

板橋ミナミビルの構造設計と施工について

加 藤 良 雄*
阿 部 隆**

はじめに

本建物は、板橋区の東武練馬駅近くの高台にたつボーリング場専用ビルとして計画された。図-1 に示すように、共有部分を前面に鉄骨造で設け、ボーリング場部分は、3階建てでスパン 38.1 m の機能上の要求をもっている。この大スパンを確保するため、各種構造方式を比較検討した結果、VSL 工法による現場打ち一体式プレストレスト コンクリート構造を採用した。

図-1 1階平面図

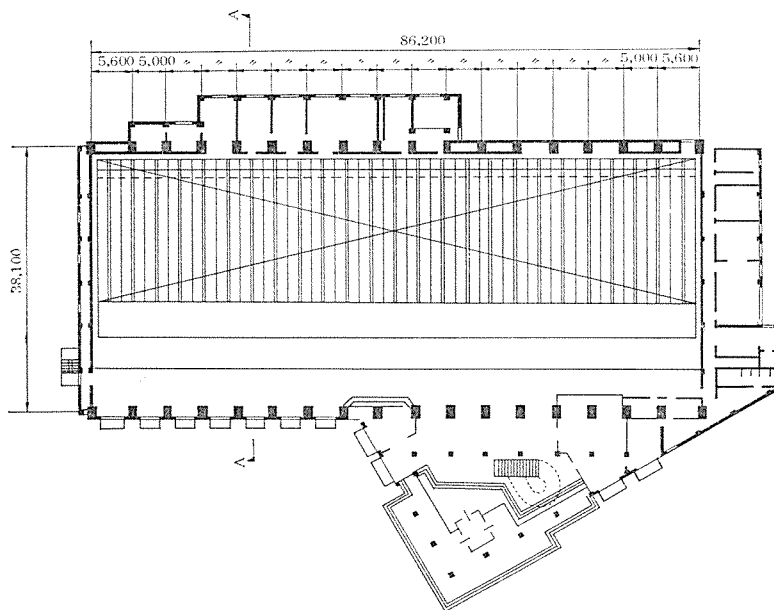


図-2 立面図

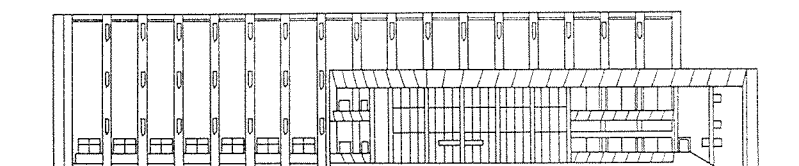
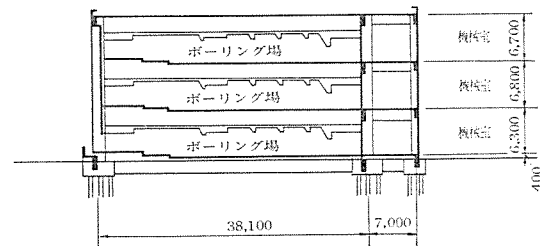


図-3 A-A 断面



1. 建物概要

工事名称：板橋ミナミビル

工事場所：東京都板橋区

建物用途：1 EL ボーリング場 (50 レーン) ほか
M2 FL ミーティングルーム ほか
2 FL ボーリング場 (50 レーン) ほか
M3 FL 従業員宿舎他
3 FL ボーリング場 (50 レーン) ほか

