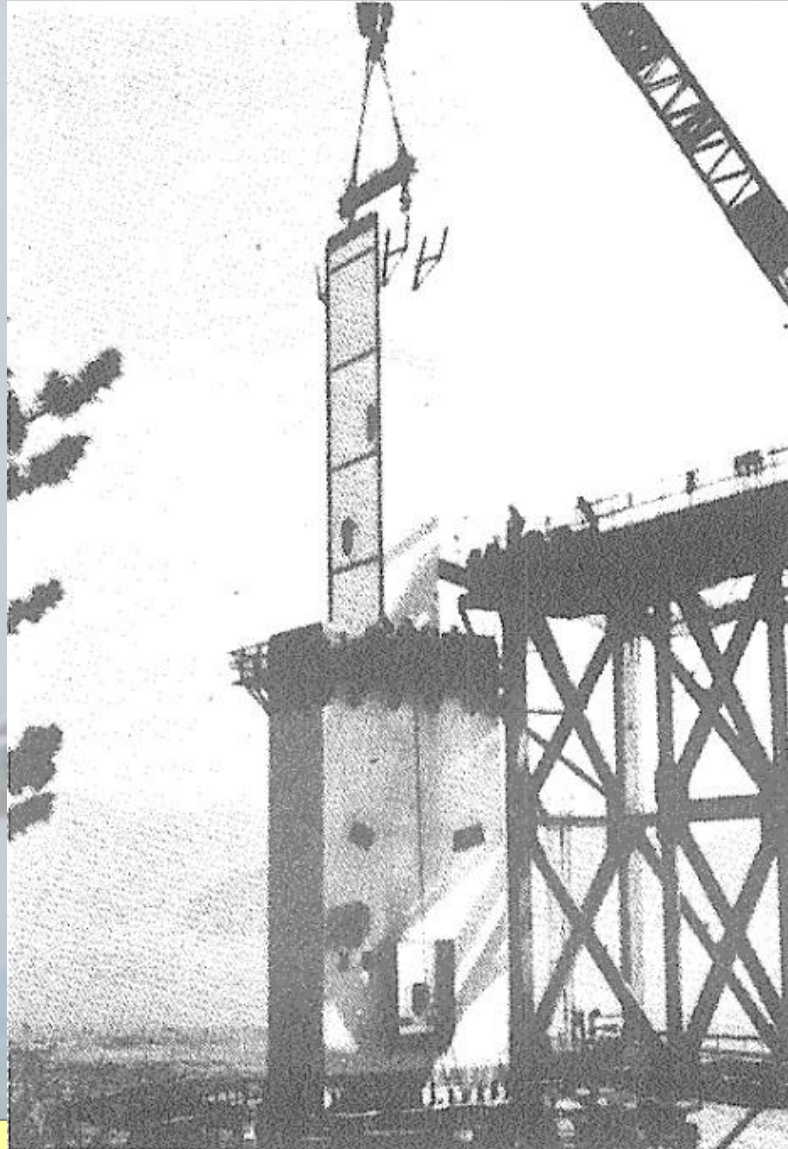
第1段目ブロックの架設



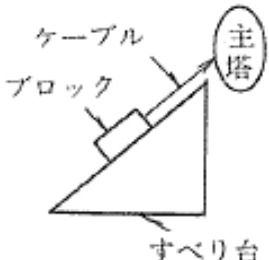
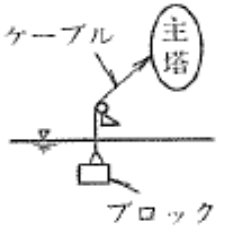
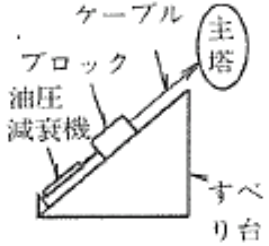

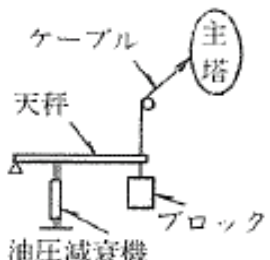
アンカーボルトの締付け順序



塔柱ブロックの架設



制振装置の設置

	① スライディングブロック方式	② 水中ブロック方式	③ スライディングブロックと油圧減衰機の併用方式	④ 油圧減衰機方式	⑤ 油圧減衰機に天秤を組合せる方式
制振法	 <p>ケーブル ブロック 主塔 すべり台</p> <p>ブロックとすべり台の間のクーロン摩擦により、減衰性を振動系に付加する。</p> <p>〔施工例〕 フォースロード橋 関門橋 平戸大橋 因島大橋(3P)</p>	 <p>ケーブル 主塔 ブロック</p> <p>水の粘性抵抗により、減衰性を振動系に付加する。</p> <p>〔施工例〕 南海大橋</p>	 <p>ケーブル 主塔 ブロック 油圧減衰機 すべり台</p> <p>ブロックとすべり台の間のクーロン摩擦および、油の粘性抵抗により、減衰性を振動系に付加する。</p>	 <p>ケーブル 主塔 油圧減衰機 ブロック</p> <p>油の粘性抵抗により、減衰性を振動系に付加する。</p> <p>〔施工例〕 因島大橋(2P)</p>	 <p>ケーブル 主塔 天秤 油圧減衰機 ブロック</p> <p>油の粘性抵抗により、減衰性を振動系に付加する。</p> <p>ブロックの振幅は天秤によって縮小され、油圧減衰機の振幅となる。</p>

