

論 說 報 告

土木學會誌 第十五卷第七號 昭和四年七月

東京地下鐵道工事

會員 工學士 遠 武 勇 熊

Brief Note on the Construction of the
Tokyo Underground Railway

By Yukuma Tootake, C.E., Member

内 容 梗 概

本文は東京地下鐵道株式會社にて敷設する地下線路既成線、淺草上野間土木工事施工の概況と設計の資料となるものに就て其の概要を述べたるものなり

當東京地下鐵道株式會社にて敷設免許を有する線路は品川を起點とし市の中心銀座、日本橋を經上野、淺草迄と途中三田より分岐し五反田に到る、總延長凡 10.5 哩の線路にして東京市の地下鐵網約 50 哩の一部分に屬してゐる。尙郊外地に車庫、車輛修繕工場等を置く見込である。

大正 14 年 9 月其の一端淺草上野間 1.4 哩を起工し昭和 2 年 12 月より營業を開始し引續き上野萬世橋間に着手し目下工事中にして竣成次第營業線を伸延する見込、自夫今川橋迄の間は工事準備中、銀座方面への施工設計中。

當社の採れる設計は道路直下に淺く敷設する所謂路下式にて覆工切開式に據り掘鑿し隧道は複線函型、停車場は凡半哩毎に置く。

軌道軌間は 4'-8 $\frac{1}{2}$ " 第三軌條式。

車輛は 120 馬力の電動機 2 個を備ふる幅 8'-6" 長 50' 呎の總鋼鐵製。

上野驛より分岐する單線車庫線は地表に出て此處に變電所、車輛修繕場等が設けてある、又神田驛其の他には地下に變電所を設くるの豫定。

列車操縱の爲所々に轉轍器を備へ信號機、列車制止機等孰れも電氣自動式。

變電所にては電源を異にする 2 箇所より電力の供給を受け之を直流 600 ヴォルトに變電し電車の運行に供し外に信號轉轍機、唧筒動力等を隧道内に送電するの設備がある。此の電

力は電源を異にする 3 箇所より電力の供給を受く。

施工方法の概説

隧道構築の外側線に沿ひ先づ道路面より I 形鋼鐵杭を打込み杭頭を溝形鐵梁にて連繫し其の上に隧道を横斷する方向に I 形鋼鐵桁を架し板張覆工を爲し路面に供す。

後覆工下にて掘り下ぐるに従ひ鐵杭間に水平に土留板を嵌め坑底迄掘り下ぐ、淺草上野間にては各所に土砂捲揚機を路面に据付け坑内に輕便線を敷設しガンリン機關車に土運車を牽かせ掘鑿土を捲揚機迄運搬の上路面上に捲揚げ自動車にて運搬、淺草方面隅田川に接近せる所には別に本坑より分岐する土砂搬出横坑を掘り河岸に棧橋を設け環索機にて坑内から土運車を引揚げ棧橋より船に移すの方法を採り、上野萬世橋間にては路上に可搬連續バケツト捲揚機を路面に据へ坑内にて切崩したる土はコンベヤーにて自動小運搬を爲しバケツトに移し路面にて直接自動車に積むの方法を採れり。

掘鑿に關する費用は隧道建設費の大部分を占むるものにして此の作業は坑内にて土を切崩し道路面迄揚ぐる迄の費用に過ぎないが此の費用を切詰むるには漸次機械的作業に移らざる可らず。

隧道構築は淺草上野間にては鐵骨と鐵筋混凝土の合造で鐵骨は重に I 鋼鐵より成り間隔 5' 毎に据付く、鐵骨は函型中央に鐵柱を建つ、I 形鋼鐵材は高 11'、每呎重量 32# 乃至高 20'、每呎重量 95# 混凝土は割合 1:2:4、徑 1/4" 乃至 1" の丸鋼鐵筋にて補強す。

上野萬世橋間にては同様の構造なるも鐵骨の間隔を 7'-6" とし鋼平鐵 L 鐵の合成を試みたり。

道路下には水道、瓦斯、諸種の電纜、下水管路等あるも隧道の土被は 5'~13' である爲之等盡く隧道上に在り工事中は路面受桁より吊り下げ置き隧道構築完了後跡埋中に復舊せらる。淺草上野間の中央菊屋橋に下水徑間 6' の拱渠があり渠底は道路面以下 16' 隧道は此の水路を恰も直角に横斷し拱渠下を潛行するには隧道を深く低下せしむるに至るので下水管路を伏越に改築せり。

伏越部は鋼鐵管徑 3'-6" 二列及 2'-6" 一列、鐵筋混凝土にて捲き伏設したり、小口徑の水管は平時の通水に供し雨水増加せば自然大口徑水管に溢流するの設計を採擇せり、平時小口徑のものを水路に供せるは速度を早め汚物の沈澱を少なくしたいからである、本施設は獨逸伯林に於ける一例を參酌實施したので萬一を慮り管内掃除の唧筒設備を有す。

地下施設物に緊要なる事項は防水層である、從來側面の防水層は構築物以外に作業し得る餘掘を有する坑を掘り構築物の外圍に貼付せるも餘掘なき坑内にて施工する方法を採つたので側面は防水層を先きに構成し、此の面に密着し構築を造れり、即底部は混凝土の薄層の上に

防水層を貼り側面は土留鐵杭フランジ面には鐵板を蔽ひ置き土留板面と共に（土留板間より漏水ある處は鐵板又は板を一面に張り）セメント・モルタルを吹付け此の面に防水層を貼布し頂上は構築上に貼り其の上に薄層の混凝土を施して之を保護す。

防水層はアスファルト布二重及三重とアスファルトとの合成層である、布は淺草上野間は獨逸式にフェルトを用ひ上野萬世橋間は米國式に據りジュートパーラツプを用ひたり。熔解せるアスファルトは濕面に膠着せず又アスファルト布の襷目を完全密着せしむる等丁寧な作業が必要である。

土壓に關する考察

土木工事の多くは土と直接の關係を有し特に切開式に據る地下鐵道工事は土壓に直面し之に對抗するの施設を爲すことが必要條件である、加之これを適用するの地たる交通頻繁なる帝都の道路直下となると商店櫛比の巷なる爲安全第一で且適當なる施工を要するは論を待たない、乾燥せる砂に限り理論上の解説稍容易なるが如きも粘土の如きは水を含まざるものは軟岩同様の硬度を示し水を含むに從ひ軟化し從て土壓甚大となる、沿線到る處其の質に差ありとするも當時工事中の處は粘土に砂を交ゆる處多く地下水位は地表以下7'~9'掘り下げ中唧筒にて排除するに附近の水位も亦幾分低下し當初地質調査に當り採掘せる標本に比し耐重力高き土質である。

淺草上野間菊屋橋は東京市に於ける有名なる軟弱地區の一に屬し東京市で同處に下水管路を伏設せる時の實驗に徴し豫め注意を受けたる處であつた、地表以下50'以下に土丹層あり夫迄の間は純粘土又は粘土に砂を交へたる層で含水量多く每呎重量42#長37'のI鐵杭を路面より打込める時の記録は左の如し。

路面に掘れる深4'の壺掘内にI鐵を建て込めるに自重にて沈下2'~5'。

マツキヤナンテリー第六號重量2900#の壓搾空氣鎚を靜に杭頭に載す。

低氣壓1"平方60#の氣壓にて僅に110回にて打込終る、又或るものは鎚重にて10'以上自然に沈下せるものもあり。

同所より上野の方稻荷町附近では長33'同種のI鐵杭を打込むに壺掘内にて杭の建込に杭重と鎚重とにて自然低下僅に1'以内其の後氣壓100#にて打數千回以上の多きを示せり、地質は同じ様な粘土質なるも密にして含水量少なし。

菊屋橋のI鐵杭は電車路二條の外に其の左右に自動車の一輪宛を塔載し得る幅の路面受桁より3割の衝動を加へ約10英噸の荷重を受く、此の杭をして其の儘基礎杭たらしめんか、重大なる荷重に耐ふ可くもない。

軟土質地に於ける處理法とし茲に實施せるはI鐵隣接相互共同働作を爲し得る様柱の上部

に筋違ブレーシングを施し尙隣接I鐵ウエツプ間に數段の切梁を嵌めI鐵の捻曲を防止せり。

斯くの如き軟質地であつたが掘り下げ中底に排水溝を切り掘鑿を進むるに従ひ兩側土留板外の地下水位低下し常に坑底は僅に足跡を印するに止るが如く能く締め案外に高密度を有し又坑側のI鐵杭は何等低下せず工事を終了することを得たり。

此の現象は重に土壓より生ずる摩擦にて支持せられたものであらう。

全開鑿後に於ては杭下端根入は6'に過ぎないので此の部分に於ける耐重力は之を省略し又杭頭數尺の間は精密なる機械的検査を施さざるも路面受桁より生ずる震動の爲土との密着を缺けるものゝ如く坑深30'の内より上部3'を控除し27'間に於ける土壓より生ずる抵抗は左の如く推定せらる。

$$\text{土の息角 } \varphi = 25^\circ, \quad r = 100\#, \quad h = 30'.0 \quad p = hr \frac{1 - \sin\varphi}{H + \sin\varphi} = 1200\#$$