建築面積：4 749.30 m²

建築延面積：13 679.12 m²

構造概要：地上1階～地上3階、プレストレスト コンクリート構造、他に鉄筋コンクリート構造、鉄骨造を一部含む

建築主：ミナミ商事株式会社

設計：大成建設株式会社設計部

施工：大成建設株式会社

工期：昭和 46 年 6 月～昭和 47 年 4 月

2. 構造設計

本建物は地上3階建てのボーリング場であり、各階ともスパン 38.1 m の VSL

プレストレスト コンクリート

* 大成建設株式会社設計構造課長
** 同上 構造課

図-4 VSL ケーブル配置図

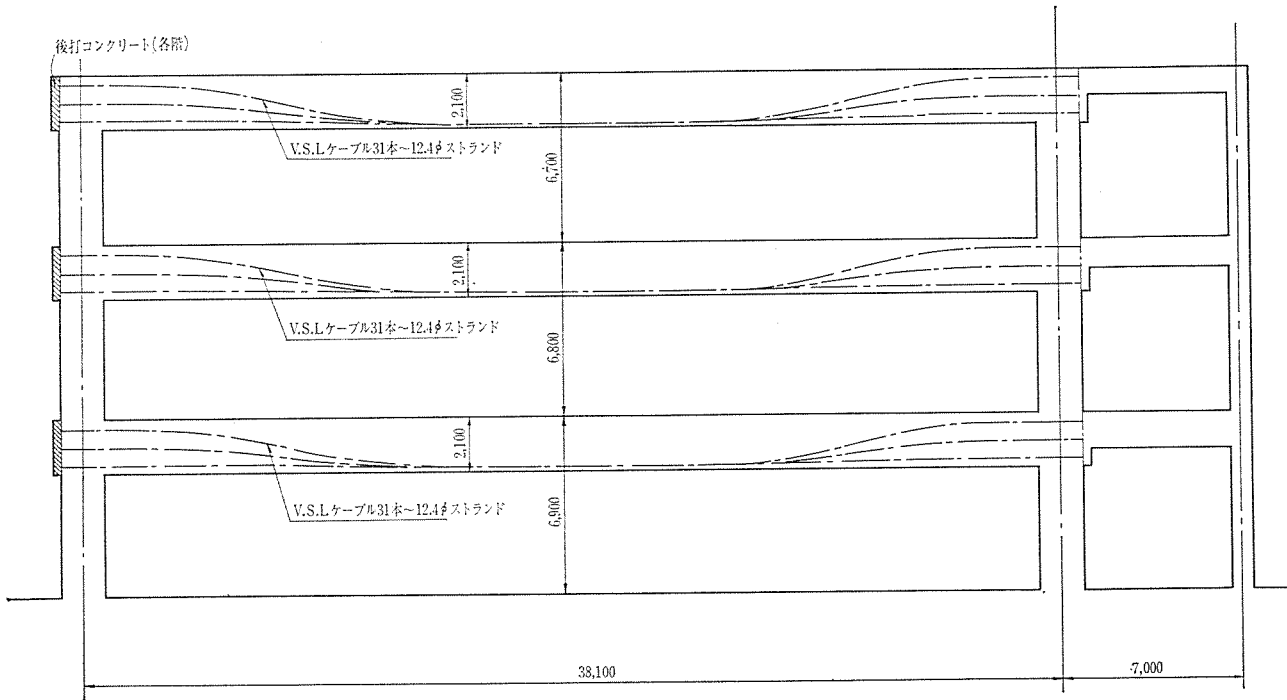
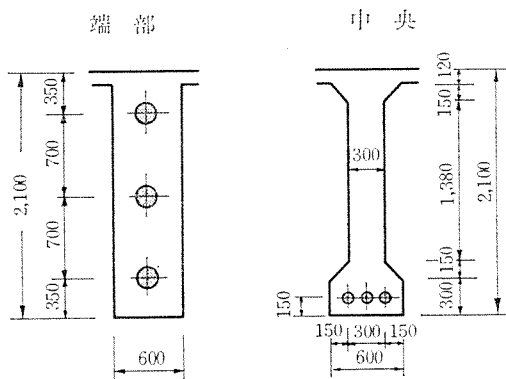


図-5 PC ばりコンクリート断面リスト
(コンクリート断面寸法および VSL ケーブル位置)



工法による、プレストレスト コンクリートの大ばりを持つ(図-4, 5)。このプレストレスト コンクリート部分に関する構造計画について報告する。

1) スパン 38.1 m, 階高約 6.8 m の 3 層という規模の建物としては、鉄骨造も考えられるが、ボーリング場という用途と、施工条件、経済性を考慮して柱、はり、床版とも、一体打ちのプレストレスト コンクリート構造として計画した。

