

【資 料】

第2回プレストレスト コンクリート国際会議

野 口 功*

1955年8月29日から6日間にわたり、アムステルダムにおいて、S.T.U.V.O.（オランダにおけるPSコンクリートに関する研究団体）の後援のもとに、F.I.P.（Fédération International de la Précontrainte）の第2回会議が開催された。第1回ロンドン会議に引続き非常な盛会でおよそ50カ国から1000人以上の参会者が集まり、議長にはS.T.U.V.O.の会長G.F. Janssonius氏が、副議長にはフランスのFreyssinet氏が当つた。議題は5項目のほかに、追加の2項目が加えられ、それぞれ一般報告者によつて報告されている。

I a : PCの力学的性質におよぼす注入と定着の役割について（一般報告者：Kelupuu, フィンランド）

I b : PC用鋼材の製作と使用に関する実験および問題点について（一般報告者：Bruggeling, オランダ）

II : PC桁の工場生産における進歩およびプレキャスト部品を現場において組立てる方法の進歩について（一般報告者：New, イギリス）

III a : 弾性限界をこえた不静定構造物におけるモーメントの分配について（一般報告者：Guyon, フランス）

III b : プレストレスされた薄い曲面構造の強度および不安定性に関するプラスチックの影響（一般報告者：Levi, イタリア）

追加報告 1 : いろいろな国におけるPCに関する規定の比較分析（一般報告者：Paduart, ベルギー）

2 : いろいろな国におけるPCの経済的有利性（一般報告者：Hill, イギリス）

以下おもな議題についての報告および討論の内容を紹介しよう。

PC鋼線の張力に関して Xercavins が次のような興味ある実験報告を行つているので簡単に紹介する。

この実験はPC鋼線の張力をいろいろにかえて、これが桁の強度にどんな影響を与えるかしらべたものである。実験に用いた桁は高さ23cm、幅14cm、長さ210cmの矩形の単純バリでスパンは180cmであつた。プレストレスは上部に4本、下部に8本のPC鋼線を配置し、

ポストテンション方式によつて緊張し、注入を行つている。試験はコンクリート打ち込み後6カ月目に行われた。PC鋼線およびコンクリートの性質、おもな結果は次のとおりであつた。

PC鋼線：直径5mm、弾性限界148kg/mm²、破断強度152kg/mm²、伸び（33.3mm間）9%
コンクリート：

	材令28日	材令90日
立方体圧縮強度 kg/cm ²	320~389	377~408
曲げ引張強度 "	41~42	52~56

試験結果：

σ_{pe} kg/cm	W_1 t	W_2 t	W_f t	W_o t	W_r t
77	1.00	8.00~9.75	8.00~8.75	6.5	平均 14.9
97	1.00	8.75~10.25	9.50~10.25	7.5	
115	2.00	10.25~12.50	11.25~12.50	8.0~9.0	

ここに P_e : PC鋼線の有効引張応力度

W_1 : 疲労試験における最低荷重

W_2 : " 最高荷重

W_f : 100万回くりかえしの疲労破壊荷重

W_o : 静的キレツ荷重

W_r : 静的破壊荷重

この結果によると、PC鋼線の引張を高くするとキレツ荷重はもちろん、疲労強度も高くなつている。疲労破壊した桁はほとんどPC鋼線の破断によつているが、この場合のPC鋼線の応力変化はいづれも15kg/mm²以上で、これ以下のものに対しては、100万回以上のくり返しを与えてもPC鋼線は破断せず、従つて疲労破壊は起つていない。

フランスの学者達は Xercavins の実験を支持し、PC鋼線はできるだけ高い張力で緊張した方が有利であるから、PC鋼線の張力および予備緊張に関しては制限を設けるべきでないという意見を述べているのに対し、Paduart（ベルギー）、Strycker（ベルギー）、Levi（イタリア）、Bruggeling（オランダ）等のフランス以外の学者は、高張力のもとにおける腐食の危険性、脆性による危険性、疲労に対してはやはり危険であるという意見、緊張作業の管理を容易にするという観点からPC鋼

* 准員 国鉄鉄道技術研究所 コンクリート研究室

線の張力および予備緊張の値に対して、制限を設ける必要のあることを述べて反対している。この意見の相違はそれぞれの国における示方書の上にもあらわれているようである。

Freyssinet はこの問題に関して、PC 鋼線の所要量は、一般に破壊に対する安全率から決められる場合が多く、実際問題として両者の間に考え方の差はあつても、量的には大差のないことを指摘している。

PC 鋼線の疲労 に関し、Levi は多くの実験の結果を発表しているが、応力変化が 10 kg/mm^2 をこえる場合の疲労現象に対しては特に研究の必要があることを報告している。これに対し Bouvy は応力変化が 5 kg/mm^2 以下の場合には、普通の条件のもとでは疲労に対する危険はないと考えている。

relaxation の値に関し、Levi および Canta は、一般的な法則を見出すことができないことを認め、Canta は長時間にわたる試験の必要があることを述べているのに対し、Levi は relaxation は 120 時間で最終値のおよそ半分に達するといつている。

