

年

卷

期

11

6

第

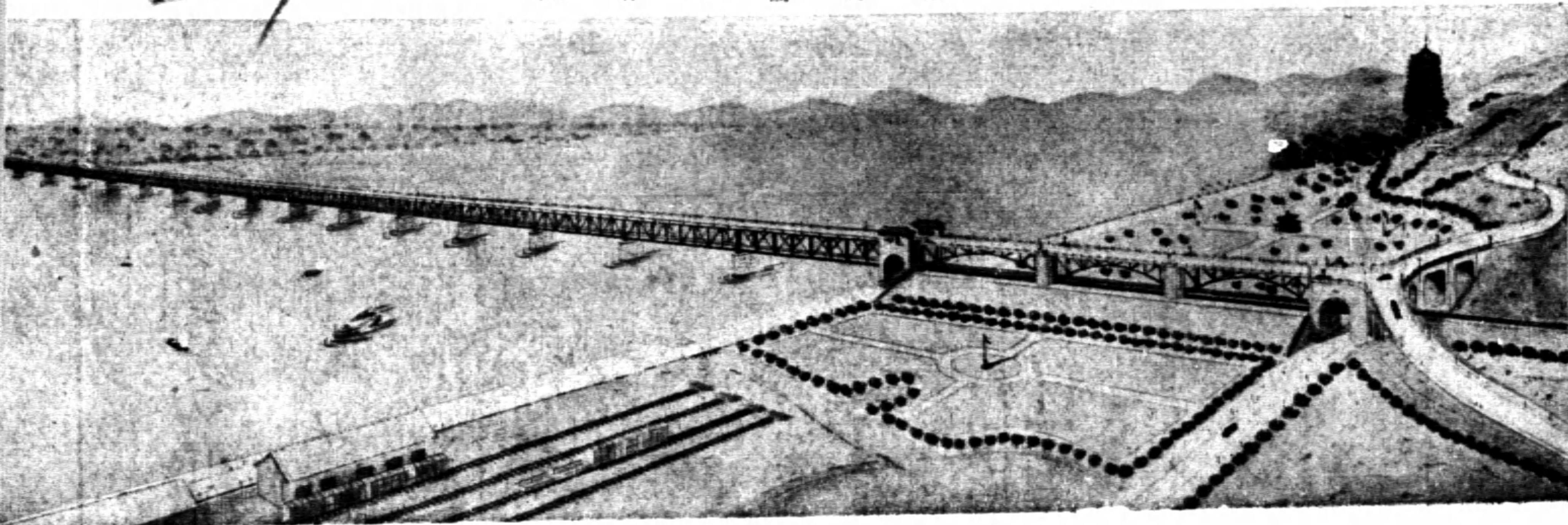
第



E/

主刊第二頁

錢塘江橋鳥瞰



# 工程

第十一卷第六號 二十五年十二月一日



## 錢塘江橋工程：

一年來施工之經過

正橋橋墩打樁工程

橋墩工程

基礎井箱沉奠工程

鋼梁工程

混凝土施工概況

浮運沉箱施工概況

浮運沉箱設計大綱

氣壓沉箱沉奠工程

鋼板樁圍堰工程

及其他七篇

國立北平圖書館藏

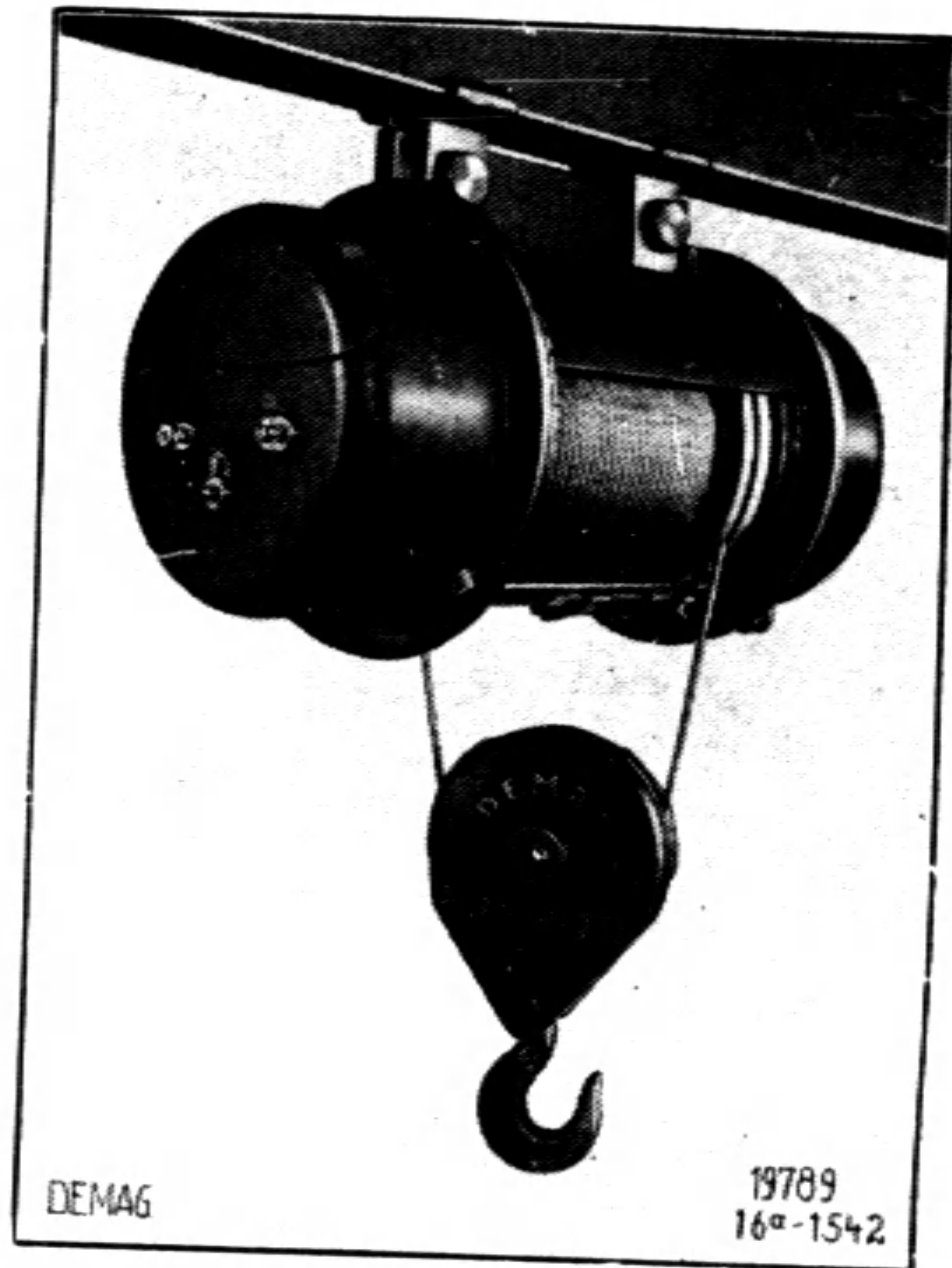
中國工程師學會發行



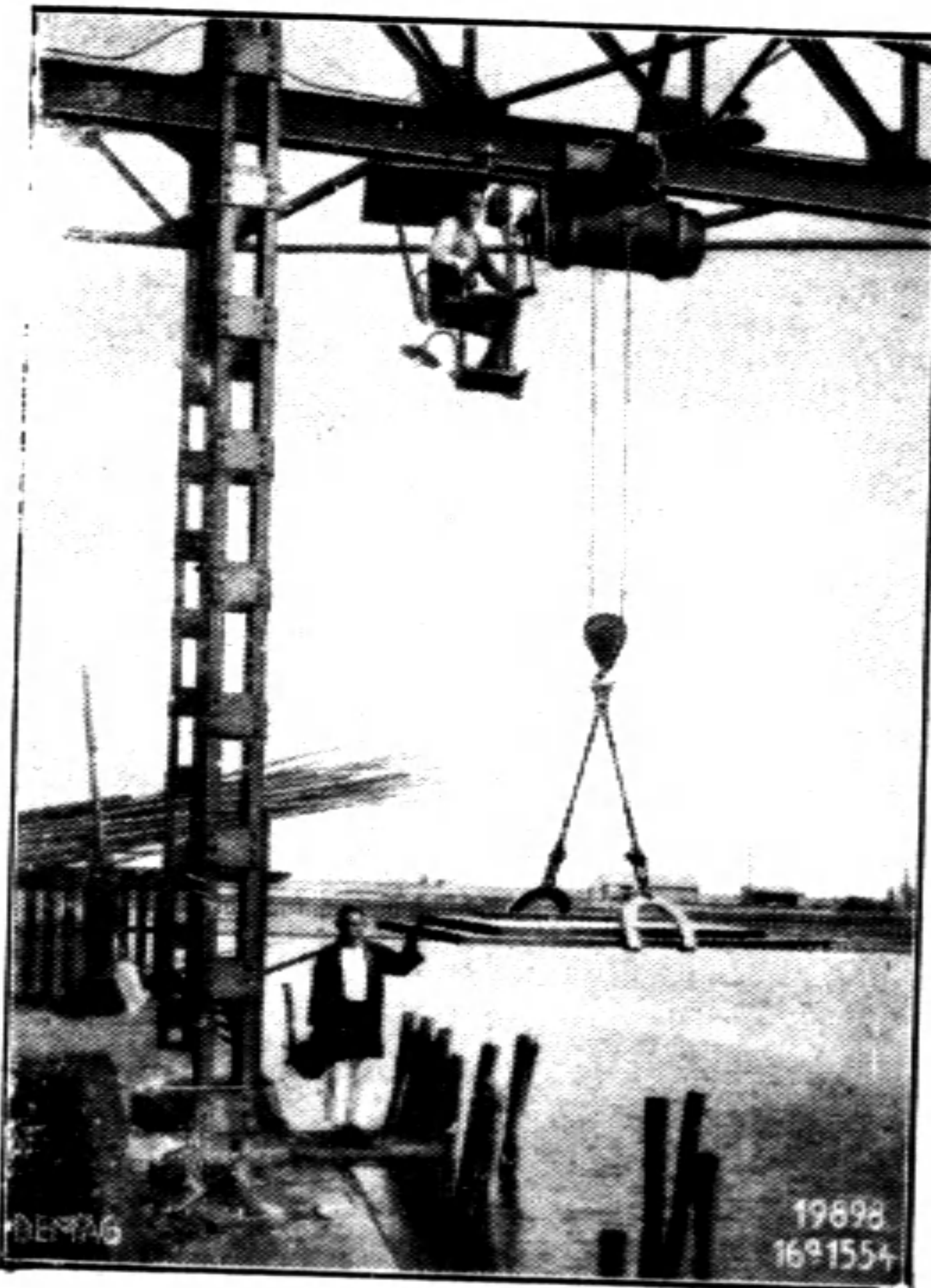
# DEMAG

## 台麥格電力吊車

為合理化之起重及搬運貨物之機械備  
有各種大小之能力適合于各種用途連



有歡鈕開關無論何人使用應手且售價  
低廉敝公司可免費試裝倘蒙 垂詢當  
派專家接洽不另取費  
二噸能力以下常備現貨



貨棧用電力吊車



裝貨設備用電力吊車

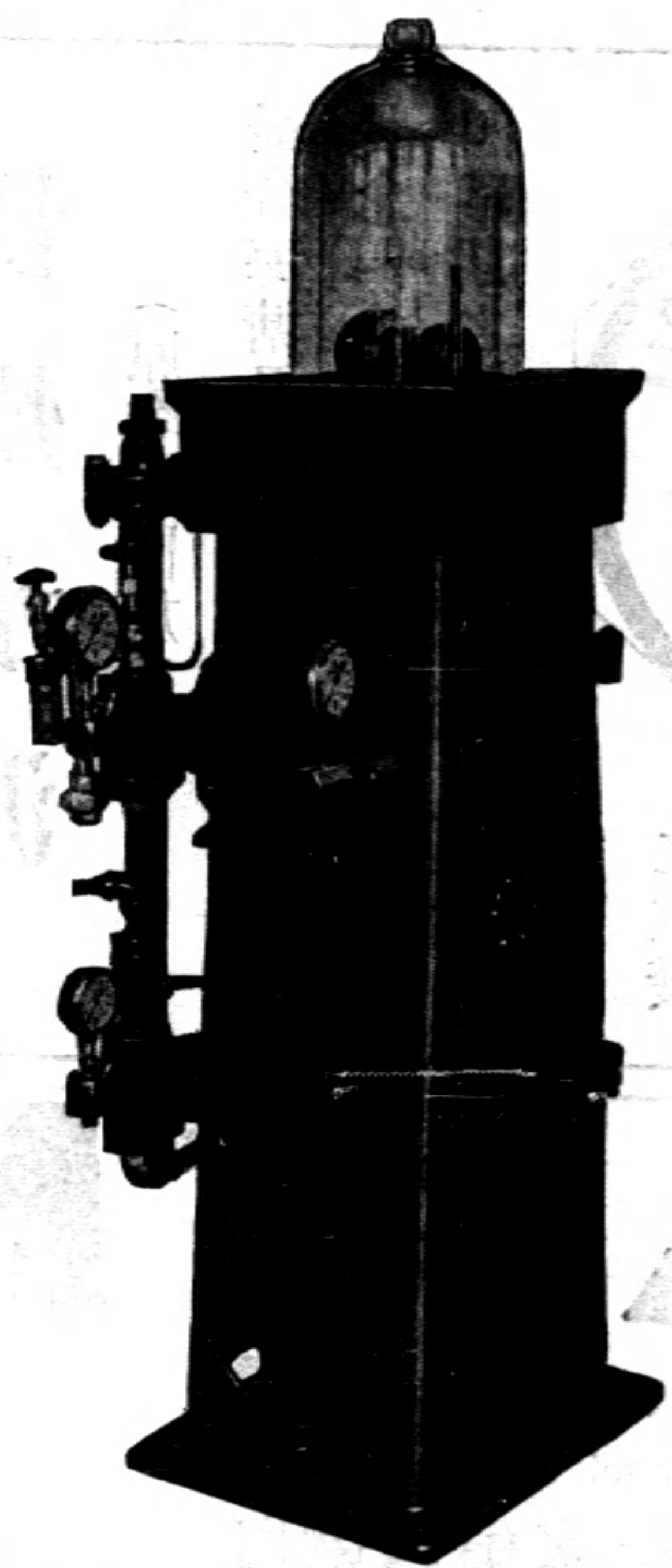
上海江西路一三八號  
謙信機器有限公司  
電話 一三五九〇號

獨家經理

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



# 美國“W&T”氣素殺菌機



## 本牌氣素殺菌機

馳名歷三十餘年

## 握殺菌機之權威

用戶達千萬廠家

機體精良美觀... 構造堅固耐用  
效力非常偉大... 迥非別牌可比

### 用 戶 一 斑

(座七十) 司公水來自商英海上  
 (座九) 廠水來自商法海上  
 (座五) 廠水司公電水北開海上  
 (座八) 司公水來自地內海上  
 廠水來自市州杭  
 廠水來自門澳  
 司公水來自平北  
 池泳游會育體國真津天  
 廠水局務礦漂開島皇秦  
 等等廠冰製器機口漢  
 錄備不恕幅備冷限因多衆戶

### 中國獨家經理 馬爾康洋行

上海四川路二二〇號

香港匯豐銀行樓上

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



上海北京

路第二號

# 立興洋行

電話一一  
六二〇號

## 快燥水泥

(原名西門放塗)

最合海塘及緊急工程之用因其能  
於念四小時內乾燥普通水泥則需  
四星期之多 立興快燥水泥為英



國倫敦  
之拉發  
其水泥  
廠所特  
製世界  
各國無  
不聞名

為最佳最快燥之礬土水泥雖海水  
侵襲決無絲毫影響打樁·造橋·  
基礎·碼頭·機器底脚及汽車間  
地板最為合用如荷垂詢無任歡迎



MASCHINENFABRIK AUGSBURG NUERBERG A.G.

Mechanical Injection Diesel Engines

孟阿恩無空氣注射提塞爾內燃機

孟阿恩

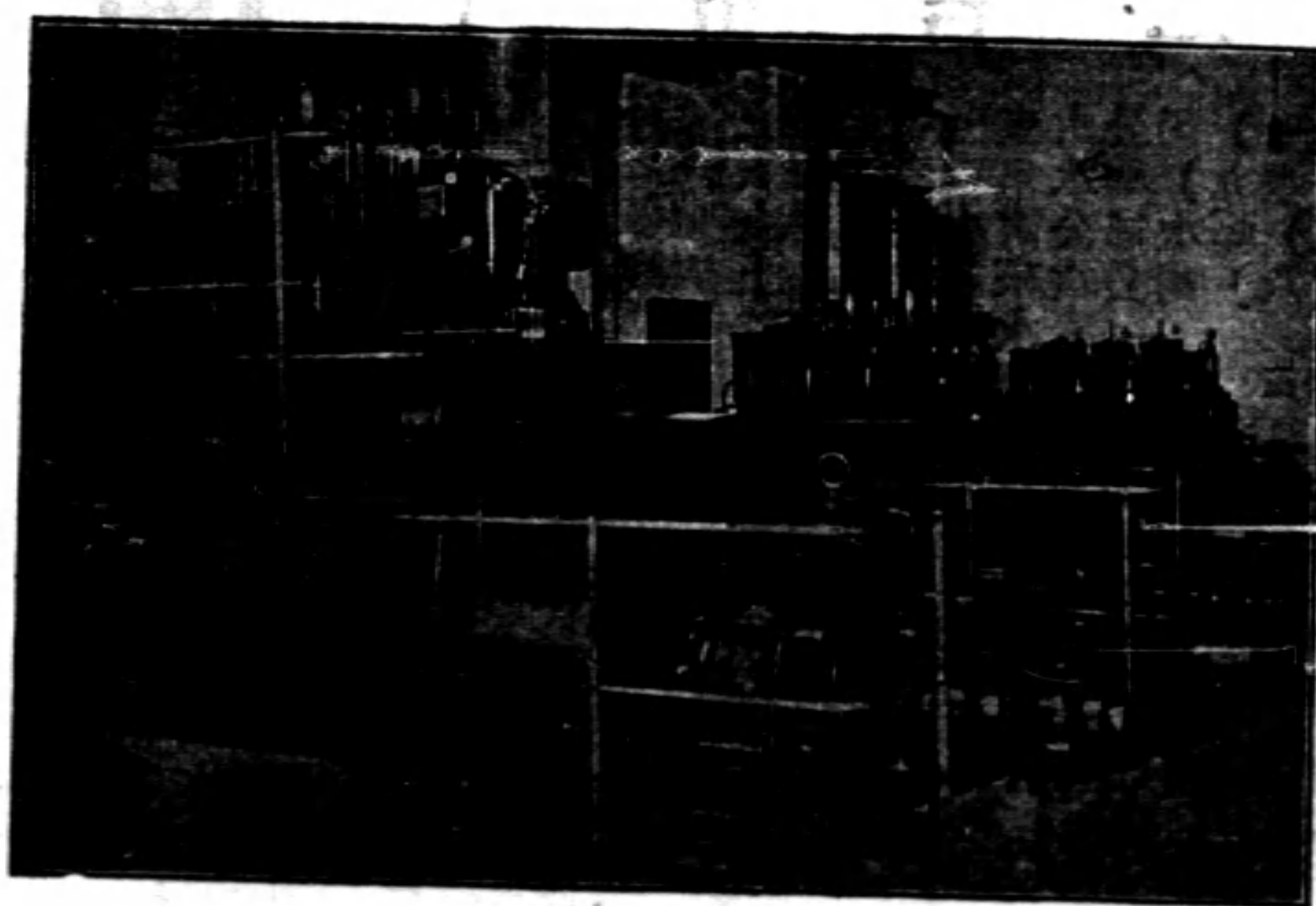
橋樑機器公司

喜 製  
機器鐵鑄工廠

孟阿恩廠製造

世界最大陸用內燃機

世界最大船用內燃機



上海四川路一一〇號

孔士洋行獨家經理

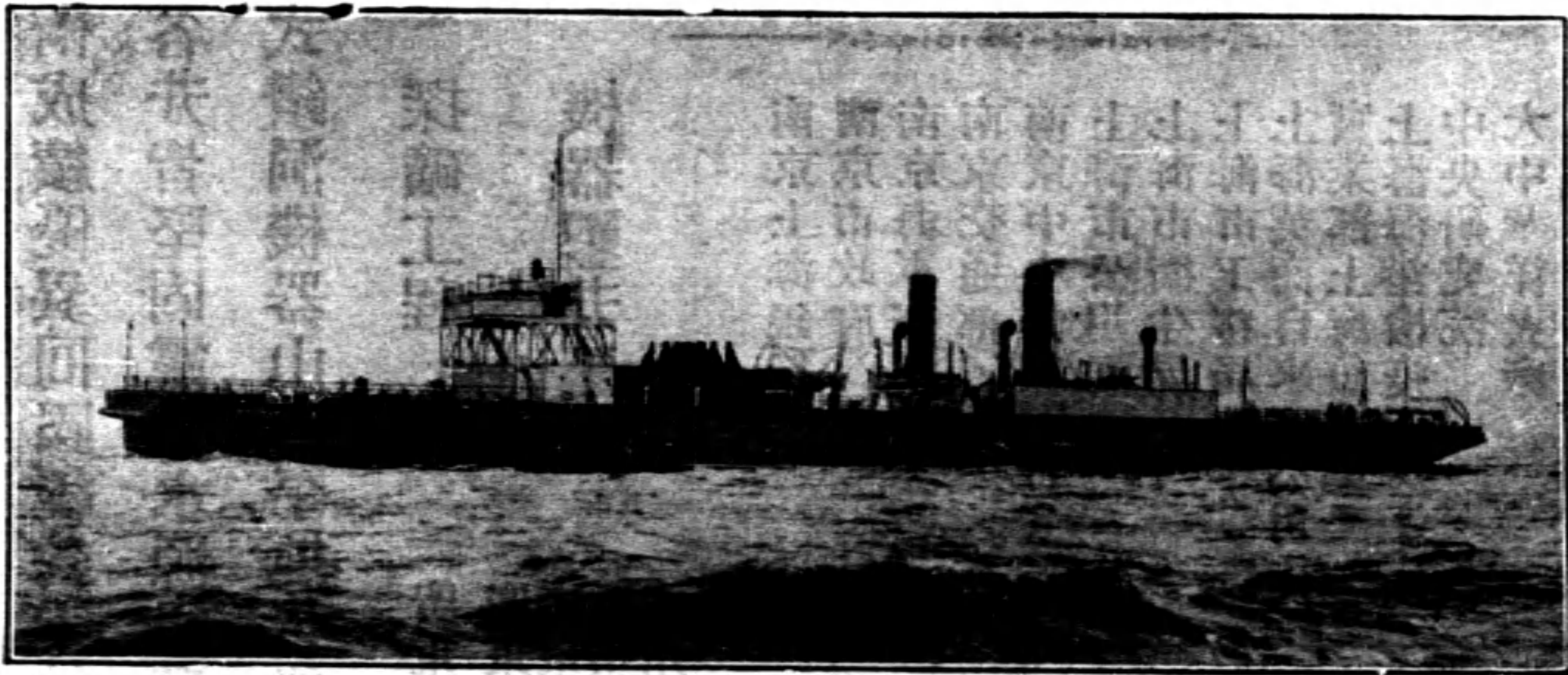
南京 漢口 廣州 瀋陽 爾哈濱

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



SWAN, HUNTER, & WIGHAM RICHARDSON, TLD.  
NEWCASTLE-ON-TYNE, ENGLAND

And Associated Company  
BARCLAY, CURLE & CO., LTD.  
GLASGOW, SCOTLAND



Twin-Screw S.S. "CHANGKIANG"

Railway Ferryboat built for the Chinese Ministry of Railways

形圖之號江長輪渡車火江長式葉輪雙造建部道鐵代廠本

敝廠創設於英國新堡已歷數十餘載專門製造大小輪船軍艦浮塢以及修理船隻裝修內外機件並製造各式輪機鍋爐煤力發動機柴油發動機以供各界採擇敝廠并開有最新式船塢五處其中最長者達六百二十英尺上列圖形之長江號火車渡輪即係敝廠所承造其式樣之新穎與夫行駛之便捷在遠東允稱首屈一指焉

史璜亨脫造船廠有限公司

地點——英國新堡

聯合公司 巴克萊柯爾造船有限公司

地點——英國格拉斯戈

中國總經理

上海 香港

英商馬爾康洋行



# 天源機器鑿井局

江灣水電路朱家宅二號  
電話江灣七七二二九號

## 最近各地鑿井成績之一斑

本局專營開鑿自流深井及探礦工程局主于子寬兼工程師昔從各國考察所得技術成績優異回國經營十餘載凡鑿本外埠各地工廠學校醫院住宅花園之大小各井皆堅固靈便水源暢潔適合衛生今擬擴充各埠鑿井探礦營業特添備最新式鑽洞機器山石平地皆能鑽成自流深井價格克己如蒙惠顧竭誠歡迎

### 探礦工程

### 機器鑿井工程

- 南京上海銀行
- 南京市政府
- 南京海軍部
- 南京交通部
- 南京中央無線電台
- 上海市公用局
- 上海市衛生局
- 上海市工務局
- 上海英商自來水公司
- 實業部上海魚市場
- 上海海港檢疫所
- 中央研究院
- 大中華洋火廠
- 中興在瑞珞廠
- 海甯洋行蛋廠

- 廣東韶關富國煤礦公司
- 廣東中山縣政府
- 廣東中山縣建設局
- 廣州市自來水公司

- 屈臣氏汽水廠
- 天一味母廠
- 肇新化學廠
- 泰豐罐頭廠
- 泰康罐頭廠
- 瑞和磚瓦廠
- 順昌石粉廠
- 永和實業廠
- 中國橡膠廠
- 正大橡膠廠
- 大用橡膠廠
- 大達橡膠廠
- 永大橡膠廠
- 華陽染織廠
- 麗明染織廠
- 五豐染織廠

- 美龍酒精廠
- 開林公司油漆廠
- 永固油漆廠
- 國華染織廠
- 光明染織廠
- 協豐染織廠
- 大華利衛生食料廠
- 振華油漆廠
- 崇信紗織廠
- 三友社織造廠
- 圓圓紡織公司
- 安祿棉織廠
- 上海印染廠
- 永安紗織廠
- 達豐染織廠
- 永安公司
- 新新公司
- 大新公司
- 中英大藥房
- 中國實業銀行
- 百樂門大飯店
- 新亞大酒店

- 新惠中旅館
- 松江新松江社
- 光華大學
- 震旦大學
- 持志大學
- 勞働大學
- 同濟大學
- 大夏大學
- 復旦大學
- 松江省立中學
- 立達學校
- 中山路平民村
- 蝶來大廈
- 中實新村
- 靜園
- 天保里
- 公益里
- 上海畜植牛奶公司
- 派克牛奶房
- 華德牛奶場

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



# 美商慎昌洋行

建築工程 部  
建築工程 師

承 建 各 項

## 鋼 料 工 程

房屋鋼架

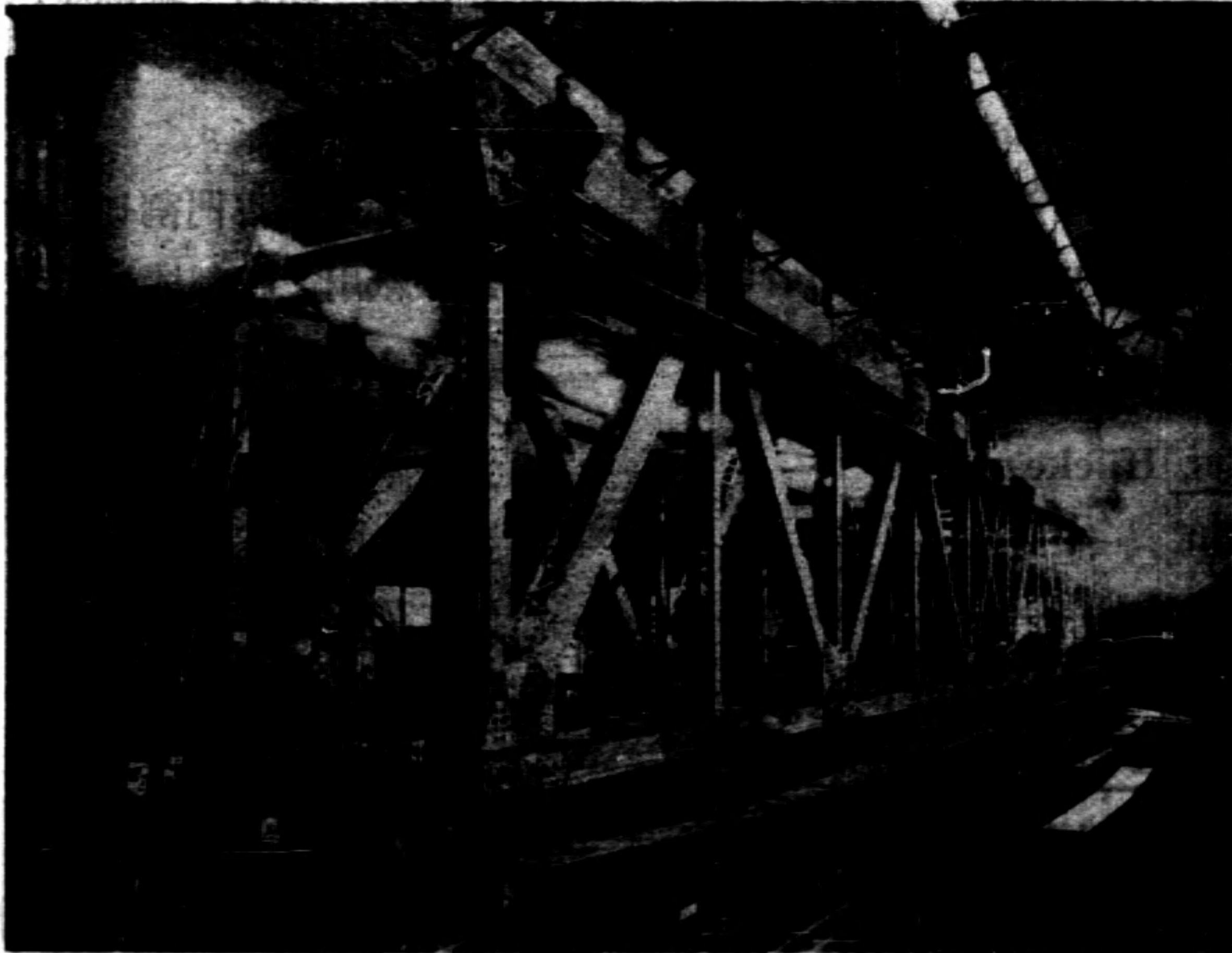
飛機棚廠

無線電塔

水閘工程

水塔油池

橋樑工程



上海圓明園路二十一號 電話一二五九〇

總 行

北平 漢口 青島 濟南 廣州 天津 香港

分 行

本行承建膠濟鐵路鋼橋二十二孔之一

請 聲 明 由 中 國 工 程 師 學 會 「 工 程 」 介 紹

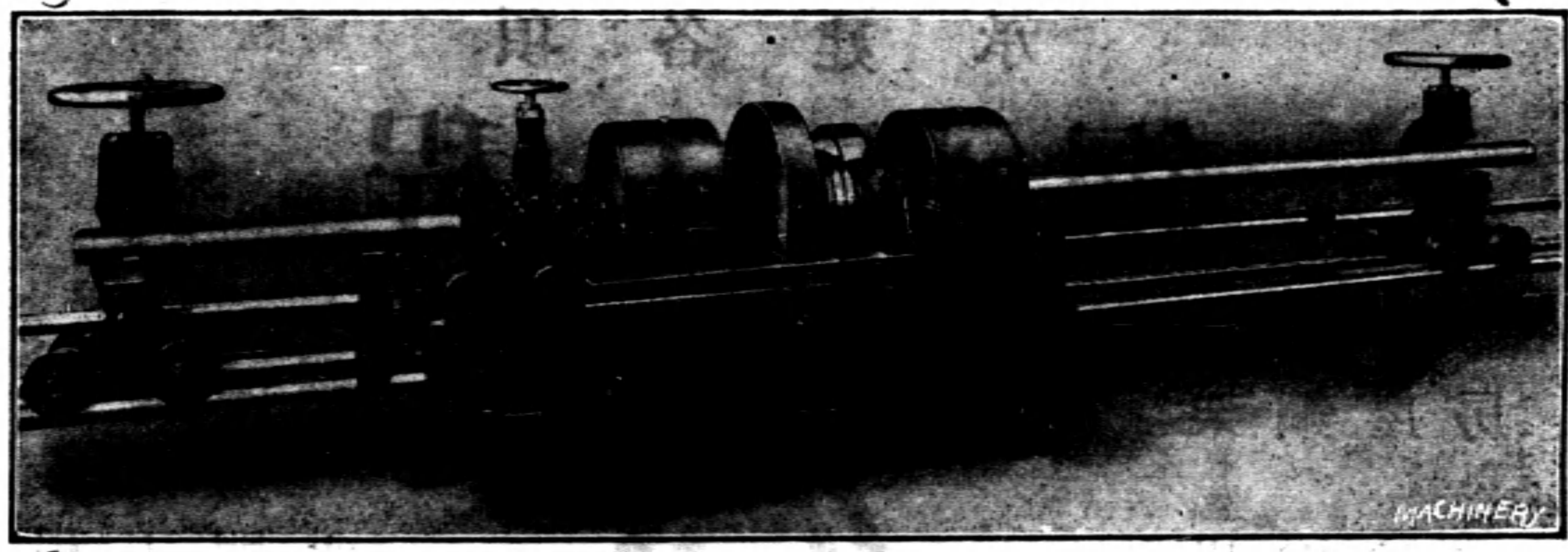


**SIEMSEN & CO.**  
Importers-Engineers-Exporters  
451 Kiangse Road  
SHANGHAI



德商  
**上海海禪臣洋行**  
江西路四五一號

**Th. Calow & Co., Bielefeld**  
Spitzenlose Hoechstleistungs-Schaelmaschine  
Centreless Shaft-Turning Machine



高 速 地 軸 鑄 機  
**德 國 聯 合 機 械 工 具 廠**  
上海德商禪臣洋行獨家經理

- Th. Calow & Co., Bielefeld** ----- 地軸鑄床，帽釘，螺絲壓床。
- Wanderer-Werke A. G., Chemnitz** ----- 各式精細高速銑床。
- F. C. Weipert, Heilbronn** ----- 各式鑄床，刨床。
- H. Pfauter, Chemnitz** ----- 各式特種高速專門割切齒輪用銑床。
- Maschinenfabrik Deutschland, Dortmund** ----- 鐵路工廠用之特種機械工具。
- Schiess-Defries A. G., Düsseldorf** ----- 兵工廠，船廠，火車廠，鍋爐廠，等用之最大型機械工具。
- Bêché & Grohs, Hückeswagen** ----- 各式冷壓空氣錘。
- Raboma, Berlin** ----- 各式橫臂鑽床。
- Webo, Düsseldorf** ----- 高速度及立柱鑽床。
- Lange & Geilen, Halle** ----- 牛頭刨床。
- Maschinenfabrik Polte, Magdeburg** ----- 兵工廠用之各種機器。
- Gustav Wagner, Reutlingen** ----- 冷圓鋸床，絞螺絲機。
- Hasse & Wrede, Berlin** ----- 複式鑄床，自動鑄床，兵工廠機器。
- Eisenwerk Wuelfel, Hannover** ----- 各式傳力機件，軸承，考不令，差動齒輪。
- Paul Forkardt A. G., Düsseldorf** ----- 各式軋頭盤。

請 聲 明 由 中 國 工 程 師 學 會 「 工 程 」 介 紹

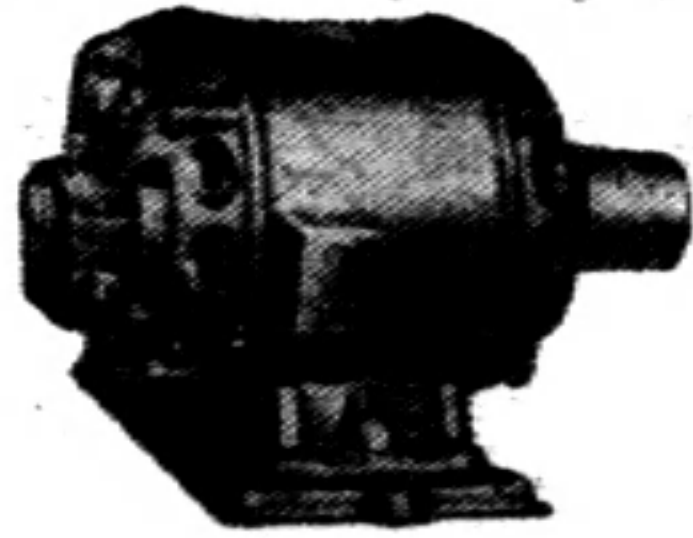


# FROST, BLAND & CO., LTD.

ENGINEERS & MERCHANTS.

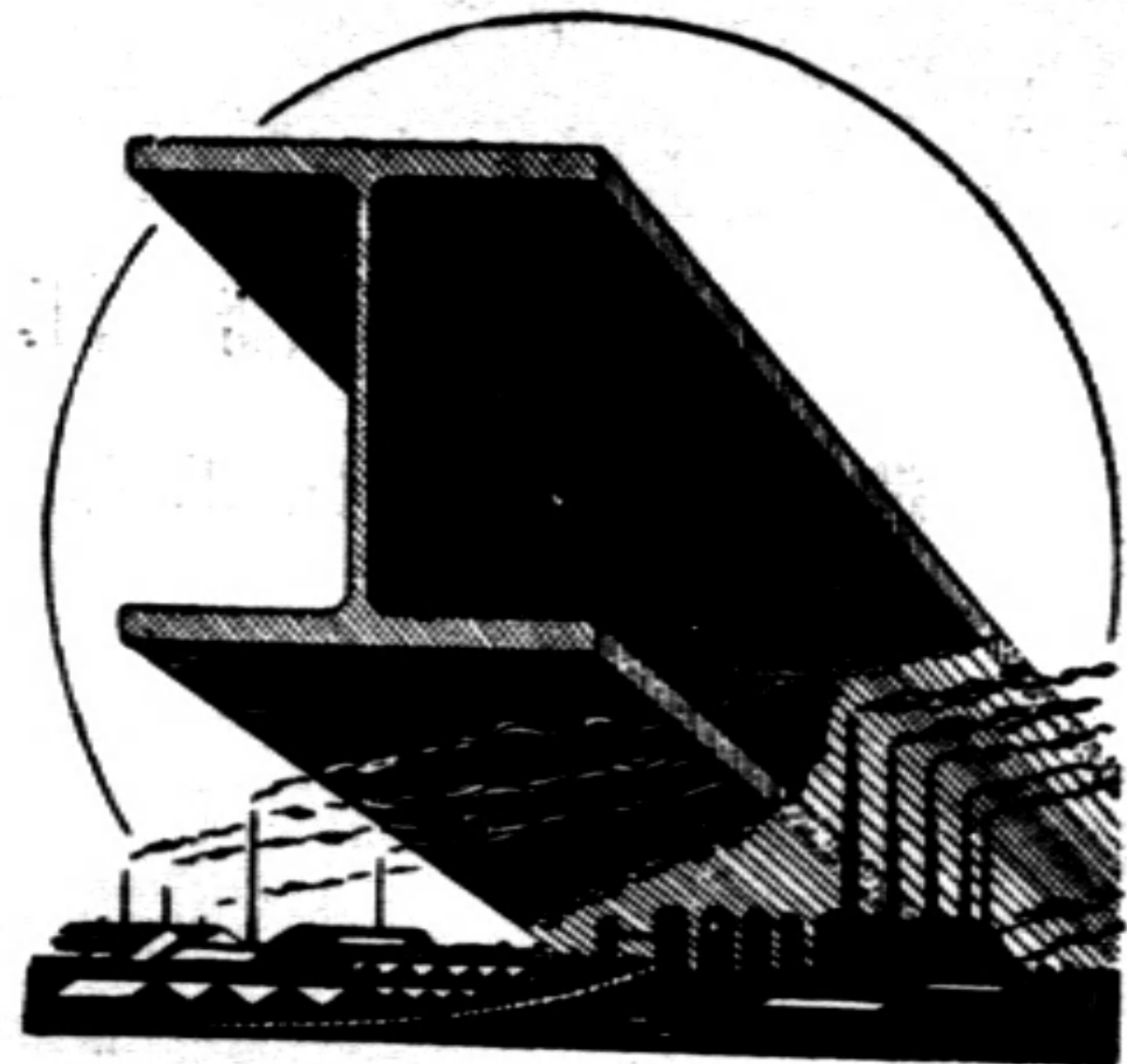
33, Szechuen Road, Shanghai.

*Century*



## MOTORS

BROAD FLANGE  
BEAMS



SPECIALISTS IN LUBRICATING OILS

*Sole Agents for:—*

|   |    |  |
|---|----|--|
| Century Electric Co.                            | —  | Electric Motors.   |
| R. A. Skelton & Co,<br>Steel & Engineering Ltd. | —  | Broad Flange Beams for<br>Economical construction of<br>Bridges & Buildings. |
| E. C. D. Limited                                | —  | Sodium Hyperchlorite plant for<br>Water purification.                        |
| L. M. Van Moppes & Sons                         | —  | Industrial Diamonds for Rock<br>Boring & All Industrial purposes.            |
| Washington-Eljer Co.                            | -- | High grade American Sanitary Ware.   |
| United States Radiator Corp.                    | —  | "Capital" Heating Boilers.   |
| Hill, Aldam & Co., Ltd.                         | —  | Sliding door gear of all types.  |

英商德康有限公司

上海四川路三三號

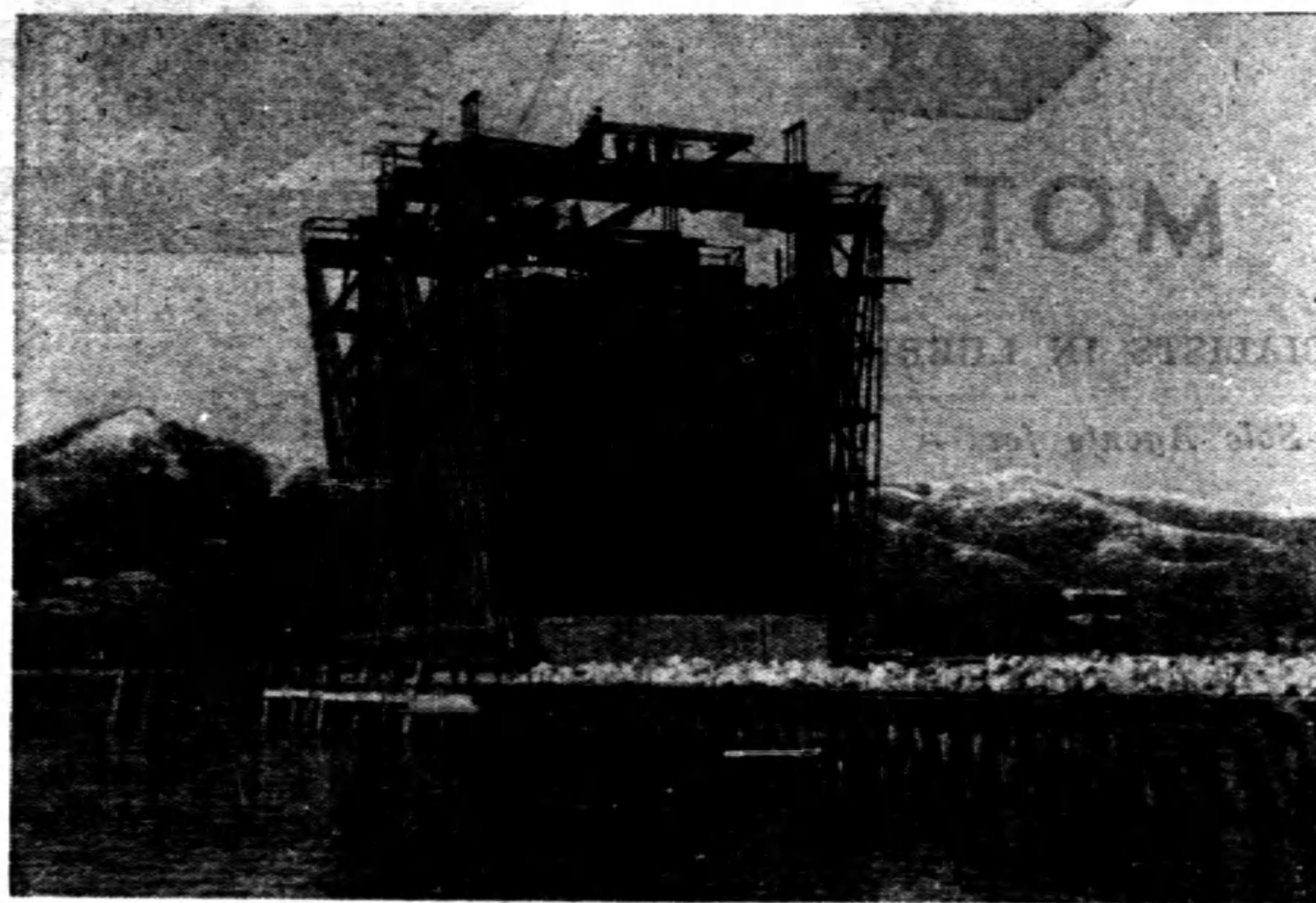
請聲明由中國工程師學會[工程]介紹





### 寧波老江橋

為中國最大之獨空橋——全部工程由敝行承造



該機能舉重七二〇噸為敝行  
設計監造用以運送水泥沉箱

錢塘江大橋工程上  
使用之大吊機

## 康益洋行

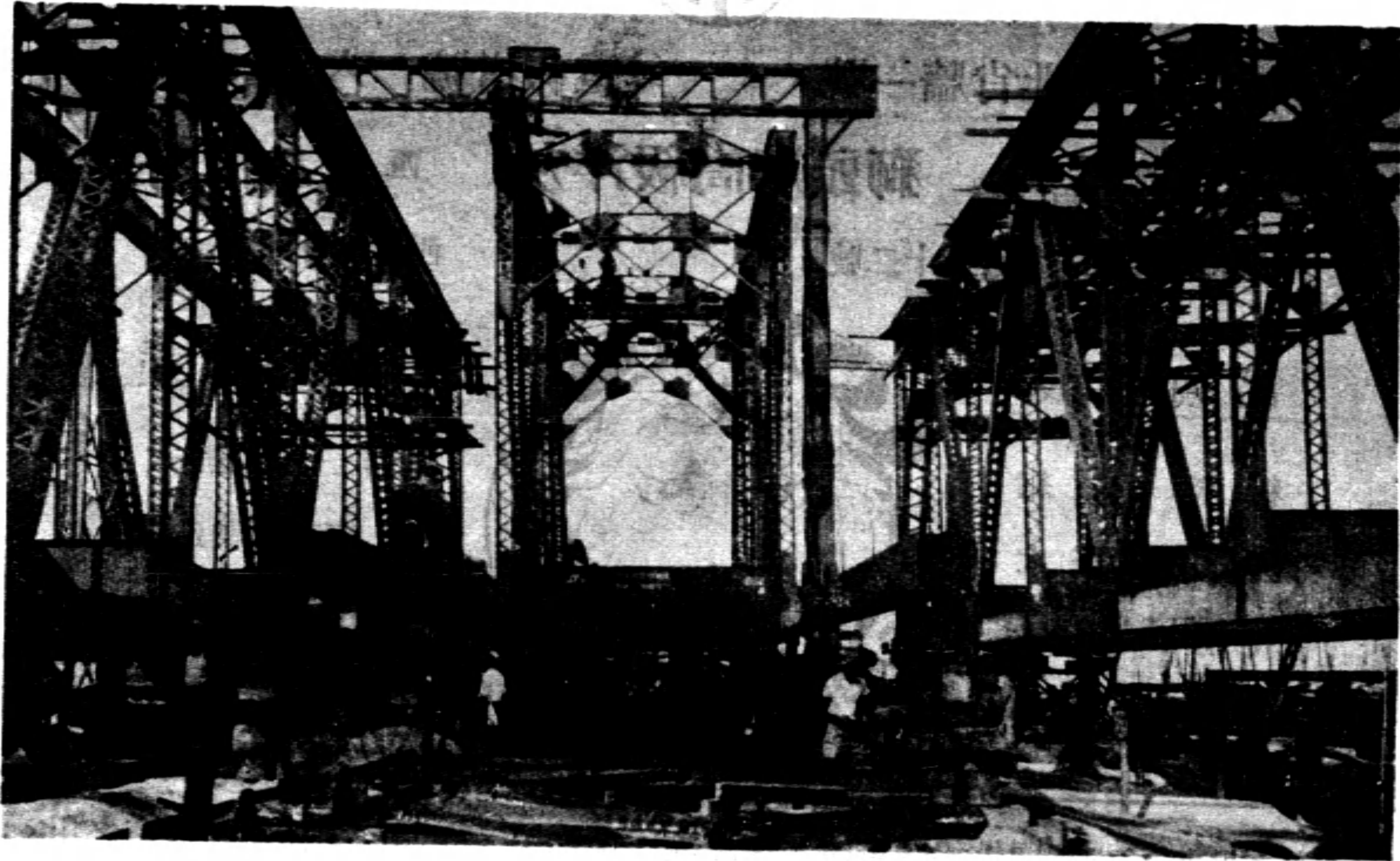
專門承一切海港，橋樑，基礎，鋼骨水泥，鐵  
打樁等工程，並備有大宗美松木及拉生鐵，  
式鋼板樁或賣出或租出

◀ 上海江西路二七八號 ▶

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



# 道門朗公司



本橋安裝方法係用浮船法上圖係鋼梁在岸邊配合情形預備移置浮船上駛至安裝地點降置橋座即可畢事

## 高拉力鋼

築

允為最經濟之建築  
力大量輕  
鋼四千餘噸

錢塘江大橋為中國最大之鐵路公路混合橋共用本公司高拉力

電 報 上 海 電 話

12980

外灘二十六號

Dorman

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



# NORTH WESTERN INDUSTRIAL CO.

## 西北實業公司

山西太原北肖牆一號

電報掛號 六〇〇七

駐津辦事處

獅頭牌高級洋灰

西安辦事處

天津英租界海大道五十二號

西安中正門

### 品質優良

粉末——微細  
 強力——堅大  
 成分——保險  
 色彩——鮮美



### 設備完善

機器——最新式乾  
 濕兩用製造機  
 技術——專家精製  
 原料——優良國產品

耐火坩堝：一專門供給煉鐵爐，煉焦爐，煉鋼爐，碾鋼爐，洋灰燒成窯之用。

耐火砂磚：一專門供給煉鋼馬丁爐，煉鋼反射爐及煉焦爐之用。

各種耐火材料之耐火度及比重

| 品別  | 普通耐火磚           | 一等耐火磚              | 二等耐火磚           | 硅石磚            | 高酸性磚  |
|-----|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|-------|
| 耐火度 | S.K.28 (1630°C) | S.K.33強 (1730°C以上) | S.K.32 (1710°C) | S.K.3 (1730°C) | S.K31 |
| 比重  | 2.24            | 2.52               | 2.54            | 2.18           | 2.4   |

### 本公司出品要目

獅頭牌高級洋灰  
 各種耐火坩堝砂磚  
 八卦酒精興農油  
 三晉牌呢絨嗶嘰  
 印刷紙包裝紙  
 各類煤炭  
 輕重機器零件  
 飛艇牌火柴  
 皮革製品  
 農工器具  
 鐵工用具  
 精印書報單據證券

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹





## 鋼心鋁線

因其可靠所以在各種氣候與地形之下均經採用

研究此種照相片時。請注意在加拿大印度與日本等多山國度中，此種鋼心

鋁線所需越過之情形。下圖示日本古河電氣工業株式會社二十一英里長之

傳電線。所傳電流計六萬六千弗。電線

架之距離普通為一三一二英尺。其最大

之距離，則為四四一九英尺。採用鋼心

鋁線之結果。可減少重量三分之一，因

兩電線架間之距離較長。架設費亦大可

減低。

鋼心鋁線現在用於全世界者。長達六千

萬英里以上。因其較之普通所用材料。

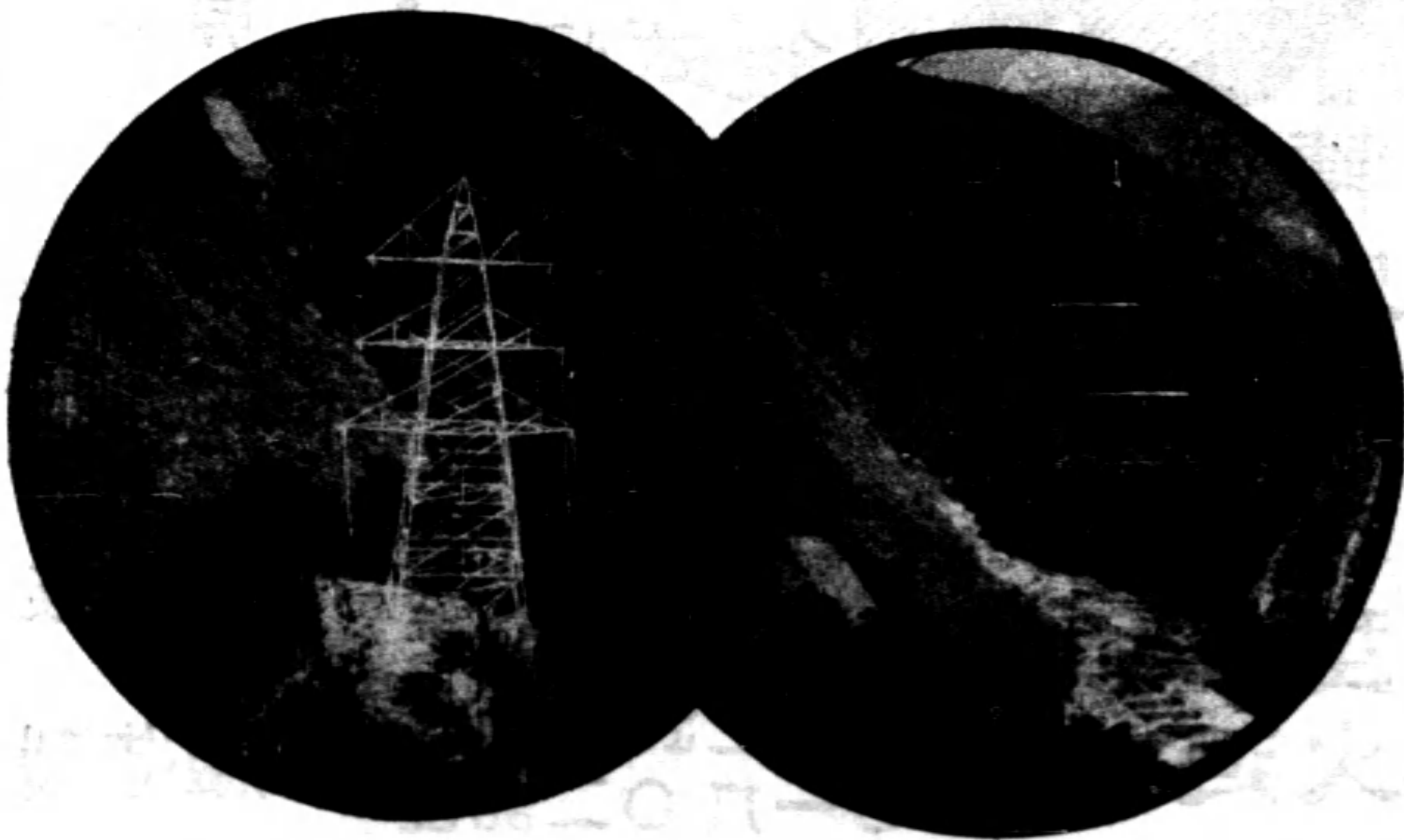
一則重量減輕三分之一。二則堅強增多

三分之一。其足抵抗鏽蝕之能力，其充

分可靠與堅強之品質，以及低廉之架設

費用。蓋使工程家不得不加以鄭重考

慮焉。



請詢 鋁業有限公司 上海北京路二號 上海郵政信箱一四三號 (一)

請聲明由中國工程師學會【工程】介紹



# 地 球 牌

商 標  
國 貨



註 冊  
全 完

耐火度 SK35 (攝氏1770°)

抗壓力 281.9 Kg/cm<sup>2</sup>

吸水率 9.35%

# 火 磚

玻 璃 現  
爐 及 材 用  
種 形 築 料  
式 爐 珠 坩  
白 及 材 瑯 坩  
火 斜 料 用 及  
坩 形 各 坩 築

各 種 定  
型 火 種  
轉 窯 火  
磚 用 磚 汽  
特 水 鍋  
電 特 水 鍋  
爐 型 泥 用  
料 磚 火 迴 特

製 造 廠  
上 海 北 京 路 四 九 二 號  
電 話 一 九 一 五 五  
上 海 勞 勃 生 路 二 一 九 號  
電 話 二 〇 一 九

中 國 窯 業 股 份 有 限 公 司 出 品



# 中國工程師學會會刊

編輯：

黃 炎 (土木)  
董大酉 (建築)  
沈 怡 (市政)  
汪胡楨 (水利)  
趙曾珏 (電氣)  
徐宗溲 (化工)

# 工 程

總編輯：沈 怡  
副總編輯：胡樹楫

編輯：

蔣易均 (機械)  
朱其清 (無線電)  
錢昌祚 (飛機)  
李 儼 (礦冶)  
黃炳奎 (紡織)  
宋學勤 (校對)

## 第十一卷 第六號

### 錢塘江橋工程專號

|                    |              |     |
|--------------------|--------------|-----|
| ✓ 錢塘江橋一年來施工之經過     | 茅以昇          | 417 |
| ✓ 錢塘江橋橋墩工程         | 羅 英          | 428 |
| ✓ 錢塘江橋鋼梁工程         | 梅鳴春          | 441 |
| ✓ 錢塘江橋浮運沉箱施工概況     | 李仲強          | 461 |
| ✓ 錢塘江橋氣壓沉箱沉奠工程     | 魯迺參          | 471 |
| ✓ 錢塘江橋正橋橋墩打樁工程     | } 卜如默<br>何武堪 | 482 |
| 錢塘江橋基礎井箱沉奠工程       |              | 孫鹿宜 |
| ✓ 錢塘江橋混凝土施工概況      | } 李學海<br>王同熙 | 493 |
| ✓ 錢塘江橋浮運沉箱設計大綱     |              | 李學海 |
| ✓ 錢塘江橋鋼板樁圍堰工程      | 羅元謙          | 506 |
| ✓ 錢塘江橋鋼板樁圍堰被沖毀後之打撈 | } 卜如默<br>孫植三 | 512 |
| ✓ 錢塘江橋橋基之開挖        |              | 熊正秘 |
| ✓ 錢塘江橋之護墩席         | 李 洙          | 518 |
| ✓ 錢塘江橋橋址測量         | 李文驥          | 521 |
| ✓ 錢塘江橋橋基鑽探         | 朱紀良          | 529 |
| ✓ 錢塘江橋工程中之試樁       | 余 權          | 537 |
| ✓ 錢塘江橋工程中之材料檢驗     | } 陳祖闈<br>丘勤寶 | 543 |

## 中國工程師學會發行

分售處

上海徐家匯蘇新書社  
上海四馬路作者書社  
上海四馬路上海雜誌公司  
南京正中書局南京發行所  
濟南芙蓉街教育圖書社  
南昌民德路科學儀器館南昌發行所

南昌 南昌書店  
昆明市西華大街雲嶺書店  
太原柳巷街同仁書店  
廣州永漢北路上海雜誌公司廣州分店  
重慶今日出版合作社  
成都開明書店



## 中國工程師學會會員信守規條

(民國二十二年武漢年會通過)

1. 不得放棄責任，或不忠于職務。
  2. 不得授受非分之報酬。
  3. 不得有傾軋排擠同行之行爲。
  4. 不得直接或間接損害同行之名譽及其業務。
  5. 不得以卑劣之手段競爭業務或位置。
  6. 不得作虛偽宣傳，或其他有損職業尊嚴之舉動。
- 如有違反上列情事之一者，得由執行部調查確實後，報告董事會，予以警告，或取消會藉。

## 工程雜誌投稿簡章

- 一 本刊登載之稿，概以中文爲限。原稿如係西文，應請譯成中文投寄。
- 二 投寄之稿，或自撰，或翻譯，其文體，文言白話不拘。
- 三 投寄之稿，望繕寫清楚，並加新式標點符號，能依本刊行格繕寫者尤佳。如有附圖，必須用黑墨水繪在白紙上
- 四 投寄譯稿，並請附寄原本。如原本不便附寄，請將原文題目，原著者姓名，出版日期及地點，詳細叙明。
- 五 稿末請註明姓名，字，住址，以便通信。
- 六 投寄之稿，不論掲載與否，原稿概不檢還。惟長篇在五千字以上者，如未掲載，得因預先聲明，並附寄郵費，寄還原稿。
- 七 投寄之稿，俟掲載後，酌酬本刊。其尤有價值之稿，從優議酬。
- 八 投寄之稿，經掲載後，其著作權爲本刊所有。
- 九 投寄之稿，編輯部得酌量增刪之。但投稿人不願他人增刪者，可於投稿時預先聲明。
- 十 投寄之稿請寄上海南京路大陸商場 542 號中國工程師學會工程編輯部。



# 本刊徵稿啓事

本刊預定自十二卷一號起,刷新內容,除原有論著部分外,另加「外論譯雋」,「工程新聞」,「書報評論」等欄,並訂有徵稿辦法,爲酬給潤費標準。茲將該項辦法附刊於後,尙希國內工程界源源惠寄鴻文,以光篇幅,不勝盼企之至!

再下期集稿期爲本年十二月二十日,並祈 注意!

中國工程師學會「工程」編輯部啓

## 工程雜誌徵稿辦法

### 一、「論著」欄

#### 甲.徵稿標準

1. 關於國內實施建設工程之報告。
2. 關於國內現有工業情形之報告。
3. 關於國內工程界各種試驗結果之報告。
4. 關於土木工程方面研究心得之論著。

每篇字數以二千至二萬爲率

#### 乙.酬勞辦法

此類稿件,擬請工程界工業界同志義務供給,概不酬潤,僅贈雜誌五冊,單行本三十份,但如經投稿人預先聲明,贈送單行本份數,亦可酌加。

### 二、「外論譯雋」欄

#### 甲.徵稿標準

凡外國文工程雜誌登載之文字,有關新學理或新設施而刊行尙未逾半年(自投稿時推算)者,均可摘要介紹,每篇字數以不逾二千爲率,投稿人最好附送原稿,以便參考,稿內應註明原著人姓名,及發表刊物之卷號及出版年月。

#### 乙.酬勞辦法



凡刊登之稿件,每千字酬潤資二元至四元。

### 三.「國內工程簡訊」欄

#### 甲.徵稿標準

1. 關於國內實施建設工程進行情形之簡單報告。
2. 關於國內現有工業有所改進時之簡單報告。
3. 關於國內工程界各種試驗結果之簡單報告。

每則字數以不逾二千為率。

#### 乙.酬勞辦法

凡直接投登之稿件, (未在其他刊物發表者) 每則酬潤資五角至一元五角,或每千字酬潤資一元至三元。

### 四.「國外工程簡訊」欄

#### 甲.徵稿標準

摘譯最近出版外國文報紙雜誌所刊載之國外重要工程報告或新聞。(稿內須註明原刊物名稱及出版年月。)

每則字數以不逾二千為率。

#### 乙.酬勞辦法

同(三)(乙)

### 五.「書報評論」欄

#### 甲.徵稿標準

新出版中外重要工程書籍,或中外工程雜誌內有價值作品之批評,或按期介紹。

每則字數以不逾一千為率。

#### 乙.酬勞辦法

凡刊登之稿件,每則或每千字酬潤資一元至三元。

### 六.備考

甲.其他辦法,參照「工程雜誌投稿簡章」。

乙.凡按字數酬給潤資之稿件,附有圖照者,照刊出後所佔地位折合字數,一併計算。

丙.工程雜誌編輯部得不徵投稿人同意,將稿件轉送其他工程刊物發表,其給酬等辦法,悉依該刊物投稿章則之規定。



# 錢塘江橋一年來施工之經過

茅 以 昇

本橋設計及籌備經過，已詳本刊第九卷第三四兩期，現所進行工程，即其中第二計畫之實施。正橋橋墩由康益洋行承包，正橋鋼梁由道門朗公司承包，北岸引橋及公路由東亞工程公司承包，南岸引橋由新亨營造廠承包，原定工費五百萬元，工期兩年半。自去歲四月間，材料工具開始到工積極進行以來，迄今一載有奇，所經工程上設備上及人事上之種種困難，無從罄述。所當自幸者，即所定計畫，既可實施，而工費工期，亦不致超出預算，尙足告慰關心人士耳。

## (一) 施工研究

本橋施工方法，下列各篇均有說明，茲先將研究經過，披露如次：

### (甲) 沉箱

本橋工程以正橋橋墩爲最艱巨。設計伊始，材料不甚充分，施工方法，覺以鋼板圍堰爲最經濟，故即以此法招標。其後屢經研究，並參證去歲圍堰冲陷之經驗，乃悉改用氣壓沉箱浮運法，幸告成功。所經階段，有可陳述者：

(一) 圍堰與沉箱 橋墩入土甚深，如用鋼板圍堰，其長度須達26公尺(85呎)，方能穩妥。此項長樁，訂購需時，打工不易，且江底土質附着力甚大，拔起尤爲困難，倘竟不克拔起，則每墩需板一套，既



不經濟，且阻遏江流過甚，增劇冲刷；益以圍堰支撐（Bracing）之不易（因受風力水力之面積較大），堰內打樁之困難（因樁須穿過支撐），封底前樁頭情形無由察看（祇憑潛水夫之報告），封底抽水後，水浮力之危險（因冲刷關係水深可達20公尺），種種情形，皆不逮氣壓沉箱之適用。

(二)開口沉箱與氣壓沉箱 北岸石層，坡度甚陡，開口沉箱不易奠基。南岸石層甚低，若悉用開口沉箱，則需費過鉅，若參用木樁，則打工困難，較氣壓沉箱為尤甚。

(三)鋼板沉箱與混凝土沉箱 鋼板沉箱，在浮運時為一船，就位後即混凝土之模殼；且質輕料堅，便於工作，自可採用。惟(1)須與木樁同向外洋定購，沉箱一切工作，為之延誤。(2)錢江山水潮汎，俱甚洶湧，沉箱浮游時，最易沖走，而鋼箱全部，係於浮游中澆築，占時既久，勢難安全。(3)在有基樁之橋墩處，須先將木樁打竣，鋼箱就位後，方能澆築箱內之混凝土，故打樁與澆築，不易同時進行。(4)鋼板沉箱工料，均較混凝土沉箱昂貴。

(四)混凝土沉箱就地澆築與澆築後浮運 江中就地澆築，須用鋼板圍堰。本橋之第一，第十四，及第十五三號橋墩，本擬用此方法。惟第十四，十五兩墩處，水流甚急，冲刷極劇，致將圍堰沖陷；而用極長之鋼板，需款又屬不貲，故不若岸上澆築之經濟。益以前述打拔板樁之困難，工期上恐亦不免延誤。

(五)岸上澆築之船塢法滑道法及吊運法 船塢法利用水力，築箱之處，須在深塢；而本橋兩岸，皆有流沙，開塢時，隨挖隨淤，永無寧日，故無從採用。滑道法亦須開挖，且沉箱甚多，一綫排列，滑道坡度既大（至少1:18），則較遠沉箱，距地必高，其建築及滑送方法，均頗不易。至吊運法則在塢中之土木建築較少，大部工款，耗於吊車設備，而吊車則他處可用；且搬運沉箱時，進退固可如意，即降落水中後，亦尚可吊起檢驗，或加修理，為前兩法所萬不能辦到者。

#### (六)沉箱施工方法



(子)起吊 起吊沉箱,可從箱底用鋼梁數根,承托全重;或在箱之邊牆內,預置鋼條若扇骨,將全箱懸起。前法於起運前,須將各梁一一插入箱底,再聯結於吊車;沉箱出隴(即浮出吊車)後,又須將各梁撈起,一一鬆解,手續甚繁。後法則於扇骨交接處,安置一鈎,起吊放落,均極便利。惟托梁法着力在箱底,不影響內部之應力,比較安全,故予採用。

(丑)轉運 沉箱吊起後,因吊車之推動,徐徐轉運。吊車設計關鍵,在車架之剛勁(Rigidity),及架脚之着力點。因沉箱重量着力處,在吊車上梁之兩點,而此兩點與車輪着力處,不成直綫;故上梁彎成弓狀,而在車旁三稜架接筭處,引起甚大之撓率(Moment)。此撓力足使整個吊車走形,發生危險;應付之法,或在接筭處加入斜桿(Knee Brace),或將上梁切面之惰率(Moment of Inertia)加大;因後法便於工作,故經採用。至架脚之着力點,從理論言,應以車輪與軌道相切處為最妥,但事實上不易辦到。故在架脚置一橫木,橫木下置車輪,即以此橫木中心點,為沉箱重量着力點。車輪下本可用單軌。因軌之切面積過鉅,不易置辦,改為每輪雙軌。第一座沉箱轉運時,頗見安全;至第二座時,則發現兩軌略有高低,因之吊車兩旁之三稜架亦可斜傾;或同向內,或各向外,或共倒一邊;而以第三現象為最危險。因於架脚,特用三角形鋼撐加固,使一脚雙軌不平之影響,為他脚鋼撐所抵禦,嗣後遂無問題。故吊車單軌雙軌之利害,頗堪研究。

(寅)入水 沉箱駛至便橋盡頭,降落入水,其動作賴托梁懸桿上之螺旋機。此套設備,前在津浦黃河橋應用時,人力即可推動,並無困難。本橋沉箱較重,照其能力設計,而臨時竟生阻礙,不得不改用電力,故廠家出品之宣傳,有時不可盡信。

(卯)出隴 沉箱入水浮起後。拖出吊車時之工作,悉賴鑄,纜,絞車,等之操縱;其要點在保護吊車及便橋之安全,不使沉箱因水流或風力而與之衝擊。沉箱降落後,位於兩便橋之間,每邊所留隙地,



僅合 8 公寸，故立錨宜遠，收放纜索，務須迅速，使箱之出隴途徑，幾成直綫。

(辰)浮運 沉箱出隴後，浮運至橋墩地點，因係方形，水之阻力甚大，拖挽不易，故應利用江潮，順流而下，拖船從旁相助，僅為導入路綫而已。在潮大時，箱之鐵錨，並不卸去，使在泥中拖帶，以便減少速度。

(巳)就位 至橋墩地點後，沉箱須錨碇於準確位置，方可沉底。而錨碇方法，殊費研究。高箱六錨，稍一移動，六纜均須收放。此六錨前後兩錨，應在箱之上下游，固無問題；其餘四錨，則可於箱之兩旁，各置兩錨，與橋之中心綫平行；或在箱之四角，每斜向一錨，使成交叉；各有利弊，以用第一法較妥。

(午)沉底 沉箱就位後，須從速沉至江底，免為急流沖動；或用水壓法，或僅憑續澆混凝土之重量，或兩法兼用。因橋墩之澆築，須在沉箱填築以後，如用水壓法，則沉箱內須備儲水隔間，體重必須大增，陸運不甚經濟，但悉賴混凝土之重（須 1500 噸方能沉底），則因澆築關係，（如箱梁填築後須經三日方續澆墩柱）需時又不免較久。現雖採用澆築法，但於必要時，可於木堰內放水加重，使箱暫沉江底，俟水小時，再抽水續澆，一面改用加大之混凝土錨（每個重 10 噸，內有水沖管），以免水沖移走之危險。

(未)入土 沉箱既至江底，即可安放氣櫃，拆卸箱上圍堰，開始入土下沉。此時因柴排障礙及土軟關係，箱位極易移動，須多次施測，方可進行。如相差不多，在 2 公寸左右者，可俟入土後，先儘一邊開挖，則沉箱下降，自可矯正。又以軟土水浸，氣室易為填塞，開挖工作，總須經相當時間，方能正常進行。

### (乙)打樁

本橋南部九墩，石層甚深，其上澱泥沙礫，綜錯相間，達二十一層之多，四十餘公尺之厚。原計畫採用百呎木樁，上載橋墩，自係經濟辦法。惟開工伊始，因沙礫層關係，打樁極為困難，錘重不足則樁



不下，過重則樁裂，幾於束手。因念泥沙阻力既大，其安全壓力及阻擦力，必有可觀。倘竟廢樁不用，將橋墩沉降至氣壓法所許深度，或亦一法。從鑽探結果，在此深度（-20公尺）各墩地質，大部係「澱泥帶沙」（Silt with Sand），尚屬硬層，至泥沙之比例，則不一致，究能勝任若干壓力，非經精細試驗，難有把握（因含水關係，普通試驗不能遽定）。惟知沙泥如此之厚，而無甚黏土（Clay），其透水性及靜抗力（Passive Resistance）必大，例以普通土樣壓力，則每平方英尺如加以平均兩噸之壓力，或不為多，而全墩載重，即可勝任；因是有兩種主張：（1）仍照原議將木樁設法打下，（2）不用木樁，但將各墩（第七至十五號）沉至-20公尺之硬層（加深8公尺）。為取決起見，曾有將「天然土樣」，（Sample in Natural State）寄往歐美「土質試驗室」（Soils Laboratory）研究之意。惟時不我待，且照第二法，即墩底土質不惡，而其下軟層透水，倘受他處影響，整個橋墩或竟有偏陷之危險。故一面採取土樣備用，一面仍研究打樁方法。最後賴水沖法之改善，打樁幸告成功，此問題始告一結束。然土樣現仍送往試驗，用備將來之參考。打樁既經成功，則照此打法能否達到設計之載重，亦當研究。本橋每墩160樁，樁距1.15公尺，墩底寬12公尺，長18公尺，故樁之承量，端賴樁底之頂力。但僅以樁尖之面積論，每樁自難勝任其所分担之重，惟水沖法並不影響樁之下部，（21公尺係汽錘打下）從土力學立場，應將160樁，連同樁間原土，視作團集一體之基礎，所有載重，由墩身經此集團，而達基礎之全面積；俟全基工竣，自行校正，臻於穩妥時，其實際上之壓力線，當可如電燈泡狀，層遞分佈於基底及四週，隨時保持其均衡之狀態，應不致有悖於設計時之原意也。

水中打樁法有二，一為建築臨時棧台（Stage），上鋪軌道，使樁架能縱橫移動，以便依行列進行；一為置樁架於浮船，浮船移動，則隨地皆可打樁。兩法皆有利弊，嗣以機船打樁較速，且用途較廣，因決用此法。並以工期短促，擬三墩同時打樁，特定製機船兩艘，船頭立活動鋼臂（Boom），長37公尺，上懸導樁架（Lead），長30公尺，內置



樁錘等,共重 25 噸,樁架可伸至江底,其重量足保樁之垂直;船前豎立臨時平台,上記排樁之相互位置,以便測定各樁地點。

打樁次序,因送樁拔出後,中留一孔,隣樁易於傾斜,因有兩種提議:一法先將各樁打完,然後用送樁一一頂下,似此則因樁架活動區域,較大於兩樁距離,頂樁次序,斜向兩行,均須間隔一樁,分四次進行,方能將全部頂竣;一法打樁時即行頂下,惟隔一兩行,再打他樁,使送樁孔隙,有機填滿;本已決用第一法,嗣以水沖法成功,孔隙不成問題,仍改依縱橫方'向,依序進行。

有木樁之橋墩,根據以往記載,原定沉至 -12 公尺,但經繼續測驗,益以圍堰沖刷之經驗,頗慮中心三墩(第七,八九,號)之深度,仍有不敷。但欲深沉墩底,則以設備關係,樁頭打至 -12 公尺後,不能繼續再打,如墩底沉至此深度後,仍須下沉,則所有遺留之樁頭,均須在沉箱氣室中,片段截去;或用電鋸,或用電焚,或用炸藥,均非易事。每墩 160 樁,應如何截去,沉箱速率方不致大減,經多時研究,始決採電鋸'法。

### (丙)鋼梁安裝

正橋鋼梁安裝,原用翹臂法 (Cantilevering),雖鋼重因此增加,但省去安裝所需之臨時建築,仍較經濟。嗣以橋墩工期縮短,各墩同時進行,完成次序,先後不一,翹臂法無從採用,祇得改用浮運法,每隣接兩墩完竣,即安一孔;錢江有潮汐關係,應無甚困難。惟施工時,仍遇不少問題:

- (1) 鋼梁全部運到時,尚無隣近兩墩完全竣工者;故鋼梁拼鑲後,須有臨時安置之所,以待浮運。按照施工程序,各墩完成之期,甚為密近,故待運鋼梁,必不止一座,勢須先將各梁一一拼鑲完竣,方免誤期,而如何安置若干待運之鋼梁,則頗費研究。每座鋼梁長,66 公尺,重 260 噸,橫排占地太多,直排搬運不易;幸錢江北岸沖刷影響尚小,因用木樁棧道兩行,相距 66 公尺,另造鋼梁托車,長 8 公尺,將已拼鋼梁托起,一一送出,平列於棧



道之上；似此則七八座鋼梁，均可拼齊待運，一座浮出，再運他座，各梁之拼鑲工作，不致稍有停頓；

- (2) 浮運時當然用船，但兩船或三船；鐵船或木船，深船或淺船，各有利弊，經研究結果，決用木質淺船兩艘，均係特製，每船可載重600噸；
- (3) 近岸兩孔，因水過淺，如用船則須挖泥，如搭臨時木架，則所費太鉅，現決仍用浮運法；
- (4) 浮運賴潮，而一月之中，高潮不過數日，若汛期祇安一孔，未免遲緩，故須多備頂梁工具，庶可在同一汛期，安裝兩孔；
- (5) 工地油漆三道，每次油漆何時最妥，曾經考量，現定裝配後一道，安裝後一道，公路路面完成後一道。

#### (丁)引橋

兩岸引橋，以瀕江橋墩之工程較鉅；北岸之墩，係用開頂沉箱法，下沉時不免歪斜，校正為難。設計時對於「分室沉箱」及「井筒沉箱」，各加考量，最後以井筒較小，易於控制，且所費較廉，故經採用。南岸之墩，係用圍堰木樁法，對於鋼板樁（長15公尺），應否拔出，木樁（長30公尺）應打深度，封底時積水處置（因有流沙），均經多時研究，始定最後辦法。

北岸各墩，雖較簡單，但以石層坡度甚大，上覆土質內夾流沙，開挖橋基時，既須切石，又防流沙，工作不易；又打樁時，所遇困難，亦與正橋無殊。南岸數墩，亦因流沙關係，開挖時曾遇極大困難，嗣用木質圍堰禦水，堰內日夜開挖，所遇泥水，不斷抽乾，封底時並用富於洋灰之混凝土，方告成功。

引橋盡頭須與現有之鐵路公路聯絡，其整個建築，並須為天然風景之陪襯，故橋頭平台之設計，橋欄燈桿之佈置，及路口進道之式樣，均經再三審慎，期其簡單美觀，無悖於經濟之原則。

## (二) 施工憑藉



本橋施工,以利用大地自然力,爲第一要義;所籌工具及設備,皆因地因時,控制輔導此偉大之自然力,供我驅使而已。

(一)水 (子)橋墩沉箱,因賴水之浮運,所需工作階段,得於陸上完成大半,較諸全部水中工作,不僅工費時間,兩俱經濟,且在浮運之前,水中不生阻礙,於江流及交通,俱有莫大裨益;所稱困難者:

- (1) 錢江水位因潮汛關係,每月潮落兩次,變動甚速,若以江水論,最高時約在三月下旬,達八公尺以上,最低時,在七月中,約四公尺餘,沉箱吃水五公尺,故,常感水位不足;
- (2) 江底變遷無常,或淤或刷,冬季水小流緩,江底淤漲,沉箱不易出隴,夏季山洪暴發,沖刷過甚,沉箱又難於就位;
- (3) 沉箱形如方船,龐然大物,水壓及風力俱強,浮運時如值溜急風緊,則易生危險;
- (4) 沉箱就位後加重下沉時,箱底過水漸急,倘兩端沖刷不一,箱身便易欹斜,甚或傾倒。

以上(1)(2)兩點,可利用潮水之助力,(3)點須審選天時,(4)點則賴柴排(沉箱就位前沉底)及石枕(沉箱就位後臨時填塞)掩護,幸能一一解決。

(丑)正橋基樁,因賴水沖法之助,得深入泥層,而無折裂或欹斜之弊。前華德爾博士爲此橋設計時,因用37公尺之樁,曾引爲顧慮,經分函美國各大建築公司徵詢意見;均以如此長樁,非藉水力沖射不可,但應如何實施,則主張不一,大都贊成每樁兩管,分縛樁頭,本處打樁時,初亦擬用兩管,但如何縛置,因樁與接樁共長50公尺,大是問題,若置於樁外,則拔起不易,每樁廢兩管,殊不經濟。若於樁旁,各抽一槽,安置水管,則不僅樁之面積減小,且亦費工太多。經多方試驗並改良設備,始決用「一管先沖」之法,其概要如下:

管長 43 公尺      管徑 3 英寸      管尖  $1\frac{1}{2}$  英寸  
 水壓 每平方英寸 250 磅      水量 每分 500 加侖

