

筋ヶ浜終末処理場最初沈殿池覆蓋工事の設計と施工

外 池 圭 二*
大 島 幸**
佐 多 和 仁**

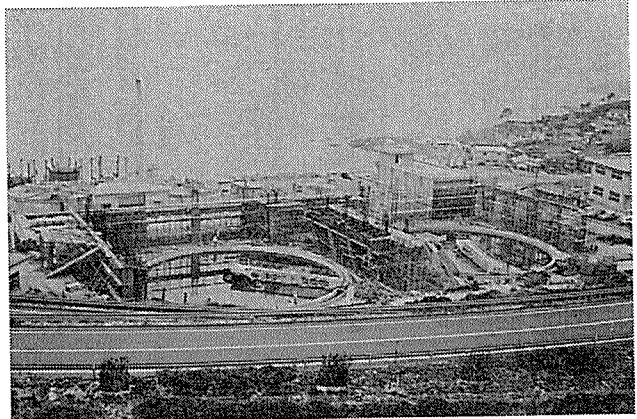
1. はじめに

ここに紹介する筋ヶ浜終末処理場は、本州の最西端部に突出した半島状の地形で、東西に周防灘、西に響灘、南西は関門海峡を隔てて対岸の北九州市に隣接し、東は山陽町および美祿市と北は菊川町、豊浦町と境界を接している。

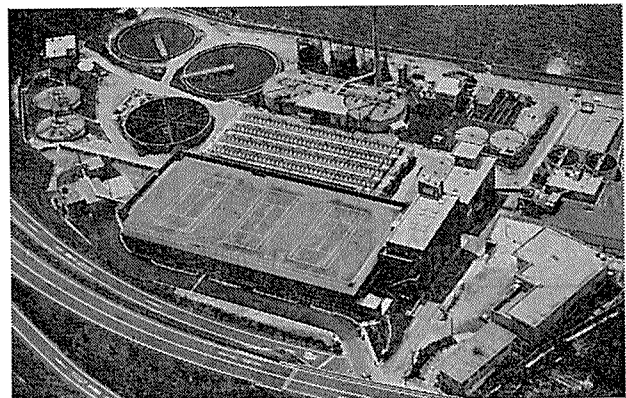
地勢の面においては、豊浦山系の支脈をなす大部分と兵衛地帯からなる平野の乏しい起伏に富んだ地形である。また気象条件は、瀬戸内、山陰式ではなく、むしろ北九州の沿岸部の気候に近く地理的に海峡都市の特質を有し、三方を海に面しているため気温の日較差および年較差は比較的小さいが、風の強いことが特徴である。

近年、当終末処理場において、臭気の発散防止や、有効な土地利用、美観と環境対策として、直径 29 m の最初沈殿池二つに覆蓋を設け、その屋上 2 490 m² に盛土、植樹を行い地域住民のコミュニケーションの場として、テニスコート、バレーコートなどの運動公園を計画し施工されたものである。

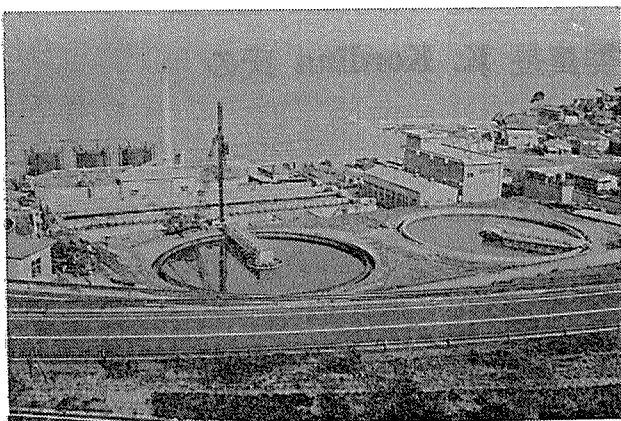
以下、構造の選択、設計、施工法について概要を報告する。



写真—2 支保工施工状況



写真—3 完成写真



写真—1 施工前現地

2. 建物概要

工事名：筋ヶ浜終末処理場最初沈殿池覆蓋工事

所在地：山口県下関市伊崎町二丁目

用途：最初沈殿池覆蓋，屋上；運動公園

構造方式：現場打ち一体式 PC 造，RC 造

プレキャスト PC ブロック梁+DT 床版の組立て併用構造

基礎：杭，PC パイル $\phi=400$ ，耐力 $f_a=75$ t/本， $N=173$ 本

規模：建築面積 2 415.4 m²（屋内処理場のみ）

施主：下関市役所都市開発部

* オリエンタルコンクリート（株）福岡支店，建築部長

** オリエンタルコンクリート（株）福岡支店，建築部設計課長，主任

施 工：オリエンタルコンクリート（株）福岡支店
工 期：昭和50年12月～51年10月

3. 設計条件および適合性

当初、臭気対策の覆蓋計画における設計条件として、構造的に直径 29 m の最初沈殿池を跨ぐことのできる大スパン工法、また縦横に走る配管類を移設することなく施工できる工法であった。

そこで、次に列記する工法について、構造、経済性、工期、施工性などが比較検討された。

- ① S造に樹脂（FRP）による構造
- ② RC 構造
- ③ SRC 構造
- ④ PC 構造のうち
 - a：現場打ち一体式
 - b：現場打ち柱、プレキャスト大梁、DT 版の併用
 - c：シルバークール