杭間隔 = 5'.0

平均荷重と見做し水平總土壓 = $5' \times 27' \times 600\# = 81000\#$

杭の受くる垂直荷重 10 英噸 = 22400#

土留板と杭との摩擦係數 = $F \quad 81000\# F = 22400\# \quad F = 0.27$

本軟土質地に於て坑底の地盤面隆起するを恐れたるも何等其の現象を表はさず掘り下げたる坑底地盤の隆起は其の左右の荷重、坑深、坑幅並に土質に依るものなる可く本箇所は複線部にて幅僅に28'内外深も亦之に似左右の荷重大ならざるに依りしならん。

又I鐵杭根入深は6'内外で軟質地にては坑底に切張を嵌設せるも之を嵌むる迄の間に杭端の押出さるゝことを恐慮せるも根入部に於ける杭床土の反壓力にて能く支持せり、畢竟地下水低下し土性稍變化したのであらう。

切開式掘鑿中地表に近き部分の地殻を在來狀態の儘たらしむる様完全に切梁工を施さば下部は比較的的水平土壓少なきのみならず杭側の土を多少抉り取ることを得るは從來諸種の土木工事に實驗せる處である、切開坑上部10'内外の處を左右坑側に弛みを與へず通稱棒ジャツクの如きもので坑を押し擴げ置き後切梁を嵌むるの工法を採らんか、或は深さに正比するが如き土留板の増厚は敢て要せざるならん、坑口上部弛みて始めてランキン氏、クローム氏の所説土壓を惹起する様である。

土性に關する科學的釋明は一般土木事業に伴ふ重要事項の一である、然れども從來施工中研究資料を蒐集し難く實用法式の設定を爲さんとするに當り資料乏しく土木工事の主要相手物たる此の土性に關し茲に明白に實用上の法則を敘することを得ざるを頗る遺憾とする所である。

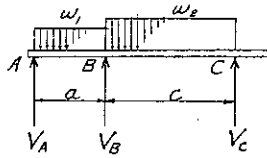
土留鐵杭の經濟的考察

土丹盤の如き硬地質地を除き粘土質地帯では土留鐵杭には少なく共一段の切梁を嵌設し土

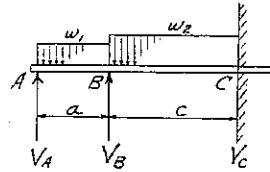
壓に對抗するの工法を採つて居る、切梁を省略し得る強度の鐵杭を用ゆることも一種の設計であるが路面受桁と坑底のみにて相當強大の土壓を支持するので一段の切梁を隧道構築の上部位置を嵌設し3箇所にて土壓に對抗することが安全である又鐵杭は多少捻曲せられて打込まれるものもあるので尙更である。

土留鐵杭の強度計算を爲すに其の根入部實際に於ては完全なる固定端でなく夫として又放端でもない場合が多い、又實施中の状態たる切梁を嵌むる時已に幾分鐵杭は撓曲しあるので精密なる計算を爲すには土留鐵杭撓曲に相當する寸の荷重は切梁に無關係の土壓となる、茲では便宜鐵杭は垂直のものとして取扱ひ杭頭に溝形鐵梁を取り付け此の上に5'毎に路面受桁を載するの工法に於て計算するに

第一圖 杭根入部軟土質



第二圖 杭根入部硬土質



$$w_1 = 300\#/ \square' \times 5'.0 = 1500\# \quad \text{杭間隔 } 5'.0$$

$$w_2 = 630\#/ \square' \times 5'.0 = 3000\# \quad \text{〃}$$

$$\alpha = 15'.0 \quad c = 20'.0 \quad k = \frac{\alpha}{c} = 7.5$$

根入部軟土質の時

$$V_A = 4330\#$$

$$V_B = 55100\#$$

$$V_C = 23100\#$$

$$M_B = 1245600''\#$$

$$M_C = 0$$

根入部硬土質の時

$$V_A = 6510\#$$

$$V_B = 43800\#$$

$$V_C = 32200\#$$

$$M_B = 853200''\#$$

$$M_C = 1372800''\#$$

彎曲力率 $1450000''\#$ に耐ふる鐵杭は假設物なるため許容纖維應力 $22500\#/ \square''$ とせば斷面係數 $65''^3$ のもので足る。

鐵杭は外に路面受桁から垂直荷重を受く、此の荷重量は路面受桁の徑間と路面荷重の種類に依り異なるも普通複線部で假に10英噸とせばI鐵杭への荷重點はI鐵の坑内側フランジ面で土壓の爲張力を生ず可き側に荷重され或程度迄は張力減殺せらるゝも外側フランジには荷重を増すの結果となる、然れども土質に依つては垂直荷重は土の摩擦にて支持され杭末端迄波及せざる場合もある此處では彎曲力率のみで採算を試みる。

I鐵の毎呎重量と其の斷面係數は獨逸型に限り大體一定率を有するも其の他の型は多くは不揃にて大體に於て平均せられ得るドルマンロング型と獨逸型とに對し重量と斷面係數との

關係を需むるに

$$W: \text{每呎重量} \quad \#, \quad S: \text{断面係數} (^{4})^3 \\ S=2W-30$$

鐵杭には種々の別あり、型毎に重量と断面係數を異にし又必要の時期に市場品の在否關係も亦ある可きも前記の如き重量と断面係數の比を以て長 1 鎖に對する經濟的關係を表示せん。

$$\text{鐵杭間隔 } 5.0' \text{ の場合} \quad M=1450000' \# = Sf \\ I \text{ 鐵断面係數 } S=65 (^{4})^3, \quad \text{許容纖維應力 } f=22500 \# / \text{吋}^2, \quad \text{長: } 33' \text{ I 鐵杭每呎重量 } W \# \\ \text{鐵杭間隔 } L \text{ 呎} = \frac{5S}{65}$$

$$\text{鐵杭本數} \quad \text{長 1 鎖間本數} = \frac{66 \times 2}{L} = \frac{1716}{S}$$

$$\text{鐵杭代價} \quad I \text{ 鐵長 } 33' \quad \text{再用品 } 1 \text{ 英噸 } 30 \text{ 圓} \\ \frac{38 \times W \times 1716 \times 30}{2240 S} = \frac{873.3 W}{S} \text{ 圓}$$

$$\text{土留板及嵌込費} \quad M = \frac{WL^2}{S} \times 12 = \frac{bh^2}{6} f, \quad h=0.474 L'',$$

$$b: \text{板幅} = 12'', \quad h: \text{板厚}, \quad f: \text{許容纖維應力} = 2000 \# / \text{吋}^2,$$

$$L: \text{土留板支點間距離} = \frac{5S}{65}, \quad W: \text{每平方呎土壓} = 600 \#, \quad \text{板張高} = 33'$$

$$\text{土留板長 1 鎖間材積} = 0.474 L \times 33 \times 66 \times 2 = 19.24 S (^{4})^3$$

$$\text{同上 長 1 鎖間代價嵌込共} = 19.86 S \text{ 圓} \quad 1 \text{ 立方呎 } 1.50 \text{ 圓}$$

杭頭溝鐵梁取付費

$$\text{長 1 鎖間取付箇所數} = \frac{1716}{S}$$

$$\text{同 上取付費} = \frac{4290}{S} \text{ 圓} \quad 1 \text{ 箇所 } 2.50 \text{ 圓}$$

鐵杭打込、抜取費動力代共

$$\text{杭長 } 33 \text{ 呎もの長 1 鎖分の費額} = \frac{1716}{S} \times 32.75 = \frac{56199}{S} \text{ 圓}$$

打込及抜取費 30 圓、外に動力代 2.75 圓

$$\text{總計長 1 鎖間費額} = \frac{873.3}{S} W + 19.86 S + \frac{4290}{S} + \frac{56199}{S}$$

$$S=2W-30, \quad Y = \frac{79.44 W^2 - 1509.9 W + 78363}{2W-30}$$

W の價值幾何の場合 Y は最小を示すか、

$$\frac{du}{dx} \left(\frac{u}{V} \right) = \frac{V \frac{du}{dx} - u \frac{dV}{dx}}{V^2} = 0, \quad V \frac{du}{dx} - u \frac{dV}{dx} = 0$$

$$W^2 - 30W - 701.33 = 0, \quad W = 45.4 \text{ I 鐵每呎重量} \#$$

$$S = 2W - 30 = 60.8 (^{4})^3, \quad L = \frac{5S}{65} = 4.6 \text{ I 鐵間距離}$$

本算式の結果に據るに 45.4#/lin. ft. の I 鐵杭を 4.6' 間隔に打込むことが費用の最低を示す。

坑深 40' 又は 45' に亘る分も亦此の如き方法にて工費の最低たる鐵杭種と其の間隔を設定することを得ん。

淺草上野間起工當時に於ては材料代價は之を確實に豫算することを得られたるも勞力費中には不明のものあり爲に試験的に施工せるものもあつた。

I 鐵桁及路面 I 桁の如きは再用の目的品なるため實際に當りては前記の如き計算のみで種類を設定することの出来ない場合もある。

隧道構築

隧道を鐵骨入鐵筋混凝土合造とせるは隧道工事中鐵構枠を据付けなば該枠にて直接路面荷重を支持することを得、又混凝土の型枠を裝置するに當り鐵枠を其の支持體と爲すことを得るの便宜ありとするも必ずしも鐵骨を要しない、只停車場の如く幅廣く路面覆工を中間支柱にて支持する處は鐵構枠を据付け之にて一時路面覆工を支持すること極めて安全なる工法である、神田停車場より新橋に向へる新線路にて鐵筋混凝土のみの隧道を試みん。