將水管先沖至相當深度時拔起,再將木樁插入,祇憑重量,壓至水



冲深度,再行錘下,結果異常圓滿。

(寅)鋼梁安裝,因賴水之浮運,已可縮短工期,且梁上公路係混凝土建築,如將木模及鐵筋工作,先於鋼梁上完成,一俟浮運安裝後,即行澆灌混凝土,則公路通車時期,亦可大為提早。

(卯)柴排掩護江底,為減免冲刷最有效之辦法。編成後賴水之浮運,得達橋墩地點,其中蘆柴功用,初為增加浮力,沉底後壓碎,浮力消失,轉為牽攏柴蓆之工具。

(辰)他如鋼板圍堰因水壓力而擠緊,打木樁時因水之上流而引起油滑作用等,更屬意外收穫。

(二)潮 錢江潮素負盛名(流速最大每秒1.60公尺),橋工為之受阻,同時亦蒙其益:

- (1)沉箱浮起時,賴漲潮之水(每日潮水漲落在夏季達3公尺),浮運時賴退潮之溜;
- (2)鋼梁船運時賴潮漲,安裝時賴潮落;
- (3)山水大發時,江流湍急,無時或停,賴漲潮時逆流之抵禦,得稍舒喘息,加緊工作;
- (4)潮汛有定期,工作程序,賴以天然督促,以補人事之不足。

(三)空氣 氣壓沉箱法,賴空氣之壓縮性,與水力抵抗,不僅使江底基礎得以如意佈置,且可親目察看,增進信心,洵為他法所不及。又沉箱開挖時,遇無甚黏性之土質,可藉吹氣法(Blow Out Process),利用氣壓,將泥沙排出,較之人工挖土,省費省時,最為經濟。惟吹氣管內時生障礙,如何能使其久用不停,仍在研究改良中。

(四)重力 沉箱陸運時,因重而穩,不慮風力;到橋頭時,因重降落,入水浮運;就位後澆築墩牆,因重下沉(橋墩最重者8000噸,最輕者6600噸);防禦冲刷之柴排,因重沉底隨刷隨緊;打樁用之水冲管;因重入孔,愈冲愈深;混凝土澆灌時,因重下墜,分佈各處,等;皆利用重力之例。



### (三) 施工驗證

任何工程,因天時地利關係,僅憑一紙設計,決難實施順利。若其環境特殊,工作艱巨,則初步實施,更無異於嘗試。本橋施工方法,如600噸沉箱之平軌陸運,30公尺木樁之打埋江底,橋墩挖土同時用氣壓法進行者,達七座之多,不但在國內為創見,即國外亦鮮比擬。能否準時告成,在開工伊始,雖有極強之信心,究不敢謂確有把握。故一面積極進行,一面仍籌失,敗善後之策,歷經種種困難:如

- (1) 沉箱便橋木樁,排比甚密,原冀樁間淤塞,不意冲刷特甚,適得其反,及將冲刷防止,又轉為過分淤塞,阻礙浮運;
- (2) 沉箱吊車轉運時,因雙軌不平,引起欹斜危險;
- (3) 沉箱在吊車降落時,因螺旋機人工失效,工作停頓;
- (4) 沉箱就位後,因水急常致走錨;
- (5) 打樁時,初賴錘擊,倘樁身歪斜,即須拔出重打,異常遲緩;
- (6) 打樁機船兩艘,一艘於來杭途中沉沒;
- (7) 氣壓挖土前,須先清理江底之障礙,如過江電綫,柴排,軟泥等,而下沉時,仍須保持其校正之位置;

以及各種工具不斷發生之障礙,在最嚴重時期,若不持以毅力,幾有考慮更張之必要。嗣經潛心研究,逐步進展,一切問題,幸告解決,所有方法,屢經試用,時至今日,可云完全驗證;無論如何,技術上之成功,業是事實,此同人數載辛勤,所最堪自慰者。

所謂驗證,非徒指本橋工程,得以實施而滿足;蓋一切困難之解決,不外利用科學原理,加以人事設備;此種設備,因地制宜,不必一成不變,所可寶貴者,仍在利用此原理之經驗,甚或推及其他問題,亦得意外收穫,則本橋不僅有助於交通,抑足為工程上之一小小貢獻矣。

### (四) 施工成績



本橋工作,需用特殊工具及方法,且大部在水中或江底進行,其初工人未經訓練,工具日在改良,時作時息,效率低微;殆方法純熟,遂日見進步,茲將各重要工作之成績,截至執筆時止,列表於後:

| 工作種類         | 最 低                         | 最 高             |
|--------------|-----------------------------|-----------------|
| 水中打樁(30公尺)   | 22小時內14人打1根                 | 24小時內14人打30根    |
| 澆灌混凝土        | 每28小時內106人打21英方             | 13小時內64人打35英方   |
| 轉運沉箱(吊車速度)   | 3小時47分內30人推行29呎6吋           | 3小時內34人推行187呎   |
| 降落沉箱(螺旋機速度)  | 5小時內16人降落6吋                 | 5小時半18人降落6呎6吋   |
| 浮運沉箱(自出籠至就位) | 72小時16人                     | 3小時16人          |
| 氣壓挖土         | 8小時內20人平均2 $\frac{1}{2}$ 英方 | 8小時內20人平均3.6英方  |
| 打鋼板樁         | 8小時內15工共打下7吋                | 11小時內15工共打下435呎 |
| 鑲配鋼梁         | 20人24天                      | 20人16天          |
| 鉤 釘          | 11小時內6人鑄9釘                  | 5小時內18人鑄610釘    |
| 沉窆井箱         | 20小時14人2吋                   | 6小時12人18吋       |



# 錢塘江橋橋墩工程

羅 英

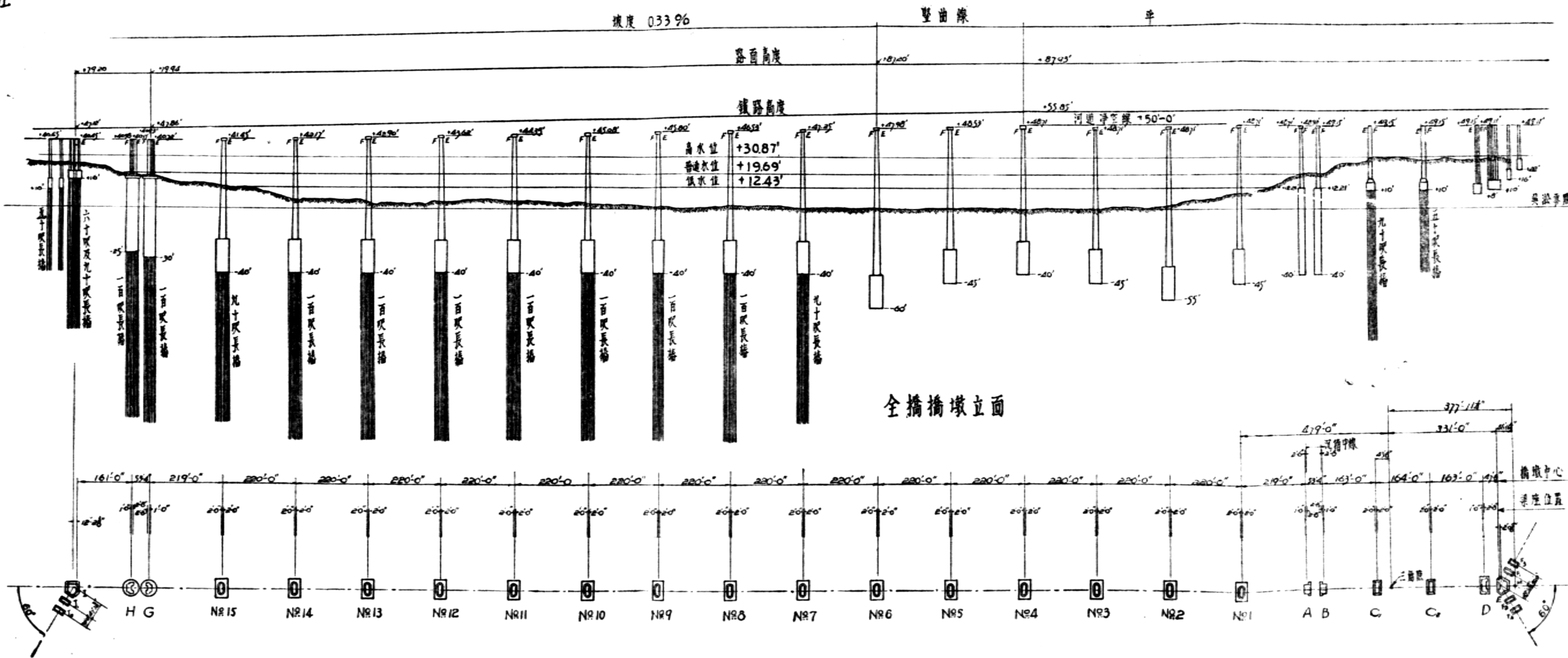
錢塘江橋橋墩北岸十座,江中十五座,南岸五座,共計三十座(參閱第一圖)。建築方法,分爲六種。(一)普通開挖法。因石層離地面不深,故橋墩可直接置於石層上。建築 D 至 F<sub>4</sub> 六座即用此法。(二)基樁法。因石層較深,故用基樁,而橋墩直接置於基樁上,傳達石層,或藉樁皮阻擦力而承托橋墩。建築橋墩 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> 及 I 至 J<sub>2</sub> 共五座,即用此法。(三)開口「沉箱」(Caisson)法。因石層較深,墩底又須深入河底,故用此法,藉免沖刷。且沉箱可以就地澆築,徐徐在內挖土下沉,以至石層,橋墩即置於其上。建築橋墩 A, B 兩座,即用此法。(四)氣壓沉箱法。因石層較深,而流沙層又厚,乃於沉箱製造工作室,爲挖土工作之所。在工作室內,施用壓氣排水,俾在內挖土,使沉箱下沉,達至石層。建築江中第一號至第六號橋墩,即用此法。(五)氣壓沉箱及基樁並用法。因石層甚深,雖用氣壓沉箱,亦難達到石層,乃先用送樁,使 90—100 呎之基樁,深入河底,打至石層,然後用氣壓沉箱法,使墩底置於樁頂上。建築第七號橋墩至第十五號橋墩,即用此法。(六)鋼板圍堰及基樁法。因石層甚深,而墩底又須經過淤泥流沙層,故先用鋼板樁建築圍堰,然後將淤泥流沙層挖去,即行打樁。基樁打畢,即澆築墩基,而鋼板樁圍堰,成爲墩基之一部。建築橋墩 G, H 兩座,即用此法。

本橋橋墩所採用許多方式,幾將建築橋墩各方式包括無遺,一爲土質關係因地制宜,一爲期限甚促,藉此可就所有機件工具



静江

開口



全橋橋墩立面

全橋橋墩平面

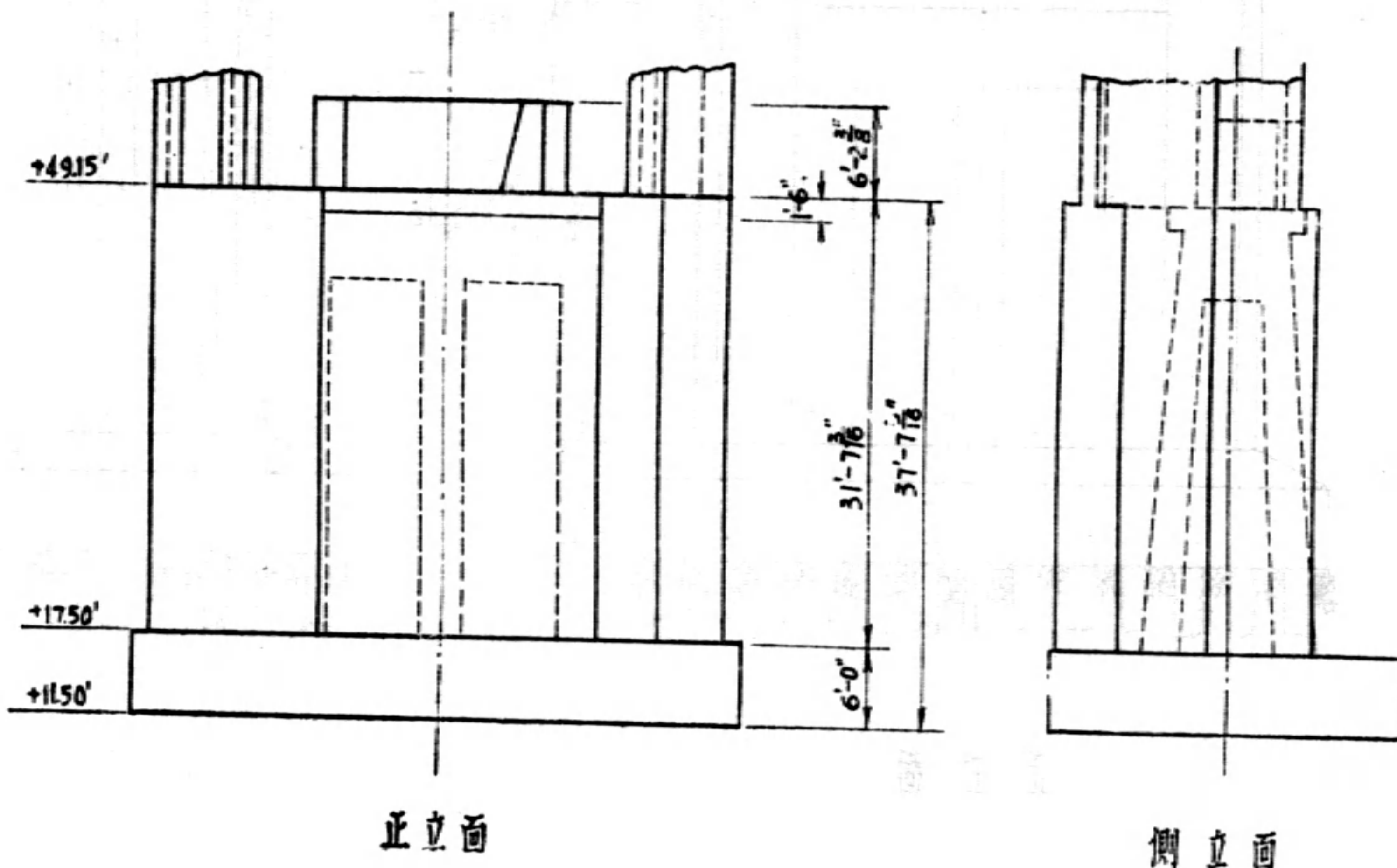
第一圖

錢塘江橋墩



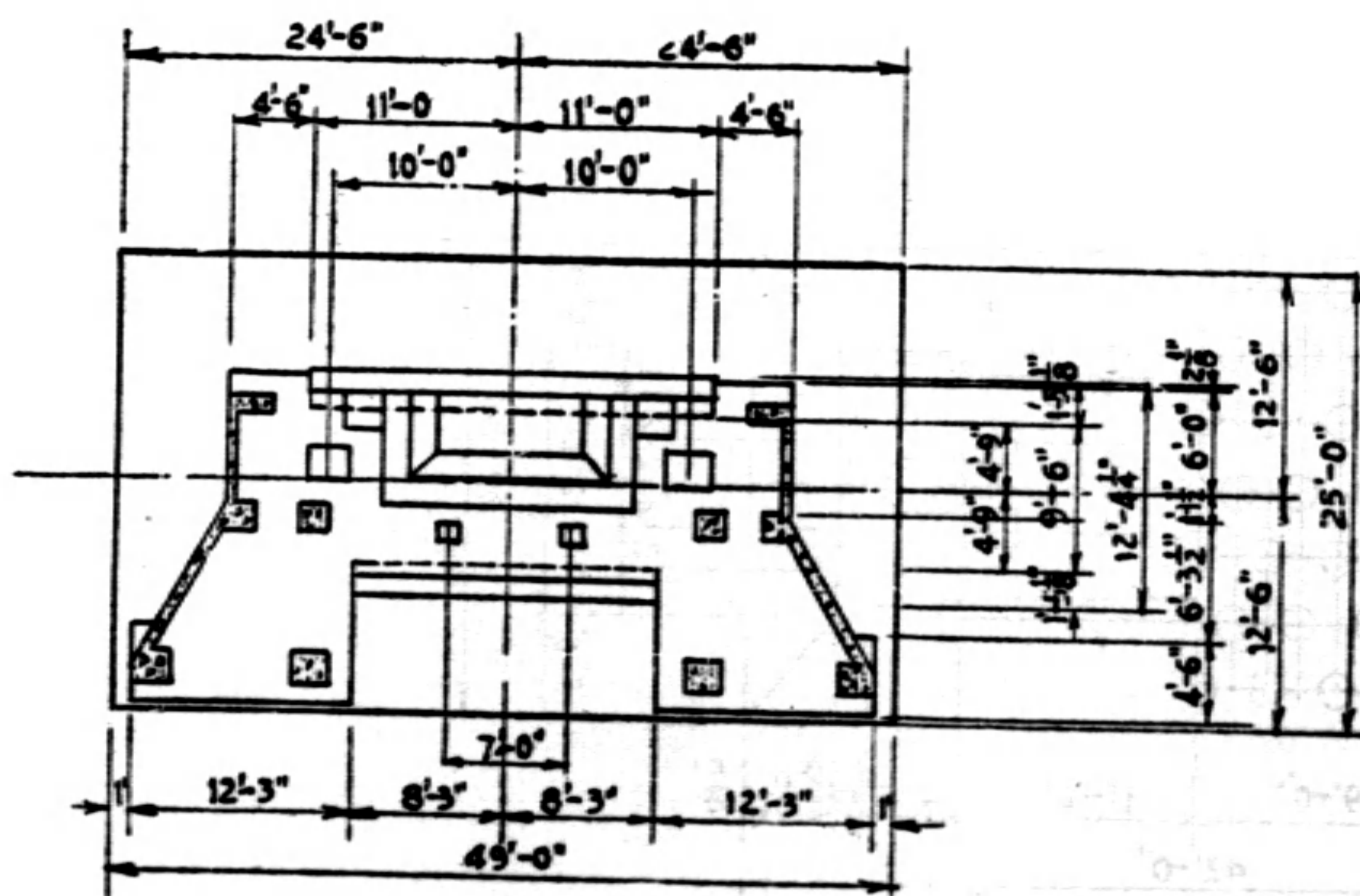
同時進行。所有經過變遷情形，略述如次：

(一) 原施工計劃



正立面

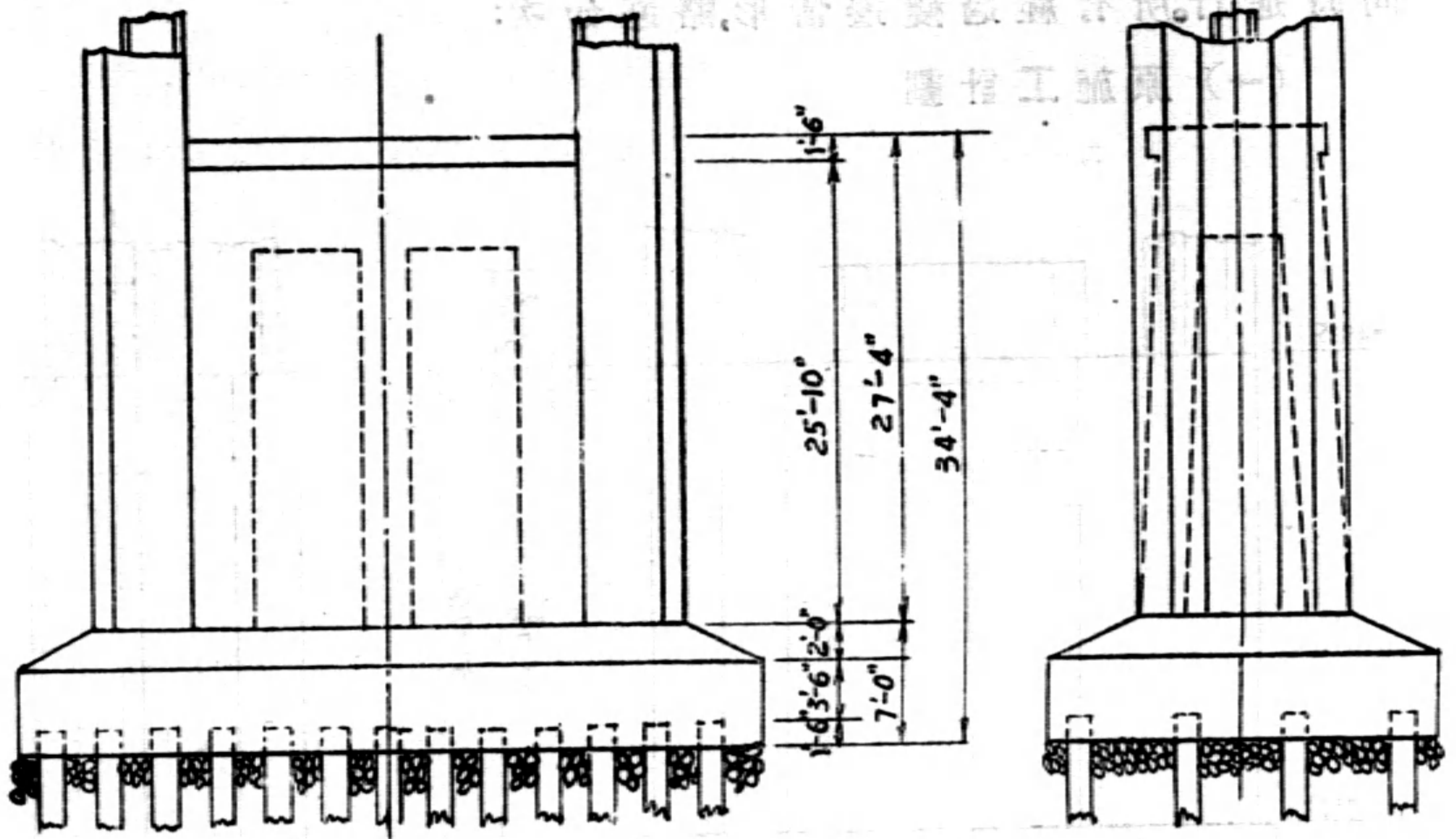
側立面



平面

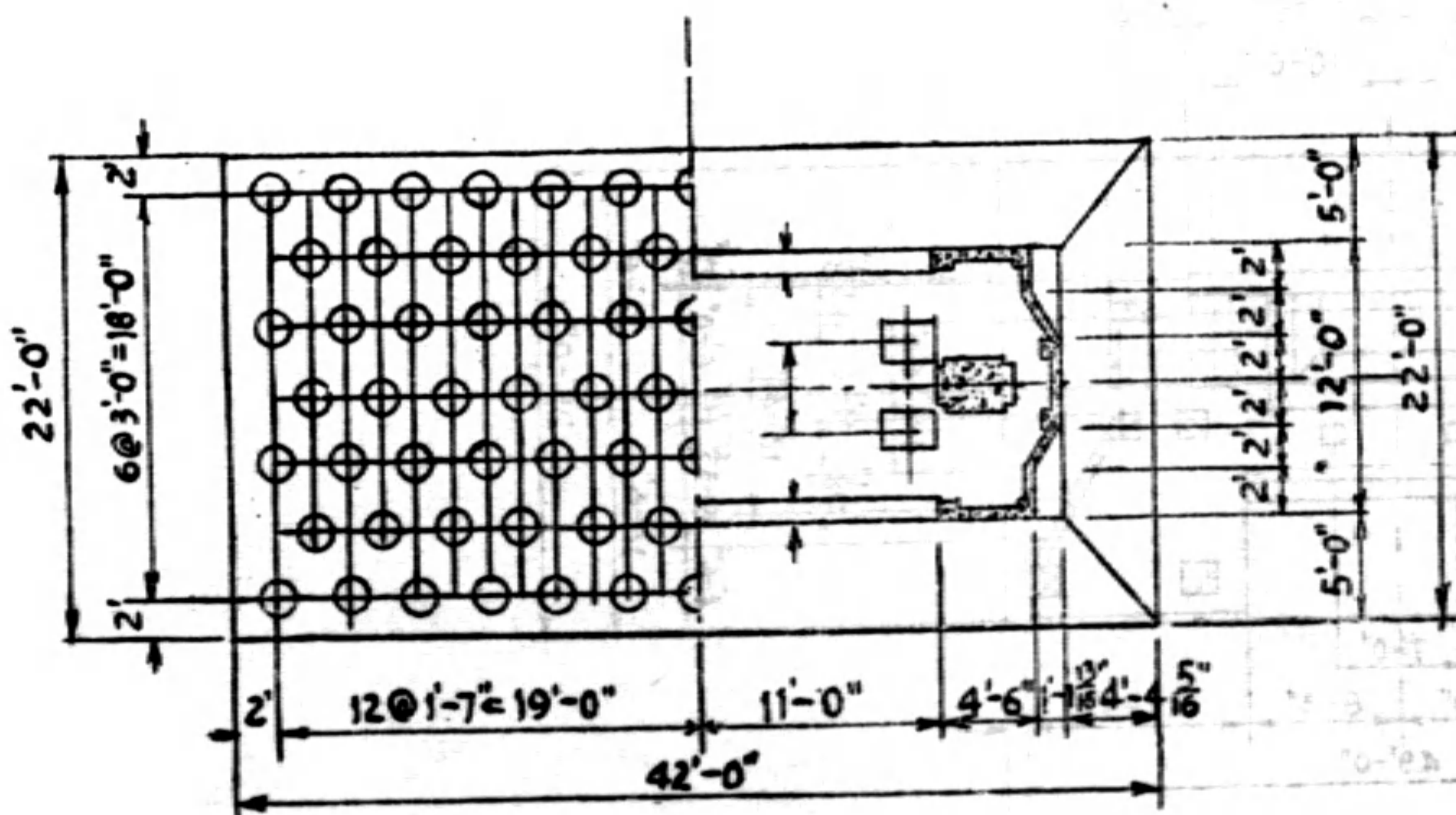
第二圖 橋墩 D 三樣





正立面

側立面



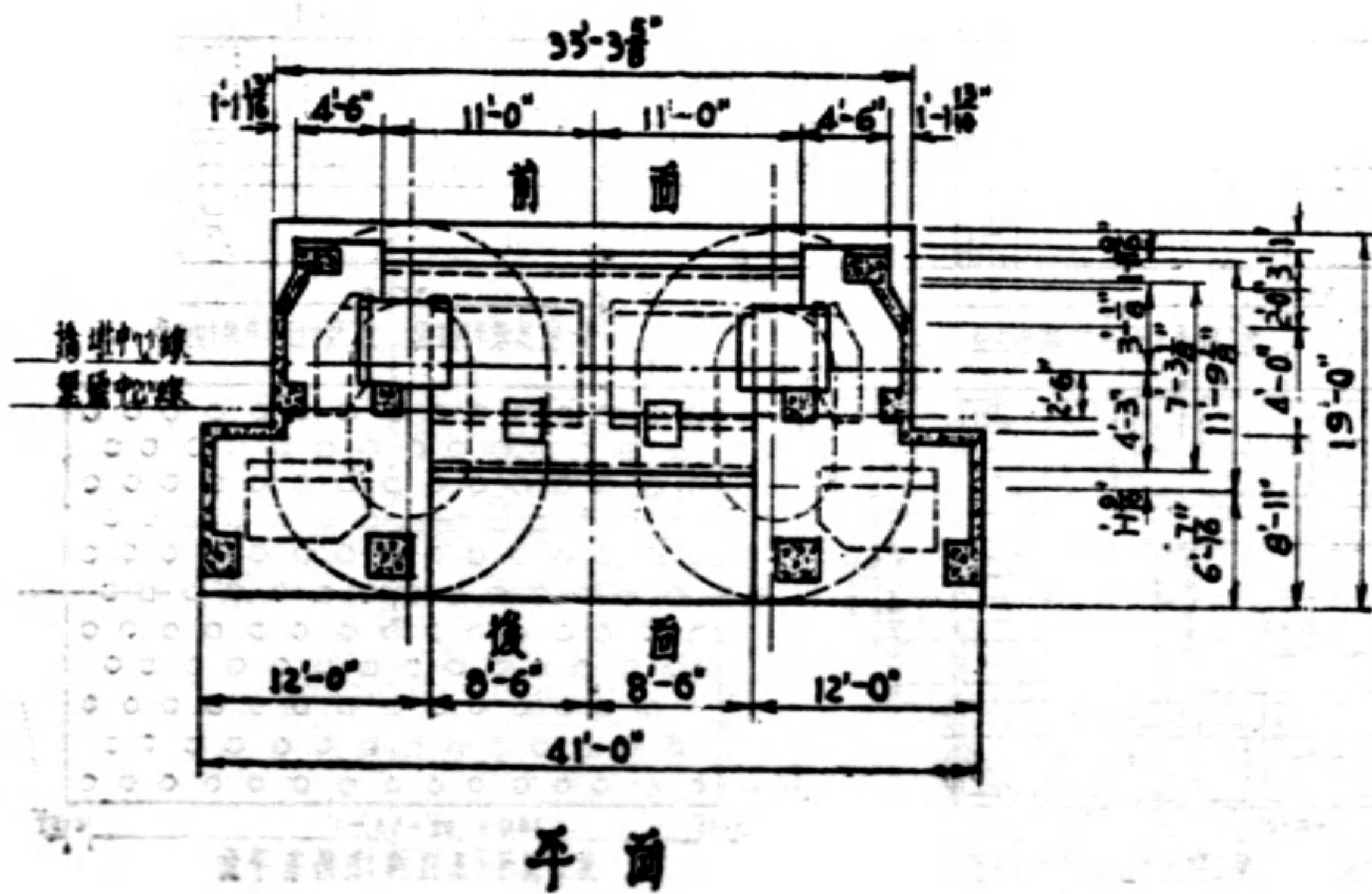
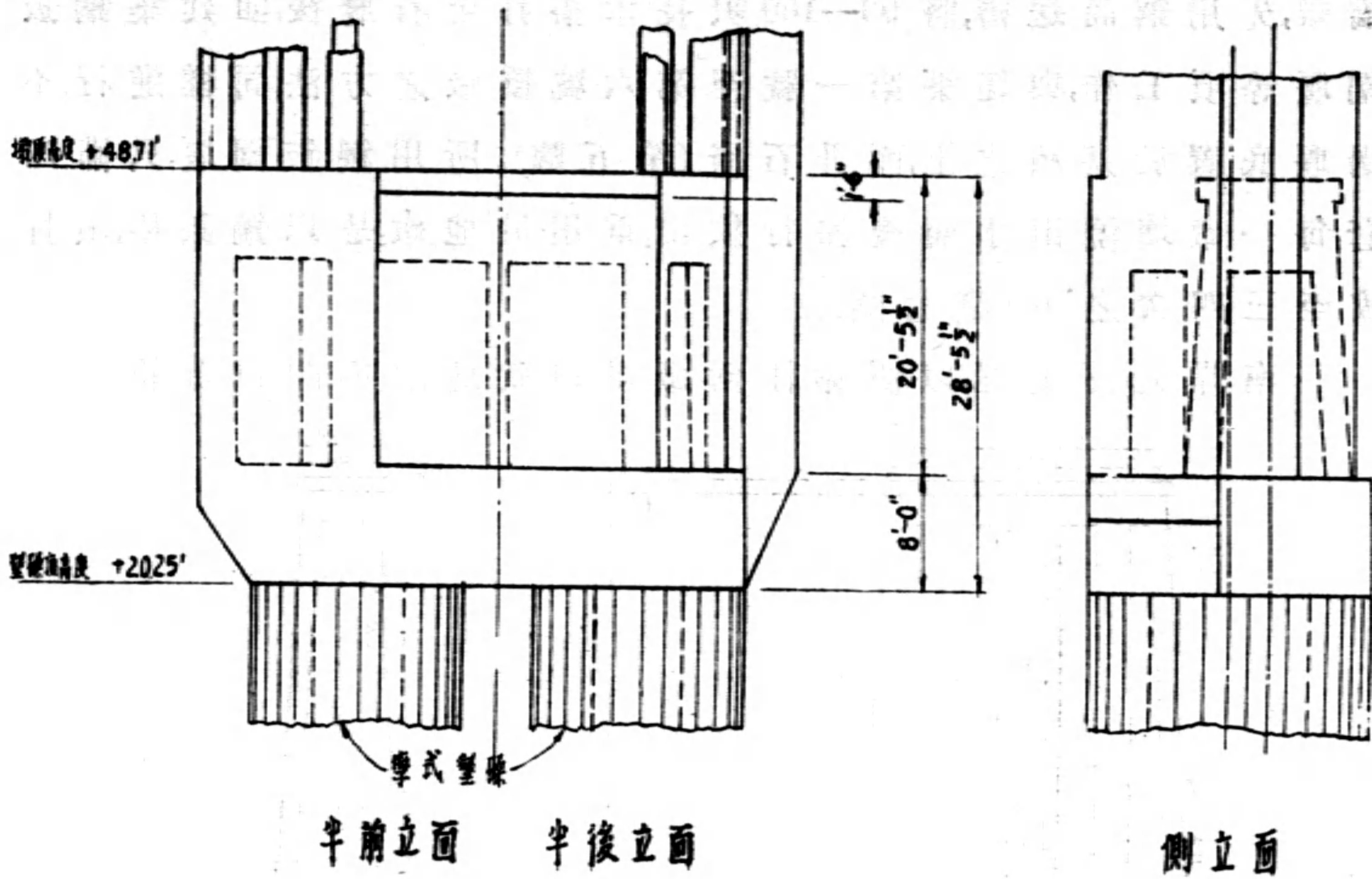
半橋基平面

半平面

第三圖 橋墩 C<sub>1</sub> 及 C<sub>2</sub>



北岸引橋靠北六墩 (D 至 F<sub>4</sub>) 用開挖式, 直接置於石層 (第二圖)。中間兩墩 (C<sub>1</sub> 及 C<sub>2</sub>) 用 50—90 呎長木樁, 墩底置於基樁上 (第三圖)。最南兩墩, 用鑿式開口沉箱, 下沉至石層, 而墩底置於沉箱上



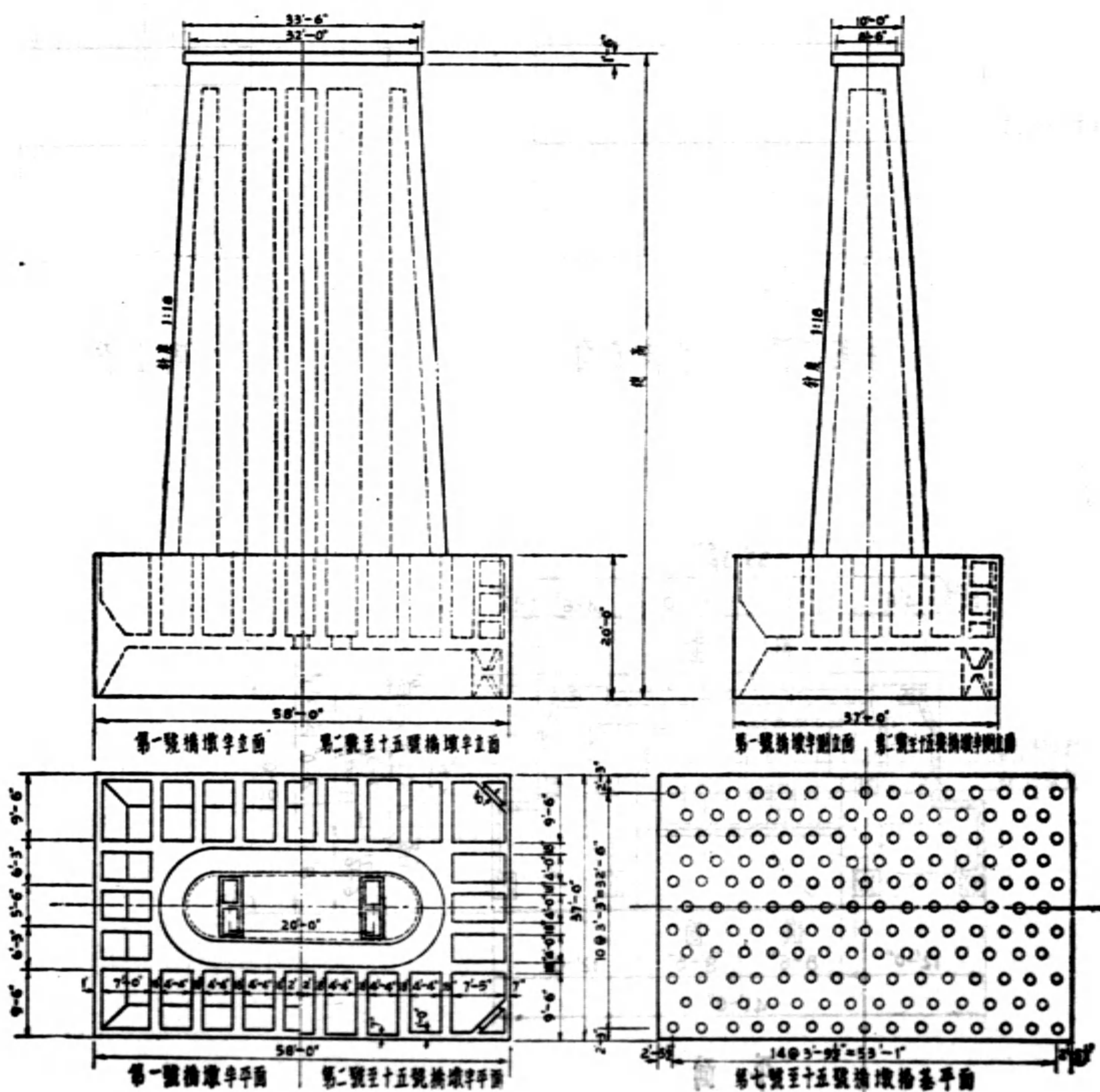
第四圖 橋墩 A 及 B



(第四圖)。正橋對面大壩圍堰(即左)與大壩壩體(即右)

江中橋墩,第一號至第六號,用鋼板築圍堰。將水抽出,即就地澆築氣壓沉箱。橋墩建於沉箱上,下沉至石層。第七號至第十五號橋墩,先用鋼筒送樁,將90—100呎長木樁打至石層後,即建築鋼板圍堰等項工作,與建築第一號至第六號橋墩之方法,同樣進行,不過堰底置於基樁之上,而非石層(第五圖)。所用鋼板圍堰,只備四套。每一墩牆澆出水面後,即行拔出,重用於他墩。是以鋼板樁,須打拔至三四次之多(第七圖)。

南岸先築土堤,以便靠江兩墩得以就地澆築開口沉箱,迨沉

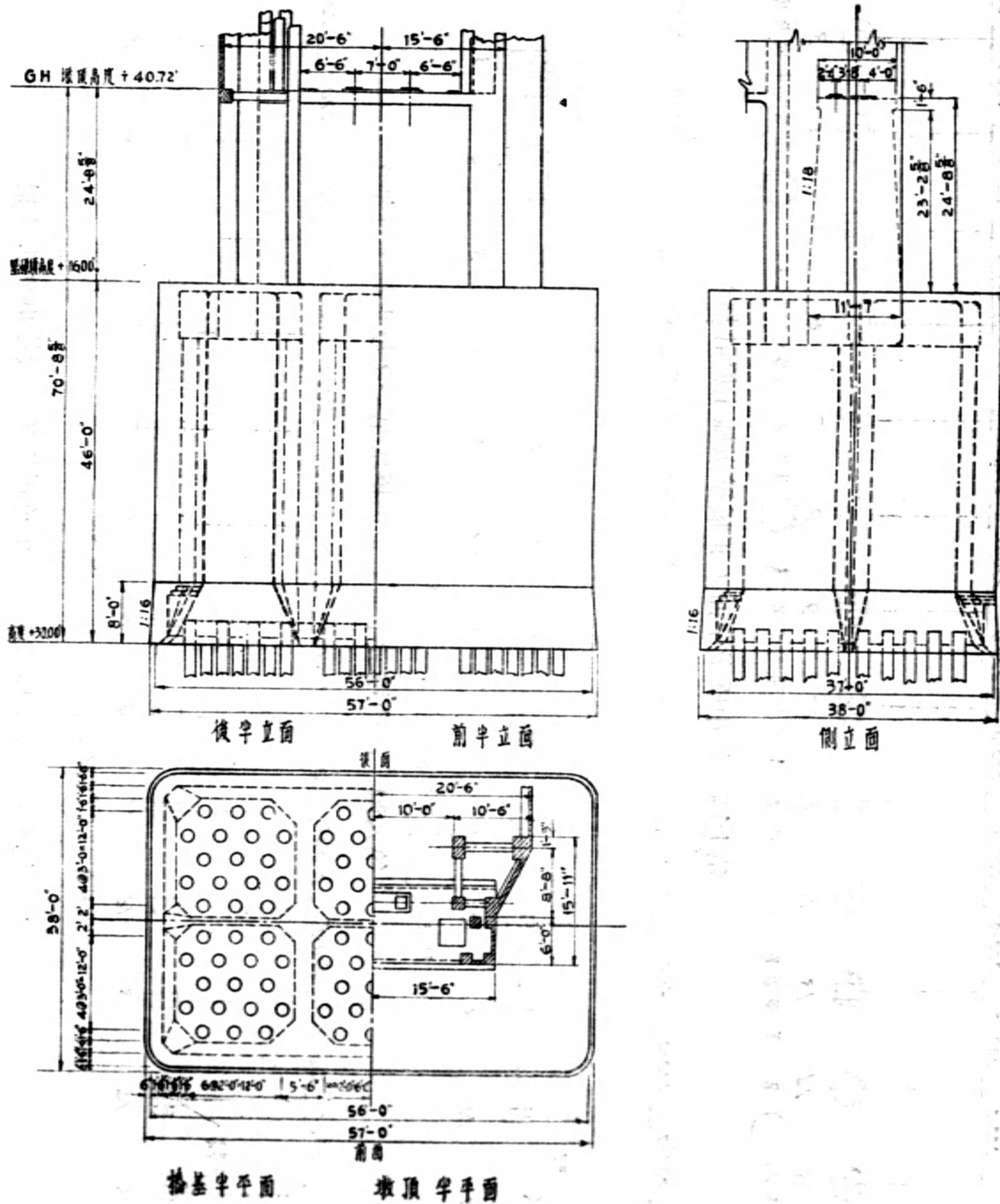


第五圖 正橋橋墩



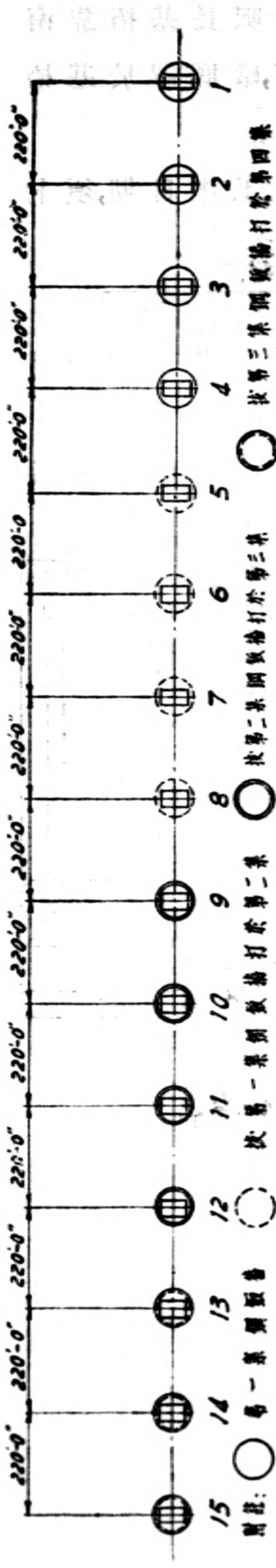
箱沉至高度(-25)-(-30)呎時,即穿過沉箱打100呎長基樁。靠南三墩,先開挖至規定深度時,即打50-90呎長基樁,墩底置於基樁上(第六圖)。

照此計劃進行,全部橋墩工作,如能順遂無阻,工作日期,須七

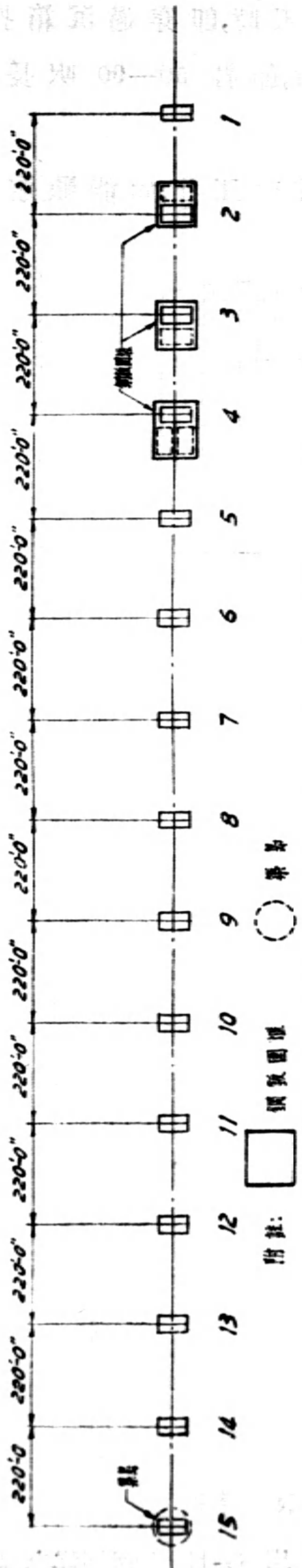


第六圖 橋墩 G-H (鋼筋洋灰開頂聖礫)

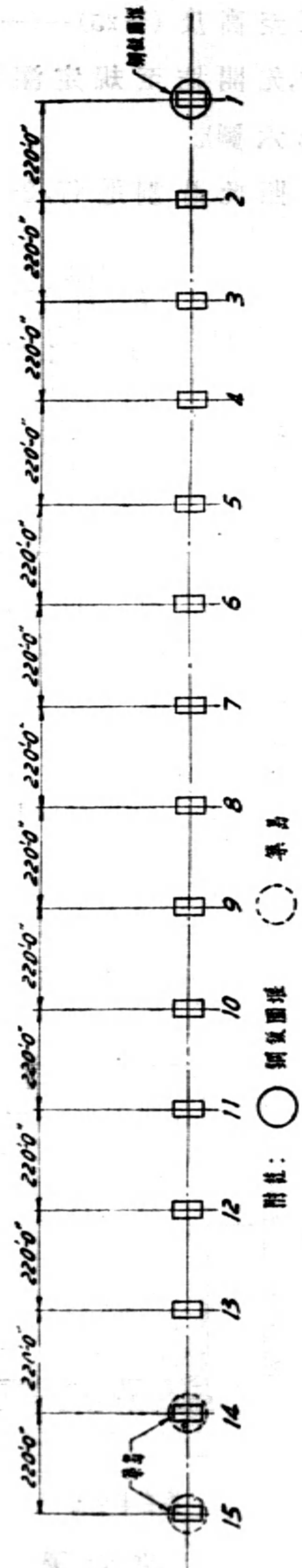




第七圖 江中橋墩平面 (正橋橋墩施工計劃)



第八圖 江中橋墩平面 (正橋橋墩第一次變更施工計劃)



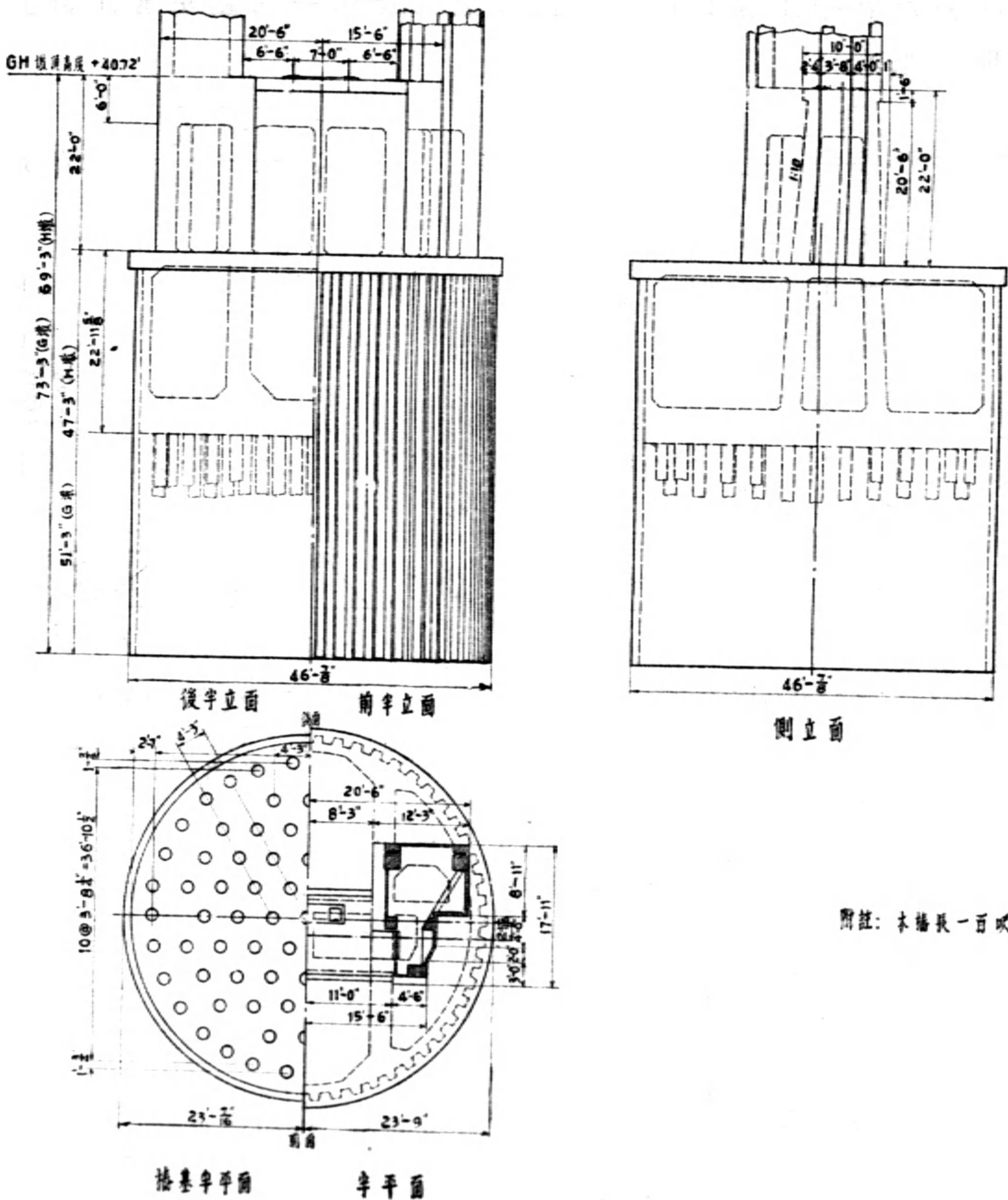
第九圖 江中橋墩平面 (正橋橋墩第三次變更施工計劃)







查施工原計劃,北岸橋墩工作,本在四百天之內完成,無須變更,但江中橋墩,則時間上相差太遠。乃就原來計劃所用材料工具,設法縮短工作時間,始則擬用四套鋼板樁,改築一澆築沉箱大塢,以便先在塢內澆築沉箱,同時進行打樁工作。如此,既可省去每墩打圍堰拔圍堰之工作,而速度亦隨之增加惟鋼板塢過大,阻礙水



附註: 本橋長一百呎

第十一圖 橋墩G-H (鋼板樁墩基)



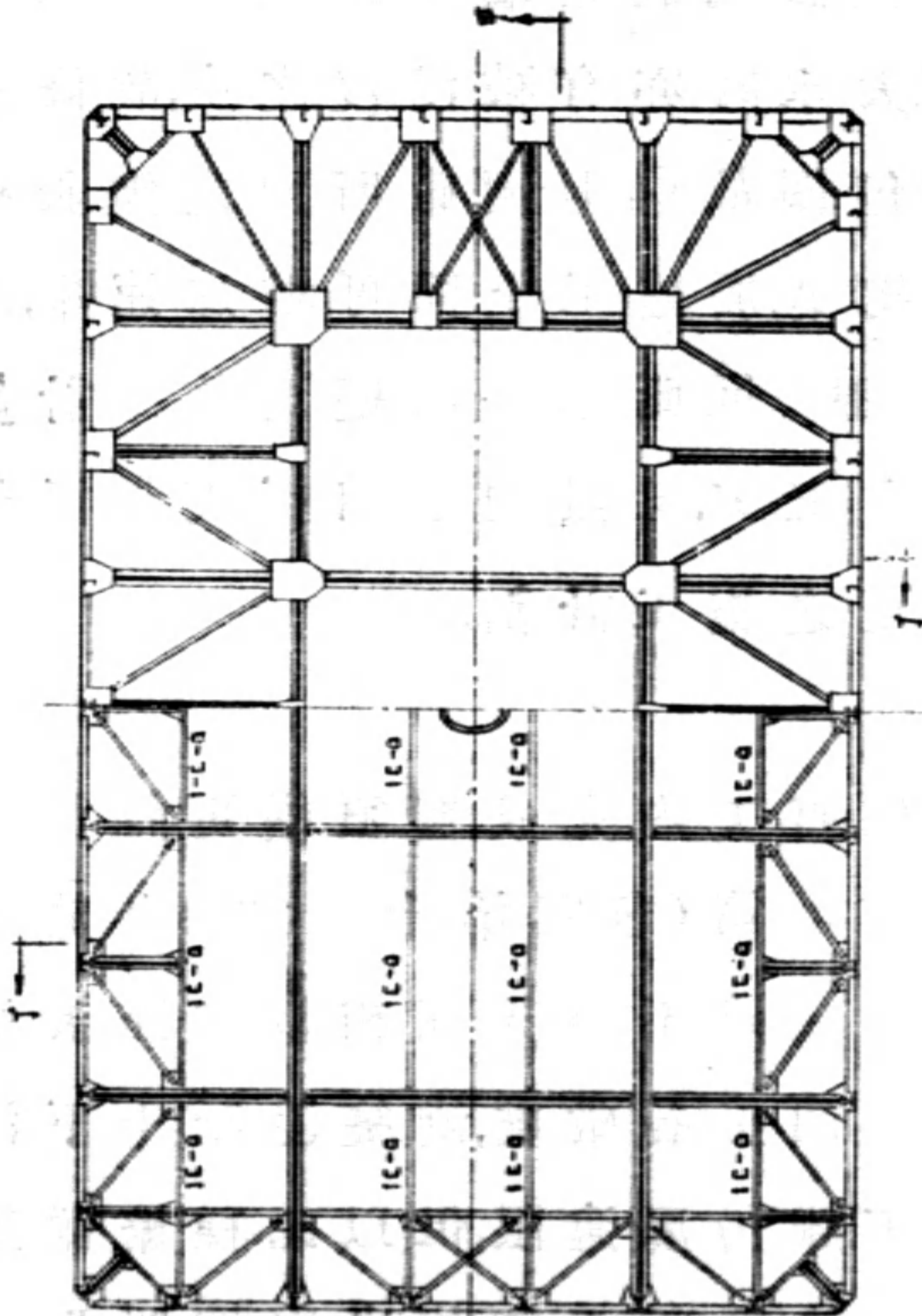
流甚巨，且江底淤泥甚深，倘非特別設法，週圍保護，恐難期安全，而支撐工作，亦屬不易。乃改就第二號及第三號橋墩處，建築鋼板圍堰，其大小可容沉箱兩座。第四號橋墩處建築同樣圍堰，可容沉箱三座。如此，先澆築七座沉箱，同時開始打樁工作，迨混凝土沉箱凝結堅固後，乃將圍堰拔開一面，次第浮泗，分置於第一號第五號至第九號，及第十四號橋墩處。然後將圍堰關閉，重行澆築沉箱七座，其中三座，即就地用氣壓下沉，其他四座，浮泗於第十號至第十三號橋墩處。第十五號橋墩處，河底甚高。乃於打樁畢，填築小島。沉箱即就地澆築，然後下沉（參閱第八圖）。至於南岸橋墩除H、G兩座外，其餘均能於四百天完畢。至於G、H所用之開口沉箱，乃改用鋼板圍堰，先挖土至規定高度時，即打100呎長基樁，打畢，就地澆築墩基。迨墩牆高出水面，即將鋼板樁拔去，完成墩牆上部工作（參閱第十圖）。後以最南三墩地勢低窪，大水時亦有被浸沒之虞，故修築臨時土堤，將南岸引橋各墩概行包圍，故G、H兩墩所用之鋼板樁，因以改短，將鋼板圍堰用作永久建築，於施工上固可增加速率，而工料價值，亦可稍省（參閱第十一圖）。惟此第一次變更施工計劃，其橋岸完成時間，雖可減少一百十五天，但照規定四百天期限，仍多二百天，乃不得不有第二次變更之施工計劃。

### （三）第二次變更施工計劃

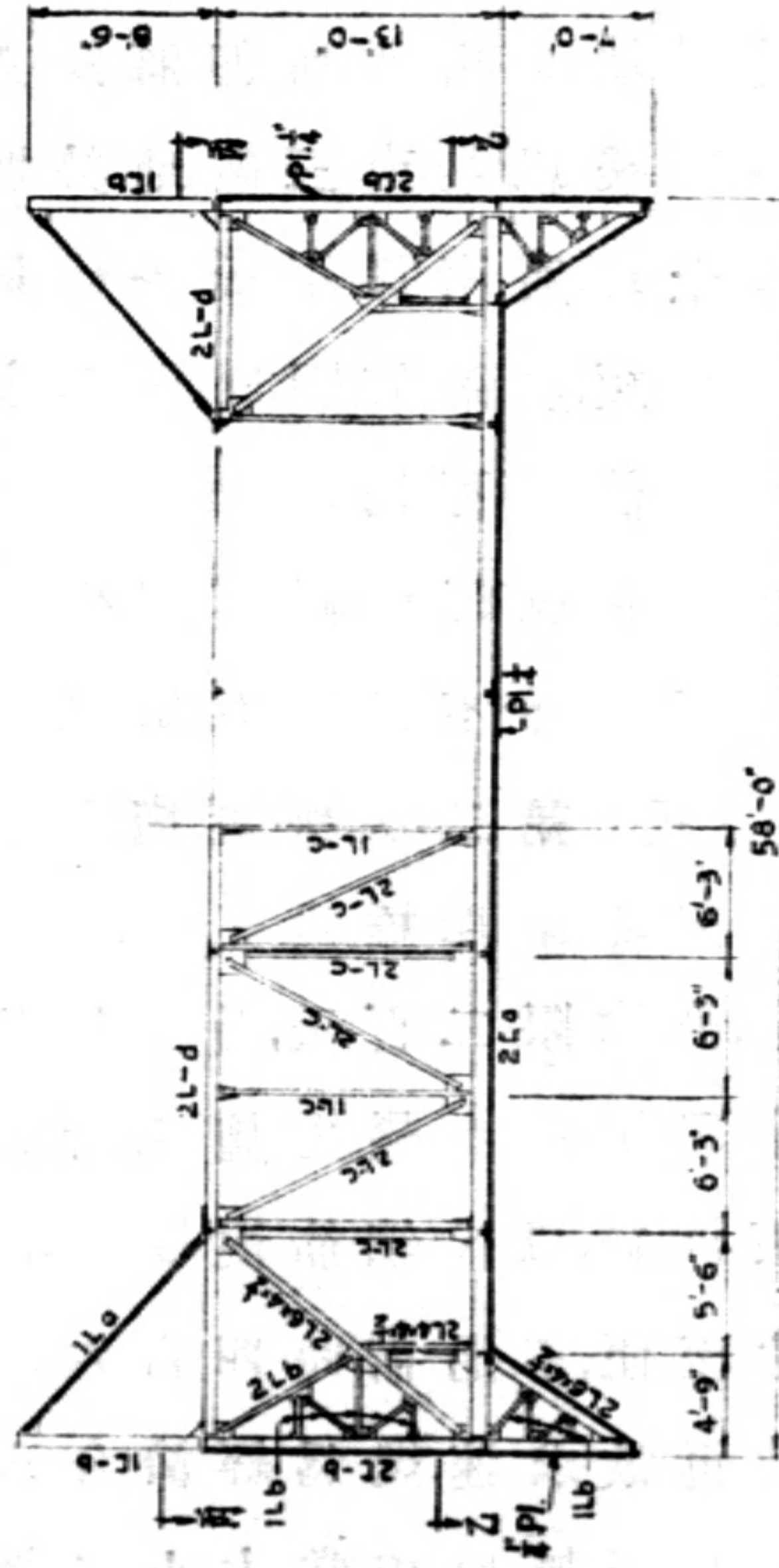
南北兩岸橋墩工作，既能於四百天內完成，無須變更。惟江中橋墩，仍逾限二百天，乃擬採用鋼板沉箱，（參閱第十二圖）。其施工方法，與第一次變更施工計劃約略相同，不過先在相當地點，製造鋼板沉箱，以代鋼筋混凝土沉箱，浮泗至各墩處，澆築混凝土下沉。其法至便，不過需時四百六十五天，雖仍屬逾限，但以此種繁難工程，如再欲求速，幾為經濟合理化之建築所不許，故決定按照此種計劃進行。無如相當大小之鋼板角鐵，國內無有現貨，如向外洋訂購，又須增加時間至少三閱月，是以鋼板沉箱法，仍不能解決。



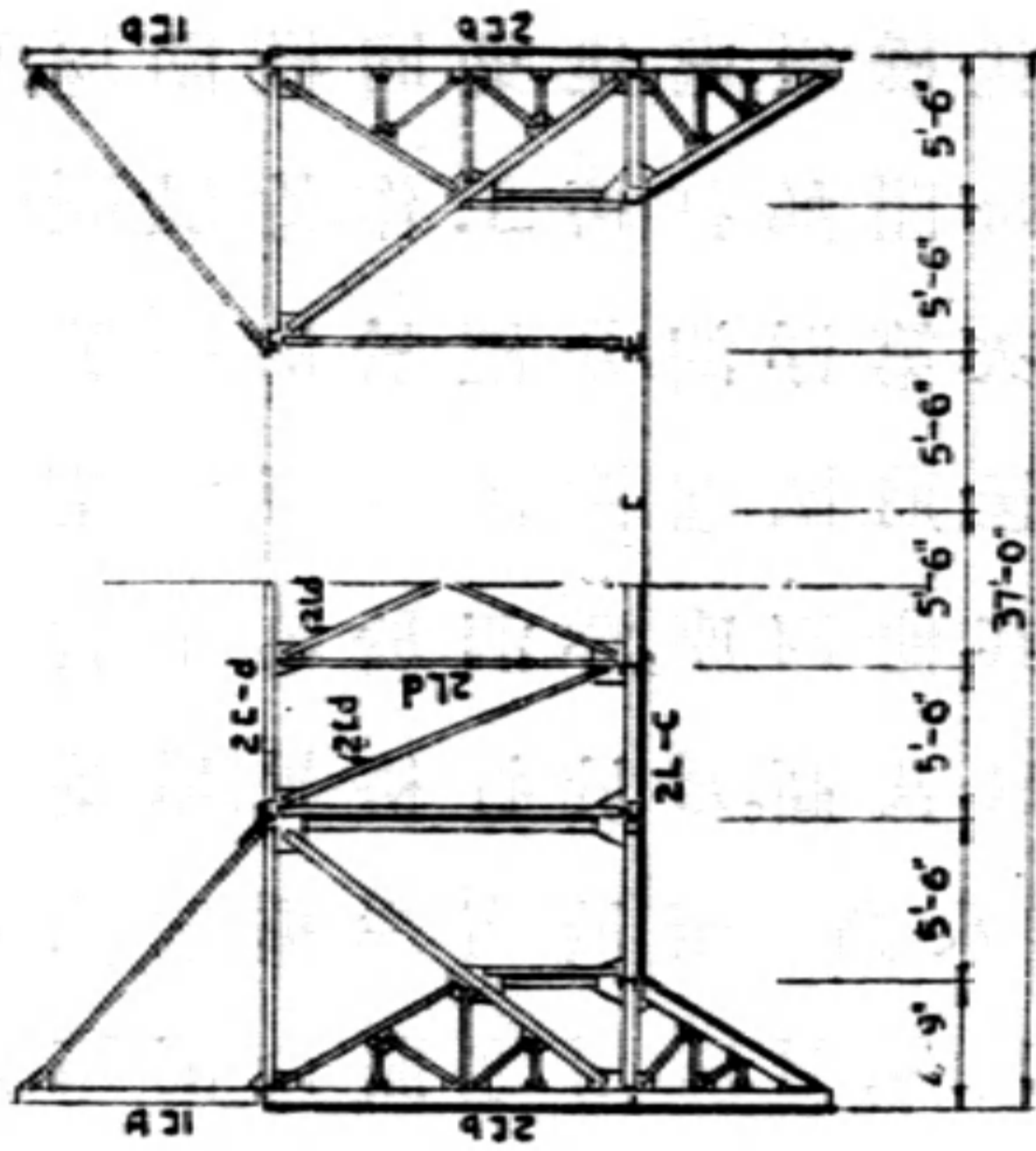
第十二圖 鋼架沉箱



半剖面乙乙



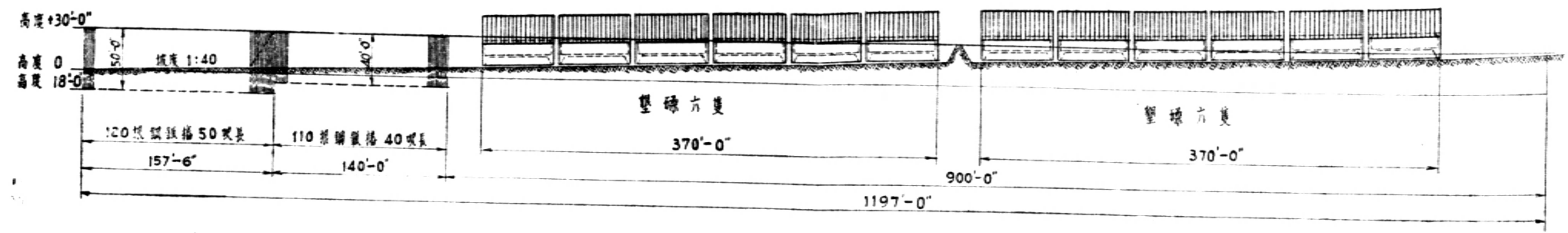
剖面甲甲



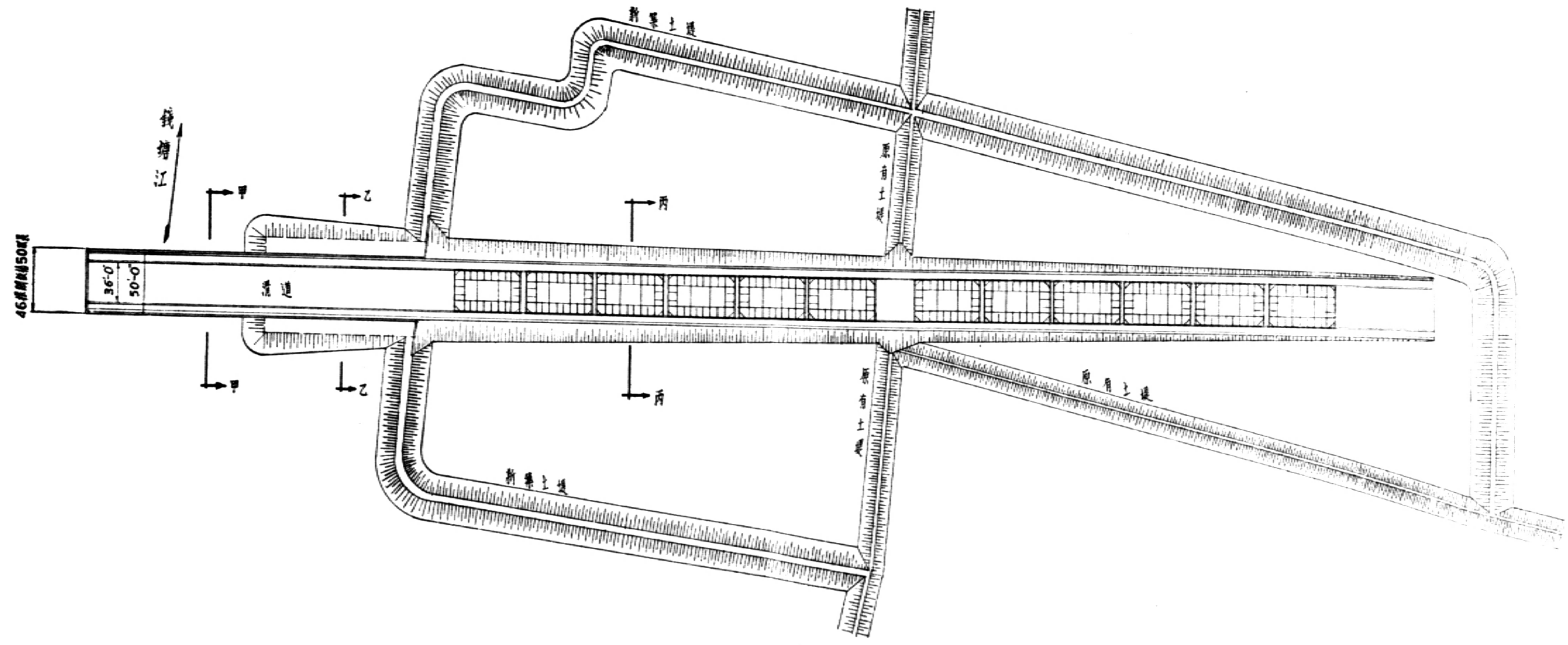
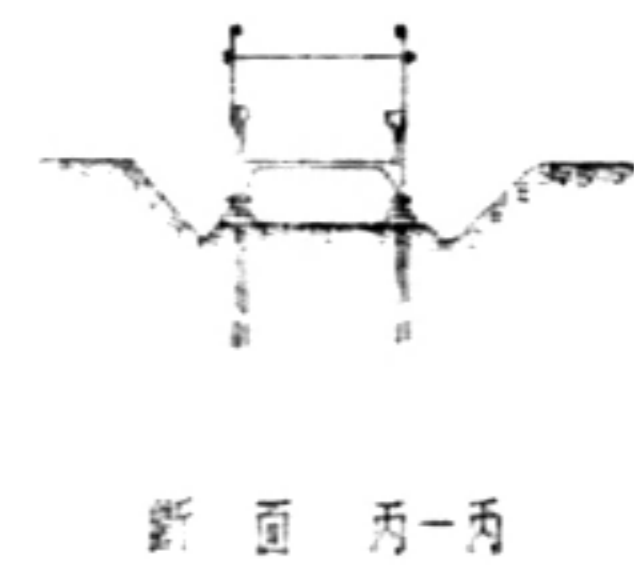
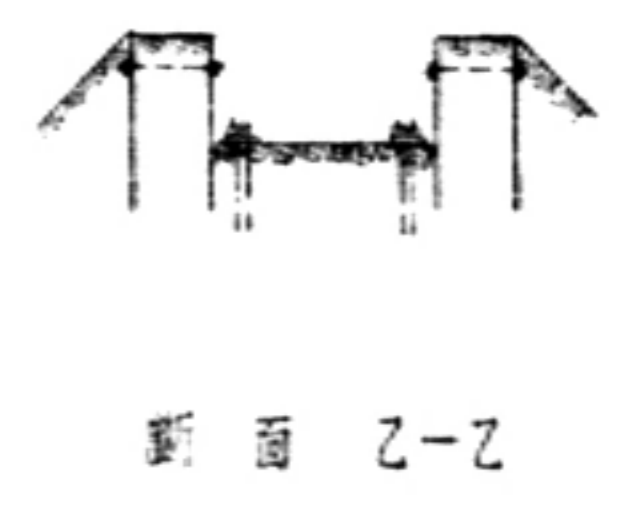
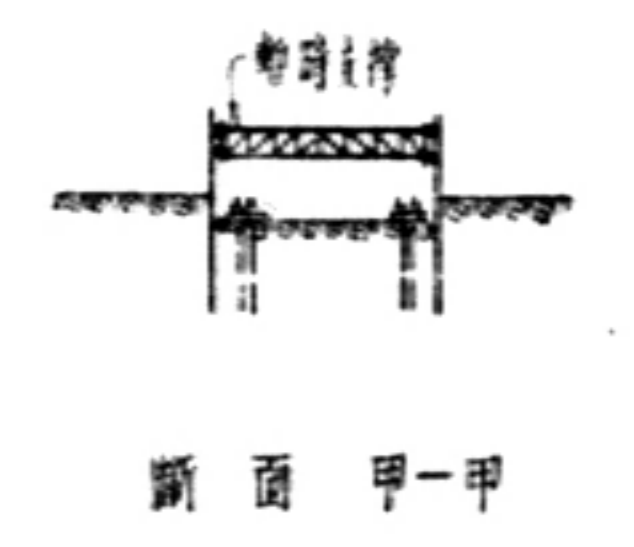
剖面丁丁

- C-a 10" x 24.46"
- C-b 8" x 15.96"
- L-a 3 1/2" x 3 1/2" x 1/8"
- L-b 3" x 3" x 1/8"
- L-c 3 1/2" x 3 1/2" x 1/8"
- L-d 3" x 3" x 1/8"
- 工丁支撐均用 11/2" x 4" x 1/8"





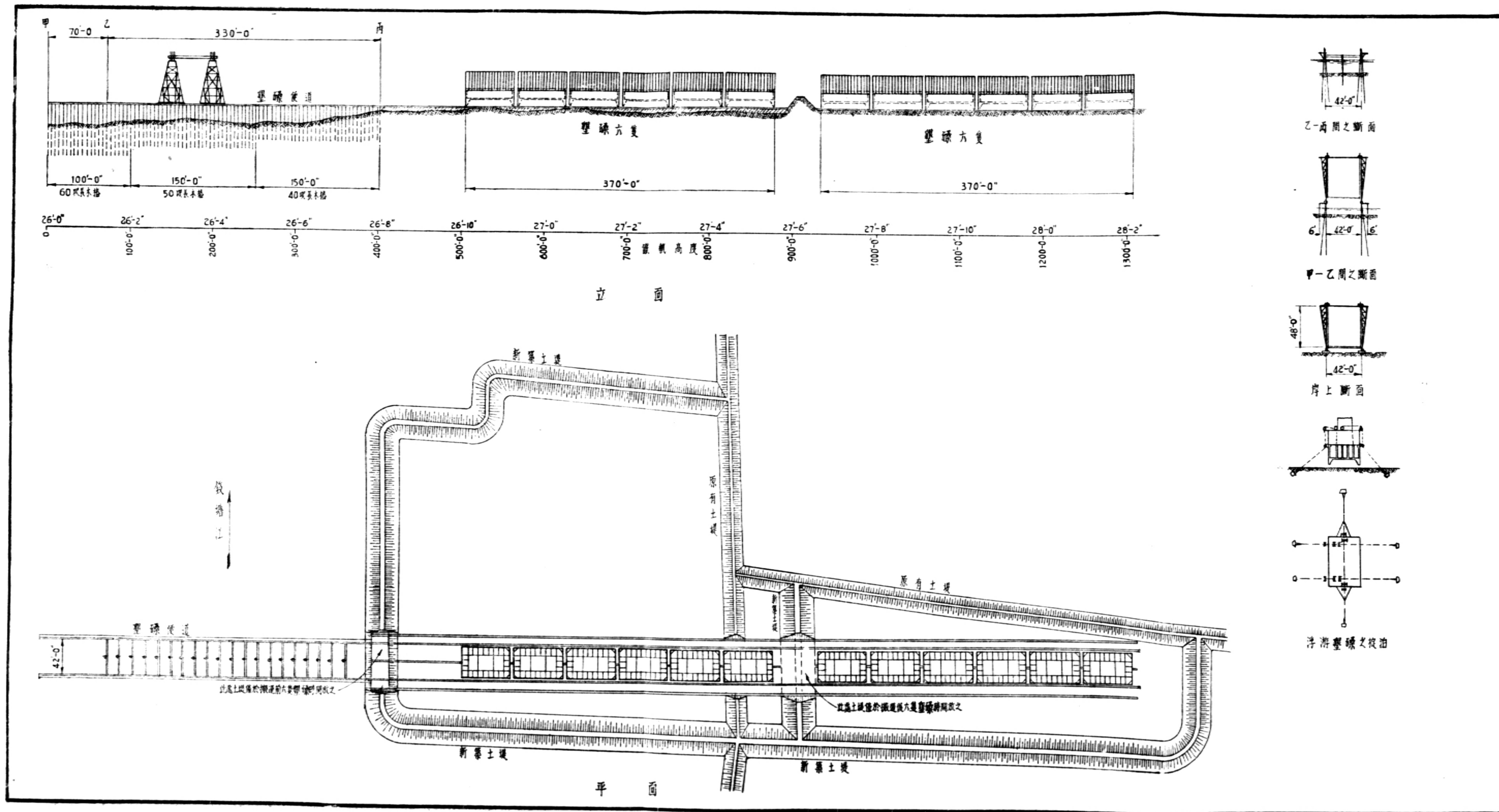
立面



平面

第十三圖 浮運沉箱(壘礫)滑道





第十四圖 浮運沉箱（壘礫）便道



#### (四) 第三次變更施工計劃

江中橋墩欲求依限完成，必須打樁工作與澆築沉箱，同時並進。故最後乃採用浮運沉箱滑道法（參閱第十二圖）。於橋址附近，擇臨江深水處，建築沉箱滑道，俾混凝土沉箱，得隨坡道滑下入江，然後浮泗至橋墩處，用氣壓法下沉。在澆築沉箱之時，同時開始打樁工作，第一號橋墩，仍採用圍堰，因鋼板樁已購，而添設天氣箱又稍需時日也。第十四、十五兩號橋墩，河底較高，恐浮泗增加困難，故仍採用築島辦法（參閱第九圖）。雖時間仍有逾限，但為急起直追起見，亦不能再事遊移，故最後即採用此方法。

#### (五) 實際施工方法

施工計劃，雖經詳細研究，一再改善，但因實地狀況往往須臨時變更。是以建築滑道計劃，籌謀時以為盡善盡美，詎知忽遇流沙，施工遽受影響，為免大事更張而迅赴事功及因地制宜起見，乃將滑道改為便道，滑駛沉箱，改用吊車搬運（參閱第十四圖）。因此沉箱本身重量，必須設法減輕，是以沉箱設計，又須根本變更（參閱第五圖）。至於搬運沉箱吊車，並無現成工具可以購買，又須另行設計製造，以應需要。種種艱難，波折疊生，蹉跎時日，固非局外人所得而知。第十四、十五兩號橋墩築島，曾用鋼板樁圍堰，藉資堅固，無如去夏大水，竟致坍塌，是以最後復將第十四、十五兩墩，亦採用浮泗沉箱，與其他十二墩同樣辦理。南北兩岸橋墩，因土堤被大水冲破數次，雖尚能依序進行，而時間上不免稍有延誤。

錢塘江底，變遷靡定，水位高低漲落無常，且江水東流，海潮西上，流向瞬變，益增困難。此後施工方法，能否株守不改，實難預斷。查國內建築橋梁工程，其與本工程相似者，當推津浦鐵路黃河大橋。茲將與本橋異同之處列表如下，藉資比較。

由附表觀之，本橋橋墩工作，固較黃河橋為難，而費用又約少一百萬兩，是以在此預算範圍之內，再三研究施工方法，屢次變更施工計劃，終能達到規定工作之期限，良有以也。然倘能不逾黃河



附 表 三 次 復 查 太 三 河 ( 四 )

| 項 目      | 黃 河 橋                  | 錢 塘 江 橋                      |
|----------|------------------------|------------------------------|
| 全 橋 長    | 1255.20公尺              | 1334.35公尺                    |
| 橋墩橋座數    | 十三座                    | 三十座                          |
| 建築橋墩方法   |                        |                              |
| 普通開挖無基樁  | 無                      | 六座                           |
| 普通開挖有基樁  | 九座,用15公尺長樁             | 五座,用15-27公尺長樁                |
| 開口沉箱     | 無                      | 二座                           |
| 氣壓沉箱     | 一座                     | 六座                           |
| 氣壓沉箱及基樁  | 三座,用17公尺長樁             | 九座,用30公尺長樁                   |
| 鋼板圍堰及基樁  | 無                      | 二座,用30公尺長樁                   |
| 高水面至最深基底 | 33公尺                   | 52公尺                         |
| 基 樁      | 1169根                  | 1966根                        |
| 大水時江底最深處 | 8.00公尺                 | 21.00公尺                      |
| 小水時江底最深處 | 四號橋墩處2.40公尺<br>其餘各墩均無水 | 6.80公尺                       |
| 江底冲刷     | 無記錄                    | 12.00公尺                      |
| 工作時間     | 全橋四十個月完成<br>橋墩三十一個月完成  | 刻已工作一年半,尙未完工                 |
| 全橋費用     | 4,545,000兩             | 預算5,000,000元<br>約合3,500,000兩 |

橋工作之日數,於工程建築記錄中,似尙有進步。至所用特別施工方法,(如打樁送樁頂至水面下七十餘尺,並深入江底四、五十尺。搬運,及浮泗六百餘噸之沉箱,等項工作)更可作為新穎之紀錄。



# 錢塘江橋鋼樑工程

梅 暘 春

本橋鋼樑，計正橋 66 公尺 (216 呎) 單式樑 16 孔，北岸引橋 49 公尺 (160 呎) 拱樑 3 孔，15 公尺 (48 呎) 鉸樑 1 孔，及 14 公尺 (45 呎) 鉸樑 1 孔。南岸引橋 49 公尺 (160 呎) 拱樑 1 孔及 15 公尺 (48 呎) 鉸樑 1 孔。共計用普通建築鋼 (即炭鋼) 1200 噸，鉸鋼 3500 噸。

