

## Nordbrücke Düsseldorf, Teil-III Statik und Konstruktion der Strombrücke

(デュッセルドルフのノルト橋, III 河川部橋梁の静的計算と構造)

著者	誌名							ページ	図数	表数	抄録		査読
L. Wintergerst	Der Stahlbau, 1958, 7.							147 188			遠田良喜	成瀬輝男	
											東海大学	石川島播磨重工業	
分類	1	2	③	④	⑤	6	7	8	9	10	11	12	備考
	一般	計画	設計	解析	構造	製作	材料	ケーブル	架設	実験	耐風	その他	
関連ある番号に○印を, 特に詳細なものに◎印を付けた。													

### 1. 概 説

河川部橋梁の概要は図 3 3.1 のようである。このハープ系斜張橋が採用された理由は、中央スパンの架設がライン川中でステーシングなしで行われること、ケーブルの作用力に大きな差がないことなどによっている。

### 2. 静的計算 (構造系と諸条件)

#### 2.1 荷重条件

イ) 交通荷重は DIN1072 (1952年 6月) の橋格 60。

ロ) 主桁には活荷重, 鋼重, ブラケット (歩道, 自転車道) のコンクリート重量が作用する。

コンクリート重量は, 部分的に軽量コンクリートを使用していることによって, 中央スパンで橋軸方向に変化しており, この差を考慮して所定のキャンパーを得るようにしている。

#### 2.2 温度条件

本橋のような構造物には, 均等な温度変化によっては断面力が生じない。本橋については次のような部材間の温度差を仮定する。

イ) 塔, ケーブル, 鋼床版は日光の直射により主桁下フランジより  $15^{\circ}\text{C}$  だけ高い。

ロ) 日没後, 上記のうちアスファルト舗装のある鋼床版を除いて, 他のものの温度は同じく  $15^{\circ}\text{C}$  だけ下がる。

#### 2.3 主構造系

主構造は塔と主桁から成っており, それらは互いに剛結されている。ケーブルは互いに平行であるが, 主桁との取付け

角度は塔の両側で異っている (図 3 3.1)。架設中, ケーブルは塔との取付位置において鉛直な移動が可能であり, これによって架設のさい桁のモーメントを平均化し, またキャンパーの修正を行うことができる。架設後, 3本のケーブルのうち中央のケーブルは塔に固定され, 他の2本は可動支持される。

主桁は3径間連続で対称形である。またケーブル取付位置において, 2つの箱桁は強固な横桁で結合されている。もしこの横桁の存在を考慮しなければ, 構造系は8次の内的不静定, 2次の外的不静となる (図 3 3.2)。本橋の設計はこの10次の不静定系についての計算に基礎をおいている。

主桁はまず1次理論によって計算されるが, 吊橋の場合と違って変形に伴う断面力が増加する方向で付加されるので, 2次理論による補正計算が必要となる。2次理論による計算はイテラチオン法によって行った。

#### 2.4 死荷重によるモーメント。主荷重と付加荷重によるコアモーメントと軸力

自重による主桁の断面力の計算は普通の方法で行うことができる。またケーブルと塔を結合するサドルの支承は垂直に若干移動できるので, モーメントの調整に利用できる。すなわちケーブルサドルの扛上, 扛下によって主桁に付加モーメントを与えうる。これによって最大, 最小モーメントを平均化できる (図 3 3.3, 図 3 3.4, 図 3 3.5)。

#### 2.5

主桁の計算については前述の10次不静定系で行えば十分であるが, ケーブル定着点の強固な横桁の計算には, 振り剛性をもつ2つの箱桁と鋼床版とに結合している立体系を考慮

する必要がある。

この横桁は大きな曲げ剛性をもっているため、偏載する荷重に対する箱桁の振り変形を拘束することになる。すなわちこの横桁の計算においては、箱桁の振り剛性が考慮されることになる。鋼床版がこの横桁の上フランジとして有効と考えられるのは3.6 m幅であり、他の部分は橋軸方向の軸力だけ受持つと考えた(図3.3.6)。