構造的には、運動公園として必要な盛土約 60 cm を荷重として考慮すること。用途上有機ガスの発生や場所が海岸に近いことによる防錆、耐久性に優れていること。機能上からも耐震壁を設けられないような場合には、地震力に対しても部材の軽量化をはかることが望ましく、亀裂等を生じないものであること。

施設設備の面からは、最初沈殿池の機械や器具の交換のために使用するホイスト、および作業スペースとして梁下の有効高は、5.0 m が必要とされ、かつ処理施設を稼働しながら施工しなければならない点である。すなわち支保工なしで施工ができる構造が要求された。

これらの設計条件を最も満足するものとして PC 構造が選ばれた。

4. 構造計画

(1) 荷重条件

仕上荷重：1 310 kg/m²（防水+盛土 60 cm）

積載荷重：スラブ用 360 kg/m²

柱、大梁用 330 //

地震用 210 //

(2) 柱割、架構計画

構造体や経済性に大きな影響をもつ柱割について、図-1 に示すような四つの案を考えた。

そこで、敷地、埋設物、工期等の条件を全く自由に考える場合には、第1、第2案が構造的に理想と思われるが、当処理場においては、現地の状況や既存の施設を重視し、配管などの都合により第4案が選ばれ、図-2、図-3 に示すような柱割とした。

また、大スパン部分の架構についても、図-4 に示すような形式の比較検討を行った。

A案は、長期曲げ応力が内端で最大となり、応力のバランスが悪く、中央短スパン部分の剛性が大きく地震時応力についても設計上不利となり断面算定が不可能になった。

B案については、短スパン中央にエキスパンションジョイントを設け、単スパンラーメンとし、内、外端の応力を小さくすることができたが、屋上の使用上、雨仕舞の面で問題が残った。

