

西ドイツにおける PC 卵形消化槽の設計・施工

近 藤 富 男*
井 手 口 哲 朗**

1. ま え が き

近年、省資源、省エネルギーの社会的要請に伴い、下水道の分野でも汚泥の嫌気性消化プロセスにおける消化効率やエネルギー回収率の向上をめざす研究がさかんに行われている。この汚泥の有効利用の第一条件は消化ガスを豊富に安定発生させることであり、また、消化槽のメンテナンス性を向上させることである。しかし、現在我が国で主流を占める英米式の円筒形消化槽は、その形状からくる種々の問題点を抱えており、効率は低いのが現状である。

西ドイツでは、消化槽の運転効率の向上をその形状および構造の改善によって対応するという発想から、1956年に世界初の PC 卵形消化槽（フランクフルト、 $V=7500\text{ m}^3$ ）が生まれ、以来その数も 160 基を越え、すべてが順調に稼働している¹⁾。

筆者らは 1982 年 7 月より約 1 年半の間、ミュンヘン市に本社を置く Dyckerhoff & Widmann（ディビダーク）社でその PC 卵形消化槽の設計・施工に関する技術研修の機会を得た。その間、近郊のマンハイム市で丁度ディビダーク式クライミング工法による PC 卵形消化槽の建設工事が始まり基礎から躯体完成まで見とどけることができた。

最近、日本でも注目を浴びている卵形消化槽の特長については各種の下水道関係誌に多数述べられており^{2)~4)}、ここではそのマンハイム市の PC 卵形消化槽を中心にその設計・施工について紹介する。

2. 工 事 概 要

マンハイム市は西ドイツを南北に流れるライン河の中流に位置する工業都市である。そのマンハイム市の人口 40 万人分の下水と人口当量 56 万人分の産業汚水（合計 $250000\text{ m}^3/\text{日}$ ）を処理しているマンハイム市下水処理場には既に $7500\text{ m}^3 \times 2$ 基の卵形消化槽が稼働しており、今回完成した消化槽は同じ形状をもつ 3 基目のものである。

その工事概要は次のとおりである。

- ① 工 事 名：マンハイム第 3 消化槽建設工事
- ② 工事場所：マンハイム市ザンドホッフエン処理場
Franz-Grashof-Straße 5,
6800 Mannheim
- ③ 発 注 者：マンハイム市土木局地域排水部
- ④ 工 期：1982 年 8 月～1983 年 10 月

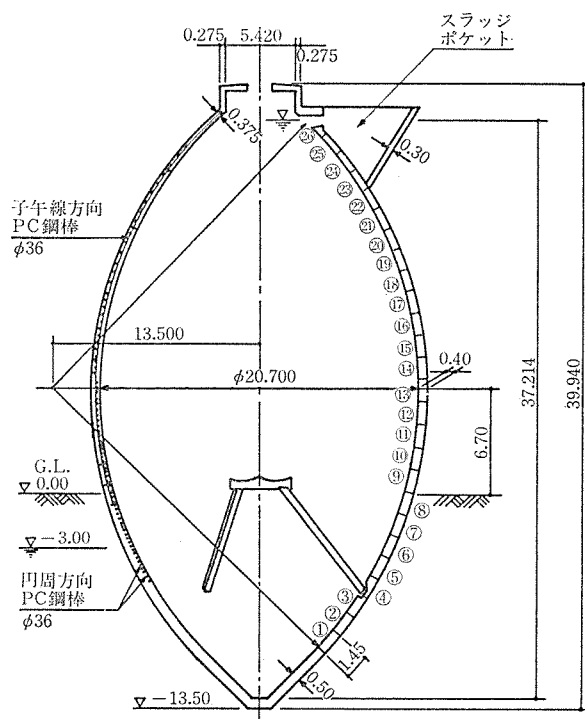


図-1 一般図

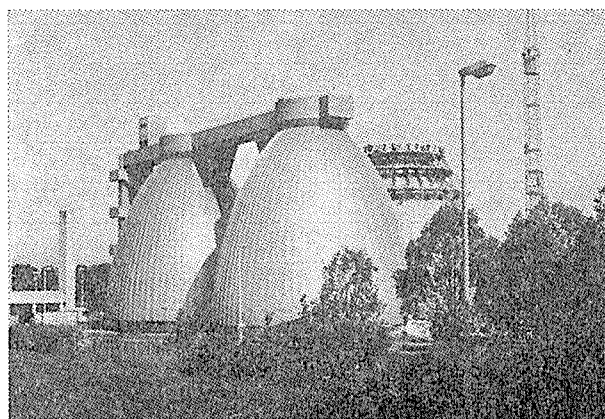


写真-1

* (株) 安部工業所営業本部長代理 (ディビダーク式卵形技術研究会委員)

** (株) 安部工業所技術部主任

報 告

⑤ 工事内容：

形 式；PC 製卵形消化槽
 有効容量；7 500 m³
 基礎形式；直接基礎
 施工法；ディピダーク式クライミング工法
 一般形状；図—1

⑥ 総工費：約3億円

⑦ 施工業者：

設計・施工管理および躯体工事
 Dyckerhoff & Widmann AG
 保温外装工事 Rhein & Mahla
 配管設備工事 ROEDIGER

3. 設 計

3.1 設計条件

設計条件として主なものを表—1 に示す。また、使用材料および荷重については以下のとおりである。

(1) 使用材料

a) コンクリート

コンクリートは下部円錐部から側壁および上部工まですべて同じ配合のものが使用されている(表—2)。強度等級は DIN 1045 に規定された B 35 (一辺 20 cm の立方供試体で $\sigma_{28} = 350 \text{ kg/cm}^2$ 以上) であり、脱型およびプレストレス導入までの養生期間を短くするために早強セメントが使用された。

b) 鉄筋

使用された鉄筋は D 8~D 14 であり、すべて降伏点強度 420 N/mm² 以上のものである (BSt 420/550)。

c) PC 鋼材

側壁部に配置される PC 鋼材には、円周方向および子午線方向ともに $\phi 36 \text{ mm}$ の PC 鋼棒が使用されている。

(2) 荷重の組合せ

表—1 設計条件

項 目	設 計 値	備 考	
汚 泥 比 重	1.1 t/m ³		
最 大 液 深	37.22 m		
保温材および外装材	15.0 kg/m ²		
温 度	内部汚泥	35°C	
	外気温	-20°C	冬期最低温度
	土	8°C	レイ砂層
ク リ ー プ 係 数	$\varphi = 1.77$	DIN 4227	
乾 燥 収 縮 度	$\epsilon_s = 6.5 \times 10^{-5}$	〃	
コンクリートの弾性係数	$3.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$	〃	
PC 鋼材の弾性係数	$1.85 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$	曲げ加工考慮	