この構造系を10次不静定の主系と考えると、10個の横桁に26個の付加力(モーメント、せん断力、反力)を生じることが、荷重が対称の場合と逆対称の場合は非常に簡単になる。これらの場合は、それぞれ、横桁の中央で、せん断力もしくは曲げモーメントが0になるからである(図3.3.7)。計算はこの2つの基礎系を出発点として行った。

## 2.6 鋼床版

最小厚14mmのデッキプレートは、縦リブと横リブによって補強されている。そのため、鋼床版は、直交異方性板として計算される。

## 2.7 主塔

主塔は主桁と剛結されており、ケーブルの引張力による圧縮力と、左右のケーブル力の差による曲げをうける。後者による変形の影響を2次理論によって計算した。塔の据付誤差による初期変位は、橋軸直角方向に50mm、橋軸方向に100mmを、また塔断面に対するケーブル作用力の偏心を、橋軸直角方向に50mm、橋軸方向に20mmを仮定した。

## 2.8 ケーブル

ケーブル力は、各種荷重に対して1次理論で計算されているが、2次理論による補正値は極めて小さい。

## 2.9 査

線支承およびモルタルの支圧応力の計算は、支承の移動を精密に照査し、また偏心の影響を考慮して行った。

## 2.10 モデル実験

本橋の計算に際し設定された仮定の妥当性を調べるため、1:50のモデルによる応力測定が行われた。

## 3. 構造

### 3.1 床版

鋼床版の最小厚は14mmで、表面に15cm間隔でZick-Zack板を溶接し、その上に5cm厚のアスファルト舗装が施されている。鋼床版にはSt.37とSt.52が用いられ、幅5.2~5.2m、長さ16.2~21.6mのパネルに溶接により製作されている。鋼床版縦リブには山形鋼が用いられ、これが横リブを貫通している。また、横リブは1.8m間隔に配置され、箱桁にボルトで連結されている。

### 3.2 桁

補剛桁は、図3.3.8に示すような寸法を有する箱桁で、ラーメン状のダイヤフラムが設けられている。また、同図に見るように、箱桁の下フランジ内側には検査車用のレールが溶接により取り付けられている。

ケーブルの軸力は、箱桁の腹板に連結されているケーブル定着ばりに伝達される。ケーブル定着ばりは幅の小さいフランジを有するシャイブとして設計され、ケーブルソケットを定着するだけの空間を確保している(図3.3.9)。ケーブルソケットは強度の高い鋳鋼で作られた定着ブロックで支えられ、この定着ブロックからケーブル定着ばりに力が伝達される(図3.3.10)。

ケーブルの長さ調整のためにソケットと定着ブロックの間にフィルタープレートを入れている。また、箱桁上フランジには、ケーブル定着のために、幅0.6m、長さ3mの孔が空けられた。

ケーブル定着点においては、2つの箱桁が互に横桁によって連結されている。横桁はかなり高いが、検査車はこの下を移動できるように設計されている(図3.3.12)。

### 3.3 塔

塔は補剛桁と同一面に設けられ、塔と補剛桁とは曲げに対して剛に接合されている。塔の橋軸直角方向の断面幅は、根元で1.6m、頭部で1.3mである。また、橋軸方向の断面巾は、根元で1.9m、頭部で1.6mとなっている(図3.3.12)。

図3.3.12に示すように、塔は4枚の板を外側から4つの山形鋼で接合して組み立てており、ダイヤフラムは約6.5m間隔に設けられている。長さ43m、重さ100tの塔は、現場におけるリベット接合を避けて、工場において完全に組み立てられる。

### 3.4 ケーブル

ケーブルにはロックドコイルロープが用いられた。鋳鋼は凝結の際に空洞ができやすいことが経験的に知られているので、ケーブルソケットの頭部は抜き取り的にコバルト60照射による検査を実施した。また、ソケット頭部の鋳鋼については、機械的試験をも実施してその強度を確かめた。