使用材料としては次のとおりである。

PC ケーブル (VSL ケーブル)

31-φ12.4 mm ストランド

引張荷重 508.4 t (1 ケーブル)

降伏荷重 434.0 t

設計導入力 330.5 t

PC 部分コンクリート強度 $F_{28}=350 \text{ kg/cm}^2$

一般部分コンクリート強度 $F_{28}=210 \text{ kg/cm}^2$

2) はり間隔は 5.0 m, I 型セクション, はりせいは 210 cm でスパンの約 1/18 である。また, VSL ケーブルは最大の 31 本タイプを 3 本使用して中央で約 840 t の導入力を必要とした。

3) 耐震的な配慮としては, 1 フロア 50 レーンという広大な床面積を持ち, 両側の耐震壁の効果をあまり期待できないので, 各 PC フレームを完全なラーメン構造と考え, 負担する地震力には十分抵抗でき剛性を持たせることにした。また, 床面積に比して柱, 壁の数が少なくなるので, 柱の断面は最初からせん断力が 5~6 kg/cm^2 (短期) になるように大きめに決めた。

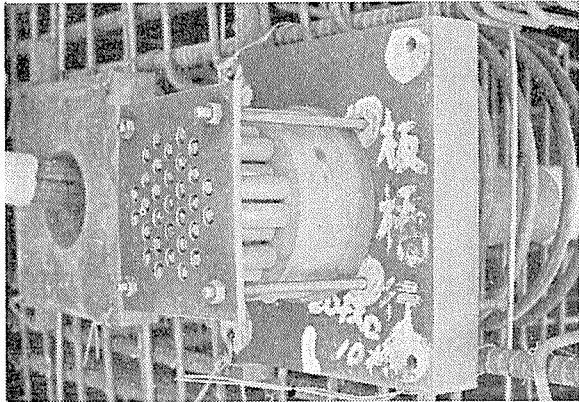
4) 応力計算にあたっては, 施工順序を十分に考慮して行なった。後述するように, 柱, はりのコンクリートを一体として打設し, PC ケーブルを緊張し, 順次上の階へ上っていく施工法なので, 架構の応力としては, 自重による曲げモーメントのほかに, 不静定力によるはりの回転角および軸変形による曲げモーメント, つまり緊張による 2 次応力を各階ごとに計算し, 施工順序にしたがって合成した。

5) 柱, はりの接合部分は配筋が複雑であり, コンクリートのまわりが悪いので, 端部装置は支圧版を柱の外へ追い出し, 定着側に関してはコンクリートの付着による定着方法を使わずに, 鋼線をホールドして支圧版で止める (TS アンカー使用) 方法を採用した (写真-1)。

6) 動的解析による検討

設計については以上のようにスタティックな方法によ

写真-1



り耐震計算を進めたのであるが、別にダイナミックな振動解析を行ない、本建物の地震時の性状を推定した。その概要は次のとおりである。

- 1次固有周期 $T_1=0.61$ 秒
- 層間変位 (エルセントロ 40 S, 300 gal)
 - 3階 1.00 cm
 - 2階 2.65 cm
 - 1階 2.53 cm

弾塑性応答解析の結果 EL・CENTRO 40 S, 300 gal による層間変位は以上のごとくであり、部材角にして 1/250~1/500 くらいであり、塑性モーメントには達していないことがわかった。

PCフレームは一般RCの同階数のフレームより固有周期はかなり長くなっており、柱の設計に十分注意をすれば、地震時の安全性は確保できると思われる。

3. 施 工

VSL の施工順序としては 図-6,7 の工程表お

よび VSL サイクル工程表にも示すが、以下に述べるような方法で計画、実施した。

(1) 柱筋の建込み

柱筋は1本あたりのジョイント長さがあるため、建入れに十分注意し、鉄筋は 図-8 の要領で位置を厳守して行なった。

(2) 型わくおよび支保工

ケーブル加工組立て工事のため、図-9 のように片面はり型わくおよび片側スラブ型わくを組み立てる。支保工に関しては階高が高いため、ビティ型わくで強固なステーキングを設ける。また、PCばり側面はI型断面に隅切り、リップ、直交小ばり等があり複雑なので、船形状のわくを作り順次転用できるようにした(写真-2)。

