

# 報 文

## 欧州の橋梁その他について (I)

正員 工学博士 友 永 和 夫\*

### ON SOME BRIDGE ENGINEERING IN EUROPE (I)

(JSCE June 1954)

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

**Synopsis** After attending the 1953 Meeting of International Institute of Welding (I.I.W.) at Copenhagen, I studied some bridge engineering in Swiss, Denmark, Western Germany, England, France and Italy.

This is a brief reports of some bridge engineering in these countries inspected during my half years' trip.

**要旨** 筆者は昨年半年の予定で、国鉄より欧州出張を命ぜられ、主として英独における橋梁工学の調査研究をしてきた。その間7月6日から同月11日にわたりデンマークの首都 Copenhagen において開催された国際溶接学会の会議にも、日本溶接研究会議の代表の一人として、第15委員会(溶接の設計基礎委員会)に出席した。昨年6月27日羽田発、スイス7日、デンマーク16日、ドイツ100日、イギリス45日、フランス8日、イタリー6日、と欧州諸国を歴訪して12月25日帰朝した。それぞれの国々において各国有鉄道からの好意により、それぞれの国の橋梁技術者及び大学、研究所の専門家と面接し、また代表的な橋梁会社、鉄道橋、道路橋を数多く詳細に見る機会を得、短時日であつたがそれぞれの国で独自の発達をしている Engineering を感得できたことは、各位の御支援のたまものと深く感謝している次第である。以下紙数の関係もありごく概要を報告する。

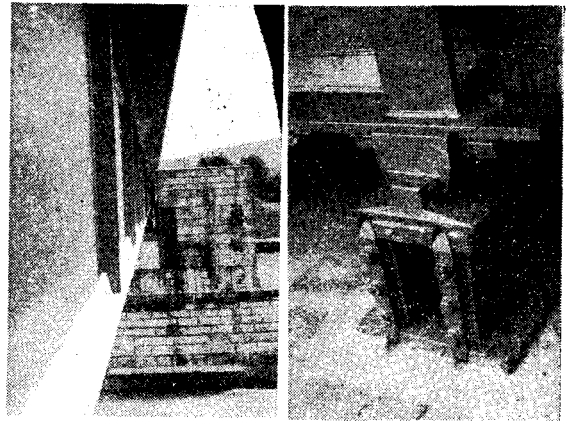
#### 1. ス イ ス

田中豊先生の御紹介によつて Zürich 工科大学 Prof. Stüssi に面接ができ、同教授の実験室の薄板の挫屈実験、その他同大学機械実験室の超音速の風洞等を視察、同教授の紹介にて V.S.B. (スイス鉄骨橋梁協会)の Dr. Baeschlin と面接、Wartmann 工場にて溶接鉄道橋の製作中、また同工場製作の道路橋 Schinznach-Bad 橋、及び鉄道橋の Tannwald 橋 (3@ 36 m 連続桁、写真—1,2) を視察した。スイスでは1931年初めて25.5 m の溶接鉄道橋を、1934年16 m 溶接道路橋を

実施したが、その後あまり数多くはやつていない。1943年にトラスで部材を溶接で構成し、連結を鉸結としたものを実施した。戦後数連の溶接橋を製作したがそのうちの代表的なものとして上記2連を視察した。いずれも合成桁であり、死荷重も合成桁として作用せしめた構造である。他の欧州各国と同じく現場の連結は鉸結である。

溶接は筆者のみたうちでドイツ、スイスが最も細心の注意をはらつたよい溶接であり、またよい設計をしていたように思う。型鋼はルクセンブルグから、鉸はベルギーからの輸入であり、材質は St 37, SM であつた。写真—2 において支承部の突縁下の鉸板、ボールト及びコンクリートのきわめて良好な状態に注目されたい。沓の下のコンクリートの座面はドイツの場合

写真—1,2 スイス国鉄 Tannwald 橋(1950)



註: 36+36+36 m 連続合成桁、桁高 2.8 m、腹板厚 12 mm、9つの回転棒にて 42 m 長の桁を溶接で作り 42+24+42 m に現場鉸結した。コンクリートは 6 m ごとのブロック打をなし、3ヶ月後に継目のコンクリートを打ち中間支点を 10 cm 下げて合成桁として作用せしめた。

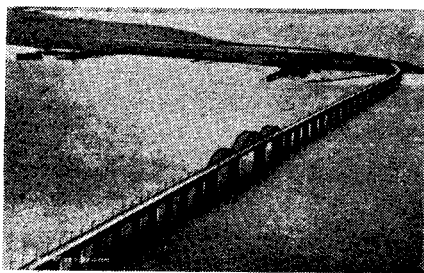
\* 国有鉄道技師、施設局特殊設計室長

と同様所定の規格と、特別な熟練者によつてドライバッキングにより入念に行われたものと思われる。

## 2. デンマーク

上記の国際溶接学会第 15 委員長 Dr. Ing. U. Guerrera (イタリー, ジェノア) 氏に日本から持参の資料を提出, 4 日間にわたり溶接継手に関する定義, 各種の開先形につき, また前面隅肉の強度の問題につき討議がなされた。諸外国から出席の各委員は大多数が毎年の同会議に出席している常連の方々であり, 討議ぶりもきわめて熱心なものであつた。詳細は日本の第 15 委員会に報告したので省略する。デンマークでは同学会より Valby Maskinfabrik & Jernst 工場を視察, ユニオンメルトによるセメントキルンの製作工程を視察した。会議終了後デンマーク国鉄技師長の好意にてコペンハーゲン市内の数多くの可動橋 (特に跳開橋が多い) 欧州一の長橋たる Storstorm Bridge (Zealand と Falster を結ぶ 3 200 m の鉄道 (単線) と道路 (有効巾員 5.6 m) の併用橋, 中央径間は 102+136.37+102 m のランガー桁, 荷重軸重 22 t, Dorman Long, Co. 製作, 現地架橋後 Sandblast を

