

# 欧州のプレストレスト コンクリート

副会長 坂 静 雄



昨年5月5～10日、ベルリンで FIP 第3回大会が開催され、筆者もこれに参加することができた。世界各国の参加者約 1200 名におよび、学術講演、見学会、展示会、型のごとく、有意義に終わった。学術的方面の内容については、

PC 既成材の生産、組立構造

セメント・コンクリート (昭 33.10 参照)

PC バリのせん断破壊強さ

建築雑誌 (昭 33.11 参照)

グラウト注入と磨擦等

材料試験 (投稿中)

に、それぞれ FIP 第3回大会からとの副題をつけて報告してあるから、これらを参照されたい。いずれも FIP 第3回大会の I～III 部会の主要論文の内容を各部会ごとに紹介したものである。

筆者はベルリンにおける FIP 企画の PC 建造物の 1 日の見学会後なお若干の PC 建築物をあさり、ついで、Düsseldorf, Frankfurt a. M., Brussels, London, Stu-

ttgart, München, Zürich を歴訪し、その間、Polensky

& Zöllner 社, Philip Holzmann 社, Dyckerhoff & Widmann 社, Siemens Bauunion 社, Cement and Concrete Inst., Bureau B.B.R. 社, Prof. A. Mehmel Prof. K. Klöppel, Prof. F. Leonhardt. Dr. Ing. K. Billig, Rrof. K. Kammüller, Dipl. Ing. M. Roß 各氏等のご好意により、全旅行期間 7 週間の短時日にもかかわらず、きわめて能率的に各地の PC 建造物を見学することができた。ただ旅行の大部分は西独地区に限られていたので本文も欧州における、というよりも西独におけるとした方が適切である。

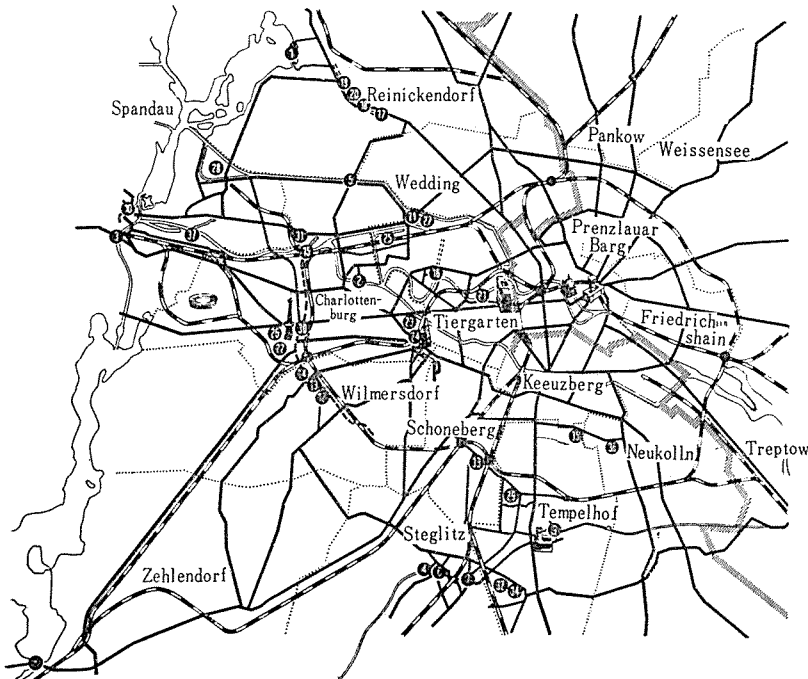
ドイツにおける緊張材の定着方法は従来ほとんど出つくした形で、筆者がかって「総合請負業者とプレストレスト コンクリート事業」と題し大阪建設業協会会報 85 号 (昭. 31.3) に紹介した以外、目新しいものは少い。P.Z 方法でオーバル線二重定着の緊張力 125t までのもの

