

【報 告】

藤原ダムの副ダムにおける堤体コンクリートの プレストレスについて

阪 西 徳 太 郎*
駒 井 勲**
西 敏 賢***

要 旨 建設省藤原ダムの副ダムの一部（堤長 12 m の部分）に、プレストレスを加えて重力型の部分よりもコンクリート容積を大幅に節減する工法を試みた。プレストレッシングの方法は、 $\phi 2.9$ mm PC 鋼線の束を堤体内に垂直に設置し、下端を基礎岩盤に定着し、上端に堤頂付近において引張力を与えることにより、堤体に 260 t/m の圧縮力を作用させるのである。この報告はその作業の概要を収録したものである。

1. ま え が き

堤体をプレストレスする工法が始められてからすでに 20 年以上になり、1936 年に施工されたアルジェリアの Cheurfas Dam は有名である。これは既設ダムのかさ上げのために、堤頂から基礎岩盤まで垂直に鋼線の束を設置して堤体に応力を導入する工法がとられたのである。その後、インドおよび北アフリカにおいて類似した施工例が報告されている。当初から、プレストレスされたダムとして設計されたものとしては、スコットランドに Allt-Na-Lairige Dam が 1955 年に完成した。以上の例はいずれも河幅が広く地点の高さ 20~40 m 程度のダムであつて、この工法が比較的高さが低く、長さの大きいダムに適していることを示している。

藤原ダムにおいては洪水越流時の水理実験の結果、副ダムを設けることとなつたが、その一部にグラビティ-

ダムと比較して工費が軽減される範囲内で、小規模ではあるが堤体にプレストレスを導入するダム（これを便宜上 Prestressed Concrete Dam または P.S. Dam と呼ぶことにする）を建設した。

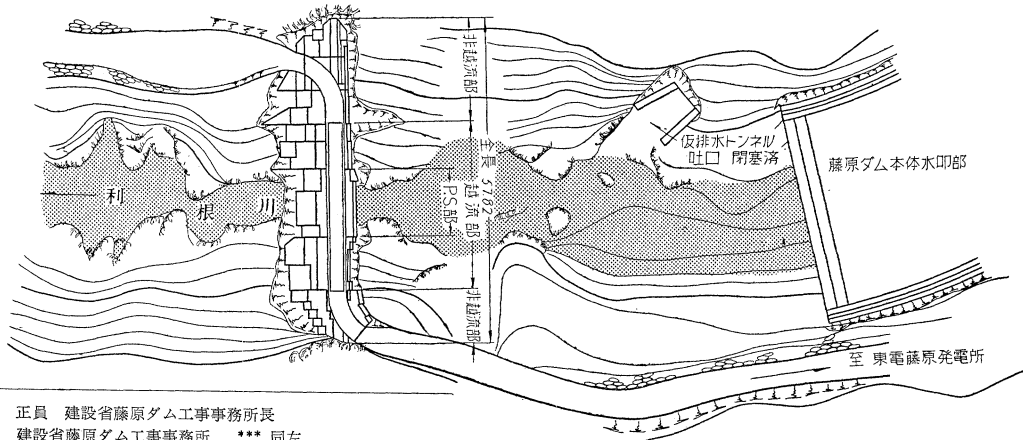
2. ダム地点の地質および地形

藤原ダムは利根川の上流部右支川湯檜曾川合流点から約 5 km 上流に位置し、流域面積 401 km² で、洪水調節を主目的とする多目的ダムである。ダム地点において河床は標高 560 m 程度で、流心部は幅約 10~30 m をへだてて両側は緑色けい化安山岩の露頭が断がい状の渓谷をつくつており、河床には 4~5 m のたい積砂利層がある。その両側の山側は比較的少ない土かむりて、ほぼ兩岸対称な谷をなしている。この安山岩から採取した試験片について圧縮強度平均 708 kg/cm²、ヤング係数 6.44×10^5 kg/cm² の試験結果が出ている。

3. 工事計画の概要

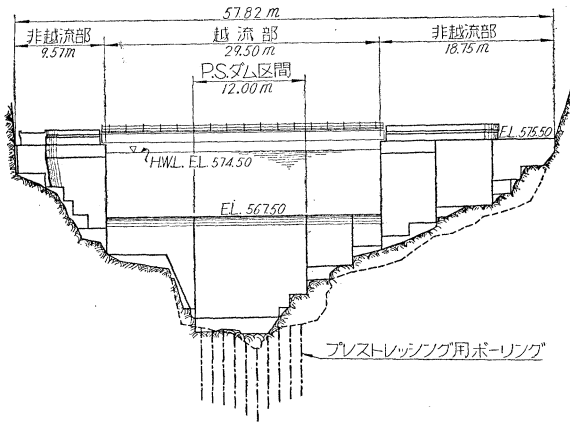
副ダムは 図-1 および 2 に示すように中央部に約 30 m の越流部を持つ直線式グラビティ ダムで、越流頂は EL. 567.5 m、非越流部堤頂は EL. 575.5 m であるが、東京電力藤原発電所用の連絡橋梁を越流部に架設し、この取付部を設けたため非越流部の大部分はさらに約 1.4 m 高くなつている。ダムの高さは越流部中央の最低基

図-1 藤原ダム副ダム平面図



* 正員 建設省藤原ダム工事事務所長
** 建設省藤原ダム工事事務所 *** 同左

図-2 副ダム上流面図



礎岩盤から非越流部堤頂まで約 22 m である。副ダムの計画越流量は 1100 m³/sec で、このとき上流側水位は EL. 574.5 m である。この地点は約 1.9 km 下流の東京電力小森ダムの背水区域内にある。今回 P.S. Dam として計画した部分は、越流部の中央ブロックでその幅は 12 m にすぎない。堤体各部の標準断面図は 図-3 に示すとおりである。

ダムをプレストレスする基本的な考え方は、重力型断面よりもコンクリート面積を大幅に節減し、水圧・地震力等の荷重によるてん倒モーメントに対して抵抗するには、下端を岩盤中に上端を堤頂付近に定着した PC 鋼線