写真-3 Storstorm Bridge



してペンキを塗つた) を視察した。

また国際列車 Paris 行にて Korsör (この区間の平均時速 60 km/h) の客貨車航送用可動橋及び自動車専用の可動橋を視察した。筆者は滞欧中他の列車航送の可動橋をイタリー南端の Reggio, イギリスの Folkestone, Dover, Harwich, Stranraer, ドイツの Friedrich Hafen, Grossenburg において, また自動車専用の航送可動橋をイギリスの Forth Bridge, Hull, Dover 等において視察したが, Dover の自動車航送設備 (1953 完成) が相当精巧であつた以外は日本の宇高, 青函間の可動橋の方がむしろ良好であつた。

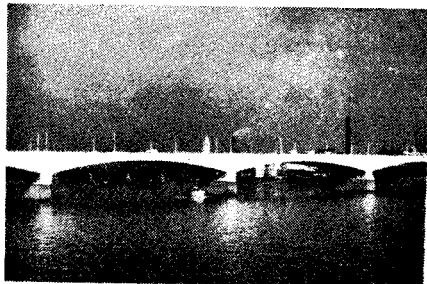
デンマークの鉄道は軌間 1 435 mm, 延長約 5 000 km (半分は国鉄他は私鉄), 軌条は 60, 45, 37, 32 kg/m, 国の面積または人口に対する鉄道密度は大きい。電力は火力またはスウェーデンから供給されている。電化は Copenhagen の近郊のみであり本駅から Holte (20 km), Klampenborg (15 km), Ballerup (20 km),

Glostrup (12 km) が電化されている。デンマークにはほかに複線鉄道と道路 (有効巾員 5.6 m) 併用の有名な Little Belt 橋 (1933/35, 1 178 m) (Jutland と Funen 間) があるがこれ等はドイツの Stahlbau Rheinhausen の製作架設 (各橋脚から対称的に突桁式) によるものである。

## 3. イギリス

今次大戦で橋梁が破壊されなかつたことと, 緊縮政策のため新しい大橋梁はほとんどない状態であつたが, 同国鉄の六局管内を視察して著名な古い橋梁を見ることができ, また溶接橋も見ることができた。ロンドン近郊の National Physical Laboratory では Mr. C. Scurpton の Severn 河の吊橋の風洞実験, Photoelasticity によるネヂ山谷における応力分布, 200~1 200°F 間の各種の温度中の鋼材のクリープ試験, 各種の精密測定等の実験室を視察した。Derby の国鉄の研究所では橋梁の応力測定につき討議, また London

写真-4 New Waterloo Bridge



County Council の案内にて Thames 河上の多くの橋梁を視察した。特に New Waterloo Bridge (写真-4) は 5 @ 252 ft の鉄筋コンクリートのゲルバー橋であり, その架違いの構造, 橋脚の構造, 振動防止のダンパーの考慮等外見上にあらわれない点にすばらしい Engineering の結集された橋であつた。鋼橋と比較して必ずしも経済的とは云えない橋ではあるが英国らしい独特の深慮のはらわれた橋梁であつた。Albert Suspension Bridge はきわめて古い吊橋であるが最近ドイツ (DEMAG でスウェーデン向け製作中のもの, またはフランス Rhône の Pont à haubans のごとく) で最も新しい吊橋の型式として実施にうつされつつある斜吊の形式と相通ずる型式である。Bottersea Bridge は Castlean で 5 @ 30 m であり健在である。London Tower Bridge は 1894 年完成, 常時 72 人の保守担当者がいてアプローチの下にはあらゆる部品の修理工場があり, 各水圧機械はすばらしい手入れをして保守されていた。中央径間 200' の二葉跳開橋で日々 20 000 台の自動車が交通している。橋脚内部に 100 t の重錘 (30' 上下する) をもつ水圧機 6 基を有し, 塔は

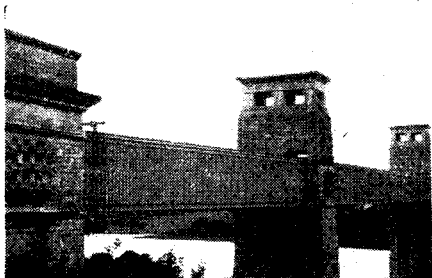
1100t の鉄骨でできていて、これが石張りさされている。上部の水平構の下弦材の中には側径間(270')の吊索の tie 部材が支持されている。York の鉄道博物館には、世界最初の鉄でつくられた鉄道橋の実物がある。1825 年 Gorge Stephenson の設計によるものであるが鑄鉄と錬鉄でできた支間 4m くらいの魚腹型のフィレンデル型であることには一驚した。