のできたこと、Dywidag 方法で鐘形定着板が新たに登場したこと、Holzmann 社が在来型のほかに H.G. 型式と呼ぶ鋼管の一部をダ円形につぶしたものの中にオーバル線材をモルタル定着した緊張端を使用しはじめた三点が筆者としては目新しく感じた。ソ連のプレテンション方法による規格材の量産はロングライン方法でなく、台に設けた突起間に 1 連の線材を絡み付けてゆく新しい方法であるが、これは昨年サンフランシスコ会議にも紹介され、樋口芳朗氏がセメント・コンクリート誌の 33 年 6 月号に記載されているので大要がわかる。

ドイツにおけるプレストレスト コンクリートの応用の主流は、やはり橋梁にある。第 1 図は西ベルリンの PC 建造物 37 件の分布を表わし、約半数が橋梁、約 10 件が建築物、残りは雑種建造物である。

ドイツにおける PC 橋梁を通覧すると

第 1 図



現場打ちポストテンション方法が圧倒的に多い。既成桁を並べるやり方は Essen 駅構内の高架線で 1 カ所見ただけで、ドイツではこのやり方は、きわめてめずらしいといていた。また連続バリが多いこと、斜橋や曲線状平面をもつ橋梁が自由自在に使われている。橋梁の計画に当っては、いかにして自動車のスピードを落とすことなく渡れるかということを一に考えていると思う。これに比べると、本邦の橋梁はどうしたら架けやすい橋梁ができるか、ということを一目標にしているのではないかと思われ、外観からいってもどうも妙味がない。

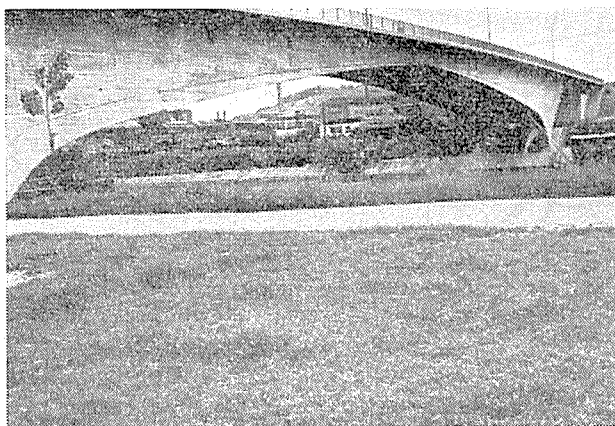
建築物への応用は部分的には相当普及しているが、世界各国の例にもれず橋梁ほどではない。床または屋根バリだけに PC バリを使用する例が多く、しかも現場打ちポストテンションである。2 ヒンジ式または 3 ヒンジ式ラーメンでは、柱にもプレストレスを入れているが、事務所建築などでは柱は普通鉄筋コンクリートである。

ドイツにおいて現場打ちコンクリートにポストテンションを入れる方法が橋梁でも建築でも圧倒的に多いことは、アメリカほど仮ワック費が高くない理由もあると思うが、一面ドイツの PC は総合請負業者がやっているの、現場作業は離れている点を見逃し得ない。筆者の見聞したところでは PC 専門者はドイツにはいない。

### 各種構造物例

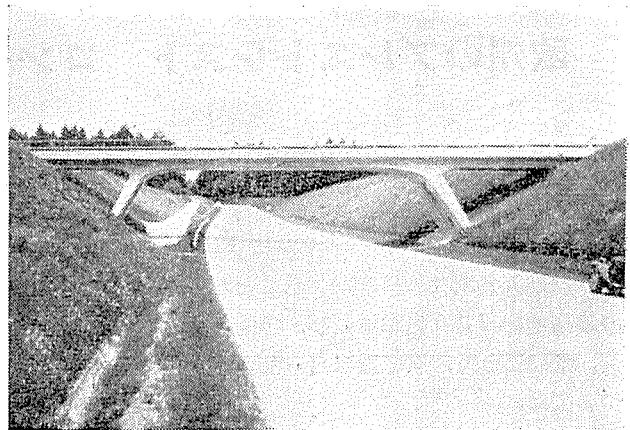
第 2 図は Heilbronne の Necker 運河港橋梁で 1950 年 Wayss & Freifag の施工になる。3 ヒンジ式アーチ橋で、中央張間 107.8 m、橋幅 14.5 m で有名な橋の一つである。断面はダブルボックス、緊張材は 26 本の素線からなる  $\phi 38 \text{ mm}$  72 t 引のものを U 字形に納めて定着している。詳細は B.u. St. Ht. 12. 1950 年、同 Ht. 2 1951 年に紹介されている。写真に見える窓のようなもの