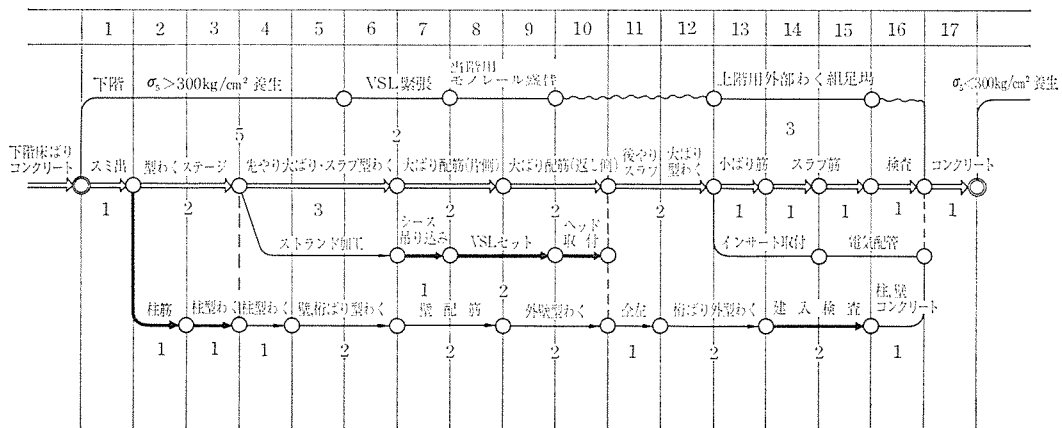
(3) ケーブル受架台墨出し

大ばり側型わく完了後ケーブル架台の位置を墨出しす

図-6 全体工程表

	6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月		2月		3月		4月			
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	
仮設工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
土工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
型わく工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
コンクリート工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
鉄筋工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
V. S. L工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
組積工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
防水工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
仕上工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
雑工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
屋外工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							
設備工事	[Bar chart showing construction duration from June to April]																							

図-7 PC部分サイクル工程表



- 1フロアー4工区における
- 1工区概算数量
 - 型わく 3,500~4,000m²
 - 鉄筋 60~70t
 - コンクリート 550~650m³
 - V S L E5~31 12台

図-8 柱鉄筋の組み方

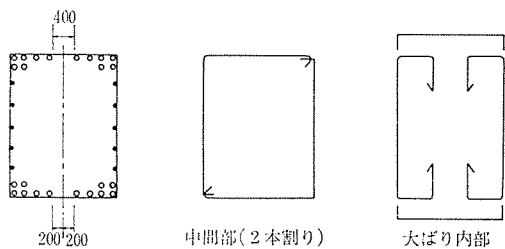


図-9 仮わくおよびステージ

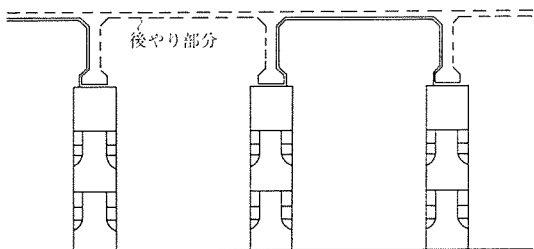
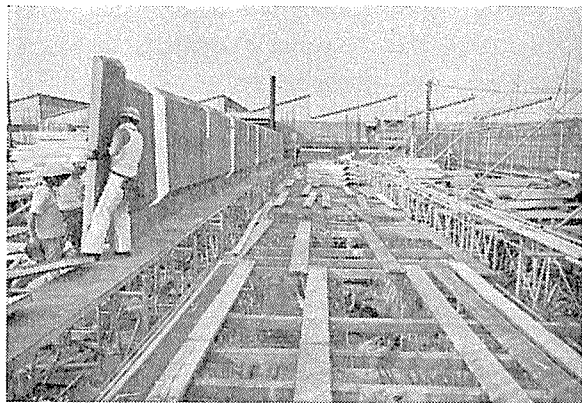