普通複線部に鐵骨を併用する場合に於て鐵筋混凝土との關係上其の間隔を何程と爲すかは經濟上より設定を要する事項の一である、是迄種々の設計を試みたり。

(一) 鐵骨を鐵筋として取扱ふもの。

(二) 鐵筋混凝土より荷重を鐵骨に集中し鐵骨にて總荷重に對抗するもの。

(一) を淺草上野間に (二) を上野萬世橋間に適用せり。(二) に據れる場合土被 13' の隧道にて種々の設計を試みたるものを比較するに

鐵骨 間隔 呎	同 英 噸	上 噸	同 每長1 呎噸	鐵筋混凝土 立坪	同 每長1 呎立坪
5.0	3.29		0.658	2.670	0.534
7.5	4.36		0.581	4.196	0.560
10.0	4.96		0.496	6.250	0.625
15.0	6.24		0.416	11.350	0.757
20.0	7.26		0.363	19.200	0.960

右に依るに鐵骨は据付間隔の大なるに伴ひ每 1 呎の重量減少するも混凝土量は之に反し増加するを知る、本設計は計算の法式は一なるも時と人を異にし設計せるものなるを以て構成鐵材の撰擇に多少の相違あり、又混凝土の形態にも幾分の差があるので以上の數字を基礎とし統計平均するに

X: 鐵骨間隔呎

T: 鐵骨重量英噸 = 1.75 X - 0.55

$$\text{鐵筋混凝土立壁坪 } C=0.04364 X^2+1.697$$

本統計式にて左記を得

鐵骨 間隔 呎	同 英 噸	上 噸	同 長1 呎	上 噸	鐵筋混凝土 立 坪	同 長1 呎	上 立坪
3.0	1.85		0.671		2.09		0.697
5.0	3.35		0.672		2.79		0.558
7.5	4.24		0.565		4.15		0.553
10.0	4.98		0.498		6.06		0.606
12.5	5.64		0.452		8.51		0.681
15.0	6.22		0.415		11.51		0.767
17.5	6.77		0.387		15.06		0.861
20.0	7.28		0.364		19.15		0.958

今假りに鐵骨及鐵筋混凝土の代價を左の如く豫定せん。

鐵骨 1 英噸 190 圓 比 100

鐵筋混凝土 1 立坪 220 圓 比 116

以上の比に依り鐵筋混凝土の價額を鐵骨に換算し兩者の綜合價額最小の場合を算出するに

X: 鐵骨間隔 呎

$$\text{鐵骨長 1 呎重量英噸} = \frac{1.75\sqrt{X}-0.55}{X}$$

$$\text{鐵筋混凝土長 1 呎を鐵骨に換算} = 0.05062 X + \frac{1.9685}{X}$$

$$Y = 0.05062 X + \frac{1.4185}{X} + \frac{1.75}{\sqrt{X}}, \quad \frac{dY}{dX} = 0 \text{ の時 } Y \text{ の價値最小なり}$$

$$0.05062 - \frac{1.4185}{X^2} - \frac{1.75}{2\sqrt{X}} = 0$$

$$X^4 - 55.23 X^2 - 294.46 X + 773.88 = 0, \quad X = 9.0$$

鐵骨 間隔 呎	鐵 骨 長1 呎の 重量 英噸	鐵筋混凝土長1呎 鐵骨に換算 英噸	合 計
7	0.594	0.635	1.229
8	0.550	0.651	1.201
9	0.522	0.674	1.196
10	0.498	0.703	1.201
11	0.478	0.736	1.214
12	0.459	0.771	1.230

構造の強度計算方法は中央柱は兩端を放端とせる四角型結構物として取扱ひ地表の活重と土被土量を荷重とし側面よりは相當息角の土壓と水壓を加へ更に上部及側面に地震荷重を加へ軟地にては底部の反壓力は上部荷重と均しくし硬地にては柱及側壁下部にて支持するものとし計算せり。

隧道構築設計荷重

活荷重及其の衝撃、負荷の方法、地表以下に配布の形式、構築部材の許容應力等は監督官廳の定めに従ひ土壓はランキン氏式に據る。

地震に對しては上部荷重に對し一割を加へ側土壓に對しては次の式に據り土の安息角を定む。

$$\varphi' = \varphi - \tan^{-1} K, \quad K: \text{地震係数} = 1/3, \quad \varphi: \text{常時に於ける土の安息角}$$

但地震に對する割増荷重なく設計せるものに前記の割増荷重を加へたる場合構築部材の各部に生ずる應力は許容應力の 80% 増しの範圍に在るを條件としてある。

水壓に對しては土の重量に 25% を増加し之に代らしめ土壓を算出す。

隧道内の軌道、電車荷重は直接地盤に傳ふるものとし構築の荷重とす、但隧道の縦方向に桁を置く設計を爲す場合は軌道及電車荷重を用ふ。

I 鐵杭打込及引抜

杭打には 錘重量 3300# の落下式杭打機及マツキーヤナンテリー第六號壓搾空氣鏈重量 2900# を用ひたり、兩機を淺草上野間の内、菊屋橋田原町間にて相隣接して使用せるに左の如き結果を得たり。

壓搾空氣鏈氣壓 100#	打止り	0.005'
落下式	錘落差 3'	0.07
壓搾空氣鏈一打	Work done = (38.8□' × 100# + 400#) × 0'.72	= 3081' #
受壓面積 = 38.8□'	氣壓 = 100#	
鏈ヒストン重量 = 400#	ストローク = 0'.72	
落下式錘一打	Work done = 3300# × 3'	= 9900' #

壓搾空氣鏈の實用能率は不明なるも單に落下式の夫に比較するに

$$f: \text{壓搾空氣能率}$$

$$\frac{3081}{9900} f = \frac{0.005}{0.07} = \frac{1}{14}, \quad f = 23\%$$

壓搾空氣機には動力機 40~60 馬力を要す可きも落下式錘には錘引上げに 15 馬力にて足り動力費は落下式低廉なり、然るに砂地、硬質粘土地帯にては落下式鏈にては杭頭を毀損し易く杭帽を用ひなば杭頭を保護することを得るも硬地にては鏈能率を減殺す、壓搾空氣鏈を用ひなば作業時間長きも杭頭を損傷せずして徐々に打込むことを得。

交通頻繁なる街路上に於て丈け高き固定の櫓を有する杭打機を用ふることは路上架空物の臨時撤去を要し不便の點多く櫓を倒し運行し要所にて直立せしむる可倒式杭打機に壓搾空氣鏈を用ふるものを直立式機と共に使用中なり、本可倒式杭打機は淺草上野間工事開始前に特

に設計製作せるものであるが尙小型にして輕便なる機械を得んとしてゐる。

路面上高 10' 未滿にて杭の建込に當りてのみ頂部を幾分上方に伸延し後壓搾空氣鏈又は落下錘にて杭の中腹を打つ方法なきや又水射に就て考案中である。

杭は構築完成し路面復舊の後は引拔再用せらる、杭拔は目下デマグ杭拔機を壓搾空氣にて使用中なり、デマグ杭拔機使用中はウインチにて強く鏈を引き吊るに非ざれば上向きの鏈打有効ならず杭の抜取りは最初土の粘着力に打勝つに在り、衝擊力なく (Dead pull) 引抜かんとせば粘土地帯にては高 12' 長 30' の杭にて最初 75 英噸の力を要する處もあることを知つた、之はオイル・ジャックで引拔を試みた結果である最初 マツキーヤナンテリー 第六號空氣鏈を逆に吊り杭拔を試みたるに吊り鐵物不備の爲成績不良であつた、吊具完全で強力なるウキンチで吊り揚げ置かば相當の効果を擧げ得らる。

