

報 文

欧州の橋梁その他について (II)

正員 工学博士 友 永 和 夫*

ON SOME BRIDGE ENGINEERING IN EUROPE (II)

(JSCE July 1954)

Dr. Eng. Kazuo Tomonaga, C. E. Member

Synopsis Following "ON SOME BRIDGE ENGINEERING IN EUROPE (I)" described by the writer on JSCE June 1954, this paper deals with some bridges of new idea in Germany and Italy.

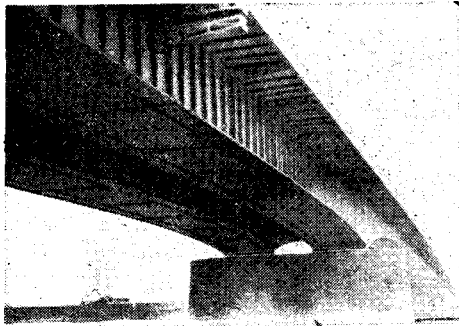
要旨 土木学会誌、昭.29.6 所載“欧州の橋梁その他について (I)”に引続き、本報告においては筆者の直接視察したドイツ、イタリア諸橋梁中の一部を簡単に紹介したものである。

5. ドイツ (2)

ドイツ戦後の橋梁の発達的一端を示す意味で次に視察した数百の戦後橋梁から一部分を紹介する。

Düsseldorf-Neuss Brücke (写真-23): (103 m + 206 m + 103 m), 死荷重応力はほとんど突桁式にもたし、活荷重を連続桁として作用せしめ支間中央の曲げ

写真-23 Düsseldorf-Neuss Brücke



応力を極度に小さくした。箱型の主桁 2 本と橋床は重量 90 kg/m^2 の格子鉄、箱型断面は捩り剛度の大きい特性があり腹鉄は支点で 16 mm 厚、桁高 780 cm, 支間中央で 12 mm, 桁高 330 cm である。下突縁の傾斜により剪断力の一部が取り得ること、水平補剛材が内面に充分入っていること、垂直補剛材 7 本目ごとの歩道ブラケット取付部は強力な補剛材および箱型の内面に枠が形成され、支承部では腹鉄の挫屈後は突縁と補剛材でトラスとして耐え得る検算ができていたため

* 国有鉄道技師、施設局特殊設計室長

このような薄い腹鉄厚が使用された。

橋床鉄は 2 方向の応力を受けるがこのような場合道路橋では許容応力を 50% 増までみとめている (鉄道では 25% 増)。H.S.B. 50 を用い inflexion point 等応力の少ないところは St.37 を用いた。橋床鉄は 18 ~ 38 mm, Asphalt 層 37 mm, 筆者は製作会社 Hein-Lehmann & Co. (6000t/月の能力) の社長 Egon Harhoff 氏及び Biel 氏から図面上の説明を受け同工場視察後 Biel 氏と Düsseldorf 市の技師 Maeshig 氏とともに本橋の箱形内部も視察した。8 月 24 日既在路面舗装をさらに厚く修理中であつた。本橋には常時一人の inspector がついている。

Köln-Mühlheim Brücke (写真-24): Prof. Klöppel, Dr. Cornelius の Orthotrope platte の理論的研究の後実験が Karlsruhe 大学でなされ Kurpfalz-Brücke in Mannheim (56.1 m + 74.8 m + 56.1 m) において 1950 年に初めてこの軽床構造を用いて戦前の約 60% の鋼重で橋梁を完成して、その実測が Darmstadt 大学でな

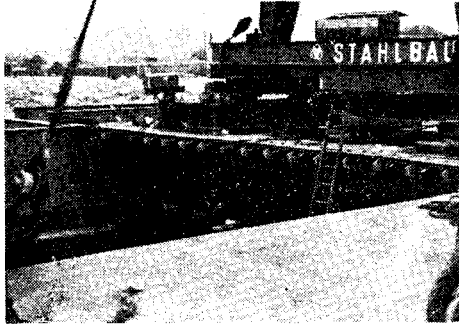


写真-24 Köln-Mühlheim Brücke
された。さらに Köln-Mühlheim の吊橋の実際の橋床につき、製作会社である MAN の工場内での荷重試験が同大学と MAN でなされ計算値と実測もよく合うことが実証された。また、本吊橋の風洞実験は G.H.H. でなされた。橋脚への主索の礎着に特殊な考慮がはらわれている。又、橋床は

