

論 說 報 告

土木學會誌 第十六卷第五號 昭和五年五月

神戸市高松橋 Bascule Bridge の設計及施工

會員 工學士 増 田 淳

Design and Construction of Bascule Bridge,
Takamatsu-Bashi at Kobe, Japan

By Jiun Masuda, C. E., Member.

内 容 梗 概

本編は神戸市都市計畫部に於て實施せし人車道及軌道を併用せる Bascule Bridge の設計並に工事施工に關する概要を記述せるものなり。

目 次

第一章 本橋の沿革及計畫の概要	1
第二章 設計要旨	2
第三章 工事施工	12

第一章 本橋の沿革及計畫の概要

本橋は神戸市和田岬方面と駒ヶ林及須磨方面を連絡する咽喉部に位し、兵庫運河本線及支線の合流點を扼する水陸交通の要衝なり。而して和田岬方面より本橋東詰に達する神戸市都市計畫第八號路線の二（幅員 11.5 間）は大正 12 年 2 月に竣功し、本橋を経て第十號路線（須磨線）の起點に達する第十二號路線は昭和 2 年 6 月着手し、本橋と相待つて此の地方水陸交通の一新局面を開かんとするものなり。

舊橋は運河第一橋と稱したるものにして、徑間 60 尺の回轉橋なりしも、其の幅員僅に 11 尺に過ぎず、且構造極めて簡粗なる假橋にして、交通上甚だしき不便を感ずるのみならず、重量物資の運搬亦不可能の状態に在り、此の地方發展上都市計畫路線の一部として之が架換へを要望せらるゝ久しきに亙れり。茲に於て右輿論に順應し、先づ計畫案として固定橋、水底

隧道、可動橋等諸種の立案をなし、併せて航行船舶及陸上交通量等の精密なる調査をなし、以上諸案に付き其の工費額及交通の便否、並に都市美観上の優劣等につき慎重なる研究を遂げ茲に成案を得て、都市計畫部長森垣龜一郎氏銳意之が實現に努力し、先づ市會の協賛を得、次に細部に互りて市電氣局と接衝を重ね、遂に電車併用の跳上橋を採用するに決せり。然れども當時電車併用の可動橋は、本邦に於ては未だ類例を見ざる計畫なりしを以て其の設計及其の操作に於て危惧の念を抱くもの少なからず、特に通船に際し甚だしく時間を要する時は電車の運轉上多大の支障を來すべきを虞れたるも、電車の運轉をなさざる時間を選び船舶を通航せしむるに於ては、右の如き支障を來さざるべく、開閉時間の制限を付して實施する事となれり。

而して本橋は工事施行中と雖も一部船舶の航行を可能ならしめ、又潮の干満による水流を容易ならしむべく、必要にして且充分なる總徑間長を定め、之を固定部と可動部との2部分てり。即ち西詰に純徑間30呎の鋼鉄固定桁を架し、純徑間60呎の可動橋は其の運轉の都合により東詰に設置する事とせり。

而して可動部は帆船又は積荷高き船舶の通行に際し開橋するを目的とするも、現在及將來に於ける水上交通の狀勢に鑑み、開橋中と雖、相當大なる船を自由に航行せしむる必要上、最高水位 +7.0 尺より桁下迄の間隔を12尺、即ち桁下標高を +19.0 尺とせり。兩詰取合道路は其の縦斷勾配を1/30となし、西詰の平面曲線部に於ける電車敷設の狀況、盛土、家屋補償費及陸上運輸の利便を考慮し、以て橋面標高を +23.0 尺と決定せり。

尙本工事は昭和2年6月工を起し、昭和3年11月竣功の上、可動橋の運轉を開始するに至れり。

第二章 設計要旨

1 可動部の構造大要

平時通船の爲橋梁桁下の標高及電車軌道勾配の關係に依り、路面の標高共に制限せられ其の差僅に4尺に過ぎざるを以て、止むを得ず主桁はハーフ・スルー (Half Through) の桁となし、桁上半を路面上に突出せしめたり (附圖第一参照)。

尙本橋梁は人道橋なるを以て、其の美觀を損せざる様、重錘 (Counter Weight) は之を床下に收め、運轉機械、其の他可動部構造全部を路面以下橋臺内部に取り付け、主桁をL字形構造として、其の後方に重錘を取付け、可動部重心に相當する回轉中心軸線直下に軸受桁 (Trunnion Girder) を設置し、開橋の場合後部の重錘は橋體と共に回轉して、軸受桁の下部を通過し、前面橋臺壁に達して停止す。斯の如く橋臺の前半は可動部構造物の爲専用せらるゝを以て、機械室は橋臺の後方に設けて主桁の後端を弧形となし、之に取付けたるラックと

ピニオン (Rack and Pinion) 装置に依り橋梁を回轉開閉する事とせり。而して最大回轉角度を 80° とし、運轉時間を 1 分 20 秒とせり。

2 設計荷重及許容強度

荷重は内務省規定の一等橋、第一種に該當するものを用ひたり。即ち

等布荷重は	車道敷	毎平方呎に付き	120 封度
	歩道	毎平方呎に付き	100 封度
自動車荷重は	12 佛噸車左右 4 臺並列するものとし		
輾壓機荷重は	14 佛噸のもの橋梁上に 1 臺とせり		

電車荷重は神戸市電氣局 26 英噸ボギー車, 18 英噸甲式單車, 16 英噸撒水車を用ひ各 2 臺連結せるものとす。

材料許容強度, 衝擊係數等は凡て内務省橋梁設計仕様書に準據せり。

3 床構造

軌車道有效幅員は 8 間にして其の中央に電車軌道複線を設置す, 其の中心距離は $10'-0''$ なり。其の兩側に歩道各有效 1 間を設け, 全橋幅を $63'-11''$ とせり。可動橋設計の原則として橋梁可動部自體重量を極力輕減するの必要有るを以て, 止むを得ざる場合の外凡て木造とし, 車道敷は工形鋼縱桁の上に釘打材 (Nailing Piece) を置き, 上に檜材床板厚さ $3\frac{1}{2}''$ の物を取付け, 其の表面にアスファルト・フルト 2 枚を敷き均し, 橋面は厚さ $2\frac{1}{2}''$ の木塊鋪裝を敷設し, 其の目地は加熱アスファルトを以て填充せり。軌道敷には横枕木として $6''$ 工形鋼を用ひ, 之に直接軌條を取り付け, 縱床板及鋪裝は車道同様の工法とせり。而して軌條の兩側には幅 1 尺の木材を各軌條に沿ひボルトを以て床板に取付け, 尙軌條の腹鈹 (Web) 兩側には縦に木材を取付けたり。是電車荷重に依る衝擊及振動を鋪裝と絶縁すると同時に軌道又は鋪裝を個々に修理するに便ならしむる爲にして, 竣功後充分其の目的を達したるを確めたり。尙鋪裝は横目地の整正及沁り止めとして, 約 3 呎間隔に山形鋼を配置し, 尙木塊は凡て垂直に釘付けとなし, 橋梁運轉中木塊鋪裝の剝落又は移動等なきを期せり。

歩道構造は前記同様板張とし, 唯後方回轉軸の附近のみ鐵筋コンクリート床となし主桁の外側に之を設置し, 以て主桁水平方向に於ける剛度を増大し, 運轉中の不定應力に耐え得る様計畫せり。木材は凡て防腐劑クレソート油を毎立方呎に付き 12.5 封度注入せるものを用ひたり。

可動部及固定部の床切目 (Floor Break) は前方に在りては歩車道共一直線なれども, 後方回轉軸附近にては車道を回轉軸の前方仰角 45° の箇所にて切り, 橋體の回轉に伴ひ可動部は漸時上昇 80° 迄回轉して, 後方固定床の上位にて止まり, 歩道部は回轉軸の後方仰角 41° の

箇所にて切り、其の尖端は下方に向つて回轉せしむる事とせり。これ前に歩道構造に關し述べたる如く主桁左右の剛性を増大する爲にして、之が爲設計の複雑を免かれざりしも、橋梁強度の關係上已むを得ざるに出でしものなり。

後方車道床切目は雨天に際し雨水の浸入に備ふる爲、下部に雨樋を取付け、橋臺外部に之を放出せり。歩道床切目に在りては、運轉に際し路床は橋臺機械室内に垂下し、開橋時に於ける雨水は機械室内に流入するを以て、此の所に特殊の回轉樋を設け雨水を壁外に導く装置を施せり（附圖第二及第十四参照）。

4 可動部前後軌條切目

温度の變化に依り橋桁の伸縮に伴ひ、可動部の前後兩端に於て軌條にも同様伸縮の目地を必要とし、其の量相當大にして、軌條頭を突合せ (Butt Joint) となす事は困難なるを以て、伸縮目地の箇所にては車輪をフランジにて走らしむる事とし、軌條溝 (Groove) と軌條頭 (Head) とを切り離し、特殊の鑄物を作製して兩者をラップ (Lap) せしめ（附圖第三参照）其の間隙を $\frac{1}{16}$ に制限せり。然れ共橋梁運轉中上下回轉運動をなすに當り、斯かる些少の誤差無きを期し難きを以て、軌條繼面の將に接觸せんとするに先ち、之を整正するの目的を以て可動部尖端の下部に於て橋梁中心線に沿ひ中心整正器 (Centering block) を附し、上下の鑄鋼兩片が完全に嚙合ひたる後に非ざれば、軌條は互に相接觸せざる様設計せしに、施工後試運轉の結果、設計の目的は完全に達せられたるを證明せり。鑄造軌條は Manganese Steel を指定し、破損磨滅の少なからん事を期せり。尙神戸市電軌條は全部電氣鎔接 (Electric Welding) に依り連結せるを以て、温度の變化に依る軌條の伸縮が此の目地に集中する事實歴然たるを以て、橋梁附近 2, 3 箇所にて軌條を切り離し、茲に該伸縮を吸収するに充分なる目地を附する事とせり。

5 床及主桁の設計

床横桁徑間長は主桁心々距離 $49' - 10\frac{3}{4}$ にして、前述の如く橋面より桁下迄の間隔は僅に 4.0 尺に制限せられ、床板張下端迄床横桁高さ $3' - 0'$ 餘を得るに過ぎず、従つて軌道床下構造は特別の配列を要し、成可く床横桁の彎曲力率を輕減するの目的を以て、横桁の兩側に更に横小桁を配列し、軌道兩側に在る縦桁を通じて、床桁に荷重を傳ふる如くせり（附圖第一参照）。單位應力 1 平方呎に付き 10900 封度、其の撓度徑間長に對し $\frac{1}{840}$ なり。第 5 格點即ち後方床切目に取付けたる床横桁は水平時に於て普通横桁として死活兩荷重に耐ゆるのみならず、開橋回轉したる際其の上部の床荷重を全部受くと同時に、床切目の構造の一部となり、且回轉中心軸附近唯一の切張材 (Strut) たるの用をなす。即ち垂直桁の外其の頂部に主水平桁、低部に復水平桁を組み合せ、之に縦床桁 (Stringer) を接合し、且腕材 (Bracket)

を以て床切目を支持せしむる如き構造複雑なるものなり (附圖第七参照)。

主桁の計算は、死荷重に依る回轉中心軸よりのカンチレバー應力、架渡し中回轉中心軸と前方支承臺 (Bearing) との間隔を徑間とする鋼材重量より起る應力、並に前方及後方活荷重支承臺 (Live Load Bearing) の間隔を徑間とする死活兩荷重の應力等を計算し、尙回轉中の慣性 (Inertia)、其の他の衝擊を考へ、中心軸點に於て大略 20% の餘裕を見込み桁断面を決定せり。桁の中心軸後方部は前記の如く床下にて重錘取付の爲 L 字形とし、後端は運轉動力を作用せしむるを以て、回轉中心軸の方向に對し歪を生ぜざる様、相當堅牢なる構造とせり (附圖第四及第五参照)。回轉中心軸カンチレバー撓度は理論上尖端に於て $2.11''$ 、後部 $14'$ の點にて $0.11''$ と算定せり。之を自然彎曲の儘として前方にて支承脊の上に靜止せしむる時は、徑間中央部にて $0.45''$ のカンバー (Camber) となり、後方ラック取付箇所にては $0.75''$ 垂下する事となるを以て、固定床及機械設置等凡て之を基本として設計を進めたり。下部綾構 (Lateral Bracing) 及切張材 (Strut) 取付の爲、回轉中心軸は主桁の下部に取付くる必要を生じたるを以て主桁腹板は下部フランヂを突き通し、其の兩側に於て回轉中心軸を廻り鑄鋼製軸頭 (Trunnion Boss) (附圖第五参照) を締付け 80° 回轉直立の場合、全死荷重より起る剪斷力 (Shear) に耐えしむる事とし、尙回轉中心軸の上部フランジには支承鑄鋼 (Cast Steel Bracket) を附し補剛材 (Stiffener) 共全部銲接 (Welding) に依り一體となし、其の剛度を増加する事に努めたり。

桁全長水平位置にて $91'-6''$ 、後端重錘取付箇所にて高さ $23'-9''$ 、回轉中心軸線上にて高さ $7'-10\frac{1}{2}''$ なり。

6 重錘桁 (Counter Weight Girder)

主桁の後端に重錘を取り附くるに當り其の後端は弧形をなし、其の取付箇所制限有るを以て、桁を 3 列とし内前 2 列を直接主桁に取附けたるも最後列の桁は背後に突出せしめたり (附圖第十及第十一参照)。是等の桁は平時橋梁の水平なる時は普通の垂直桁として働くも、一旦回轉して垂直となれる場合はフランヂの方向前に對し 80° 回轉せるを以て、底部に鋼板を張り詰め此の方向に對する桁断面 (Girder Section) を構成し得るも、上面は重錘としてのコンクリートを填充する必要あるを以て、斜材 (Diagonal) を使用して荷重より起る剪斷力に抵抗せしむる事とせり。水平時に於ける重錘桁の堅撓度は中央に於て $0.294''$ 、横撓度は其の兩端に於て夫々 $0.0036''$ なり。又垂直の位置に於ても略同様の結果となりたるを以て、是等の歪は多少主桁を彎出し、回轉中心軸を捻る虞有るを以て、主桁の底部突縁 (Bottom Flange) に沿ひ堅牢なる綾構 (Diagonal Bracings) を配し、主桁に連接せる箇所は鋼板を張り詰め、以て堅横撓度より起る歪を平時及開橋中共に極力防止する事に努めたり (附圖第十二参照)。

尙回轉中心軸の前方床構造と後部重錘桁との間には、歩道下の綾構に依り連絡せしめ、運轉中左右の歪を生ぜしめざる様緊結する事とせり（附圖第九参照）。

7 軸受桁 (Trunnion Girder)