C案は、設計採用案である。

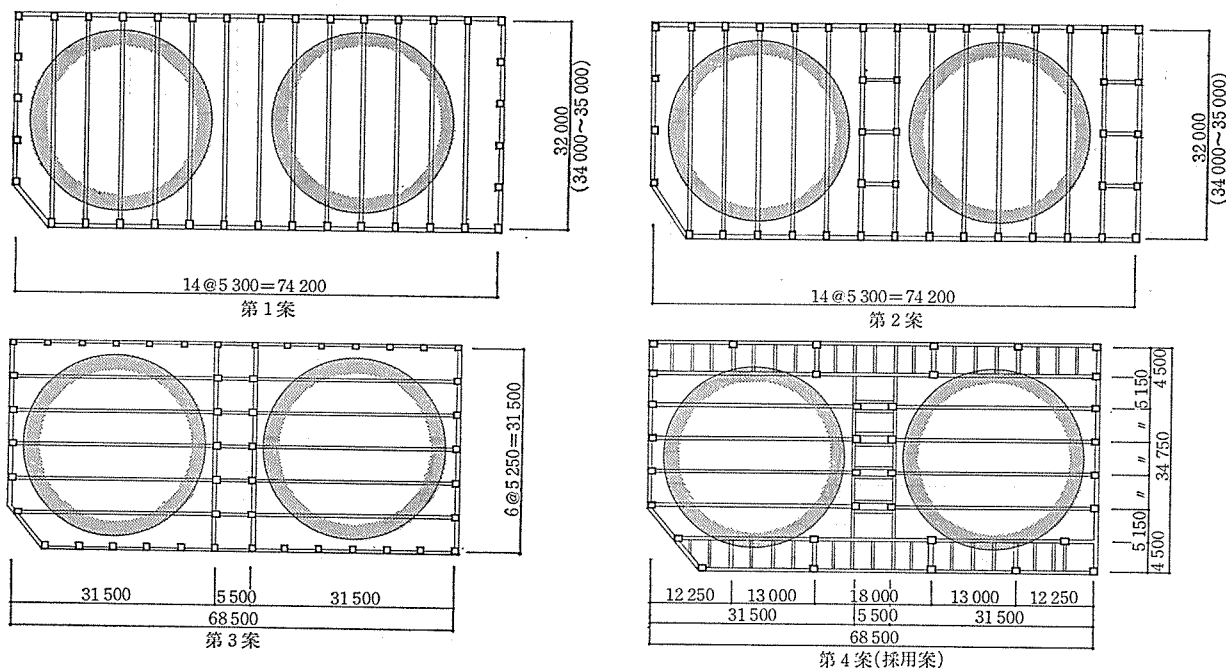


図-1 柱 割

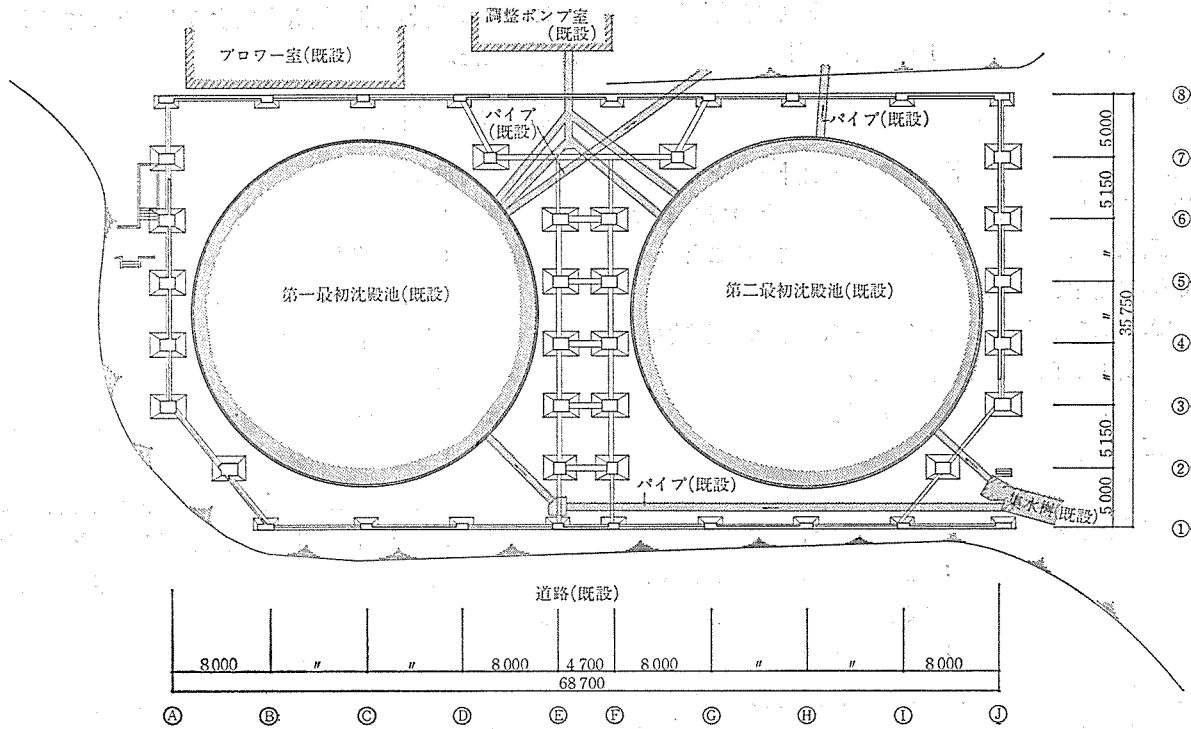


図-2 基礎, 地中梁伏図

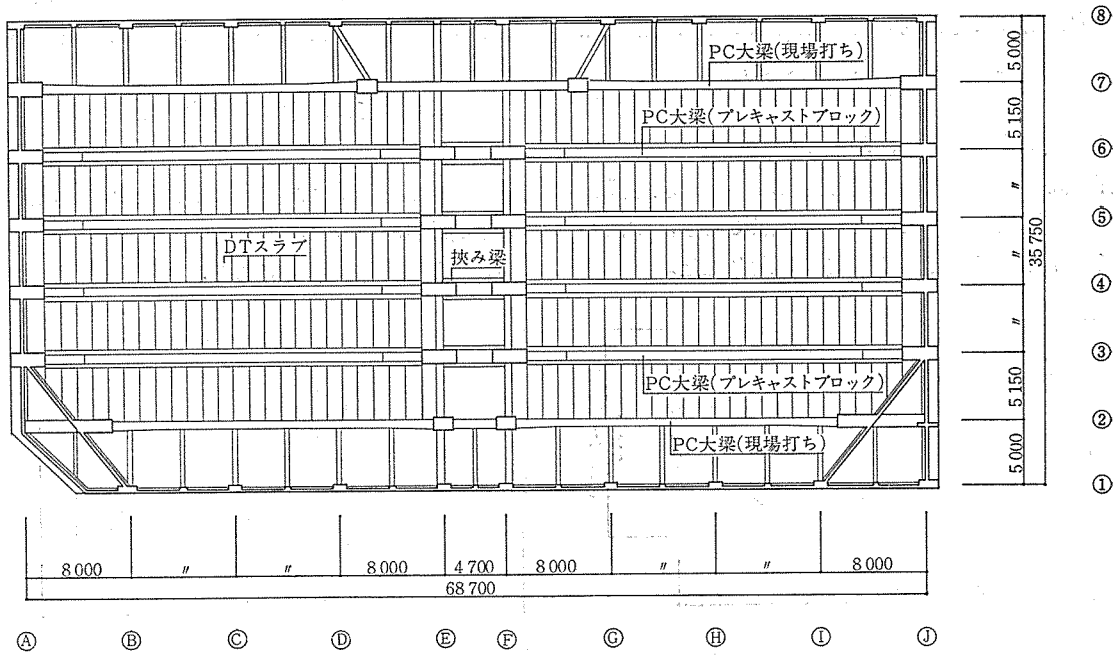


図-3 R 階 梁 伏 図

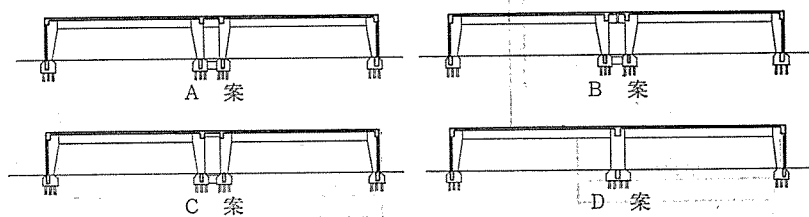


図-4 ラーメン構造の形式比較

短スパン部分の剛度を低下させ（設計では 30×50 の狭み梁とした）、A案の応力上の欠点をなくし、B案の欠点をなくしたものであり、両側の大スパンを一体に結び、特に地震時における水平剛性の向上をはかったものである。

