

**Die Stahlhochstrasse über den neuen Hauptbahnhof
in Ludwigshafen/Rhein**
(Ludwigshafen/Rhein の新中央駅を跨ぐ高架橋)

著 者	誌 名							ページ	図 数	表 数	抄 録		査 読
G. Freudenberg	Der Stahlbau, 1970, 9. 1970, 10.							257~267 306~312	計 23	計 2	遠 藤 港	岡 正 英	岡 正 英
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. ま え が き

1969年5月29日に、Ludwigshafen 市の高架橋と新しい中央駅の落成式が同時に行われた。両者は4方向の交通の節点にあたり、鉄道、自動車、市街電車、歩行者が別々に安全に通行できる複合構造物として計画された。この高架橋はその一部をなすものである。

2. 公 告

1965年の春、Ludwigshafen 市が、この高架橋の公告をした。鉄道施設上に建設せねばならぬことからきびしい条件がつけられ、また、架設、塗装、舗装まで含む完全なものが要求された。市の構想として東側で斜張橋形式、西側で上路橋形式の案が示された。入札者はこれに対して、幾何学条件、すなわち、歩車道の構成、スパン割、橋脚位置は公告条件を満足した上で、別の案を提出することができた。

3. 入 札 の 結 果

1965年5月7日の提出期限までに5入札者が10の入札用設計を提出した。これらを技術的、経済的観点から詳細に検討した結果、市の計画案よりも多くの長所を有している案の Rhein-Stahl 社に落札した。

4. 構 造 物 に つ い て

4.1 主 要 諸 元

この鋼高架橋は東の約280mの斜張橋と、西の約262mの上路橋に分けられる。斜張橋の塔は4本の柱を有しており、補剛桁はそこから38本のケーブルによって吊られる。塔の高さは地上から71m、高架橋面から55mある。路面は R =

5000mの縦断がついており、その頂点は塔の所で地上から17mである。また、斜張橋部の線形は直線である(図1.4.1, 図1.4.2)。補剛桁の高さは2.5m、横桁は1486~9.5mの間隔に配置してある。塔下端の柱軸間隔は、橋軸方向で16.8m、橋軸直角方向で40.3mである。柱は4隅溶接された断面で、下端で最大2.90m×2.90m、上方の折れ目で1.9m×1.9m、その上の垂直部分は橋軸方向4.1m、橋軸直角方向6.2mの軸間隔で、高さ11.5mあり、断面はその頂点で1.3m×1.3mに減っている。

この高架橋の総重量は5146tに達し、そのうちわけは塔522t、ケーブル120t、シュー20t、伸縮継手106t、高欄74t、防護装置95tである。鋼重は高欄間の橋面について、斜張橋430kg/m²、上路橋300kg/m²である。

4.2 この構造を選択した理由

選択した構造は、特殊な条件の下で、静力学上、架設上、形状について極めて良いものであった。この塔の非常に大きな安定性は両側への140mの長さの張出し架設を楽にし、それによって、駅の建設のために下側に自由な平面が確保された。また、多くのケーブルを用いることは、架設において補助ケーブルの利用や仮吊りをせずに張出し架設ができ、補剛桁の縦断勾配を良好にした。塔柱の上部の間にあるケーブル室は、主に美観上から生れたが、ケーブルの引き込み作業台として、ケーブルの定着装置として、照明装置の格納場所として役立っている。補剛桁は塔柱間に固定されずに吊られており、この橋面幅に対し、2主桁の鋼床版橋は最適であった。

4.3 基 礎

4本の塔柱はそれぞれ最大1550tの垂直力がかかるので、

おのおの直径90cmの杭10本によって支持している。それらは頂版によって一体となり、4つの頂版は互いに鉄筋コンクリート梁によって連結し、塔柱から伝わる水平力をもたしている。

