

中華民國二十年六月出版

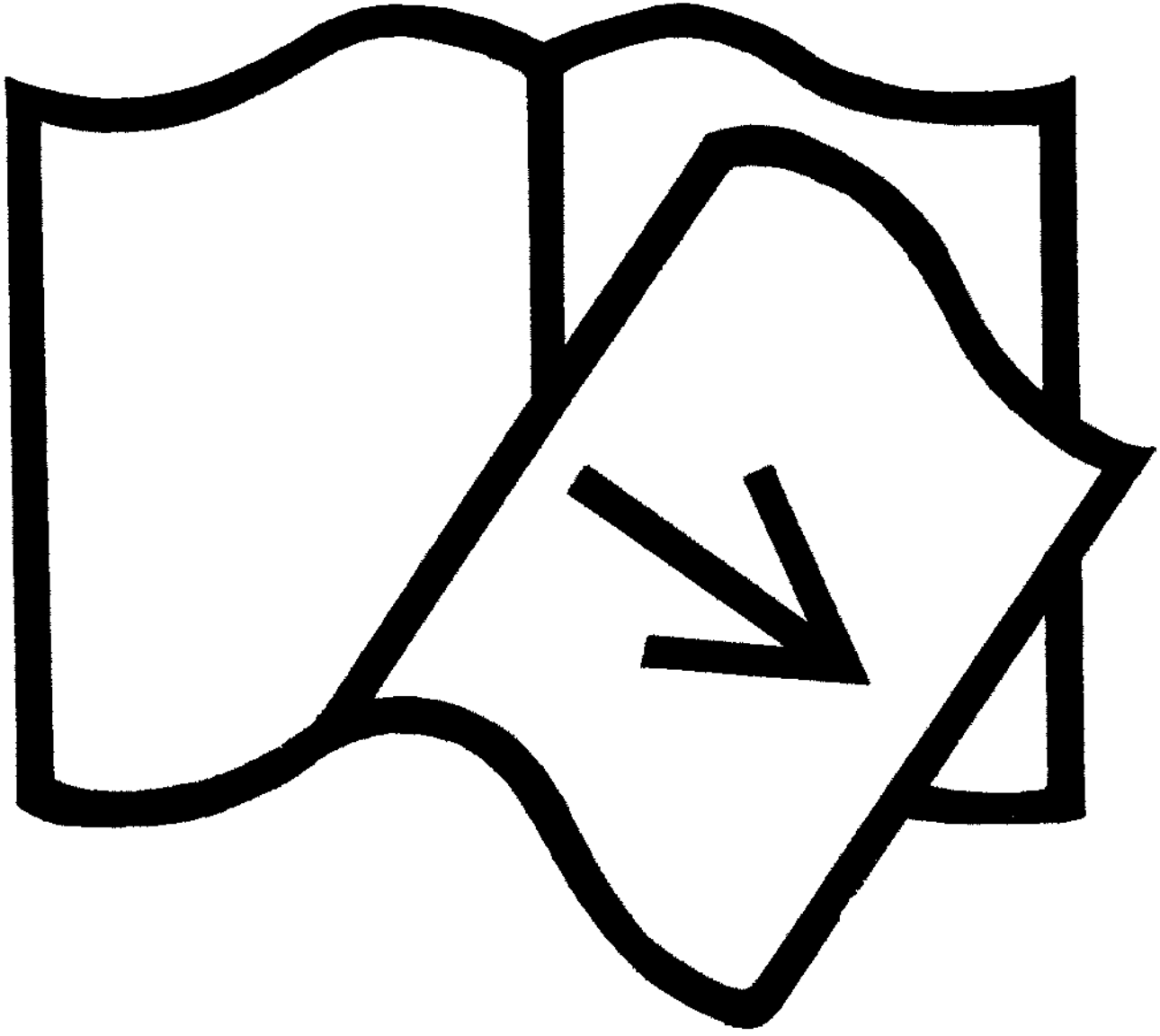
中華郵局掛號認為新聞紙類

季 41
 物 32
 交 48
 大 49
 香 50
 院 51

吳敬梅題


交通大學唐山土木工程學院編印

第一卷 第四期



原件短缺

中國水利工程學會之由來及其旨趣

(中國水利工程學會第一屆年會開會詞)

李 書 田

會員諸君：今天本會在京舉行第一屆年會，書田實覺含有非常重大的意義，惜本會會長李儀祉先生因辦理陝西引涇等工程不克蒞會主持。書田既不得已而代行其職務，深慮不能勝此含有非常重大意義之本會第一屆年會會務之任。惟望本會會員共同盡力研討，以期今日之年會，完全達到本會正值今年中國洪水橫流環境之中而舉行此第一屆年會的條件下所應盡之任務。

本會之組設，雖在今年四月下旬，至今尚不滿五閱月，而創議之由來漸矣。並非一朝一夕之故。當民國十七年北伐既告完成，今華北水利委員會成立之後，書田隨同本會會長李儀祉先生，奉彼時中華民國建設委員會之命，辦理華北水利之初，即曾面商儀祉先生，組織中國水利工程師協會。中以時局多故，繼以李先生南來，主持導淮大業，本會遂未獲早日觀成，十九年九月，國民政府導淮委員會舉行導淮計畫討論會，國內水利專家多奉邀到京參加，書田亦列席末議，至導淮計畫，討論既畢，書田曾提議從速組織中國水利工程師協會，並曾請當時住京同志，担任籌備任務。惜彼時政府正在討伐叛逆，我水利界同志未便積極籌備。迨至民國二十年四月中旬，因根據國務會議之議決，建設委員會所管轄之水利機關，已劃歸內政部主管，書田及本會孫董事樂忱先後奉內政部電召來京，藉供垂詢，在京水利工程同志，遂商議乘時組設我中國水利工程學會，連同籌備會兩次，並隨於四月二十二日舉行成立大會，議決會章

，推定董事，選任職員，至是我會遂完全誕生矣。

本會宗旨，據會章所載，計分三項：（一）連絡水利工程同志（二）研究水利學術（三）促進水利建設。茲值本會第一屆年會開會之日，請為諸位申言之。

國內工程人才，在此建設事業甫行動員之際，已深感不敷，土木工程師雖較機電礦化等類工程師為多，而以鐵路公路橋樑水利市政諸建設，較之機械電氣採礦冶金化學等工業，尤為急要，故相形之下，土木工程師，倍感不敷，而其中具有相當學歷經驗之水利工程師，衡之以今日我國水利建設待舉之多，尤感不敷之至，以此極少數之水利專門人才應我國今日百廢待舉之水利建設，而期為國家社會盡最多量之服務，苟似一團散沙，即各能盡其所事，亦絕弗克戰勝進行期間之一切障礙，必也將全國水利工程同志，以本會為強有力之中樞，悉行聯絡，同聲相應，同氣相求，使我全國水利工程人才，合成一水利技能之總集合。而後服務國家社會之力量始厚。而後我中華民族之水利技術的官能始完整。而後一人精力所不能澈底解決之水利技術疑難問題，始得由本會同志共同研討最適當之辦法。而後一知半解之洋專家始不能以似是而非之水利工程技能，欺騙我中央及各省當局。而後半通不通之專恃吹牛的水利工程師，始不至迷惑我熱心水利事業之偉人賢仕。而後因互相聯絡之切，彼此相悉之深，始見人之長，知己之短，以人之長，補己之短。而後因同為本會會員之故，在某一水利機關之中，高級同志，不以職位階等，而凌忽初級同志，反而盡力領導，詳加指示，多方訓練，為國家於最短期間，鑄成多數後進之完全水利人才，以應今後全國水利建設總動員之急需。以上各端，不過僅就聯絡水利工程同志之宗旨

，而申述本會之應組設也。

次就研究學術言：工程學術，因實際經驗，及研究工作，日益改良進步，只以前十數年大學所學者，應付今日工程問題，必不能得到最妥善與最經濟之結果，即加以逐年自己單獨的經驗，猶不能臻至美盡善之域，况我國大部分工程師已往常無得良好經驗之機會乎？世界上最經濟最省時間之增進經驗及學識的辦法，就是要遍悉他人已往的錯過，而絕對勿再蹈其覆轍，最近最良好之設計與實施方法，用以解決自己應辦之業務。而欲達此目的，第一須時常考究國內外工程著述及記載；第二須藉全國性質之學會的刊物，如本會之月刊，互相參證各各會員因研究及經驗所得結果，而著述之論文，並每年舉行年會，將各各會員所經困難而解決之問題，與會友講述同時邀其詳審評判。其不能獨自解決之技術問題，尙可藉年會之討論，而闡明其途徑。至更困難之技術問題，則可由本會專組委員會，給以充分之時間與經濟，以期爲我全體會員得到澈底之科學的解決。而吾會之所討論與吾會所刊行之書報，尙有將吾輩研究與經驗所得之結晶，播之五洲之力量，傳之萬世之功效，須知吾輩繼承了前人所闡明之學理與方法，已不勝枚舉，但吾輩有更闡明更改進並傳之後世之大責任。凡此種種，均非賴學會爲樞紐，不能期最大之效果。仰更有進者，他如橋樑工程，熱力工程，電力工程等，均經前人積百年上下之研究與改進，而可尋一定之工程的規律，獲得一定之效果。水利工程，則尙不然。雖數千年前，即已有治水工事，但迄至民國二十年之今天，除水力發電，灌溉排水，開鑿運河等外，如整理河道，如防潦排洪，如改良港口，任舉現代那一個水利專家，均尙不能遽謂其所辦之水利工程，已最經濟，其所預計之結

果，一定可以完全達到，而有如造橋，發熱力，發電力之能有數學的準確者。此蓋由於關係水利工程之氣象問題，水文問題，地形，地質，地上農林，動植物，以及居處之人類與其建設破壞等工作，俱足以影響我們所預期之結果。故水利工程師，所必須熟知之自然現象，最為繁複，而此自然現象之外，又有種種政治上社會上之阻礙，而必須超越之或遷就之者。關於政治及社會的影響，茲姑不論。自然現象之關於水利工程者，因已往之研究試驗結果，尚不足以澈底解決吾輩所常遇之問題，故非有大規模之水工試驗所，以濟可考書籍與所知經驗之窮，實不足以拿現在可辦到之財力，去解決現在所需要之水利工程問題。所以吾會同志，此後應用全力建議政府，設置一大規模之國立水工試驗所以為全國水利工程師研究水利學術，促進水利技術之工具。嘗考德瑞等國，近十數年來，藉水工試驗，以闡明水理，而至實施工程時，節省工款至數十萬數百萬者，為例已夥。但其試驗所費，不過數百元或數千元而已。故美國大水利工程師費禮門氏，上年在東京萬國工業會議時，當面告我，世界上惟有水工試驗所可以給至一千倍大之利息，詢實言也，此外如水利書籍之編譯，如水利名詞之釐訂，中國以往河工方法之整理改良，並製造模型，以成立中國河工舊法之博物館，均有極大之價值，而待吾輩今後之繼續努力者也，此就本會研究學術之宗旨，而闡述吾輩應取之態度，與應努力的方向之大概。

末就促進水利建設而言：我國水利建設目前之最大障礙，厥惟水政系統之分歧與夫事權之不一致。機關重疊，國庫虛糜，政出多門，成效難期，就中央主管水政機關言之，本年四月一日以前，一切水利行政事權係由建設委員會與內政部會同辦理，此時以後，則

由內政部主管，然內政部無專司水利署司之設，以全國水利行政，歸在該部土地司內一科職掌，不獨顯示政府之不甚重視統籌辦理全國水利行政，即事實上亦殊難適應今日全國水利建設所需要之中樞組織。且其職掌，僅偏重於消極之防災，而於積極之興利，則毫未規定，至航路之疏浚，則由交通部主管，農田水利，則交實業部主管，導淮與廣東治河兩委員會，則由國府直轄，分負統籌辦理之責。東方北方兩大港籌備事宜，復由交通鐵道兩部主管。是不僅中央主管機關之組織，極不完備，中央各部且將水利行政之職權，加以割裂。再就各區域之情形言之：在一華北水利委員會範圍之內，而永定大清等河，則由河北建設廳設局管理，津沽間之海河，向由外人把持之海河工程局主持，前年復組隸屬於行政院之整理海河委員會，同一揚子江水道整理工作，吳淞漢口一段，由交通部揚子江水道整理委員會規則，通州海口一段，復由海軍部海道測量局測量，最近海口神灘之疏浚，則由上海浚浦總局籌劃辦理，黃運兩河則依行政之區限，割裂管理，災害屢見，成效絕少。而各省之水利河務等局，或直屬省府，或隸於建設實業等廳，機關層出，統率不一，不獨失統籌兼顧之效，而各自為政，亦貽築室道謀之譏，本年夏秋霖雨為害，已經報災者，達十六省，難民在六七千萬以上，冲斃者其數亦至巨，誠近代文明國家之最大恥辱。雖屬天災流行，無可避免，然中央無專一之統籌機關，不能為全盤之未雨綢繆，迨出險以後，遂因責任不專，指揮不一，因循互諉，以致災情擴大者，要為無可諱言之事實。本會以促進水利建設為宗旨之一，值此危急存亡之秋，安可緘默。希望此次年會決議，建議國民政府，從速設立全國水利行政之最高機關，或於內政部下，設置水利署，統籌辦理

全國防潦排洪灌溉排水整理水道發展水力及其他一切有關水利事項，同時將全國各水利機關，劃歸主管，並修正有關各部組織法中關於水利部分之職掌，以一事權。且全國各河湖流域，務須依其天然形勢，分區治理，於重要河流，設立專管機關，辦理防害興利之計劃與其實施，打破以前以行政區限治水之觀念。此我會同人所應引為促進水利建設當前最急切之要務，且必俟此第一步工作，完全達到目的後，而後其他促進水利建設之工作，方能為最有效的循序進展。

對於今年空前浩劫的大水災，很希望本會同人不顧一切之犧牲，各盡量出其精研之學識，與多年之經驗，任救急之最先鋒，並於最短期間，妥籌最經濟之治標治本各方案，供獻於我中央及被災之各省政府，且促其從速實施，而早拯我被災同胞於風餐露宿非人生活之中。此書田今日所馨香禱盼於我會員諸公之前者也。

城市規劃之物質科學的基礎

朱 皆 平

(一)原始的物質環境—河道

打開任何地圖一看，最使我們注目的，當是那些沿着河流的黑點點，標明大小的城市。河流作為生命之源，自是很明顯的事實。倘我們再留心細看，將看出那些城市是如何分佈的。城市多半是在河流的凹岸，凸岸則仍多留在草灘的地位裏。更細心的讀者，或將要幾幅尺寸稍大的城市地圖來看，即當發見許多大的城市，在凹岸所佔得的面積，總較之在凸岸方面的為大。在歷史過程中，也是凹岸的發展，較早於凸岸。這些現象，不是偶然的。現在且讓我們試探這裏面的理由，

在未讀這篇時，我猜諸位已想過這類問題—為什麼城市是常靠近河道呢？簡單的回答，自然是「河道能滿足城市的需要。」但稍加分析，當見所謂「城市需要」，是如何複雜的東西。然而我們仍不妨用着「地方—工作—人民」這三項式，來作根本的「分析工具」。在「地方」項下，我們須顧全兩方面的需要，那便是城市本身的有效面積，(Effective Area)與城市外面的影響面積。(Area of Influence)在「工作」項下，除去「日常工作」以外，仍須有其「特別適宜的工作」，而使這城市可以營經濟的生存，在「人民」項下，須能維持其相當健康程度，而又要使城市人口至少須能死生出入相抵。祇要這種分析記在心中，我們即不難見到河道是一個非常合用的工具，好像是「天造地設，」專為發展城市文明而有的！

河道的功用，即刻可分為三類。一是運輸，二是供給食水與用

水，三是作為排洩及清除污穢的孔道。從第一種功用，城市之「地方」與「工作」二項，可以得滿足其需要。第二種功用，可以使「工作」及「人民」兩項得其滿足。第三種功用，那是健康的必要條件，可以滿足「人民」項下的需要。河道既具有這三種功用，但能利用這三種功用至如何程度，却視當初「選擇」城市位置如何而定。這樣，我們將見凹岸作為城市發展的根基，正是自然的。凹岸方面水深，能容艦船。地面離水面高，濕氣甚少，地基乾燥，宜於建築。更因水流之衝刷方向係直指凹岸，一方面水流活動，一方面不易淤澱，這樣汲水及排洩穢污，都可得較有利的地位。要是在凸岸呢，情形正相反。從這上面的簡單分析，我們可以看出，河道雖足以滿足城市需要；然而城市需要能不能滿足，却視在河道上所擇的地點而定。這樣，城市為原始的物質環境所限制，其地位不得不是個別的。其最有效的面積，也不能隨意擴張的。可是城市作城市存在，終有其生長的時期。這裏我們將見城市作一種「生物的組合」，與其環境之掙扎。