写真-2



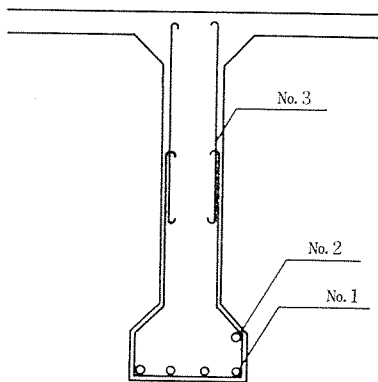
ランドを 31 本にまとめて、ガムテープを巻き先端の養生を行なった。次に定尺 4.0 m のシースを緊張端よりそう入して、継目をジョイントシースにて接続し、ガムテープにてテーピングを行なった。次にスパイラル筋を両端にセットする。以上のように、スラブ上で準備されたケーブルを、吊り下げ用の門型足場を利用して大ばり中心にセットする(写真-3, 4)。セット完了後支圧版を取り付け、スパイラルシースを押し込み、塩ビ製の空気抜けを取りつける(図-11)。

この順序で下側のケーブルより、大ばりの全ケーブルのセットを完了させ、桁方向の大ばり筋を差し込んで圧接、VSL の大ばり筋もセットして、スターラップを組んで完了する。

写真-3



図-10 はり肋筋の組み方



る。

(4) はり下端筋の組立てケーブル配置の前に図-10に示す鉄筋を組立て、圧延を完了する。No. 1~No. 3までを配筋、圧接を完了する。

(5) ケーブルの加工

本工事の定着端はあらかじめPC鋼線に工場加工されたTSアンカーを現場に搬入する方法が採用された。したがって、現場にはそれほど広い加工場が必要でない。

所定の寸法にカットされたPCスト

写真-4

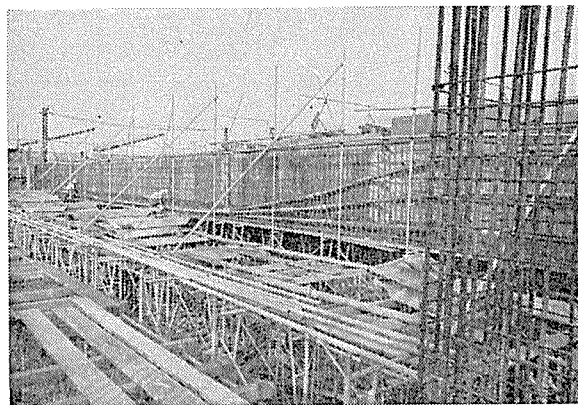
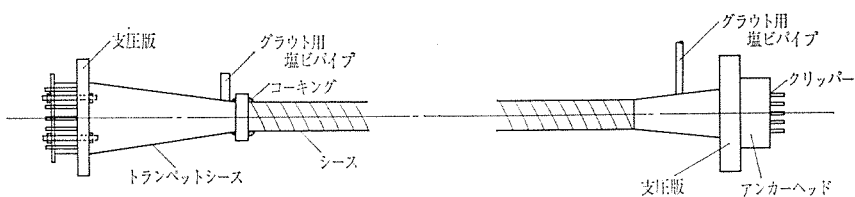


図-11 大ケーブル組立完了図



報 告

この際注意を要した点は、加工用ローラーでシースを傷つけやすいこと。ケーブルを吊り上げるときの自重がかなり大きいことのほか、両端のコンクリート割裂防止の補強筋、柱の Hoop、ストランドの敷設等の作業は合番で行なわないと作業が困難で、やりなおしがきかないなどの点であった。

4. コンクリート工事

(1) 調 合

PCばりおよび床のコンクリート調合は、種々の試験練りの結果、 $F_{28}=350 \text{ kg/cm}^2$ で表-1のごとく実施した。

表-1

水 (kg)	セメント (kg)	砂 (kg)	砂 利 (kg)	W/C (%)	砂 率 (%)	スランプ (cm)	分散剤 (kg)
163	386	720	1040	42.2	41.0	16.0	0.95