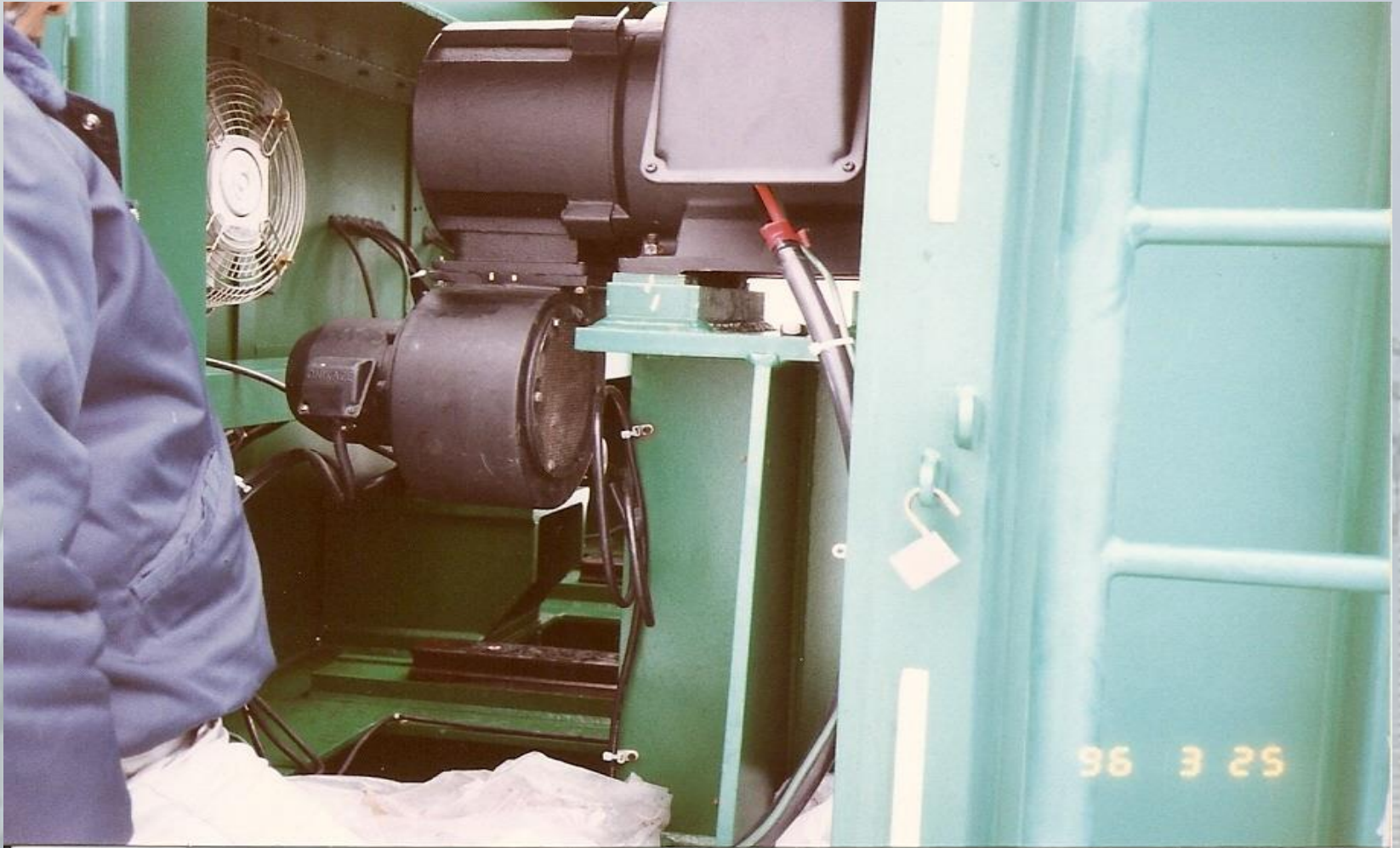
Active Vibration Controller



Active Vibration Controller



Active Vibration Controller



Active Vibration Controller



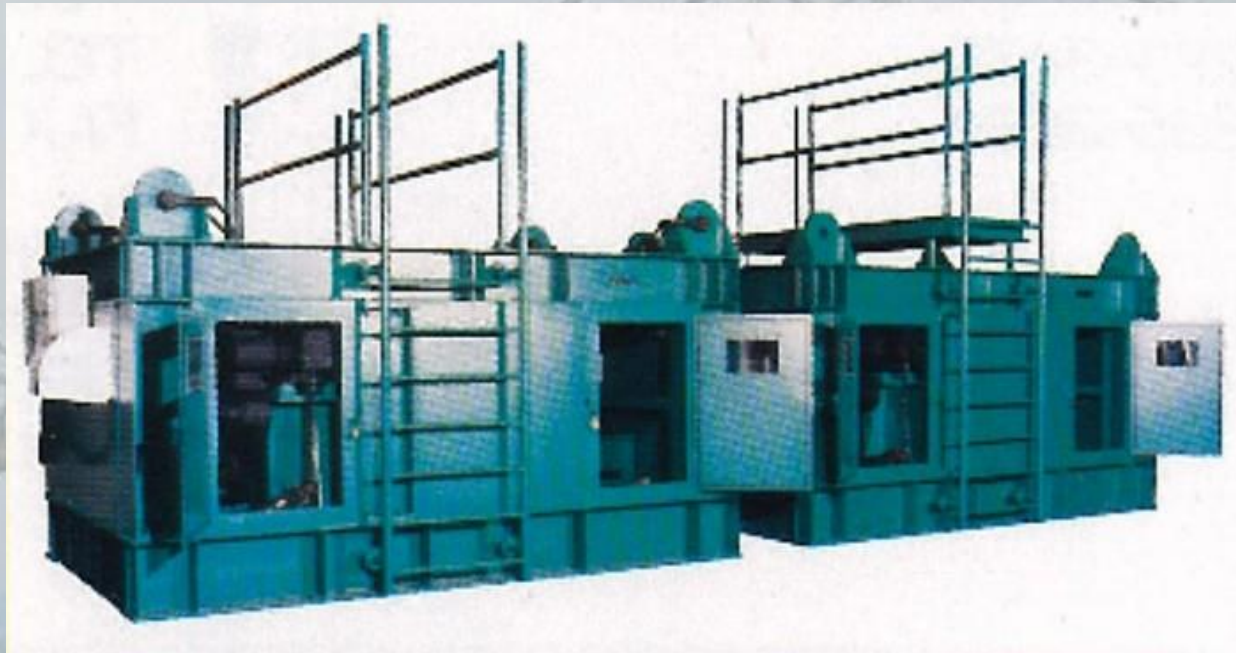
Control Panel



アクティブ型制振装置の主仕様

アクティブ型制振装置の主仕様

重錘重量(t)	10.0
振動数範囲(Hz)	0.2 ~ 1.5
重錘最大振幅(m)	0.4
モータ	AC サーボ 30kW

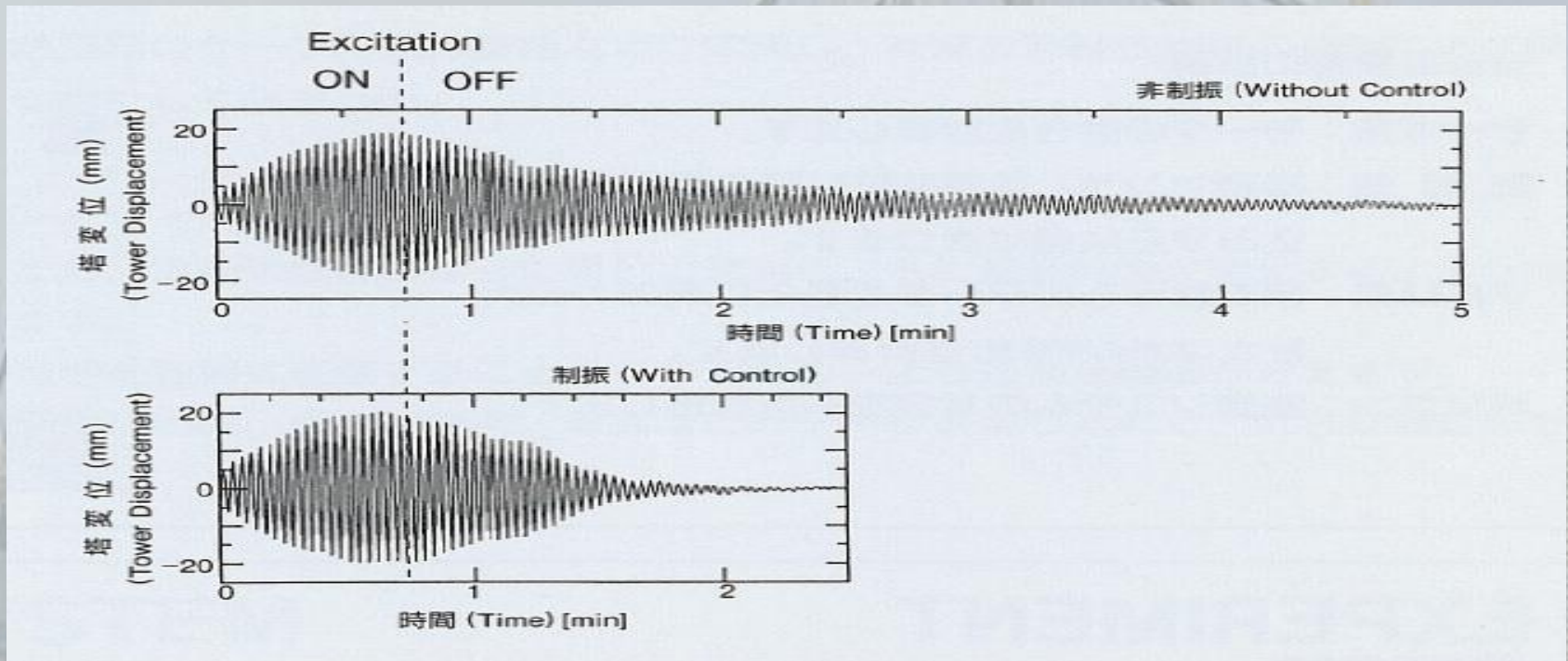


アクティブ型制振装置の外観

塔単独時固有振動数

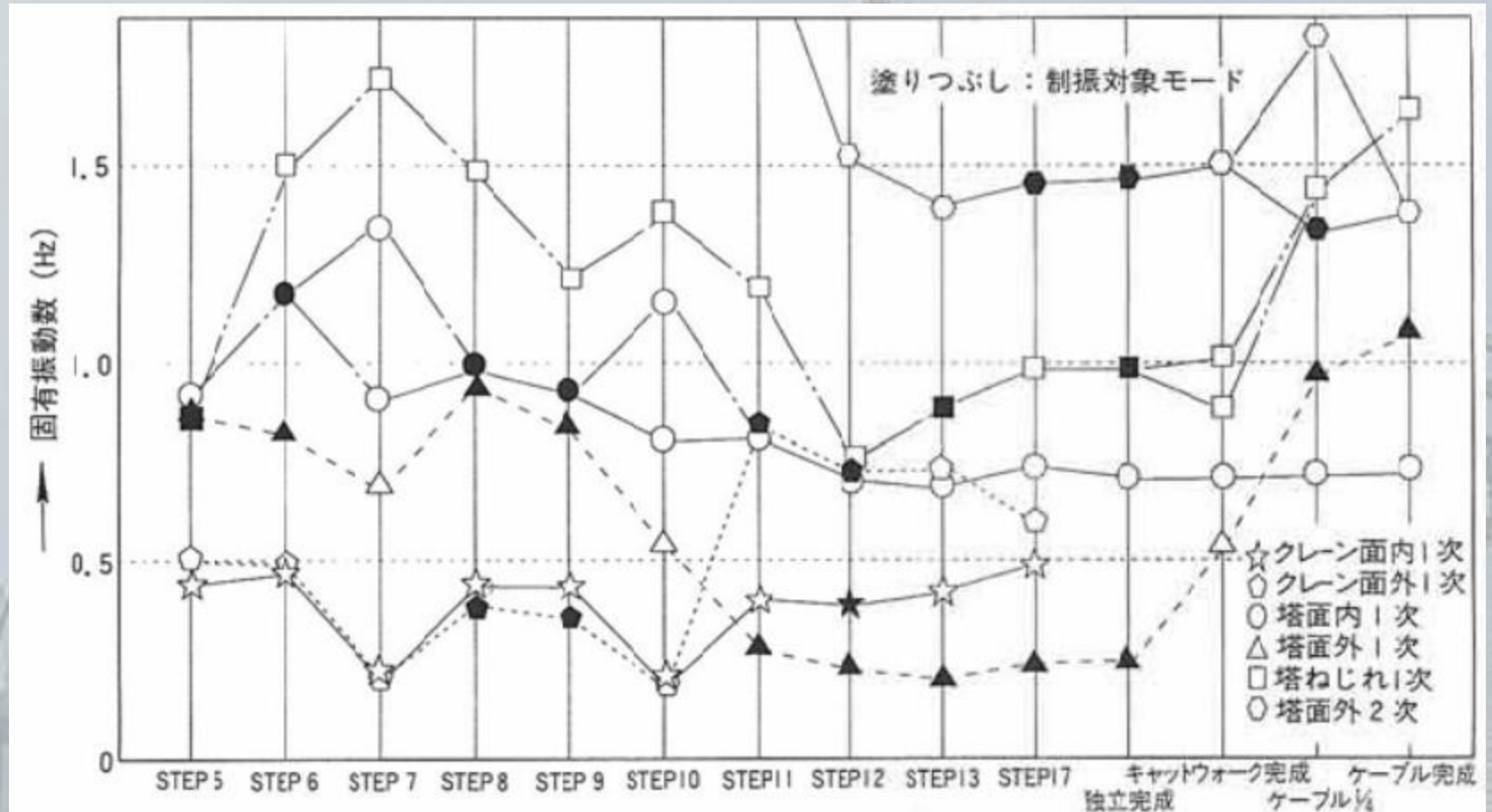
塔単独時固有振動数

モード	固有振動数 (Hz)
面外曲げ 1次	0.44
面外曲げ 2次	1.50

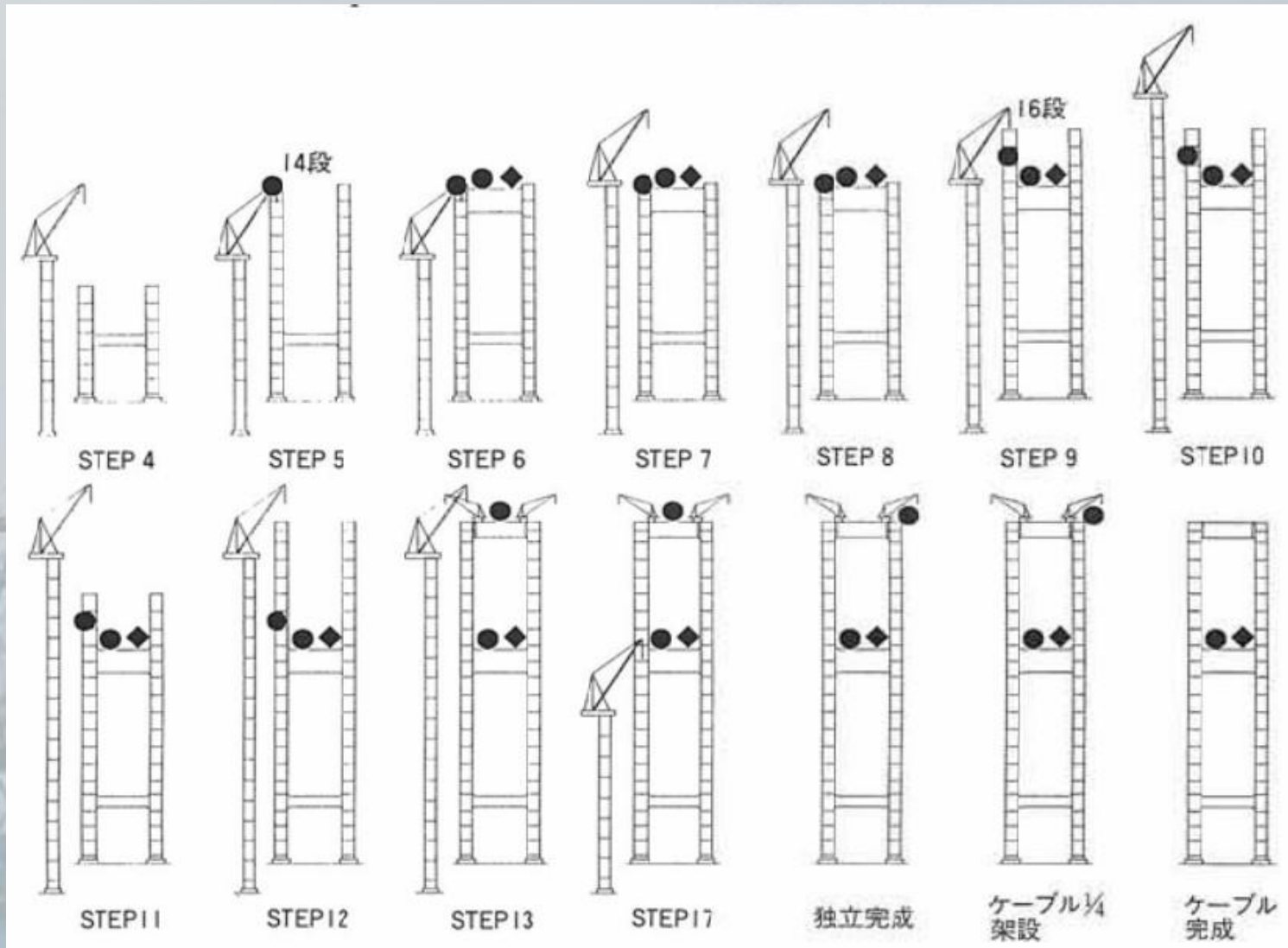


非制振/制振の減衰波形の比較