試就一個本色的例子來說。在一個不甚廣闊河道之凹岸，最初有些人們，為着某種的方便，在那裏集住下。在我們的繪圖上，可以畫作一小黑點。其實這一小點，未必能代表事實。事實是應該作一小橫，或一小曲線，沿着那河岸而行。這是必然的。因為人們的居住，是以愈靠近水，愈為方便的。這種小曲線。大概總是向兩端儘量的延長。其界線，當是河岸綫的凸凹搭接點。因為過了這種「搭接點」即入於凸岸，而將凹岸所有的利益犧牲了。這樣，我們常見許多城市，最主要的大街，總是最老的道路。這道路方向常是沿着那裏河岸綫的。然而這種主要市街都不能任意引長。為應城市生

長的需要，街市常由兩種途徑發展，一是與原有主要大街平行的發展，一是垂直的發展。有時是兩種途徑并重，我們將有弧形與輻射式的城市圖形出現。

城市發展至某種限度，我們即刻可見到河道與城市起首相互壓迫着。第一從交通方面說，離河道愈遠，愈感覺不便。第二食用水也是同樣地難於供給家家。第三排洩污穢，以愈在下流，愈蒙不潔的影響。有時全河流成了臭水溝！城市發展之三大因子，既受有阻礙。則在原始的物質環境下，倘是任其自然，城市是不會發展的。試看遠古，以及現在不甚開化的地方，大城市沒有存在的，解說便在這裏。

(二)人工的環境—「文事工程」

大城市之存在，是人類征服自然之最明顯的成績。城市為應上述「三項式」之要求，必須備有下列三要素：

(一)食用水—「人民」

(二)交通與運輸—「工作」

(三)地皮，作為居住及工作之用—「地方」

這三要素，簡稱為「水源」，「道路」與「地皮」，在原始城市時代，可由自然河道供給圓滿。可是城市既發達至某種限度，便無日不在與自然環境，爭水，爭路，與爭地皮了。因為要滿足這種種作用，而有我們通常所謂的「市政工程」，或「市政衛生工程」，或更妥貼些，用一個英國工程師新造的名稱為「文事工程」(Civic Engineering)。這一支工程學所包函的恰恰有三種，一是街道工程，二是公共給水工程，三是排污及洩水工程，是由這種工程，我們得從鄉野登入文明。不用說街道工程主要目的，在便利交通。給水工程在為

城市設備有豐富的食用水。排污及洩水工程之主要目的，是在保全健康的環境，與合宜的地皮，以爲人民息作之所。

「文事工程」，並不是近世文明的產物。人類自有所謂「文明」以來，便已備具了。這尤顯見在羅馬帝國文明裏。在羅馬帝國時代的重要城市，無一不受這種種工程手術的。羅馬本身，在這裏，自然是最完全的一例。古時羅馬有他的整齊城市街道，有他的偉大的導水管道，更有他的周密的城市溝渠系統。實則，誰能幻想到一個三五十萬人口的城市，沒有經過這三種工程手術，將形出如何紛亂污糟呢！到了近世「文事工程」，因爲受了近時科學的洗禮，而益發精美完密了。發展的方向，可以大概描寫如下：古時的文事工程，祇注意在分量上。不用說也是僅能運用些粗笨的方法。近世，一方面因爲機械科學發達，一方面因爲生物科學昌明，於是不但是量的方面，有長足的進步；在質的方面也受特別注意。譬如就街市而言，在從前不過要些寬廣的道路，有時完全是土的。鋪墊的雖有，也祇限於磚石兩種。可是現在的街市鋪墊問題，却成爲市政工程中心問題之一。鋪墊種類，少說些總有二三十種，不僅是預備車行，要堅緻耐用；尤須合於旅行者的安舒及居住者的衛生條件。這樣，以致碎石路被擯於城市。瀝青路面及木鋪路面盛行於近世文明國家裏最時髦的城市中。

更就食用水而言，在從前，不過是要分量上夠居民汲引，便算完事。現在却因爲衛生的需要，不僅是食水須與用水分開；並且有些城市將用水的品質，也提高得如食水一般。更因爲工業用途，用水的品質，尤須特別注意。如過硬的水是必須使之「軟」，始能引用。再說到排污及洩水工程，我們當尤可看出今昔的不同，在許多鐵

市中便是最落後的城市，如我國現存的城市，我們總可以發見街上有各種溝渠。從前目的，祇在洩水於稍低之處，所以多是隨便向就近低窪之地排洩。可是現在的洩水工程，却有其系統的規劃。污水及拉圾，均須有適當的處置。這種處置方法，更由機械的，理化的手續，而日演進為生物學的手續。這都狠顯明示出，近世文事工程，是怎樣地注重於品質的方面。結果我們有：

「食用水」—清潔的水

「交通」—便利而又舒適的道路

「地面」—優美的環境

倘我們稍用一點幻想，即可看出近世文事工程所給出的城市，是一幅如何有趣的畫圖。文事工程，實在將自然河道的原始用途折開，而又巧妙地綜合起，每一條時髦的街道，成為一條理想的河流。試看，一條近世街道，一方面作為運輸之用，一方面供給食用水，一方面排洩用過了的污水。再加上市街兩旁植樹，近世城市正是河道的化身！縱橫如網，而却保其原始三大用途，各不相擾。這樣，我們不難推論到，有了近世文事工程，城市便可脫離河道而獨立。或換一句話說，現在控制城市的，將不是自然的河道，而是水源。因為有了適宜的水源，我們即刻可用文事工程手術，將一個地方化成為「河道縱橫的網」。由文事工程而來的大城市，自然也是可以想像的了。從前的城市之有效面積，是非常狹小的。這三大要素祇能就近供給，而限於某一地方。現在取水可遠到幾百里以外，高至幾百尺，深至幾百尺。這是將狠廣闊的區域內之水源，可以全引作為一個城市之用了。其次說到城市地皮，說到城內外交通，都無往而不被這類工程手術影響，以致更廣大的區域，極易被集中利用着

。英國城市規劃者，嘗稱古時的城市，為「農人的市集」，現在的城市，是為「礦工的營寨」。在前者，是本地風光十足。自人民生活，至其工作方式，與夫日用材料，無往而不是土貨佔絕對大多數的。在後者，那便是五方雜處，充滿外貨的。古時的城市。是靜力學地自足自給。現在的城市，是動力學地互相影響。

(三)古機械時代的城市—「龐大城市」

在上兩節，我們既將古時的城市，與現在的城市之物質的基礎指出。在這一節裏，我們將討論近代城市，如何受着近世物質科學的影響。英國的歷史家韋爾斯嘗稱十九世紀為「大城市世紀」。(The Age of big Cities) 他推論這類大城市，完全是鐵路運輸的結果。這自然是千真萬確的。倘我們拿一幅古時的地圖，與近世地圖比較看。我們即刻發見在鐵路與火車未通行以前，市鎮的分配，完全受制於當時運輸器具的速度。一般大鎮市，常位置在其所供給的區域之中心。這種運輸區域之半徑，等於當時一日可以來往的路程。騾馬平均速度，約一日為百里。這樣常使兩市鎮之距離，總約在百里。城市是那樣地平均分佈着，交通不便，人民的活動範圍甚小。所以龐大城市是不會發生的。火車鐵路既通行後，我們將見不特是運輸速度，平均增加至五六倍以上，有效運輸時間也增加長了。如從前車馬，祇限於白晝旅行的，現在的火車是可以晝夜通行。在時季裏，如雨雪可以阻碍車馬的，現在却對火車沒有十分影響了。這樣，我們將見當天可來回的距離，加長至少總在十倍以上。換一句話說，便是，有效的影響面積，大過百倍以上。在古時的城市，限在一萬人口以內的，在現時可以自五十萬乃至百萬以上，自然是很合理的結果了。我們這種議論，祇在示明「龐大城市」之邏輯的基礎

。但要瞭解他們存在的意義，我們必須就事實，作深一層的分析。

所謂火車鐵路，這近時文明最偉大的利器，却本身是「古機械時代」(Paleotechnique era)之代表出品。他代表水汽與煤火所能產生的奇異。這一類出品的本色，是笨重，嚴酷與糟踏自然。所謂古機械時代，或更明顯些，可稱為「汽煤時代」，其原動力是藉水與煤而來的。這種力源不幸是地方性最牢固的東西。因為消耗得多，其本身價值小，以致遠距離的運輸，成為幾於不可能的事。這樣，我們見到近世實業城市，多少是被這兩件原料限制的。水與煤兩備的地方是極易成為工商業的中心。然而這種幸合，不是常有的。這樣，我們見到近時許多大城市，不是以水來就煤，便是以煤來就水。在前一例裏，自然是屬於近山的城市。那裏有了煤礦，倘其左近有充分的水源，便很容易成為製造的中心。在後一例裏，那多半是河邊或海口的城市，同時煤礦的距離不太遠，或者可以用水路運輸來的。總一句，近世大城市存在的可能，是在種種物質科學的進步，結果將水與煤兩大動力原料，能放在經濟條件下結合起，使合於商品製造的用途。從這裏，我們將見城市集中，不僅是一種時代的現象，而也是經濟的需要。專對這兩項原料而言，我們可以看出城市好比是一種「消費合作社」，那是社員愈多，愈易得大規模運輸的經濟。同時因為這種經濟的運輸距離，是有定的，更因某某地方特別的出產，與合宜的位置，以致許多地方集合於某一地點，而成為龐大的城市。

龐大城市之產生，係由於對外交通之發展，以及水與煤之地方固定性，既如上述。其次，我們當討論。龐大城市之生長，如何受物質科學的影響，而有各種反應。在前面，我們祇是就外面環境來

看城市。這裏，我們應就「龐大城市」本身研究。因為是這一類反應，是一個研究城市規劃者，最當注意的。「龐大城市」本身有兩種意義，一是城市人民之加增，一是城市面積之擴大。人民增加，為的是集中，以便各種事業辦理便利。面積擴大却使每日行路距離增加，轉添不便。但龐大城市之存在，在經濟上，終應是一個整的東西。這樣，我們將見城市中交通，又成為近世龐大城市之存立要素。如倫敦，柏林，巴黎等城市面積，相等於我國的一縣，自城中心到周圍，總有三四十里的距離。這樣，以致每小時三十里至五十里的汽車，却嫌太慢。試想自城市邊至中心須一小時，每日早出夜歸，即費兩三小時於旅行上，是多麼可惜的浪費。所以在百萬以上人口的城市，地下鐵道幾乎是必要的了。這種鐵道，一方面是在為城市街道另闢運輸新徑，以減壅塞；一方面是利用其高速度，以縮小城市面積，而減省居民的旅行時間。而其較深的意義，在經濟上，却是精密的分工。那便是說，大城市的地道車，是專作為某幾種方向行動之用的。或是說，「行動」在大城市裏被分出，而有特別設備的，實在，倘我們留心比較近世大城市的度支報告，當即刻發見費於為居民旅行設備的總額，該是多麼驚人的數目！

城市內交通發達，所發生的反應，最明顯的有兩種：一是人民行動次數之增加，一是居民住宅與工作區域之分開。後者又是大城市作用分工之最好一例。這兩者合起，是生近世大城市之運輸壅塞問題。現在單就居住與工作區域分開這種反應而論：（因為前一種反應是附帶的），我們可以見出大城市生長之形式。第一我們當注意者，是城市本身是一種集中的生產品。在城市裏，總有些地點，無論是單數的或複數的，因為種種關係，為城市其餘部份所傾向的

。這樣，以致這些特別位置的地點，變成了城市的重心。這種重心的面積有限，而要佔有這重心的人數極多。結果是地價高抬得非常。愈是城市大，愈是城內交通便利，愈是傾向這重心的人們多，愈是地價高漲。地價高漲的結果，是建築向上發展，到可怕的高度。最近有人估計在紐約中心，建築至七十層，仍是合於經濟的高度！(Economic height) 這重心所在地，既為車馬輻輳之區，地價又高，居住不特是經濟的不可能，也是衛生上不合宜的。這樣形成了近世一般大城市的趨勢：便是城市中心人口減少。城邊區域人口加增。同時城市中心的「夜間人口」，與「白晝人口」相差極大。在運輸上，發生了早晚「乘客潮汐」的現象。

大城市的生長形式，並不是如一般人所想像的，完全自一個城中心，向外發展。而却是由許多中心，各自向外伸張。久而久之，打成一片，成了一個龐大的城市。倫敦在這裏，是最著名的一例。他現在所有二十九區，在沒有多年以前，多半是分立的鄉村與鎮市。這種生長形式，給近世龐大城市，一種特別的格調。那便是如英國的建築家 Ashbec 所稱為「十九世紀的紛擾」。(19th Century turmoil)，這種「紛擾」的形狀，自然是易於想像的。試想原來在一個縱橫百餘里的區域上，有山有水，高地低地各各不同。於是在時間過程上，有許多市鎮村莊分立着，原來是各不相謀地，各自經營其日常生活。却忽然遇着近世科學的「鐵手」，將他們一個個硬行拉住，使結合為一。原來這一個市鎮在其野外，可以設立了一種釀酒的工廠。另一個市鎮，可以因為離鐵路特別近，做了笨重工業的中心。第三個鎮市，又有另一種的化學工廠。諸如此類，到了結局，他們各自生長而成了一個龐大城市時，於是在分立時原在鄉郊的工廠，

都被稠密人口，層層包圍。工廠的烟筒，乃林立於城市各處，而與居民爭地了。這樣以致工廠，商店，居室等等，這裏聚一些，那裏聚一些，以形成雜亂與紛擾。這種雜亂與紛擾，是現在許多城市規劃家試要去免除的，而都苦於無辦法。「分區」在這裏，雖是以防止以後城市之紛擾，然對於已存的城市，終覺是無計可施的。

這樣，我們將見龐大城市，雖是人類征服自然之勝利品。而其本身對於人類之機械性的桎梏，却不是可稱道的事。由城市集中，而生出種種惡劣影響，幾乎是「罄竹難書」的。這其中最關重要的一件，當是龐大城市，失其本身的和一性，與具體的概念。以致生在大城市的人，都有倫敦人這種性質：那便是「一個倫敦人，是不知道倫敦的」。我們將見人類之根深蒂固的「桑梓心」，不幸為龐大城市所廢絕。住在大城市的人，是沒有「鄰居」的。不但是如此，住在一個門裏的人，彼此都是「生客」！現在龐大城市，祇生存在死板的附律與無情的警察制度之下。其本身已非一種「綜合的生命團體」，而化為一坐龐大的機械。這種機械的作用，如近世一般龐大城市所能明示出的，完全不是為促進什麼人生幸福，而祇是近世人類的旅館與客棧。有人嘗名近世城市，為「人類的蜂巢」，(Human Hive) 却是非常合於實情的。法國著作家，羅密爾(Romier)在他的名著現世之解釋上，嘗稱近世為新遊牧時代，(New nomadism) 尤足令人發深省。這裏面較深的意義是說：近代人類多少是有「大城市心情」的，(Bigcity-minded) 對於他們所居的地方，已失去其鄉土之情，而沒有自內的責任心。這樣，大城市內種種惡罪，小自地主供給房客以過擠的「死弄」(Slum)，大至芝加哥與上海有組織的盜劫與綁票，統是龐大城市必然的現象。我們可將現在的龐大城市，比為地質

學裏的龐大爬蟲類。無論在機械方面，是構造得如何精奇偉巨。在性質方面，終屬是冥頑不靈，當在淘汰之列的。同時，我們也當自警着，城市發展到龐大的地位，是不是循着生物的大律，而重演那『老鼠趨牛角』的悲劇：愈進步一層，是愈近死路一步？

(四)新機械時代的城市——衛星城市

「新機械時代」，(Neo-technic era)現在正從「古機械時代」裏蛻化着。彼的主要動力之源，是電與煤油。故這一時代，又可稱爲「電與煤油」時代。倘我們將這兩種原動力，與煤及蒸氣相比較，即刻可見這兩時代的差異所在。電與汽油作原動力，第一個特點，當是其「偉大的活動性」。(Great mobility)，這與水及煤之地方牢固性，却正正相反。煤油因其本身價格高，熱力強，以及近世自燃機的發明與進步，在世界上是到處通行，已無地方界限可言了。自固定的工廠發動機器，到活動的汽車汽油船與飛機，是無往而不可利用煤油的。煤油所給出的工作方式，是既輕捷而又清潔的。以汽車與火車頭相比，我們不禁要聯想到新石器時代的工具，與舊石器時代的之比較了。前者的輕巧便利，後者的橫蠻粗笨，是一望而知的。說到電作動力之源，原是有些語病的，因爲電力與熱力相同，不過是一種能力的方式。可是有了這種方式，我們即能利用之，以使固定的動力之源，如水如煤，得更大的活動範圍。在專恃水蒸氣熱力工作的時候，我們必須將煤從煤礦搬運到要工作的地方，裝起鍋爐方能動工的。這樣限制工業市鎮，必須在煤礦左近，工廠地點必須聚集於一運輸特別便利之處，而有城市集中的趨勢。可是要利用電力，那便可以就着煤礦所在地，或其他特別相宜的地點，（如離近煤礦而有豐富壓水源的地方或有大量水力的地方），發生電力，