此の桁は上部主桁より來る總重量を支ふる回轉軸承臺 (Trunnion Bearings) を支持せしめたる外、橋臺上部の床をも支へしむるものにして、橋體回轉の際主桁及重錘が其の下部に回轉潛入し、該桁下面と重錘側面とは漸次相接近し最後に 80° 回轉し終りし時は、僅に 1 吋餘の間隔を有するに過ぎず。此の桁の設計に當りては鋼材組立後重錘及固定床等順次取付けたる荷重に依る撓度を精算し、豫め左右軸支承臺 (Trunnion Bearings) の高度及勾配を調整し、竣功の上回轉軸 (Trunnion Shaft) が水平を保つ様設計及施工をなせり。而して計算上 1 主桁に對する左右兩支承臺の標高差は軸受桁中央に於ける應力を普通の如く 1 平方時に付き 14 000 封度となす時は意外に大にして、修整し得る範圍を超ゆる虞有りしを以て、桁撓度を最小ならしむる爲、中央に於ける桁の高さを 8'-0" として單位應力を低下せしめ、徑間中央にて 7 800 封度毎平方時、軸支承臺の中心にて 7 000 封度毎平方時に止めたり。而して其の桁撓度は中央にて 0.182" を算し、回轉軸左右支承點にて其の撓度の差 0.066"、即ち $\frac{1''}{16}$ 餘なりし爲、支承臺下部にはベベル・ファイラー (Bevel Filler) を裝置して上記の高低を附し、竣功後回轉軸が水平をなす様設置せり。尙此の桁は垂直に据付け、運轉中毫も移動せざる様確保する必要あるを以て、中央及兩端軸支承臺の箇所に垂直綾構 (Vertical Bracings) を設けて、之を前面橋臺壁に固定し、尙軸受桁支承點には三角形の斜材 (Brace) を取附けたり（附圖第十三及第十四参照）。而して軸受桁支承點に於ける横撓度 (Horizontal Deflection) は計算上 0.0368"、即ち $\frac{1''}{32}$ 餘にして極めて微量なるも、別に溫度の變化華氏 50° に對するものを計上すれば 0.2" の伸縮あり。爲に其の一方の支承點に於て之を固定する時は橋梁中心線にて其の半分の變位を生じ、後方軌條の接合點は所定の通り正確に接觸せざる事となるを以て、軸受桁は其の中央にて固定し、兩端支持點にて滑動せしめたり。之が爲軸支承臺の縦綾構にて橋臺壁に固定せられたる部分も溫度の變化に依る伸縮を感じるが故に、此の部分に Hinge を置き鋼板の彎曲に依り其の運動を調節し得。従つて橋臺壁を損傷し或は軸受桁の垂直位置を崩すが如き事無き様注意せり。尙主桁直下に於ける橋臺壁中には結構支柱を入れ、之に活荷重支承沓 (Live Load Shoe) を据付け、軸支承臺 (Trunnion Bearing) 内の Bushing 取換へに際し起り得べき死荷重の總量に耐へ得る様設計せり。

8 回轉中心軸及軸支承臺

回轉中心軸 (Trunnion Shaft) に來る可き荷重は床構造、鋼材、重錘、風壓及衝擊等にして、其の總荷重量 1 286 000 封度、即ち 572 噸を以て設計荷重とし、回轉軸の徑は中央にて

22", 両端支持點にて $16 \frac{1}{2}$ " とし, Bushing の支壓力は平方吋に付 2 000 封度とせり。尚ブッシングには充分油溝 (Oil Groove) を切り又支承臺の鑿錠 (Anchorage) は風壓, 其の他の合成最大荷重に對し安全なる様設備せり (附圖第十五参照)。

9 重錘 (Counter Weight)

可動部床構造及鋼材並に機械等を合算し總重量 703 900 封度, 重錘桁及附屬構造物の重量 153 600 封度, 鐵屑, コンクリート, 其の他附加重錘の總重量は 1 203 700 封度にして, 是等死荷重の總重量は 2 061 200 封度, 即ち 921 噸にして, 其の重心點を同轉軸の中心點より夫々前方 0.169 呎, 上方 0.163 呎の箇所に定め, 平時は死荷重に依り自然前方に下向を促し, 運轉中同轉角の後半に於ては後向き自然廻轉をなさしむる如くせり。附加重錘としては純コンクリート 1 立方呎に付き 140 封度, Punch Scrap コンクリート 1 立方呎に付き 250 封度〜270 封度のもの, ビグ鐵塊 (Pig Iron Block) 1 立方呎に付き 450 封度のもの等を用ひ, 重錘桁の上下部及側面に於て隨意に重量及重心點を調整し得らるゝ様設備せり。

10 運轉動力

可動部徑間有效水面幅は橋臺及橋脚兩面間純徑間 60 呎に計畫せるを以て, 同轉開橋したる場合と雖, 尙 60 呎の純徑間を保たしむるに充分なる仰角を計算し, 之を 80° と定め通船の際, 橋體が絶對に支障を來さざる様計畫し, 然も若し其の必要を認めざる場合に於ては隨時適當なる角度を以て, 停止せしめ得る事とせり。運轉時間は 1 分 20 秒, 即ち 80 秒にして, 平均 1 秒時を以て 1° の回轉をなす事となるも, 最初の 20 秒間に於て徐々に加速し, 一定の速度に達して後 40 秒時間は其の速度を持続し, 最後の 20 秒間に於て徐々に減速して, 之を停止せしむるものとす。

而して之に相應する機械設備の能力及所要動力量等は次の如き諸項に付き計算せり。

- | | | |
|---|----------|------------------|
| 1 | 回轉隋性 | Inertia |
| 2 | 風荷重 | Wind Load |
| 3 | 回轉軸摩擦 | Journal Friction |
| 4 | 偏心荷重 | Eccentric Load |
| 5 | 電車架空線の張力 | Trolley Pull |

之れ等に對する Rack Circle に於ける應力は大約次の如し。

	Raising Span		Lowering Span	
	15# Wind	0 Wind	15# Wind	0 Wind
Inertia	— 1 290	1 290	1 290	1 290
Wind Load	139 000	0	139 000	0

Journal Friction	10 000	9 300	10 000	10 000
Eccentric Load	- 13 200	16 400	13 200	13 200
Trolley Pull	- 1 485	-4 190	1 485	1 485
	132 025 lbs	22 800 lbs	164 975 lbs	25 275 lbs

前表を以て見れば、所要動力の大部分は風荷重の爲に消耗せらるゝを見る。而して前記諸荷重に對する所要馬力計算に當り、ラック・サークルに於ける速度は一定速度を以て回轉する中央 40 秒間に於て毎分 25.5 呎にして、齒車能率 (Gear Efficiency) を $(0.94)^2 = 0.73$ と假定すれば

$$\text{Required Horse Power} = \frac{P \times 25.5}{33\,000 \times 0.73} = 0.00106 P$$

P: ラック・サークルに於ける封度を單位とする應力

之に依り閉橋に要する馬力は無風時に於て 24.2 馬力、15 封度風壓にて跳上最終點に於て 140 馬力、閉橋に要する馬力は無風時に於て 26.8 馬力、15 封度風壓にて最初 175.0 馬力を要する事となる可し。今 75 馬力電動機 1 臺を使用する時は、閉橋の場合にて風壓平方呎に付き 4.8 封度、2 臺併用の場合は 4.8 封度以上 12.4 封度迄の風壓に耐へ運轉する事を得、而して電動機は起重機用として設計せられたる全密閉型誘導電動機にして、連続 3 分間 40% の過負荷に對し損障を來さざる検査済のものにして、不時の場合には 40% 増しの毎平方呎 17.35 封度迄の風壓に耐へ、運轉し得らるゝものにして、之を風速に換算すれば、毎秒 25.4 メートルとなり、斯かる風速の暴風時と雖、避難船を通航せしむるに何等支障なきものとす。電流は 3 相交流電壓 220 ヴォルト、60 サイクルなり。

停電の際の豫備機關として 32~40 馬力瓦斯倫發動機を備へ、兩電動機共使用し得られざる場合と雖、尙開閉に支障なき事を期せり (附圖第十七及第十九参照)。

11 其の他の機械設備

回轉の兩極限に於ては、常に制動機に依り其の速度を調節し得べきも、運轉未熟の場合過つて激突をなすの虞あるを以て自働的に之を緩和せしむる爲 Air Buffer 4 個を備へ、之を主桁の側面前後に取付けたり。

End Lock は回轉の極限に於て其の位置を確實に保つ爲、各兩端に於て堅牢なる鑄鋼製ピンを固定部に差し込むの方法を取り、Front Lock は之により、固定部及可動部の床面及軌條の高低位置を整ふるの用をなし、Rear Lock は跳上の極限に達したる時、後方よりの風壓に對する反力を支持するを目的とせり。

尙反對の方向より來る風壓に對しては、橋臺壁の下部及重錘の下部に支承塊 (Bearing Block) を備へ、跳上の極限に於て相接し、以て風壓に依る回轉力率に抵抗せしむる様なせり。

以上風壓支承塊 (Wind Bearing Block) 及桁下に設置せる活荷重支承脊 (Live Load Shoe)

は其の高さを調節し得らるゝ構造となし、風壓支承塊は全部同時に且均等に荷重を支へ得る様、又活荷重支承柝は活荷重より起る撓度に依り、初めて其の荷重を支持する様微細の調節をなし得る装置を施せり。

エンド・ロックの操縦機械は橋臺前面可動部床下に取り付け、前後左右 4 個のロックを同時に運轉する事とし、之に用ひたる動力は 3 馬力電動機にして、外に停電の場合、或は電動機故障の場合に備ふる爲の手動設備を施せり（附圖第十九参照）。

12 橋臺内部及外部運轉室施設

橋臺内部には（附圖第十七及第十九参照）

- 75 馬力電動機 2 臺及電磁ブレーキ、運轉機械及手動ブレーキ
- 瓦斯倫發動機、水揚ポンプ
- 運轉用インディケータ、電磁制禦盤 2 臺
- 電氣抵抗器 2 臺

運轉室内には

- 主電動機用主幹制禦器 (Controller)、ブレーキ操縦臺
- 3 馬力ロック電動機用制禦器、開閉インデケータ (Indicator)
- 制禦配電盤、主開閉器盤

等を備へ運轉室階下は運轉手休養室及變壓所を設けたり。

13 トロリー緊張装置

トロリー線の高さは市電規定に依り軌條面上 17'-0" となす。可動橋尖端と固定橋との間はトロリー線を切りはなし、Male 及 Female Pan を取り附けたり。其の構造は附圖第十八に示す如きものにして、電車ポールの滑車はトロリー線より、Male Pan に設置せる突起を傳はりて、Female Pan に飛び越し外壁に誘導せられて、同様突起物に填まり、それより前方トロリー線に傳はるものにして、圖中 Trolley Arch. TP₁ 及 TP₄ 間の線は跳上状態にて其の長さ短縮さるゝと同時に、其の角度をも變化するを以て TP₁ には Hinged Trolley Pan を附け、ヒンヂにより TP₄ には Trolley Pan M₃ を取り附け滑車に依り夫々其の方向を自由に變更し得る如くし、トロリー線の尖端にはケーブルを取り付け、後方重錘柱 (Weight Pole) WP 内装置の重錘に依り同所迄トロリーを引き張るものなり。M₃ には更に普通トロリー線を固定せるを以て、兩線は M₃ にて滑車を経て相連接せるものなり。Trolley Pan は全部眞鍮製なるを以て其の取附は完全なる絶縁を施せり。

14 運轉順序及操縱の方法

本橋開閉運轉の順序は次の如し。

橋を開く場合

- 1 ベルを鳴らし道路信號燈を赤となす
- 2 道路の通行を遮断す
- 3 前方ロック (Lock) を解放す
- 4 電動機を運轉し橋を開く
- 5 後方ロックを固定す
- 6 水路信號燈を青となし通航を自由ならしむ

橋を閉す場合

- 1 水路信號燈を赤となし通航を遮断す
- 2 後方ロックを解放す
- 3 電動機を運轉し橋を閉ざす
- 4 前方ロックを固定す
- 5 道路通行遮断機を開放す
- 6 ベルを止め道路信號燈を青となし道路の通行を自由ならしむ

操縱方法としては次の操作をなすものとす (附圖第二十参照)。

三極双型の Main Switch を入れ外部電源に接続をなし、同時に安全装置たる Air Circuit Breaker を入る。

機械室に於て 1 臺若しくは 2 臺の電動機を運轉せんとする時、夫々其の電動機のスイッチを入れ、それに相當する電動機軸の Clutch が完全に挿入され居るや否やを點檢し更にロック用電動機のスイッチを入れ、初めて運轉作業に取り掛り得るものとす。

橋を開く場合

ベル及道路信號燈 運轉室内配電盤 (Switch Board) の道路用スイッチを入るゝ時は、ベルは鳴り道路信號燈は赤となり盤上H燈は點ぜらる。航路用信號燈は依然赤を示すものとす。

エンド・ロック 制禦器 (Controller) の轉把 (Handle) を動かして運轉を開始する時は、盤上の A 燈は點ぜられ、ロックが完全に解放さるゝ時、自動的に Limit Switch が働き、A 燈は消え B 燈が點ぜらる。此の B 燈が點ぜらるゝに當り初めて主電動機の制禦器を操縱する事を得。

主電動機の運轉 主電動機用制禦器を第一ノッチに入ると時は、電動機軸に附屬せる電磁ブレーキは弛み、インター・ロック 回路が通ずる事となり、第二ノッチにて始めて機械室制禦盤の下位にある三極コングクターが自動的に電磁に依り相接觸し、主電動機は運轉し始むるものなり。2 臺連結の場合は夫々標識燈 C 及 D が點燈せらる。運轉中はエマーゼンシー・ブレーキを使用し、隨時速度の調節をなす事を得。而して其の終點に近づきたる時第一 Span

Limit Switch の作用に依り補助ブレーキが働き、エヤー・バッファーの作用と共に、漸次其の速度を緩め、尙小距離だけ運轉を続け其の最終點に至り、第二段のリミット・スイッチが働らき、電動機の電流は切れ同時に主電磁ブレーキが掛り G 燈が盤上に標識さるゝものとす。

後方ロックの固定 制禦器を固定の方に廻し、運轉を始むる時は A 燈は點ぜられ其の終端にてリミット・スイッチが働らくに至れば、A 燈は消え F 燈が點ぜらる。

航路信號燈 航路用スイッチを入るゝ時は 航路用信號燈は青を示し、盤上 I の電燈は消ゆ。此の際道路信號燈は依然赤を示しベルは鳴り居るものとす。

橋を閉す場合

航路用信號燈 スwitchを入れ信號燈を赤とすれば、盤上に I 燈が點ぜらる。

後方ロック 運轉を開始すれば A 燈は點ぜられ、極限に達したる時 A 燈は消え B 燈が點ぜられる。

主電動機運轉 制禦器を閉橋の方に動かす時は、開橋の場合と同様の標識をなし、極限に達したる時 E 燈が點ぜらる。

前方ロック 運轉中は A 燈が點ぜられ、極限に於て A 燈は消え G 燈が點ぜらる。

路線信號燈及ベル 路線用スイッチを動かす時は、信號燈は青となりベルは鳴りを止め、盤上 H 燈は消え航路用信號燈は尙赤を示す。

運轉中使用のエマージェンシー・ブレーキは主電動機の補助ブレーキと同體のものにして、其の操縦は運轉室及機械室の兩所に於てなし得られ、又電氣及手働の何れにてもなす事を得。電氣操作は第一段スパン・リミット・スイッチに依り自動的に働らき、手動操作の場合は轉把に依り、電流に關係なく電動機と同轉中と雖隨時使用し得られ其の強弱をも加減する事を得。

運轉に對する安全装置としては次の如き諸設備をなし、不可抗力又は過失による災害を防止するの方策を取れり。

橋開閉の兩極限に於てリミット・スイッチを裝置し、自動的に主電動機の電流を切り停止せしむる事。

エンド・ロックと主電動機とはインター・ロックに依りロックが完全に解放せらるゝに非れば、主電動機は運轉し得られざる様なし、操縦上の過失を絶対に無からしめたる事。

エンド・ロックには其の極限にリミット・スイッチを設備せし事。

主電動機には電磁ブレーキの外に補助ブレーキを備へ、電流により自動的に之を操作し得る構造とせし事。

ブレーキ操縦は電流の外、手動に依り之を行ひ、停電其他の故障の時と雖操作し得る事とせり。

運轉中の操作は夫々配電盤上の標識燈に依り之を示し運轉中の過失を防止する事。

橋の運轉に際し其の兩極限に於て衝撃を緩和する爲エア・バッファーを備へたる事。
運轉角度を表示するインデケーターを運轉室及機械室に取り付け、操作に過失なきを期せし事。