制振対象振動数と振動モード



制振装置設置位置の変化

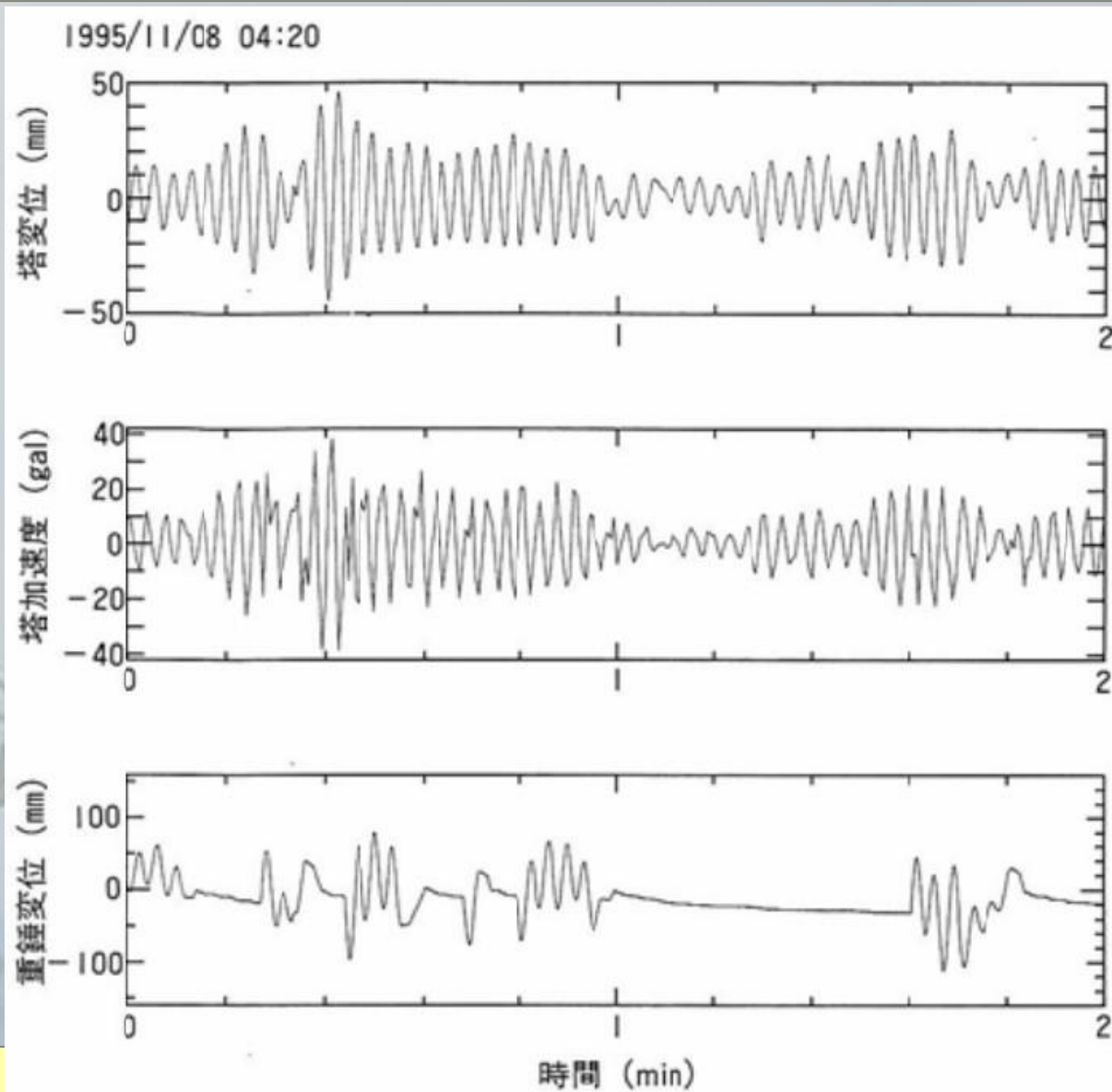


Damping Ratio without/with Control

非制振/制振時の対数減衰率

状態	대수감쇠율
非制振(構造減衰)	0.031
制振	0.119
付加減衰	0.088

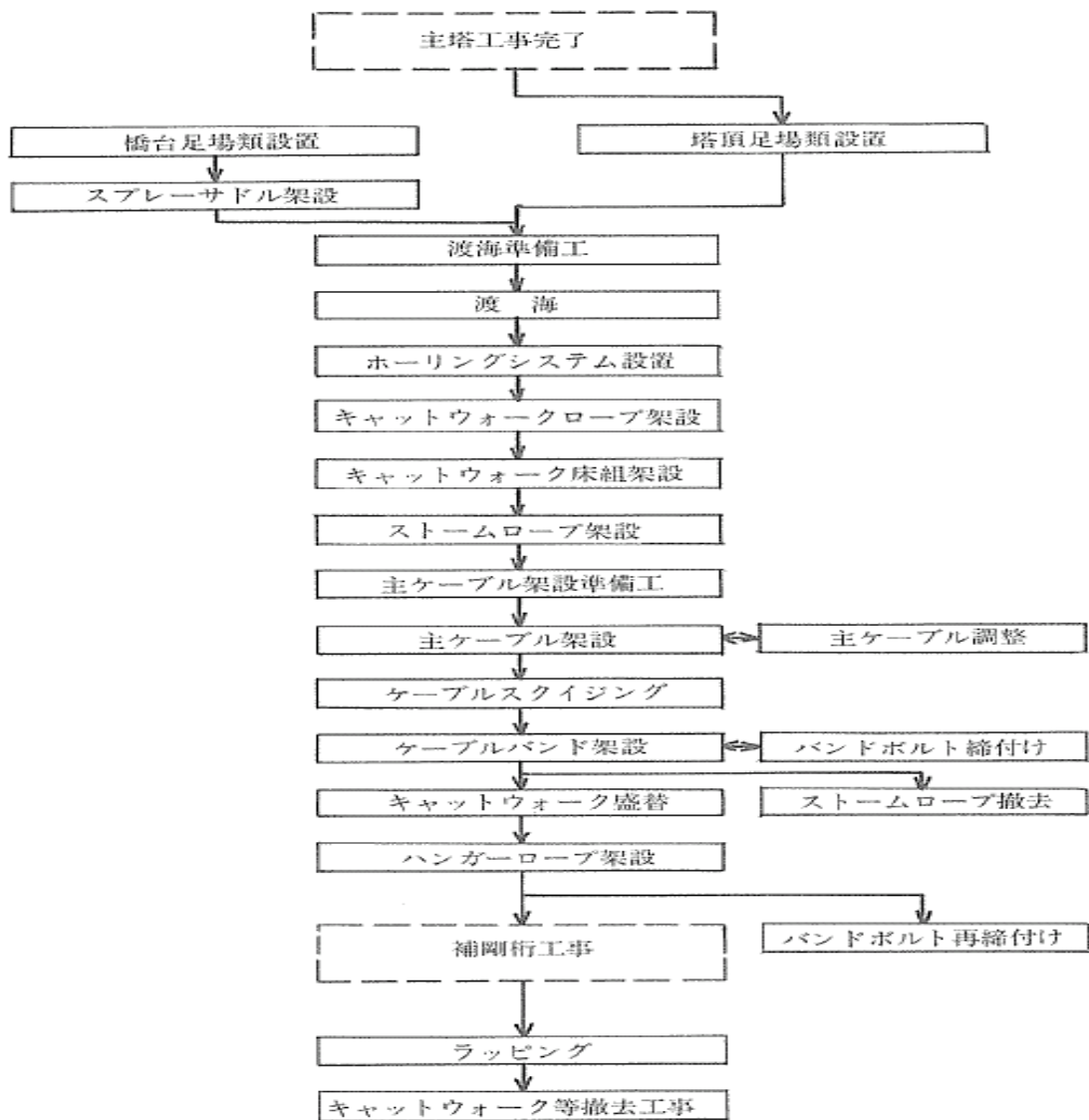
中島新橋での制振記録



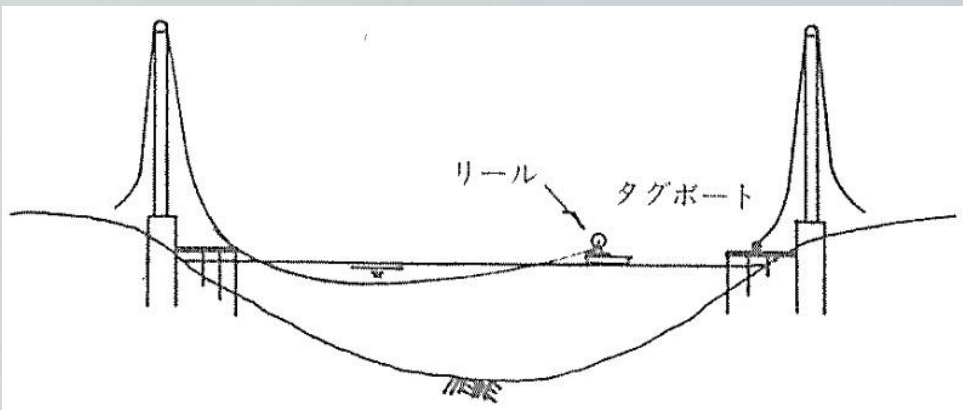
Active Controller Developers



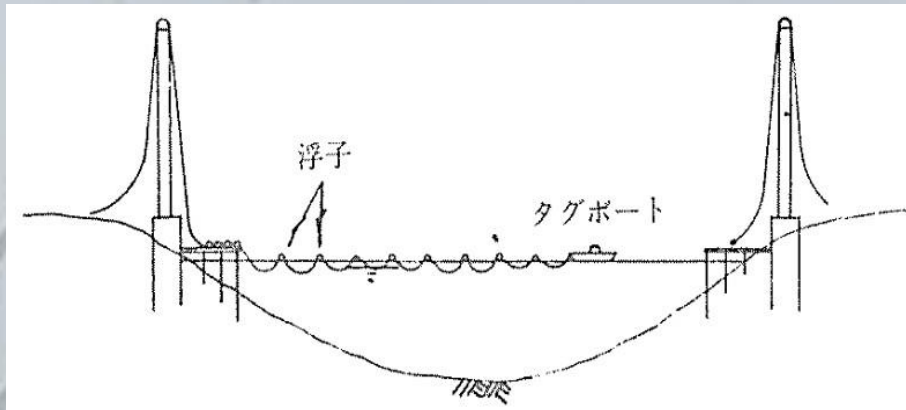
主ケーブルの架設



パイロットロープの渡海方法

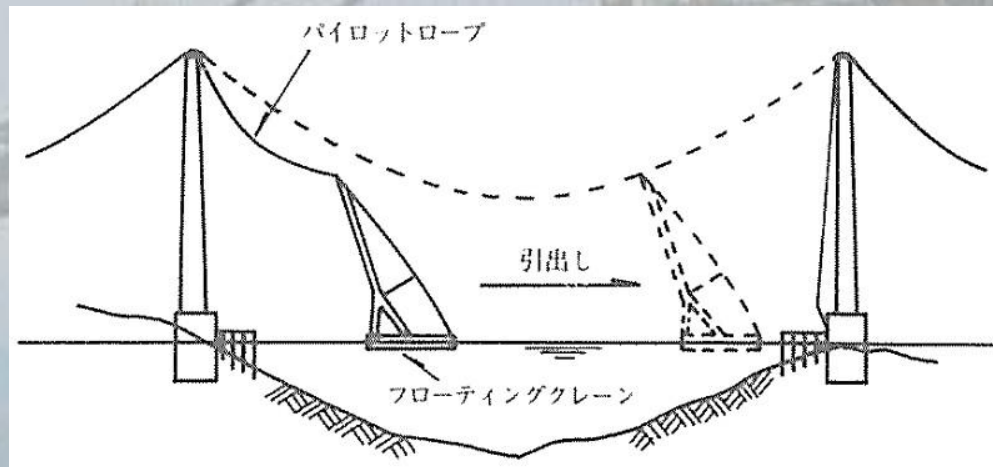


海中渡海工法

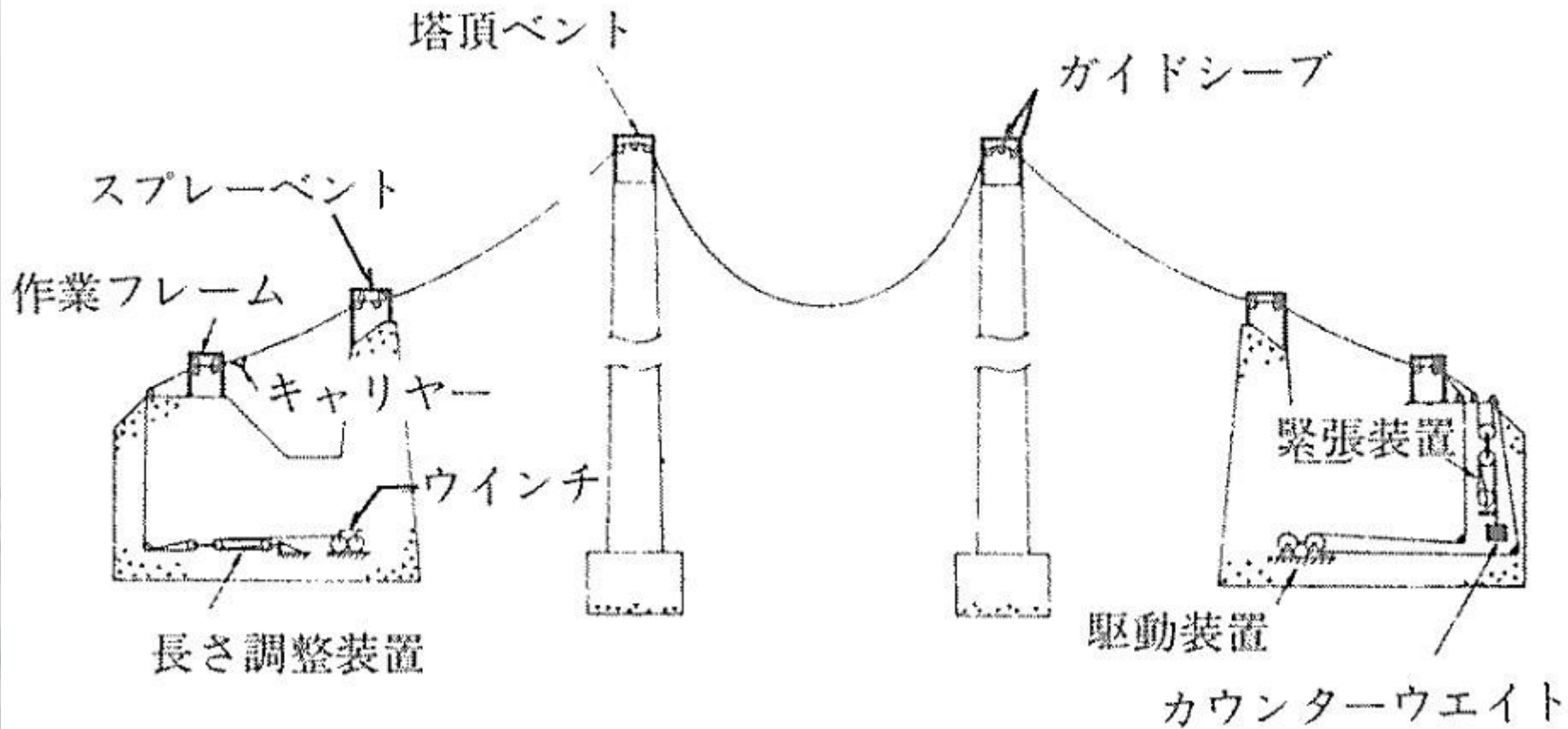


海上渡海工法

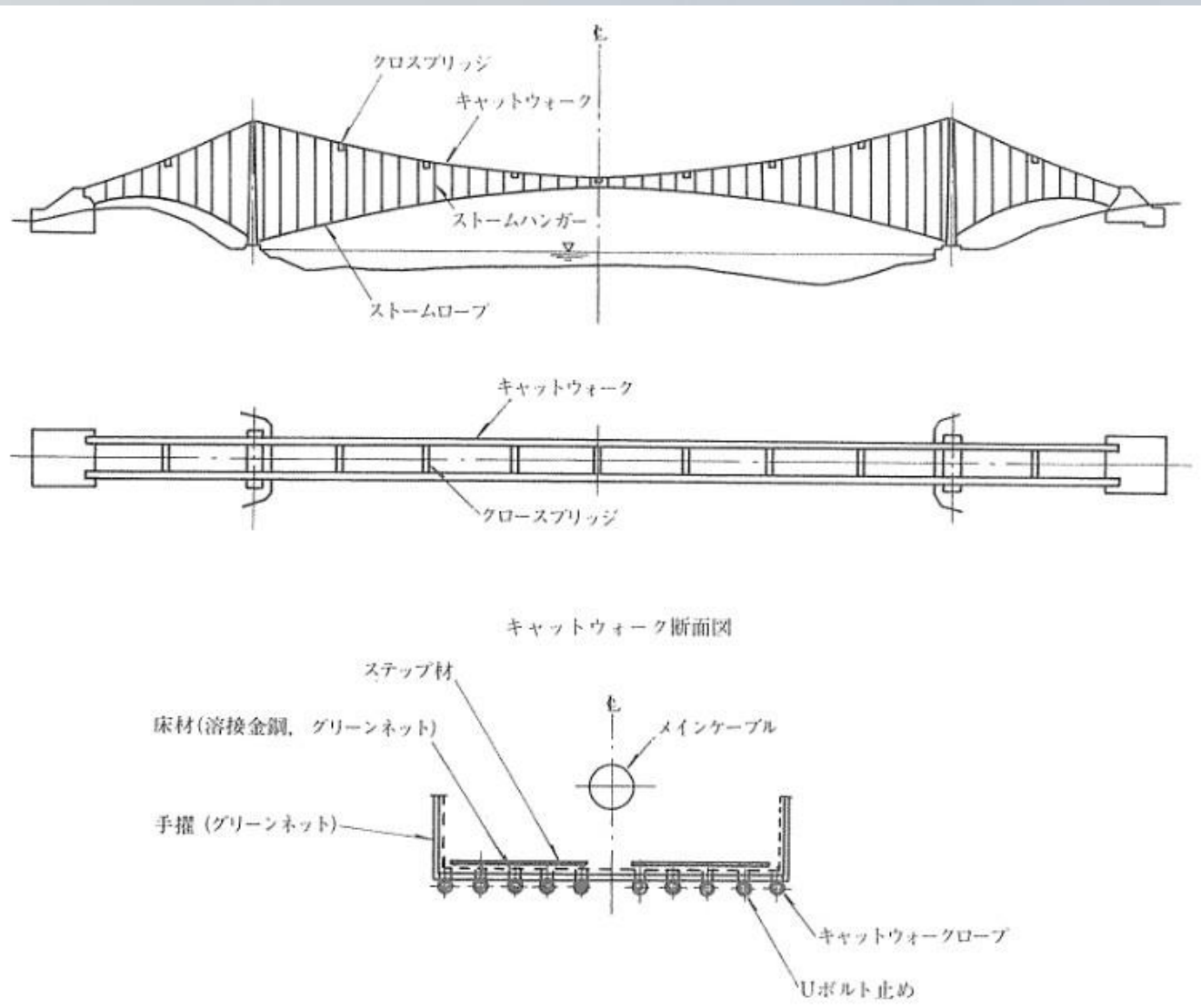
空中渡海工法