用高壓電線，將電力導於各處，作為工業上之用。電力作原動力時，本身可以集中，而將其能力分散。稍用一點幻想，我們常見出這種方式的變動，對於一地方之「外貌」是有如何影響的。第一我們常見工業區域內許多烟窗，除去用煤製造電力的以外，是可以完全廢除的。第二，我們常見工廠不必集中於某一城市，而可以分散在鄉間的。第三，我們常見有些精細的工作，在從前須集中於工廠的，在電力滿佈的時候，是可以安閒地在家庭裏，運用着小的電力機械以工作的。這以上仍是就以煤與蒸氣發電而言的。而於有些「得天独厚」的地方，水力特別多，又能以很經濟的方法發展水電能力，那種地方的景象尤當是可稱羨的。在這裏，瑞士是一個最好例子。大家工作吃飯，的確可以吃到「清風明月」那種態度了。

在前一章裏，我們曾指出龐大城市，是古機械時代的產品。這裏我們將預言新機械時代，應產生出如何城市呢？我要請讀者注意，這裏所謂「預言」，不是一般「預言家的話」，而是從現在已發生的實在趨勢，加以推論的。在本世紀初，對着「城市集中」的趨勢，便有一個相反的趨勢，所謂為「城市之分散」(Decentralization of City) 城市集中的現象，在上面已指出是十九世紀經濟的產物。經濟畢竟是人類最實際的行爲，也是最直覺的活動。龐大城市所有的罪惡，在一般人看來，原不及其「能得經濟」這四字來得重要。所以祇要龐大城市是經濟地能存立着的，我們即永遠作龐大城市的奴隸，也不敢說一個「不」字的。可是，因為新機械世紀的經濟，漸漸明顯。龐大城市之經濟的基礎起首搖動了。所謂新機械世紀的經濟，便在龐大城市之分散。從前以為城市規模愈大愈經濟的，現在起首覺得不真確了。在近代講城市經濟的，不是在討論如何可以使城市發展

，而在如何限制城市，作無理的發展。理由是這樣的：龐大城市，不特是有其根性種種的罪惡，即在經濟方面，亦已證明為最不經濟的組織。無論是就公家管理方面，或就私人企業方面，大城市終是浪費得多。於是在十九世紀末，我們不特見城市中心居民之分散移居運動。許多生意興隆的工廠，也起首自大城市搬到鄉間了。這樣自成了近世經濟上單位之一，通常被稱為「模範實業村」。從這種運動而有更進一步的發展。那便是在本世紀初英國第一個「園林城市」之建設。現在的居民已達一萬以上，各種城市活動，正在方興未艾。這的確是人類史上最重要的一例，表明出近代人們，利用近世科學，能自造環境，至如何精美適宜的程度。這一例尚有另一方面的意義，那便是指出將來城市發展之合理的途徑，不是在聯接着大城市作「附郊」，而在脫離母體以營獨立生活。近世城市規劃家，名這後者的現象，為「衛星城市」運動。(Satellite-town movement)，這種現象，不是特別屬於英國的，在德國，法國，美國，都普遍盛行着。從前龐大城市的市政當局所最關心的，是在怎樣發展「近郊鐵道」，得既快且賤運輸，以使城市人口，夜裏睡在城市邊郊，天裏來到城中工作。現在市政的當局，却要在都市周圍，另擇地點，設立獨立的「衛星城市」，使工作與遊息以可在那個較小的城市裏，找出相當的滿足。這樣，我們將見在「古機械時代」的龐城都市之亂雜無章的生長，將來可有一種「合理的城市系統」，代之以興。這種「城市系統」，將以一兩個特別重要的城市為中心，而周圍有獨立的城市。這些獨立城市與中心城市，或「母體城市」的關係，正如衛星與其母體星球一樣，是愈相近的，關係愈密切，而却仍保持其獨立的性質。「衛星城市」與「龐大城市」之最大的差異，自然在前者是有界限

，與其滿足程度的，後者是慢無界限，也永無滿足時候的。

這種龐大城市之分散現象，與衛星城市之運動理由，完全不是幾個城市劃家的幻想，而是新機械世紀必有的產品。這已在前節有所說明。現在我們仍可進一步，來討論煤油與電力，將怎樣幫助這種運動之存立。龐大城市之分散現象，最初不過起於大城市之本身不經濟。每日居民行路，費時費錢，是一種不經濟。地價過高，房租太重，是第二種不經濟。有了這兩種致命的不經濟，龐大城市起首分散着。但起初祇能限於為工人找居住的近郊地域，或更進一步居住的市鎮(Residential Town)。至於衛星城市，真能按照城市生活(City Life)的需要而存在，却完全是新機械時代的賜與。第一由煤油與內燃機出給我們的汽車，將縱橫的道路恢復其重要。汽車與道路作運輸工具，較之於火車鐵路，是活動性既大，操縱又極自由的。(Greater Mobility and Flexibility)。在前章我們曾指出鐵道如何造出龐大的城市。在這裏，我們不難示出，汽車與道路，是怎樣有利於較小的城市之獨立的。第二，電力事業的發達，我們可以由一總發電站，供給其周圍區域以動力，能幫助較小城市之分立，已在上章指出，跟着電業發達，而有我們的無線電播音與新近正在發明的「遠視方法」(Television)，足以使較小城市的居民，得享受大城市之各種高尚的娛樂與教育，尤可以使追求大城市的心，成為不必要了。這樣我們將見最近將來之城市規劃中心問題，不是在城市之如何發展，而是在城市之如何分工合作。龐大城市將漸次分散為較合理的小城市。研究城市規劃者，當不在為某城市備一百萬或二百萬人口之增加，而在為這些可能的人口，謀一種合理的「城市系統」。我們總當記着城市作一個人類經營的事業看，是有其「最盛的

大小」，(Optimum Size)，不及此數，不足以謀城市生活理想底充滿實現，過了此數，便將蹈市大城市的覆轍。尋找這種「最盛的大小」與保持這種的「大小」，有待於物質科學，是非常切要的。

本稿係作者預備刊行之城市規劃原理書中一篇，議論係本年來研究城市規劃之心得，參考書籍多用英國及法國之著作，而尤以蓋德斯教授之城市哲學為歸，文中開篇有所謂「地方—工作—人民三項式」者，即為此公所發現，其分析方法，嘗被研究社會者招為社會學中之微積分(The Calculus of Social Science)其詳待另為文介紹，曩在歐洲時，曾投稿於上海商務印書館所發行之學生雜誌，中有近世人生觀，近世社會觀，近世學術觀等篇，均為介紹蓋德斯氏之學說與方法可以參考。

民國二十年雙十節後三日
 作者謹識 時在唐山交通大學

鎮江城市分區計劃及街道系統意見書

朱 皆 平

(甲)分區計劃

分區之義意，在使城市作有紀律之發展。此處所謂紀律者，即現今城市規劃科學所立之原則，務使城市各種活動，分工合作，而不致互相干涉也。城市分區制度，創始於德，盛行於美，今則世界文明國家，對於城市發展，無不以分區計劃為先決問題矣。不過一般城市規劃學家之意見，以為分區制度，在促進市之發展紀律則可。但每以勵行過分。因而防碍城市之發展步驟，則殊失原意矣。尤以對於工商業未甚發達之城市，各種活動，尚無嚴密分工之必要。城市發展之自然趨向。亦殊難預料。果分區規定甚嚴，則未有不發生困難者也。鎮江城市，以人口論，誠不失為「大城市」之地位。（按德國城市規劃學者，以十萬人口以上之城為「大城市」）然以工商業論，則殊難與外國工商業城市相擬。顧鎮江現為江蘇省會，又為總理實業計劃中預定之內地商港，將來發展，容有未可限量者，事在人為而已。故目前所作分區計劃，祇宜作為一般發展之引導，若過於嚴密，則殊嫌時機未至也。

茲按照城市舊有地盤，測度將來可能發展，將鎮江城市分為六區即

- (一)政治區或名為文事中心區
- (二)第一商業區或名為新市區
- (三)第二商業區
- (四)第一住宅區

(五)第二住宅區

(六)工業區

(一)政治區—「政治」二字，係取 總理所下之定義，即「治理公衆事」之謂。故舉凡公衆機關，無論屬於行政，教育，以及各種人民團體等之公共建築，均將儘量集中於此區內。

位置—在城內東北角，約佔舊城市面積二分之一作方形。按此種位置，適居鎮江城市之中心，內部公地廟宇以及公衆機關甚多，兼之地勢特高，岡阜羅列，故極宜作為公共建築之用。

將來計畫—中山路及中正路。是為本區交通孔道。按此兩路綫，係拆舊有兩旁房屋而成。兩邊土地，多為民有。目前沿街店面甚多。雖省政府及各機關位置多在此處，然殊無集中影響，不足以壯省會之觀瞻也。竊以為此兩路綫，祇宜作為此區域內之店面街道，以供給各機關人員之日常需用。欲使省會觀瞻莊嚴華麗，必有新街道之開闢，專為建築公共機關之用。竊以北環路一段，大北路，以及中山路之網巾橋，迤東一段，最合理想，尤以前二者為最易開闢。北環路利用拆城一段，此處原有城牆極直。現在兩旁概屬空地；實可闢一百尺寬之街道，以為主要政治機關建築之用。（德國城市，多利用拆城基地，作為公共建築之中心）。此街道即可名為「省會大街。」大北路利用填塞關河之一段，徵收兩旁地皮，亦可闢為六十尺乃至八十尺之街道，以為次要機關之建築基地。更自大北路及北環路支點左近，引一直綫至江邊馬路，以為新市區之主要街道。如是，則無論東西南北，來省會者，均極易至省會之政治中心街道觀光矣。

(二)第一商業區，南接政治區，北臨長江，西界運河，東隔甘

露公園，與工業區相望。本區內地皮，現雖仍多空曠，但將來象山港成，運河疏緩，兼之本區內一段江岸，現在又為輪船匯集之區，與江北有較逕直之銜接，故位置實當水陸運輸之衝，商賈輻輳，自屬意中事也，按本區商業，自當以大宗批發為主。手工業及輕機械工業，亦可酌量收容。本區內新闢主要道路，應以寬廣為宜。如現行之十八公尺最大寬度，則殊嫌不足。蓋以此種街之車道，僅能容兩輛馳車，兩輛停車，兩旁房屋，僅可三層。（接英國城市規劃家 Mawson 之意見，以為房屋之高度，約等於街道寬度之半。）始足表現街道之廣直影響，現在建築高度，可使等於一倍半，乃至兩倍以上者，則寬街是運輸與運築，均感狹隘也。

（三）第二商業區，即現在西門大街，及江邊一帶之市區。是為目前鎮江城市精華所在。但以徵潤洲淤沙東漲，舊有西段沿江各碼頭，均已失其效用。更以江南河淤塞，內地水運不便，以致商業日就衰歇，將化為窄巷矣！（街寬係與建築高度相對而非絕對也，）不過鎮江市面，果能由開港及濬河而復興者，本區以歷史及地理關係，自仍不失為商業區之地位。倘能將京滬鐵路車站，搬至中山橋近邊者，則有益於本區之發展，勢力尤為偉大。將來商業，當仍以零售為主，本區可以容許住宅，不過公園地皮缺乏，亟應將極不衛生之地段，嚴加整理，一方面化為平民住宅，一方面闢為公園。

（四）工業區。以象山港新闢之地皮充之，本區地勢平坦，接近新開碼頭。京滬路貨物支綫穿貫其間。運輸便利，水煤供給極易，自為建築工廠最合宜之地點，再能就象山左近之村莊，以及工業區南界之崎嶇地域，闢為「工人新村」，庶可使工人住宿，離廠地甚近，便於來往，則有益於工業發展前途者，尤非淺鮮也。

(五)第一住宅區，環抱政治區之西南邊，而向北伸入於第一商業區，及第二商業區域之間。如本區域位置所暗示，其將供給政治區域，及商業區域之住宿舍，為無疑意。本區實可劃分為二以三民路為界。三民路以南，可為高等住宅區域。三民路以北，是為平民住宅區域，如計劃圖所示，本區鄰接公園之處甚多，居民業餘公暇，儘可享受園林之樂焉。

(六)第二住宅區，東隔伯先公園，而與第二業區接界。本區，包含金山，接近中冷泉，園林山水，應有盡有，且位置離城市中心較遠，可避市囂。允宜仿歐美城市之辦法，將本區闢為「近郊園林住宅區」(Garden Suburb)以為市民養靜憩遊之所。本區街道，除一兩條與他區交通之孔道外，均不應過於廣直，致學曲折幽靜之趣。

(乙)街道系統

街道系統之規劃，目的有二，一在便於運輸，一在利於居住。前者需要街道廣直。能使一城市之主要地點，有最逕直之聯絡。後者則在避免車馬之喧囂，故曲折幽靜為上，至於為城市之美觀起見，常有一兩條主要街道，特別寬廣華麗，以表現一城之個性，尤為規劃街道系統時，所不宜忽視者也。

準上所述原理，將來鎮江城市之街道系統，可得而言也。鎮江舊有街道，窄狹零亂，原無系統可言。即舊租界上之馬路，以及新闢之中山中正兩路，雖比較寬直。然從城市全體着眼，亦殊不見有系統之規劃。故目前亟待研究者，當為街道大體系統之決定，茲為分別言之。

(一)交通孔道一鎮江為地勢所限，東西發展較易於南北。故城

市沿江，向東西伸展作弓形。將來象山港成，沿江長度益增。即東西來往之客貨益多。故交通孔道之規劃，應視平行於江身者，較重要於垂直者。

平行於江身之孔道，自江邊起，向內數，計有：

江邊馬路	寬度	二十公尺至二十四公尺
荷花路寶應路		十二公尺至十八公尺
中華路		十八公尺
「省會大街」		三十公尺

西門大街及堰頭街一（暫仍舊，兩旁房屋重修時，應規定退縮尺寸，）

中山路		十八公尺
垂直於江邊之孔道，自西至東，計有		
中華路一段		十八公尺
山巷		十二公尺
灌雲路及西環路		十八公尺
「新市大街」		二十公尺
南門大街一（暫仍舊）		
贛榆路子敬路		十八公尺

（二）政府區域內主要街道一按鎮江現為江蘇省會，政治性質，應在街道系統內：特別表現，既足以示城市之個性，亦所以壯省會之觀瞻也。故特標出之：

「省會大街」	寬三十公尺	} 完全為建築公共機關之用，
「關河路」大北路	寬二十公尺	
中山路 北城段	寬十八公尺	

(三)林蔭路—林蔭路綫之選定，在利用天然之山麓，水邊，以與城市公園作系統之聯絡。既以增城市之美景，亦有益於市民之健康也。路綫不必逕直，路幅却不可不寬廣，故利用廢城，江灘，及已淤塞之關河等，始為自然明顯之計畫，不必多加解釋矣。茲採林蔭路之主要者，分列如左：

江邊林蔭馬路 自中華路口起至金山

銀河路「運河邊林蔭路」(此路在第二商業區暫可作公園用)

西環城路 聯接「運河公園」及「城北公園」

關河林蔭路 (自南水關至網巾橋，填塞關河而成，此處林木甚多，地位幽雅，改為林蔭路最易)

北環路

各區域內之街道，自以多就舊有街道整理為最合經濟。至於就曠地新闢者，應注意下列兩點：

一，在政治區域，及工商業區域內者，街道以廣直為主，最小寬度不過應小過十二公尺。

二，在住宅區域內者，街道以循地勢曲折為妙，廣直則少生趣。最小寬度可至容一輛汽車之出入。但須規定居宅前面有「前院」使對面兩住宅之最小距離，不小於十二公尺。

以上種種意見，均係根據於鄙人一年來公暇之實地觀察，草此意見書時，曾以建設廳省會市區測量圖，(二千五百分之一)及省會工程處之擬建路綫分區圖作參考。在結束本文之前，尚有一事不能已於言者，即將來京滬火車站位置之選定是也。西門車站之起點不合於用，已屬明顯事實，無庸贅述，即南門車站，有改為鎮江總車站之議，(聞曾已呈准鐵道部)亦殊非上策。蓋以南門車站之左近

地勢崎嶇，難於發展，離現在市面又遠，即最近將來之鎮江，如現在繁榮計劃所能前見者，亦殊無利用南門車站之可能。故以為應擇離城市中心較近之地點，如在省句路省會段附近者，為最相宜。此處地勢較為平坦，易於發展。且為省句省道，暨中山路之交點，當東西來往之衝，距離江邊及運河均甚近。將來對於城市發展前途，當有良好影響也。

按此文連同計劃圖（圖中曾略示出鎮江城市之公園系統，為文中所未提及者）於本年七月間在江蘇省會工程設計委員會提出，大體通過，已呈請建設廳核准，為將來鎮江城市發展之根本計劃，作者年來服務於鎮江建設廳，對於市政衛生工程計畫，最為注意，公餘尤喜以實地觀察城市生活為消遣，故凡關於鎮江之食水，溝渠，以及街道系統諸問題，得搜集有相當張本，持有相當意見，頗欲得暇，編為一書名為將來之鎮江，既以就正於海內賢達，亦為個人對於城市規畫之實習演草也，此編將有該書之雛形以之應母校季刊之徵文，所以備忘並紀念鎮江也