表—2 コンクリートの配合 (B 35)

セメントの種類	W/C	空気量	骨 材	コンシステンシー
PZ 35 F (DIN 1167) 早強セメント	42.5%	4%	1 768 kg/m ³	K 1* (DIN 1045)
			0~2 mm 33%	
			2~ 8 15%	
			8~16 28%	
			16~32 24%	
	W : 170 kg/m ³ C : 400 kg/m ³			

* スランプ 8~10 cm 程度

表—3 PC 鋼材の性質

公 称 直 径	36 mm	
公 称 断 面 積	1 018 mm ²	
引 張 強 度	1 230 N/mm ²	
降 伏 点 強 度	1 080 N/mm ²	
許容曲げ半径	弾性曲げ	12.1 m
	冷間加工	5.4 m

設計に考慮されている荷重の組合せは次の 3 ケースである。

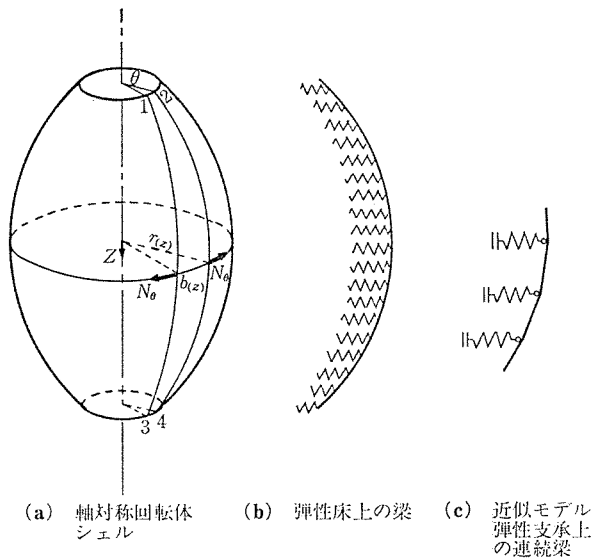
- ① 水張り試験時……自重+水圧+プレストレス+内外温度差 (保温材なし)
- ② 使用時……………自重+液圧+プレストレス+内外温度差 (冬期最低気温時)
- ③ 施工時……………施工状態の自重+クライミング足場荷重+導入直後のプレストレス

施工時の検討では、クライミング足場の上昇に伴って導入されるプレストレスの躯体への影響が検討されており、子午線方向の鉄筋はほとんどがこの状態で決定されている。

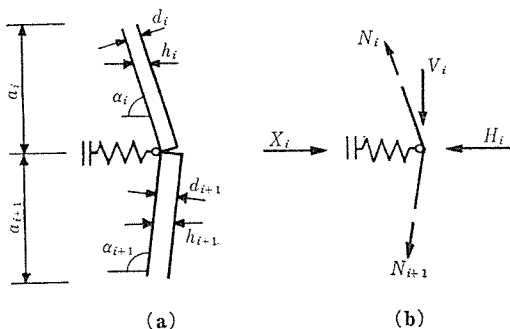
3.2 断面力の算定

構造体は回転体シェルであるが、高さによって回転半径が変化すること、また壁厚が一定でないことから、その代用モデルとしてパネ数および曲げ剛性が一様でない弾性支承上の連続梁を利用し、膜理論を併用しながら断面力の算定を行っている⁵⁾。その概要を簡単に紹介する。

図—2 (a) に示す回転体シェルから 2 つの子午線によって切りとられる 1 枚の板を考える。ここに板の幅は $b(z) = r(z) \cdot \theta$ である。回転対称であることからこの板の両辺 1-3, 2-4 には円周方向力 N_θ が作用し、この N_θ は板を円周方向に弾性支持していると考えられる。これは 図—2 (b) に示すような弾性床上の梁に置き換えることができ、更にこの梁を弾性支承上の折れ曲がった短い梁の集合 図—2 (c) に近似することができる。ま



図—2



図—3

たこの場合、梁どうしは剛結で、バネはヒンジ支承とすることによりシェルのおねじり剛性を無視した膜応力状態に相当する静定基本系を作り出すことができる。

節点 i に外力が作用すると、力のつりあいより部材軸力 N_i および反力 X_i が求められ、これより部材の長さ $l = a_{mi} / \sin \alpha_{mi}$ に作用する $N_{\theta mi}$ は

$$N_{\theta mi} = \frac{X_i \cdot r_i}{b_{mi}} \cdot \frac{\sin \alpha_{mi}}{a_{mi}} \quad (\theta=1 \text{ の時, } r_i = b_{mi}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

また、

$$N_{\varphi i} = N_i / b_i \quad (t/m) \quad \dots\dots\dots(2)$$

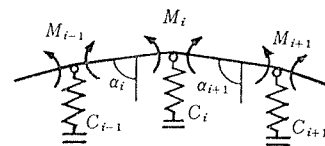
と表わすことができる。ここに m を付記したものは平均値であり、例えば、 $a_{mi} = (a_i + a_{i+1}) / 2$ である。

節点 i のバネの変位 ($w_i = X_i / C_i$) はシェルから切りとった高さ a_{mi} のリングの変位

$$\left(w_i = \frac{X_i}{b_{mi}} \cdot \frac{r_i^2}{E \cdot a_{mi} \cdot h_{mi}} \right)$$

に等しいという条件から、そのバネ定数は、

$$C_i = \frac{E \cdot b_{mi} \cdot a_{mi} \cdot h_{mi}}{r_i^2} \quad (t/m)$$



図—4

となる。

また、連続梁としていることから、代用モデルの各節点には 図—4 のような曲げが生じる。

この曲げは次の変形マトリックスを解くことによって求められる。

$$\delta_{i,i-2} \cdot M_{i-2} + \delta_{i,i-1} \cdot M_{i-1} + \delta_{i,i} \cdot M_i + \delta_{i,i+1} \cdot M_{i+1} + \delta_{i,i+2} \cdot M_{i+2} = \delta_{i0}$$

ここに、 δ は節点 i に単位荷重が作用した時の各節点の変位を表わしており、仮想仕事法に基づいて求められる⁵⁾。これより、

$$M_{\varphi i} = M_i / b_i \quad (t \cdot m/m)$$

$$M_{\theta i} = \nu \cdot M_{\varphi i} \quad (t \cdot m/m)$$

また、 δ_{i0} はシェルの変位 Δr_i によって次のように表わされる。

$$\delta_{i0} = \frac{\Delta r_i - \Delta r_{i-1}}{a_i} - \frac{\Delta r_{i+1} - \Delta r_i}{a_{i+1}}$$