50 mm の asphalt, 電車の軌条は直接橋床鉄鈹に溶接され, 橋床構造は電車線下も自動車路面も同様である。

Ruhrot-Homberg Brücke (写真-25):(128.3 m + 285.6 m + 128.3 m), 自碇式吊橋で型式としては主索

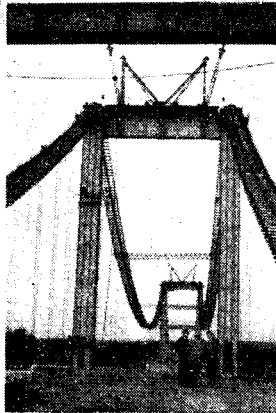
写真-25 Ruhrot-Homberg Brücke



は中央径間の途中で箱形の補剛桁に取付くので写真-18 の Krefeld-Uerdingen Brücke と同形式。ただし, 鋼索を用い, 架設応力は一次の不静定の突桁式架設とし架設後は 4 次の内的不静定構造となる。筆者が Stahlbau Rheinhausen を訪れたとき一部製作中であり一部は架設中であつた。写真は架設中の Orthotrope Platte の構造を示す。巾員 20.8 m, 鋼重量 7 350 t. (St. 52, St. 37)。

Köln-Rodenkirchen Brücke (写真-26):

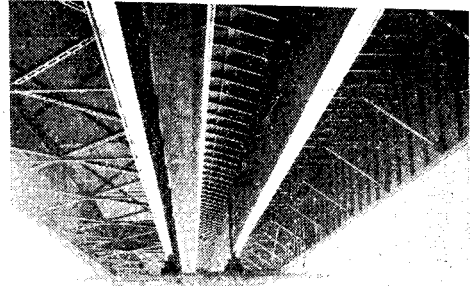
Kölner 工場製作 (94.5 m + 378 m + 94.5 m) の吊橋, 特
写真-26 Köln-Rodenkirchen Brücke



進出の一列である。

Autobahn Brücke über die Werra bei Hedemünden (写真-27): 5 スパン各 96 m の連続鈹桁, 古い方は 1952 年 10 月完成の合成桁, 桁高 5 m, 鈹構造である。中間橋脚で 1 m 上げ越してコンクリートを打つたのち下げて合成作用を生じせしめ, さらに横方向にプレストレスを入れたので主桁中心間

写真-27 Autobahn Brücke über die Werra bei Hedemünden



6.5 m に対しコンクリートの厚 25 cm, 新橋は 1 年後に完成した Orthotrope Platte の構造, 現場以外は溶接, 下横構のない点に注意。両橋ともに下り込みの Autobahn の縦曲線に沿わしめた橋梁である。

Weser Brücke bei Porta (写真-28,29):(106.2 m + 77.88 m + 63.72 m) 連続桁で Prof.Dörnen の設計, 同教授の Dörnen 工場にて本橋の製作中を見るこ

写真-28 Weser Brücke bei Porta

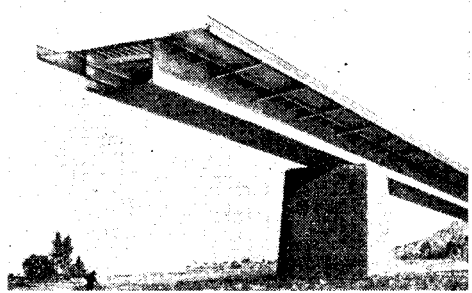
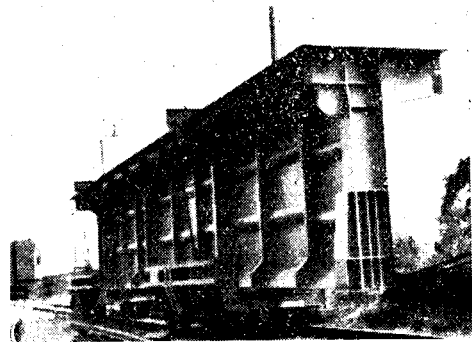