作者附識民國二十年十月十五號唐山交通大學

橋樑佈置之規定

王世楨譯(原著者華特爾博士)

巨大建築中，佈置之規定，乃橋樑工程師最大責任之一；欲求善其事，須富具經驗學識，有清晰之判斷力，兼具遠識，能透視數千百年後可以發生之意外情事。常人心理，以爲區劃佈置，使建築所需最少，乃爲最上，然此僅就經濟一層見解，非概括一切之結論也。下列各項，斜度，間隙，橋徑長，基底建築之性質等等，未區劃前，須一一兼籌並顧，然一特殊建築，大都包含其中數者而已，非必盡有也。

影響橋樑佈置之因素

- 1 律法之制限
2. 斜坡及路線
3. 地勢
4. 商務之影響
5. 財權文考慮
6. 建築之大概
- 7, 將來之增修
8. 時間問題
9. 河流之境况
- 10, 基礎之研究
11. 河運之影響
12. 建築之便利物
13. 建立之研究

14. 審美

15. 維持及修理

16. 經濟之研究

 律法之制限

律法之制限，普通不及於不通運輸之河流。然因建築之故，致起訴訟，終必趨於法律解決。

關於通行運輸之河流，政府所注意者，爲橋徑之長，淨水道之闊，斜橋之斜角度，橋徑之位置，高水時橋與水面間之淨高，橋墩聳立河中，其妨阻流水之程度。

政府所立之制限，可以通融之處甚多。若爲各方所趨迫，不克盡符律法之制限，苟不妨礙公共之便利，每可得政府之特許。

 斜坡及路線

如或依照已定之斜坡及路線，不克有適當之佈置，則斜坡或路線之改變，在所不免。盡橋之長，坡度不變，或竟平坦無坡，則沈墮或凸起之段可免，節省機力甚多。至於路線，非特橋之全長，應坦直無曲，其兩端亦宜伸直若干距離，曲線過銳，易致出軌，而橋上出軌，損失更鉅。是以反問曲線，須力求避免。河流位高岸間，鐵道沿河而行，爲免除穿鑿隧道及掘挖工程之過鉅，鐵路必屢跨河流，曲線於是不可免。

爲節省石工計，斜橋之墩，可使與橋之本身成直角；然此類建築，實際甚感不便，蓋橋墩向流之面積太大，極亦損毀也。

 地勢

地勢之各異，亦足影響佈置之規定。適合城市中心之建築，未必適合曠漠之野，反之亦然。因地勢不同而生之異點，普通在乎觀

瞻之講求與否。窮鄉僻壤，道途崎嶇，粗大材料，運輸不便，則佈置亦不得不因之改變。

商務之影響

商務之影響，視乎貨運之多少及其性質。如運輸之種類繁多，火車，電車，馬車等等，須十分注意於其不同之組合。如橋樑工程師熟悉此點，則節省經費甚多。

財權之考慮

財權問題，影響橋樑佈置甚鉅。如為避免收用昂貴之土地，致使鐵道之建築，而多迴旋曲折，安全速率因之大減。地主不許橋樑或柱脚建築於其地，因之增加橋徑之長，或竟另採不經濟之建築。公眾便利之顧慮，亦足使橋樑佈置根本改變。諸如此類，不可勝述。

建築之大概

橋有平面，貫通之別；何取何捨，根本影響橋樑之佈置。然此僅一經濟上之問題，平面建築，橋徑較短，橋墩較狹，節省材料甚多。

橋墩可否掩埋，土堤可否用小石掩護，非僅觀瞻問題而已，其關係經濟甚大。

通行運輸之河流應採用旋橋乎？跳開橋乎？抑垂直吊橋乎？拱橋，懸桁橋，吊橋等等，以何者為宜？所用材料——石工，凝土，鋼鐵，木板——何者為最經濟？凡此種種，均須詳加考慮者也。

河岸之保護，僅促增加用款，不足影響橋樑之佈置。然或有二不同地址，其河岸之天然保護，優劣懸殊，則何所取捨，固甚明顯矣。

將來之增修

關於此點，須有審密之考慮。如已明若干年後，人口必將增加，城市必較繁華，則其所以改革之之法，在目前建築時，即須粗定其規：將另建一橋，位於其旁乎；將即時建築巨大橋墩，預備將來單軌之改爲雙軌乎？

時間問題

時間之制限，亦足影響橋樑之佈置，蓋時間之長短不同，建築之方法，亦必因之不同也。一載之中，氣候時異，能於適宜建築期內竣事最好；不然則暫時構樑，有洗刷之虞；於此而佈置之改變，以求免此困難，在所必需矣。

河流之境况

河流之境况，影響橋樑之佈置最大。水漲時及水退時水位之高度，爲橋墩建築中第一應知之件。水漲時水面及上構底面間距離之規定，視乎浮物之多少及其性質，而橋墩之高，亦即視此而定。橋墩如何建築，又視乎浮冰之多少及其密度。

淨水道所需之闊，所以規定建築之長。河床之斷面如何，及其河水侵蝕之程度，頗足左右建築之區劃，此在需求保護之橋墩爲尤甚。洪水之疊見，及其所及之區，潮流之漲落，流水之速率，堤防之建設，凡此種種，均足影響橋墩建築之費用，即所以影響橋樑之佈置也。

水道時而左側，時而右側，乃恒見之事。如其可能，則下列三法，可任擇其一：(一)預備二活動橋徑(二)設法阻止水道之遷移(三)設法使任一固定橋徑，可隨時改爲直吊橋徑。

基礎之研究

佈置之時，須注意於基礎之性質及其深度。橋墩愈深，或穿鑿愈難，則橋墩所需亦鉅，而經濟橋徑愈長。穿鑿之法，視乎穿鑿之深及泥土之性質；凡此種種，均足直接或間接影響橋樑之佈置。

河運之影響

建築之時，河運之有碍進行明甚。或者河運之量，與時俱增則佈置時必先計及之。

建築之便利物

如建築便利物取給便利，經濟上補助甚多。便利物云者，沙石，凝土，修理激，工人之易得，運輸之輕便，木材之富有等等是也。

建立之方法

建立之時，有用暫時構樑者，有用懸桁法者，有用半懸桁法者，有用浮漂法者，其取捨頗關重要。至於運輸之如何維持，橋樑之如何改建，亦應慎重考慮。

審 美

審美一端，大都忽視。果欲稍事研究，則橋徑之長，構樑之大小，橋墩之大小，不得不因之稍稍改變。至於用費之增添，視乎橋樑工程師對於此點之注意如何，主築者之經濟狀況若何，概言之，佈置之適合其他各項者，亦必適合審美之原理。然有略增費用，而得壯麗之觀者，則其用不可吝矣。

維持及修理

維持及修理所需之費用，佈置時須有詳密之計算。計劃師多有僅僅預算建築之所需而不及此者，其結果每致營業失敗。

經濟問題

佈置之規定，大都視乎經濟問題。如橋徑之所需，等於其所支二橋徑上之構樑及橫構之所需之半，則其佈置，最爲經濟。又建築之經濟與否，不可專事其建築時之用費，須就其建築費經營費維持費修理費之總數而言。

橋 樑 建 築 之 預 算

王世楨譯(原著者華特爾博士)

統籌預算，乃建築中第一步應為之事，橋樑工程之要務也。計畫之能否實行，視乎預算之結果。苟非博學富識，計算準確，不可輕任巨大建築之預算。

欲為準確之預算，須具下列各項才識：

1. 富有建築之經驗
2. 有隨時留意工價物價之習慣
3. 有掌握重大事務之才具。能想像未來應有之事，預為之備。
4. 有反覆查較計算，不深信其準確不止之習慣，
5. 條理清晰，庶重要之件，不致遺忘。
6. 潔白正直，無自利之心。
7. 有健全之判斷力。
8. 對於己之所事，有絕對信仰心，堅定不拔。

建築之時，不免意外需用之費。因此計算之時，除已知費用外，須另添若干。然此意外需用之增添，不必施於用途之各項，可就諸項之總和，酌加百分之幾。至於百分率之大小，視乎建築之性質及其難易。築棧道橋於夾谷中，谷中地面乾燥，人工易得，運輸便利，則增添之費，百分之二三已足；其或者築橋樑於河上，水深流急，橋墩須深入河底，且附近人口稀少，運輸不便，則百分率須至百分之七八或竟百分之十。百分之十，可視為最大之制限；若其大於百分之十，非預算量值之不確，即工程師之懦弱無經驗也。意外費用之增添，就富有經驗之工程師言，並非臆斷之事；必先審察需

用各項之價格，有不能確定者否，有之，則各需幾何，加之得總數，再增若干，以備絕對不可知之意外。預算中之數目，含有猜測性質，自不能十分確切，苟推算時過求準確，甚為無謂，徒耗時間而已。

下列之表，乃預算中可有之各項：

初步用費

1. 建築社之組織，包含律師顧問費。
2. 初步測量及論據之點置。
3. 其他種種初步工作。
4. 獲得政府之許可。
5. 各種圖形及說明書。
6. 籌劃經費時所須費用。

基底建築用費

1. 樁，沈櫃，
2. 柱脚及其安置。
3. 基礎樁及其安置。
4. 橋墩，柱脚及橋座軸中所需之凝土及小石。
5. 橋墩柱脚及橋座之帽石。
6. 防冰塊衝毀橋墩所用之鐵塊及石塊。
7. 橋墩之鐵壳。
8. 橋墩及橋座旁堆集之亂石。
9. 保護橋墩用之沉基建築。
10. 泥石之穿鑿。
11. 裏填

12. 混凝土所用之鐵筋，

13. 舊橋之拆毀。

上構之建築

1. 建築物所需之材料及其運輸。

2. 地板樑及其運輸。

3. 鐵軌，鐵軌銜接物及其運輸，

4. 欄杆及其運輸。

5. 暫時構架建築。

6. 貨運之維持。

7. 鋼鐵料之豎立。

8. 鋼鐵料之油漆。

9. 木架之搭置。

10. 鐵軌之安置。

11. 鋪路及路基。

12. 各種機械。

13. 機械貯藏所及車頭止息所。

14. 電燈

15. 均重鉈

16. 收稅房

17. 凝土

18. 鋼骨

入路

1. 路徑之廓清及墊平。

2. 土工(包含水渠及陰溝)

3. 土堤上之軌道及釘樁。
 4. 轍叉，交叉，轉轍器，及號誌。
 5. 聯鎖器械。
 6. 涵洞及瓦溝。
- 防護物
1. 沉基建築。
 2. 堤障。
 3. 開闔橋活動部份之保護及防撞物。
 4. 叢椿及其鏈。
 5. 橫樑。
 6. 燈。
- 普通用費
1. 建築時之利息
 2. 捐稅
 3. 路寬
 4. 財產損失
 5. 工程費
 6. 房屋租金
 7. 履勘費
 8. 職工薪資
 9. 各種供給物
 10. 保險費

下舉之例，足資概示預算之準確，應至如何程度。一九〇七年，著者允密造立省前任法官愛特華西克勞之邀請，出任訴訟案中之

證人，計算改造伊稚橋樑及抹爾橋樑所需之費用；未作證前，著者即作一預算報告，內容如下。

“愛特華先生”

月之十五日，接大札，託敝人作一改造伊稚橋樑及抹爾青橋樑所需費用之精確計算；載近時普通所用之動荷重，根據近時之工價物價；用單筒橋徑而不用拱形橋徑，用鋼鐵而不用木材。鄙人當即覓得該橋之平面圖及縱面圖各一，又親赴該地，詳細考察。舉凡足補助預算之一切事務，鄙人莫不廣為收集。

鄙人所用各種材料之單位價目，其最重要者如下。

炭質鋼鐵上構，每磅洋4.75分。

炭質鋼鐵入路每磅洋3.8分。

曾經蒸治之木質路鋪每平方碼洋2元。

邊道用之煤瀝青路鋪每平方碼洋1元。

樞，洗櫃及其安置每立方碼洋18元。

橋墩之凝土軸及其安置，每立方碼洋12元。

石灰石所製之表面石及其安置，每立方碼洋20元。

花崗石所製之帽石每立方碼洋30元。

柱脚之穿鑿，每立方碼洋5角。

柱脚所用之凝土每立方碼洋8元。

椿及其安置，每呎洋6角。

土堤每立方碼洋4角。

土堤上單軌鐵路建築，每呎洋4元。

關於保護物，路徑，及財產損失各項，無據物可藉，鄙人乃不得不憑已往之經驗，假設適當數目；是以意外用費之增添較多。根

據以上所述需費總數之預算，可以分列如下：

伊稚橋樑

550呎長橋徑一，每呎七六〇元。	\$ 418,000
534呎長橋徑二，每呎\$745	\$ 795,660
237呎長橋徑二，每呎\$470	\$ 222,780
第一橋墩	\$ 11,000
第二橋墩	\$ 49,000
第三橋墩	\$ 110,000
第四橋墩	\$ 141,000
第五橋墩	\$ 133,000
第六橋墩	\$ 51,000
鐵道及小車合併支架長1350呎每呎\$250	\$ 337,500
馬路支架長1250呎每呎\$150	\$ 187,500
鐵路支架長1250呎每呎\$102	\$ 127,500
50呎長橋徑每呎\$70	\$ 3,500
橋座四	\$ 60,000
土堤共200,000立方碼，每立方碼\$0.4	\$ 80,000
土堤上鐵道建築長3,200呎每呎\$4	\$ 12,800
河岸保護	\$ 25,000
路徑及財產損失	\$ 100,000
	\$2,865,240
稅務，工程費利息及經營10%	\$ 286,524
總數 =	\$3,151,764

抹爾青橋樑

517呎長橋徑三每呎\$445	\$ 690,195
第一及第四橋墩平均每墩\$65,000	\$ 130,000
第二及第三橋墩平均每墩\$83,000	\$ 166,000
鋼鐵支架長 3,116 呎每呎\$116	\$ 366,560
五短小橋徑及其四柱脚	\$ 58,000
橋座十	\$ 138,000
土堤640,000立方碼每立方碼\$40	\$ 256,000
土堤上鐵道長17,400呎每呎\$4	\$ 69,600
河岸保護	\$ 15,000
	\$1,939,355
稅務，工程費，利息及經營10%	\$ 193,936
總數	\$2,133,290

預算結果，超過以前建築時所用之數，此則載重不同之所致也。
 就經濟上比較的言之，鄙人之計劃勝於原有之建築。
 華特爾”

預算既畢，須反覆查較，有無錯誤；自己錯誤，不易覺察，故察較之事，須委之另一人。錯誤之最普通者，為某項之遺忘，某項之未曾倍增或折半，某項之列入一種計算而又間接列入他種計算，凡此種種，覺察至為不易，故預算之時，切須注意及之。

上舉之例，乃建築費之預算。此外尚有維持費，經營費，修理費之預算，入款之預算，建築所需時日之預算。

欲作每年維持費，經營費，修理費之預算，須先推測若干年後，乃需大規模之修理工程。預算中所欲知者，乃此若干年中之平均數也。下列之表，可資補助。

1. 鋼鐵材料之染色

2. 地板或地鋪之更換
3. 欄杆之更換
4. 木材入路之更換或永遠改爲土堤，
5. 河岸保護建築之修理及更換，
6. 旋橋保護物之修理及更換，
7. 活動機件之修理，
8. 石工之嵌縫，
9. 粗石之增添，
10. 鐵軌之更換，
11. 燈機之修理，
12. 油柴之使用，
13. 電燈或煤氣燈，
14. 人員薪金，
15. 保險費，
16. 捐稅，

入款之預算，至爲困難，(一)收入之項，易於遺忘也。(二)貨運之將來發展，難期猜測準確也。(三)收入之各項，視乎之各地情形風俗。

經驗豐富之工程師，可以作建築所需要時日之精確之預算。欲爲此預算，須知開工時氣候如何，物價如何，工價如何，建築時可以遇見之困難如何。

總之，欲作預算，須列入每列用途，無所遺漏，意外費可於總數上加添，不必每項加添，預算結果，須再三查較，然後深信預算之準確，無懷疑慮之心。

橋樑建築材料及其製造之察驗

王世楨譯(原著者華特爾博士)

材料未必無瑕疵，製造未必盡精巧，苟非細細察驗，劣者去之，佳者取焉，則雖計劃處處週到，卒必至於徒勞。歷年以來，所謂察驗工作，其敷衍空虛，祇可傳為笑柄無實際成績可言；因此，世人對於此端，漫不經意，是以建築之佳否，泰半操之製造者之手；製造者惟私利是圖，不顧買主之利益，則欲求堅固之建築難矣。最近數年中，崇究此道者，頗不乏人，察驗工作因而進步，然買主仍不欲另有費用，專供察驗之用，故察驗工作之進步，所補實際甚少。察驗不精，致建築困難，著者身受其累數矣：接樑之生銹也，栓及栓孔大小之不相符也，寄運時某件之遺忘也，某件長短之不適也，諸如此類，不可勝述；致豎立之時，既多增用費，且感十分不便。著者目擊此失，故特組一小社，專司其事，結果甚稱完美。

