

コンクリート構造物のプレキャスト化の現状

上 平 謙 二*

1. はじめに

わが国におけるコンクリート構造物のプレキャスト化の歴史は、土木構造物と建築構造物を比較すると、土木構造物の方が古く大戦後より始まっており、一方、建築構造物はそれよりも10年以上遅れることになるが、その後のコンクリート構造物のプレキャスト化については、必ずしも急速な進展を遂げてはいない。このことは当時の歴史的背景を見ても明らかなように、その膨大な建設需要に応えるため、特にコンクリート構造物に対する耐久性能の向上、品質性能の向上よりはむしろ、場所打ちコンクリート構造の施工に対する合理化・コストダウンが重んじられていたためであると考えられる¹⁾。事実、橋梁のみに目を向けても施工完了後25年から30年経過したものに最も損傷が多く、当時の建設事情をうかがい知ることができる²⁾。しかし、時代の移り変わりとともにわが国の建設産業も量的な拡大から質的な向上へと移行しており、まさに多様化する社会のニーズに応えるべく建設分野における技術開発を促進することにより、質的な向上に有益となるであろうコンクリート構造物のプレキャスト化の充実がますます図られることになるであろう。

ここでは、コンクリート構造物におけるプレキャスト化の特徴とその現状を広く紹介するものである。

2. コンクリート構造物のプレキャスト化の特徴

コンクリート構造物と常に対比されるのが鋼構造物である。特に鋼橋については最近の傾向として大ブロック化されつつあり、品質管理の充実とともに現場での作業の省力化が図られている。

一方、コンクリート構造物としてのコンクリート橋の施工では、現場での型枠設置、鉄筋組立て、コンクリート打設などがあり、特にプレストレストコンクリート橋では、鉄筋組立てのほかにPC鋼材配置という作業が加わる。このように、コンクリート橋、特にプレストレストコンクリート橋の建設は、鋼橋に比べて手間がかかることはいままでもない。このギャップを解消するための一つの手段が、コンクリート構造物のプレキャスト化

であると考えられよう。

コンクリート構造物、特にプレストレストコンクリート構造物をプレキャスト化することにより、鋼橋と同様に工場製作ができ、現場で組み立て架設することにより、製品の高品質化、精度管理の確実性、現場作業の単純化、工期の短縮、建設公害（振動、騒音）の減少などの利点が生まれる。また、プレキャスト部材の製作作業の大部分を工場に移すことによって省力化を図ることができ、工程管理も容易となる。一方、プレストレストコンクリート構造物のプレキャスト化の利点の反面、構造面、設計面での自由度の欠如、接合部の設計応力度の特別な考慮などの問題点があるが、特に建設コストに占める人件費の割合が今後ますます高くなることは明らかであり、また、熟練工の不足という状況を考えれば、今後のプレキャスト化の進展が期待される場所である³⁾。

また、プレストレストコンクリート構造物のプレキャスト化については、建設現場の立地条件などにより、部材製作を工場で行う場合と、現場近くの製作ヤードで行う場合に大別される。ここで後者の場合は、工場製品同様の高品質性が図れないまでも、その他のプレキャスト化の特徴については同様なものと言ってさしつかえないであろう。

3. コンクリート構造物のプレキャスト化の現状

わが国のコンクリート構造物のプレキャスト化の現状については、残念ながら海外のプレキャスト化の現状に並ぶほどの進展には至っていないが、近年の技術開発の進歩とともにその実用を可能にし、種々の構造形式に適用の範囲が広まっている。

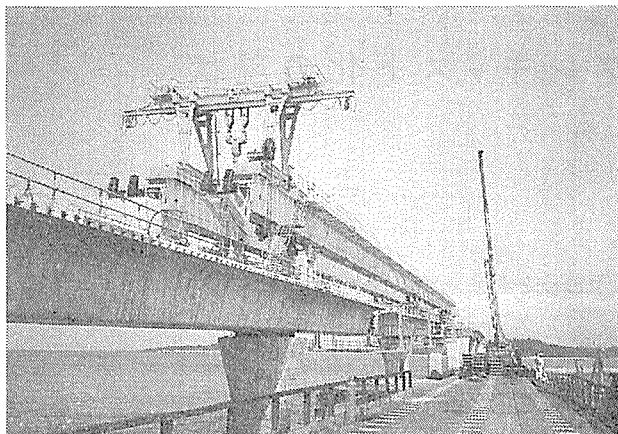
ここでは、三空間（地上空間、海洋空間および地下空間）におけるプレキャスト構造物の現状を紹介し、また、その最後にはプレストレストコンクリート建設業協会に関連するJIS規格製品についても、その紹介を付記するものである。

3.1 地上空間におけるプレキャスト構造物

(1) 橋 梁

橋梁のプレキャスト化については種々の構造形式に適用されている。ここでは、その構造形式別に構造特性あるいは施工方法について簡単に紹介する。

* ドーピー建設工業（株）技術本部技術部主査



写真—1 池間大橋

(a) 連続桁

現在施工中の海洋部をわたる池間大橋³⁾(写真—1)は総延長1425mであり、その内最大支間60mの5径間連続PC箱桁橋を基本とし、4径間連続箱桁橋の4連、5径間連続箱桁橋の2連がそれぞれプレキャストブロック工法により施工されている。