ケーブルはロックドコイルロープを六角形状にまとめ、3.6 m間隔に針金を巻いて形状を保持した。

#### 4. 載荷試験

斜張橋の完成後は、40トン車20台を準備して載荷試験を実施して、補剛桁のたわみを実測し、計算値と比較した。一例を上げると、中央径間の中央部分180mに載荷したときの中央径間のたわみは、計算値より2%小さくなっている。

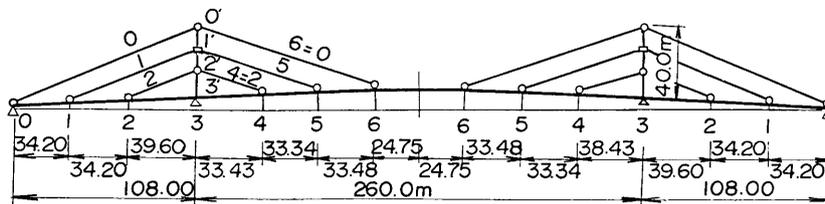


図 3.3.1

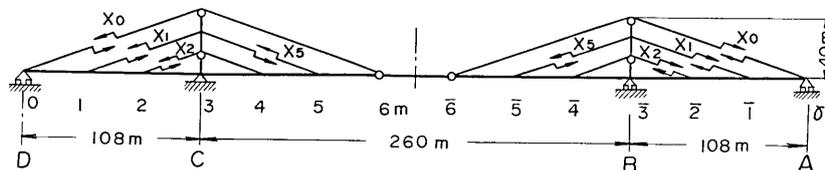


図 3.3.2 8次不静定の基本系