により堤体に圧縮力を加え、岩盤の自重・せん断抵抗および引張抵抗を利用することである。

プレストレスの工法は結論的にいえば次のように要約される。

(a) 堤体の基礎岩盤に直径約 18 cm、深さ 8.0 m の鋼線定着孔を 120 cm 間隔に 10 孔ボーリングを行なう。

(b) 各鋼線定着孔に φ2.9 mm PC 鋼線を 440 本設置し、孔内にグラウティングを行なつて鋼線を岩盤に定着する。

(c) 堤体コンクリートには定着孔の位置に EL. 564.5 m まで φ22 cm の垂直孔（シース孔）を設置し、PC 鋼線はこれを通してその上端を鉄筋コンクリートの定着頭部中に定着する。

(d) 各 PC 鋼線束に有効引張力 312 t を加えることによつて、堤長 1 m 当り 260 t の圧縮力を堤体コンクリートに導入するのである。

4. 定着試験

堤体応力導入の設計にさきだち、基礎的資料をうるため定着試験を行なつた。すなわちダムサイトとはほぼ同じ岩質の岩盤中に削孔した定着孔中にグラウティングによつて鋼線の下端を定着し、これを引抜いて定着強度等を測定する。試験の結果次の諸点が明らかになつた。

(a) 定着強度については、φ7 mm、φ5 mm および

φ2.9 mm のいずれの PC 鋼線の場合も、明らかな差異は認められない。定着用グラウトとの付着強度は 20 kg/cm² 以上であるが、定着部における PC 鋼線の束の形状によつては、さらに増加する。

(b) φ2.9 mm の PC 鋼線 60 本を φ65 mm の定着孔にそ入した場合（定着孔の断面積に対する、鋼線の断面積の比 $\alpha=11.9\%$ ）においても、定着用グラウトとして $w/c=50\%$ のモルタルま

図-3 標準断面図

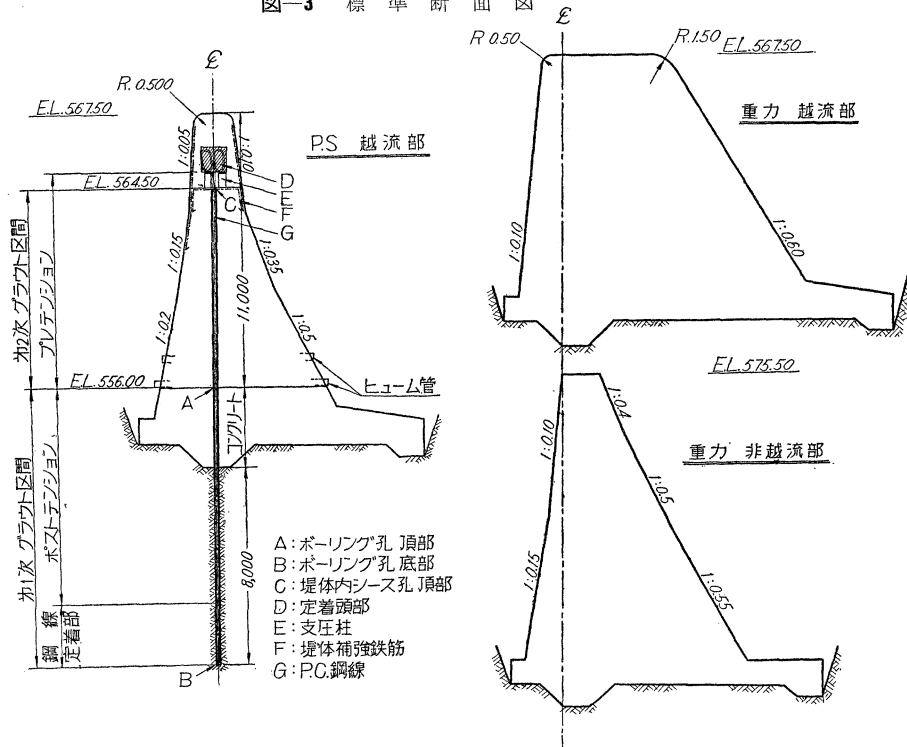
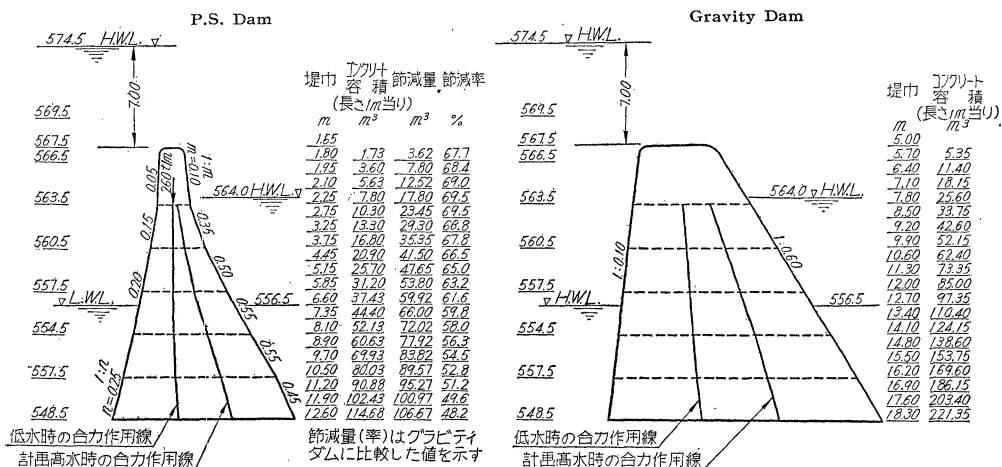


図-4 P.S Dam および Gravity Dam 断面比較



たは 45% のセメントペーストを十分効果的に注入できる。この場合、モルタル、セメントペーストのいずれでも岩盤孔壁との付着強度は 30 kg/cm² 以上と推定される。

(c) 下端を岩盤中に定着した PC 鋼線束に加えられた上向きの引張力に対する岩盤の抵抗力は、この引張力が伝わるとされる範囲の岩盤の重量に比してはるかに大きく、これは岩盤のせん断強度等によるものと考えることができる。