D案は、他の案に比べ鉛直時応力が約 20% 増加し、内端応力は非常に大きな値となり、プレキャスト大梁を使用すると納りが柱頭において悪く不利となった。

また、このラーメン構造において、スパン方向に地中梁が設けられないという条件があり、特に柱には水平反力を小さくする設計が要求され、C案による架構方法にて設計することとした。

施工面からは、支保工の設けられる部分には一体式 PC 造とし、ノーステージングにて施工しなければならない最初沈殿池上部はプレキャスト PC 大梁を採用し、床版については良く品質管理された工場製品（JIS タイプ）の DT 版を使用する併用案とした。

当初、ノーステージング部分の PC 大梁は、一本もののプレキャスト製品を考えていたが、敷地、工程の条件により七つに分割したブロック工法とした。

5. 構造設計

前に述べたように、平面計画、柱割は、図-2、図-3 に示すように、またラーメン形式は 図-4、第 4 案にて

決定された。

ここでは、多数の経験、実績がある現場打ち一体式工法の部分は割愛させてもらい、ブロック工法にて設計、施工した部分について設計概要を述べる。

5.1 使用材料

(1) コンクリート

基礎、地中梁	: $F_c=210 \text{ kg/cm}^2$
柱、梁現場打ち PC 部	: $F_c=400$ //
プレキャスト大梁	: $F_c=400$ //
DT 版	: $F_c=400$ //
後打ち、目地部	: $F_c=300$ //

(2) PC 鋼材

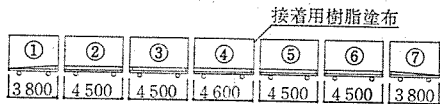
現場打ち PC 大梁	: 9-9.3φ PC ストランド
プレキャスト大梁	: 9-9.3φ PC ストランド
DT 版	: 12.4φ PC ストランド
柱、梁接合部	: SBPR C種 1号 26φ
	SBPD 95/110 呼び径 26φ

5.2 ラーメンの応力解析と施工順序

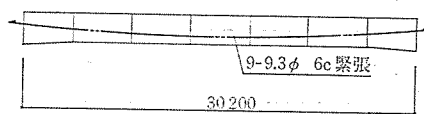
設計にあたり、部材に無理な応力を生じることなく、仮設工事作業の少ない方法を選ぶこととし、ラーメンの応力解析、施工順序を 図-5 に示すようにした。

1) 杭打ち、基礎、地中梁の施工、並行して全長 30.2 m のプレキャスト PC 大梁を 7 ブロック（奇数に分割することが応力的にも良い）に分割し、敷地の条件によ

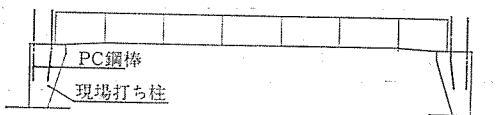
① ブロック梁製作



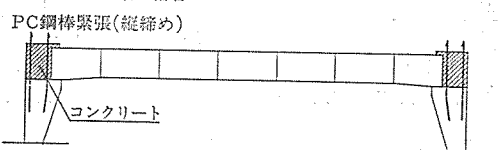
② ブロック梁の結合



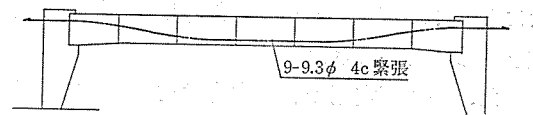
③ ブロック梁の横取架設



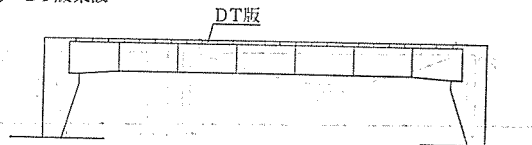
④ 柱とブロック梁の結合



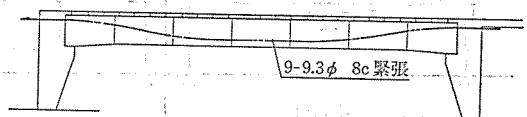
⑤ ブロック梁の横締め



⑥ DT版架設



⑦ ブロック梁の横締め



⑧ 完成

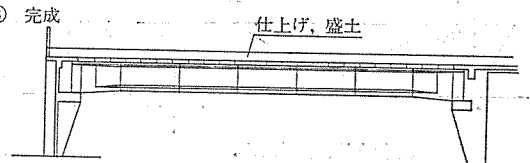


図-5 施工および緊張順序

り現地と離れた場所において地上製作を行い、各ブロックの運搬時には鉄筋コンクリート構造とする。

2) ブロック梁の結合：ブロックを現地に運搬し、あらかじめセットされた重トロ（特殊台車）の上に並べて、接着用樹脂を塗布した後、横締め PC ケーブル 18c 中 6c の緊張を行い一体構造とする。

3) 架設：あらかじめ用意された横移動装置の上を横取りし、現場打ち柱の所定の位置に単純支持にて架設する。

4) 柱と PC 大梁の接合部（隅角部）のコンクリートを打設し、所定の強度を確認したのち、あらかじめ配置された縦締め PC 鋼棒を緊張し、続いて PC 大梁の残り 12c 中 4c を緊張しラーメン構造とする。ここで PC による 1 回目の不静定 2 次応力が生じる。

