

ポーツマウスに於ける吊橋

工 學 士 小 澤 久 太 郎

ポーツマウス、フラトン間に、オハイオ川を横切りて架橋するため、突桁橋、吊橋に就き競争設計せしめしが、其結果オハイオ川には吊橋が遙かに經濟的なる事を知りたり。斯くして、一、二年の中に架ける數橋は皆吊橋に依る事になり、今やオハイオ地方には吊橋時代を現出せんぞす。

ポーツマス吊橋は種々新しき設計を含む點に於て興味あるも就中、コンティニアス、ステイフニング、トラス。ロッカー、タワー。ケーブルを支ふるためのロッカー、ベント。砂にて填充せしアンカレナーを用ひし點は注目に値す。其外、テイテールにも新しき點少からず、吊橋の構造大體左の如し。

一 主なる寸法

ポーツマウス吊橋は主徑間七〇〇呎、兩側徑間各三五〇呎なり。メーン・ケーブルのサツグは七〇呎にして徑間の十分の一に當る。側徑間のケーブル・サツグは死荷重の本にて平衡を得しむるために一七、六五呎をなしたし。ステイ・フィング・トラスは高さ一四呎即ち徑間の五〇分の一にして、橋の剛性より決定されたり。トラスの中心間隔は有效巾員を二八呎にせんが爲、三一、五呎にしたり。ケーブルは此のトラスと同一面にあるものとす。塔の幅は頂上のサツドル部にて三一、六呎、基部にて四〇呎九吋八分の七とす。かゝる塔の形を初めて考案せしはロビンソン氏にして(一九一一年)後實際に應用せしはキングストンのロンドウ橋(一九一九年——一九二二年)なり。其の目的は路面を充分に取り、而も補強桁と塔柱との接觸を避けんが爲にして之に依つて横方向の安定度をも増し得るの利あり。

二 連續補強結構

ポーツマウス吊橋は連續補強結構を用ひし橋として英國に於ける二番目のものにして二鉸型のトラスを用ふるよりも經濟、剛度の點に於ても遙かに勝れたり。又横構の支點を簡單にし得る點、最大より最小に至るまでの斷面變化を小にし得る點なきに於ても大なる効果あり。

補強結構の弦の横斷面は最小二四、三平方吋より最大三三、八平方吋まで變化す。弦は總て二枚の一五吋チャンネル(三四、四〇、四五、五〇封度)と一枚のトップ、カバーより成る。ボットム・レーシングの代りに 6×6 の纜鉸(Batten plate)を三呎置きに用ふ。ダイヤモンドはすべて二枚の一〇吋二〇封度チャンネルを用ひバットンプレートにて互に結付く、唯塔に接するパネルのみ一二吋二五封度を用ふ。

三 ロツカー、タワー

アメリカに於てロツカー型の塔を用ひしはポーツマス吊橋が最初にして、此は斯る型が最も科學的、且つ經濟的なり。信ぜられしに因る。即ち塔の撓みに由る彎曲應力を無くし得るを以つて塔、並びに下部構造の材料を儉約する事を得、且つケーブルの組立に際し、塔を岸の方に引張る困難を費用を減ずる事を得るが故なり。主橋臺は笠石の下にて直徑八呎なるが、斯る橋臺にては到底固定塔を支ふる能はざるべし。

橋塔のロツカー、ベヤリングは三三吋のライン、ベヤリングにして塔脚に嵌入せるキヤステイングの表面は一〇呎半徑の凸圓、橋臺に嵌入せるキヤステイングの表面は平面に仕上げたり。斯るライン、ベヤリングは一塔脚に一、〇〇噸の反力を荷ひ得る筈なり。フレンジに依つてキヤステイング相互の位置を決め下部のキヤステイングは其の底部のダイヤゴナル、リップ（是がコンクリートのグルーブに嵌る）ミアンカー、ボルトに依つて變位せざる様にせり。

