

菊名下水処理場電気機械室新築工事の設計と施工について

*佐藤 博 **渡辺 健
**石橋 重徳 **大島 幸

1. ま え が き

人口の都市集中化に従い各都市は多くの問題をかかえることになる。下水処理の問題はそのひとつであり、都市として当然備えるべき機能と考えられ、その設備の増新設は目ざましいものがある。これから述べる建物は、横浜市下水道局が市の北方 7 km 離れた港北区太尾町に建設する下水処理場の電気機械室である。

本建物の機能的性格を大別すると次のように分類できる。

- 1) 作動グループ：ポンプ室・送風機室
- 2) エネルギーグループ：電気室・自家発電室
- 3) 管理・運営グループ：操作室・管理室

この建物の性質からその設計にあたり特に考えたのは

化学的な有機物の発生と、非常に大きな動力ポンプの設置の点である。以上のことより耐食性のある材料であること、かつ大張間構造で大空間を作りうることは必須条件であると考えた。

以上の条件よりプレストレスト コンクリート構造の採用がもっとも適切だと考えた。

ここに、現在施工中ではあるが、地上 P C 部分の設計と施工の概要を報告する。

2. 建 物 概 要

工事名：菊名下水処理場電気機械室新築工事

建設地：横浜市港北区太尾町 1805 番地

用 途：下水処理場電気機械室

構 造：プレストレスト プレキャスト組立構造

規模：P C 部約 2 620 m² コア一部 300 m²

施工主：横浜市下水道局

設計監理：横浜市建築局・株式会社国建築事務所

施工業者：前田建設工業株式会社

清水建設株式会社

P C 部施工：オリエンタルコンクリート株式会社 建築支店

工 期：昭和 45 年 4 月～9 月

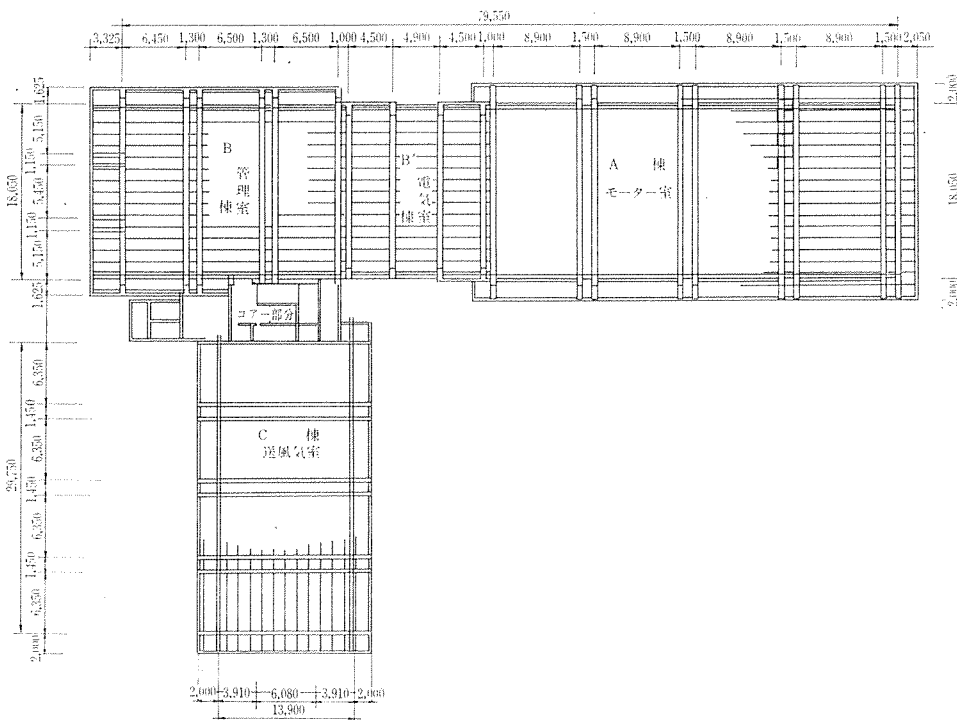
3. 設 計 概 要

この建物は次の各棟より構成されている。

A 棟の用途はモーター室で平面 18.0×41.6 m で、階高 13.0 m の平家

プレストレスト コンクリート

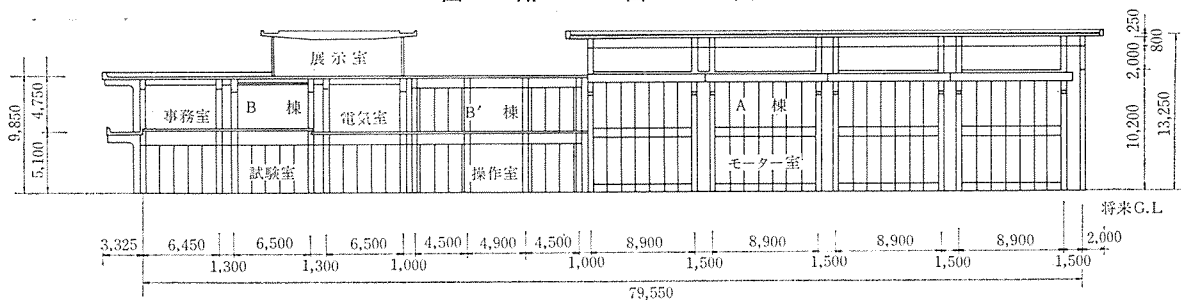
図-1 屋 根 は り 伏 図



* 国建築事務所

** オリエンタルコンクリート(株) 建築支店

図-2 断 面 図



建で吊荷重 25 t の走行クレーンを設置している。