5) DT スラブの敷設

6) DT スラブ架設終了後残りの 8c の緊張を行い、すべての PC 鋼材の緊張を完了する。2 回目の不静定 2 次応力の発生。

7) 仕上げ、防水工事の施工

8) 盛土の施工

9) 運動施設器具の設置

以上の施工順序に従って、各段階の応力およびラーメン配筋図は 図-6、図-7 に示すとおりである。

図-6 に明らかなように、柱脚でのスラスト力は、躯体完成時には内向きに約 8t、完成後満載時には外向きに 63t となった。この値はプレストレスによる 2 次応力によって、プレストレスを考慮しない場合の約 1/2 の値とすることができた。

また、基礎算定用の軸方向力は約 300t であるが、杭は長期許容耐力 75t/本のもをスラスト力による曲げを

考慮し 6 本打つことにした。また、基礎、地中梁の側面土圧により柱脚の水平力に対処させ安全なものとなっている。

ブロック梁の設計において、従来の一本もののプレキャスト梁と違って考慮したことは、ブロック梁の継目部における設計であり、参考資料として日本道路協会出版の「道路橋示方書、同解説」によった。この示方書はコンクリートの引張応力度を次式のように規定している。

$$1.1 \sigma_0 + 1.2 \sigma_l \geq 0 \quad \text{ここに } \sigma_0: \text{死荷重} \\ \sigma_l: \text{活荷重}$$

注) 上式は昭和 53 年 4 月に改定されている。

しかし、この覆蓋工事におけるブロック梁は、道路橋のような死荷重と活荷重の変動が少ないために継目部において、樹脂を塗布し、ガイドコーン 3 個を設け、残留圧縮として、図-8 に示すように約 10 kg/cm² は確保することとした。

6. 施工について

この覆蓋工事は、現場打ち一体式 PC 造、ポストテンション工法プレキャストブロック大梁、工場製品の DT 床版の各種が組み合わされたものであり、工事期間は、図-9 に概要を示すように冬期を含むものであり全体の工事工程の調整に注意を払った。

(1) PC ブロック大梁の製作

ブロック大梁の製作は、当初一本ものを考えていたが、敷地の都合によりあらかじめ製作しておくことができないために工程上、不利となると思われた。

そこで、現場より 2km 程離れた場所で、ブロックに分割して製作し（型枠、PC 配置、コンクリート打込みは同時施工）、場内へトラック運搬、搬入して一体とする

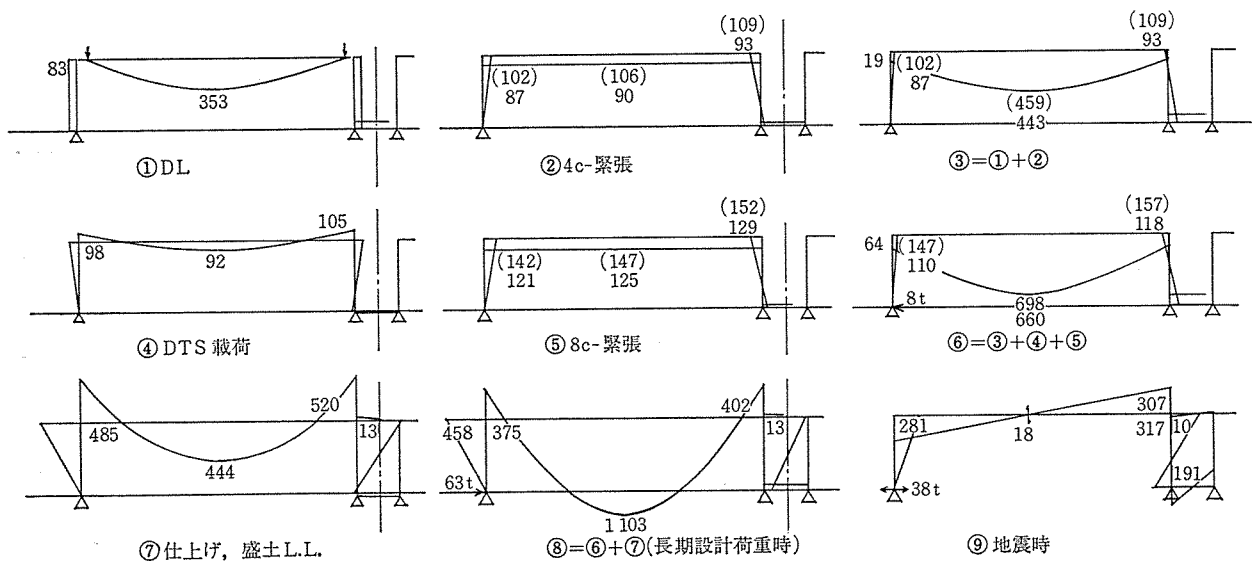


図-6 応力図 [() 内はプレ導入直後]