路面受桁

複線隧道部の杭幅は 28' 内外にて普通道路に於ては高 18" 毎呎 75# の I 鐵を 5' 距に架し支持することを得るも停車場の如き幅 50' に及ぶ處では中間に支柱を建つ、此の支柱は掘り下げに従ひ長柱と建て替ゆ、軟地にては支柱根元に皿板を敷くも尙尙重大にして些少の低下免れざる處もあり一旦低下せんか之を扛上復舊すること頗る困難で支柱を要する桁に對しては中央支柱一本にて足る處には相離れて 2 本の支柱を建て掘り下げ中一本宛交互に長尺ものと建替を爲すを安全なる工法なりとす。然らざれば柱の建替を路面交通少なきや又は皆無の時間内に於てのみなさざる可からざると柱一本の皿板にては此の荷重を支持すること困難なる場合もあらう。

坑幅大なる處に於ける支柱の建替法は極めて重要事項の一で之に對しては尙研究の餘地がある。

電車路は一旦之を撤去し路面受桁を据へ其の上に軌道を置いた、本作業は終電後より朝夕に一區域を仕上ぐるので更に適切なる工法がありやせぬかと思はる。

軌道

複線部軌道は砂利道床で長 8' 及 9' の枕木を用ひ長尺のものを 4 挺目に置き第三軌條受に供す、枕木數は長 40' に 21 挺の割とし枕木上には軌道中心に向ひ 1/20 傾斜を有するタイププレートを用ひ重量 100#/yard 平底軌條を走行軌條として敷設し、第三軌條は重量 90#/yard の平底型を長 9' 枕木の一端碍子上に据へ置く。

走行軌條及第三軌條共ボンドせるも上野萬世橋間は第三軌條は熔接し凡 1000 呎毎に伸縮繼目を設くる豫定である、隧道内は氣温の差少なく走行軌條には些少の遊間を付するに過ぎ

ない、軌道には匍匐止めとして諸種の型を試用中效能の比較尙調査中である。

淺草上野間停車場内道床は混凝土で短尺枕木 2'-6" 及 3' の二種を混凝土に埋め長 3' のものは第三軌條の受臺用にも充當す、上野萬世橋間方面は複線部も亦混凝土道床とする豫定。

混凝土道床は砂利道床に比し軌條面に波狀損傷の發生し易き説あるも波狀損傷の原因確實ならざると米國にても目下建設中の地中鐵道軌道は盡く混凝土床である、此の損傷又は音響等に關しては他日比較せられん、音響は隧道内面の形態車輛の構造にも據らう調査中である。

淺草及上野驛に於けるシツサース轉轍器は轍又 6 番を用ひスキツチレール比較的短く爲に磨損の程度大なるを見る。

米國に於てはスキツチレール長尺のものを用ひ尙曲線内側のもの、背面に護輪軌條を鉸接せるマンガース・レールを用ひて居るは相當事由の存することを首肯し得たのである。

曲線軌道には外軌磨損防止の爲内軌に護輪軌條を取り付けたり、護輪軌條は頗る有效なるも塗油をして自働的ならしむることを要す可く又護輪軌條面磨耗に當り走行軌條との遊間を容易に制調し得るの裝置が必要である。

車庫線鐵矢板隧道

本線は上野驛より分岐する單線路で隧道部延長 748' 切取部延長 257' 地表に出て萬年町地表車庫に達す。

此處には車庫、變電所、車輛修繕場等あり此の線路は復興地區改正に當り所要の敷地を買収敷設したのである。

隧道の構造はラルゼン第二號鐵矢板を打込み天井及底は鐵筋混凝土より成る。

該部分土質は土丹盤で砂層を交ゆる處もあり、坑底砂層より水の湧き出る處は底部混凝土施工に當り徑 1 寸許の鐵板圓筒を湧水箇所を立て、混凝土を施せるに水は筒のみより湧出し混凝土の硬化後防水モルターにて鐵筒を引抜きたる跡を填充處理せり。此處に用ひたる防水劑はシカ第二號及第四號にして第二號は急硬性劑にて能く其の効果を擧げたり。

鐵矢板の接續目より些少の漏水あるも何等支障を來す程度の量ならず。

此の線路の軌道は地表に出づる急勾配部分は混凝土床で外砂利道床である。

通 風 口

各停車場と其の間毎に各 1 箇所又は 2 箇所宛構築上又は其の側面より鐵筋混凝土造にて歩道に空氣孔を有する鐵蓋を載せたる通風口を設けたり。其の構造は隧道より連絡し幅 4' 長 26' とし雨水は通風口の底部に集り鐵管にて隧道内に導いてある。

通風口設計の原則は停車場の出入口より強く空氣を吸込み又は之に向つて強く吐き出すこ

とを避け列車が停車場に向ひ進入の時は停車場手前の通風口より押し出し停車場より出發せる列車は停車場を出でたる處の通風口より吸込むが如く停車場内に強き風を起さしめざることである。又複線軌道を壁にて各別に分割する場合に於ては各線別に通風口を設く、米國では四線並列隧道内の容積と通風口の面積と對比する標準を定めて居る、長大なる二階室を有する停車場に在りては二階床の一部を開け放し二階に通風口を設くる處もある。

上野秋葉原貨物線直下工事

地下鐵道は恰も鐵道省上野驛敷地の一部秋葉原貨物本線と積卸線一筋及貨物扱所建物の下部を潛行す。

此の部分は地下鐵道上野停車場に當り貨物線は恰も淺草寄の二階客溜部の上部に貨物扱所は停車場の中央部に在り、線路は半徑 700' の曲線路で貨物線及建物と約 32° の斜角に交又す。平面的に地下鐵道と相重なる部分は建物は其の中央部にして其の過半約 90 坪軌道は二筋各長 120'。

構築頂面は貨物線軌條面より 3'-6" 下に貨物扱所床面以下 7' に在り、此の部分は同驛の改築と復興計畫に伴ひ上野驛前廣場の一部分となる可き豫定地なるも其の變更實施前に地下鐵道を敷設せり。

貨物扱所は木造で小手荷物、郵便物の受付發送を爲し屋根裏二階は休憩室、物置等に充當してあつた。

本建物は木造假建物なるに依り床下に I 鐵受桁を挿設し之を土臺とし掘下げに従ひ假支柱にて受桁を支持し施工容易なるも貨物線路は軸重 14.8 kg. 總重 50 kg. の機關車走行し午前 5 時より夜 12 時迄の間往復各 11 回の運轉があるので諸種の假受施工設計を試みたり。

第一案、軌道直下に徑間 40' 内外の鈹桁 4 連を架設するもので先其の木造橋脚を建つ可き幅 10' 長 28' 許りの當て板土留式壺掘を爲し地下鐵道構築底面以下に達し基礎混凝土を施し此所に木造橋脚を建つ。

壺掘上は假桁にて一時軌道を支持す、然るに壺掘を爲すに坑底に水溜り適當ならざる可く本法を實際適用するには一方より切開掘鑿を爲し之を軌道を距る凡法 1.5 割距の處にて停止し橋脚を建つる部分に限り切開部に連続し當て板土留式にて開坑することゝならん。

橋脚設置後夜間列車運轉休止の時間内にて鈹桁を架す。

先づ坑内に 5' 間隔に一階分の鐵骨組立を爲し底部及其の天井の構築は橋脚部を除いて築造し一階既成天井より假支柱にて軌道を受け鈹桁を撤去し(二階天井は鈹桁支障となる爲)一階橋脚部を填充し二階の鐵骨組立を爲し要所は此の鐵骨にて亦軌道を支持

し後二階天井の構築は支障物を除ける部分に限り施工し既成構築上に軌道を安定して未成構築部を填充完了す。

此の工法は施工複雑なると假に鈹桁を架するも第一階築設に便あるに過ぎざると鈹桁架設迄に橋脚間の地盤沈低するの恐あり依て此の方法を採擇せず。

第二案、地下鐵道構築の此の部分側壁及中央柱箇所のみ豫め第一案の方法で掘鑿し該部分を鐵筋混凝土のみにて構築し此の上に鈹桁徑間 40' 内外のものを 3 連架設し軌道を支持する工法である。但斯く爲すには壁を厚くし中央柱は相當厚を有する壁と爲す、鈹桁架設後の方法は第一案と同じ。

本案は第一案と同一の事由に依り採擇せず。

第三案、前記鈹桁徑間 40' 内外のものは丈高くして二階天井構築を爲す能はざる爲徑間を 20' に短縮し I 鐵桁を併列し此の桁下にて二階構築を爲し得る様にし木造橋脚を 6 個建つるの工法を設計せり。即橋脚を建つる處丈け坑を掘り橋脚を建て軌道を支持し此の脚部を除き構築を爲し後既成構築部を假支柱にて補強し置き軌道を既成構築部にて支持し橋脚を撤去し其の部分の構築を造るの順序となる、本法に據るに橋脚木造並列し構築には鐵骨を用ゆることを得ず鐵筋混凝土のみの構造とす、本工法は橋脚架設中軌道著しく沈低することを推想せらる可く依て採擇せず。