停電或は主電動機に故障ある場合の用意として瓦斯機を備へたる事。

ロッキング電動機の故障及停電に備ふる爲、手動設備をなしたる事等となす。

15 工費内譯

可動橋の部	金額	摘要
鐵部構造工事	150 775 圓	鋼材 427.0 噸、内固定橋鋼材 44.3 噸を含む 鑄鋼にして機械仕上を要するもの 23.0 噸
上部構造工事	9 800	
可動部重錘工事	23 600	床工事一式
機械及電氣工事	76 811	
可動部橋臺床及橋盤工事	73 463	
可動部橋脚工事	17 543	
計	351 992	

外に 33 呎鋼桁上床工事、西詰橋臺工事、雑工事費等を合算し總工費は 397 500 圓なり。

可動部及橋臺、橋脚費は橋面積 1 坪に付き 1 900 圓に當り、總工費は橋梁總面積に對し平均 1 坪當り約 1 630 圓なり。

第三章 工事施工

1 橋臺及橋脚

橋臺及橋脚工事は凡てラルゼン第二型鐵欠板(大部分支給)による締切工を以て施工し、西詰橋臺及橋脚の部分とバスキユール橋臺の部分とを別々に二回に施工し、其の一方を船舶の航行に宛て交互に施工せり。最初に施工したる西詰橋臺及橋脚締切工は根伐を行ふに當り、橋脚は河心に近きを以て、締切内掘鑿底面上より河水の湧出甚だしく、抗打終了後厚さ 1 尺の捨コンクリートを施して之が湧出を停止せしむる事を得たり。杭は末口 6 寸、長さ 15 尺の物を 200 貫の錘を以て打込み、其の打止め沈下は落下高約 15 尺にて實測し 1 打平均 8 分～1.2 寸にして、設計荷重に堪ふるに充分なりと認めたり。

橋臺は根掘後湧水橋脚の如く多からず、直に末口 7 寸、長さ 18 尺の松杭を打込み、基礎コンクリートを施工し得たり。西詰橋臺、橋脚及固定橋鋼材架渡の完了するを待ち、其の締切工を撤去し、西部固定橋徑間を一般船舶の航行に宛て、直ちに東詰バスキユール橋臺の締切工を施せり。

バスキユール橋臺は掘鑿後末口 6 寸、長さ 18 尺の杭 260 本を使用し、打止め沈下 8 分～1.5

寸にして、地質は相當良好なりしも湧水多く、確實に水密なるを要するバスキュール橋臺の基礎コンクリート施工に先ち、右湧水を排除し完全なる基礎を施工するの必要上割栗石を施し、湧水排除に備へ、縦横に數箇所の半土管及木樋を以て構造物圏外に湧水を導き、水替を行ひつゝコンクリートを施工し、確信ある基礎を完成し得たり。コンクリートは一先づ軸受桁の高さ迄に止め、後日鋼材の据付を了したる後橋臺外壁及床工事を施工せり。

本橋臺は前述の如く、確實に水密を要する構造物なるを以て、底面及外壁の内外両面共、最高水位以下トラスコン防水モルタル厚さ 6 分を塗布し、河水の浸透を防止せり。

2 橋桁及機械類製作工事

本工事用鋼材總噸數 427 噸及可動部取付金物として回轉軸 (Trunnion Shaft), 同支承臺 (Trunnion Bearings), 同回轉軸頭 (Trunnion Boss), 活荷重支承咨 (Live Load Shoes), 中心整正器 (Centering Casting) 等の鑄鋼, 軟鋼, 燐鋼, 青銅等總計 23 噸は神戸三菱造船所の製作に係り堅固なる基礎にて假組立をなし、特に回轉軸附近及後方ラック取付は最も精密入念に施工せしめたり。運轉機械一式, ロック及其の操縱機械一式, エヤー・バッファー, トロリー緊張装置, 電氣工事一式, 瓦斯倫發動機及附屬品一式は東京石川島造船所の設計製作せるもの、但し電動機及附屬電氣器具は芝浦製作所製品, 瓦斯倫發動機は米國レッドウイング製品を使用せり。

3 橋桁架設及機械類据付工事

西岸固定橋は橋脚、橋臺竣功後直に締切内にて約 2 週間を以て架設を了せり。

東岸可動橋軸受桁は總重量 62 噸に及べるも、若し接合部を現場鉸鉸となす時は桁全體として完全なる強度を得る事能はず、其の桁撓度も推定する事困難にして、且回轉軸及其の支承臺の假組立も無意味となるを以て、全部工場に於て一體に製作し、造船所よりポンツーンを以て現場に輸送し、前記締切及橋臺内部に枕木にてサンドルを組み、軌條を並べ轉子を利用してウインチにて捲き込み所定の位置に据付けたり。此の桁は本橋の死命を制すべき最も重要なものにして、橋梁中心線に直角なると共に垂直及水平兩方向に嚴密に所定の位置に据付くる必要あるも、微量の誤差は之を免れざるを以て、軸支承臺据付に當りては桁の各所に於て其の位置及撓度を實測し、且後に來るべき諸種の荷重に付き計算上の撓度を精算し、以て出來上りに於て前記の如き所定の位置を保つ様、各所夫々ベベル・プレートを製作し、可及的の最大精度を得んが爲實に 2 週日の日子を費し極めて綿密なる調製を加へたり。是後日試運轉に際し何等支障なく、計畫電量を以て容易に圓滑なる運轉をなし得られ、申分なき結果を得たる所以なり。

・ 同轉主桁は全長 91'-6" にして總重量 46 噸なりしを以て、前後 2 片となし、前記同様ウインチにて略所定位置迄引き込み、40 尺の木柱を樹て之を釣り上げ、以て軸受桁の上に据付け、其の後漸次重錘桁及床構造、其の他を組立てたり。

機械類工事は橋臺壁及橋床完成後据付をなしたるも、其の間何等の違算なく之を了したり。電動機及電気配線等は豫め神戸市電気局試験場にて試験を了したる後使用せしめ、電気局規定に基き施工をなせり。而して鋼材組立開始より竣功迄略 6 箇月の日子を費したり。

4 可動部床工事

本橋可動部床版工事は重量軽減の目的にて小部分を除く外全部木造となし、クレオソートを注入せる米樽を使用し釘打材はボルト止となし、之に床版を釘付となせり。鋪装木塊は米松材クレオソート注入のものにして、敷設に際し個々に上部より釘付とし、目地を整正する爲 3 呎間隔に山形鋼を配したり。目地には加熱したるブロンアスファルトを數回に互り填充し、更に鋪装表面は燒鏝を以てアスファルトを塗布し、絶対に雨水の浸透をなからしめたり。尙鐵部の木材に接觸せる部分はクレオソートの爲其の塗装材にペンキを用ふる時は鐵の腐蝕甚だしきを以てコールターを以て代用塗布せしめたり。

5 重錘工事

本橋に使用せる重錘の主なる部分は重錘桁の自重、コンクリート、鐵屑コンクリート方塊、同上現場打コンクリート及鑄鐵塊にして、鐵屑コンクリート方塊は現場附近に於て製作し、標準重量 1 立方呎に付 288 封度、大塊 6"×11 $\frac{1}{2}$ "×14 $\frac{1}{2}$ " より小塊 4"×11"×12" に至る迄、都合 1 538 個を約 2 箇月半に亘り製造せり。其の製造に際しては各々所要 1:1 モルタルを適量の水にて練り、之に所要重量のポンチスクラップを加へ、充分練合せて型枠中に流し込み、其の硬化を待ち型枠を除去し、夫々重量を吟味したるに、所要重量よりは僅かに軽く出來上りたり。即ち 6"×11 $\frac{1}{2}$ "×11 $\frac{1}{2}$ " の塊にてモルタル 0.464 立方呎、スクラップ 103 封度を練合せ、所要重量 137 封度を得べき所、僅に軽くなる傾向を示せり。以上コンクリート塊を以て重錘桁内部の格壁に配列し、其の間隙に場所詰コンクリートを注入して充分鐵部に密着せしめたり。其の内部は所要量を精算したる上、現場打鐵屑コンクリートを填充せり。其の標準重量毎立方呎に付 270 封度なり。1:1 モルタルを以て練合せ注下せしに、鋼屑は多く下部に沈澱する傾向ありたるを以て、厚さ約 1 呎毎に硬化せしめ、順次施工し、以て重錘重心點の移動を來さざる様注意施工せり。

鑄鐵塊は再製ズク塊及ビグ鐵の 2 種にして、ズク塊は大き 14"×11"×12" のものを重心點矯正の目的を以て同轉主桁に隣接せる後方下部に挿入取付けたり。ビグ鐵は大き 5"×

6"×3'-4 $\frac{1}{2}$ "のものにして、重錘の下部に取付け、取外しを自由ならしめ、運轉の成績に依り隨時調節し得らるゝ様設備せり。其の他上下部共豫備空隙を用意し、重心及重量の調節をなし得る様計畫せり。

6 試運轉

昭和3年10月中旬バスキユール橋可動部及機械部据付を完了し、直に動力用電流の供給を受け試運轉をなせり。開閉に要せし時間は設計通りにして、運轉の開始及終了の際ブレーキを以て其の速度を緩和せしむる時は1分20秒、ブレーキを使用せざる場合は1分強なり。而して其の電力消費量は1.7 KWHにして設計と寸毫の差異なき好結果を収めたり。是偏に三菱造船所が工場製作より現場架設及試運轉に至る迄、周到なる注意と多大の犠牲を拂ひ、能く監督員の命を體し苦心努力の致す所にして、開通前尙數回の試運轉を繼續し、重錘バッファー・ロック及スパン・リミット・スイッチの調節を行ひ工事を完成せり。

7 現在の運轉状態

本橋運轉には主任運轉手1名、助手1名、油差し2名を使役す。竣功當時は開橋時間午前1時より4時迄とし、其の間本橋を通過する船舶の要求により、1日3~4回開閉したれども、現今に於ては開橋前船舶を其の前後に停留せしめ、殆ど1日1回の開閉にて事足る状態にあり。而して1日通船平均上下を合せて6艘なり。

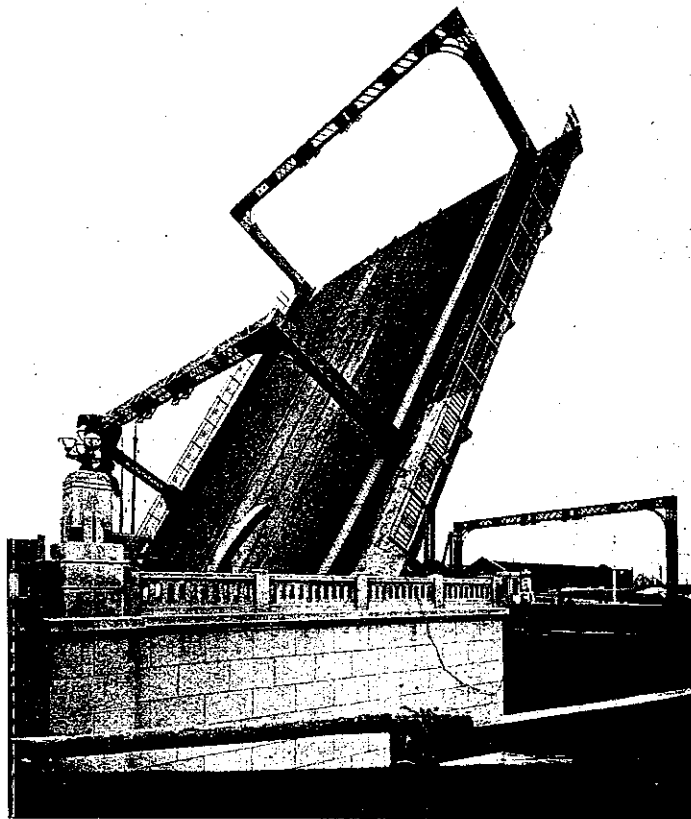
又開閉に要する動力は試運轉當時と大差なく、月々により幾分の差はあれども1日平均1.5~2.0 KWHを消費しつゝあり。竣功後既に1箇年を経過したれども、各部共何等の故障なく安全に開閉運轉しつゝあり。

本橋梁設計の當初に於て斯界の權威工學博士鈴木雅次氏の懇切なる助言を得たるは著者の深く感謝する所なると共に、工事實施に當り各部豫期以上の成績を以て工事を竣成せしめ得たるは、一に都市計畫部長森垣龜一郎氏及同技師中西讓平氏の綿密周到なる指揮監督の賜物にして、著者の深甚なる敬意を表する所なり。

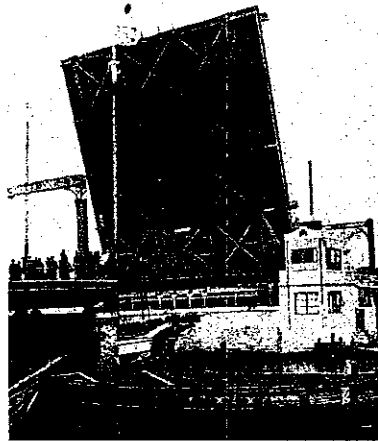
尙本稿を草するに當り、中西技師は現場に於ける實地施工状況に關し詳細なる稿を寄せられ、著者の稿を充實せられたるを謝す。

神戸市高松橋(跳上橋)

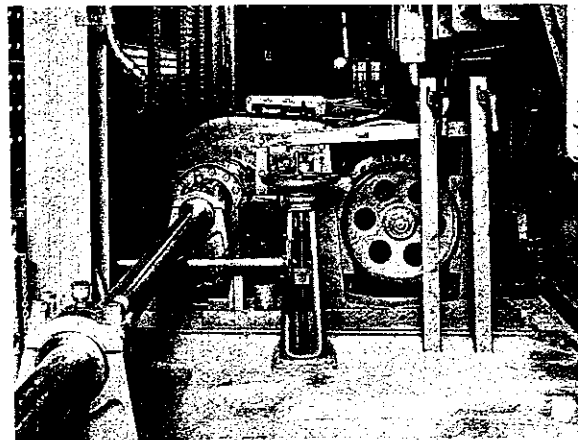
架橋地點 神戸市電東高松終點より東尻池町に至る運河上に架設、
可動部 橋臺橋脚面間有效徑間 60 呎、跳上徑間 72 呎、固定橋 33 呎、
幅員 車道 8 間 市電複線、歩道兩側各 6 尺



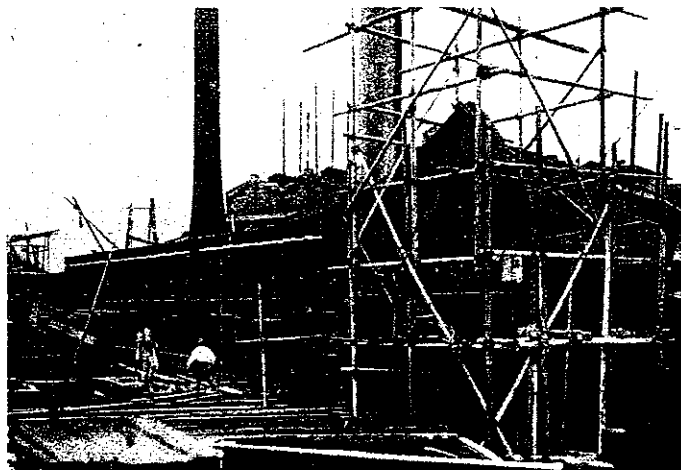
全景(其一)