また世界最初の、Iron Bridge である Coal Brookdale Bridge (1779 年 支間 100') は、1934 年以来諸車交通を止めてきたがいまなお人道橋として健在であつた。

1826 年 Telford は Menai の吊橋(580'), Cornwall の吊橋(400')を完成し、1847~1850 年には Robert Stephenson は Britania Tubular Bridge(230'+460'+460'+230'の連続桁), Cornwall の Tubular Bridge, 及び New Castle の High Leuel Bridge(総径間 125', 鉄道 3 線道路橋併用)を完成し、1859 年には Brunel は The Royal Albert Bridge(単線 2 @ 452')を完成した。これらはいずれも 100 年を経た今日において、多少の補強をされたものもあるが、現在の大きい荷重にも使命をはたしていること及びこれらの世界的な橋が 20~30 年の間に相次いで完成されたことは特記すべきことである。

Britania の Tubular Bridge には常時 4 人の保守担当者が現場に常駐し、そのうちの 1 人は父の代からこの橋を守りつづけている。また本橋は戦後ドイツで急速に発達しつつある Orthotrope Platten 構造、箱型構造に相通ずるものである点は興味深い。また巨大な反力を 1/3 は大きいボルトと鑄鉄の桁で上方に吊上げて大なる鋼球に支持し、他の 2/3 の反力は直接下部で支承する構造となつているが、先人の細心かつ大胆な設計には驚歎に値するものがある。筆者は長時間にわたり現地でのこの支承構造に関し討議したが忘れられない思い出である(写真—5,6)。Menai の Suspension Bridge は 1940 年に交通を止めないで改造されたが、

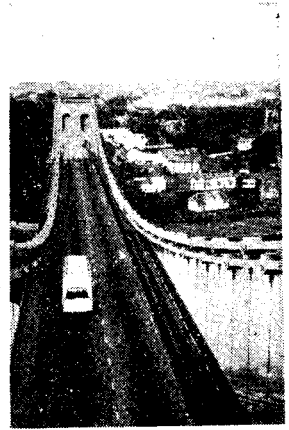
写真—5 Menai Britania Bridge  
(230'+460'+460'+230'の連続桁)



写真—6 Britania Tubular Bridge の支点上内面  
(精巧な鑄鉄の巨大な枠が見える)

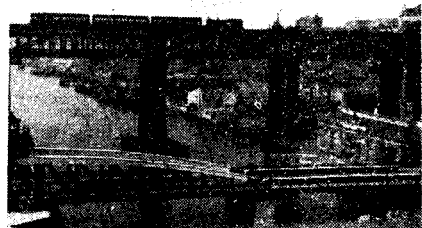


写真—7 塔より見た Menai Suspension Bridge  
(常時 2 名の保守担当者がいる)



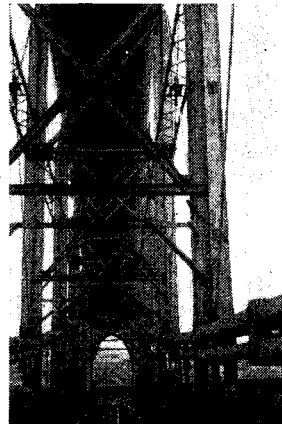
塔上の支承の可動構造には細心の注意の設計がなされていた(写真—7)。High Leuel Bridge(写真—8)は鉄道を支える床組構造と垂直材が補強されていたが、鑄鉄の arch rib と tie を構成する鑄鉄とアイバーはすばらしい精度の製作でいまなお 3 線の鉄道を支持して

写真—8 Newcastle High Leuel Bridge (1849)



註：上部 3 線鉄道下部道路、Robert Stephenson の設計、総径間 125'

写真—9 Royal Albert Bridge (1859)



おり、道路と鉄道の荷重に対し振動も少なく使命をはたしている。The Royal Albert Bridge(写真—9)は支間中央の吊材の龜裂の補強以外は巨大な補強もなく床組、対傾構、中央水平材等の簡単な補強によつて設計当時の荷重の 2~3 倍の荷重に速度制限もなく 1859 年以来使命をはたしている。橋脚は鑄

鉄であり、上弦材は1本の楕円形(長径17'6" 短径12'6")の鋼管でその内面の補剛材もきわめて簡単なものであつた。Newcastleの近傍のMonk Wearmouth Bridge(1876年、支間300'複線橋)はフィレンデールである。上記これらの橋が理論的計算のそれほど進歩していない時代に完成し今日なお使用されていることは驚くべきEngineeringと云わざるを得ない。

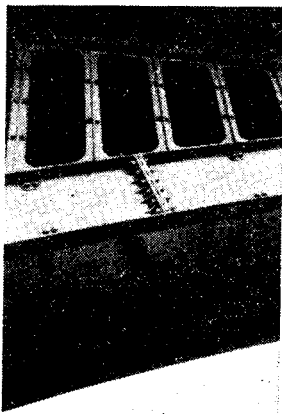
Forth Bridge(1890)は中央径間2000', 圧縮部材は円形で主橋脚上の支柱の直径はLondon Tube(11'6")より大きい12'のTubeで高さ350'もあり、吊径間は支柱で支持され、可動端は温度変化で日々5", 年間10'の動きを示しこれらの移動は毎日記録されている。ペイントは毎日塗り替えていて、7~8年ごとにもとの箇所にかえるとのこと、その巨大さを實際現地をみて知ることができた(写真-10)。主構の傾

