

Die Strassenbrücke über den Rhein bei Maxau (MaxauのRhein河道路橋)

著者	誌名								ページ	図数	表数	抄録		査読
J. Schöttgen, L. Wintergerst	Der Stahlbau, 1968, 1.								50 57	42		安岡富夫	成瀬輝男	
												桜田機械工業	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. 上部工

1.1 車道床版

車道床版のデッキプレートは板厚12mmで，これに合計厚55mm～65mmのアスファルト舗装を行っている。

本橋ではデッキプレートとアスファルト舗装とを連結するジグザグ形もしくは類似のずれ止めは使用していない。舗装の構成はマスタック防水層に2層のグースアスファルト施工である。

車道床版の構成は図15.1に示すように，デッキプレートをフラットバーの縦リブで補強し横桁で支持する構造で，輪荷重の走行による繰返し応力の作用を考慮して構造詳細に注意して設計，施工されている。端縦桁は斜支材によって弾性的に支持されているが，路面高の調整のために，斜支材の取付にテーパライナーを使用するなど細心の注意を払っている。斜支材の軸力は最大720tで，箱桁下端に伝達される。

1.2 桁

箱桁の断面は1室で，2枚の腹板は路面の片勾配に応じて高さがおのおの異なっている。腹板の水平補剛材は，桁の設計上の断面積に加算されていないので，その継手構造は簡略化されている。

箱桁の腹板の厚さは最小12mmである。計算上可能な10mm厚に比べ大きくしたが，これは補剛材の溶接による腹板の変形を少なくし，工場製作を容易にするなどの理由で採用された。これによって鋼重は増加し，工事費も僅かに増加したが，剛な構造とすることができた。一方，底板厚は12mm～24mmである。底板は非常に剛に補強する必要があったが，これからみて，箱幅12mは一室桁としての限界と考えられる。

ケーブルの定着部には橋軸方向に3890t，鉛直方向に1470tの力が作用するので，図15.2に示すように放射状に配置した強固な碇着桁を設けている。

ケーブル取付けのためのデッキプレート開口部は，最大板厚26mmと厚さを増した上，さらに別の板で補強されている。

また，箱桁の内側には80cm幅の検査路を設け，一方箱桁の下部にも箱桁底板端突出部および端縦桁を利用し，左右2台の検査車を設置した。

1.3 塔

塔の断面構成は1室で高さは45mとなっている。塔基部の最大支持反力は6800tで，橋軸およびこれに直角方向に各々110t，150tの水平力が作用する。支承としてネオトップ支承が用いられた。

支承寸法が非常に大きいために，コンクリート橋脚上にフラットバーで構成した格子状骨組を据え付け，この中にコンクリートを注意深く注入した。このコンクリート支承面の平坦度は±0.3mmであった。さらにこのコンクリートと支承間に5mm厚の鉛板をはさみ，不陸の最終的な微調整をした。固定サドルにおいて左右のケーブルの大きな張力差を吸収するため，また特定のケーブルに荷重が集中して滑る危険を避けるために，上下2層に構成したケーブル束間に摩擦板を配し，リマーボルトで締付けた。

1.4 ケーブル

ケーブル重量は30kg/m～39.7kg/mで，工場で30tの張力をかけ，初期伸びを出した上ソケットを装着した。

ケーブルアンカーの材質はGS5.2.1で，その形状は既往の諸経験に基づいてきめた。鋳込み合金はDIN1743の亜鉛合

金で、430℃で鋳込んだ。

ケーブルの長さの調整には図1 5.2に示すようにライナーが用いられた。

ケーブルの配置は、各ロープを水平に9本並べたうえ、これを上下2段に組立て長方形に束ねてある。当初はケーブル全体を3mm厚の鋼板で巻くことを考えたが、密閉した場合内部の湿気がむしろ有害なので、結局こうしたカバーは使用せず、ケーブル表面に直接注意深い防錆皮膜を施した。ケーブルの箱桁への導入部には、箱桁内部に雨水が浸入しないように水切り処置が講じられている。