B棟は電気室、管理室で 18.0×38.0 m で 2階建の上部に一部鉄骨造の展示室がのっている。

C棟は送風気室で 14.0 m×30 m で平家建である。

以上の主構造材は A, B, C 棟がプレストレストプレキャスト組立構造でコア部分はRC構造である。

以上は 図-1, 図-2 参照のこと。

4. 構造概要

この地盤は非常に悪いため上部構造体は軽量化が望まれる。また、階高が高いことと先の条件を考え合せプレストレストプレキャスト組立構造を採用することにした。

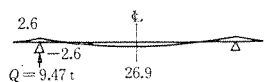
これらの構造は地下RC造の上に建ち上るもので、その柱脚はほとんど固定とみなしうるものとなった。以下各棟ごとにその構造計画について述べる。

A棟の構造は折込付図に示すとおりで、張間方向の設計は現場打独立柱を施工する。柱はプレキャスト案も考えてみたが、下部RC造との取合いがうまくいかず結局現場打ちとした。PC大ばりは現場内の空地で併行して製作し、のちシンプルビームの状態に柱頭に架設。あらかじめ工場で製作したダブルTスラブ(18.0 mの内側のみ)もシンプルビームの状態に架設、次に柱頭のPC鋼棒を緊張剛結しラーメン構造としたのち、桁行方向ダブルTウォールおよび桁行大ばりを架設して張出し部ダブルTスラブを架設、最後に仕上げを行なう。地震力はもちろんラーメン構造と考える。以上の応力を段階別に図示すると 図-3のとおりである。

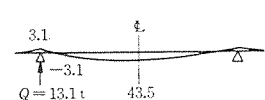
図-3 A棟張間方向応力図

(A) 鉛直曲げモーメント (単位: tm, t)

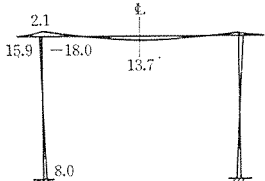
1) PC大ばり自重



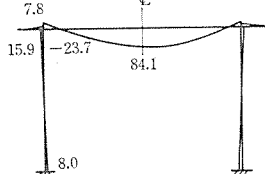
2) D.T.S荷重



3) 防水仕上+積載荷重



4) 設計荷重



(B) 地震時曲げモーメント

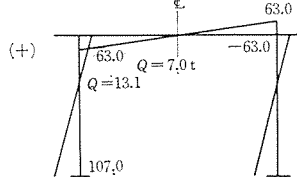


図-4 純ラーメン構造と考えた場合

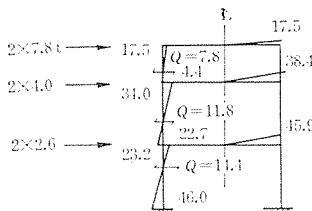
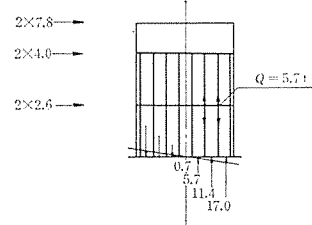