(2) 打 設

コンクリート打設段取りとしては、スランプが15~16 cm であり、また早強コンクリート使用のため、特に注意を要した。

コンクリートの打設順序としては、1フロアを4工区に分け、1工区ごとの打設に2日、約650 m³であり、ポンプ車は2台、生コンは50 m³/h である。また1本の大ばりを打設するのにホース前に1台、中間部に1台、最長部に1台の合計3台の200 V バイブレーターを使用した。ケーブルシースの下部は非常にコンクリートのまわりが悪いため、大ばり底に1m ピッチに4分以上の穴をあけておき空気抜きを作ることにした。大ばり端部と柱の取り合い部分の打設は、コンクリートを流

図-12 コンクリート打設要領

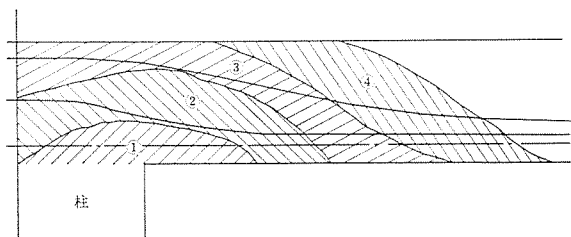
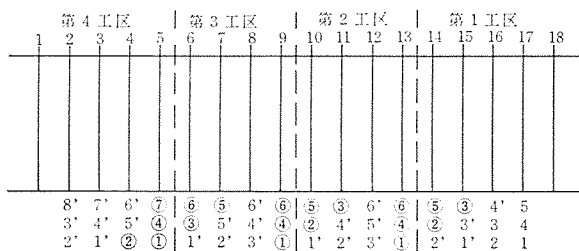


図-13 VSL 緊張作業工程



数字は緊張順序を示す

なおジャッキは2台にて同時に緊張する

し込むという方法でなく、図-12のように打設した。

なお、打設と同時にテストピースを作り(12本)、強度チェックは3日、5日、7日、28日を各3本ずつとした。緊張時のコンクリート強度が300 kg/cm²以上であることを確認した。

5. 緊 張

(1) 緊張作業

今回使用したVSLストランドは31本タイプの強大なものであり、緊張用のジャッキも450 kg以上となるので、移動のためには特別のモノレールを取り付け、トロリーによりジャッキ操作を容易にした(写真-5)。緊張順序は図-13に示すとおりで、2台のジャッキを使用した。

工法の特徴としてグリッパー(チャック)を用いており、緊張時には図-14のようにグリッパーがアンカーヘッドから3mm浮いた状態になり、定着時にはグリッパーがヘッドの面と一致する状態になる。このときストランドのもどりは4~6mmの範囲にある。緊張開始の時期はコンクリートの強度が300 kg/cm²以上になったときとした。緊張作業はジャッキの荷重と伸びを30tごとにプロットしながら行ない、ジャッキのマノメーターは目盛りをキャリブレーションの結果と合わせ、荷重が直接トン数で読めるようにして、読み違いによるトラブルがないようにした。

(2) 緊張力の管理

緊張管理は、あらかじめジャッキの荷重、およびケーブルの摩擦と伸び量の関係を計算しておき、その関係をグラフに示しておいた。その関係式は次式による。

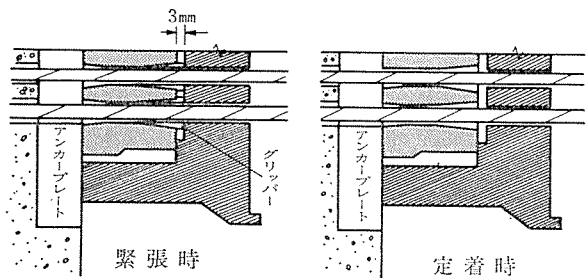
$$P_{t0} = (1 + \beta) P_0 / nf$$

$$nf = e^{-(\mu \alpha + \lambda l)}$$

写真-5



図-14 VSL 工法の定着機構



P_{t0} : ジャッキの荷重

P_0 : はり中央におけるケーブルの緊張力

nf : 摩擦損失による有効率

α : ケーブルの角度変化

λ : 1 m あたりのシースの波打ちによるケーブルの角度変化 (0.004/m とする)