ここに、 Δr_i はシェル理論より

$$\Delta r_i = \frac{r_i}{E \cdot d_{mi}} (N_{\theta mi} - \nu \cdot N_{\varphi mi})$$

であり、この式に式 (1)、(2) を代入して

$$\Delta r_i = \frac{X_i}{C_i} - \nu \cdot \frac{N_{mi}}{C_i} \cdot \frac{a_{mi} \cdot h_{mi}}{r_i \cdot d_{mi}} \quad (m)$$

となる。この式の第一項は代用モデルにおけるバネの変位であり、第二項はシェル理論に基づいてポアソン比 ν を考慮したものであることがわかる。

また、各節点でのせん断力は次式で求められる。

$$Q_{\varphi i,i+1} = Q_{\varphi i+1,i} = \frac{M_{i+1} - M_i}{a_{i+1} \cdot b_{i+1}} \cdot \sin \alpha_{i+1} \quad (t/m)$$

$$Q_{\varphi i,i-1} = Q_{\varphi i-1,i} = \frac{M_i - M_{i-1}}{a_i \cdot b_i} \cdot \sin \alpha_i \quad (t/m)$$

したがって、最初に静定基本系で求められた $X_i, N_{\theta i}, N_{\varphi i}$ に曲げおよびせん断力による影響を加味すると

$$X_i' = X_i - \frac{M_{i+1} - M_i}{a_{i+1}} + \frac{M_i - M_{i-1}}{a_i} \quad (t) \quad \dots(3)$$

式 (1) および式 (3) より

$$N_{\theta mi}' = N_{\theta mi} + \left(-\frac{M_{i+1} - M_i}{a_{i+1}} + \frac{M_i - M_{i-1}}{a_i} \right) \cdot \frac{r_i \cdot \sin \alpha_{mi}}{a_{mi} \cdot b_{mi}} \quad (t/m)$$

また、 $N_{\varphi i}$ にはせん断力の分力を加えて

$$N_{\varphi i}' = N_{\varphi i} + Q_{\varphi i,i-1} \cdot \cot \alpha_i = N_{\varphi i} + \frac{M_i - M_{i-1}}{a_i \cdot b_i} \cdot \cos \alpha_i \quad (t/m)$$

となる。

N_{ϕ}' , N_{θ}' , M_{ϕ} , M_{θ} そして Q_{ϕ} が必要とされる断面力である。

本消化槽の解析にあたっては、直接基礎のため地盤もバネとして評価している。

$$C_j = \frac{r_j \cdot l_j \cdot c_b \cdot \cos \alpha_j}{\cos^2(\alpha_j - \delta)}$$

ここに、 C_j : 節点 j におけるバネ定数 (t/m)

α_j : 部材の傾斜角度

r_j : 節点 j の回転半径

l_j : 部材長さ

c_b : 地盤係数 (t/m³)

δ : 土の内部摩擦角

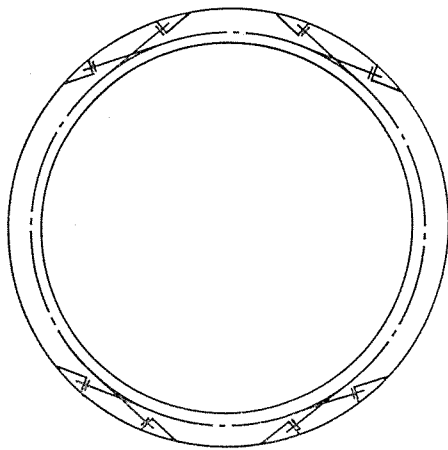
3.3 プレストレス

壁体に導入されるプレストレス量はパーシャルプレストレッシングの概念で決定されており、発生する引張応力度に対しては鉄筋で補い、更にひびわれの検討を行っている。

(1) 円周方向プレストレス

内部汚泥の液圧によって生じるフープテンション（温度荷重なし）を打ち消し、かつ 5 kg/cm² の残留圧縮応力度が生じるように計算されたプレストレス量と、破壊状態における液圧荷重の安全率を 1.75 として計算された所要プレストレス量とを各断面毎に対比し、安全側の値により PC 鋼材の所要本数を決定している。

円周方向の PC 鋼棒は中心角 180° の 2 本で 1 段を構成しており（図—5）、壁 4 段目～壁 24 段目に計 76 段が配置されている。計算上は、より上段にも更に数段を必要とするのだが、曲げ半径が規定の $R_{min}=5.4$ m 以下となるため配置できず、壁 23, 24 段目の鋼材本数を増すことにより対処している。図—6 には液圧および円周方向プレストレスによる円周方向断面力を示す。これに使用時の内外温度差による断面力を合成すると、下方で

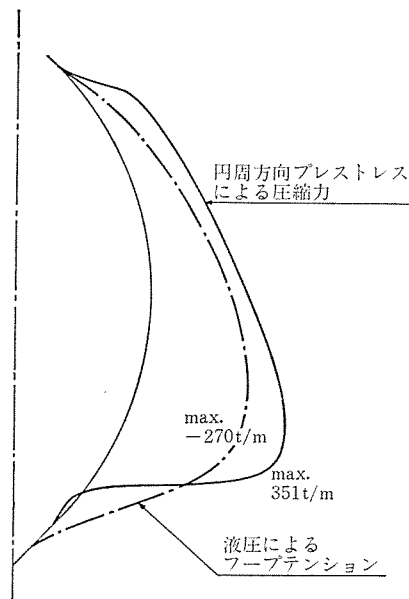


図—5 円周方向 PC 鋼棒の配置例

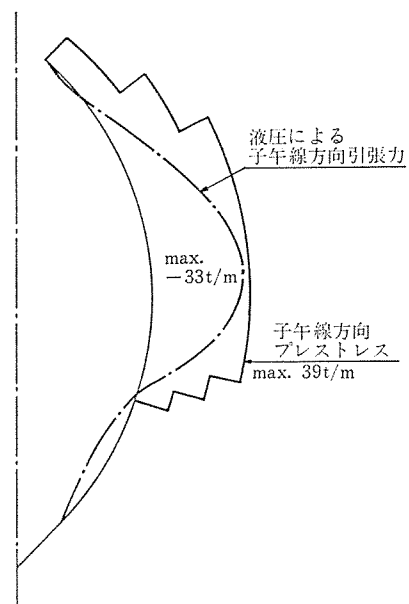
最大 22.9 kg/cm² の曲げ引張応力度が発生するが、これは許容応力度 44 kg/cm² (DIN 4227, Tabelle 9 および H. Rüsck 著“コンクリート引張強度の特有値の誘導”⁶⁾ より) を十分満足した値である。