写真-29 同橋の Dörnen 工場よりの搬出

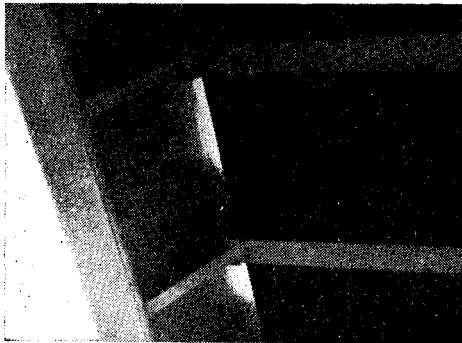


とができた。接溶構造として現在おそらく最も進歩的な設計と考えられる。主桁は高 3.5 m, 巾 5.9 m の箱形であり歩道用の突桁も上下突縁部も補剛材も Orthotrope Platte の構造もすべて溶接に最適な enclose した構造である。歩道 2.9 m + 車道 8.9 m +

歩道 2.9 m で H.S.B. 50 を使用, 昨年末現場架設も完了した。

Neustadt Brücke (写真—30): 1 級線 20 m 支間の道床式下路鉄道橋に採用されている Orthotrope Platte の床組を下から見たもの。横桁間隔 1.24 m, 横桁下突縁 180×12 mm, 腹板 10 mm, 床板は 12 mm 厚縦リブ 170×10 mm 約 30 cm 間隔。

写真—30 Neustadt Brücke



Sulzbach-Viaduct Brücke (写真—31): (40.6 m + 52.2 m + 58.0 m + 63.8 m + 58 m + 52.2 m + 40.6 m) 7 スパン連続の Autobahn Brücke。全巾 19.6 m, 現場添

写真—31 Sulzbach-Viaduct Brücke



接以外全溶接, 主桁, 横桁とも合成桁を形成。主桁は中央で 1.5 m 上げ越して鉸桁を架設し, さらに 1.5 m 上げてのち路面コンクリートを打ち, 路面横断方向に Fresynet 法によるプレストレスを入れ, 水平に扛下してから路面に橋軸方向にプレストレスを導入した。桁下空高 42 m。旧橋も鋼材は St.52 であつたが旧橋の 4 000 t に対して新橋は約 2 000 t の鋼重量である。写真は昨年 11 月 5 日の状態である (写真—31)。鉄道橋においても合成桁の最大のものとして 28.6 m 支間のものがある。7 cm 上げ越してコンクリートを打ち死

写真—32 Eisenbahn Brücke bei Gutach
(合成桁支間 28.6 m)



荷重も合成桁として作用せしめた。スラブ厚 35 cm, R. L. 桁下 3.383 m (写真—32)。

Duisburg-Rheinhausen Brücke (写真—33):

支間 255.102 m のランガー桁, 1949~50 完成, 有効巾員 14.8 m, 5 147 t。単腹鉸の補剛桁の高 3.6 m, スパンとライズの比 9, 拱と補剛桁との曲げ剛度の比 1/20, 架橋後拱頂に圧力をかけ補剛桁の応力状態を改善した。Hanger の E は 1 500 000 kg/cm² として計算された。

写真—33 Duisburg-Rheinhausen Brücke

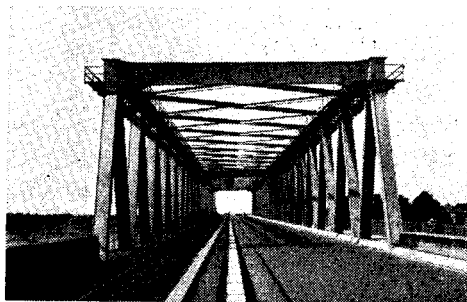


Lauenburger Elbe Brücke (写真—34):

5 @ 52.5 m (鉸結連続桁) + 2 @ 105.5 m (溶接連続桁) + 42 m (全溶接桁) = 516 m, 主桁心々 12.5 m。鉄道 (単線) と道路 (有効巾員 6.0 m) 併用, 特にトラス部材は密閉箱型断面を用い現場連結のみ鉸結とした。最近ドイツ国鉄では特にこのような溶接による密閉部材を用い始めた。内面の塗り替えは将来できない。上弦材にもりつばな検査用足場が取り付けられて

写真—34 Lauenburger Elbe Brücke

(鉄道・道路併用橋梁, エンク)
(ロード部材を用いた溶接橋)