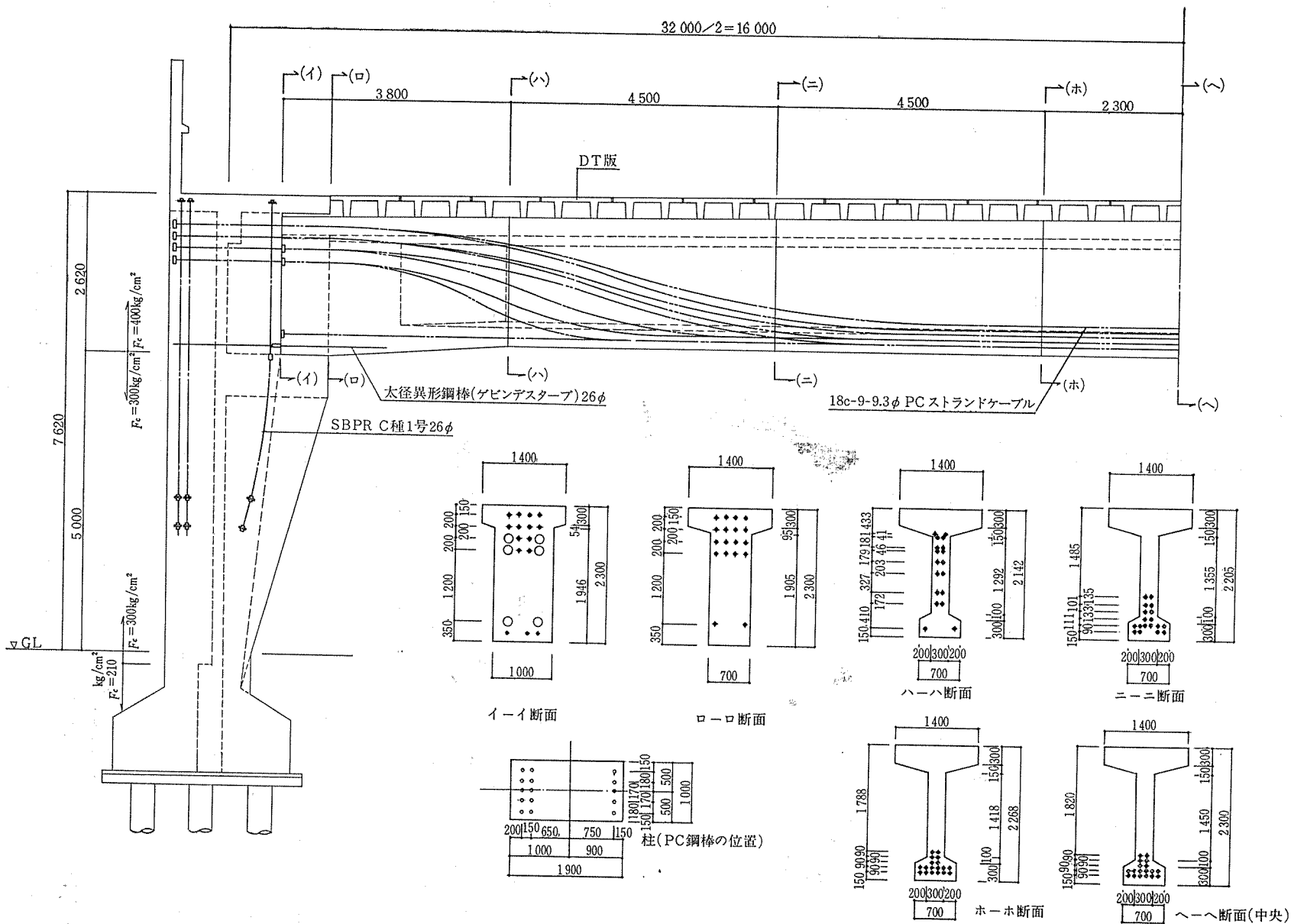


図-7 PC ラーメン配筋図

項目 位置	1) プレ導入時 6c/8c 緊張(残り12c)	2) 4c 緊張時 4c/12c	3) DT 版載荷後	4) 8c 緊張時(合成梁) (全ケーブル緊張完了時)	5) 設計荷重時
目地断面	26.0 18.4	27.5 53.7	38.5 37.7	66.2 56.4 27.7 121.4	100.6 77.5 54.9 15.7
中央断面	26.2 17.8	27.5 52.9	38.7 36.7	54.3 47.8 19.2 134.1	102.6 85.8 61.6 14.1

図-8 各点の縁応力度 (kg/cm²)

項目	昭和50年12月	昭和51年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
準備工	■										
公共汚水去工事	■	■									
土工事			■	■							
基礎工事				■	■						
現場打ち工事					■	■					
PC工事					■	■	■	■	■		
支保工工事					■	■	■	■	■		
ブロック梁工事	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
走行クレーン工事		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
DT版取付け工事					■	■	■	■	■	■	■
塗装工事										■	■
目地工事										■	■
測溝工事										■	■
屋根防水工事										■	■
公共復旧踏切工事										■	■

図-9 工 程 表

日	0	8	16	24	32	36			
現地製作 (36日)		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
ブロック工法 (16日)									

時	8	10	12	14	16	18	8	10	12	14	16	18	8	10	12	
1サイクル	架設	調整	樹脂	緊張			架設	調整	樹脂	緊張			架設	調整	樹脂	緊張
							架設	調整	樹脂	緊張						