5. 設計

このダム設計条件は次のとおりである。

(a) 設計水位：計画洪水時には上流側は流量 1100 m³/sec に対する水位すなわち EL. 574.50 m、下流側は危険側を考慮して流量 700 m³/sec に対する小森ダム（前述）の背水位すなわち EL. 564.25 m とする。本ダムからの越流のない平水時には、水通し孔により上下流水位は等しくなる。

(b) 地震力：高水時には考えない。平水時には上流向けおよび下流向けの水平震度 0.12 の地震力を考える。

(c) 揚圧力：水平断面に対して上流面および下流面において、その点の静水圧の 1/3 とし、その中間は直線分布とする。

(d) コンクリート単位容積重量：EL. 560.50 m 以下の堤体については 2.35 t/m³、それより上部については 2.30 t/m³ とする。

以上の設計条件のもとに、ダム安定の必要条件としてグラビティーダムの場合と同様に次の諸項を満たすように設計する。

1) ダムのあらゆる水平面に引張力が作用しないことを原則とする。ただし、プレストレスを加える面は越流頂より 3 m 下の EL. 564.50 m の水平面とし、それよ

り上部では引張力は避けられないので鉄筋で補強するものとする。

2) 滑動に対して十分安全であること。

3) 基礎およびコンクリートの圧縮応力が許容値の範囲内にあること。ただし、プレストレスをかける面の直下のコンクリートは大きな応力を受けるから、この部分は補強を施す。

堤体断面の設計においては、PC 鋼線束によつて堤体に与えられるプレストレスは、堤体に働らく集中荷重と考えて安定計算を行なうのである。まずプレストレスの大きさを仮定すれば、この値に対して上述の安定条件を満たすように最小の堤体断面を計算できる。これを重力型の堤体断面と比較して、工費の比較を行なう。重力型に対する工費の節減額と均衡のとれた最も経済的なプレストレスの大きさは、当然ダムの規模によつて異なることになる。

数次の試算の結果、プレストレスの大きさは堤長 1 m 当り 260 t とし、図-3 の堤体断面を決定した。この断面について重力型との比較を図-4 に示した。

プレストレスの工法は次のとおりである。

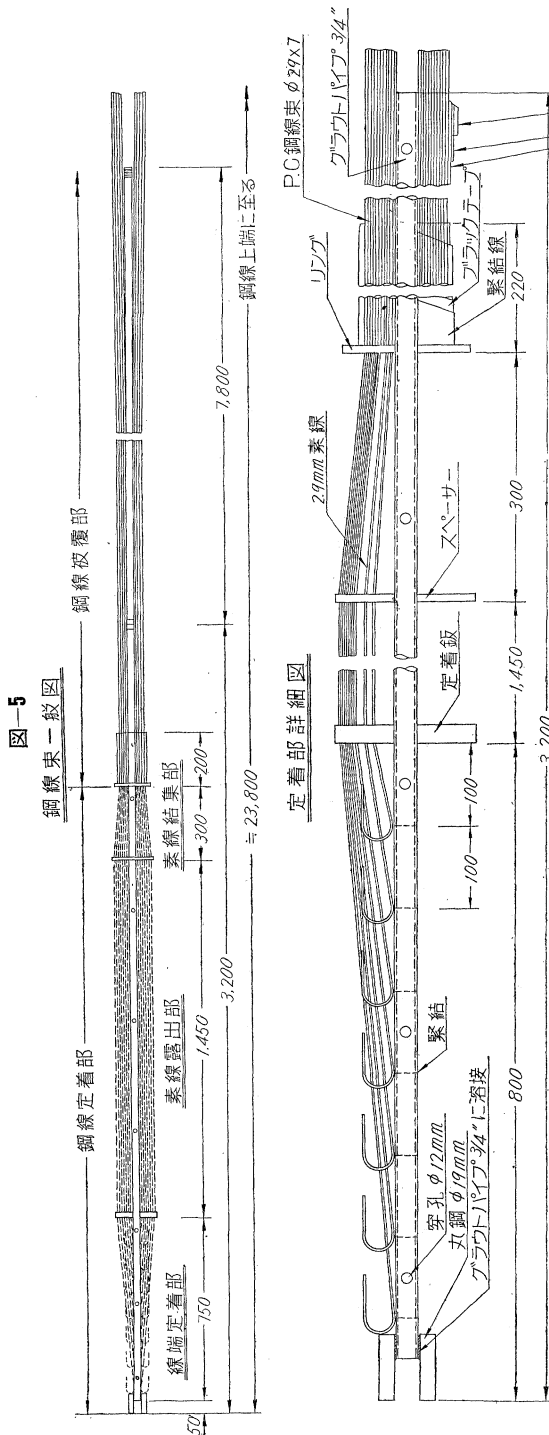
i) この P.S. Dam の区間 12.0 m に 10 本の鋼線定着孔を設ける。各孔の間隔は 120 cm となる。これは EL. 556.50 m の堤体コンクリート水平打継面上から岩盤中に深さ 8.00 m までボーリングを行なうのであつて φ177 mm の metal crown を用いることとする。

ii) 一定着孔に φ2.9 mm PC 鋼線 440 本を図-5 のように編組したもの（鋼線束）を設置する。鋼線と定着孔の断面積の比 α は 11.8% である。

iii) 鋼線束の最下部に近く厚さ 22 mm の鋼製の定着板を置き、鋼線をこれに通したのち定着板の下部で孔の中心方向にしぼつてグラウトパイプに緊結する。定着板から 145 cm 上部にスペーサーを設け、この区間では