写真-10 Forth Bridge  
(1890)



斜は1/7で上横構はなく、上弦材の風荷重は圧縮腹部材を通じて下弦材に伝達している。筆者はさらにManchesterの近傍にあるBartonの旋回橋(約60年前完成)をも視察したが、これは2本の直交する運河の立体交叉のためのもので興味深いものであつた。またReading及びEast Coastlineの全溶接の鉄道橋を視察したが、溶接そのもの、また設計に関してはドイツ、スイスのそれと比較して進歩的とは云いにくい感じを受けたが、防錆の考慮からフランスと同様、橋床はコンクリートの床版を用いているものであつた。Sunderlandの有名なアルミニウム17-Sによる2葉跳開橋(90'径間)を視察したが、鋳は鋼であり、鋳孔にはていねいにもジंकロ

写真-11 Albert Edward  
Bridge(1863)  
(アーチリブのすばらしい密着)



メートを塗り、筆者の訪れたときは錆その他の欠陥はなかつた。17-Sは弾性係数が鋼の1/3、膨脹係数が3倍であることから種々の細心の注意が設計に取り入れられていた。Albert Edward Bridge(1863年)は複線4主桁の鑄鉄のアーチ橋でMr. John Fowlerの設計で支間204'6", この製作施工には寸分の隙のないものであつた(写真-11)。支間1/4点の副部材に些少の亀裂を発見したが、保守責任者はその亀裂を30年前から知っており、その後の進行もないので絶対に心配はないと断言し、その自信と責任の明確な点に驚した。

その他英国ではSouthamptonの乗船用タラップ(全アルミ製)、同港設備、London Regent Canal Dock, Holyhead港の防波堤、世界的なHullのKing Gorge, Alexander, Victoriaの各Dock, Immingham Dock, Parksston quay, Cardif, Barry等の諸港のDockgate, 石炭荷役の設備等を構造上の立場から視察した。これらの諸港には多くの旋回橋もあり、石炭荷役、Dockgateは一般に古いものが多かつたがその規模は大きいものであり、Cardifにおいては全溶接のDockgateを見ることができた。またLondon及びGlasgowの地下鉄を視察した。英国は古い国だけあつて橋梁についてみても、理論的研究の未だ高度の発達をとげていない100年近くも前に、すでにあらゆる型式の橋梁が一応完成されている点、しかもこれ等が今なお健全である点、Engineeringの本質に関し深く考えさせられるものがあつた。

たまたま土木学会のYork支部で開催された鉄道橋梁の補修に関する会合に招待されたが、スライドによる講演内容、会合の美しい空気は一生涯の思い出である。また豪華な英国土木学会とその図書室の立派なこともうらやましい次第であつた。またRailway Gazette, British Standard House, British Welding Research Associationを訪れた。またFolkstoneの地回り区間の海岸の護岸工事(施工中)及びWoodhead Tunnel工事(完成)は特記すべきものであつた。

工場関係ではNewton Heath Concrete Factory(月産30000ft<sup>3</sup>のPrefabricate Concreteの国鉄工場、Manchester Civil Engineer's Workshop, BartonのEngineer's depot, Costain Prestress Concrete(100yd<sup>3</sup>/day), Woodburn Engineer's Shop(Sheffield), Permanentway depot at Beightonを視察した。またCleaveland Bridge CompanyではちよとSouthwalesの38+90m(25+40+25+38m)のgerber型のplate girderの道路橋を製作中であつた。Dorman Long Steel Work, Thomas

Summerson & Sons Ltd (代表的な Point 工場) も見る機会が得られた。

4. フランス

今次大戦によつて 2603 の鉄道橋 (ほかに架道橋 534, トンネル 70) が破壊されて 図-1, 2 のように鉄道網を寸断されたフランス国鉄は 図-3 のような超スピードの復旧ぶりを見せた。鋼材その他の資材を英国の温かい援助によつて復旧に着手し, 着手にあつて, たとえば 20 m スパン の複線橋梁の場合, Masonry arch, 鉄筋コンクリート橋, 鋼橋と比較して, 石炭の消費量がそれぞれ 60 t, 100 t, 250 t となることから, フランスの国情では経済的な見地から, できるだけ Masonry を用い, やむを得ない場合に鉄筋コンクリート, 次に鋼橋によるとの根本方針をたてた。特に上記の順で保守費, また将来の荷重増に対する応力増加も少ないことを指摘している点, Masonry arch では The Montlouis Bridge (支間 28 m) また計画中のものに

図-1 終戦時の遮断されたフランス鉄道

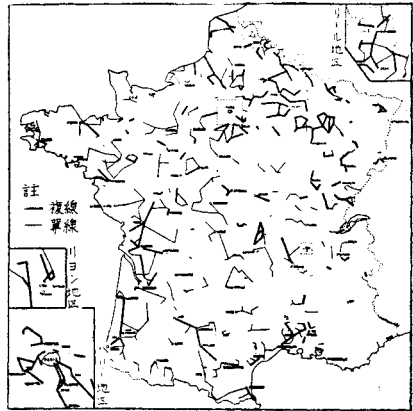
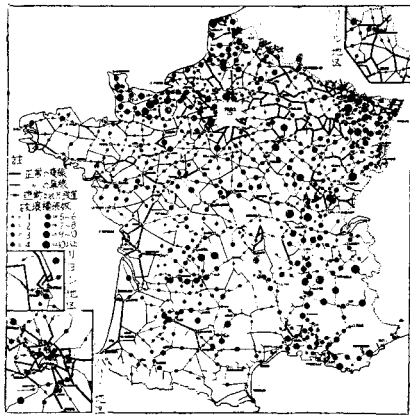