いて当分の間 3~4 箇月ごとに各溶接線は精密検査がなされる。道路下の縦桁には合成桁を用い路面アスファルトの下には防水層としてアルミニウム鋳を用いた。鉄桁、コンクリートを問わずドイツにおける防水の考慮はきわめて徹底している。

Engers-Urmitz Rhein Brücke (写真-35) :
(84.6 m + 188.0 m + 85.35 m + 75.95 m) 連続トラス複線鉄道橋。中央スパン 188 m の部分的突桁式架設。中央合致のため二段、三段の考慮がはらわれている。写真-35 のように最も単純化された Warren 型の発達的一方、最近では実測の応力結果と応力計算の発達からこのようなラチス構桁が好まれるようになってきた。フランスも同様の傾向と信じられたが腹部材の交点がフラントとドイツとは異なる。

写真-35 Engers-Urmitz Rhein Brücke

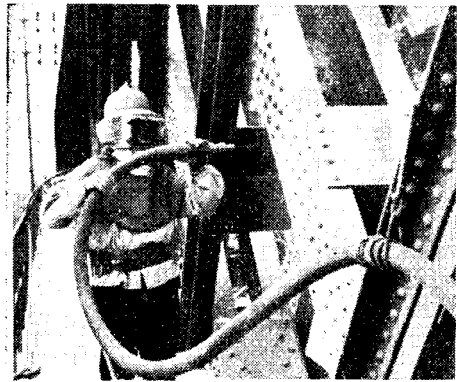


筆者はドイツで2箇所、フランスで1箇所実際の橋梁の sand blast による錆落しを視察する機会を得た。英国は別として独、仏、デンマークともすでに 20 年くらい前から実際に架設されている橋梁も sand blast による徹底的な錆落しをすることにしている。下塗りは 50 年、上塗りは 15 年くらいごとに塗り替えればよいとされている。多くの場合光明鉛を下塗りとしているが、最近ドイツでは aluminium paint または bieci cyanamid が用いられ始めている。gas flame による錆落しも実験中であり、すでに München の大きい跨線道路橋で試験的に実施された。sand blast による錆落しの費用は独、仏ともに軽い錆程度では 150円/m²、ひどい錆で 300円/m² 程度である。

写真-36 は仏国鉄 Pont du Manoir (67.17 m + 66.755 m + 70 m 連続トラス) の錆落しである。

補強法としてはイギリス、フランスでは鉄結構造を溶接によつて補強を行つているが、ドイツでは鉄結構造に溶接を用いての補強は原則的には行わない方針である。道路橋の活荷重の増大に対し床組のみを合成桁 (concrete との) 作用による補剛が行われつつある。ま

写真-36 France Pont du Manoir の Sand Blast



た、Hamburg の Lohse の鉄道橋はその吊材の 2 次応力測定の結果予想外に大なる応力 (3 000 kg/cm²) を測定し、ために吊桁の両端を改造したことは注目すべきことである (写真-37)。

写真-37 Lohse Brücke in Hamburg



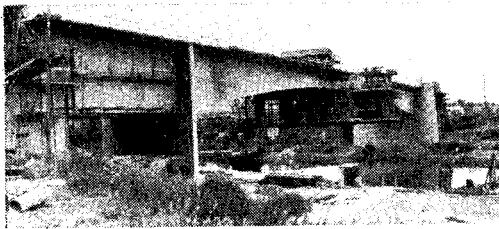
鋼橋梁の製作会社では一般に原寸場では骨組線などを画き山形等には薄鋼鋳の帯鉄を使用するが、鋳等は一般にじかに原寸を画き、現場鋳は一般に 2~3 mm 小孔をあけてあててから ream する方式である。輸出もデンマーク、ノルウェー、スウェーデン、ブラジル、エジプト、アフリカに伸長している。架設中の橋梁も見たが一般に鋳も良好、鋳孔の合い方もきわめて良好であつた。ドイツでは現場鋳も工場鋳も同一強度として計算されているが精度に依頼しているものとうなずける。一般に主構は工場内で水平に組立て、camber 等は巨大橋梁では部分部分を組んで部分的の camber を精密に測定している。