## 正 橋

### (一) 鋼料

普通橋架為外力誘生內部之應力，不外軸向拉力，軸向壓力，撓率應力及剪力等四種。建築材料，具有特殊性質，能承擔各項應力者，當以鋼鐵為最佳。新近發明之鉸鋼 (Chromador Steel)，其質較普通建築鋼為強。於選擇鋼料之先，特詳為比較，以資選擇。

#### (1) 軸向拉力

准許軸向拉力之強度，可由二點決定之，一為最大拉力，一為最小彈性限 (Yielding Point)。最大拉力高，則安全率增。最小彈性限

表 (一)

|     | 最小彈性限<br>(磅/平方吋) | 最大承拉力<br>(磅/平方吋) | 八吋內伸長<br>之百分數 | 面積減少率 |
|-----|------------------|------------------|---------------|-------|
| 鉸 鋼 | 53700            | 91800            | 22.40         | 66.7% |
| 炭 鋼 | 35200            | 59600            | 34.70         | 63.5% |
| 比 率 | 1.53             | 1.54             | 0.645         | 1.05  |



高,則變形機會少。是以欲知鋼料之強弱,比較此二點足矣。據勞柏氏(Gilbert Roberts)之試驗報告如表(一)。

### (2) 軸向壓力

軸向壓力之強弱,不但與質料有關,且因其桿件之長短粗細而異。所謂長短粗細,通常以  $\frac{L}{r}$  表之。若近至 200, 各種鋼料之承担力幾相等。是以軸向壓力之比較,非若軸向拉力之簡單而顯明。勞柏氏就  $10'' \times 8'' \times 55^\#$ ,  $10'' \times 5'' \times 30^\#$  二種支桿及  $10'' \times 5'' \times 30^\#$  與  $9'' \times 3/8''$  飯組成之桿(各支桿之尾端概用鉸鏈銜結)試驗之結果如表(二)。

表 (二)

| $\frac{L}{r}$ | 最大應力(磅/平方吋) |       | 比 率  |
|---------------|-------------|-------|------|
|               | 鏡 鋼         | 炭 鋼   |      |
| 20            | 42600       | 29000 | 1.47 |
| 30            | 41500       | 28400 | 1.47 |
| 40            | 40000       | 27650 | 1.45 |
| 50            | 38200       | 26800 | 1.43 |
| 60            | 35800       | 25700 | 1.39 |
| 70            | 38800       | 24400 | 1.34 |
| 80            | 28300       | 22800 | 1.29 |
| 90            | 25600       | 21100 | 1.22 |
| 100           | 22400       | 19100 | 1.17 |
| 110           | 19200       | 17100 | 1.12 |
| 120           | 16700       | 15300 | 1.09 |

由表(二)可知鏡鋼軸向壓力,實強於炭鋼,惟隨  $\frac{L}{r}$  而高下,不及軸向拉力差別之顯著而已。

### (3) 撓率應力

鋼之撓率應力,可用鋼樑試之,炭鏡二鋼之強弱差別,據勞柏



氏之試驗報告,如表(三)。

表 (三)

| 截面                                     | 跨度  | 最大載重(磅)  |          | 鏡鋼與炭鋼<br>強度之比較 |
|--|-----|----------|----------|----------------|
|  |     | 鏡 鋼      | 炭 鋼      |                |
| 16"×6"×50#                             | 20' | 94100    | 57800    | 1.53           |
|  |     | 90700    | 60300    |                |
|  |     | 84900    | 57800    |                |
|  |     | 平均 89900 | 平均 58600 |                |
| 12"×5"×30#                             | 12' | 84500    | 47700    | 1.68           |
|  |     | 81000    | 49000    |                |
|  |     | 82900    | 51100    |                |
|  |     | 平均 82800 | 平均 49300 |                |
| 2-16"×6"×50#<br>2-14"× $\frac{1}{2}$ " | 20' | 41450    | 25220    | 1.58           |
|  |     | 41550    | 27840    |                |
|  |     | 40900    | 25300    |                |
|  |     | 平均 41300 | 平均 26120 |                |

表 (四)

| 材 料   | 鉤釘拉力強度<br>(磅/平方吋) | 鉤合後鉤釘剪力之<br>強度(磅/平方吋) | 剪力強度與拉<br>力強度比較 |
|-------|-------------------|-----------------------|-----------------|
| 標準炭鋼  | 56000             | 44800                 | .8              |
|       | 63000             | 52900                 | .84             |
| 高拉力炭鋼 | 73700             | 67200                 | .91             |
| 鏡 鋼   | 66500             | 66400                 | 1.00            |
|       | 73000             | 52600                 | 1.02            |
|       | 78000             | 78900                 | 1.01            |
|       | 82300             | 80600                 | .99             |

註:以上之鉤釘,徑為1吋,長4吋,用水力機試之。



#### (4) 剪力

橋樑之各部,因剪力之強弱而左右其設計者,除橫縱樑之腰鉸外,唯鉚釘而已。鉚釘乃連絡主桿之要件,其影響於建築物之堅固,猶鐵環之於鐵鏈也。如主桿強而鉚釘弱,則應力無從傳達,雖強何益。如鉚釘弱而數量增,則淨截面減弱。是以欲顯鉅鋼之特長,其主桿決不可以炭鋼鉚合,而鉅鋼所製鉚釘,其剪力之增強(與炭鋼鉚釘相較),亦決不可少於拉力之所增者。根據勞柏氏之報告,其比較如表(四)。

從上表得標準炭鋼鉚釘剪力之強度,平均為21.8噸/平方吋,鉅鋼為34.6噸/平方吋,其比為1.54。本處為求更準確起見,又請本處檢驗工程司在道門朗公司重作試驗,其結果如下:

鉅製鉚釘在將損壞時之單位剪力為71000磅/平方吋

在將損壞時之單位承力為17600磅/平方吋

在至彈性限之單位剪力為69500磅/平方吋

鉚釘應力若用人工鉚合,多受工人技術之影響而有高低,本處將於工地鉚合時復作試驗,以窺其究竟。

綜觀各項比較,鉅鋼本質之優強已無疑問,惟對於經濟方面,尚須加以研究。

鋼料建築之全部費用,可分為五項,各項所佔之百分比略如下:

|        |      |
|--------|------|
| 1. 設計費 | 5 %  |
| 2. 材料費 | 50 % |
| 3. 鑄製費 | 20 % |
| 4. 運費  | 10 % |
| 5. 配裝費 | 15 % |

設計費與鋼之強弱絕無關係,不隨鋼料而增減。材料費則鉅鋼單位價格貴於炭鋼。至於鑄製,運輸,配裝等費,則因鉅鋼質強,淨重與鉚合工作減少,自可節省。但無論如何,橋架之單位價格,決不



能以(3)(4)(5)三項費用之節省,而償第(2)項之損失。故欲明鏡炭二鋼孰為經濟,尚須於全體重量之減輕與單位價格之增加計算之。

從應力之比較,知軸向拉力撓率應力及剪力鏡鋼強於炭鋼至50%以上。根據市價,則鏡鋼僅貴於炭鋼20%。以得償失,似綽有餘裕。惟就軸向壓力而言,或當別論。所幸本橋橋樑主桿 $\frac{L}{r}$ 常在40-70之間,在此種情形之下,鏡鋼強度仍較炭鋼高出40%左右,故尚不致虧負。至於上下禦風連結架與中部連結架等 $\frac{L}{r}$ 在100以外者,及其他桿件按應力計算所需之截面,小於規範書所限定者,則以炭鋼代之。總之取長捨短,以鏡鋼為主料,全部費用必較純用炭鋼為廉,至於因淨重減小而減輕橋墩負擔之利益,猶未計及。

根據上列理由,本橋正橋鋼料以鏡鋼為主,而以炭鋼為輔。其分配之法,於下節論之。

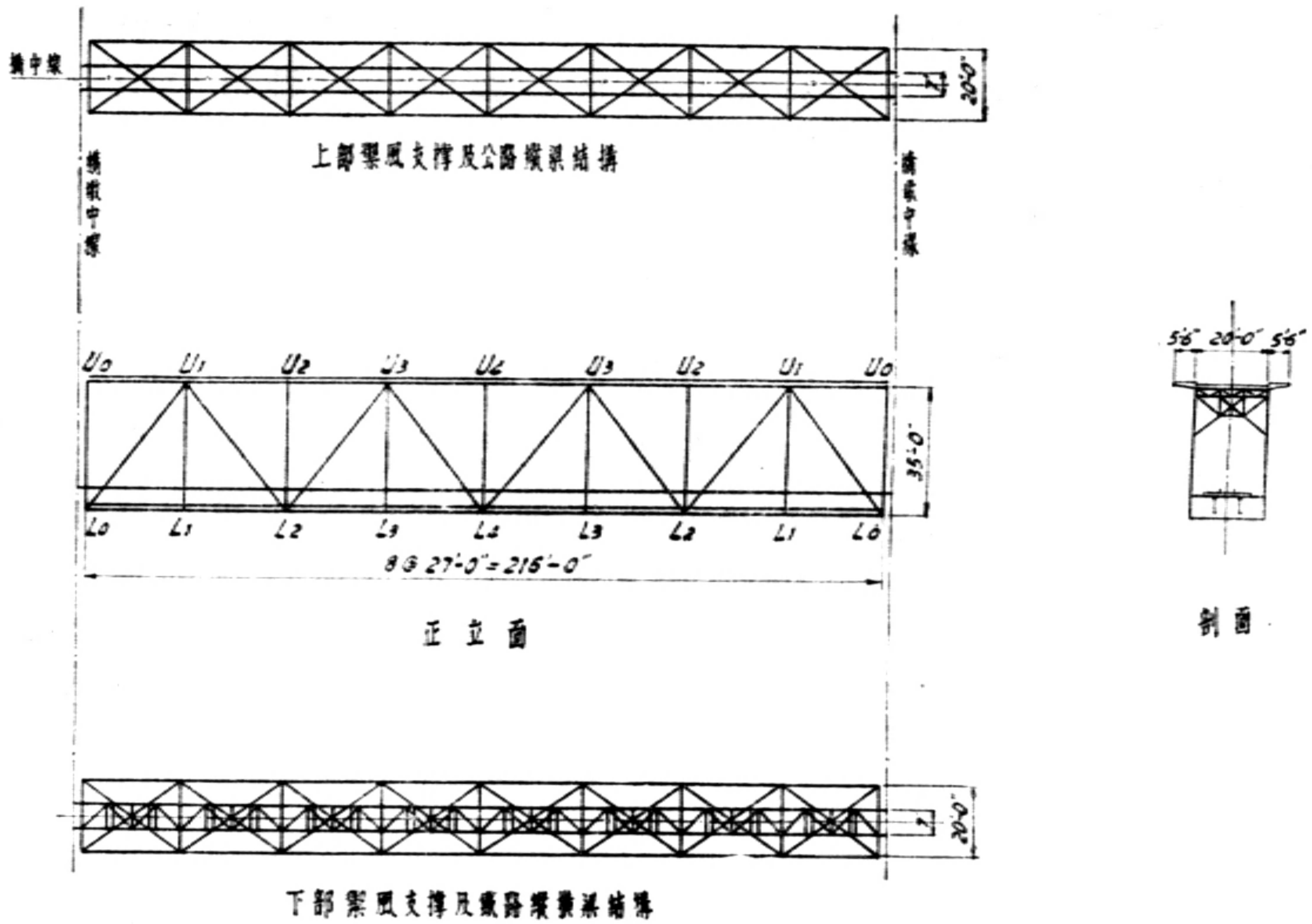
## (二)設計

錢塘江橋為鐵路與公路聯合橋,公路與鐵路之配置,影響於桁梁之經濟者至巨。本處不嫌繁複,詳加探討,所作設計共達七種;七種之中有五種不同之配置(參閱工程第九卷341-345頁)。最後始定採用216呎雙層華倫式(Warren)桁梁。所以然者,以其橋墩總價與桁梁總價大致相等,合乎建橋經濟之條件。故及後金價稍有低落,又以採用鏡鋼,遂致桁梁總價小於橋墩矣。

桁梁高度為10.7公尺(35呎),約為跨度六分之一(普通規定為五分之一至七分之一)。上下弦桿之總重為75噸,腰桿之總重為65噸。但上梁直托公路路面,省去二道縱梁,而上弦之重量為之增加約及7噸。若於上下弦總重之中,將此7噸減去,則上下弦僅以3噸重於腰桿。若僅就桁梁本身之經濟,當可加高一二呎。但公路路面加高,則引橋勢將為之增長。又本橋鐵道淨空高度為6.7公尺(22呎),故此高度非徒不便加高,亦不宜再減。



公路路面寬度為6.1公尺(20呎),故桁梁之寬度亦決定為6.1公尺(20呎)。人行道活載重較輕,故決採用翅梁(Cantilever)構造, (圖一)。茲將本橋正橋梁設計及繪製之特點陳述如下:



圖(一) 正橋二百十六呎桁架佈置圖

(1) 載重之規定

鐵道載重係採部定古柏氏載重五十級。公路載重以15噸汽車為標準。人行道載重,規定每平方呎為80磅。

(2) 准許應力(Allowable Stress)之規定

| 應力類別       | 炭 鋼<br>磅/平方吋                                | 鏡 鋼<br>磅/平方吋                                 |
|------------|---|--|
| 撓曲拉力 $F_t$ | 16,000                                      | 24,000                                       |
| 軸向拉力 $F_c$ | 16,000                                      | 24,000                                       |
| 軸向壓力 $F_c$ | $16000 - 60 \frac{L}{r}$<br>但 $\leq 14,000$ | $c(16,000 - \frac{L}{r})$<br>但 $\leq 21,000$ |

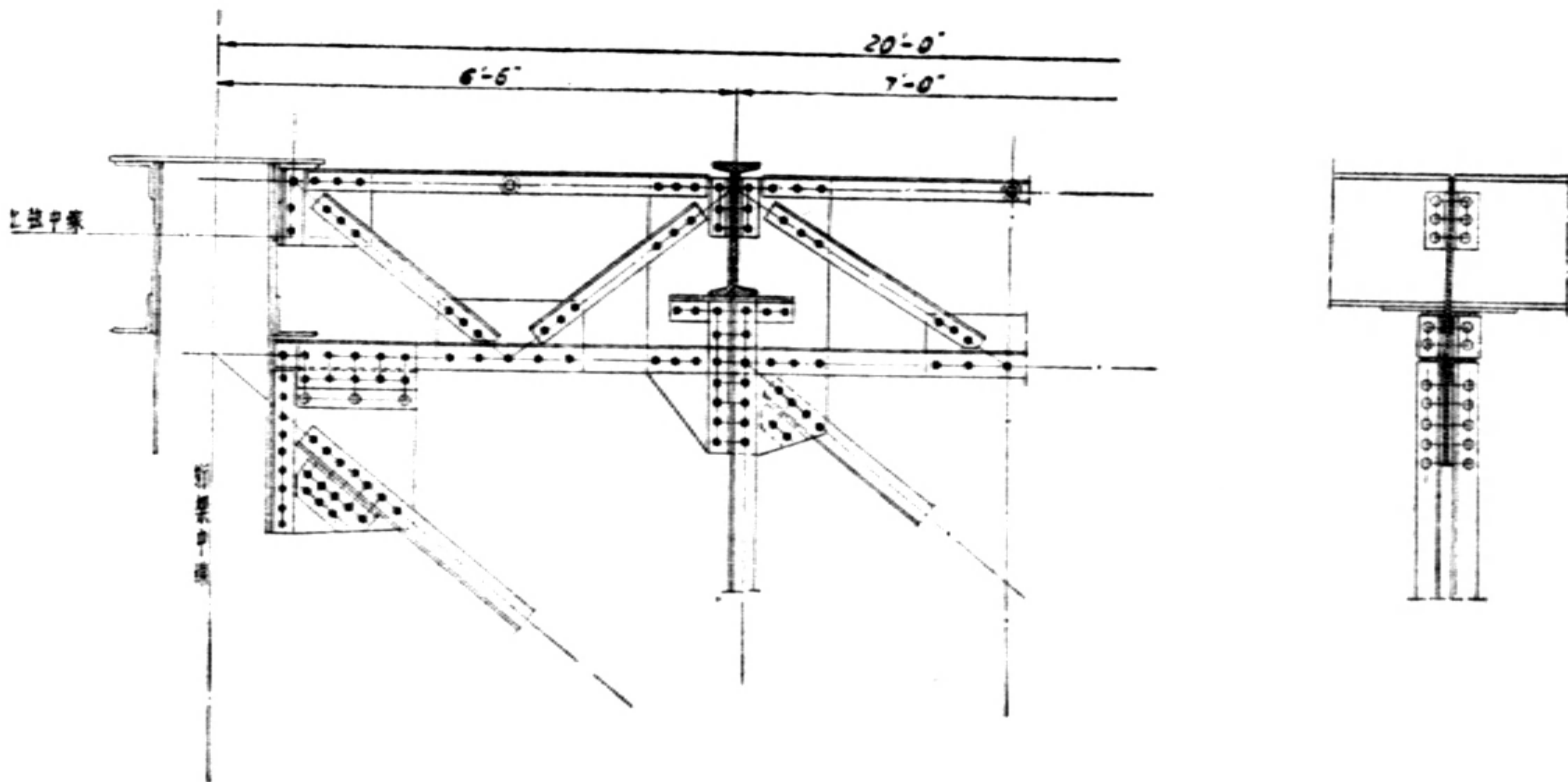


|            |        |        |
|------------|--------|--------|
| 腰肢剪力 $F_e$ | 10,000 | 15,000 |
| 廠中機鉤之鉤釘剪力  | 11,000 | 16,500 |
| 廠中機鉤之鉤釘承力  | 22,000 | 33,000 |
| 工地機鉤之鉤釘剪力  | 10,000 | 15,000 |
| 工地機鉤之鉤釘承力  | 20,000 | 30,000 |

嗣以公路鐵路同時發生極大應力之機會極鮮,故鋼料准許單位應力,除單獨承受公路或鐵路載重力者外,均照上表另增加 12.5 %。

(3) 中部聯結架之負擔

中部聯結架兼作公路之橫梁,除風力外,並傳達公路載重於豎桿(圖二)。



圖(二) 中部聯結架及公路縱梁圖

(4) 上弦禦風支撐

上弦禦風支撐,普通用兩角板或四角板,而聯以聯繫桿(Lattice bar)。本橋以公路縱梁阻礙,不能採用此種配裝。乃改用二個角板,背向拼合而連接於上弦下肢翼(Outstanding flange)之下。至於上弦之上肢翼亦有橫支撐與之聯結。

(5) 蓋板及腰板之厚度

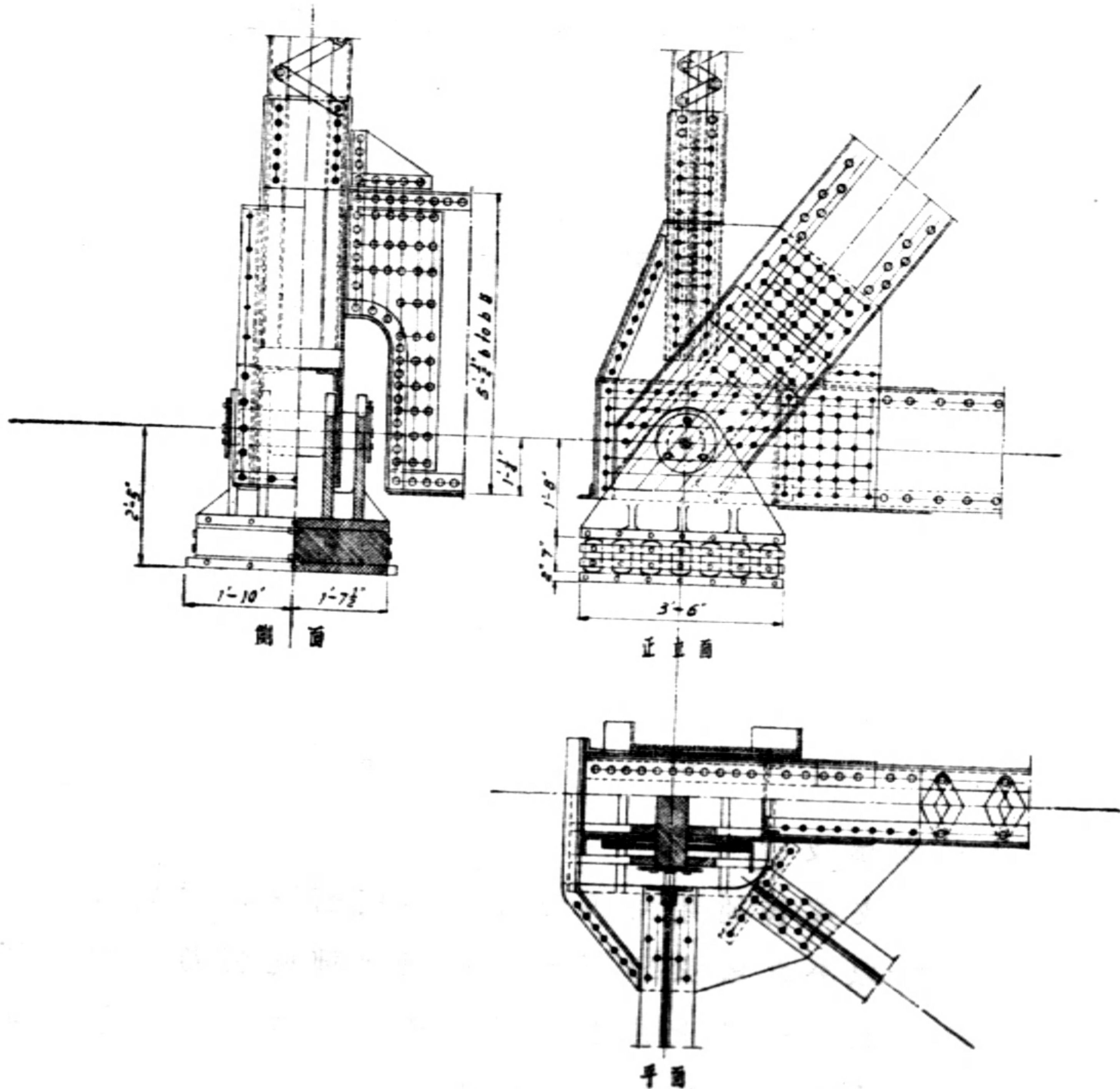


根據鐵道部之規定組合,壓桿之蓋板 (Cover plate) 及腰板 (Web plate) 均不得薄於下式所算得之數。

$$t = \frac{pd}{40,000}$$

式中  $t$  爲 鋼板最小之厚,  
 $P$  爲 軸向壓,  
 $d$  爲 肢部聯結處鉚釘之行間距離。

上式因不合用於高拉力鋼,故決依據 A.R.E.A. 之規定:  
 蓋板厚度不得小於釘距之四十分一,  
 腰板厚度不得小於釘距之三十分一。



圖(三) 聯結點 L<sub>0</sub> 及橋座圖



(6) 鏡炭之採用

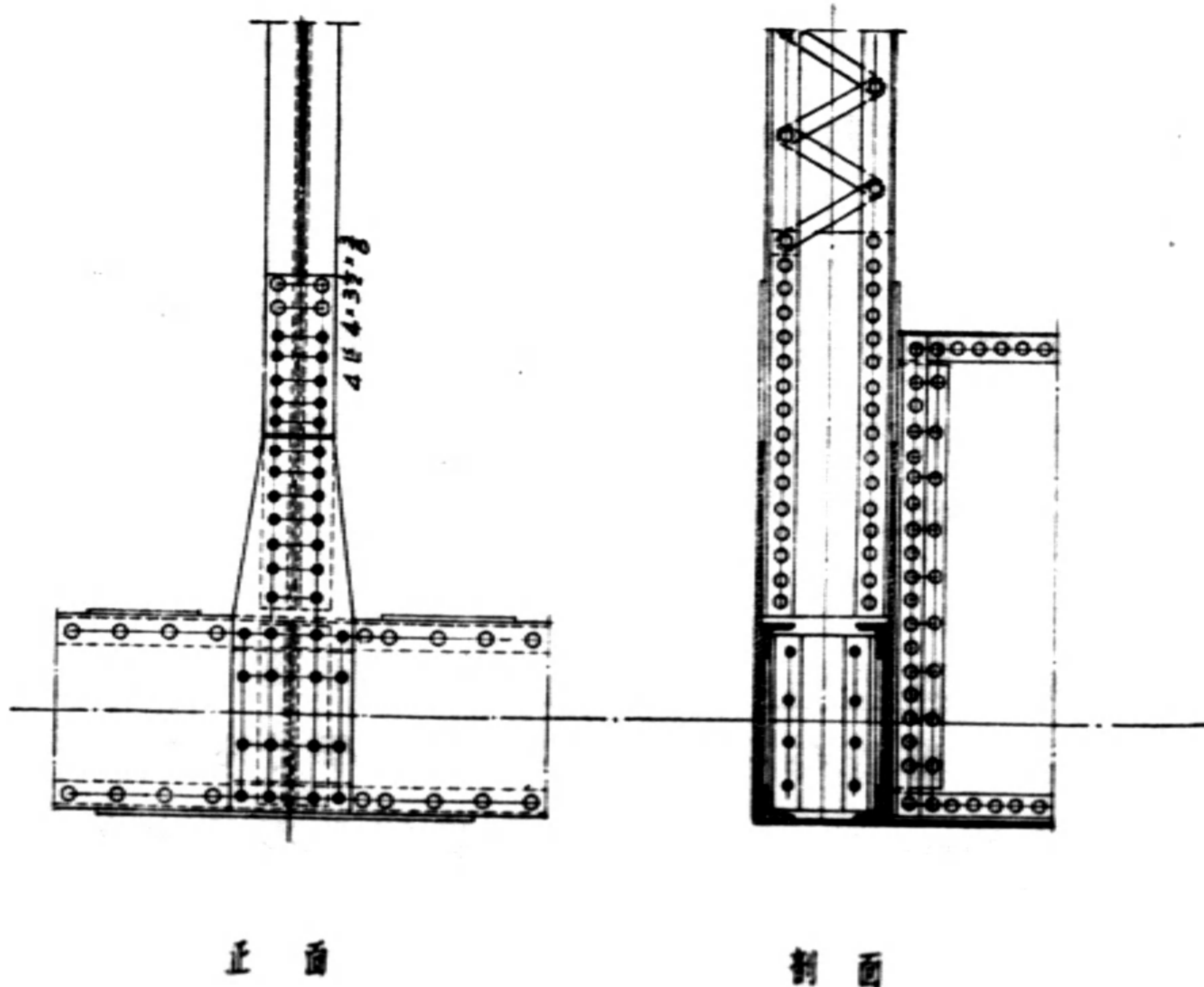
因鏡鋼準許單位應力,較炭鋼可增加百分之五十,各部所須之截面均可減少。但按照部頒規範書,各部有規定最小尺寸者。在此限度之中,雖用鏡鋼亦不能減小截面。故鋼桁梁鐵路縱橫梁及公路縱梁雖採用鏡鋼。而禦風支撐中部聯結架及其他細小部分乃採用炭鋼,以求優廉。

(7) 支座之佈置

支座鋼樞(Pin)及輓軸(Roller)極易受雨水及塵土之侵蝕,以致轉動不靈,發生意外應力。為防止計,故將下弦之上層伸入輓靴(Shoe)上,再於支座墊板(Bearing Plate)及輓靴旁鑽眼多孔,以便裝蓋油布,掩蔽輓軸,如是則雨水塵土無由侵入矣(圖三)。

(8) 下弦及受拉豎桿

下弦角鐵向內相對可使繫鈔厚度減薄,且橫梁(Floorbeam)密貼下弦肢桿,使全部堅勁增加。



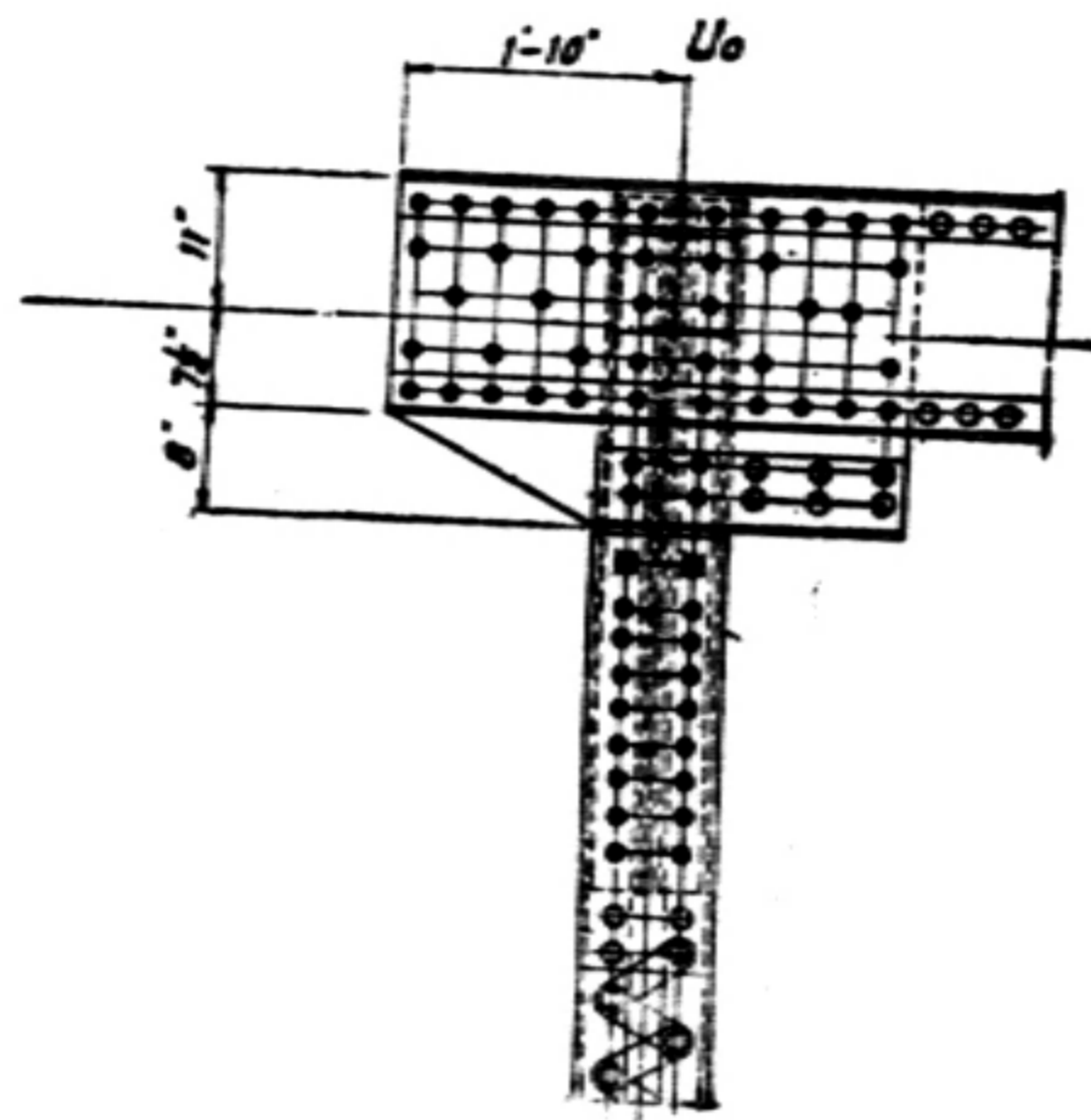
圖(四) 受拉豎桿及下弦圖



受拉豎桿(Tension Verticles)頗為細小,因繫板(Tie Plate)延長於橫梁之上,足以揮發豎桿之受力面積也(圖四)。

### (9) 兩端上弦與支撐

兩端上弦  $U_0U_1$  本無直接壓力,故所用截面最小。為連結上層支撐(Top Laterals)計,須與其餘上弦平齊,故用夾角(Clip Angle)承之(圖五)。



圖(五) 聯結點  $U_0$  圖

### (10) 公路縱梁之安置

公路縱梁須與上弦頂高有一定關係。惟尺寸短小,不能直接安置禦風支撐架上,故用加勁角鐵(Stiffening Angle)連接承托之,將受力下傳至桁梁上。

### (三) 鑄製

正橋鋼梁由道門朗公司在英國鑄製,本處委託亨特公司(R. W. Hunt Co.)就近監督,每一鍋熔質,必經化學分析,成鋼後,又須經強度(Physical Strength)試驗。各項實驗結果,均須列表報告,如表(五)。

第一孔鋼料製成後,照計算之拱度配裝成梁,所有主桿中之鉚釘孔,均用光孔法光之。然後以此孔之鋼件為標準,做成模板。後

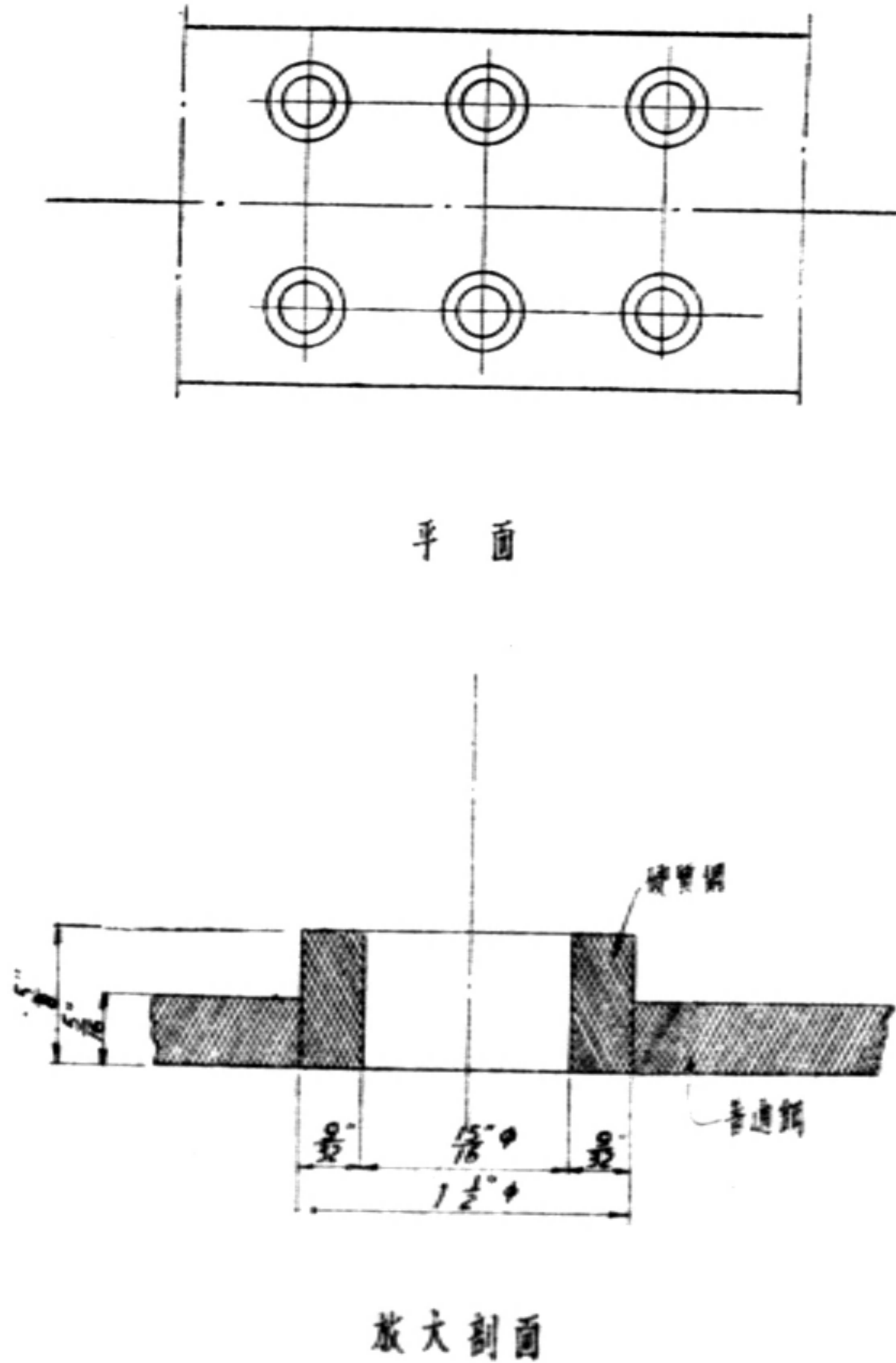


表(五) 鋼料強度試驗及化學分析報告表

| 數量 | 所試驗材料之種類                  | 英內延八寸之長分 | 面積縮小百分率 | 破裂情形 | 冷熱彎曲試驗 | 製造之方法 | 製造者之化學分析 |       |          |         |       |        |       |      |      |       |   |
|----|---------------------------|----------|---------|------|--------|-------|----------|-------|----------|---------|-------|--------|-------|------|------|-------|---|
|    |                           |          |         |      |        |       | 彈性限度每方寸  | 拉力每方寸 | 英內延八寸之長分 | 面積縮小百分率 | 破裂情形  | 冷熱彎曲試驗 | 製造之方法 | 炭    | 磷    | 錳     | 硫 |
| 二噸 | 角鐵(炭鋼)<br>6"×3½"×3/8"     | R5       | 3487    | 16.9 | 30.8   | 25    | 55.1     | 絲紋    | 良好       | O.H.B.  | 0.75  | .027   | 0.48  | .036 | —    |       |   |
| 四噸 | (炭鋼)<br>鋼板(鏡鋼)<br>6"×3/8" | H        | 420     | 24.4 | 39.3   | 230   | —        | 絲紋    | 良好       | B.O.H.  | 0.205 | 0.039  | 0.860 | .026 | .800 | 0.300 |   |

此諸孔桁梁之鋼件鉚釘孔,即以此模板為規範。

因正橋橋梁十六孔完全相同,一模板有用至千餘次者。故所有模板均用鋼板製成,更於每釘孔之週圍插硬鋼管一,以備損壞時,可取出更換(圖六)。



圖(六) 鋼製模板圖



至第十孔桿件成後,再度配裝,如無不合之處,即可證模飯仍屬準確,無須重做,否則當另爲之以備其餘六孔之用。

至於公路與鐵路縱梁因結構較爲簡單,而又不須與全梁試裝,故由該公司在上海製造本處直接派人監督。

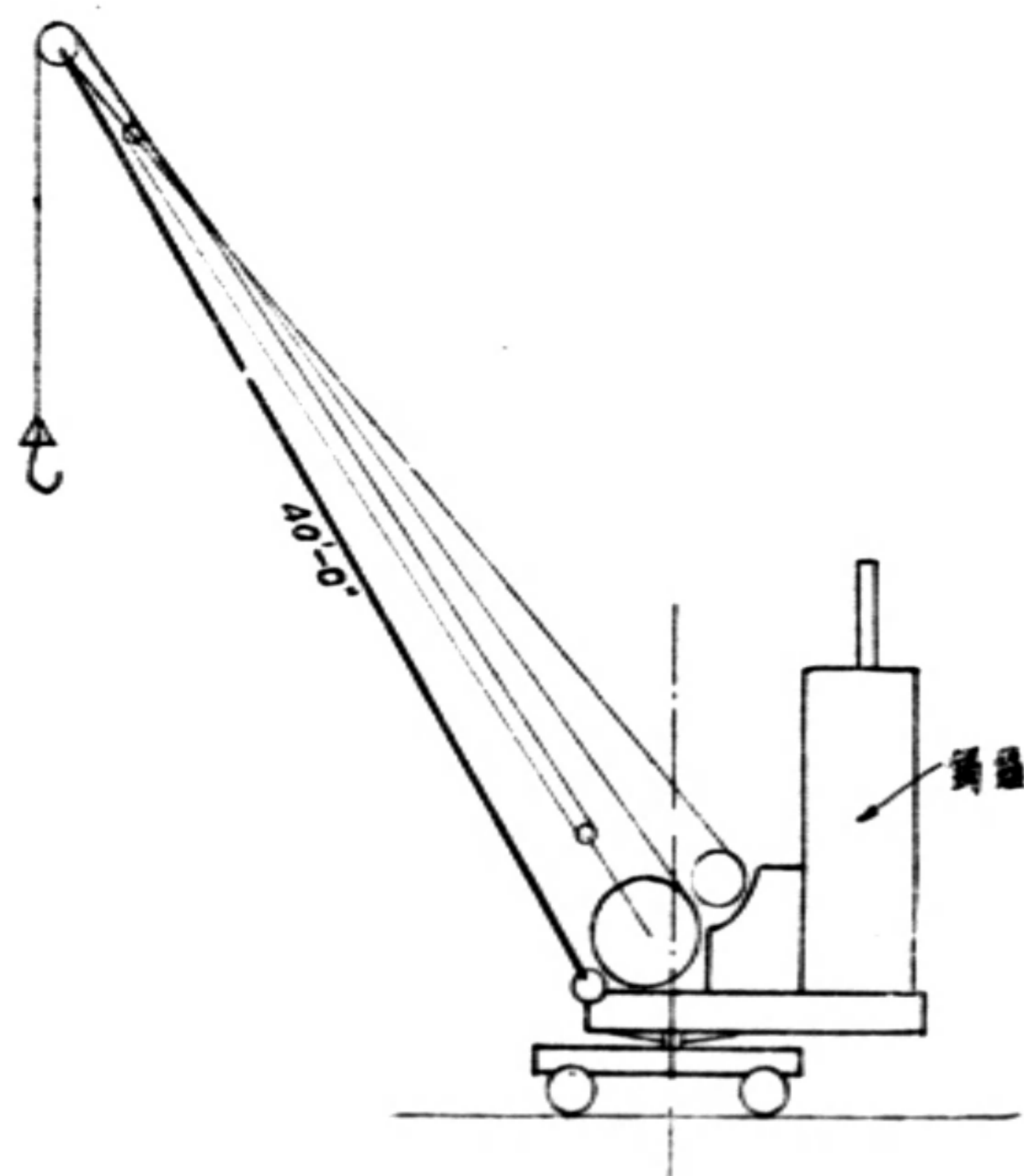
#### (四) 安裝

安裝方法,頗費研究,欲求工廉而效速,殊屬難事。錢塘江水深泥厚,建搭臨時木架,固非易事,逐孔搭架安裝,需時尤久。若採用翅臂法,則以橋墩分部完成,未能依序先竣,亦難適用。後經多方研究,決用浮船安裝法。

##### (1) 拼鑲及鉚合

正橋鋼料,自英國公司直接裝輪,運抵上海吳淞口,改裝火車,由滬杭甬路運抵閘口本橋工地。

卸貨所用起重機車(見圖七),其取貨時最大距離,可達四十呎許,四周旋轉,上下提取,極其靈便。最大載重可達六噸半。凡堆場中,鋼料之取置,莫不依仗之。



圖(七) 起重機車圖



拼鑲工場(圖八)位於本橋北岸,開口貨棧附近,南依江岸,北連軌道,運取材料,近在咫尺,工地管理,尤為便利。場寬61呎,長260呎,與江岸平行。兩旁築有混凝土基礎,高2呎,寬1呎,上架鋼軌,為吊架機移動之用。兩端更築垂直於江岸之樁基鋼軌二道,外與木架

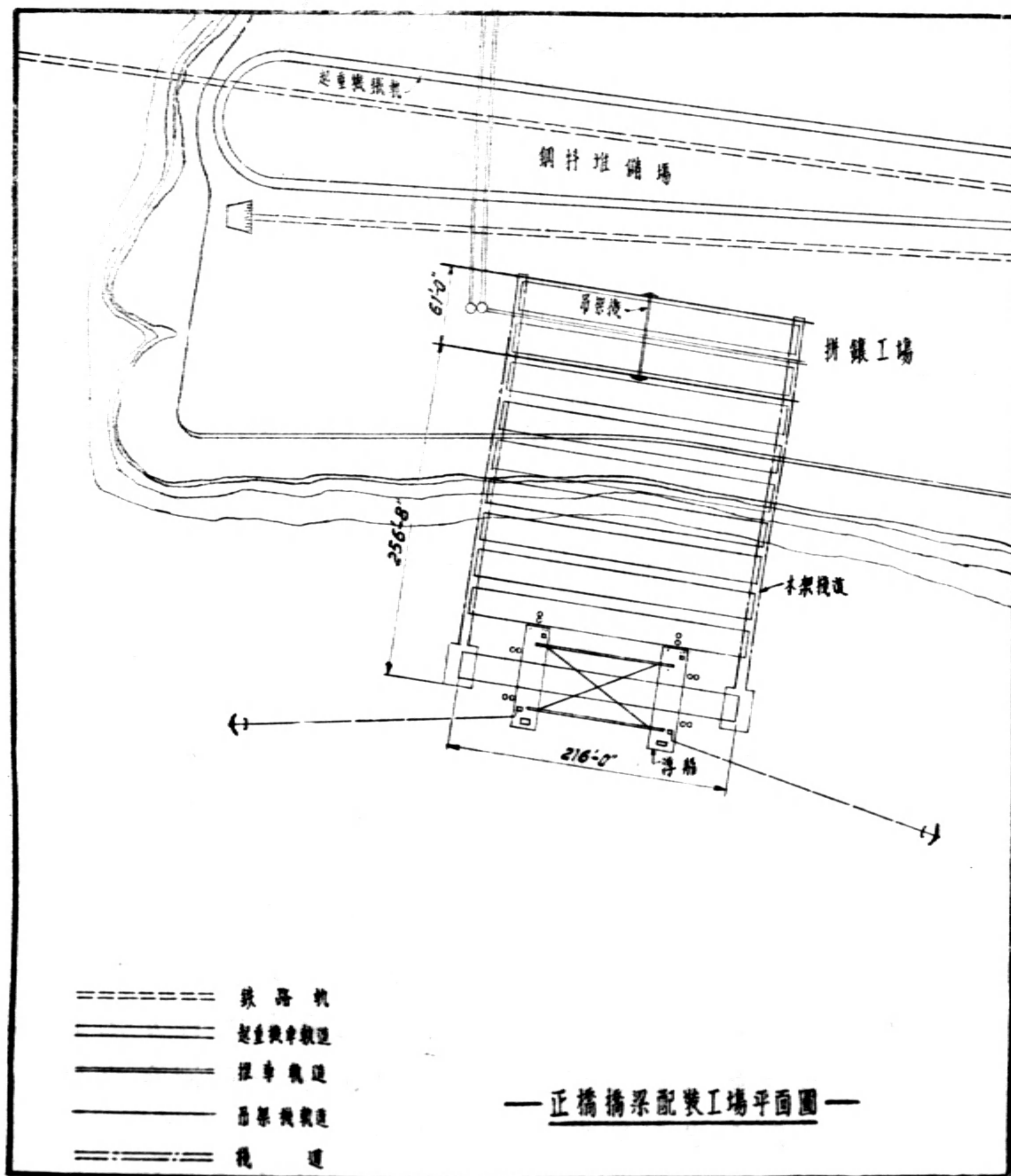


圖 (八)



棧道相接,用爲輸送鋼梁,伸入江心。場中舖設小軌一道,以運送鋼料,場形略向兩邊旁傾斜,蓋免積水也。

吊架機 (Portal Crane) 高 58 呎,長 61 呎 (圖九)。最大載重,可達

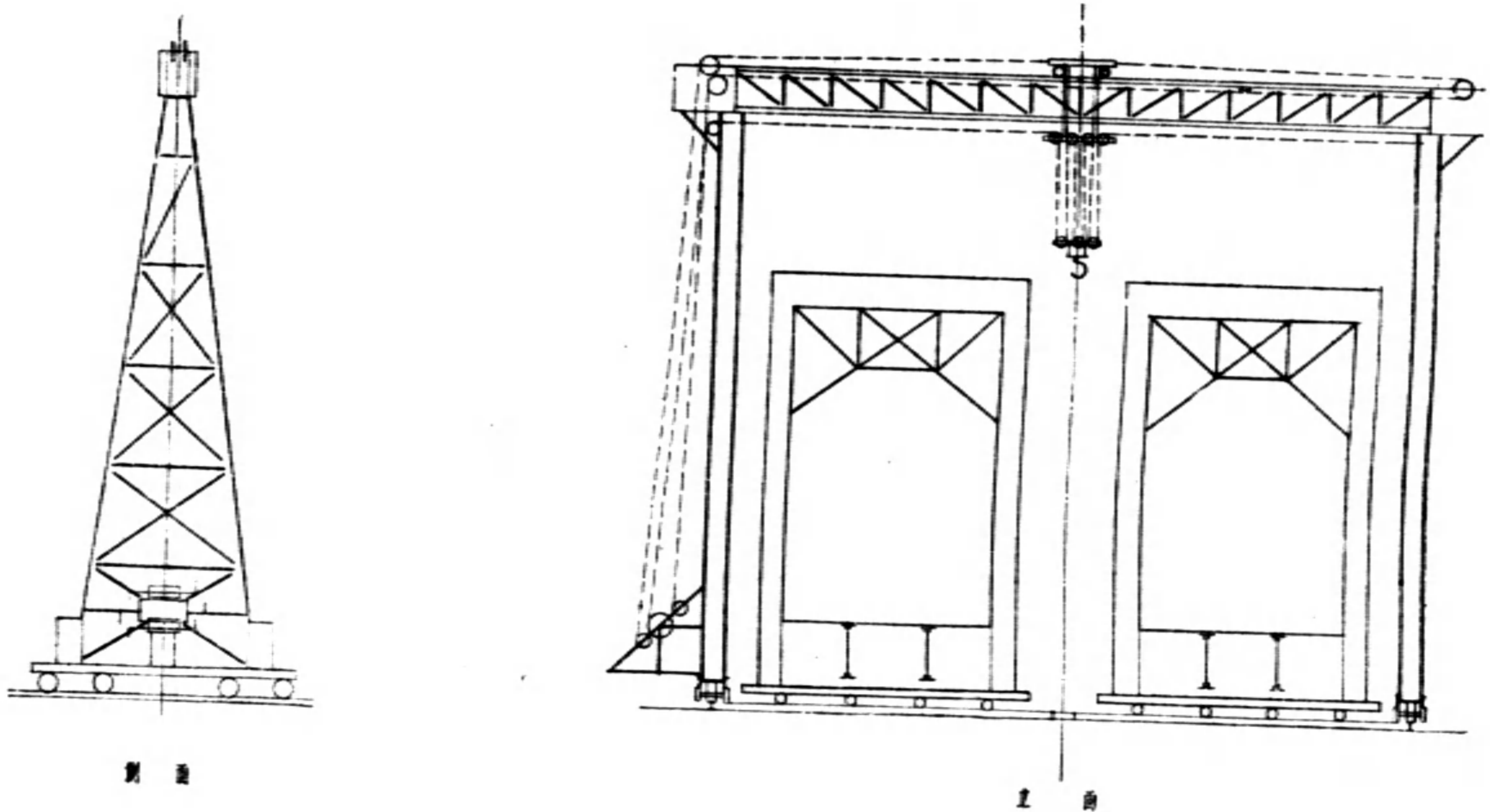


圖 (九) 吊架機詳圖

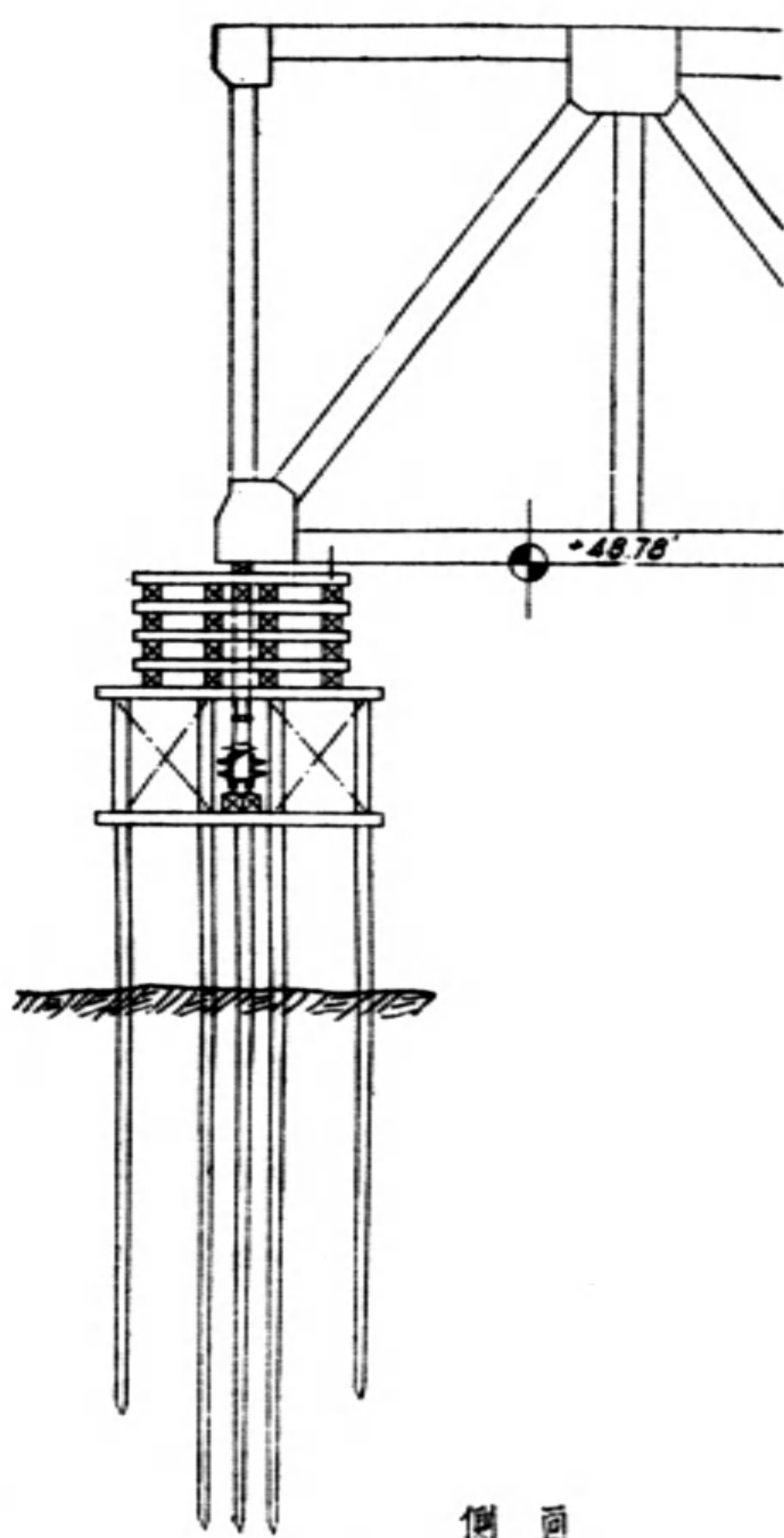
15 噸。機之右端,裝有電動機,鋼料上下,全用電力,前後移動,亦甚便利。

手推車共有十二輛,行駛於 2 呎寬之小軌道上,可轉任何角度之彎道。大小鋼料藉以由堆儲場運往拼鑲工場。應用時僅需人力推送,無需乎機械之設備。

正橋所用之鉚釘,以燒鋼者居多。考鉚釘之作用,一部份固在其剪力或承力,而其他一部份亦在其能將鉚合鋼件夾緊所生之摩阻力。本橋採用鏡鋼,其所受之應力較普通鉚釘大百分之五十,故亦望其能發生較大之摩阻力。摩阻力之大小,全在鉚合之緊鬆。是以本處對於鉚合之鬆緊特別注意監視。

本橋桁梁共分八節,每節長 27 呎。桁梁下弦分爲四節,每節跨桁梁二節。故拼鑲之支架,除兩端外,須搭建中部支架三座,每孔共





側面

圖(十)搬運正橋橋梁軌道圖

需支架十座。支架全用木料配搭而成，高可六呎許，每架上置螺旋頂 (Jack Screw) 二具，藉以校正鋼梁拱度之用。螺旋頂上置特製之鋼板一片，長寬各 2 呎，厚 1 吋，下弦桿橫放其上。各架下部基礎，用石片築成。

正橋橋梁最大拱度，為  $2\frac{3}{16}$  吋。拼鑲時，先將木料支架上之螺旋頂，用水準儀按拱度圖，測量準確，始行拼鑲。惟支架下之基礎，因各肢桿之逐次加重，稍向下陷，故拼鑲時，須常加複測，予以更正。實際上因全架重量甚鉅，雖有螺旋頂之設備，校正仍甚不易，是以校正拱度，費時甚久，並俟各支架基礎，無

下陷現象，方能作最後之校正。拱度既準，鉚合工作，即可開始。

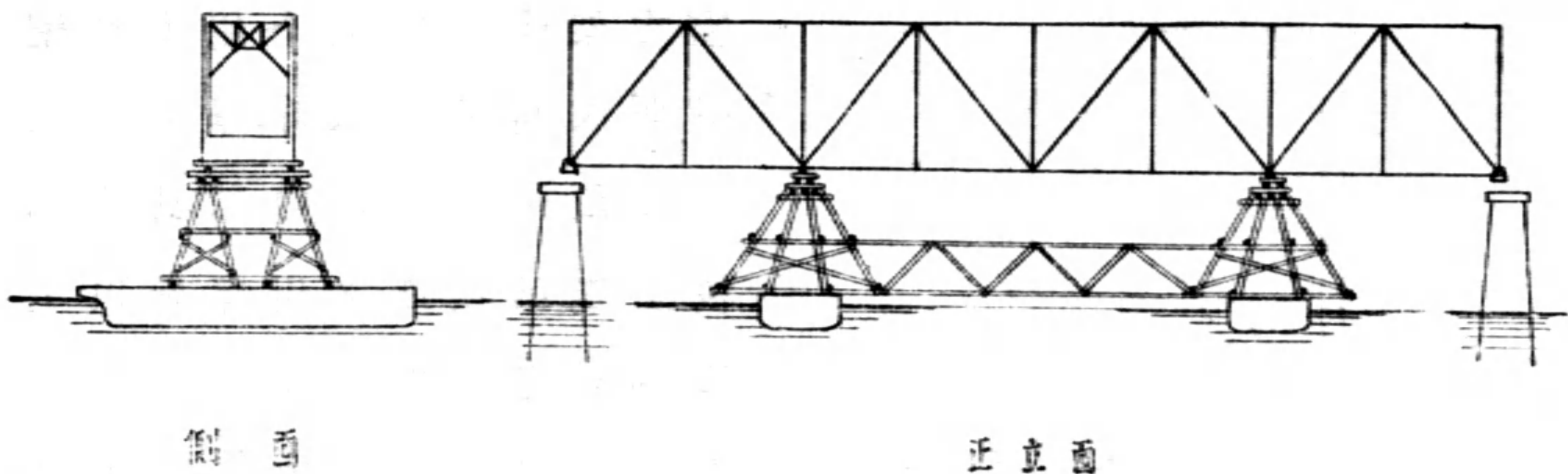
## (2) 浮裝

鋼梁在工場拼鑲鉚妥之後，即可運出，暫置木架軌道上。一俟有二毗鄰之橋墩完成後，即用浮船運往安置就位。軌道長共 256 呎，分東西兩道，中心相距 216 呎，全用木樁打入河底，與江岸成直角形，伸入江中水深處 (圖十)。

浮裝鋼梁所用之浮船，係由二艘特製船所組成，兩船相距，約一百呎，聯以木架支撐。浮船所用之錨，先於兩橋墩附近拋下 (圖十一)。

在軌道上轉運鋼梁，係用鋼托輪兩組 (每組四輪) 分別承托鋼梁兩端用手搖輪 (或電力) 轉動托輪，將鋼梁移至軌道南端江水深





圖(十一) 正橋橋梁浮運就位圖

處,以便浮泗而安置。

橋墩之高度,爲吳淞零點上 48.71 呎,兩木架軌道之高度則僅 30.71 呎,與橋墩相差 18 呎,故於浮運前,須用油起重機(Oil Jock),將橋梁兩端徐徐頂高,用木料墊入(圖十),俟達相當高度時,將浮船駛入木架軌道之中,於桁梁兩端第三節處,妥爲支托,繫牢於浮船上,以俟潮漲,將橋梁托起,離開棧道,然後用鐵繩將浮船與事先拋下江底之鐵錨連結於浮船絞車上,將橋梁漸漸托入橋墩間校準地位。俟潮退之時,橋梁即降至橋座,遂將錨拴塞緊,安裝即告竣矣。

## 引 橋

### (一) 鋼料

引橋拱梁跨度橋墩中心距爲 50 公尺,即 164 呎,支座中心距爲 160 呎,比正橋短 56 呎,而其荷重,又僅爲公路及人行道,故所受應力遠不若正橋桁梁之巨。若效法正橋,仍採用高拉力鋼,殊不合算,是以改用炭鋼。

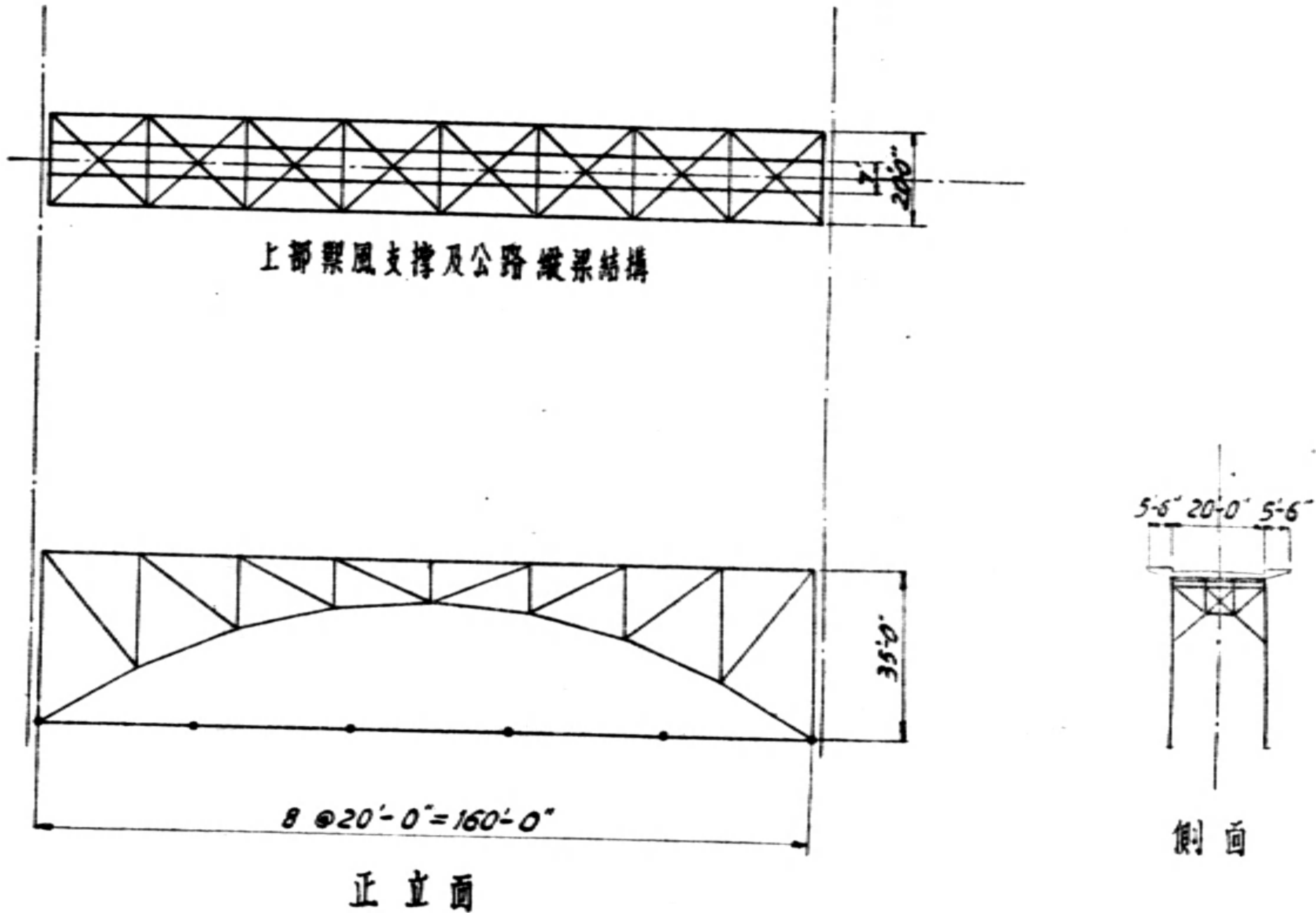
### (二) 設計

#### (1) 跨度及式樣之選擇

兩岸引橋,地質迥異,故橋墩之價值,亦難相同,但爲外觀之整齊以及建築之便利計,自以相同爲宜,更因工程期限之急迫,故採用同一式樣,以冀進行迅速。



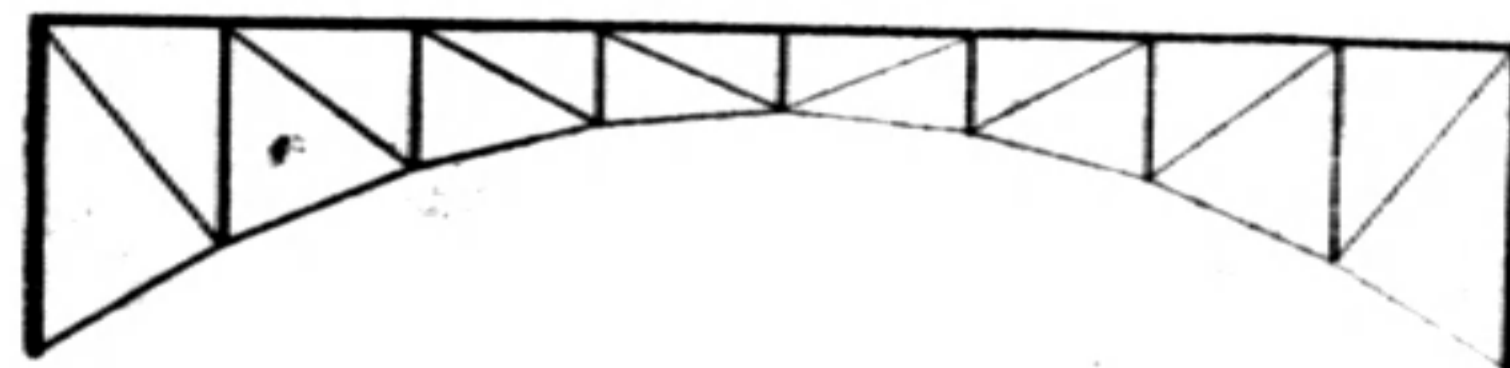
跨度長短,關係經濟美觀至鉅,前後設計共達五種,以資比較。最後始決定採用 160 呎雙樞式拱梁(圖十二)。



圖(十二) 引橋一百六十呎拱梁佈置圖

(2) 風力之傳達

因鐵道淨空之限制,下部禦風支撐,無法裝置,乃利用中部聯結架,由下而上,達於上部聯結點,而着力於上部禦風支撐。故豎桿除承受軸向壓力外,尚有禦風之撓曲力。所幸除  $U_0, L_0$  外,豎桿不長,撓曲力亦小,鋼梁設計,未受影響。圖(十三)示風力之傳導。

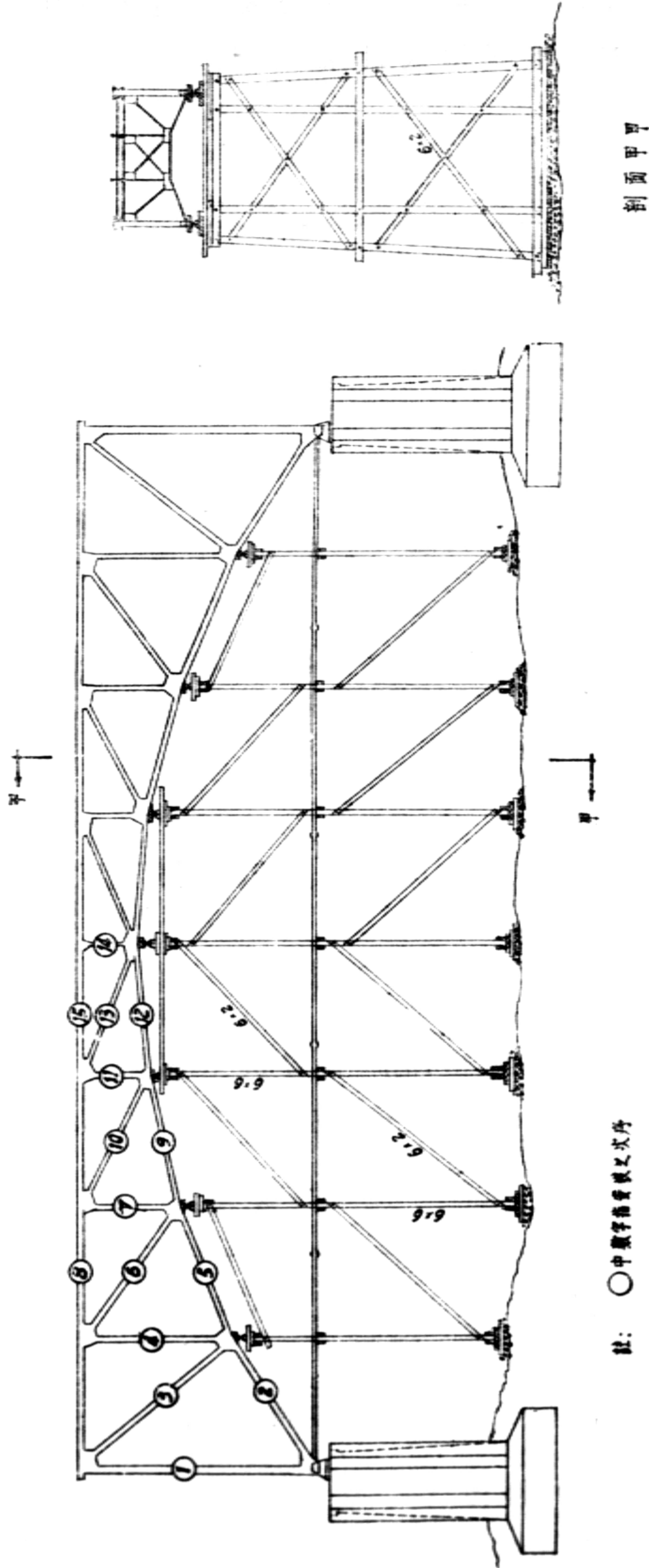


圖(十三) 拱橋風力傳達圖

(3) 縱衝力(Traction)傳達

縱衝力為活載之 10%,由路面縱梁傳導。因路面縱梁本身及





註：○中數字指實裝之次序

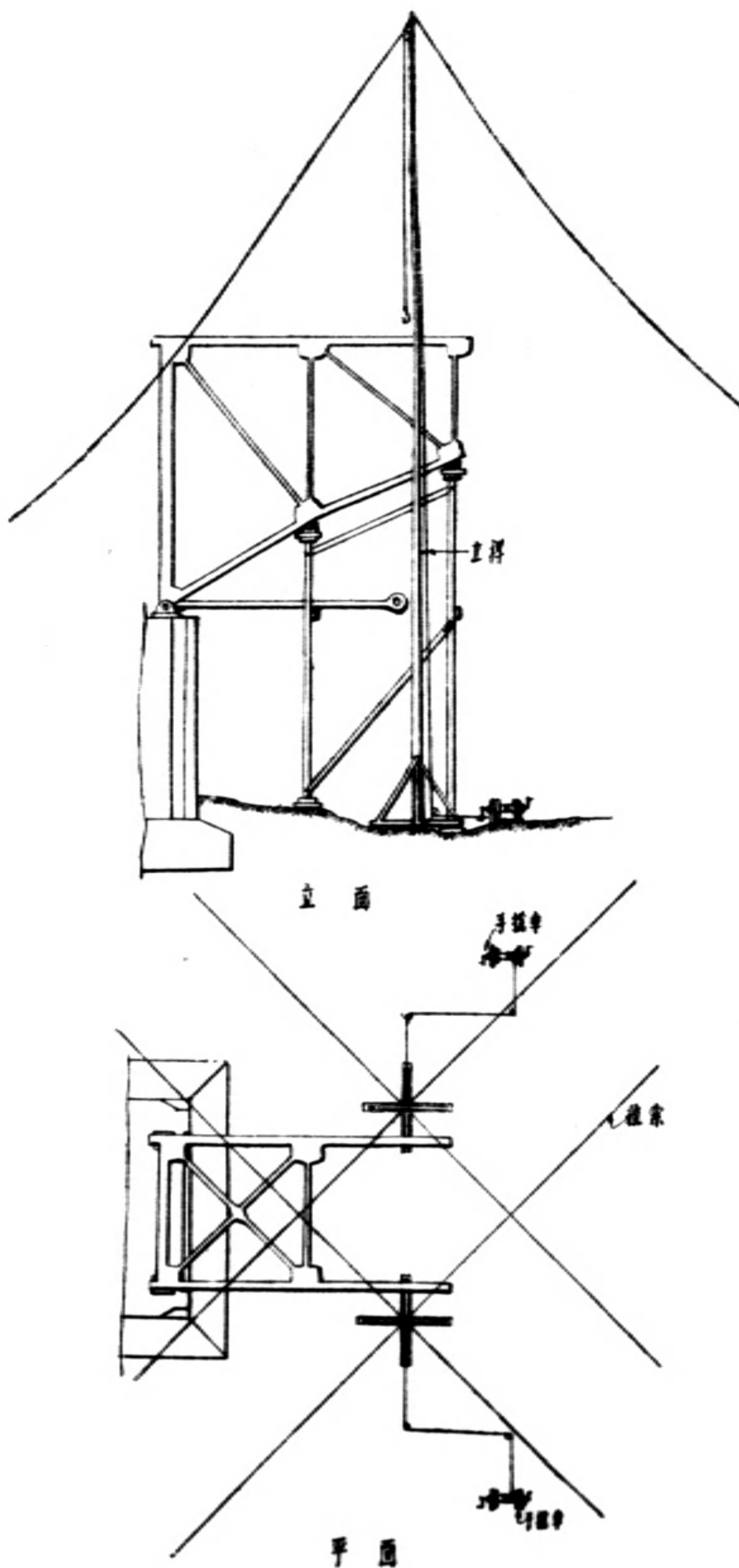
圖(十四) 安裝引橋拱梁木架圖



其聯結之處均甚為堅固，自可傳導縱衝力於拱梁之二端，然後主梁發生應力，較之由縱梁橫梁，經聯結點而主梁即生應力者，當屬更為合理，固不特設計簡單也。

(三)鑄製及配裝

引橋拱梁及鈹梁，由西門子洋行在德國製造，一面由本處委託亨特公司 (R. W. Hant) 就近監督檢查。每孔均經試裝，然後起運



圖(十五) 拱梁配裝工具佈置圖

來杭。墩基既成，安裝工作即開始進行。引橋鋼梁，全在陸上，因之安裝工作，亦有異於正橋者。鈹梁短小，自屬易裝。茲僅略述拱梁之安裝如下：

(1) 支座之安裝 橋墩上部，依據測量之結果，預留有支座之錨栓孔。安裝之始，即測量支座，插入錨栓，惟一端暫不灌實，蓋恐測量與製造容有未盡相符時，須全梁安裝後始可考慮矯正也。

(2) 拼鑲與安裝 為運輸便利起見，鋼梁肢架，多不在廠中鉚合，其能在平地拼鑲鉚合者，至此遂依照試裝之符號，先行拼鉚，然後起吊禦風架，聯結架等件。拱橋之安裝，既在陸上，鷹架工作應稱便利，惟拱橋下弦節點之高低不等，最高距地面達60呎，搭建臨時木架，亦頗繁難



(圖十四)。至於肢架之起吊,係用長約90呎之立桿一對,以絞車鉛絲徐徐吊升(見圖十五)。所有上下弦斜桿豎桿及禦風架聯結架等,均分件裝設,而以螺栓暫為插緊,先裝端柱,逐步內移,蓋起吊之立柱,亦可活動者也。俟成其半,再就他端相向進行。

(3) 拱度之檢查 下弦節點,固均有與拱度相若之鷹架支點,惟鷹架載重之後,未必與拱度完全符合。故安裝既竣,拱度之檢查矯正工作仍不可少。拱橋之上弦既平,則鷹架未拆前,各節點之高度可以計算求得之。至此即用水準測量法檢查,並矯正其差異。

(4) 鉚合與檢驗 拱度既適,乃檢視其鉚孔是否完全符合,並旋緊螺絲釘,於是開始鉚合。鉚合工作全用氣壓鉚機。鉚釘之是否良善,自須檢驗。鉚合完成,鷹架遂拆去。

(5) 油漆 在肢架鑲拼安裝時,其啣接之一面,先塗以油漆,全梁安裝完成之後,再全部油漆。此項工作,與正橋鋼梁同。



# 錢塘江橋浮運沉箱施工概況

李 仲 強

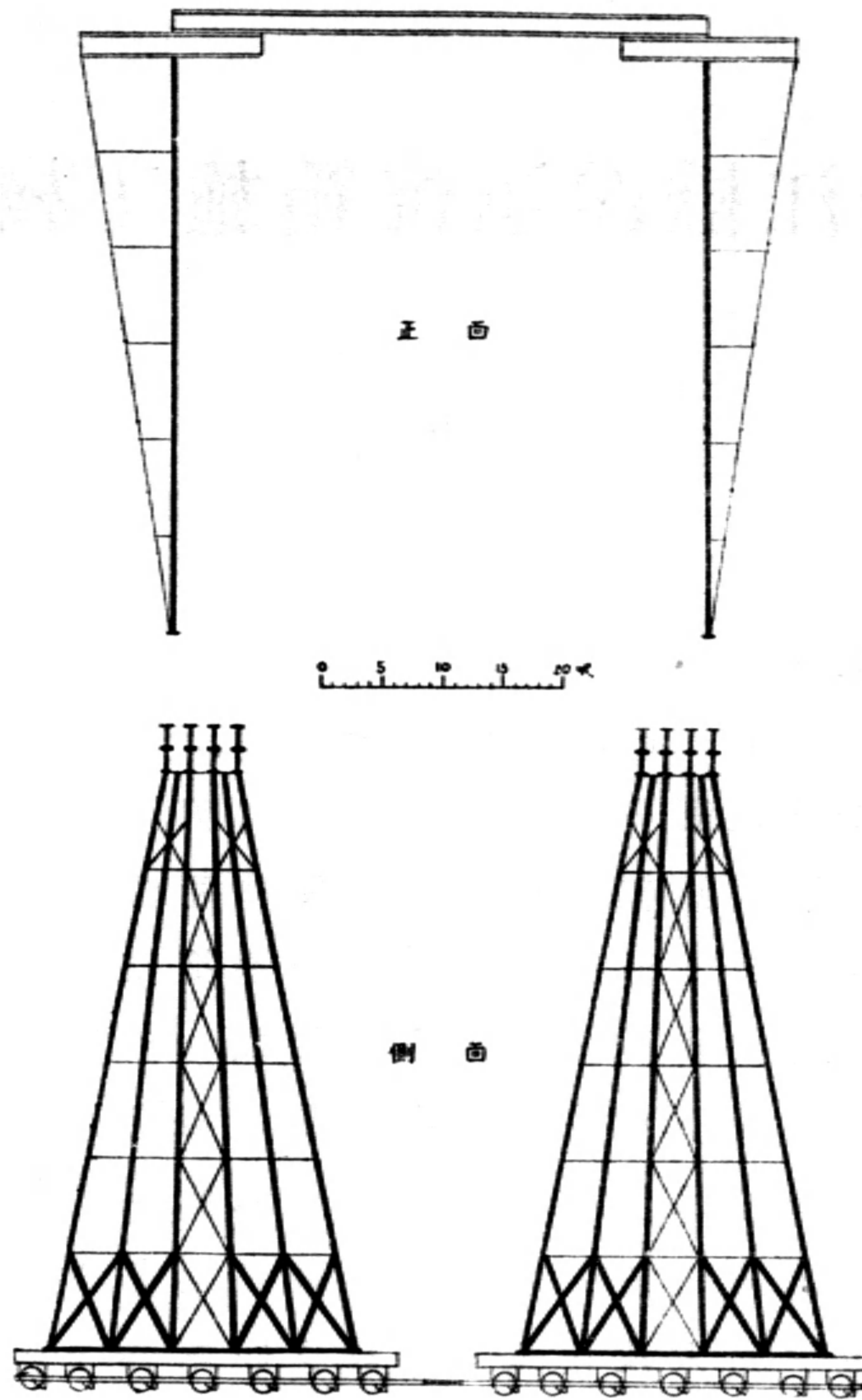
## (甲)沉箱概略

氣壓沉箱建築於橋址上游南岸陸地上,距離橋址約五千呎。沉箱全部用鋼筋混凝土做成,長 58 呎,寬 37 呎,高 20 呎。在 7 呎高度之處,有隔板一層。因減輕沉箱重量,以便移運浮游起見,特將全部鋼筋混凝土分二期澆築,第一期在陸地澆築,第二期俟沉箱浮游至指定之橋墩地位後澆築。沉箱上部接做 24 呎高,6 吋厚之木板圍堰。計每一沉箱在下水時其自身重量及各種附件重量共約五百五十餘噸,其排水深度約在隔板以上八呎半,即沉箱底腳以上十五呎半左右。沉箱建於平地之上,距離地面約 3 呎,四週牆腳之下,用 4 吋見方之短木承托。短木中綫之距離為 2 呎 6 吋,每一短木之下,置一 8 吋見方,5 呎長之橫枕木,直接放於夯實之地基上面。