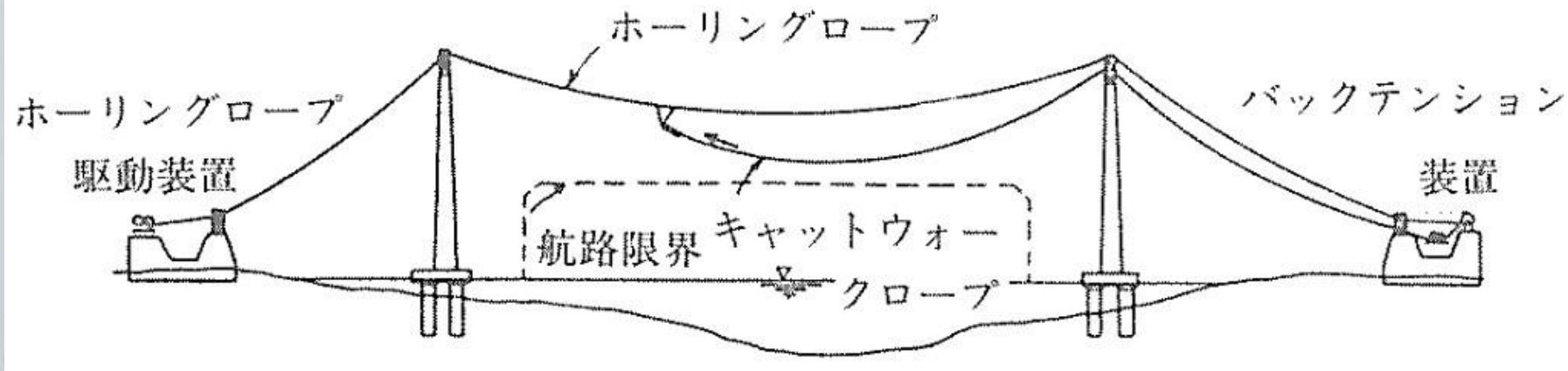
ホーリングシステム概要図



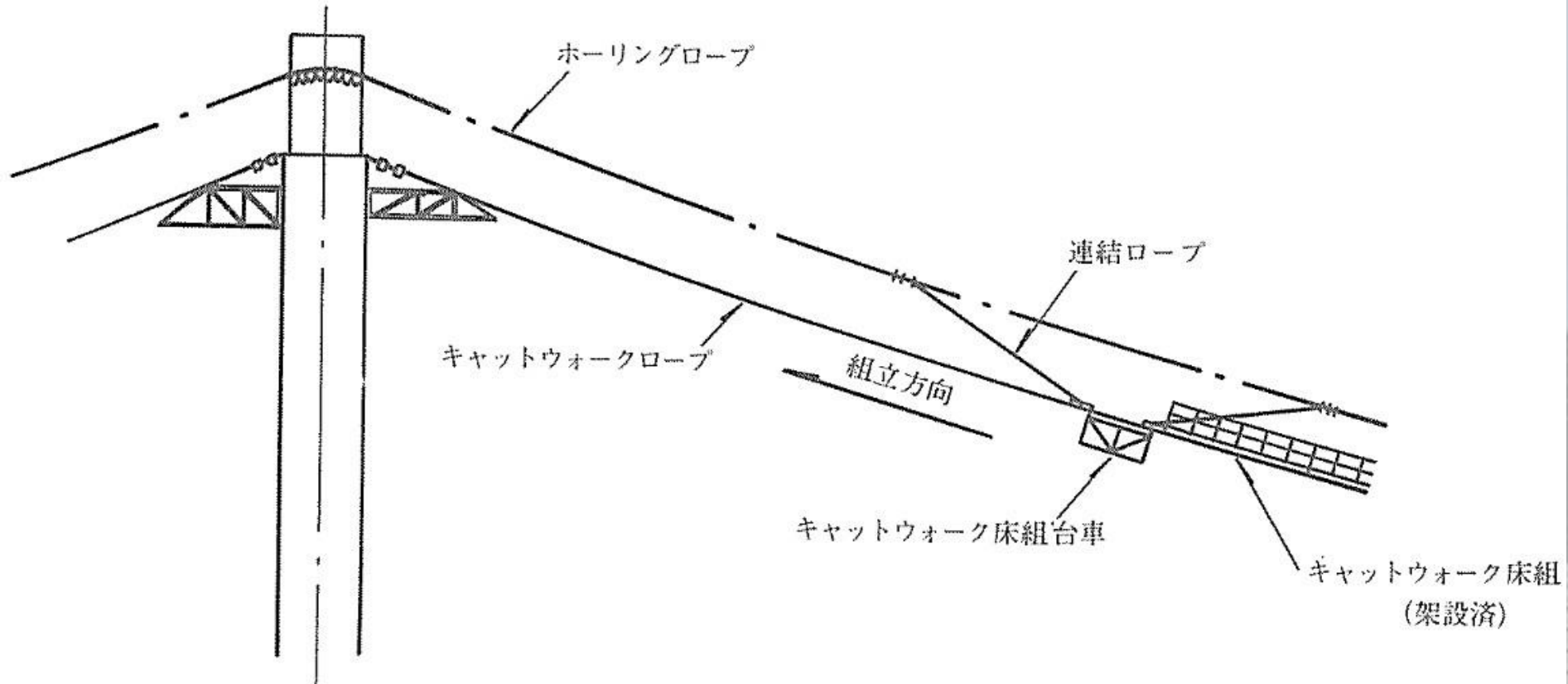
CAT WALK



主ロープの架設

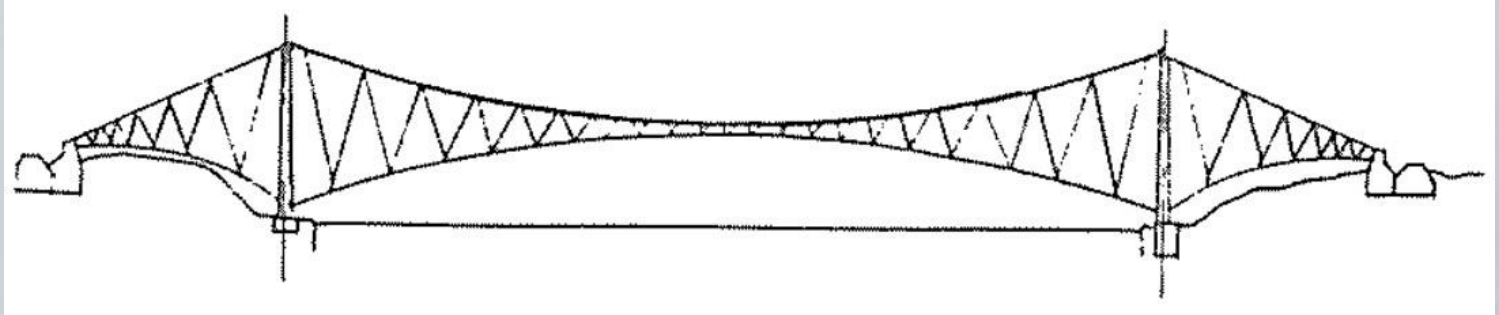


床組の架設

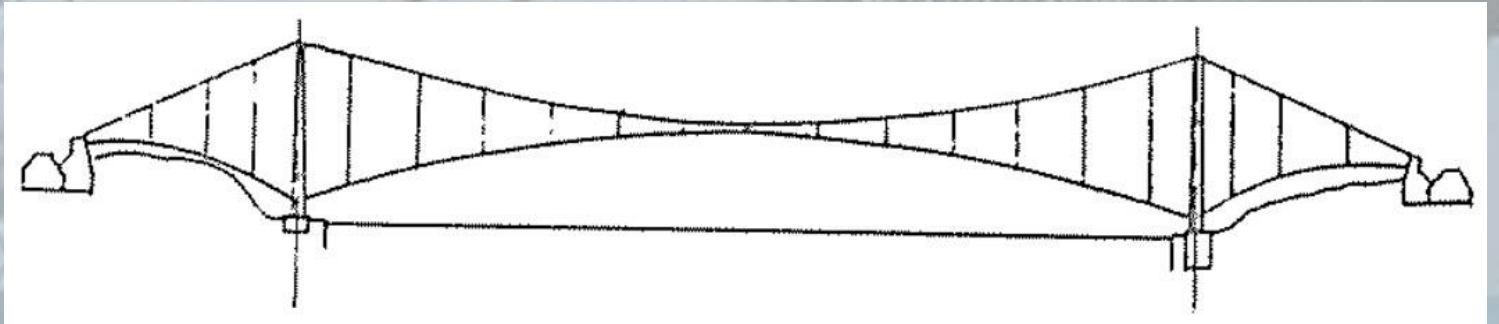


キャットウォーク床組はキャットウォーク床組台車上にて組立て、キャットウォーク床組台車を後方に移動させ順次床組を組み立てていく。

スチームロープの架設

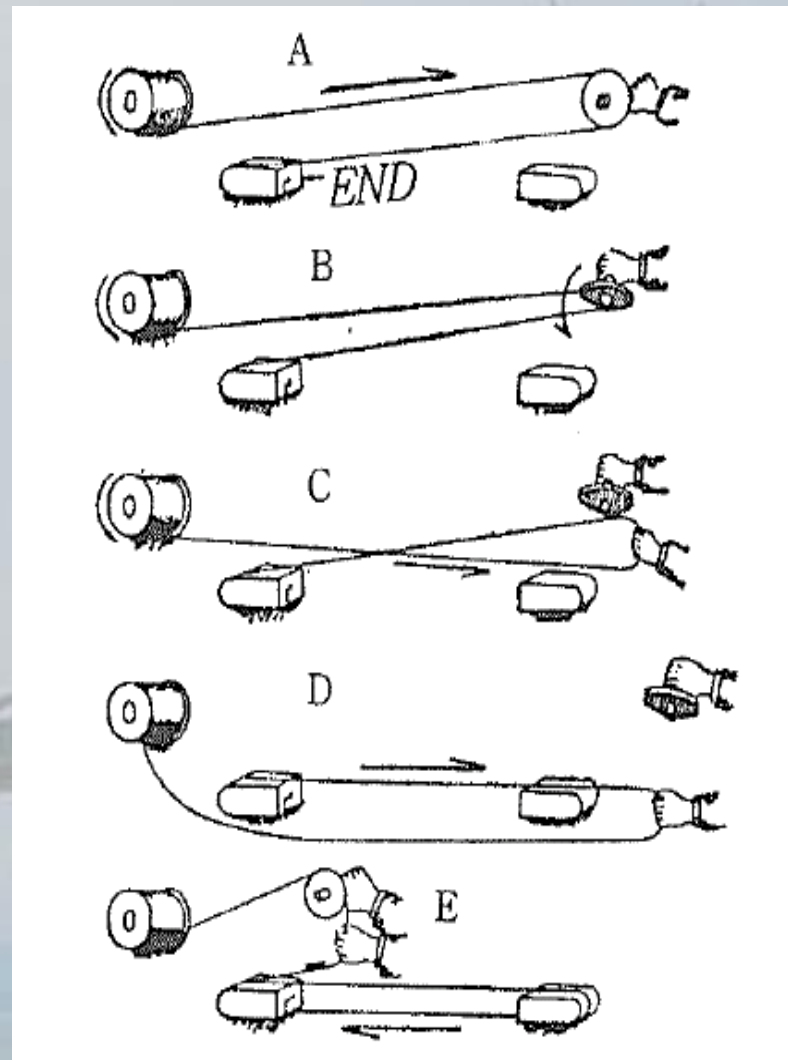


ダイヤゴナルハンガー形式

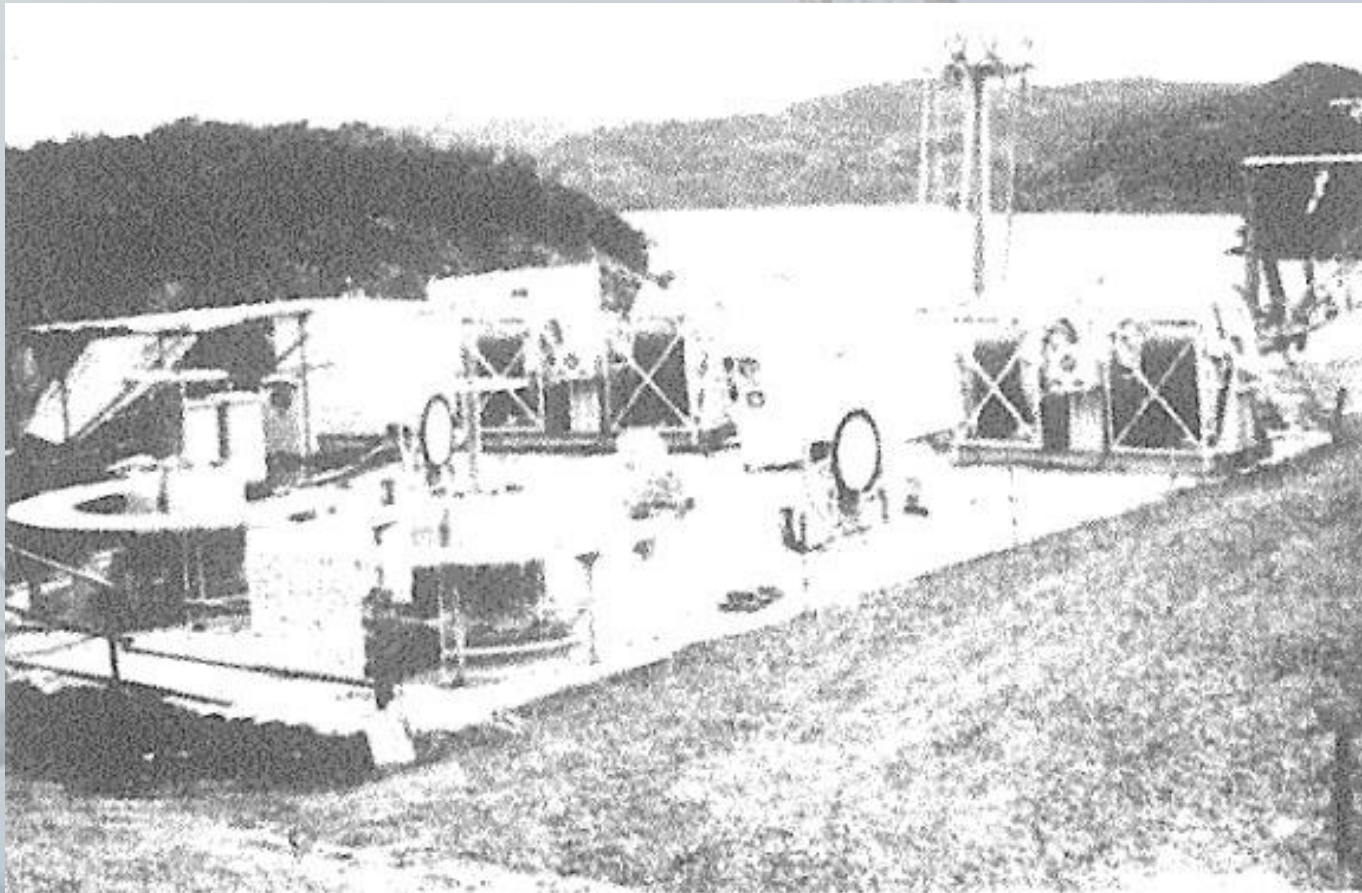


平行ハンガー形式

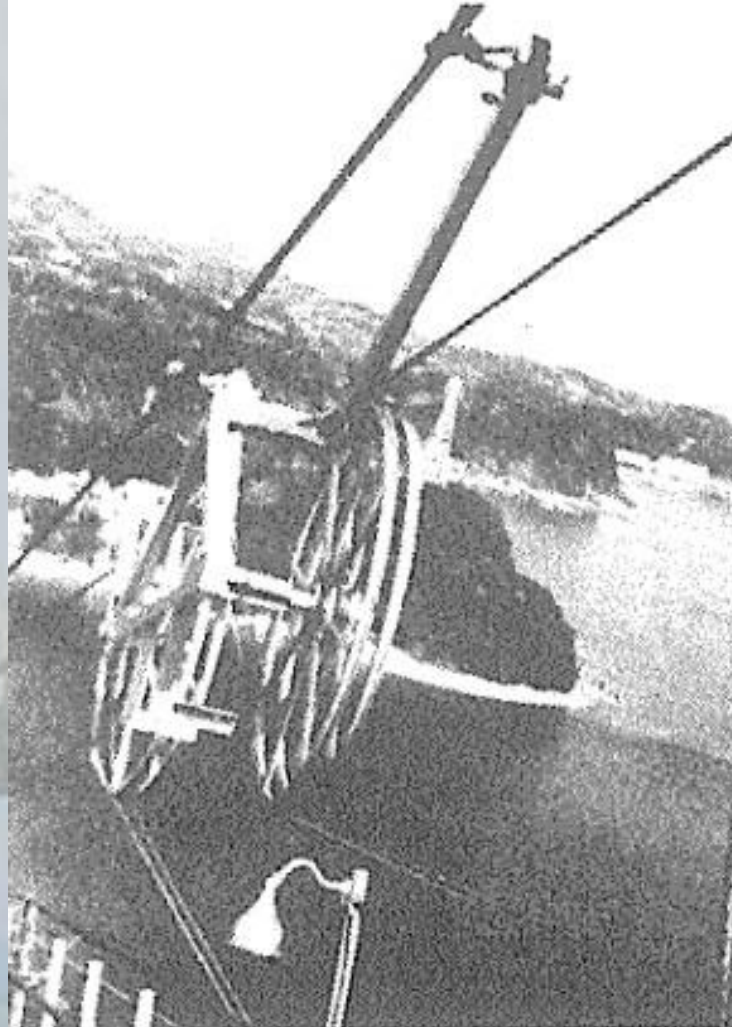
エアースピニング工法



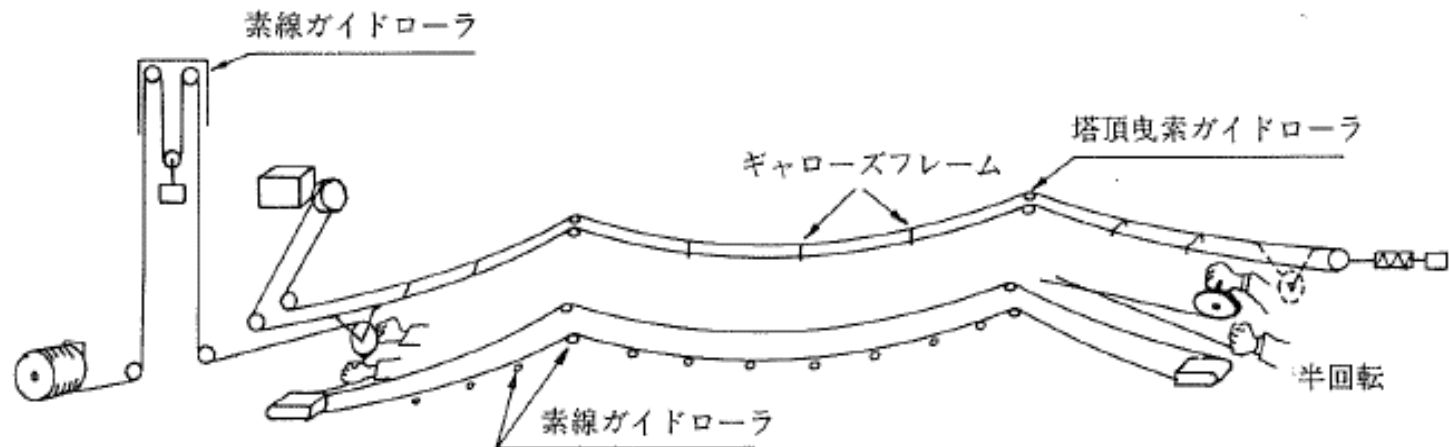
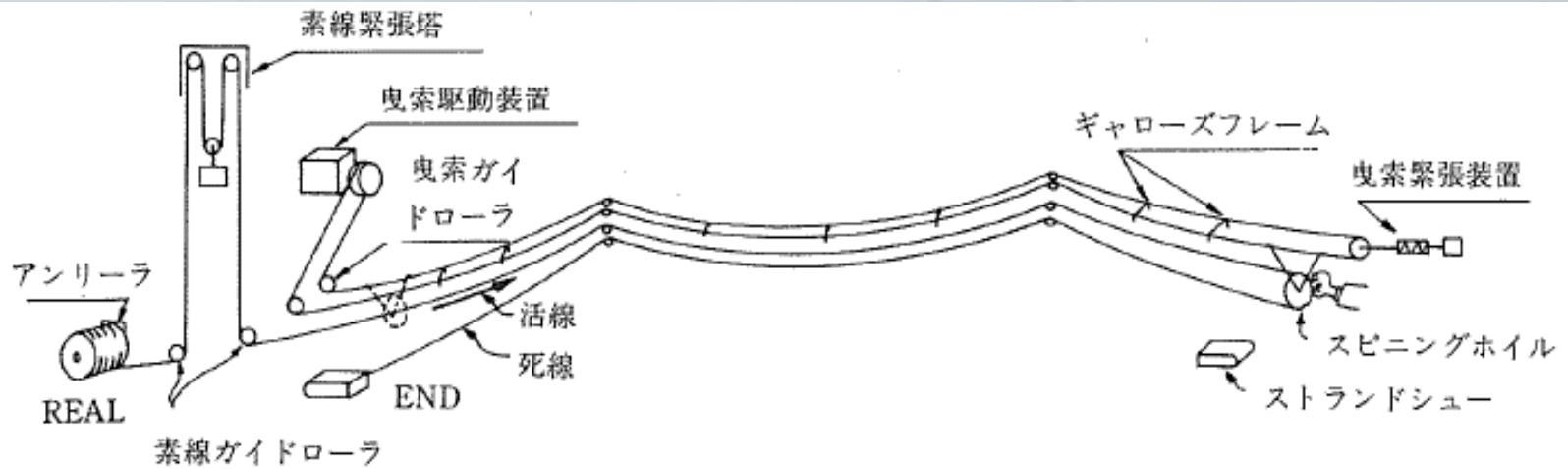
リーリングヤード設備