写真-12 Viaduc de Chasse (Span 124m)

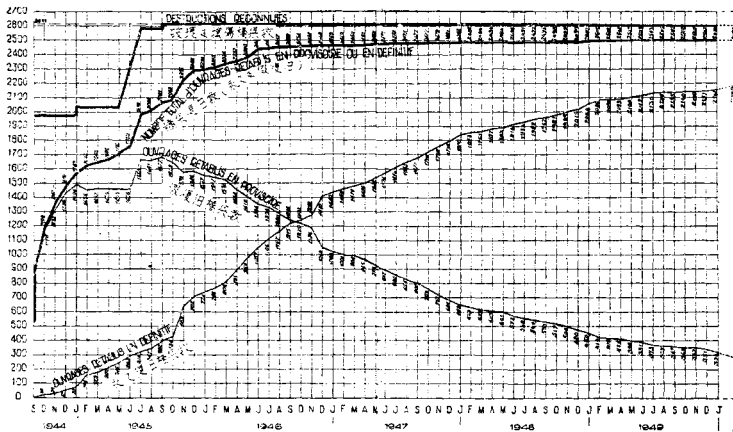


図-2 終戦時の破壊墜落した橋梁分布状態図



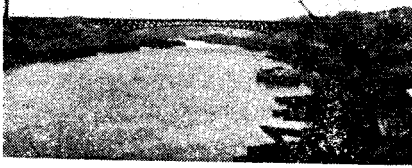
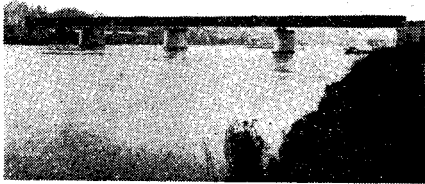
Lessart Viaduct (支間 288') がある。鉄筋コンクリート桁橋で Guiers Bridge (支間 40 m, 桁高バラスト含み 3.75 m) があり, arch では Nog-Sur-Marne (支間 80 m), The Jonneliere Bridge (支間 95 m), The Viaduc de Chasse (支間 124 m, 写真-12) がある。筆者は特にパリーの近郊, 市内, 及び Seine 河ぞいに Rouen までの橋梁の復旧状態を視察した。筆者

図-3 橋梁復旧



の訪れた Rouen の溶接道路橋については第 4 回国際橋梁会議等にも報告されているのでここにはふれませんが, その他の Seine 河ぞいの特筆すべき橋梁に Eiffel Bridge (複線 5 主桁, 32+96+32 m, 写真-13), Conflans 橋 (42+50+50+42 m, 写真-14), Choisy Bridge (複線 6 主桁, 46.2+59.2+46.2 m, 写真-15) 等連続桁が多く用いられていることは注目に値する。また上路桁では一軌道に対

写真—13 Pont Eiffel (32+96+32 m)

写真—14 Pont Viaduc de Conflans  
(42+50+50+42 m, Sur La Seine)写真—15 Pont de Choisy  
(Sur La Seine)

し多主桁の方式が採用されているのは興味深い。

フランス国鉄では溶接桁は鉚接構造に比し鋼材は少量ですむが一般に高価につくのであまり用いていない。ただし戦後の修理には大構桁橋にもよく利用されている。

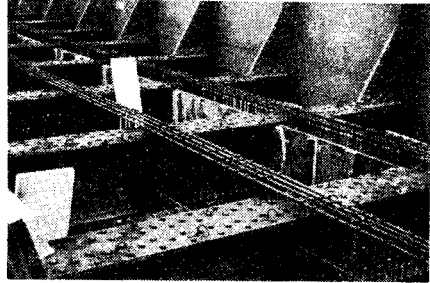
筆者のみた Oissel 橋 (3@60 m の格子桁) の修理は代表的なものである。鉄道橋の loading は 1944 年以來 6' 間隔の 25 t 軸重の機関車重連を考えている。これは従来の荷重 (20 t 軸重) の 40% 増しの応力を生じ、また英国の B.S.S. 20 の荷重より約 30% 大きい応力を生ずる。ただ支線区では荷重は 20% 減のものを用いている。材質は St 54, St 42, が一般に用い

られ引張許容応力はそれぞれ 18 kg/mm<sup>2</sup>, 及び 13 kg/mm<sup>2</sup> である。

P.S. コンクリートの鉄道橋は筆者の聞いた範囲では鉄道橋には未だ使用されていない。

さらに一般に R.L 桁下間の事情の許す限り道床式を採用するのが原則であり、前記制限のきびしい場合には張鉄上、または鉄筋コンクリート版上にタイパッドを挿入して軌条を直接取り付けることが広く行われている (写真—16)。

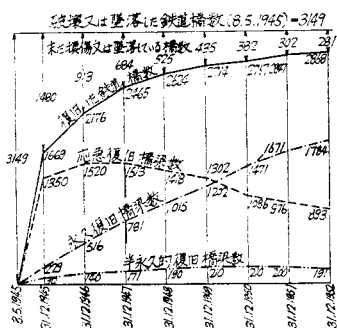
写真—16 Pont du Epinay (復線鉄道橋)