## (乙)懸掛

沉箱既在陸地,重而且大,移動之法,必先吊起而後可,故採用鋼梁吊車。吊車為四座鋼梁合組而成,每座鋼梁依 180 噸之載重而設計,高 48 呎。由正面觀之,一肢垂直,一肢斜上,上闊下尖,成三角形;上寬 8 呎,中間橫分六段。由側面觀之,則上狹下闊,下寬 25 呎,上寬 6 呎,橫分六段,直分五節。兩座鋼梁,相對而立,上面用 22 吋工字鐵四根橫跨連接,成爲一組。兩組前後排列,下部用 4 吋 / 12 吋槽鐵四根連成一體,而成 720 噸之吊車(圖一)。

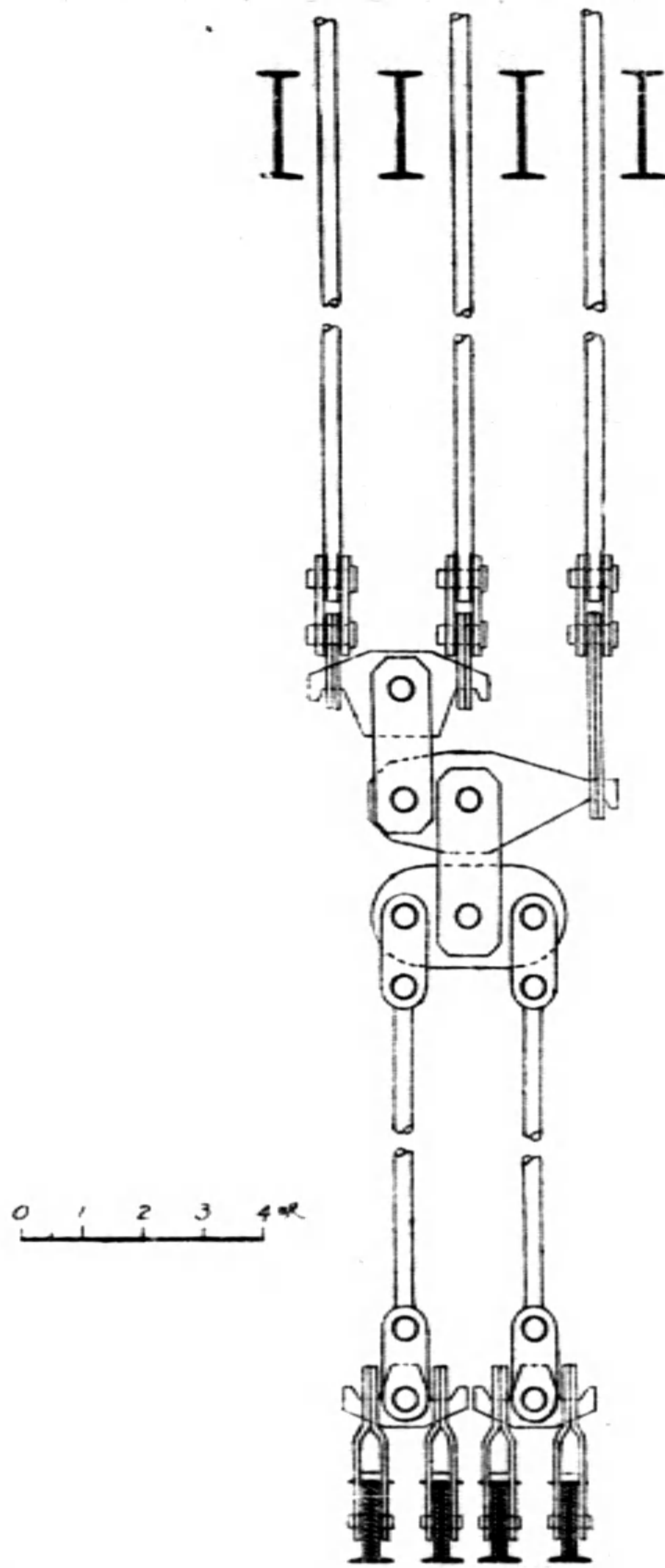




圖(一) 七百二十噸鋼梁吊車

吊車上每兩根工字鐵兩端,上面各放 6 吋 / 8 吋枕木三層,縱橫平列,再,放  $3/4$  吋厚鋼板一塊,中間有 8 吋直徑之孔一,前後有 5 吋直徑之孔二(小孔之用處於丁節說明)。大孔之上,放形同柱脚之鐵圈一個。鐵圈上放堅硬混合金屬之八角螺絲帽一個,螺絲眼直徑為 3 吋,用 3 吋直徑螺絲懸桿旋入其中,其下端即以懸掛此沉重之沉箱。計每組鋼梁之上,有四根工字鐵,兩端各置懸桿三根,共六根,兩組總共十二根。沉箱以六百噸計算,則每根 3 吋直徑懸桿應載重 50 噸,此十二根懸桿之下端用鋼板與鋼梢與其他八





圖(二) 懸桿平均載重之機構

根16吋工字鐵連接，此八根工字鐵即用以承托沉箱者也。

以3吋直徑懸桿載重五十噸，雖僅僅可稱安全，但懸桿上之螺絲間有鬆緊不齊，或架梁稍有不平，以及行動時所受之影響，則各根懸桿受力不均，易生危險，故於每三根懸桿中部連接以橫桿及鋼梢，成一槓桿作用，使各根懸桿得以上下活動，平均受力(圖二)。

懸掛沉箱時，先將四根16吋工字鐵用角鐵及鐵板連成一組，工字鐵中綫距離為14吋，兩組工字鐵各置於沉箱之下，其中綫距離為39呎14吋，然後將吊車移至沉箱中間，再將上懸之十二根懸桿與下面之工字鐵接好。在吊車之上，將螺絲帽旋轉，使懸桿上陸，至托緊沉箱為止。最後將沉箱下面之4吋見方短木敲去，則沉箱懸於吊車，可任意移動矣。

(丙)推行

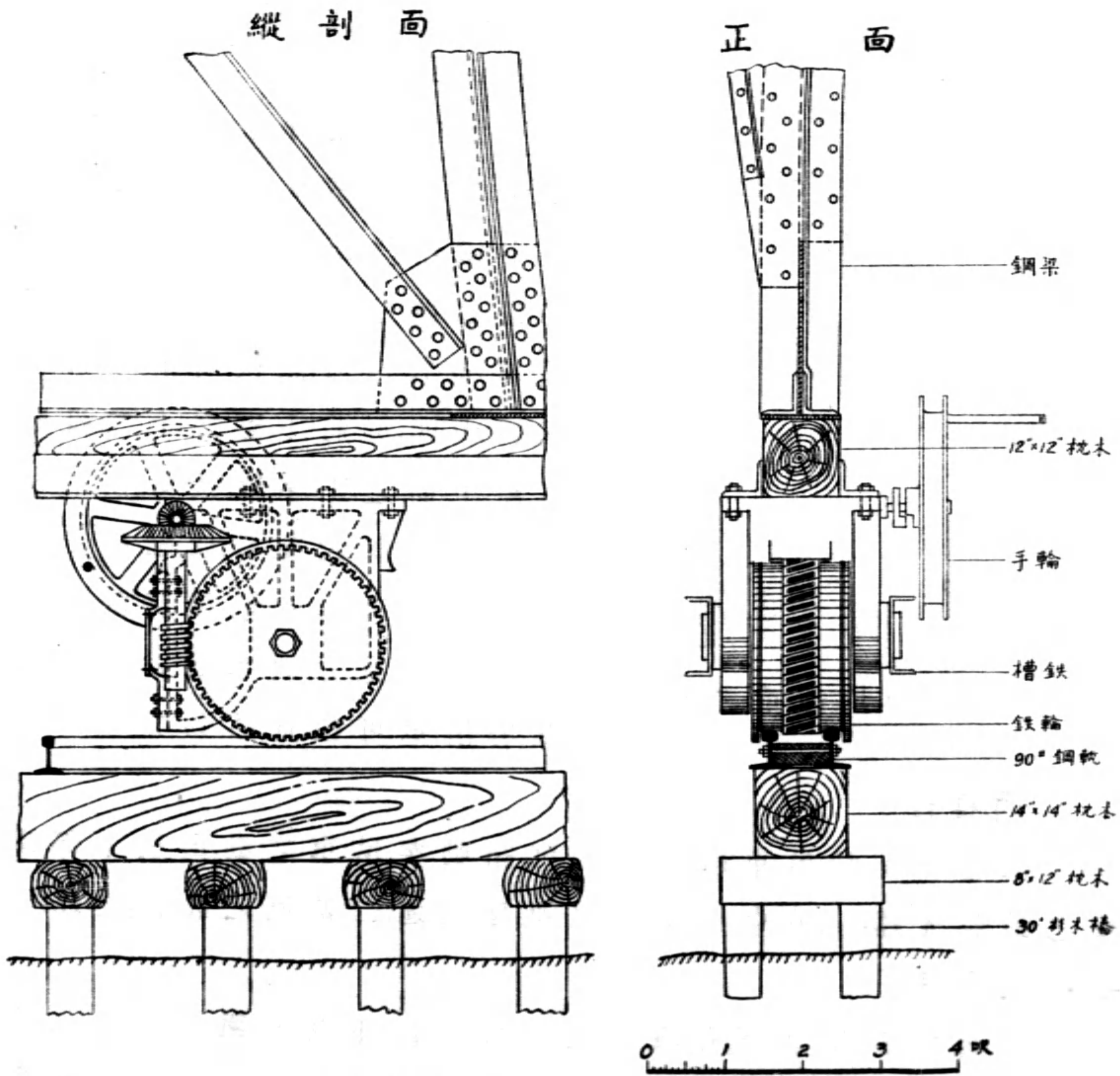
沉箱既懸於吊車，吊車動則沉箱動矣。吊車之動，由於下部鐵輪之動。茲先述(一)吊車與鐵輪之連合，次述(二)軌道之設備，再述(三)推動之方法。

(一)每一鋼梁之下，有鐵輪七隻。每一吊車共有鐵輪二十八隻。鐵輪上各有平頂半圓式之鐵凳一座，置於鐵輪橫軸之上。鐵輪與橫軸摩擦之處，用半吋直徑鋼管繞軸旋轉，以減少磨擦阻力。鐵輪



與鐵輪相連之法,則用4吋/12吋槽鐵兩根,中鑿七孔,與軸徑相同,將七根橫軸兩端插入槽鐵孔中,用螺絲帽旋緊,再將前後兩排槽鐵用角鐵及螺絲接好,則十四隻鐵輪連成一體矣。鐵輪與吊車相連之法,則於每七隻鐵輪之上,放12吋見方之長枕木一條,鋼梁直接放於枕木之上。

(二)鐵輪旋轉於軌道之上。此種軌道與普通鐵路軌道稍異,用90磅鋼軌兩根,並列於14吋見方直枕木之上。兩鋼軌之中線距離為9吋,兩軌道之中綫距離為44呎。鋪軌材料,除用魚尾板及螺絲



圖(三) 鐵輪及軌道詳圖

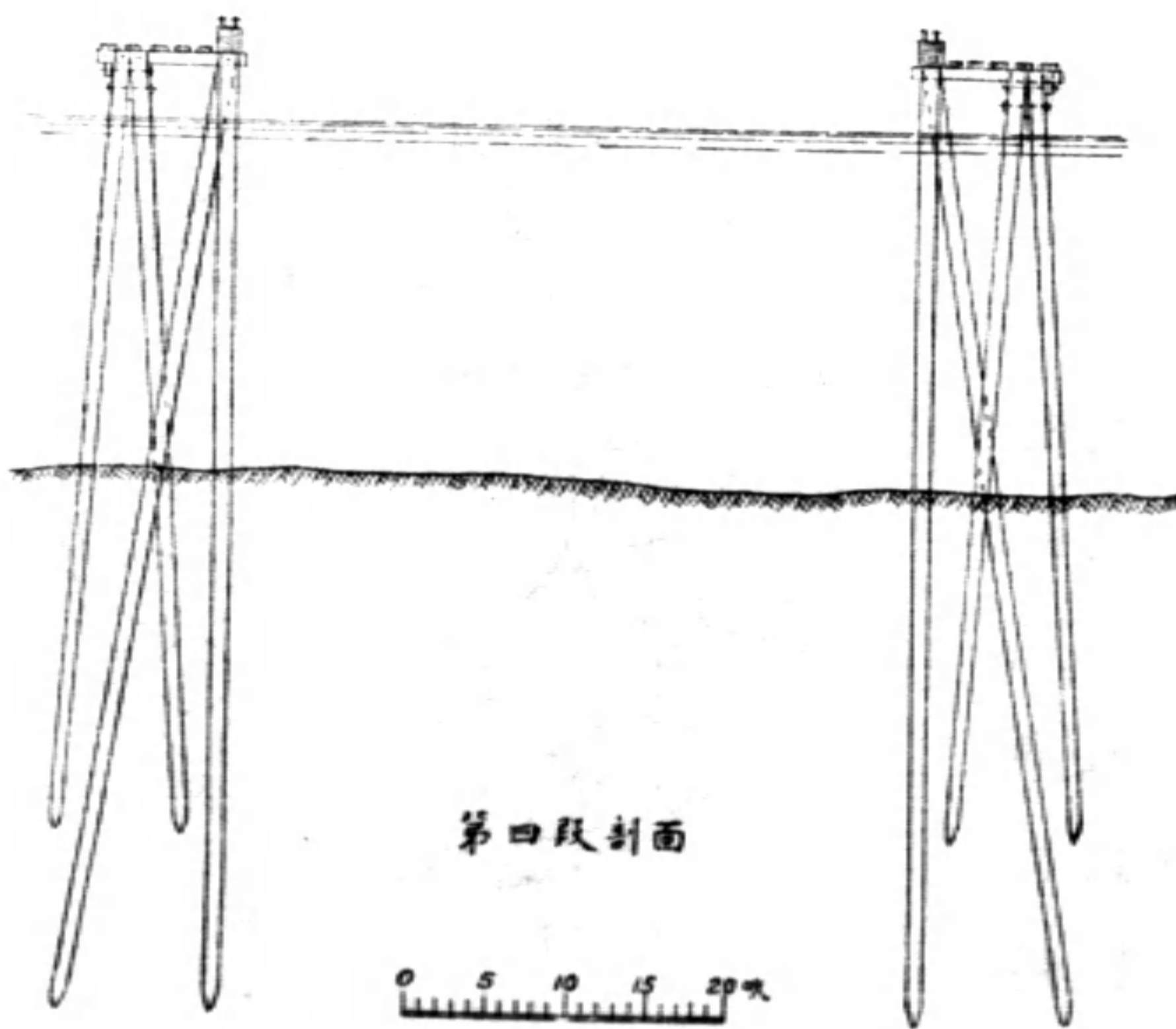
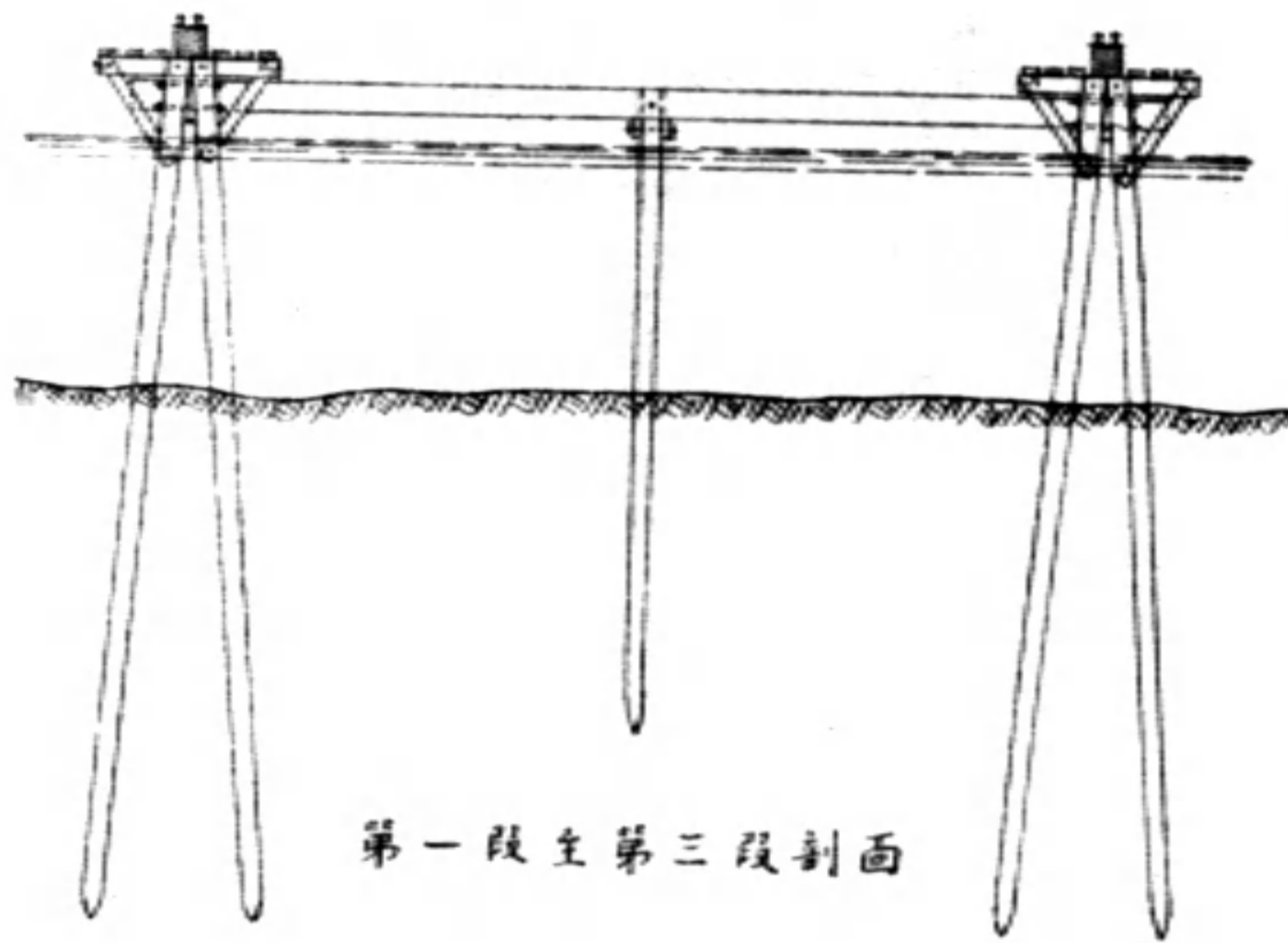


外,道釘祇釘於兩軌裏邊,再於兩軌腰間每隔 6 呎 6 吋鑽一小孔,用半吋直徑螺絲鋼條及螺絲帽聯緊(圖三)。

軌道基礎分為陸地基礎與江底基礎兩種:

陸地基礎用 30 呎長杉木樁,垂直打入地下,以兩根為一排。兩樁之中線距離為 18 吋,各排之中線距離為 2 呎,每排樁上放 8 吋 / 12 吋之橫枕木一根,樁頂與枕木之間,釘以兩頭尖鐵釘。橫枕木之上,則為直枕木,與鋼軌。

河底基礎分為四段,第一段由隄坡伸出江心 57 呎,因近岸水淺用 40 呎長松樁傾斜打入河底。樁頂緊靠,樁脚相距約 8 呎,以兩



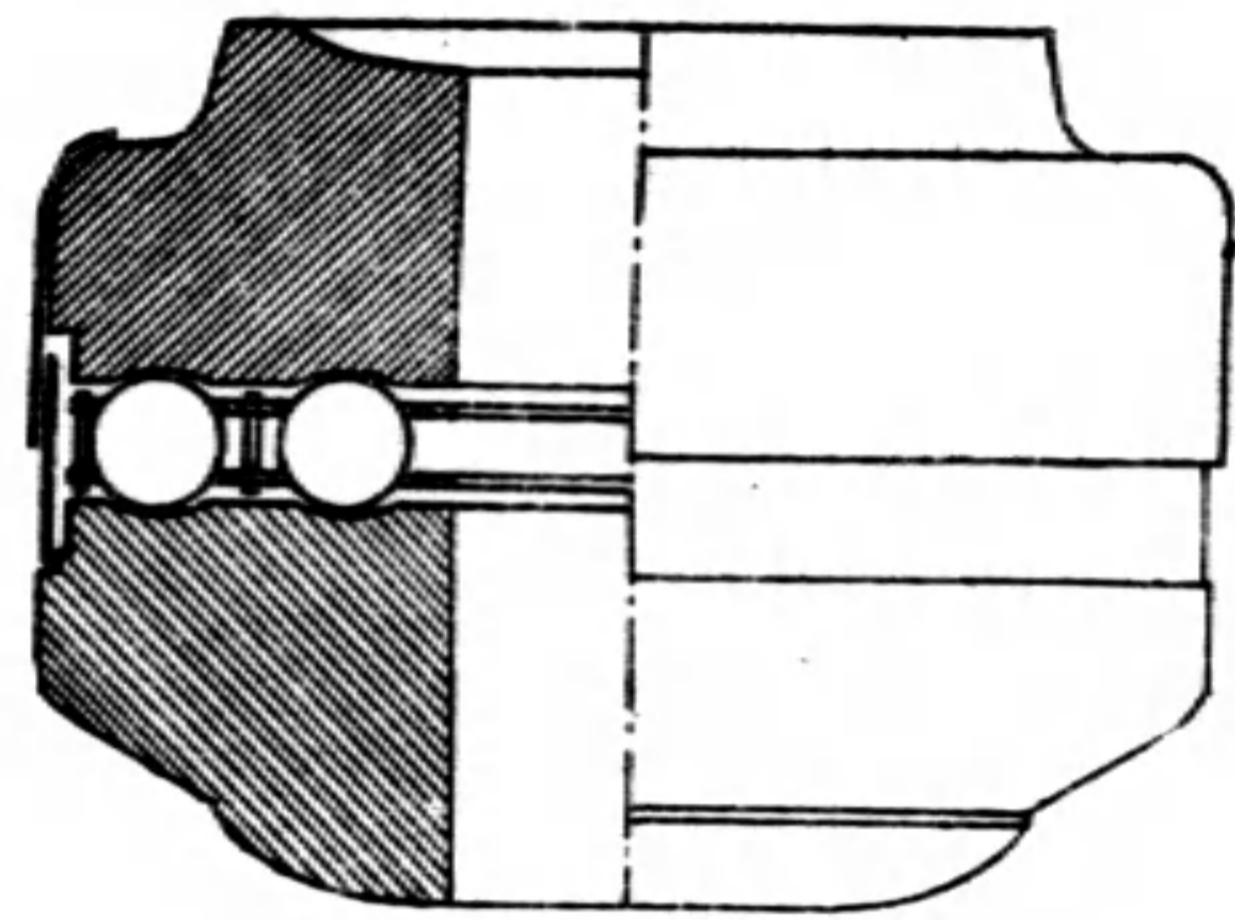
圖(四) 軌道木架

根為一排,每排橫貫 1 吋直徑螺絲鋼條,用螺絲帽聯緊,成一支架。各排中線距離為 3 呎 4 吋,樁頂接放 14 吋見方直枕木,上舖鋼軌。第二段伸出江心 153 呎,用 50 呎長木樁,第三段伸出 57 呎,用 60 呎長木樁,其做法及距離均與第一段同。前三段每隔 20 呎,用 50 呎長鋼板樁及螺絲,將左右兩支架連緊,中間再釘木樁一根,以資支撐。第四段伸出江心 73 呎,用 60 呎及 70 呎木樁三根,直立成



排,兩根垂直,中央一根樁脚向外傾斜。每排樁頂均用螺絲鋼條貫連,每隔一排加釘傾斜木樁二根,上面聯以橫木,使直立之樁不易搖動。每排樁木之上,接鋪直枕木及鋼軌。各排中線距離為5呎。此段左右兩支架之間,則無支撐物,以便沉箱推出後徐徐放下,而無阻礙。河底基礎樁架共伸出江心340呎,軌道坡度為1.5%(圖四)。

(三)鐵輪直徑為30吋,寬15吋,兩旁有1吋厚,1½吋高之邊線。邊線內為光輪,中為齒輪。在每鐵輪之旁,有26吋直徑手輪一個,手輪之軸與鐵輪之軸平行,用齒輪聯動機兩組,使手輪與鐵輪間接嚙合。手輪旋轉140週,則鐵輪旋轉一週,即鐵輪週綫之速度與手輪週綫之速度成1與156之比。

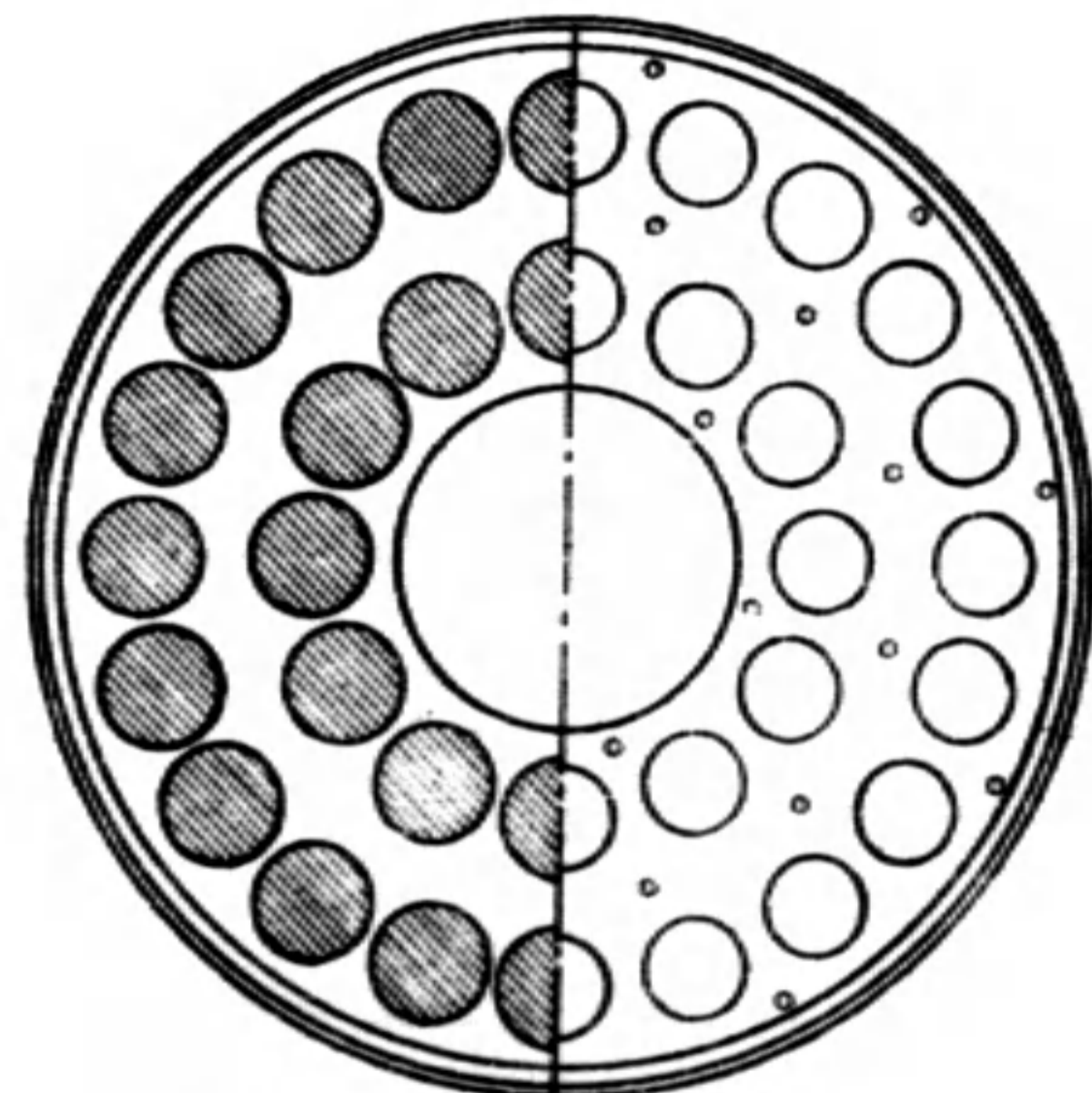


剖面 側面

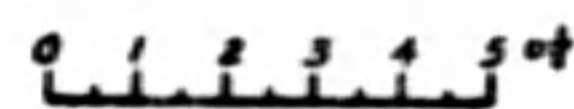
沉箱以600噸計,吊車以120噸計,兩共為720噸。每一手輪用一人旋轉,而吊車與沉箱便能在極低之速度向前移動,大約每一小時行50呎(參閱圖三)。

#### (丁)降落

沉箱與吊車沿軌道進行,至第四段河底基礎上之軌道為止,然後開始降落。降落之法,將吊車上十二根懸桿之八角螺絲帽旋轉,利用沉箱與懸桿自身之重力,使之下降。惟旋轉螺絲帽時,有二種阻力,一為螺絲與螺絲帽間之磨擦阻力,二



剖面 平面

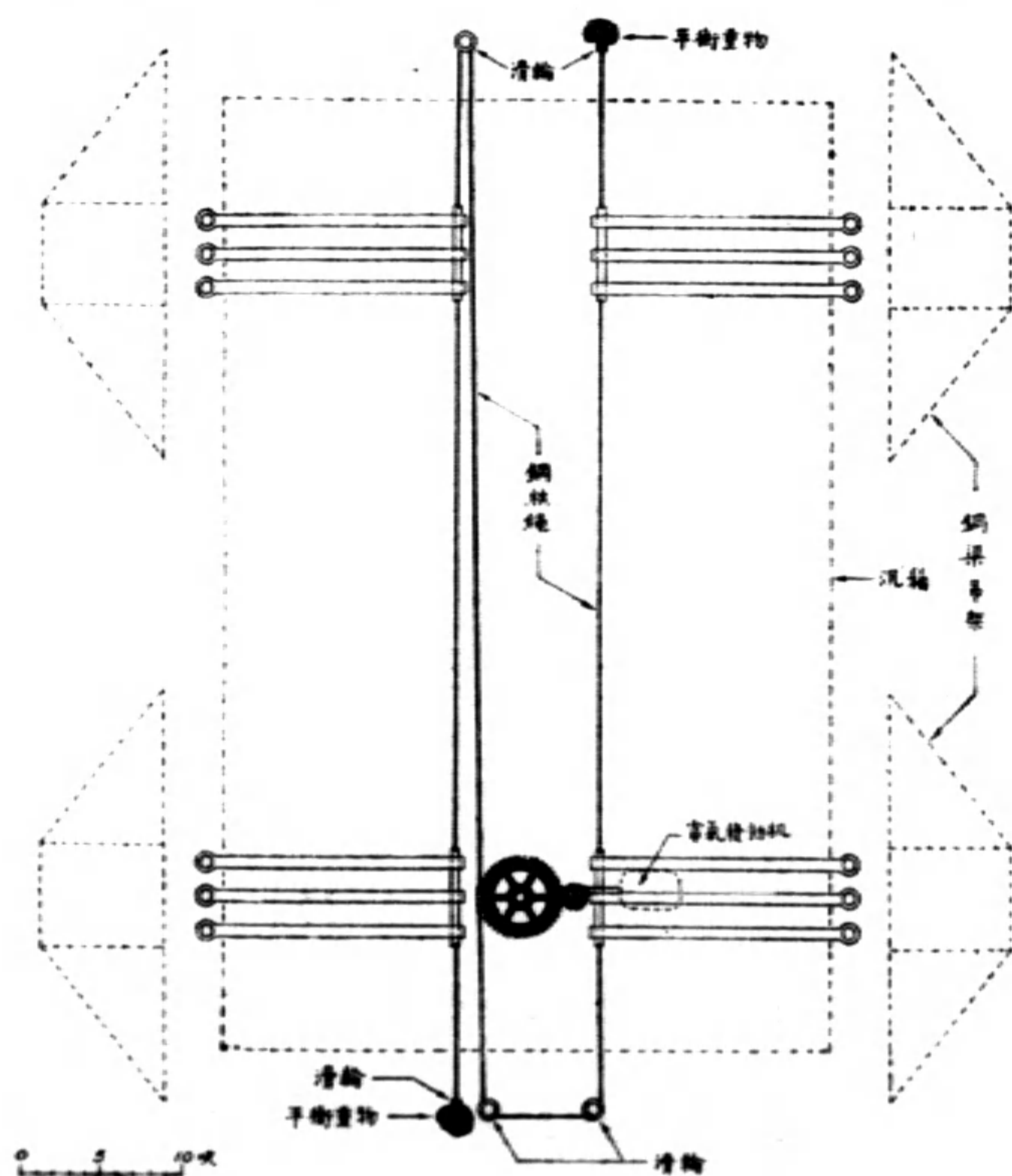


圖(五) 鋼球與鋼盤



爲螺絲帽與其下面鐵圈之磨擦阻力。螺絲之內直徑爲 3 吋，外直徑爲 4 吋，螺絲紋距爲 2/3 吋(十七公厘)，每隻八角螺絲帽之外，套一帶彈簧之螺絲鉸鉗，鉸鉗周圍有十七齒鉸鉗之柄，長 4 呎。因嫌太短，再接以 3 吋 / 8 吋 之槽鐵，共長 15 呎 6 吋。每三根鉸柄，用角鐵連合。拖動角鐵，則三隻螺絲帽同時旋轉。惟螺絲帽與其下面鐵圈之磨擦阻力尙嫌太大，復用一吋半直徑之鋼球三十二隻，置於螺絲帽與鐵圈之間，以減少磨擦阻力(圖五)。

吊車上每邊有六根懸桿，共六根螺絲鉸柄，每三根鉸柄連一角鐵，兩角鐵之間，連以 1 吋直徑之鋼絲繩。在角鐵之一端，用鋼絲繩一根穿過滑輪，繫於下垂之平衡重物。在角鐵其他一端，用鋼絲繩一根，穿過滑輪，繫於一輪盤上面突出之活動小輪吊車上。另一邊之六根螺絲鉸柄，亦同樣做法。輪盤直徑爲 5 呎，周圍有齒，與另一 18 吋直徑之齒輪啮合。齒輪之軸直立，軸之下部有小齒輪，與一

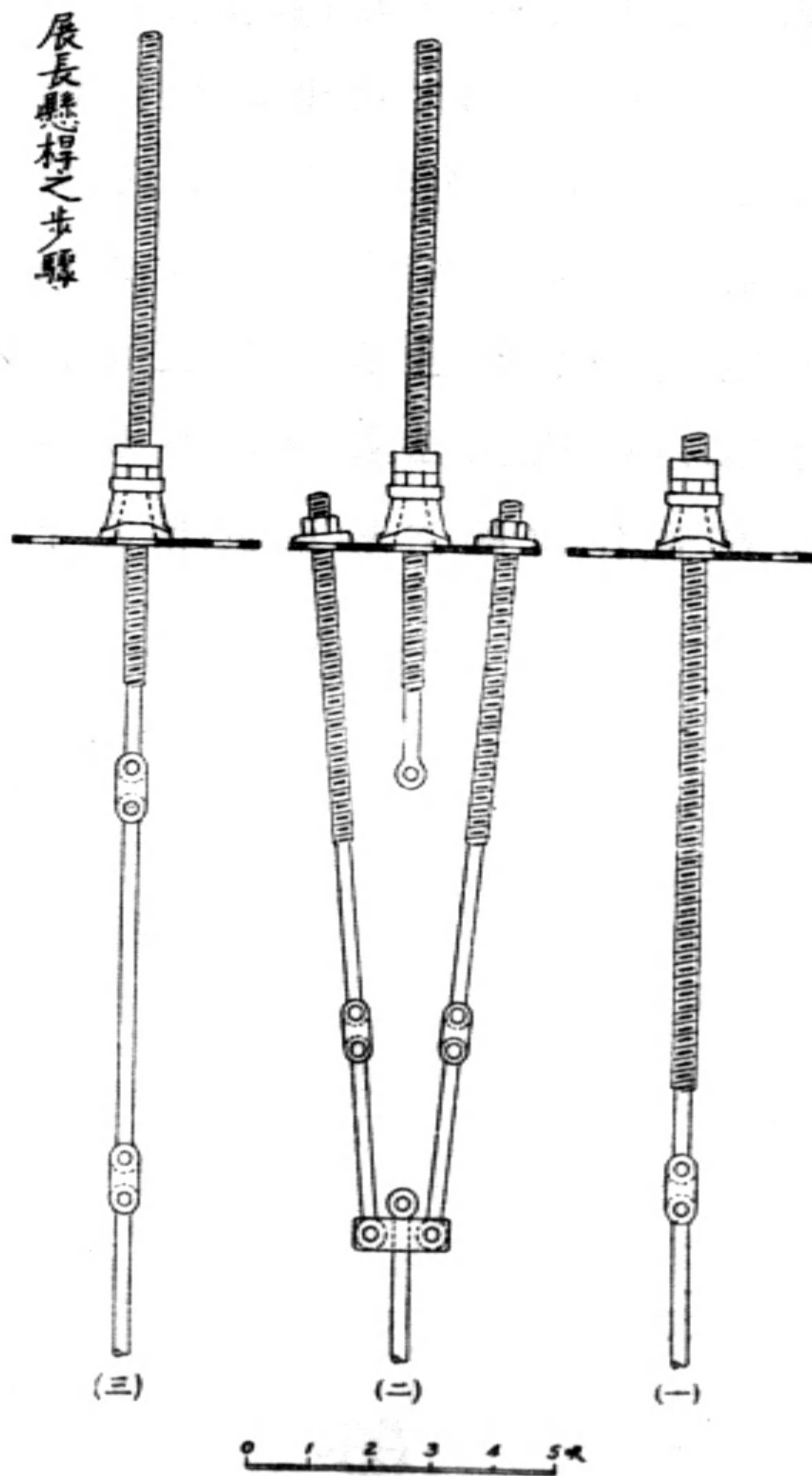


圖(六) 沉箱降落之動作



橫軸上面之螺絲紋嚙合。橫軸連於一部 12 馬力之電力發動機，電機開則輪盤旋轉。輪盤旋轉半週，則拖出六根鉗柄，同時放鬆其他六根鉗柄。放鬆之鉗柄，則由其下垂之平衡重物拖還原處。鉗柄拖動一次，則移動一齒，移動十七齒，則八角螺絲帽旋轉一周，而懸桿降落螺絲紋一格，即  $2/3$  吋，平均每一小時能降一呎（圖六）。

沉箱排水深度為 15 呎 6 吋左右。在普通水位時，沉箱由吊車



圖(七) 展長懸桿之步驟

起，須降落二十餘呎，始能達到 15 呎之排水深度。惟懸桿上之螺絲紋祇有 10 呎 8 吋，螺絲旋至盡頭，不能再降時，則於吊車上工字鐵上面之鐵板前後兩小孔中，各穿 2 吋直徑螺絲懸桿一根，上端用



螺絲帽在鐵板上旋緊，下端與兩塊鐵夾板連接，鐵夾板將第二根 3 吋直徑載重之懸桿上端夾住。在此時間，兩根 2½ 吋直徑懸桿可暫時代替第一根 3 吋直徑載重之懸桿，然後將第一根載重懸桿與第二根拆開，向上旋陞留出 5 呎 8 吋之空距，用一根 3 吋直徑，5 呎 8 吋長之懸桿，連接於第一根與第二根載重懸桿之間。接好之後，即將兩根 2½ 吋之懸桿拆除。所有十二根載重懸桿均同樣裝接，則可繼續降落五呎有餘，倘接一根不足，則續接二根，三根，至沉箱浮起之後，再將下部之工字鐵繼續降落數吋，使沉箱浮動而無阻礙（圖七）。

沉箱離開吊車之後，承托沉箱之工字鐵須吊起至地面以上，然後吊車可移入續吊其他沉箱。此工字鐵本與懸桿聯接，但工字鐵吊起時，可無須旋轉螺絲帽，使懸桿上升之手續，祇須將每四根相聯之工字鐵兩端各用鋼絲繩懸掛，經過滑輪，與絞車相接。搖動絞車，則工字鐵徐徐上升矣。迨八根工字鐵完全上升，高出地面時，即將吊車推回至第二個沉箱之旁，將四根相聯之工字鐵置於輕便鐵路小車之上，與懸桿拆開，用小車將工字鐵運入沉箱之下，而承托之。其他四根相聯之工字鐵亦然。然後將吊車推進至第二個沉箱中間，再將工字鐵與懸桿聯接，其手續與懸掛第一個沉箱相同。

#### (戊)浮運

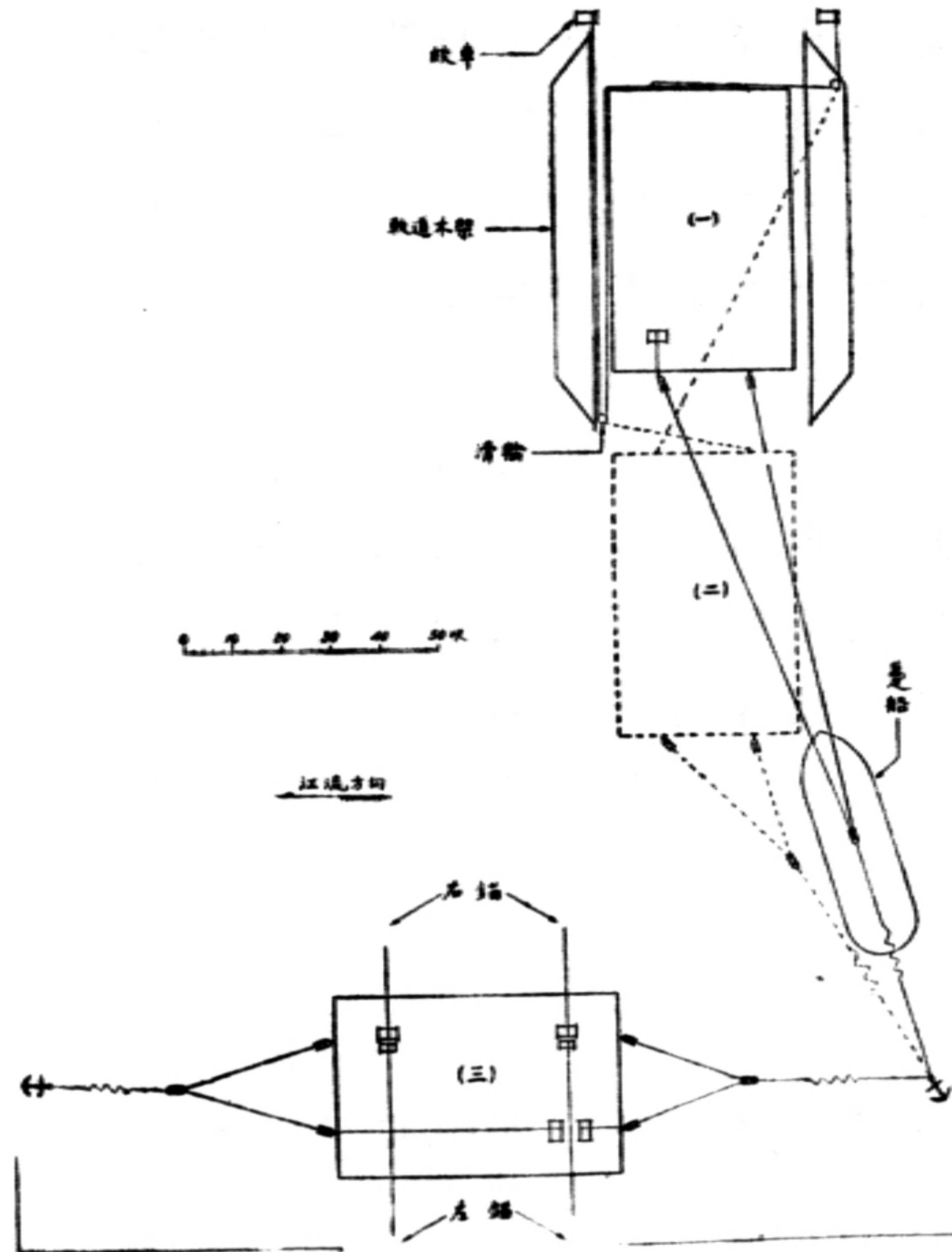
沉箱浮起之後，第一步手續，即將沉箱拖出吊車以外。事先應將沉箱內所需之拋錨設備裝置完備，以便沉箱離開吊車之後即可於江心指定之處拋錨。

拖動沉箱之法，用一滑輪置於江心蘆船上，又二滑輪繫於沉箱前面牆外鈎上，以 1½ 吋直徑鋼絲繩一根，一端繫於沉箱前面牆外鈎上，一端來回穿過三滑輪，再穿過沉箱木堰，繫於沉箱內之絞車。絞車旋繞鋼繩，則沉箱向前移動。在吊車兩旁尚有絞車二部，其鋼繩穿過吊車上之滑輪，繫於沉箱兩旁鈎上，用以校正沉箱之地



位,至離開吊車爲止(圖八)。

沉箱內拋錨之設備,共有絞車四部。在沉箱內木圍堰支架之上鋪釘木板,木板上裝置絞車,靠前後墻各裝絞車一部,以束制前後兩錨,靠左右墻各裝雙輪絞車一部,每部有鋼繩兩條,以束制左



圖(八) 沉箱浮運之步驟

右兩錨。計一沉箱前後二錨,左右四錨。鋼絲繩直徑爲1½吋。穿過木堰處,則用滑輪承轉,故沉箱在江中拋定之後,其地位可隨時用絞車校正(圖八)。



# 錢塘江橋氣壓沉箱沉奠工程

魯 迺 參

本橋正橋墩底在吳淞水平零點下 12—18 公尺(40—60 呎)之間,深入江底下約六七十呎,墩基所在之處,流沙甚多,不易開挖,審察情形,實以應用沉奠氣箱法為最安全而經濟。

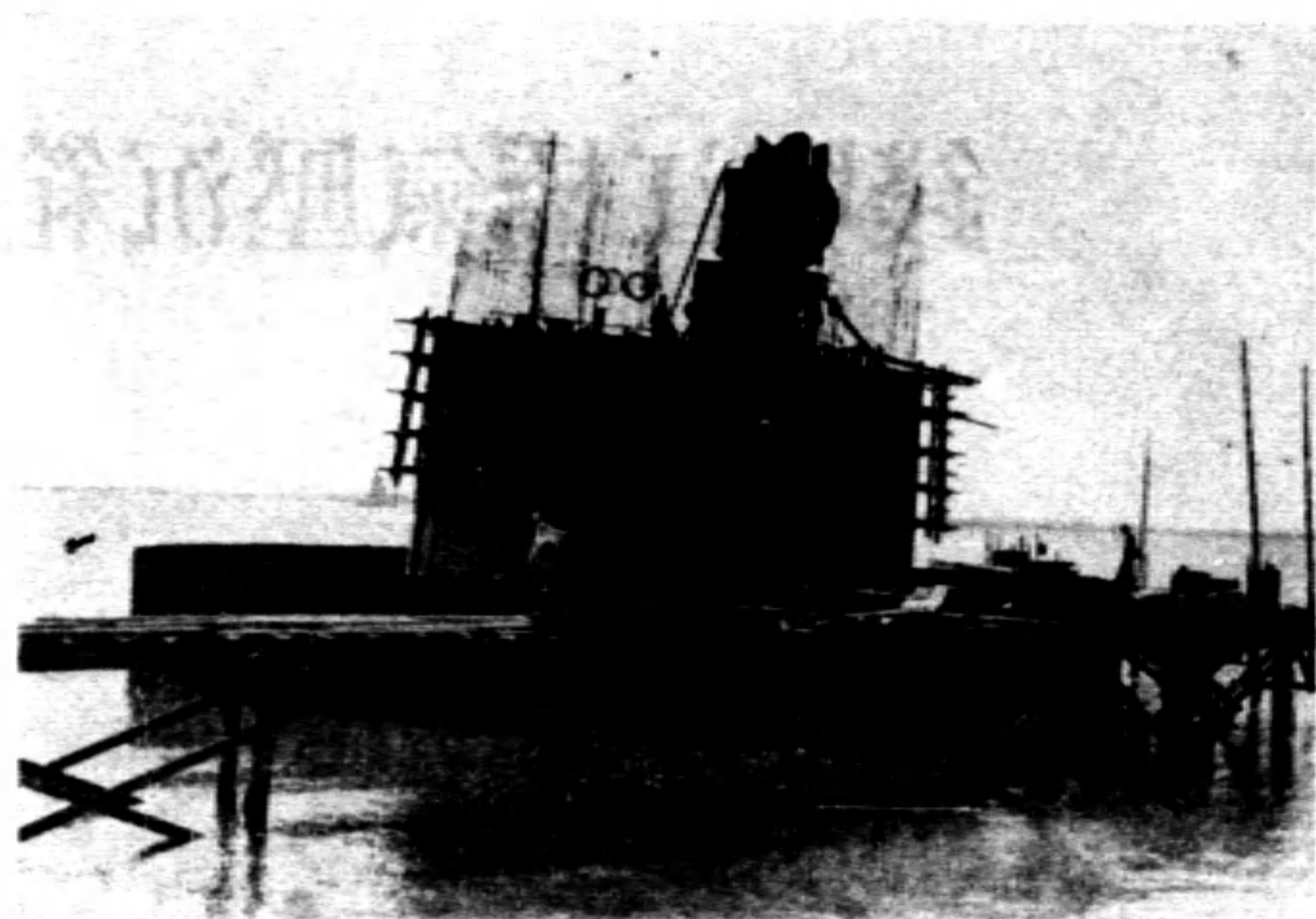
正橋第一號墩氣箱為就地建築,其他橋墩氣箱均先建於南岸工作場上,然後運至江邊,浮於水中,駛至造墩地點,加重下沉。

## (甲) 氣箱沉奠情形

第一號墩地位靠近北岸,江底較高,水深最多不過 6 公尺(20 呎),而最淺時,竟可洞見江底,氣箱不能浮運,故採用鋼板圍堰法,先於墩址四周夯打 50 呎長賴森三號鋼板樁 184 塊,做成圍堰,然後將堰內之水抽乾,挖去浮土,填築石子夯實,於廿四年五月廿四日起灌注氣箱混凝土,同年七月七日氣箱工作完畢,復將墩牆築高 12 呎,然後安裝氣壓工具,於九月十八開始挖土下沉。初以圍堰攔水,未用氣壓,迨至十日後,引入江水,始加壓氣。工作晝夜不息,先將挖出之土,填實氣箱外部空隙,以增加其重量,使氣箱徐徐下降。此時對於壓氣之大小須特別注意,蓋氣壓高則浮力過大,氣箱有被浮起而傾倒之虞,氣壓低則泥土之負荷力不足,氣箱有下沉過速之弊。加以江底地質由 +14 呎至 -1 呎一帶,悉為淤泥帶沙,不勝重載,故須打入適當之氣壓,保持平衡狀況。當該墩脚沉至吳淞水平零點時,因使用氣壓過大,以及土質軟硬不勻,遂致氣箱向西



北傾側,其東南角與西北角高度之差,竟達 5 呎之巨(第一圖),然因應用壓氣易於控制,故將吊泥工作暫停,用人工將工作室內東南角之泥土移至西北角,然後將氣壓減少,使氣箱徐徐下沉,俟其平直後,



第一圖 第一號正橋橋墩傾斜情形

再將氣壓增加,卒得恢復直立狀態,照常工作。氣箱既沉沒於泥土內,日漸下降,一面續澆墩牆,一面進行挖土。重量增加,則管理較易,惟因地質由—1呎至—32呎均為黏土及澱泥帶沙,其負重力量極小,故所輸入氣箱內之氣壓實大於理論所需之數值。蓋打入箱內之氣壓,非徒用以抵抗箱外之水,且利用其浮力以支托氣箱,而保持工作室內之相當高度,以便挖土。在挖土工作進行期中,曾以氣管破壞,而壓氣未能照常供給,致使氣箱驟然下沉,直至工作室全為泥土填滿。由—33呎至—47呎為沙礫及石,其負荷力較大,而箱內所用氣壓遂得小於理論所需要之數量。惟此時氣箱入土較深,土質較硬,箱外四周之阻擦力增大,反使箱身不易下沉,又須將墩牆兩端半圓環空隙部,填以沙泥,增加體重,復將墩脚下面挖空,而氣箱乃得徐徐下降。茲將該橋墩所用氣壓工具以及工作情形分別說明於後。

## (乙) 壓氣工具及使用方法

### (一) 壓氣機

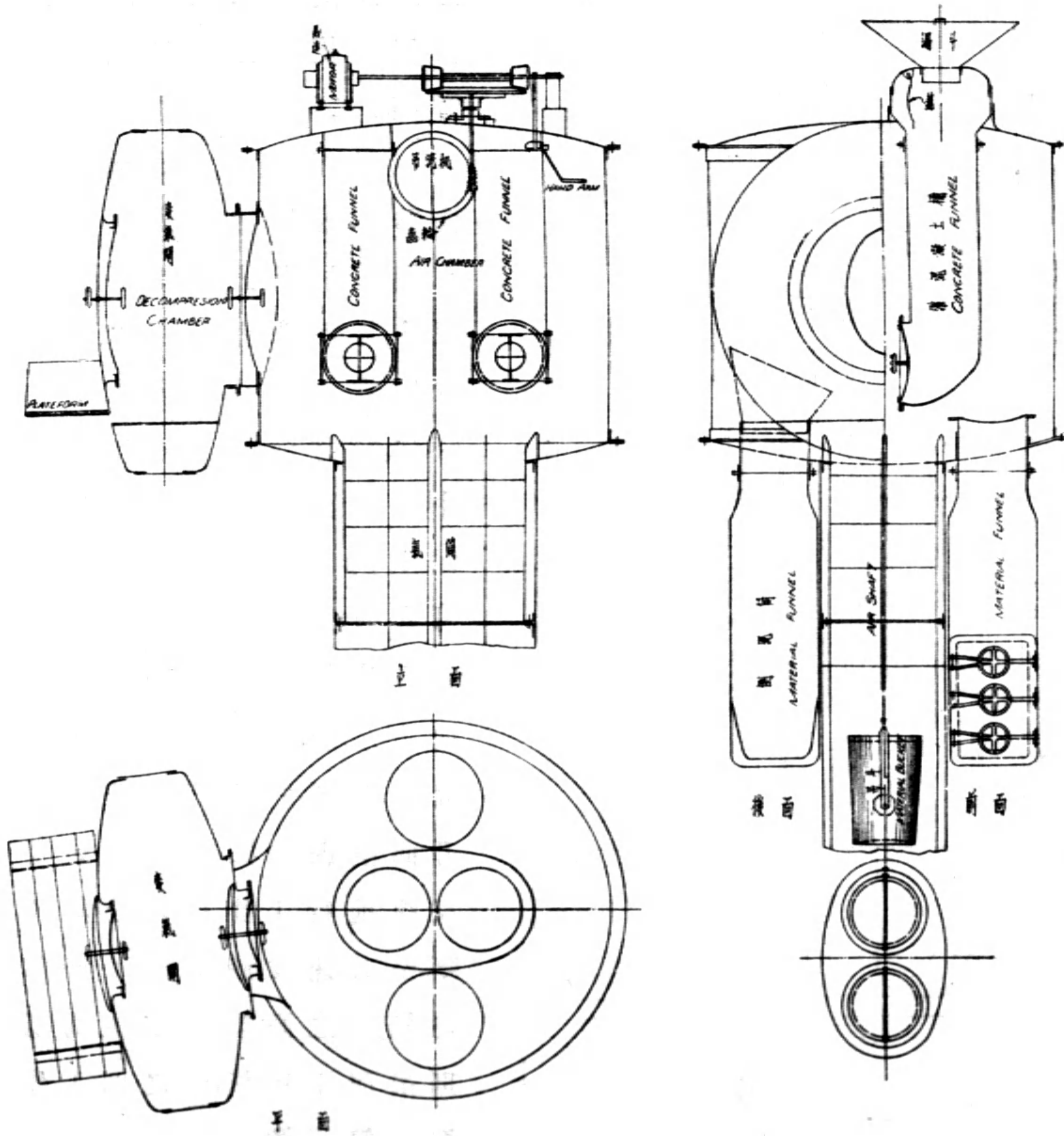
壓氣機裝於北岸工場者,共有四部,一為美國最新空氣自冷式壓氣機,在百磅氣壓時,每分鐘可供給壓氣 240 立方呎,一部為德式舊氣壓機,每分鐘可供給 100 立方呎,造津浦路黃河橋時曾



用之,其餘兩部則為美國水冷式壓氣機,每分鐘可供給 500 立方呎。各機之用法,俱係將空氣由壓氣機打入氣櫃,再由該櫃傳至總氣管,總氣管連接支氣管,支氣管通於工作室。在一號橋墩施工期間,只用德式舊壓氣機,若遇供給不足,則輔以空氣自冷機。

(二) 氣閘及氣筒

氣閘及氣筒共有七組,每組可接高至 80 呎,其中一組為孟阿



第二圖 氣閘氣筒裝配略圖



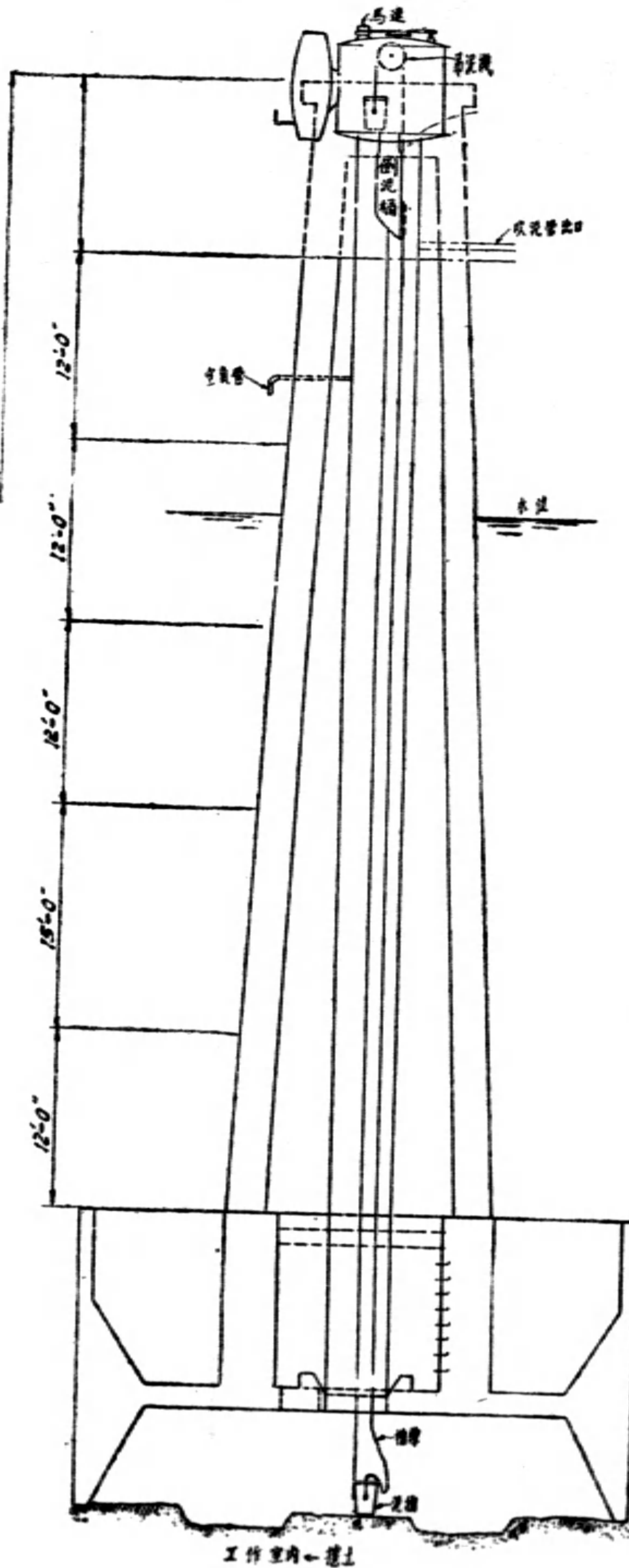
恩公司造黃河鐵橋時所用者，其餘六組，則為在上海所仿造略加改良，專為造本橋所用者。氣筒上通氣閘，下連工作室，其高度視需要而定。下置一門，於接高氣筒時關閉之，庶使氣壓得以照常供給

而免沉箱有忽然下降之虞。

氣閘內裝置吊泥機及灌注混凝土桶兩隻，並於一旁附設變氣閘，其下連接倒泥桶兩隻，各分靠於氣筒兩旁（第二圖）。

吊泥機為一齒輪形之機器，外連於三馬力之馬達，斗鏈繞於其上，鏈端各繫一泥斗，每泥斗容量為3.3立方呎。當一泥斗吊入氣閘內時，他端之泥斗適在工作室中，俾上面工人將倒泥桶內泥土倒出時，工作室內工人可同時將掘出之泥土填入泥斗內，俟裝滿後，則用電光向上示意，而使司吊泥機者，立即開機，於是實泥斗向上升，而空泥斗同時下降。如是反復進行，工作得以連續不斷。至其速度，視氣筒（亦即墩牆）之高矮而定，氣筒低，則吊泥工作快，反之則工作緩（第三圖）。

變氣閘為工人進入工



第三圖 工作室內挖土

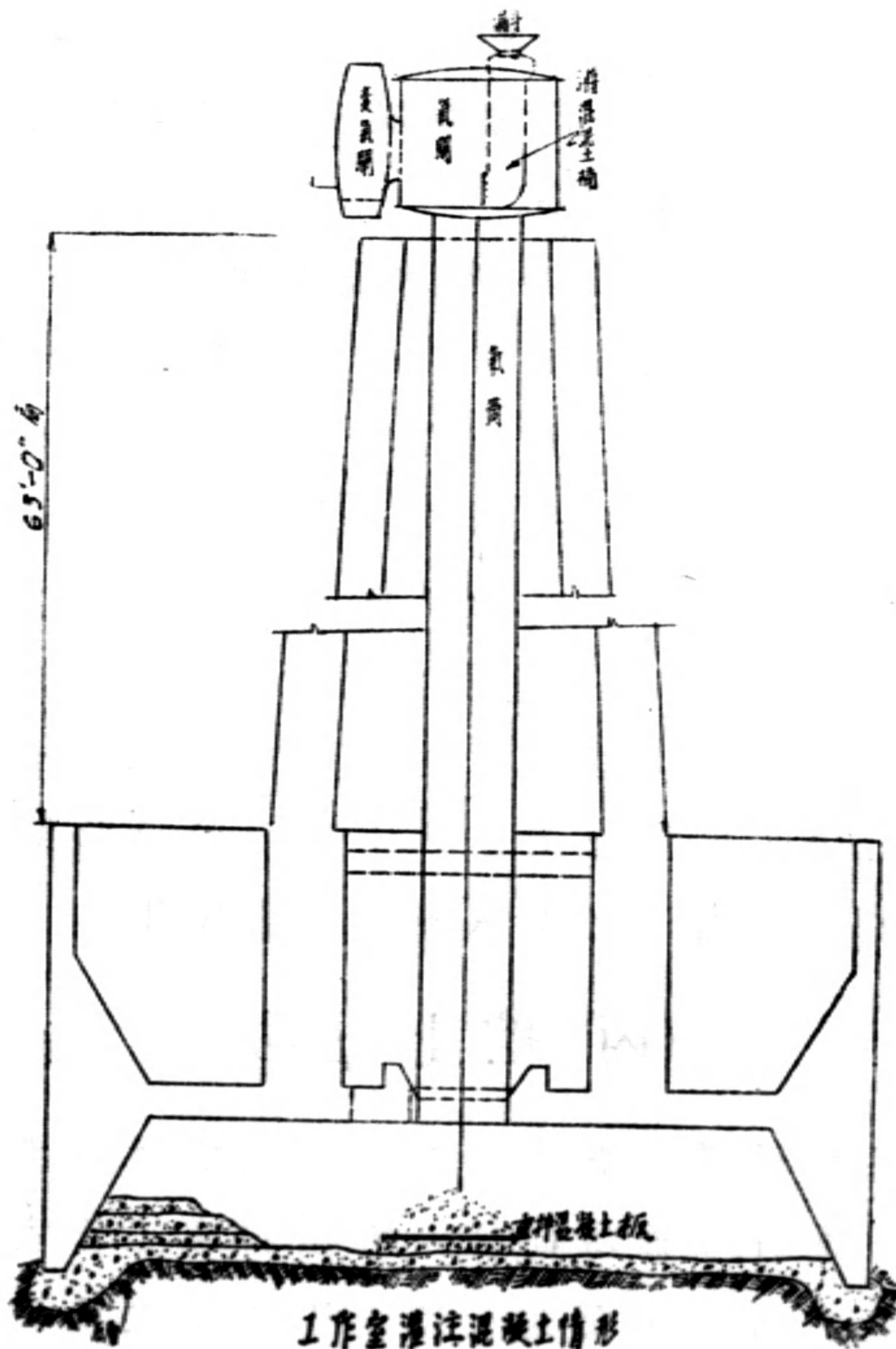


作室之孔道,當工人進入變氣閘時,須先將外門關閉,開放氣栓,使壓氣由氣閘逐漸流入變氣閘,俟裏外氣壓相等時,則裏門可以開放,而工人可經氣閘氣筒而進入工作室。反之工人站在變氣閘內,將裏門關好,開放另一氣栓,則壓氣流入大氣內,俟變氣閘內之氣壓與大氣壓力相等,始可開外門而出。

保險變氣閘設於氣箱上部,置有兩門,一道上通墩牆中心空隙部,一道下連工作室,其使法與變氣閘同。

變氣壓時之長短視氣壓之大小而定,約如下表:

|       |      |       |       |       |
|-------|------|-------|-------|-------|
| 氣壓(磅) | 8-15 | 16-27 | 28-35 | 35-40 |
| 時間(分) | 2    | 10    | 15    | 20    |



第四圖 工作室灌注混凝土情形



倒泥桶共有兩隻，附於氣筒兩旁，上門通氣閘，下門通大氣，其容量可盛五泥斗，亦即約16立方呎，其上下門開放之法，與變氣閘同。當一桶倒泥時，他桶裝泥，工作連續不斷。

灌注混凝土桶亦有兩隻，附於氣閘內。混凝土由一漏斗倒進，俟倒滿時，將漏斗取去，放置他桶上。閉上門，啓下門，則混凝土經氣筒直落於工作室內。兩桶替換應用，工作連續不斷（第四圖）。

### （三）救護氣閘

在最高氣壓時，工人有時得病，其得病之象徵，即四肢關節疼痛，不能行動，同時皮膚發癢。為醫治是項病症起見，在壓氣機近旁，設有救護氣閘。當工人患是項病症時，可進入救護氣閘，使該室之氣壓先與工作室之氣壓相等，然後將該室之氣壓逐漸減低，至與大氣壓相等，則人體即可恢復原狀。其在救護氣閘之時間，約為二時至三時，然亦有至四五時者。

### （四）吸水噴泥機

在氣箱頂空隙部，設置抽水機一具，連於直經6吋管兩隻，一通於儲水池，作為水之進口，另一管伸出墩牆外邊。為噴泥道，二者均接通於工作室內，連接於一水栓上，水栓旁連水射機，水射機之功用，為使清水與泥土拌合，水栓開放，則將混合物噴出。

### （五）吹泥管

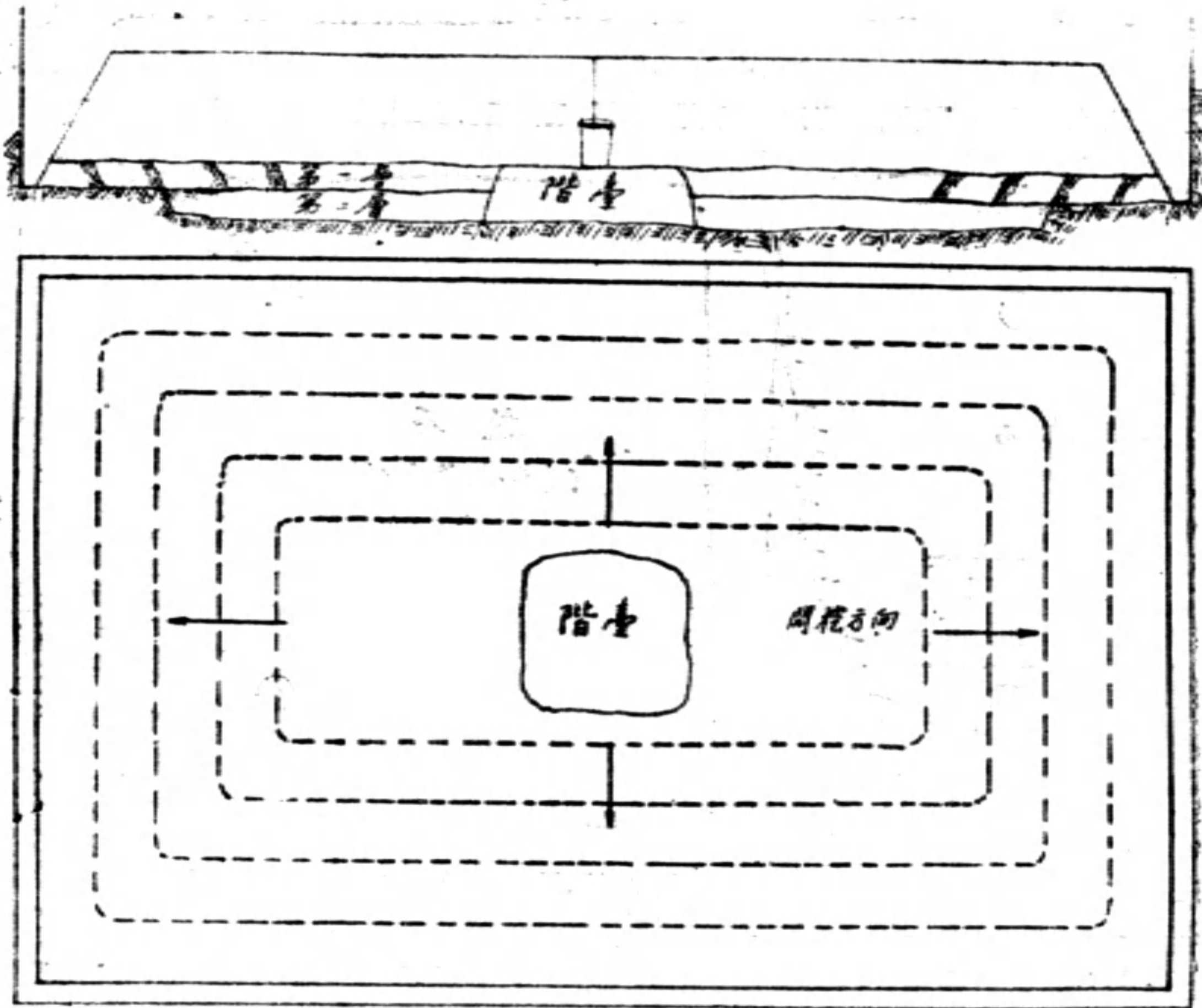
吹泥管上端伸出墩牆外，下通工作室，在工作室內連一氣栓，以便節制泥土之吹出，當泥土用人工移近管口時，開放氣栓，而泥土則完全利用工作室內之壓氣，經吹泥管壓出。

## （丙）挖土方法

挖土方法，視橋墩所處情形而異，凡在橋墩直立時，挖土工作由中間向四方進行。如橋墩向任一方傾斜，或工作室內近該方之泥質較軟，則先在該方對面進行挖土工作，總之務使橋墩直立，以免橋址變移。如墩身不在正位，則亦可沿促進墩身移轉之方向開



挖,而使墩址移近正位。氣箱達到礫石層時,挖土工作須特別注意,否則墩脚混凝土龜裂,其流弊不堪設想。



第五圖 挖土方法(氣箱在泥土層)

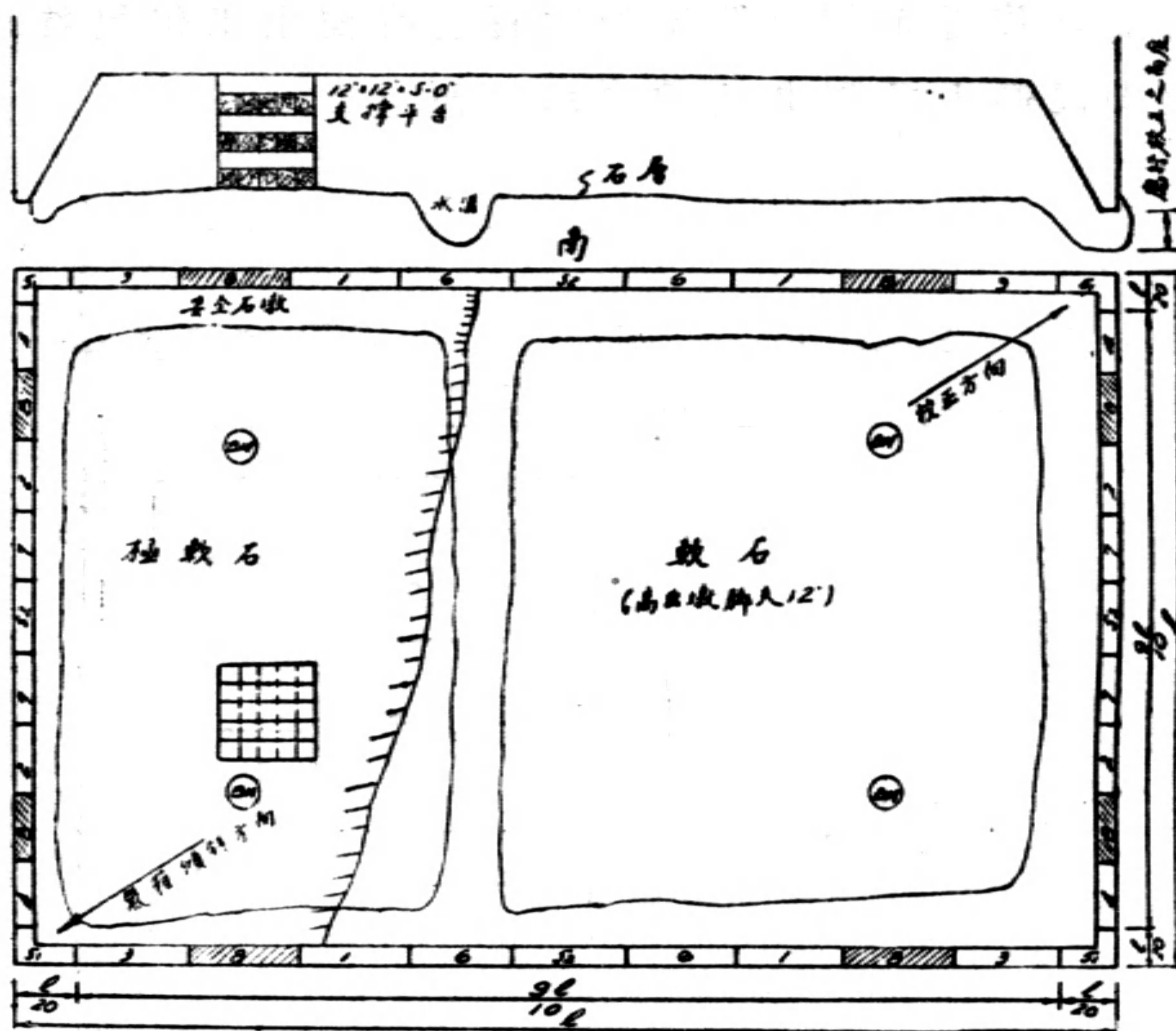
第五圖所示,為在普通沙泥中挖土方法。先於氣筒底下留一階台,為放置吊斗之用,然後則由中間向四方推進,俟第一層挖平,仍由中間向各方開挖第二層,惟在最後須留一階,乃將氣壓減少,使橋墩下沉,俟沉至相當深度,又將氣壓恢復,使墩身保持其位置。

第六圖所示,為在石層中挖土以及最後承載墩脚之方法。

開鑿石層,須將墩脚後面從脚尖下挖空,以備於箱身傾側時,氣箱四周箱脚與石層間留有充份空隙,箱脚可以移動,不致為石層之反壓橫力所推擠,此項擠力異常強大,殊非普通鋼筋混凝土箱脚所能承受,故惟有避免之一法。

氣箱沉至適當石層後,先沿箱脚四周開溝,將鬆石挖平,以備承載箱脚尖。溝之大小僅足敷工作之用。開挖次序,照第七圖所示,由 1 至 8 分組循序對稱進行,俾直接承載墩脚之石層面積得以





第六圖 挖土方法(氣箱在石層)及校正橋墩位置法

逐次減小,逮減至最後之際,僅餘墩柱八座,(圖中標 8 者)。將氣壓減少後,此八座墩柱,勢難承受箱上重載,遂為箱重所壓碎,而箱身因而陷落。

### (丁) 輸出泥土方法

泥土輸出方法約分下述三種:

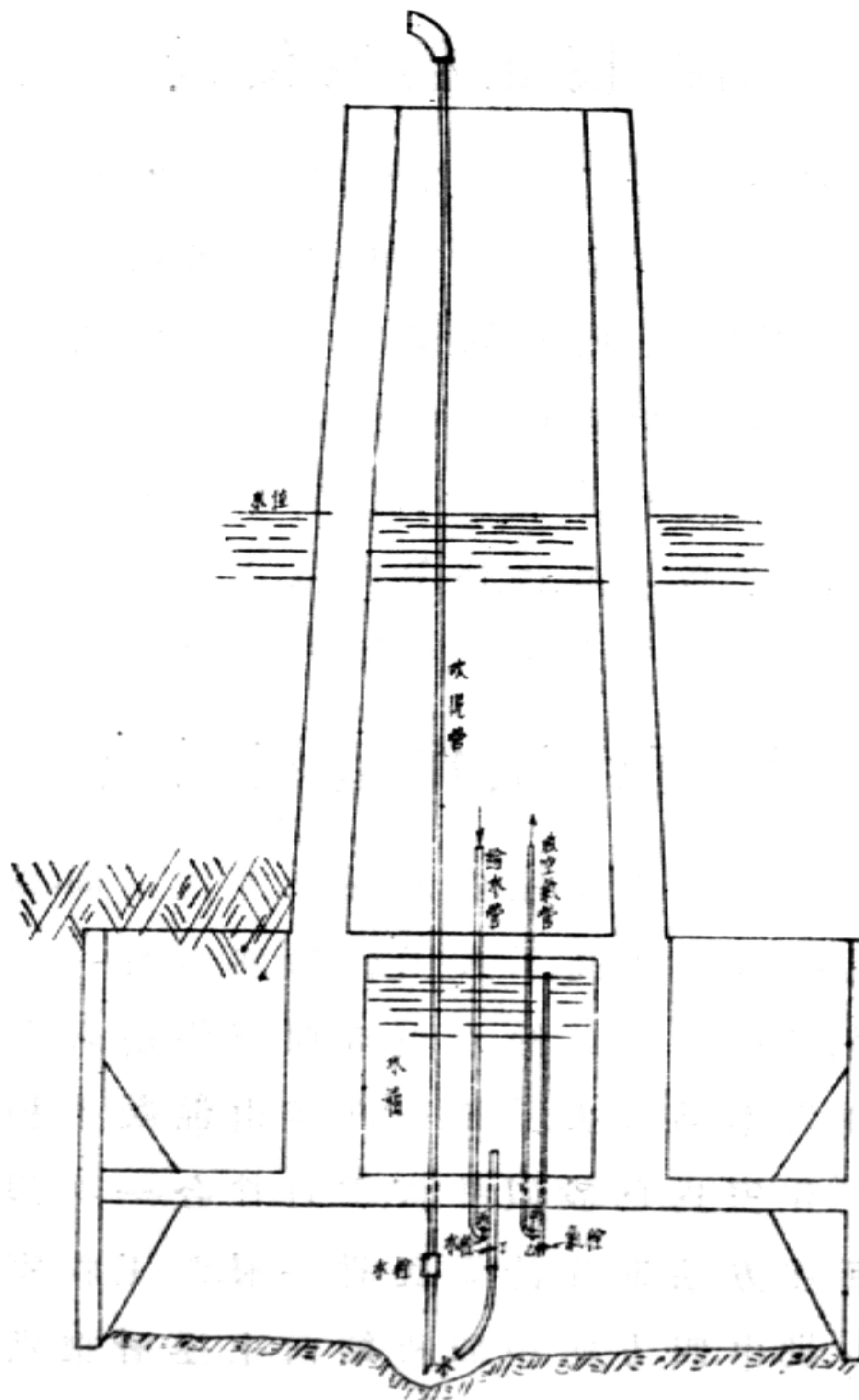
(一) 工人挖土填入吊斗,用機械力吊在氣閘內,再由倒泥桶輸出。每班工人約二十三人。若沉至沙礫層,或石層挖土較難,其人數增至三十餘人。內有機匠二人,專司管理機械,四人在氣閘外扒泥,四人在氣閘內倒泥,其餘工人均在工作室內挖土。如無意外事故,每二十四小時可出土 16 方,亦即沉奠 9 吋。

至於每班工作時間,視氣壓高低而異,如下表。

工作時間表



| 深度<br>(呎) | 氣壓<br>(磅) | 工作間時(小時) |               |                |                |
|-----------|-----------|----------|---------------|----------------|----------------|
|           |           | 入        | 出             | 入              | 淨做時間           |
| 0-16      | 0-7       | 6        | 1             | 5              | 11             |
| 17-37     | 8-15      | 8        | —             | —              | 8              |
| 38-62     | 16-27     | 4        | $\frac{1}{2}$ | $3\frac{1}{2}$ | $7\frac{1}{2}$ |
| 63-80     | 28-35     | 3        | 3             | 3              | 6              |
| 81-93     | 36-40     | 2        | 2             | 2              | 4              |



第七圖 第二正橋墩吹泥管裝配略圖



(二) 吸水噴泥機法。用人工運泥於噴泥機旁,使水射機沖拌泥土,而成泥漿。次開放水栓,使泥漿噴出。所用馬達為70馬力者,惟據試驗所知,非百四十六馬力,不能勝任,故未得良好結果。