図-10 プレキャスト梁の工程比較

方法と、一本ものにて製作した場合との工程上の比較検討を行った。それを 図-10 に示す。

図-10 に明らかなように、ブロック工法の方が約 20 日程短縮できた。

また、ブロック梁の製作にあたり注意したことは、製品の寸法誤差を少なくすることであった。

次にブロック梁の製作工についてその各々を述べる。

(2) ブロック梁の製作工

1) 型枠：木製型枠を使用し表面に亜鉛引鉄板 28# を貼り、型枠は製品の精度が要求されるため、当社集中加工所にて製作加工した。

2) 型枠の組立て：側型枠の組立て、移動は、ガント

リークレーンを使用した。また型枠の目地からはセメントペーストが漏れたりしないように型枠ボルトは強固に締付け、ブロックの仕切板の部分に型枠の目地がくるように配置し、仕切板を側枠に挟んで固定した。固定する場合、左右のずれがないように確認することが必要であった。

3) 仕切板：仕切板はシースが18本と多く通るため、またコンクリート打込みの時のへこみなどを考え、厚さ6mmの鋼板を使用した。

4) 鉄筋：鉄筋の加工はコンクリート打設による変位や被り不足が生じないように注意し、鉄筋の組立てはあらかじめ加工された羽根、スターラップ、袴筋などを結束または、溶接したものを製作ヤードに運搬し組立てた。

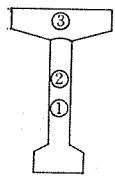
5) シース：シース長は、梁の1ブロック長に製作し、仕切板の所をジョイントシースで連結した。また曲げ上げ位置（反曲点）、高さ、定着点を型枠に明示し、規定高の定規を使って高さを決定した。

6) PC鋼材：シース組立て完了後シースの型崩れ、コンクリート打設時にバイブレーターによるへこみなどでブロック梁緊結時にPCストランドの挿入ができなくなるのを防ぐために、PCストランドを規定本数より2本多く挿入した。

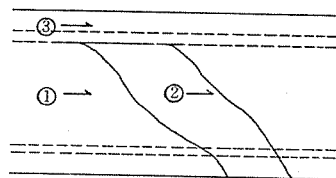
7) コンクリート打設：コンクリートの品質として、レディーミクストコンクリートを使用し、設計基準強度 $\sigma_{ck}=400\text{ kg/cm}^2$ 、スランプ $7\pm 1\text{ cm}$ 、粗骨材の最大寸法は20mmとした。プラントは現地より約45分の所があり、練り混ぜは強制攪拌型ミキサーを用い、運搬時にコンクリート打設を中断しないように運搬車は 6 m^3 車を使用した。

コンクリートの打設は、アジテーターカーにより運搬

中 央



ブロック断面



端 部

仕切板

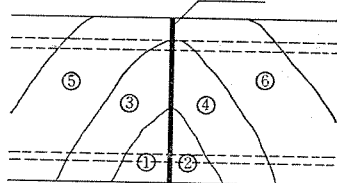


図-11 ブロック梁コンクリート打設順序

し、生コンクリートをガントリークレーンで吊ったホッパーに入れ型枠内に投入した。打込みは図-11に示すように端部より片押しとし、仕切部のコンクリート打込みは仕切板の変形を防ぐために仕切板を境に交互に打込み、締固めを行った。

コンクリート打設後、乾燥クラックの防止として2時間程度の再仕上げを行った。

8) 養生：製作が冬期であったので、従来より行われている方法で、部材をシートで覆い煉炭にて保温する方法をとった。

9) 架設：7個に分割された梁はトラック1台に1ブロック計7台に積み込み現場へ運搬し、あらかじめ用意されたガーダーの上の重トロに載せられ（重トロは上下方向、左右方向に微調整できるようにジャーナルジャッキや油圧ジャッキが装置されている）、レベル、目地などの調整を行い、接着剤を塗布し、各台車をレバーブロックで引きつけ、最初の6cを緊張結合し一本化した。

養生後、横移動に先立って、大梁をジャッキアップして横取り連台に載せ替えて2台のレバーブロックで1時間当たり約5.0mの割で横移動を行い所定の位置に単純支持させ、隅角部のコンクリート打設、残りのPC鋼材の緊張を行い全工程を終了した。その状況を写真-4~9に示す。