第四案、實施せる工法

路面電車路假受けの方法と同一なるも強度大なると又格別の注意を加へたり。同所は地盤硬く長 15' の I 鐵又は松丸太杭を路面桁端受として打込み先づ軌道下に軌條桁を敷き並べ 5' 隔てに毎呎重量 51# の I 鐵桁を軌道受桁として挿設し枕木受として毎呎 17.6# の I 鐵を 1'-6" 隔て、受桁間に配列し之に枕木を鈎ボルトにて締結す。

掘鑿中は掘り下げに従ひ軌道受桁下の行桁を假支柱にて支持す、假支柱は二筋の軌道を横斷して 5 本軌道に沿ひ 5' 間に建て込み支柱は長を増すに従ひ其の太さを増し切梁筋違材にて相互連繫す、支柱は最後 1' 角にて坑深は軌條面以下約 33'。

假支柱の盛替は列車運轉の間合多くは夜間運行休止の時間内に於て施行し幸に同處は一帶に土丹盤にして砂層を交へたる處もあり、支柱下に皿板を敷き注意深く施工し著しき沈低を認めずして掘り下ぐることを得たり。構築は 5' 間隔に鐵骨を据付け底部及一階天井より假柱を建て又處々二階鐵骨上にて軌道を假受し二階天井を構築し軌道を構築にて受け假支柱跡等の填充處理を爲し構築を終了せり。

本貨物線は地下鐵道落成後昭和 3 年 4 月撤廢せられ著者が施工中日夜心を痛めた此の貨物線も今や跡形を見ることが出来ない。

地下埋設物の防護處理

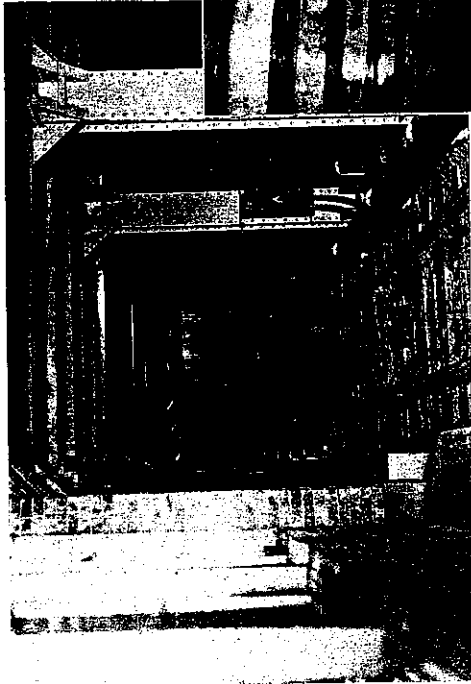
地下數尺下には瓦斯管，上水管，下水管，諸種の電纜及之等關係の煉瓦造人孔あり，路面覆工後其の下を掘り下るに従ひ之等埋設物は路面受桁より吊り下るの工法を採れり。

路面桁は路面の活荷重の爲多少の震動と撓曲あるは免れない故特に重量大なる人孔又は重要な埋設物は路面と絶縁せる他の桁を架け之より吊り下ぐる事が安全である，桁の撓曲より生ぜる奇異なる一實例を擧げん。

淺草の終端停車場手前の處工事中路面受桁中央假支柱と桁端との中程に徑 20" 繼手を鉛絞めとせる或鐵管を鐵線にて管の下端にのみ周らし左右鐵線は 28" を隔離し路面受桁に吊し置けり，然るに桁震動の爲かソケット，スピゴット繼手弛みを生じたるものと見え管は自然に回轉を始め其の程度を檢査せるに時計針の方向に 12 日間に 90° 旋回せり。其の原因は左右鐵線の桁に吊れる隔離僅に 2' 餘に過ぎざるも其の二點撓曲の度を異にし桁低下の時は回轉せず復舊の時に限り鐵線締結箇所は桁撓曲の差丈吊鐵線が管を回轉することを知れり，同所は電車，自動車の往來多く低下復舊の回數一日數千回なる可く僅に 2' 餘を隔離せる二點の撓曲差にて斯の如き奇異なる現象を示したのである。

後鐵管吊りの左右鐵線を一箇所に集合し管の横振れ止めとして處々を左右に鐵線にて張りたるに回轉全く停止せり。

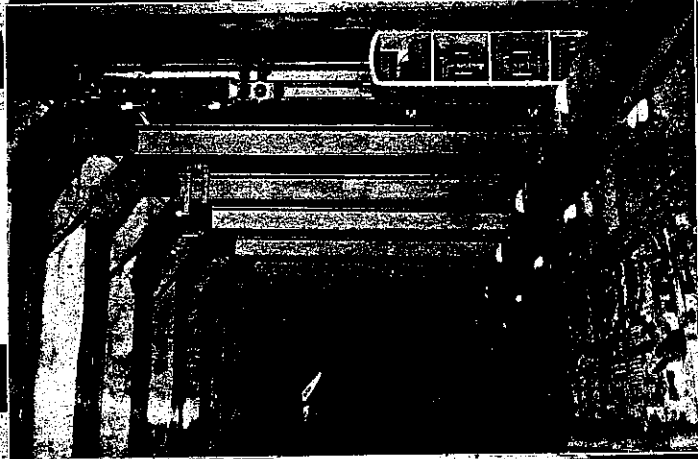
寫眞第一 上野停車場外



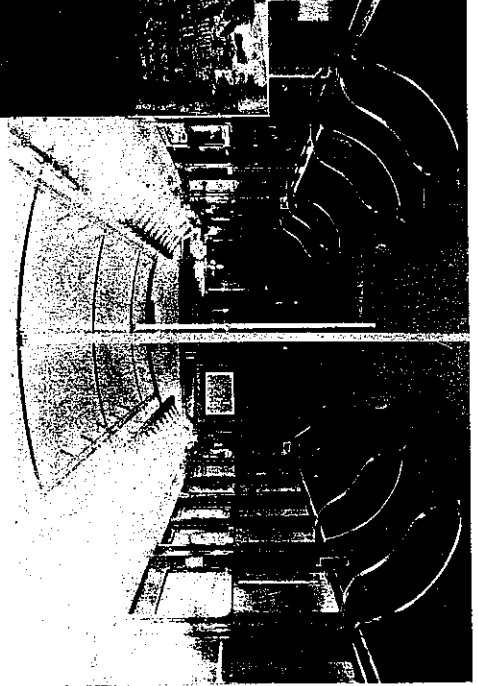
寫眞第二 田原町停留場



寫眞第五
複線隧道部



寫眞第三 電車内座席



寫眞第四 電車

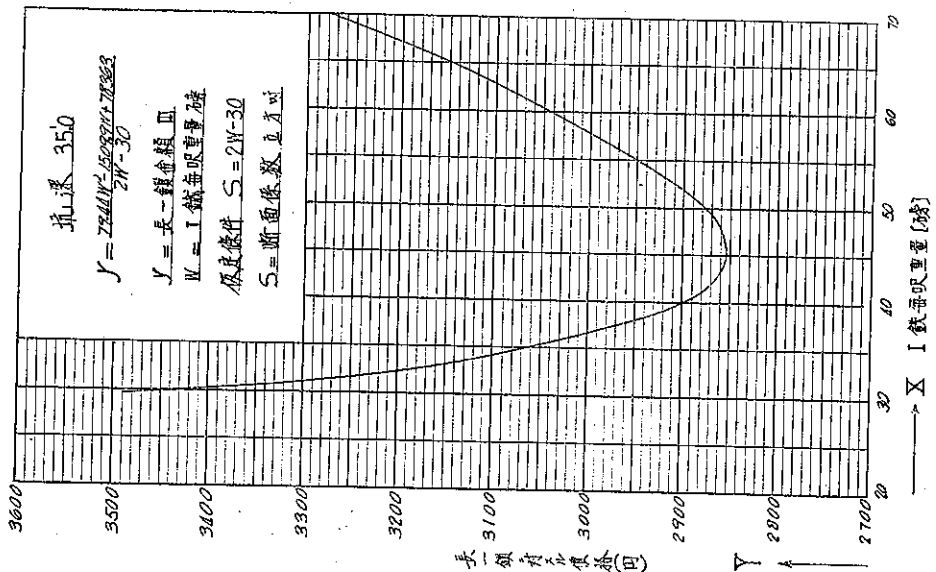
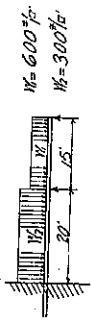