組立中、塔を保持するためには、各柱の基部のバットン

プレートを延ばし、ウイング、ブラケットにし、これと橋脚との間に鋼鐵短柱を挿し込む。各ブラケットは又三本の^{No. 10}のロッドに由つて橋脚に結付けらる。ケーブルを架け了らば基部のバットン、プレートを焼き切り、塔をロツクさす。

塔脚は二つの函型より成り或る距離毎に貫板或は添板にて結ぶ。斯る断面は回轉半徑二三吋、斷面積一六七平方吋を與へ非常に有効なり。柱の内部に入るため、人孔、梯子を具へたり。又塔に剛度を與へるため、内部にプレーシングを施せり。

今許容應力、每平方吋一八、〇〇〇封度を基礎とし柱の單位許容應力を求むれば、一七、七〇〇封度（風荷重を含むを以つて二五%増し）にして實際の應力は荷重より一、七〇〇封度、風より一、〇〇〇封度、ポータルの撓みより四、六〇〇封度、合計一七、三〇〇封度なり。

吊橋の兩端にはケーブルを支ふる爲にロツカー、ベントを設く。ロツカー、ベントはケーブル反力を支ふる外に連

續補強結構の反力（符號は荷重に由りて相反す）を受けざるべからず。ベントの搖れはアンカレージベント頂點間のケーブルの熱伸縮、並びに彈性伸縮の爲必要なり。ケーブルの張力はベントの兩側にて異なるが爲、其のサドル部に滑動せざる様、結合せざるべからず。塔は主徑間、並びに側徑間の膨張に由り動搖するを以て各々兩端の支承を摺動又は搖動にせざるべからず。

橋の兩端にあるロツカー・ベントの脚は垂直にして高さ凡そ三二呎なり。其の基部は橋臺の上に乗し、其の頂にてはケーブル、サドルを支ふ。補強結構の端をしてロツカー、ベントの柱の中を通さしむるためにはカバリー、プレートが邪魔になるべし。スライディング、ピン、ベヤリングにてトラスの反力を直接に柱に傳ふ。アプローチ、ガーダーは柱を結ぶトランスバース、トラスの上に乗る。

(第二圖参照)

四 ケーブルの設計

吊橋のケーブルには普通ダブル、ガルバナイズド、ワイヤを用ふるもボーツマス橋にては亞鉛鍍せざるワイヤを用ひたり。之最近のケーブル、ラツピングに由れば裸のワイヤの方遙かに保護し易く、安價にして、且つ大なる強度を有するを以つてなり。ウイリヤムブルグ橋のケーブルは裸のワイヤを用ひたりしが保存の状態良好なり。ナイヤガラ鐵道吊橋は架設後、五〇年にして取毀ちたりしが裸ワイヤを用ひしケーブルは少しも鏽を生ぜざりし。斯く、海岸なぎの如く空中に鹽分を含める地方は別として一般に橋梁のケーブルには裸ワイヤを極力、推薦せり。但しケーブルの外側は堅くワイヤ、ラツピングにて保護するは勿論なり。

ロンドウ橋（徑間七〇五呎）の如く短き徑間にありてはワイヤの剛性の爲、ケーブルを張るに困難を感じたる事あり。此を避ける爲、六番線（直徑〇、一九二吋）の代りに九番線（〇、二六二吋）を用ひたり。ケーブルは三の股より成り（各四八六本のワイヤより成る）三〇平方吋の斷

面を與ふ。各々の股はアンカレージ、アイバーにピンに依つて結合されしストランド、シユールに結びつける。三の股が締付けられし後にはケーブルはワイヤー、ラツピングの下にて「 $\frac{1}{16}$ 」の直径を有し、ケーブルは九番の軟い、アンニールド、ダブル、ガルバナイズド、ステイール、ラツピング、ワイヤーにて包む。