第 2 図



プレストレス コンクリート Vol. 1, No. 1.

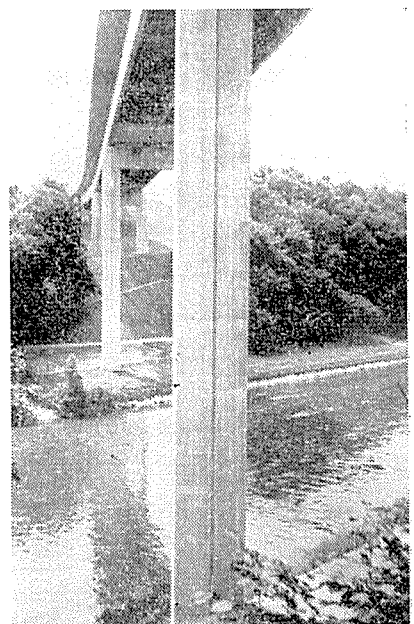
第 3 図



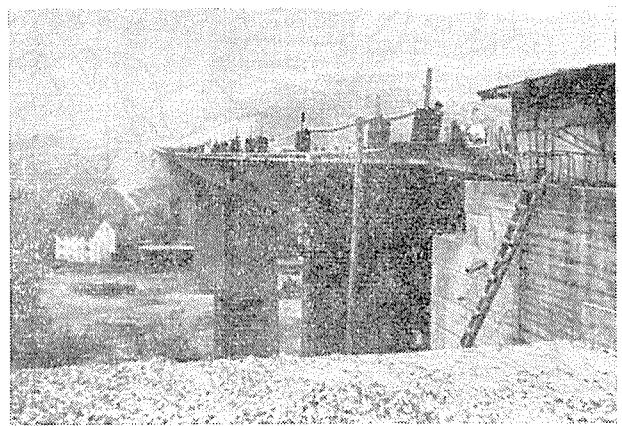
はボックス内部の換気孔である。

第 3 図は、Zürich 付近、スイス連邦鉄道の Stigli 橋で BBR 方法で施工されている。この形の橋梁はドイツでも、しばしば見られる。第 4 図はスイス Schaffhausen 付近の Weinland 橋で、これも BBR 方式である。4 径間連続バリ全長 270 m、最大径間は 80 m、水面からの最大高さは 40 m、橋幅 16 m、構造成 2 m、昨年 5 月中旬開通したばかりの美しい橋である。橋のた