(2) 子午線方向プレストレス

本消化槽は下端から壁上端まで経線が連続した構造のため、常時荷重による子午線方向曲げモーメントは比較的小さい。したがって、子午線方向のプレストレス量は液圧によって生じる子午線方向の軸引張力に対して決定されており（図—7）。φ 36 mm の PC 鋼棒 36 本が壁 8 段目～最上段に 12 本ずつの 3 段に間引き配置されている。使用時に発生している子午線方向の最大曲げ引張応



図—6 円周方向断面力



図—7 子午線方向断面力

力度は、下方で 13 kg/cm^2 ($< 44 \text{ kg/cm}^2$) である。

3.4 ひびわれの検討

ひびわれ幅の検討には Rüschi の式⁷⁾ および Rehm-Martin の式⁸⁾ が用いられている。

Rüschi の式

$$w = \frac{0.9 \sigma_s^2}{4 \cdot \tau_1 \cdot E_s} \cdot \phi$$

ここに、 τ_1 は鉄筋の付着応力度であり、文献 9) より次式にて求められる。

$$\tau_1 = 0.55 \cdot \sigma_c \cdot \delta^{0.16}$$

(δ : Falkner の実験による鉄筋の抜け出し量)

Rehm-Martin の式

$$w = (4 + 0.0025 \cdot p/\phi) \sigma_s [1 - (3/p \cdot \sigma_s)^2] \times 10^{-6}$$

ここに、 ϕ : 鉄筋径

p : 鉄筋比

これらの式によると、最大ひびわれ幅 w_{\max} は 0.07 mm および 0.08 mm で 0.1 mm 以下の単純ひびわれであり、鉄筋の腐食への影響はなく、また容器としての水密性も十分に保てるとしている。更に、DIN 1045, 17.6.3「ひびわれ発生減少」に従い“水密性について特に高度な要求がされる構造物”としての比較引張応力度の検討も行っている。

4. 施 工

4.1 実 施 工 程

当初の工程計画では工期 1 年の予定であったが、雪の影響やライン河の氾濫に伴う骨材供給不足等の理由で延べ 1 か月半の作業中断があり、また夏期の長期休暇も含めて最終的には約 15 か月を要した。

表-4 に実施工程を示すが、完全週休 2 日制および長

表-4 実 施 工 程

工種	1982					1983											
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
掘削およびモルタル吹付け工	■	■															
円錐部工 (下部直線部のみ)			■														
側壁工			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
地下管廊工																	
上部工																	
水張り試験																	
保温および外装工																	
配管設備工																	

■ は作業中断期間

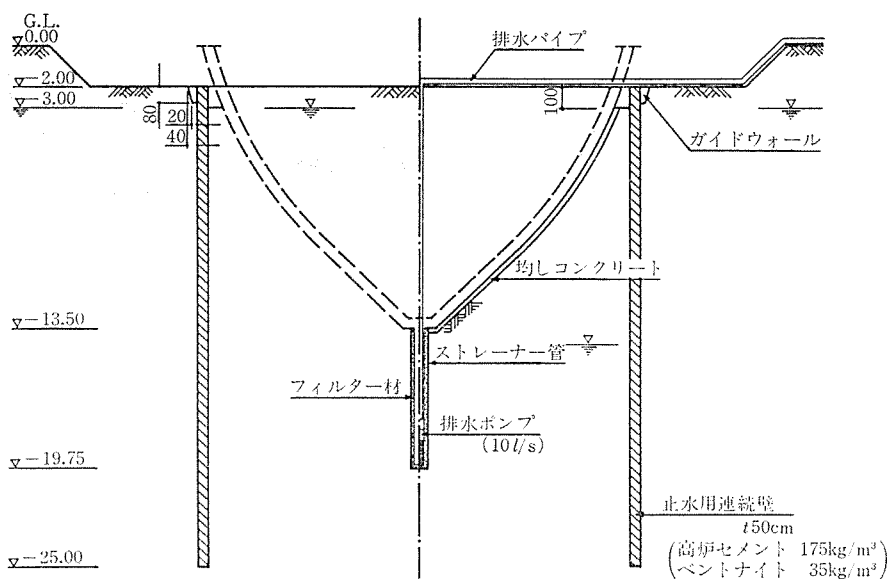
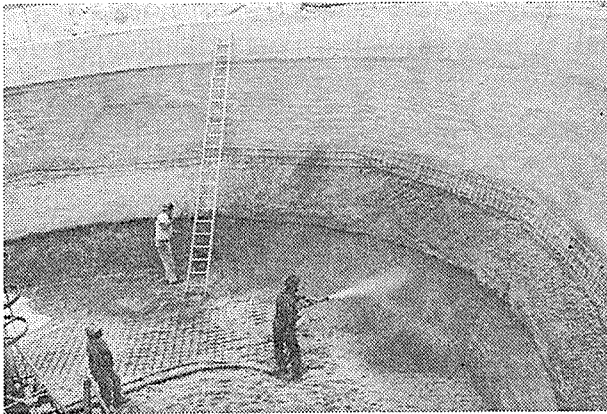
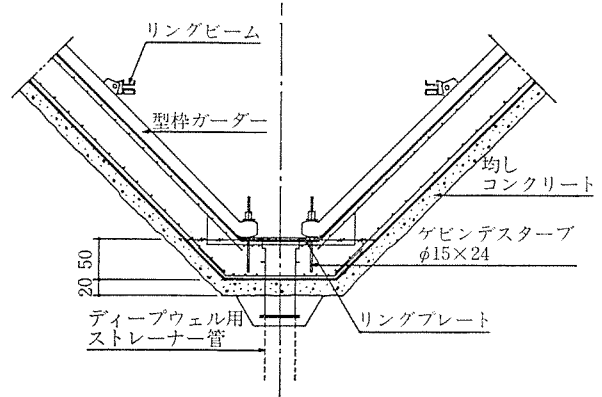


図-8 基礎掘削のための止水およびディープウェル工



写真—2



図—9 円錐部の施工

期休暇を考慮すると実質稼働率は約 50% でしかない。

4.2 掘削およびコンクリート吹付け工

消化槽建設現場の地質は地表面下約 20 m まで安定したケイ砂層、 $-20\text{ m} \sim -23\text{ m}$ に硬質粘土層、 $-23\text{ m} \sim -27\text{ m}$ に再びケイ砂層であるため、根掘り深さ 13.5 m の直接基礎形式が選ばれた。しかし、地下水位が G.L. -3 m と高いため、円錐部の掘削に先立って、まず消化槽を囲むように深さ 25 m、厚さ 50 cm の止水用連続壁が設けられ、その後消化槽中央位置の深さ約 20 m にディープウェル工（排水能力 $36\text{ m}^3/\text{h}$ ）が施された（図—8）。連続壁用のガイドウォール（RC）の形状は、円錐部上部の土留めも兼ねて台形となっている。