(三) 吹泥法。吸水噴泥法,既不成功,乃改用吹泥法。最初用6吋口徑氣管,但以壓氣溢出太多,遂改用4吋口徑吹泥管。又以黏土粘着性特強,使用時,每將管內填滿,不能工作。最後地質為沙礫層,雖可使用此法,惟又因墩牆外面吹泥管彎頭易為沙礫磨壞,故卒未能時時應用。

### (戊) 校正橋墩位置

橋墩既達石層,挖土工作乃先停止,然後即行測量墩趾,而知其應校正之數量。在工作室近四角處,任取四點,作為水平標準,由此四點量至工作室頂上,則知氣箱傾斜之地位,與夫四周墩脚之水平。在氣箱最低一方,以縱橫木做成臨時平台,以支撐工作室頂板,然後沿墩脚四周,將石分批挖平,作為基礎,並量得該基礎至墩脚各處應行校正之高度。最後,將氣壓減小,使墩脚落於基礎上。如是則墩脚可平,而墩身可直矣(如第六圖所示)。

### (己) 灌注工作室混凝土

墩址既定,遂灌注工作室內混凝土。灌注期間,為避免江水浸入工作室起見,將氣壓增高,工人工作仍為六時一班。混凝土每日灌注十八小時,即行停止。其餘六小時,則留備清理黏滯氣筒上之混凝土,以免日久不易敲去。混凝土直接由混凝土桶經氣筒落於工作室,其時工作室內已設置拌板,重行拌合一次,以期水泥與沙石均勻。至於灌注方法,則先澆滿底脚一層,距工作室頂約6呎,然後每6吋為一批,由四方向中間繼續向上逐層推進,直至全室灌完為止。其近頂板四邊之混凝土,則須特別注意,用搗插棍充份搗實(第四圖)。



### (庚) 結論

一號橋墩由吳淞水平 + 14.11 呎起, 沉至 - 46.35 呎止, 共沉奠 60.46 呎, 需時 155 日, 平均每日沉奠約 5 吋。因輸出泥土速度之限制, 工程進行, 甚為遲緩。若欲加速沉奠工作, 勢非另用他種輸泥方法不可。根據實驗結果, 應用吹泥管法對於本橋地質似為最適宜, 惟須加給水設備。故自第二墩起, 在工作室頂上置一水箱, 江水由墩牆流入水箱, 再經水管射入工作室, 利用此項射水將泥沙沖稀, 成泥沙漿, 經吹泥管內完全壓出。試用效果, 日有進境, 每日最低限度可出泥土 20 英方, 亦即沉奠 1 呎, 如工作順利, 使用熟手, 則每日沉奠二三呎亦在意中。茲再將該橋墩所用吹泥管設備, 以第七圖說明之。



第八圖 泥沙漿由吹泥管上端吹出情形

在吹泥管旁裝置給水管及空氣管兩組, 每組兩管, 一管經水箱上端通水池, 下端通工作室, 一管由水箱直通工作室, 二管在工作室連於一管, 每管端各設有水栓或氣栓, 惟在水管連接一軟橡皮管, 以變換水之方向。設水箱內氣壓與大氣同, 將甲乙丁栓關閉之, 則水由水池經水管流入水箱, 以俟水滿。關閉丙栓, 開放乙栓, 則壓氣經空氣管流入水箱, 水箱既已裝滿壓氣, 開放丁栓, 水可由橡皮管流入工作室, 水既用罄, 關閉乙丁二栓, 開放甲栓, 則水箱內壓氣經氣管流出, 水箱氣壓又與大氣同, 則水又流入水箱。

第八圖示吹泥管上端吹出泥沙漿之情形。



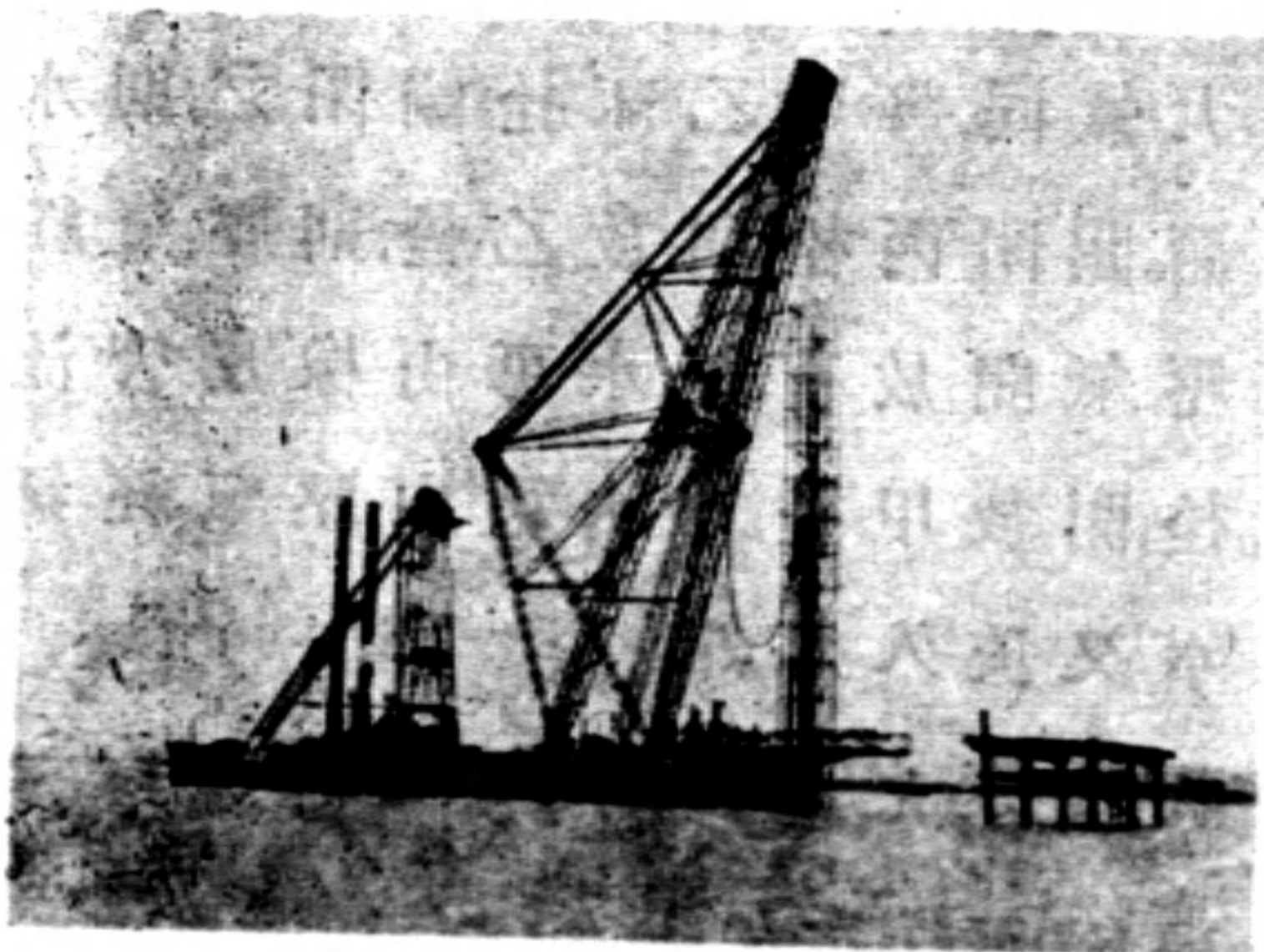
# 錢塘江橋正橋橋墩打樁工程

卜如默 何武堪

本橋第一至第六號橋墩之地質硬層，位於高度 - 12 至 - 20 公尺處，無用樁基礎之必要，第七至第十五號橋墩之地質硬層，距地面較深，( - 35 至 - 41 公尺 ) 須採用木樁基礎。

水面高度，平均約為 + 6 公尺左右。該處河底最低處，有達 - 4 公尺以上者。因所有樁頭均須打至 - 12 公尺處，故至少亦須入於河底深 8.5 公尺，或在平均水位以下 18.3 公尺。打樁施工方法，約如下述：

打樁進行，用一大機船，長 38.4 公尺，前部寬 12 公尺，前端吃水深 1.3 公尺，尾端吃水深約 3.04 公尺，其前部裝有一八字形高架 ( 圖一及七 )，高 36.5 公尺，架頂附有滑車一組，吊活動導樁架一具，高 29 公尺，專為導引樁及樁錘之用。此外尚有滑車五具，亦附於高架上。



圖(一) 機船全影及臨時平台

樁錘係採用某英國打樁鋼料公司之單衝式汽錘，總重 5.8 噸。有一鋼料樁帽，用兩鐵鏈環附掛於其下端。此錘之昇降，由一主要絞車管制之。以此樁錘，僅可將樁頭擊至高度 + 6 公尺左右，以其不能沒入水中工作故



也。但所有樁頭，均須至高度—12公尺處，相差尚有18公尺，以是有用送樁之必要。其構造與性質，略如下述：

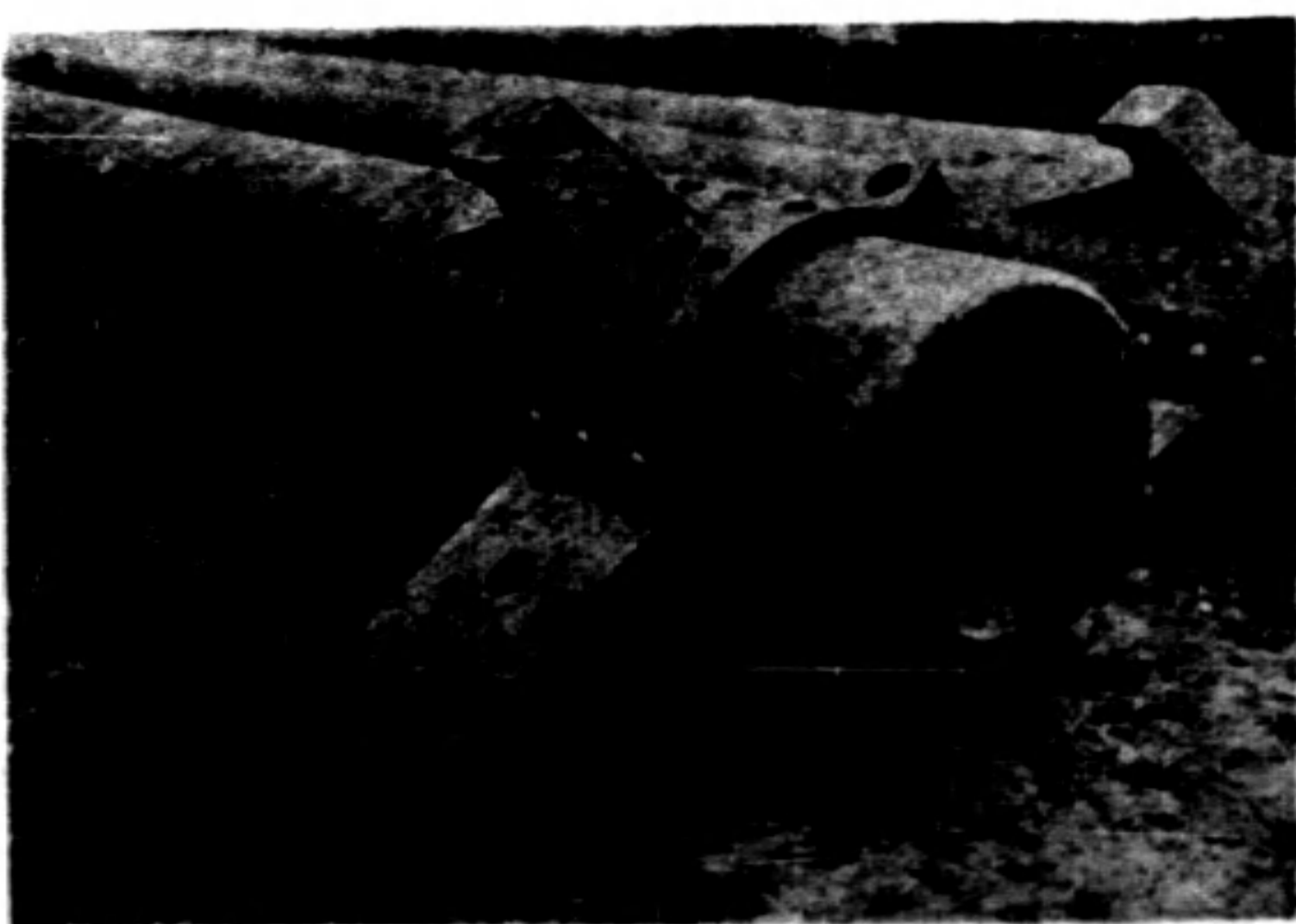
送樁（圖二）為長20公尺之圓鋼筒，上端裝有鋼套帽一只（圖三），兩旁有大耳絆。其上端周圍曾切去一部，使其大小適能容樁錘，下掛之樁帽套置其上。下端亦接有鋼套筒一段，內口直徑為15吋（圖五），故各樁頭務須預先斬好，使恰能裝入此套筒內。又為樁頭承受送樁起見，套筒內裝有橫鋼隔板一塊。當樁打下時，送樁入於緊密泥中，其插入套筒內之樁頭周圍，每易呈真空現象，拔取送樁時，則較困難。故於橫隔板中央，復裝有自動活門一道，值送樁提起時，送樁筒內之空氣即將此活門壓開，真空立消，其有助於拔取送樁甚多。



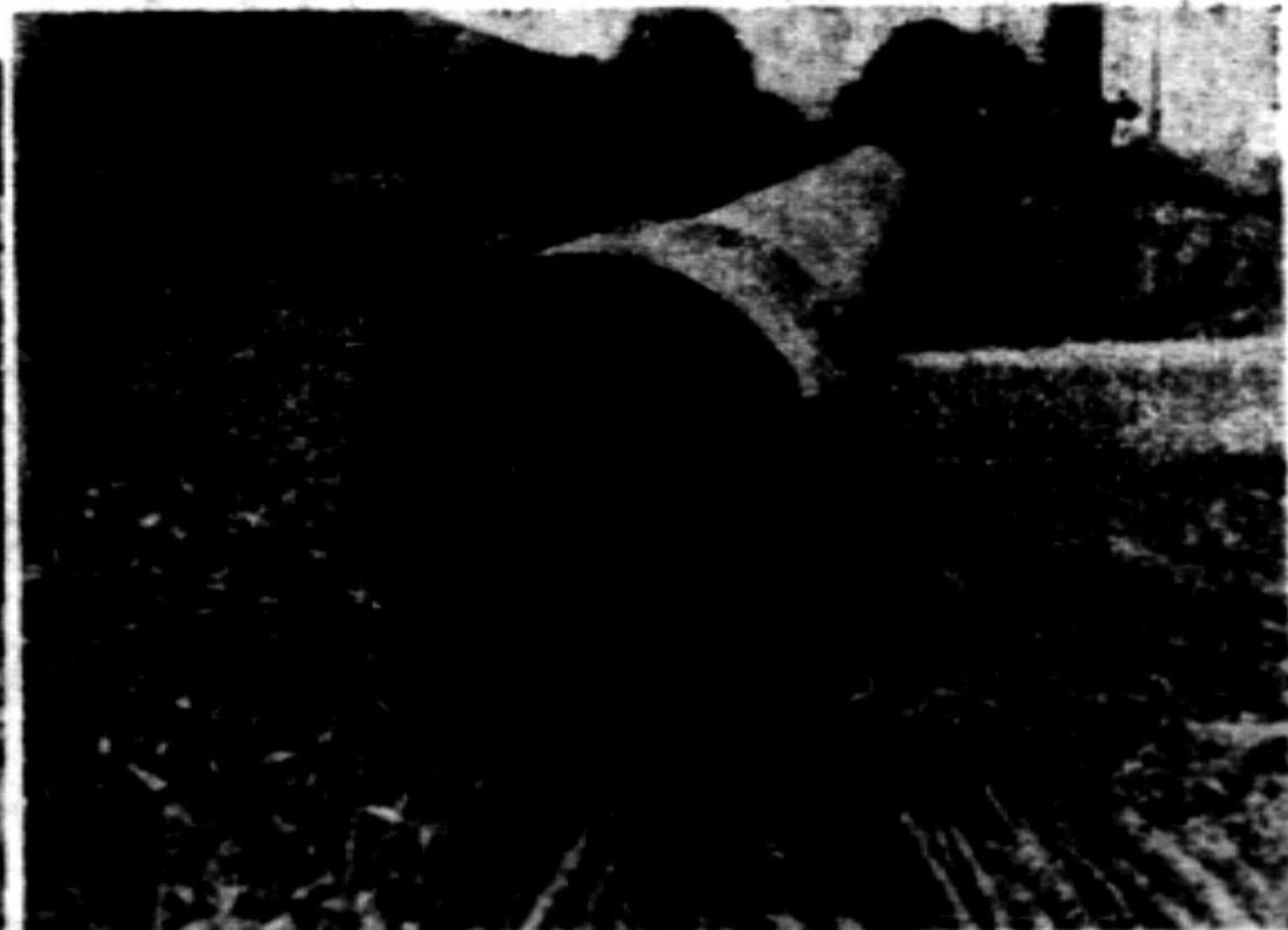
圖（二） 送樁全影



圖（三） 送樁上端套帽



（四圖） 送樁上端套帽縱面影

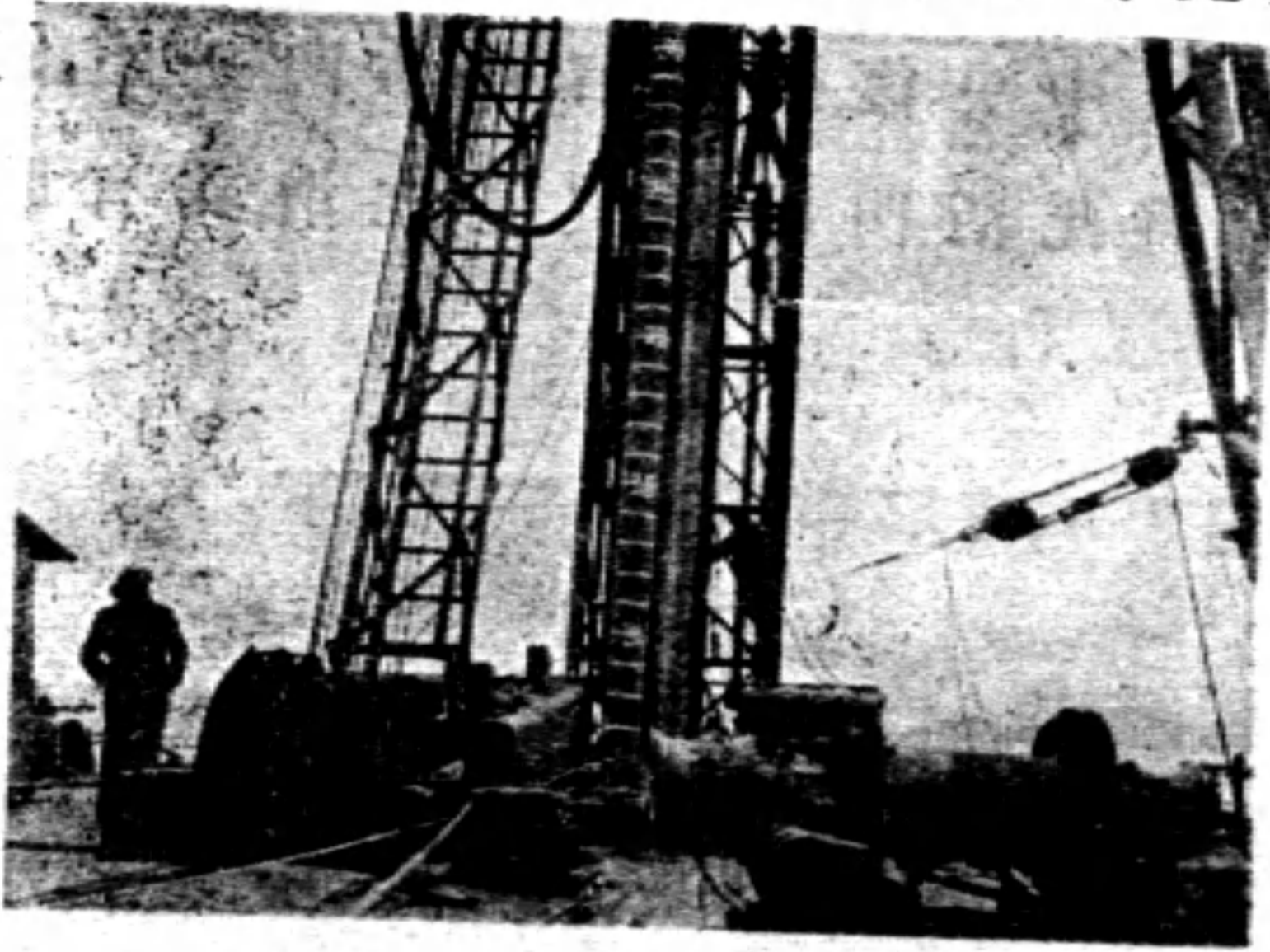


圖（五） 送樁下端套筒



送樁係懸於一能勝重 6 噸之滑車上,其本身重約 5 噸。送樁置於樁上,或當拔出泥土後拉出導樁架,均賴此滑車之作用。套帽旁另一有眼之耳絆,即專為吊拉時繫繩而備。(圖四)。

有時送樁須入泥四十餘呎,因而其周圍之阻力極大,故於八字形高架上,另裝有七輪複滑車兩具,專為吊拔送樁而設。其一附於高架上部,其一裝於甲板上(圖六),其間乃以一直徑  $\frac{1}{2}$  吋之鋼絲繩纏繞連結之。高架之中央,有梯一道,可達頂端,如(圖七)所示。上部之七輪複滑車亦可見於圖中。於此複滑車上,繫有一大



圖(六) 七輪複滑車

單滑車其上穿有雙頭鋼絲繩一根,直徑為  $1\frac{1}{2}$  吋,其兩頭均各穿過一大單滑車(係裝於八字形高架頂端者),而垂入前部活懸之導樁架中,再各繞經一大單滑車,復折回至架頂,於此導樁架中之兩大單滑車下,各懸有吊

舉重物之雙拉桿器一具,如圖(八)所示。吊舉之速度,僅為絞車速度二十八分之一,因絞車速度經過七輪複滑車後,已被減少至  $\frac{1}{28}$  倍,復以  $1\frac{1}{2}$  吋之繩經過一單滑車,再被減去二倍故也。穿於七輪複滑車內者,為直徑  $\frac{3}{4}$  吋之特質鋼絲繩,可任重 5 噸,故以此吊重,可達 140 噸。

八字形高架上另有滑車一具,專為拖吊 100 呎長木樁而設。此外為傳運零星材料及小件工具而用者,尚有單滑車一具。

主要絞車如圖(九)所示,有三絞軸,各個功用如下述:

第一號絞軸 —— 專為樁錘之用。

第二號絞軸 —— 專為導樁架之用,所用鋼絲繩直徑為  $1\frac{1}{2}$  吋。

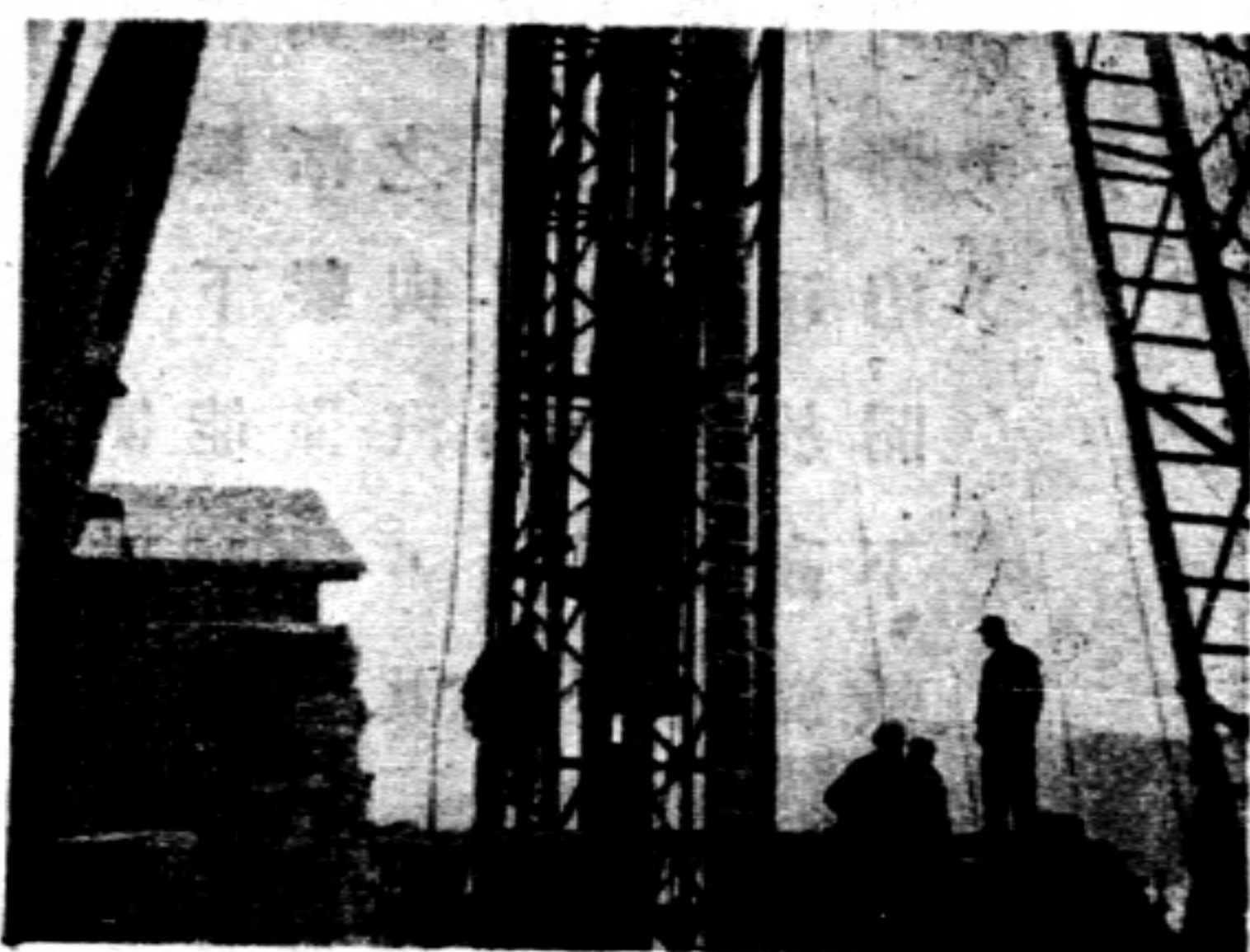
第三號絞軸 —— 專為吊舉重物之雙拉桿器而設。

打樁施工步驟,約如下述:

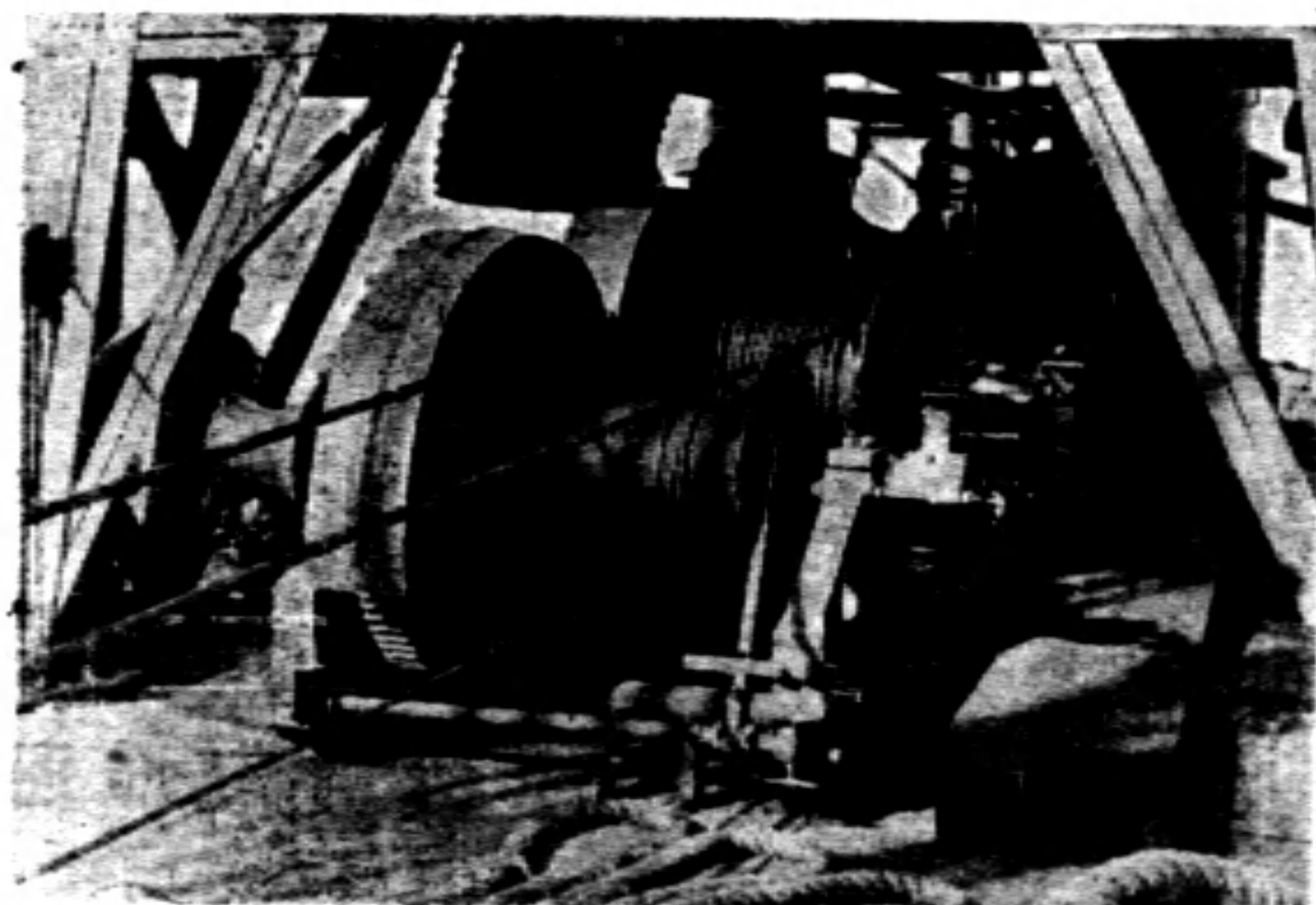




圖(七) 高架上之梯



圖(八) 吊舉重物器



圖(九) 主要絞車



圖(十) 鐵樁枷

- (一) 將樁吊至導樁架頂部。
- (二) 放於導樁架內,置樁錘下。
- (三) 將樁帽及樁錘輕置樁頭上。
- (四) 用鐵枷一具,如圖(十)所示,將樁枷於導樁架內,使不能擺動。
- (五) 將機船各部份錨鏈放鬆或拉緊,以移動機船,使各樁位置確定。
- (六) 樁位既定,樁錘與樁徐徐降下,樁未插入泥土以前,樁位當覆測一次,然後將樁錘及樁再行鬆下,直至其不能下沉為止。
- (七) 當樁不能再沉下時,乃將吊樁錘之繩及掛樁帽之鐵鏈環,



均行除去，樁錘與樁帽，止於樁頭上。

- (八) 將蒸汽主管之活瓣開放，使樁錘徐徐變熱。
- (九) 樁錘之上昇與擊下，全賴樁錘上蒸汽活瓣之開關。當活瓣開放之始，蒸汽僅能使樁錘內冷凝之水流出，其時樁錘落下高度，雖僅 6—12 吋，每次打入深度，仍極顯著。樁尖入於較深地層時，其每擊打入深度，當隨其所遇地層之堅柔而變。
- (十) 用鐵鏈環將樁錘與樁帽連結，然後將樁錘升高至導樁架頂。
- (十一) 將懸於前面之送樁放入導樁架內，先將下端套入樁頭，繼將上端之一耳塞入導引之兩垂直槽鐵間，而後使樁帽與樁錘置此送樁上。
- (十二) 打樁工作繼續進行，惟樁頭尙在河底以上約三十呎，送樁與樁頭相接處，頗易變折，當其未入泥土以前，每擊打入深度甚小，一入泥土，立見增加，每擊打入深度，頗稱均勻，惟遇砂層時（在岩石層以上者），則減小甚速。
- (十三) 所需要之深度既達，乃將樁錘與樁帽同時升高至導樁架頂。
- (十四) 將吊舉重物之雙拉桿器放下，掛入送樁頂部之兩耳絆內。
- (十五) 用主要絞車之第三號絞軸，將送樁提起。當其始也，約需牽力六十噸，離出泥土後，則換用另一絞車吊拉之，使離開導樁架至於原位。

於民國二十三年中，第七號墩河底受冲刷影響，曾達深度—38 呎，其後雖復因淤積增高，然於—10 呎以下，仍未固結，頗利於打樁及拔取送樁，而河底地層之未經冲刷變遷者，僅將送樁打入 2 呎，已足令拔取時感極大困難。故將來他墩打樁時，若須將送樁送入老泥層者，應用何法使送樁易於拔出，尙屬問題，或可利用 B. S. P. 樁錘以作吊拔器解決之。

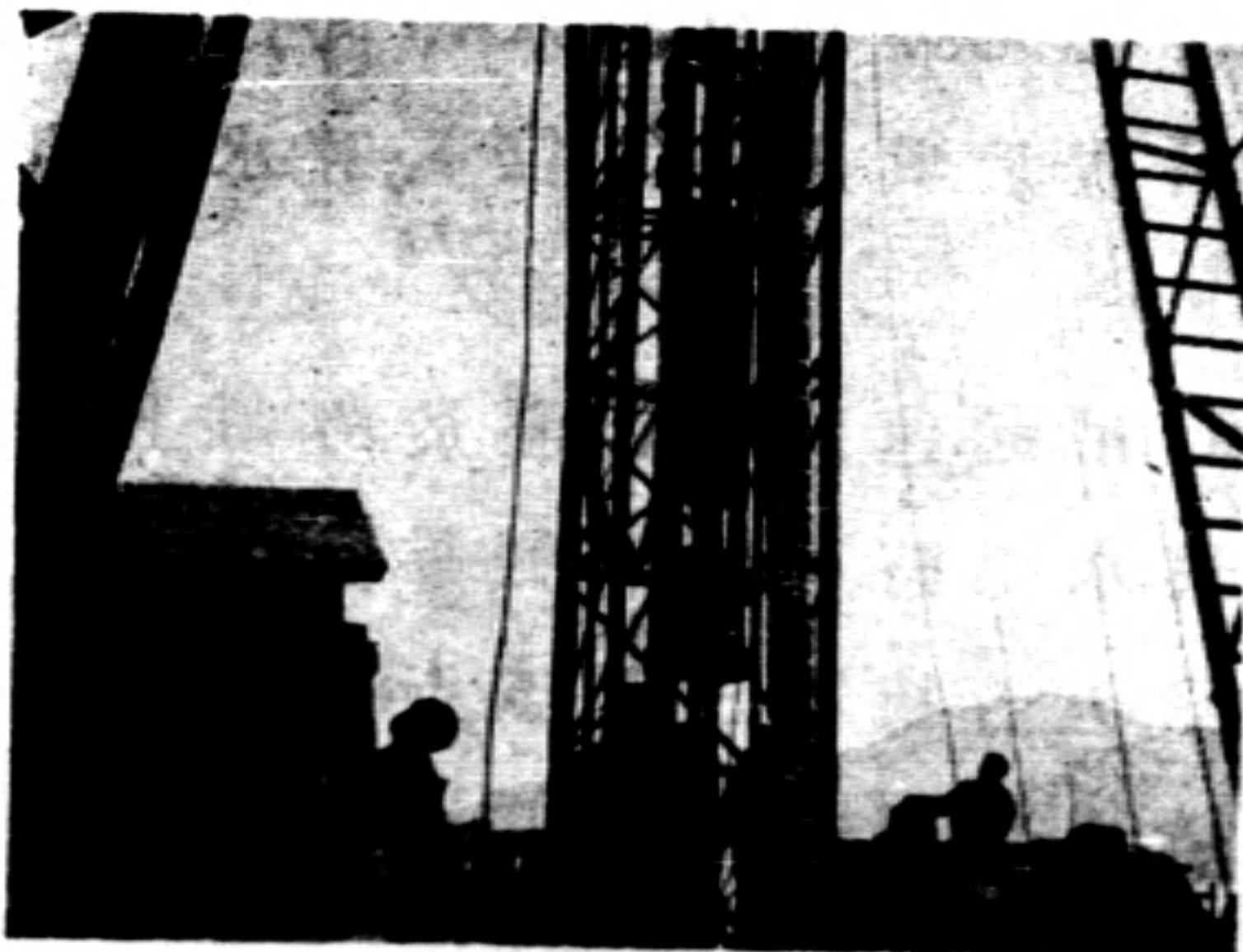


爲免除施工困難計，乃將近於中部之數行先行打下，惟打完數行後，其周圍之泥土已被擠緊，呈相當堅實狀態，致其鄰樁打下時，每易向較軟泥土中傾斜，欲用送樁再打，已不可能。因打樁不正而須拔出者，計有七根之多。

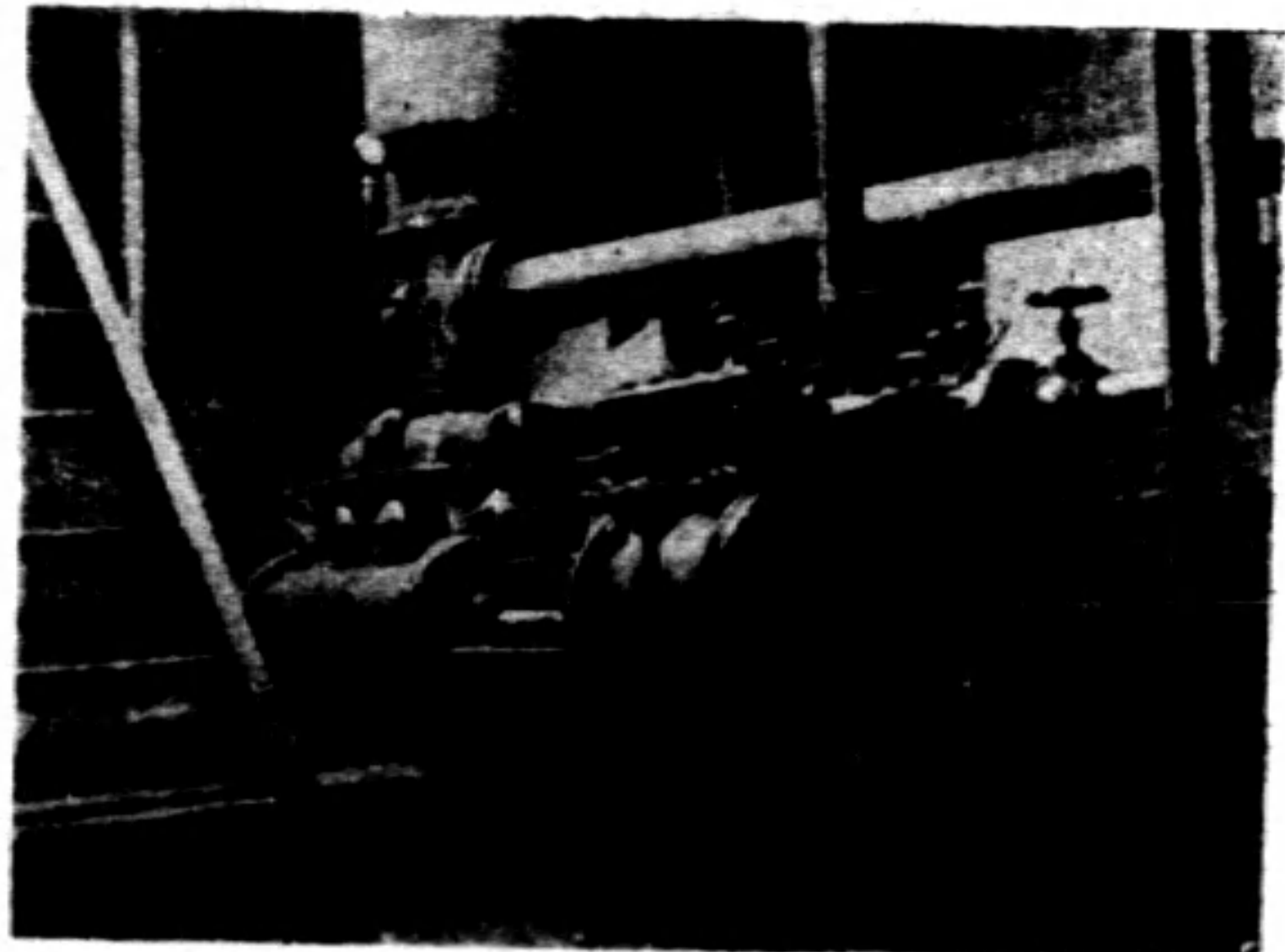
拔出不正木樁，其進行方法如下：

- (一) 用絞車由高架上吊拉，未有效果。
- (二) 於 B. S. P. 樁錘上，另加裝置，作一吊拔器，如圖（十一）所示。其法將樁錘軸置於一木墊塊上，且用鋼連結物繫牢之，樁錘頂蓋處裝有方形肩狀塊二，將蒸汽引入錘內，吊舉重物之雙拉桿器即受此肩狀物之重擊，於雙拉桿器上亦裝有木墊塊，於樁錘上之蒸汽活瓣上，另裝有一自動放汽彈簧器，蓋爲免除錘下落而生重擊也。利用此器，錘降下至相當距離時，立即使汽門再開，因此錘復上昇而生第二擊。用此法之結果，未稱完滿。
- (三) 用水射機，即於機船上裝一 Worthington 式蒸汽水機，如圖（十二）所示，抽水量每分鐘 500 加崙，水壓力每平方吋可達 300 磅，蒸汽管水管皆備焉。並另裝一射水管，其設備與作用如下述：

以直徑 6 吋之圓鋼管一道，接於沖水機上，他端另接以直徑



圖（十一）利用B.S.P.樁錘作吊拔器



圖（十二）沖水機



6 吋,長 60 呎之橡皮管一道,於橡皮管他端,則接有直徑 3 吋半圓形之彎鋼管一段,其下則接射水管。

射水管之長度,隨所欲達之深度而異,約為 24 - 43 公尺。每段管長 6 公尺,係以雌雄螺絲套接法接成,不宜用窠臼節接法,以其入泥土後,周圍有較大之阻力也。射水管下端,用一斷面直徑漸小之短管嘴,其出水口直徑為 1½ 吋。八字形高架上,另有滑車一具,專為繫掛此射水管之用(繫繩於彎管上),其昇降由另一絞車司之。

將此射水管沿木樁放下,當尖端達樁尖以下時,此樁即能輕舉而起,有時因管身傾斜,射水管頗不易達樁尖高度,則須沖水二次。

用射水法,毫無困難,可將樁打至所欲達之高度,故後來各墩打樁,均兼用射水法。用單管射水,已頗足適合需要。

用射水法於第八號墩中,在繼續不斷之 120 小時工作內,計共打下 102 樁,其最高記錄,為 24 小時打下 30 樁。

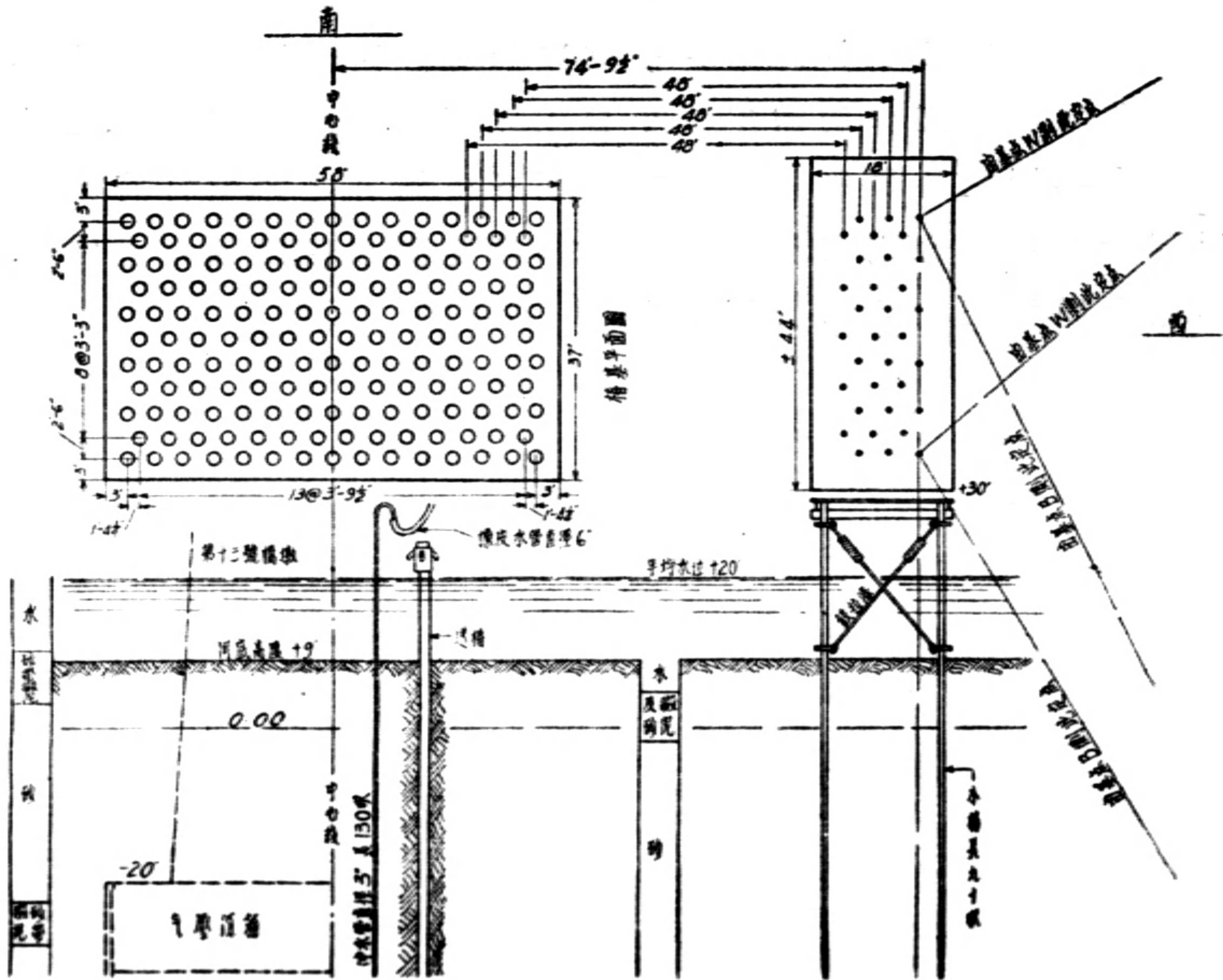
使用射水法,手續如下述:

- (一) 機船移於定位。
- (二) 將射水管頭降下,觸於河底,開始射水,射水時須將水管徐徐放下,如管頭抵觸硬層時,應即停止下降,有時尚須將水管提高少許,使管頭下部得有充分地位,容水沖洗之。
- (三) 射水管未使用以前,樁須吊置於其應在之位置,射水管即沿此樁而下。
- (四) 當射水管全部沖下後,即行吊起,速將樁錘壓於樁頭上,使之沉下,若樁頭未能沉下與水平時,可用錘輕擊數下,(此時吊舉樁錘之繩不用解除)若樁頭已沉至近水面處,則須用一練條將其扣鎖於導樁架下端,蓋防其因水浮力而上衝也。
- (五) 將掛於錘上繫樁之鋼絲繩解下,樁錘與樁帽復升高至導



樁架頂。

- (六) 送樁置於樁上。
- (七) 錘與樁帽置於送樁上。
- (八) 將吊樁錘之繩解去。
- (九) 蒸汽活門開放,使樁錘動作。
- (十) 樁尖抵觸硬層時,樁錘輒易彈跳,此時應計算其所達高度及最後每擊打入深度,與鑽探記載對照,且計其已有之載重量,若已合需要,應即停擊。
- (十一) 將吊樁錘之繩及掛樁帽之鐵鏈環結於錘上。
- (十二) 樁錘與樁帽昇至導樁架頂。
- (十三) 將吊拔器掛於送樁兩耳絆上。



圖(十三) 測定樁位法



- (十四) 轉動主要絞軸,將送樁拔出。
- (十五) 當送樁拔出少許後,將另一繩結於有眼之耳絆上,由另一絞車直接將其吊出,置於原位,而可進行第二樁矣。以此法打樁,成效頗著,惟使用各種器械,亦須有良好之工人。

測定樁位,應用標點平台法,其法如下述(圖十三):

於橋中心線西面,用長90呎之木樁6根,打入江底,造一臨時平台於其上,樁頭彼此間,皆用縱橫及斜木支撐,連接之,垂直方面亦用鋼拉條繫牢,其鬆緊可由一活旋螺絲扣(turning buckle)以校正之,務使平台十分牢固,平台係以2吋木板作成,於其上用經緯儀測定一直線(距離中心線74' - 94",且與之平行),自三角網中之二基點,以角度關係,於此直線上測定二點,距離31呎(墩基縱向兩外行樁間之總距離)。此二點確定後,將樁與樁間應有之距離,於此直線上劃出,則各樁位置,即可以距離關係,直接量定。

每墩打樁工作,約需半月。平台上之標點,必須覆測數次,且須將四周外圈之樁最後施打。於此外圈各樁施打之始,須再將標點覆測,如是則所有之樁,皆將在氣箱基脚範圍以內,因氣箱之位置,亦係由同樣三角基點所測定也。



# 錢塘江橋沉奠基礎井箱工程

孫 鹿 宜

北岸引橋，A B 二墩，地臨江渚，水流甚急。為節省經費及安全起見，採用沉奠基礎井箱為基礎。每墩二井，四井峙立。井為橢圓式，全以鋼筋混凝土製成，高約 16 公尺（52 呎），闊約 4.3 公尺（14 呎），長約 5.9 公尺（19 呎），中空，井厚 4 尺。鋼筋環立，外圍 72 根，內圍 18 根，皆採用 1 吋圓鐵，環鐵亦同，每高一尺一根，內外又用鈎鐵鈎住。井腳以 1:20 坡度向外傾斜，高凡 8 尺，闊 1 尺，一切設計，皆合箱腳承載及尖度之需要。井分四節灌注，第一節高 14 尺，二三節各 13 尺，末節 12 尺。每節下沉，約差二旬。下沉時，第一二三節所遇地層，皆為淤泥少水，如用挖泥機，反難收效，故全用人工開挖法。法以鏟鋤掘土，以木斗盛之，吊曳而出。下沉速度，每天平均約在一尺左右。箱身傾斜，各不相同。下沉極驟，竟有一次在二三尺左右者。凡遇傾斜，先用普通方法，在內開挖高方，以便糾正；無如井箱不大，收效甚微，乃即用徑尺硬木數根撐住。此項撐木，上端扣入混凝土內數寸，下端斜支平地上。箱身稍一下沉，則硬木完全壓緊。沉箱賴此校正傾斜，得獲垂直者，諸法之中，此法為最便。各箱下沉至第四節時，箱腳已達沙石層。泥內即有水湧出。故在箱內半腰處，各置 28 馬力之抽水機一具。抽水管下達泥面，上引出箱。機身懸于滑車上，升降極為自由。井箱挖土，始終用人工開挖至石層。各箱之中，A 墩西井，先達石層，下為綠色岩石（按即鑽探所驗之蛇紋岩），即將石層全部挖平，故箱腳得能平置石層上。四圍漏水處，皆以麻袋，內貯混凝土堵實；間亦有用



混凝土堵實者，則全視箱脚四圍之乾濕而定當時之處置。厥後又開鑿中部石層，面積約百方尺，深二尺，作一窰穴，以爲將來混凝土及石層接筭之用。

封底時，全用混凝土夯實，惟中留一穴，深約五六尺，徑二尺，內以鉛皮套筒圍住，作爲抽水之用。然後不時抽水使乾，故四圍混凝土得能避水澆築混凝土層，築至筒頂稍止，候其凝固二三小時，再將此穴以成份較富之混凝土封固，以後再築上層混凝土。其餘各井，開挖封底等工作，皆如上述。惟 A 墩東井，甫挖至沙石層，時值春雨，兩井間污泥下陷，直逼墩脚邊，漏入井內，以致沙泥內灌。井內之沙泥上湧，致驟漲十五尺，後以挖泥機逐日挖盡，始得竣事，然已費不少周折矣。

在校正箱身傾斜時，A 墩東井及 B 墩西井，曾用偏重法。以 24 吋工字樑六根，長 19 呎，平舖箱頂。挑出一端，約有四五尺。上製木櫃，貯石，可得偏重量約 70 噸。工樑他端，以 1 吋方鐵二根，作環形套住。該項環鐵，預製入混凝土內，即爲各工樑之拉點。此項偏重法，大概在地面斜撐不能收効時，最見裨益。

在校正傾斜度時，又有用錘擊法。其目的，在使四周泥土震動，助其下沉。同時遇箱身向北傾斜時，則北端脚下，填以混凝土小樑；南端脚下挖空，以冀一受震動，得獲垂直。



# 錢塘江橋混凝土施工概況

李學海 王同熙

## (甲) 原料

(一) 水泥：本橋橋址，離海口不遠。潮水高漲時，江中所含海水量甚多，極易侵蝕水泥，而使鋼筋易於銹蝕。正橋墩牆之着水部份，曾擬採用啓新公司之特種水泥，防止海水侵蝕作用，而其他部份，則用該公司之普通馬牌水泥，引橋部份，全用中國水泥公司之泰山牌水泥。

(二) 砂：砂之良否，關係混凝土之應力至鉅，故宜力求良好，以策安全，但工地附近，均為澱泥細砂，絕無可供混凝土之用者，故經多方採集，嚴密試驗後，始決定用錢塘江上游富陽諸暨等處之產物，大小銳度，尚屬合格，尚少軟弱雜質，而清潔則不足，故於拌和之前，先經洗滌，方始應用。

(三) 石子：石子大小，除 1:4:8 混凝土所用者為二英寸外，其餘各種混凝土，均為一英寸以下，一英寸以上，質體均勻之石子。引橋橋墩所用為富陽饅頭山所產之青色石子，壓力每平方英寸一萬三千磅以上，框架護牆橋面等所用，大都為廬山青石子，均由機器軋成，其初用里山之紅石及廬山之青石，現只採用饅頭山之青色石。軋石機凡二架，一架安裝於沉箱工場內，一架安裝於橋址北岸工場。

(四) 水：江水含有鹽質，尤以高潮時為甚。不堪應用。工地附近，向無水供設備，若專為本工程裝置自來水，則其費用殊大，故北



岸用虎跑山谷之山水,南岸則取之於池中。江中正橋橋墩則將北岸清水用水管引至江邊,再用駁船載往工地應用。

(五) 鋼筋: 所有鋼筋,均爲用馬丁 (Open Hearth) 方法鍊製者,對於鋼筋式樣,不加限制,故光鋼與竹節鋼並用,對於鋼筋之性質,應力,彈力,極限等,則須經試驗及格後,方可應用。

正橋所用鋼筋之一部,因應拉力稍弱故令包商於用是項鋼筋時,加放百分之十五,以資補救。

正橋鋼筋多數來自波蘭,引橋則大部來自德國。

### (乙) 木模型

(一) 安裝木模型: 引橋均用洋松做成,正橋則兼用鋼模。

(子) 正橋沉箱模壳因施工關係,外面不做支撐,而在裏面加放橫木斜撐等物,以資牽繫,箱牆因厚度較小,故在外邊做活動,模板每隔兩塊,留一塊空檔,以便灌注及搗夯,四周箱脚,載於若干短木柱上,以便於沉箱懸吊時,可以分批拆除。

(丑) 引橋開口沉箱箱牆及正橋墩牆模壳,均用自支式 (Self-Supporting) 分段接做,如圖(一)所示。此項牆厚較大,鋼筋較稀,可以使用輸送槽將混凝土輸入模壳內,至適當高度,再行下注,搗夯工人亦可在模壳內工作,故將每段高約12英尺模壳,全部做成,不用活動模板。

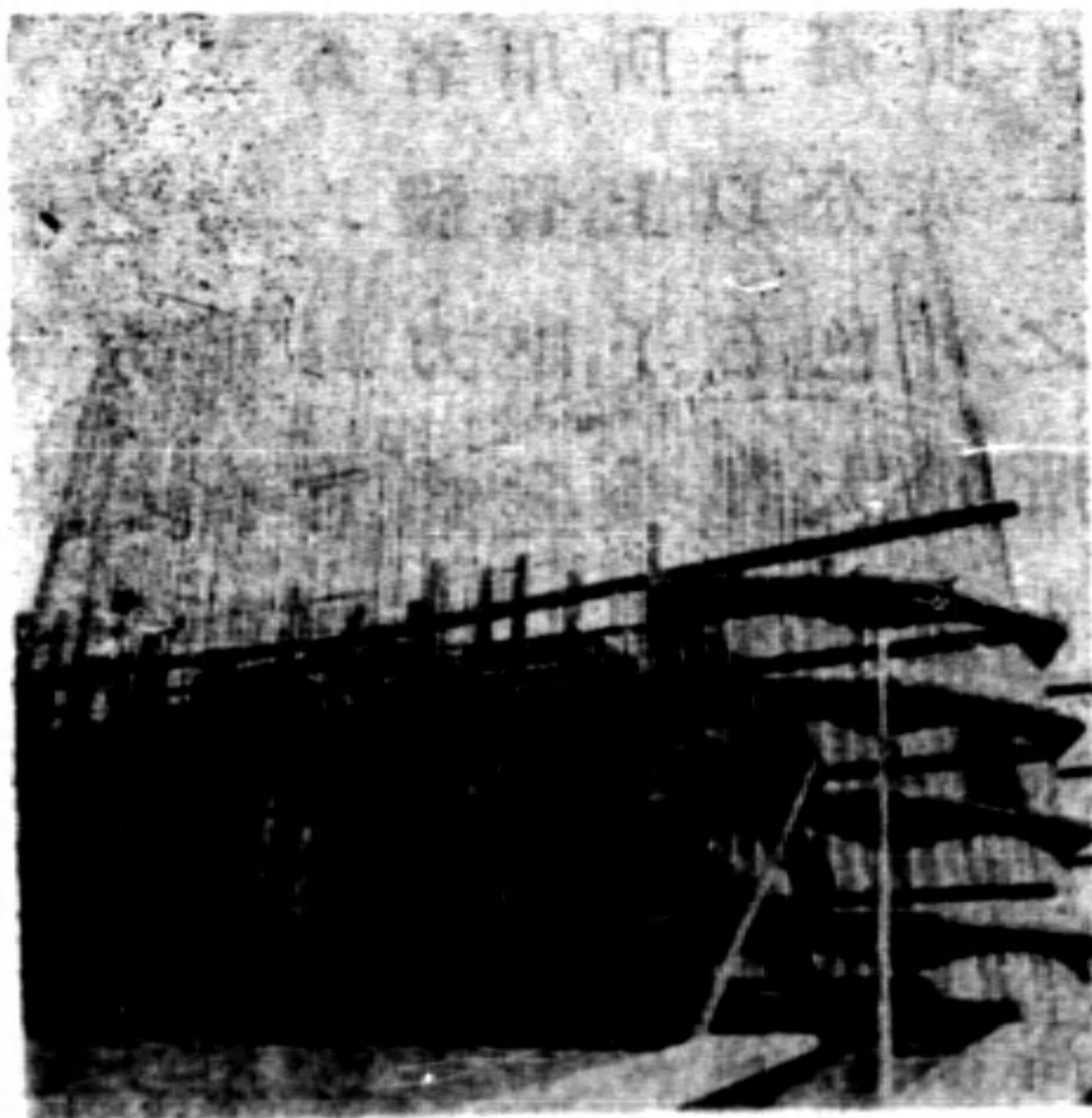


圖 (一)



圖 (二)



(寅) 引橋橋墩底脚,則為極簡單之木模型,如圖(二),而南岸 G 及 H 兩墩底脚,則利用鋼板圍堰為外部模型。

(卯) 引橋墩牆模壳,概用塔架支撐,兩端用固定直板,兩旁用活動橫板,橫板每兩塊一放,混凝土即由此處傾入。

(辰) 上部建築,因離地甚高,頂撐長度不足,故分兩層接做,並在墩頂安放攔柵,力求堅固。鋼梁上面橋板模型,則支承於鋼梁桿件上。

(二) 拆卸木模型最短日期,悉照表(一)之規定。

(表 一)

| 建築物名稱   | 拆卸木模型最少天數 | 備 註                         |
|---------|-----------|-----------------------------|
| 沉箱上部    | 7-14      |                             |
| 沉箱下部    | 14-21     |                             |
| 正橋墩牆第一節 | 5-7       | 2½天僅限於沉箱下降速度達每日二英尺時,普通至少須7天 |
| 正橋墩牆    | 2½-7      |                             |
| 引橋橋墩    | 7-14      |                             |
| 路面平板    | 14        |                             |
| 路面縱梁    | 14        |                             |
| 路面主梁    | 21        |                             |

(丙) 混凝土

(一) 混合比: 混凝土之混合比,本橋所用者,計分下列六種:

- 1:1:2 全橋鋼梁梁座下用之。
- 1:2:3 引橋上部剛架建築,以及開口沉箱箱脚用之。
- 1:2:4 正橋沉箱墩牆,以及全橋路面,欄杆,護牆等用之。
- 1:2½:5 引橋墩牆以及開口沉箱箱牆用之。
- 1:3:6 引橋橋墩底脚,氣壓及開口沉箱等填築,與夫正橋墩基內大



塊混凝土均用之。

1:4:8 僅用於引橋基礎下填平石岩,以代變石。

(二) 拌和方法: 本橋所有混凝土,均用拌和機拌合之,以混凝土拌和至顏色均勻為準,平常於原料放入後,乾拌半分鐘,加水後,溼拌一二分鐘,而轉動稍慢之拌和機,則需時較久,混凝土拌勻後,須待全部傾出後,方作第二次之拌和,故拌和混凝土一次,連同放入傾出等時間,至快亦需五分鐘,而工人較少,運輸較遠,拌合較多時,延長至十餘分鐘者亦有之。

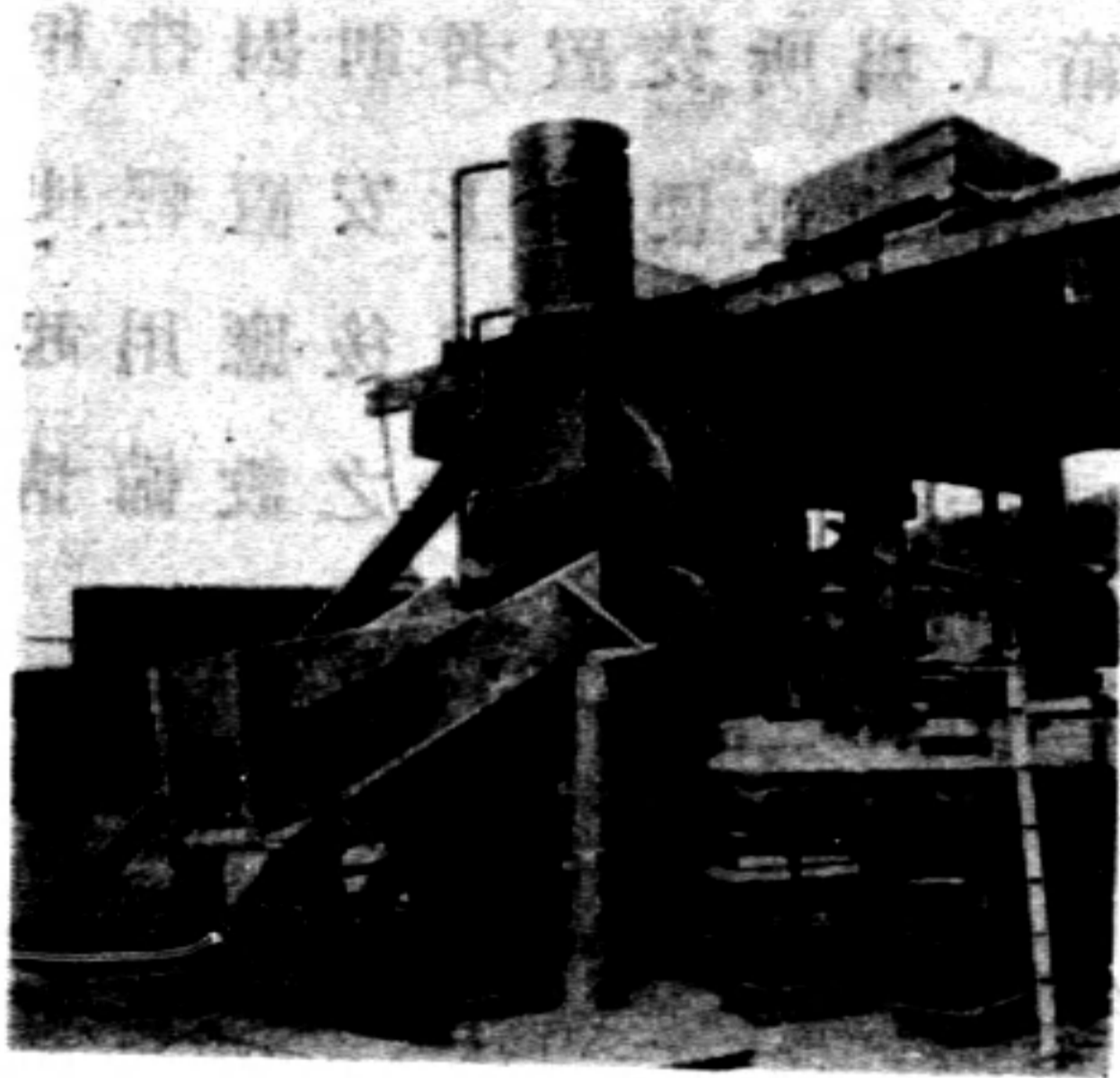
拌和時用水多寡亦為一大問題,蓋少則灌注不易,多則應力減小,本橋為露天水上建築,須防空氣及潮水侵蝕作用,尤應少用水分,俾混凝土於硬化後,比重較高,空隙較少,易於防蝕,但天氣之陰晴,砂及石子內含水之多寡,均為無法權衡之事,而對於用水均有密切關係,故須由監工人員,時用堆積試驗 (Slump Test) 以定水與水泥之百分比數,務使所用水量,於相當搗夯後,僅足使混凝土流入鋼筋間,成為乾濕合度,質地均勻之黏性物體。

本橋所用拌和機,計分下列數種:

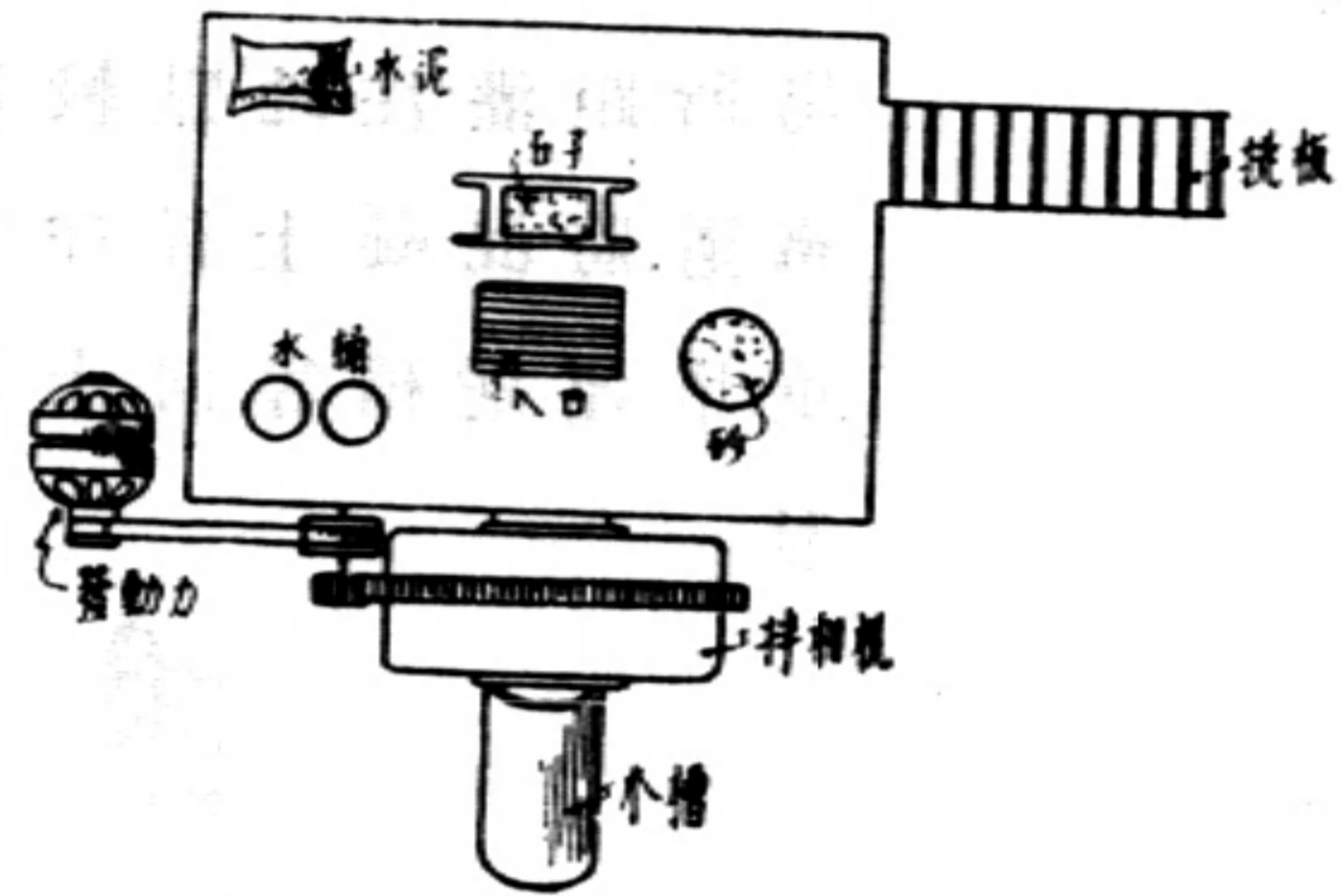
- (子) 裝置於北岸引橋工場者三具,正橋北岸工場者一具,容量均為半立方碼,為國內之鼓式機 (Drum), 由電氣馬達發動,每分鐘轉動約 16 次。
- (丑) 裝置於南岸引橋工場者二具,一為半立方碼之容量,一為一立方碼之容量,均為上海大生鐵廠出品。前者每分鐘轉動 22 次,後者每分鐘轉動 16 次,均由柴油引擎發動。
- (寅) 裝置於正橋沉箱工場者一具,為 Ransome 第五十六號,由蒸汽機發動,每分鐘轉動 7 次。
- (卯) 裝置於江中臺船上者一具,為 Lake Wood 第四十二號,由電氣馬達發動。

(三) 拌和場所之佈置: 因建築物之高低不同,水陸異趨,故其式樣,時須變易,就目前而言,可分下列三種:





圖(三)

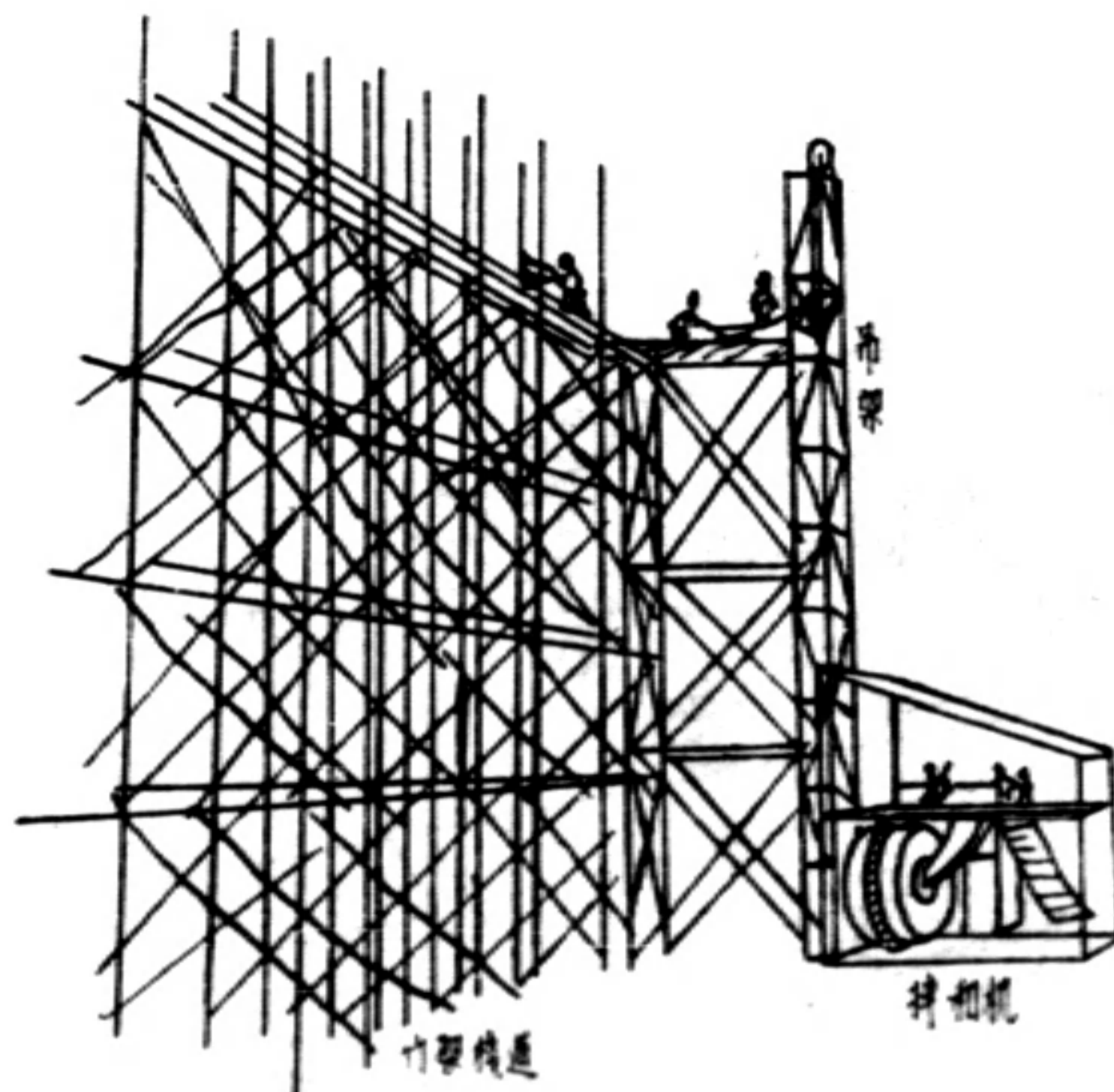


圖(四)

(子) 裝置於陸地上,以備灌注較低建築物之用者,計有北岸引橋工場兩處及南岸引橋工場兩處。圖(三)及圖(四),即為其佈置之大概情形。所有原料,均由人力搬運,經挑板而安放於平台之上。

(丑) 裝置於陸地上,以備灌注較高建築物之用者。

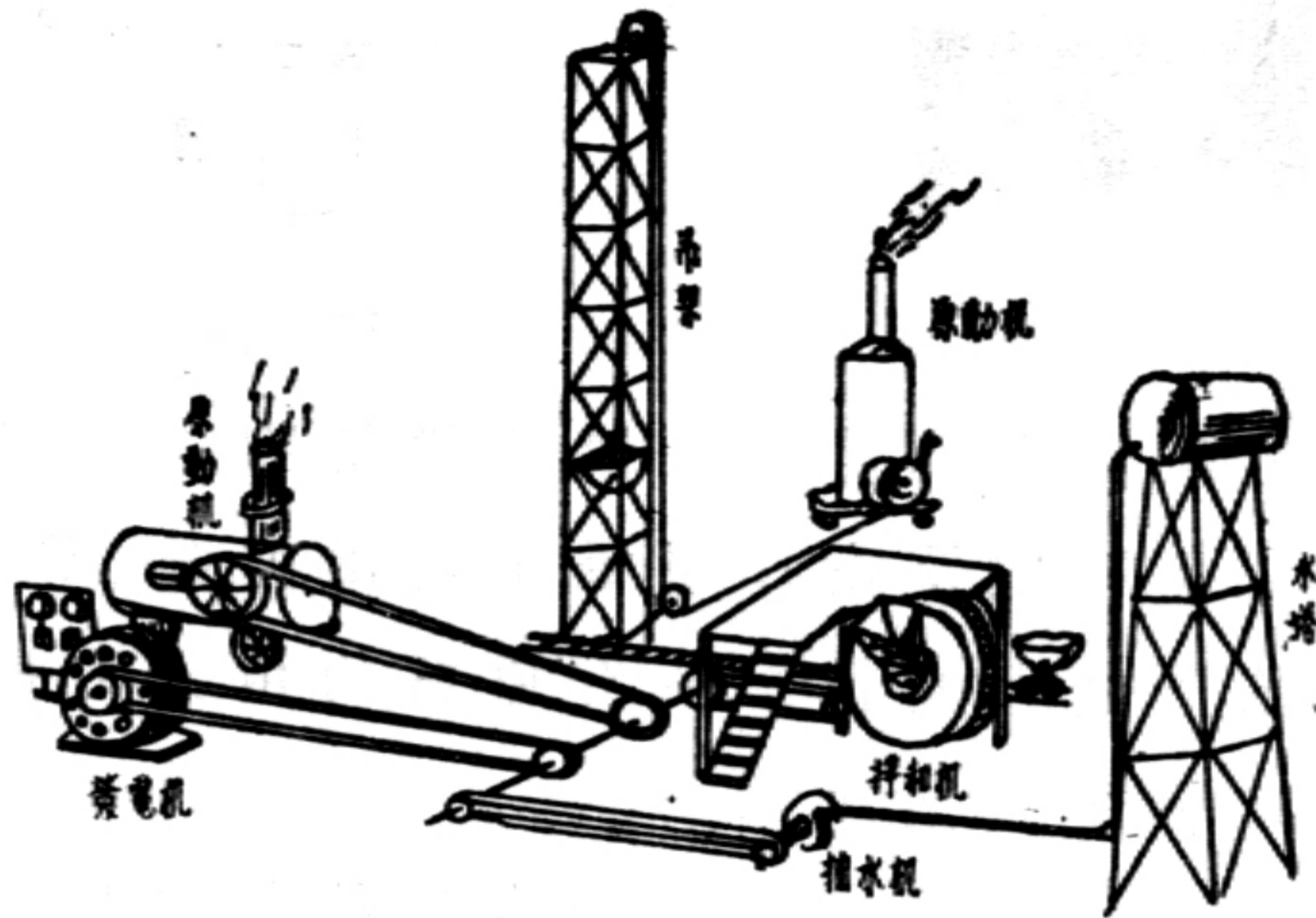
(1) 北岸引橋上部建築所用者,與圖(四)所示相同,但於拌和機前,裝置80英尺高之木質起重塔及高架橋,起重塔內裝吊屏一具,高架橋上,在木塔旁裝木槽一座,如圖(五)。



圖(五)

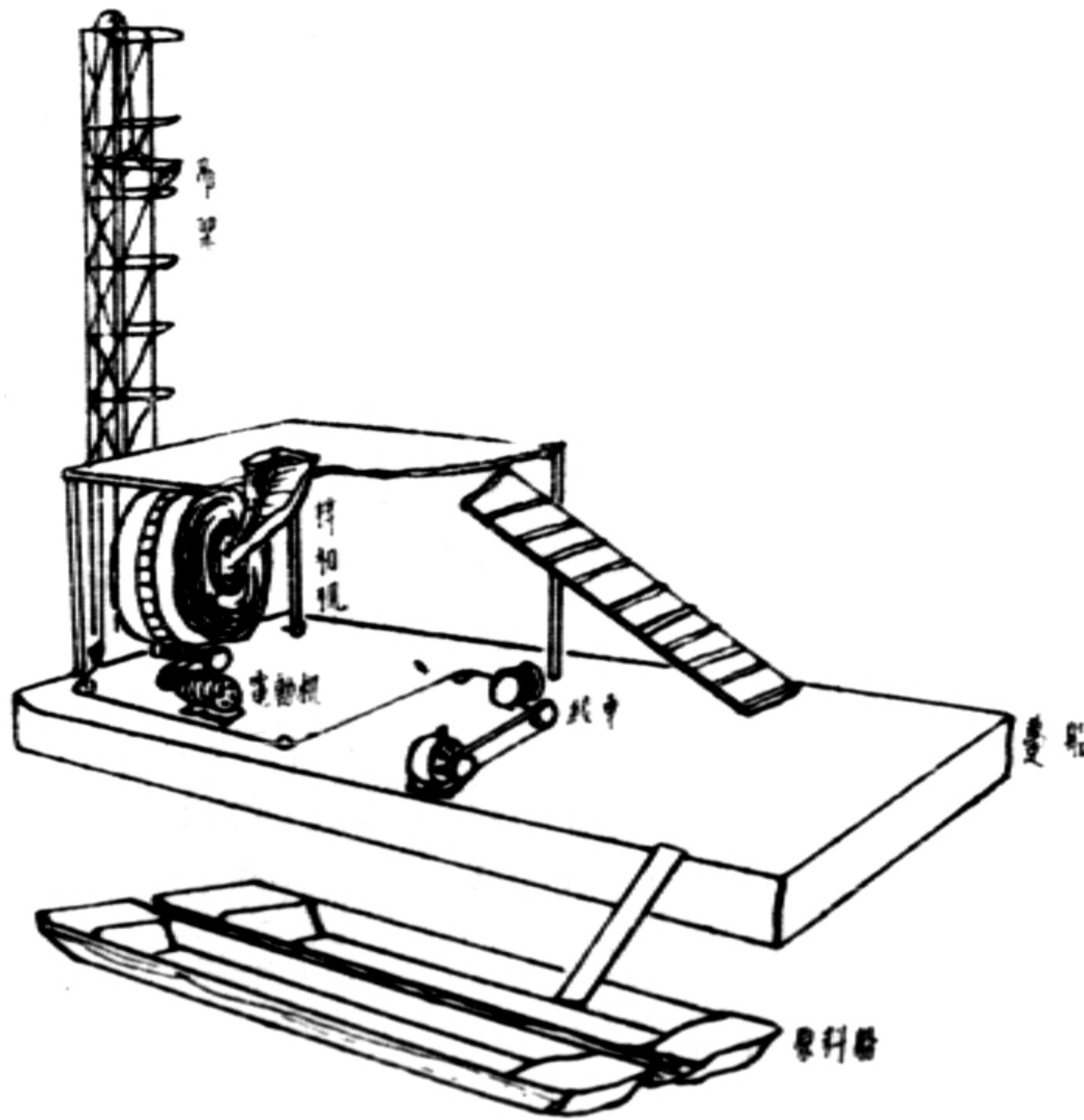


(2) 北岸正橋工場及南岸沉箱工場所裝置者，則因拌和場所距灌注地點較遠，故在平地或便橋上安置輕便鐵道，將混凝土從拌和機運輸至澆灌地，然後應用起重塔運送槽等向上移運，圖(六)為聖礫工場之設備情形。