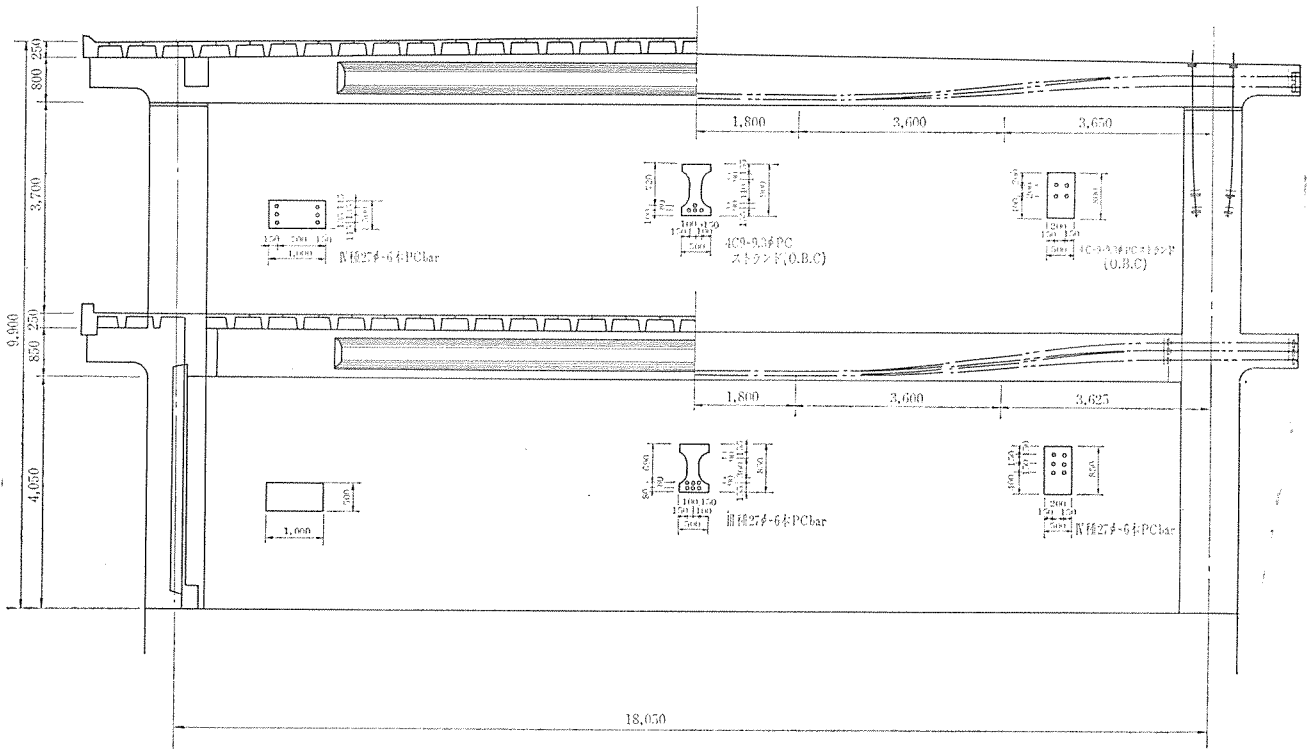
図-5 DT版を耐震構造と考えた場合



桁行方向の設計は、まず架構の構成から述べると、現場独立柱の間にリブ付きD.T.Wをならべ、目地モルタル詰を完了後PC鋼棒にて締付け一体としたものであることから考えて、一つはD.T.Wのリブを大ばりと考えた純ラーメン構造として考える。その場合の応力は 図-4のとおりで、それについて柱、大ばりを設計する一方D.T.Wが、耐震壁の働きをした場合、すなわち、水平力を受けた場合でも安全であるようにその取合せを考えておく。全水平力を受けた場合の応力は 図-5のように仮定できる。この場合スパンごとに独立しているものとして計算してあるが、桁行方向は柱間の現場打ばりと、スラブを一枚ごとに 図-1のように互い違いにすえ付けることにより一体性をもたせる。以上の設計により、各部材ともプレストレストコンクリート部材らしく、最小の断面で設計できたように思う。

B棟の構造は 図-6に示すとおりで、張間方向の設計は現場打柱を施工後、2階、R階のPC大ばりを所定の位置にシンプルビームの状態に仮支持し、D.T.Sを架設、2階大ばり端

図-6 B棟架構図



部の目地を施工し、坂 静雄博士の特許工法により柱外側より PC 鋼棒を緊張剛結し、R階大ばりは上端から柱に埋込んでおいた PC 鋼棒を緊張剛結しラーメン構造とし、最後に仕上げを行なう。その場合の応力は図-7のとおりである。桁行方向はすべて RC 造である。

C棟の構造はA棟の規模を小さくしたもので、考え方はすべて同様である。構造架構は図-8のとおりである。

以上の材料強度は表-1, 2 に示すとおりである。

5. 施工概要

(1) 部材製作

部材の製作は D.T.S, D.T.W, ならびに鼻隠プレコンは OKK 真岡工場で作成した。PC大ばり, 桁行大ばり, クレーンガーダーは現場内空地にて製作した。その種類と数量は表-3のとおりである。D.T.版の工場製作については JIS に従って製作するもので、別に述べることもないので省くことにする(写真-1)。

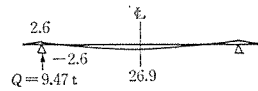
(2) 現場製作

現地には PC 大ばり, その他の製作とストックのための十分なスペースがあるので, 大ばり製作用ベッ

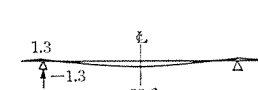
図-7 B棟張間方向応力図

(A) 鉛直曲げモーメント

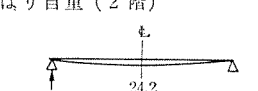
1) PC大ばり自重(屋階)



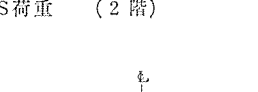
2) D.T.S荷重(屋階)



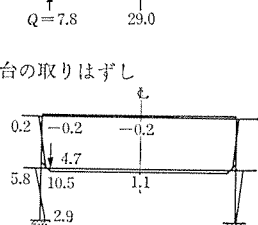
1) PC大ばり自重(2階)



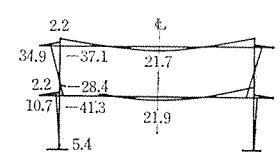
2) D.T.S荷重(2階)