5. この斜張橋の独自性

5.1 補剛桁の支承と移動量

補剛桁は両端でスライド支承が用いられている。補剛桁上の垂直力は大部分を塔が支持し、橋軸直角方向の横力はすべて桁端で支持する。

種々の設計荷重による理論上可能な移動量や変形量については注意すべきである。DIN1072による自動車荷重を対称に満載したときの補剛桁の最大たわみは262mmであり、片側満載のときは781mmである。後者の場合の縦移動量は344mmと計算され、制動荷重満載時の移動量は105mmとなる。しかし、元来起こりうることのないような設計荷重の重ね合せをしているので、その真実性は疑わしい。不十分な経験に対し十分な安全を期するため、伸縮継手と支承は±400mmの伸縮量がとれるようにしたが、ある調査では、自動車荷重、風荷重下での縦移動量はまったく少ないことを示している。

交通によるねじり荷重によって、補剛桁の横たわみは最大65mmとなり、最大横たわみは、DIN1072による交通のない時の風荷重によって起こり、82mmとなる。

5.2 端横桁と伸縮継手

端横桁は、補剛桁の端支点からの浮き上がりを防止するためのコンクリート・バラストを入れるために箱形に作られている。この箱桁は両主桁間に位置し、高さ1.70m、幅2.55mで、厚さ12mmの台形の底板と矩形の腹板から成っている。

伸縮継手は摺り板構造であり、すべり板の局所的な垂直変形や、高い応力を受けることや、自動車の通過により発生する衝撃音を避けるよう配慮してある(図1.4.3)。

5.3 鋼床版

鋼床版は12mm厚の板を縦横補剛材で補剛したものである。この特徴は冷間圧延した台形状の縦補剛材で、弾性限界を高めたMR St37を使用しており、St52級の許容応力度が可能となっている。また、任意の長さで圧延でき、断面も高い精度をもっている。断面形状は板厚6mm、上側は300mmに開いており、高さ170mm、下の巾240mmで、角は

$r = 12\text{mm}$ である。少ない溶接量、小さな断面積であることが、鋼床版に使用する上で有利である。横リブは2000mmの間隔に配置し、腹板800mm×10mm、フランジ230mm×14mmのT形断面をしている。

架設現場への輸送を考慮して、補剛桁断面は、主桁間の鋼床版を3.4mと3.6mの幅に、主桁部はおのおの約2.3mの幅、張出し版は約3.1mの幅に、計8部分に分割されている。車道版、歩道版および縦リブは溶接し、横リブと張り出し版の継手は一部溶接し、一部高力ボルト締めした。

5.4 横桁と桁側ケーブル定着装置

ケーブルの取付点に、約1.7m高の横桁が配置しており、それは鋼床版の横リブの下に0.9m高の腹板と400mm幅の鋼板と600mm×26mmの鋼板からなるフランジが取り付け、横桁を構成している。横桁と主桁との間に現場継手があり、高力ボルトにより横桁の腹板と下フランジが添接されている。

この定着装置は、図1.4.4のごとく、箱断面の約800mm高の円形梁と、そこから傾いて突き出ているケーブル定着桁より成る。

5.5 塔柱

柱断面の4辺の板は、その下部で10mm厚、上部で24mm厚で、柱軸に平行に中空補剛材によって補剛してある。また、4m間隔に隔板を取り付けてある。

塔柱は、ネオトップ形支承の上にピン構造となって載っており、そこから、板厚18mm、直径1000mm、高さ1.15mの管に力を伝え、さらにそれから、4辺の柱壁に2.5mの接合長をもつ板厚20mmの十字仕切板によって力を柱壁に伝える。

5.6 ケーブルおよびケーブル室

ケーブルは、直径76~100mm、断面積3938~6830mm²、伸び剛性135~155kg/mm²、破壊荷重537.7~922.1tのものをを用い、最大張力は172.0~350.5tである。ケーブルは、鋳鋼製のソケットに純亜鉛で鋳固めてある。

ケーブル室は約46tあり、18mmの側板、昇降口をもった屋根、2.34mの間隔の主隔板、定着用桁、方向転換用桁、および底板より成っている。方向転換用桁はケーブルを側板に平行にする役目をもっている。これによって、定着用桁は平面上に形成できる(図1.4.5)。