## 5. ドイツ

今次大戦の結果 3149 の鉄道橋梁が破壊されたドイツ国鉄橋梁の復旧ぶりを 図—4 に示す。筆者は今次渡欧中 100 日を西ドイツに滞在、西ドイツ全 16 鉄道管理局中の多くの破壊橋梁を復旧した 15 鉄道管理局管内を、70 日にわたり鉄道橋、道路橋の復旧状態につき視察したのち、München と Minden の国鉄の研究所において 30 日を過した。その間 Karlsruhe, Stuttgart 大学の実験室, Man, Krupp, Köln Dortmund Union, Hein Lehmann, Mannesmann röhrenwerk, Stahlbau Rheinhausen, Hilgerswerk 等にて実験室及び橋梁の製作状態を視察したほか、Grün & Bilfinger A.G. (Little Belt 橋の橋脚工事施工者), P.S 枕木工場, レールの flushbut welding の工場, 国鉄直営の材修場, 枕木工場, 橋梁区の工場, 施工中の水力電力の圧力管 2 箇所を視察した。また、ドイツ国鉄の橋梁測定車にて Dr. Brückmann とともに数日間実施測定をともしした。ドイツの橋梁用材は St 48 (1924), StSi (1926), St 52 (1929), St 46 (1941) と発達し、デンマークの Little Belt の橋梁 137.5+165+220+165+137 m のゲルバー桁、複線鉄道および車道有効巾員 5.6 m 歩道 2.4 m の道路併用橋 (1933~1955) は St 37 の 22300 t に比し St 52 により 13800 t, 38.4% の鋼重量を節約できた。1950 年には Dr. Erdmann は高級鋼の橋梁への使用に関する立派な論文を発表し、最近では Düsseldorf-Neuss (103+206+103 m) の道路橋には H.S.B 50 (Hochfesten, Schweiss unempfindlichen Baustahl) が Dr. F.

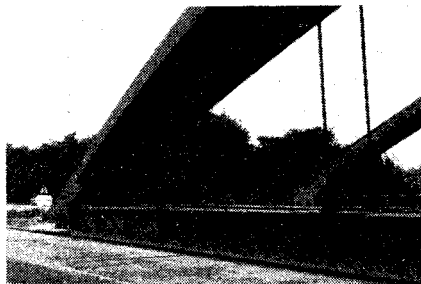
図—4 1952年12月末における鉄道橋復旧状態



Nehl により完成された。

この材料は St 50 m.e.s (mit erhöhter Streckgrenze) とも称し、規格としては引張強度 50~60 kg/mm<sup>2</sup>、降伏点 36 kg/mm<sup>2</sup> 以上 (鋼厚により変化する) であるが、一般には 55 kg/mm<sup>2</sup> で降伏点は 40 kg/mm<sup>2</sup> を示し、溶接性もよく深溶け込みの溶接にもよく、亀裂発生に対する性質も良好で冬でも溶接性はそれほど落ちない。衝撃、疲労試験の結果も St 52 よりはるかに良好である。溶接による材質の硬度差は St 52 の 90 Hv に対し H.S.B 50 は 44 Hv である。St 48, St 46 は St 52 と値段があまり変わらないのに強度はそれほどでないので現在ではあまり用いていない。H.S.B 鋼には 50, 45, 40 の 3 種がある。ドイツにおける溶接橋梁は 1929 年に最初の鉄道橋ができて以来 1931~1933 にわたり特殊の突縁型鋼ができてから溶接は大いに使用され 1939 年には鉄道橋 150, 道路橋 250 を数えるに至った。溶接の発達には構桁の分野に鉸桁が進出し、特に 1934 年頃から Autobahn に多くの溶接桁が使用された。特に、最近桁端部に亀裂を生じた

写真—17 Kaiserberg Brücken

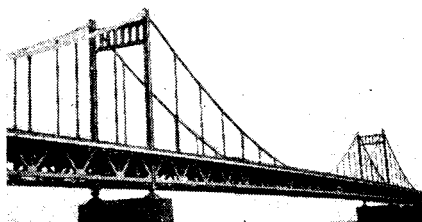


註: ドイツAutobahn の橋、支間 104 m St 52 の全溶接橋 (1935 完成)  
当時厚鋼の溶接橋として画期的なもの、補剛桁は単複鉸工形高 2 m、突縁厚 70×600 mm

ランガー桁 Kaiserberg Brücken (写真—17) は特筆すべきものであった。また、鉸結合の橋も進歩し、Köln-Rodenkirchen の吊橋 (94.5+378+94.5 m), Frankenthal 橋 (連続鉸桁) 147.0+161.0 m, および

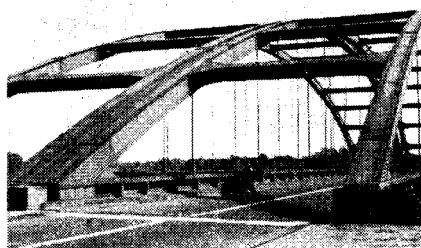
Krefeld-Uerdingen 橋 (吊橋) 125+250+125 m (写真—18) Rhein-Herrns Kanal Brücke (ランガー桁支間 140.4 m, 写真—19) ができた。1939 年で橋梁の発達は一時停止し、1945 年の終戦で多くの橋梁は破壊された状態であつた。資材資金の不足のため理論と計算とによる経済的な設計の発達が促進され、挫屈に対する