PC 鋼線は一定の間隔を保つて配置され、定着用グラウトとの間の付着強度を負担する。後述する 380 t の引張力を鋼線に加えるときは、鋼線の付着応力は約 7kg/cm^2 となる。

iv) 定着用グラウティング (第1次グラウティングと



もう) 区間に入る鋼線束のリングより上部の部分は被覆して定着用グラウトと絶縁する。これはなるべく定着孔の底部において、引張力を鋼線束から岩盤に伝えること、および将来堤体が衝撃等により over load を受けるためのために伸縮できる自由カ所を鋼線に残しておくことが望ましいからである。被覆材料としては、Igas Joint Sealer を用いることになった。

v) 鋼線束の上端は鉄筋コンクリートの定着頭部中に分散させて埋め込んで定着する。鋼線とコンクリートとの許容付着応力を 10kg/cm^2 とした。

vi) EL. 564.50 m の堤体コンクリート水平打継面上に 200 t ジャッキ 3 基をすえ、定着頭部を押し上げることによつて鋼線束に引張力を加えるものとする。堤体に堤長 1m 当り 260 t のプレストレスを導入するためには、一鋼線束当りの有効引張力は 312 t を必要とし、主として鋼線の relaxation による引張力の損失を 10% と推定すれば、実際には 340 t 程度の引張力を加えなければならない。さらに鋼線を緊張する際には、ジャッキで押し上げた定着頭部の下に支柱を入れるのであるが、種々の施工上の精度を考慮すると最初ほぼ 380 t の引張力を鋼線束に与えて、余分に定着頭部を押し上げる必要があると判断される。

vii) 堤体内のシース孔は、鋼線束の緊張を終り鋼線の relaxation の大部分が終了したと認められたのちに第2次グラウティングを行ない、グラウトで填充してしまうこととする。この部分では鋼線束に被覆は行なわない。

viii) 定着用グラウトと孔壁との付着応力は、引張力 380 t に対して 10kg/cm^2 となる。

鋼線定着孔の深さは結果としてみると定着グラウトと孔壁との付着強度から決定される。岩盤の抵抗力については、岩盤のせん断強度を 25t/m^2 にとつても必要な岩盤の深さは 4 m 程度にすぎない。

6. 施 工

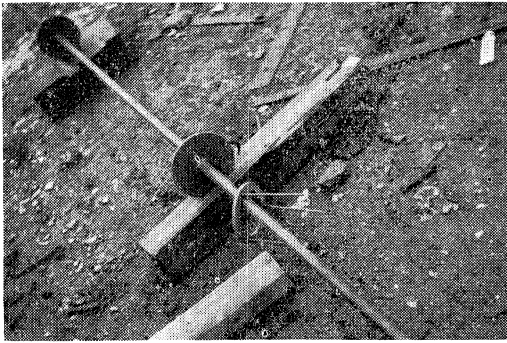
(a) PC 鋼線：購入に当り定めた規格および立会検査の成績の概要は表-1 に示した。製造工場は東京製網 KK 川崎工場である。

表-1 PC 鋼線

	線径 mm	引張強度 kg/mm ²	降伏点 kg/mm ²	伸び %	屈曲 mm R=5.0	備 考
規 格	2.9	200 以上	168 以上	3 以上	8 回	oil temper したもの
試験成績	2.9	201 "	178 "	4.5 "	9~10 回	上に同じ

(b) ボーリング：昼夜連続作業で 21 日間で終了した。試錐機は 3 台 (Tone UD 5 型, Tone RL 150 型, Kano R 150 型) 使用し、一部 shot boring をも行なつ

写真-1 鋼線束の製作



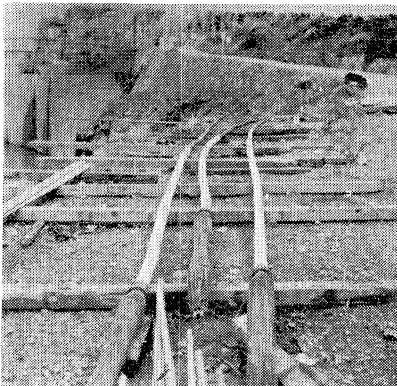
註：グラウトパイプに溶接されたスペーサーおよび定着板（向う側）とリング（手前）

た。

(c) 鋼線束の製作：グラウトパイプとして用いる 3/4" ガス管に定着板およびスペーサーを溶接する。この両者には $\phi 2.9$ mm PC 鋼線を通すための 440 カ所の削孔を施してあり、これは鋼線を定着孔の中で適当な間隔に保つのに必要である。PC 鋼線は、グラウトパイプに近い内側の削孔を通すものから、リング、スペーサーおよび定着板の順に通して定着板の下部で 7 カ所に分けて約 63 本ずつグラウトパイプに緊結し、先端を上方に曲げ上げる。このリングは、スペーサーのカ所で一定の間隔にひろげて保たれている PC 鋼線を、それより上部で中央にまとめてグラウトパイプと密着させて結束するために用いた。またリングから上部では定着用グラウトと鋼線束との絶縁用の被覆を図示のように行なつた。すなわち、約 1m ごとに鋼線束を # 10 鉄線で結束し、Igas Joint Sealer を 5mm 以上塗布し、その表面をサラシ木綿で二重に包み、さらにその上を # 20 鉄線によつて結束する。被覆部の外径は結束線をもふくめて、最大約 11 cm となつた。

リングから下部のグラウトパイプには約 15 cm ごとに $\phi 9$ mm の削孔を施こし、圧入の際にグラウトがここからも定着孔内に吐き出されるようにした(写真-2)。

写真-2 被覆した鋼線束（手前が定着部）



(d) 鋼線束の設置および第 1 次グラウティング：PC 鋼線をそそう入する前に、孔内を圧力水および圧縮空気により十分に清掃した。

設置が終わるとただちに定着用グラウティングのグラウトストップを取りつける。これは厚さ 10mm の鋼板を 6 本のアンカーボルトによつて固定したもので、鋼板には鋼線束を通すために直径 10cm の円孔を中央に設け、