6. 計算について

6.1 塔

塔構造は5次の不静定となっており、塔頂部では12の不静定量に増えている。応力法によって計算を単純化し、対称および逆対称の荷重および荷重群によって重ね合せを行ない静定基本系を解いた。安定の照査はDIN4144の ω 法により、また補助的にVianelloの方法によって確かめた。計算上では大きな安定率があるのが分った。橋軸方向の塔頂の移動量は、100tの水平力により63mmであった。

6.2 補剛桁

補剛桁は、各方向にかかる荷重に対して、ねじり剛性のある棒とみなすと仮定した。計算用断面は縦横に対称なものを使った。さらに、横断面保持の仮定を行った。主要断面について影響面を計算した、曲げ荷重によるものとねじり荷重によるものを重ね合せ、核点モーメントによって断面を決めた。設計荷重は対称と逆対称のものを採って不静定量を減らした。ねじり梁の計算の取扱いには、F. Resingerの方法があり、曲げ弾性の計算と同様にしてねじり弾性の問題が解かれる。縦断による曲線、ケーブル固定点の重心軸に関する位置の相異、ケーブルの仮定モデルとの相異、横桁の変形の影響、ラスト箱桁の荷重分配作用の影響等を考慮した。

プレストレスについては、自動車荷重による圧縮力によってケーブル張力がある一定値を下廻らないよう、また一定のサグを越えないように決めた。

計算Rheinstahlの計算センターでZuse 223により、影響面の図示はAachen工科大学のZuse 264図化機により行った。

また、多くの架設状態についても計算を行い、荷重配置、変形、ケーブル張力を求め、それによって架設中の各段階の管理を行った。

鋼床版はHomberg-Trecksによって計算した。そのさい、デッキプレートの荷重分配作用と縦リブのねじり剛性を無視して行った。

7. 工事経過

7.1 工場製作

塔を含めた橋梁部分の製作は普通の加工、組立、溶接方法によった。塔柱は後での急速施工における溶接継手の適合を保証するよう留意し、塔頂のケーブル室は1度に組み立てるに

は特別の問題が生じるので、3つの部分にして現場に運んだ。

7.2 塔の設置

塔の架設は、自走旋廻クレーンRUB型によって短期間で行うことができた。まず、4本の塔柱の下の部分を設置し、架設期間中塔を安定させておくために、仮のブレースによって互いに連結した。残りの $4 \times 4 = 16$ の部分は、まずボルト締めを行った後に溶接した。ケーブル室は吊上器具等を含めて82tある。塔頂の柱間に吊上用の桁を配置し、連繋板をあらかじめ溶接しておき、2台のクレーンによって吊り上げた(図14.6)。

7.3 補剛桁の架設

塔柱の約36m長の中央部分は、あらかじめ地上で組み立て、クレーンに載せて総重量315tを約18m引き上げた。定位置より34cm程高く引き上げ、それにより最初の6本のケーブルは最大4tの張力で下の定着装置に引き込むことができた。次に、4つのジャッキを解除し、ケーブル長を調整した後、架設中の安全を期するために、補剛桁と塔を仮固定した。

中央部の架設完了後、そこから両側へ張出し架設を行った。主桁、横桁、鋼床版、張出し版は西側で貨車から揚げ、レール上を走行する旋廻クレーンによって両端で架設した。左右へ対称形を保持するように架設を進めた。張出し部分の横方向の組立が完全に終わった後、対応するケーブルを定着し、次の張出し部の取付が可能となる。塔の西側80mの位置に突出支柱を立て、上部構造の垂直力および水平力を採って塔の安全を期した。また、補剛桁端部の組立てについては、ステージングを置くことができたので安全に作業ができた。

7.4 ケーブルの取扱い

まず定着部に下のケーブル端を据え、他の端をクレーンによってケーブル室へ引き上げ、留金によって固定した。ケーブル頭の穴に繋がった引張装置によりケーブルを引張り、張出し先端の調整を行った。ケーブルの架設応力はマノメータにより管理した。

