

第 VII 回 FIP 国際会議報告

猪 股 俊 司*

第 7 回 FIP 国際会議は本年 5 月 25 日～31 日にわたって、ニューヨーク ヒルトンホテルを会場として開催され、千数百人の参加者をむかえ非常に盛大であった。

例によって開会式においてはフレッシュメタルの授与および閉会式における FIP メタルの授与が、それぞれ行われた。今回のメタル受賞者は次のようである。

フレッシュメタル受賞者

F. Leonhardt (ドイツ)

T.Y. Lin (アメリカ)

V.V. Mikhailov (ソ連)

FIP メタル受賞者

A. Anderson (アメリカ)

S. Inomata (日本)

D.J. Lee (イギリス)

その他閉会式においては名誉会員の推挙があり、Prof. Harris (イギリス)、および Prof. J. Klimes (チェコ) の 2 名が名誉会員となった。

なお、第 8 回 FIP 国際会議 (1978 年 ロンドン) までの 4 年間の新 FIP 会長および副会長は次のように決定された。

会 長 B.G. Gerwick, Jr. (アメリカ バークレー教授)

副会長 R. Lacroix (フランス フランス土木大学校教授)

各 FIP 委員会報告、橋梁、建築物、原子力発電所、等に関する PC 応用のシンポジウム、大量生産セッション、その他個人論文発表の各部会、等非常に多くの会場に別れての会議であり、同時に数か所で開催されているような状況でとても全部に出席できるものではなかった。

FIP 国際会議が盛大になればなるほど、このような傾向は避けられないものと思われる。

以下開会式におけるレオンハルト教授の Key-note Address はこれからの PC に関する設計方法の基本的態度を明らかとし、さらに将来の PC 応用分野の拡大につ

* 工博 株式会社日本構造橋梁研究所 副社長

いて論じたもので、非常に感銘深いものがあったので、この要旨を紹介する。

またその他、特に興味があり将来に対して多くの示唆を含んだ事項の要旨を報告する。

1. レオンハルト教授基調演説

プレストレスト コンクリートは、過去数年にわたって多くの技術者の夢を実現させてきたが、これはさらに将来にわたっても続けられることであろう。フレッシュメタルの高強度鋼材を用いるという基本的考えは革命的であり、非常に多くの構造物に使用され、プレストレッシング緊張材は 1000 t、ときには 10000 t の緊張力を与えることのできるものまで開発された。同時に定着具、カップラー、グラウト、等に関する改善とともに、多くの研究が実施され、これらをもととして、FIP-CEB 規準が 1970 年に造られた。このような革命的発展の時代は終了し、次に今や最適化を進める時代に入った。すなわち、技術的にかつ経済的に最良のシステムおよび方法を選定することである。

フレッシュメタルの基本的には引張応力度をコンクリートに生じさせないという考え方は、かならずしも適当なものとはいえないのである。温度変化などによる 2 次的作用による引張応力度の発生は避けることができないものであって、これによりひびわれ発生も時には認められている。したがって、まったく引張応力度を生じないようにするには 3 方向にプレストレストを与える必要があるが、これは実際には不要なことであり、かつまた経済的でもない。

これに対して使用状態において引張応力度を許容する PC がフィンスターワルデルによって提案され、ドイツではすでに、1951 年に採用された。その後 1970 年の FIP-CEB 規準では、I、II、III 種の PC に分類しており、III 種はひびわれの発生を許容するもので、ひびわれ幅は当然制限される必要があり、普通鉄筋も同時に配置される。これらの種別は品質の程度を表わすものではない。多くの場合、例えば橋で I 種 PC とすると、非常

に多くのダクトが配置されるため、有効コンクリート断面は著しく減少される。また与えられる圧縮応力度も非常に大きく、ためにコンクリートクリープによる変形は過大となるため橋の使用性能を害する結果となることもある。例えば20年を経過した橋でクリープによるキャンバーが過大となって橋としての使用性能を著しく失なったものもある。

以上のような欠点を避けるためプレストレスの値を小さくし、使用性能を改善する一方、構造物安全度は鉄筋を併用することで確保されるようにする。この付加鉄筋は永久荷重作用時のクリープ変形を減少させるのに役立つと同時に、クラックコントロールに役立つものである。

環境状況による、特に温度変化による2次引張応力度はコンクリートの引張強度をこえるほど、大きいものとなりうるものである。このようなときにひびわれ発生があると当然この2次応力度は著しく減少させられるものである。一般に微細なひびわれは環境状況によってはPC部材に対しても使用荷重作用時には許されるものである。よってプレストレスの程度を変えて最も不利な使用荷重作用時にはひびわれ発生を許し、永久荷重のみの作用時には、ひびわれが閉ざされているようにすることができる。クラックコントロールは、プレストレスによるよりは、コンクリート表面に近く50~100mm間隔の鉄筋メッシュを配置することによる方が便利である。将来はある程度までのねじりによるせん断応力度に対する鉄筋はこのメッシュ配置によって不要になるであろう。