写真—18 Krefeld-Uerdingen Brücke



註: 1934~35 完成, 1945 一部破壊原形に復旧, この形式は爆撃に強いことが立証された。

写真—19 Rhein-Herrns Kanal Brücke

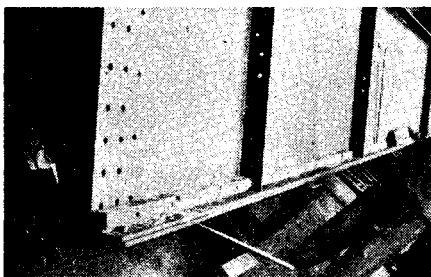


註: ドイツ Autobahn の橋, 1937 年完成, 支間 140.4 m St 52 溶接, 補剛桁は単複鉸桁

写真—20 Ellira-Schweissverfahren (MAN 工場にて)



DIN 4114 の制定, 格子桁の計算, 合成桁の発達, さらに Dr. Corneluis (元航空機関係技師), Dr. Homberg 等による Orthotropen Platte (Orthogonal Anisotrope Platte) の軽床構造が発達した。このような軽床構造は Kurpfalz Brücke Mannheim (1950~51, 85+315+85 m), Düsseldorf Neuss (1950~51 103+206+103 m), Koblenz-Pfaffendorf (103.38+104.56+103.38 m の箱型連続鉄桁) を可能ならしめた。溶接も腹板, 突縁等の長い溶接には Ellira (写真  
写真-21 Elin-Hafengut-Schweissverfahren  
(MAN 工場にて)

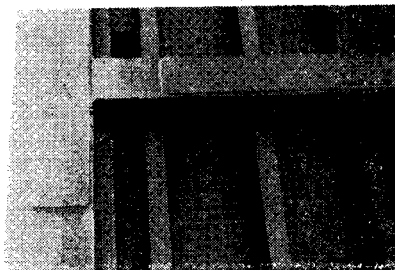


—20) または Elin Hafengut (写真-21) 法を多く用いるようになり, 現在ドイツでは一般に溶接には S.M 鋼を使用し, 鋼の切断も union melt または fuse arc の溶接には機械ガス切断による開先をみとめている。しかし手溶接には一般にガス切断は認めていない。現在西ドイツでは鋼材の全生産量の 2% が建築橋梁用に使用されているが戦前 6% (現在の日本は約 6% である) に比しこのように使用量の減少した理由として, 戦前のような大々的な Autobahn の工事のないことも一原因をなしているが, 戦後鋼材の高価なこと, 進歩した軽い設計の橋梁ができるようになったこと, および P.S. コンクリートの橋梁が鋼橋の分野に大きく進出したことも大きい原因をなしていることは注目に値する。また, 溶接として一時盛んに使用された Dörnen, Nasen, Krupp-St, Lavis, Buck 等の特殊の profil は圧延時の冷却が均等でないため最も大切なビードを置く近辺の材質に疑問があり, 現在はあまり用いられていない。

Berlin Zoo (Über die Hardenbergstrasse) の橋梁の亀裂発生から鋼と溶接との併用の構造に対するきびしい批判がなされ, Talbrücke bei Rüdersdorf (Autobahnbrücke) の事故から収縮応力, 三軸方向応力, 材質, 低温度による溶接の問題等が真剣に研究された。この事故以来上記特殊圧延鋼材はあまり使用しなくなってきた。その後溶接橋に対して大なる事故もなく経過しているが溶接に関する研究はますます盛んであり自動溶接の使用のほか, 材質 (現在案として

$S \leq 0.04, P \leq 0.04, N \leq 0.08$  の意見がある), 溶接棒の改善に併行して溶接特有の構造形式の設計ならび継手連結に關しますます新しい形をとりつつあり, その細部設計はますます細心の注意をはらった設計となりつつある。しかも, 原則として現場溶接は未だに認めていない。写真-22 は道床式鉄道橋を下から見たものである。架設については 1936 年に Rügendambrücke の場合, 桁高 4 m 長 61.2 m を one piece として特殊な台車に積んで鉄道輸送したが, 最近でも溶接橋のため国鉄では大きい下路鉄桁もすべて工場で溶接して

