

Die Friedrich-Ebert-Brücke über den Rhein in Bonn

(ボンのライン河にかかる Friedrich-Ebert 橋)

著 者	誌 名							ページ	図 数	表 数	抄 録		査 読
H. Thul	Der Bauingenieur, 1971, 9.							327 333	12	0	鈴木康弘		鈴木康弘
											桜田機械工業		桜田機械工業
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。												

フリードリッヒエベルト(ボンノルド)橋はボン市の北のライン河に架かる斜張橋で、従来の形式に比べていくつかの新機軸を取り入れている。1963年中ば Dr. ホンベルグのコンサルタントの下に、基本設計案を示して、競争設計の公募が行われ、下部工に対して20、上部工に対して17の応募案の中から、審査の結果、基本設計に近い設計が採用された。公募にあたって主桁の構造(120+280+120mの支間割を有する斜張橋)、ケーブル(ハープ形配置、ケーブルの種類、破断強度、疲労強度、安全率)、鋼床版の採用、航路高、幅員構成などについて条件が付された。工事は1964年8月に着手し、1967年7月末、供用開始された。

本橋のプロジェクトは兩岸の取付高架を含めると、全長約1.3 km であるが、主橋梁の斜張橋について述べる。

1. 構造系

平面形はほとんど直線で、両端で逆向きの緩和曲線がわずかに入っている。形式は橋軸中央に1面の斜張ケーブルを配置したハープ形多ケーブル斜張橋である。補剛桁は箱桁(基本設計ではI形桁)で、塔と結合されている。ケーブルは中心荷重々重を負担し、偏心荷重によるトルクは箱桁が受ける構造にしている。

2. 塔

塔は頂部で2.0 m × 2.8 m、床版面で2.0 m × 3.6 mの長方形断面で、床版の下側では東にピラミッド状に広げられ、92本のφ32(ST 80/105)緊張材で橋脚に固定されている。継手は床版から下側では高力ボルトを用いたが、その他は溶接とした。これはドイツでははじめての試みであり、板厚が140 mmもある所では難しい溶接であった。継手面は少な

くとも50%のメタルタッチを保証する仕上げとした。塔の下側の部分は3室で、中央をはじめに建てこみ、両側の室を取り付けた。その上の部分は1室で、ケーブルアンカーと側壁補強のための横梁を中に含む。最上段は2 mの高さで、検査設備を格納するためのものである。

3. ケーブル

ケーブルは塔内でサドルによるのりこしをやめ、直接アンカーした。これはケーブルの曲げを避け、疲労強度を上げ、断面を有効に利用するためである。ケーブルはロックドコイルで公称破断強度150 kg/mm²、径は91 mmから123 mmのものを用いた。アンカー部は塔側では場所が狭いのでハンマー状とし、補剛桁側では円筒状にした。

補剛桁の所では補剛桁の上フランジ下面を橋軸方向に走っているケーブルアンカー桁にアンカーされる。このアンカー桁は、床版の横リブ4本毎に配置されている横トラスで支持されている。ケーブル力の鉛直成分は、この横トラスによって主桁のウェブに、水平成分はアンカー桁を介して主桁の上フランジに導かれる。

ケーブルの取付間隔は塔の所で1 m、補剛桁では4.486 m(横リブ2本ごと)である。

4. 補剛桁

補剛桁は12.60 × 4.20 mの箱桁で、直交異方性鋼床版は、29.0mの幅を有する。このデッキプレートは一般部で12 mmケーブルアンカー桁との共用部で24 mmの厚さを有する。

縦リブは車道部はY形リブ(コップ形, 220 × 6, $\frac{1}{2}$ | 160 ÷ 220), 張出し部外側はバルブ形鋼(220 × 9 ~ 220 × 10), 中央分離帯では平鋼(150 × 10)を用いている。

床版の最外縁には比較的高い縦桁を置き、荷重の分散作用をもたせると同時に、排水管をかくすのに利用した。縦リブの継手は全て溶接である。

横リブは2.243m間隔に配置されている。床版は横方向には2本の主桁のウェブ、中央のケーブルアンカー桁、さらに外側張出し部では主桁から斜めに出ている支持（圧縮）材で支持されている。横リブは4本ごとに箱断面とし、これは横トラスの上弦材となっている。トラス下弦材はIPB180のはりで、架設上、張出し支間にも入れている。横リブは床版張出し部では、片持梁で大きいモーメントを受けることからハンチをつけている。横リブの8～12mmのウェブ、および斜め支持材の接合は高力ボルトで、下フランジは溶接である。