以上のようにメッシュを表面近く配置することにより、使用状態でのクラックコントロールは十分可能であって、ひびわれ幅の制限を規定することで、コンクリートに作用する引張応力度の制限を規定する必要はなくなる。このコンクリートの引張応力度の制限にあたって、環境による温度応力などの2次作用は考慮されておらないので、コンクリート引張応力度を制限することはあまり意味はないこととなる。

次の問題は、コンクリートクリープによる変形をなるべく小さくすることであり、鉄筋配置によってこれは可能である。したがって、フルプレストレスはなるべく避けるのがよいこととなる。

将来の規準として提案することは、第1はPCに関する分類を廃止すること、第2は良好な使用性能を確保できるようにするための規準を確立することにある。すなわち、水に接する構造物に対しては、引張応力度はおこらず、したがって使用時にひびわれは発生しないようにする。また環境状況に応じて、ひびわれ幅を使用状態での

の荷重および温度影響を考慮して許容するものである。これには鉄筋をひずみに応じて配置しひびわれ幅を制限するのに役立つ。全設計荷重と永久荷重との比は実際の構造物について測定された結果から統計的に定められる必要がある。橋については予期される耐用期間中の数百万回の載荷について考慮される必要がある。

建築物に関しては死荷重の100%または80%のときに引張応力がおこらないようにすれば十分であろう。プレストレスは、この場合変形を制限することと使用性能を向上させるためにのみ与えられればよい。

以上の提案は構造物のよりよき使用性能を目的とするとともに経済性をも改善することとなるものである。

PCの将来の発展として、第1はマッシブな構造物に対するプレストレスの応用である。このような構造物では非常に太い鉄筋が用いられるが、不幸にしてこのように太い鉄筋を多層にわたって配置した場合、ひびわれによる構造物の欠陥が認められている。したがってわずかの量のプレストレスを与えて、ひびわれの開口を防止するのが適当である。この種構造物としてドイツにおける原子力発電所および水力発電所の基礎スラブの例がある。非常にマッシブな基礎にプレストレスを与えることで伸縮目地を設ける必要がなくなる。このように伸縮目地なしの基礎は大きい安全度を構造物に与えることになる。

第2のPC応用分野は橋である。ヨーロッパでは橋はほとんどPCであり、ドイツで建設される橋の90%はPCで建設されている。400mスパンのPC橋は可能である。片持ばり架設、移動支保工架設方法が普通のスパンの場合に広く用いられている。

ドイツでは40~120mスパンまでの橋について押し出し架設方法が非常に経済的な架設方法となっている。

将来の可能な大スパン橋としては斜張橋である。斜張橋は古典的な吊橋に比較して耐風性が改良される。これは系としてのダンピングが大きいからである。400~500mスパンまでは鋼吊橋より経済的である。また構造的に困難はない。

各国で高速鉄道が例えば日本の東海道新幹線のようなものが必要となってきている。このような高速鉄道では各種の動的な影響を考慮して剛性の大きい橋が必要となる。

250mスパン程度までならば十分に必要な剛性を有する斜張橋を架設することは可能である。もちろんこの場合吊ケーブルは疲労強度の大きいものが必要となる。

最も重要な将来のPC応用分野として、海洋構造物、海洋原子力発電所、浮空港、ガスタンク、さらには外洋用の船、等である。PCはこれらの構造物に適したかつ

また最も経済的な材料である。

最も有名なものは北洋に造られたエコフィスク油タンクである。確かにPCは海洋構造物に最適かつ耐久性のある材料であるが、さらにエポキシ等の樹脂材料との組合せでその品質はさらに改善されるであろう。

表面近くに鉄筋メッシュを配置したPCは、極端な低温と同時に高温に対してもダクタイルな材料である。したがって、LNGタンクから、高温のガス用タンクまでPCによって建設可能となる。

FIPは1972年海洋構造物に関するシンポジウムをデビリッシー(ソ連)で開催し、すでに設計指針を完成した。将来は100~200m水深の箇所にもPCの構造物が造られるようになるであろう。

さらにタンカーのような船もPCによって造られるであろう。イギリスではすでに多くの造船技術者がこの方面に注目している。

最後にPCの技術の発展の将来はそのとどまる所を知らないであろうが、すべてのわれわれの構造物は美しくあって人類の幸福のために役立つものでなければならぬことを強調した。

2. 橋 梁

(1) PC橋に関する新しい概念と設計 (T.Y. Lin)