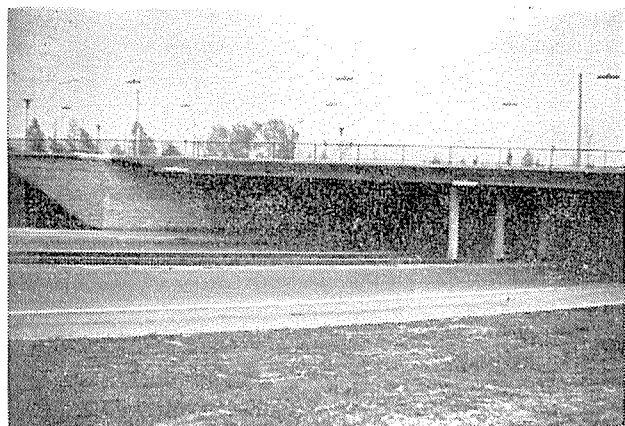
第 4 図



第 5 図



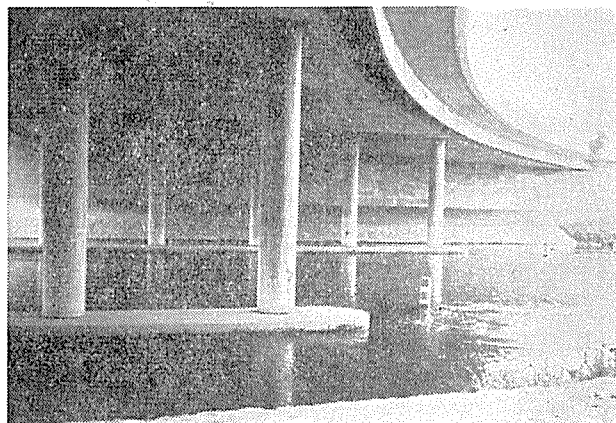
第 6 図



もとは曲線状に曲っていて、道路から自然に橋に乗り入れられる。第 5 図はドイツ Wuppeltal 橋で、鋼板箱形 (V 字形) と、コンクリート スラブとの合成桁で、スラブの幅方向にプレストレスが入られている。前の Weinland 橋もこの橋も旧橋は谷に降りたところにかかっている。台地から台地へ直接連絡しているところに交通とよく適合することが認められる。第 6 図は Köln 付近, Ruhr 高速道路にかかる Bettenkind 橋で, Polensky & Zöllner 社の施工になる。2 径間の斜橋で, 鋭角の部分は, およそ  $60^\circ$  になっている。第 7 図は Heilbronn の Necker 本流にかかっている橋梁で, 斜橋というか曲線橋というか, 上流側の橋へりは S 字状, 下流側は C 字形, 自由自在な橋幅によって交通を阻害しないように工夫されている。案内者なしに国祭日の暇つぶしに見たので構造の詳細は不明である。

口絵写真 A は Hohensyburg-Hagen 間にある Hohensyburg 橋で, Polensky & Zöllner 社の施工で, この付近の道路は の 字に曲っていて, この橋は, ちょうど の 字の上のところを下の道路を越すようになって

第 7 図



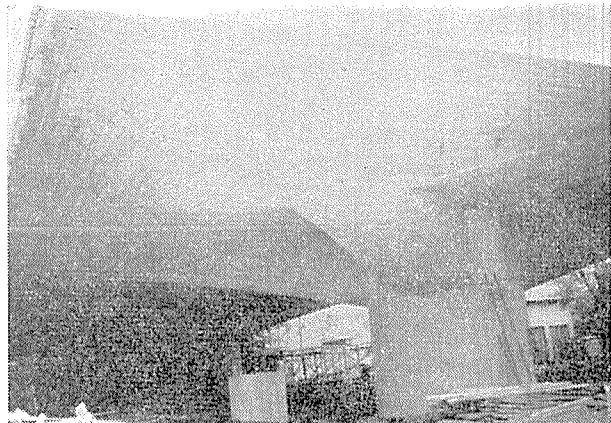
第 8 図



る。それで強い曲線状橋軸をもち, その曲率半径約  $36\text{ m}$ , 両端での方向変化は約  $90^\circ$  である。橋の全長は橋軸で  $52\text{ m}$ , 3 径間 ( $16.8 + 17.9 + 16.8\text{ m}$ ) 連続バリで, 橋幅  $15.5\text{ m}$ , 内車道  $8.5\text{ m}$ , スラブの構造成は  $65\text{ cm}$  である。もここにレンガ造のバイアダクトがあり, 戦災を受けた。くわしいことは B.u.St.Ht. 9. 1956 を見られたい。口絵写真 B も P.Z 社の施工で Köln-Mühlheim 間アウトバーン接続路にかかる歩道橋である。全長  $70\text{ m}$ , 全体が曲線状になっている。くわしいことは Bautech. Ht. 5. 1958 を見られたい。