信濃機の下に蓋の開
けあるは信濃機用リ
レー

明 照 接 間

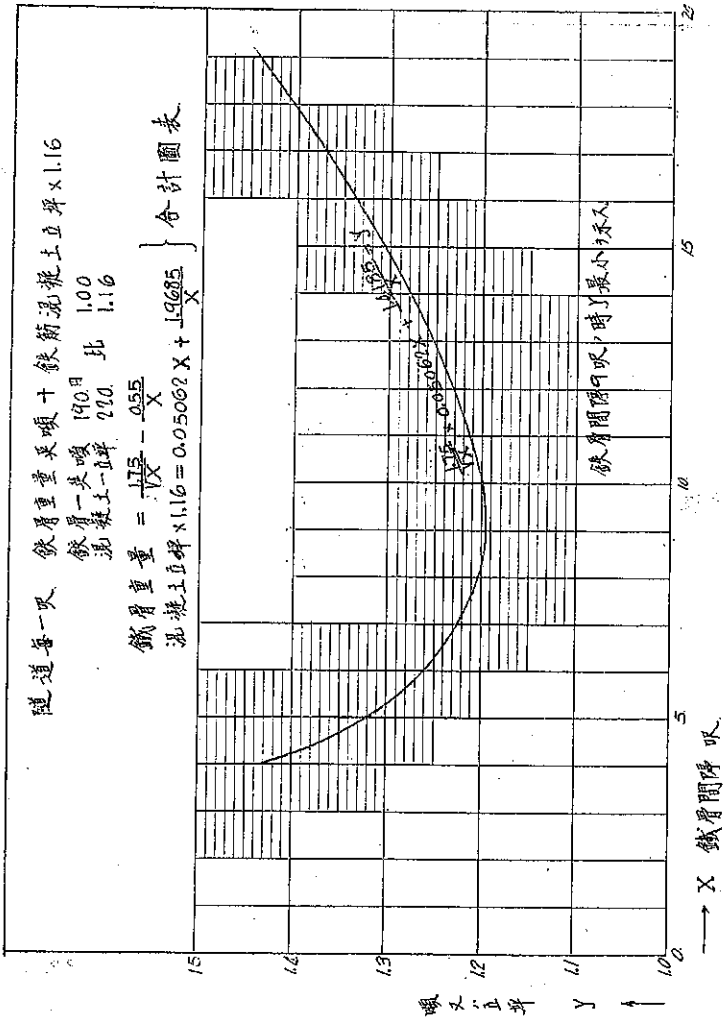
All steel car.

附圖第一 土留鐵杭の種別と其の間隔

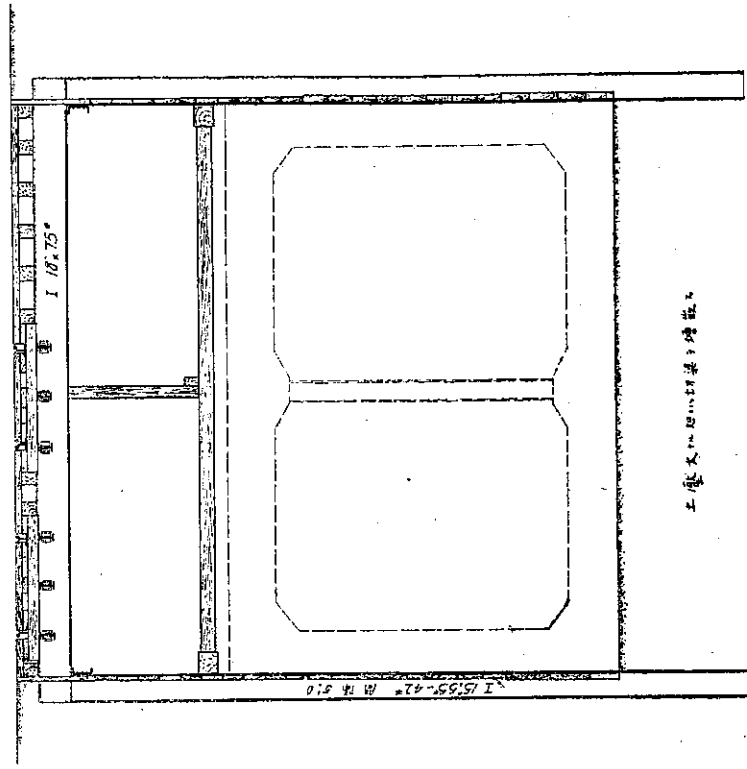


(土木學會誌第十卷第七號附圖)

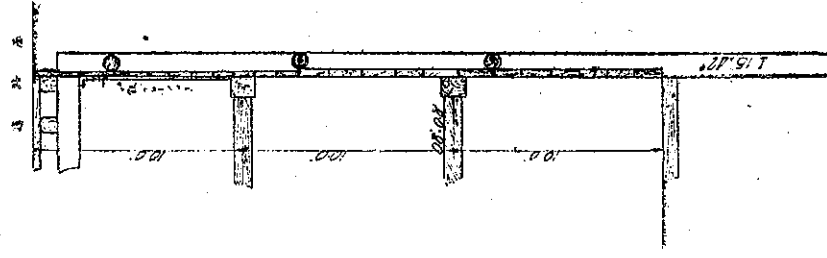
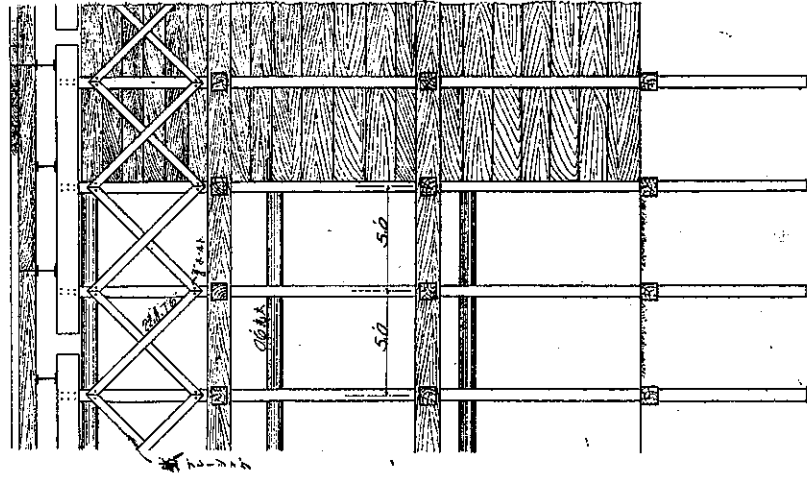
附圖第二



附圖第三 隧道覆工切開式

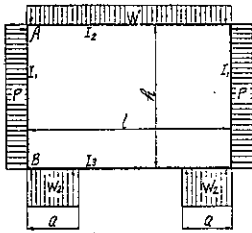


附圖第四 軟土質地土留鐵桁補強圖



附 圖 第 五

硬地盤に於けるⅡ型隧道



$$\alpha = \frac{I_2}{I_1} \frac{K}{l}$$

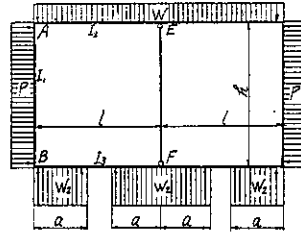
$$\beta = \frac{I_2}{I_1} \frac{K}{l}$$

$$T = (2 + \alpha)(2 + \beta) - 1$$

$$M_A = -\frac{3 + 2\beta}{12l} W l^2 - \frac{(3 + \alpha)\alpha}{12l} P l^2 + \frac{\alpha}{6l} W_2 a^2 (3l - 2a)$$

$$M_B = +\frac{\beta}{12l} W l^2 - \frac{(3 + \alpha)\beta}{12l} P l^2 - \frac{3 + 2\alpha}{6l} W_2 a^2 (3l - 2a)$$

硬地盤に於けるⅡ柱付Ⅱ型隧道



$$\alpha = \frac{K}{l} \frac{I_2}{I_1}$$

$$\beta = \frac{K}{l} \frac{I_2}{I_1}$$

$$T = 4(1 + \alpha)(1 + \beta) - 1$$

$$M_A = -\frac{3 + 4\beta}{12l} W l^2 - \frac{\alpha(3 + 2\beta)}{6l} P l^2 + \frac{\alpha}{3l} W_2 a^2 (3l - 2a)$$

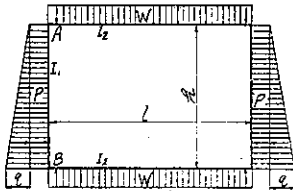
$$M_B = -\frac{(1 + \beta)(2 + 3\alpha) - 1}{6l} W l^2 + \frac{\alpha(3 + 2\beta)}{12l} P l^2 - \frac{\alpha}{6l} W_2 a^2 (3l - 2a)$$

$$M_E = +\frac{\beta}{6l} W l^2 - \frac{\beta(3 + 2\alpha)}{6l} P l^2 - \frac{3 + 4\alpha}{6l} W_2 a^2 (3l - 2a)$$

$$M_F = -\frac{\beta}{12l} W l^2 + \frac{\beta(3 + 2\alpha)}{12l} P l^2 - \frac{(1 + \alpha)(2 + 3\beta) - 1}{3l} W_2 a^2 (3l - 2a)$$