橋梁架設法がしばしば橋の計画と設計とに決定的要素となりうることを強調している。製作プラントおよび取扱設備が利用可能であるかどうかによってプレキャスト部材の形状および方法が決定され、PC橋に対する新しい設計が生まれるものである。

製造設備および取扱設備の経済性はスパンの数とスパン長とを考慮に入れて決定される必要がある。スパン数の多い場合には大きい部材とすることがより有利となる。その理由は大きい設備、運搬労力および資材などの当初の投資をカバーすることができるからである。

短スパンに対しては、プレテンションおよびポストテンションの組合せを用いたプレキャスト部材の利用が数が多いならば特に有利になるものとして発展している。

中程度スパンに対しては、各種の長さおよび曲率を有する数少ないスパンに対しては自由に適応できるようにするにはワッフル形式のプレキャスト構造が適当である。Costa Ricaのプレキャスト吊橋は、1径間に対する小さいプレキャスト部材の使用の例である。自定式の多径間吊橋の例が材料が最も少なくてよい例となっている。

長大径間に対しては現場打ち片持ばり施工が最も経済的な解法であり、また斜張橋も有利である。

(2) 片持ばり施工に関する新しい工法 (D.J. Lee)

現場打ちコンクリートによる片持ばり施工法はすでに広く確立された技術である。コンクリート強度およびひずみ挙動に関しては、現場打ち工法を確実に施工可能ならしめるに必要なだけの知識は十分にえられている。

現場打ち工法において、コンクリート打ち後できるだけ短期間に載荷できるようにすることが、施工ネットワークのクリティカルパスとなっている。したがってこの養生期間を短縮することに努力をはらっている。この養生期間は累加されるものであるから、工期短縮および経済性の上からは非常に重要なこととなる。早強セメントによる急速に強度の発揮できるコンクリートの利用が考えられるが、より有効なものとして現場で利用される前に完全に硬化したプレキャスト部材の使用に注目されるようになってきた。

例えばステージング上にプレキャスト部材をならべる工法において、各径間を順次一時的にプレストレッシングすることによって、部材をさらに先方に運搬するために架設用機械を支持できるようにできる。各段階の施工終了ごとに仮締め用PC緊張材を解放し、片持ばりのみならず各径間全般にわたってのPC緊張材をそう入する。この施工法は非常にスムーズに仕事が進められ、かつ仮締め用PC緊張材は繰返し利用できるものであって、この費用は全工事費に比較すると問題とならない。この工法、すなわち仮締めとプレキャスト部材との組合せは橋の施工法として十分信頼可能なものとなる。

イギリスにおいては大単位のPC緊張材がより経済的となってきている。このPC緊張材は、PC鋼線または鋼より線の束からなっている。

片持ばり架設において、各ブロックごとに作用させるに必要なプレストレッシング力は中程度のものでよいことになるから、大単位のPC緊張材は各ブロックごとに定着したり、カップリングする必要はなく、2ブロックまたは3ブロックごとにそう入していけばよいこととなる。すなわち、このことは当然、最終PC緊張材と仮締め緊張材とを途中で併用することとなるのである。

片持ばり施工に対するプラントおよび架設用機械等は、大径間の場合に比較して中程度の径間では一般に制限されるものであるが、施工速度および仮締め工法の利用、等を考慮に入れると小スパンの橋に対しても十分経済的に利用できるようになると考えられる。

一般の片持ばり施工法は橋軸方向に利用されてきたが、この片持ばり施工は橋軸直角方向にも利用可能である。

(3) Rio-Niteroi 橋 プレキャスト部材樹脂目地 (Ernani Diaz)

総延長 7884 m,, 幅 26.6 m の橋梁をエポキシ目地を

用いた片持ばり架設方法によって 34 か月で完成した。特にエポキシ目地の構造的挙動を実験的に検討するための模型試験も実施されたが、最も重要な結論はエポキシ目地は構造物の安全性に関して何の影響も与えないということであった。

(4) オランダの橋梁 (Van Loenen)

オランダにおいて、この数年来特に注目されてきた施工法の傾向は工場または集中プレキャスト ヤードにおけるプレキャストである。設計および製造にあたってのあらゆる注意は運搬費の低減、架設の容易さ、現場における労力の低減である。

この方面に対する重要な事項は、軽量コンクリート、樹脂目地を用いたプレキャスト橋および材料の節約よりは工事の容易さ、である。

1) 軽量コンクリートは運搬される総重量を減少させるとともに吊上げたり、仮受けするときの重量が軽減される。

2) エポキシ目地の利用によって、運搬設備能力にもよるが、30~150 t 重量までの部材のプレキャストを可能ならしめた。この施工法によると架設期間を非常に短縮させることが可能となり、周辺および交通の被害を最少ならしめることができるとともに、現場での労働力をも減少できる。