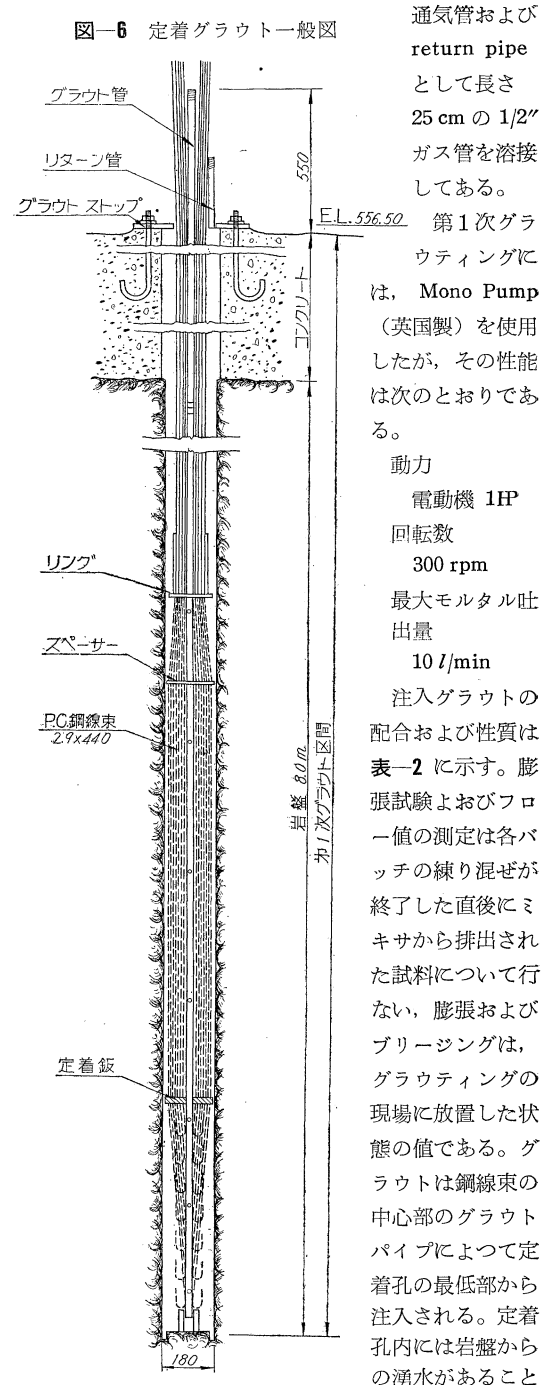


表-2 定着用グラウト配合および強度

Water cement ratio %	Intrusion Aid A/C %	flow 値 sec	膨 脹 率 %			Bleeding %			σ_{22} kg/cm ²	
			1時間	2時間	3時間	1時間	2時間	3時間	標準養生	自然養生
40	0.8	21	8.9	10.9	11.4	0.5	0.8	1.0	236	—

註 flow, 膨脹率, Bleeding は平均値のみを示す。

表-3 定着用グラウト注入状況

定着孔番号	パッチ数	気温 °C	水温 °C	グラウト温度 °C	混合時間分	注入時間分	注入圧 (終圧) kg/cm ²	注入孔容積 m ³	グラウト使用量 m ³	摘 要
No. 1	3	9.5	11.5	14.0	10	31	3.0	180	287	
No. 2	3	9.8	11.4	14.0	〃	31	3.0	181	323	
No. 3	3	10.1	11.5	14.5	〃	29	3.0	192	323	
No. 4	3	11.9	11.1	13.2	〃	29	3.0	212	323	
No. 5	3	9.6	10.7	12.5	〃	43	2.5	253	323	
No. 6	7	7.3	10.0	11.9	〃	70	3.5	229	681	
No. 7	3	10.1	10.8	12.1	〃	30	2.0	204	323	
No. 8	3	10.1	11.2	12.3	〃	49	0	194	370	グラウト パイプ閉そく。
No. 9	3	9.5	10.5	12.5	〃	29	2.5	186	296	
No.10	3	11.8	11.0	13.6	〃	34	0	179	252	グラウト パイプ閉そく。

註 1. 定着孔番号は右岸側から始めて順につけてある。

2. No. 6 定着孔においては堤体コンクリートの中の水抜き孔にもれたためグラウト使用量がとくに多い。

も予想されるが、グラウトは孔内の水を漸次上方に押し上げて水と置換されてゆく。水が完全に排出されてミキサ内にあるグラウトと同様の濃い配合のものがグラウトストップの return pipe から排出されるのを確認してから、2~3.5 kg/cm² 程度の圧力を加えて注入を終ることになる。注入状況は表-3 に示した。

(e) 堤体コンクリートの打上りと鋼線束の保護：鋼線束の上端は垂直につり上げたが、これには一般交通用として架設した仮橋に取りつけた cantilever bracket を用いた。

グラウトの硬化後、EL. 556.50~EL. 564.50 m の区間の堤体コンクリートの打ち込みを行なうことになる。ここで注意を要するのは、鋼線束を垂直につり上げ相互の間隔を正しく (120 cm) 保持しながらコンクリートの打ち込みを行なうことである。

なお、この区間では、PC 鋼線束の周囲には直径約 22 cm のシースを設置して、堤体コンクリート中に鋼線束の通るシース孔を作るのであつて、このシースは #29 薄鋼板の円筒形のものを設計し、コンクリート打ち作業の間これを垂直に、かつ、コンクリートの側圧で変形しないように保持するため、シースの内側に 8" ガス管で製作したホルダーを用いることとした。

(f) 堤体の補強：鋼線の緊張作業においては、前述したように EL. 564.50 m の堤体コンクリート面上に 200 t ジャッキ 3 基をすえて定着頭部を押し上げる。定着頭部の下部には鉄筋コンクリートの支圧柱 3 コを置いたのちジャッキを撤去する。従つて堤体コンクリートの EL. 564.50 m の面は、ジャッキおよび支圧柱の反力として大きな圧縮応力を受け、その値は鋼線束の最大引張

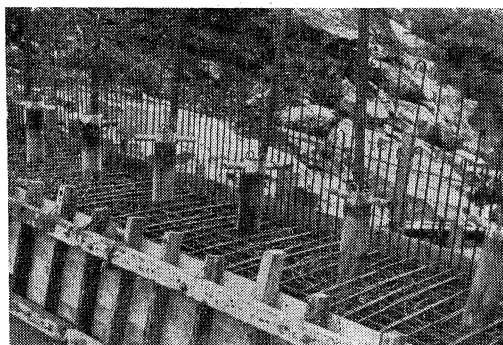
力 380 t に対して、ジャッキの直下で 135 kg/cm²、支圧柱の直下で 180 kg/cm² に達する。しかも、堤体コンクリートの厚さはこの標高で 2.10 m となり、堤体コンクリートの補強が必要になる。よつて EL. 563.50~EL. 564.50 m の間は堤体に配筋して補強した。

EL. 564.50 m より上部の堤体には、その厚さに比較して相当大きな定着頭部が入り、しかも計画洪水時には、堤体上流面には EL. 564.50 m において約 6.4 kg/cm² の引張応力を生ずるので、上流側および下流側に鉄筋を補強した (写真-3)。