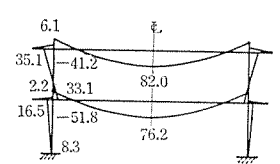
3) 仮支持台の取りはずし



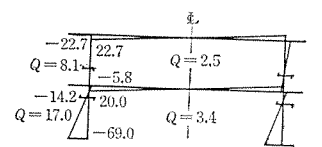
4) 仕上+積載荷重



5) 設計荷重



(B) 地震時曲げモーメント



連, 桁行大ばり, クレーンガーダー用ベッを二連設けて併用して製作を行なった。型わくは 12 mm 耐水化粧ベニヤ合板を使用し, PC大ばり用四組, 桁行大ばり用 1 組, クレーンガーダー用 1 組製作し部分的に改造して転用をはかった(写真-2, 3)。

図-8 (a) C 棟 架 構 図

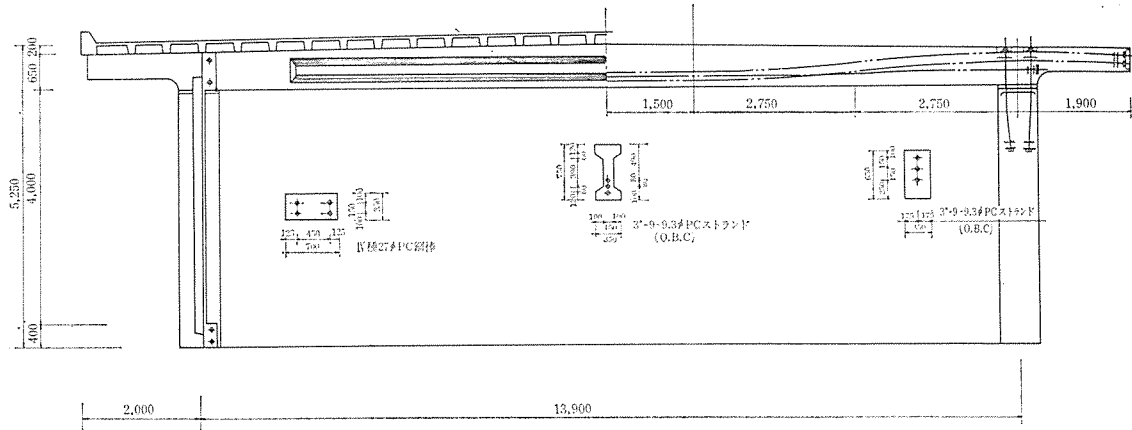


図-8 (b) C 棟 架 構 図

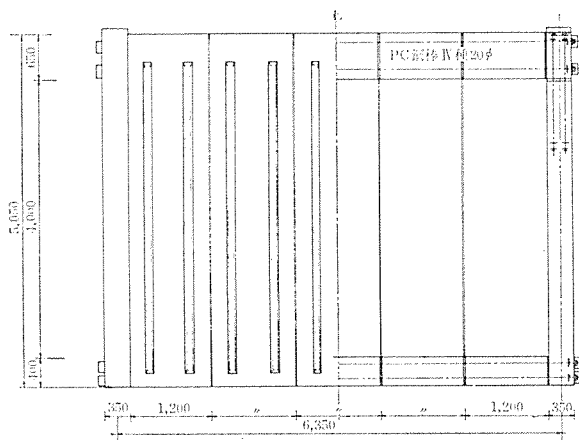


写真-1 D.T.W ストック状況



写真-2 PC 大ばり鉄筋, シース組立て中

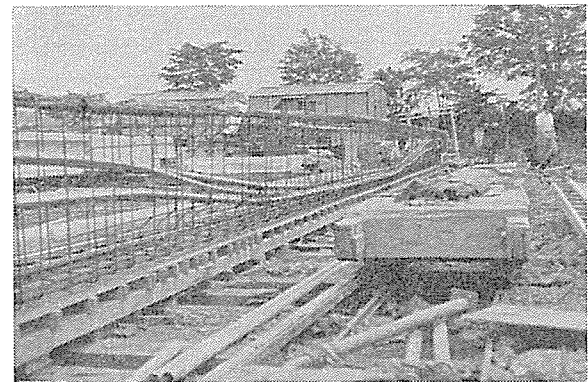


写真-3 PC 大ばり型わく組立て中

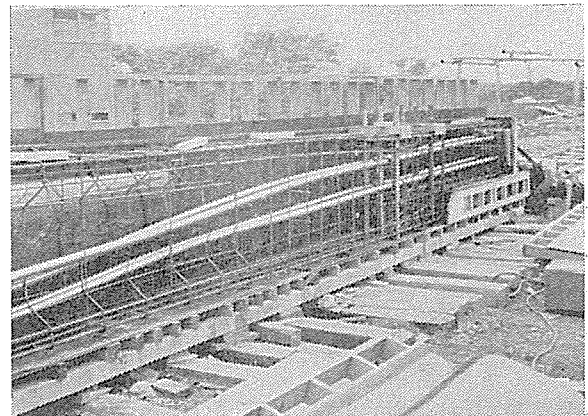


表-1 コンクリート強度 (単位: kg/cm²)