1.5 塗 装

橋体の塗装は鉛丹の下地塗装2回にMIO塗料を2度塗りして仕上げている。

塔の外壁、ケーブル、ガードレール、ハンドレールの仕上げ塗装はフタル酸系である。

1.6 鋼材使用量

高欄間隔を幅員として計算した橋床面積は10250m²で、使用鋼材の分類は次のとおりである。

St 37	1015t	橋面当たり	395kg/m ²
St 52	3035t		
ケーブル	375t	"	37kg/m ²
鋳鋼	122t	"	12kg/m ²

(シューおよびソケット)

2. 工場製作

製作では工場での仮組みをできるだけ最小とし、現場での調整作業をなくする点にまず眼目をおいた。

第1スパンについては、12m幅の箱桁本体はKarlsruheの工場で作成し、一方、鋼床版の張出し部分はHamburgの工場で作成した。第2スパンについての製作分担はちょうどこれと逆にした。そして製作重量4000tをそれぞれの工場で半分ずつ分担した。

部材の過半について、板材のうちに全孔を穿孔するいわゆる先孔方式を採用したが、このため溶接作業に先立って、部材には0.25mm/mの溶接収縮量を見込んである。また溶接後のひずみ取り作業を避けるために、車道床版のデッキパネルは、橋軸方向にあらかじめ逆歪を与えて製作した。すなわち、長さ20mのデッキパネルに120mmの初期曲がりを与えて組立てた後に溶接し、結果的に平面の最終形状をえた。

仮組みは①箱桁断面、②端縦桁とそれを受ける斜支材を含む路面の張出し部、③耳桁を含む歩道部の3つの工程で実施した。約20m長さのブロックを3ブロックずつ組立て、橋軸方向のキャンバーをチェックしている。

2つの製作工場での製品の接合部の精度をチェックするために、一つの箱桁の接合部をHomburgの工場からKarlsruheの工場へ運んだが、これは結果的には不必要であった。

箱桁外側の張出し床版を支える斜支材は、その端面を±0.5mmの精度で仕上げ、メタルタッチで圧縮力が伝達できるように製作した。

入念に工場製作を行った結果、現場で孔ぐりなどの大きな手直し作業もなく、工事は効率よく進捗した。

3. 架 設

合計約4000tの鋼構造部分がHomburgおよびKarlsruheの工場で各々半々ずつ製作された。部材はすべてトレーラー輸送だが、これは水上運搬は工場の立地条件から不可能であり、また鉄道輸送は現地の荷卸しの点で無理があったためである。

橋桁の架設は、図1 5.3に示すようにライン河右岸の橋台側から着手し、陸上および水上に設置したステージングを用いながら跳出し架設を行った。架設ブロックは長さ約20m、重量は25t程度で、ポータルクレーンで荷卸しをし、架設位置までレール上を台車で運び、デリックで組立てた。

一方、塔の架設ブロックは、最大重量は40tである。

塔は全断面が圧縮荷重を伝達するので、添接部分はメタルタッチとなるように計画し、断面部分をフライス盤で0.1mmの精度を保持するように仕上げ、結果は良好であった。

このメタルタッチ部分の最大クリアランスは0.15mm迄生じたが、これはさらに上方に組立てたブロックの重量で閉合してしまうので問題なかった。塔の架設完了後、ブロック間の添接部は断面の内外からシーリングのための溶接を行った。

ケーブルの架設は、本橋で初めてケーブル架設用のステージングを用いて行い、架設用の補助ケーブルは使用しなかった。この工法は一見工費がかかるように見えるが、各荷重段階に対する補助ケーブルの調整作業が不要になるので、結果的に精度もよく、作業も迅速に行えた。ステージング頂部の高さは所定のカテナリーが得られるように調整してあるので、ケーブルに正確な張力が導入できうるケーブル長さの違いの修正も容易であった。