ボイツマス橋ケーブルのワイヤーは最小イールディングポイント一四〇、〇〇〇封度/吋²最小アルテイメイト、ストレンジス二二〇、〇〇〇封度/吋²を指定せしが實驗の結果強度は平均二三〇、〇〇〇封度/吋²を超せり、許容應力は最初(路面)二呎歩道内側七〇、〇〇〇封度/吋²將來(路面)二呎歩道外側八〇、〇〇〇封度/吋²を採用せり。此迄ケーブルの許容強度は他の材料に比し低きに失せる憾ありしが一〇、〇〇〇封度/吋²位までは安心して使用し得る事を確信せり。一ケーブルにかゝる最大水平張力は最大橋梁荷重に對して二、一五八、〇〇〇封度(死荷重より一、五三〇、〇〇〇封度、活荷重により五四八、〇〇〇封

度、溫度變化より八〇、〇〇〇封度)、ケーブルに沿ふその最大張力は二、三八〇、〇〇〇封度にして八〇、〇〇〇封度/吋²には稍々餘裕あり。

各格點に於ける吊材は二部分より成り各々は直径「 $\frac{1}{16}$ 」のダブル、ガルバナイズド、ステイール、ケーブルなり。此の吊材は重量一呎に付き約二、五七封度にして保證最小破壊強度は六二噸なり。計算上の最大格點荷重(撃衝を含む)は七九、四〇〇封度なれば安全率は三以上に採れるものなり。

吊材は組立の際の調整に頼らざる事にせり此組立の際の調整に待つよりも最初より正しき吊材の長さを計算し切斷、ソケツテイニングを注意して計りし方が調整の誤なきに由る應力の偏りを防ぎ遙かに理想的なりと考へしに依る。

五 アンカレージの設計

ボイツマス橋アンカレージの設計に於て大なるマス、レダスタンス、を與ふるため、大なるコンクリートの箱を作

り、此中に砂を固く填めたる點は注目に値するものにして、是に由り、コンクリートの量を節約し得て非常に經濟的なり。かゝる設計はニュー、ヨーク、州マツセナに於ける吊橋に其の前列を見るのみなり。

南側のアンカレージ（ケンタツキー側）の基礎は固いブルー、シエールにしてケーブルの張力に對する抵抗を増すために階段に切りたり。其の上、安全のため徑 $8\frac{1}{2}$ 長さ一二呎のロッドを約二〇〇本、四五度の角をなして、岩盤中に埋込みたり。アンカレージの重量はコンクリート三、〇〇〇噸、砂一、六〇〇噸にして後者の爲に八〇〇立方ヤードのコンクリートの節約をなすを得。

オハイオ側のアンカレージは大體、ケンタツキー側と異らざるも地盤の關係上、潜函及び杭基礎を用ひたり。潜函はオープンドレッツディングに由りて沈む。前面の各隔にある潜函は四五呎の粘土層を通して硬土層に達せしめ後面の全面に渡つては二七呎の粘土層を通して砂礫層に達せしめたり。此等潜函の間のT形の部分には六七本の鐵筋

混凝土杭を平均一呎に付き一吋の法をつけ打込みたり。

(第三圖参照)

六 路面の設計

ボーツマス橋は將來三車線（二八呎）の車道ミブラツケットの外側に六呎の歩道を持つ様設計せられたり。然れども未だ交通量の些程無き間は六、五呎の歩道をブラツケットの内側に設けたり。

床は杉板の上にアスファルトを敷きたり。杉の板張りは $5\frac{1}{4} \times 11\frac{1}{2}$ を交互に張り、アスファルト摩滅面は板との結合を有効ならしめたり。アスファルト摩滅面はロック、アスファルト、マスチツク、にして最小厚 $2\frac{1}{2}$ 寸。

七 荷重と應力

ボーツマス橋梁の床に對しては最大荷重として二〇噸トラツク、三列の一五噸トラツクを採る。縦桁に對しては三七、五パーセントの撃衝、横桁に對しては三〇パーセントの撃衝を考へたり。