(g) 支圧柱の製作：定着頭部の下部に用いる支圧柱は 3 種類製作した。すなわち、最初定着頭部

コンクリートを打つときに、その下にジャッキをそう入する間ゲキを作るための支圧柱 (これをイ型とする) として、200 t ジャッキの高さよりやや高いものが必要である。つぎに、鋼線緊張作業は後述のように最高張力 380 t に達するまで 2 段に分けて行なうので、それぞれ第 1 段および第 2 段の緊張が終つたときに用いる支圧柱 (それぞれロ型およびハ型とする) が必要となる。ロ型およびハ型の支圧柱を使用するとき、高さの不足する分は適当な厚さの鋼板 (packer plate) を用意して、これによつて調節することとした。

写真-3 堤体の配筋状況 (EL. 564.50 m)



支圧柱の型ワックにはコンクリート供試体用の直径 30 cm、高さ 60 cm の鋼製型ワックを使用し、イ型は高さ 52 cm、ロ型は 58 cm、ハ型は 60 cm として製作した。packer plate は直径 32 cm の円型とし、厚さは 10.5・3.2・1 mm の 5 種類とし、古鋼板を利用して合計 360 枚を用意した。

(h) 定着頭部の製作：定着頭部は直径 100 cm・高

さ 100 cm の円とう型とし、その下面すなわちジャッキおよび支圧柱と接触する面には厚さ 10 mm の鋼板を二重に置き、応力の分散をはかるとともに下面の型ワクをもかねさせた。定着頭部の内部において 440 本の PC 鋼線を定着するには鋼線束をほぐして鋼線を分散させ、その端部はフックをつけ、かつ補強鉄筋に緊結し、コンクリート中に埋め込んだ（図-7 および 写真-4、5、6、7）。

図-7 定着頭部配筋状態

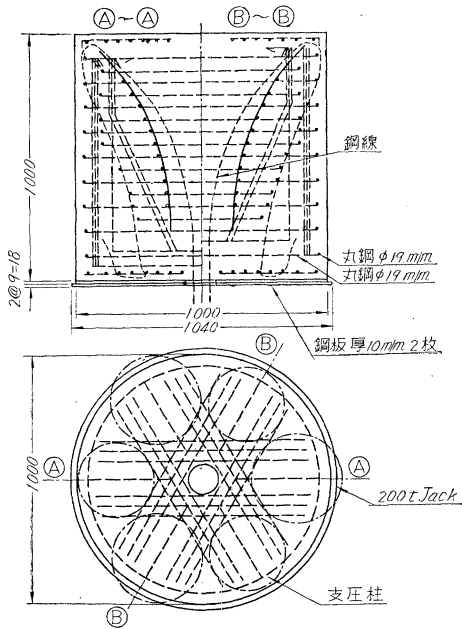
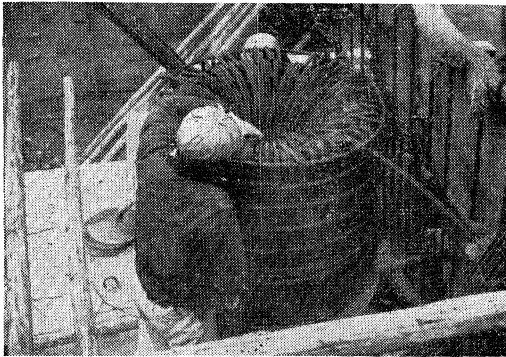


写真-4 定着頭部の製作
(補強鉄筋と 440 本の PC 鋼線)



(i) 応力導入作業：鋼線の緊張作業においては、定着頭部 1 基について 200 t ジャッキ 3 基を使用した。このジャッキは 4 台が 1 組になっていて、おのおののジャッキに接続されている 4 台の動力ポンプは、1 台の電動機 (10 HP) によつて駆動されている。このジャッキの外径は 37 cm、高さ 50 cm、ラム直径 260 mm で、また最大ストロークは 200 mm で、これに要する時間は高圧プ

写真-5 定着頭部 (型ワク組立も終つている)

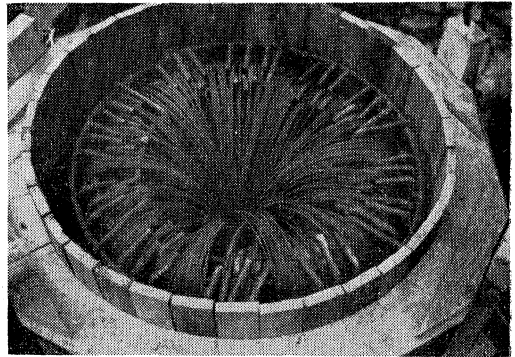


写真-6 鋼線束の定着部

(リングの直上部だけ被覆がすんでいる)

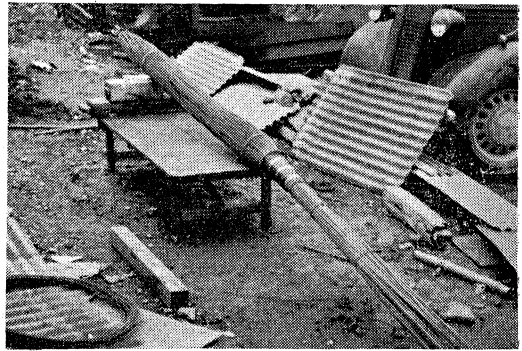
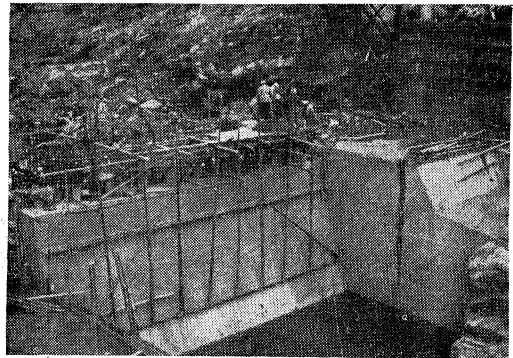