弾性限界をこえた不静定構造物におけるモーメントの再分配 に関する問題は、会議の中でももつとも興味をひいた議題のようであつた。

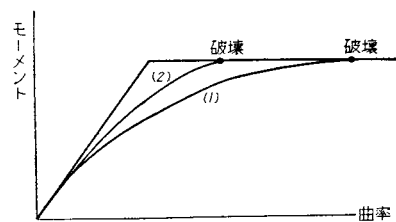
最初に行われた討論は、キレツ発生前にモーメントの分配がおこなうかどうかという問題であり、Magnel は彼の実験の結果から、キレツ荷重は弾性理論で計算した値と 10% 以内の差で一致し、キレツ発生前にモーメントの分配はおこりえないことを主張しているのに対し、Macchi は、キレツに対する安全率はほとんど 2 以下であるから、キレツ荷重が 10% 増せばこれに相当するだけ許容値をあげてしかるべきだと述べている。また Guyon は単純バリの試験において、モーメントと曲率の関係を求めた結果から adaptation (破壊あるいはキレツ発生の場合に、断面間にモーメントの再分配が行われて桁の全体的強度によつて支持する現象、および広義の場合には支持条件が変つて強度が強くなる現象をも指しているようである) は、引張りによる塑性変形によつておこなうのではなく、むしろ弾性的な原因によつておこなうことを報告している (塑性変形によつてはおこらないという点に関しては Magnel と意見を同じくしているが、弾性的な原因によつておこなうという点に関して意見を異にしている)。これは荷重が増加するにつれて支持条件が連続的かつ段階的に変つてきて、前の段階において弾性的状態をこえると次の段階に移り、再び弾性的に作用するということであつて、この場合第二の段階が第一の段階において生じたキレツ (プラスチックな変形の始まる時を指し、Guyon はこれを理論的キレツと称している) の進行を止めるか、あるいは逆にふさぐ方向に向ける場合にはキレツを発生することができない。このことを連続バ

リについていうと、支点の上側、スパン中央の下側が引張りをうけて塑性変形をおこし始めると、圧縮領域においてアーチ作用がおこり、引張り側の塑性変形が進むのを妨げる作用が行われるということである。しかし結局、理論的キレツをとるか、あるいは visible なキレツをもつてキレツの発生とするかという定義が不明確であるかぎり、キレツ発生前の adaptation について議論することは、その間に上述のような状態の変化がおこるので、あまり意味のないことであると述べている。

破壊の際の adaptation に関して、Morice および Lewis によるケーブルの配置をいろいろにかえた 2 径間連続バリの実験; Magnel の 3 径間連続バリの実験; Levi および Macchi による実験が報告されている。Morice および Lewis の実験は、破壊荷重は 5% 程度の誤差でプラスチック ヒンジの理論によく合つていることを報告している。しかし一方 Magnel, Levi および Macchi の実験によると、adaptation が行われる程度はいろいろな条件によつて左右され、プラスチック ヒンジの理論によつて破壊荷重を計算すると過大に評価しすぎるおそれのあることを認めている。

Guyon は Levi および Macchi の実験が非常に詳細なものであることを認め、その意見を支持している。プラスチック ヒンジの簡略化された方法を制限なしに用いることは危険であるが、どのような制限を設けるかは今後の問題として残されている。adaptation が容易に得られるのはそれに必要なモーメントの分配量が少なく、てすむ場合であるが、これに関してモーメントと曲率との関係をもつと正確に知る必要がある。Guyon の行つた実験において、モーメントと曲率との関係をもとめると図-1 の (1) のような型になつている。

図-1



プラスチック ヒンジの理論においては、弾性領域から中間曲線なしに完全な塑性領域に移ることを仮定しているが、実際には図-1 の (1) あるいは (2) のような形をとつている。そして (1) の場合には、adaptation に必要なプラスチックの変形が破壊前におこりうるが、(2) の場合には adaptation が得られるに必要なプラスチックの変形がおこる前に破壊に達してしまうので、完全な adaptation がおこらないことになる。

Guyon の行つた実験において、モーメントと曲率の関係は破壊荷重の 96% まで測定しており、残りの 4%

の中に曲線の勾配がゆるくなつてプラスチックな状態になる可能性が残されているが、Garven が同じような実験を行つて破壊の 99.5% まで観察した結果によつてもやはり (2) のような形をえている。