補剛桁のウェブ厚は中央支間で10mm、側径間で12mm、塔附近では20mmである。座屈に対する縦横のリブは断続溶接で取り付けてある。横リブ4本ごとにI形のリブを配置し、せん断力を導入する役をもたせている。ウェブは架設時の高力ボルト継手を除いて、すべて溶接である。

補剛桁の下フランジは、ウェブのついた2枚の1.65m幅の板と底板で組み立てられている。前者には平鋼150×10を、後者には3角形（6～8mm厚）の中空リブを用い、これらのリブは、横リブ4本ごとに断面全体にまわしてあるT形リブに突合せ溶接され、その他の中間リブは縦リブが貫通している。

5. 補剛桁の支持条件

橋はケーブルによって橋軸方向に固定されていることから、固定柵は全く採用していない。端橋脚上では、圧縮と引張力を受けるため、ペンデル柵を配置したが、ボン側では床版の曲率のため全方向可動としている。その際許容横変位は15cmまでを保証した構造としている。

橋に作用する水平横力を受けるためには、端横桁の中央にウインドシューを設けた。

塔部橋脚上では1方向可動のネオトップ柵を採用した。この柵は圧縮力の他に、風力を受けるようにしてある。拘束はテフロン板をある程度横移動可能にすることによって減らした。この橋脚上の2つの柵間隔は比較的小さいので、偏心荷によって生ずるアップリフトに対処する必要がある。このため予想される引張力を考えてプレストレスされたケーブルによるペンデル柵を用いた。ケーブルの長さはできるだけ長くし、桁の橋軸方向の変位による加応力を小さくした。

6. 伸縮継手

伸縮継手はデマグの形式を用いた。伸縮量は取り付け橋の影響も入れて±700mmに達する。

7. 舗装

舗装は鋼床版をサンドブラストした後、接着層をおき、その上に3cm厚の碎石入りマスタック層と、3cm厚のグースアスファルト層を重ねた。

8. 塗装

塗装は鉛丹下塗2層の上に油性樹脂塗料2層を重ねた。さらに腐蝕に対して重要な構造部はもう一層重ねた。

9. 下部工

塔部橋脚の基礎は鉄骨コンクリートのケーソンで、近くの水際で鉄骨を組み、これを現場に曳航した後、コンクリートを打ち、沈下させた。

10. 架設

工場では主桁、鋼床版を27mの長さに製作、これを現場近くの組立ヤードに輸送して組み立てた後、架設地点に船で輸送した。

架設時応力に対しては次の超過応力を認めた。

$$St37 \text{ に対し } 1.85 \text{ t/cm}^2$$

$$St52 \text{ に対し } 2.60 \text{ t/cm}^2$$

側径間の架設は補助支点で、架橋クレーンと輸送トラックを用いて行った。ケーブルは再調整を避けるため、所定の寸法に作られている。一般には再調整（プレストレス）の必要が考えられるが、この架設中にはその必要は全くなかった。これは特に力学計算の正確さを物語っているものである。

側径間が閉合してから塔の架設を行った。

中央径間は補助支点を設けない張り出し架設である。1つのパネルが張り出して固定されると、ケーブルを取りつける。このためケーブルは橋面上にのぼしておき、塔頂に向かって吊り上げて、塔内にアンカーした後下側を引きこんでアンカー桁にアンカーした。