写真-7 定着頭部のコンクリート打ち



ランジャーによつて 31 分である。動力ポンプとジャッキの間の導管には、耐圧強度 600 kg/cm^2 のゴム製の高圧ホースを使用した。動力ポンプおよびジャッキには逆流防止ベンが取り付けられており、任意にその運転を中止しても、ジャッキの油圧は低下しない構造になっている。

緊張作業において、ジャッキの運転中には 3 基ともストロークが常に等しく、かつ、それぞれの圧力計の示度 p_m が等しくなるように注意したが、ストロークを等しく保つた場合に各ジャッキの p_m が最大 10 kg/cm^2 程度の差を示すこともあつた。このような場合にはそれらの p_m の平均値をとることとした。引張力の大きさを

確認するには次の方法をとった。

(a) 圧力計の示度 $p_m = 10 \text{ kg/cm}^2$ のときの定着頭部の高さを基準とし、 p_m が 10 kg/cm^2 を増すごとに定着頭部の高さを leveling により測定して鋼線の見かけの伸び (ϵ' mm) を記録する。

(b) 所定の最終圧力まで p_m が上昇したならば、定着頭部の下部に支圧柱を3基すえつけ、定着頭部下面との間ゲキには packer plate をそろえ入れ、ストロークのもどりが最も小さい状態で支圧柱が鋼線の引張力の反力を受けるようにして、ジャッキを復位させる。全反力が完全に支圧柱にかかったのち、最終的な見かけの伸び ϵ_f' (mm) を測定する。なお最終的には $p_m = 250 \text{ kg/cm}^2$ まで緊張したが、若干の鋼線束については $p_m = 140 \text{ kg/cm}^2$ で一度口型支圧柱を入れて、緊張作業を2段階に行なった。

(c) 動力ポンプおよびジャッキの損失を5%として計算した3基のジャッキの有効推力 $P_e(t)$ と測定した ϵ' (mm) との曲線を作る。No. 1 鋼線束の $P_e - \epsilon'$ 曲線の一部分を 図-8 (細い実線) に示す。見かけの伸び ϵ' から、真の伸びを推定するため、図に示すように $p_m = 10 \text{ kg/cm}^2$ に達するまでに生じた伸び $\Delta\epsilon$ (mm) を図上で決定する。 $4p_m$ は鋼線に伸びの生じ始める瞬間における圧力計示度の推定値で、 2 kg/cm^2 にとつた。

(d) 実測値の曲線を平行移動して、A点を原点に一致させれば補正された値としての $P_e - \epsilon$ 曲線が得られる (太い実線)。最終的に PC 鋼線束に加えられている有効引張力 $P_{ef}(t)$ は補正曲線上で、 $\epsilon_f' + \Delta\epsilon$ の伸びに対応する $P_e(t)$ として求める。ただし、ここでは鋼線の残留ヒズミは一応無視している。完全な $P_e - \epsilon$ 曲線を 図-9 に示す (写

真-8, 9, 10 および 11)。

緊張作業においては、岩盤中の定着および定着頭部における定着の破壊は全く発生しなかつた。これは 図-9 の曲線からも明らかに認められる。

各鋼線束とも伸びの計算値と実測値はよく一致している。これは第1次グラウティング区間の被覆部分が有効に作用してい

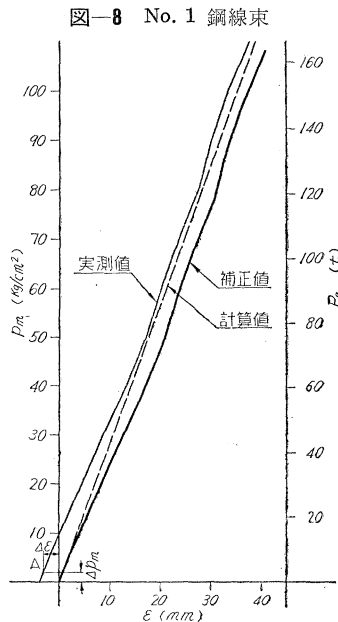


図-8 No. 1 鋼線束

ることをも示している。

各鋼線束の最終引張力は 336~353 t の範囲にあり、平均 346 t である。

1 回の緊張作業は、準備から作業後の整理までをふくめて約 1.5 時間を要し、その中でジャッキの純運転時間は約 30 分であつた。

以上で堤体コンクリートにはほぼ所定の応力が導入されたわけである。

なお、鋼線束の引張力を別途に検証するため、および定着頭部の応力を実測するために、鋼線束と定着頭部補強鉄筋およびそのコンクリート面にはワイヤー ストレイン ゲージを接着して測定を行なつたが、これらの実測結果は現在整理中のため、まだ発表できる段階になつて

図-9 $P_e - \epsilon$ 曲線の一例

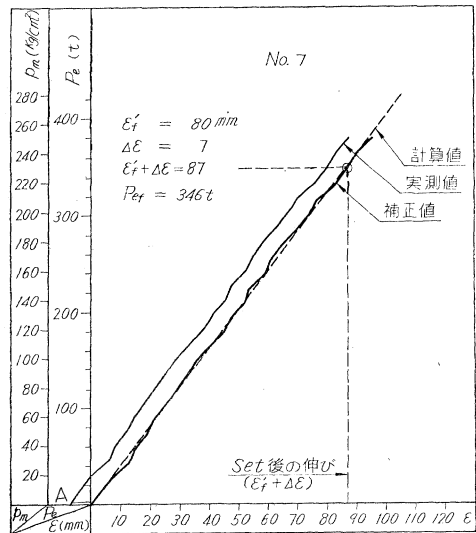
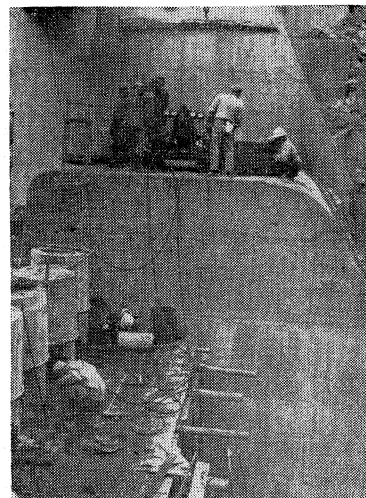
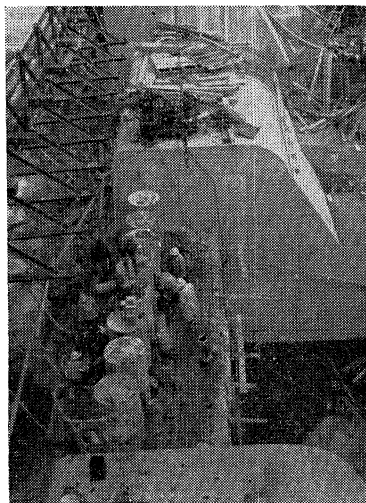