7.5 工期

塔の架設を1966年の8月に始め、補剛桁の架設は1967年の秋に終了し、1969年の5月29日に開通した。

8. 塗 装

塗装は Erlangen 社の塗料を用いた。それは、下塗から上塗までの寿命が長く、1 回の上塗で厚い層を塗ることができる。Ludwigshafen 市は化学会社によって大気汚染がひどいが、その特殊な外気に対して特に考慮が払われている。

9. そ の 他

高欄はポストのない Sprossen 高欄を用い、笠木断面は 180 mm × 180 mm で、ハンドレール照明を格納している。

検査車は主桁間を S 4 9 形式のレール上をガソリンエンジンで走行する。

照明は、中央分離帯と両側の高欄にあるハンドレール照明によっている。

車道部は、10 mm のマスチックと 60 mm のグースアスファルトにより舗装している。

なお、ケーブル室の構造については、Konstruktion und Fertigung der Seilkammer für die Stahlhochstrass Ludwigshafen, Schweissen und Schneiden, 1968, Heft 9, 418 ~ 420 に詳細に示されている。

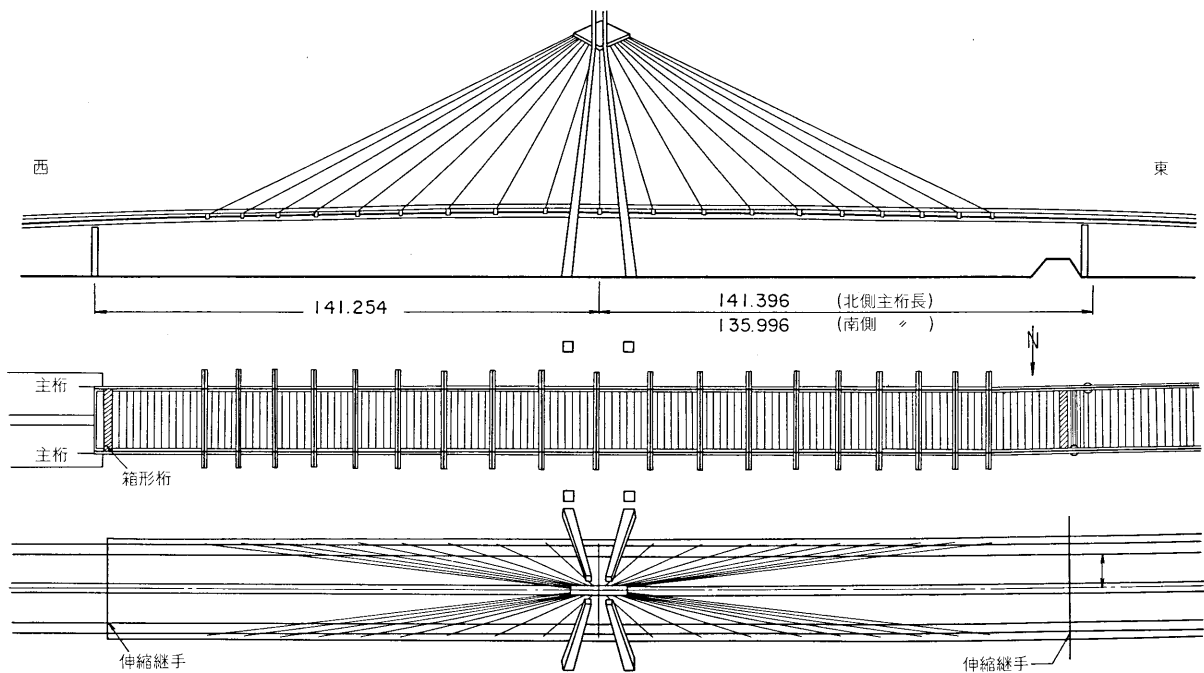


図 1.4.1 斜張橋一般図

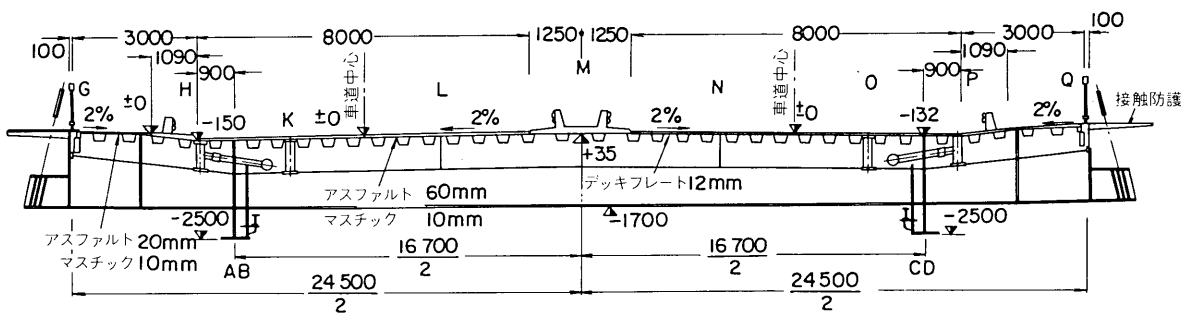


図 1.4.2 斜張橋部横断面図

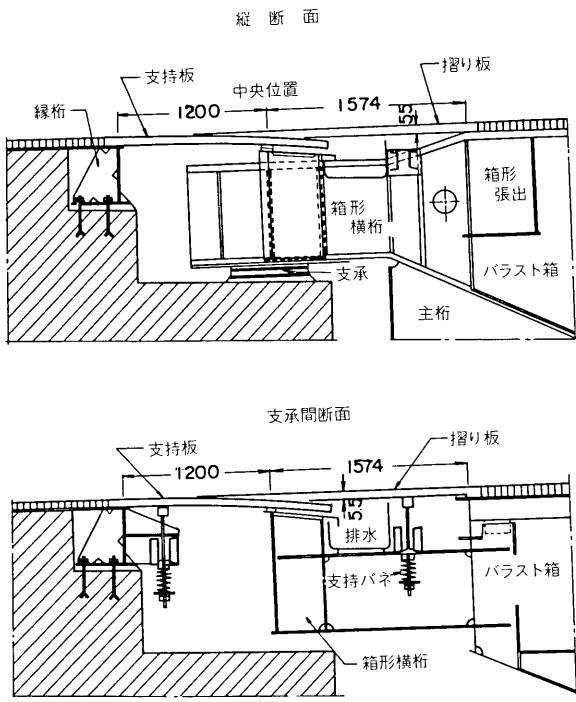


図 1.4.3 斜張橋端部横断面図(東側)