Guyon はこの曲線の最後の部分に関してもつとくわしい研究を行う必要のあることを述べているが、これに対しては Levi も意見を同じくしている。また Bennett は、Guyon の測定した曲率はある弦長における平均の曲率で局部的にははずと大きな曲率を示し、曲線が図の (1) に近づくことを指摘している。

高張力のもとにおける PC 鋼線の腐食の問題は、実は圧延の際の傷、作業中の傷等によつて PC 鋼線の破断がおこる場合が多く、腐食によつて破断をおこす場合でも PC 鋼線を緊張前に長く空気中にさらしたために、腐食がおこつたという場合が多いようである。従つて“高張力のもとにおける PC 鋼線の腐食”に関してはほとんど明らかでなく、PC 鋼線の使用前の検査を厳重に行い、緊張後は完全な注入を行うことによつて、心配の大部分は解決されるであろうという意見が支配的である。このような関係から注入は桁の破壊強度を増すということよりも、むしろ PC 鋼線を十分に保護するという事に関して興味が集まつている。多くの報告の内容は、セメント混和材料を使用すること、細かい砂を使用すること、砂のかわりに火山灰、ベントナイトを使用すること、 w/c を小さくし free water による害を少なくするために分散剤を用いること、強力なミキサを使用すること、硬化後の water pocket を防ぐために注入孔の位置を適当に選ぶこと等であつたが、特に寒冷地方においてはモルタルの凍結に対して苦心しているようである。S.T.U.V.O. の委員会の報告の中に、数%のアルコールを使用することにより、硬化がおそく強度もいくぶん低くなるが、凍結に対してはよい結果をえたという例がのせられている。

プレキャスト製品に関する報告 はほとんど PC 鋼線とコンクリートとの付着によつて、プレストレスを導入する方法による、いわゆるプレテンション方式であるが、ソ連の報告によると PC 鋼線に張力を与えたまま、特殊な機械によつてコンクリートのまわりにまきつけるといふ工法、すなわち圧力管を作るときのようない工法も行われている。

最近プレキャストの分野が急速に発展して、年間の世界の生産高は、床版類 100 万 m^2 、桁、柱、マクラ木、かんがい用樋、管等 100 万 m にも達しており今後ともこの分野における発展は非常に期待されている。

プレキャスト製品と並んで、別々に製作されたエレメントを現場において、プレストレスを与えて組立てる工法、およびプレストレスされたエレメントと現場打ちのプレストレスされないエレメントとを合成する合成 PC 桁と称せられる工法も、世界の各国で盛んに行われているようである。

Paduart がいろいろの国における PS コンクリートの示方書あるいは示方書案の比較を行つて報告しているが、それによると本質的な考え方においては各国とも大差はなく (先に述べた PC 鋼線の許容引張り応力を決めるべきかどうかという問題のような例外はあるが)、定義、許容値等の間に相違がみられるようであるが、この中には各国における特殊条件も含まれている。そして最後に、Paduart は F.I.P. が initiative をとつて示方書の世界的統一にもつてゆくべきことを結論している。

本資料は主として、La Technique Moderne Construction 1955 年 Novembre, Décembre, 1956 年 Janvier および Travaux 1955 年 Novembre より抄録したものであるが、詳細な実験報告等に関しては、極東鋼弦コンクリートの猪股氏、および本会議に出席された関東地方建設局の中野氏に御教示いただいたので、両氏に対しここに厚く感謝の意を表する次第である。

学会備付図書 (国内) 一覧 (15)

I. 昭. 31. 9. ~ 10. 間に寄贈を受けた分

○土木学会西部支部 昭 31 年度 夏期講習会講演テキスト 昭. 31. 8. 24~25 ○鋼棒使用 P C 設計施工指針 (案) (昭. 31. 5.) : 日本材料試験協会・構造用高張力圧延鋼材研究委員会・P C 用高張力鋼棒研究小委員会
○同解説 (1) : 同 ○コンクリートパンフレット 48 遠心力鉄筋コンクリートクイ : 綾 亀一・中田重夫 (日本セメント技術協会) ○同 49 空港 : 早川 精・鶴見尚達 (同) ○同 50 コンクリート・マニュアル (技萃)

: 工博 近藤泰夫訳 (同) ○新河川工法 : 工博 橋本規明 (森北出版) ○電源開発と超高圧送電 (天龍川水系総合開発協力会) ○丸山発電所工事誌 土木編 (関西電力) ○同 竣功図譜 (同) ○ワトキンス調査団名古屋・神戸 高速道路調査報告書 : 建設省道路局訳
○米国有料道路事情 第 4 版 (1955. 10) 米石油工業委員会編纂 : 日本道路公団訳 ○新編 農業水利造構学 : 牧 隆泰 (丸善) ○日本建築学会 70 年略史

II. 昭. 31. 9. ~ 10. 間に購入した分 なし

付記 学会備付図書 (国内) 一覧 (13) (14) は本号 p. 49 に掲載。