下列諸點，乃著者囑託其察驗部人員應為之事：

1. 圖形繪圖既畢，即須詳細觀察。製造時所應特別留意諸點，可列入一小表，作一報告書，呈交工程師鑒核。
2. 詳細察視各種製作圖，俾得熟悉構造之全部。
3. 金屬材料之性質，堅韌，彈性，展性，是否全部平勻；其製造時每步所經之手續，是否完全合法。擊斷一部，察視鐵質如何。
4. 金屬材料之化學分析，須時刻查較，有無錯誤。
5. 說明書上所需種種試驗，是否切實按照實行。
6. 各件之長短及斜角，是否十分準確。

7. 桁腹之襯貼角，是否完全貼靠於摺邊角，窩釘非常緊密否
 8. 如用鉚釘，其斷削是否合法；顎間淨長，是否如圖上所示，無稍出入。
 9. 設法使各部分建築，同時並進，庶豎立時，免於困難；建築既竣，其各部份須如計劃所云，無稍差異。
 10. 擊撞穿孔之時，仔細注意有無裂痕發生；其內部組織是否純粹不雜。
 11. 材料稍不合用，即須棄去；雖前曾察驗數次，未有瑕疵，所不計也。
 12. 第一次油漆前，鐵料是否依法洗刷非常清潔；出運之時，油漆已否十分乾燥。油漆前洗刷淨潔，使建築經久不壞，所關至巨，切須注意。
 13. 油漆之工，須切實不苟，所用油漆料，其成分須與作法單所需相符合；時時化驗有無充混之弊。
 14. 製造廠中雇用人員，如或故事違拗作法單所云，可要求廠主革斥之。
 15. 事之繁複者，須設法備清晰之記錄。將事之全部，分爲數小部，條理楚楚，易於通盤查較，庶進行之時，不致顧此失彼。
 16. 每一星期，作一清晰報告，歷述所行諸事。
 17. 材料之出運，須監視重量之秤衡。
 18. 察驗之事，須躬親爲之，不可任意轉託無識之人。
 19. 時時以獲得堅固建築存心。
- 鋼鐵工場中察驗時所應注意數點，可用以下所述明之。

郎氏之所以囑令其助手者如下。

“欲察驗製造廠中之工作，須先明悉所欲察驗者爲何種缺點，何處何時，可以察見，察驗之法若何。察驗者須熟知工廠中製造之方法步驟，俾便逐一察驗。缺點之發見愈早，其補救愈易。

1. 熟記書中所云；明知說明書中所指定之材料。凡說明書中不易按照實行諸點，最宜注意，以其易致苟且也。備一作法單總綱，錄之小本，俾便參考。

2. 試驗法之選擇及材料之標誌：—磨製時所有熱力不同，而所成之材料之性質，亦因之而有出入。察驗者須指定適當試驗方法。已成之材須加蓋圖章，以熱力之不同而用不同號數，以資鑒別。

3. 物理試驗：—察驗者須監視察驗物之大小，是否如說明書中所云。

(a) 引力試驗：—爲力竭度及伸縮限試驗時，須察視機械運用時，是否合法。其伸度縮度，須自行記誌。

(b) 扭力試驗：—其方法可任依廠中所採用者，惟扭轉之度，須嚴格依照說明書所定。

(c) 扭力試驗(撲水試驗)：—試驗物是否熱至規定熱度；用以傾撲之水，其熱度是否如說明書所云。冷熱驟變，足使鐵質鋼脆，經此試後，而剛脆異常者，不適用於用。

(d) 熱力試驗：—鐵料屈曲或打擊之時，是否在規定熱度。

(e) 整孔試驗：—穿鑿之孔離邊之距，須依照說明書所定；所用整孔桿，其漸縮管亦須一定。

4. 化學試驗：—凡磨練時熱力不同各件，須一一親自化驗。

5. 試驗之報告：—輾磨試驗既畢，須一報告，依條陳述，俾便

考究。

6. 記事小本：一記錄條理井然，能使察驗手續，迅速準確，所關至大。

欲求精良之建築，非惟謹慎之計劃不可缺，材料之察驗尤宜置重。察驗之事，須委人專司其職，身任其他事務之人，不可兼任此重大工作也。

Analysis of Secondary-Stresses in Pratt Truss by the Principle of Least Work.

Lo Ho B. S. C. E.

INTRODUCTION

The members of a bridge truss are connected together at the joint by pins or by rivets or by electric-arc welding. When they are pin-connected the members are more or less free to turn about the joint; and the members are not supposed to be subject to bending moments when under loading. On the other hand if the members are connected by rivets or arc welding, they are to certain extent, if not entirely, fixed to each other; and the angles included between the members meeting at one joint should remain the same in spite of the deformation of the truss. The rigidity of the joints enables the members to resist shearing force, bending moment as well as direct stress. When such truss is under loading, the direct stress, the shearing stress and the bending moment are so interrelated that the total internal work of strain is a minimum. This relation is known as the principle of least work. By this principle a bridge truss of rigid joints can be analyzed. But long before the method of least work was successfully applied such truss was already analyzed by a method that is now universally used. In this method of analysis the truss is first assumed as pin-connected and the primary stresses are computed as though there exists neither shear nor bending moments. The bending moments are then to be computed from the basis of primary stresses thus obtained. The unscientific feature of this method of analysis is that the interrelation of the primary stress, shearing stress and bending moment is neglected. They are really functions of each other, and no one of them can be computed independently of the other. In spite of this obvious absurdity, the assumed correctness of this method is hitherto unquestioned. Although the method of least work is evidently more accurate than any one of those methods in common use, perhaps it is due to conservativeness of the engineering profession that few though it necessary to check it by an apparently laborious method. As far as the writer is aware, the first and only one attempting to introduce the method of least work as a mean to calculate secondary-stress in bridge truss was Dr. Isami Hiroi of the Japanese Tokyo Imperial University, Tokyo. Hiroi's work is not available in ordinary library; but according to Dr. Von Abo, his me-

thod is long and has no check and therefore not often used. Even in Dr. Von Abo's exhaustive treatise on secondary-stress, Hiroi's method is only mentioned in the historical note without a reproduction. So at present, the application of the principle of least work to the calculation of secondary-stress is generally considered not only unreliable but also unnecessary.

Dr. Von Abo's Conclusion regarding the method of least work is based upon Hiroi's work which was published more than 25 years ago when the calculation of secondary-stress was still at its infant stage. Most of the checking device of the computation were found at a later time. Since Dr. Hiroi developed the method at a comparatively early time, it is highly probable that his method was not at its best and improvement is possible. It is for this reason that the analysis of a 6-panel Pratt truss is undertaken. While the result of this analysis is not conclusive, there are enough indications that this long-neglected method deserves a careful reconsideration. From this single case the writer will not venture forth any positive statement: but if by this example, the attention of the bridge engineers is attracted to this point and new effort is made for further investigation, he will feel highly gratified.

At the end the writer wishes to express his deep indebtedness to Prof. N. S. Koo of Tangshan College of Civil Engineering, Chiao University, under whose instruction the writer first acquires a comprehensive knowledge in the mechanics of internal work, and when the original manuscript of this paper was in preparation, he was frequently consulted.

April 1931

Loho

Contents

- Art. 1 Redundant members in a Pratt truss
- " 2 Unknown quantities to be found
- " 3 Principle of least work and its application
- " 4 Formula used
- " 5 General formula for Pratt truss of 6-panels and formulation of numerical equations.
- " 6 Type of equations and method of solution
- " 7 Conclusion
- " 8 Other remarks.

Reference

- Von Abo ; Secondary-stresses in Bridge truss (In transaction of American Society of Civil Engineers 1926)

Church: Mechanics of Internal work.

Johnson, Bryan, Turneaure: Modern Framed Structures.

Thomson Mao: Two-Hinged Spandrel-Braced Arch Bridge.

Art. I. The readers of this paper are supposed to be familiar with the common method of calculating secondary-stress in bridge truss; they are also supposed to know what is meant by the principle of least work. So in this paper we will not give a proof of this principle; nor will we go about the general discussion. Right at the beginning we come to the question of how to analyze a 6-panel Pratt truss by the principle of least work.

The truss diagram is shown in Fig. 1. Since the joints are rigidly connected, if the members indicated by the dotted lines are removed, the truss can still stand by itself. Therefore all the members indicated by dotted lines are extra members or in other words redundant members. Each of the redundant members except no. 16 will involve three unknown quantities which can not be determined by simple statics. The unknown quantities on each redundant members are the bending moment, vertical force and horizontal force at certain section.

The section where each member is cut is indicated by a short line perpendicular to the member. It will be noticed that the section cut in each member in the two halves of the truss are symmetrical about the centre.

Art. II. In each of the members 1, 2, 3, 4 and 5, at the section cut, bending moment M , vertical force V and horizontal force H are acting. Regarding the sign of M , V , and H , it is assumed that M turning clockwise is positive, V acting upward is positive and H acting to the right is positive. For the members 6, 7, 8, 9 and 10 the rule about the sign of M , V , and H will be the same if the truss is turned 180° about member 16 as shown in Fig. 2. The advantage of the symmetry of the sections cut and the symmetry of the sign of M , V and H in the members in the two halves of the truss will be seen in the formulation of the equations and their solution.

This analysis is intended to furnish data for constructing the influence lines of the bending moments in all the typical members. For this purpose three cases of loading are considered: (1) With load P_1 at centre, (2) With load P_2 at the second panel point from the left support; and (3) With load P_3 at the first panel point from the left support. For convenience of computation the loads P_1 , P_2 , P_3 are assumed such that the reactions at the

right support due to each load separately are equal and equal to 500 pounds. The unknown quantities to be found are the bending moments M , vertical forces V and horizontal forces H in the members 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10. Therefore we have for a 6-panel Pratt truss like this altogether 30 unknowns to be found. M , V , and H in all the other members can be found in terms of these quantities and the external loading.

By the scheme of calculation used in this paper, we only need to take half of the truss into consideration. So the expressions for the direct stresses, shearing stresses and bending moments in members 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15 and 16 only are found in terms of M , V , and H in members 1, 2, 3, 4, 5 and 6 and are tabulated in table 1. To secure greater degree of accuracy in computation, that part of the vertical force and horizontal forces in each member from the consideration of pin-connection of the joints can be subtracted. Thus M , V , and H in the expressions of table 2 are only additional moment and force acting upon each member due to the deformation of the truss under loading. In the following we are to find these additional moments and forces by the principle of least work.

Art III. By the principle of least work is meant that in a redundant structure, the extra moments or forces that can not be found by the application of simple statics are so interrelated that the total internal work of strain should be a minimum. It follows at once that the first derivative of the internal work with respect to each unknown moment or force is equal to zero. This condition furnishes as many equations as there are unknowns. The solution of these equations will give the values of the unknowns.

For our case, the derivative of the internal work in each member can be found separately. The general formula of the derivative of this kind will be established first.

Art. IV. Suppose a beam AB , in Fig. 3, of length l is subject to bending moment M , shear V , and direct stress H at A , the internal work in this beam due to bending moment will be

$$W = \int_0^l \frac{(M + xV)^2 dx}{2EI} ;$$

that due to direct stress will be

$$W' = \int_0^l \frac{H^2 dx}{2EA} ;$$

and that due to shear will be

$$W'' = \int_0^l \frac{V^2 dx}{2A'G}$$

Now suppose M is a function of m and t ; V and H are functions of t . Then after simplification we will have

$$\frac{dW}{dm} = \frac{(lM + \frac{1}{2}l^2V)}{EI} \frac{dM}{dm} \tag{1}$$

$$\frac{dW}{dt} = \frac{(lM - \frac{1}{2}l^2V)}{EI} \frac{dM}{dt} + \frac{(\frac{1}{2}l^2M + \frac{1}{2}l^3V)}{EI} \frac{dV}{dt} \tag{2}$$

$$\frac{dW'}{dt} = \frac{lH}{EA} \frac{dH}{dt} \tag{3}$$

$$\frac{dW''}{dt} = \frac{lV}{GA'} \frac{dV}{dt} \tag{4}$$

The derivative of the internal work in each member of the truss with respect to each unknown is of the form of either of these equations. Therefore they can be used as general formulas in this case.

In equation (4) $G = \frac{2}{5} E$; and A' is generally the web area of the member. In most cases, the web area can not be accurately determined, and has to be estimated as closely as possible. The discrepancy in such estimation has only a negligible effect upon the numerical equations involving the unknowns.

Art. V. By the application of the formulas of Art. 4, the derivatives of internal work in all the members of the left half of the truss are found as shown in table 3. The total derivative with respect to each unknown is equal to zero, from which condition, 15 equations are obtained as shown in table 4. The sum of the terms in each column is the coefficient of the unknown at the head of the column. The modulus of elasticity E is omitted as that will not effect the work of calculation.

To get numerical equations from the general equations, the numerical value of each individual term in the coefficients must be found. It will be seen that the terms in the coefficients are not all different. They are composed of but a set of combinations of the elements of the members. The data necessary for numerical computation are given in table 5. From these

data the numerical values of the unlike terms in the coefficients are calculated and are given in table 6. With these values known, the evaluation of the numerical equations can readily be done as shown in table 7. The constant terms in these equations involve R , P_2 , P_3 . The values of R , R_2 , P_2 depend upon the case of loading.

For case I, $P_2 = 0$, $P_3 = 0$, $R = 500$ lb.

for case II, $P_2 = 1500$ lb. $P_3 = 0$ $R = 1000$ lb.

and for case III, $P_2 = 0$, $P_3 = 300$ lb, $R = 2500$ lb.

By referring to Fig. 2, it is evident that the equations for the right half of the truss can readily be obtained by replacing each unknown in the equations with the corresponding unknown in the right half of the truss. The constant terms being the same for the three cases of loading are equal respectively to those in the equations for the left half of truss under first case of loading. These equations are given in table 8. This table read from the top downward gives equations for the left half of the truss, and read from bottom upward gives equations for right half of the truss. For the time being, R , P_2 , P_3 in the constant terms will be left as they are, and their values are to be put in later when the convenience of computation deems it necessary.

Art. VI. One important feature of these equations is that they belong to the Gauss' normal type. This is shown by the fact that in table 8, the coefficient in the n th row counting from the top is the same as the corresponding one in the n th column counting from the left.

The general principle of the method of solving normal equations is to maintain the normal type of the equations throughout the computation. The proof of the method will not be given here. We will only explain the mechanical device by which the work is carried on. In table 9 under the head of coefficient are the coefficients of all the unknowns, and under the head of constant are the coefficients of R , P_2 , P_3 in the constant term. For the elimination of M , the first six equations are used. Due to the symmetry of the coefficients about the line joining M_1 in equation 1 and H_2 in equation 6, half of the identical coefficients are not written in the table. The work of computation can be carried on just the same. Again the coefficients of M_3 , V_3 , H_3 in equations 4, 5, 6 will not be af-

fectd during the elimination of M_1 , V_1 , H_1 so they are not put down also.

To increase the efficiency of the checking device to be explained later, all the equations obtained from the derivative of the internal work with respect to the bending moment M 's are multiplied by 100; the coefficients of M 's in all the equations are multiplied by 100; and the coefficients of R , P_2 , P_3 in the constant terms are multiplied by 1000. To obtain the true results, the value of R , P_2 , P_3 should be divided by 1000 and the values of the M 's should be multiplied by 100.

To eliminate M_1 divide equation 1 throughout by 42962, the coefficient of M_1 in the first equation, and then multiply it throughout by the negative coefficients of V_1 , H_1 , M_2 , V_2 and H_2 , respectively. The resulting equations are indicated by 2', 3', 4', 5' and 6'. The coefficients of M_1 in these equations would be -131523, 75021, -39242, 0, 72987, respectively. But these and half of the identical coefficients are omitted also. By adding these equations to 2, 3, 4, 5 and 6 respectively, M_1 will be eliminated from the resulting equations which are still indicated by 2, 3, 4, 5 and 6 and are also of the normal type.

In table 9 under the head of checking terms are the summations of the all the coefficients in each equation. In the column Sc are the summation obtained by actual addition while in the column Kc are the summation indirectly computed as that is possible in the solution of normal equations. Kc in the original equation is equal to Sc; but in the derived equations it is computed just like the coefficient of R or P_2 or P_3 . In case Kc is not equal to Sc there must be some mistake in the calculation. This is an excellent check in the solution of normal equations. In view of the correctness of computation thus ensured, the additional work of the calculation of Sc and Kc is neither waste of time nor labor.

After M_1 , V_1 , H_1 are eliminated, terms involving M_2 , V_2 , H_2 which are omitted before must now be added; and their coefficients in equations 4, 5, 6 are therefore put in place. Consequently, Sc and Kc for these equations must be increased by an amount equal to the sum of the added coefficients. At this stage, equations 7, 8, 9, will be put down and the elimination of M_2 , V_2 , H_2 is performed in the same manner as before.