円錐部の掘削はバックホーを用いて行われたが、1 m 掘り下がる毎に土留めのためのコンクリートが吹き付けられた（写真—2）。この吹付けコンクリートは地中部の消化槽躯体の均しコンクリートも兼ねるため精度よく吹き付けねばならず、そのため厚さ 12 cm と 8 cm の 2 回吹付けとし、2 層めには $\phi 7\text{ mm}$ (@ 150×150) の溶接金網が配置された。

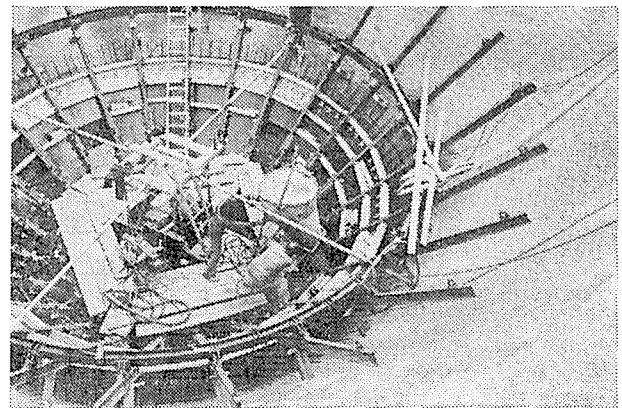
4.3 下部円錐部工

消化槽の地中部分のうち、下方の直線部分 ($l=4.5\text{ m}$) はディビダーク式円錐部用型枠ガードを用いて施工された。この型枠ガードは子午線方向の H 鋼 24 本とコンクリートの側圧に抵抗する 2 本の剛性リングビームよりなり、下端は型枠の浮き上がり防止のために、前もって打設されている底版 ($t 50\text{ cm}$) のアンカーボルトに固定される（図—9）。

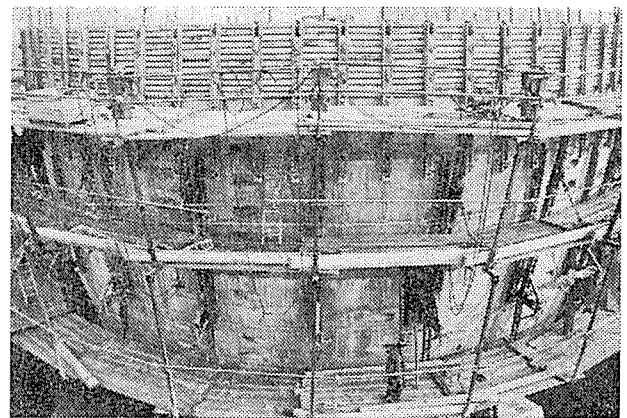
せき板 ($t 21\text{ mm}$) は H 鋼のピッチに合わせて高さ 50 cm の台形に加工されており、H 鋼のフランジ間にはめ込まれた後、栈木および楔で簡単に固定される。

コンクリートの打設にはバケットが用いられ、せき板をはずしておいた数か所の開口部からうず巻き状に打設される。

4.4 側壁工



写真—3



写真—4

側壁は 1 段が 1.45 m のリング状水平分割で地中部 7 段、地上部 20 段の計 27 段で打ち上がる。

円周方向と子午線方向の両方に曲線をもつ側壁部の施工には、油圧によって上昇する作業足場と、簡単に角度の調整ができる特殊型枠を用いるディビダーク式クライミング工法が使用された。クライミング足場は、周長の変化に対応するよう 24 基の独立したフレームで構成されており、集中コントロールによる同時上昇のほか、個々にも上昇できるようになっている。作業用プラットフォームは全部で 3 段あり、これは壁の 5 段分に相当す

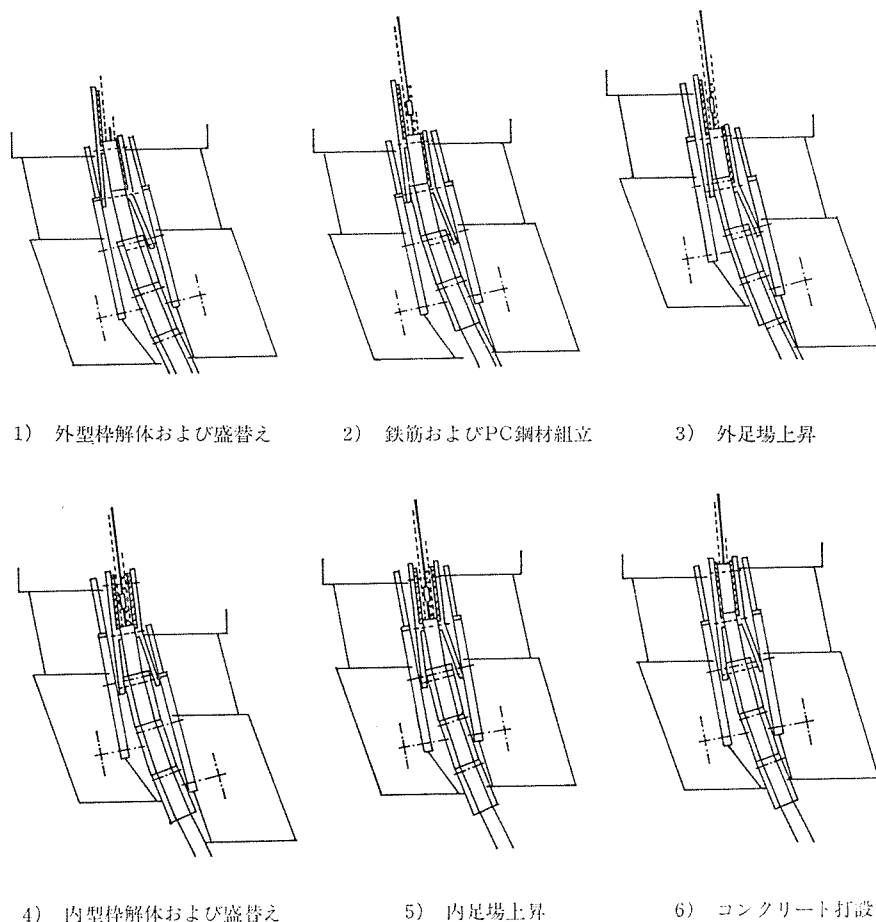


図-10 側壁部の施工手順

表-5 側壁工 1 サイクルの工程

工種	日程	第 1 日目			第 2 日目			第 3 日目		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
型枠解体および組立		■	■	■						
足場上昇					■	■	■			
鉄筋およびPC鋼棒組立					■	■	■			
コンクリート打設								■	■	■
緊張およびグラウト					■	■	■	■	■	■