		プレキャスト材	現場打柱	ダブルT版
圧	圧縮強度 F_{28}	400	300	500
	プレストレス導入時圧縮強度	340	250	400
縮	評容圧縮応力度			
	プレストレス導入時 f'_c	160	120	200
	設計荷重時 f_c	140	105	175
引	引張強度 σ_t	28	21	35
	評容引張応力度			
	プレストレス導入時 f'_t	0	0	0
	設計荷重時 f_t	0	0	0
張	評容斜張応力度	11.2	8.4	14.0
	定着部付近の評容応力度	9.8	7.3	12.2
弾性係数 E_c		32×10^4	27×10^4	36×10^4

表-2 PC 鋼材 (単位: t)

使用鋼材	PCばり用		柱用		横締用		D.T.版
	PC鋼より線	鋼棒Ⅲ種	鋼棒Ⅳ種	鋼棒Ⅳ種	鋼棒Ⅳ種	鋼棒Ⅳ種	PC鋼より線
公称径 (mm)	9-9.3	27	27	24	20		10.8
断面積 (mm ²)	464.4	519	519	405	284		70.3
引張強度 (P_u)	81.9	57.07	64.85	50.59	35.54		12.4
降伏点強度 (P_y)	69.75	49.29	57.08	44.52	31.27		10.6
施工時緊張力	57.33	35.4	40.8	31.8	22.3		8.68
弾性係数 (E_s)	200×10^4						

表-3 部 材 数 量

	A 棟			B 棟			B' 棟			C 棟			合 計
	単位重量	本 数	重 量	単位重量	本 数	重 量	単位重量	本 数	重 量	単位重量	本 数	重 量	
PC 大 ば り	18.3	9	164.7	13.3	5	66.5	11.4	4	45.6	8.2	6	49.2	
	12.4	1	12.4	16.6	1	16.6	13.7	4	54.8	—	—	—	
	—	—	—	14.7	1	14.7							
	—	—	—	22.6	1	22.6							
小 計	—	10	177.1	20.2	1	20.2	—	—	—	—	—	—	—
PC 小 ば り	—	—	—	19.8	1	19.8	—	8	100.4	—	6	49.2	487.1
桁 行 大 ば り	—	—	—	2.9	10	11.6	—	—	—	—	—	—	11.6
クレーン ガーター	4.8	8	45.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45.6
D.T.S	6.7	8	53.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53.6
D.T.W	—	950 m ²	224 t	—	984 m ²	248 t	—	463 m ²	142 t	—	520 m ²	111 t	2917 m ³ 724 t
鼻 隠 プ レ	—	860 m ²	311 t	—	162	42	—	235	62	—	252	78	493 t
	—	138 m	40	—	116	35	—	—	—	—	85	20	95 t

表-4 PC ば り用コンクリート調合

($F_{28}=400 \text{ kg/cm}^2$)

セメントの種類	W/C(°wt)	SI(cm)	S/A(°V/L)	W(kg/m ³)	C(kg/m ³)	S(kg/m ³)	G(kg/m ³)	Pozz # 5 L (kg/m ³)
早強ポルトランド	35.8	5~8	35.2	144	400	647	1190	1.0

表-5 PC 大 ば り製作工程

1	2	3	4	5	6
鉄 筋 組 立	シーブ・ピアノ線配置	型 わ く 組 立 て コンクリート打設	—	—	プレストレス導入 横 取

表-6 現 場 コ ン ク リ ー ト 調 合

セメントの種類	W/C(°wt)	SI(cm)	S/A(°V/L)	W(kg/m ³)	C(kg/m ³)	S(kg/m ³)	G(kg/m ³)	備 考
普通ポルトランド	51	15~18	42.2	187	367	779	1068	柱用 $F_{28}=300$
〃	63	18	44.6	188	298	848	1055	その他 $F_{28}=210$

コンクリートは生コンクリートを使用し、配合は表-4 参照。スランプは 8 cm のものを用い、生コン車よりベルトコンベアーを使って 9 m³ のコンクリートを 1 時間半で打設した。なお、バイブレーターは棒状のものを使用した。養生は時期的に 5,6 月と恵まれていたために自然養生のみですまし、翌日には側面の型わくは脱型した。

プレストレス導入はコンクリート打設後 4 日目に導入可能なコンクリート強度を確認して行なった。緊張管理はジャッキのマノメーターと PC 鋼材の伸びの両者で行なった。結果は計算伸び量に対し約 97~101% であった。

次にグラウトを行なって、横取り移動し、端部処置をすませてストックした。

結局、大ばり製作工程は表-5 に示すとおりで、大体 2 日間に一本のペースで製作していった。他の部材は別のペースで別工程で製作した。

(3) 現 場 施 工

現場施工範囲は極力少なくする予定であったが、現場

打独立柱、コア一部分、桁行大ばりならびに目地関係と現場仕事が生じた。

以上現場施工部分は 12 mm 厚耐水ベニヤを使用し、打放し仕上げとした。コンクリート強度は $F_{28}=300 \text{ kg/cm}^2$ でその配合は表-6 に示すとおりである。スランプは 15~18 cm のものを使用した。