11. まとめ

本橋はあらゆる観点から、成功した斜張橋といえる。特にケーブル系については、細いケーブルを多数用いることによ

って、まず美観的には繊細優美な景観を与えているし、施工 であるという利点が発揮されている。
 からも補剛桁の張り出し架設、ケーブルの取り扱いが容易

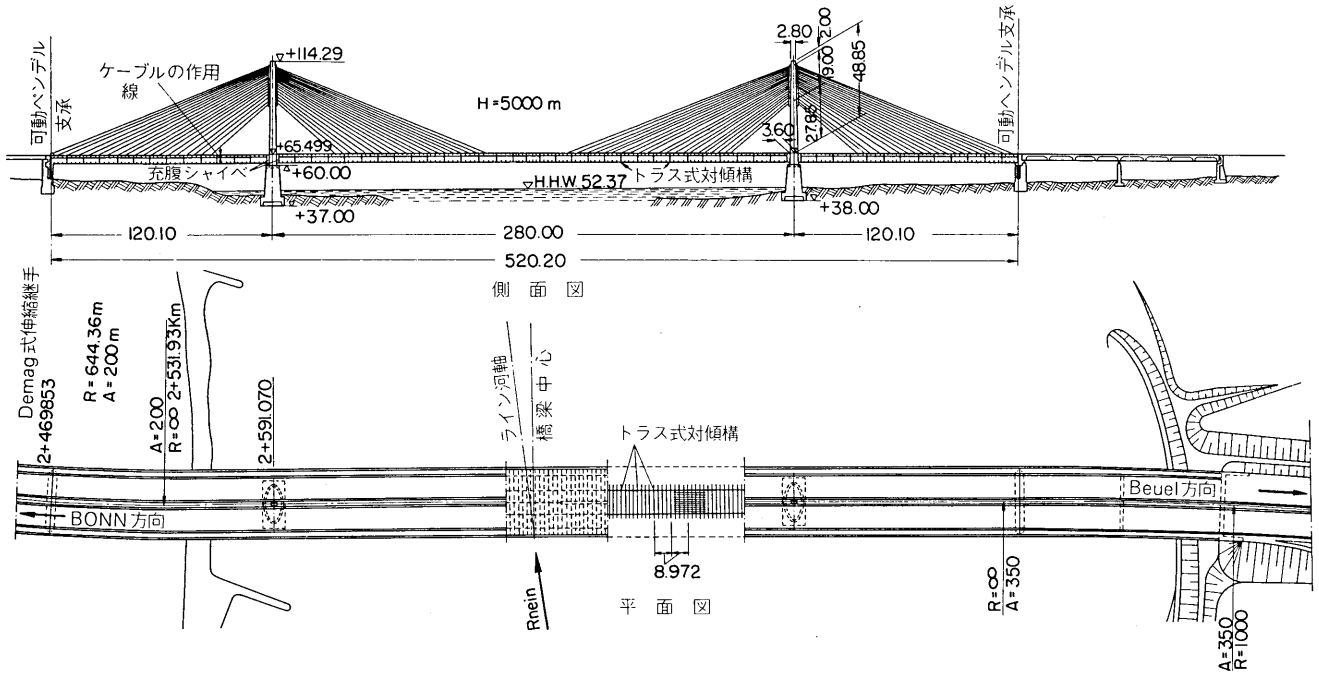


図 7.1 Friedrich - Ebert 橋の一般図