第 8 図は Dyckerhoff & Widmann 社の設計施工になる Baden の Oostalbrücke で, 全長  $420\text{ m}$ , その間, わづか  $10\text{ m}$  位の小川を越すだけであるから高架道路と呼びたいものである。径間は  $23\sim 29\text{ m}$ , 平均  $25\text{ m}$  といったところ, 径間おきにまず架設し, あとから中間を埋め, プレストレスで接続する。クリープおよび収縮の影響を, なるべく避けようとする試みである。固定橋脚は中央 2 カ所だけで, あとは  $420\text{ m}$  にわたるプレストレスを導入したとき, 上端構造が移動しうようになって

第 9 図



第 10 図



いる。1957年5月着工，10月第1橋を架設し，筆者の見学した1958年5月末およそ80%の行程で，9月には完成の予定といていたから，すでに開通していることと思う。第9図も Dyckerhoff & Widmann 社の設計施工になるもので Ludwigshafen のライン橋への連絡高架道路である。この構造形式は橋梁としてはおそらく前例がない。一つの単位は最大  $30 \times 30$  m の床版面をもつもので，この中心に1本の円柱状橋脚がある。橋脚から床版の四隅に向って約10mの腕が4本出ている，腕の先に四角錐形のシェルをのせている。キノコ形シェル4コを1本の柱で支えた形である。橋脚数は27コ間隔は30mであるが，3コ単位ごとにプレストレスを導入し，間はエクspansion ジョイントとして残す。3単位90mをプレストレスするため，1コの橋脚以外はやはり水平移動が可能ないようにローラーを入れて支持されている。橋幅は場所によって異なる。それはこの構造の両端部が，それぞれ2路線に分かれるため，中央部幅24mを最小とし，端部幅30mが最大である。

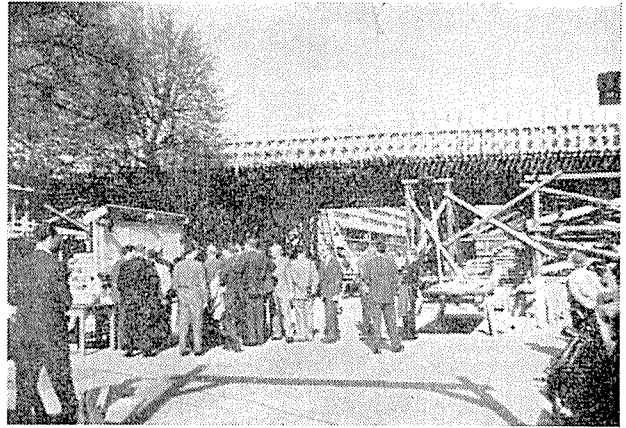
Dyckerhoff & Widmann 社の特許工法 Freivorbau

第 11 図



プレストレスト コンクリート Vol. 1, No. 1.

第 12 図

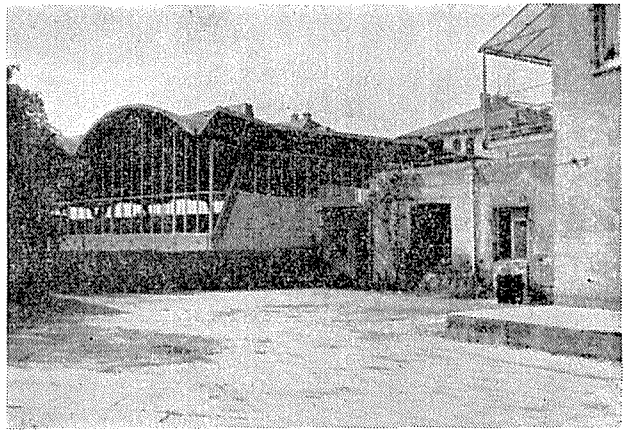


による橋梁として Worms の Nibelungen 橋と工事中の Berlin. Nordbogenbrück を見たが，本工法は現在わが国に導入されていて周知のことと思うから割愛する。