3) 横桁を省略することによる施工の簡易化、または現場打ちコンクリートを用いないで組み合わせることによる現場作業の簡易化。

最も著しい発展は軽量コンクリートの利用であって、圧縮強度 450 kg/cm² のものが非常に小さい変動係数で造られるようになったため、片持ばり架設橋の経済性は 110 m から 140 m に上昇した。

将来の大スパン (250 m 以上) 橋に対しては斜張橋の方向であると考えられる。もちろんこの形式の橋はプレストレッシング力の腕長を特に大きくしただけの普通の桁橋の施工によって完成されるものである。この種構造物の非常に複雑な挙動は電子計算機によって計算されるようになってきている。この種構造物の安全度に関する新しい設計の基本的考え方が必要であろう。

橋のプレキャスト化を長大スパンに利用するにあたっては、経済的に取扱い運搬が可能となるように部材を分割するかあるいは重量物を運搬するか、のいずれかに注意する必要がある。

この種問題に関する最適解法の一つとして Taktschiebeverfahren (押出工法) が考えられる。

(5) 高速自動車道路橋建設のためのプレキャスト部材製作プラント (J. Muller)

全国のあらゆる寸法の橋または高架橋を 1 か所のプレ

キャスト プラントで標準化させて製作し、運搬、架設することは多くの技術者の夢である。

フランスではフランスアルプス道路の建設にあたって 350 km 区間を 1 建設業者が建設することで、この夢を実現した。

40~50 m 長の 146 箇所の跨道橋と平均 60 m スパン 400 m 長の 4 高架橋を 1 か所のプレキャスト ヤードにおいて製作した。

跨道橋はプレキャスト部材からなり、特別な支承上に仮受けし、これを仮締めすることで結合し、最後に P C 緊張材を 1 回緊張定着することで完成させた。1 橋あたりの全工期は一週間であった。

高架用プレキャスト セグメントは軽量の架設ガダーを用い、1 日当り 6~8 セグメントを架設した。

(8) まとめ (Hans Wittfoht)

P C 橋架設方法の目的とする所は、

- 架設費の節減
- 架設速度の増加
- 架設時危険性の低減
- 品質の改善

である。支保工なしの架設方法の有効な利用方法が特に強調されており、より大きいスパンに対する特別な施工方法の組合せの可能性が論ぜられた。

次の事項が特徴付けられる。

1) アバットから P C 橋を径間ごとに架設できるようにするための一段ごとに継げる型わくの設備。現場打ちコンクリート工法を変更することによってえられた経験。

2) P C 橋の押出し架設。

3) 現場打ちおよびプレキャスト セグメントを用いた片持ばり架設。

4) 径間ごとに順次施工する工法と組合わせた型わく設備。

5) 斜張橋の発展とその施工方法。

3. 原子力発電プラント

(1) Scandinavia における原子力発電所における P C の利用 (K. Eriksson)

スウェーデンでは BWR または PWR 発電方式であるが、いずれも P C コンテナーメントが用いられている。BWR コンテナーメントは Pressure-suppression を基礎としてある。コンテナーメントのレイアウトは主ポンプの配置に関係がある。最近の設計では内部ポンプはレイアウトを単純化している。Pressure-suppression コンテナーメントはすべて P C であって水平、鉛直両方向にプレストレスを与えてある。ときにはコンテナーメントの頂にあ

る燃料プールの壁にもプレストレスを与えてある。

PWR コンテナーメントはシリンダー壁およびドーム屋根いずれもプレストレスの与えられた従来の形式のものである。

スウェーデンのコンテナーメントの特徴は、ライニングをコンクリート壁の内部に設けてミサイルに対する保護をしていることである。

PC緊張材は多くの場合グラウトを注入している。現在工事中の一つの発電所では、ケーブル内にグリースの注入を実施した。

コンテナーメント壁の施工には各種の工法が開発されている。多くの場合スリップ ホームを用いてコンクリート打ちはなされるが、このコンクリート施工前または後にライニングを設ける点において異なっている。

気圧試験は構造上およびリーケージに対して実施され常に良好な結果がえられている。

スカンジナビヤにおいては軽水炉に対するPC容器の研究が数年来施工され、1/3 模型が試験された。

(2) 原子力発電 コンテナーメントへの PC の利用 (R. Bordet, J.L. Costaz)

ガス炉ではPC圧力容器の信頼性が高いので、特にコンテナーメントは必要ではない。

フランスでコンテナーメントを用いた最初の設計は、重水を用いたガス炉の Monts d'Arree 発電所である。軽水、特にPWRに対するコンテナーメントは現在施工中または設計中のものが多数ある。すなわち、