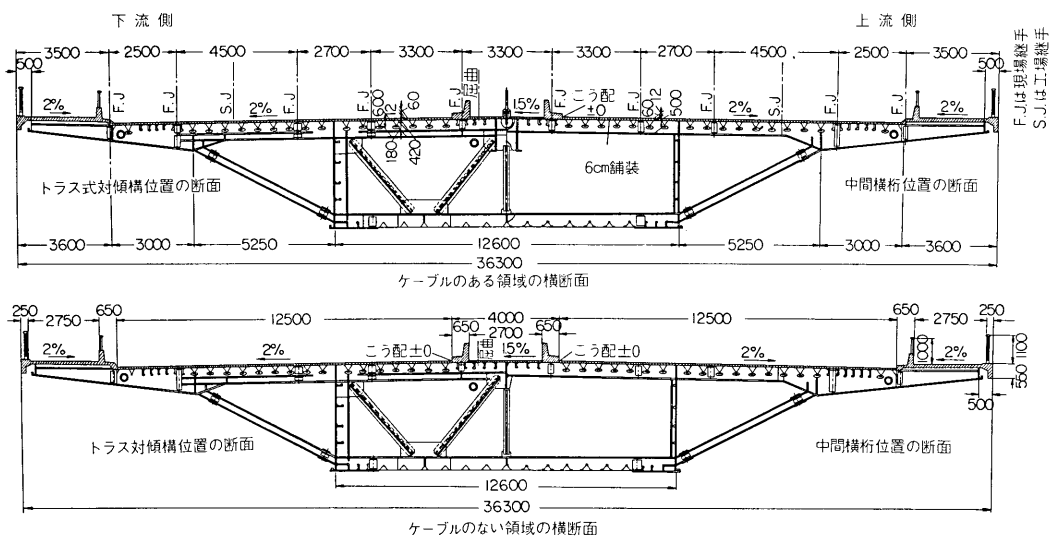


図 7.2 補剛桁の横断面図

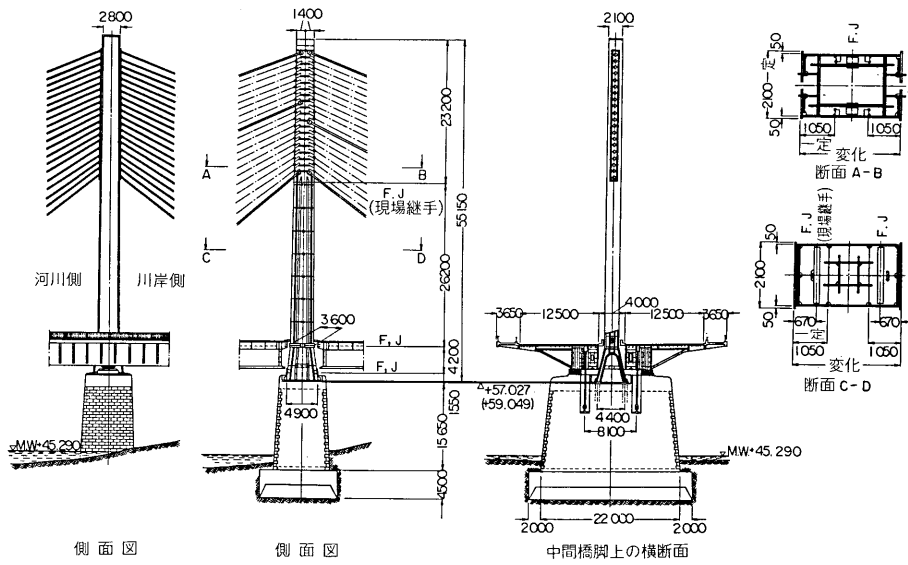


図 7.3 塔の一般図と断面図

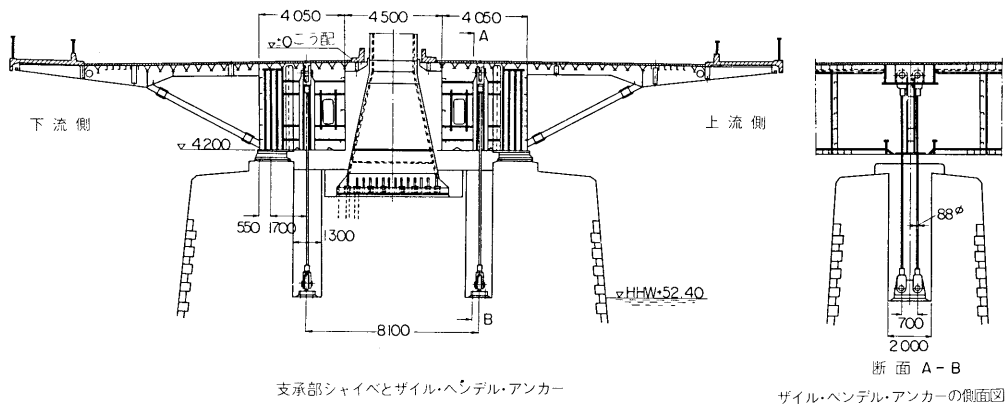


図 7.4 ケーブルを用いたペンデル式アンカー

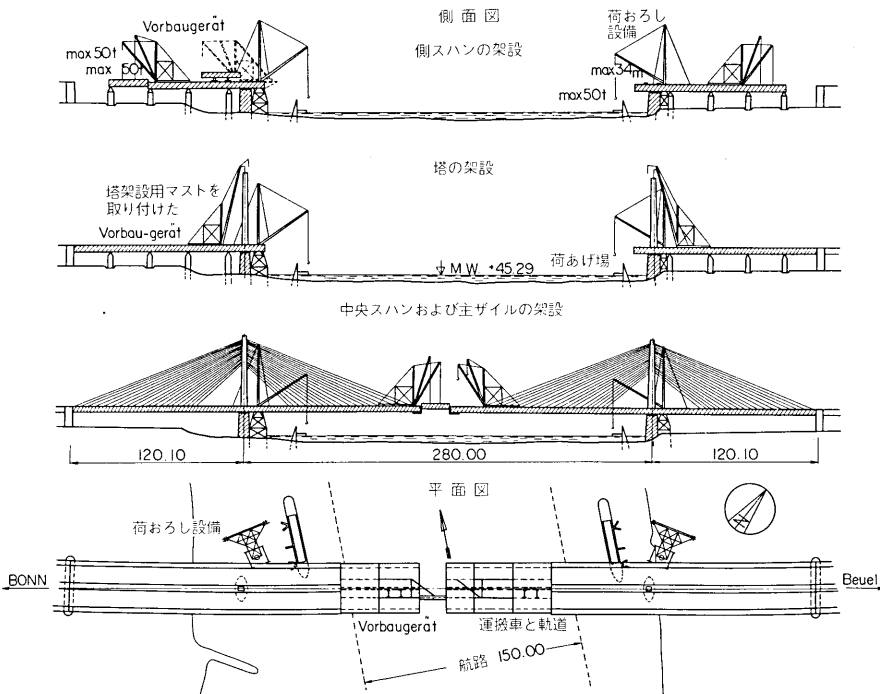


図 7.5 各段階の架設図