l : はり中央までのケーブル長

β : アンカーヘッドとグリーパーの摩擦損失

$$\text{伸び量 } \Delta l = \frac{P'l}{E_p \cdot A_p} + \Delta l'$$

$$P' = P + 0 \cdot nf'$$

Δl : ジャッキ後部測点での PC 鋼材の伸び量

P' : ケーブルの平均緊張力

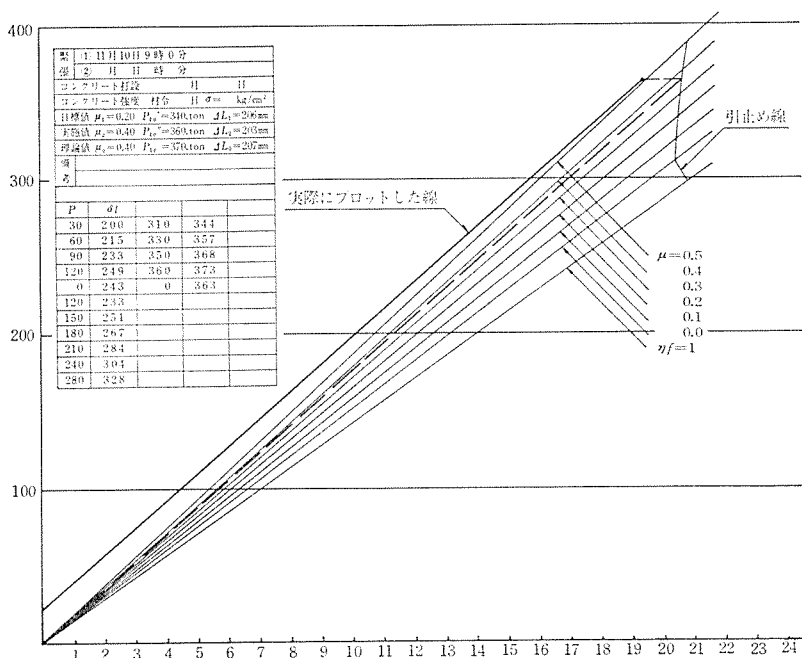
nf' : 摩擦によるケーブル全長の平均有効率

$\Delta l'$: ジャッキ内での PC 鋼材の伸び量

E_p : スtrandのヤング率

図-15 緊張監理グラフ

(はり, 3G, ケーブル No. 1)



A_p : ケーブルの全断面

以上の計算はコンピューターで行なっているが、主なインプットは、角度変化の高さと長さ λ の値と、導入力を指定し、PC 鋼材のヤング率と断面積である。

定着時におけるもどりの影響は、摩擦の小さい時にはり中央におよぶため、このもどり量は最大 6 mm として考慮し、緊張管理グラフを作成した (図-15)。グラフには $\mu=0 \sim 0.5$ までは 0.1 ごとと、摩擦のない場合の伸び曲線をひき、摩擦の大小による引止め位置が示されている。

6. グラウト

グラウト用モルタルの調合は表-2 に示すとおりに行なった。

表-2

セメント (kg)	水 (kg)	プラチメント (cc)	アルミ粉末 (g)
100	44	100	3

(1 バッチあたり)

水セメント比 42~45 %

セメント 普通セメント

分散剤 プラスチメント (セメント量 100 kg に対して 100 cc)

アルミ粉末 # 200 (セメント量 100 kg に対して 3 ~4 g)

なお、グラウト注入の際シースの折れ曲り角度の大きい継手部分より、多少ペーストがにじみ出す箇所が見受けられたが、これはテープによるシースのジョイントの不備と、周囲のコンクリートが多少密実でなかったものと思われる。

7. あとがき

プレストレストコンクリート構造による多層の建物、すなわち、本例のようなボーリング場や、大スパン多層工場など近年かなり増加している。このような建物の設計、施工にあたられる際に、本報告がなんらかの御参考になれば幸いである。

1971.12.20・受付