Tihange (ベルギー)

Fessenheim I, II

Bugey II, III

これらの発電所に関しては約4気圧で設計され、コンテナーメントはグラウトされたPC緊張材を用いるPC構造である。気密性はコンテナーメントの全内面にわたって(側壁、ドーム、底版)配置されたライニングによって確保されるようにしてある。すでにPCPVに用いられたグラウチング技術の改良によって、特に鉛直ケーブルについて、入念に実施されている。

将来の4発電所に対しては2重壁コンテナーメントの設計を考えている。内部構造物に対してはライニングを省略したPCとし、外側構造物はRCとする。このようにして施工は鋼製ライナーがなくなるので、容易となり、コンテナーメントの安全性は内外両構造物空間を負圧に保持することで、リーケージはこの空間で処理できるので、より安全度は増加する。さらに2重コンテナーメントは内部構造物に損傷を与えることなしに、大きい発電所の衝突事故に対しても余裕を与えることになる。

(3) ドイツにおける PC 圧力容器 (F. Bremer,

H. Goffin)

ドイツにおいてはBWRに対するPC圧力容器、PWRに対すると同時にHTGR用圧力容器の開発に重点がおかれている。

基本的研究はあらゆる形式の炉の圧力容器にPCを用いる場合の解析と施工とに有益な資料をうるためのものである。20~150°Cの範囲の温度下での多軸応力を受けるコンクリートの挙動に関する研究がなされている。

厚肉壁容器およびその物理的特性を考慮に入れるための材料の各種性質を数式で与えるための研究がなされ、容器使用状態で材料の挙動に関する真の状態を求めるため、また設計計算仮定を確かめるための測定器具の開発もなされている。

設計計算方法としてはFinite Element法と、Dynamic Relaxation法との2つの方法が研究されている。もちろんこれにはより真実に近い材料性質を考慮に入れられるようにしてある。また材料のパラメータについてその上限値と下限値と容器応力一ひずみ状態に対する影響も定められるように開発された。

現在高温炉に対するPC圧力容器が建設中である。

軽水炉の圧力容器にもPCが同じく利用されるであろうと期待されている。最近の研究によると、PC容器は従来用いられてきた鋼容器よりもより大きい安全性を有することが明らかとなってきているからである。

(4) Bellefonte 原子力発電所 PC コンテナーメントの設計 (H.L. Newton; Perry E.G. Burdette)

Bellefonte 原子力発電所 PC コンテナーメントの設計および設計上特に問題となった点についてとられた対策について論じたものである。

構造物は1300 MWe 発電原子炉に対するコンテナーメントで、内径41m、頂ドムの高さは底版から82.3mである。設計に用いられた内圧は50 psiであり、PC緊張材としては2000 kipsの破断荷重を有するものである。

構造設計にはACI/ASME Committee 359の暫定規準によったが、この規準は原子力の分野における構造設計に用いられる最少必要な設計規準であって、この規準といえども健全な技術的判断をさまたげるものではない。したがって、Bellefonte コンテナーメントの設計にあたって生じた特別な問題に関しては多くの技術的判断が用いられている。

アプルフットに抵抗させるためにPCロックアンカーが利用され、これによって非常に厚いRC底版を用いる必要がなくなった。しかしながら、現場での試験の実施が必要となった。

(5) イギリスにおける P C 圧力容器 (R.E.D. Burrow)

イギリスでは 14 基の P C 圧力容器が建設されまたは建設中である。これらのうちすでに 1968 年以来 Oldbury 発電所が、1970 年以来 Wylfa の 2 基が運転を続けており、Hinkley および Hunterston 発電所における 4 基は最終試験の段階にあり、Hartlepool, Heysham および Dungeness 発電所の 6 基は建設途中にある。

これらの圧力容器の建設にあたって円周方向プレストレッシングに用いられた非常に強力なワインディング工法の経験およびこれによってえられた結果が述べられている。Hartlepool および Heysham 容器のポイラーポットに対してはプレキャスト P C 容器が使用された。

Oldbury, Wylfa 発電所の定期的調査結果によると、運転中にこれら P C 圧力容器が十分安全な挙動を示していることが確かめられている。

イギリスでは 1973 年 7 月にイギリス規準 4975 に「原子力炉用 P C 圧力容器規準」が定められて、これら構造物の設計にあたってのイギリスの技術規定が定められている。

4. 軽量コンクリート構造委員会

FIP 本委員会は CEB と合同で作業を進めており、軽量コンクリートを 3 種に分類している。すなわち S, SI および I 種である。S 種は主として構造用であり、SI 種は構造とインシュレーション作用とを兼ねた性質のもので、I 種は構造用性質よりはインシュレーション作用の重要視されるものである。