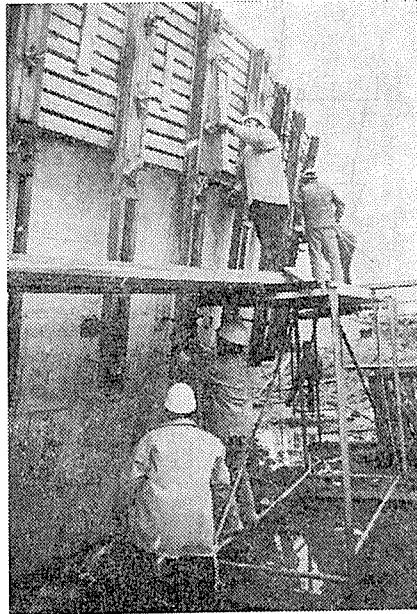
る。その最上段および中段では前ブロックの脱型から新ブロックのコンクリート打設までの一連の作業を、そして最下段では緊張・グラウト、箱抜き部跡処理および木コン処理等が行われる。

型枠は写真-4のように鋼製型枠ガーダーと、隣接するガーダー間に落とし込むせき板からなっている。塗装合板 (t 12 mm) に栈木を打ちつけた見るからに頑丈なせき板は、中央球殻部では最高 11 回もの転用を行っており、その場合、各段毎の周長の差はガーダーとせき板の重ねしろで調整される。

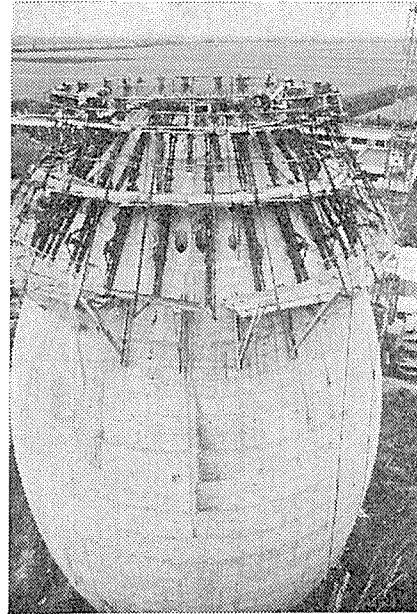
図-10 および表-5 に作業 1 サイクルの工程を示すが、作業性を考え最大直径部より下側ではこの図のよう

に外側を先行させ、逆に上側では内側を先行させている。したがって、PC 鋼材の配置も最大直径部を境にして内外の位置が逆になっている。

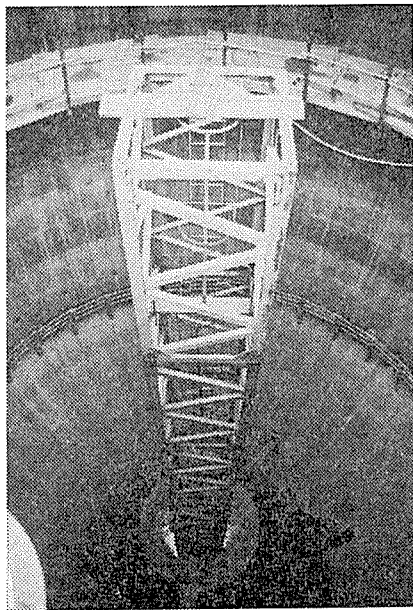
作業は鉄筋工を除いてすべて同じ作業員によって行われるため、作業員は大工から薦、土工までのすべてをこなす万能作業員であり、イタリア・トルコ等からの外人労働者を除けばそのほとんどが職業学校やマイスター制度で訓練された熟練工である。余談ではあるが、彼らはすべて元請け業者直轄の職人であり、見習い工として 3 年間の実務訓練の後、試験に合格しなければ一人前の職人として認められない。生コンの受け入れ試験、供試体の製作・養生まで作業員の手で行われているほどである。



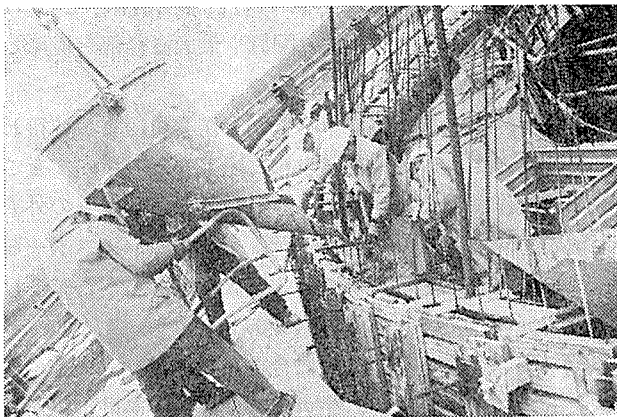
写真—5



写真—8



写真—6



写真—7

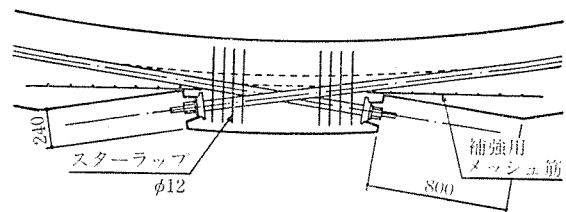
壁体のコンクリートはバケツを用いて打設される。壁上方の比較的傾斜したブロックでは、その打継部も斜めになるため現場合わせの押え型枠が使用されている(写真—7)。この壁枠には前もって表面凝結遅延剤が塗布されており、その後のレイタンス処理を容易にしている。なお、レイタンスは高圧水によって取り除かれている。

4.5 PC 工

円周方向の PC 鋼棒は、ブロック毎に変化する半径に合わせて前もって現場にて曲げ加工される。その後シースに通され定着具を取り付けた鋼材はクレーンにて水平に吊り込まれ、所定の位置に固定される。定着部は図—11 に示すような箱抜き構造であり、特殊型枠と専用ポケットフォーマーを使用することにより曲げ上げ角度や同一ブロック内での鋼材長さの変化にも対応できるようになっている。