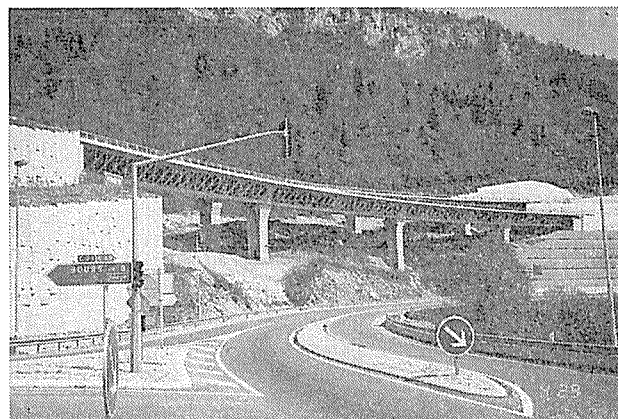
本橋の架設にはガーダーが用いられており、柱頭部および中央径間中央部の連結部を除き、すべてプレキャスト部材が用いられている。また、このプレキャスト部材は現場近くの製作ヤードで造られており、鉄筋にはすべて防錆処理が施されている。

写真—2はサウジ・アラビアのRIYADH市に架設されたKHURAYS・ROAD橋である。1983年10月完成した本橋は、桁高が5.8mから2.5mまで変化する変断面箱桁を有する連続桁で、全橋にわたりクレーン架設を用いたプレキャストブロック工法により施工された。

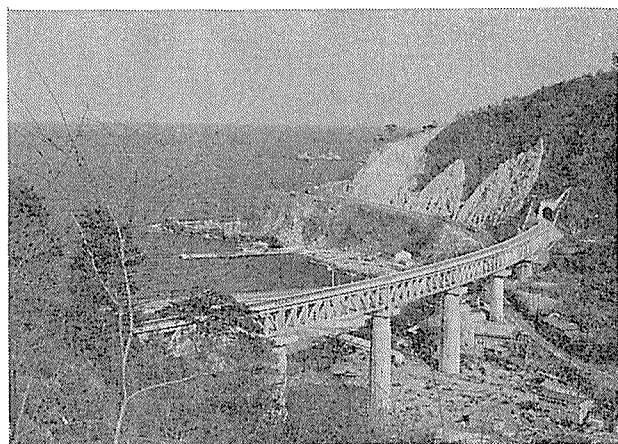
写真—3は1988年に完成したフランスアルプスに架かるGlacieres橋⁴⁾である。等桁高を有する本橋は、4径間連続構造で主桁はトラス構造となっている。この構造形式は、クウェートのBubiyah橋で採用されて以来、



写真—2 KHURAYS・ROAD 橋



写真—3 Glacieres 橋



写真—4 安家川橋梁

橋梁としては2番目である。

本橋の最大スパンは60.4mであり、プレキャストセグメントの架設は、架設用ガーダーを用い行われた。

(b) トラス橋

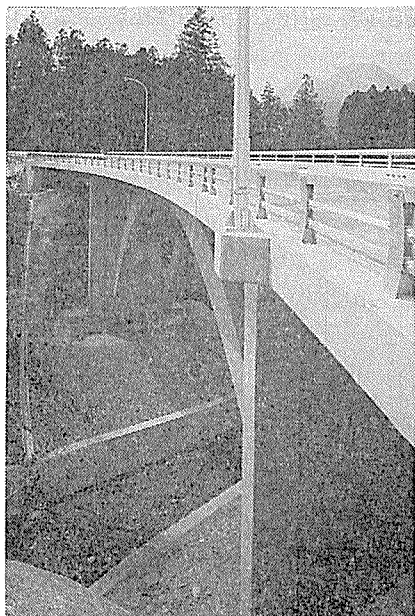
三陸縦貫鉄道久慈線の安治川をわたる安家川橋梁⁵⁾(写真—4)は、橋長305m、スパン45mのプレキャスト部材を用いたPCトラス鉄道橋である。

1975年1月に完成した本橋は、世界にも例のないプレキャスト部材による単純上路ハウ式PCトラス鉄道橋で、全部材のうち上・下弦材および斜材はプレキャスト部材で、格点部が場所打ち施工されている。また、施工方法は、搬入されたプレキャスト部材をパネル組立てヤードで組み立て、トラス構造とした後、クレーンで所定の位置まで吊り上げられる。

(c) アーチ橋

プレキャスト部材を用いたアーチ橋としては日本で2番目の実績を数える湯中子橋⁶⁾(写真—5)は、橋長57m、アーチ支間長29mの2ヒンジアーチタイプの道路橋である。