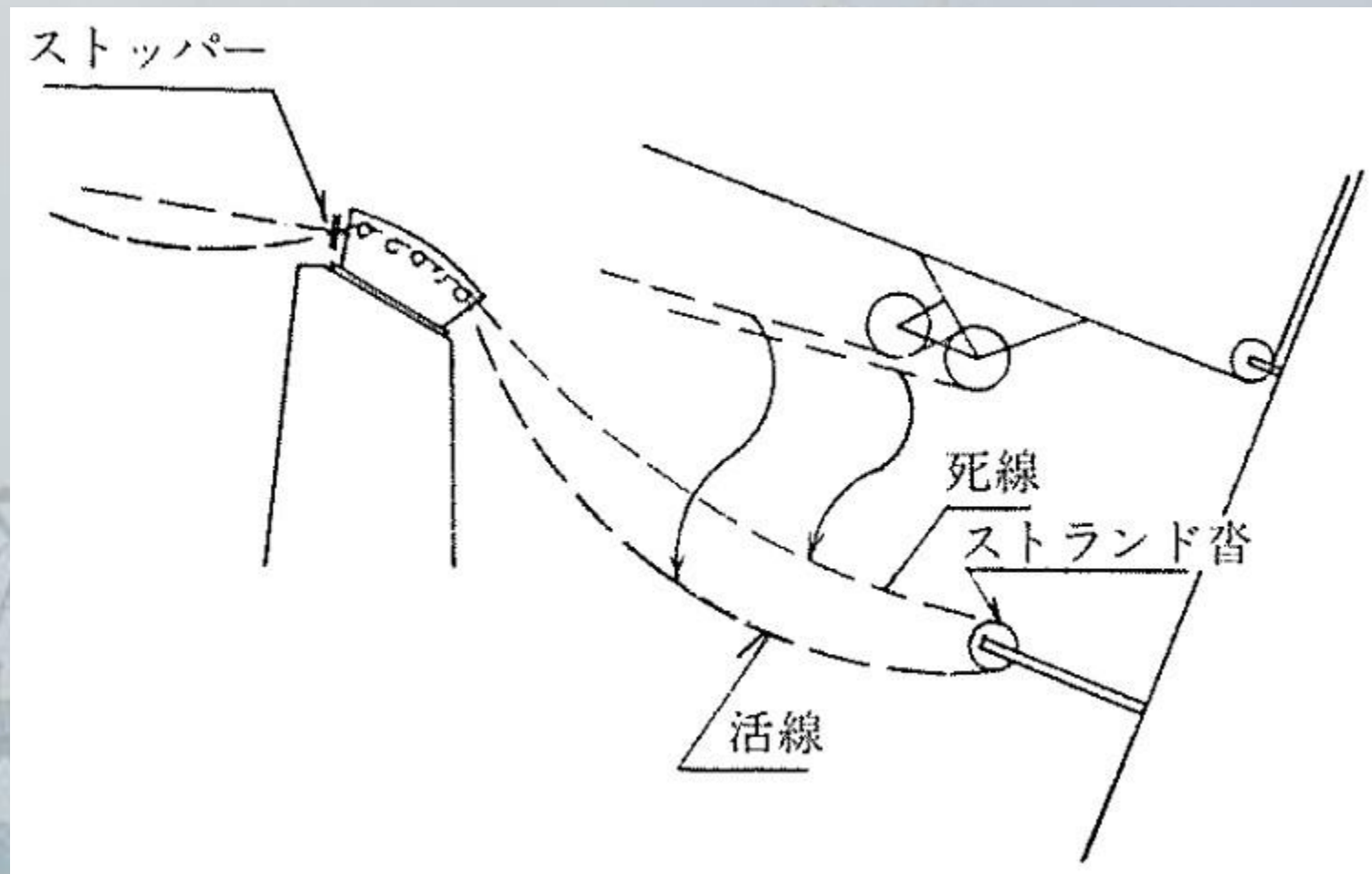
Spinning Wheel



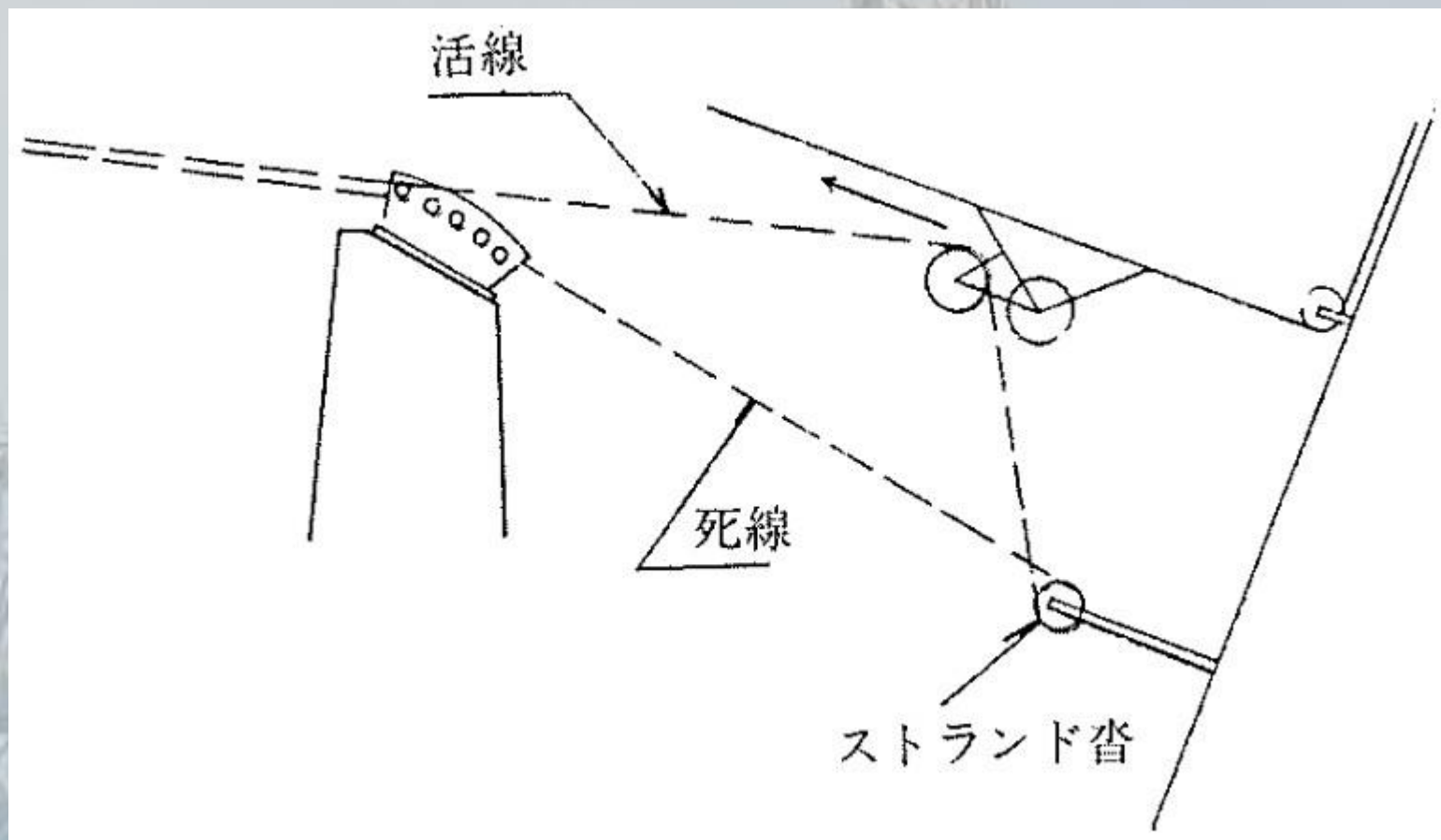
Air Spinning Method



素線のストランド沓掛け替え



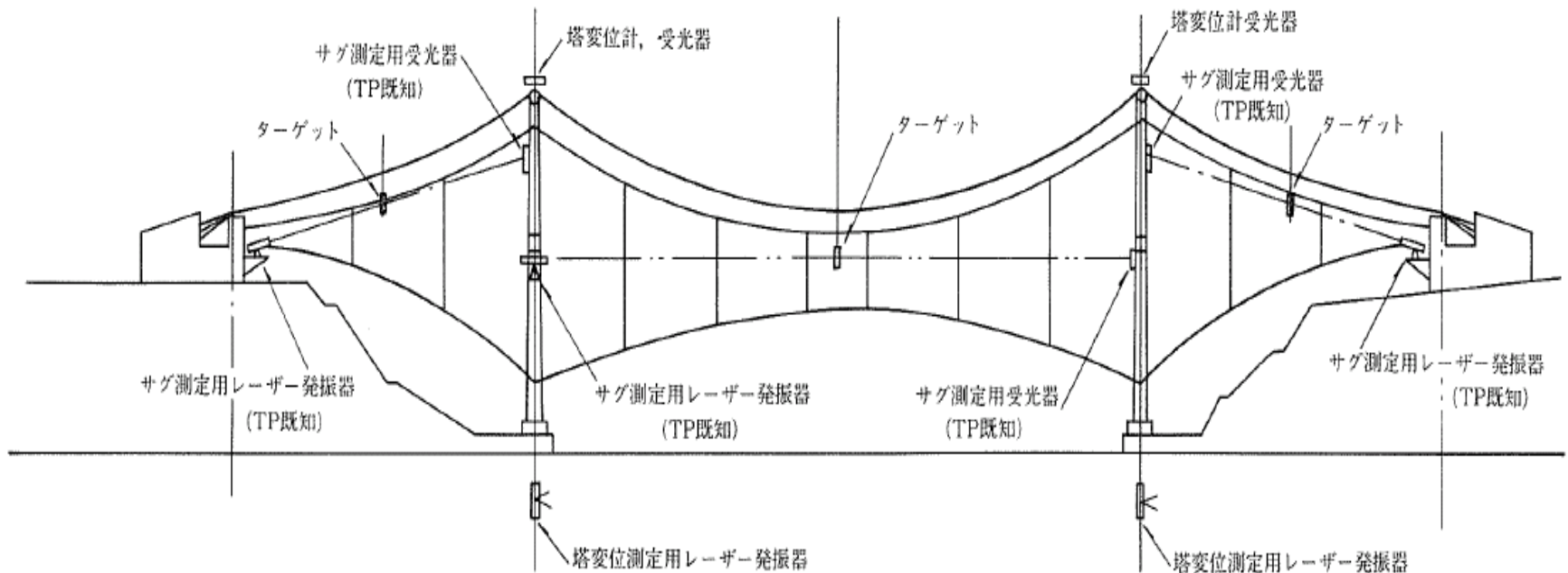
ホイールの戻りによる活線のサドル内納め



P.W.S. 工法

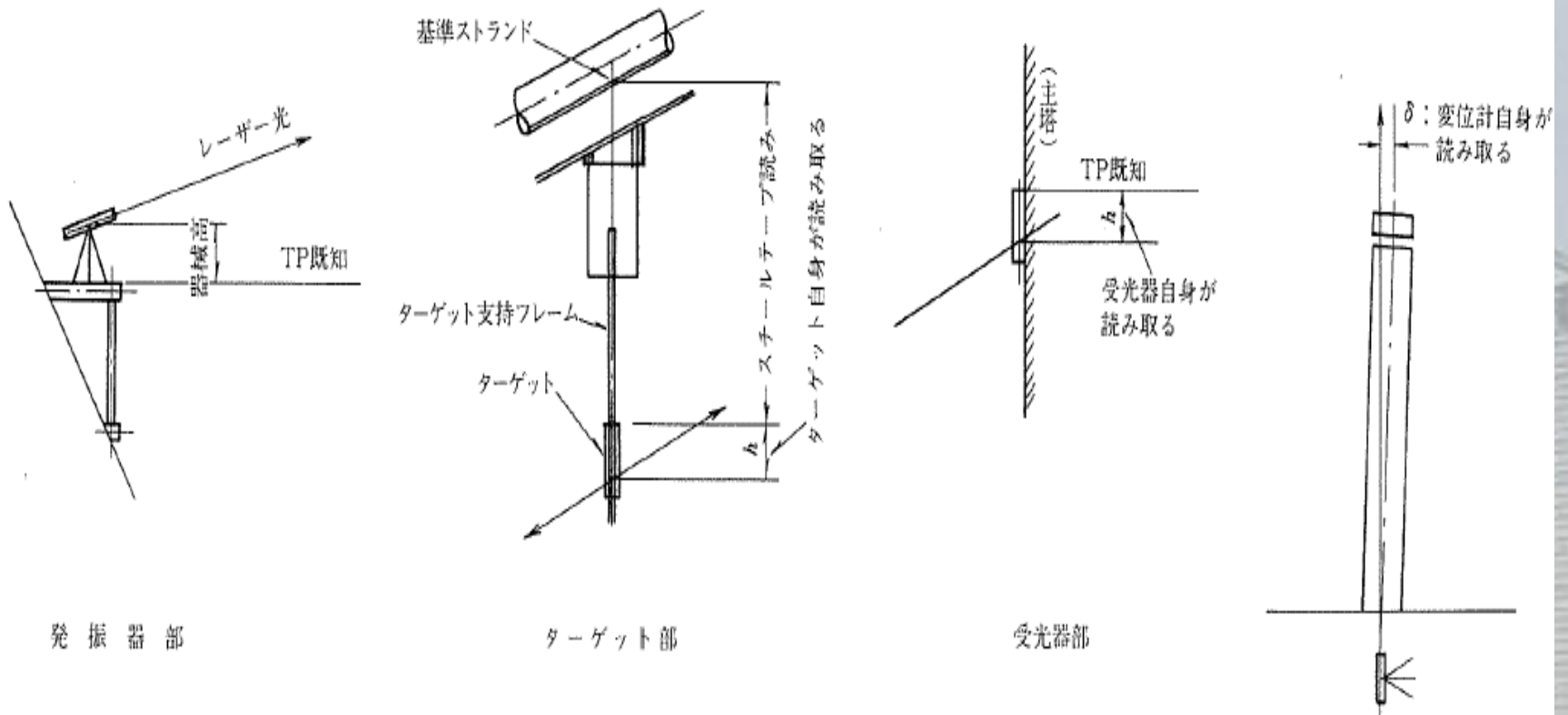
- 1964年、レオンハルトが提案
- ベツレヘムスチール社が開発
- 米国のNew Port Bridgeに適用
- 工場で製作して現場に運ぶ
- 品質管理が出来、架設時間が短い
- 欠点は、リールに巻かれたストランドの重量に制限がある
- ケーブル定着点が大きくなりアンカーの費用が増大

基準ストランドサグ測量要領

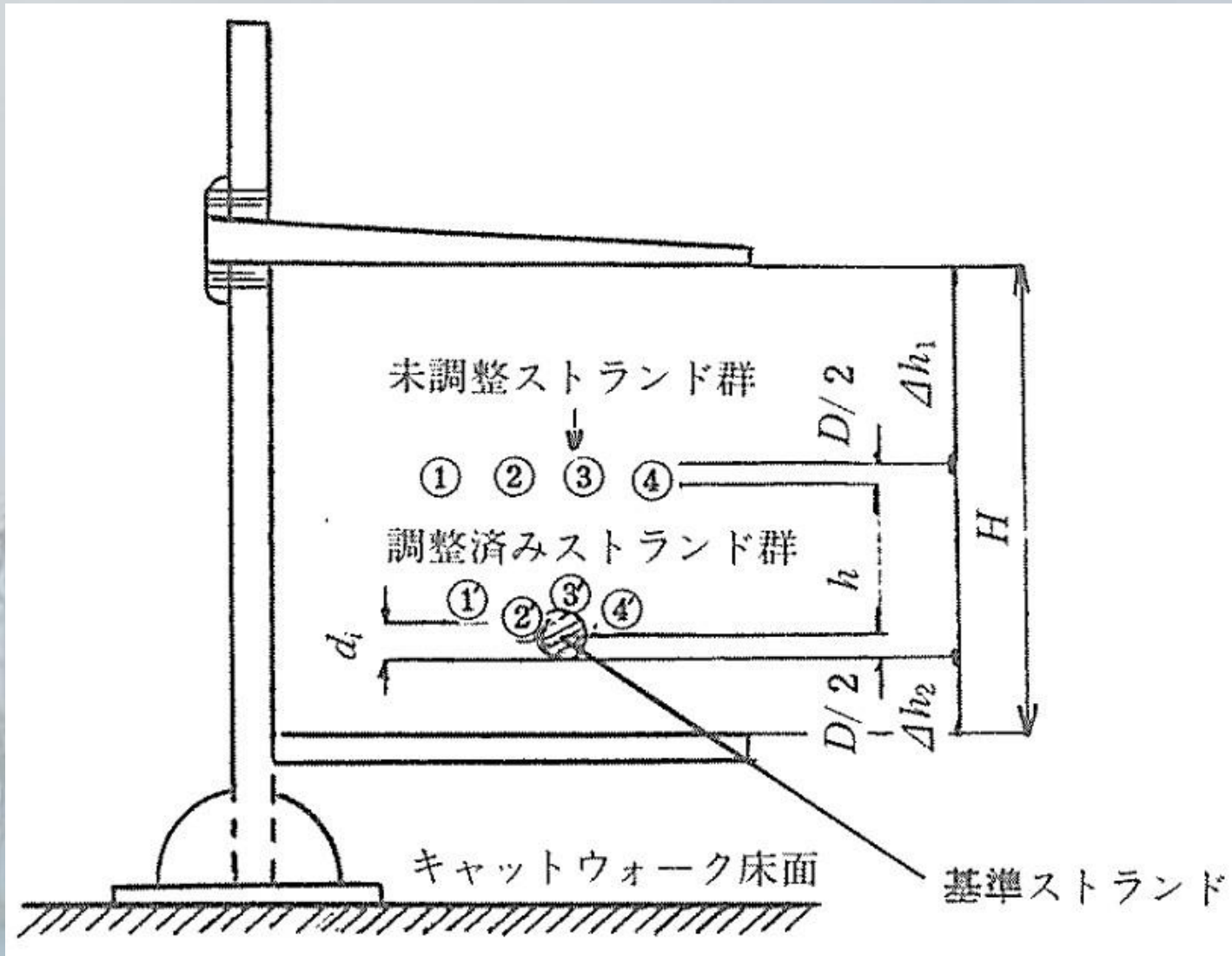


サグ測量機器

塔変位測量詳細



相対サグ測定要領

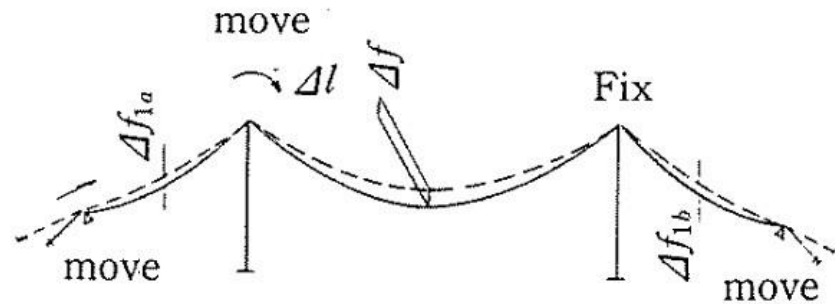


サグ調整順序

- ① 中央径間の調整

$$\Delta l = \Delta t = \frac{\Delta f}{K}$$

だけムシを抜く



- ② 中央径間調整完了



- ③ 側径間の調整

$$\Delta l_1 = \Delta t_1 = \frac{\Delta f_a}{K}$$

だけシムを抜く



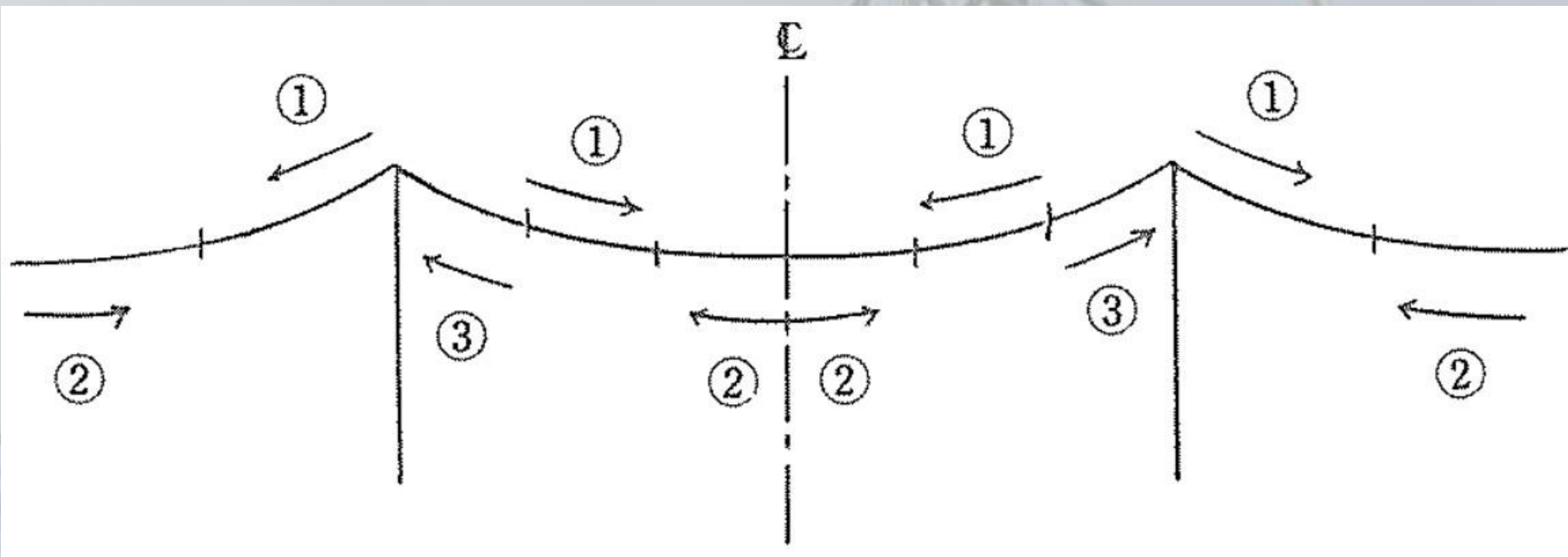
$$\Delta l_1 = \Delta t_1 = \frac{\Delta f_{1b}}{K}$$