ドイツの橋梁技術の発達において特に戦後急速に発達した合成桁および P.S. コンクリート構造をあげねばならない。ドイツでは鋼橋等の分野にコンクリートが大きく歩を進めてきている。P.S. コンクリートの方式としてはドイツ国鉄では現在4つの方式、すなわちフレシネ、レオバ、マニェヘル、ディッカホッフを公認しているが、新技術の発達の急速な西ドイツでは、その他約 30 種の方式が発案されている。これ等はすべ

て国鉄で使用の場合、国鉄技術研究所の強力なコントロールを受けていて技研で実験的にまたは試験的に確認されるまでは各局で使用しない体制にある。4つの方式の優劣を明示することは困難であるがディッカホッフ方式はコンクリートのクリープ、硬化収縮に対応して数回にわたって締めることが簡単にできる点で有利である。以下筆者の見たもののうち一部を示す。

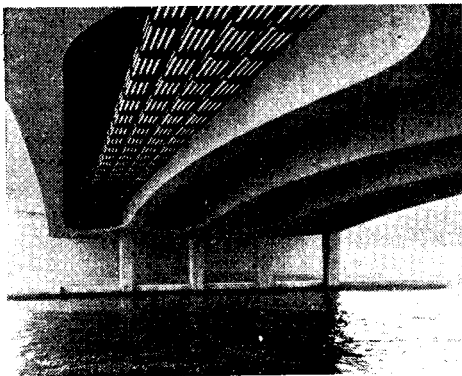
Mosel Brücke bei Koblenz (写真—38) : 支間 101.47 m + 113.9 m + 122.85 m, 巾 21 m の道路橋, Dyckerhoff & Widmann 工場, St. 90 の高級鋼によるポストテンションにより平均3日半に 3 m づつ突桁式に架設中であり, 同会社ではこのような方法で Nibelungenbrücke bei Worms (支間 104.2 m + 114.2 m + 101.65 m + 22.5 m, 巾 14.0 m) 等約 100 の橋をかけた。

写真—38 Mosel Brücke bei Koblenz



Neue Lombards Brücke bei Hamburg (写真—39) : 支間 60 m, 巾 27 m の道路橋, 縦横に P.S. を入れた (Dyckerhoff-Widmann 方式)。

写真—39 Neue Lombards Brücke bei Hamburg



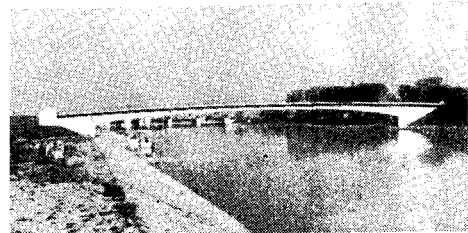
Brücke über Donau bei Ulm (写真—40) : 支間 81.3 m, 中央拱頂厚 1.198 m, 方式は 写真—38 と同じ。

写真—40 Brücke über Donau bei Ulm



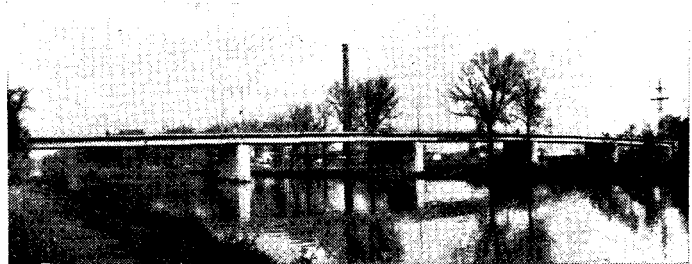
Böckinger Brücke über Neckar (写真—41) : 支間 109 m, 巾 6 m Baur Leonhardt 方式

写真—41 Böckinger Brücke über Neckar



Neckar Gartache Brücke (写真—42) : 横方向は Leaba 方式, 橋軸方向は Baur Leonhardt 方式, 巾 1.5 m + 7 m + 1.5 m。

写真—42 Neckar Gartache Brück



Isar Brücke bei München (写真—43) : Dyckerhoff-Widmann 方式, 支間 3 @ 46 m, 特に歩道, 車道の版は shell 構造である。