圖(六)

(寅) 裝置於躉船上，浮於江心，以備隨時遷移，灌注江中建築



圖(七)



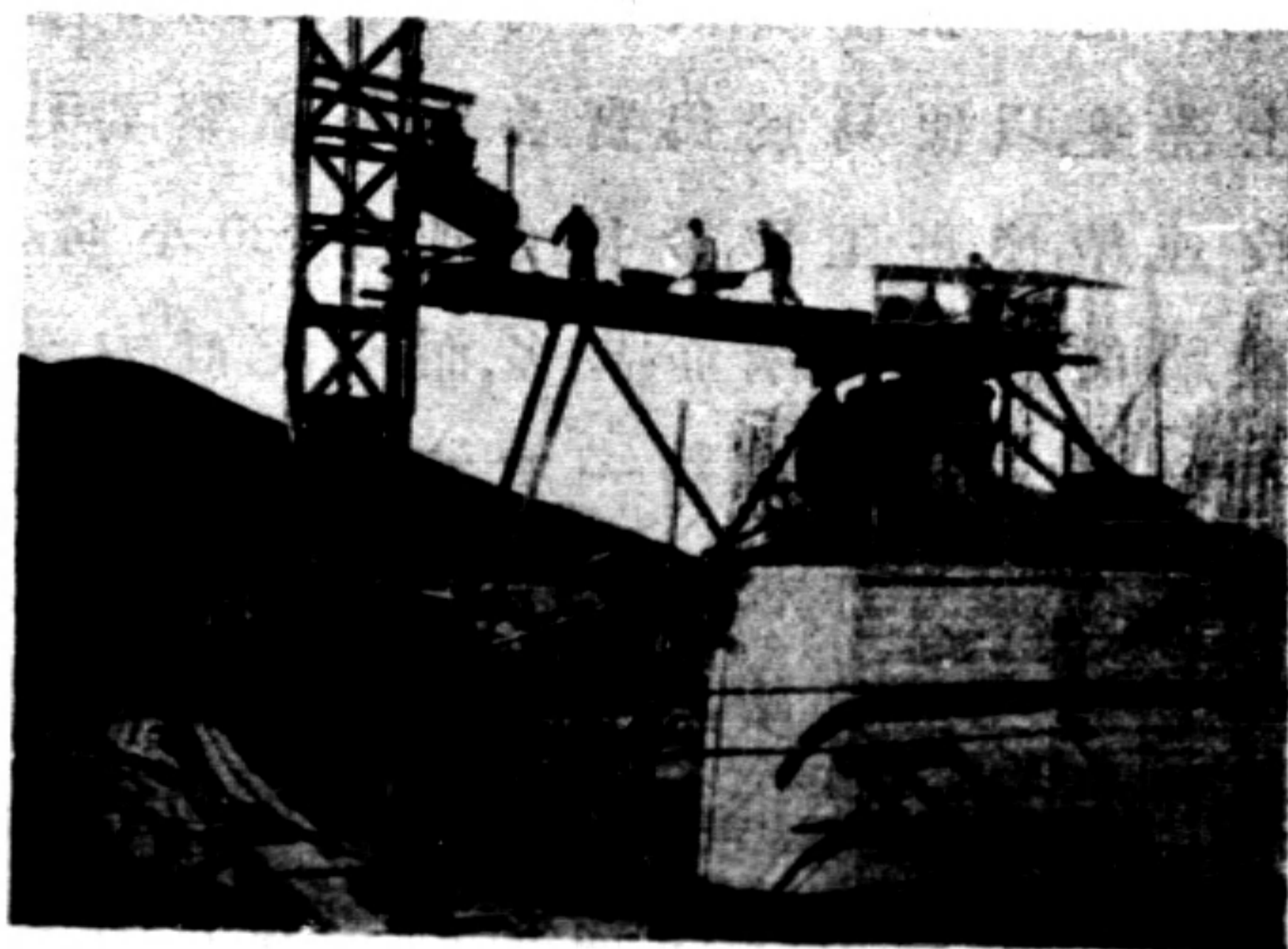
物之用,其設備計有平台,挑板,拌和機,起重塔,吊屏,運送槽,漏斗,活門等物,如圖(七)。

(四) 運輸設備:

(1) 起重塔及吊屏: 起重塔及吊屏,均為吊起混凝土之用,塔為木製或鐵製,屏為鐵製,引橋所用者,約7立方呎,正橋所用者則倍之,吊屏達所需高度時,將混凝土傾出,經漏斗及輸送槽而下,運駛吊屏,在北岸利用電力,南岸則使用蒸汽力,圖(八)示鐵製起重塔,圖(九)示木製起重塔。



圖(八)



圖(九)



(2) 獨輪小車：由人力推行於木板上，每次約可搬運混凝土 $1\frac{1}{2}$ 至2立方呎，載重之車，每分鐘約可行駛30英尺。

(3) 斗車：由人力推行於輕便軌道上，至灌注地時將混凝土向旁傾出，沉箱工場內及正橋北岸第一號橋墩處均用之。

(4) 吊桶：使用於填築沉箱氣室時，為鐵製，由電力運送，容量為3立方英尺。

(5) 輸送槽(Chute)：式樣不一，係鐵製或洋鉛皮所製，長短視用處而異，有短至3英尺者，有長至40英尺者，有時並用長短不同之槽，疊接而成所需之長度。圖(三)，(八)，(九)均示輸送槽之式樣及其安裝之坡度。

(6) 漏斗，畚箕，煤鏟等零星用具。

(五) 灌注方法：混凝土運達所灌建築物附近後，置於拌板上，若中途發生初步凝固，或砂灰與石子散離情形，則須在該拌板上復拌一次，拌板為木製或鐵製，長6—8英尺，闊4—5英尺。

混凝土之安放方法，如下：

(1) 引橋橋墩底脚，以及沉箱氣室內填築，均為大量平鋪混凝土，不能一批澆高，故將稠度增大，以6英寸為一批，連續向上澆築，以便易於搗實，並將每部緊要建築物，一次灌完，日夜連續，換班工作，最長有連至120小時以上者。

(2) 墩牆部份因直鋼筋甚多，而所受直力，又與牆斷面垂直，故不必限定整個墩牆一次澆好。引橋因用畚箕將較稠之混凝土，從墩旁拌板上傾入模內，自下而上，進行甚緩，故以6英寸為一批，連續灌築，每至兩塊板高時，將上面約略做平，然後繼續上進。正橋因用起重塔運送槽等，將較稀之大量混凝土吊起，由上下傾，進行甚速，故連續向上澆灌，每日收工時，將上面做平。



(3) 鋼架建築,因與路面牽連,故與路面同時灌注,即每日日終之臨時接頭,亦祇限每座一個,置於剪力最小之處。

(4) 橋面建築,橋面平板一批澆足,臨時接頭,置於上下兩面俱有與接縫垂直之鋼筋處,大梁接頭置於跨度中間剪力最小之處,橋面灌注,恆從最低及最遠之一邊,沿最長方向,向最高及最近之一邊推進,以防踐踏甫經澆好之混凝土,並將臨時接頭之長度縮短。

搗夯及捶堅均用人力爲之。

(六) 低溫度時之灌注: 依據規範書所載,溫度在華氏 $38^{\circ}$ 以下,即不許灌注混凝土,但有時因工作至半途不能停止時,至溫度在華氏表 $34^{\circ}$ 度,仍行灌注,不過將砂與石子用蒸汽管烘熱,或將拌和之水預先燒沸。至於灌注方面,則將新澆混凝土於日間收工後,用極厚稻草遮護,並將夜工全停,日工時間縮短,日出始做,日沒即止。惟溫度在華氏表 $34^{\circ}$ 度以下,則絕對不許灌澆混凝土。

(七) 表面修飾: 拆除模型後,凡混凝土外露面上,均用 1:2 水泥黃砂粉光,並做線脚,以增美觀。浮運沉箱四周,則用水泥槍注射,或用防水劑塗抹,以增不滲水能力。



# 錢塘江橋浮運沉箱設計大綱

李 學 海

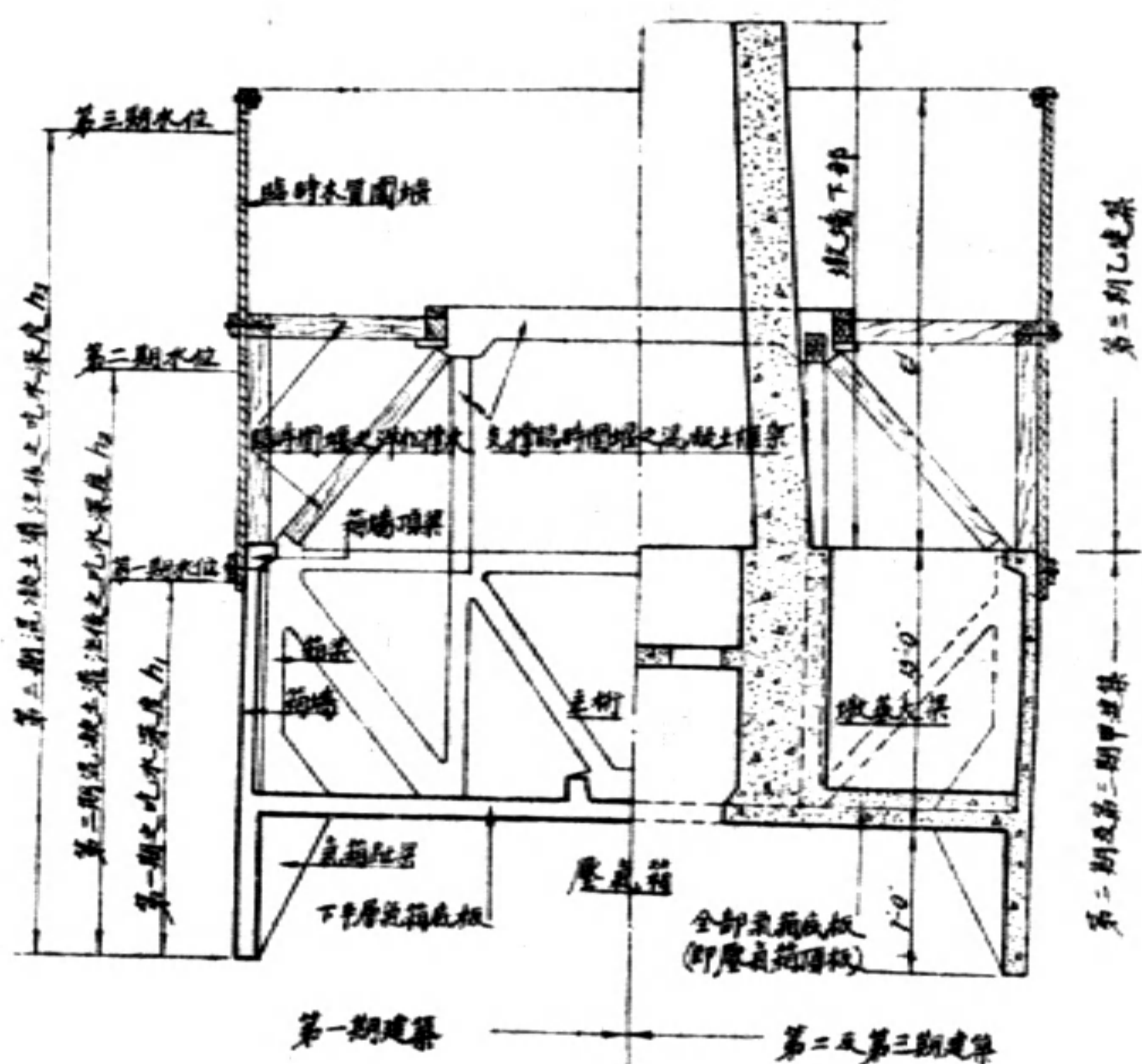
正橋橋墩因施工之安全與便利起見，採用壓氣沉箱(下文簡稱氣箱)法。因本橋完成期限甚為短促，而夯打基樁與澆做氣箱所需時間較他事為久，故必須使此兩項工作同時進行，庶幾基樁打好後即可接沉氣箱。欲達到此目的，惟有將全部氣箱，依照各期工作之需要，分批建造。先在沿江附近作場上，預先就地做好第一期建築之懸掛及浮運氣箱。此項氣箱重量，愈輕愈好，以便減少懸吊時之重量，與夫浮駛時之吃水深度及水壓力量。故先做緊要部份，使僅足承受懸吊時之靜掛力，與夫浮駛時之水壓力。氣箱頂上四周，加做臨時圍堰，其高度視所在橋墩之地位而異，務使箱脚尖沉入江底箱底承托於浮泥時，堰頂仍得高出普通高水位上。為減輕重量及造價起見，圍堰及大部回鈴撐梁等物，均用洋松木料，支承於四座鋼筋混凝土框架上。至圍堰之功用，則為減低鋼筋混凝土浮運氣箱之高度及造價，使箱高雖僅與墩基高度相同，而所有墩基板及挑梁等新加之混凝土，與夫墩牆之下部，均得在氣箱就位後逐期灌注。促進氣箱下沉。

浮運氣箱，本擬仿照蘆船下水方法，開築滑道，牽引入江。惟當開挖之際，發現流沙甚深，滑道不易興築，故臨時變更計劃，改做水平軌道及木質架橋，將整個氣箱，連同圍堰及第二期建築之鋼筋模殼等，與夫氣箱之氣筒，重約七百噸之物，每端用工字鋼梁四條，懸於鋼吊架及掛機上，然後沿兩旁軌道逐漸旋進，逮至水深地點，

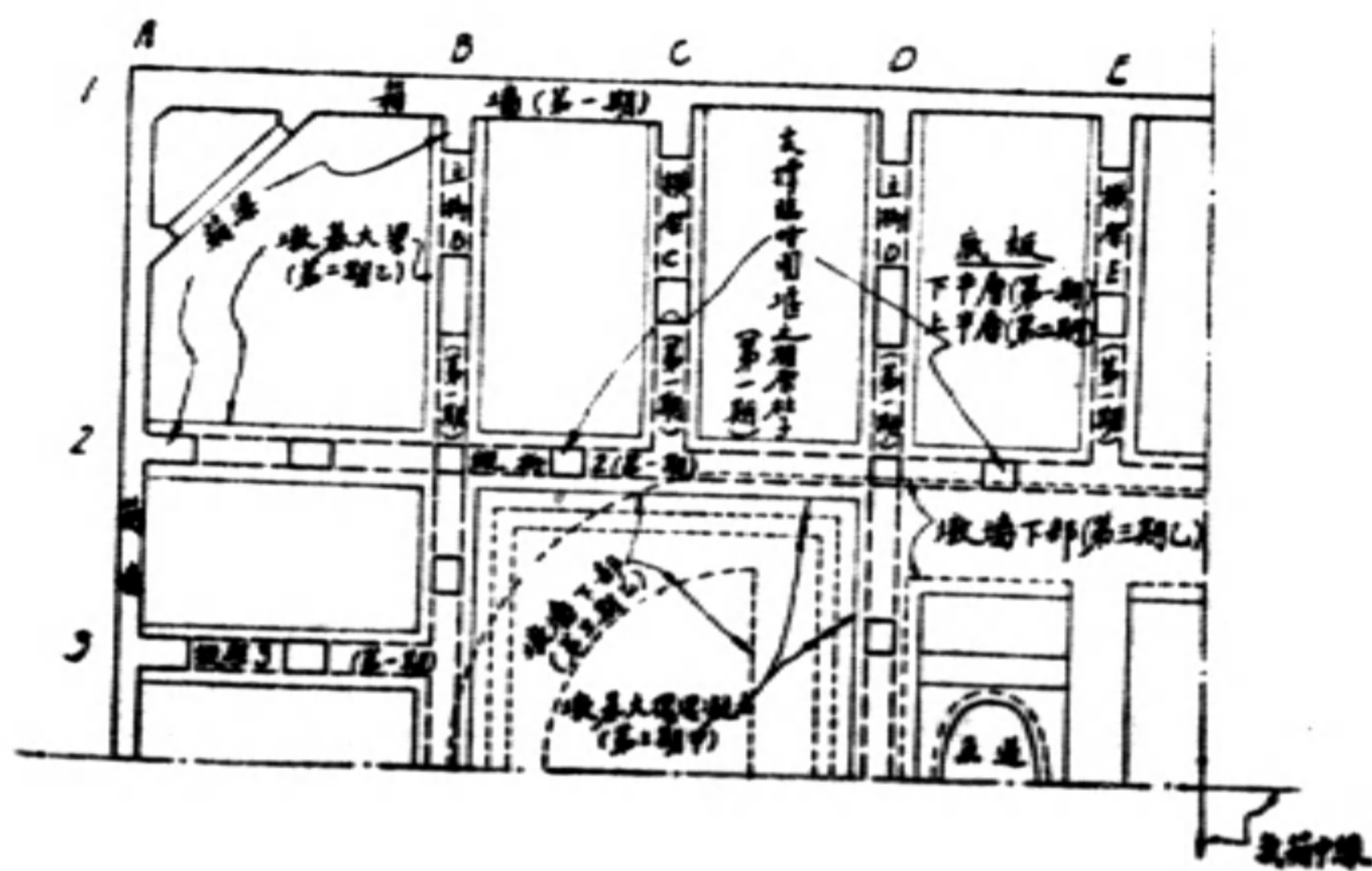


即運用螺旋機下降入水。

氣箱浮運至橋墩地點後,即進行第二期建築,將氣箱頂板之上半層澆足,並將各個桁梁及支架之斜橫撐間空隙,用混凝土填塞,而完成整個氣箱之底板及墩基之大梁,俾氣箱憑藉本重徐徐下沉。最後在臨時圍堰內進行第三期工作,填注墩基大塊混凝土,以及砌築墩牆下部,約達8.2公尺高度,高出普通高水位(假定水平



第一圖 浮運氣箱分期灌注斷面圖



- 第一期
- 第二期
- 第三期

第二圖 浮運氣箱分期灌注平面圖



高度爲 + 8.5 公尺)爲止,同時氣箱沉至江底。然後將臨時圍堰拆除,並加用壓氣,繼續下降入土(參看第一圖)。

浮運氣箱安抵橋墩地點後,必須先在水內下沉,此時所用沉降方法,則以憑藉箱上逐期所增混凝土之體重爲最經濟。當氣箱浮游水上時,箱上所負重載,適與箱底所受上托水力相等。若驟然增加新重,則氣箱開始下沉,惟此時水之向上托力,又因箱之吃水深度增高,逐漸加大,迨加至與箱重相等時,若不將向下死重繼續加大,則氣箱即又浮起。故箱之向下死重,必須時時增大,俾常超過與此相因而生之上托水力,而水之上托力又欲時時加高,以期與箱上向下死重平衡,俾箱底板所受之均佈重載始終不變。惟此項假定,祇適合於整個氣箱及普通局部地點。若在(A)(B)兩主桁間,第三期(甲)項大塊墩基混凝土處,則因混凝土之向下本重遠過於板其他部分,減去向上水壓力後,仍餘甚大之向下重載,以致底下所受勻載方向反易,與普通假定大不相同,而主桁(B)中,多數桿件,亦因承受甚大之向下重量而須特別加固。

氣箱各個桿件之應力,恆因箱身吃水深度之不同而時時變易,若欲逐次計算各該桿件之應力,非徒不勝繁冗,且亦勢所不能。故先假定箱底板恆受一種不變之向上勻載(即底板向下本重與向上水壓力之差),方可着手計算。

氣箱各個桿件之尺寸,恆與箱身吃水深度有密切關係,故計算每期氣箱各部桿件時,必先假定相當吃水深度,然後修正照此求得各個桿件之尺寸,使各該期中,箱身所負重載,適與所假定之吃水深度相合。故須經多次試算後,方得最後結果。

氣箱各部桿件之重量愈大,則氣箱之吃水愈深,而所需各該桿件之斷面亦因以愈大。故計算各該桿件斷面時,必須採用特殊方法,將各該斷面之尺寸以及桿件之重量特別減輕。

氣箱內混凝土工程,按照下列程序,分期灌注(參看第一,二兩圖),以符上述計劃。



第一期 僅做氣箱內四周箱牆與箱底板之下半層,以及箱內桁梁支架等基本構造。此期氣箱吃水深度為 $h_1$ 英尺。

第二期 (甲) 在原有下半層底板上做上半層底板,以完成氣室之頂板,以及最後墩基之底板。

(乙) 將原有桁梁及支架之斜橫撐間空隙全部填注,並將桁梁兩邊放寬,以完成橋墩之底梁。

此期混凝土澆完後,氣箱吃水深度,由 $h_1$ 增至 $h_2$ 英尺。

第三期 (甲) 將氣箱兩端底梁間空隙最大之處填實,並完成整個橋墩基礎。

(乙) 將墩牆下部灌注,高出普通高水位(+28)以及臨時圍堰上端,俾(一)是項圍堰可以拆除,(二)墩牆上部可以不用圍堰在水上接砌,(三)氣箱荷重足敷將箱身沉至江底。

此期混凝土澆完後,氣箱吃水深度,由 $h_2$ 增至 $h_3$ 英尺。

氣箱之各部設計情形,因限於篇幅,故從略。



# 錢塘江橋鋼鈹樁圍堰工程

羅元謙

## 引言

在水面下，建築橋墩基礎，其最簡易之主要方法，厥為圍堰。圍堰築成，乃得從事進行抽水挖土打樁及其他工作。近世鋼鈹樁，以其接縫嚴密，抗力強大，與乎打拔兩便，用以環繞橋墩地點，築成圍堰，堅固妥善。本橋施工伊始，採用鋼鈹樁圍堰，共有五座，計正橋三座，南岸引橋二座。

本橋圍堰，概用圓形，以其支撐可用圓環式，中間空曠而易工作之故。樁料選用德國賴森式。用於正橋者，俱為暫時性質，即至相當時期，拔去鈹樁，而用於南岸引橋者俱為永久性質，即鈹樁成為橋墩之一部分，不再拔去，此其異也。

## 正橋橋墩鋼鈹樁圍堰

正橋橋墩之靠近兩岸者，水深不過二丈，而低水時，可見江底，故用鋼鈹樁圍堰，就地澆築氣箱，計靠北之第一號橋墩，及靠南之十四十五橋墩，凡三座。前者為環撐式，而後者則為填土式。河床深淺有別，墩基支承各異，故鈹樁式樣及長度因而不同。

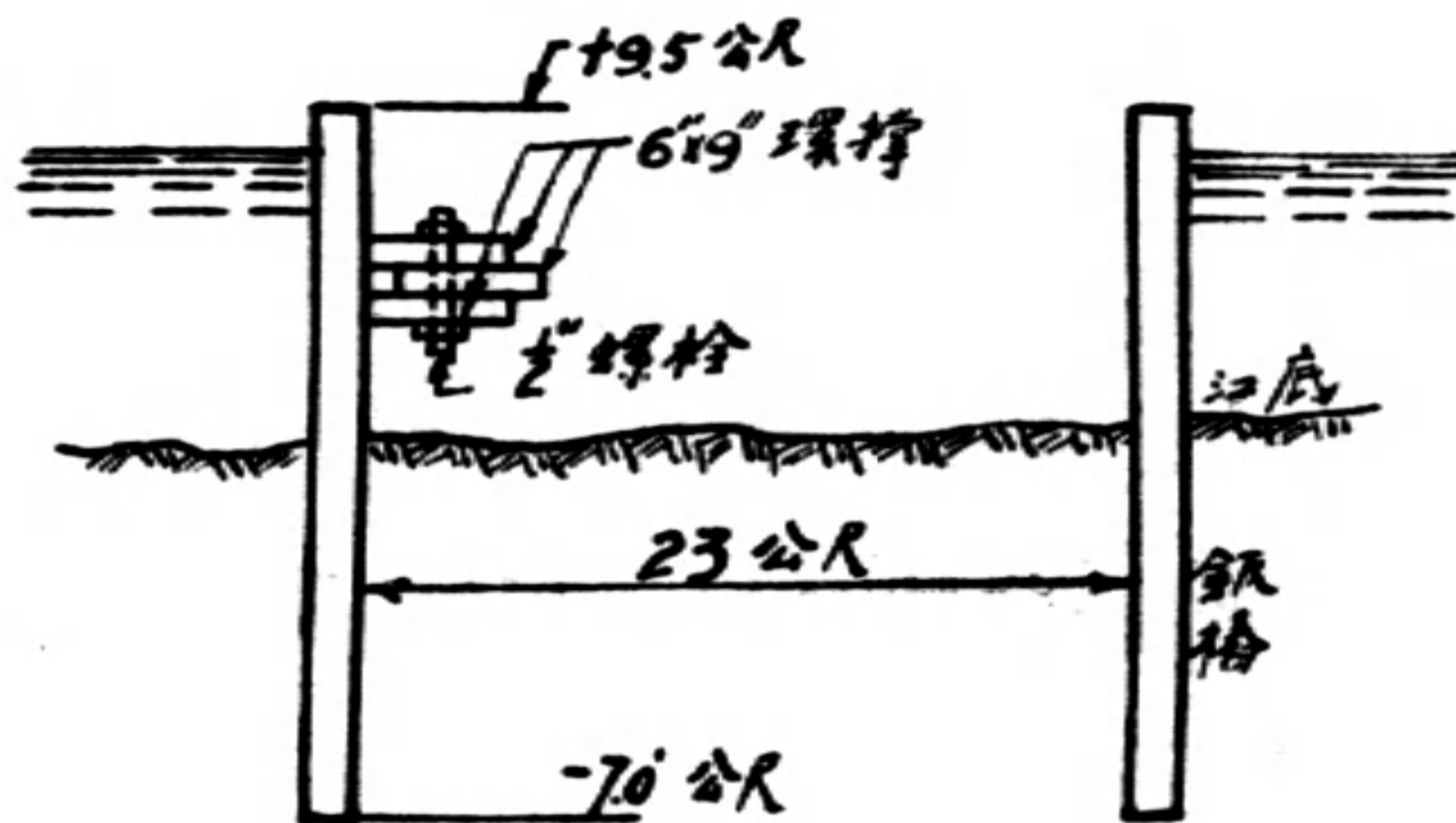
(一) 建堰用意 堰築成後，積水抽乾。將鈹樁間接縫，用油灰麻絲嵌密，無使漏隙，然後挖掘浮泥，將土夯實，再鋪填石塊。次就地安裝木料模板，澆築墩腳氣箱，俟混凝土堅實後，拆去模板，工人入內挖土，隨築上部墩牆，至相當高度，然後引入江水，與堰外水面齊



平時,即將板樁全部拔去,然後用氣壓法,將氣箱沉至石層為止。

(二) 板樁及支撐支計 堰之直徑至少須為23公尺,板樁頂高度為+9.5公尺,江底高度+3公尺,板樁腳高度必須為-7公尺,故決採用17公尺之賴森三號板樁,每堰計需184根。於高度+6.5公尺處設環撐一道,即可支持全堰,因堰內水抽乾時所承受之堰外水壓力。

計算結果,須用三層6"×9"×10'—6"橫木,連結平置板樁裏緣,再用 $\frac{1}{2}$ "螺栓貫夾之(第一圖)。



第一圖

### (三) 打板樁工作

- (甲) 機件及工具 80呎吊桿,15噸起重之鐵壳浮船一艘,24噸 Mck. Terry 七號雙衝式氣鏈一只,蒸汽絞車一具。
- (乙) 板樁 每堰計需板樁184根。
- (丙) 圍堰中心點 用大三角法,測定所在中心點,即於其處擊下長樁三根,於三樁頂連合後,釘一小釘做定中心。
- (丁) 導架 為求板樁下擊垂直,及吻合所需直徑起見,故有一圓弧導架之必要。架為木製,高約7公尺,其外緣製成圍堰裏緣弧形,安設木排上,浮置水面。
- (戊) 打板樁步驟 用鋼尺從中心樁精確量出圍堰半徑,安置導架後,浮船吊桿,將板樁吊起,緊靠導架外緣,順流插下,用氣鏈略事衝擊,使入土數呎,能不被水沖搖即可。板樁須絕

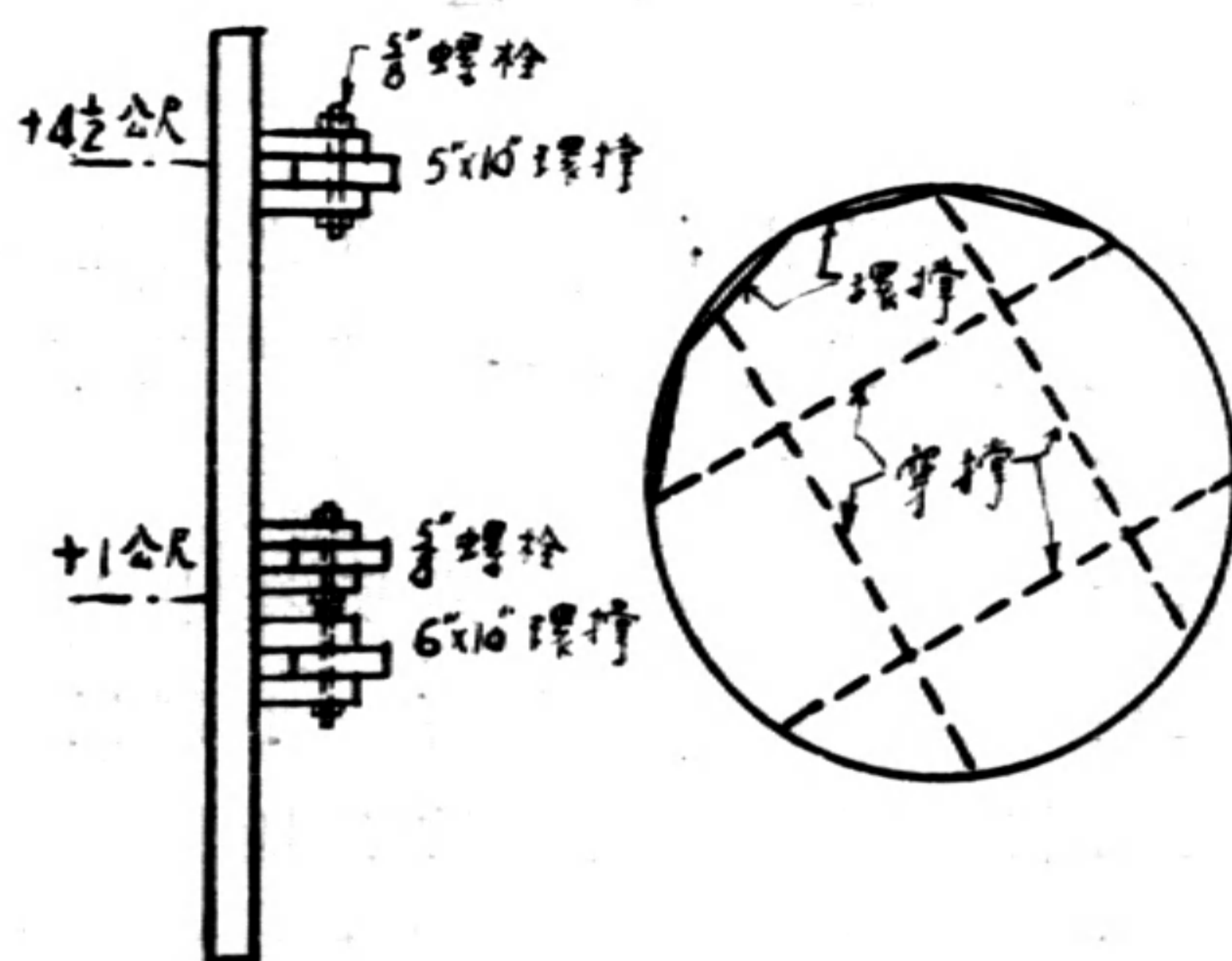


對垂直。迨及全部合口後，再用氣鎚逐一將每對釘樁擊下，至所需高度齊平為止。氣鎚與釘樁間，加以蓋頂(Cap Piece)。蓋頂有單式雙式兩種，備一根或一對釘樁鎚擊之用。

### 南岸引橋橋墩鋼釘樁圍堰

本橋橋址南岸，原係錢江沖積地層，其組合，全係泥土沙礫堆疊而成，且挖掘數呎，即有積水，故採用釘樁圍堰法。堰為圓形，有14公尺之直徑，釘樁採用賴森三號甲，每堰需108根。H墩用14公尺長釘樁，G墩則用15公尺長者。

(一) 釘樁及支撐設計 釘樁頂高度應為+6公尺，地面高度+15 $\frac{1}{2}$ 公尺，釘樁腳高度，於G為-9公尺，於H為-8公尺。計算結果，須於高度+1公尺處，設環撐一道，用5"×10"×7'-6"硬木六層，再於高度+4 $\frac{1}{2}$ 公尺處，安置三層6"×10"×7'-6"硬木環撐一道，始足維持堰之安全。環撐連結橫置釘樁內緣，再用 $\frac{5}{8}$ "螺栓貫穿之。此外再加12"×12"穿撐，交成井字形，抵住環撐(第二圖)。



第 二 圖

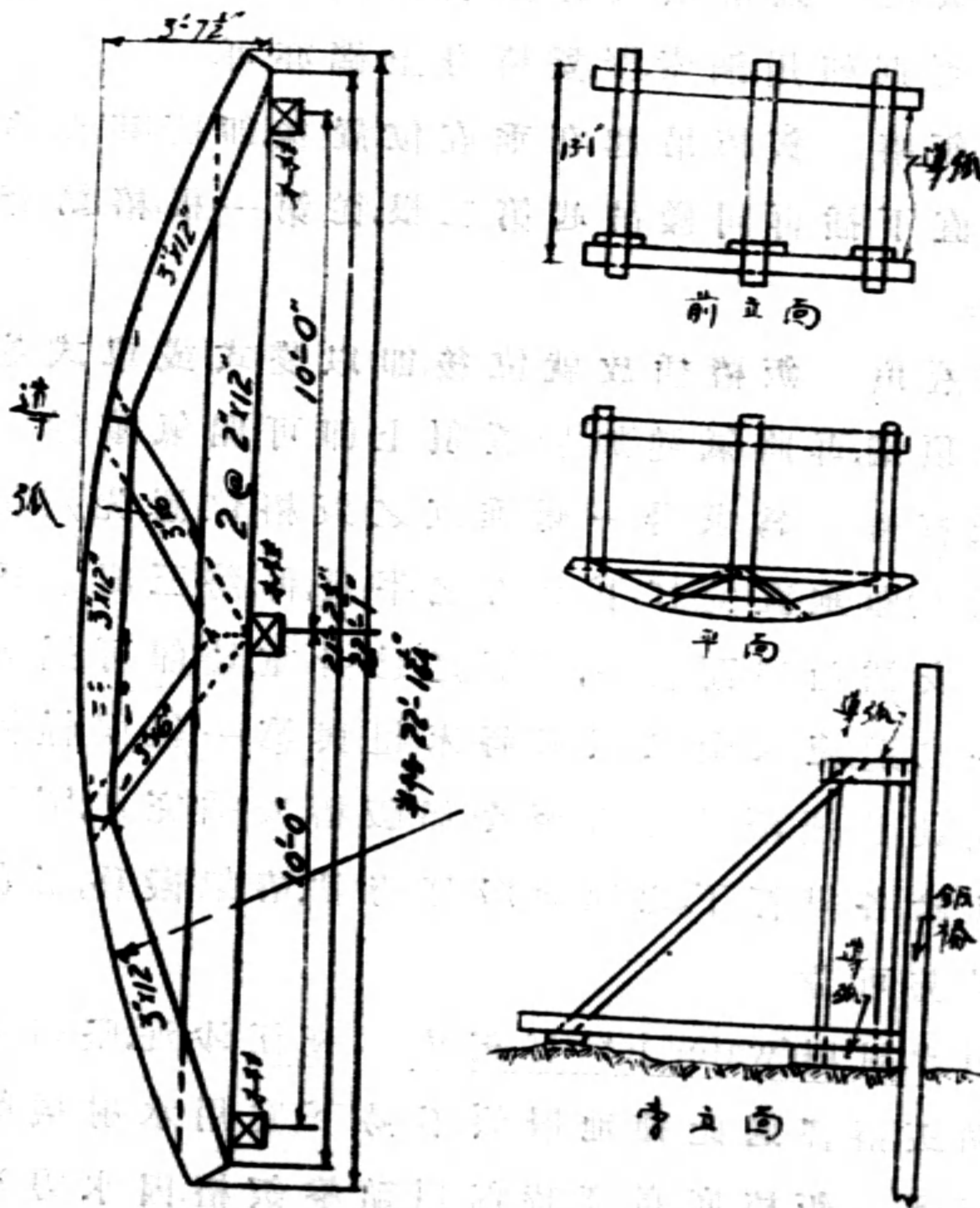
### (二) 打釘樁工作

(甲) 機件及工具 直立蒸汽爐一具，Zenith絞車一架，25公尺木架一只，6,760磅Mck. Terry 9P<sub>2</sub>雙衝式蒸汽鎚一只，單



式雙式蓋頂 (Cap piece) 各一只。

(乙) 導架 爲欲使板樁下沉保持垂直,故有設導架(第三圖)之必要架爲木製,以兩導弧(長度確等於圍堰六分之一)上下連結,成一堅架。導弧外緣,緊靠板樁裏緣,其高度至少須合板樁長度四分之一,始克保持垂直。乾地上打板樁,較水中爲難,雖有導架,仍須用經緯儀校正板樁之內外及兩側之偏側,以免差異。



第三圖

(三) 打板樁前之準備 鋼板樁因運轉周折,樁結 (Lock) 撞歪,或致充塞泥土,其阻碍打下甚鉅,故事先必將樁結內括洗乾淨,再塗以滑油,以減少磨阻力。樁身有凹凸處,更宜整理平直。導架之



偏斜,及打樁技能之不熟練,皆足使樁傾斜。防止之法,除隨時注意樁身插下垂直外,更須於樁之頂端,預以繩索四向繫結,一有傾斜,即可用人工拉正。他如隨時丈量導架外緣距圍堰中心之半徑,或用長弦法校準鈹樁與鈹樁間之距離,亦一良法也。

#### (四) 打鈹樁步驟

- (甲) 安置導架 從圍堰中心概,量出半徑,安放導架,務使導弧外緣,與鈹樁裏緣,適合而成一準確之圓弧。
- (乙) 吊起鈹樁 鈹樁頂端,有預鑽圓孔,則將鋼索穿繫孔內吊起之,否則即用鋼索,緊緊繫樁身上端亦可。
- (丙) 插放鈹樁 鈹樁吊起在垂直位置後,即將其裏緣,緊靠導架,垂直下插,再同樣吊起第二根,從第一根,樁結套入,順緣而下。
- (丁) 安放蓋頂 鈹樁插放就位後,即以雙式或單式蓋頂,安置鈹樁頂端,再將氣鎚加於蓋頂上,即可開氣擊鎚。
- (戊) 分級打樁 為求得一極垂直之鈹樁位置,先將第一組(每組二樁)極垂直的打下至樁之半長,再將三組或四組鈹樁,絡續安插。如地面鬆軟,藉樁之己身重量,即可插入,否則稍擊一二鎚,使入土二三呎。將末組與第一組同樣極垂直打下,用此法連續進行,直至全部鈹樁,安插完竣,圍堰合口,再將其餘各組打下。此種分級打樁法,樁架搬移,稍費時日,然結果甚可靠。

(五) 用水射機(water jet)打鈹樁 錢江沙泥,堅韌異常,俗稱為鐵板沙。鋼鈹樁經過此種地層,頗不易下,爰用水射機輔助氣鎚。法將射水管,到達鈹樁底高度時,即用鎚擊鈹樁,因水力沖散底部泥沙,鎚擊下降,而射水管亦隨之而下,直至鈹樁擊至所需高度為止。

水射機為 Worthington Vc 臥式雙桿水泵,尺寸為 10"×6"×10",即氣缸直徑 10 吋,水筒直徑 6 吋,衝程 10 吋。最高氣壓可達每平方



吋 250 磅,出水量爲每秒 170 加崙,衝桿速度爲每分 58 呎,即等於每分 35 轉。

### 結 論

每座圍堰完竣實需日期,計一號橋墩 25 日,十四號墩 8 日,十五號墩 8 日,G 墩 50 日,H 墩 65 日。工作效率視入土深度及地質情形而定,而工人手技之熟練與否及機件之效率,亦有影響。

單衝式較雙衝式氣錘效果爲佳。最好圍堰合口前之插樁,用雙衝錘,迨合口後之送下工作,則以單衝式爲之。但此就本橋圍堰得結所果而言,不能一概而論。





## 錢塘江橋鋼板樁圍堰被冲毀後之打撈

卜如默

孫植三

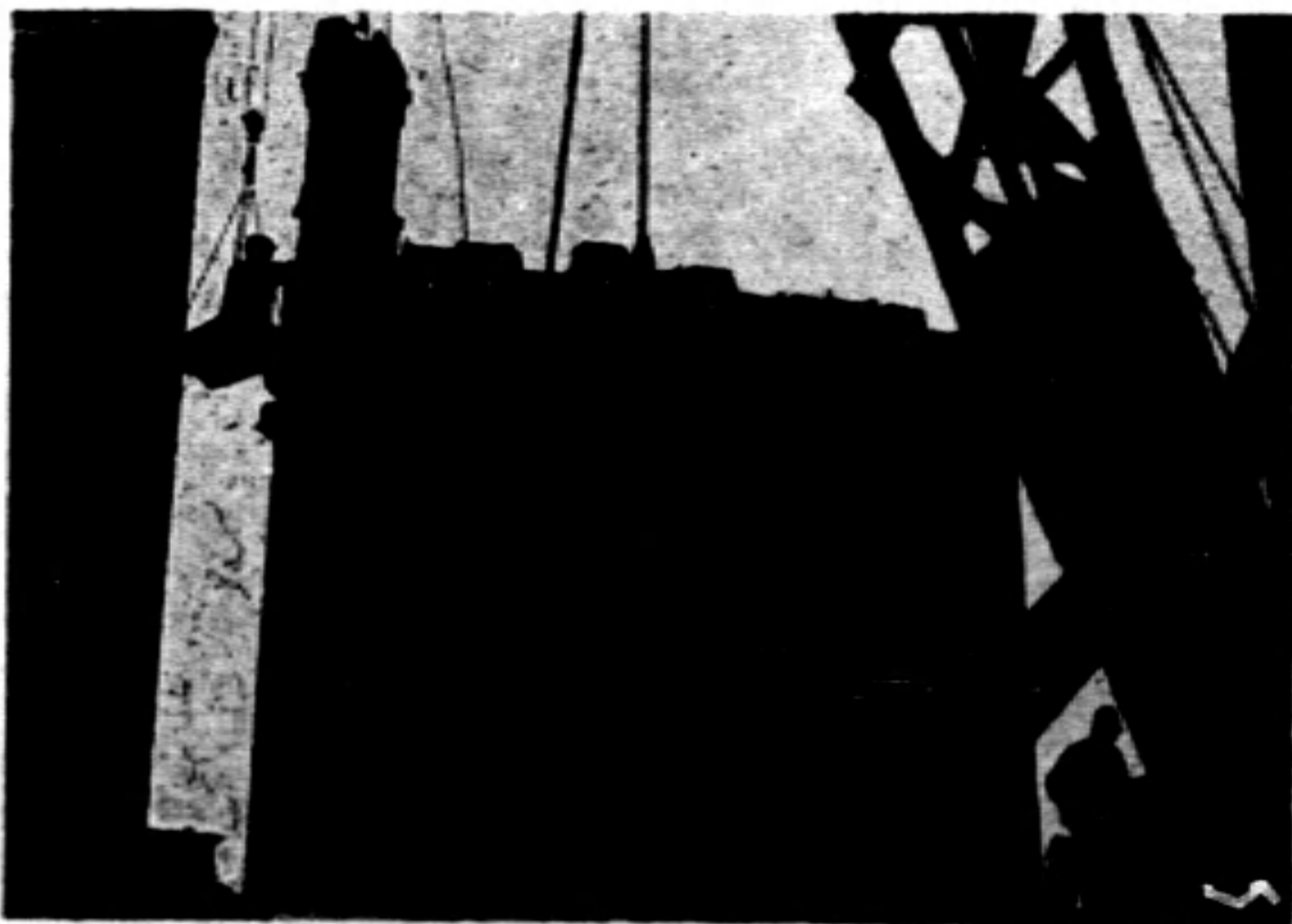
### (一) 第十五號橋墩鋼板樁圍堰工作

圍堰圓形，用賴森第二號鋼板樁，長10公尺者築成，直徑20公尺，共計184根，用浮船吊桿將鋼板樁插入木製弧引導架，以鋼尺自中心樁量出半徑，核對準確位置後，即以雙衝式汽錘（麥肯納第七號，5600磅）擊下，打至樁頂高度+9公尺為止，入土約5公尺（河底高度+4公尺）。自二十四年三月八日打起，至十五日全部打竣，為時僅八日，每日最速打44根，最少2根。參閱圖（一）。

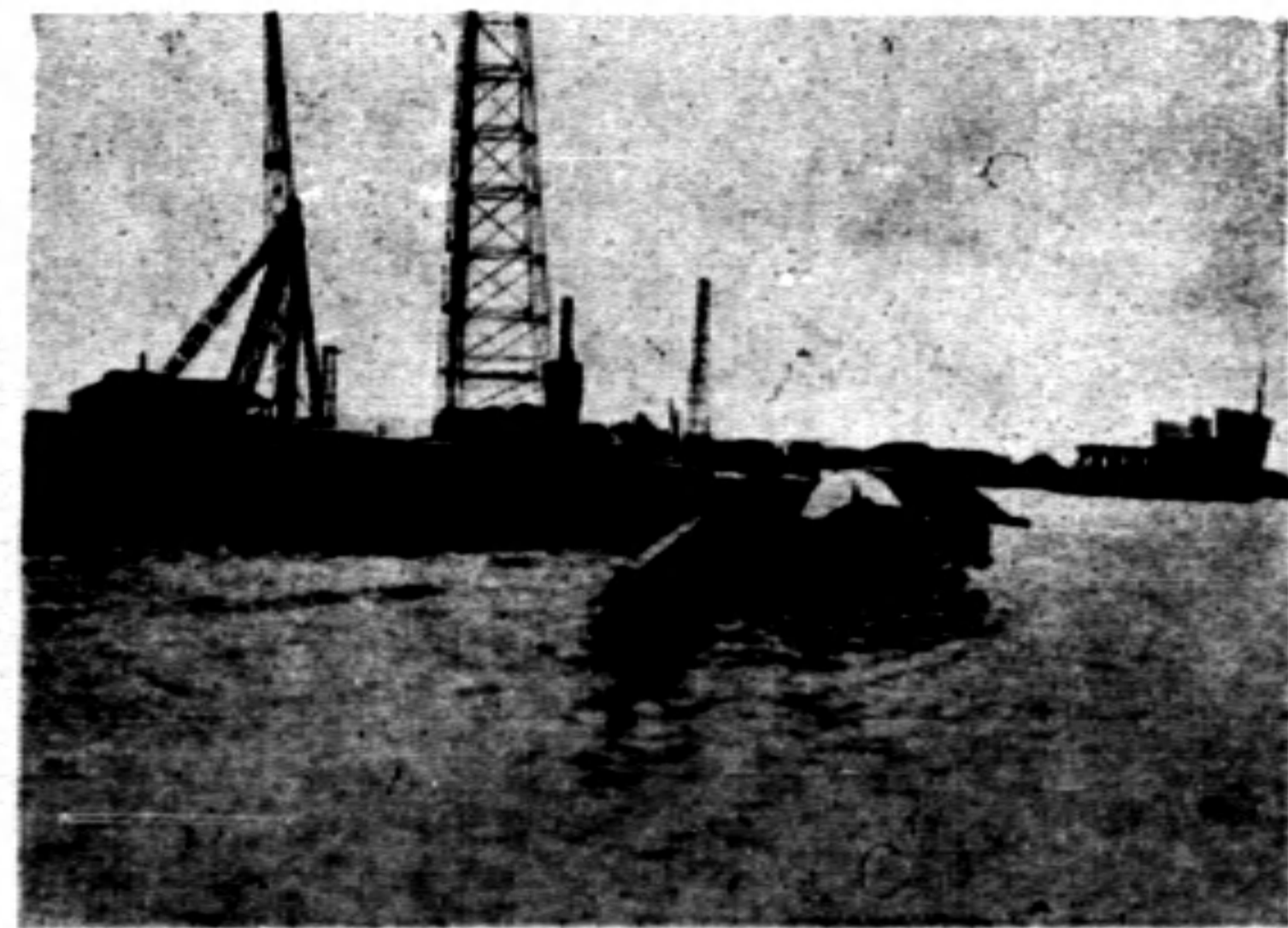
鋼板樁圍堰既成，乃開始填土。填畢即裝設抽水機二具，日夜抽水，併一面在堰內敷鐵軌，將四十公尺高之鋼架打樁機裝置上，以備打樁。

### (二) 鋼板樁圍堰被大水冲毀情形

二十四年五月底大雨，水位驟增，江流湍急，其勢至猛，河底雖



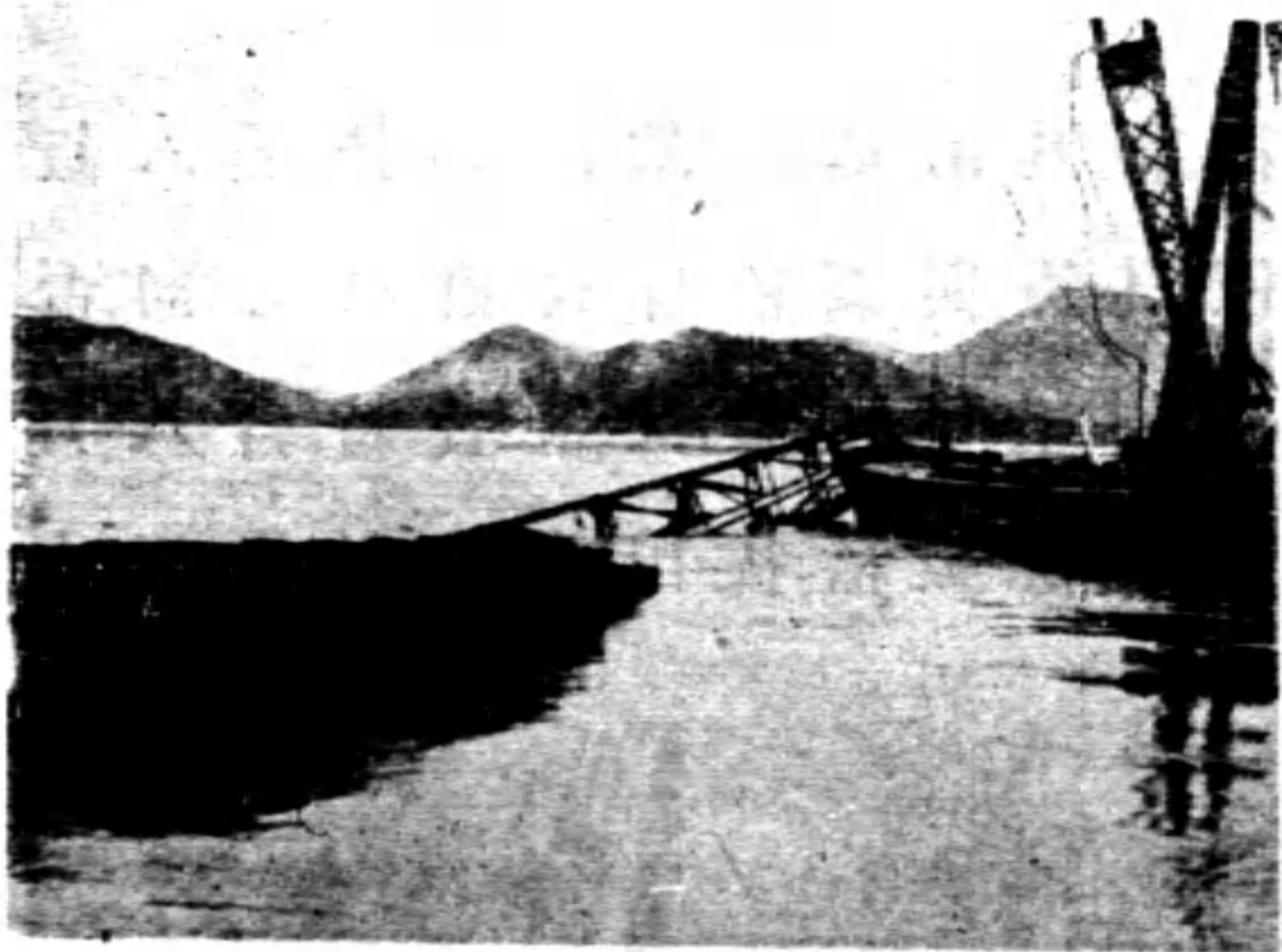
圖（一）打鋼板樁圍堰之情形



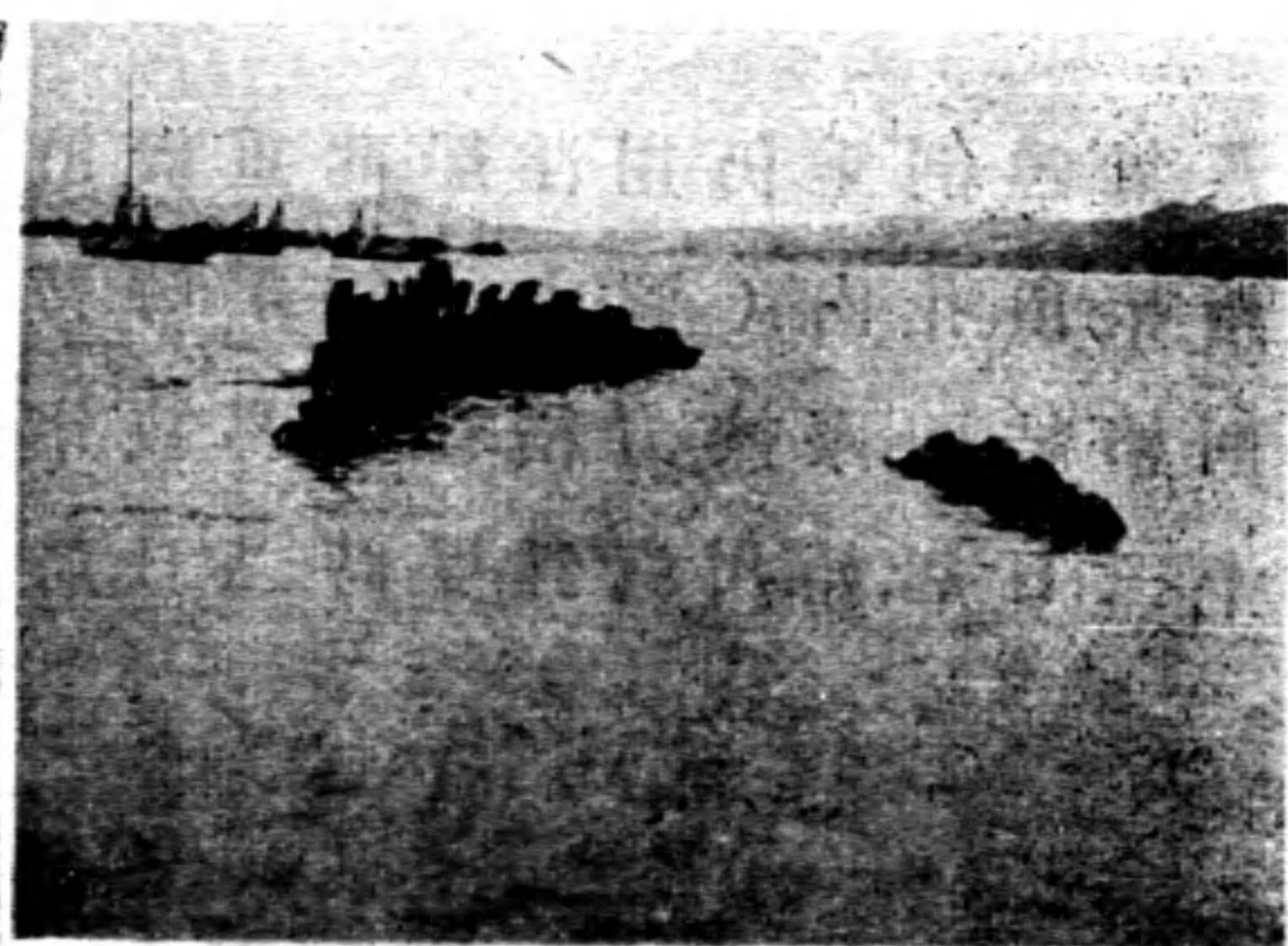
圖（二）水流湍急圍堰危險之情形



經冲刷，圍堰仍屹然未動。爲求安全計，更投多量石塊於圍堰外邊四周，以防冲刷，而鞏固堰基。六月十九日至二十三日，第二次雷雨連綿，歷時五日不止，於是山洪暴發，洶湧而來，又值潮汛未退，水位激增，至+8.70公尺，創是年最高之紀錄，而江流湍急，尤爲稀有。圍堰面積偌大，實足障礙流路。雖於冲刷江底之時竭力救護，卒歸無效。六月二十四日，圍堰西部飯樁陷落數尺，時打樁機高立堰內，卽有傾斜之勢，甚爲危險。經用鋼絲繩將其上部繫緊於鋼飯樁上，暫時得告無恙。二十五日起，忽又大雨傾盆，歷二日未止，於是水位再增，水流更激。二十七日圍堰東部飯樁亦告陷落，此時以江底被沖鬆動，上部土方崩裂下沉。二十八日晨五時，此屹立江中之打樁機遂突然傾倒（參閱圖二及三）。



圖（三）打樁機傾倒江中



圖（四）露出水面之鋼飯樁

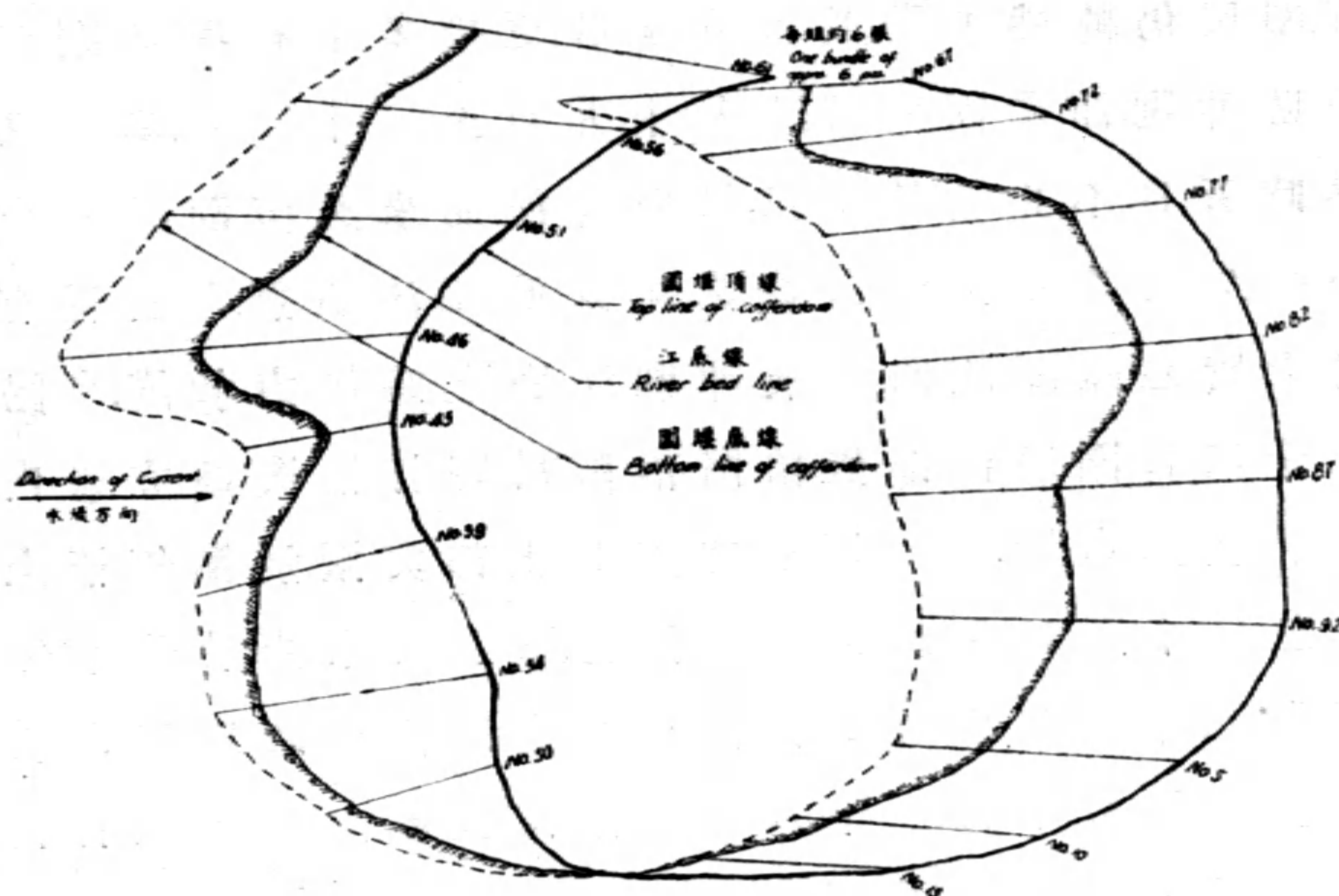
### （三）鋼飯樁沉陷江底之探測

鋼飯樁圍堰沉陷江底，除少數樁頂露出水面外，其大部份均已傾倒泥中（圖四）。欲知其傾倒情形如何，以備起拔之參考，必須探悉其沉陷江底狀況。爰遣潛水夫入水探摸，測量飯樁倒斜狀  
船上紀錄（參閱圖五）。

### （四）鋼飯樁打撈之經過

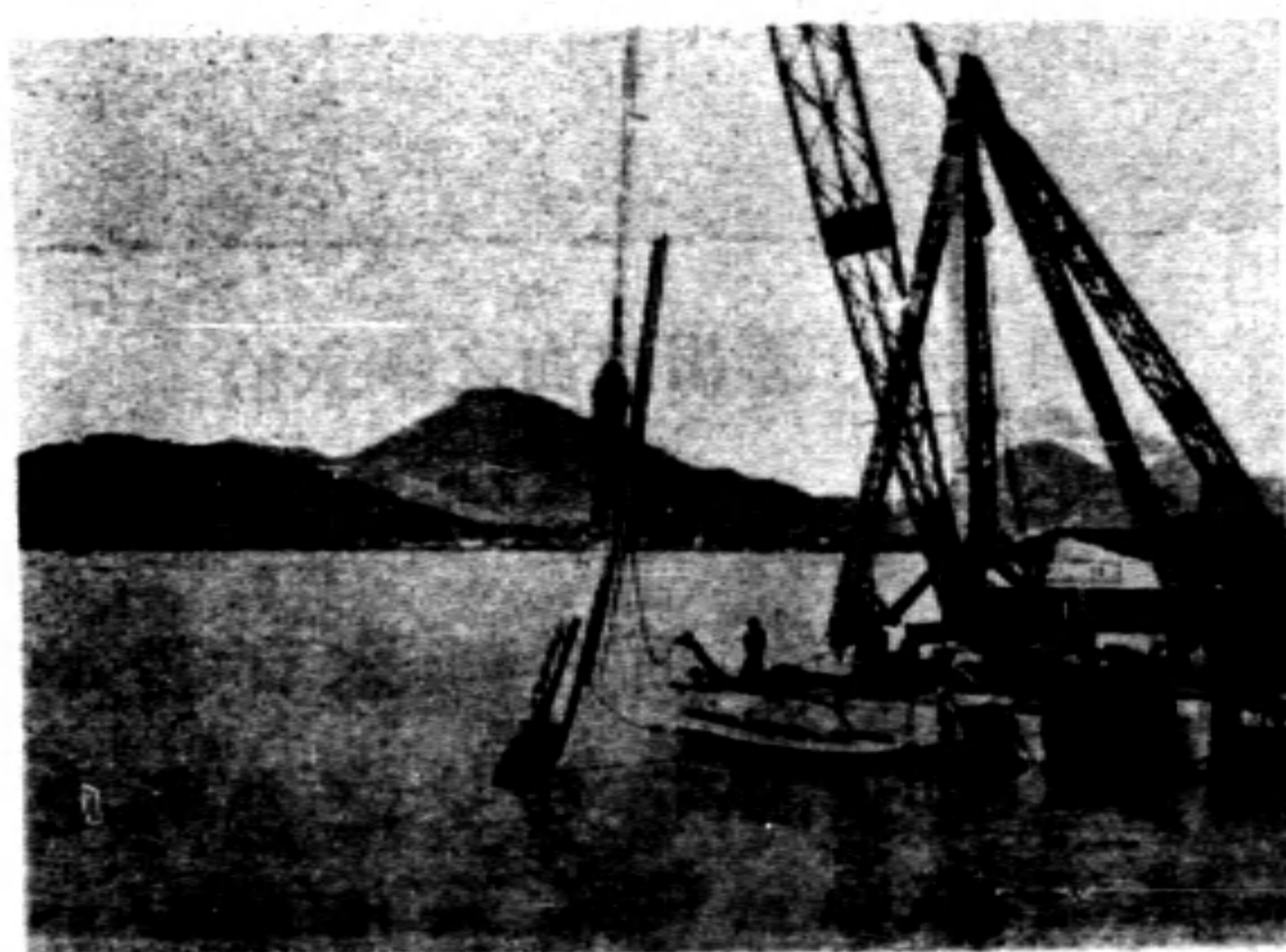
二十四年八月初，始以浮船起重機拔樁。然鋼飯樁傾斜殊甚，根根繫聯，起重機不易拔出，致無結果。乃以麥肯納第九號雙衝式



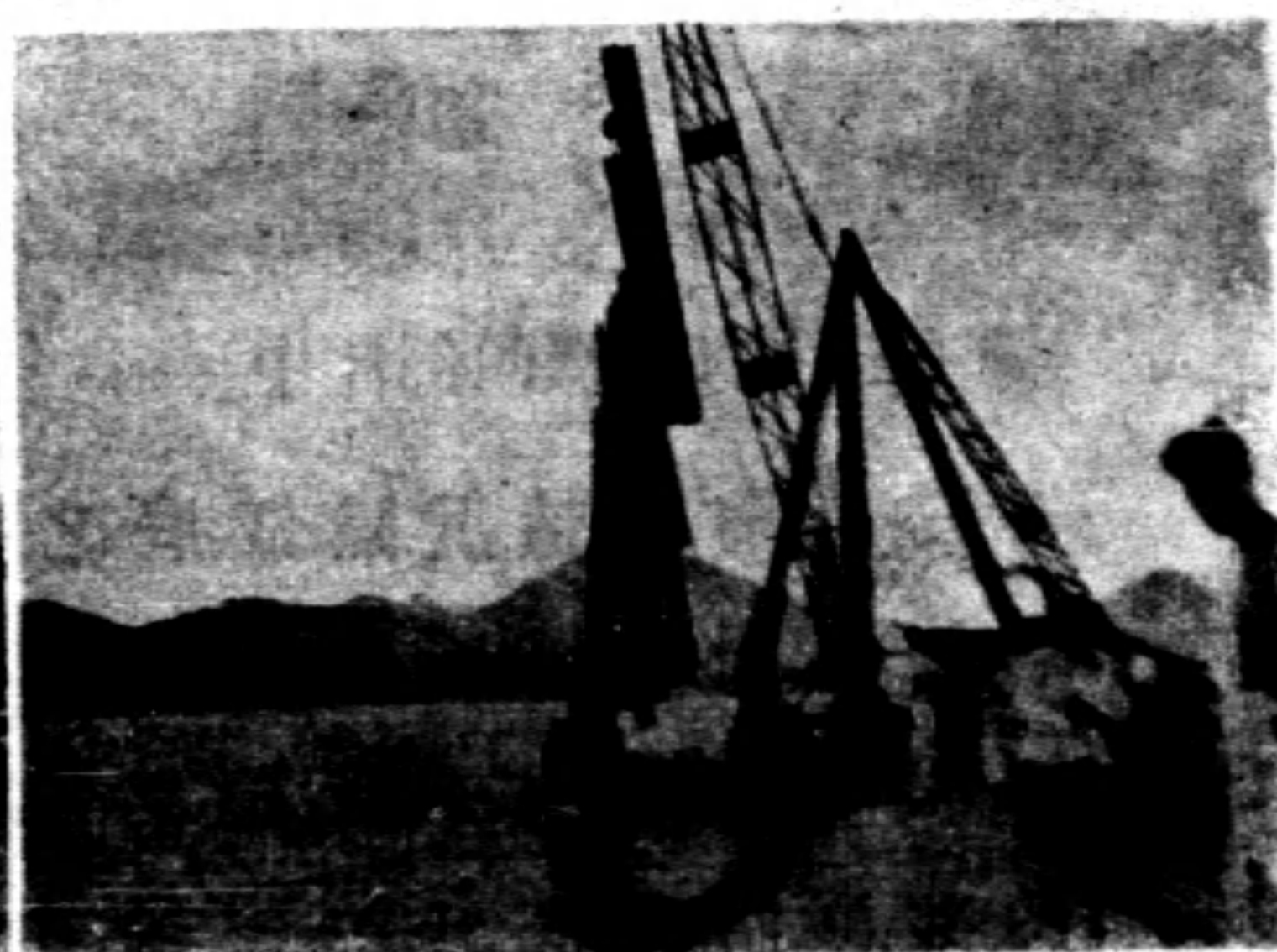


圖(五)鋼釘樁沉陷江底平面圖

蒸氣錘倒垂,仍用浮船起重機吊桿,將其吊起,一端以螺栓插入釘樁樁頂孔內(圖六),錘擊時務使汽錘與釘樁保持直綫方向,否則樁結間摩擦力橫生,不易拔出,因此工作困難,又甚費時。自八月十三日起,始用汽錘,歷時二日,將第一根釘樁拔出。其次數根,以入



圖(六)汽錘擊拔釘樁

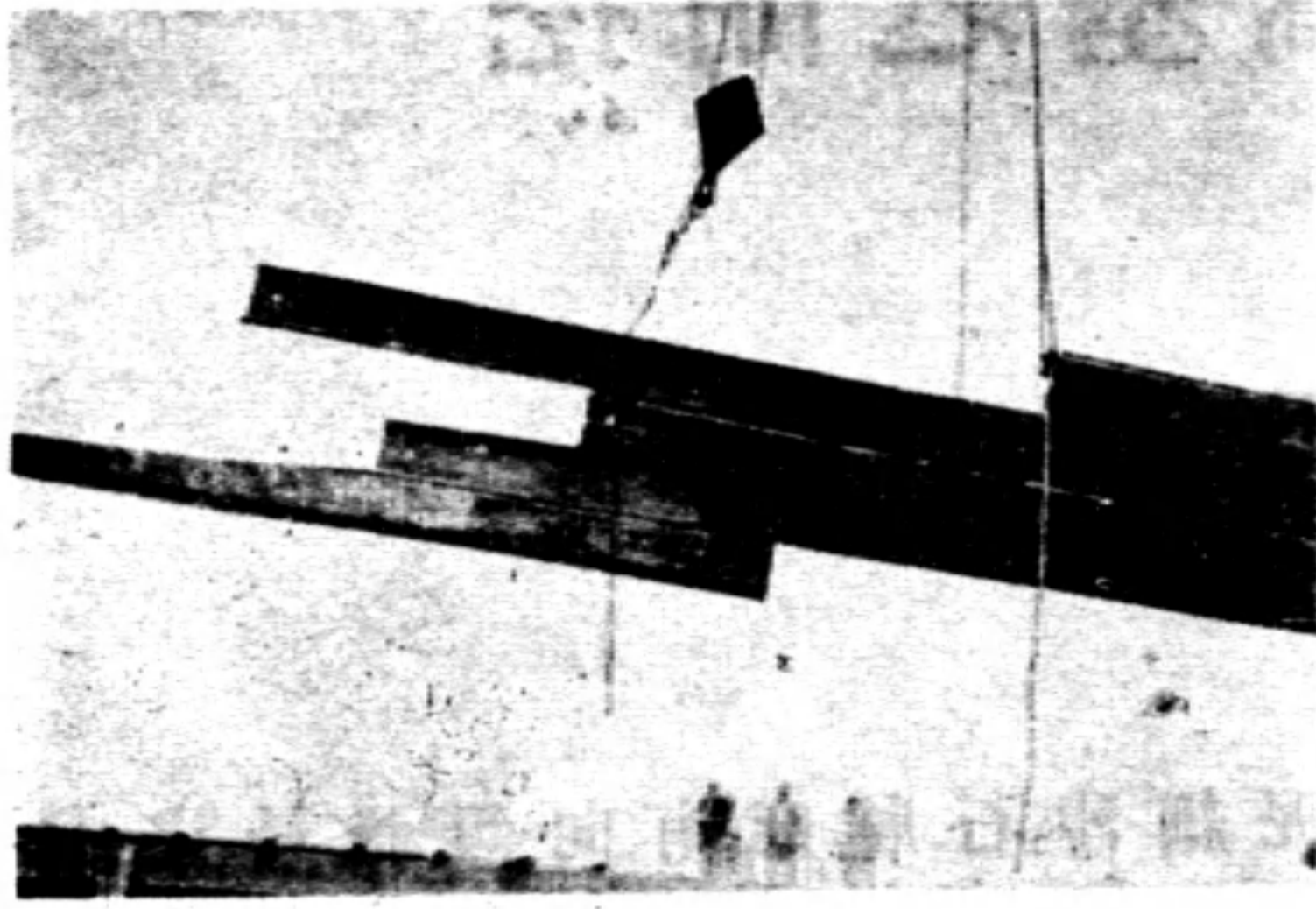


圖(七)釘樁左右聯繫拔時聯成一串

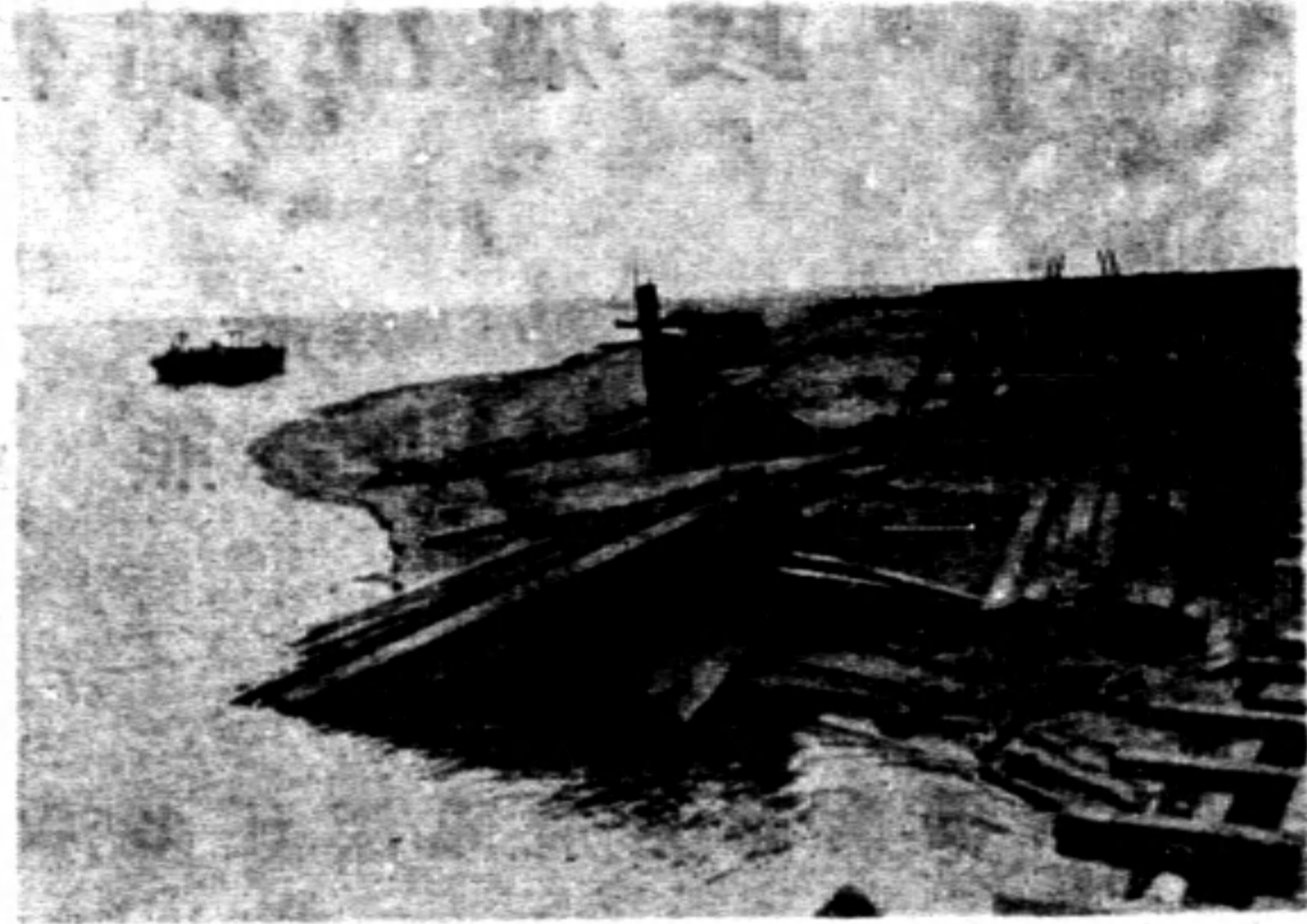
土不深,底部殊為鬆動,用汽錘打擊,反使前後擺動,不易拔起,故祇用起重機將其慢慢拖出。其在水中較深者,須派潛水夫入水工作,探測釘樁傾斜之方向。大部釘樁,或橫臥泥中,或灣扭不堪,即用汽



錘極力打擊,卒以泥土黏著力太大,或汽錘與鈹樁方向不能一致,有時工具損壞,有時鈹樁因左右聯繫,拉起聯成一串(圖七),而



圖(八)鈹樁吊出時情形



圖(九)鋼鈹樁拔出後堆置岸上

機船起重機又不能勝任。後以大機船加入助拔,該船起重力達140噸之譜,故同時能舉鋼鈹樁數十根,是以剩餘之九十五根鈹樁於六日內,即悉數拔出(圖八及九)。



# 錢塘江橋橋基之開挖

熊正瑛

本橋橋基土層頗深，且多淤泥細沙。石層則南向傾斜，最淺處在北岸，位於地面下約十呎，最深處在南岸，位於地面下百數十呎。故北岸引橋之北端六墩， $F_{1E}$ ,  $F_{2E}$ ,  $F_{1W}$ ,  $F_{2W}$ ,  $D$ ,  $E$  等，石層既高，乃採用開挖方法，過此而南， $C_1$ ,  $C_2$  兩墩，以石層漸深，遂先行打樁，繼以開挖。南岸引橋五墩皆同之。

北端六墩，進行尚稱順利， $F_{1E}$ ,  $F_{2E}$ ,  $F_{1W}$ ,  $F_{2W}$  四墩，以通常開挖之坡度進行，深約十呎，即抵石層。惟石層不平，曾就其傾斜之勢，以人工鑿成階形，填以1:4:8之混凝土，使其高度相若，再行澆築橋墩。 $D$ ,  $E$  兩墩略深，掘至20呎始抵石層。掘土既深，坡度稍大。惟石層亦極不平，西北淺而東南深。淺處施用轟炸，深處護以單層合口之木板樁，繼續挖掘。石層全露，然後鑿成階形。時地下泉水流沙，滲透殊甚，於是一面抽水，一面填封混凝土。

$C_1$ ,  $C_2$  兩墩下有承樁，入土十餘呎。挖掘工作，僅須到達樁頂下一二呎而已。惟以地土鬆濕，亦多泉水流沙，四旁泥土，自下內滲，於是塌陷之。遂仍用木板樁圍築一堰以護之。且為使基地堅實起見，樁頂之間，曾先置碎石一層，厚約一二呎許，夯實之後，接築墩脚。