写真-22 Wickrather Str. Brücke



註: 道床式単線鉄道橋の床構造 (曲線軌道) 完成後 6 ヶ月ごとに検査, 2 年後から 2 年検査に移行する。

現場に輸送し, 現場でいきなり大きいクレーンで架設することが行われている。Nürnberg の橋梁区で所有しているものはディーゼルで走り得るもので, boom の長 13.5 m, 最大の吊上げ能力 25 t, boom は 360° の回転のできるものであった。自重 95 t, 軸重 18 t のもの 6 軸である。道路橋に対しては戦後特にディーゼルエレクトリックの能力 100 t 及び 200 t の pontoon crane が発達し, これを二艘用いて Mein 河の Friedensbrücke では主桁 4 本を横桁で連結したもので長さ 135 m, 重量 360 t の橋梁を一度に吊下げて架設し, Köln-Mühlheim の吊橋では橋床の一体となつたもの長 32 m, 重量 310 t を一度に主索に取り付けた。また, 一般に行われる突桁式架設法も München-Salzburg 間の Autobahn の Mangfall-Brücke では S.K.R. の応急桁を約 100 m のスパンをまた後述の Lauenburger Elbe Brücke では 105.5 m のスパンを完全なる片押し突桁式架設をした。S.K.R. (Schaper Krupp Reichsbahn) については応急桁として戦時中または戦後に架設した多くの橋を見たが互換性にできた部材のボルト連結は現在でも弛緩したものはない。測定車についてはドイツ国鉄のレントゲン車 (250 kV × 2 台, 300 kV × 1 台) および応力測定車 (オッシュログラフ, 8 element × 2 台, 14 element × 1 台) があるが前者には最近 ultra wave の亀裂欠陥発見器も増備される予定である。これらについては紙数の関係



上別の機会にゆずりたい。

Köln のドイツ鉄骨橋梁協会 (D.S.V) は約 100 社の協会で種々の本の発行等活潑な活動をしている。同協会長 Dr. W. Wolf 氏から長時間にわたり戦後の

ドイツ橋梁事情をきくことができた。

(未完、筆者は次号にドイツ(続)、イタリーの橋梁につき報告する予定である)。

(昭.29.5.10 依頼原稿)

## 橋脚地盤の基礎係数値分布に関する実験的研究<sup>1)</sup>

正 員 後 藤 尚 男\*

### EXPERIMENTAL STUDIES ON THE DISTRIBUTION OF THE FOUNDATION COEFFICIENT IN THE GROUND AROUND BRIDGE PIERS

(JSCE June 1954)

Hisao Gotō, C.E. Member

**Synopsis** The foundation coefficient values, particularly, their distribution  $K(x)$  to the depth of ground have been obtained by the ratio of the direct measured earth pressure  $p$  and the indirect measured displacement  $\eta$  in the laboratory model test. Then the writer proposed the approximate solution of the earthquake-proof of bridge piers using the obtained  $K(x)$  to the method of redandant reactions.

**要旨** 橋脚の耐震計算に直接必要な基礎係数値、特にその根入方向の分布を究明するため室内で模型実験を行い、次いでこの基礎係数値分布  $K(x)$  を用いた耐震計算の一方法に論及した。この場合  $K(x)$  は土圧の直接測定値と変位の間接測定値との比から求め、耐震計算は基礎反力載荷による近似解法を提示した。

#### 1. 緒 言

橋脚、井筒、矢板、基礎杭、送電線柱等棒状構造物の横方向計算——主として耐震計算をするとき、水平方向の基礎係数  $K(x)$ \*\* が慣用され、しかも計算結果は  $K(x)$  に大きく支配される。この  $K(x)$  分布は周知のとおり従来から 1 次分布として取扱われたが<sup>2)</sup>、L.A. Palmer, J.B. Thompson 両氏は広義に指数分布とし<sup>3)</sup>、猪瀬、安部両氏もこれを参考にしている<sup>4)</sup>。猪瀬、安部両氏が杭地上部の変位から  $K(x)$  を推定している以外は実験的な研究がほとんど報告されていない。そこで橋梁下部構造の耐震性究明のための基礎的研究として本実験を行つたわけである。

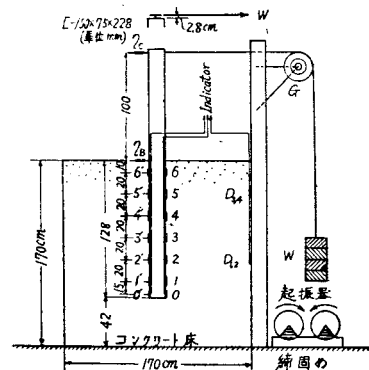
#### 2. 実験装置

(1) 装置一般 図-1 の砂槽 (170×170×85 cm<sup>3</sup>) に模型橋脚として溝型鋼 (150×75×228mm<sup>3</sup>) をたて、その外面に小型土圧計 14 個 (0~6, 0'~6')

Wire strain gage 12 個、砂槽内面に土圧計に対する Dummy gage 4 個 ( $D_{1,2}, D_{3,4}$ )、砂表面及び載荷点に Dial gage 2 個 ( $\eta_B, \eta_C$ ) を設置した。測定には SM-2 D Indicator, 12 点 Balanser (共和無線研究所製)、砂の締固めには起振器を使用した。なお載荷点は振れの影響を少なくするため、図-1 に示すとおり溝型鋼長辺外面より 2.8 cm 外方にとつた<sup>5)</sup>。本実験装置の概略は R.J. Wilkins 氏の実験<sup>6)</sup> に土圧計を加えた装置に相当する。

(2) 土圧計 図-2(1) に示すとおり土圧計①は Wire strain gage (共和無線, Bakelite gage KB-9; G.L.=4 mm, G.R.=120  $\Omega$ , G.F.=1.67) を利用したもので、支持皿②で溝型鋼③に固定し、接点④で 1 点支持

図-1 実験装置見取図



\* 京都大学助教授、工学部土木工学教室

\*\* Otto Stötzner 氏が上下方向を地盤係数 (Bettungsziffer), 水平方向を基礎係数 (Baugrundziffer) と区別したによる (参考文献<sup>2)</sup> S. 84)。