写真—43 Isar Brücke bei München



Kochen Brücke bei Jagstfeld (写真-44): ドイツ国鉄最大の P. S. の鉄道橋, 支間 $18\text{ m} + 4 @ 25 + 20\text{ m}$, 全長約 140 m , 橋軸方向 Baur Leonhardt, 横方向 Dyckerhoff & Widmann 方式, 全長で 13 cm のクリープによる収縮を予想している。その他 Koblenz のプラットホーム上屋 (写真-45), München 交通博覧会場の大 Hall の屋根 (写真-46), また Heidelberg の新駅等にはきわめて薄い版厚で耐荷している Shell 構造が用いられている。普通の鉄筋コンクリート橋に

写真-44 Kochen Brücke bei Jagstfeld

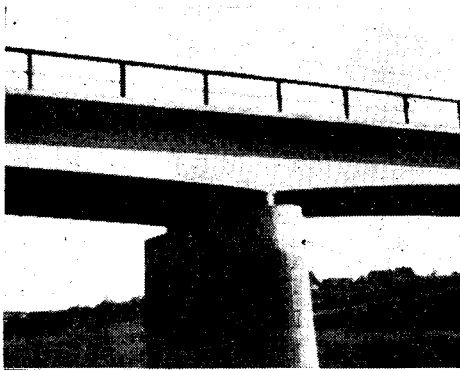


写真-45 Koblenz のプラットホーム上屋の上面
(巾 12 m , 1 本脚のアンブレラー形, Shell 構造であるため厚 7.5 cm コンクリート版)



写真-46 München 交通博覧会場内の Hall
(側支間 $10\text{ m} +$ 主支間 30 m , Shell の厚さ 6 cm)

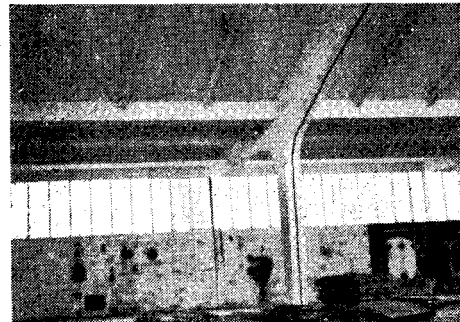
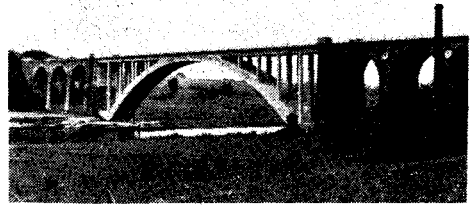


写真-47 Fulda Brücke bei Gunter-shausen



ついても Fulda Brücke bei Guntershausen (写真-47) は支間 100 m , 巾 4 m の拱 2 本併列して複線橋をなしている。筆者はドイツ国鉄の測定車でこの橋の応力, 振動測定の状態を視察した。

Füssen の近傍 Rosshaupton の発電所工事視察後, 同発電所のために最近できた Füssen からの Autobahn に架設された Brücke über das Tiefe Tal

写真-48 Brücke über das Tiefe Tal

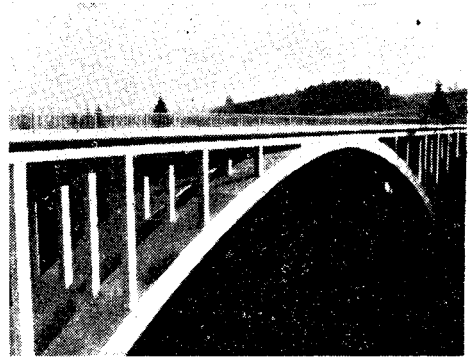
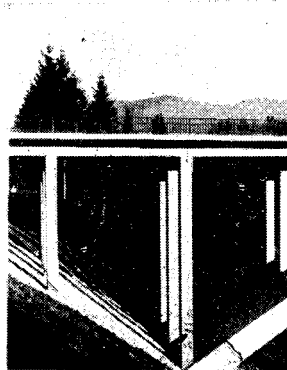


写真-49 同橋のアプローチ (写真-48, 49) は

3 ヒンチアーチでアーチリブは箱型断面, 全長 132.5 m , 巾 $1.25\text{ m} + 7.5\text{ m} + 1.25\text{ m}$, 支間 77.68 m , ライズ 12.6 m の美しい橋であつた。特にアプローチの斜面は張芝などした美しい手入れがしてあつた。



Echelsbacher Brücke (写真-50): 1929 完成の Melan 式のアーチ, 支間 130 m , 高 76 m , 全長 180 m のみごとな美であつた。