子午線方向の PC 鋼棒は曲げ半径が $R=23.85\text{ m}$ とゆるやかなため、現場での弾性曲げによってその位置が決められている。

PC 鋼棒は原則としてクライミング足場の上昇に伴って緊張されてゆくわけであるが、壁 12 段目より下方に配置されている円周方向 PC 鋼棒は躯体完成後に緊張さ



図—11 円周方向 PC 鋼棒の定着部詳細

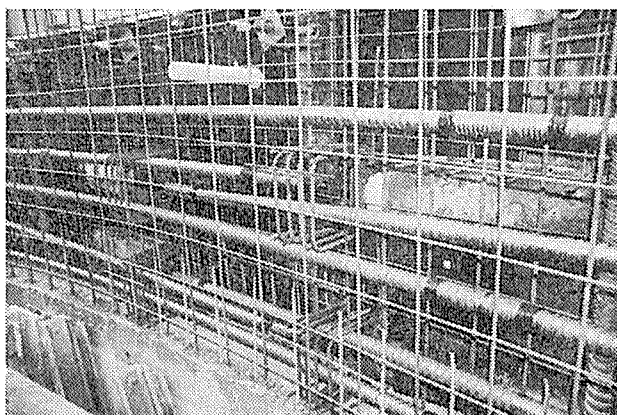
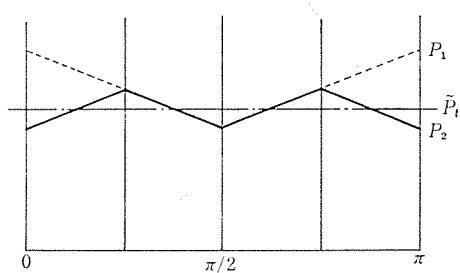


写真-9



P_1 : 緊張時導入力
 P_2 : 定着時導入力(引戻し後)
 \bar{P}_1 : 平均導入力

図-12 円周方向の緊張力分布

表-6 グラウトの配合

セメント (PZ 45 F)	50 kg
水	19 l
W/C	38%
膨張剤 + 減水剤 (EH; Tricosal 108)	0.5 kg

れた。これは、壁7段目までの地中部の緊張作業は定着部周辺を掘削して行わねばならず、施工の途中ではまだ地下水位が高いために作業ができないからであり、また、壁8段目～壁12段目については最初の施工段階でプレストレスを与えると子午線方向に大きな曲げが生じるからである。

PC鋼棒の緊張力は伸びによって管理されている。その伸びはカウンターに表示される定着ナットの回転数と更に緊張前後のPC鋼棒の突出長の測定によって検査される。また、円周方向の緊張力分布をより平均化するために引戻し定着が行われている(図-12)。

緊張作業に引き続いて、シース内への水通しによる洗浄(コンプレッサー使用)およびグラウト作業が行われる。表-6にグラウトの配合を示すが、これは春期(5月)のものであり時期によって変化することはいうまでもない。

4.6 スラッジポケット工



写真-10

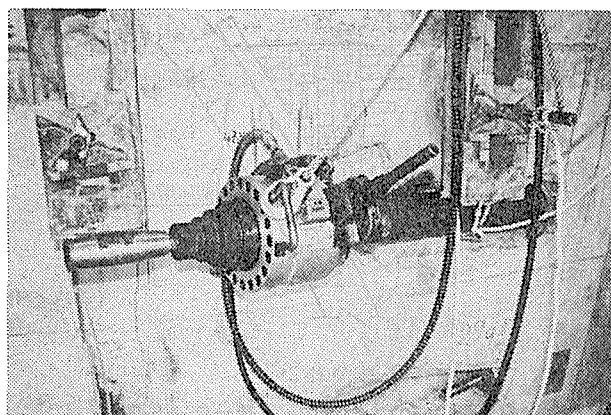


写真-11



写真-12

スラッジポケット(全高5.7m)は、高さ方向に3段に分けて施工された。第1ロットは図-13に示すような型枠が組まれたが、第2、第3ロットの背斜面用型枠には高さ30cmの木製I形ビームが使用され、このビームは第1ロットのアンカー(セパレーター)および水平方向のゲビンデスターブφ16mmによって固定された。また、側壁用型枠の広がりを押さえるためには図-13(b)にあるように躯体用のセパレーターと角材が利用された。

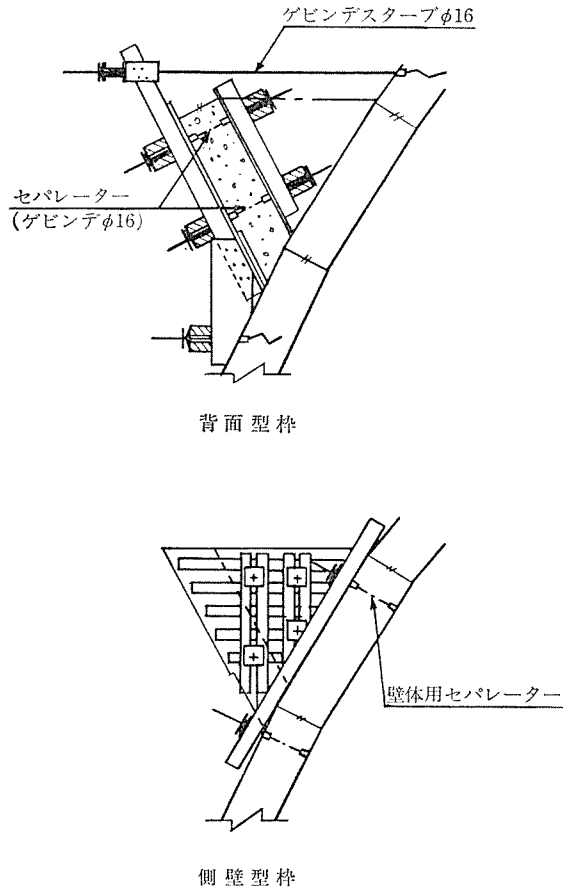


図-13 スラッジポケット第一ロット型枠

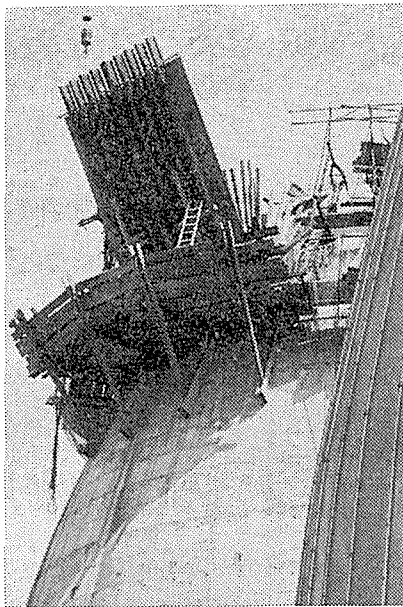


写真-13

4.7 保温および外装工

躯体完成後1週間の水張り試験が行われ、それに合格した後で保温材および外装材の取付け工事が行われた。保温材は地上部については10cm厚のミネラルウールが使用され、また地上部と地中部の急激な温度変化をさけるためにG.L.±1.5mには厚さ8cmのスタイロフォーム