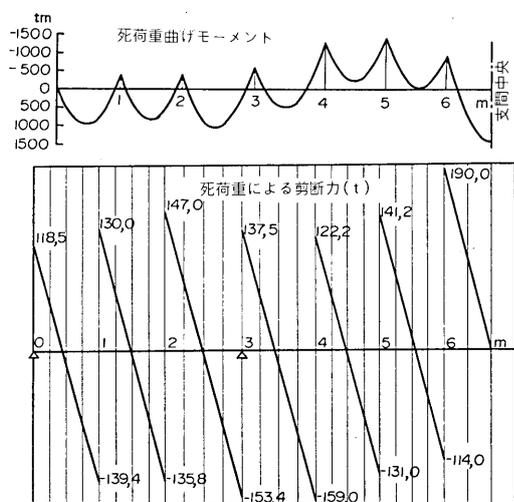


図 3.3.3 死荷重による桁のモーメント剪断力

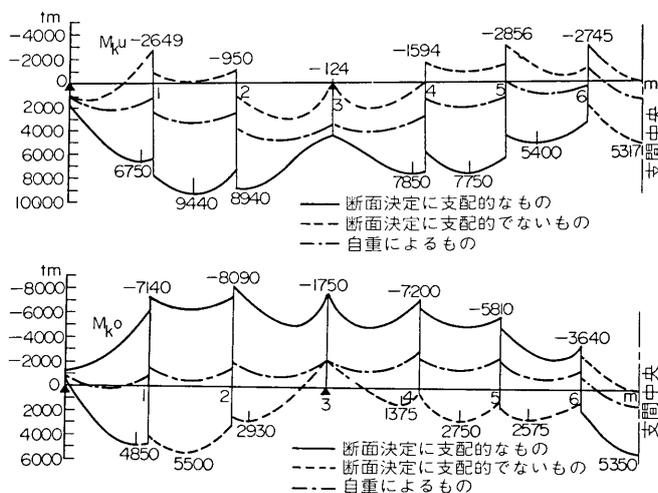


図 3.3.4 桁の最大コアモーメント  $M_{ku}$ ,  $M_{ko}$  線図

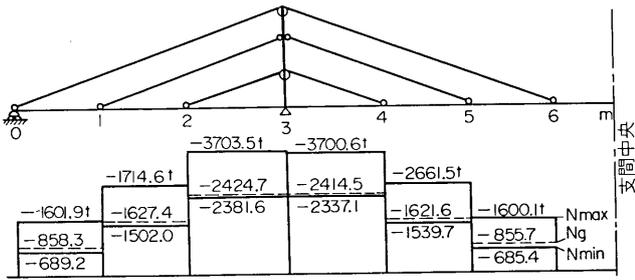


図 3.3.5 桁における軸力の最大値

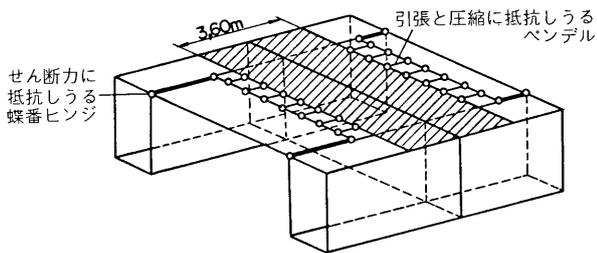
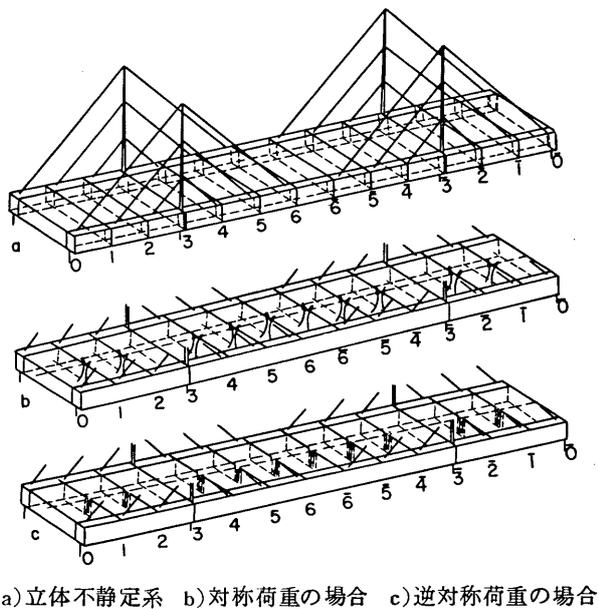