上記のごとくドイツの橋梁工学には戦後特に P. S. コンクリート, 軽床構造密接等に目ざましい発展をと

写真—50 Echelsbacher Brücke



げつつあるがいずれも新しい技術であるためさらにつぎつぎと経験を生かして幾多の未知の分野を開きつつある。軽床構造についてはその設計構造形式は変化しつつある。

Düsseldorf Neuss の舗装の改装, Kurpfalz Brücke の Orthotrope Platte, Köln Deutzen Brücke の軽床構造におけるごとく, 将来これ等の軽床構造では床板と舗装との密着をいかに構造, 施工するかが大きい問題と思われる。P.S. コンクリート橋梁においても国鉄公認の Hoyer 法, Dyckerhoff 法, Freysnet 法, Baur Leonhardt 法においてすらそれぞれ Hamburg の駅の天井, Heiderberg の鉄道橋, Calw の鉄道橋, Heilbronn 附近, Neckar Kanal 上の鉄道橋で亀裂の発生をみて, あるものは大修理をしている実情であるが硬化収縮, クリープ, コンクリートの品質管理等きわめて慎重なる研究施工をしてきわめて細心の示方書もできているドイツの現状であるが, これ等の示方書がつぎつぎと改良されつつある点は慎重に見守る必要があると信ずるとともに, ドイツのごとくこれらの新技術を取入れた構造物は竣功後も責任と能力ある技術者が保守管理に当りその経過を慎重に注視しつつあることを強調したい。

ドイツ橋梁技術の発展の根本原因として次の要因をあげることができる。

1. 経済的の苦境を切り抜けるためには新技術の発展によるよりほかに道のないことがよく理解され, 卓越したアイデアをもつた技術者が高く評価されあらゆる部門において進歩的なエンジニアは一割くらいしかないが計画, 設計にあたりこれ等の人びとが指導的な立場についていて新しい工夫, 設計が取り入れられている。ただし新しいアイデアの材料, 設計の表現に対しては徹底的の試験研究が併行し協力している。

2. 新技術は施工完成後の定期的の検査, 測定が完全に行われ, 徹底的な調査並びに理論的研究がこれに追従し次の改良の基本をなしている。

3. 溶接, コンクリート, P.S., 材質, 高度の計算等はますます専門化されつつあるが, 一方大学, 研究所, 会社並びに高度の専門技術者間の連携がよくそれぞれの専門においてきわめて緊密な協力がなされ, Committe の運営もよく活潑に活動している。

4. 技術者の職場の寿命が長くほとんど一生をかけて自分の専門に専心できる。

5. 技術による請負業者の競争のはげしいこと。

6. 経済政策の専門家も技術の発展に協力しつつある。ドイツの報告を終るにあたり次のことを附記する。

ドイツ国鉄の橋梁に対する入札方式, Stuttgart 大学の実験所, ドイツ国鉄研究所の動き, さらに戦後発達したドイツ国鉄の長レールの P.S. 枕木, レールのフラッシュバット溶接, テルミッド溶接等に関しては交通技術 1954 年 4 月号, 保線協会ニュース第 2 巻 4, 5, 6 号, に発表しているのでここでは省略する。

また鉄骨橋梁ドイツ評議委員会 (Deutscher Ausschuss für Stahlbau) はドイツの同方面の発達に大きい役割を果しつつあるが, この構成委員は Schaper の後継者国鉄の Dr. Ernst を長としてドイツ鉄骨橋梁協会長 (Deutscher Stahlbau-Verband (D.S.T.V) Dr. Wolf の幹事役の下に Bierett, Klöppel, Kohl, Maier-Leibnitz, Schleicher, Steinhardt, Dörnen, Graf 等の各大学教授, Brückmann, Goerg, Kollmar 等国鉄技師, Caemmerer, Eberhord, Henke, Pelikan, Erdmann 等の民間会社の技師, Hampe (河川), Klingenberg (道路), の建設省の技師, Rühl (ベルリン国立試験所), Wedler (DIN の会長), さらに大蔵省の Hoppe (以上敬称略) で構成され, 毎年一回報告を印刷してもちより, 説明をし結論をだし次年度の研究, 調査事項, その担当の決定をしている。Dr. Ernst は本委員会の特質として技術発達のための大蔵省からの Hoppe 委員の出席を特に意味深く強調された。