だけシムを抜く

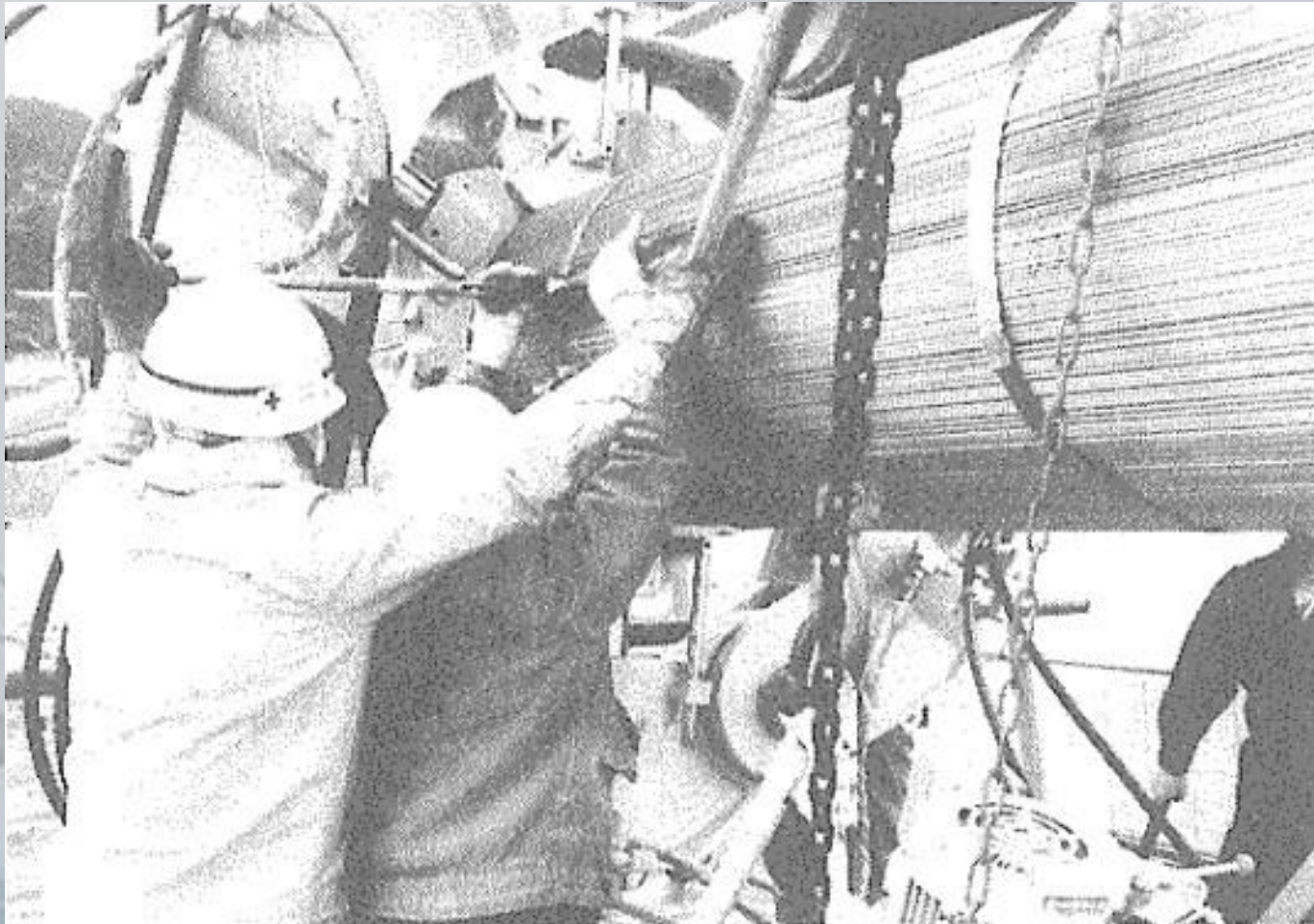
- ④ アンカースパンの張力測定アンカースパンの張力を測定し所定の張力になるまでシム量を加減する。



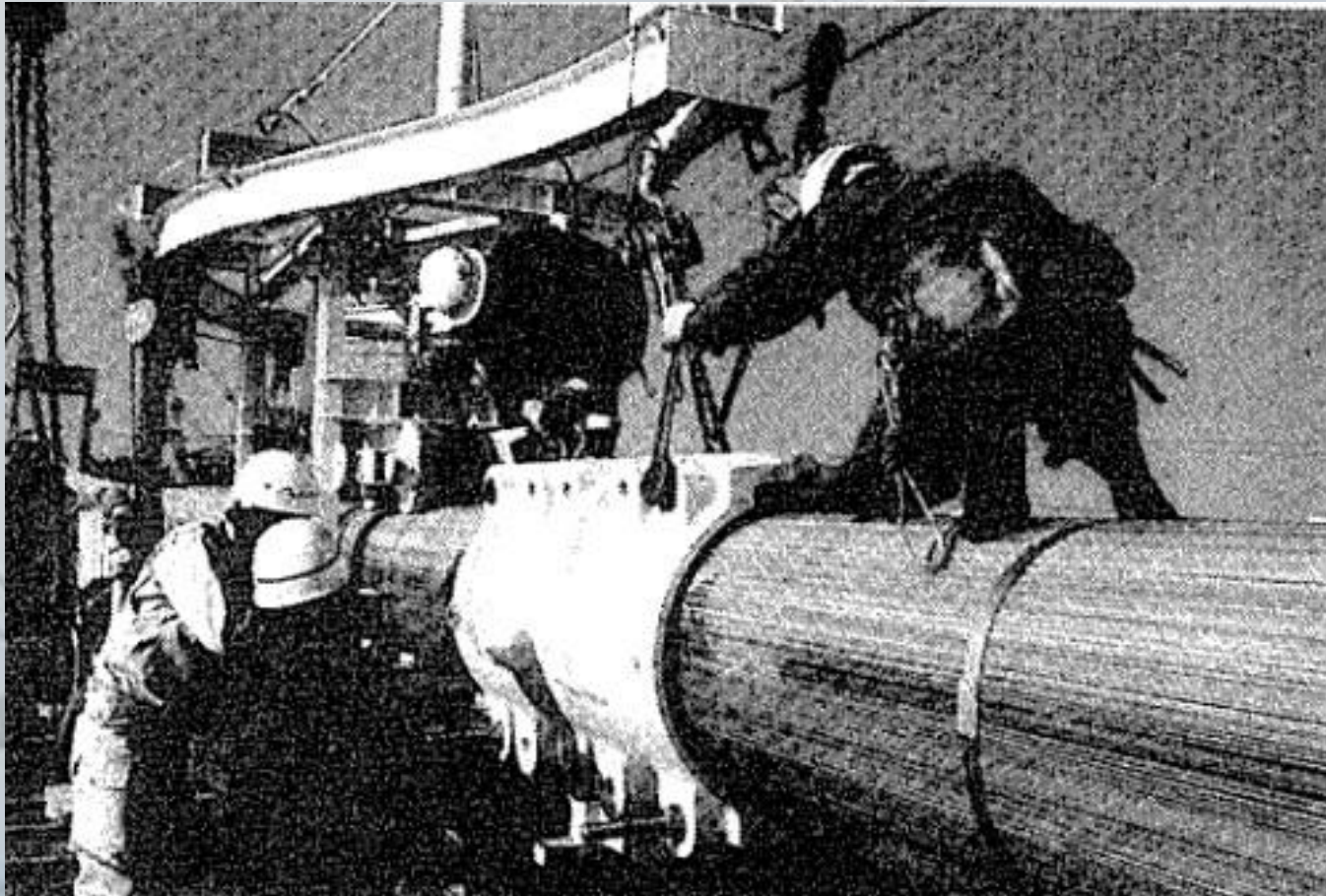
ケーブルスクイジングの順序



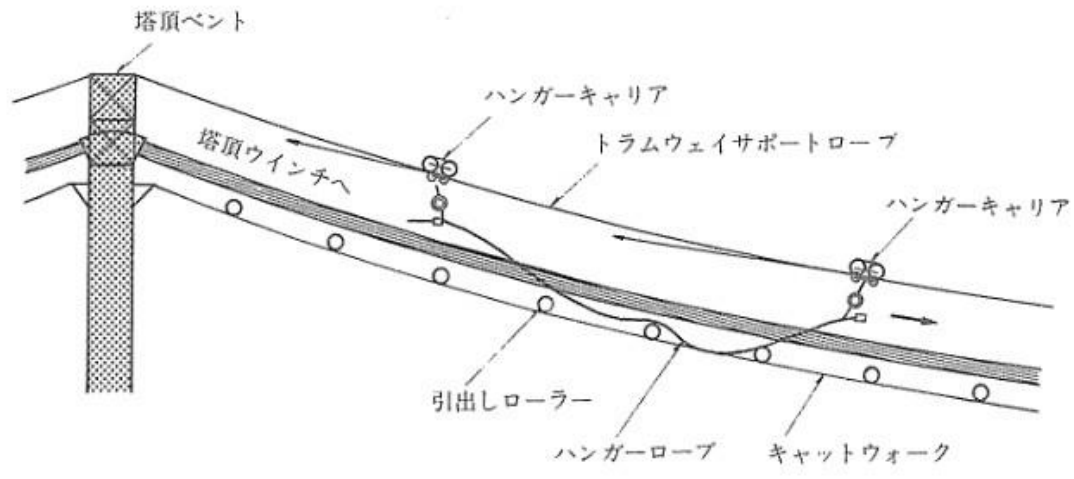
Cable Squeezing



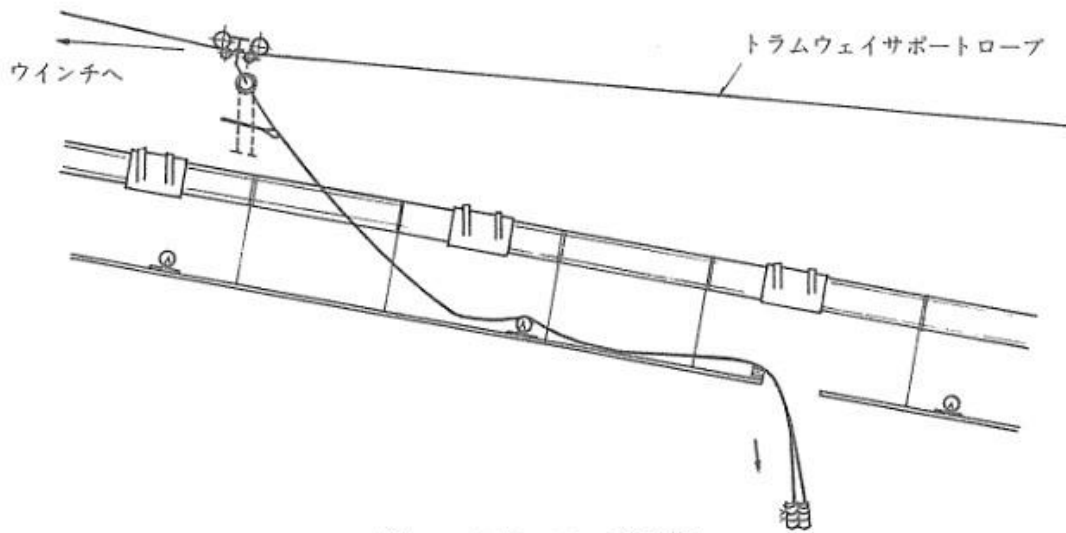
Cable Band



Hanger Setting

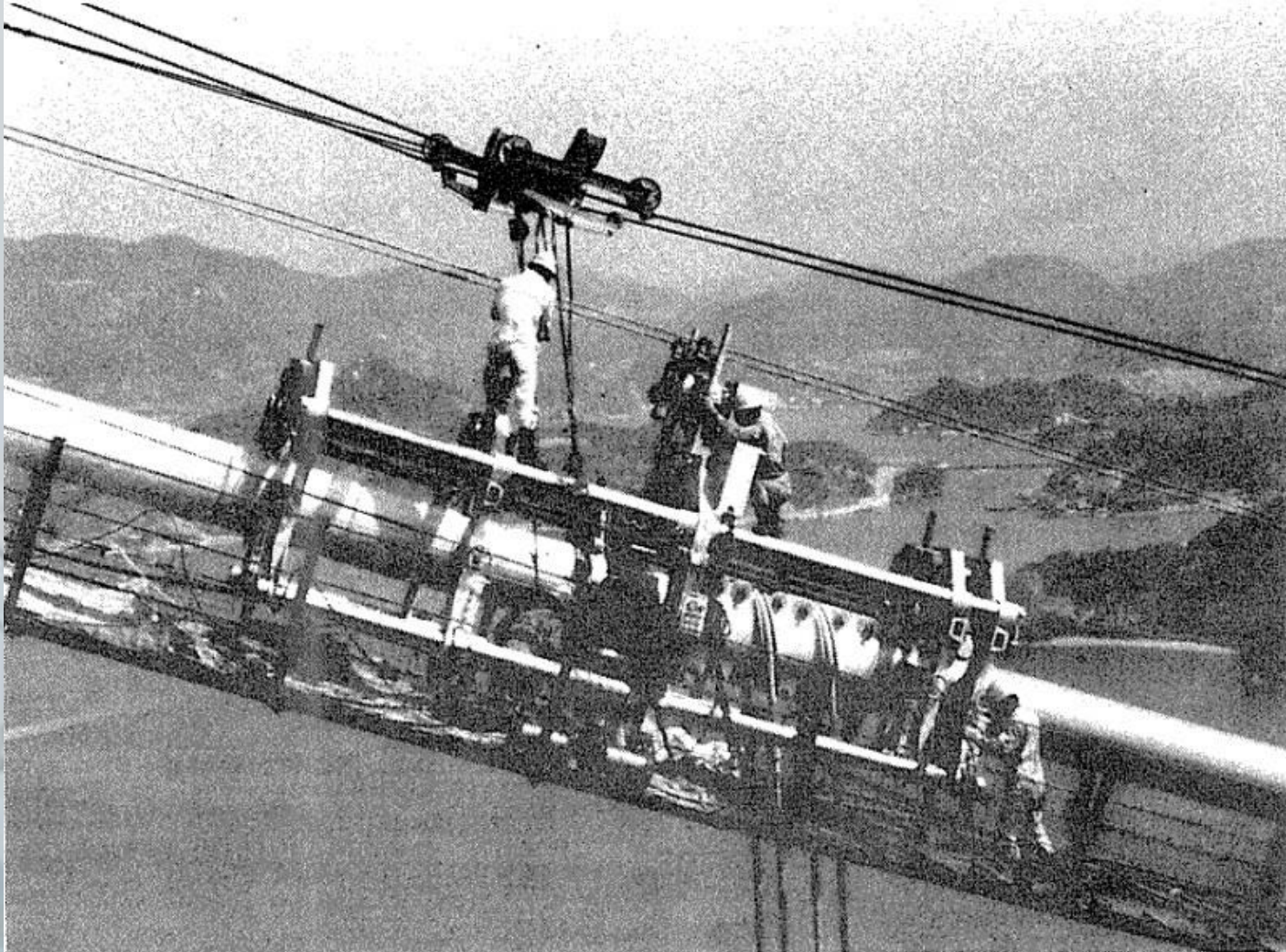


(a) ハンガーロープ運搬



(b) ハンガーロープ吊落し

Wire Rapping

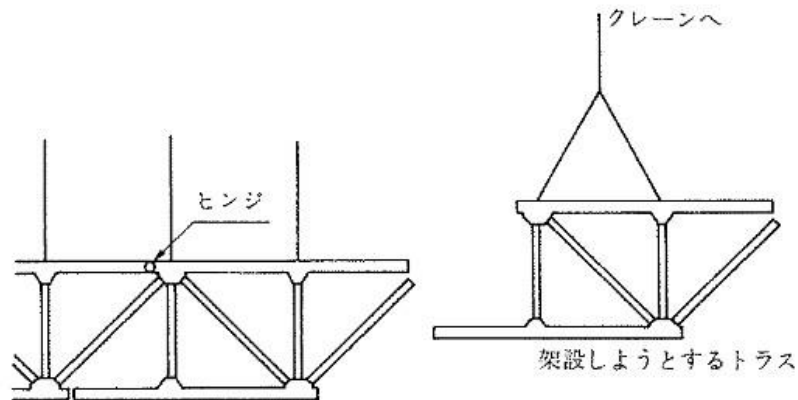


Girder Construction

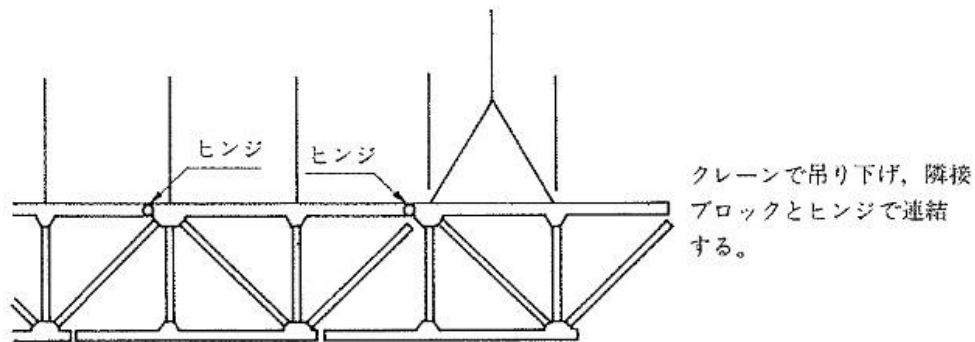
- 全ヒンジ工法(無補剛架設工法)
 - 簡単だが、耐風安定性に欠ける
- 架設ヒンジを有する逐次剛結工法
 - 架設途中の耐風安定性に優れる
 - 応力が大きくその対策が必要
- 吊材調整による逐次剛結工法
 - 上記の折衷案、架設最先端の吊り材に集中する張力を2本以上に分散する方法