ステイフニング、トラス。ケーブル。タワー。アンカレリヂ、の設計には活荷重として橋長一呎に付き等布荷重一、四〇〇封度、此に加ふるに任意の一點にかゝる集中荷重四二、〇〇〇封度を採用せり。等布荷重は三列の自動車の流れを表はすものにして平均一平方呎に付き五〇封度の割なり。集中荷重は此の流れの中に交る三列の十五噸トラツクの超過重量を表はすものとす。應力の計算に用ひし豫想死荷重は(一ケーブルに就き)橋長一呎に付き一、七四八封度(床、歩道六七四封度桁欄杆五五一封度、トラス、ブレースング三八七封度、ケーブル、吊材一三六封度)を採れり。風荷重は三〇封度(呎²に採り、風の當る面積は橋の垂直面の一、五倍とせり。溫度の變化は $\pm 50^{\circ}\text{F}$ とす。

八 單位強度

構造に用ひし鐵材はミードイアム、カーボン、ステイールにして最小彈性極限三六、〇〇〇封度(吋²アルティメート、ストレイングス六〇、〇〇〇乃至七〇、〇〇〇封度

なり。塔、床桁、アプローチ、スパンには單位強度として一八、〇〇〇封度を用ひ、ステイフニング、トラスに對しては二四、〇〇〇封度を用ひたり。ステイフニング、トラスに對して高い單位強度を用ひしは此が構造物の破壊に對し本質的ならざる事實に由る。

普通の工法に従ひ塔、ステイフニング、トラス、の計算に風壓、溫度の影響を考へる時は單位強度を二五パーセント増し(但し此が爲に斷面を縮すべからず)従つて最大單位強度三〇、〇〇〇封度にして最小彈性極限まで六、〇〇〇封度の餘裕あり。

九 特異なる點

ステイフニング、トラスが連續なるため、又其の支點が符號相反する反力(垂直面、並びに水平面に於て)を受くるため有効なるベヤリング、コネクシオンを考へざるべからず。ベヤリングは徑間の伸縮、塔の搖れに由り橋長の方の運動を許すと共に、符號相反する反力を受けざるべか

らず。本橋に於ては一方の環狀ブツシユングの中にて廻轉し、他方のブローンズ、ベアリング間で滑動するスライディング、ピンを以て結合す。

トラスミ塔の結合にはピンをしてトラス、ガゼットの中心にて廻轉し、塔に結びつけしキヤステイングの中にて滑動する様せり。ピンは六吋角、長さ一吋にして塔に締合せるステイル、キヤステイングの長方形スロットの中を滑る様にせり。ピンの端は六吋徑の圓筒に仕上げ、トラス、ガゼットに締合せるアンニールド、ステイル、キヤステイングに嵌入せる燐青銅ブツシユングの中にて廻轉せしむ。スロットの有効長は一四、五吋にして塔の變位に對しては充分なり。

主塔として横反力を受けしむるため、塔の横桁より腕材を出し床桁の下部より出せる腕材に組み合す。中央の腕材は其面を一時の鋼鐵にて仕上ぐ。此に組合さるべき腕材は二吋鋼鐵にして其のベアリングの面を凹筒面に仕上ぐ是に依つてトラス竝に、塔の縱變位を許し、且横反力をボトム、