写真-8 応力導入作業

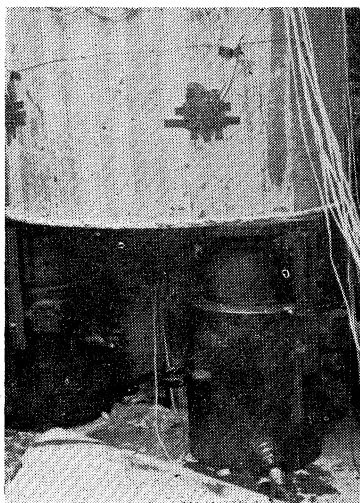
(ジャッキ運転中、上方グラビテ
ィーダム上に動力車が見える)



写真—9 応力導入作業
(ジャッキの移動および掘つけ)



写真—10 定着頭部を押し上げ中の
200 t ジャッキ



写真—11 定着頭部の下に設置
された八型支柱柱



いない。

(k) 頂部コンクリート打ちおよび、第2次グラウティング：鋼線束の緊張後、支柱3基をそう入してある定着頭部の下部には、コンクリートを打つだけではそれが定着頭部の下面に完全に密着して支柱の応力を軽減するかどうかやや不安であるから、この部分だけ注入コンクリートとして施工した。

越流頂までのコンクリート打ちは2リフトで終了した(写真—12)。越流頂から約50cm下部の下流面には2"ガス管を用いてエアパイプの開口を設けた。これは、越流時にP.S. Damの薄い頂部の下流面に真空を生ずるのを防ぐためのものである。

第2次グラウティングも、定着用グラウティングと同様にセメントペーストを用い、モノポンプによつて注入した。

7. 結 言

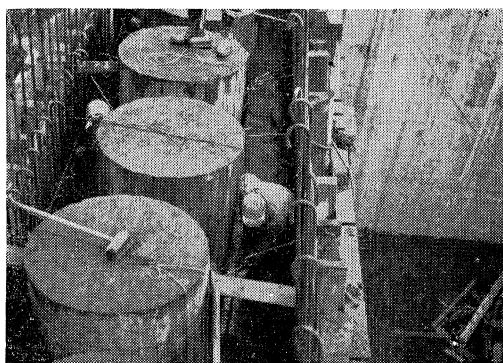
ここに報告したP.S. Damは規模においてきわめて小

さく、ただグラビティーダムと比較して、わずかでも工費を軽減することを目的として試みた実験的な工事にすぎない。

外国の先例に比較して、細いPC鋼線を数多く使用したことが一つの特徴であつて、このために全般にわたつて施工がきわめて容易になつた。

ここで行なつた設計について、終始最も切実な問題は安全率に関するもので、2回にわたる試験の結果にもとづき、ようやく安全の範囲を確かめて、副ダムとしては一応の成果をあげたのであるが、安全率の大きさを明示できる段階にまで至らなかつた。しかしこの問題は、その地点の地質との関連の上で考慮すべき今

写真—12 応力導入終了後、越流頂までの
コンクリート打ちの準備



後の問題である。

最終引張力は所期の値を鋼線に与えることができたがPC鋼線のrelaxation、コンクリートのクリープおよび弾性変形等による長期間にわたる引張力の変化を測定するための手段を講ずることは、この程度の規模の工事において困難であつた。

この工事を遂行するうえで直接間接に御指導と御援助をいただいた関係各位に対して厚く御礼申し上げる。

特に、東京大学 国分教授にはしばしば有益な助言を賜わり、電力技術研究所 関 慎吾氏からは設計の当初より貴重な資料をいただき、施工全般については西松建設KK津下富貴夫氏の積極的なご尽力をいただき、試験工事、鋼線束の製作等についてはピー・エス・コンクリートKK白木良昭氏の御協力を受けた。また、建設省土木研究所・開発課および関東地建の関係者からは施工上理解ある援助を受けた。

総合的な研究・調査活動の手引のため

科学技術文献速報

近 刊

- ◇土 木・建築工学 編
- ◇金属工学・鉱山工学 編
- 地球の科学

各編共 九月中旬発行予定
月刊
1部定価 300円
33年度分(計7号)購読料 1,900円

既 刊

各編共 8月25日現在で第1巻10号まで発行
半月刊

- ◇化 学・化学工業 編
- ◇工学一般・機械工学 編
- ◇電 気 工 学 編

1部定価 300円 年間購読料 6,500円
" 300円 " 6,500円
" 200円 " 4,300円

科学技術文献速報に収録する雑誌は世界の主な30ヶ国にわたり、そのうち重要なものは航空便でとりよめます。

外国特許速報

- ◇化学編 米・英・西独3ヶ国の特許のうち当情報センターに収録している化学・機械・電気の部門の明細書につき特許番号・発行日付・標題・特許権所有者名が記載してあります。この明細書は航空便でとりよめます。
- ◇機械編
- ◇電気編

各編共 年間(33年度にかぎり) 3,700円

日市化学総覧 第2次

総索引 事物索引(和文)

わが国における化学関係の全報文および特許の完全な抄録誌として化学関係の研究者・技術者必携の書であります。同索引の事物索引(欧文篇)もおって発行します。

B 5 判
箱入背皮クロス装
1440頁

定価 7,000円

科学技術文献速報に収録された文献または明細書の複写サービスのほか翻訳・調査サービスなども致しております。詳細は業務係へお問合せ下さい。業務案内、内容見本などお送りいたします。

日本科学技術情報センター

東京都千代田区一番町15番地の5
TEL 九段(33)5135 代表 振替東京 2996 私書函 東京中央局 1478