附 圖 第 六

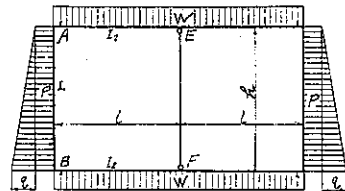
軟地盤に於けるⅡ型隧道



$$M_A = -\frac{1}{12(1+K)} W l^2 - \frac{K}{12(1+K)} P l^2 - \frac{(3+3K)K}{60(3+4K+K^2)} l^2 q$$

$$M_B = -\frac{1}{12(1+K)} W l^2 - \frac{K}{12(1+K)} P l^2 - \frac{(7+2K)K}{12(3+4K+K^2)} l^2 q$$

軟地盤に於けるⅡ柱付Ⅱ型隧道



$$M_A = -\frac{1}{12(1+2K)} W l^2 - \frac{K}{6(1+2K)} P l^2 - \frac{K(59+8K)}{120(1+2K)(6+K)} l^2 q$$

$$M_E = -\frac{1+3K}{12(1+2K)} W l^2 + \frac{K}{12(1+2K)} P l^2 + \frac{K(31+7K)}{120(1+2K)(6+K)} l^2 q$$

$$M_B = -\frac{1}{12(1+2K)} W l^2 - \frac{K}{6(1+2K)} P l^2 - \frac{K(61+12K)}{120(1+2K)(6+K)} l^2 q$$

$$M_F = -\frac{1+3K}{12(1+2K)} W l^2 + \frac{K}{12(1+2K)} P l^2 + \frac{K(29+3K)}{120(1+2K)(6+K)} l^2 q$$

算式符號說明

W, W1: 單位長に於ける上荷重或は支持力

$W_2 = \frac{W_1 l}{2a}$ と假定したときの支持力

a は硬地盤なるを以て上荷重が 2a の長に於て支持さるゝものと假定しての長

P: 單位高に於ける水平荷重

q: 三角荷重

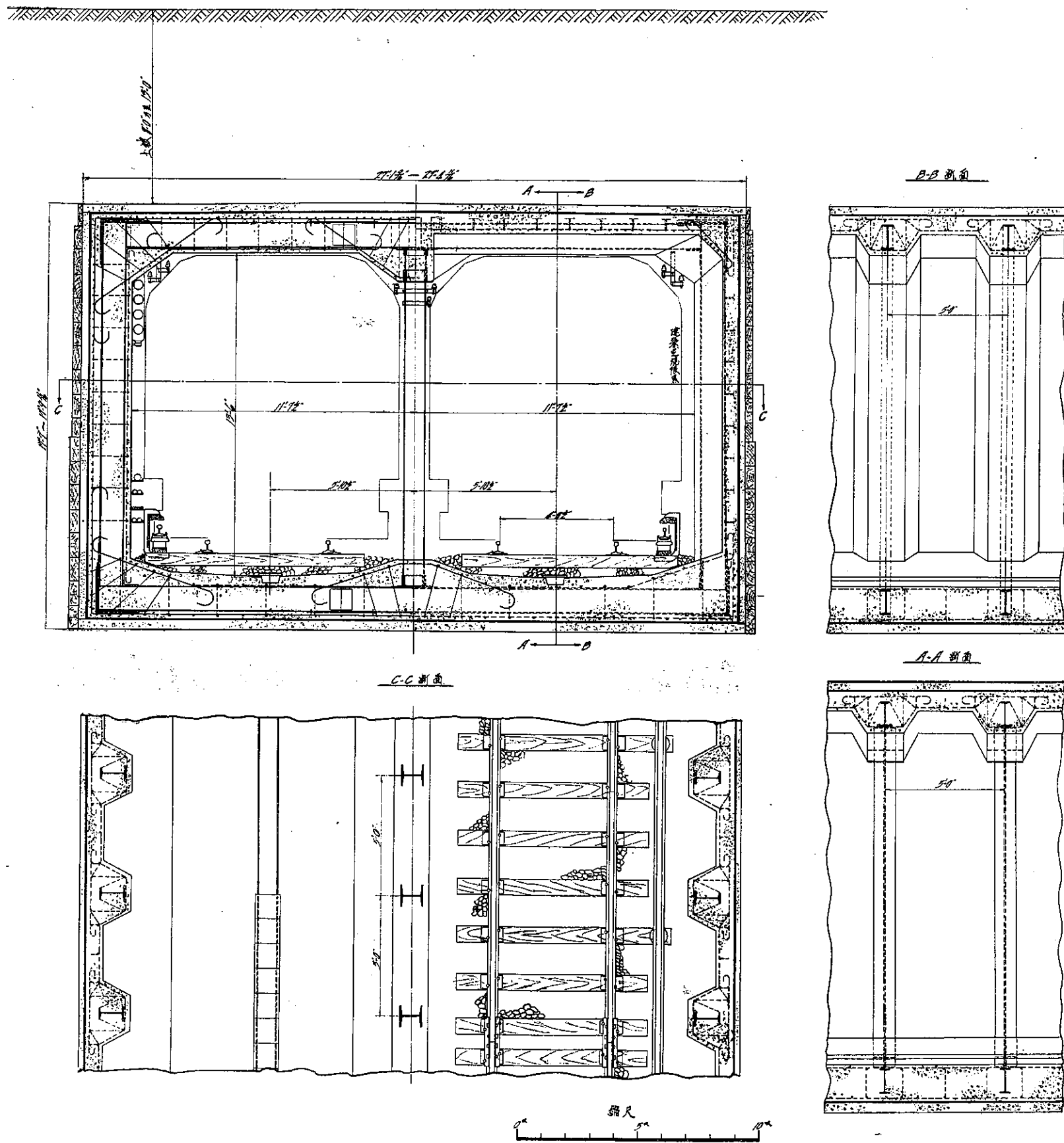
l: 兩側壁の中軸線迄の長

h: 上下床の中軸線迄の長

I1, I2, I3: 物量力率

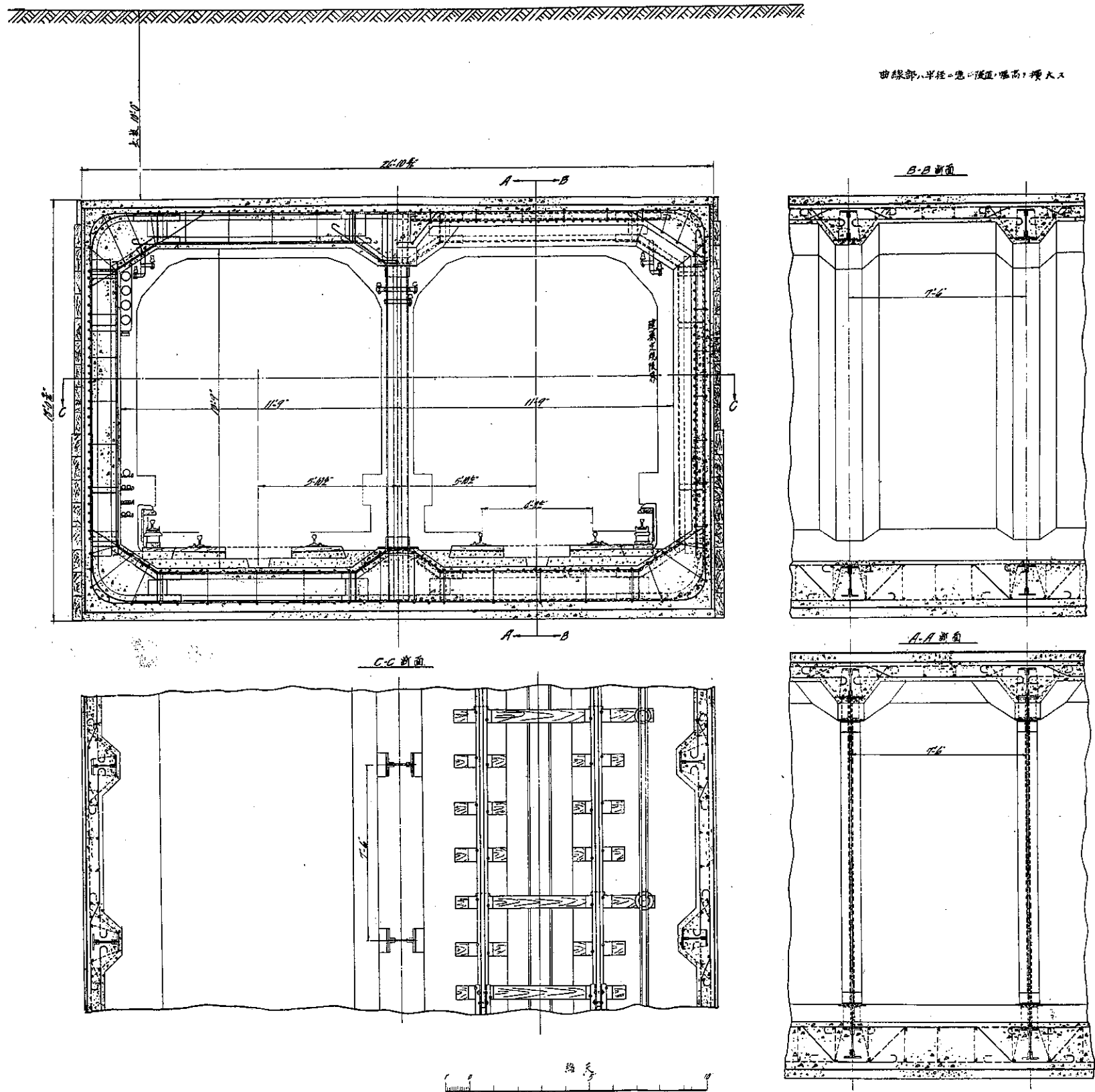
M_A, M_B, M_E, M_F: A, B, E, F 點に於ける彎曲力率