全景(其二)



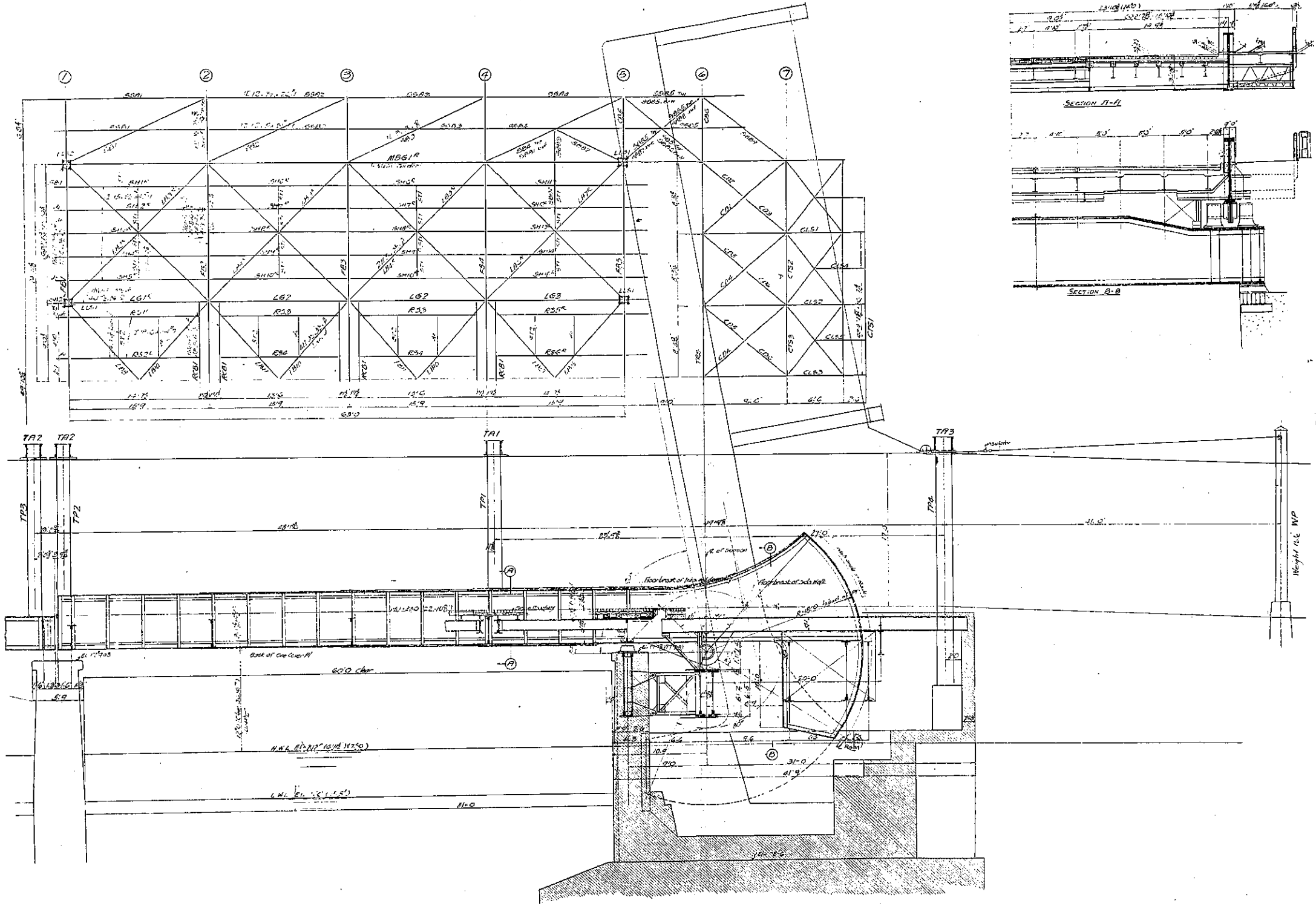
動力機室



架設工事中の光景

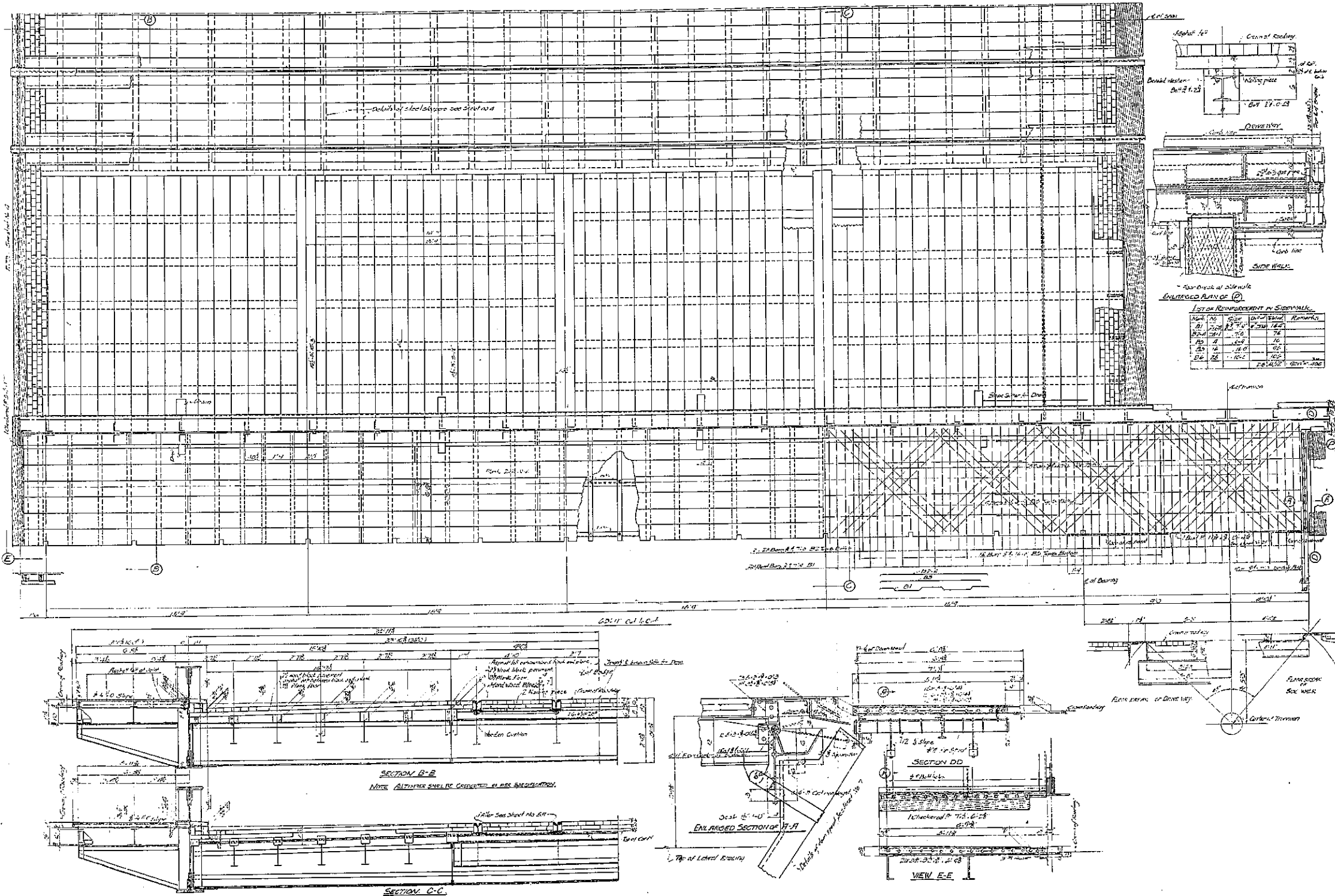
動力機械
 電動機 75 馬力 1 臺、豫備
 電動機 75 馬力 1 臺、豫備
 ガソリン發動機 30 馬力
 1 臺
 運轉時間 1分20秒、
 動力 1.7 キロワット時

附圖第一 神戸市高松橋可動部一般圖



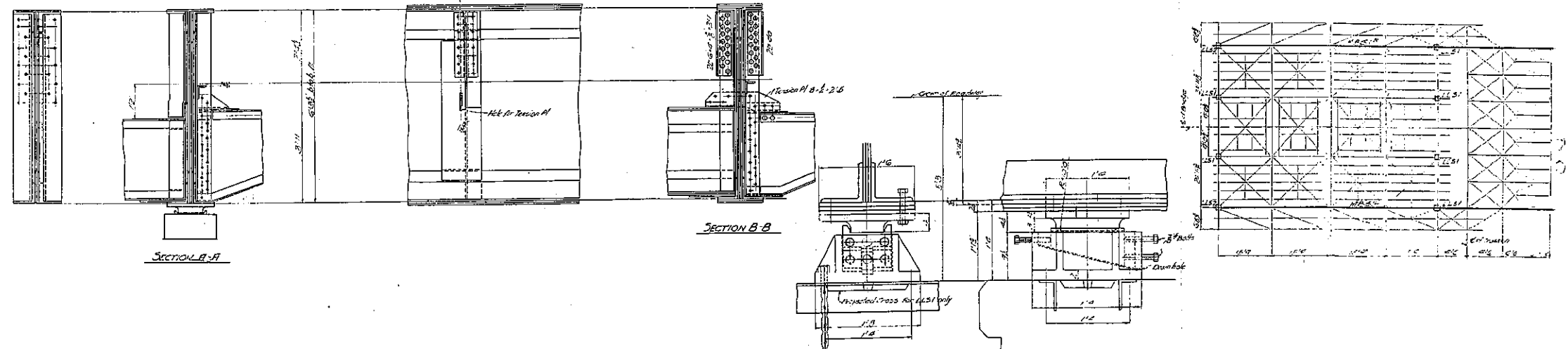
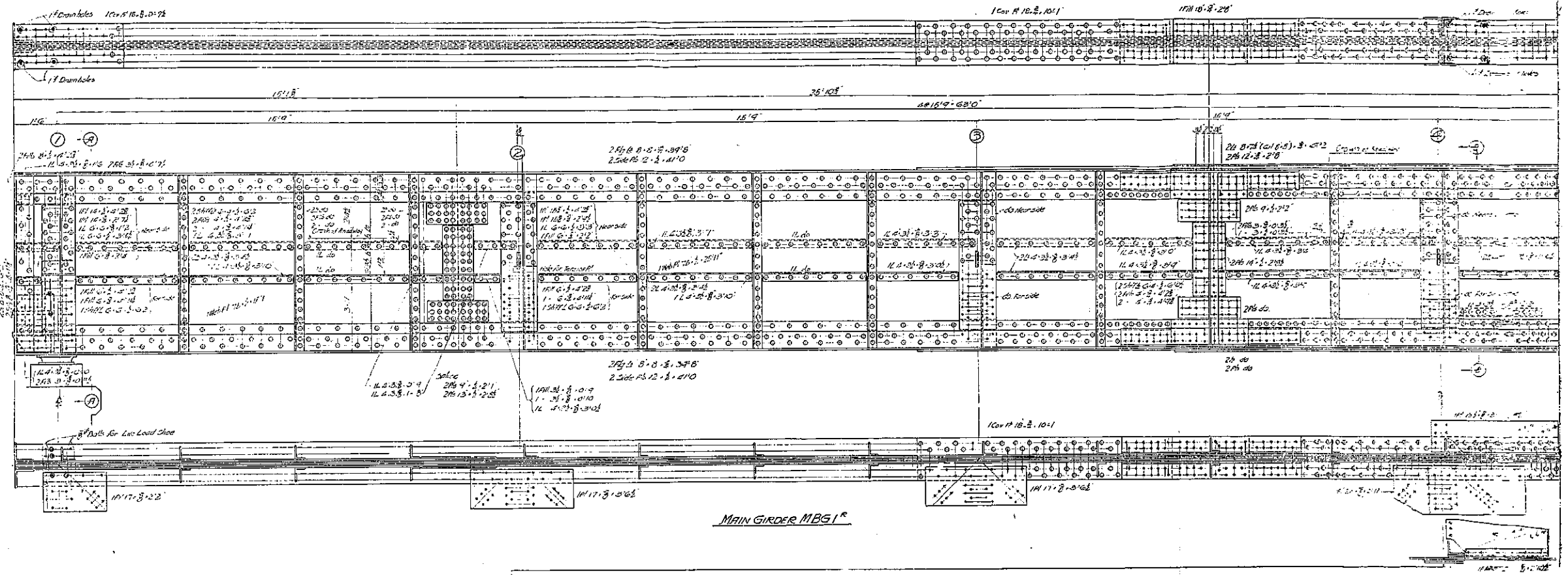
(土木學會誌第十六卷第五號附圖)

附圖第二 可動部床構造及床機斷面圖



土木學會第十六卷第五號附圖

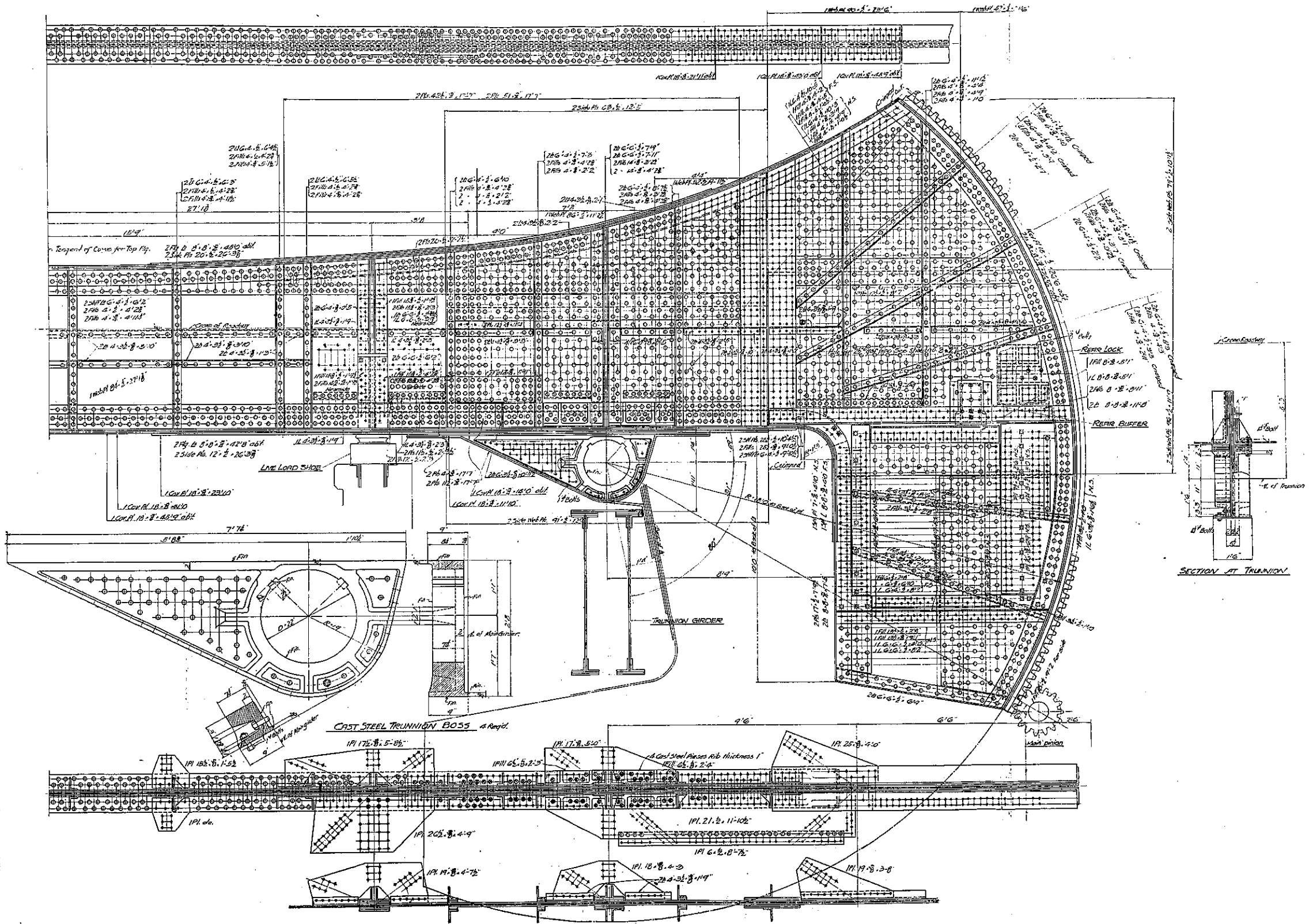
附圖第四 主桁前部構造及活荷重支承圖



GENERAL NOTES
 MATERIAL: O.N. Steel
 RIVETS: 5/8"
 OPEN HOLES: 1/8"