The above process of elimination is carried on until we have three equations containing M_5 , V_5 , H_5 , M_6 , V_6 , H_6 only. These three equations

as shown on table 9 are still indicated by 13, 14 and 15. They are obtained from the equations for the left half of the truss. The three other equations for the right half of the truss can be readily derived from these by interchanging M_5, V_5, H_5 with M_6, V_6, H_6 respectively and using for the three cases the same constants as those in the three equations for the left half of the truss under the first case of loading. For further computation, the constant terms in each equation should be found by substituting in the values of R, P_2, P_3 corresponding to the case of loading. The six equations with their transformed constants are shown on table 9. The solution of equations should be as short as possible. For this purpose instead of solving for the six unknowns, equations involving $(M_5 + M_6), (V_5 + V_6), (H_5 + H_6)$ and equations involving $(M_5 - M_6), (V_5 - V_6), (H_5 - H_6)$ are derived and the method of derivation is also shown on the table. From the solutions of these two sets of equations, the values of $M_5, V_5, H_5, M_6, V_6, H_6$ can readily be found. To find the other unknowns is now only a matter of substitution. For example to find the value of H_4 and H_7 for the second case of loading we proceed as follows:

Substituting the values of M_5, V_5, H_5, R and P_2 for the second case of loading into

$$10677.8 H_4 - 3697.8 M_5 - 2936.4 V_5 - 3362.5 H_5 + 20264.8 R - 54740.9 P_2 = 0$$

we will get the value of H_4 . Similarly substituting the values of M_6, V_6, H_6 and R for the second case of loading into

$$10677.8 H_7 - 3697.8 M_6 - 2936.4 V_6 - 3362.5 H_6 + 20264.8 R = 0$$

we will get the value of H_7 . In this manner the 30 unknowns M_i, V_i, H_i etc. corresponding to the three cases of loading are found as shown in table 10. But it should be remembered that the values of R, P_2, P_3 must be divided by 1000 before substitution; and the values of M'_5 in table 10 must be multiplied by 100 to get the true values. Having found these quantities, the bending moments in all the other members can be found by using the expressions in table 2.

Art. VII. The dimensions of the truss analyzed are taken from "Modern Framed Structures" Part II by Johnson, Bryan and Turneaure. The secondary-stresses in all the members due to a moving load of 1000 pounds have been calculated in that book by the usual method. The purpose of using that data is to have a ready comparison between this and other standard method. The results of these two methods are given in table 11.

This table gives moments at the ends of each member in inch-pound. The number of the column correspond to the number of loaded panel point counting from the left support. The results corresponding to the second and third cases of loading are also reduced to the base of 1000-pound load. The results of this method are put on the left side of each column, while those obtained from the book are put on the right side of the column. The numbers in the first column indicate the numbers of the members. The numbers with primes indicate the sections at the other ends of the same members than what have been indicated in Fig. 1.

From this table it is evident that, the difference of results is greater for the load placed at centre of the truss; but for other positions of loading the results of the two methods agree very closely. Where the magnitudes differ by more than 25 per cent they will be marked by a plus sign; and the difference of sign will be marked by a double plus sign. Of course, in both methods there are other factors affecting the bending moments, which have not be taken care of in the calculation. But as far as these two methods are concerned, the method based upon the principle of least work should give results more approximate to the truth. At present no general conclusion can be drawn as to how great will be the difference of results for other type of truss and for other sections of the members, when few computed results are available for comparison. But it is obvious that the method of analysis employed in this paper can be appied to any kind of redundant structure; and the equations obtained from the principle of least work are always of normal type which admits of check in the culculation. The work of computation in this method is necessarily longer; but the principle involved is simple and the main part of computation is the solution of equations, which can be performed very systamatically.

In case the general formulas such as shown on table 4 for the truss to be analized are already found, the procedure in this method of analysis will be as follows.

1. Evaluation of the constants such as shown in table 6,
2. Formulation of numerical equations
3. Solution of equations
4. Calculation of the bending moment.

Art. VIII. The bending moment due to direct stress acting with an

arm equal to the deflection of the member has been neglected in this analysis. If we assume that each member after the deformation of truss is still straight, the bending moment from this source will be easy to compute. Since the curve of the member is so flat, the error involved in such assumption seems to be very small. In the analysis according to this assumption the deflection of one end of the member with respect to the other end must be found; and it can be found either analytically or graphically. This deflection varies as the load producing it; and the primary stress also varies as the load. So the moment found in this way will vary as the square of the load.

If the exact equation of the curve of the member under bending is used, the principle of least work can still apply. But in that case, the calculation will be different for different primary stress. So no single calculation can cover all cases of loading.

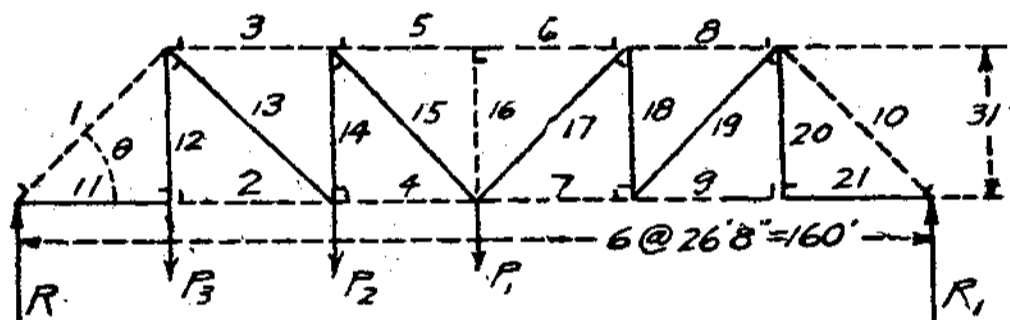


Fig 1

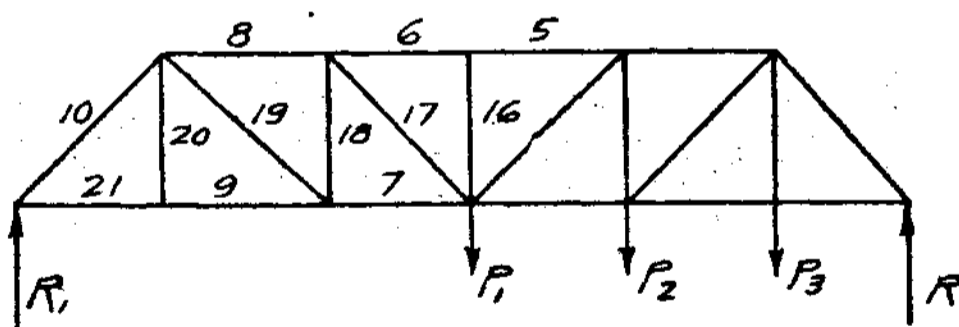


Fig. 2

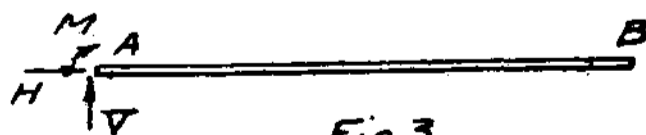


Fig. 3

Table 1

Member	Shear V	Direct Stress T	Moment at any section M _x
1	$cV_1 - sH_1$	$sV_1 + cH_1$	$M_1 + V_1 x$
2	V_2	H_2	$M_2 + V_2 x$
3	V_3	H_3	$M_3 + V_3 x$
4	V_4	H_4	$M_4 + V_4 x$
5	V_5	H_5	$M_5 + V_5 x$
11	$R - V_1$	$-H_1$	$-M_1 + V_{1l} x$
12	$H_1 + H_2$	$R - P_2 - V_1 - V_2$	$-M_1 - M_2 + Rl - V_1 l + V_{12} x$
13	$c(R - P_2 - V_2 - V_3) - s(H_2 + H_3)$	$-s(R - P_2 - V_2 - V_3) - c(H_2 + H_3)$	$-M_2 - M_3 + Rl + H_2 h + V_{13} x$
14	$H_3 + H_4$	$R - P_3 - P_2 - V_3 - V_4$	$-M_3 - M_4 + 2Rl - (P_2 + V_2)l - H_2 h + V_{14} x$
15	$c(R - P_3 - P_2 - V_4 - V_5) - s(H_4 + H_5)$	$-s(R - P_3 - P_2 - V_4 - V_5) - c(H_4 + H_5)$	$-M_4 - M_5 + 2Rl - P_3 l + H_4 h + V_{15} x$
16	$H_5 - H_6$	$V_5 + V_6$	$M_5 - M_6 + (V_5 - V_6)l + V_{16} x$

l = panel length, l_1 = diagonal length, h = height of truss, $c = \cos \theta$, $s = \sin \theta$.

Table 2

Member	Shear V	Direct Stress T	Moment at any section M _x
1	$cV_1 - sH_1$	$sV_1 + cH_1 + \frac{1}{s}R$	$M_1 + V_1 x$
2	V_2	$H_2 - \frac{c}{s}R$	$M_2 + V_2 x$
3	V_3	$H_3 + \frac{c}{s}(2R - P_2)$	$M_3 + V_3 x$
4	V_4	$H_4 - \frac{c}{s}(2R - P_2)$	$M_4 + V_4 x$
5	V_5	$H_5 + \frac{c}{s}(3R - 2P_2 - P_3)$	$M_5 + V_5 x$
11	$-V_1$	$-H_1 - \frac{c}{s}R$	$-M_1 - V_1 x$
12	$H_1 + H_2$	$-V_1 - V_2 - P_2$	$-M_1 - M_2 - V_1 l + V_{12} x$
13	$-c(V_2 + V_3) - s(H_2 + H_3)$	$s(V_2 + V_3) - c(H_2 + H_3) - \frac{1}{s}(R - P_2)$	$-M_2 - M_3 + H_2 h + V_{13} x$
14	$H_3 + H_4$	$-V_3 - V_4 + R - P_2 - P_3$	$-M_3 - M_4 - V_3 l - H_2 h + V_{14} x$
15	$-c(V_4 + V_5) - s(H_4 + H_5)$	$s(V_4 + V_5) - c(H_4 + H_5) - \frac{1}{s}(R - P_2 - P_3)$	$-M_4 - M_5 + H_4 h + V_{15} x$
16	$H_5 - H_6$	$V_5 + V_6$	$M_5 - M_6 + (V_5 - V_6)l + V_{16} x$

Table 3a

M ₁	1	$\frac{dW}{dM_1} = \frac{M_1 l^2 + \frac{1}{2}(cV_1 - sH_1)l_1^2}{E I_1}$
	11	$\frac{dW}{dM_1} = \frac{M_1 l + \frac{1}{2}V_1 l^2}{E I_{11}}$
	12	$\frac{dW}{dM_1} = \frac{-(-M_1 - M_2 - V_1)h - (H_1 + H_2)(\frac{1}{2}h^2)}{E I_{12}}$
V ₁	1	$\frac{dW}{dV_1} = \frac{\frac{1}{2}cl_1^2 M_1 + \frac{1}{2}cl_1^2(cV_1 - sH_1)}{E I_1}$
		$\frac{dW'}{dV_1} = \frac{s l_1 (sV_1 + cH_1) + R l_1}{E A_1}$
		$\frac{dW''}{dV_1} = \frac{c l_1 (cV_1 - sH_1)}{G a_1}$
	11	$\frac{dW}{dV_1} = \frac{-(-\frac{1}{2}l^2)M_1 + (-\frac{1}{2}l^2)(-V_1)}{E I_{11}}$
		$\frac{dW''}{dV_1} = \frac{V_1 l}{G a_{11}}$
	12	$\frac{dW}{dV_1} = \frac{(-M_1 - M_2 - V_1)(-\frac{1}{2}h) + (H_1 + H_2)(-\frac{1}{2}h^2)}{E I_{12}}$
	$\frac{dW'}{dV_1} = \frac{-(-P_2 - V_1 - V_2)h}{E A_{12}}$	
	$\frac{dW''}{dV_1} = \frac{-h(-H_1 - H_2)}{G a_{12}}$	
H ₁	1	$\frac{dW}{dH_1} = \frac{M_1 (\frac{1}{2}sl_1^2) + (cV_1 - sH_1)(-\frac{1}{2}sl_1^2)}{E I_1}$
		$\frac{dW'}{dH_1} = \frac{(sV_1 + cH_1)cl_1 + \frac{c}{s}l_1 R}{E A_1}$
		$\frac{dW''}{dH_1} = \frac{-(cV_1 - sH_1)sl_1}{G a_1}$
	11	$\frac{dW'}{dH_1} = \frac{H_1 l + \frac{c}{s}l_1 R}{E A_{11}}$
	12	$\frac{dW}{dH_1} = \frac{(-M_1 - M_2 - V_1)(\frac{1}{2}h^2) + (H_1 + H_2)(\frac{1}{2}h^2)}{E I_{12}}$
		$\frac{dW''}{dH_1} = \frac{-h(-H_1 - H_2)}{G a_{12}}$

Table 36

M_2	2	$\frac{dW}{dM_2} = \frac{M_2 - \frac{1}{2}V_2^2}{E I_2}$
	12	$\frac{dW}{dM_2} = \frac{(-M_1 - M_2 - V_1)(-h) + (H_1 + H_2)(-\frac{1}{2}h^2)}{E I_{12}}$
	13	$\frac{dW}{dM_2} = \frac{(-M_2 - M_3 + H_2h)(-l) - [c(-V_2 - V_3) - s(H_2 + H_3)](\frac{1}{2}l^2)}{E I_{13}}$
V_2	2	$\frac{dW}{dV_2} = \frac{\frac{1}{2}M_2 + \frac{1}{2}V_2^2}{E I_2}$
		$\frac{dW''}{dV_2} = \frac{V_2}{G a_2}$
	12	$\frac{dW'}{dV_2} = \frac{(V_1 + V_2 + P_2)h}{E A_{12}}$
	13	$\frac{dW}{dV_2} = \frac{(-M_2 - M_3 + H_2h)(-\frac{1}{2}cl^2) + [c(-V_2 - V_3) - s(H_2 + H_3)](-\frac{1}{2}cl^2)}{E I_{13}}$
		$\frac{dW'}{dV_2} = \frac{[s(V_2 + V_3) - c(H_2 + H_3)]sl - (R - P_2)l}{E A_{13}}$
		$\frac{dW''}{dV_2} = \frac{[c(V_2 + V_3) + s(H_2 + H_3)]cl}{G a_{13}}$
H_2	2	$\frac{dW'}{dH_2} = \frac{H_2 - \frac{c}{s}Rl}{E A_2}$
	12	$\frac{dW}{dH_2} = \frac{(-M_1 - M_2 - V_1)(\frac{1}{2}h^2) + (H_1 + H_2)(\frac{1}{2}h^2)}{E I_{12}}$
		$\frac{dW''}{dH_2} = \frac{(H_1 + H_2)h}{G a_{12}}$
	13	$\frac{dW}{dH_2} = \frac{(-M_2 - M_3 + H_2h)(hl - \frac{1}{2}sl^2) + [c(-V_2 - V_3) - s(H_2 + H_3)](\frac{1}{2}hl^2 - \frac{1}{2}sl^2)}{E I_{13}}$
		$\frac{dW'}{dH_2} = \frac{[s(V_2 + V_3) - c(H_2 + H_3) - \frac{1}{2}(R - P_2)](-cl)}{E A_{13}}$
		$\frac{dW''}{dH_2} = \frac{[c(V_2 + V_3) + s(H_2 + H_3)]sl}{G a_{13}}$

Table 3c

M_2	3	$\frac{dW}{dM_2} = \frac{IM_2 + \frac{1}{2}V_2}{E I_2}$
	13	$\frac{dW}{dM_2} = \frac{-(-M_2 - M_3 + H_2h)l_1 - [c(-V_2 - V_3) - s(H_2 + H_3)](-\frac{1}{2}cl_1^2)}{E I_{13}}$
	14	$\frac{dW}{dM_2} = \frac{-(-M_2 - M_3 - V_2l - H_2h)h - (H_2 + H_3)(\frac{1}{2}h^2)}{E I_{14}}$
V_2	3	$\frac{dW}{dV_2} = \frac{\frac{1}{2}M_2 + \frac{1}{2}V_2}{E I_2}$
		$\frac{dW''}{dV_2} = \frac{IV_2}{G a_2}$
	13	$\frac{dW}{dV_2} = \frac{(-M_2 - M_3 + H_2h)(-\frac{1}{2}cl_1^2) + [c(-V_2 - V_3) - s(H_2 + H_3)](-\frac{1}{2}cl_1^2)}{E I_{13}}$
		$\frac{dW'}{dV_2} = \frac{[s(V_2 + V_3) - c(H_2 + H_3)]sl_1 - (R - P_2)l_1}{E A_{13}}$
		$\frac{dW''}{dV_2} = \frac{[c(V_2 + V_3) + s(H_2 + H_3)]cl_1}{G a_{13}}$
	14	$\frac{dW}{dV_2} = \frac{(-M_2 - M_3 - V_2l - H_2h)(-lh) + (H_2 + H_3)(-\frac{1}{2}h^2)}{E I_{14}}$
		$\frac{dW'}{dV_2} = \frac{-(R - P_2 - P_3 - V_2 - V_3)h}{E A_{14}}$
H_2	3	$\frac{dW'}{dH_2} = \frac{H_2l + \frac{c}{s}(2R - P_2)l}{E A_2}$
	13	$\frac{dW}{dH_2} = \frac{(-M_2 - M_3 + H_2h)(-\frac{1}{2}sl_1^2) + [c(-V_2 - V_3) - s(H_2 + H_3)](-\frac{1}{2}sl_1^2)}{E I_{13}}$
		$\frac{dW'}{dH_2} = \frac{-[s(V_2 + V_3) - c(H_2 + H_3)]cl_1 + \frac{c}{s}(R - P_2)l_1}{E A_{13}}$
		$\frac{dW''}{dH_2} = \frac{[c(V_2 + V_3) + s(H_2 + H_3)]sl_1}{G a_{13}}$
	14	$\frac{dW}{dH_2} = \frac{(-M_2 - M_3 - V_2l - H_2h)(-h^2 + \frac{1}{2}h^2) + (H_2 + H_3)(-\frac{1}{2}h^2 + \frac{1}{2}h^2)}{E I_{14}}$
		$\frac{dW''}{dH_2} = \frac{(H_2 + H_3)h}{G a_{14}}$