本橋は、アーチリブに、1個当たり4~5tにブロック化したプレキャスト部材を用い、クレーンによりブロック



写真—5 湯中子橋

を吊り上げながら張出し架設を行い、アーチクラウンのコンクリートを打設してアーチを閉合している。

(d) 吊床版橋

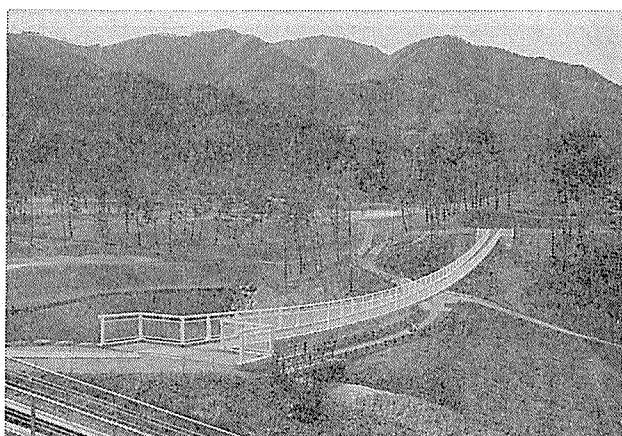
PC 吊床版橋は、その構造の合理性と軽快な印象から、最近注目を集めている新しい形式の橋梁であり、最大支間はすでに 100 m を突破している。

長大 PC 吊床版橋の施工には、懸垂架設工法が採用されている。この工法は、支間に PC 鋼材を張りわたし、これにプレキャスト化された床版（ただし、断面の下側半分）を吊り下げて所定の位置まで運搬し、床版の上側半分にコンクリートを打設するものである。

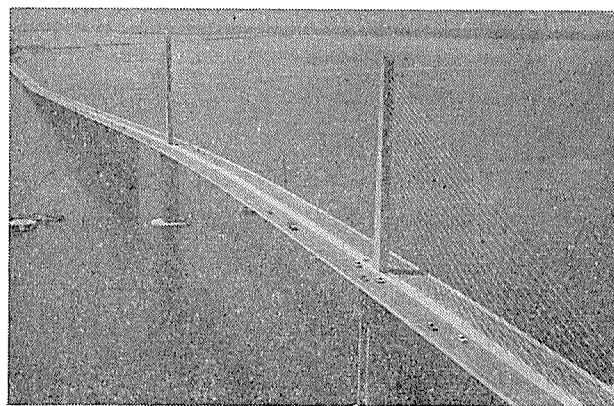
写真—6 は、1988 年に完成したあづみ野橋⁷⁾で、支間長は 77.5 m である。

(e) 斜張橋

PC 斜張橋は、力学的特性の面から優れた橋梁の一形式であり、また、主桁、塔および斜材の 3 要素を組み合わせることにより、構造系選択の自由度が多く、景観設



写真—6 あづみ野橋



写真—7 Sunshine Skyway 橋

計へのアプローチにも期待が持てる。

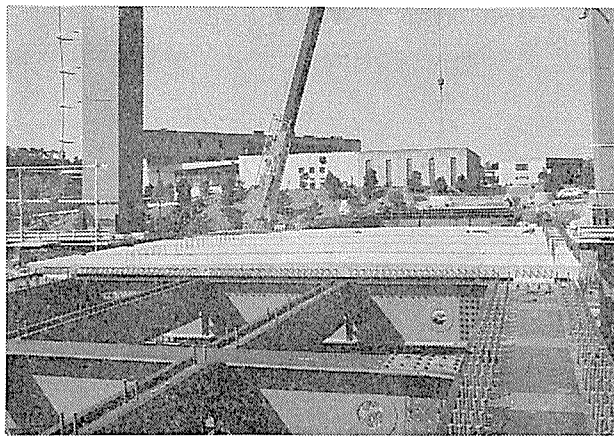
わが国において PC 斜張橋にプレキャスト部材を適用した例はまだないが、海外ではすでに数橋あり、今後わが国での適用が期待される。

写真—7 は、1987 年に完成した Sunshine Skyway 橋⁸⁾であり、プレキャストブロックを用いた PC 斜張橋としては世界最長である。本橋の主桁に用いたプレキャストブロックは、ボックス内に斜めのストラットが配置されており、ブロック長は 3.6 m である。

また、写真—8 は鋼斜張橋の床版に RC プレキャスト床版を適用した三共橋⁹⁾である。施工方法は、鋼主桁の上に RC プレキャスト床版をクレーンで架設し並べ、目地部を場所打ちコンクリート打設するものである。この構造形式は日本では最初のもので、海外では Annacis 橋がある。

(f) プレキャスト床版橋

プレキャスト床版橋¹⁰⁾とは、鋼橋のコンクリート床版を場所打ちコンクリートの打設を行うことなく、すべてプレキャスト部材で構築される橋梁である。この工法は、工期の短縮、床版の高品質性が図られるなどの特徴を持っており、特に損傷床版の打替えに多く採用されて



写真—8 三共橋

いるが、最近では、高速道路橋あるいは鋼斜張橋の施工に適用範囲が広まっている。

プレキャスト床版には、プレストレスの有無により次の3つの工法があり、鋼桁とプレキャスト床版の結合方法については種々なものが考案されている。

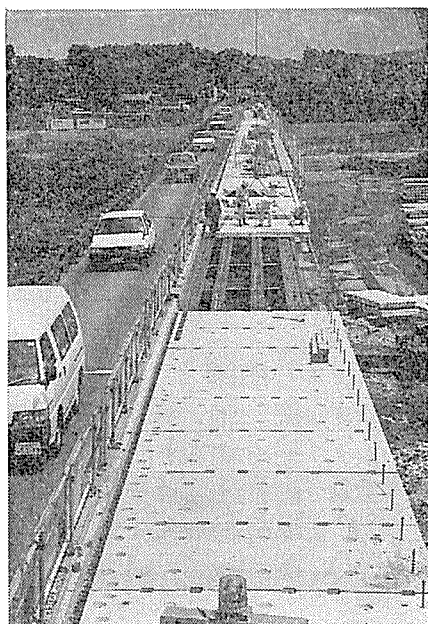
- ① 床版支間方向にはプレテンション方式、橋軸方向にはポストテンション方式でプレストレスが導入されたもの。
- ② 橋軸方向のみポストテンション方式でプレストレスが導入されたもの。
- ③ 両方向ともプレストレスが導入されていないもの。