S 種は純構造用であって普通コンクリートの代りに使用され、主としてその強度を低下させることなしに重量を低減させるためのものである。しかしさらに次のような利点がある。(1) 耐火性の増加、(2) 温度絶縁の有利さ、(3) 大きい温度差を受ける構造物における有利な挙動、等である。これらを十分考慮に入れ、材料の高価なことおよびヤング係数の小さいことの欠点がカバーできるかどうかを検討した上で軽量骨材コンクリートの利用を決定すべきである。

一般に空中乾燥状態で比重は 1.6~2.0 であり、圧縮強度は立方体強度で 300~700 kg/cm² である。

S 種コンクリートはさらに 3 つのグループに分けられる。

1) 立方体強度 300~400 kg/cm² この種コンクリートは現場打ち鉄筋コンクリート、わずかにプレストレスを与えたスラブ、等に適している。

2) 立方体強度 400~500 kg/cm² この種コンクリートはプレキャスト R C 部材およびプレストレスト

コンクリートに一般に用いられている。比重は 1.7~1.9 である。

3) 立方体強度 500~700 kg/cm² この種コンクリートは特に P C に適している。配合、施工には特に注意が必要であり、細骨材としては普通の砂を用いる。

普通砂を併用することは強度を増加させるとともに、ヤング係数の均等性を確保するのに役立つ。また長期載荷時のコンクリート特性も改善される。

乾燥収縮に対しては普通コンクリートと同じ設計規準を適用してよく、クリープに関しては安全側をみて普通コンクリートに 20% の余裕を見込むものとする。

ヤング係数はコンクリートの最少圧縮強度によって変化するが、175 000~210 000 kg/cm² である。すなわち、同じ圧縮強度の普通コンクリートのその約 1/2 である。軽量コンクリートの熱容量が小さいため水和によって生ずる構造物中の温度は、普通コンクリートのその 10~15°C 高いものとなる。しかしながら、この温度上昇による拘束応力は、ヤング係数が小さいので、小さいものとなるものである。

普通的设计基準が軽量コンクリートに関しても適用されるが、現在のところ応力-ひずみ曲線、破壊時圧縮ひずみ、引張り、せん断およびねじりに関しては多少の変更を必要とすると考えられる。

持続作用荷重に対する強度に関しては試験を完了していないが、現在のところ 10% 程度普通コンクリートの場合よりも小さいと考えられている。疲労強度については、普通コンクリートとほとんど同じ性質を有している。

軽量コンクリートを用いた橋梁として Fühlinger 橋がある。これは 53.20+136.00+53.20 m の 3 径間連続桁である。中央径間 136 m 区間の中央区間 84 m が軽量コンクリートで施工された。コンクリート圧縮強度は 300 kg/cm²、比重 1.6 である。この軽量コンクリート区間は各側径間からの張出し部の普通コンクリートと一体的に結合されたものである。

Wiesbaden 近くの Rhine 川中の島の橋梁、これは幅、12 m、全長 235 m の 18 t 荷重に対する工場用橋梁である。スパン割りは 65+105+65 m である。コンクリートの最小圧縮強度は 300 kg/cm²、比重 1.6 である。両側径間は 80 m 長のプレキャスト桁で、フローティングクレーンで架設、中央のギャップを吊桁で渡ったゲルバーである。

これらの橋梁は骨材が高価であるにもかかわらず、入札によって仕事をとったものであって、重量減および P C 鋼材重量減、支保工費減、等による全体的な経済性がえられた例である。

5. プレキャストに関する委員会

エポキシ目地を用いプレキャスト セグメントによる片持ばり施工法はすでに広く認められた技術となっている。

この種工法では曲線区間、傾斜区間についてもすでに利用された実施例は非常に多い。またスパン中央にヒンジを設けることは少なくなり、相当の長さにおわたって連続桁となっている。

最近の進歩は、(a) 非常に複雑な形状断面を架設時変形を考慮に入れて造れる型わくの使用、(b) 特別な架設用ガーダーの進歩開発による架設速度が早くなり、エポキシの薄い目地を用いることが特に有利となった、等の点にある。

この施工法が最も一般的に利用されているスパンの範囲は 60~100 m であり、これより大きいスパンへの適用は例外的であり、またより小さいスパンに対しても特別な場合に限られている。標準化されたセグメントの製造方法によって大量に使用される場合には非常に有利なものとなる。

架設ガーダーの改良の一つはフランス Blois 橋に用いられたもので、91 m スパンの橋に対して 112 m 長のガーダーが用いられ、3 角トラスで桁高は一定であり、ステーとして 2 群設けられ、自由に緊張したりゆるめられたりできるようにしてある。作業中の応力調整のためであって、これによりトラスの重量は著しく低減された。