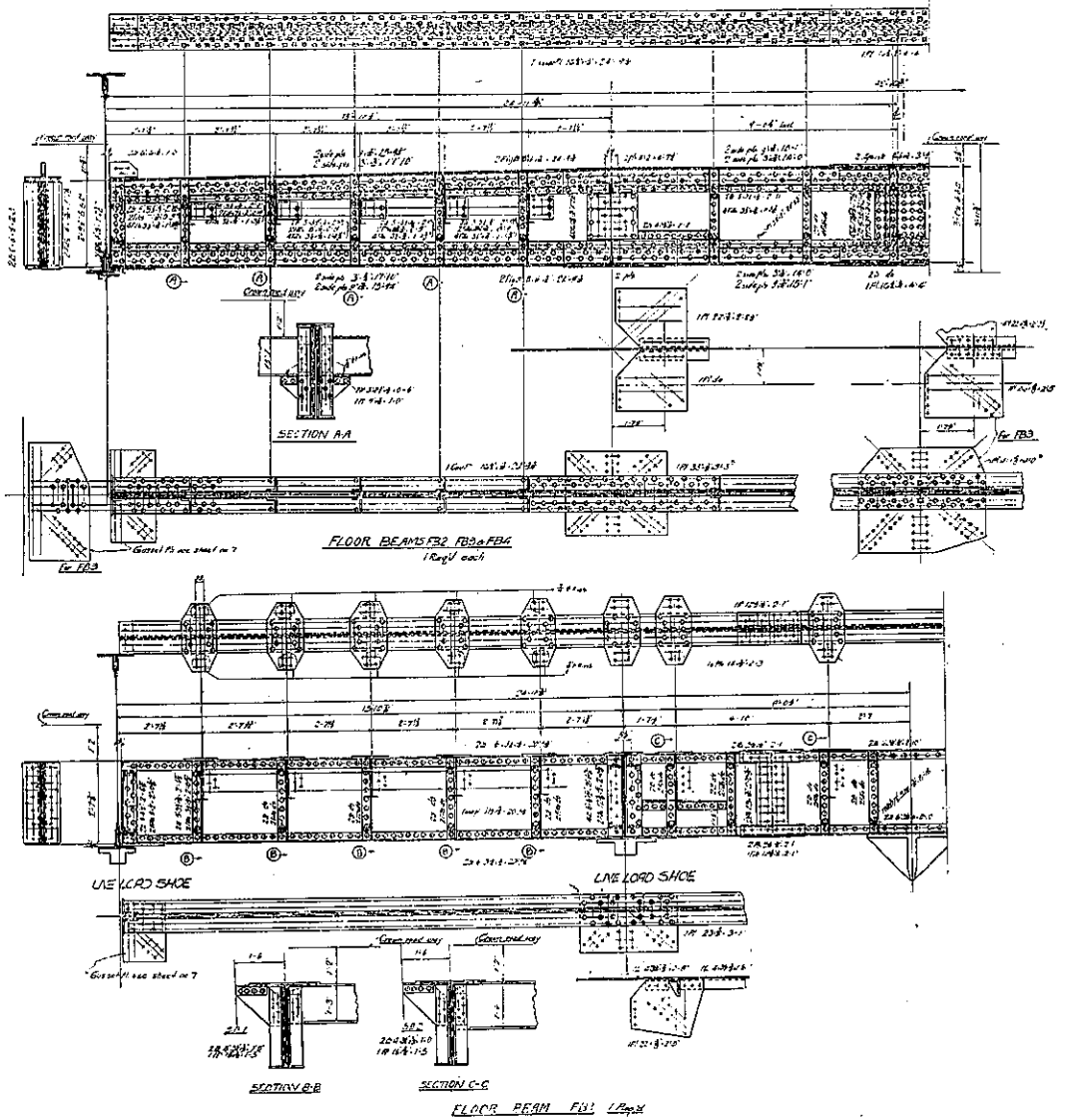
土木學系附圖第十六卷第一號附圖

附圖第五 車桁後部構造及鑄鋼軸頭圖



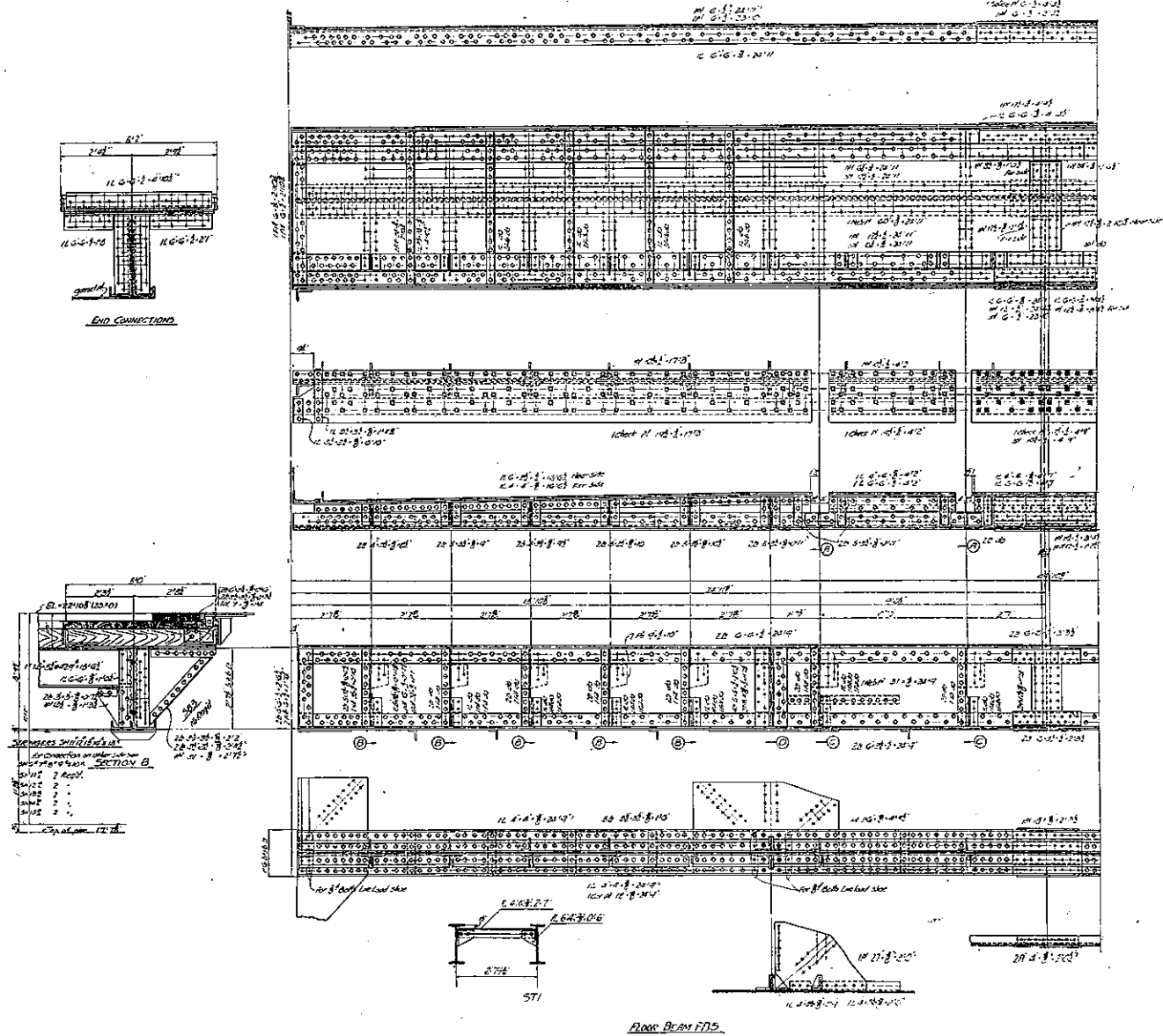
土木學會誌第十卷第五號附圖

附圖第六 床桁構造圖 (其の一)



200-7

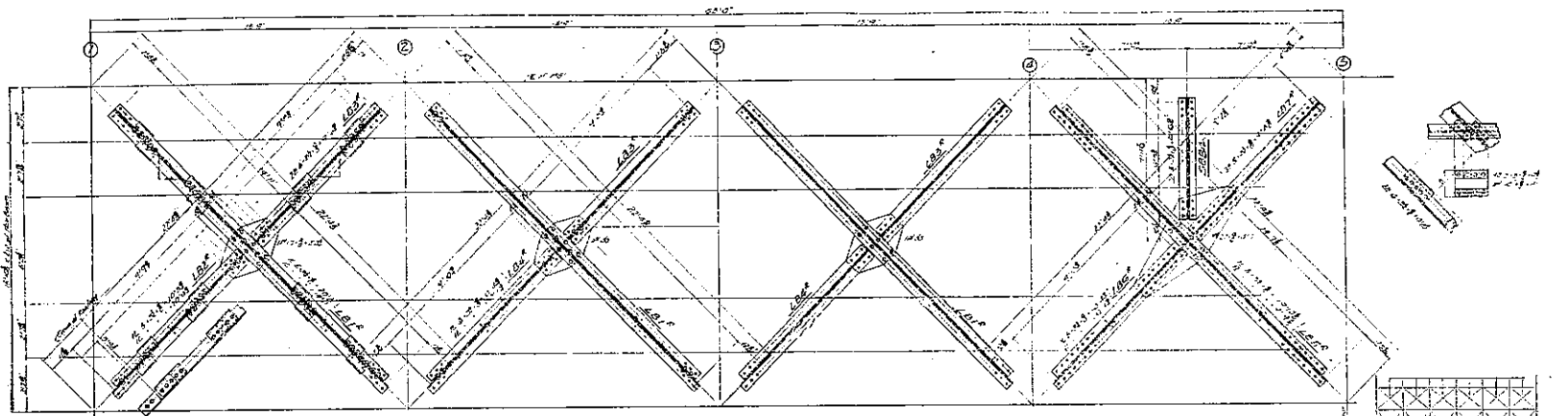
附圖第七 床桁構造圖 (其の二)