また、上記①、②のうち鋼桁と床版を結合した後、橋軸方向のプレストレスの一部を開放し、鋼桁に圧縮応力を導入する方法もある。

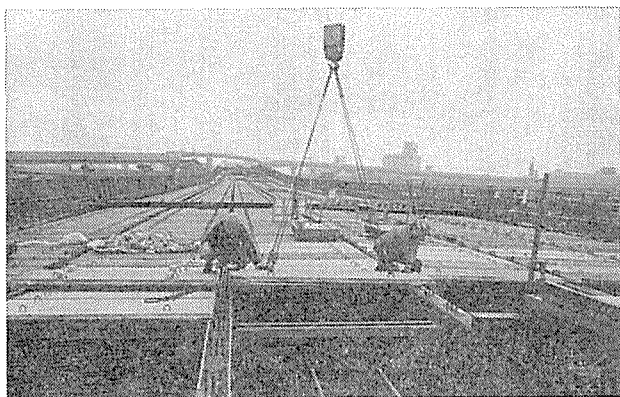
写真—9 は上記①の方法の実施例である。

(g) 合成床版橋

本橋の特徴は、プレキャストプレストレストコンクリ



写真—9



写真—10

ート板（PC板）を橋梁床版の型枠兼支保工として使用し、後打ちのコンクリートと一体化させる工法を用いた橋梁¹¹⁾である（写真—10）。

本工法には特に、工期短縮、作業の単純化あるいは施工の安全性が図られるなどの特徴を持つ。

(2) 建築

最近の建築分野でのプレキャスト部材の利用度はかなり大きくなっており、様々な構造部材に採用されている。

ここでは、建築分野におけるプレキャスト部材の適用例を、柱、梁、版、およびシェル部材に分けて紹介する。

(a) 柱・梁部材

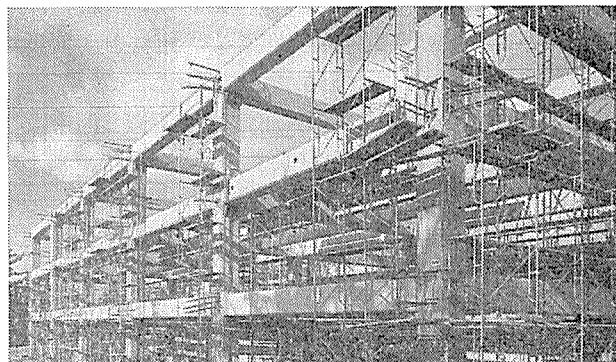
写真—11 はプレキャスト柱および梁を現場で緊張して組み立てた例で、多目的オープンスペースなどの建設に応用されている。

(b) 版部材

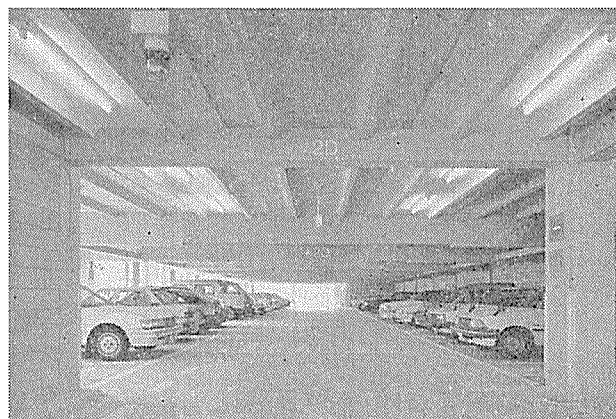
版部材としては壁部材としてのPC板、あるいは床部材に用いられるPC合成床版の型枠兼用部材としてのプレキャストPC床版などがある。写真—12 はPC合成床版¹²⁾の適用例である。