(4) 架 設

当初考えていた地盤より 3 m 低い現地盤と片側のみからの架設という不利が重なり架設重機の大規模な大型化となった。また、設計が大ばりのみでなく D.T.S 架設までがシンプルビームということで端部の D.T.S の架設が目地詰めまたは柱頭鋼棒緊張のつごう上二度手間となったことは設計上の有利さと施工面での不利を考えるとどちらを選ぶか、むずかしい問題である。

架設は A, B 棟と C 棟の 2 組に別れて進行する。A, B 棟は前記の理由により 127 t クレーンを使用して、C 棟は 60 t クレーンにて行なう。最初 B 棟の 2, 3, 4 通の 2 階大ばりを所定の位置に設けたペコサポートの仮支持台(写真-4 参照)の上に仮置し、接続用の端部 PC 鋼棒

写真-4 PC 大ばり仮支持状態

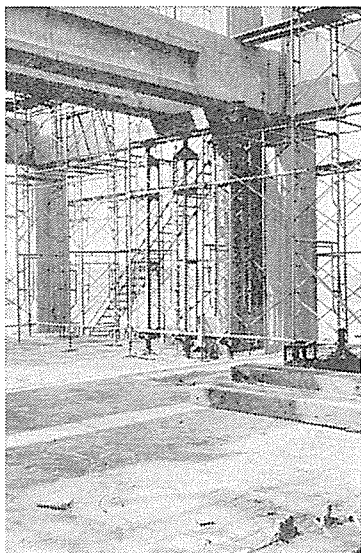


写真-5 A 棟 PC ばり架設中

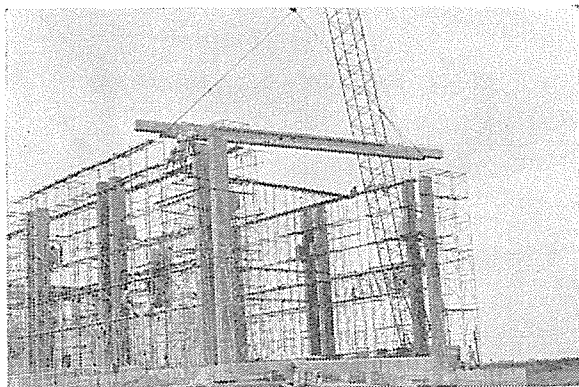


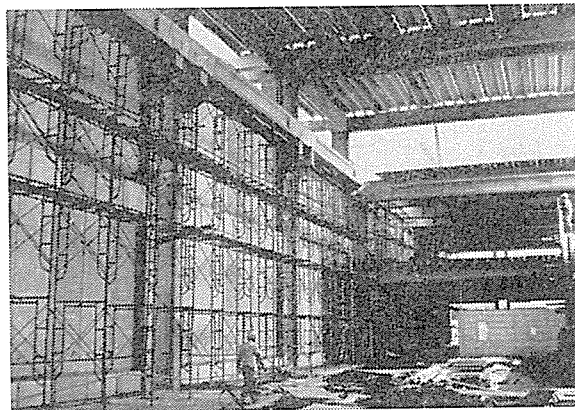
写真-6 柱頭 PC 鋼棒緊張



写真-7 D.T.W 架設中



写真-8 構造体施工時室内



を通しておく、つぎにR階大ばりを柱頭のPC鋼棒を通してながらシンプルの状態にて架設、重機を移動して5, 6, 7通り, 8, 9, 10通りと大ばりを架設してゆき、次にA棟の大ばりを19通りより11通りへと柱頭に架設する(写真-5参照)。その際同時にクレーンガーダーと中央部D.T.Sを併行して架設していく。C棟も大ばりを柱頭に同様に架設して大ばり架設が完了すると、次にD.T.SをB/B棟と構造計画、計書算に従ってPC大ばりがシンプルの状態で支点間の内側のみ架設していく、そのあとを追って坂式特許工法のPC大ばり端部の目地コンクリート打設および柱外端よりPC鋼棒の緊張、または柱頭のPC鋼棒の緊張ならびにグラウトを行ない各ラーメン構造を順次完成していく(写真-6参照)。

張間方向各ラーメンが完成すると次にA棟、C棟の桁行方向大ばり兼用のD.T.Wの架設組立てを行なう。このD.T.W組立てには柱間に仮設用PC鋼棒を上下二段版内面に接すように張っておきD.T.Wを立てかけてはり兼用のリブのPC鋼棒を通していく。この方法は段取りとしては非常に簡単にすんだと思う(写真-7)。今回その貫通孔をφ45mmと小さいものにしたために現場

では製品の誤差で組立てに無駄な時間を要した。各スパンごとにD.T.Wの取付けがすむとすぐ上の桁行大ばりをあらかじめ取付けておいたブラケットの上に仮置しPC鋼棒を通しておく、次に残りのD.T.Sの架設と鼻隠プレコンを取り付けると架設は完了する(写真-8)。工程は表-7のとおりであった。