いま一つの改良の方向は、架設ガーダーの脚の反力を片持ばりに作用させないようにすることである。このために脚はセグメントを取付けるときにピヤール上またはこれに近い場所に置かれるようにしてある。したがって、トラスの長さは 1 径間の約 2 倍を必要としている。

最近この工法による大きい橋梁の例は次のようである。

a) フランス Saint-Cloud でセーヌ川を渡る橋で、49 m, 88 m, 101.75 m, 90.25 m, 46 m, 2×66.9 m でセーヌを渡り、さらに 8×87 m スパンが続く、全長 1103 m である。橋はその全長におわたって曲線上にある。最小半径は 690 m でカントは 4.5% である。伸縮目地は 1 か所で、529 m と 574 m の長さの 2 部分に分かれている。

断面は 3 室のボックスで、ウエの外側は傾斜しており上スラブ幅は 20.4 m である。

非常に広い幅のボックスは平均長さ 2.25 m のセグメントで製造され、1 個の重量は 76~130 t である。架設ガーダーは長さ 122.5 m, 重量 235 t であった。

b) オランダ ロッテルダムの Kleinpolderplein

インターは 4 層になっており、この部分をこのプレキャスト ブロック片持ばり施工によって施工した。

56 スパンに対しスパンは 26~35 m であって、セグメントの総数は 583 個であった。重量は 41.5~50 t で製造場所は約 80 km 離れた場所に設けられた。

架設ガーダーは 80 m 長で曲率半径 125 m の区間にもこれが用いられた。この工法によって現場打ちに比較して 18 か月工期短縮があった。

c) カナダ Bear 橋は全長 609 m でスパンは 62.10 m, 6×80.80 m および 62.10 m である。上部構は全長におわたって連続され、1 か所が固定で、他の支承はすべてテフロン支承上にある。幅は 12.04 m で最小半径 350 m, 傾斜は 5.5~6%, カント 6% である。1 室の箱断面で長さは 4.26 m, 重量約 90 t であった。フローティング クレーンによってセグメントの架設が行われ、1 日 2~4 セグメントの速度であった。

以上の外ルーマニア、ソ連、日本、アメリカの実施例が紹介されている。

エポキシ樹脂目地の代りにより幅の広い目地にコンクリートを施工するプレキャスト セグメントを用いた片持ばり施工法も用いられている。

フランスの Noirmoutier 島を結ぶ橋として全長 583 m (スパン 10×55 m, 88 m, 4×55 m) のものを架設するにあたって、セグメントの目地面が水平位置となるように製造した。目地幅は 0.36 m であって、両端面から鉄筋を突出させておき、目地コンクリートを施工した。この工法ではエポキシ目地の場合に比較して接合目地の面の接合についての特別なめんどろさを避けることができることおよび現場において両セグメントの相対位置の調整が非常に容易である、等の便利さがある。

目地部分の鉄筋の存在はエポキシ目地の場合に比較してひびわれに関しては良好な性質を与えるものと考えられたが、実験の結果はほとんど差はないということになった。

この現場打ちコンクリート目地の欠点はプレストレスを与えるまでコンクリートの必要強度発生に日数を要することである。

前記 Noirmoutier 橋では、目地コンクリート中に埋込んだ電熱線によって加熱をすることで、目地施工 1 日後にプレストレスを与えることが可能ようになった。しかし 1 日といえども片持ばり架設にはこの種目地は適しているとは考えられない。

現場打ち片持ばり架設に比較して、この工法の速度は早く 55 m スパンを 7 日作業日数で完成している。しかしながらエポキシ目地を用いる場合に比較すれば、施工速度ははるかにおそいものである。

報 告

以上のセグメントおよびエポキシ目地を用いる施工法は橋ばかりではなくパイプラインの建設にあたって（内径 4m）オランダではプレストレスングとともに組合わせ使用された。

以上の外にも非常に多くの事項について報告があったが、ここでは省略することとする。

一般的に諸外国においてはPCの応用範囲が非常に広いのに感心する次第であった。これは日本と比較して鋼材生産量に格段の差があるため、できうる限りコンクリート系材料を利用して構造物を建設しようとする積極的態度がすべてに認められることにあると考えられる。

世界的なエネルギーの危機に直面し、われわれとしてはある構造物を建設するにあたって、その構造物に消費される総エネルギーを最少ならしめる方法について考える必要のある時代にきているものと思われる。

日本のPCも橋に関する限りでは世界の一流国に近いものと考えられるが、その他の分野でのPCの応用に関してはまだ一流国と肩をならべることができるまでには至っていないことを痛感させられた。

より広範囲に各種構造物にPCを応用すること、および積極的に最悪荷重組合せの使用状態でひびわれの発生を許容するPCの応用について、われわれはいっそうの努力を必要とするものであろう。