全ヒンジ工法

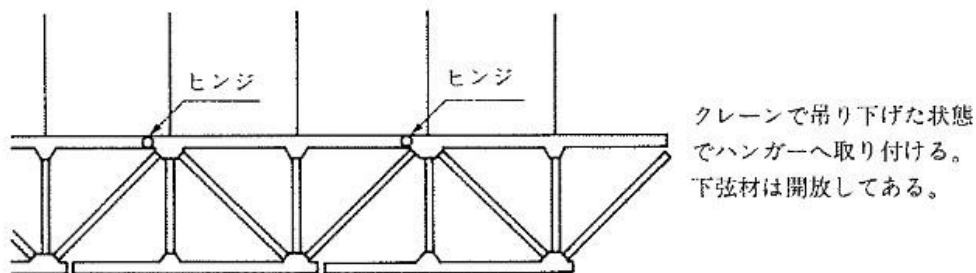
第1段階



第2段階

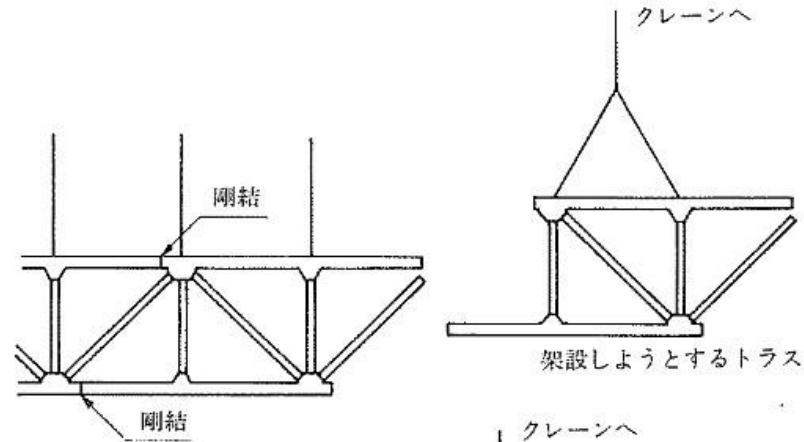


第3段階

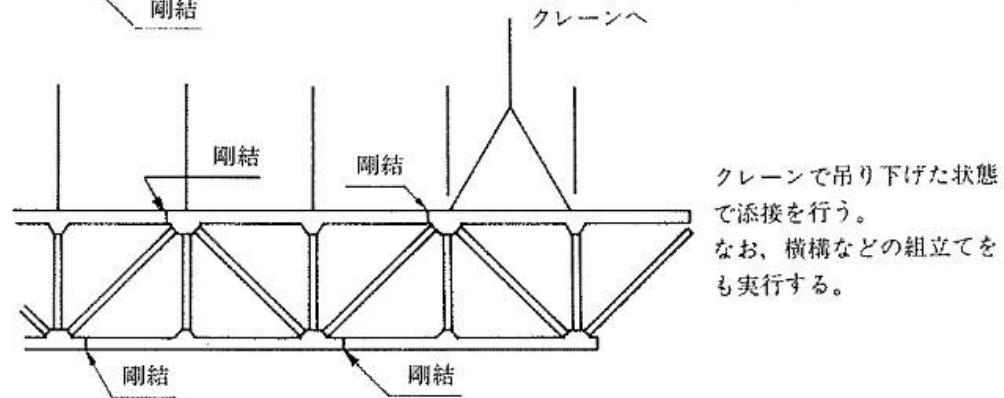


逐次連結工法

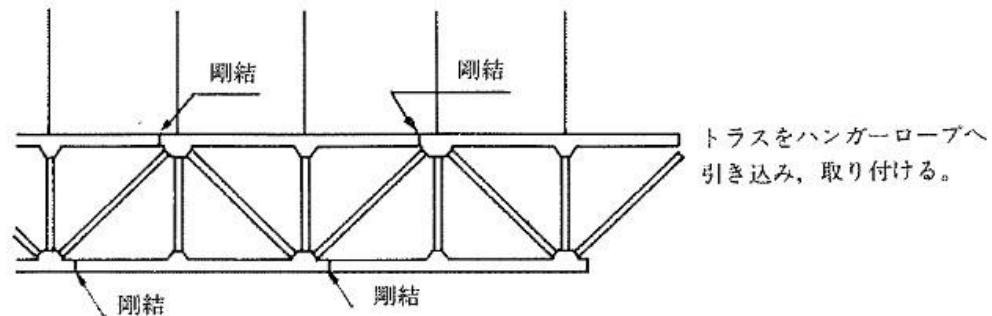
第1段階



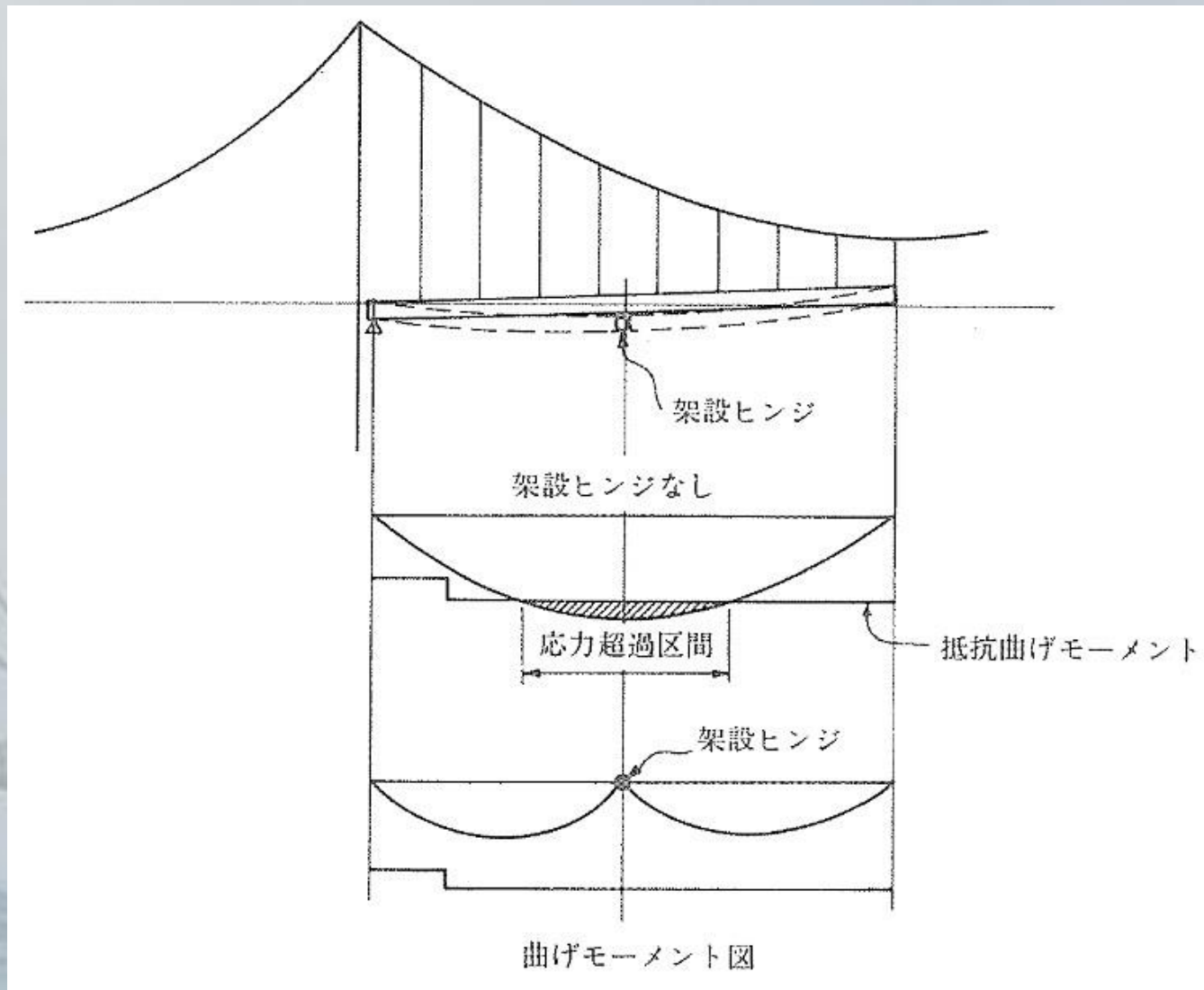
第2段階



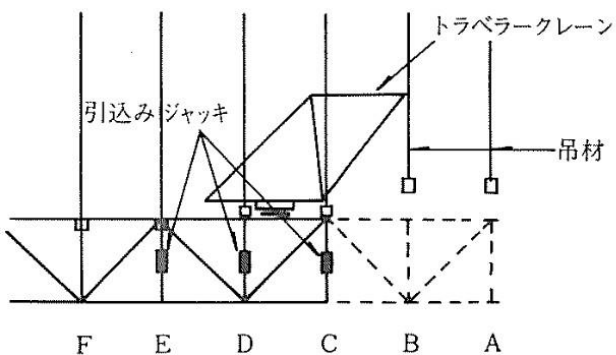
第3段階



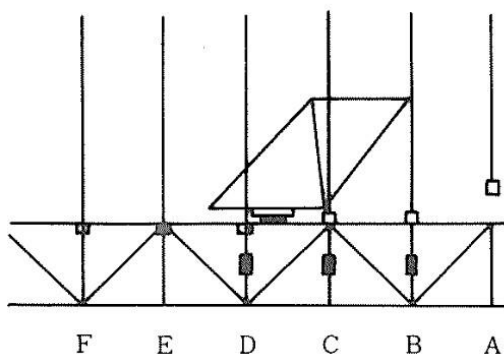
架設ヒンジを有する逐次剛結工法



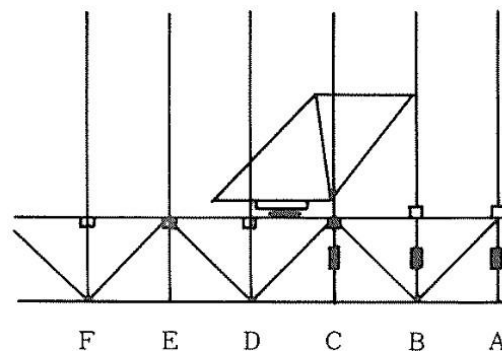
吊材調整調整による逐次剛結工法



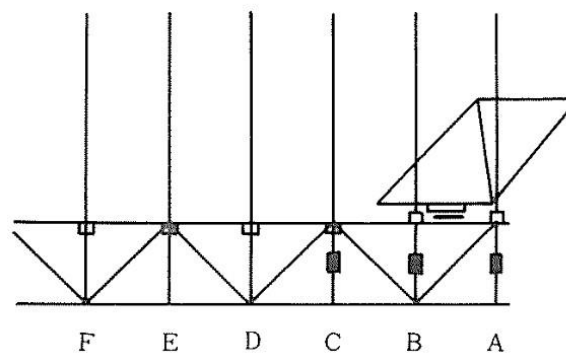
- ① 2パネル分の部材を架設する。



- ② 吊材B・C・Dを引込みDを定着, B, Cはジャッキ固定する。


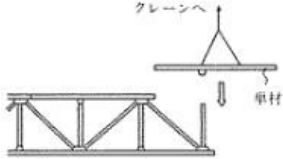

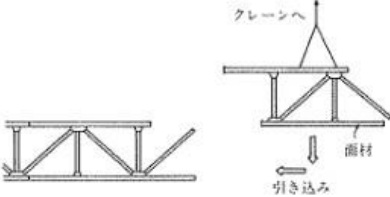
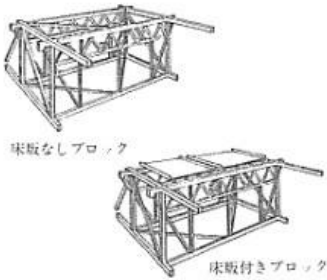
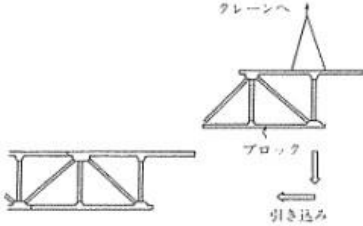


- ③ 吊材A・B・Cを引込みCを定着, A, Bはジャッキ固定する。

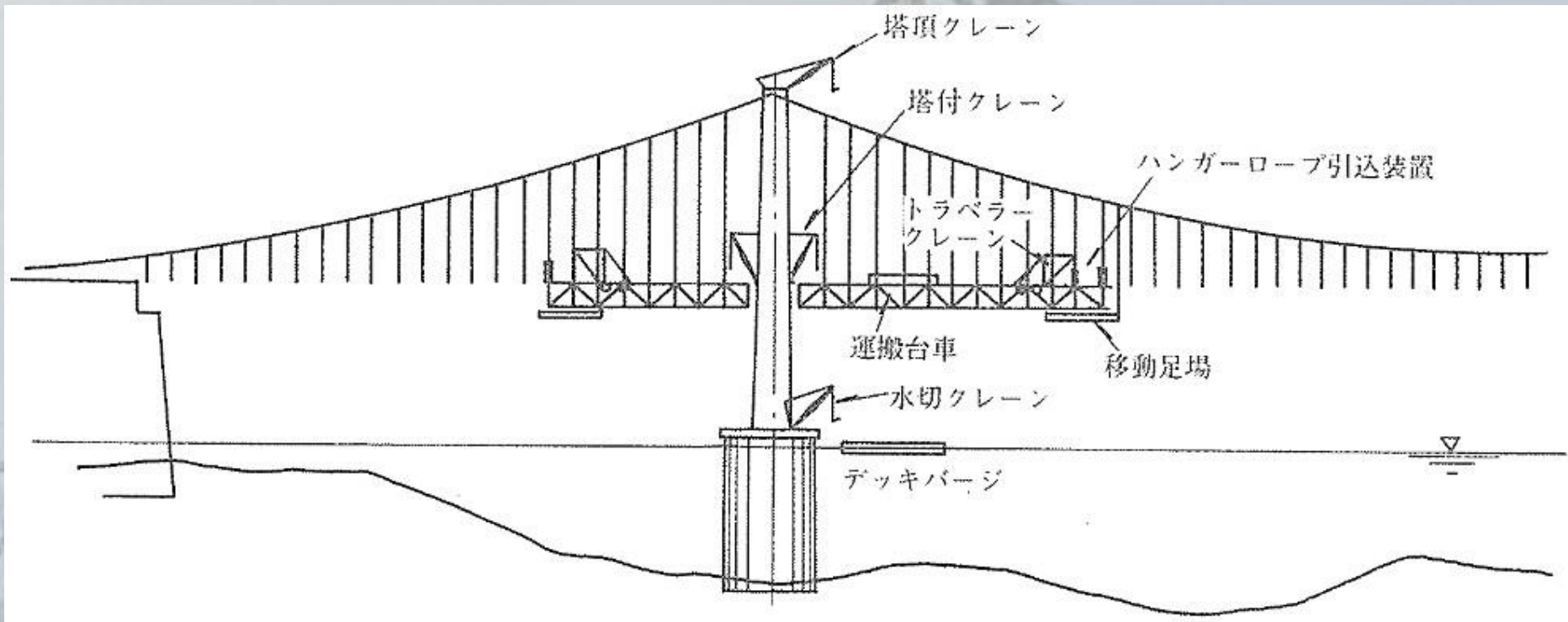


- ④ トラベラークレーンを前進

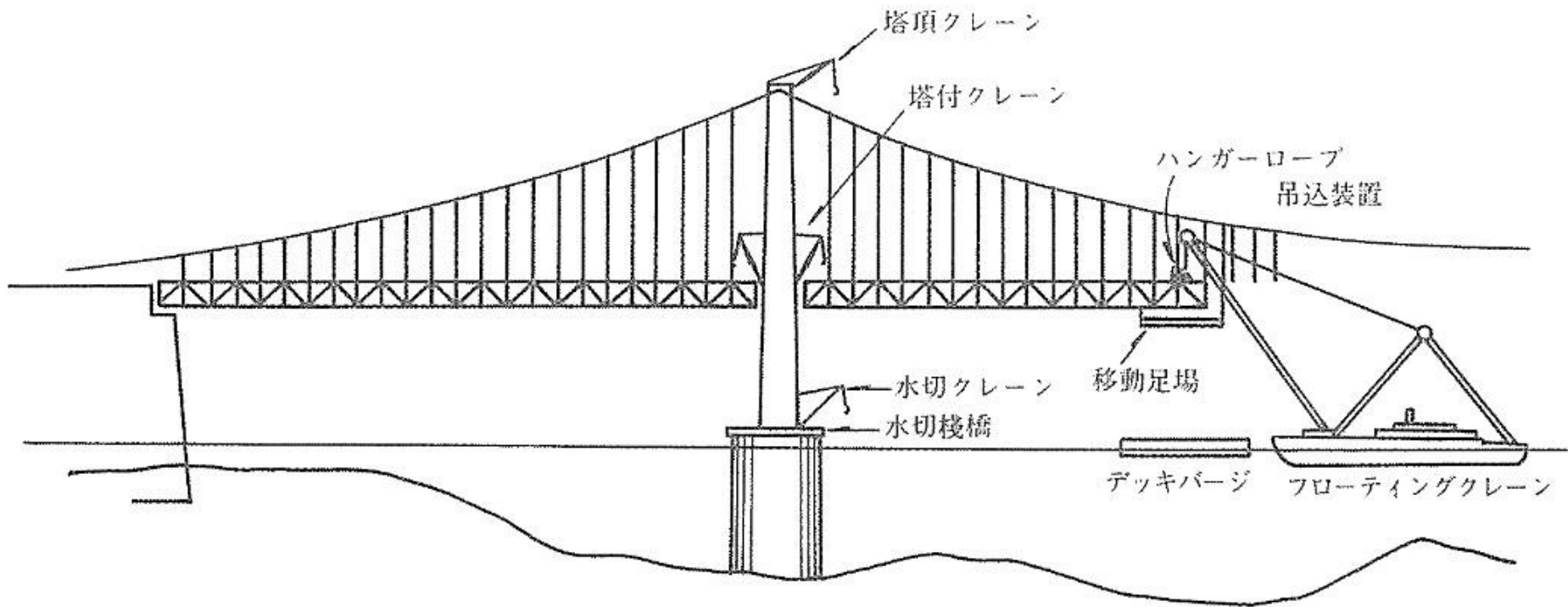
架設単位による工法比較

工法	架設単位	架設要領
単材架設工法	 <p>単材</p>	 <p>クレーンへ</p> <p>単材</p>
面材架設工法	 <p>主構面材</p> <p>橋トラス面材</p>	 <p>クレーンへ</p> <p>面材</p> <p>引き込み</p>
ブロック架設工法	 <p>床版なしブロック</p> <p>床版付きブロック</p>	 <p>クレーンへ</p> <p>ブロック</p> <p>引き込み</p>