附圖第七 上野一號草間隧道直線部断面圖 (曲線部は半徑に應じ隧道の幅、高を擴大す)



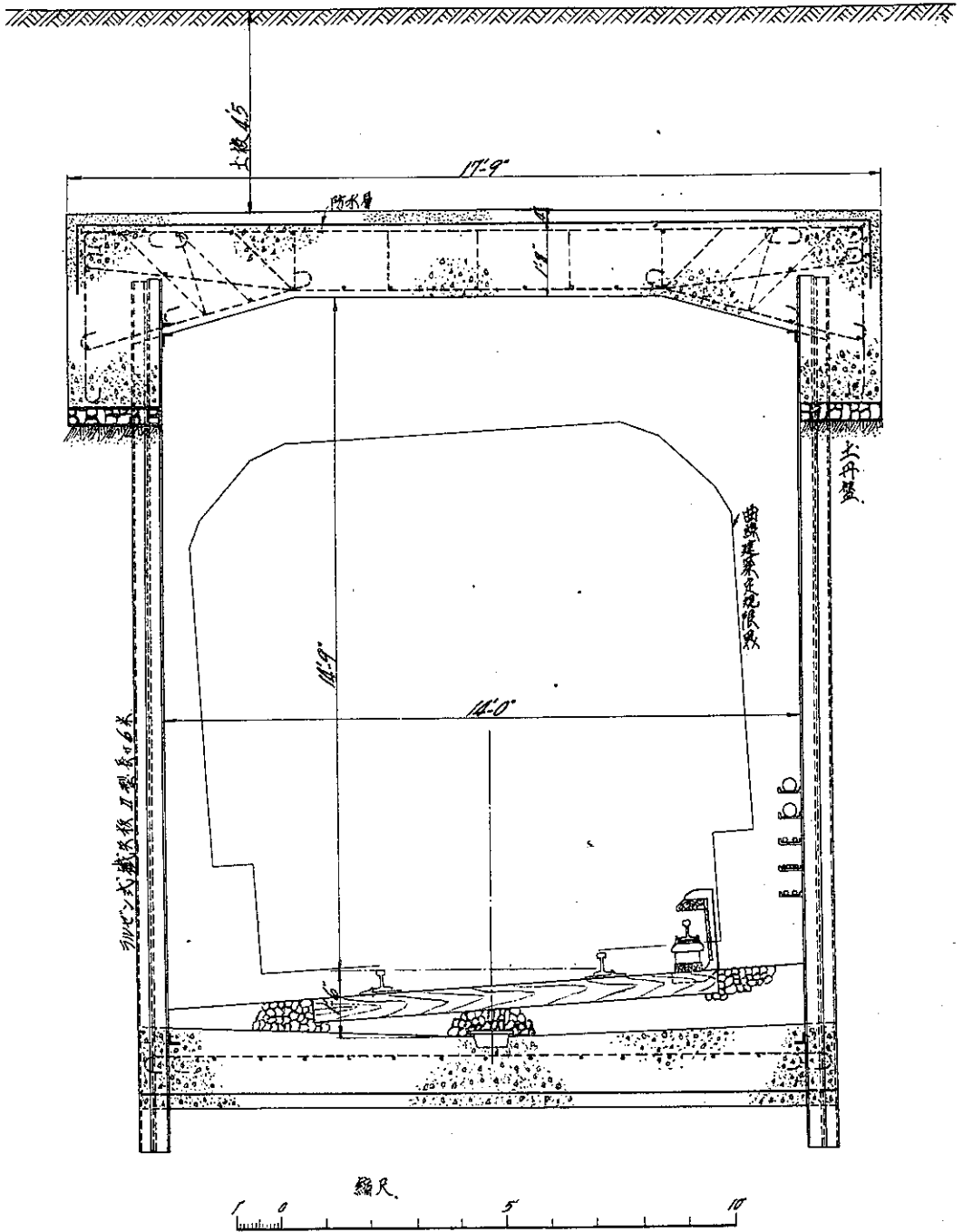
土木學會雜誌第十五卷第七號附圖

附圖第八 萬世橋—上野間隧道直線部斷面圖 (曲線部は半徑に應じ隧道の幅、高を擴大す)



土木學會誌第十五卷第七號附圖

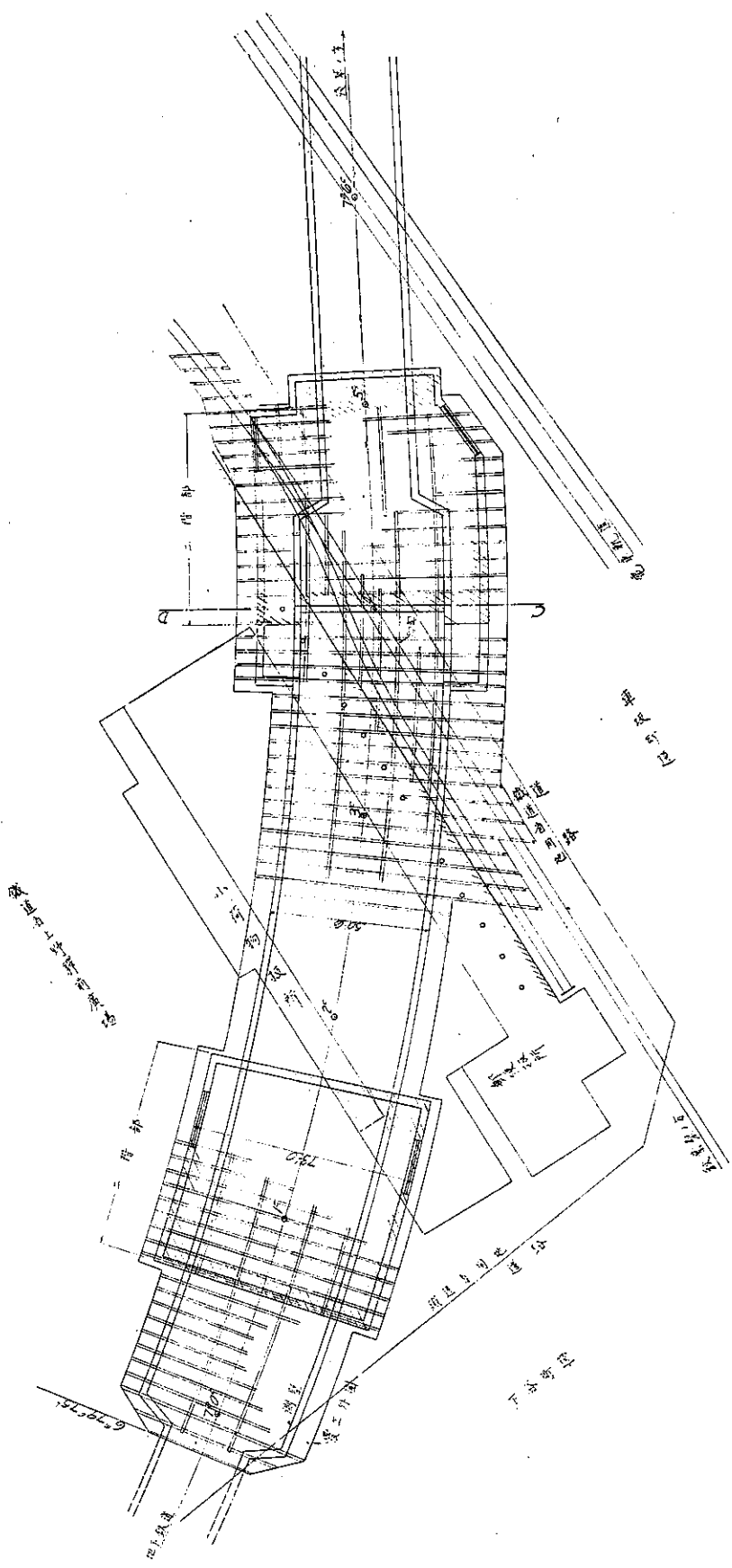
附圖第九 上野車庫線隧道斷面圖



(土木部設計第十五卷第七號附圖)

附圖第十 省線上野線置工施工法圖

驛前道路, 小荷物取扱所, 郵便取扱所, 秋葉原貨物線



附圖第十一 省線上野驛掘整施工法圖

驛前道路,小荷物取扱所,郵便取扱所,秋葉原貨物線