1974.6.27・受付

会 員 増 加 に つ い て お 願 い

会員の数はその協会活動に反映するもので、増加すればそれだけ多くの便益が保証されています。現在の会員数は 2100 余名ですが、まだまだ開拓すべき分野が残されており、お知合いの方を一人でも余計ご紹介下さい。事務局へお申し出で下されば入会申込書はすぐお送りいたします。

東京製鋼製品

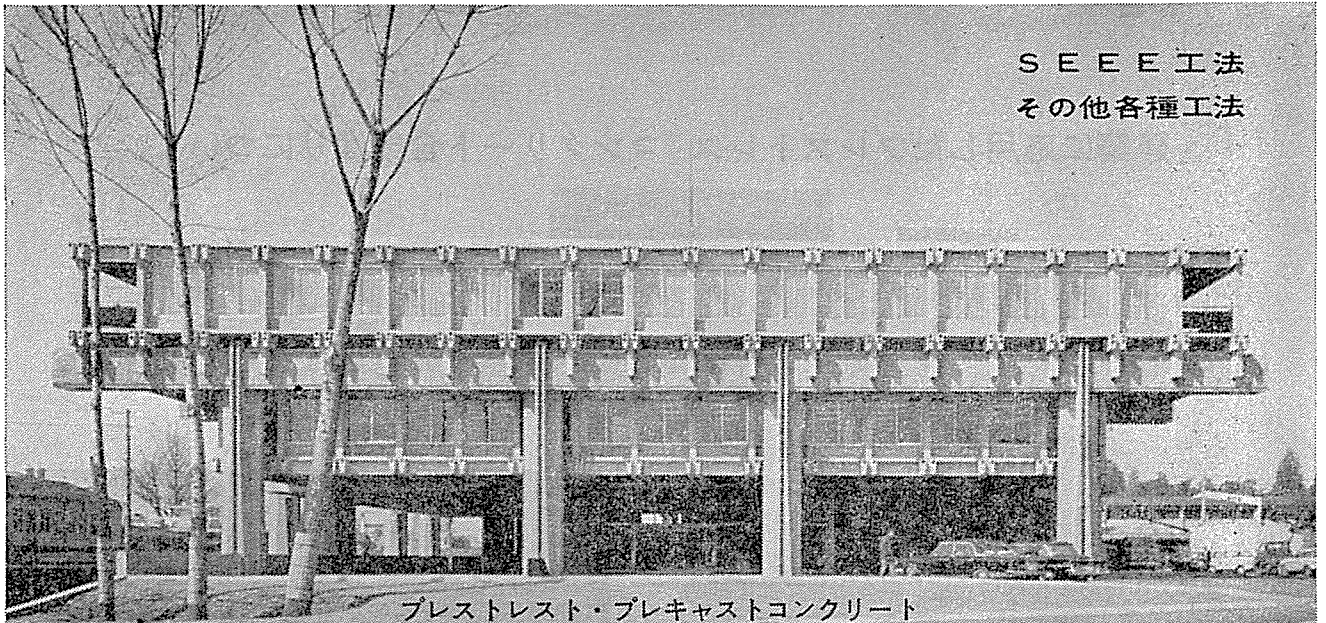
PC JIS G 3536

鋼線・鋼より線
BBR工法鋼線
多層鋼より線 (19~127本より)

製造元 東京製鋼
発売元

東京都中央区日本橋室町2丁目8番地 古河ビル四階
電話 (211) 2851 (大代表)

SEE工法
その他各種工法



プレストレスト・プレキャストコンクリート

栃木県庁議会棟

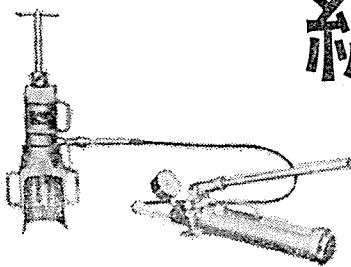
黒沢建設株式会社

取締役社長 黒沢亮平

東京都新宿区三光町25番地 三立ビル TEL 03-356-3573(代)

PC工場 神奈川県秦野市三屋字川原135番地 TEL 0463-75-1324

PC用油圧機器の 総合メーカー



製造元

K.K平林製作所

京都市宇治市槇島町目川8
TEL 宇治(0774) 22-3770番

センターホールジャッキ・モリプラー
PAT.No. 467154

住友 DWジャッキ
PAT.No. 226429

発売元

草野産業株式会社

本社
大阪市東区備後町1丁目11番地
TEL 大阪(261)~8710・8720
東京事務所
東京都千代田区神田錦町3丁目21番地
柴田錦橋ビル TEL (201)~3546