(c) シェル部材

シェル部材としては特に屋根部材として利用されている場合が多い。写真—13 はつくばエキスポセンターブ



写真—11



写真—12

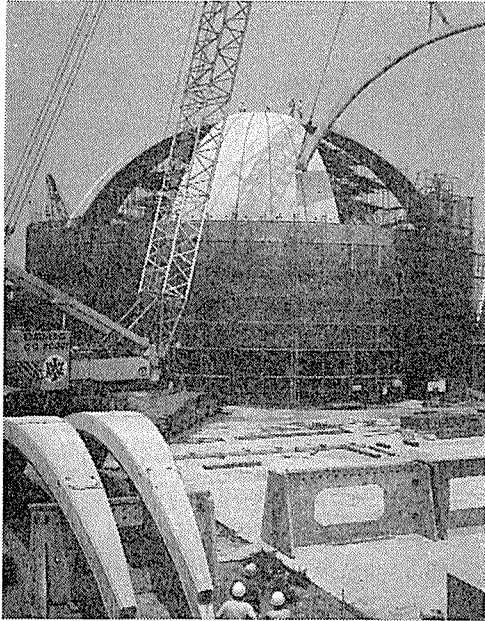


写真-13

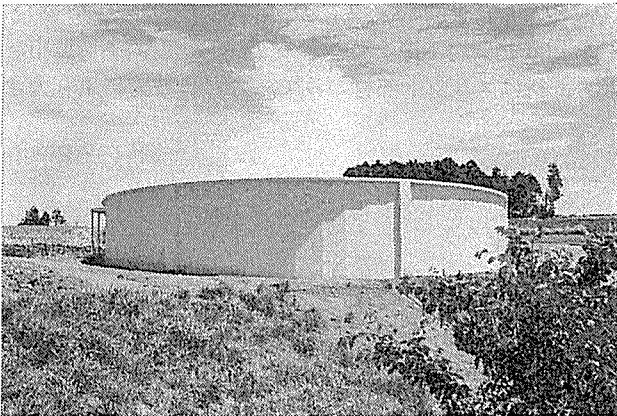


写真-14

ロネタリユームのドーム¹³⁾に適用された例である。

(3) 容器構造物

日本での容器構造物(タンク、サイロほか)へのプレキャスト部材の適用例は海外に比べると少ないと言えるが、最近では、日本でもその実績は増えつつある。

容器構造物の建設方法の主流は、プレキャスト部材をクレーン等で吊り上げて立て、それを周りに並べる方法であり、プレキャスト部材間の目地部の施工は、場所打ちコンクリートを打設する方法、膨張モルタルを注入する方法あるいは接着剤を注入する方法がある。

写真-14 は 6000 m³ の容量を有する農業用貯水槽¹⁴⁾であり、プレキャスト部材を用いた水槽としては日本でも最大級のものである。構造面での特徴は、プレキャスト PC 板を円周方向に並べ、その目地部に膨張モルタルを打設後、円周方向にポストテンション方式で緊張力を導入していることである。また、屋根付き構造の場合でも、プレキャスト化が可能となっている。

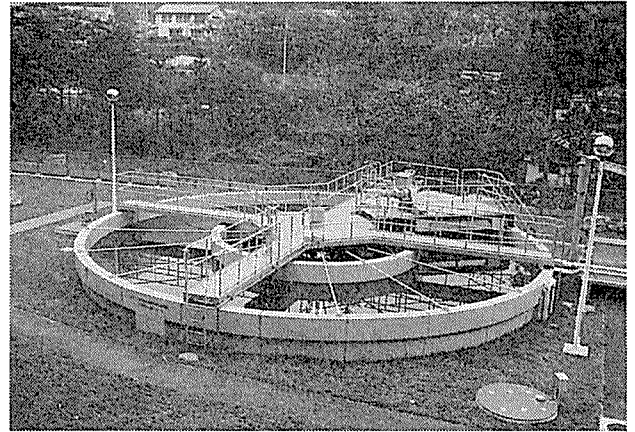


写真-15

写真-15 は下水処理場に適用された例であり、二重同心円型の処理槽¹⁵⁾である。この場合、外壁、内壁および覆蓋がプレキャスト部材であり、外壁円周方向のみにプレストレスが導入されている。内壁のプレキャスト部材の目地部は連結ボルトで結合され、外壁のプレキャスト部材の目地部には CPS グラウト材が注入されている。

(4) 防災施設

わが国では、その地形上、道路建設を行ううえで山岳地帯を選ばなければならない場合が多く、そのため、道路を落石および落雪などから保護し、道路交通安全を確保するため、落石危険地帯にはロックシェッド、落雪危険地帯にはスノーシェッド、あるいは風雪によるふきだまり地域にはシェルターなどが建設される場合が多い。

ここでは、ロックシェッドおよびシェルターについて紹介し、スノーシェッドについては、本号に掲載された工事報告を参照されたい。

写真-16 は忠別清水線に施工されたロックシェッドの一例であり、施工延長は 102 m である。構造形式は、プレテンション方式逆 L 形 2 ヒンジラーメン形式であり、屋根を逆公配にさせて谷側のダム施設に落石を落とさない構造としている。柱部材と屋根部材は工場製作によるプレキャスト部材で、まず柱部材をトラッククレー

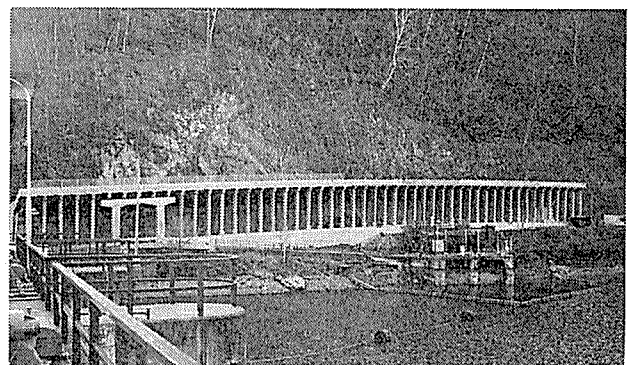
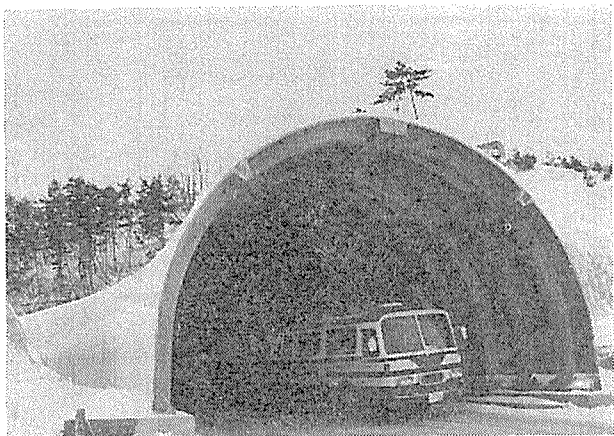