図 3.3.6 箱桁との一体作用



a) 立体不静定系 b) 対称荷重の場合 c) 逆対称荷重の場合

図 3.3.7

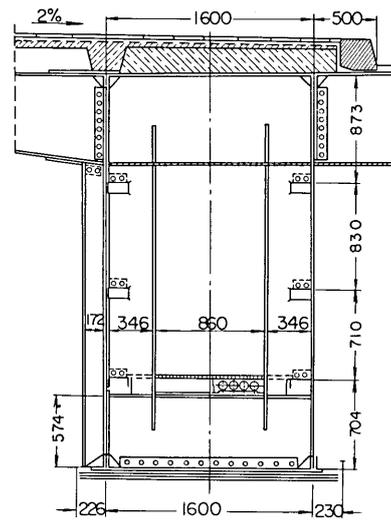


図 3.3.8 ダイヤフラム部分の箱桁

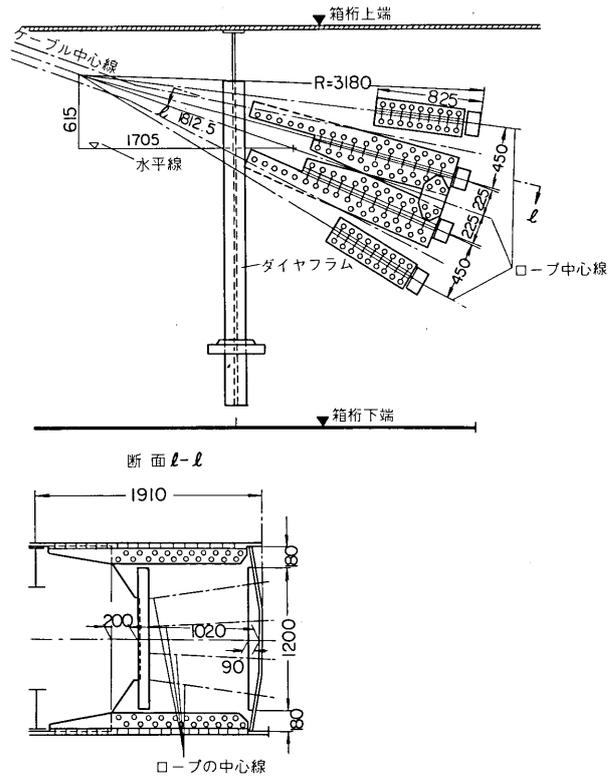


図 3.3.9 点 6 におけるケーブル定着

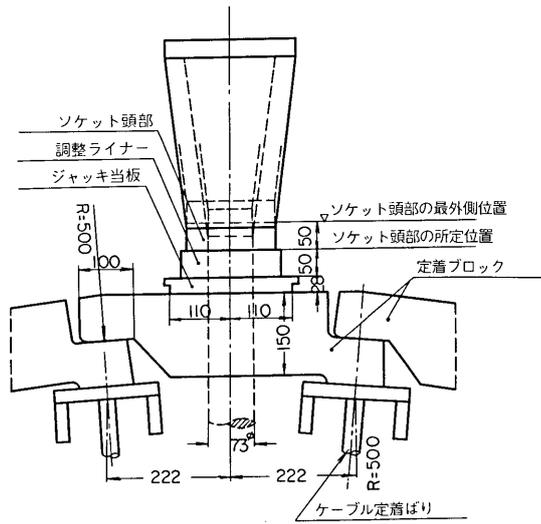


図 3.3.1.0 ソケットの支持

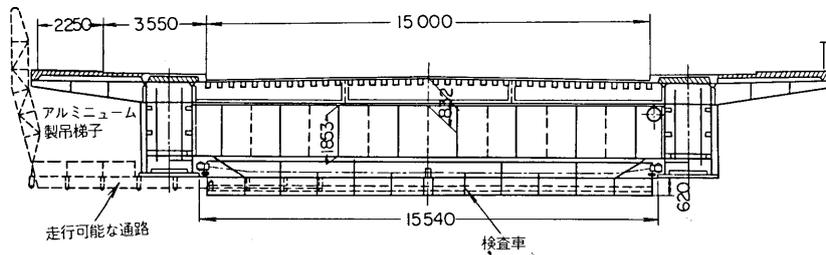


図 3.3.1.1 桁の断面概要図

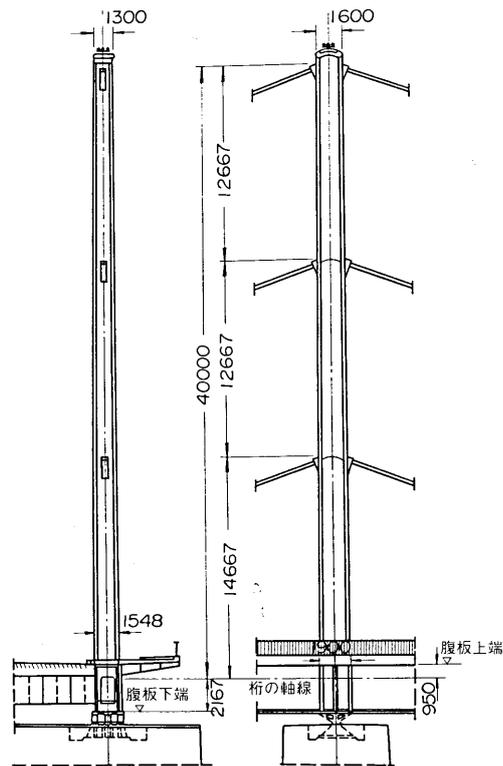


図 3.3.1.2 塔柱概要図