南岸情形稍異。緣南岸各墩處多為江湖淤積而成，泥沙固深，流沙又所在皆是。靠南端之三墩，掘時均甚困難。極南之 $J_1$ ,  $J_2$  兩墩，下有承樁，所需挖掘之工作亦僅十餘呎而已。但掘至近樁頂處，即多流沙滲湧，不易深入。於是圍打板樁，單層合口，長十呎，入土八九



呎，乃四周泥土之黏着力極微，一若毫無靜休角者然，故場陷時有，開挖之面積增大甚速。板樁因外受土壓，向內傾倒。板樁既傾，遂多隙縫，流沙復自板底及四角滲透。日夜抽水與挖掘工作兼施，效果仍少。板樁內加裝支撐，反向外傾。終於全部拔去，依內傾之斜度重打合口板樁，密加支撐，始得繼續抽挖至樁頂下兩呎處。斯時急以 1:2:4 之混凝土搶快封填，方告完成。I 礮處挖掘工作亦與上述情形相似。



# 錢塘江橋之護墩蓆

李 洙

(一)護墩蓆之重要 據四年來錢塘江水文測量之結果,江底變遷甚大。六七月梅汛之期,江斷面刷深。自九十月以後,漸漸淤漲。民國二十四年之內,大汛不過四五次,總共不過二十日,而江底變遷竟達四十呎之深度,江底土質之鬆散及江流冲刷之威力,誠不能忽視之。其與大橋之關係,尤重要者:

(一)橋墩築成之後,江流斷面變窄,流速增高,冲刷力增大,則江底變遷更甚。

(二)水流正急,忽'衝擊'探墩,致成旋流,橋墩附近所受冲刷更顯。

(三)氣壓沉箱,下沉之際,廢餘壓氣由沉箱四週溢出,鬆動泥土,如適遇大汛之期,沉箱甚為危險。

為求興工時安全,與橋墩鞏固,用柴枝製蓆,沉奠於江底,蓆上壓以大塊石,成護墩蓆。蓆長 100 呎,寬 120 呎,厚約 3 呎。

## (二)材料及設備

(一)山柴樹枝,為主要材料,採自錢塘江上游七里隴一帶。柴枝大小約一吋,長約五六呎,採來時已捆成束,每束約六七吋,重約十斤。

(二)毛竹作竹龍,置於全蓆之下層,利用其浮力,並強固全蓆。

(三)蘆葦用於竹龍之上。

(四)鉛絲及草繩,捆紮竹龍及柴龍等。

(五)大塊石亦為主要材料,用量甚多,視地勢情形而定。



(六)小木樁為臨時工具,大小約3吋,長約5呎。

(七)90呎長圓同木樁,用作木排漂浮全蓆之臨時支撐。

(三)製造 (甲)預備工作

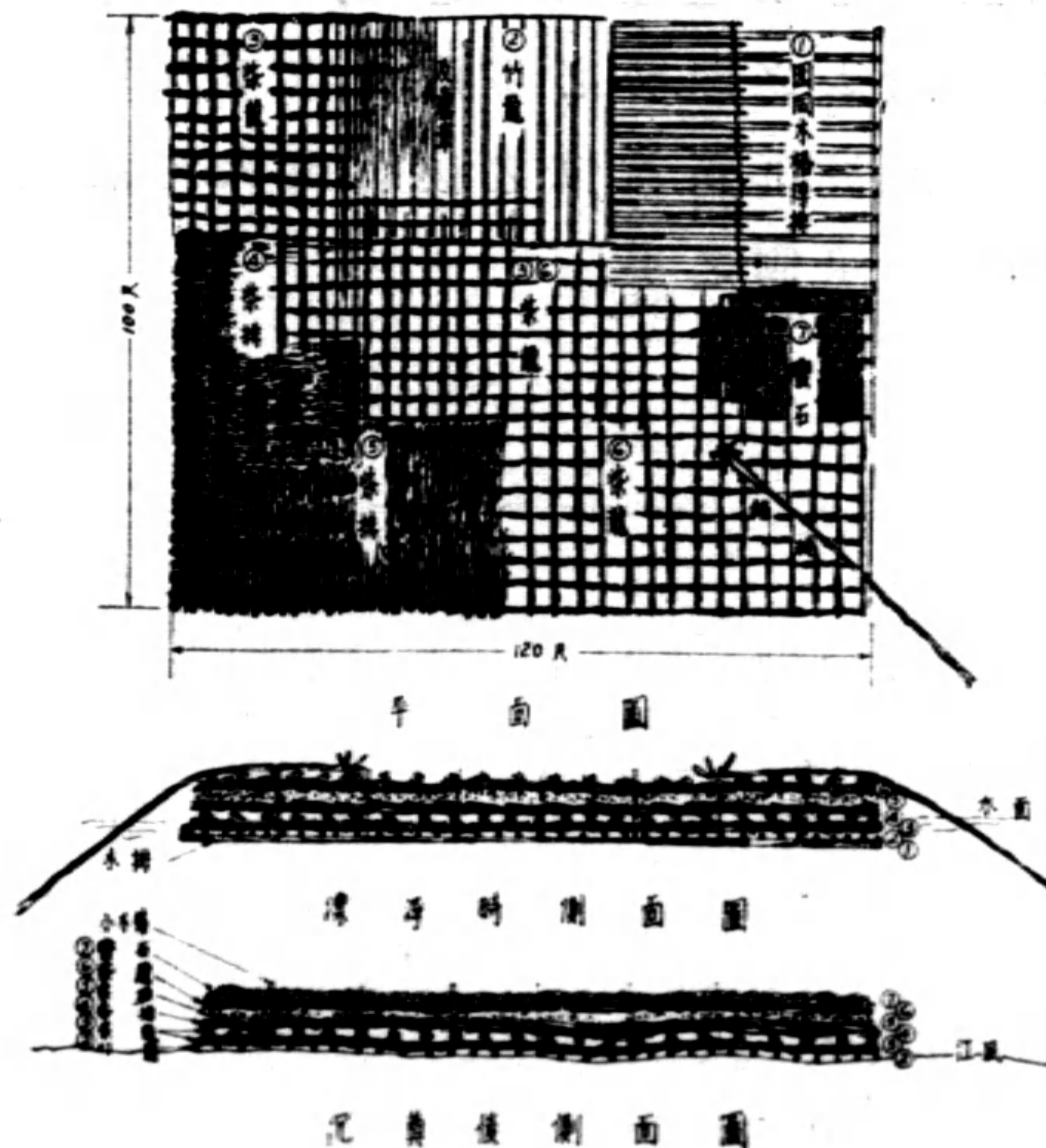
(一)竹龍 合三四支毛竹,每隔10吋紮以鉛絲,連續至120呎或需用之長度。

(二)柴龍 合山柴順序,用鉛絲捆緊成6吋徑之柴把,連續至100呎及120呎之長度,其形如龍,故名柴龍。

(三)木排 擇近江岸水深適宜之處,將漂浮之圓同木樁排列成行,兩樁顛倒,間隔3尺,用繩索連成與墩蓆略大之木排,為蓆之浮座。

(乙)柴蓆之製造 於預備工作完成之後,即可開始製蓆,木排之上第一層鋪竹龍,縱橫兩層,間隔約3尺,空間填以蘆葦。

竹龍之上為第二層,列柴龍,間隔亦3尺,縱橫亦兩層,於每十字交接之處串以小木樁,紮以草繩,繩之一端留出4尺,預備連緊



護墩柴蓆略圖



最上一層之柴龍。

柴龍之上鋪柴把，為第三層。柴把橫列，每把靠緊，用脚力壓實，枝向上根壓下。每縱列之柴把搭接約 3 尺。須注意緊密及厚度一致。全蓆之中間，須留與沉箱底座之空間，不必滿鋪柴把。

第三層之上，照樣縱鋪柴把一層，此為第四層。合此二層，為全蓆之主要部份。

柴把之上列柴龍，間隔 3 尺，縱橫二層，交接之處用第一層預留之草繩索接。如此上下成爲一體，小木椿可以取下。擇五六支小木椿，訂入蓆之四角內，成四小組之梅花椿，用以連結錨繩。

**(四) 沉奠** 墩蓆完成之後，即須用汽船拖至橋墩位置，下錨穩定。再經測量俾就準確之地位。隨由潛水夫入水，解除木排之繩索，用汽船將木椿一一由蓆下拉出。此時墩蓆只藉毛竹及蘆葦之浮力，然已入水漸漸湮沒。當由備妥之石船投石下壓，同時解散錨繩，更投大量之塊石，使全蓆漸漸沉奠於江底。施工時宜擇潮汛較小之時期，且各項工作必須迅速，如一延遲，山柴吃水，本身失去浮力，而適於木排半邊除去之際，勢必半蓆先行下沉，而難完整矣。

墩蓆既沉奠，復於沉箱就位之後，再投大塊石於箱之四週，則可免江底沖刷，氣箱傾側之虞。



# 錢塘江橋橋工測量

李文驥

## (一) 橋址選擇

錢塘江橋接連鐵路及公路，其建築地點，自應以接近城區為宜。南星橋距杭州市區較近，且為渡江碼頭，若可建橋，自屬便利，惜該處江面遼闊，江流無定，潮水影響亦較大，建橋經費恐嫌過鉅，故選定開口滬杭甬鐵路終點為建橋地址。其地江面較狹，河身穩定，且正對虎跑山谷，於聯絡鐵路公路路線比較便利，從形勢及經濟兩方面觀察，均最適宜，是以工程處即在此地開始測量，選定最適當之位置，樹立標幟，為橋址中線(圖二)。

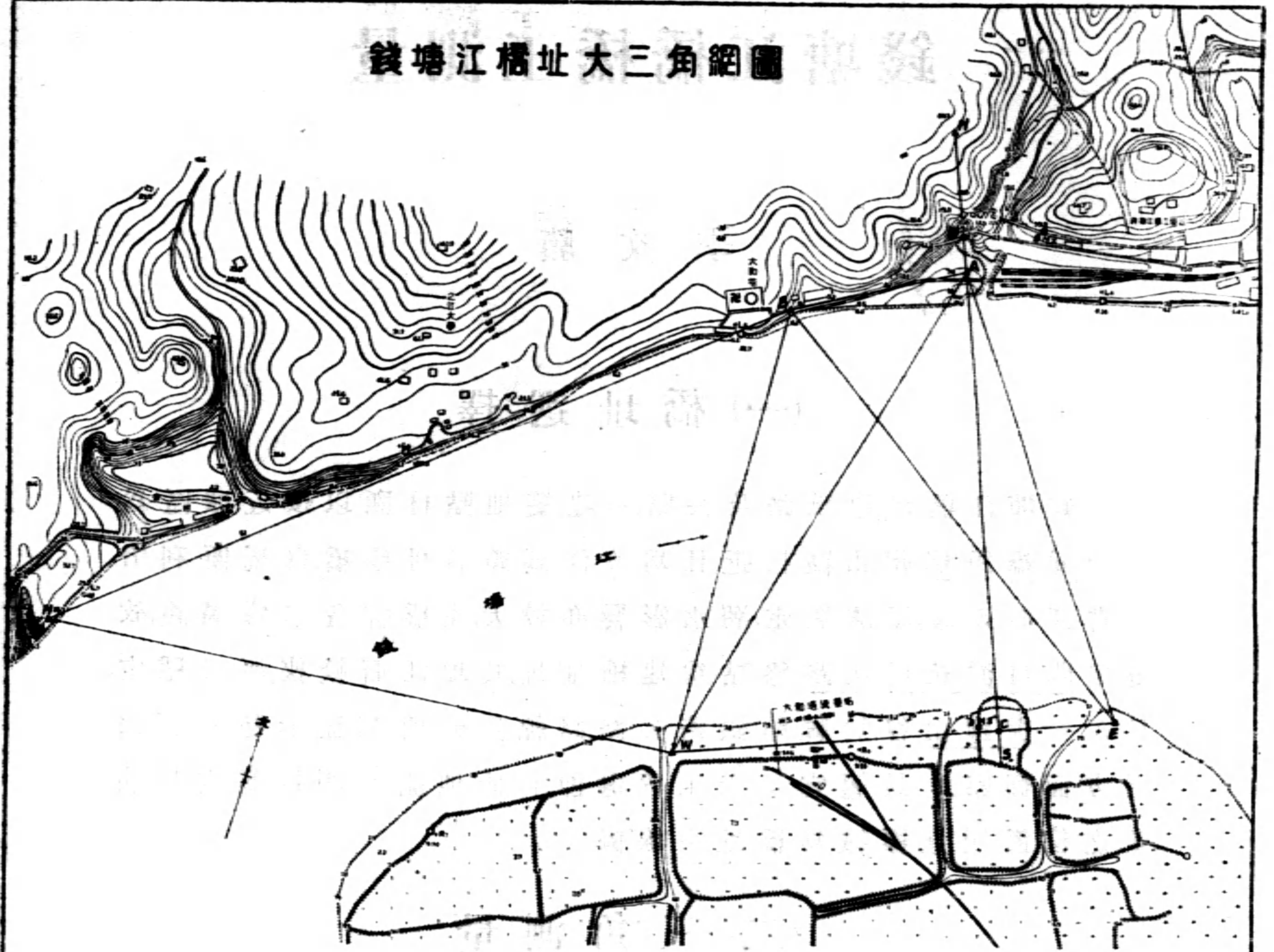
## (二) 三角測量

(一)選點及設標 大橋中心線勘定後，即在江之兩岸選N.S兩點，作為中心線之根據(圖一)。N點在北岸山上，地位甚高，俯視全橋最為清晰。S點在南岸土堤上，亦係最適宜之位置。又為便利測量起見，於N.S線上增設M,A,C,三點，然後在江之南岸選一基線E-W，長約1250公尺，略與中線成直角，再在北岸選一基線AB，長約450公尺。又在橋址上游約二公里處，徐村附近江邊山上，選H點。由此點之視線與大橋中線大致成直角，計所選三角點共9點，成三角網，包涵面積約2平方公里。

各基點均用混凝土築成二呎半方，三呎高之石標，中設標心，



錢塘江橋址大三角網圖



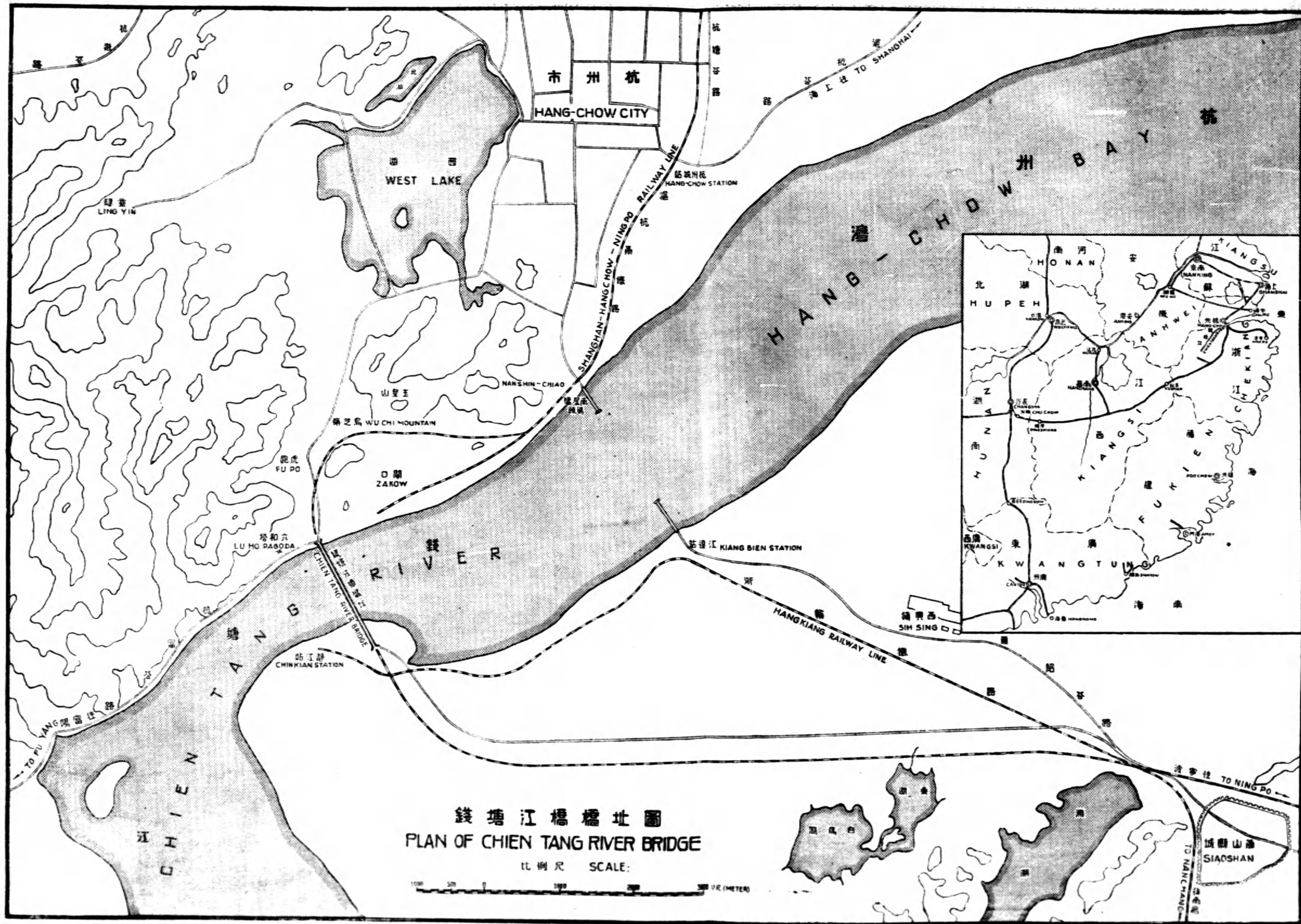
| 角 度 |                |
|-----|----------------|
| BAW | 45°-54'-42.22" |
| WAC | 36°-18'-46.50" |
| CAE | 15°-55'-57.34" |
| WBE | 55°-59'-15.39" |
| EBA | 64°-12'-15.69" |
| ENA | 55°-48'-52.41" |
| ANB | 45°-55'-43.70" |
| AEB | 16°-38'-10.25" |
| BEW | 55°-26'-05.50" |
| ACE | 09°-59'-30.91" |
| ACW | 38°-00'-21.09" |
| HBN | 57°-47'-54.09" |
| HNS | 34°-10'-21.49" |
| BHN | 34°-01'-44.42" |

| 邊 線      |            |
|----------|------------|
| 觀音基線 E-W | 1,250.7358 |
| W-C      | 900.046-   |
| C-E      | 549.009-   |
| 支岸基線 A-B | 452.431-   |
| A-M      | 115.221-   |
| C-S      | 100.061-   |
| 觀音中線 A-C | 1,225.685- |
| A-S      | 1,525.744- |
| H-B      | 2,214.477- |
| H-W      | 1,704.040- |
| A-E      | 1,230.611- |
| A-W      | 1,521.199- |
| B-E      | 1,404.649- |
| B-W      | 1,202.543- |
| H-A      | 305.472-   |

| 基 点 高 程     |          |
|-------------|----------|
| A           | 9487.0   |
| C           | —        |
| N           | 8370.0   |
| E           | 8169.0   |
| S           | 9911.0   |
| B           | 9722.0   |
| B. M. No. 1 | 11,303.0 |
| B. M. No. 2 | 9439.0   |

圖(一)





錢塘江橋址圖  
 PLAN OF CHIEN TANG RIVER BRIDGE  
 比例尺 SCALE:



上建杉木三足架，高出地面約一丈餘，中樹標杆，其頂尖高出地面約二丈。木架塗白油標杆塗紅白油。標杆與石標之中點用經緯儀測勘，使其相合。

(二)基線量度 在基線上每距離25公尺，釘木樁一枚，各樁頂高度用水準測量，使其等高，或成均微之坡度，用標準鋼尺以9公斤拉力分段量度，附寒暑表紀錄，以備校正長度。南岸基線計量四次，北岸基線計量六次。經斜度及溫度之校正，其結果均以各次量得之平均數為其最近值(Most Probable Value)。三角網內其他直線之便於量度者，均用直接量度及校正之法，其地面障礙物較多，直接量度不能準確之處，則由角度觀測用三角法計算，其結果如圖(二)中所列。

(三)角度觀測 三角網內主要角度均經直接觀測，其程序如下：

第一組 經緯儀度盤對零，望遠鏡正向，觀測內角六次，讀度數一次。

第二組 經緯儀度盤不動，望遠鏡反向，觀測外角六次，讀度數一次。

第三組 經緯儀度盤不動，望遠鏡仍反向觀測內角六次，讀度數一次。

第四組 經緯儀度盤不動，望遠鏡轉正，觀測外角六次，讀度數一次。

每組讀數用六除，取其平均數，作為該組觀測之結果，然後綜合各組之結果，用最小二乘法校正之，作為所測角之度數，然後再校正各個三角形之角度。

(四)橋址中線計算 因南岸基線之長度及其位置最為適宜，故用為計算橋址中線長度之根據，依照南岸基線及校正三角形AWE之角度計算，求得中線AC之長度為1225.683公尺，又根據北岸基線及其他三角形計算中線之長度，作為比較，相差17公厘(約七萬分之一)。三角網內其他各直線之長度，均根據基線用三角法計算。

### (三)水準測量



(1) 水平標準係依照水利局所用之吳淞海面平均高度爲零點，由橋址附近水利局所立水準石標  $L_4$  及  $L_5$  測至本處白塔嶺下水準點第一號，高度爲 11.383 公尺，作爲標準。

(2) 第二步即根據第一號水準點施行水準渡江測量，兩轉點相距約一公里，用兩岸對測法，往復測量八次，經校正地球弧度及折光影響後，各次之結果相較，差數自 1 公厘至 11 公厘，取其平均數 9.439 公尺爲南岸堤頂上第二號水準點之高度。依此與水利局南岸水準點校對，相差不多。

(3) 南北兩岸水準標點既定，即根據此兩點測定南、北岸各三角點之高度，其結果列於圖(二)內。

#### (四) 地形測量

地形測量，用經緯儀視距法施測，當地繪圖，以便詳註地文，及校對地形。南北兩岸分別施測情形如次：

(一) 北岸 以三角網爲根據，自 A 點起測，東延 600 公尺，西延 800 公尺，北至山脊，南達江濱，所測面積約計六十萬平方公尺。因北岸多山，地形複雜，建築物亦較多，故繪圖縮尺用五百分之一之比例，俾圖幅較大，地形地物表示明瞭。

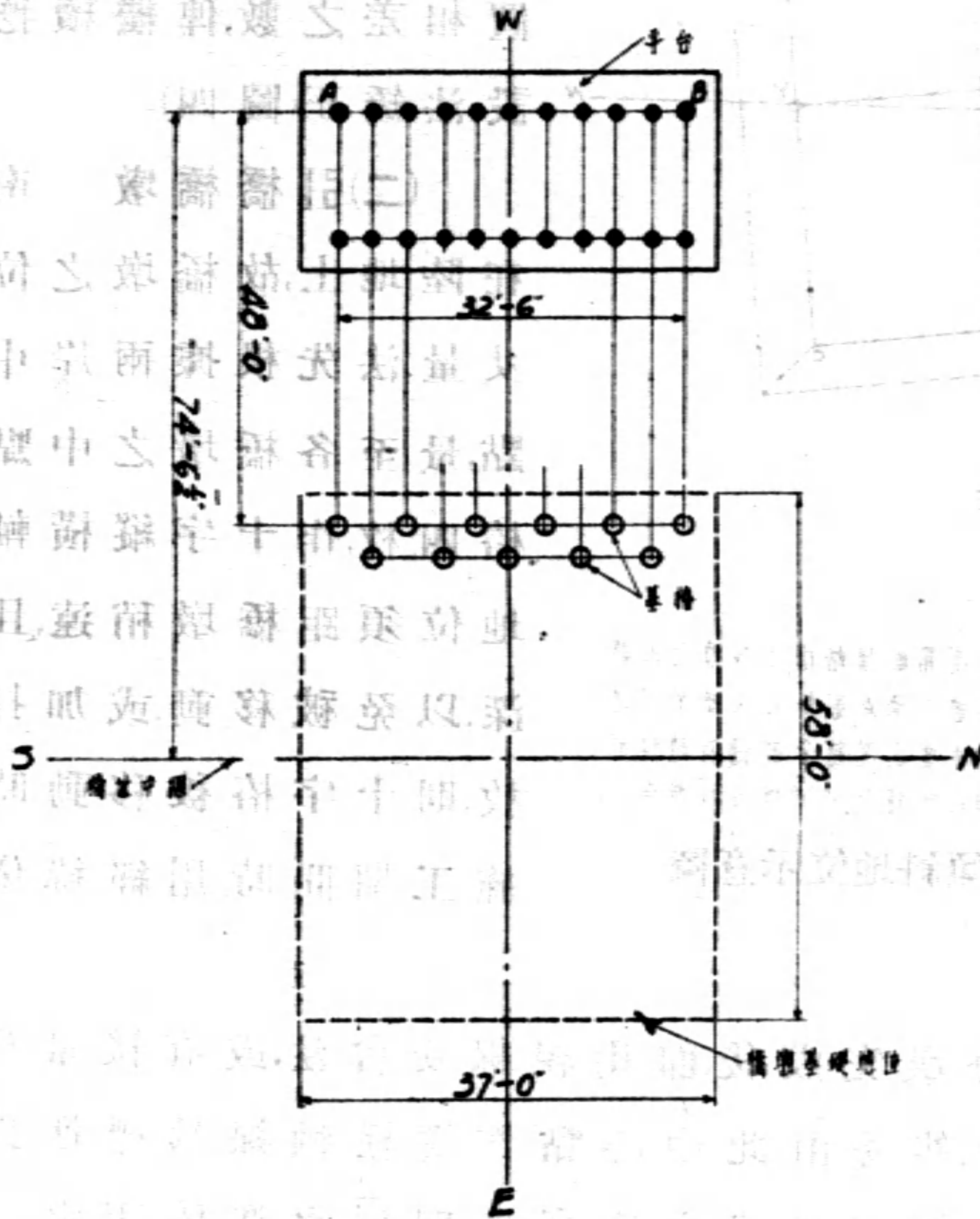
(二) 南岸 自三角點 S 起測，東至大江之凹處，西延 1500 公尺，南延四百餘公尺，北至江邊，所測面積約計五十萬平方公尺，因南岸地勢平坦，地物簡單，故縮尺用千分之一比例，已足應用。

#### (五) 施工測量

(一) 正橋橋墩 十五座橋墩均在河內，其位置之測定，以用經緯儀視線交會法爲最便。其法擇適宜之三角點三點，按預先算出之角度，用經緯儀視線互相交會。倘測量絕對準確，則三視線必相交於一點，若不十分準確，而三線成一小三角形，則取此小三角形之中點爲所求點之位置。如互差太多，則須由第四點校對。



打基樁時測量樁之位置,先在橋墩地位之旁,適當距離之間,打木樁數根,上築臨時平台一座,在平台上用視線交會法測定兩標點之位置,根據此兩標點,及每行基樁之距離,在平台上設標點兩排,打樁時各樁之地點,即由此平台上之標點直接量度(圖三)。

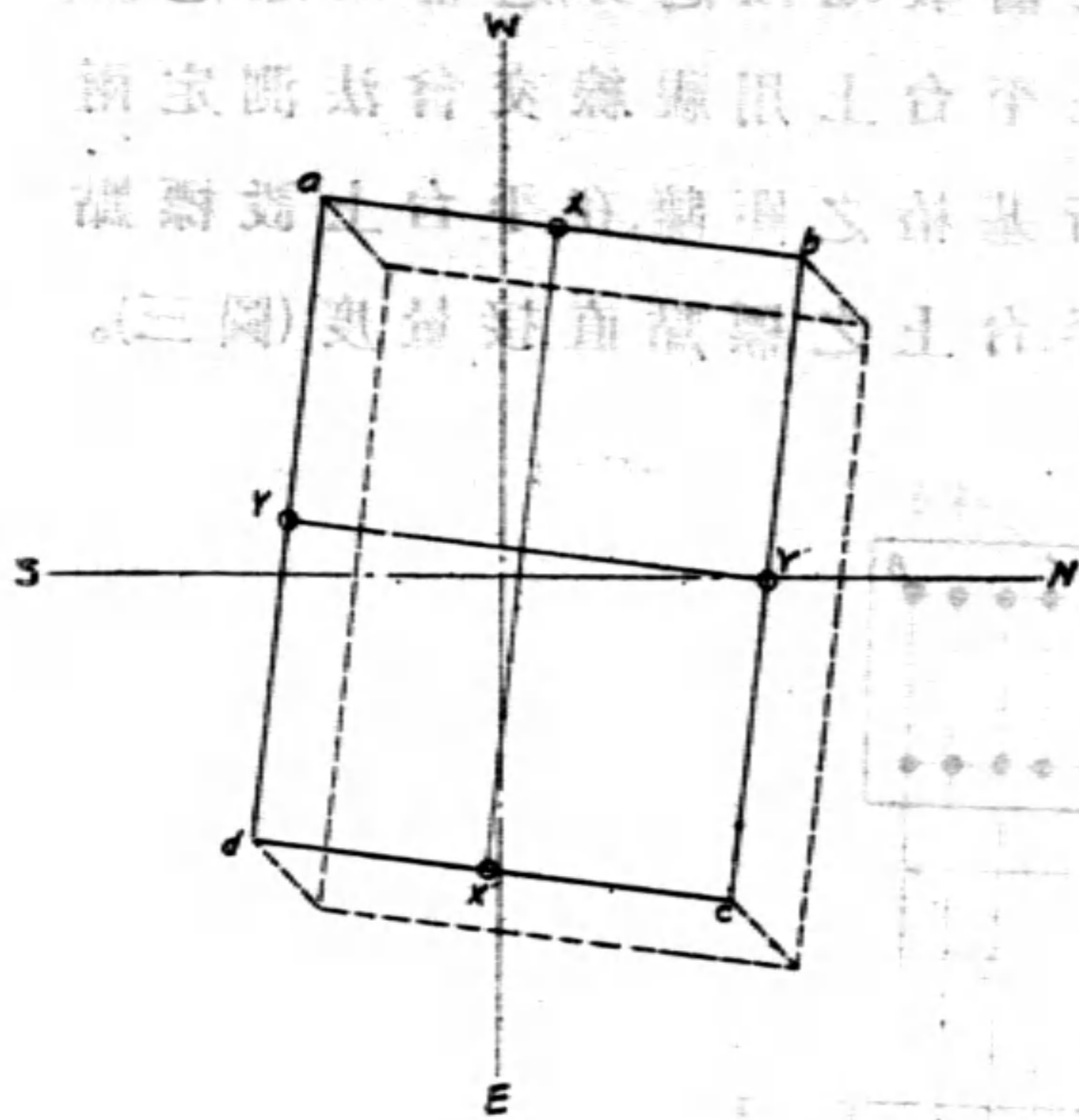


A及B為測定之兩標點,其他乃按照每行樁中心距離在平台上  
設立之兩行標點,精確基樁之位置,即由兩標點之延長線量定

圖(三) 打樁標點平台示意圖

氣箱就位測量,先在氣箱木圍堰上立標杆四根,以定氣箱縱橫兩軸線,然後在三角點用經緯儀測得兩軸之位置,以知氣箱之平面位置,再用水準儀,測箱四角之高度,則其全部傾斜位置可計算而知。氣箱用氣壓挖土下沉及繼續澆築墩牆時,其地位每致傾斜,且有全座移動位置之虞,工程進行中須隨時施測,以校正橋墩位置。在氣箱上部木圍堰未拆除以前,其測量方法與就位測量時





X, X, Y, Y 處立標杆四枚，以表示沉箱縱橫軸線，S, N 及 E, W 為橋墩位置軸線，從橋址中線及岸地三角點，測得 X, X 及 Y, Y 之偏斜地位，再測 a, b, c, d 四角之垂度，則沉箱全部傾斜地位可以計算，沉箱位置準確，則 X, X 與 W, E 相合，Y, Y 與 S, N 相合。

圖(四) 沉箱傾斜地位示意圖

位置準確。

(三)橋梁 橋墩完成後，即用視線交會法，或直接量度法，定其中心之準確位置，然後由此中心點作縱橫軸線為標準，以量度橋梁支座及鋼樞之位置。橋梁支座高度則用水準儀測定。

## (六) 水文測量

(一)水位記載 自橋工開始以來，即在橋址附近豎立水尺，每日記錄水位。查二十四年份一月至六月之間，水流尚屬穩定，水位高出 7 公尺之時甚少。六月二十日以後，連日大雨，水位陡漲，高出 8 公尺約十四日。最高時在七月三日，達 8.97 公尺連續七、八、九月之潮汛，均高出 8 公尺，然每日漲落有定時，為時甚暫，與歷年記載比較，無特異之處。二十五年春間雨水頗多，故春汛水勢亦盛截至六月底止，高出 7 公尺之水位，共約五十日。

同。在木圍堰拆除以後，則須測量已築墩牆上節斷面之位置，及墩身傾斜度，然後根據墩牆傾斜位置，推算氣箱底脚位置與適當位置相差之數，俾繼續挖土下沉時設法矯正(圖四)。

(二)引橋橋墩 南北引橋均在陸地上，故橋墩之位置可直接丈量，法先根據兩岸中線上之基點，量至各橋墩之中點，然後打木樁四枚，作十字縱橫軸線。十字樁地位須距橋墩稍遠，且須入地稍深，以免被移動，或加打標識樁數枚，則十字樁被移動時，易於重設。施工期間時用經緯儀觀察，務求



(二)江底斷面 測量江底斷面,係在橋址中線,及浮駛氣箱碼頭之延長線兩處,每於潮汛後施測,於船上用墜錘測水深,同時用經緯儀視距法測各測點之位置,然後拼合紀錄,繪斷面圖。二十四年份橋址中線處江底中流刷深至吳淞零點下三十八呎,與開工前最淺時相差約四十呎。二十五年份截至七月底止刷深至零點下三十呎,與開工後最淺時相差約二十呎。

(三)流速及流量 施測流速及流量,係在橋址上下游各設一測站,分別施測。上游測站在沉箱作場之下游約五百公尺處,下游測站距橋址中心三百五十公尺。兩測站均在南岸樹立兩標杆,所成直線與該處江流約成直角,以爲施測之根據。施測流速及計算流量,分洪水與潮水兩種,其方法略述如次:

(A)洪水時施測用船一隻,流速計一具,六分儀一具,計秒時表一個,墜錘一個。其法將船沿測站划行,每距約五十公尺拋錨停止,即用六分儀觀測岸上兩基點所成角度,以定船之位置,同時錘測水深。再將流速計放入水中,至 $6/10$ 水深處,記錄一定之迴轉數,及經過之時間,即可由表式查得流速。記錄畢,即將船起錨前進,至第二測點,如法施測,將全河斷面測竣爲止。洪水流量之計算,先將在各點所測水深,畫在方格紙上,成江底斷面圖,再以相連二測點之水深平均值乘二測點 $0.6$ 水深處流速之平均值,再乘二測點距,即得二測點間斷面積之流量。各部份面積之流量均如法計算,其總數即係全河流量。

(B)潮水時施測,每月二次,係按陰曆初二及十七,或初三及十八兩日,因潮水漲落之時間甚暫,故測量方法與測洪水稍有不同。其法於測潮之前一日,先錘測江底斷面,繪於方格紙上,預計次日之中水位,亦畫於斷面上。然後將全河斷面分爲三等分或四等分(視斷面之情形而定)。次日測潮,即用船三隻或四隻(按所分斷面之數)拋錨安定於所分三部



將河床分或四部分之中心點，每十五分鐘，鐘測水深，及0.6水深處  
 測流速一次，分別記錄，其手續與施測洪水相同。施測時水位  
 高度亦須同時紀錄。潮水量之計算，係將測得之流速即作  
 為該部份之平均流速，按照相當時間之水位由面積表中  
 查出該部份之面積，與每分鐘流速相乘，再乘以15，即為此  
 十五分鐘內之總潮量。依法將每十五分鐘之紀錄各自算  
 出，相加，即為該部份之全潮流量，各部份之流量相加，即為  
 全河潮水之總流量。

據水利局紀載，二十四年份錢江橋址一帶最大流量在六月  
 二十四日，為每秒鐘8.626立方公尺，其時平均流速為每秒1.10公尺，  
 在江中心最大流速為每秒1.57公尺。潮汛最猛時在陰曆八九兩  
 月，在橋址北岸尚不甚洶湧，南岸則約有二呎餘高之潮頭。潮流最  
 速時在陰曆八月十八日，在江中心速度達每秒2.25公尺。



# 錢塘江橋橋基鑽探工程

朱紀良

## (一) 引言

錢塘江橋址附近於民國二十一年十二月間，由水利局鑽探五穴，江中三穴，兩岸各一穴，最深之穴達吳淞零點下48公尺，最淺之穴亦至27公尺。所有各層地質樣子，均儲瓶封存，以備查考。

迨本處成立，確定正式橋址地點，與原來所鑽探之斷面地點相隔約百呎，為設計及施工上，須有確切之根據計，乃重組鑽探隊，就新址每墩各鑽一孔，俾獲準確之真象。

## (二) 鑽探之經過

二十三年三月開始籌備鑽探工作，並向建設廳鑛產調查所借用鑽探機件，於四月十七日開始，計先後在正橋橋墩第一、二、三、四、五、六、七、八、十、十二、十四、十五墩，及引橋A、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、G、H橋墩，各鑽一孔。嗣因引橋橋墩，急待計劃完成，為求鑽探迅速起見，乃又向浙贛路局商借手鑽機件一付，鑽探引橋B、D、E橋墩各孔。鑽探工作於二十四年三月九日告竣，計費時約十閱月，共鑽探深度為二千一百餘呎。

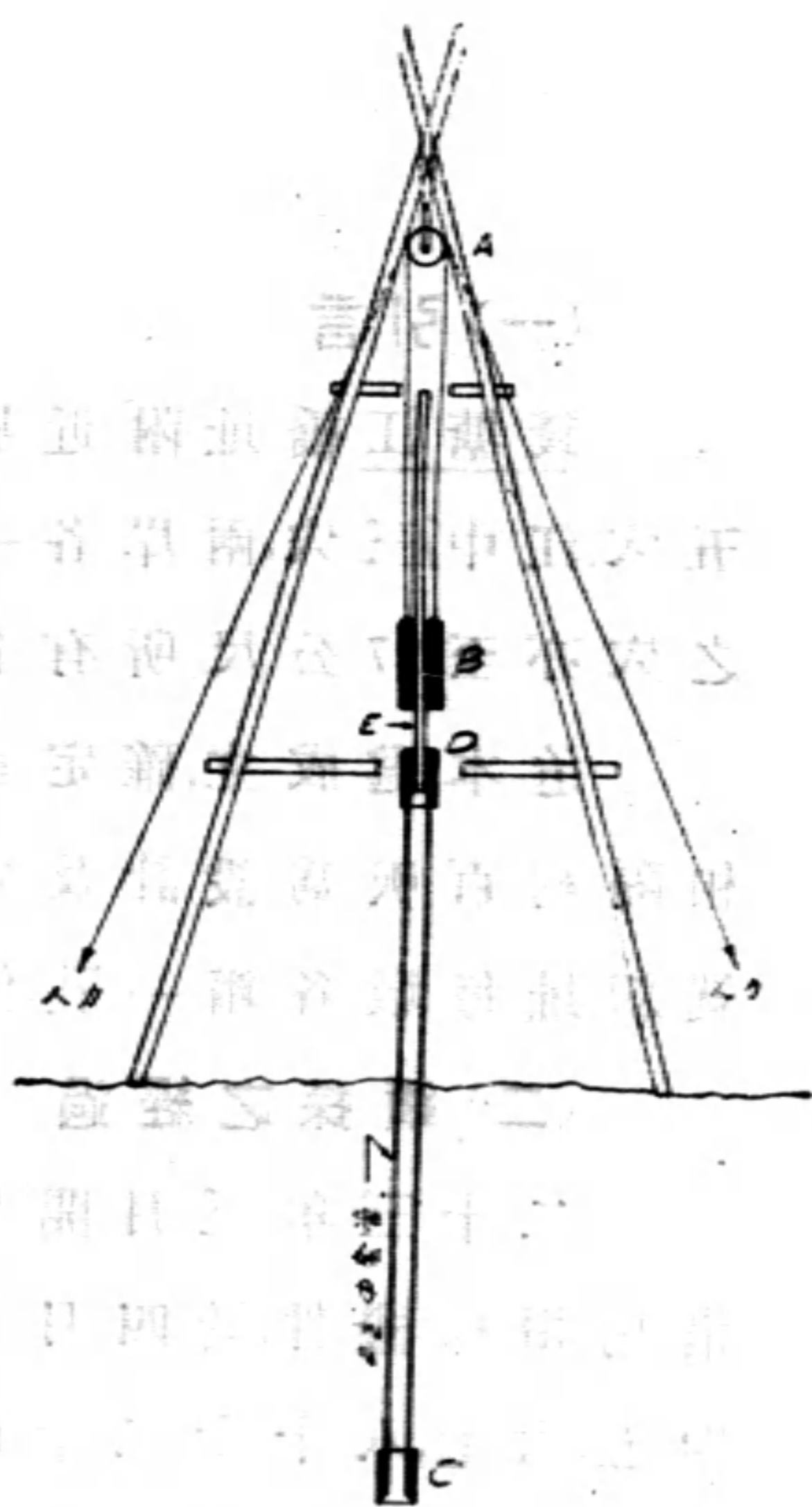
## (三) 鑽探之方法

(甲) 人力鑽探機 人力鑽探機適用於陸地或淺水處，而尤以石層不深之地點最為相宜。北岸引橋石層較淺，曾用此法鑽有三穴。在未豎立鑽架之前，先測量鑽穴位置，並在該地點略將泥土取平，或除去地面草枝碎磚等。次以20呎長杉木桿三根，及短支木數



根,用繩縛成木架(圖一)。木架頂上安雙輪滑車A一具,輪中穿有六分徑呂宋繩二根,繩之一端各繫於管形鐵鎚B(重約七十磅)之上,其另一端各以二三人拉之。乃以5呎長之二吋半徑套管(Casing Pipe)置於欲鑽探之地點。該套管之下端螺紋與管靴C相接。其上端置有管帽D,管帽之中心有一吋半徑螺紋圓孔,可以一吋半徑鋼管E旋入,將以繩繫就之管形鐵鎚套入壓於管帽之上,使鋼管垂直,即用人力拉放鎚繩,鎚即依一吋半徑導管(Guiding Pipe)下擊,約俟管深入地面之下四呎餘,即停止鎚擊。將管帽D及鎚B取去,另以一吋徑鑽管(Drilling Pipe)插入套管之內,鑽管之下端與鑽頭相接,其上端與一吋徑膠皮管相連,通至抽水機,抽水機之水用人力壓入膠皮管,經鑽管而至鑽頭。各種鑽頭均為空心,下端及附近壁部有二分或三分徑小孔,水自孔出,速度激增,故沖洗力亦強,於是泥沙及碎卵石等均得鬆散,隨水向上流動,同時工人拉動繫於鑽管上端之兩繩,將鑽管上下提放,使鑽頭向河床搗擊。凡經水沖擊之處,漸成深穴,鑽管鑽頭及套管管靴等均得繼續深入河床,或用管形鐵鎚如前法並隨時加接套管打擊之,助其下沉。自鑽管底部向上沖出之水,隨帶泥沙或沙卵石,自鑽管及套管間溢出於套管上口之外,即於該處用圓形洋鐵水槽或洋鐵水桶,將沖出之混合物接貯,隨時將沉澱物加以檢查並記載之。

鑽探至石層或沙卵石,可用十字鑽頭或石鑽頭搗擊成碎小之顆粒,再以水沖出,將沉澱物驗視,即可判定為何種地質。

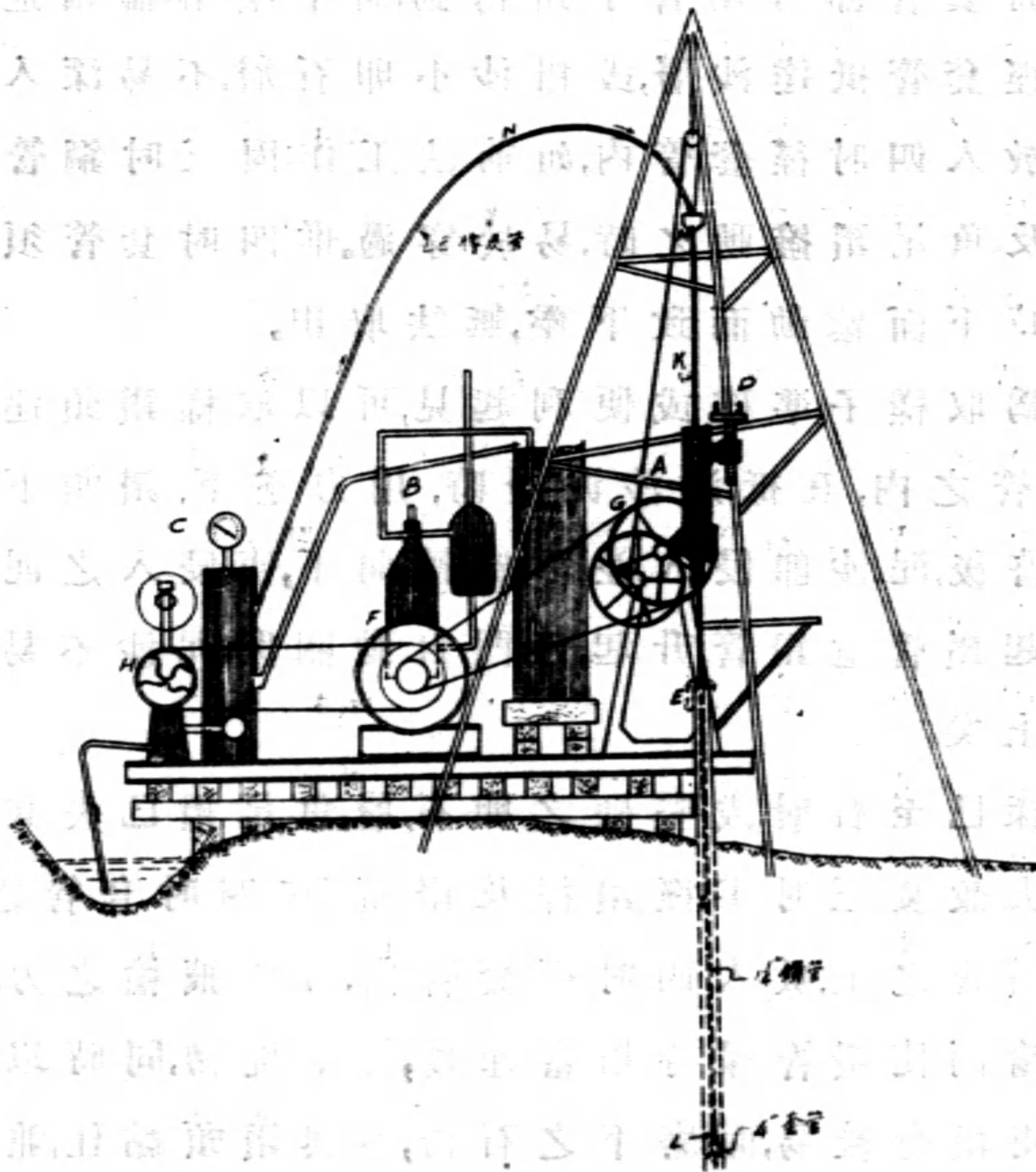


圖(一)



鑽探抵石層後，如無鑽深之必要，即先將鑽管提出，再將套管起出。若鑽探深度僅二三十呎，可以管子鉗 (Wrench) 向上旋轉，或用絞車 (Winch) 絞之，即可起出。如深度在三四十呎以上，或難起之處，則以管夾將套管夾緊，下置螺旋頂 (Screw Jack)，即可漸漸起出。

(乙) 機器鑽探機 機器鑽探機施用於陸地上，如橋座或引橋部分等處，亦如人力鑽探機，將地點測量準確後，地面取平，墊以枕木，安置機器。如施用於江中水深處，將機器置於長約 65 呎，闊約 50 呎之平底帆船上。鑽盤 D (如圖二所示) 裝於船舷之一邊，船上備大



圖(二)

號鐵錨八只，俟測量準確後，船之首尾各拋錨四只，用鉛絲繩繫繫之。待錨拋妥，船位固定，即將套管 (Casing Pipe) 放置於欲鑽之地點。機器鑽探機計分鑽機 A，柴油機 B，抽水機 C 三部份，其動力由柴油機 B 發出，柴油機之飛輪 F，一面轉動鑽盤之飛輪 G，一面轉動



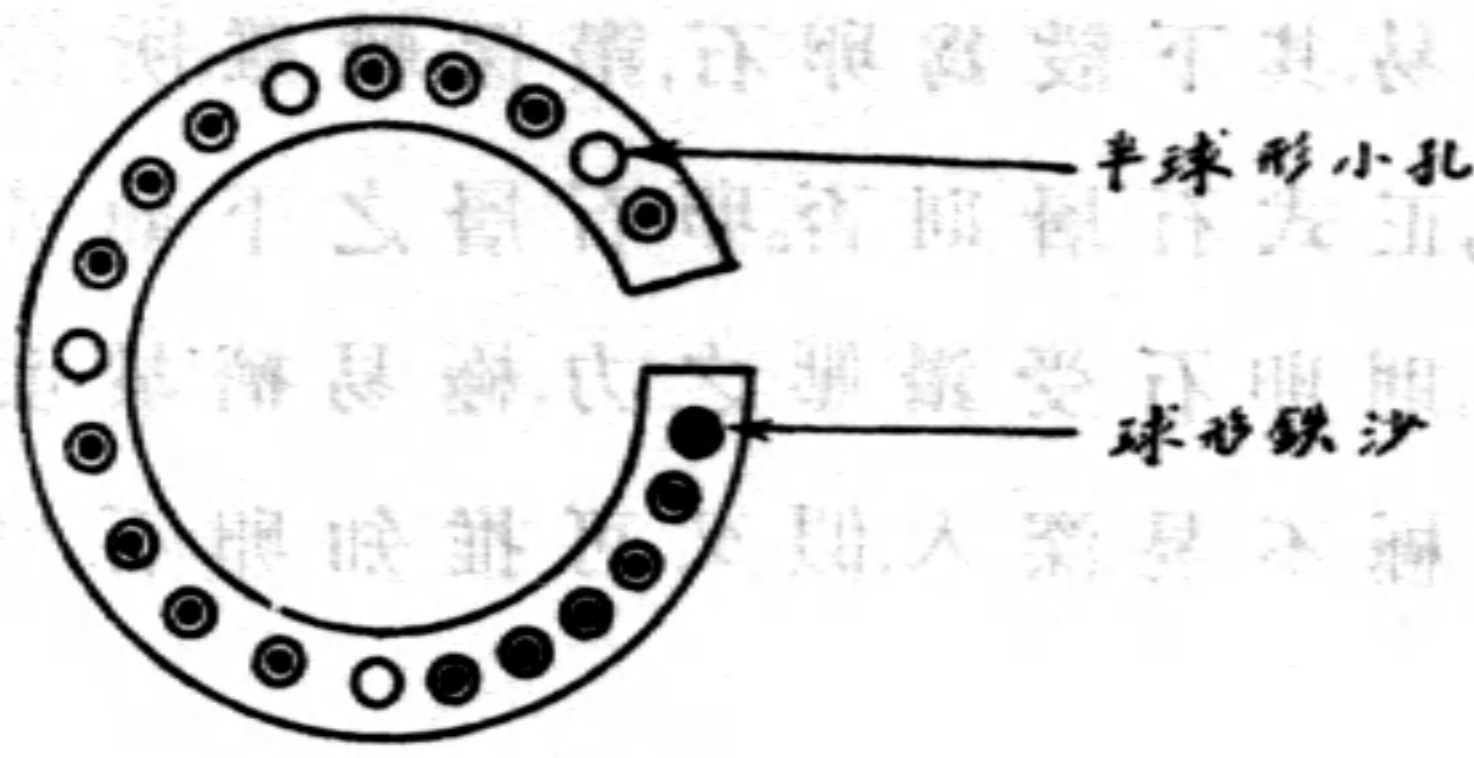
抽水機之飛輪 H。此項鑽探機之套管有兩種，一為四吋徑鋼管，一為三吋徑鋼管。先用四吋徑鋼管 E 壓入江底泥沙之內。復以一時二分徑鑽管 K (Drilling Pipe)，下端裝魚尾鑽頭 L (Fish Tail Drill)，插入套管之內。鑽管之上端與旋轉器 M 連接，自膠皮管 N 通至抽水機 C，並夾入鑽盤 D 內，使鑽盤旋轉，同時抽水機內之水亦壓入鑽管 K 內，而至底部自魚尾鑽 L 之小孔內衝激而出，使套管內之沙鬆散，立即隨水自鑽管套管之間溢出套管之外，用器接貯，如前法查驗記載而妥藏之。套管底部既經水之衝激，及鑽頭之撥動，漸成深穴，同時套管即可用管子鉗轉動，向下墜落，繼續進行。

四吋徑套管抵達沙層，或粗沙小卵石層，不易深入時，可以三吋徑套管放入四吋徑套管內，如前法工作；因三吋鋼管面積較小，在水沖激及魚尾鑽撥動之時，易於穿過。惟四吋套管須在管頂繫住，以防有時下面鬆動而致下墜，無法取出。

有時為取樣子準確或便利起見，可以取樣鑽頭連於鑽管之上，放於套管之內，在抵達沙泥層時，用力墜下，鑽頭下面之舌門 (Valve) 開啓後，泥沙即侵入，並再旋轉向下，使侵入之泥沙較多，乃用絞機絞起鑽管，迨鑽管升起，舌門自動關閉，泥沙不易下落，可自鑽頭內取上矣。

如鑽探已至石層或堅硬之卵石層，魚尾鑽已失其效用，乃將魚尾鑽卸去，改裝三吋半徑鑽桿及鑽頭（在四吋套管之內），於一時二分徑鑽管之上，放入四吋徑套管內，乃藉飛輪之力，帶動連接鑽管之齒輪，而使鑽管保持相當速度，向下旋轉，同時以水壓入，自鑽頭沖出，使鑽磨較易，而磨下之石粉，不與鑽頭黏住，並由水帶出溢於套管之外。在鑽磨岩石之時，如套管不易鑽下，但使其稍鑽下數吋，使套管與岩石層密接，並使套管外部之泥沙不致漏入，即可止於岩石之上，為輔助鑽磨岩石起見，每隔相當時間，投以約一分徑之鐵沙於套管及鑽管之間，而沈於孔底，以鑽頭之轉動，而落於鑽頭之底部無數小半球形孔內，鐵沙在鑽頭底部與岩石相磨擦，

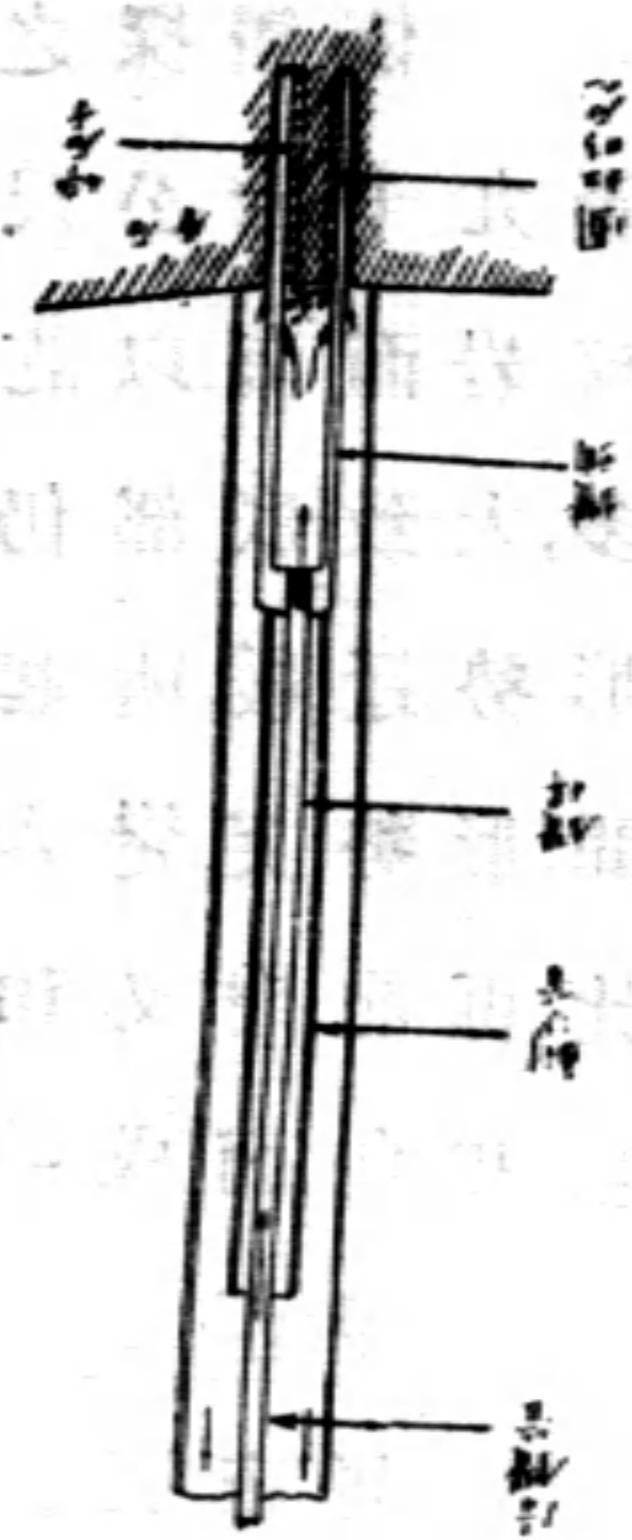




圖(三)

下降自易(如圖三所示乃鑽頭底部之鐵沙在半球形孔內之形狀)俟鑽頭鑽下深約二三呎,取樣子一次;其法在未將鑽管提起之前,須先將鑽管頂部與旋轉器拆開,在鑽管內投入碎

石子,仍如前將鑽管與旋轉器連好,繼用小錘將鑽管輕擊數下,使鑽頭內之岩石圓柱體因受震而斷裂,同時以水壓入,使投入之石子緊擠於鑽頭內壁及岩石圓柱體間,俾鑽頭起上時,石柱不致下墜,鑽管取上後,將石柱取出,即為該石層之準確樣子(圖四)。



圖(四)

鑽探完竣後,將管子拔起,在陸地或江中鑽度不深之處,均無困難,倘鑽度已至七八十呎以上,須用螺旋頂(Screw Jack)方能起出。

#### (四) 鑒定地質

鑽探時所取之地質樣子,須妥加識別或分析,凡其形狀,顏色,硬度,性質,成分均須注意或研究,藉得地層之真確狀況。

水射鑽探法取得之泥沙樣子,僅為該地層之極小部分,其大小,顏色,成分,經水沖洗或不無變易,故在識別時,應以理解推斷,則與地質之原來形狀,不難符合。

人力鑽探欲如機器鑽探時取得相同之石樣較難。惟鑽探石層或卵石層時,可以十字鑽頭或石鑽頭搗擊成碎小之顆粒,再以水壓入鑽管內,由水帶出積貯之。此碎小之顆粒,如有圓角,極堅硬,顏色不甚相同,則屬卵石。若此項石粒,均為尖銳之角,復與附近岸上之山石顏色組織相同,又在鑽頭下擊之時,有金石之聲可聞,則可假定石層。



在機器鑽探時取得石樣甚易，其下設爲卵石，鑽探較難，所得之樣子每不能得整齊之圓柱體，正式石層則否。卵石層之下如非正式石層，而爲泥沙等之混合物，則卵石受鑽壓之力，極易擠於套管之外，而散於四周；若鑽磨卵石極不易深入，似又可推知卵石層之下，已爲正式石層矣。

### (五) 江底地質概述

依鑽探之結果，可知北岸山脚至江岸一帶，均屬西湖砂岩，約廣九十餘公尺。自北岸起則發現闊近二百餘公尺之蛇紋岩。自蛇紋岩而南，以訖南岸，則爲紅沙岩。南岸附近河床，停積有鵝卵石甚多，大致底部仍爲紅沙岩。錢江河底形勢，亦南北不同，中流而南，則形勢迂緩，所起坡度每百公尺尙不及兩公尺。在第六第七橋墩之間，形勢突變，六十公尺距離之內，起坡逾二十公尺，成爲三與一之比。再北則又和緩，過蛇紋岩至江北岸，則爲下坡，與西湖砂岩之南坡相向，而成一小河槽形，茲將各項地質分別詳述於後：

(甲)西湖砂岩(West Lake Sand Stone) 自北面山脚起，至引橋橋墩 C<sub>2</sub>，河床底部均爲硬沙石，與北岸諸山岩石性質相同。此類岩石在浙省公佈甚廣，統名千里崗砂岩，含石英粒較粗，性質特硬，色澤灰黃，因鄰近西湖，又名曰西湖砂岩，此爲橋基最堅之石層。

(乙)蛇紋岩(Serpentine) 自 C<sub>1</sub> 橋墩而 B, A 各墩，以至正橋第三橋墩，河床底部均爲蛇紋岩，以其色澤光滑，紅綠雜陳，有如蛇腹斑紋故名。

蛇紋岩性質極軟，可以指甲括之，且極疏鬆，浸水可碎，尤以上部漸變爲紅色者較甚；大致此種岩石，上層較軟，下層漸硬，此爲錢江橋基最軟之石層。

(丙)紅沙岩(Red Sand Stone) 自第四橋墩至第十四橋墩，河床底部均爲紅沙岩，質極細密，含石英細沙約 65%，含碳酸鈣約 22%，浸於淡鹽酸或淡硫酸中，則炭氣逸出，而粉碎之，細沙可全篩過一百網眼，此項岩石易受雨水侵蝕，惟在錢江底部者，以水係鹼性，絕



無受侵蝕之虞,且質極細密,有不透水性,耐力亦高,此為錢江橋基之中等岩層。

(丁)鵝卵石(Boulders or Gravels) 自第十五橋墩至南岸引橋,河床底部均為鵝卵石,性質堅硬,大部屬花崗石,間有一二為石英石,此項卵石係在上古時代沖積而成,推測其下層,當為紅沙岩,故亦為極穩固之橋基。

(戊)泥沙(Clay, Silt, Sand, etc.) 覆於各種岩層之上者,非淤泥即沙粒,其粗細之分層,物質之區別,成分之釐定,胥視水流之緩急,及來源之何自而定,在此沖積土層之間,挖掘,打樁或沉箱均無不可,其工作之難易,當視各層間含水量之多寡,及土質之鬆緊,而定方法之取捨。

#### (六)鑽探地質記載

各鑽孔地質鑽探結果,除將各層地質樣子分貯玻璃瓶之內,標明鑽孔號數樣子號數,地質名稱,鑽探深度外,另繪就橋基地質探驗圖,表示鑽孔之地位及距離,各層之地質名稱及深度等。

#### (七)結論

此次鑽探工程,約亘一年之久,鑽孔既多,復對地質研究尤詳。於基礎設計及施工,裨益匪淺。關於鑽探工程單價及速度,如表(一)及(二)。

表(一) 鑽探單價(每呎)表

| 鑽探方法   | 地質種類    |         |          |         |              |         |
|--------|---------|---------|----------|---------|--------------|---------|
|        | 沙泥等     | 粗沙      | 卵石       | 蛇紋岩     | 紅沙岩或<br>西湖沙岩 | 硬土      |
| 日工人力鑽探 | \$ 0.43 | \$ 2.48 |          | \$ 2.60 | \$ 6.25      |         |
| 日工機器鑽探 | 0.89    | 4.50    | \$ 17.50 | 9.48    | 6.58         |         |
| 包工機器鑽探 | 2.50    | 2.50    | 7.00     | 6.00    | 6.00         | \$ 4.00 |



表(二) 鑽探速度(每小時)表

| 地質種類<br>鑽探方法 | 沙泥等                     | 粗沙               | 卵石                 | 蛇紋岩              | 紅沙岩或<br>西湖沙岩     | 硬土               |
|--------------|-------------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| 日工人力鑽探       | 1'-10' $\frac{3''}{8}$  | 4''              |                    | $2\frac{7''}{8}$ | $1\frac{1''}{8}$ |                  |
| 日工機器鑽探       | 2'-3' $\frac{11''}{16}$ | $5\frac{3''}{8}$ | $1\frac{11''}{16}$ | $2\frac{1''}{8}$ | 3''              |                  |
| 包工機器鑽探       | 1'-11' $\frac{3''}{8}$  | 5''              | $2\frac{5''}{16}$  | $4\frac{3''}{8}$ | $2\frac{5''}{8}$ | $4\frac{3''}{4}$ |

鑽探速度表(六)

| 地質種類   | 鑽探方法   | 沙泥等               | 粗沙               | 卵石                 | 蛇紋岩              | 紅沙岩或<br>西湖沙岩     | 硬土               |
|--------|--------|-------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| 日工人力鑽探 | 1'-10' | $\frac{3''}{8}$   | 4''              |                    | $2\frac{7''}{8}$ | $1\frac{1''}{8}$ |                  |
| 日工機器鑽探 | 2'-3'  | $\frac{11''}{16}$ | $5\frac{3''}{8}$ | $1\frac{11''}{16}$ | $2\frac{1''}{8}$ | 3''              |                  |
| 包工機器鑽探 | 1'-11' | $\frac{3''}{8}$   | 5''              | $2\frac{5''}{16}$  | $4\frac{3''}{8}$ | $2\frac{5''}{8}$ | $4\frac{3''}{4}$ |



# 錢塘江橋工程中之試樁

余 權

## 引 言

錢塘江江底淤泥極厚，最深達一百八十餘呎，又多流沙，故非採用樁基不可。為慎重起見，每打十樁作一試樁，藉以研究其承量，而於各種打樁公式中得一概念。

## 各種打樁公式

### (一) 德查希 (Tarzaghi) 氏公式

命  $W$  為錘'落下體之重量 (Falling Weight of Hammer),

$W_p$  為樁之重量,

$H$  為錘落下之高度,

$S$  為錘擊後樁之下沉量 (Set),

$U$  為樁之最大承量,

$L$  為樁長,

$A$  為樁之平均橫斷面積,

$E$  為樁之彈率 (Modulus of Elasticity),

$e$  為打樁時錘與樁之間之複形系數, (Coefficient of restitution) 其值約如下表

|             |      |
|-------------|------|
| 鋼樁(接樁有時用鋼樁) | 0.6, |
| 混凝土樁        | 0.4, |
| 木樁          | 0.2, |

$\eta = \frac{w + e^2 W_p}{w + W_p}$  為打樁時錘擊之效率 (Efficiency), 則依德查希氏:



$$U = \frac{AE}{L} \left\{ -S + \sqrt{(S^2 + 2\eta \frac{WHL}{AE})} \right\}$$

(二) 荷蘭 (Dutch) 公式

$$U = \frac{W^2H}{(W + W_p)S}$$

(三) 蘭金 (Rankine) 氏公式

$$U = \sqrt{4K^2S^2 + 4K\eta WH} - 2KS, \text{ 內 } K = \frac{AE}{L}$$

(四) 布理克斯 (Brix) 氏公式

$$U = \frac{4W - W_p}{(W + W_p)^2} \cdot \frac{H}{S}$$

(五) 威靈吞 (Willington) 氏公式, 即「工程新聞」公式

$$U = \frac{WH}{S + C}$$

普通應用此式時, C 之值如下:

落下錘

$$C = 1$$

單擊汽錘

$$C = .1$$

(六) 海萊 (Hiley) 氏公式

$$U = \frac{\eta WH}{S + \frac{1}{2}C} + (W + W_p)$$

式中  $\eta$  與 C 爲二常數 (Coefficient), 其值如下二表

表 (一)  $\eta$  之值價表

| W <sub>p</sub> /W<br>之值 | 雙擊汽錘     |      | 單擊汽錘或落擊汽錘         |                      |
|-------------------------|----------|------|-------------------|----------------------|
|                         | 鋼板樁式混凝土樁 | 木 樁  | 樁頂有鐵箍之<br>木樁或混凝土樁 | 樁頂已呈不良現像<br>之木樁或混凝土樁 |
| 1/2                     | 0.75     | 0.72 | 0.69              | 0.67                 |
| 1                       | 0.63     | 0.58 | 0.53              | 0.50                 |
| 1 1/2                   | 0.55     | 0.50 | 0.44              | 0.40                 |
| 2                       | 0.50     | 0.44 | 0.37              | 0.33                 |
| 2 1/2                   | 0.45     | 0.40 | 0.33              | 0.28                 |
| 3                       | 0.42     | 0.36 | 0.30              | 0.25                 |
| 4                       | 0.36     | 0.31 | 0.25              | 0.20                 |
| 5                       | 0.31     | 0.27 | 0.21              | 0.16                 |
| 6                       | 0.27     | 0.24 | 0.19              | 0.14                 |



表 (二) C 之值價表

| 樁長<br>(以呎計) | 鋼板樁  |      | 有頂蓋之混凝土樁 |      | 無頂蓋之混凝土樁 |      | 木樁   |      |
|-------------|------|------|----------|------|----------|------|------|------|
|             | 較易打  | 極難打  | 較易打      | 極難打  | 較易打      | 極難打  | 較易打  | 極難打  |
| 20          | 0.04 | 0.08 | 0.27     | 0.39 | 0.47     | 0.79 | 0.36 | 0.57 |
| 30          | 0.06 | 0.12 | 0.33     | 0.51 | 0.53     | 0.91 | 0.44 | 0.73 |
| 40          | 0.08 | 0.16 | 0.39     | 0.63 | 0.59     | 1.03 | 0.52 | 0.89 |
| 50          | 0.10 | 0.20 | 0.45     | 0.75 | 0.65     | 1.15 | 0.60 | 1.05 |
| 60          | 0.12 | 0.24 | 0.51     | 0.87 | 0.71     | 1.27 | 0.68 | 1.21 |

第二表中所謂較易打,極難打者,係以樁所受之壓力為標準。鋼板樁受壓力至每方呎四千磅,木樁及混凝土樁受壓力至每方呎一千磅,即列為較易打;鋼板樁受壓力至每方呎八千磅,木樁及混凝土樁受壓力至二千磅,即列為極難打。如所受壓力在此二者之間,可用等比法 (Interpolation) 以求其值。

綜觀以上諸公式,各式之假設不同,故結果極為懸殊。惟一之補救方法,厥在應用不同之安全率。原發明人所提出之值,約如下:

- 德查希氏 (Terzaghi) 公式未有規定
- 荷蘭 (Dutch) 氏公式 5 至 6
- 蘭金 (Rankine) 氏公式 3 至 5
- 布理克斯 (Brix) 氏公式 2 至 3
- 威靈頓 (Willington) 氏公式 6
- 海萊 (Hiley) 氏公式 3 至 4

### 錢塘江橋之試樁

(A) 南岸 南岸泥沙最厚,木樁不能打至石層。其承量所恃,大半在表皮摩擦 (Skin Friction)。故若研究其承量問題,意義較為重大。茲特於每號橋墩各擇一試樁。其選擇標準為 (1)  $\frac{H}{S}$  最低, (2) 打樁時無意外發生, (3) 打樁錘須為落擊式或單擊汽錘。



表 (三)

| 樁號 | 樁號 | L       | A    | W    | Wp   | H  | S    | 下沉額     | 錘別      |
|----|----|---------|------|------|------|----|------|---------|---------|
| J  | 17 | 66'-9"  | 87.0 | 2.25 | 0.58 | 42 | .545 | 56'-11" | 單擊式     |
| H  | 1  | 60'-10" | 82.0 | 2.25 | 0.51 | 24 | .293 | 61'-9½" | 汽錘      |
| G  | 1  | 101'-5" | 99.5 | 4.50 | 1.00 | 60 | .858 | 95'-0"  | 落擊式     |
| I  | 22 | 101'-3" | 93.0 | 2.25 | 0.94 | 48 | .464 | 96'-11" | S.A.S.H |

(附註) H有接樁長15呎10吋, A之單位為平方呎, H及S之單位為吋, W及Wp之單位為噸。

表 (四)

| 試樁號數 |           | J No.17 | H No.1 | G No.1 | I No.22 |
|------|-----------|---------|--------|--------|---------|
| 最大承量 | 1. 德查希氏公式 | 68.     | 58     | 108    | 63      |
|      | 2. 荷蘭公式   | 139.    | 155    | 260    | 167     |
|      | 3. 蘭金公式   | 84.     | 74     | 137    | 81      |
|      | 4. 布理克斯公式 | 112.    | 111    | 188    | 194     |
|      | 5. 威靈吞公式  | 147.    | 138    | 146    | 191     |
|      | 6. 海萊公式   | 68.     | 55     |        |         |

(附註) 表中數目均以噸為單位

木樁之彈率 (Modulus of elasticity) 1,200,000 磅/方吋

表(四)所列之結果,為打樁時之動力承量。至靜力承量與動力承量之關係,據一般工程家之經驗,不外下列數點:

(1) 樁之承量來源有二,一為頂點抵抗力,一為表皮摩阻力。如土質為粗砂礫等無粘性者,則頂點抵抗力大而表皮摩阻力小。如土壤為淤泥細砂等不透水土質則反是。

(2) 打樁時樁之下沉必將下端土壤壓緊。如土質無粘性,則所含水分極易排開,則其頂點抵抗力當與靜載時相差不遠。如土質富於粘性,則頂點之水分一時難於排洩,雖形成打樁時極大之頂點抵抗力,但一俟水分漸漸排開後,此種抵抗力亦即隨而漸漸消失。故知在粘性土質打樁時之樁頂點阻

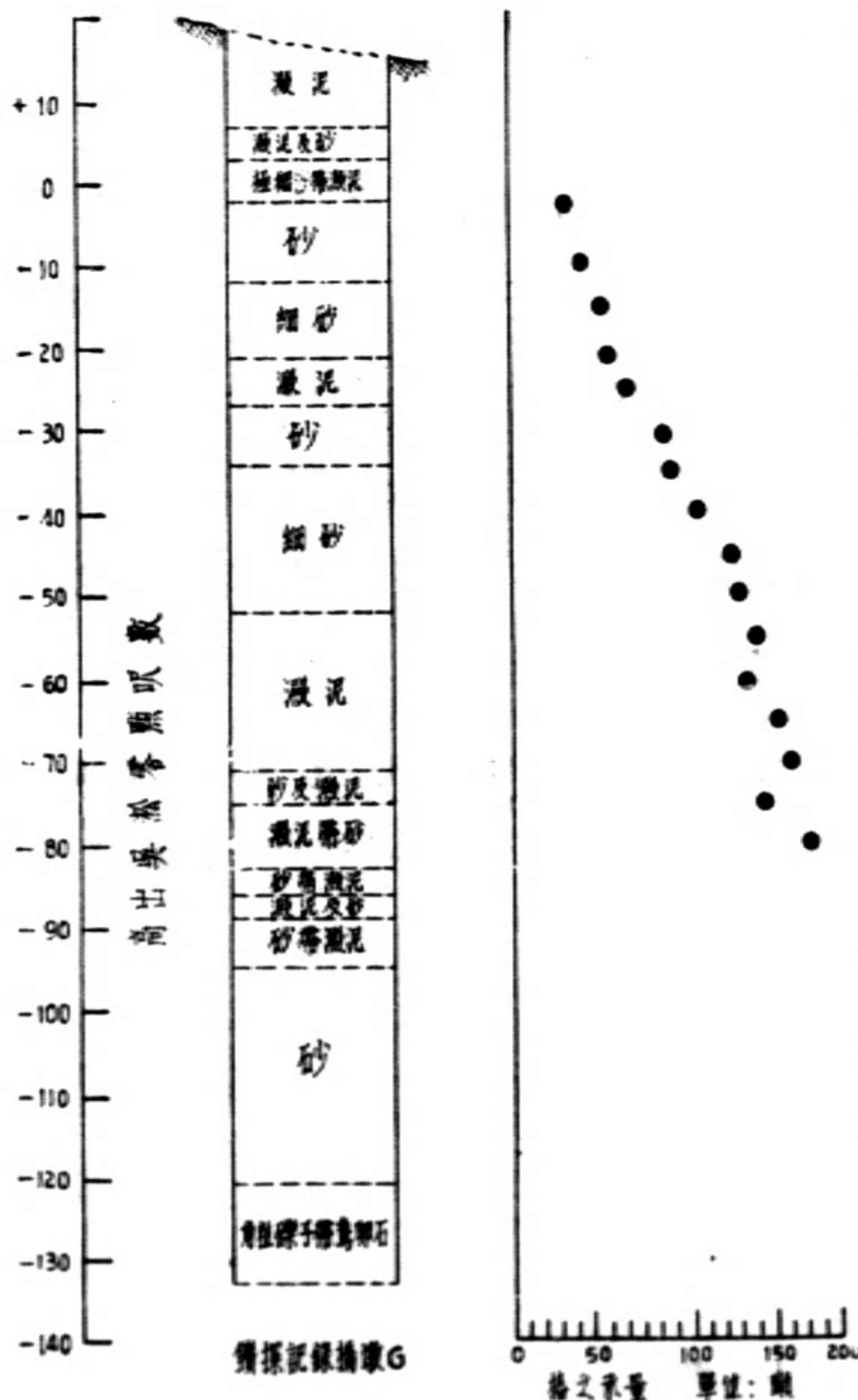


力,必較靜載時為大。

(3) 打樁時以樁之震動,致使周圍土壤不能粘附於樁之表皮。如土質富於粘性者,甚至下端擠出之泥水緣樁表上升,造成滑油作用,表皮摩擦因之大減。及打樁停止數日之後,此水分即漸為近旁土壤吸去,同時被震動離開之土壤亦漸漸復原,而粘附於樁之表皮。故知在粘性土壤,樁之表皮摩阻力在靜載時必較打樁時為大。如土壤無粘性,則此表皮摩阻根本甚小,無甚關係也。

今南岸土質甚重,打樁期中間因機械損壞暫停,隔數日之後,再往下打,必待數十百擊後,樁始下沉。可知樁之表皮摩阻必遠大於頂點抵抗,是其安全問題可無疑慮。

附圖示地質鑽深結果與打樁阻力之對照:



圖中曲線係用威靈吞公式計算之結果。當樁之頂端打至-70呎時,樁頭稍向東南傾斜,乃移動樁架以就樁頭其承量倏形減小。可見如樁錘落下不正,亦足以影響於打樁公式之準確也。

(B) 正橋 正橋自七號墩至十五號墩均採用潛基。其樁大概均可打至堅硬石層或堅硬鵝卵石層。此種樁屬於承樁 (Bearing Pile), 性質比較安全可靠。茲於數十根試樁之中,採其H/S之值平均適中者,用各種公式計算之如下。

第七號墩之第八十六號樁:木樁長75'-0";接樁長(鋼製)64'-0";木樁之橫斷面108方呎;接樁之橫斷面54.2方呎;錘重5噸;木樁重0.8噸;接樁



重 6 噸; 錘落高度 60 吋; 樁之下沉量 0.6 吋; 河底高度 = -14 呎; 樁頂點高度 = -114 呎; 入土深度 = -100 呎; 木樁之彈率 1,200,000 磅/方吋; 接樁之彈率 30,000,000 磅/方吋; 錘式爲單擊汽錘。

### 最大承量算得如下:

|        |       |
|--------|-------|
| 德查希公式  | 169   |
| 荷蘭公式   | 307 噸 |
| 蘭金公式   | 207 噸 |
| 布理克斯公式 | 478 噸 |
| 威靈吞公式  | 429 噸 |

[附註] 接樁爲鋼製故  $e=0.6$ 。

查所打一百呎木樁之報告,其平均下沉量爲 .564 吋; 七十五呎木樁之平均下沉量爲 .575 吋。錘落高度均爲 .5 呎。蓋以木樁之上,尚有接樁,其總共入土深度相等。故下沉量亦相差無幾。由是推知其承量亦不致有何差異。

以上所列之數目爲木樁與接樁之總承量,故必由此中減去接樁之承量,始爲木樁本身之承量。當木樁打至高度 -114 呎時,接樁之下端高度爲  $-114+75=-39$  呎。當木樁頂點在 -39 呎時,錘落高度爲 12 吋,下沉量爲 7.4 吋。如以威靈吞公式計算,其承量爲 8 噸。由此知接樁之承量亦爲 8 噸,尙不及總承量之百分之二也。

### (C) 北岸 北岸之樁皆打入堅硬石層。

墩號: C<sub>1</sub> 樁號 30; 樁長 92'-5"; 樁之橫斷面 122 方吋; 錘重 4 $\frac{1}{2}$  噸; 樁重 1.06 噸; 錘落高度 78 吋; 樁之下承量 = 2 吋; 河底高度 = +23'-10"; 樁頂點高度 = -67'-5"; 入土深度 = 91'-3"; 錘式爲落擊錘。

### 算得最大承量如下:

|        |       |
|--------|-------|
| 德查希公式  | 101 噸 |
| 荷蘭公式   | 143 噸 |
| 蘭金公式   | 116 噸 |
| 布理克斯公式 | 108 噸 |
| 威靈吞公式  | 117 噸 |



# 錢塘江橋工程中之材料檢驗

陳祖闓 丘勤寶

## (一) 材料檢驗之實施

本處試驗材料,除自有器械能在工地試驗,即派人直接辦理外,其他須用精細儀器試驗者,則分別送請國內外各著名大學及技術機關代為試驗。代本處檢驗材料各大學及各機關之名稱與其所試材料之品名,如表(一)。