写真-16 ロックシェッド



写真—17 シェルター

ンで立て込んだ後、プレテンション方式の屋根部材を同様にトラッククレーンにより架設し、柱部材と屋根部材をポストテンション方式により結合させる施工方法である。また、屋根部材の道路方向の連結方法としては、ポストテンション方式あるいはボルト結合方式がある。

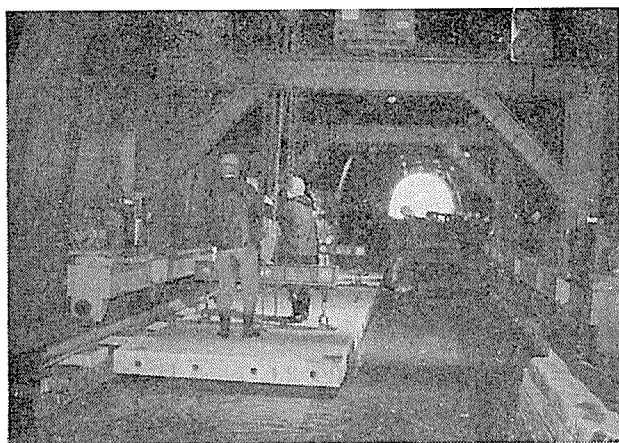
写真—17 は、青森県五所川原市で施工された大釈迦シェルターであり、施工延長は 180 m である。

シェルターの施工は、シェルターのアーチ頂部を道路方向に縦割りし、それを 2~3 m 間隔に横割りされた工場製作によるプレキャストシェル部材をトラッククレーンで立て込み、アーチ頂部をボルト連結することにより、また、道路方向にはポストテンション方式で結合することにより一体化させる。

(5) PC 舗装

PC 舗装¹⁶⁾は今や様々な分野で、すなわち道路、空港舗装、ヤード舗装、溜池や大型タンクの底版など、弾性支承上の PC スラブとして応用されている。

PC 舗装の構造は、PC 版、路盤、路床と普通コンクリート舗装と変わらないが、PC 版は断面に生ずる圧縮力をコンクリートで、引張力をプレストレス量と鋼材で対応する構造となっているため、コンクリート下縁にひ



写真—18 プレキャスト PC 舗装

び割れが発生しても十分耐久性があるよう安全に設計することができる。

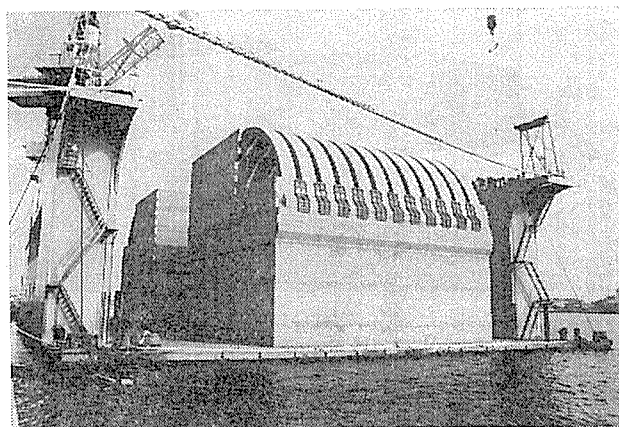
また、PC 舗装の特徴は、耐久性が大きい、急速施工が可能である。現場工事が省力化されるなどである。

写真—18 は小繋トンネル内での施工例である。

3.2 海洋（港湾）空間におけるプレキャスト構造物

海洋構造物（港湾構造物を含む）にプレキャスト部材が適用されている例は、現在では曲面スリット式ケーソン、PC 栈橋、浮防波堤およびマリーナ施設などの港湾施設への多目的利用を考慮して開発され、製作された六角ポンツーンなどである。ここでは、曲面スリット式ケーソンと六角ポンツーンについて簡単に紹介するが、浮栈橋については本号に掲載された設計・施工報告を参照されたい。