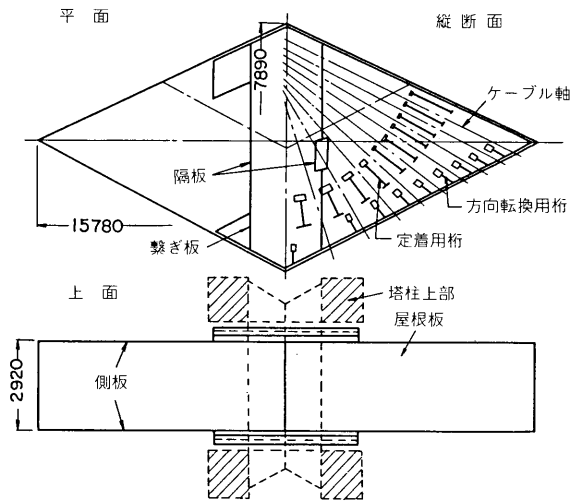


図 1.4.5 ケーブル室

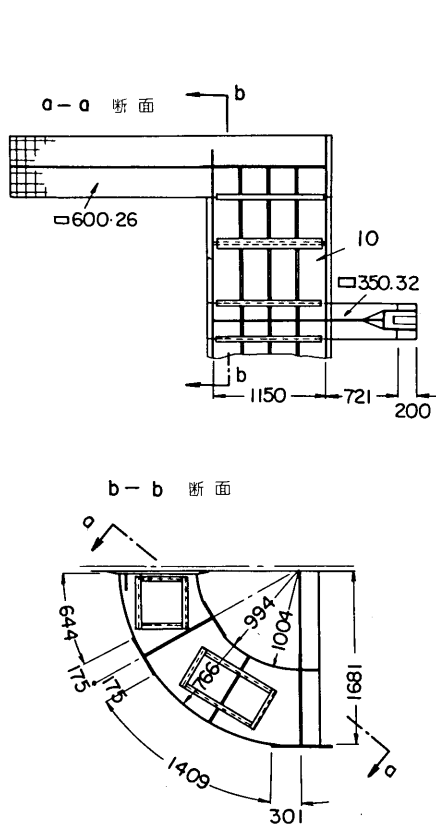


図 1.4.4 下吊索定着装置

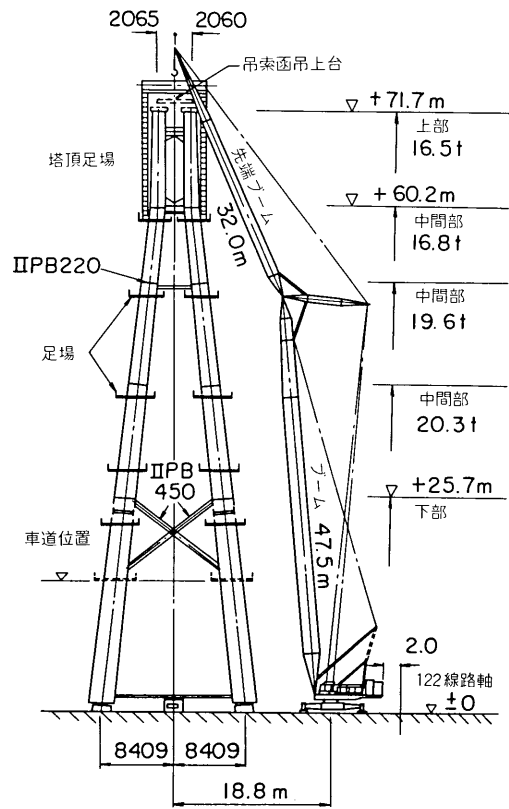


図 1.4.6 塔の架設

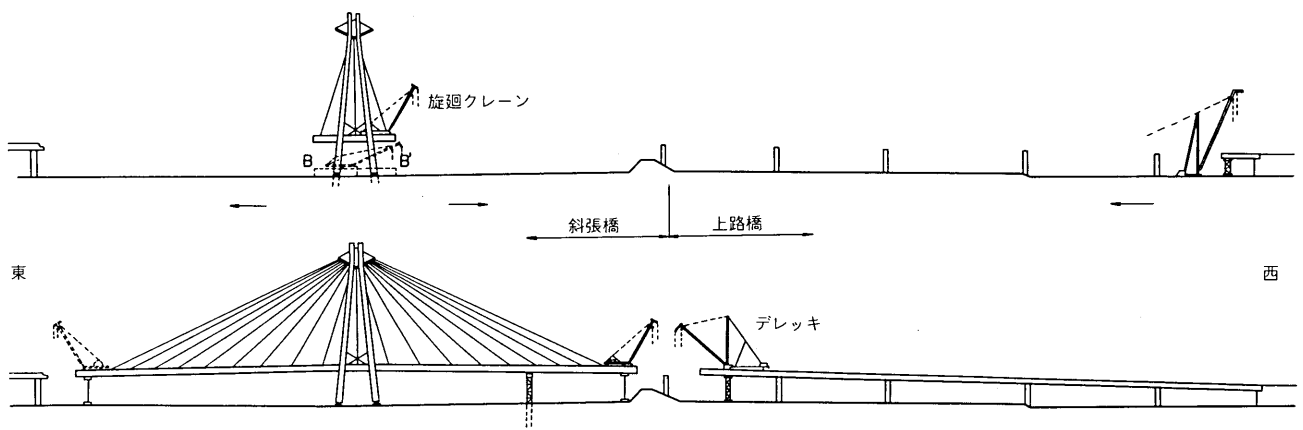


図14.7. 架設一覽図