以上のほかにD.T.Sの目地部分の溶接と目地詰、D.T.Wのリブ部分の目地詰めおよび緊張、グラウトを行なう。

表-7 工 程 表

	3	4	5	6	7	8	9
P	型枠下取	PC大さげ製作	RC柱	B ₁ A	B ₂ A	C	7/15~21
C				スレータ	段取架設	B.T.架	7/26~8/14
E	モデル型枠製作		D.T.版製作				架設調整
事							取モック目地調整
							および保材工事
							第13フレ製布架設
							コア部
					Z	R	P ₁ P ₂

6. D.T. 版 試 験

今回、当工事で大量の D.T. 版を使用するにあたり、その強度上の安全性を一般的に確認すること、また、具体的に電気室という荷重の大きい床に使用する D.T.S についてその許容ひびわれ耐力および破壊耐力を確認するために行なった。

(1) 試験概要

試験体寸法は図-9 参照。試験方法は JIS に従って

図-9 測定方法

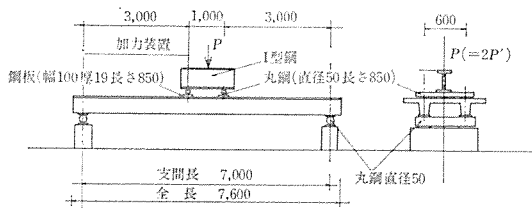
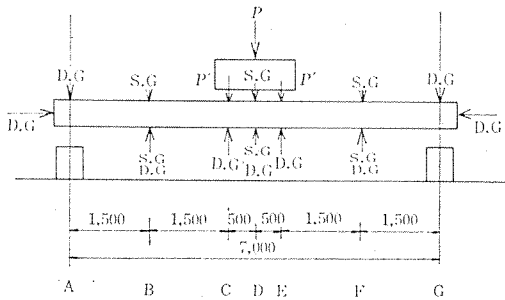


図-10 測定点



2点集中加力によった。測定点はワイヤーストレインゲージを 18 カ所に貼付けるとともにダイヤルゲージを 20 点に取付けて行なった(図-10, 写真-9)。

(2) 測定結果

加力段階は 0.5 t ピッチで上げていった。3.5 t で初きれつを発見、第2回の加力では 3.25 t で再きれつを認めた。第3回目の加力では最終加力 6.3 t まで上げたところでジャッキのストロークの関係で終わった。