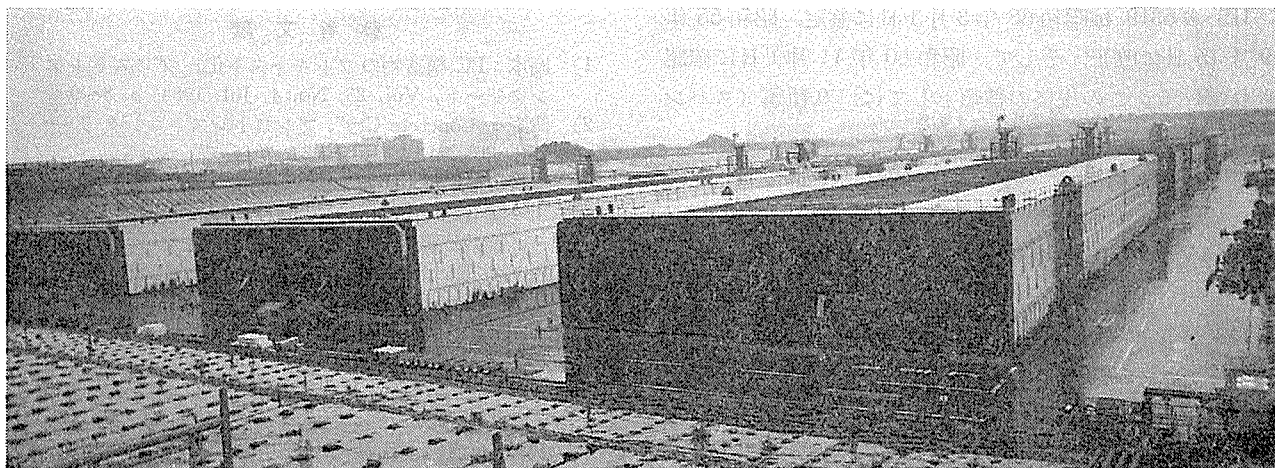
写真—19 は曲面スリット式ケーソン¹⁷⁾の実施例である。曲面スリット式ケーソンの構造は、通常の箱形ケーソンの前面に、反射波、越波、伝達波、波力などの軽減を目的とした曲面縦スリット壁を設け、断面において 1/4 円弧状の遊水室を有したものである。本構造物中、PC 部材はスリット部材のみで、これは波力により大き



写真—19 曲面スリット式ケーソン



写真—20 六角ポンツーン



写真—21

な純引張が発生するためである。また、本部材は 1/4 円弧状の梁部材であるため、プレキャスト部材として施工性を高めている。プレキャスト部材の製作は、曲面スリット式ケーソン本体が製作された海上製作ヤード（フローティングドック）で行われ、クレーンにより架設された。

写真—20 は、六角ポンツーンの実施例である。この六角ポンツーンは H.M.S. (Hexagonal Marine Structure) と呼ばれる浮体構造物¹⁸⁾である。H.M.S. の構造は、平面形状が台形で、内部が空洞の 6 個のコンクリート製ポンツーンを PC 鋼棒で接合して六角形状を形成しているものである。H.M.S. の 6 個のポンツーンは陸上で製作後水上で組み立てられる、いわばプレハブ製品である。本 H.M.S. の 6 個のポンツーンはケーソン製作ヤードのドック内で製作され、その後進水・接合を経て所定の海域でアンカーにより係留される。

3.3 地下空間におけるプレキャスト構造物

地下構造物の一例として考えられるのがトンネルである。トンネルにプレキャスト部材を利用して施工された例は国の内外を問わずまれである。ここでは、首都高速湾岸線の一部として、沖合展開中の羽田空港と浮島埋立地とを結ぶ上下 3 車線の自動車専用道路トンネルである多摩トンネルを紹介する。このトンネルは、延長 1549.5 m の沈埋トンネル部とその両端の換気塔および陸上トンネル部より構成されており、その内プレキャスト部分は沈埋トンネル部である（写真—21）。

沈埋トンネル工法とは、トンネルエレメント（沈埋函）をドライドックあるいはフローティング製作ヤードにおいて製作し、その両端部を仮隔壁（バルクヘッド）で閉塞したうえで、水の浮力を利用して浮上させ、建設現場まで曳航してあらかじめ浚渫したトレンチに沈設した後、水圧を利用して函相互の接合を行い、埋戻しをして海底トンネルを建設するものである。

多摩トンネルでは、1 函体の大きさが、幅 39.9 m、高さ 10.0 m、長さ 128.6 m、重量が約 52000 トンで、トンネルは 12 函のエレメントから構成されている。

沈埋トンネル工法は、航路を横断する方法として、船舶の規模を考えると、橋梁ではアプローチがかなり長くなり不経済となることも考えられるため、将来的には採用される可能性が高くなる。

3.4 プレストレストコンクリート建設業協会に関連する JIS 規格

プレストレストコンクリート建設業協会に関連する JIS 規格には、桁橋の JIS の中で一番はじめに制定された JIS A 5313 をはじめとして、JIS A 5316、JIS A 5319、JIS A 5326 および JIS A 5412 がある。ここでは、これらの JIS 規格についての経緯と現状を簡単に紹介する。

(1) JIS A 5313 (スラブ橋用プレストレストコンクリート橋げた)

JIS A 5313 は昭和 34 年 2 月 27 日に制定、昭和 55 年 9 月 15 日に改正、そして、昭和 60 年 11 月 1 日に確認されている。この規格の種類としては、1 等橋が 9 種類（スパン 5 m～13 m）、2 等橋が 9 種類（スパン 5 m～13 m）である。現在、改正原案作成委員会において改正案の審議中である。

(2) JIS A 5316 (けた橋用プレストレストコンクリート橋げた)