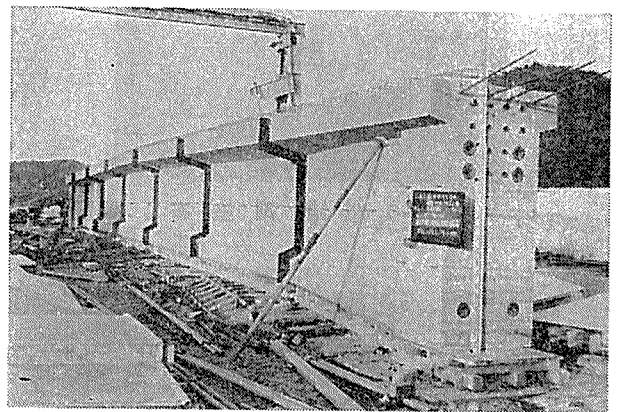


写真-4 ブロック梁製作

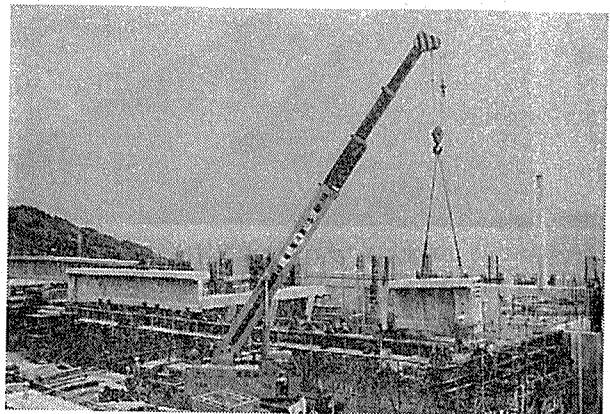


写真-5 ブロック梁吊込み

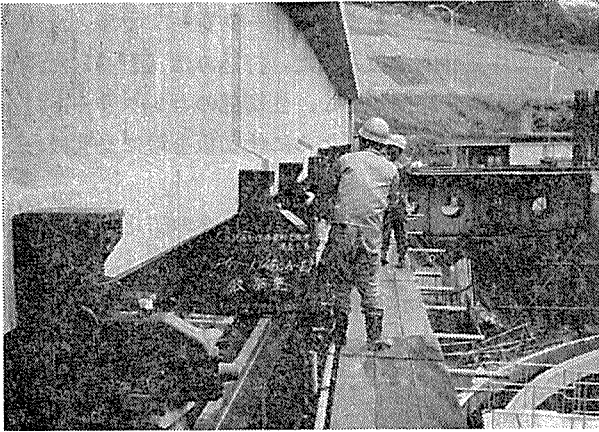


写真-6 ブロック梁ジョイント調整

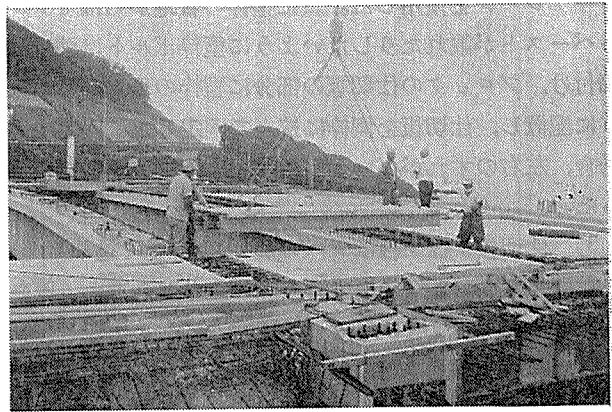


写真-9 DT版架設

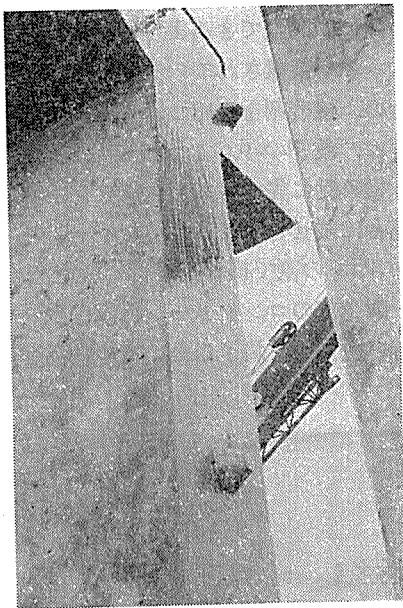


写真-7 接着剤塗布

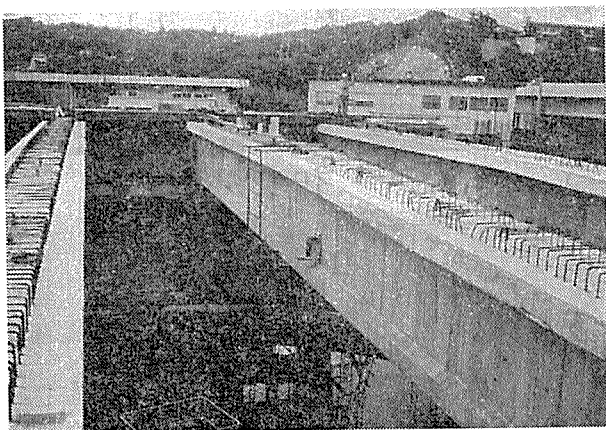


写真-8 ブロック梁据付け

10) 接着剤の選定と材質：この覆蓋工事に用いたブロック梁は、ブロック工法としても部材寸法、規模が大きく、接着剤の可使時間が長く、使用が容易であること、施工時期が梅雨時にあたるため、湿りに強いことが要求された。以前橋梁でブロック工法にて施工した際の資料を基に、二つのエポキシ樹脂系の接着剤を選んで使用した。

	圧縮強度	引張強度	特 徴
ジョーボンド PBC	700 kg/cm ² 以上	200 kg/cm 以上	作業性良好
トーホータイト AC-731	"	"	湿気に強い

6. あとがき

以上覆蓋工事の設計、施工について概要を述べたが、すでに稼働中のものに計画し、施工されたために、建物の構造に重要な役割を持つ柱割について苦心した。ここでPC工法が採用されたことは、種々のPC工法を自由に組み合わせることにより設計条件を満足し、今日問題となっている省資源というものを十分に満たしていると判断されたたまものである。

これからの下水処理場は、今般、問題となっている公害や環境汚染に対処するものとして覆蓋することは、必要欠くべからざるものとなっている。当処理場のように上部をテニスコートなどの運動公園として計画施工されたことにより現在近所の中学校や地域住民に広く利用されていることは非常に喜ばしい限りである。しかしブロック梁のタワミやひずみなどの測定が工程の都合上でできなかったのが残念である。

このように既設のものに自由に覆蓋が行えるPC工法の最大限の活用と理解を望み、将来の参考になれば幸いです。