また、中央点のたわみ測定結果は図-11~13 のとおりであった。中央点のストレインゲージに

図-11 ダイヤルゲージによるたわみ測定

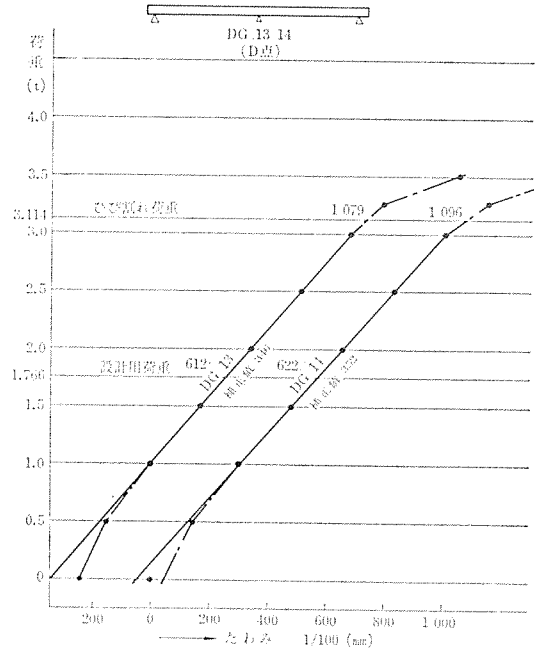


図-12 ダイヤルゲージによるたわみ測定

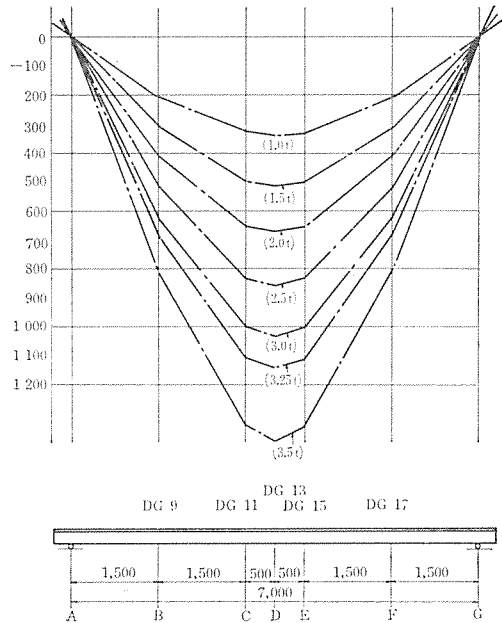


図-13 くり返し加力

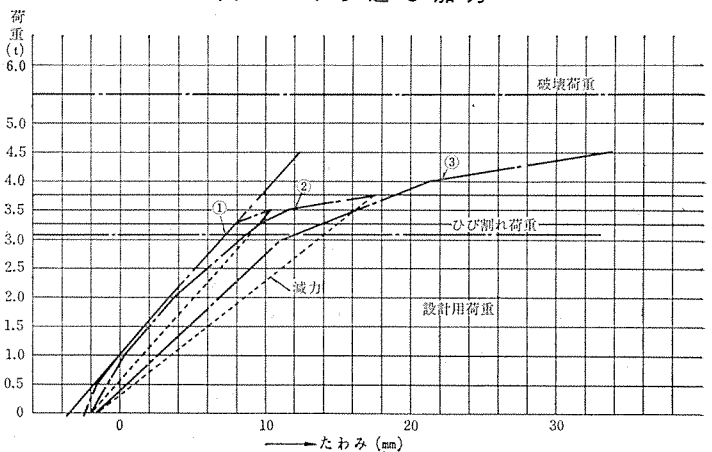
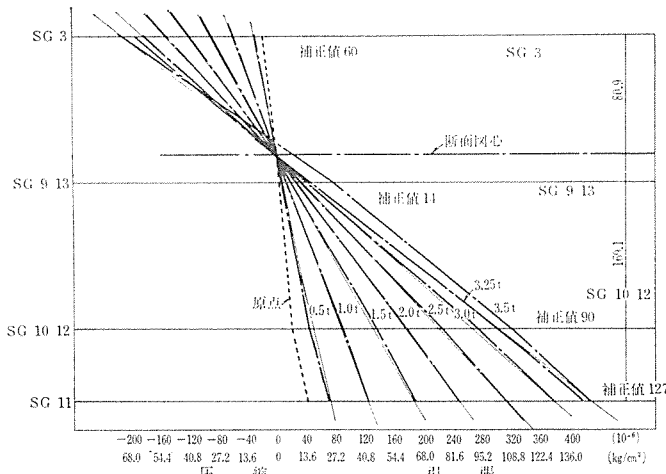


図-14 ワイヤストレインゲージによるひずみ測定結果



よるひずみ測定結果は 図-14 のとおりであった。

(3) 結果の考察

測定結果からひびわれ耐力と破壊耐力を計算値と比較してみると、ひびわれ耐力について計算値 6.3 t・m に対し 6.5 t・m であった。破壊耐力の場合、計算値 9.8 t・m に対し 16 t・m で 13 cm のたわみが生じた場合でも明確な破壊性状はあらわれず、減力後は残留たわみ 1.8 cm でその粘り強さが確かめられた(写真-10)。一方、ダイヤルゲージによるたわみ測定結果とストレインゲージによるひずみ測定結果よりコンクリートのヤング係数を逆算してみるとダイヤルゲージによるものは各点で 34×10^4 であった。ストレインゲージによるものは 1/4 点で 36×10^4 、中央点で 35×10^4 であった。

7. あとがき

当下水処理場において設計者ならびに施主のご好意により大幅にプレストレスト プレキャスト部材を採用願ひ、オリエンタルコンクリート(株)は設計ならびに施

写真-9 試験全景

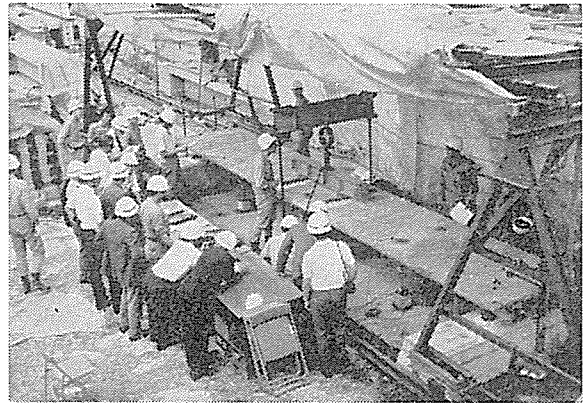
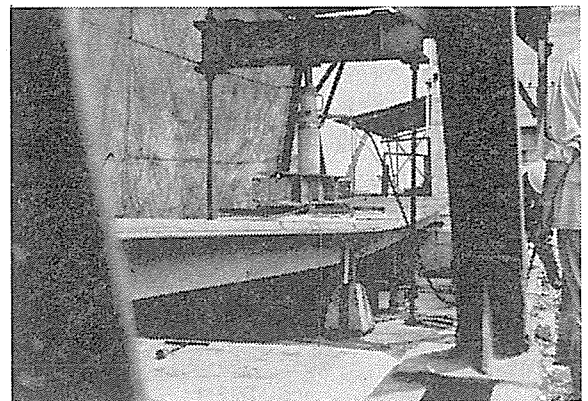


写真-10 最終加力時(たわみ)



工の面で精一杯の努力をはらったつもりではあるが、なお、この経験をいかして、いっそう良い仕事をしたいと願っている。

最後に、設計の段階から完成まで終始御指導下さった横浜市建築局 牧野 稔、国建築事務所 吉武創作両氏、また施工にあたり御協力下さった 前田建設工業(株)、清水建設(株)の現場担当者の方々に深く感謝申し上げる次第である。

1967. 9.15・受付

講演概要集頒布について

協会では毎年行なっております講演会の概要集の残部がありますので、御入用の方は代金を添えて、協会へお申し込み下さい。

第 5 回, 6 回, 7 回, 8 回, 9 回, 10 回, 11 回 (各 250 円 ㊦ 35 円)