次に建築物の実例をあげる。口絵写真Cは Berlin の陳列館 XII で，床面は  $150 \times 50$  m，壁外につき出しているのが2ヒンジ式ラーメンの柱でラーメン間隔12.5m，径間約53m，高さ19.2m，桁の構造成は約3m位ある。プレストレスはフレシネー方法で入れている。同規模の単層単径間の構造物は Hamburg の陳列館 D（径間50m，3ヒンジラーメン），Ulm の会館がある。またPC建築のトラス，ハリ張間約60mを使用した Berlin のドイツランド館（体育館）は建築物として最大級の径間であろう。

高層家屋に眼を転ずると第10図に示す Berlin Zoo 地区の16階建事務所建築がある。これは3階床以上の各床バリアがPCで，中央径間約10m，両側にはね出し2.5mずつがあり，ハリ成は55cmである。この付近にある Allianz 保険会社の建物は14階建てで床バリア（径間  $8.5 + 5.5$  m，最上階14m）だけがPCである。第

第 13 図

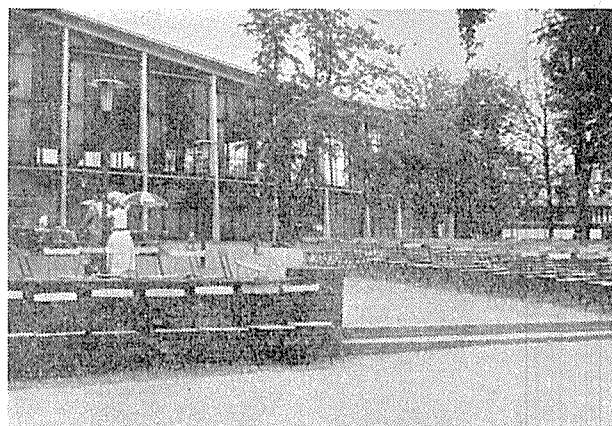


11 図は München の Siemens Halschke 会社の中央研究所の建物で、8階建 16.62 m の単径間高層ラーメンでできている。ラーメン間隔は 3.50 m、柱は普通鉄筋コンクリートであるが、床版と一体に現場打ちされた床バりにプレストレスを入れた最初の例と思う。Siemens Bauunion の施工である。第 12 図は橋梁のように見えるが、建築物の下部構造といたら適切である。第 13 図の事務所建築のすぐそばは目下工事中の Schimmelfeng Haus という高層建築で、Kant 街という幅員約 22 m の主要道路にまたがって建築されている。橋脚のように見える建築物受けは径間約 24 m、両側になお 5.5 m のはね出しがあり、幅 14.25 m のボックス ガーダーになっていて、Philipp Holzmann 方法で合計 8400 t のプレストレスが入れている。この上にある建築物は 8階建、受けの上になお 30 m ほど突出し 5400 t の重量という。建物は中廊下形 3 径間ラーメンで全径間 14.25 m これはおそらく鉄筋コンクリートであろう。面白いのは妻が耐風構になっていて、これが橋梁様受け台の突出しの先端にのっていて、水平荷重が作用すると受けにねじりモーメントを生ずる。ボックス桁が使用されているのは、そのためである。

第 13 図は Darmstadt 工科大学の水理工学研究所の PC シャーレである。径間 25 m、桁行 7×10 m、並列トンネル シャーレで内部の谷には縁バリはない。妻壁は端部から 3 m 入ったところに屋根の上側についている。シャーレのライズは 1.49 m で、曲面内に Dyckerhoff & Widmann 方法の緊張材 15φ15 mm が入っていて合計 187 t の緊張力となっている。詳細は Bauing. Ht. 2. 1957 を参照されたい。シャーレにプレストレスを入れる場合の解析には、今日まだ納得のいくものがない。しかし実際には数多くの PC シャーレが作られている。