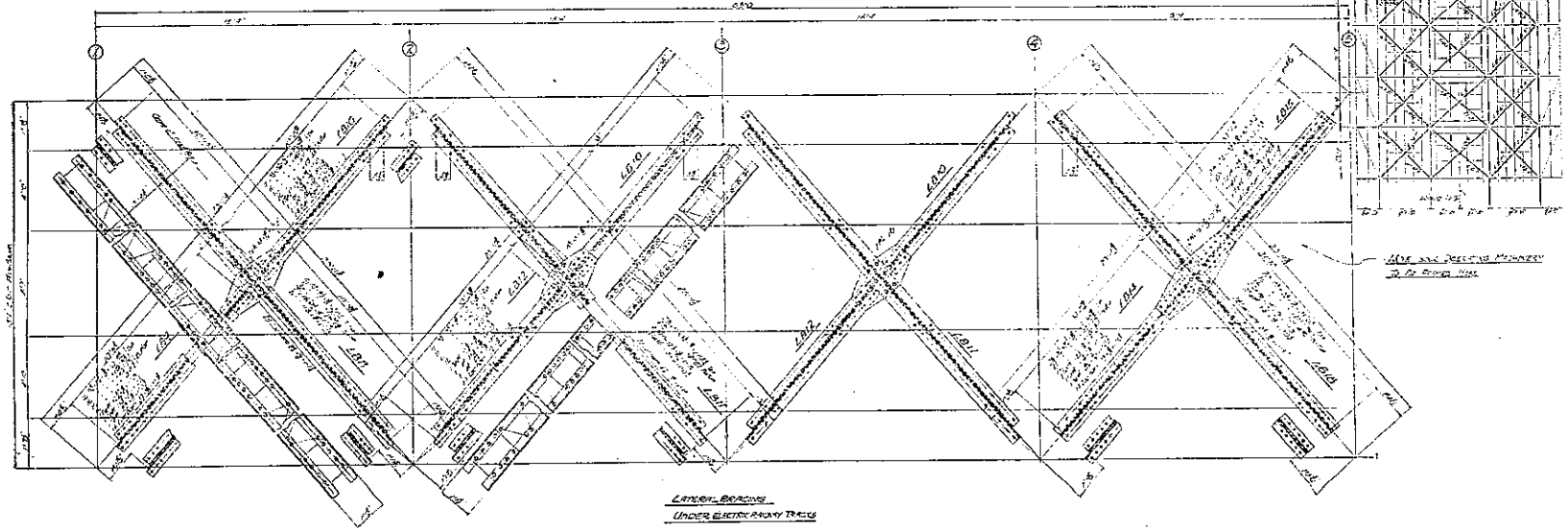
土木學會誌第十六卷第五號附圖

20009

附圖第八 軌車道下部結構圖



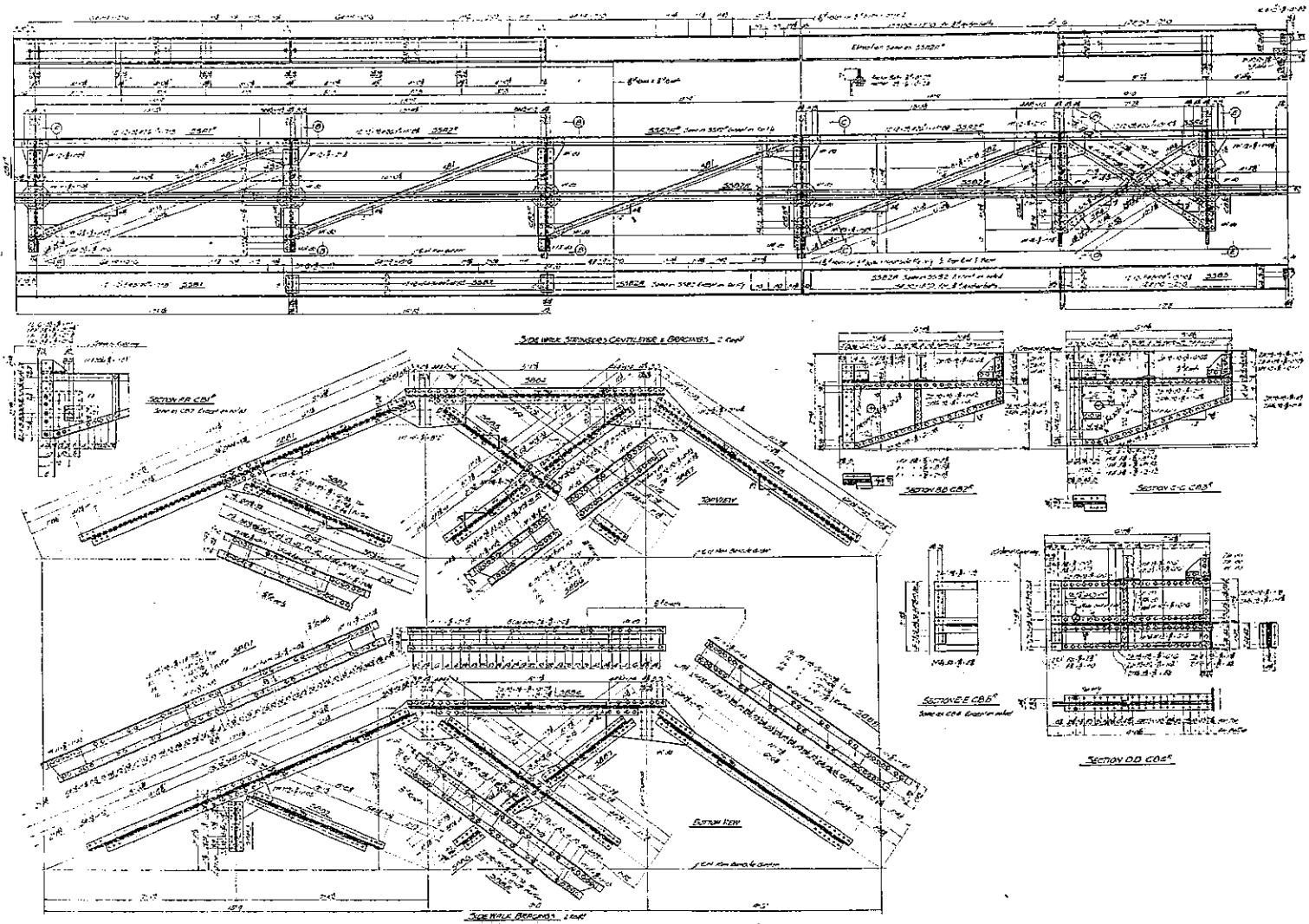
Lateral Bearing
Under Highway



Lateral Bearing
Under Electric Power Tracks

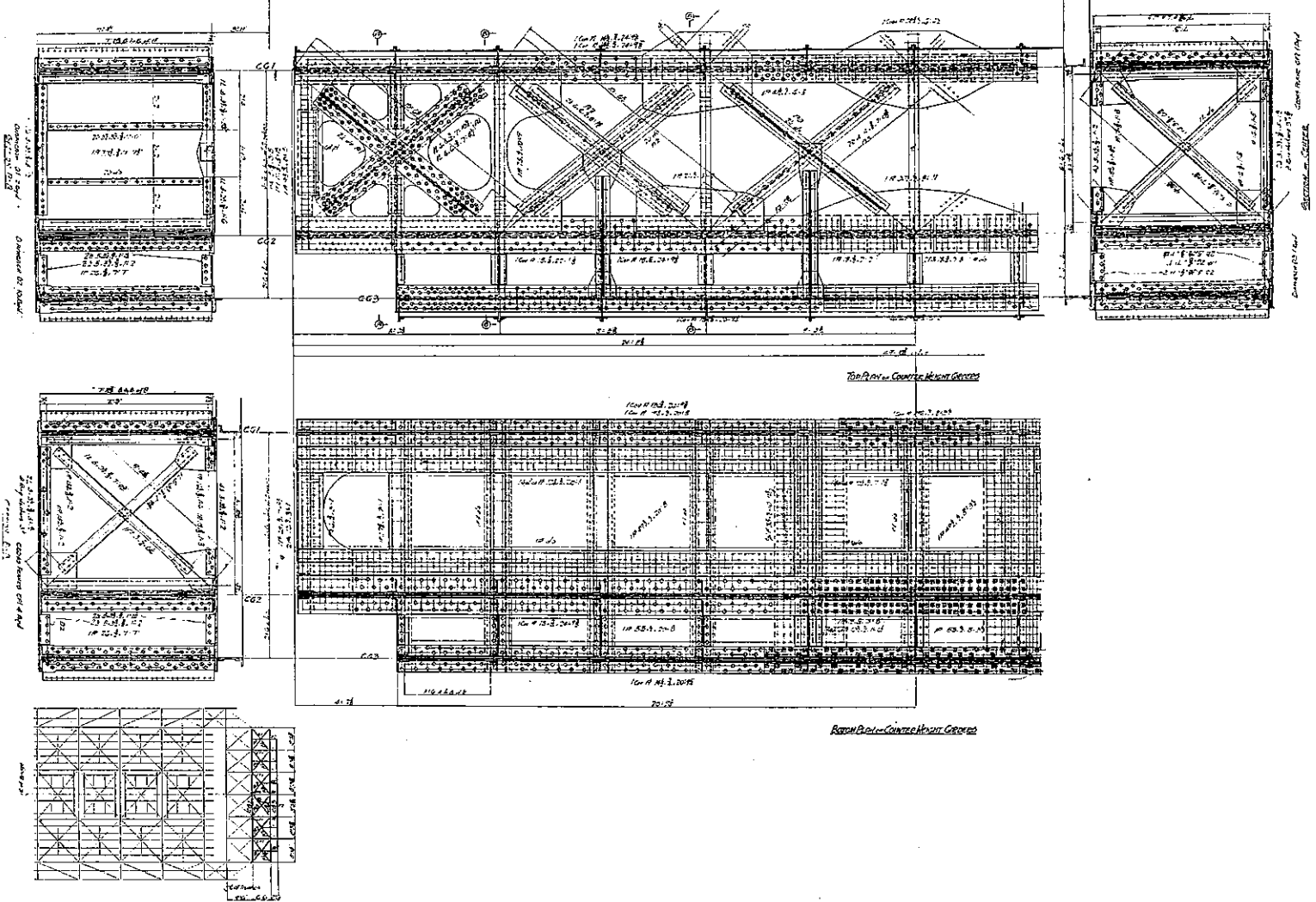
(土木部の設計士が設計した図)

附圖第九 步道下部結構圖



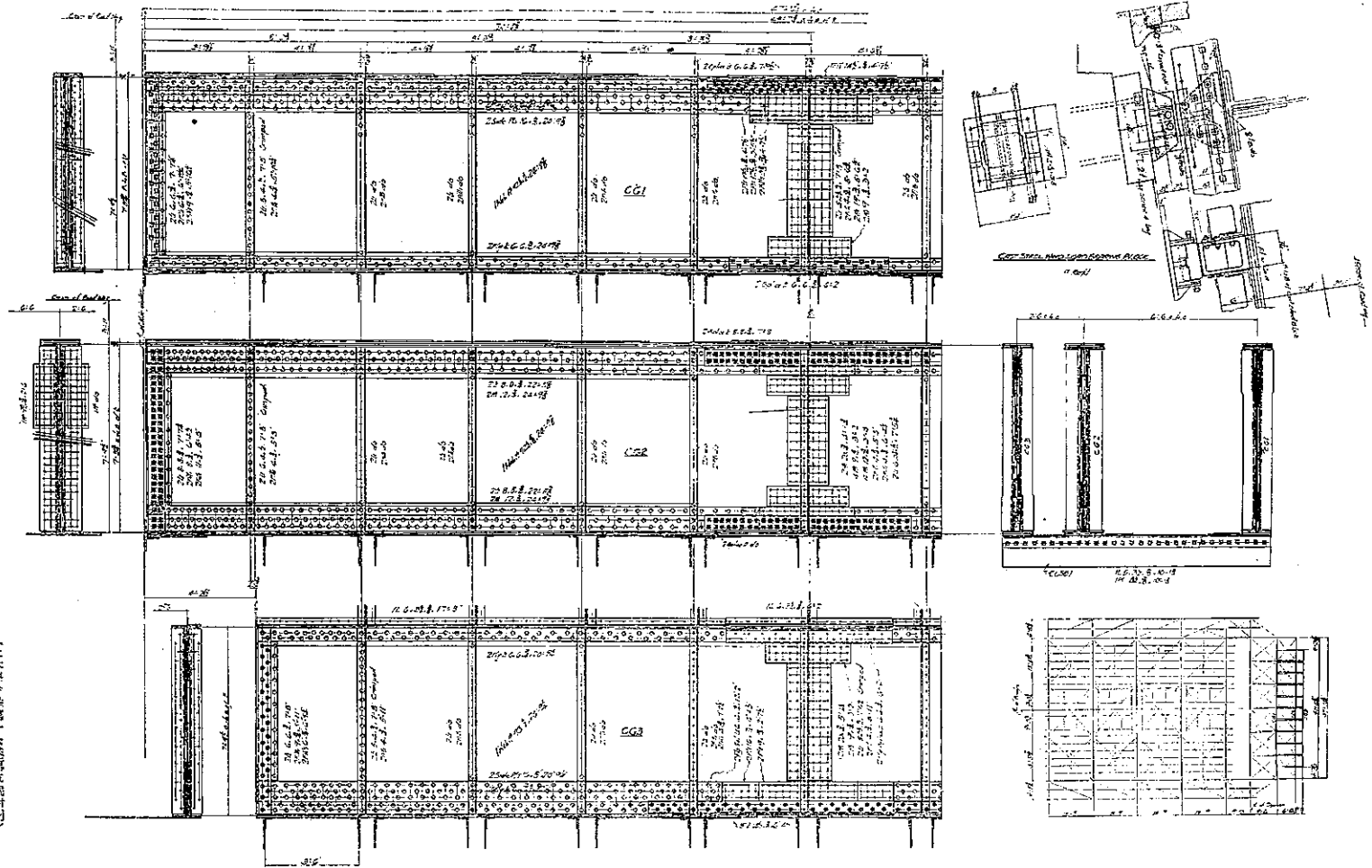
土木學會誌第十六卷第五號附圖

附圖第十 重錘桁構造圖 (其の一)



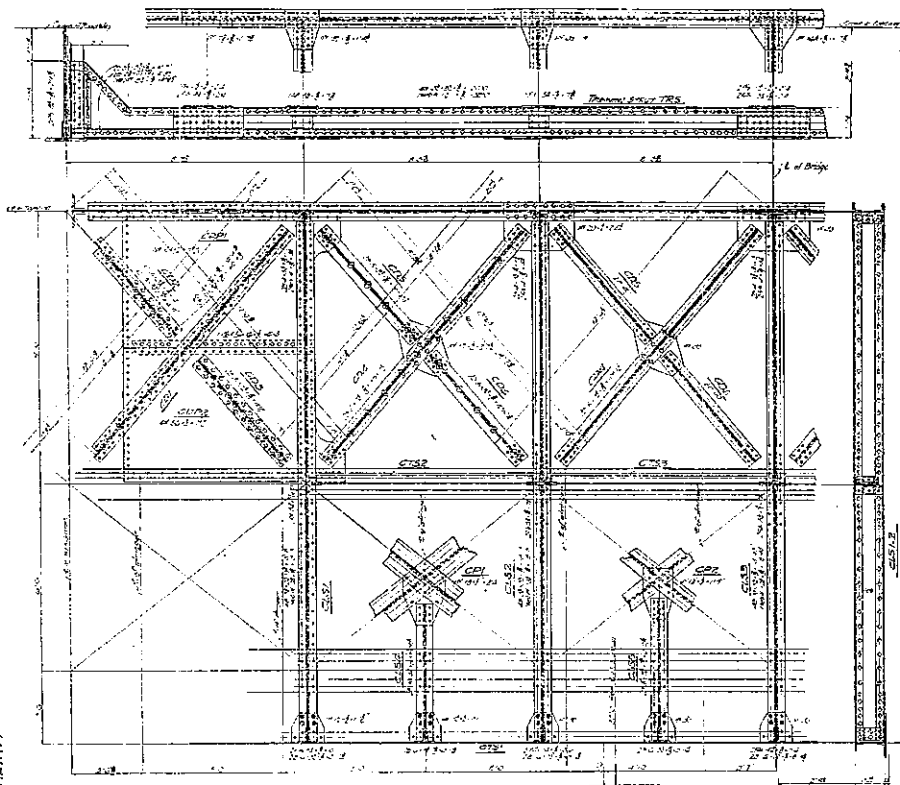
土木学会誌第十六卷第五號附圖

附圖第十一 重懸桁構造(其の二)及風壓支承骨圖

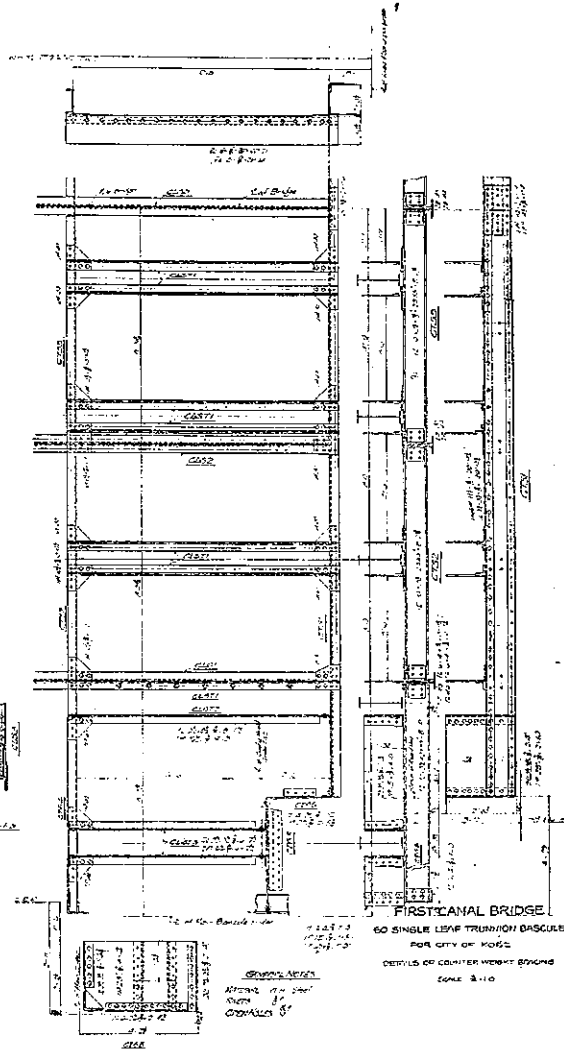
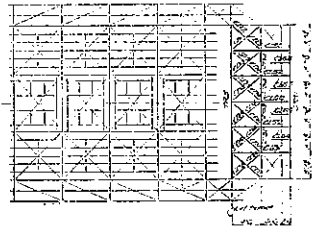