またドイツ国民がその成果と活動を世界的に誇りをもっている DIN は最初民間会社が規格統一のため自発的に資金を出し合つて活動を開始したものであるが, いまでは国鉄その他の諸官庁も資金を出し, また委員を送つて活動している。

6. イタリア

イタリアは滞在日数も少なく十分な報告はできないが, イタリア国鉄橋梁課長 Dr. Ezio Orladini 氏の好意でイタリアの南端 Reggio においてシシリー島との間の客貨車航送設備を視察した。干満差 44 cm で可動橋設備は簡単であり, 船は船首の開く立派なもので Aspromonte 号, Scilla 号, Cariddi 号等のいづれも 100 m 前後の長さの優秀船をもつていた。イタリア国鉄の軌条は 50 kg, 46 kg 等であるが Roma-Florence 間には 60 kg/m Rail を用いている。イタリアでは 1933 年頃 St. 42 で 30 m くらいの溶接鋼桁 2 連を架けたがドイツにおける事故以来溶接を鉄道橋には用いていない。ただイタリアには橋は多くの場合 St. 50 (許容応力 18 kg/mm²) を用いる点, 日本も早急

にこの実現を期したい。St. 42 に対し $\sigma_t = 16 \text{ kg/mm}^2$ であるが大体 St. 50 を用いるとのことである。P.S. コンクリート橋はまだ国鉄で用いていない。戦後できたイタリー国鉄の代表的の橋として筆者のみた次の橋を報告する。

Ponte sul Po a Mezzanacorti (写真-51): 複線の鉄道(荷重は 25 t 軸重の機関車を考えている)と道路(1.5 m+7.0 m+1.5 m)の併用橋, 主構心々 8.94 m, 構高 8.50 m, 支間 75 m の単純桁 10 連よりなる(旧橋は連続桁であつたが爆撃でやられた)。

写真-51 Ponte sul Po a Mezzanacorti
(Milano—Genoa Line)



Ponte sul Ticino a Sesto Calende(写真-52): 複線の鉄道と道路(有効巾員 2.0 m+7.0 m+2.0 m)の併用橋, 主構心々 9.160 m, 構高 14.30 m, 支間 82.4 m+99.0 m+82.4 m の連続桁, 1951 完。

Ponte Povia (写真-53): 5 @ 45 m の純径間のブザーアーチ, 複線鉄道橋, 欠陥はない良好の施工で, アーチリブはブロック打ちした。1948~49完。

写真-52 Ponte sul Ticino a Sesto Calende

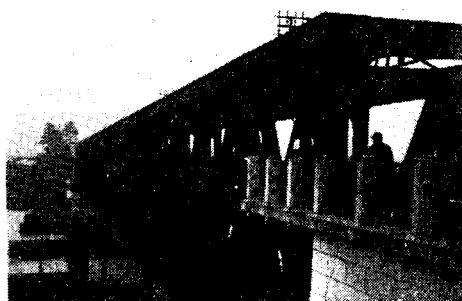


写真-53 Ponte Povia



7. 結 言

英, 独を主体にデンマーク, フランス, イタリーに触れたが短期間の研究であり, また紙数の制限もありその概要を報告した次第である。各国で面接した多くの橋梁技術者に感謝するとともに以上の記事に誤りがありとすれば筆者の誤認であることを申しそえたい。

(昭.29.5.10・依頼原稿)

板に垂直に当る射出水の性質について

—射出水による洗掘についての第1報—

正 員 栗 津 清 藏*

ON THE PROPERTIES OF VERTICAL WATER JET RUNNING AGAINST A FLAT PLATE

—First Report on the Scouring due to Water Jet—

Seizō Awazu, C.E. Member

Synopsis A part of this paper was presented at the ninth annual meeting of the J.S.C.E..

The water jet in this study means (a) simple water jet or (b) submerged jet.

The results of this research for (a) and (b) are as following:

a) The results obtained in the analysis (potential flow) were essentially similar to Naramoto's paper (1926).

b) It is quite reasonable that dividing streamline and diffusive size of a submerged jet is computed from the calculation of streamline due to a single source.

* 日本大学講師, 工学部土木教室