Table 3d

M _s	4	$\frac{dW}{dM_s} = \frac{lM_s + \frac{1}{2}l^2V_s}{E I_s}$
	14	$\frac{dW}{dM_s} = \frac{-h(-M_s - M_s - V_s l - H_s h) - \frac{1}{2}h^2(H_s + H_s)}{E I_{1s}}$
	15	$\frac{dW}{dM_s} = \frac{-l(-M_s - M_s + H_s h) - \frac{1}{2}l^2[c(-V_s - V_s) - s(H_s + H_s)]}{E I_{15}}$
V _s	4	$\frac{dW}{dV_s} = \frac{\frac{1}{2}l^2M_s + \frac{1}{2}l^2V_s}{E I_s}$
		$\frac{dW''}{dV_s} = \frac{lV_s}{G a_s}$
	14	$\frac{dW'}{dV_s} = \frac{-h(R - P_1 - P_2 - V_s - V_s)}{E A_{1s}}$
	15	$\frac{dW}{dV_s} = \frac{(-M_s - M_s + H_s h)(-\frac{1}{2}cl_j^2) + [c(-V_s - V_s) - s(H_s + H_s)](-\frac{1}{2}cl_j^2)}{E I_{15}}$
		$\frac{dW'}{dV_s} = \frac{[s(V_s + V_s) - c(H_s + H_s)](sl_l) - (R - P_1 - P_2)l}{E A_{15}}$
		$\frac{dW''}{dV_s} = \frac{[c(V_s + V_s) + s(H_s + H_s)]cl_l}{G a_{15}}$
H _s	4	$\frac{dW'}{dH_s} = \frac{H_s l - \frac{c}{s}(2R - P_1)l}{E A_s}$
	14	$\frac{dW}{dH_s} = \frac{(-M_s - M_s - V_s l - H_s h)(\frac{1}{2}h^2) + (H_s^2 + H_s)(\frac{1}{2}h^2)}{E I_{1s}}$
		$\frac{dW''}{dH_s} = \frac{(H_s + H_s)h}{G a_{1s}}$
	15	$\frac{dW}{dH_s} = \frac{(-M_s - M_s + H_s h)(hl_l - \frac{1}{2}sl_j^2) + [c(-V_s - V_s) - s(H_s + H_s)](\frac{1}{2}hl_l^2 - \frac{1}{2}sl_j^2)}{E I_{15}}$
		$\frac{dW'}{dH_s} = \frac{-cl_l[s(V_s + V_s) - c(H_s + H_s)] + \frac{c}{s}l_l(R - P_1 - P_2)}{E A_{15}}$
		$\frac{dW''}{dH_s} = \frac{sl_l[c(V_s + V_s) + s(H_s + H_s)]}{G a_{15}}$

Table 3e

M ₅	5	$\frac{dW}{dM_5} = \frac{IM_5 + \frac{1}{2}V_5}{E I_5}$
	15	$\frac{dW}{dM_5} = \frac{-l_1(-M_5 - M_6 + H_5 h) - \frac{1}{2}l_1[c(-V_5 - V_6) - (H_5 + H_6)]}{E I_{15}}$
	16	$\frac{dW}{dM_5} = \frac{(M_5 - M_6 + V_5 l - V_6 l)h + \frac{1}{2}h^2(H_5 - H_6)}{E I_{16}}$
V ₅	5	$\frac{dW}{dV_5} = \frac{\frac{1}{2}M_5 + \frac{1}{2}V_5}{E I_5}$
		$\frac{dW''}{dV_5} = \frac{V_1}{G a_5}$
	15	$\frac{dW}{dV_5} = \frac{(-M_5 - M_6 + H_5 h)(-l_1 c l_1^2) + [c(-V_5 - V_6) - s(H_5 + H_6)](-\frac{1}{2}c l_1^2)}{E I_{15}}$
		$\frac{dW'}{dV_5} = \frac{s l_1 [s(V_5 + V_6) - c(H_5 + H_6)] - l_1(R - P_3 - P_2)}{E A_{15}}$
		$\frac{dW''}{dV_5} = \frac{-c l_1 [c(-V_5 - V_6) - s(H_5 + H_6)]}{G a_5}$
	16	$\frac{dW}{dV_5} = \frac{(M_5 - M_6 + V_5 l - V_6 l)h + \frac{1}{2}h^2(H_5 - H_6)}{E I_{16}}$
		$\frac{dW'}{dV_5} = \frac{(V_5 + V_6)h}{E A_{16}}$
H ₅	5	$\frac{dW'}{dH_5} = \frac{IH_5 + \frac{1}{2}(3R - 2P_3 - P_2)l}{E A_5}$
	15	$\frac{dW}{dH_5} = \frac{(-M_5 - M_6 + H_5 h)(-\frac{1}{2}c l_1^2) + [c(-V_5 - V_6) - s(H_5 + H_6)](-\frac{1}{2}c l_1^2)}{E I_{15}}$
		$\frac{dW'}{dH_5} = \frac{-c l_1 [s(V_5 + V_6) - c(H_5 + H_6)] + \frac{1}{2}l_1(R - P_3 - P_2)}{E A_{15}}$
		$\frac{dW''}{dH_5} = \frac{s l_1 [c(V_5 + V_6) + s(H_5 + H_6)]}{G a_5}$
	16	$\frac{dW}{dH_5} = \frac{(M_5 - M_6 + V_5 l - V_6 l)(\frac{1}{2}h^2) + (H_5 - H_6)(\frac{1}{2}h^2)}{E I_{16}}$
	$\frac{dW''}{dH_5} = \frac{(H_5 - H_6)h}{G a_{16}}$	

Table 4a

		M_1	V_1	H_1	M_2	V_2	H_2	M_3	V_3	H_3	R	P_3	P
M_1	1	$\frac{l_1}{I_1}$	$\frac{cl_1^2}{2I_1}$	$-\frac{sl_1^2}{2I_1}$									
	11	$\frac{l}{I_{11}}$	$\frac{l^2}{2I_{11}}$										
	12	$\frac{h}{I_{12}}$	$\frac{lh}{I_{12}}$	$-\frac{h^2}{2I_{12}}$	$\frac{h}{I_{12}}$		$-\frac{h^2}{2I_{12}}$						
V_1	1	$\frac{cl_1^2}{2I_1}$	$\frac{c^2l_1^2}{3I_1}$	$-\frac{sc l_1^2}{3I_1}$							$\frac{l_1}{A_1}$		
			$\frac{s^2l_1}{A_1}$	$\frac{sc l_1}{A_1}$									
			$\frac{c^2l_1}{4a_1}$	$-\frac{sc l_1}{4a_1}$									
	11	$\frac{l^2}{2I_{11}}$	$\frac{l^3}{3I_{11}}$										
			$\frac{l}{4a_{11}}$										
	12	$\frac{lh}{I_{12}}$	$\frac{l^2h}{I_{12}}$	$-\frac{h^2}{2I_{12}}$	$\frac{lh}{I_{12}}$		$-\frac{h^2}{2I_{12}}$						
			$\frac{h}{A_{12}}$			$\frac{h}{A_{12}}$						$\frac{h}{A_{12}}$	
H_1	1	$-\frac{sl_1^2}{2I_1}$	$-\frac{sc l_1^2}{3I_1}$	$\frac{s^2l_1^2}{3I_1}$							$\frac{cl_1}{sA_1}$		
			$\frac{sc l_1}{A_1}$	$\frac{c^2l_1}{A_1}$									
			$-\frac{sc l_1}{4a_1}$	$\frac{s^2l_1}{4a_1}$									
	11			$\frac{l}{A_{11}}$							$\frac{cl}{sA_{11}}$		
	12	$-\frac{h^2}{2I_{12}}$	$-\frac{lh^2}{2I_{12}}$	$\frac{h^2}{3I_{12}}$	$-\frac{h^2}{2I_{12}}$		$\frac{h^2}{3I_{12}}$						
				$\frac{h}{4a_{12}}$			$\frac{h}{4a_{12}}$						

Table 4b

		M_1	V_1	H_1	M_2	V_2	H_2	M_3	V_3	H_3	R	P_3	P_4
M_2	2				$\frac{l}{I_2}$	$\frac{l^2}{2I_2}$							
	12	$\frac{h}{I_{12}}$	$\frac{lh}{I_{12}}$	$\frac{-h^2}{2I_{12}}$	$\frac{h}{I_{12}}$		$\frac{-h^2}{2I_{12}}$						
	13				$\frac{l_1}{I_{12}}$	$\frac{cl_1^2}{2I_{12}}$	$\frac{-hl_1}{I_{12}}$	$\frac{l_1}{I_{12}}$	$\frac{cl_1^2}{2I_{12}}$	$\frac{sl_1^2}{2I_{12}}$			
V_2	2				$\frac{l^2}{2I_2}$	$\frac{l^3}{3I_2}$							
	12		$\frac{h}{A_{12}}$			$\frac{l}{.4a_2}$						$\frac{h}{A_{12}}$	
	13				$\frac{cl_1^2}{2I_{12}}$	$\frac{c^2l_1^3}{3I_{12}}$	$\frac{-chl_1^2}{2I_{12}}$	$\frac{cl_1^2}{2I_{12}}$	$\frac{c^2l_1^3}{3I_{12}}$	$\frac{sc l_1^3}{3I_{12}}$			
H_2	2					$\frac{l}{A_2}$					$\frac{-cl}{sA_2}$		
	12	$\frac{-h^2}{2I_{12}}$	$\frac{-lh^2}{2I_{12}}$	$\frac{h^2}{3I_{12}}$	$\frac{-h^2}{2I_{12}}$	$\frac{-h^2}{3I_{12}}$							
	13			$\frac{h}{.4a_2}$	$\frac{-hl_1}{I_{12}}$	$\frac{-chl_1^2}{2I_{12}}$	$\frac{h^2}{I_{12}}$	$\frac{-hl_1}{I_{12}}$	$\frac{-chl_1^2}{2I_{12}}$	$\frac{-shl_1^2}{2I_{12}}$			
				$\frac{sl_1^2}{2I_{12}}$	$\frac{sc^2l_1^3}{3I_{12}}$	$\frac{-shl_1^2}{2I_{12}}$	$\frac{sl_1^2}{2I_{12}}$	$\frac{sc l_1^3}{3I_{12}}$	$\frac{sc^2l_1^3}{3I_{12}}$				
					$\frac{-sc l_1}{A_{12}}$	$\frac{c^2l_1}{A_{12}}$	$\frac{-sc l_1}{A_{12}}$	$\frac{c^2l_1}{A_{12}}$	$\frac{sc l_1}{A_{12}}$	$\frac{sc^2l_1}{A_{12}}$			

Table 4d

		M ₃	V ₃	P ₃	M ₄	V ₄	H ₄	M ₅	V ₅	H ₅	R	P ₃	P ₂
M ₄	4				$\frac{l}{I_4}$	$\frac{l^3}{2I_4}$							
	14	$\frac{h}{I_{14}}$	$\frac{hl}{I_{14}}$	$\frac{h^2}{I_{14}}$	$\frac{h}{I_{14}}$		$\frac{-h^2}{2I_{14}}$						
	15			$\frac{-h^2}{2I_{14}}$	$\frac{l_1}{I_{15}}$	$\frac{cl_1^2}{2I_{15}}$	$\frac{-hl_1}{I_{15}}$	$\frac{l_1}{I_{15}}$	$\frac{cl_1^2}{2I_{15}}$	$\frac{sl_1^2}{2I_{15}}$			
V ₄	4				$\frac{l^2}{2I_4}$	$\frac{l^3}{3I_4}$							
	14		$\frac{h}{A_{14}}$		$\frac{h}{A_{14}}$	$\frac{c^2l_1^3}{3I_{15}}$	$\frac{-chl_1^2}{2I_{15}}$	$\frac{cl_1^2}{2I_{15}}$	$\frac{c^2l_1^3}{3I_{15}}$	$\frac{scl_1^3}{3I_{15}}$	$\frac{-h}{A_{14}}$	$\frac{h}{A_{14}}$	$\frac{h}{A_{14}}$
	15				$\frac{cl_1^2}{2I_{15}}$	$\frac{s^2l_1}{A_{15}}$	$\frac{-scl_1}{A_{15}}$	$\frac{cl_1^2}{2I_{15}}$	$\frac{s^2l_1}{A_{15}}$	$\frac{-scl_1}{A_{15}}$	$\frac{-l_1}{A_{15}}$	$\frac{l_1}{A_{15}}$	$\frac{l_1}{A_{15}}$
H ₄	4						$\frac{l}{A_4}$				$\frac{-2cl}{sA_4}$	$\frac{cl}{sA_4}$	
	14	$\frac{-h^2}{2I_{14}}$	$\frac{-h^2l}{2I_{14}}$	$\frac{-h^2}{2I_{14}}$	$\frac{-h^2}{2I_{14}}$		$\frac{h^2}{3I_{14}}$						
	15			$\frac{h^2}{3I_{14}}$	$\frac{-hl_1}{I_{15}}$	$\frac{-chl_1^2}{2I_{15}}$	$\frac{h^2l_1}{I_{15}}$	$\frac{-hl_1}{I_{15}}$	$\frac{-chl_1^2}{2I_{15}}$	$\frac{-shl_1^2}{2I_{15}}$			

Table 4e

		M_4	V_4	H_4	M_5	V_5	H_5	M_6	V_6	H_6	R	P_3	P_2
M_5	5				$\frac{l}{l_5}$	$\frac{l^2}{2l_5}$							
	15	$\frac{l_1}{l_{15}}$	$\frac{cl_1^2}{2l_{15}}$	$\frac{-hl_1}{l_{15}}$	$\frac{l_1}{l_{15}}$	$\frac{cl_1^2}{2l_{15}}$	$\frac{sl_1^2}{2l_{15}}$						
	16				$\frac{h}{l_{16}}$	$\frac{hl}{l_{16}}$	$\frac{h^2}{2l_{16}}$	$\frac{-h}{l_{16}}$	$\frac{-hl}{l_{16}}$	$\frac{-h^2}{2l_{16}}$			
V_5	5				$\frac{l^2}{2l_5}$	$\frac{l^3}{3l_5}$							
	15	$\frac{cl_1^2}{2l_{15}}$	$\frac{c^2l_1^3}{3l_{15}}$	$\frac{-chl_1^2}{2l_{15}}$	$\frac{cl_1^2}{2l_{15}}$	$\frac{c^2l_1^3}{3l_{15}}$	$\frac{sc l_1^3}{3l_{15}}$						
	16		$\frac{s^2l_1}{A_{15}}$	$\frac{-scl_1}{A_{15}}$		$\frac{s^2l_1}{A_{15}}$	$\frac{-scl_1}{A_{15}}$				$\frac{-l_1}{A_{15}}$	$\frac{l_1}{A_{15}}$	$\frac{l_1}{A_{15}}$
H_5	5						$\frac{l}{A_5}$				$\frac{3cl}{sA_5}$	$\frac{-2cl}{sA_5}$	$\frac{-cl}{sA_5}$
	15	$\frac{sl_1^2}{2l_{15}}$	$\frac{sc l_1^3}{3l_{15}}$	$\frac{-shl_1^2}{2l_{15}}$	$\frac{sl_1^2}{2l_{15}}$	$\frac{sc l_1^3}{3l_{15}}$	$\frac{s^2l_1^3}{3l_{15}}$						
	16		$\frac{-scl_1}{A_{15}}$	$\frac{c^2l_1}{A_{15}}$		$\frac{-sc l_1}{A_{15}}$	$\frac{c^2l_1}{A_{15}}$				$\frac{cl_1}{sA_{15}}$	$\frac{-cl_1}{sA_{15}}$	$\frac{-cl_1}{sA_{15}}$