土木検査部附第十六卷第五號附圖

附圖第十二 重錘桁架構圖

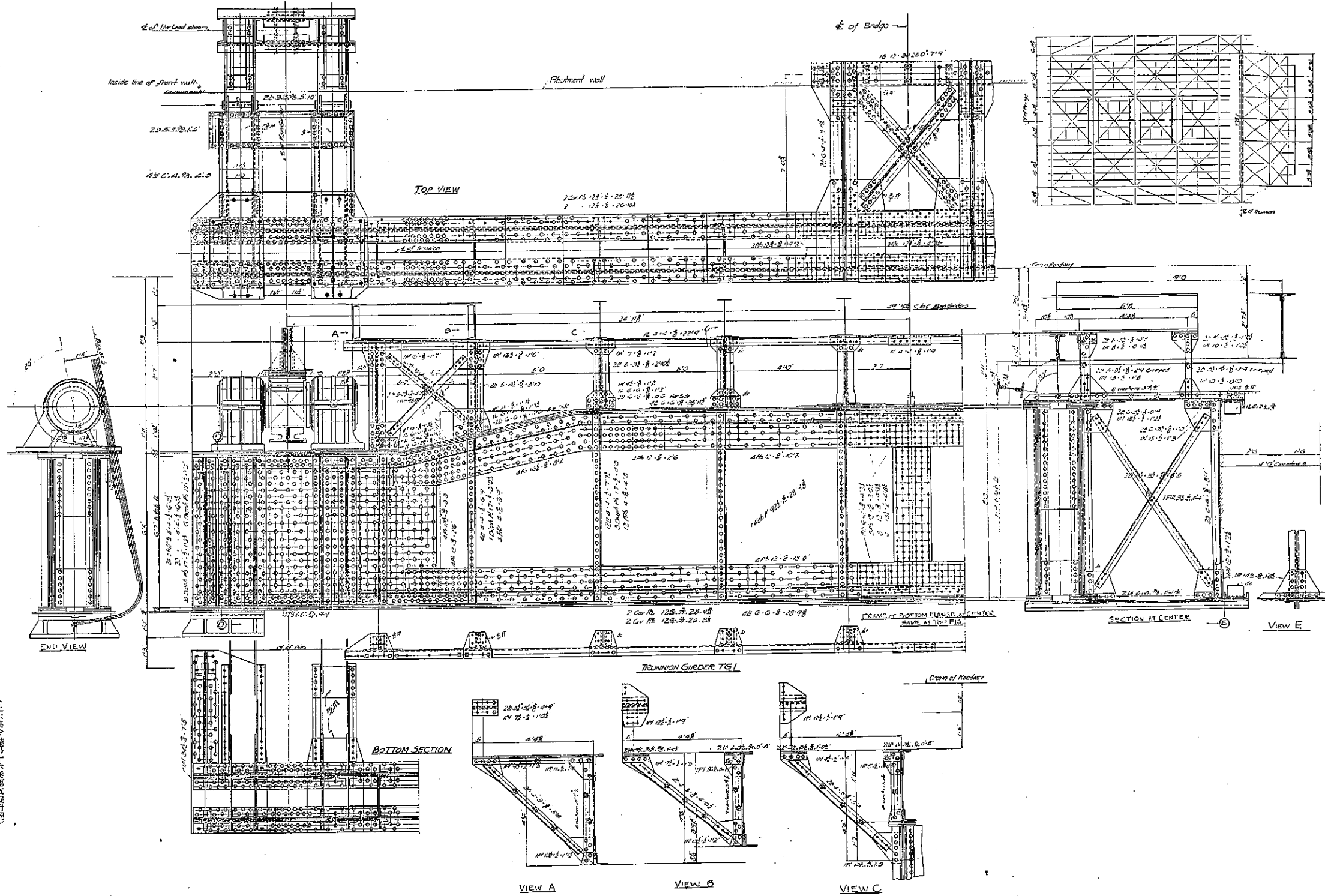


土木學會誌第十六卷第五號附圖



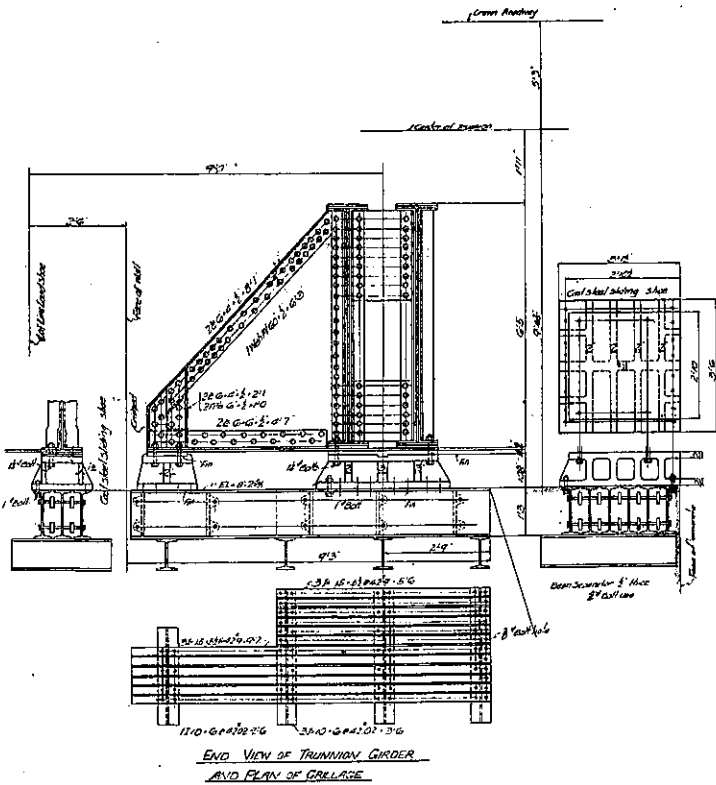
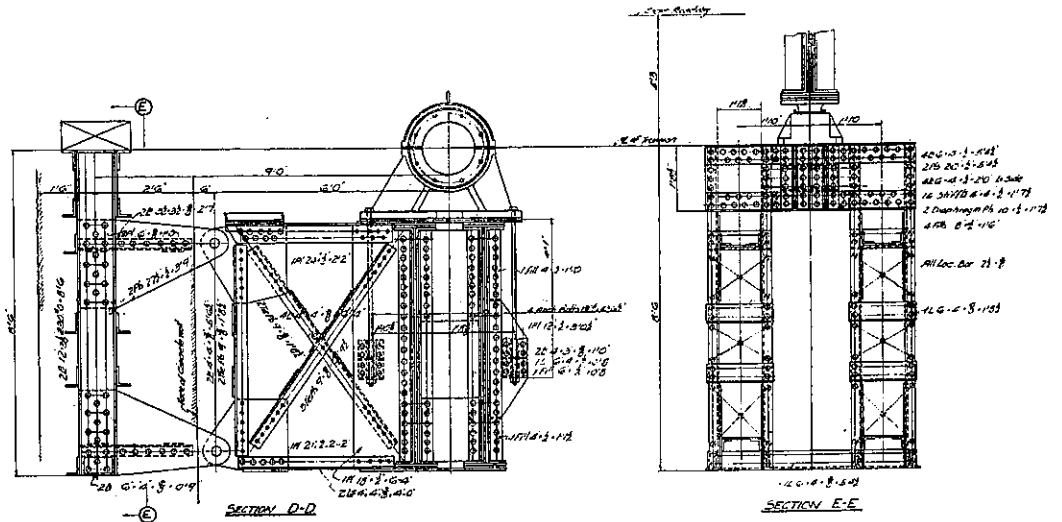
FIRST CANAL BRIDGE
60 SINGLE LEAF TRUSS BRIDGE
FOR CITY OF MOBILE
DETAILS OF COUNTERWEIGHT BRIDGE
SCALE 3/16

附圖第十三 同轉軸受桁及斜材構造圖



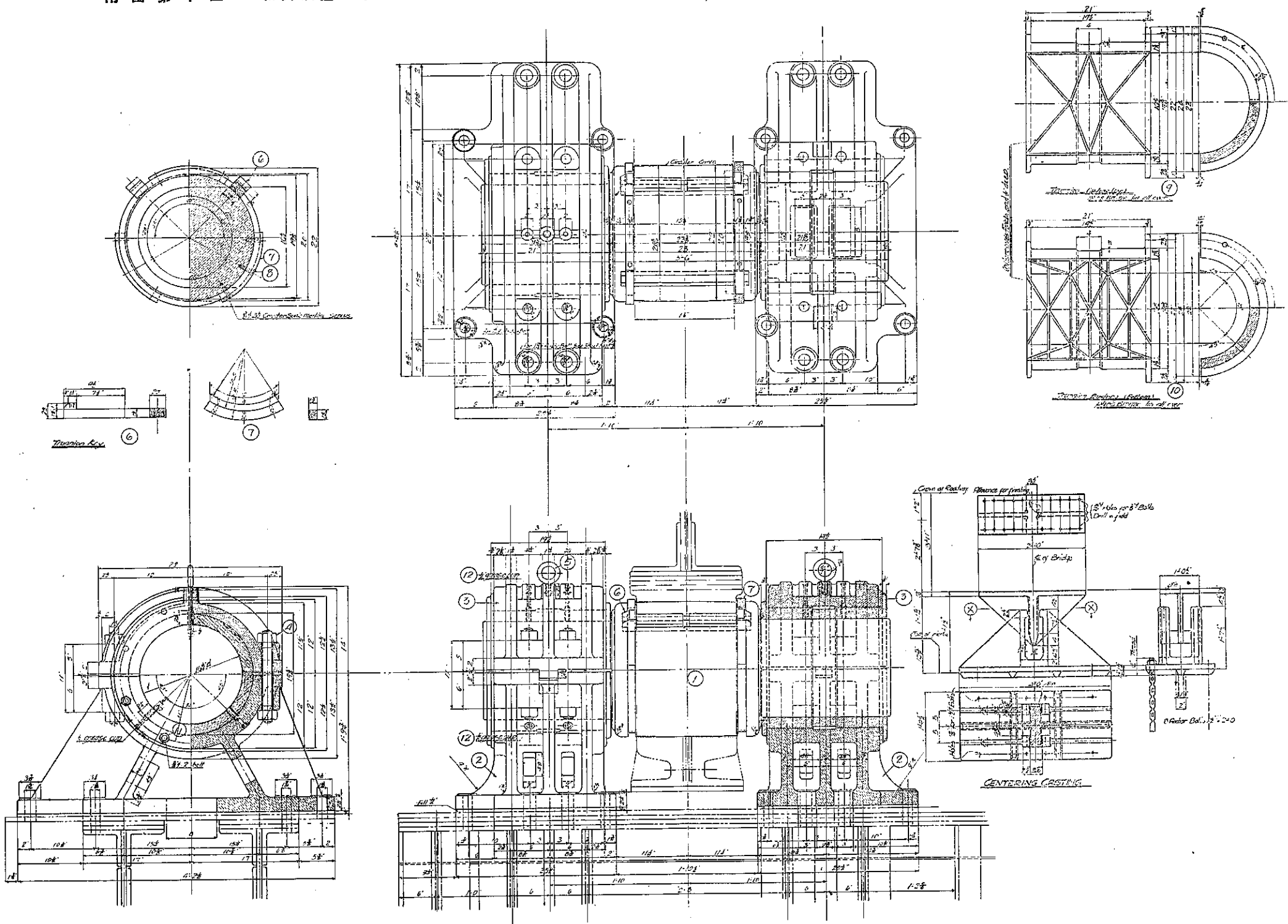
(土木建築雜誌第十六卷第五號附圖)

附圖第十四 軸梁桁斜材構造圖



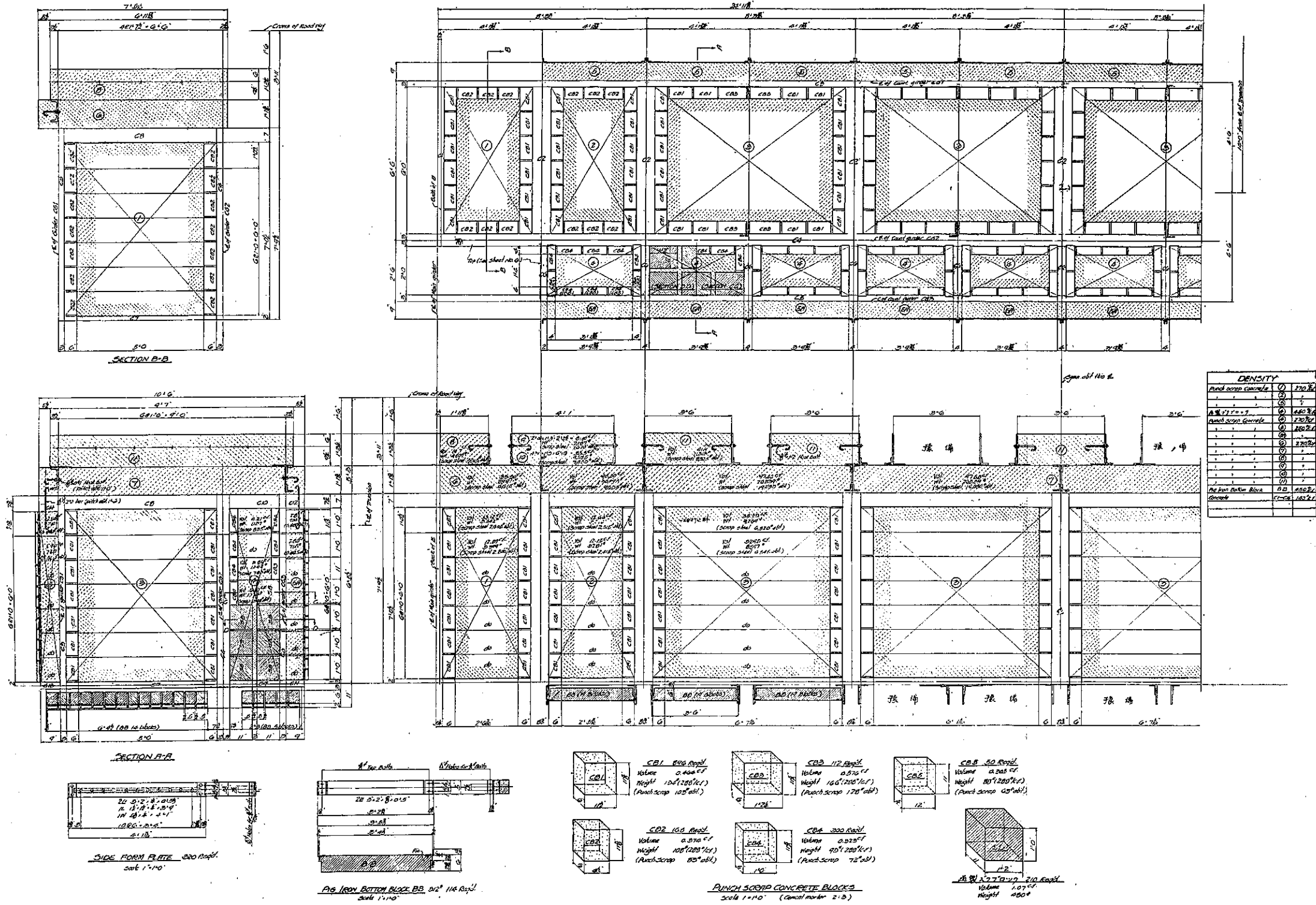
土木學會誌第十六卷第五號附圖

附圖第十五 軸承蓋及中心校正器圖



(土木學會誌第十六卷第五號附圖)