表 (一)

| 機 關                       | 料                           |
|---------------------------|-----------------------------|
| 交通大學唐山工學院                 | 水泥                          |
| 國立北洋工學院                   | 鋼筋(化學分析)                    |
| 交通大學研究所                   | 鋼筋(物理試驗)                    |
| 國立浙江大學工學院                 | 鋼筋,水泥,沙,石子,混凝土,水(化學分析及物理試驗) |
| 上海工部局試驗室                  | 水                           |
| 杭州自來水廠                    | 水                           |
| 倫敦 Robert W. Hunt Company | 鋼梁各部份                       |

上記各機關及學校中,以國立浙江大學工學院及倫敦 Robert W. Hunt Company所作試驗為最多。計全橋所有鋼梁各部份,均由後者檢驗;全橋所用鋼筋,水泥,混凝土,沙,石,水等,由前者檢驗。如本處認為有再送他處檢驗之必要時,方送往上述各處試驗。

關於製取試品,本處有最低限度規定如次:



混凝土圓柱 每次灌澆混凝土時,作五個。

沙 每批貨到時,檢送十磅,以便作篩析試驗(Sieve Analysis)。

石子 (甲)每批貨到時,作方塊五枚,作壓力試驗。

(乙)每批貨到時,作配合試驗(Grading Test)。

(丙)工場內所軋石子須隨時檢查。

鋼筋 (甲)每批貨到時,每種尺寸取一呎六吋長者三根,作拉力試驗。

(乙)每批貨到時,每種尺寸取三根,作冷彎試驗(Cold Bend Test)。

水泥 (甲)每月貨到時,送若干(須附帶沙若干),作灰沙漿拉力及壓力試驗

(Tension & Compression Test of Cement Mortar)。

(乙)庫房內所存水泥,須隨時檢查。如有受濕之疑,須作篩析試驗。

水 每次灌澆水泥用水,送一瓶作化學分析。

油漆 每批貨到時,取若干作凝結及化學試驗。

## (二) 檢驗之結果

本處各項材料檢驗之次數極多,茲僅將數種材料檢驗之平均結果,列表如次,雖非全豹,但全橋所用材料之大概情形,可推知矣。

### (一) 鋼梁各部份檢驗之結果

鋼料物理性之檢驗,包括:彈性限度,拉力,延長百分數,面積縮小之百分數,破裂情形,冷熱曲彎試驗等。而化學性之檢驗,則係分析鋼料內所含各種元素之量數。檢驗之結果如表(二)及(三)。

表(二) 炭鋼檢驗結果一斑

| 數    | 接收<br>或<br>拒收 | 所驗材料<br>之種類           | 鋼<br>數 | 彈性<br>限度<br>噸平方<br>吋 | 拉力<br>噸平方<br>吋 | 八<br>吋<br>內<br>延<br>長<br>百<br>分<br>率 | 面<br>積<br>縮<br>小<br>之<br>百<br>分<br>率 | 破<br>裂<br>情<br>形 | 冷<br>熱<br>曲<br>彎<br>試<br>驗 | 製<br>造<br>之<br>方<br>法 | 製<br>造<br>者<br>之<br>化<br>學<br>分<br>析 |       |       |       |   |
|------|---------------|-----------------------|--------|----------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|---|
|      |               |                       |        |                      |                |                                      |                                      |                  |                            |                       | 炭                                    | 磷     | 錳     | 硫     | 鉻 |
| 1-11 | 接收            | 鋼板<br>7"×3/8"         | R 4236 | 17.8                 | 19.5           | 28.0                                 | 53.3                                 | 絲光               | 良好                         | B.C.H.                | 0.215                                | 0.021 | 0.480 | 0.027 |   |
| "    | "             | 角鋼<br>L7"×3 1/2"×3/8" | E 908  | 17.4                 | 31.2           | 16.0                                 | 19.3                                 | "                | "                          | "                     | 0.215                                | 0.024 | 0.630 | 0.032 |   |
| "    | "             | 角鋼<br>L4"×4"×3/8"     | Rs3857 | 16.3                 | 29.5           | 29.0                                 | 54.8                                 | "                | "                          | "                     | 0.200                                | 0.031 | 0.530 | 0.044 |   |



表(三) 鏡鋼檢驗結果一斑

| 數<br>量 | 接收<br>或<br>拒收 | 所驗材料<br>之種類           | 鍋<br>號 | 彈性<br>限度<br>噸平方<br>吋 | 拉力<br>噸平方<br>吋 | 八<br>吋<br>內<br>之<br>延<br>長<br>百<br>分<br>率 | 種<br>類<br>之<br>縮<br>小<br>百<br>分<br>率 | 破裂<br>情形 | 冷熱<br>彎曲<br>試驗 | 製造<br>之方<br>法 | 製造者之化學分析 |       |       |       |       |      |       |
|--------|---------------|-----------------------|--------|----------------------|----------------|---|--------------------------------------|----------|----------------|---------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|        |               |                       |        |                      |                |   |                                      |          |                |               | 炭        | 磷     | 錳     | 硫     | 硅     | 鏡    | 銅     |
| 接收     |               | 鋼板<br>2 1/2" x 5 1/8" | K730   | 26.4                 | 42.5           | 19.0                                      | 46.1                                 | 絲光       | 良好             | B.O.H.        | 0.245    | 0.034 | 0.820 | 0.036 | 6.093 | 0.80 | 0.278 |
| 接收     |               | 4" x 3/8"             | K742   | 24.1                 | 39.3           | 22.0                                      | 54.0                                 | ,,       | ,,             | ,,            | 0.225    | 0.038 | 0.920 | 0.032 | 0.121 | 0.88 | 0.92  |
| 接收     |               | 角鋼<br>L6" x 6" x 3/4" | J317   | 23.8                 | 37.1           | 20.0                                      | 41.5                                 | ,,       | ,,             | ,,            | 0.230    | 0.036 | 0.780 | 0.036 | 0.693 | 0.70 | 0.250 |
| 接收     |               | L4" x 4" x 1/2"       | J351   | 24.0                 | 27.3           | 23.0                                      | 57.8                                 | ,,       | ,,             | ,,            | 0.225    | 0.034 | 0.880 | 0.030 | 0.112 | 0.70 | 0.288 |
| 接收     |               | 鉚釘桿<br>5/64" 直徑       | K586   | 20.4                 | 31.4           | 32.5                                      | 68.4                                 | ,,       | ,,             | ,,            | 0.180    | 0.026 | 0.760 | 0.038 | 0.065 | 0.62 | 0.304 |

(二) 鋼筋檢驗之結果(表四及五)

表(四) 四種鋼筋化學分析之結果

| 元 素           | 號 數 | 1        | 2        | 3        | 4        |
|---------------|-----|----------|----------|----------|----------|
| 炭 Carbon      |     | 0.202%   | 0.202%   | 0.204%   | 0.204%   |
| 矽 Silicon     |     | 0.023%   | 0.032%   | 0.020%   | 0.030%   |
| 錳 Manganese   |     | 0.301%   | 0.302%   | 0.354%   | 0.356%   |
| 磷 Phosphorus  |     | 0.001%   | 0.001%   | 0.002%   | 0.001%   |
| 硫 Sulphur     |     | 0.052%   | 0.053%   | 0.040%   | 0.055%   |
| 鐵 Iron        |     | 99.420%  | 99.400%  | 99.370%  | 99.350%  |
| 雜質 Impurities |     | 0.001%   | 0.010%   | 0.010%   | 0.004%   |
| 共 計           |     | 100.000% | 100.000% | 100.000% | 100.000% |

表(五) 數種鋼筋物理性檢驗之結果

| 結 果   | 尺 寸   | 7/8"口  | 3/4"口  | 3/4"寸  | 5/8"φ  | 1/2"φ  | 3/8"φ  | 1/4"φ  |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 彈性限   | 磅/平方吋 | 39,600 | 36,500 | 41,800 | 46,100 | 42,500 | 44,830 | 43,650 |
| 最大拉力  | 磅/平方吋 | 55,500 | 56,800 | 63,570 | 62,810 | 62,660 | 63,910 | 66,540 |
| 延長百分率 |       | 33.5   | 24.7   | 27.3   | 22.7   | 31.2   | 28.9   | 31.6   |
|       |       | (八吋內)  | (八吋內)  | (八吋內)  | (八吋內)  | (十二吋內) | (十二吋內) | (十二吋內) |
| 冷彎    |       | 均      |        |        | 良      | 好      |        |        |



## (三) 水泥檢驗之結果(表六至九)

表(六) 兩種水泥之化學分析

| 分析項目  | 各項之百分數 |      |
|-------|--------|------|
|       | 甲種     | 乙種   |
| 燃燒損失量 | 4.44   | 1.76 |
| 不溶解物體 | 0.50   | 0.41 |
| 三氧化硫  | 2.00   | 2.00 |
| 氧化鎂   | 2.22   | 0.96 |

表(七) 兩種水泥之物理性質試驗

| 試驗項目    |                 | 甲種    | 乙種    |
|---------|-----------------|-------|-------|
| 比重(灼熱後) |                 | 3.115 | 3.150 |
| 細度      | 存於 No.100 號篩上殘料 | 2.0%  | 0.5%  |
|         | 存於 No.200 號篩上殘料 | 12.5% | 6.0%  |
| 健全性     |                 | 良好    | 良好    |
| 凝結時間    | 始凝結             | 2點20分 | 1點51分 |
|         | 終凝結             | 3點25分 | 2點45分 |
| 備註      | 凝結時之溫度為84°F     |       |       |

表(八) 淨水泥漿抗拉耐力(每平方吋以磅計)

| 試驗時之年齡 | 試品製成置濕空氣內一日其後放於清水中者 |     | 試品製成置濕空氣內一日其後放於海水中者 |     |
|--------|---------------------|-----|---------------------|-----|
|        | 甲種                  | 乙種  | 甲種                  | 乙種  |
| 一週     | 611                 | 763 |                     |     |
| 四週     | 659                 | 798 |                     |     |
| 三月     | 750                 | 780 | 480                 | 691 |



表(九) 灰泥 (Cement mortar) 之抗拉及抗壓耐力  
(每平方吋以磅計)

| 抗<br>拉<br>力 | 分<br>劑 | 試驗時<br>之年齡 | 試品製成置濕空氣內<br>一日其後放於清水中者 |       | 試品製成置濕空氣內<br>一日其後放於海水中者 |       |
|-------------|--------|------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
|             |        |            | 甲 種                     | 乙 種   | 甲 種                     | 乙 種   |
| 力           | 1:1    | 一週         | 507                     | 593   |                         |       |
|             |        | 四週         | 30                      | 672   |                         |       |
|             |        | 三月         | 667                     | 682   | 623                     | 689   |
|             | 1:2    | 一週         | 376                     | 483   |                         |       |
|             |        | 四週         | 501                     | 590   |                         |       |
|             |        | 三月         | 695                     | 643   | 696                     | 560   |
| 抗<br>壓<br>力 | 1:1    | 一週         | 5,770                   | 6,300 |                         |       |
|             |        | 四週         | 4,400                   | 6,950 |                         |       |
|             |        | 三月         | 5,860                   | 8,070 | 5,540                   | 8,300 |
|             | 1:2    | 一週         | 2,900                   | 4,175 |                         |       |
|             |        | 四週         | 3,700                   | 4,900 |                         |       |
|             |        | 三月         | 6,180                   | 6,280 | 5,970                   | 5,710 |
| 1:3         | 一週     | 1,570      | 2,950                   |       |                         |       |
|             | 四週     | 2,220      | 3,740                   |       |                         |       |
|             | 三月     | 2,400      | 4,150                   | 2,560 | 3,990                   |       |

(四) 混凝土抗壓試驗之結果(表十)



表 (十)

| 分 劑     | 一週之耐力<br>(每平方吋以磅計)                     |      | 四週之耐力<br>(每平方吋以磅計) |      |
|---------|--|------|--------------------|------|
|         | 甲 種                                    | 乙 種  | 甲 種                | 乙 種  |
| 1:1:2   | 2600以上                                 |      | 2600以上             |      |
| 1:2:3   | 2340                                   |      | 2600以上             |      |
| 1:2:4   | 1966                                   | 1340 | 2600以上             | 2443 |
| 1:2.5:5 |  | 1686 |                    | 2421 |
| 1:3:6   | 1040                                   | 1263 | 1452               | 2212 |
| 備 註     | 2600#/吋 <sup>2</sup> 以上之耐力為試驗機能力所限未能試出 |      |                    |      |

## (五) 石子檢驗之結果(表十一及十二)

表(十一) 石子方塊之抗壓耐力(每平方吋以磅計)

| 石 塊 類 別 | 第一,四區用 | 第二,三區用 |
|---------|--------|--------|
| 青色石塊    | 35,000 | 37,200 |
| 紅色石塊    |        | 24,700 |

表(十二) 石子之篩析試驗

| 篩 孔 尺 寸 | 經 過 各 篩 之 百 分 數 |        |
|---------|-----------------|--------|
|         | 第一,四區用          | 第二,三區用 |
| 1 1/4"  | 91.5            | 90.0   |
| 1"      | 85.0            | 83.5   |
| 3/4"    | 67.5            | 65.5   |
| 1/2"    | 45.0            | 46.0   |
| 1/4"    | 17.5            | 15.5   |
| 1/8"    | 3.0             | 2.5    |

## (六) 沙之檢驗結果(表十三)



表 (十三)

| 篩之號數 | 留存各篩上之百分數 |       |       |       |
|------|-----------|-------|-------|-------|
|      | 第一工區用     | 第二工區用 | 第三工區用 | 第四工區用 |
| 100  | 98.5      | 99.0  | 99.0  | 99.0  |
| 50   | 91.5      | 92.0  | 85.5  | 78.0  |
| 30   | 26.0      | 39.0  | 18.5  | 25.0  |
| 16   | 3.0       | 9.0   | 3.5   | 5.0   |
| 8    | 0.5       | 2.5   | 1.0   | 1.5   |
| 4    | 0.0       | 0.5   | 0.0   | 0.5   |
| 3/8" | 0.0       | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| 粗細率  | 2.195     | 2.42  | 2.075 | 2.095 |

(七) 水之檢驗結果(表十四至十六)

表 (十四) 杭州自來水廠檢驗之結果

| 結果     | 水樣 | 第一號                         | 第二號      |
|--------|----|-----------------------------|----------|
| 水色     |    | 微雲翳                         | 全前       |
| 濁度     |    | 小於五                         | 全前       |
| 不溶物    |    | 不多                          | 全前       |
| 氯化鎂中之氯 |    | 百萬分之二百九十                    | 百萬分之三百五十 |
| 需要養量   |    | 小於百萬分之十                     | 全前       |
| 總硬度    |    | 百萬分之一百三十八                   | 百萬分之一百二十 |
| 氫離子濃度  |    | 8.1                         | 全前       |
| 石蕊紙試驗  |    | 無顯著反應                       | 全前       |
| 備註     |    | 以上列結果視之第一號水樣在工業上可應用無忌第二號則較次 |          |



表(十五) 浙江大學工學院檢驗之結果

| 水 樣    | 結果(百萬分數)              | 鹼性物   | 鎂    | 氯化鈉  | 硫酸鹽 |
|--------|-----------------------|-------|------|------|-----|
| 兩路貯水池水 |                       | 71.10 | 0.90 | 9.12 | 極微  |
| 錢塘江水   |                       | 33.89 | 0.43 | 6.78 | 極微  |
| 備 註    | 兩種水樣之爲害成分均極低可充拌和混凝土之用 |       |      |      |     |

表(十六) 上海工部局試驗室檢驗之結果

| 結 果       | 來 源                                  | 錢塘江水    | 兩 路 貯<br>水 池 水 | 沉箱作場<br>第三池水 | 沉箱作場<br>第四池水     |
|-----------|--------------------------------------|---------|----------------|--------------|------------------|
| 物 理 性 質   |                                      | 微 濁     | 清              | 清            | 雜有帶氧化鐵<br>之淡黃色沉澱 |
| 化 學 分 析 : |                                      | 百 萬 分 數 |                |              |                  |
| 溶解物總數     |                                      | 64.0    | 100.0          | 750.0        | 620.0            |
| 有機物       |                                      | 4.0     | 8.0            | 60.0         | 90.0             |
| 無機物       |                                      | 60.0    | 92.0           | 690.0        | 530.0            |
| 氯化物中之氯    |                                      | 8.0     | 8.0            | 308.0        | 190.0            |
| 總硬度       |                                      | 40.0    | 65.0           | 340.0        | 310.0            |
| 暫時硬度      |                                      | 40.0    | 65.0           | 210.0        | 260.0            |
| 永久硬度      |                                      | 0.0     | 0.0            | 130.0        | 50.0             |
| 鈣         |                                      | 0.0     | 0.0            | 86.8         | 81.0             |
| 鎂         |                                      | 0.0     | 0.0            | 28.9         | 26.2             |
| 硫酸鹽伊洪     |                                      | 無       | 無              | 有            | 有                |
| 備 註       | 上列四種水樣前兩種具江水性質後兩種含礦質較多但<br>均可作拌混凝土之用 |         |                |              |                  |



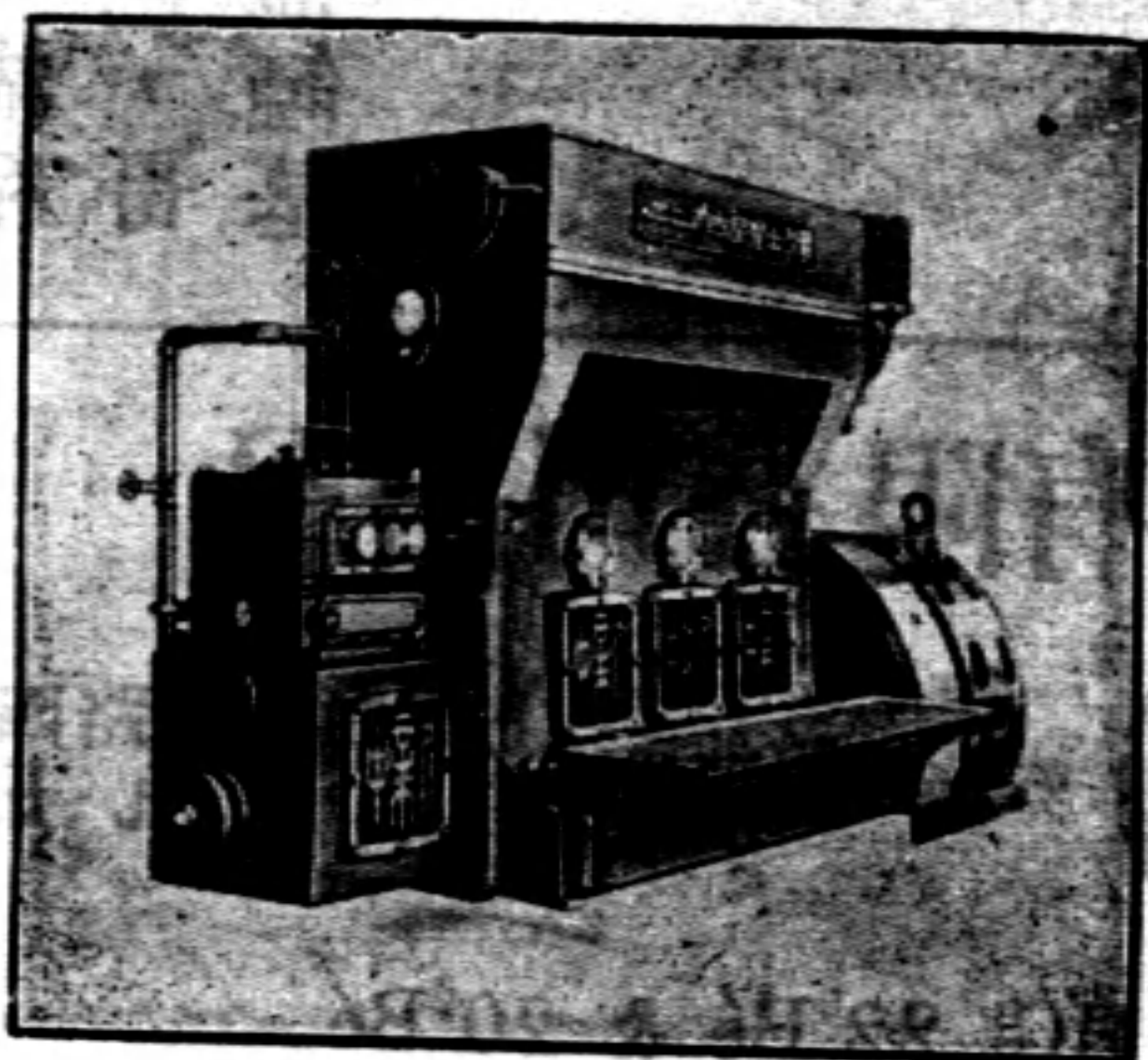
天極和蘇聯自製公司



# 新中工程股份有限公司

製造

## 柴油引擎



陸用

自六匹馬力至

一二〇匹馬力

船用

有二十四及三

十匹馬力兩種

### 承 建 橋 梁 工 程

專 門 人 才  
豐 富 經 驗  
精 細 機 械  
犀 利 工 具



經理：支秉淵 廠長：魏 如

事務所：上海江西路三百七十八號上海銀行大廈●電話一九八二四號  
製造廠：上海開北寶昌路六三二號嚴家閣路北●電話開北四二二六七號

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹

聯名「工」會學和師工國中由即發部



# 天廚味精廠股份有限公司

出品：味精，味宗，醬油

精液，澱粉，糊精，  
，飴糖，醬色，哥羅登酸及其他鹼基酸等，



業務部：上海愛多亞路一

二三號

電話 八四〇七三

三線轉接各部

# 天原電化廠股份有限公司出品

事務所 上海菜市路一七六號  
電話 八〇〇九九

TRADE



ARKM 製造廠

上海白利南路四二〇號  
電話 二九五二三

鹽酸 Hydrochloric Acid HCl 22°Bé & 20°Bé

燒鹼 Caustic Soda NaOH Liquid & Solid

漂白粉 Bleaching Powder Ca(OCl)OH 35%—36%

有線電報掛號 四二五八「石」

英文電報掛號 "ELECOCHEMI"

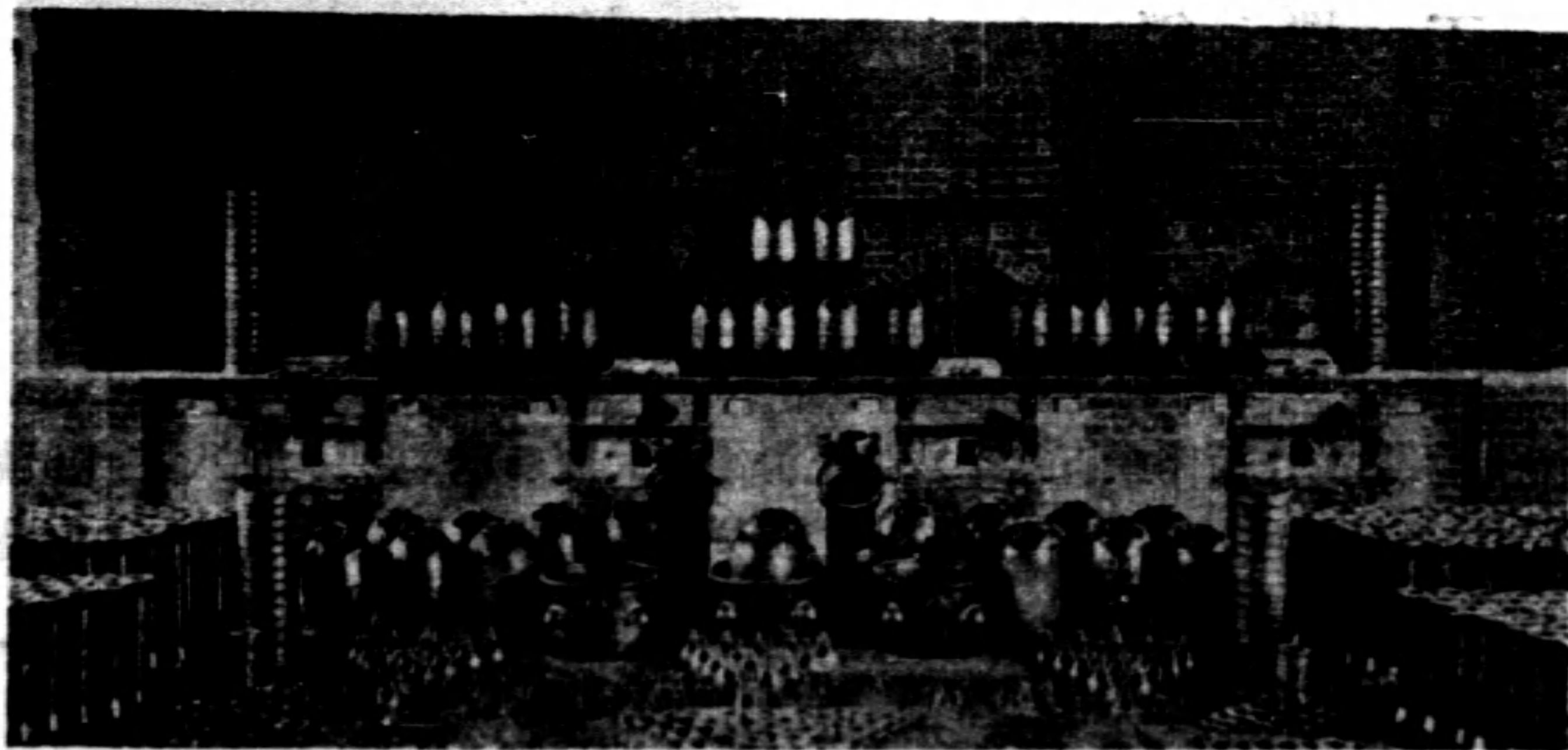
# 天盛陶器廠

事務所 上海菜市路一七六號  
電話 八〇〇九〇



製造廠 上海龍華鎮計家灣  
電話(市)六八二四九

精製各種上等化學耐酸陶器



請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



上海江西路  
第四〇六號  
興業大樓

# 中國★新啓★江 南水泥營業總管處

電報掛號  
四二〇一

啓新洋灰公司管理華記  
湖北水泥廠出品寶塔牌  
水泥以最新方法製造與  
美國材料試驗學會所定  
標準一律  
國內各埠  
重要工程  
及各鐵路  
各省公路

寶塔牌水泥  
註冊商標

橋樑堤工等著名工程莫  
不採用品質精良歷經上  
海工部局中國工程師學  
會化驗給單證明



## ◁ 營業分處及分銷處所在地 ▷

中國  
啓新  
江南  
水泥營業南京分管理處

南京鼓樓車站十四號  
電報掛號 三五〇〇

蕪湖元大和號 長街管驛巷口

安慶湧興德號 四牌樓西街

九江華康號 大中路

南昌泰豐號 廣外直冲巷

景德鎮興記號 彭家弄下首

武穴慎記號 西壩街

長沙長慶福號 大西門四十號

(湖南全省分銷)

沙市程煥記鐵號 拖船埠

重慶民生實業公司 模範市場

(四川全省分銷)

中國  
啓新  
江南  
水泥營業管理處漢口分處

漢口法租界福煦路九號  
電報掛號 六〇〇六



# 品出司公電瓷

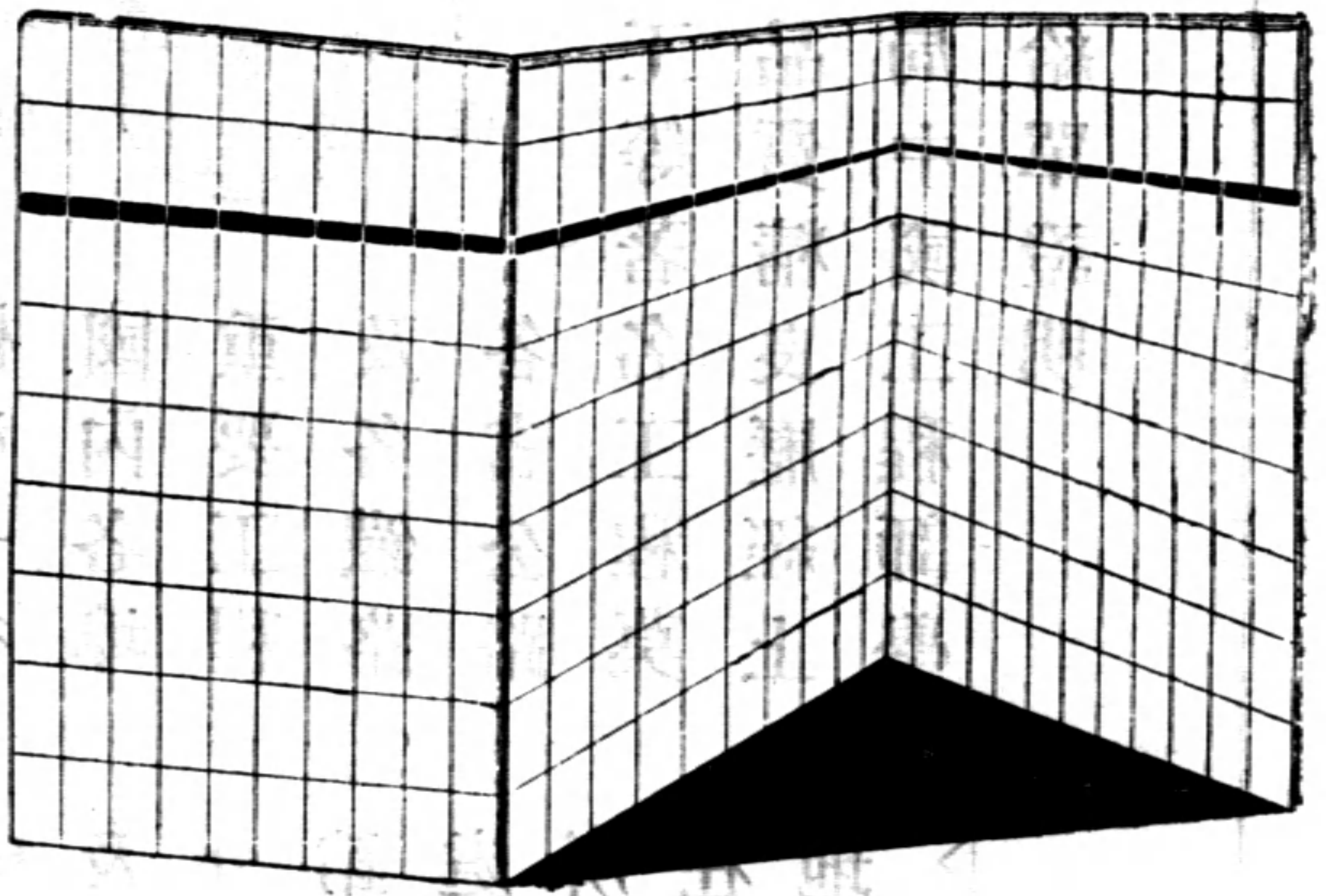
磚 牆 面 釉

所 務 事

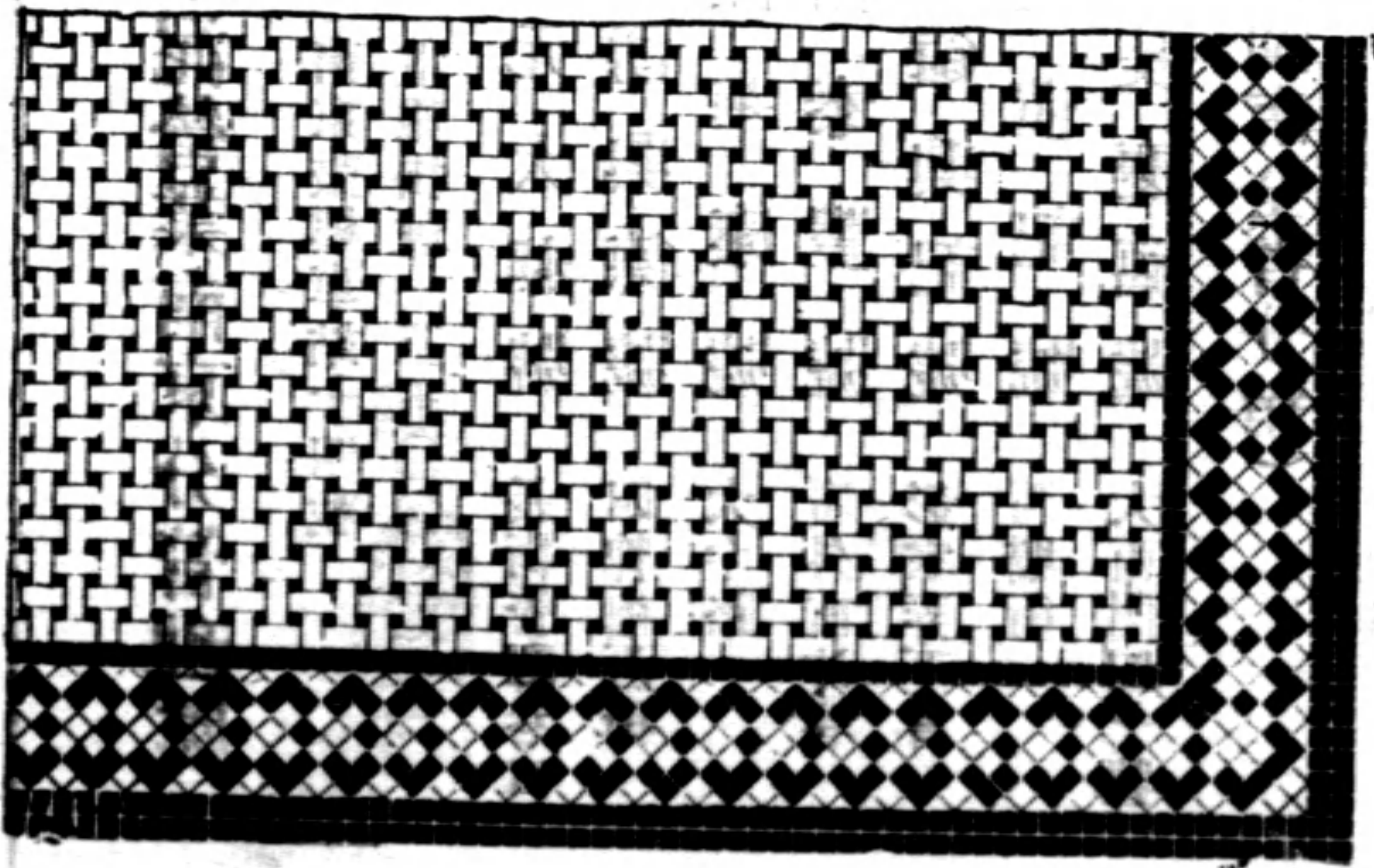
號九十八路州福海上

話 電

六〇七六一 ◆ 八〇四四一



磚 瓷 克 賽 瑪



造 廠 製

路蘭必霍 廠一第

涇洋東浦 廠二第

請 聲 明 由 中 國 工 程 師 學 會 [ 工 程 ] 介 紹



# 益中福記機器

## 出品項目

## 國貨 變壓器



本公司最近出品  
600KVA  
三相三萬  
三千伏變  
壓器係松  
江電廠定  
製

- |          |          |          |                |
|----------|----------|----------|----------------|
| <b>電</b> | <b>機</b> | <b>電</b> | <b>瓷</b>       |
| 各種變壓器    | 各種變壓器    | 各種變壓器    | 各種瑪賽克瓷磚        |
| 直流交流配電板  | 高低壓隔離開關  | 變壓器油濾清機  | 3" X 6" 白色釉面牆磚 |
| 高低壓瓷瓶    | 高低壓油開關   | 各種電氣用瓷瓶  | 3" X 6" 顏色釉面牆磚 |
| 各種電氣用瓷瓶  | 各種電氣用瓷瓶  | 各種電氣用瓷瓶  | 4" X 6" 銅精梯口磚  |
| 高壓保險鉛絲   | 高壓保險鉛絲   | 高壓保險鉛絲   | 6" X 6" 白色釉面牆磚 |
| 電流限制表    | 電流限制表    | 電流限制表    | 6" X 6" 顏色釉面牆磚 |

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



# 開 灤 火 磚

遠東唯一耐火材料

最可靠 最經濟

火度準確 經久耐用

為英國紅磚學會所定標準出品

是二十餘年研究之結晶

非短時期所能成功

開灤售品處

上海四川路三十三號  
電話一五二五三



# SOCIETE BELGE DE CHEMINS DE FER EN CHINE

150 Kiukiang Road

Shanghai

**Locomotives and Cars**

**Telegraph and Telephone Equipment**

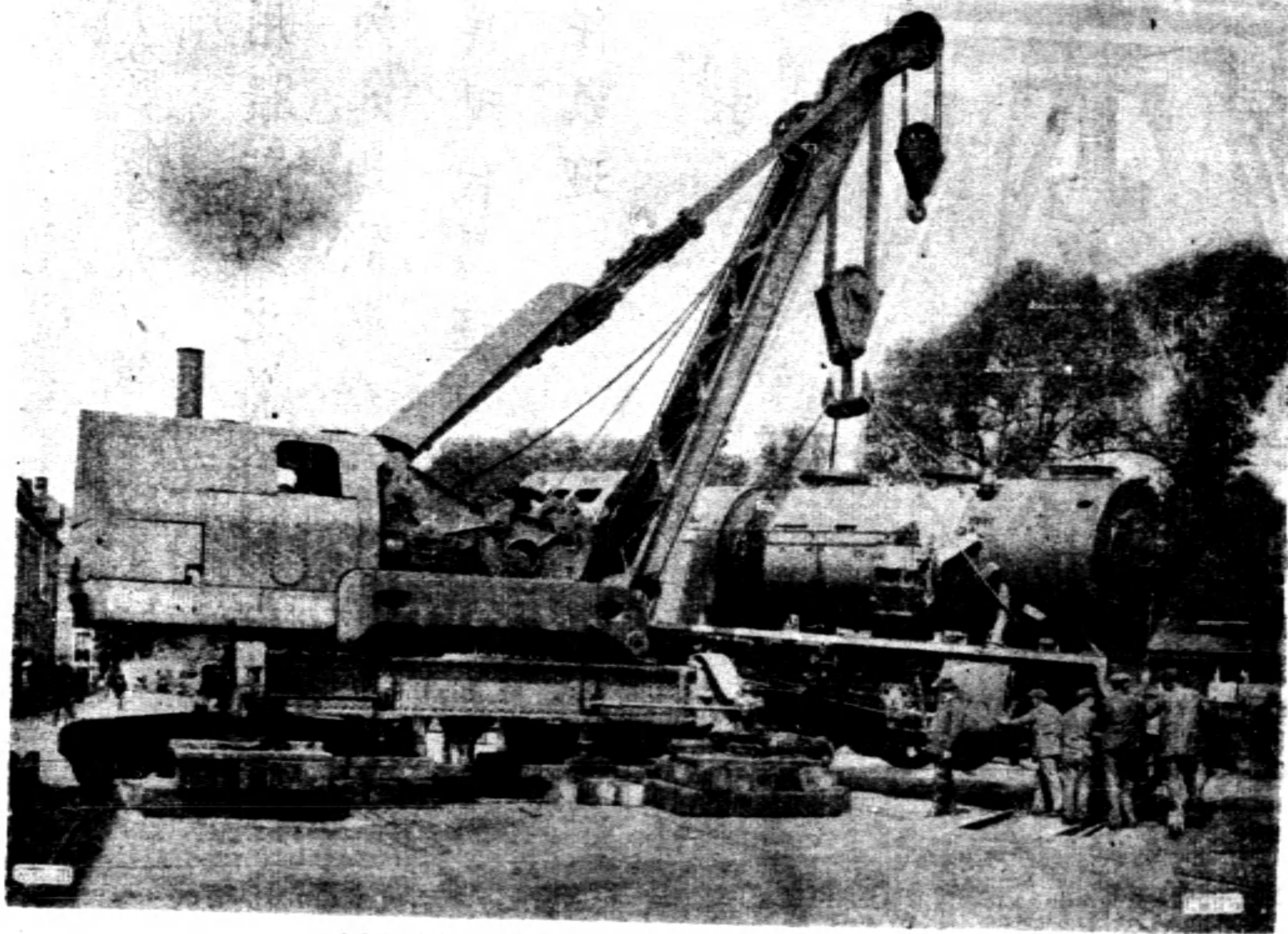
**Railway Supplies of Every Description**

**Machinery - Tools - Mining Materials**

**Hoists - Cranes - Compressors - Air Tools**

**Structural Steel Bridges**

**Etc.....Etc.....Etc.....**



125-Ton Steam Wrecking Crane

## 比國銀公司

上海九江路第一五〇號

電話一二一九八號

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹

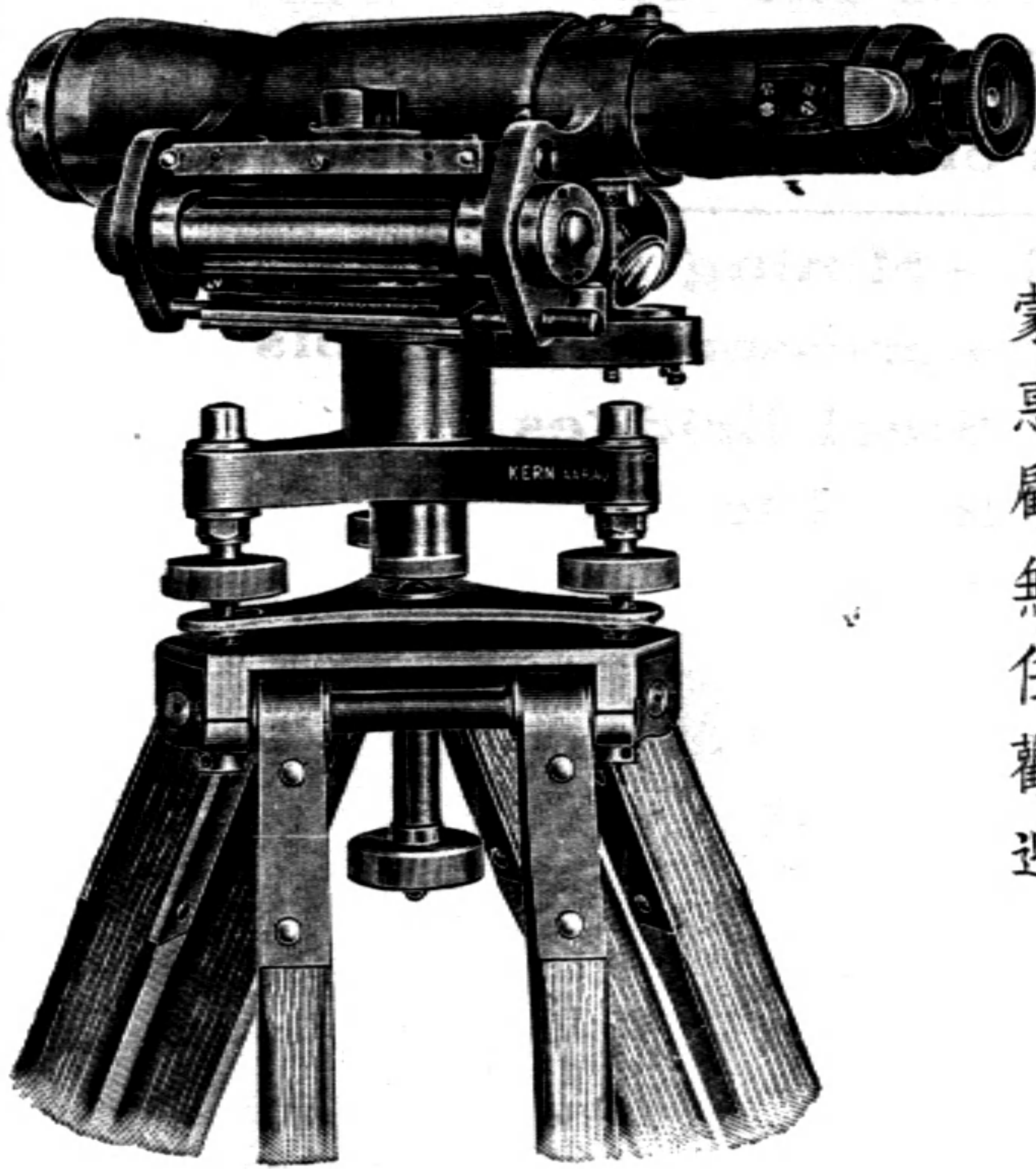


# Kern AARAU

## PRECISION

## SURVEYING

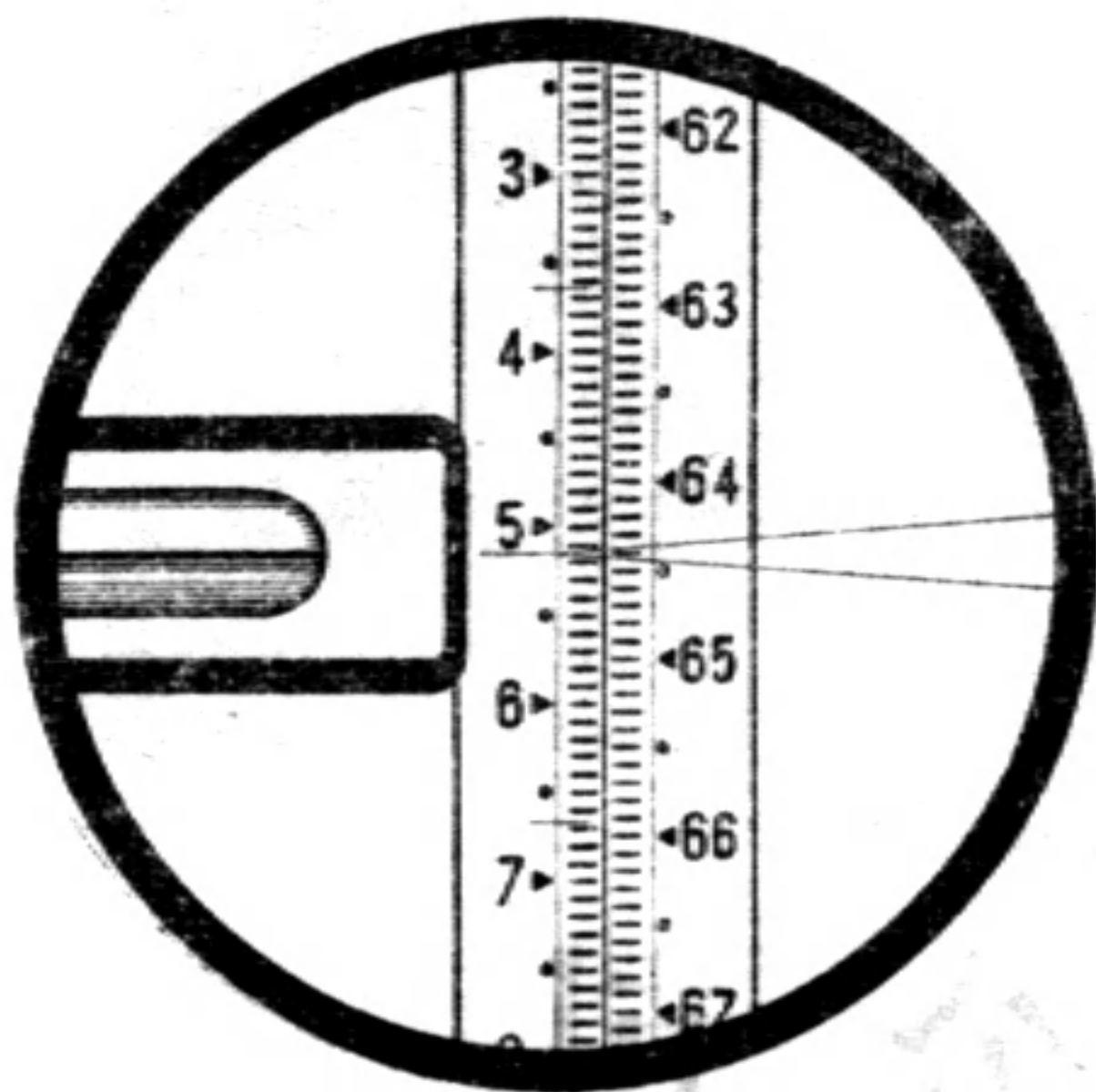
## INSTRUMENTS



精確；敏捷；經濟之

「看衡」 叁號優等水平儀

此儀器採用最新式之符合相對式  
水泡遠鏡內外均能觀察顯明放大  
倍數特大為現代最適宜之儀器如  
蒙惠顧無任歡迎



由遠鏡內窺尺數及  
水泡之顯明狀況。

中國總經理

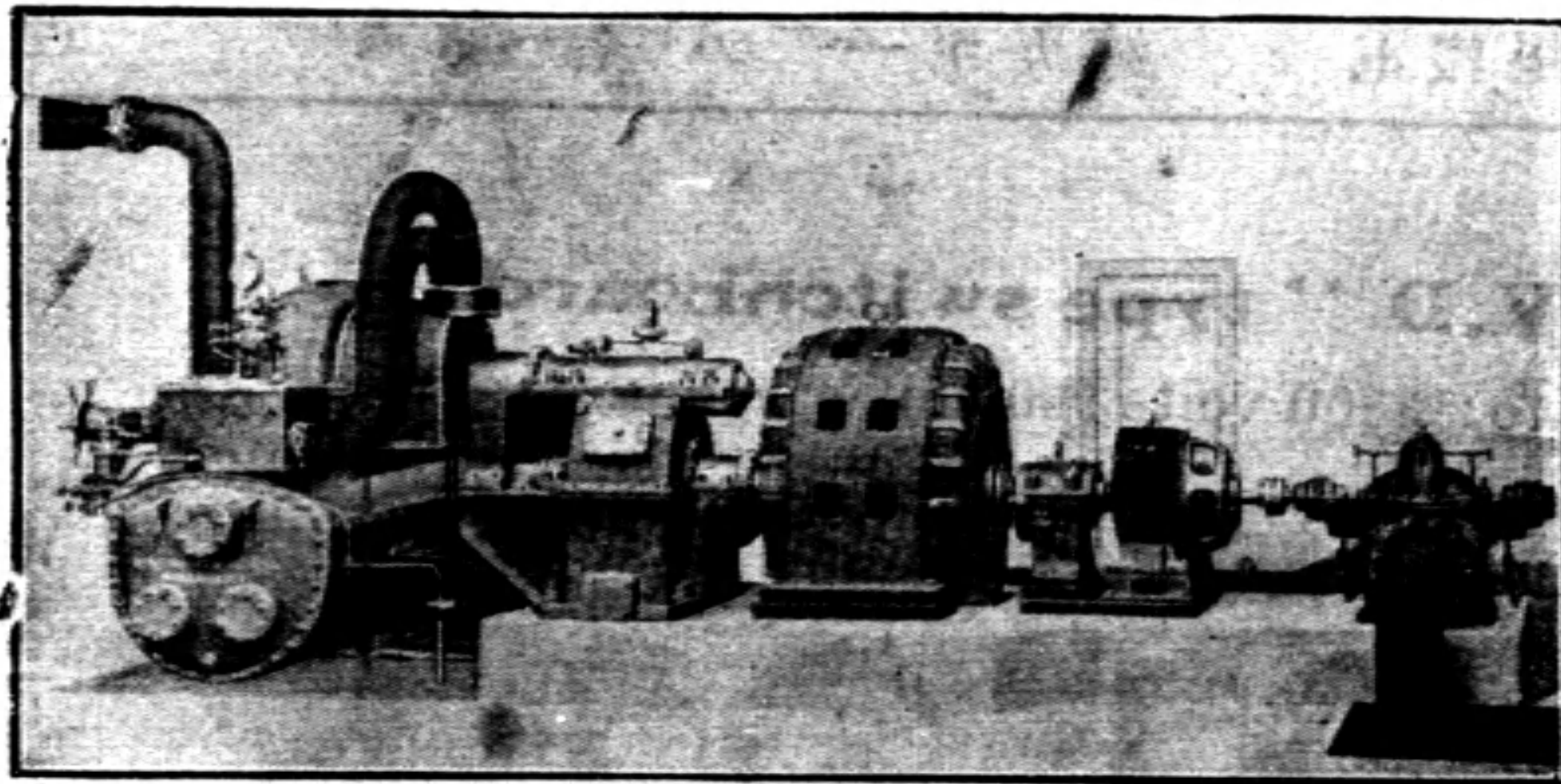
### 瑞商華嘉洋行

上海圓明園路九七號  
電話一八六八八號



**METROPOLITAN**  
**Vickers**  
ELECTRICAL CO. LTD

OVER  
**150**



英國「茂偉」連座透平發電機已裝置者  
數逾壹百五拾！曷故？

因

↓價廉

- ↓可省廠房建築及底脚費
- ↓用汽少而經久耐用
- ↓附件不用馬達拖動不受外電應響
- ↓開車簡便可省工人
- ↓可供給低壓汽為烘熱之用藉以省煤
- ↓及其他種種利益

欲知此種透平發電機之詳細情形請駕臨

**安利洋行機器部**

總行 上海沙遜房子三樓（電話一一四三〇）

分行 漢口 天津 重慶 香港





# G.E.C.



## The GENERAL ELECTRIC CO. (of CHINA), Ltd.

(INCORPORATED IN ENGLAND)

處理代  
漢口

### 英 國 通 用 電 器 有 限 公 司

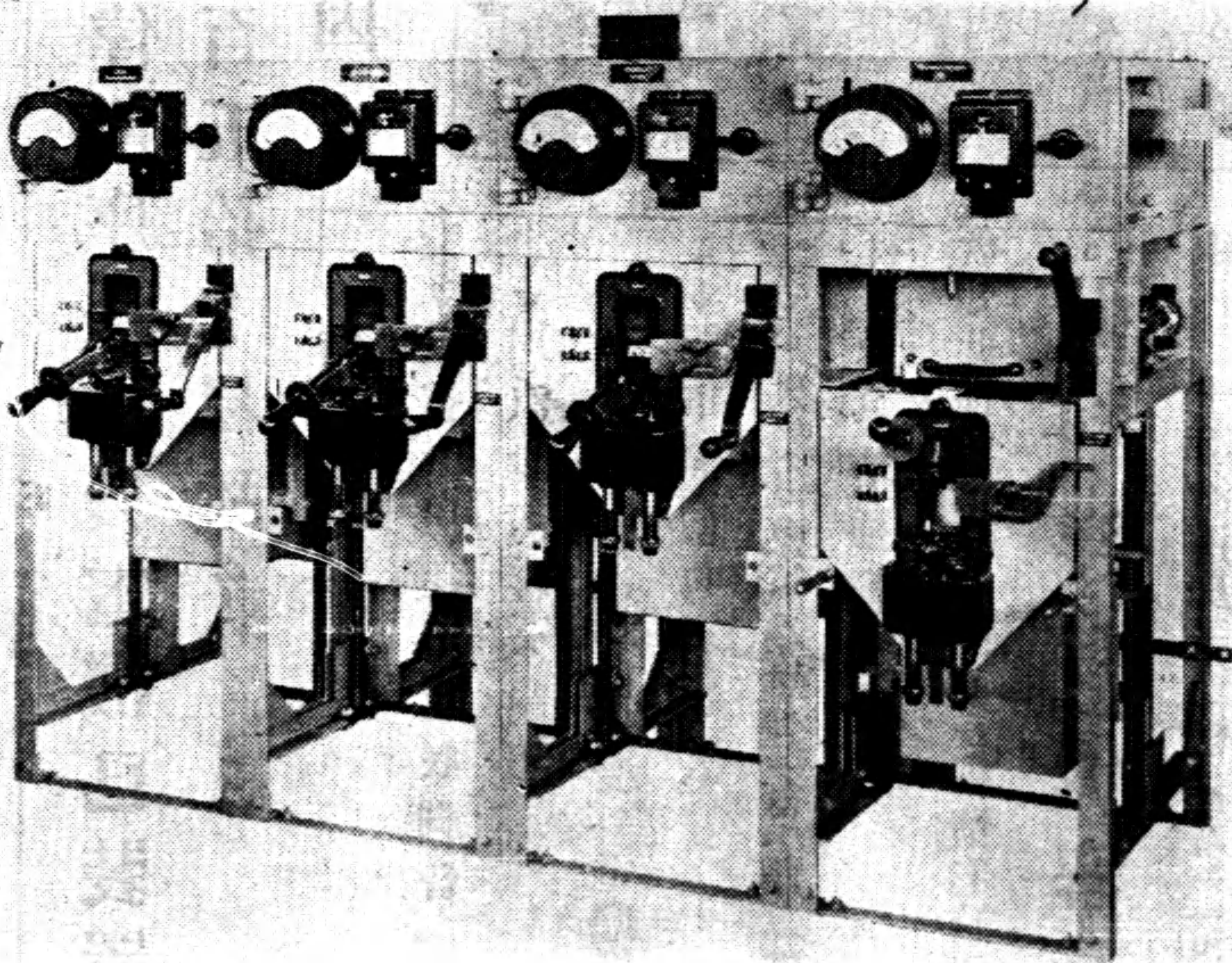
司公分

號三〇五箱信政郵 號七十二至三十二路波寧海上  
七二七八號掛報電 號五至一二八六一話電

大香天  
連港津

### G.E.C. "S.V.D." type switchboard

Sizes up to: 13800 volts 900 amperes



英國通用本廠最新式'S.V.D.'電鑰  
電壓可至一二八〇〇伏打·電流可至九百安培

凡屬電器電料機電及電氣工程

無論巨細概能承辦倘荷賜顧毋任歡迎





# 油機滑車汽與油汽牌殼

君使能品物之等最高為  
意滿為最駛行車汽之

## (油柏) 青 瀝

用等電走免避屋蓋路舖為

## 油 機 滑

用應上器機廠工船輪凡  
備均級各油機滑之

## 水香松質礦牌殼

品替代油節松之濟經最效有最為

## 油 柴

爐油燒及燒燃部內擊引為  
用之管汽熱蒸與鍋



請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



# 滬吳嘉三角週覽旅行

是欣賞蘇嘉鐵路沿綫風景最精妙的計劃  
是遊覽蘇州嘉興名勝古跡最經濟的方法

週遊票：上北 吳縣 嘉興 均有出售

頭等、柒圓叁角伍分  
二等、肆圓玖角伍分  
三等、叁圓

客票有效期間七日

京滬滬杭甬鐵路管理局啓





# 隴海鐵路簡明行車時刻表

民國二十四年十一月三日實行

| 站名      | 車次    | 特別快車  |       |       | 混合列車  |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         |       | 1     | 3     | 5     | 71    | 73    |
| 上行<br>車 | 連雲    |       |       | 10.00 |       |       |
|         | 大浦    |       |       |       | 8.20  |       |
|         | 新浦    |       |       | 11.46 | 9.01  |       |
|         | 徐州    | 12.40 |       | 19.47 | 18.25 | 19.05 |
|         | 商邱    | 17.18 |       |       |       | 1.36  |
|         | 開封    | 21.36 | 14.20 |       |       | 7.04  |
|         | 鄭州南站  | 23.47 | 16.17 |       |       | 9.44  |
|         | 洛陽東站  | 3.51  | 20.23 |       |       | 16.33 |
|         | 陝州    | 9.20  |       |       |       | 0.09  |
|         | 靈寶    | 10.06 |       |       |       | 1.10  |
|         | 潼關    | 12.53 |       |       |       | 5.21  |
|         | 渭南    | 15.37 |       |       |       | 8.59  |
| 西安      | 17.55 |       |       |       | 12.15 |       |
| 站名      | 車次    | 特別快車  |       |       | 混合列車  |       |
|         |       | 2     | 4     | 6     | 72    | 74    |
| 下行<br>車 | 西安    | 0.30  |       |       |       | 8.10  |
|         | 渭南    | 3.15  |       |       |       | 11.47 |
|         | 潼關    | 6.36  |       |       |       | 15.33 |
|         | 靈寶    | 9.09  |       |       |       | 18.56 |
|         | 陝州    | 10.30 |       |       |       | 20.27 |
|         | 洛陽東站  | 16.30 | 7.36  |       |       | 4.11  |
|         | 鄭州南站  | 20.50 | 11.51 |       |       | 10.27 |
|         | 開封    | 22.59 | 13.40 |       |       | 13.12 |
|         | 商邱    | 3.02  |       |       |       | 18.50 |
|         | 徐州    | 7.10  |       | 8.53  | 10.30 | 0.15  |
|         | 新浦    |       |       | 16.48 | 20.04 |       |
|         | 大浦    |       |       | ↓     | 20.30 |       |
| 連雲      |       |       | 18.25 |       |       |       |

本路一、二次及二次特別快與滬平通車301, 302次在徐州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢12次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢13次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢14次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢15次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢16次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢17次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢18次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢19次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢20次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢21次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢22次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢23次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢24次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢25次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢26次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢27次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢28次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢29次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢30次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢31次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢32次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢33次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢34次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢35次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢36次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢37次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢38次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢39次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢40次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢41次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢42次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢43次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢44次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢45次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢46次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢47次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢48次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢49次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢50次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢51次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢52次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢53次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢54次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢55次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢56次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢57次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢58次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢59次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢60次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢61次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢62次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢63次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢64次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢65次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢66次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢67次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢68次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢69次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢70次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢71次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢72次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢73次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢74次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢75次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢76次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢77次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢78次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢79次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢80次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢81次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢82次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢83次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢84次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢85次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢86次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢87次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢88次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢89次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢90次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢91次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢92次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢93次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢94次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢95次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢96次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢97次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢98次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢99次在鄭州聯接  
 本路一、二次及二次特別快與平漢100次在鄭州聯接







全國經濟委員會公路處編輯「中國公路建設攝影」徵求照片啓事

(一) 徵求照片種類

(1) 工程照片 如路基路面橋梁涵洞護墻輪渡碼頭及測勘施工情形等

(2) 交通運輸照片 如車輛車站油站修車廠及其他交通運輸設備等

(3) 風景照片 與公路有關兼風景優美之照片

(二) 照片說明 每種照片之後面請註明詳細地點及名稱 (如係橋梁須說明跨徑式樣路面須說明寬度厚度及建築材料等) 工程較大者並說明建築費及開工完工日期

(三) 照片尺寸 照片大小以四吋左右爲宜勿貼在硬紙上並須清晰以便製版

(四) 限期 務於二十五年十二月三十一日前寄南京鐵湯池經委會公路處

(五) 報酬 應徵人須詳細書明通訊處凡經選登之照片當時載攝影者姓名並贈送彙覽一本其聲明「不錄仍退」者當將原物寄還



# 中國工程師學會

## 朱母紀念獎學金委員會徵文廣告

本會現徵求民國二十六年朱母紀念獎學金論文，應徵者希於二十六年二月十一日以前將稿件投寄到會。茲將應徵辦法附錄於後：

- (一)應徵人之資格 凡中華民國國籍之男女青年，無論現在學校肄業，或為業餘自修者，對於任何一種工程之研究，如有特殊興趣而有意應徵者，均得聲請參與。
- (二)應徵之範圍 任何一種工程之研究，不論其題目範圍如何狹小，均得應徵。報告文字，格式不拘，惟須繕寫清楚，便於閱讀，如有製造模型可供評判者，亦須聲明。
- (三)獎金名額及數目 該項獎學金為國幣一百元，當選名額規定每年一名，如某一年無人獲選時，得移至下一年度，是年度之名額，即因之遞增一名。不獲選者於下年度仍得應徵。
- (四)應徵時之手續 應徵人應徵時，應先向本會索取「朱母紀念獎學金」應徵人聲請書，以備填送本會審查。此項聲請書之領取，並不收費，應徵人之聲請書連同附件，應用掛號信郵寄：上海南京路大陸商場五樓中國工程師學會「朱母紀念獎學金」委員會收。
- (五)評判 由本會董事會聘定朱母紀念獎學金評判員五人，組織評判委員會，主持評判事宜，其任期由董事會酌定之。
- (六)截止日期 每一年度之徵求截止日期，規定為「朱母逝世週年紀念日」，即二月十一日，評判委員會應於是日開會，開始審查及評判。
- (七)發表日期及地點 當選之應徵人，即在本會所刊行之「工程」雜誌及週刊內發表，時期約在每年之四五月間。
- (八)給獎日期 每一年度之獎學金，定於本會每年舉行年會時贈予之。

國立中山大學工學院教授兼土木工程學系主任

### 方棣棠先生編著

## 工程構造原理

第一冊  
方棣棠編著

### 內容特色

全書用新聞紙壹拾陸開度共六百十三頁。全書共三十四章，四百零一節，六百零二圖。全書中分為五部；第一部普通基礎，第二部材料強度學，第三部靜力學公式能定梁，第四部構架梁，第五部防風梁與格柱。

各公式皆有證明，使學者無不求甚解之毛病。每章之中多設例題，使學者能融會貫通。文字敘述淺易，使學者無燥澁乏趣之苦。內容充實，搜羅豐富，可為大學教本，亦可為自修之藉。

發售處：廣州國立中山大學土木工程系

(定價國幣三元二角)

(不另加郵費)



# 工 THE JOURNAL 程

## OF

### THE CHINESE INSTITUTE OF ENGINEERS

FOUNDED MARCH 1925—PUBLISHED BI-MONTHLY

OFFICE: Continental Emporium, Room No. 542. Nanking Road, Shanghai.

中華民國二十五年十二月一日出版  
工程第十一卷第六號

編輯人 沈怡  
發行人 裘鈞

發行所 中國工程師學會  
上海南京路大陸商場五三號  
電話九二五八二號

印刷者 中國科學公司  
上海福州路六四九號  
電話七四五七七號

分售處  
上海徐家匯蘇新書社  
上海四馬路作者書社  
上海四馬路上海雜誌公司  
南京正中書局南京發行所  
濟南芙蓉街教育圖書社  
南昌民德路科學儀器館南昌發行所

南昌 南昌書店  
廣州永漢北路上海什誌公司  
廣州分店  
重慶今日出版合作社  
成都開明書店

定報處 上海南京路大陸商場五四二號

收稿處 中國工程師學會刊經理處  
上海本會編輯部

會員及定戶通訊 凡會員或定戶更改地址或有寄報遺失等情請即函知上海本會

交換書報 凡欲與本刊交換者請向上海本會圖書室接洽並請先寄樣本交換書報概請逕寄上海本會圖書室收

海本會圖書室收

## 廣告價目表

ADVERTISING RATES PER ISSUE

| 地位<br>POSITION                         | 全面每期<br>Full Page | 半面每期<br>Half Page |
|--|-------------------|-------------------|
| 底封面外面<br>Outside back cover            | 六十元<br>\$60.00    |                   |
| 封面及底面之裏面<br>Inside front & back covers | 四十元<br>\$40.00    |                   |
| 普通地位<br>Ordinary Page                  | 三十元<br>\$30.00    | 二十元<br>\$20.00    |

### 本刊價目表

本期特價 每冊八角  
郵費另加五分

| 全年<br>六册 | 半年<br>三册 | 預定册數 | 書價 | 連郵費 |
|----------|----------|------|----|-----|
| 二元一角     | 一元一角     | 本埠   | 國內 | 郵費  |
| 二元二角     | 一元二角     | 國內   | 國內 | 郵費  |
| 四元二角     | 二元三角     | 國外   | 國外 | 郵費  |

新疆蒙古及日本照國內

香港澳門照國外

廣告概用白紙。繪圖刻圖工價另議。連登多期價目從廉。欲知詳細情形。請逕函本會接洽。





# SKF

## 鋼珠軸領

## 羅勒軸領

### 上海維昌洋行經理

江西路一七〇號

電話一一三三〇

# 上海泰記石棉製造廠

## THE GREAT EASTERN ASBESTOS MFG. CO.

品出要主

管 銹 鎂 棉 石  
85% Magnesia Pipe Covering

塊 銹 鎂 棉 石  
85% Magnesia Block

粉 銹 鎂 棉 石  
85% Magnesia Cement

絡 筋 棉 石  
Asbestos Fibre

料 塗 棉 石  
Asbestos Composition

製造廠

南市車站路普益里內

電話本市二二二四四

批發所

百老匯路一百一十五

電話租界四一七七五





# SANITAS-SEIFERT & CO.

## X-RAY APPARATUS FOR MATERIAL TESTING



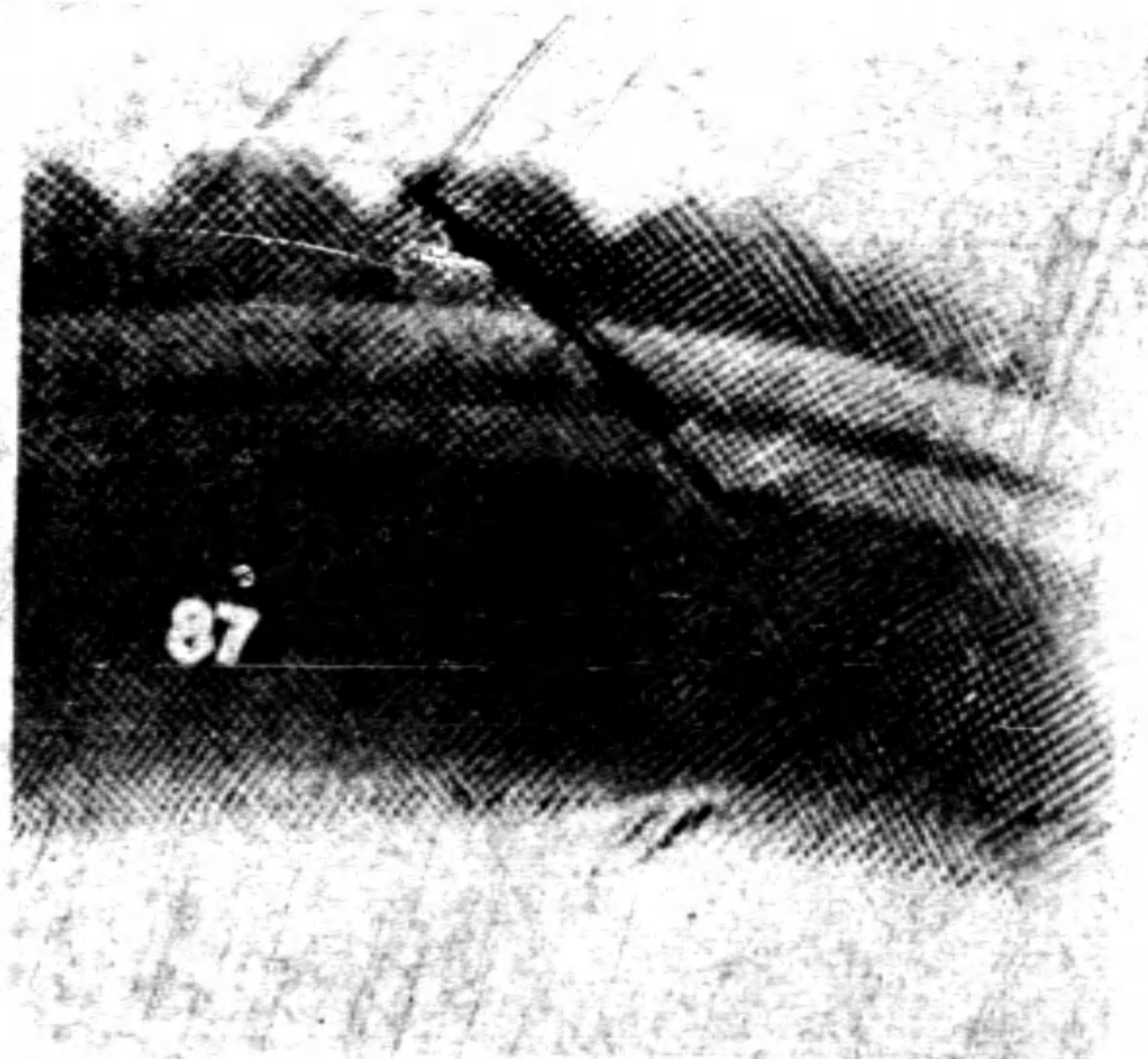
*Die Kesselschmiede*  
Prüfung von Schweißnähten  
an Hochdruckbehältern

縫接鑄驗檢光X用



*Die Giesserei*  
Untersuchung von Gußteilen  
auf dem Leuchtschirm

件鑄驗檢光X用



*Fehler in Autoreifen, wie Leinwandbrüche*  
u. ä. auf dem Leuchtschirm

胎車汽驗檢光X用

Sole Agent

**SCHMIDT & CO**

SASSOON HOUSE-SHANGHAI-NANKING ROAD

德國賽發廠所出X  
光材料檢驗設備為  
近世工業檢驗之利

器如蒙  
賜詢一切無任歡迎

中國總經理

**德商興華公司**

上海南京路一號

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



# SULZER BROTHERS

SHANGHAI ENGINEERING OFFICE  
34 Avenue Edward VII

Telephone 16512

Cable Address

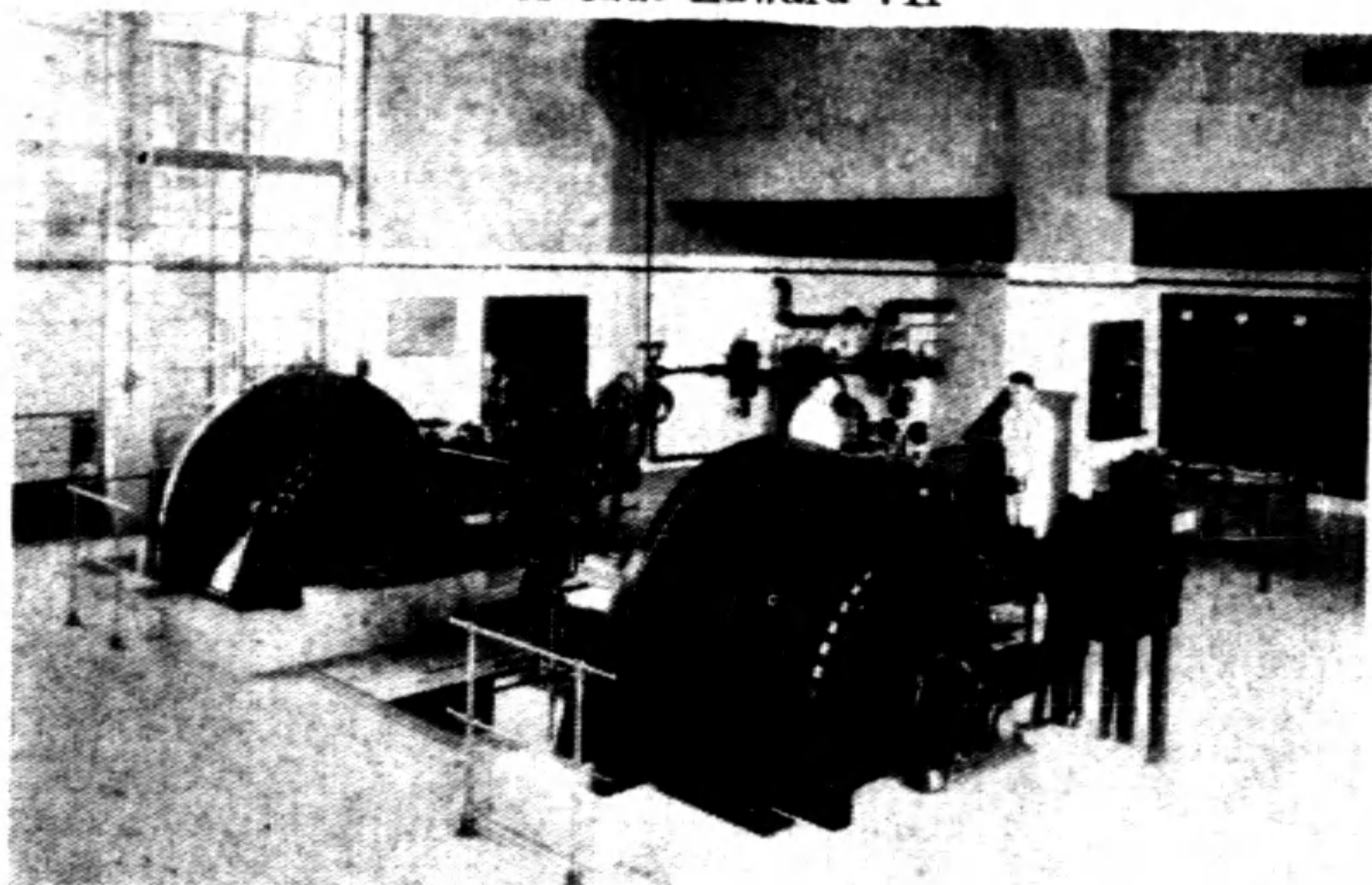
"Sulzerbros"

蘇爾壽 工程事務所  
▲本廠出品▼  
上海愛多亞路三十四號

單流式蒸汽引擎 · 小號透平機 · 直  
立箱式水管爐子 · 離心力抽水機 · 直  
風箱 · 陸用與船用 · 空氣調節設備 · 冷  
藏兼造冰機器 · 空氣調節設備 · 麥冷  
克齒輪等 ·

蘇爾壽 工程事務所

▲本廠出品▼  
上海愛多亞路三十四號

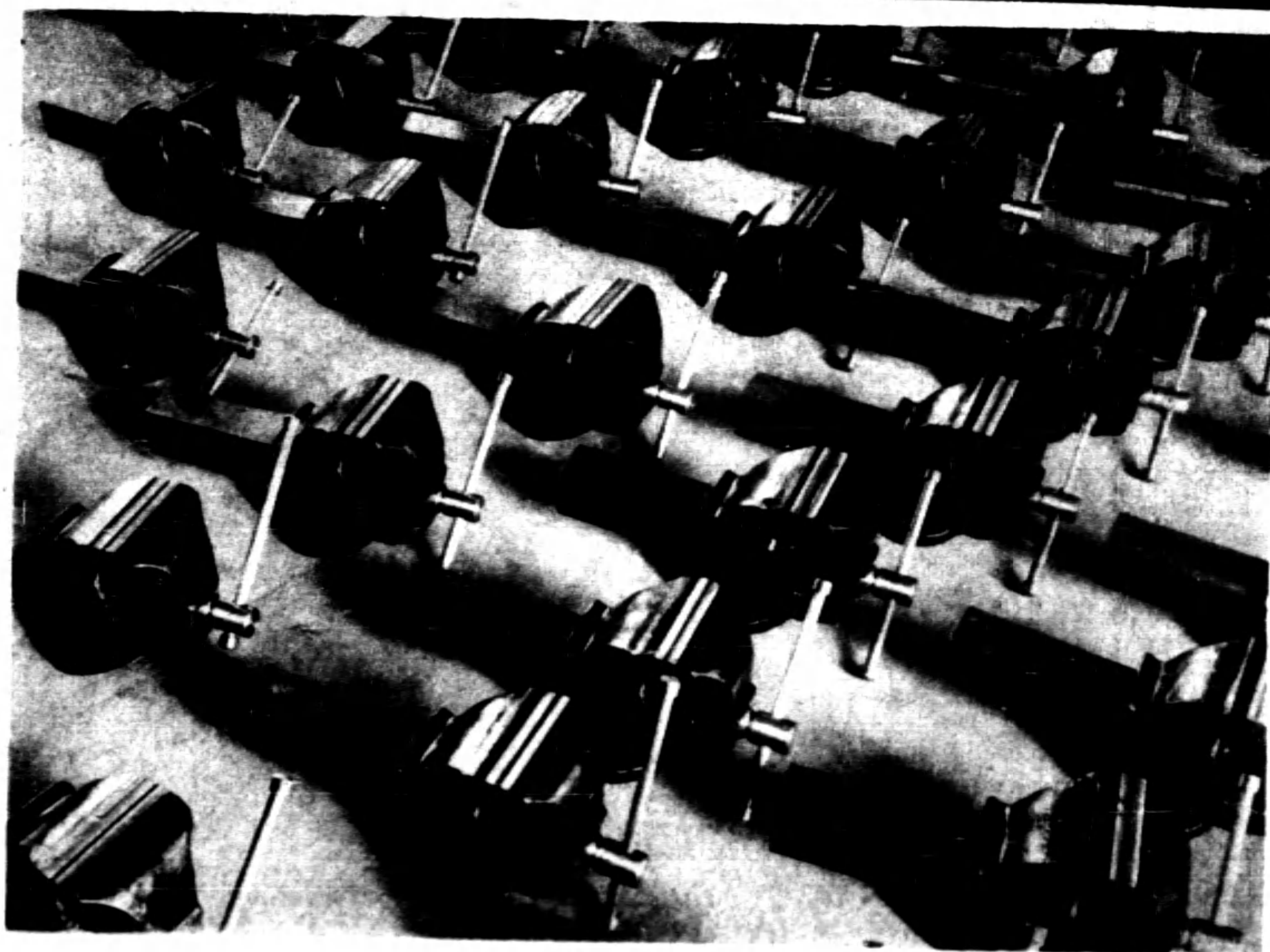


Sulzer Refrigerating Plant (2×270000 cal./h. at -13°+40°C)  
Installed at the Union Brewery in Shanghai

上海啤酒公司內設  
蘇爾壽 冷氣機器二部  
每小時各能發二七〇〇〇熱量

中華郵政特准掛號認爲新聞紙類  
內政部登記證警字第七八八號

## WINTERTHUR. SWITZERLAND.



上圖示鑄鋼枱虎鉗

鉗身大部份係鑄鋼。其化學成分爲 C 0.35%, Mn 0.60%, Si 0.30%, P 0.05%, S 0.03%。鉗口係本所自製之高炭素工具鋼，含炭 1.10%；且經相當之熱處理，使其能耐久用。

國立中央研究院 工程研究所  
鋼 鐵 試 驗 場

上海白利南路愚園路底

電話二〇九〇三