ブレイシングより主塔に傳へ得べし。ケーブル、バンドは製作の容易、經濟の爲、新しき設計

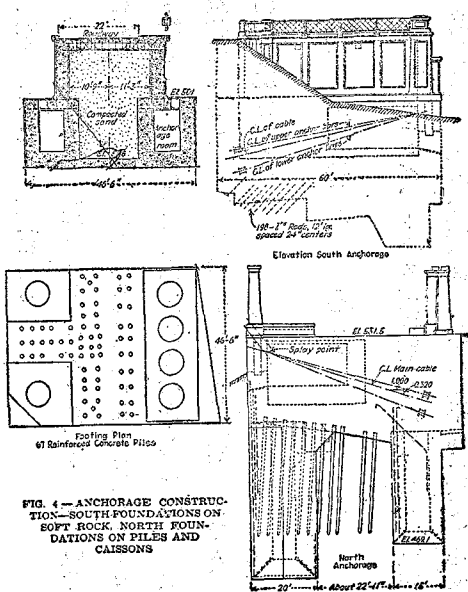
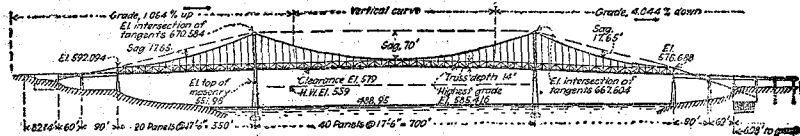
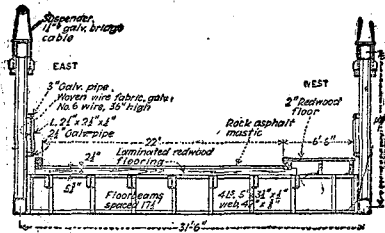
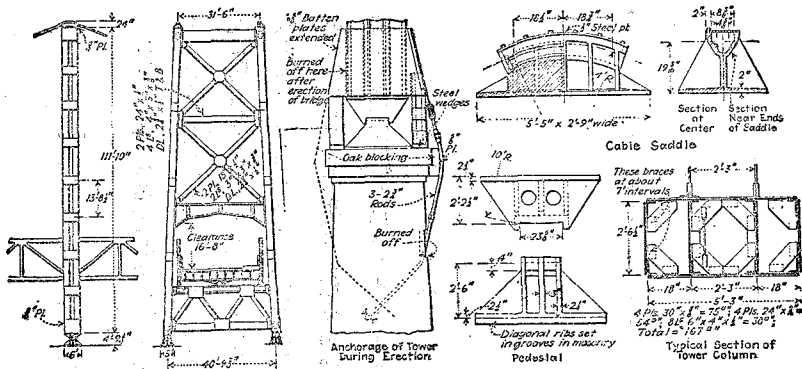


FIG. 4—ANCHORAGE CONSTRUCTION—SOUTH FOUNDATIONS ON SOFT ROCK NORTH FOUNDATIONS ON PILES AND CAISSONS

を用ひたり。上部即ち、吊材のサドル部はアンニールド、ステイル、キヤステイングにして下半分は $10 \times 10 \times 10$ の鋼板を用ふ。此の鋼板は普通に用ひらるゝキヤステイン



グよりも安価なり。一、五時の
 Uボルトが二本
 此曲板の下をま
 はつてキヤス
 ト、ケーブル、
 バンドの頂部に
 達せり。
 トップ、キヤ
 ステイングのサ
 スペンダー、グ
 ループは側部に
 て張廣があり、
 一つの鑄形より
 總てのケーブル
 ル、バンド、キ
 ヤステイングを



製し得る様にしたなり。

吊材を所定の位置に掛

けし後、づらざる様、

2x∞の板を上より覆

せ側部のサスペンダ

ー、グループの部にて

止めたり。

一〇 ケーブル

の架設

エレクション、ドロ

ーイングは二つの方法

即ち空中張り (Stringi

ng in the air method)

地上張り (Ground str

inging method) に付

き完全に作りたりしが

受負人は後者を撰びたり。此短きケーブルに對しては足場の價格高きを以つて後者の經濟的なるに由るものにして此外地上張りはアンカレーヂ、塔の完成前にケーブル、ストランドを作り得、従つて工事完成期日を短縮するを得る利點あり。

地上張りの一つの缺點はサドル部にて曲率ミストランドとの一致せざる點にして此がため上部のワイヤーに過大の張力を生ぜしむる傾向あり。此の缺點を除去するため、ポーツマス吊橋にては豫めサドル部曲率に對し上部ミ下部ミのワイヤーの差を計算しケーブルに屈曲を與へ置きたり。

一一 ストランドの振れ

ストランドを地上にて張り了りたる後、一方のアンカレーヂを切り離したるにストランドの一端は螺旋狀に振れ此に附着せしストランド、シユューは地上を轉々として五十呎も飛びたり。此、眞直に伸ばさざるワイヤーを用ひしためにして將來地上張りの法を用ふる時は機械的、又は熱に依りて眞直に延したるワイヤーを用ひし方安全なり。

(スタイマン氏報告より)