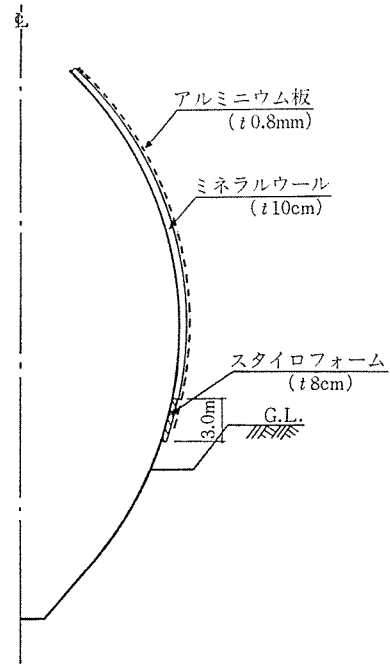


図-14 保温および外装工

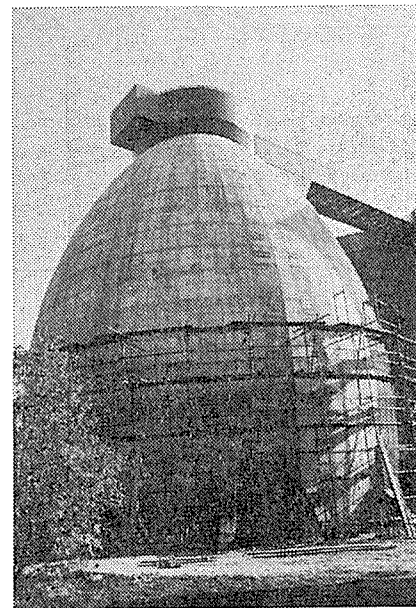


写真-14

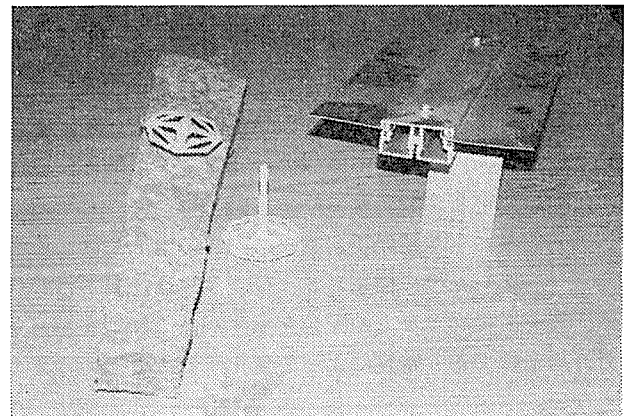


写真-15

ームが取り付けられた(図-14)。

外装材は0.8mm厚のアルミニウム板で、上から下まで全く継目のない1枚板(幅25cm~90cm)となっている。

5. あとがき

西ドイツのマンハイム市における7500m³ PC卵形消化槽の設計・施工に関してその概要を紹介したが、その後の情報によると'84年3月より運転を開始し順調に稼働しているとのことである。

今後、PC卵形消化槽の日本での採用にあたっては、まず設計に関して、地震時の安全性の検討、軟弱地盤における基礎構造の選択など我が国特有の種々の検討が必要とされ、また施工については、作業員の熟練度や使用鋼材の増加に伴う1作業サイクルの工程管理、更にクライミング工法使用に伴うより一層の安全管理が必要であると思われる。

参 考 文 献

- 1) H. Bomhard : Faulbehälter aus Beton
鈴木素彦訳：下水道用PC消化タンク，プレストレストコンクリート，Vol. 24, No. 3, 1982
- 2) 環境技術，Vol. 12, No. 4, 特集“わが国における嫌気性消化のあり方”
- 3) 環境技術，Vol. 13, No. 2, 特集“下水・汚泥の処理処分に関する海外調査団報告”
- 4) 日本下水道事業団編：下水汚泥広域処理処分事業にかかる技術開発に関する調査報告書(昭和56年度)
- 5) U. Ackert, H. Kreuzinger : Numerische Berechnung von Rotationsschalen unter rotationssymmetrischer Last, Der Bauingenieur 46 (1971), Heft 6
- 6) H. Rüsck : Die Ableitung der charakteristischen Werte der Betonzugfestigkeit, Beton 2/1975
- 7) H. Rüsck, D. Jungwirth : Stahlbeton und Spannbeton, Band 2
- 8) G. Rehm, H. Martin : Zur Frage der Rissbegrenzung im Stahlbetonbau, Beton- und Stahlbetonbau 8/1968
- 9) P. Noakowski : Die Bewehrung von Stahlbetonbauteilen bei Zwangsbeanspruchung infolge Temperatur, DAfStb, Heft 296

【昭和59年5月10日受付】

◀刊行物案内▶

第23回研究発表会講演概要

体 裁：B5判 62頁

定 価：1500円 送 料：250円

内 容：(1)高強度PC鋼より線の諸特性について、(2)PC鋼材定着部の終局強度設計法に関する基礎的研究、(3)逆対称曲げをうけるアンボンドPC梁の曲げ解析、(4)アンボンドPC梁断面の曲げ破壊耐力略算法について、(5)横拘束コンクリートによるアンボンドPC部材の力学的性質改善、(6)PCⅢ種の鉄筋応力の測定、(7)緊張管理に関する統計的考察(1)、(8)同前(2)、(9)プレストレストコンクリート部材の変形性状に関する研究(そのⅣ変形性状の定量化)、(10)同前(そのⅤ既往の設計式との比較検討)、(11)矩形開口を有するプレストレストコンクリート部材の強度と変形性状に関する実験的研究(その1無補強部材の性状)、(12)同前(その2補強部材の性状)、(13)PC版の耐衝撃性向上に関する研究、(14)円形スパイラル補強筋を用いたプレストレストコンクリート住宅(その1設計について)、(15)同前(その2実験的検討)、(16)PCR工法の結合部に関する実験、(17)PRCはりの長期曲げ性状について、(18)「特別講演」設計者の意図とPCの基本(省略)、(19)滑りゴム沓及びソールプレートの各種確認試験、(20)SPC合成構造による三郷浄水場、(21)プレストレストコンクリート造円筒壁の水平加力実験、(22)長大ケーブルのグラウト注入試験、(23)低温下に於けるRCおよびPC円環体の熱応力に関する研究、(24)セグメントによるトンネルライニングの緊張システムの開発、(25)バイプレ方式によるPC桁の設計について、(26)400tディビダークストランド工法の開発、(27)PCボックスカルバートの設計施工、(28)門崎跨道橋の設計施工の概要とたわみの測定結果、(29)豊後橋の施工について