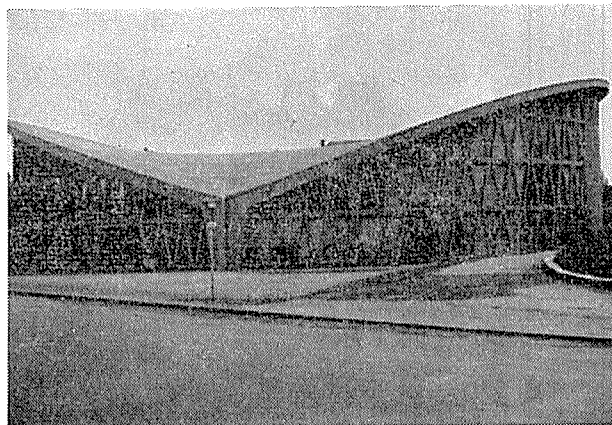
口絵写真 D および第 13~17 図は釣幕屋根構造を示す。口絵写真 D は Berlin の国際会議会館で、1957 年 Berlin の Interbau の一建築として米国資本により建てられたものである。建築士もエンジニアも米人である。屋根は中央の下ったパラボラを最低点から 82.8 m 上った水平軸のまわりに回転してできる曲面を、周囲に見える二つのアーチで切ったもの。アーチ足元の径間 78 m アーチ中央の開き 61 m である。集会室は屋根の一部の下にあり、集会室の外壁は幕面に届いている。外壁上には厚さ 40 cm、幅 2.0~5.4~8.2 m (変幅) のリングがあり、アーチ中央を結ぶ方向に 25 t 緊張材が 85 cm 間

第 14 図

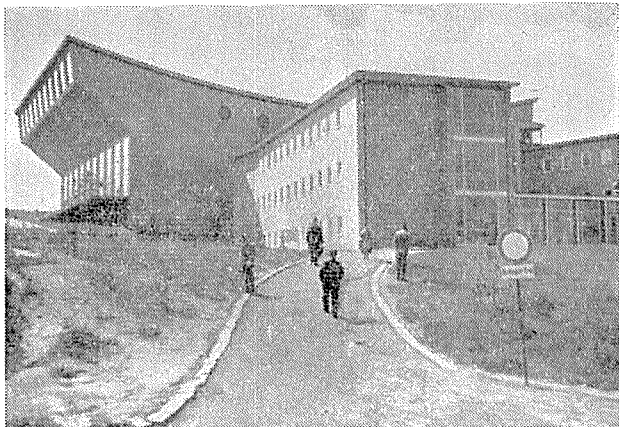


に入っている。リングとアーチの間にも同方向の緊張材が入れている。曲面の回転軸に平行な方向は単に普通鉄筋の補助筋が配置されているだけで、屋根荷重を支持する計算には入っていない。この大きな屋根も足場の上で現場打ちしてプレストレスを入れたものである。この集会室の正面は向う側のアーチ足元の方面にあり、この種の屋根をもつ他の集会室とは 90° 異なっている。第 14 図は Karlsruhe の Schwarzwaldhalle で平面は地盤上で 73.6×48.6 m の小判型である。この建物は計画の当初 Rauleigh (米) のアリーナのような釣屋根であったが、Dyckerhoff & Widmann の意見によって PC 幕屋根となったものである。第 15 図は Köln の付近 Knapsack にある Griesheim A.G. というカーバイド工場の社内施設として作られた集会室で、外壁はプレキャスト コンクリート、屋根は Schwarzwaldhalle と類似の形状の PC 幕屋根で Beton u. Monierbau の施工である。この屋根は既成コンクリート板の継目に緊張材を配置して、コンクリート板からなる屋根にプレストレスを導入したものである。集会室は前述のプレキャスト コンク