JIS A 5316 は昭和 35 年 3 月 1 日に制定、昭和 55 年 9 月 15 日に改正、そして、昭和 60 年 11 月 1 日に確認されている。この規格の種類としては、1 等橋が 12 種類（スパン 10 m～21 m）、2 等橋が 12 種類（スパン 10 m から 21 m）である。現在、改正原案作成委員会において改正案の審議中である。

(3) JIS A 5319 (軽荷重スラブ橋用プレストレストコンクリート橋げた)

JIS A 5319 は昭和 38 年 3 月 1 日に制定, 昭和 55 年 9 月 15 日に改正, そして, 昭和 60 年 11 月 1 日に確認されている。この規格の種類としては, 9 種類 (スパン 5 m~13 m) である。

(4) JIS A 5326 (プレストレストコンクリート矢板)

JIS A 5326 は昭和 40 年 1 月 1 日に制定され, 昭和 63 年 9 月 1 日に改正されている。この規格の種類としては, 平形が 36 種類, 溝形が 10 種類, 波形が 13 種類である。

(5) JIS A 5412 (プレストレストコンクリートダブルTスラブ)

JIS A 5412 は昭和 39 年 4 月 1 日に制定, 昭和 53 年 8 月 1 日に改正, そして, 昭和 58 年 9 月 1 日に確認されている。この規格の種類としては, 7 種類あり, 現在, 日本工業標準調査会建築部会において改定案の審議中である。

あとがき

本稿ではコンクリート構造物のプレキャスト化の現状を, 比較的大きな構造物に的をしぼり簡単に説明した。したがって, ここで紹介した構造物がプレキャスト構造物のすべてではないことに留意されたい。

コンクリート構造物のプレキャスト化においては, 耐久性の向上をはじめとして, 高品質性, 作業の省力化など利点を有するところが多く, 海外ではいろいろな構造形式に適用されている。今後, 日本でもますますプレキャスト化が促進されることを期待したい。また, JIS 規格製品についても, 今後の見通し, あるいは新しい JIS の制定など積極的に PC 構造物の標準化に取り組み, PC 構造物の発展を期待したい。

最後に, ここで紹介したプレキャスト構造物の写真について, 各社より提供いただいたことに感謝する次第である。また, それらの構造物については, できる範囲で参考文献を付記したので, 今後の参考にしていただければ幸いである。

参 考 文 献

- 1) 岡本: PC 構造物のプレキャスト化, プレストレストコンクリート, Vol. 26, No. 4, Jul. 1984, p. 8~9
- 2) 津野: "Concrete Cry", プレストレストコンクリート, Vol. 26, No. 4, Jul. 1984, p. 6~7
- 3) 屋良, 仲宗根, 当間, 岡戸: 池間大橋(仮称)の設計と施工—海上部に建設中のプレキャストブロック工法長大橋—, 橋梁と基礎, 10 月, 1989, p. 2~8
- 4) Pierre Richard: Box [Girders with a Twist, Civil Engineering, March, 1988, p. 39~43
- 5) 峯, 石原: PC トラス橋の施工, プレストレストコンクリート Vol. 22, No. 3, Jun. 1980, p. 53~65
- 6) 友保, 荒船, 則久: 片持張出し工法によるアーチ橋の施工, プレストレストコンクリート Vol. 22, No. 3, Jun. 1980, p. 41~52
- 7) 則武, 熊谷, 錦, 増井: PC 吊床版橋の設計と施工, プレストレストコンクリート技術協会第 28 回研究発表会講演概要, 1988 年 11 月
- 8) Garcia M.A., Robison R.: Sunshine Skyway (Nears Completion), Civil Engineering Nov. 1986, p. 32~35
- 9) 志村, 前田, 橋, 笹川: プレキャスト床版を用いた合成桁斜張橋の設計について, 土木学会第 44 回年次学術講演会講演概要集 第 1 部, 平成元年 10 月, p. 334~337
- 10) 中井: プレキャスト合成桁橋の設計・施工, 森北出版, 1988 年 5 月
- 11) 道路橋 PC 合成床版工法 設計施工便覧, PC 合成床版協会, 昭和 63 年 5 月
- 12) 野田, 小野: PC 立体駐車場システム, プレストレストコンクリート Vol. 31, No. 3, May. 1989, p. 58~65
- 13) 鈴木, 萩坂, 青山, 加藤: つくばエキスポセンタープロネタリウムドームの設計と施工, プレストレストコンクリート Vol. 27, No. 2, Mar, 1985, p. 26~35
- 14) 岡島, 坂口, 川原, 梶谷: 牧の原 6000 m³ PC タンクの設計と施工について, プレストレストコンクリート Vol. 30, No. 6, Nov. 1988, p. 22~30
- 15) 澤田, 荒船: 群馬県中之条町沢渡水質管理センターに見るプレハブ式下水処理場の施工, 土木施工 Vol. 29, No. 10, Oct. 1988, p. 43~50
- 16) 特集: PC 版構造物, プレストレストコンクリート Vol. 29, No. 5, Sept. 1987
- 17) 井福: 曲面スリット式ケーソンの設計・施工について, プレストコンクリート Vol. 27, No. 4, Jul. 1985, p. 36~50
- 18) 豊田, 森: 「海のパビリオン」(H.M.S.) 建設工事, 土木施工 Vol. 30, No. 6, Jun. 1989, p. 65~73

[1989 年 10 月 16 日 受付]