ケーブルの架設経過および調整は、上段および中段のケーブルにつき図1 5.4 に示してある。

箱桁の内部の広さの関係から、ケーブルの装着のさいに主径間側の桁を上げ越し、さらに塔部の上下可動のサドルを最低位置まで下げて、ケーブル定着点間距離を縮小した。右岸の橋台部は架設中の負反力が大きく、これを打上することは作業上諸種の困難を伴うので、架設の間も高さを変えない。ここには負の反力を伝達するために、あらかじめ永久構造のアイバーがセットされている。

最上段のケーブルの架設は、ステーキングの位置にのせたのち、マーキングをした時とほぼ同程度の張力を与えてサグを測定し、サグ量からシムの厚さを計算した。ケーブルの緊張のさいは、ソケットのストロークを小さく抑えるために、塔内部のサドルを200t ジャッキ4個の計800t 容量のこう上装置で押し上げた。

作業を容易にするため、サドル扛上と同時にステーキング上の桁はさらにジャッキアップされた。下段のケーブルの架設のさいは、最上段のケーブルの可動サドルは一時的に固定した。

ケーブル架設後の桁のキャンバーの形状は、計画値と約

20mm異なったが、この誤差は道路縦断の許容範囲内にある。

ケーブルは最終的に5 m間隔でバンドによってひとまとめに締付けた。

4. 載荷試験

上部工の弾性挙動を解析値と比較するために載荷試験を行った。載荷状態は次の3つで、載荷荷重として43tの戦車20台を用いた。

載荷状態1；大スパン側の最大ねじれ角

載荷状態2；大スパン側の最大たわみ

載荷状態3；小スパン側の最大たわみ

載荷試験の結果は、図1 5.5 に3つの載荷状態でのたわみの測定値と計算値を対比してあるが、①ケーブル取付点K6およびK7間の載荷での最大ねじれ角は0.508%で、計算値の0.525%とよく一致する。これから算出すると、最も不利な設計荷重に対する桁の最大ねじれ角は1.06%となる。②たわみの測定値は、平均して計算値の約88%位であることなどが分った。これは歩道部の鋼断面が桁の断面2次モーメントの計算に算入されていないこと、および板厚のプラス側の公差も関係していることなどによるものであろう。