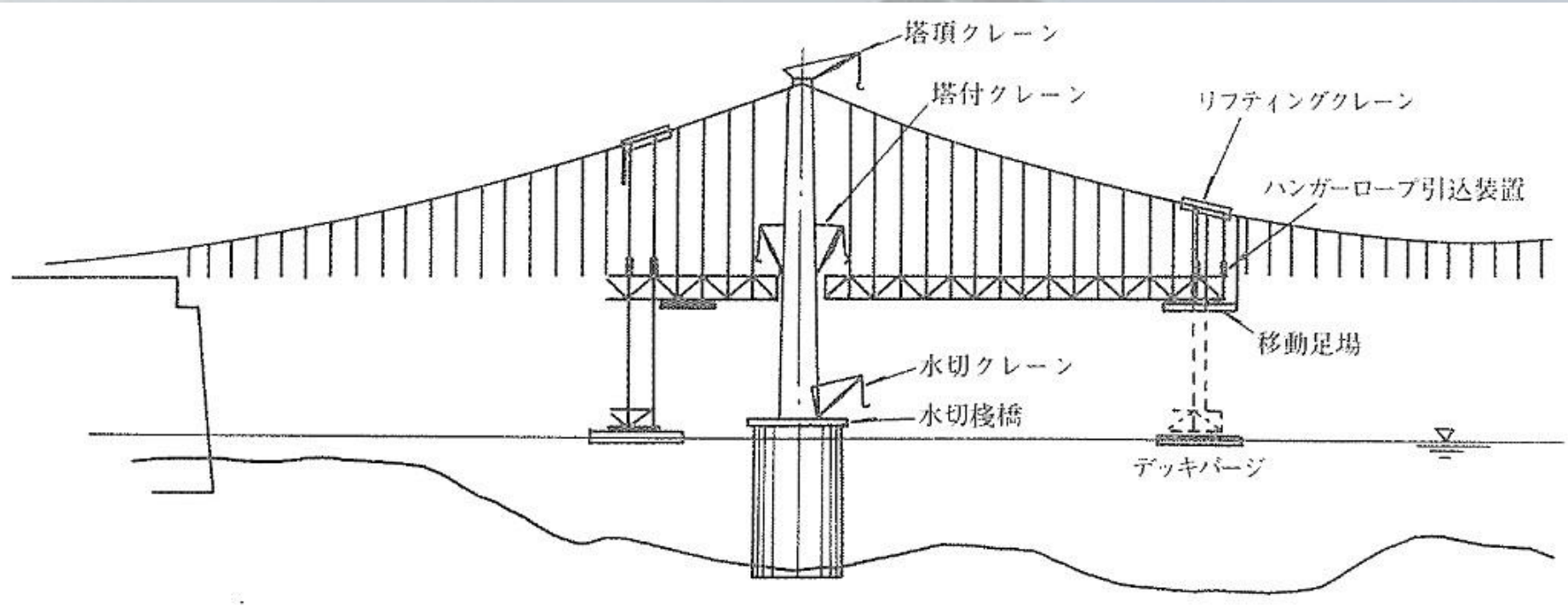
Traveler Crain Method



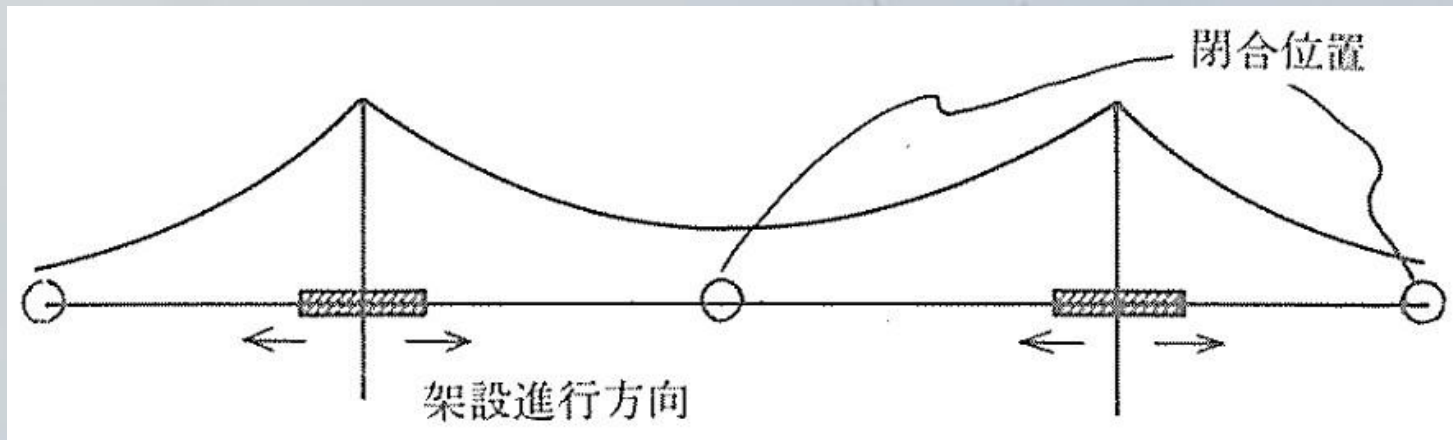
Floating Crane Method



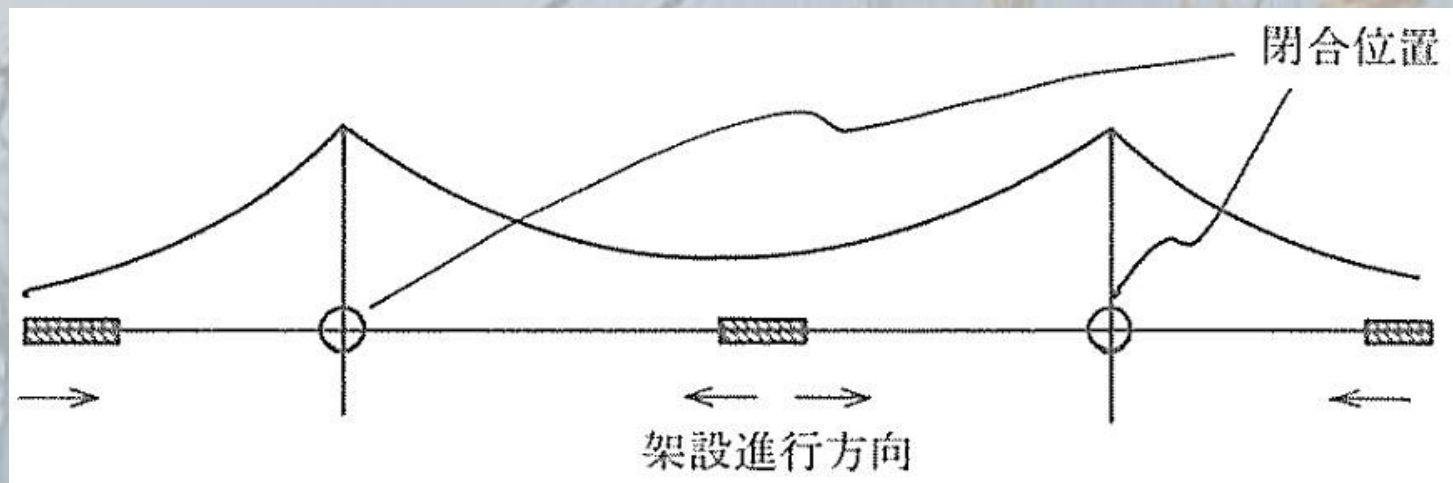
Lifting Crane Method



架設順序と閉合位置

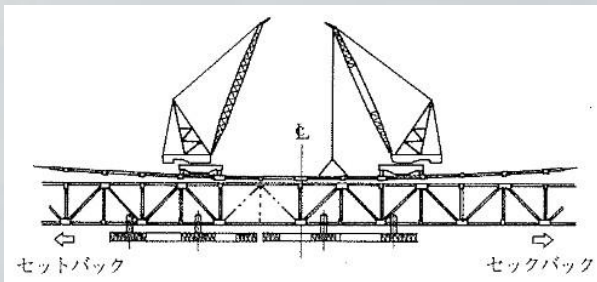


(a) 塔から両径間に向かって架設



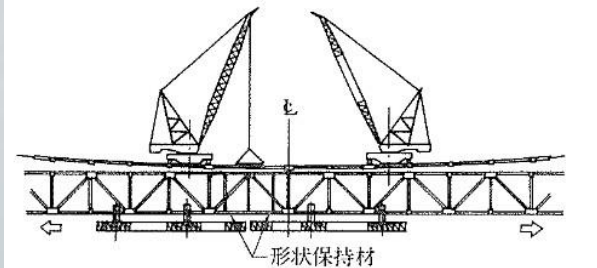
(b) 両径間から塔に向かって架設

閉合手順



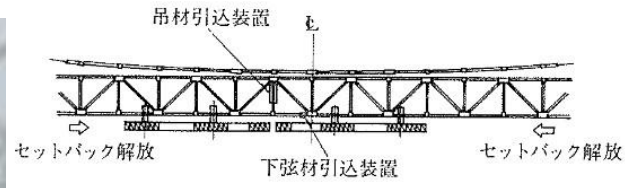
ステップ 1

- ① セックバック装置取付
- ② セックバック



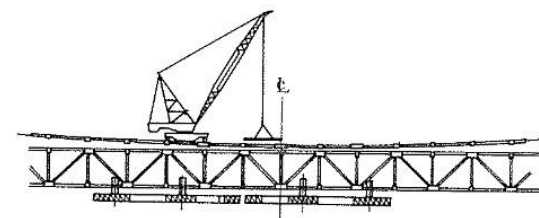
ステップ 2

- ① 主構，主横トラス架設
- ② 下弦材引込装置設置
- ③ 下横構架設
- ④ 添加物，上横構架設



ステップ 3

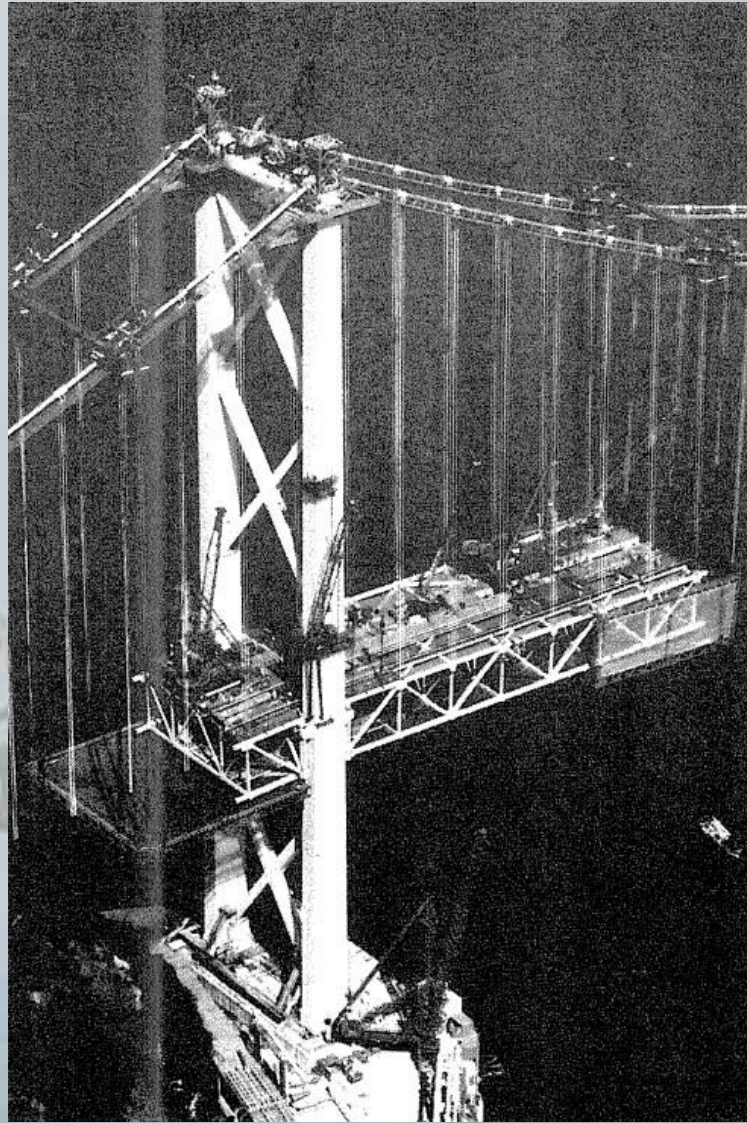
- ① トラベラークレーン後退(4パネル分)
- ② 吊材引込装置セット
- ③ セックバック装置と吊材引込装置で調整しながら上弦材の添接
- ④ トラベラークレーンを更に後退(2パネル分)
- ⑤ 下弦材引込装置を用いて下弦材の添接
- ⑥ 斜材および下横構の添接，高力ボルト本締



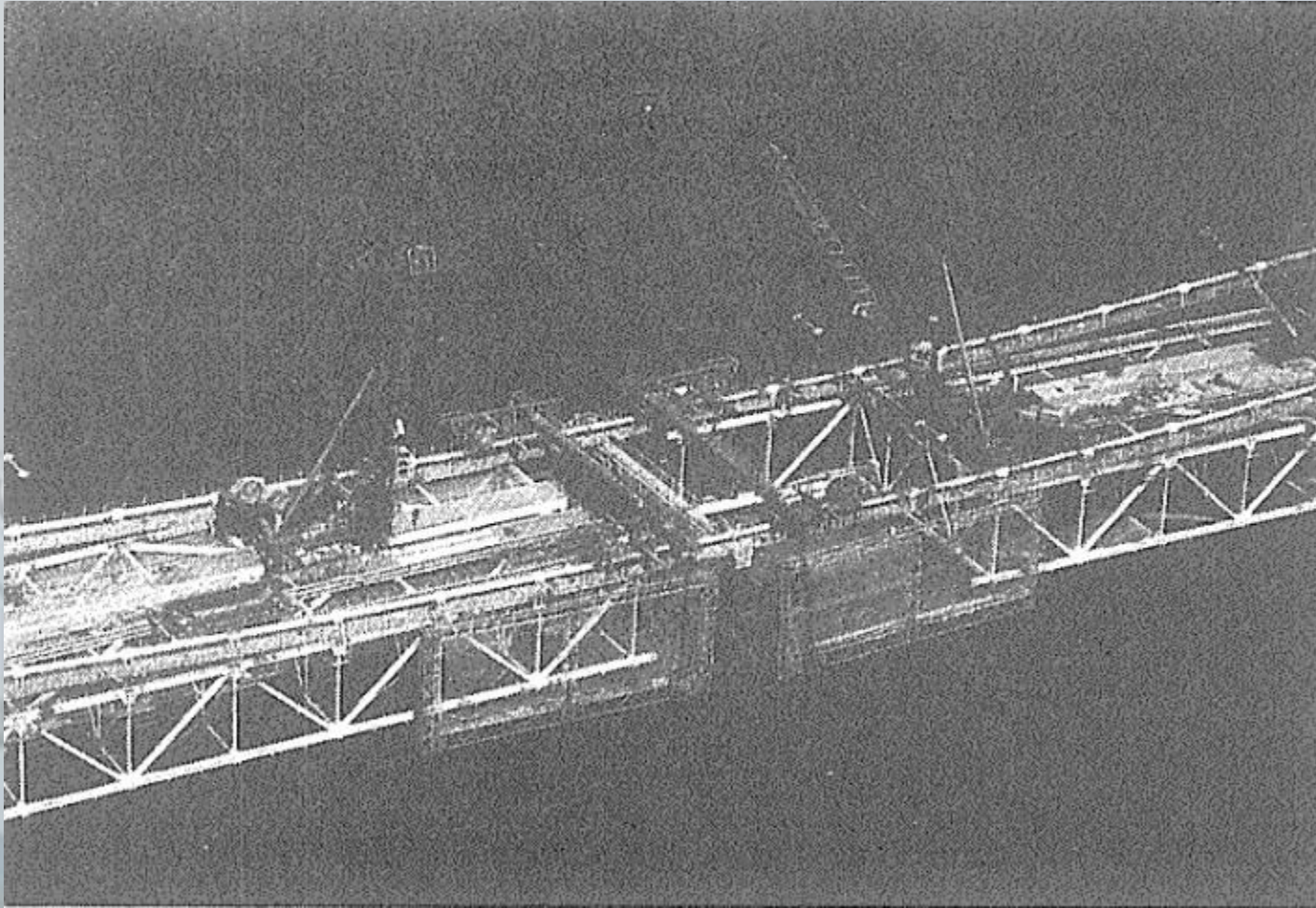
ステップ 4

- ① トラベラークレーン前進(片側のみ)
- ② 残部材架設
- ③ 高力ボルト締付

サイクル架設の設備配置



閉合部材の架設



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

ご清聴ありがとうございました。