第 15 図



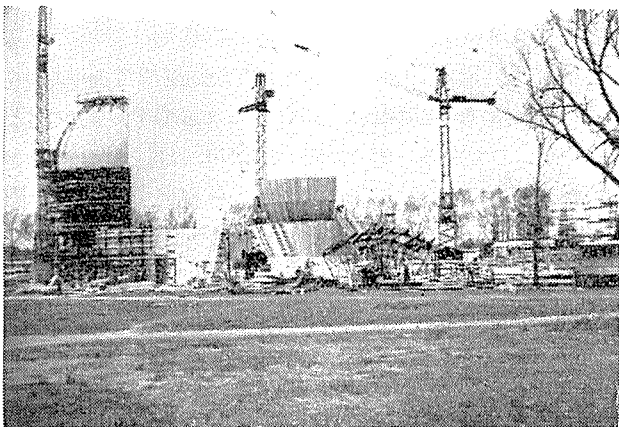
第 16 図



リートからなる外壁から離れた内側に独自の隔壁をもち、その壁は釣幕屋根とは絶縁されている。くわしくは B.u.St.Ht. 8. 1957 に述べられている。

第 16 図は Wuppeltal の市立屋内水泳場で、65×40 m の単曲面の釣幕屋根がかかっている。単曲面であることと、普面鋼 St 37 の  $\phi 24$  mm、間隔 20~24 cm で釣っていることが珍しい。 $\phi 24$  mm はパイプの中に入れ、

第 17 図



軽量コンクリート厚さ 6 cm の中に埋設され、屋根全体で 640 t の緊張力で軽量コンクリートを締め付けている。冬期は温水プールとなるから内外からの屋根の防水は厳重で、緊張材もパイプとのすき間にビチューメンをつめて保護してある。主緊張力は、もちろんカーブに添って長さ 65 m の方向に入れられ、これを受けるのは階段席下の斜の受けバリを利用しているが、一部の反力は円窓の見える壁でも受けられている。40 m 方向は直線状でこれにも弱いプレストレスが入っているが、補助的で反転等の変形を防ぐ程度のものである。詳細は Bauing. Ht. 9. 1957 に紹介されている。このほかに単曲面の PC 幕屋根は Memmingen の格納庫に使われていて、これは既成コンクリートをケーブルの上に乗せ、足場なしに PC 幕屋根としたもので、1958 年 5 月頃に完成したはずである。実物は見ていない。またこの方法を発展させて Dyckerhoff & Widmann 社ではトルコのダーダネルス海峡に径間 600 m の PC 橋の計画をたてていた。

第 17 図に特殊構造物の一例として Berlin-Spandau の浄化装置の腐敗槽工事現場を示す。腐敗槽は容積 6 600 m<sup>3</sup>、最大直径 21.55 m、高さ 37 m で、同形のもが 8 コ建設されている。壁厚は上部 25 cm、中央部 37 cm、下部 60 cm で、建設は縦に 6 コのセグメントに分けて、だんだんに横にセグメントをつぎ足し、閉形槽とするものである。Dyckerhoff & Widmann 社の施工で、ちょうど橋梁における会社の特許 Freivorbau と同じく、鋼棒緊張材と継手を活用して延長してゆく方法と組合わさって、この施工が可能となったものである。写真左側の槽体は 1 コのセグメントが建ち上がったところである。この種のトックリ形腐敗槽はドイツでは Frankfurt a.M. その他にもある。

(筆者：工博 京都大学教授，工学部建築工学教室)

## 見学会の御案内

来る 3 月中旬、本協会主催による見学会を下記要領により開催する予定であります。参加を希望される会員各位は、官製ハガキに住所・氏名・勤務先、等を御明記の上、至急御申込み願います。参加申込者各位には、詳細が決り次第、改めて御通知申し上げます。

見学先：オリエンタル コンクリート KK 多摩工場

見学目的：プレストレス コンクリート桁の耐火性に関する実験、その他。

参加人員：50 名の予定、先着順に締切ります。

申込先：プレストレス コンクリート技術協会

(東京都千代田区丸の内 3-8、三菱仲 6 号館 4 号)

備考：バス 1 台を用意し見学先へ御案内致します (費用は不要)。