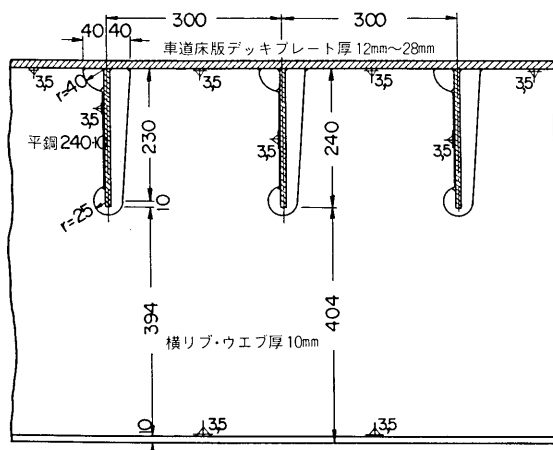


図1 5.1 車道床版の横リブ位置での構造

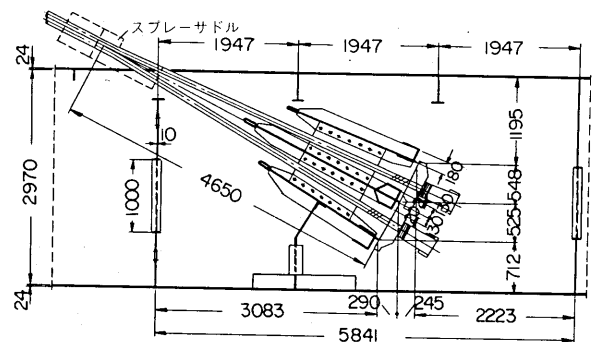


図1 5.2 ケーブルの定着

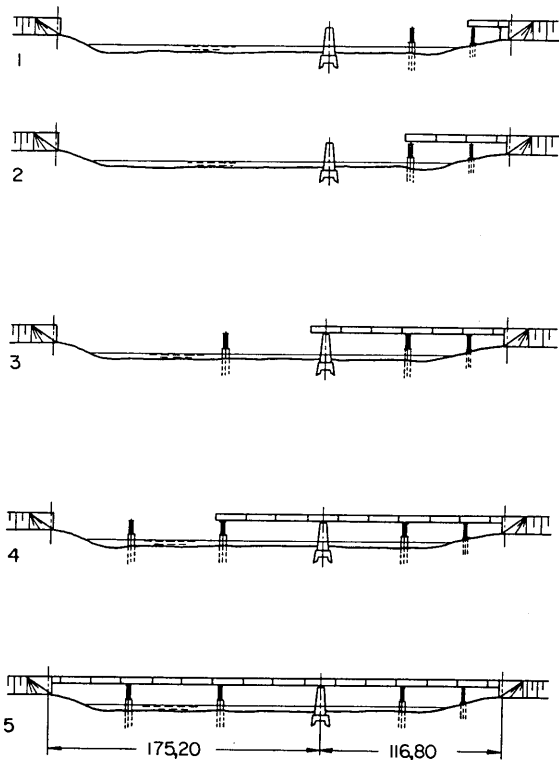
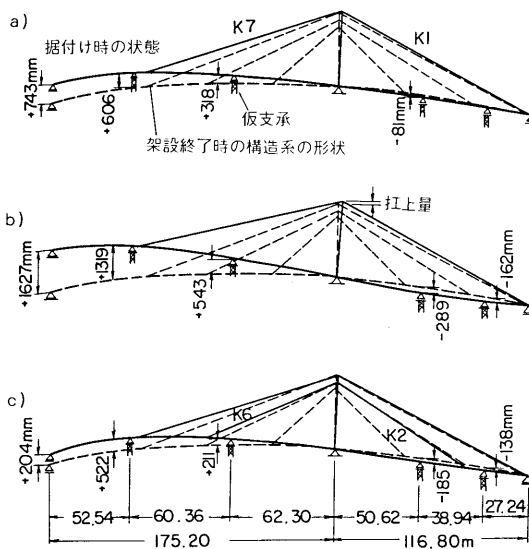


図 1 5.3 橋桁の架設



a) ケーブル K1 - K7 の架設時の構造系の変形
 b) K1 - K7 のケーブル支承の扛上による構造系の変形
 c) ケーブル K2 - K6 架設時の構造系の変形

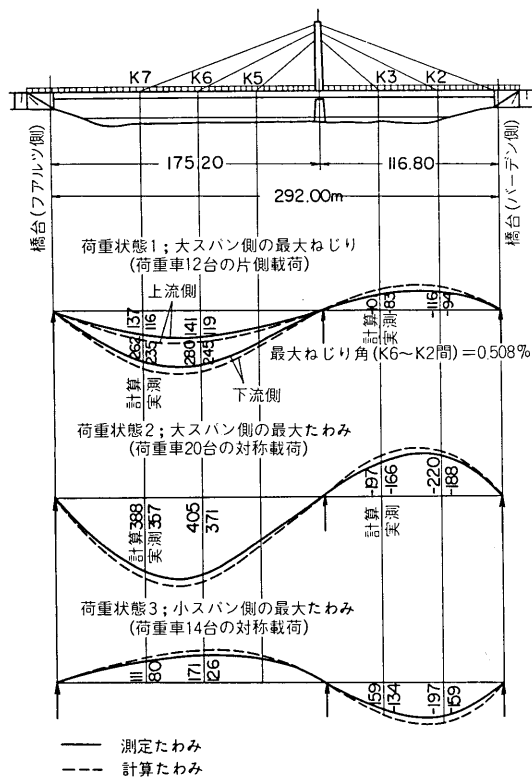


図 1 5.5 載荷試験の結果