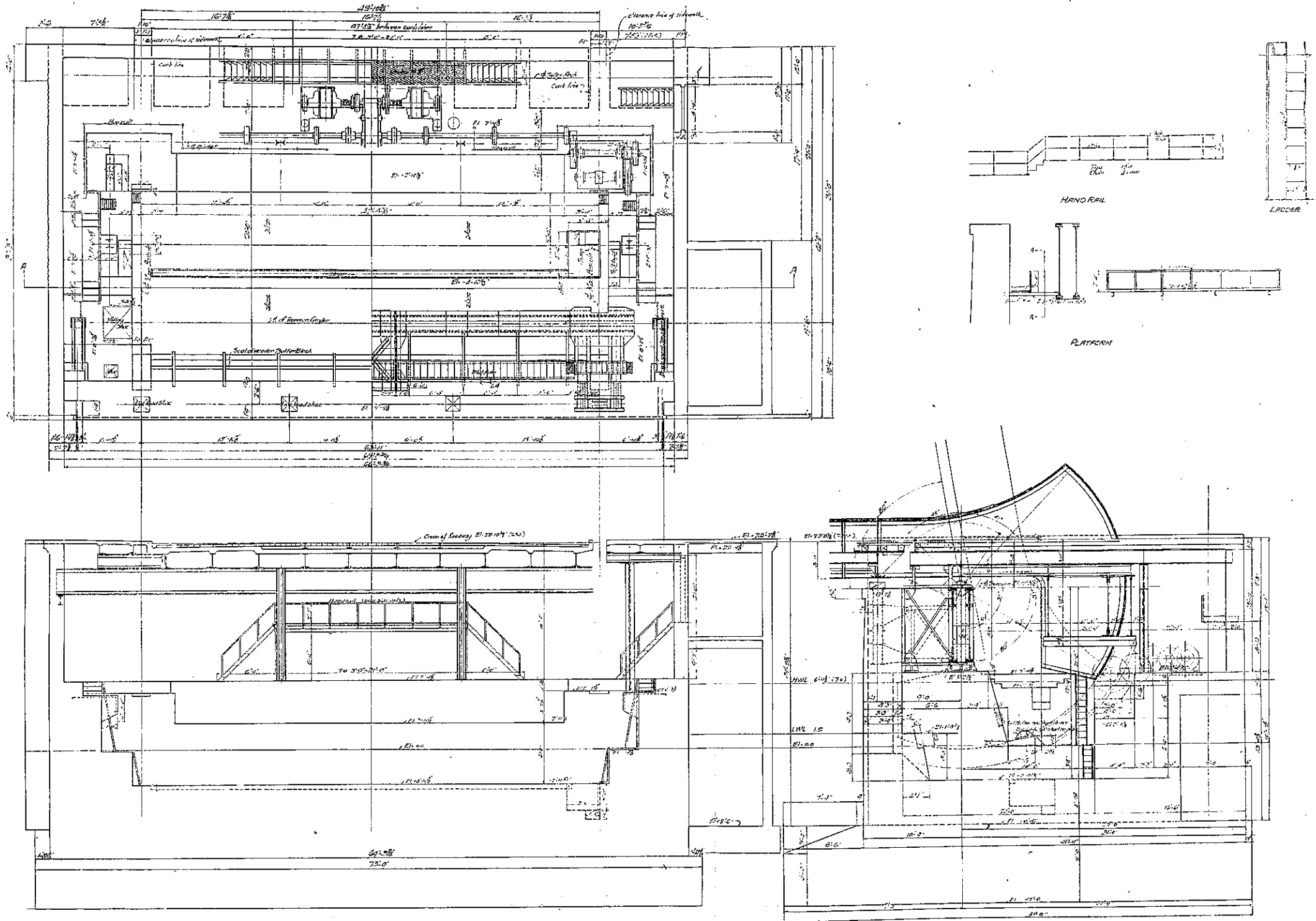
附圖第十六 重 錘 構 造 圖



DENSITY	
Punch scrap concrete	120 lb/cu ft
Iron bottom block	400 lb/cu ft
CB1 800 Rigid	108'200' (cr)
CB2 112 Rigid	166'700' (cr)
CB3 50 Rigid	80'200' (cr)
CB4 300 Rigid	145'200' (cr)
CB5 127x119 210 Rigid	400 lb
Iron bottom block	400 lb/cu ft
Concrete	140 lb/cu ft

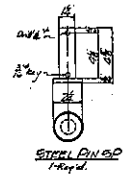
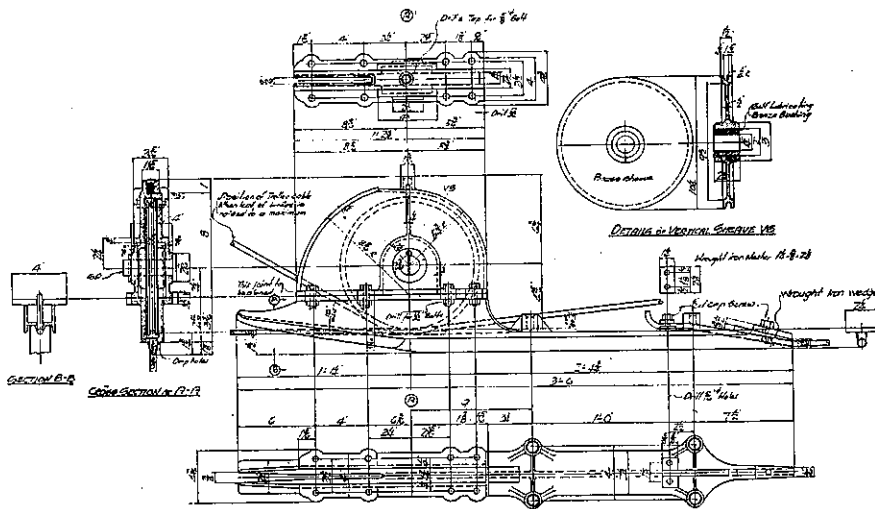
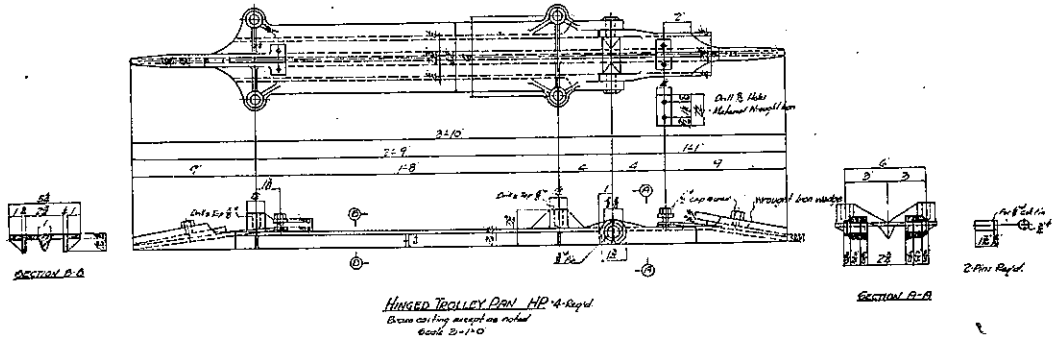
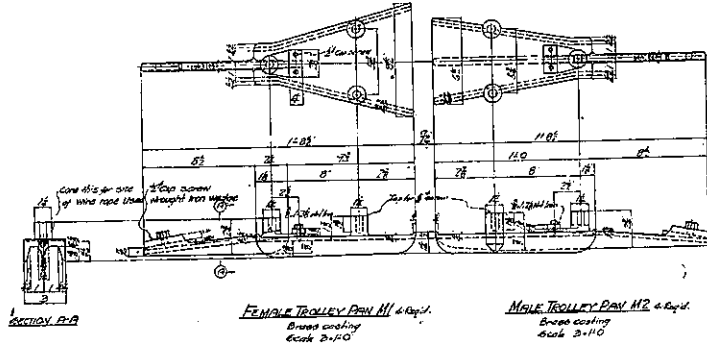
(上) 本圖為附圖第十六重錘構造圖

附圖第十七 可動部橋臺內部設備一般圖



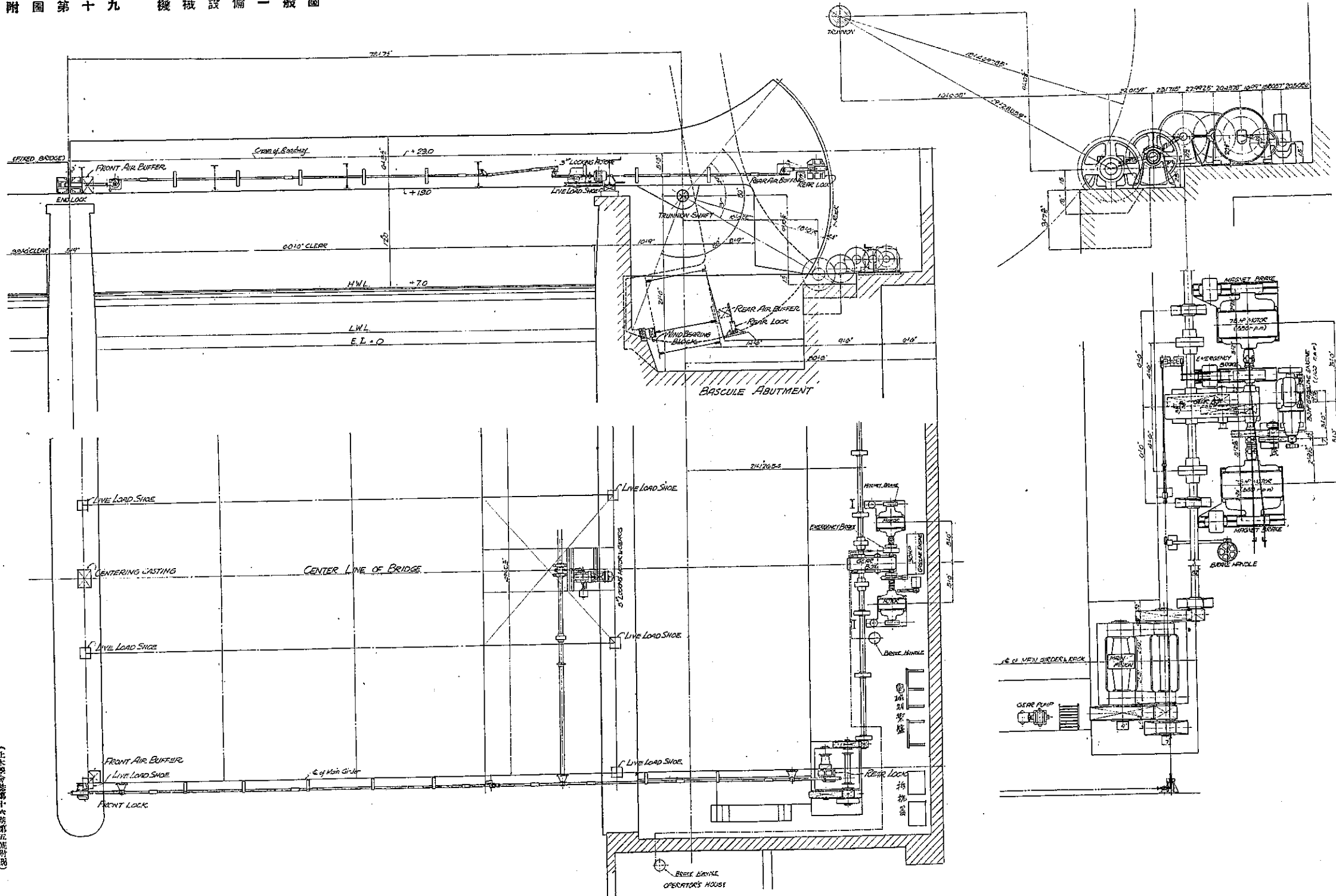
（土木學會雜誌第十六卷第五號附圖）

附圖第十八 トロリー懸張装置圖



土木學會誌第十六卷第五號附圖

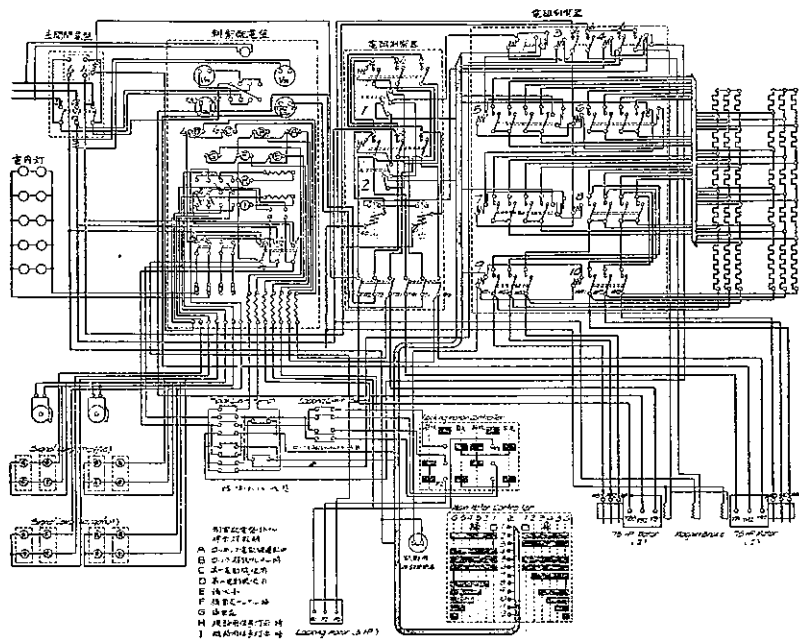
附圖第十九 機械設備一般圖



(圖) 附圖第十九 機械設備一般圖

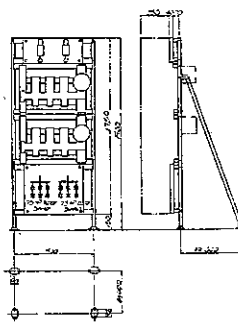
211-20

附圖第二十 配線及電氣設備一般圖

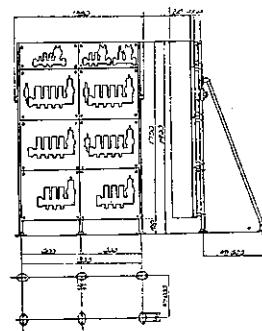


- 明敷配電管
- 暗敷配電管
- A 電力計
- B 電力計
- C 電力計
- D 電力計
- E 電力計
- F 電力計
- G 電力計
- H 電力計
- I 電力計

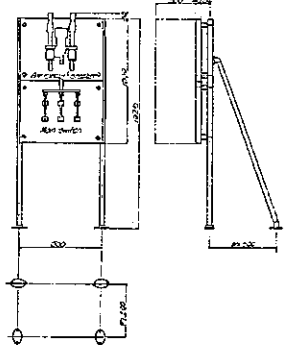
外形圖
電錶測量室



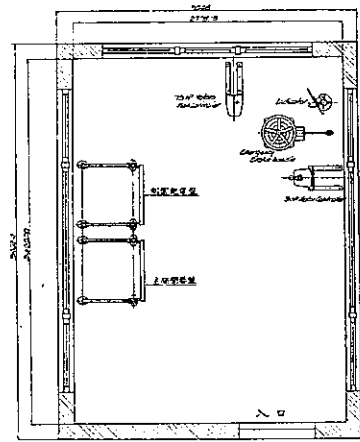
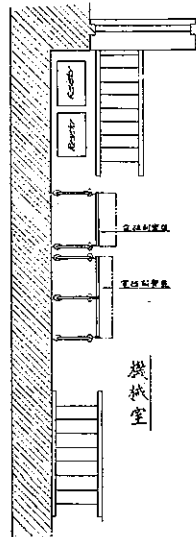
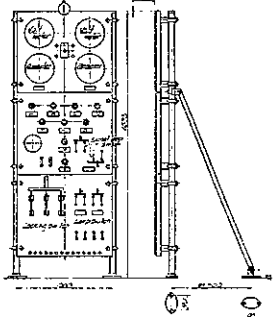
外形圖
電氣控制室



外形圖
主開關櫃



外形圖
高壓開關櫃



電氣室及機機室圖

（上）水電會議第十六卷第五號附圖