Table 5

Member	Sectional Area sq. in.	Web Area sq. in.	Length in	I in. ⁴	C in
F	58.49	31.0	490.7	4490	9.54, 14.08
13	29.42	21.5	490.7	805.4	7.5
15	20.58	16.3	490.7	358.6	6.0
2, 11	29.44	20.1	320	1218	9.12
3, 5	52.35	27.2	320	3978	9.19, 14.43
4	45.48	31.8	320	1907	9.12
12	16.00	12.0	372	94.8	5.4
16	14.70	10.5	372	288.0	6.0
14	26.48	18.6	372	750.2	7.5

Table 6

Member	$\frac{l_1}{I}$	$\frac{hl_1}{I}$	$\frac{h^2l_1}{I}$	$\frac{sl_1^2}{2I}$	$\frac{shl_1^2}{2I}$	$\frac{cl_1^2}{2I}$	$\frac{chl_1^2}{2I}$	$\frac{s^2l_1^3}{3I}$	$\frac{c^2l_1^3}{3I}$
1	.10929	40.655	15123.6	20.327	7562.81	17.486	6504.8	5041.2	3730.35
13	.60925	226.645	84312	113.323	42156.0	97.482	36263.3	28104	20791.8
15	1.3684	509.037	189362	254.518	94681	218.94	81446	63120.6	46707.3
	$\frac{sl_1^3}{3I}$	$\frac{s^2l_1}{A}$	$\frac{c^2l_1}{A}$	$\frac{sl_1}{A}$	$\frac{s^2l_1}{.4a}$	$\frac{c^2l_1}{.4a}$	$\frac{sl_1}{.4a}$	$\frac{cl_1}{sA}$	$\frac{l_1}{A}$
1	4336.53	4.8216	3.5678	4.1476	23	17	19.7	7.2167	8.3895
13	24175.6	9.5858	7.0932	8.2458	33	24.4	28.4	14.3484	16.6791
15	54297.3	13.526	10.009	11.6359	44	32.6	37.8	20.5105	23.8436
	$\frac{l}{I}$	$\frac{l^2}{2I}$	$\frac{l^3}{3I}$	$\frac{l}{A}$	$\frac{l}{.4a}$	$\frac{cl}{sA}$	$\frac{2cl}{sA}$	$\frac{3cl}{sA}$	
2,11	.26273	42.036	8967.7	10.870	40	9.3502			
3,5	.08044	12.871	2745.8	6.1127	29.4	5.2583	10.5166	15.7749	
4	.16780	26.848	5727.7	7.0261	25.2	6.0525	12.1050		
	$\frac{h}{I}$	$\frac{hl}{I}$	$\frac{hl^2}{I}$	$\frac{h^2}{2I}$	$\frac{h^3}{2I}$	$\frac{h^2}{3I}$	$\frac{h}{A}$	$\frac{h}{.4a}$	
12	3.9242	1255.7	401823	729.87	233560	181010	23.250	77.5	
14	.49587	158.68	50776.9	92.231	29514	22874	14.048	49.5	
16	1.2917	413.33	132267	240.35	76880	59582	25.306	88.5	

Table 7a

	M _I	V _I	H _I	M _S	V _S	H _S	M _S	V _S	H _S	R	P _S	P _S
M _I	.1093	17.49	-20.33									
	.2627	42.04										
	3.9242	1255.70	-729.87	3.9242		-729.87						
	4.2962	1315.23	-750.20	3.9242		-729.87						
V _I	17.49	3730.4	-4336.5									
		4.8	4.1							8.3895		
		17.0	-19.7									
	42.40	8967.7										
		40.0										
	1255.70	401823	-233560	1255.70		-233560						
	.23.2				23.250						23.250	
	1315.23	414606	-237912	1255.70	23.250	-233560				8.3895	23.250	
H _I	-20.33	-4336.5	5041.2									
		4.1	3.6							7.2167		
		-19.7	23.0									
		10.9										
	-729.87	-233560	181010	-729.87		181010						
			77.5			77.5						
	-750.21	-237912	186166	-729.87		181087				7.2167		

Table 7b

	M ₁	V ₁	H ₁	M ₂	V ₂	H ₂	M ₃	V ₃	H ₃	R	P ₃	P ₂
M ₂	3.9242	1255.70	-729.87	.2627 3.9242 .6093	42.04 97.48	-729.87 -226.65 113.32	.60925	97.482	113.32			
	3.9242	1255.70	-729.87	4.7962	139.52	-843.19	.60925	97.482	113.32			
V ₂		23.250		42.04 97.48	8967.7 40.0 23.3 20791.8	-36263.3 24175.6 9.6 24.4	97.482	20791.8	24175.6		23.250	
		23.250		139.52	29857	-12067	97.482	20826	24196	-16.679	31.929	
H ₂	-729.87	-233560	181010 77.5	-729.87		10.9 181010.0 77.5				-9.350		
				-226.645 113.323	-36263.3 24175.6	84312.0 -42156.0 28104.0	-226.645 113.323	-36263.3 24175.6	-42156.0 28104.0			
					-8.2 28.4	7.1 33.0		-8.2 24.8	7.1 33.0	14.348	-14.348	
	-729.87	-233560	181087	-843.19	-12067	209242	-113.323	-12067	-14012	49.98	-14.348	

Table 7c

	M ₂	V ₂	H ₂	M ₃	V ₃	H ₃	M ₄	V ₄	H ₄	R	P ₃	P ₂
M ₃	.60925	97.482	-226.645 113.323	.0804 .6093 .4959	12.87 97.48 158.68	113.323 184.462 -92.231	.49587		-92.231			
	.60925	97.482	-113.323	1.1856	2.9.03	205.55	.49587		-92.231			
V ₃				12.87	2745.8 29.4							
	97.482	20791.8	-36263.3 24175.6	97.48	20791.8	24175.6						
		9.6 24.4	-8.2 28.4		9.6 24.4	-8.2 28.4				-16.679	16.679	
				158.68	50776.9 14.0	5902.8 -29514	158.68		-29514			
	97.482	20826	-12067	269.03	74393	53710	158.68	14.0	-29514	-14.048	14.048	14.048
H ₃						6.1				10.5166	-5.2583	
	113.323	24176	-42156.0 28104	113.323	24176	28104						
		-8.2 28.4	7.1 33		-8.2 24.4	7.1 33				14.3484	-14.3484	
				92.231	29514	34311 -11437 49.5	92.231		-11437			
	113.323	24196	-14012	205.55	53710	51074	92.231		11387	24.865	-19.607	

Table 7d

	M ₃	V ₃	H ₃	M ₄	V ₄	H ₄	M ₅	V ₅	H ₅	R	P ₃	P ₂
M ₄	.49587	158.68	184.462 -92.231	.1678 .4959 1.3684	26.85 218.94	-92.231 -509.037 254.52	1.3684	218.94	254.52			
	.49587	158.68	92.231	2.0321	245.79	-346.75	1.3684	218.94	554.52			
V ₄		14.048		26.85 25.2 14.0 218.94	5727.7 25.2 14.0 46707.3	-81446 54297 -11.6 37.8	218.94	46707.3	54297	-14.048	14.048	14.048
		14.048		245.79	52521	-27123	218.94	46754	54323	-37.892	37.892	37.892
H ₄	-92.231	-29514	-34311 22874 495	-92.231		7.0 22874 49.5				-12.105	6.053	
				-509.037 254.518	-81446 54297.3	189362 -94681 -94681 63120.6	-509.037 254.518	-81446 54297.3	-94681 63120.6			
					-11.6 37.8	10 44		-11.6 37.8	10 44	20.5105	-20.5105	-20.5105
	-92.231	-29514	-11887	-346.75	-27123	86105	-254.52	-27123	-31506	8.4055	-14.458	-20.5105

Table 8

Number of Equations		Coefficients																		Constants			
	Left	M ₁	V ₁	H ₁	M ₂	V ₂	H ₂	M ₃	V ₃	H ₃	M ₄	V ₄	H ₄	M ₅	V ₅	H ₅	M ₆	V ₆	H ₆	R	P ₃	P ₂	
30	1	4,2962	1315.23	-750.21	3,9242		-72987														0	0	0
29	2	1315.23	414606	-237913	1255.70	23,250	-233560														8,3895	23,250	0
28	3	-705.21	-237913	186166	-729.87		181087														16,5669	0	0
27	4	3,9242	1255.70	-729.87	4,7962	139.52	-843.19	.60925	97,482	113.32											0	0	0
26	5		23,250		139.52	29857	-12067	97,482	20826	24196											-16,6791	39,929	0
25	6	-729.87	-233560	181087	-843.19	-12067	209242	-113.32	-12067	-14012											4,9982	-14,3484	0
24	7				.60925	97,482	-113.32	1,1856	269.03	205.55	.49587					-92,231					0	0	0
23	8				97,482	20826	-12067	269.03	74393	53710	158.68	14,048				-29514					-30,727	30,727	14,048
22	9				113.32	24196	-14012	205.55	53710	51074	92,231					-11387					24,865	-19,6067	0
21	10							.49587	158.68	92,231	2,0321	245,79	-346,75	1,3684	218,94	254,52					0	0	0
20	11								14,048		245,79	52521	-27123	218,94	46754	54323					-37,0916	37,8916	37,8916
19	12							-92,231	-29514	-11387	-346,75	-27123	86106	-254,52	-27123	-31506					8,4055	-14,458	-20,5105
18	13										1,3684	218,94	-254,52	2,7405	645,14	494,87	-1,2917	-413,33	-240,35		0	0	0
17	14										218,94	46754	-27123	645,14	181821	131203	-413,33	-132242	-76880		-23,8436	23,8436	23,8436
16	15										254,52	54323	-31506	494,87	131203	122851	-240,35	-76880	-59671		36,2854	-31,0271	-25,7688
Right		M ₁₀	V ₁₀	H ₁₀	M ₉	V ₉	H ₉	M ₈	V ₈	H ₈	M ₇	V ₇	H ₇	M ₆	V ₆	H ₆	M ₅	V ₅	H ₅				

Table 7e

	M ₄	V ₄	H ₄	M ₅	V ₅	H ₅	M ₆	V ₆	H ₆	R	P ₃	P ₃
M ₅	1,3684	218.94	-509,037 254,518	.0804 1,3684	12,871 218.94	254.52						
				1,2917	413.33	240.35	-1,2917	-413.33	-240.35			
	1,3684	218.94	-254.52	2,7405	645.14	494.87	-1,2917	-413.33	-240.35			
V ₅				12,871	2745.8 29.4							
	218.94	46707.3	-81446 54297	218.94	46707.3	54297						
		10.0 32.6	11.6 37.8		10.0 32.6	11.6 37.8				-23,844	23,844	23,844
				413.33	132267 25	76880	-413.33	-132267 25	-76880			
	218.94	46754	-27123	645.14	181821	131203	-413.33	-132242	-76880	-23,844	23,844	23,844
H ₅	254,581	54297	-94681 63120.6	254,518	54297	6.1 63120.6				15.775	-10,517	-5,258
		-11.6 37.8	10 44		-11.6 37.8	10 44				20,5105	-20,5105	-20,5105
				240.35	76880	59582 88.5	-240.35	-76880	-59582 -88.5			
	254.52	54323	-31506	494.87	131203	122551	-240.35	-76880	-59671	36.2854	-31,0271	-25,7688

Table 9b

Number of Equation	Remark	Coefficients						Constants			Check	
		M ₂	V ₂	H ₂	M ₃	V ₃	H ₃	R	P ₂	P ₃	Sc	Kc
4		9638.6	13941.2	-12379.2	6092.5	9748.2	11332	-3487.5	-10329.9	0	24555.9	24556.8
5			29857	-12062.4	9748.2	2082	24196	-16702.6	39878.5	0	109681.9	109382.4
6				32632.9	-11332	-12067	-14012	-8981.6	-9793.9	0	-47944.2	-47944.9
7					11855	26903	20555	0	0	0	63822.7	63822.7
8						74393	53710	-30727	30727	14048	187561.2	187561.2
9							51074	24865	-19606.7	0	152142.4	152142.4
5'			-20164.5	17905.2	-8812.1	-14099.7	-16390.5	5044.3	14941.1	0		-35518.8
6'				-15899.1	7824.8	12520.0	14554.1	-4479.1	-13267.0	0		31539.2
7'					-3851.0	-6161.8	-7162.9	2204.4	6529.5	0		-15522.2
8'						-9859.0	-11460.9	3527.2	10447.4	0		-24836.0
9'							-13323.0	4100.2	12144.8	0		-28871.2
5	5+5'		9392.5	5842.8	936.1	6726.3	7805.5	-11658.3	54819.9	0	74164.8	74163.6
6	6+6'			16783.8	-3507.2	453.0	542.1	-13460.7	-23060.9	0	-16407.1	-16405.7
7	7+7'				8005	20741.2	13392.1	2204.4	6529.5	0	48301.1	48300.5
8	8+8'					64534	42249.1	-27199.8	41174.4	14048	162726.2	162725.2
9	9+9'						37751	28965.2	-7462.8	0	123243.5	123242.2
6'				-3522.1	-564.3	-4054.7	-4705.3	7027.8	-33046.3	0		-44707
7'					-90.45	-649.6	-753.8	1126.0	-5294.5	0		-71637
8'						-4667.8	-5416.8	8090.5	-38043.3	0		-51467.3
9'							-6285.9	9388.6	-44147.2	0		-59725
6	6+6'			13261.7	-4071.5	-3601.7	-4163.2	-6432.9	-56107.2	0	-61114.8	-61112.7
7	7+7'				7914.5	20091.6	12638.3	3330.4	1235.0	0	41138.3	41137.8
8	8+8'					59866.2	36832.3	-19109.3	3131.1	14048	111257.2	111257.9
9	9+9'						31465.1	38353.8	-51610.0	0	63516.3	63517.2
7'					-1250.0	-1105.8	-1278.1	-1975.0	-17225.6			-18762.3
8'						-978.2	-1130.7	-1747.1	-15237.9			-16597.4
9'							-1306.9	-2019.5	-17613.5			-19184.9
7	7+7'				6664.5	18985.8	11360.2	1355.4	-15990.6	0	22375.3	22375.5
8	8+8'					58888.0	35701.6	-20856.4	-12106.8	14048	94360.2	94660.5
9	9+9'						30158.2	36334.3	-69223.5	0	44330.8	44332.3

Table 9a

Number of Equations	Remark	Coefficients						Constants			Check	
		M_1	V_1	H_1	M_2	V_2	H_2	R	P_2	P_3	Sc	Kc
1		42962	131523	-75021	39242		-72987	0	0	0	65719	65719
2			414606	-237913	125570	23,250	-233560	8389.5	23250	0	231888.8	231888.8
3				186166	-72987		181087	16566.9	0	0	-2101.1	-2101.1
4					47962	13952	-84319	0	0	0	69420	69420
5						29857	-12067	-16679.1	39929	0	55015.2	55015.2
6							209242	4998.2	-14348.4	0	-21954.2	-21954.2
2'			-402642	229668	-120135		223441	0	0	0		-201191
3'				-131003	68525		-127451	0	0	0		114760
4'					-35844		66667	0	0	0		-60028.5
5'						0	0	0	0	0		0
6'							-123996	0	0	0		111648.3
2	2+2'		11964	-8245	5435	23.25	-10119	8389.5	23250	0	30697.8	30697.8
3	3+3'			55163	-4462		53636	16566.9	0	0	112658.9	112658.9
4	4+4'				12118	13952	-17652	0	0	0	9391	9391.5
5	5+5'					29857	-12067	-16679.1	39929	0	55015.2	55015.2
6	6+6'						85246	4998.2	-14348.4	0	89693.8	89694.1
3'				-5682.1	3745.4	16.02	-6973.5	5781.6	16022.8	0		21155.5
4'					-2469.0	-10.6	4597	-3811.2	-10562	0		-13945.4
5'						-0.4	19.7	-16.3	-45.2	0		-59.7
6'							-8558.5	7095.7	19664.6	0		25964
3	3+3'			99480.9	-716.6	16.02	46662.5	22348.5	16022.8	0	133814.1	133814.4
4	4+4'				9649	13941.4	-13055	-3811.2	-10562	0	-4554.4	-4553.9
5	5+5'					29857	-12047.3	-16695.4	39883.8	0	54955.5	54955.5
6	6+6'						76687.5	12093.9	5316.2	0	115657.8	115658.1
4'					-10.4	.23	675.8	323.7	232.1	0		1938.0
5'						-0.05	-15.10	-7.2	-5.3	0		-43.3
6'							-44004.6	-21075.5	-15110.1	0		-12619.2
4	4+4'				9638.6	13941.2	-12379.2	-3487.5	-10329.9	0	-2616.8	-2615.9
5	5+5'					29857	-12062.4	-16702.6	39878.5	0	54911.9	54912.2
6	6+6'						32682.9	-8981.6	-9793.9	0	-10533.2	-10533.9

Table 9c

Number of Equation	Remark	Coefficients						Constants			Check	
		M _s	V _s	H _s	M _z	V _z	H _z	R	P _s	P _z	Sc	Kc
7		6664.5	18985.8	11360.2	4958.7		-9223.1	1355.4	-15990.6	0	18110.9	18111.1
8			58888.0	35701.6	15868	14.048	-29514	-20876.4	-12106.8	14048	81028.2	81028.5
9				30158.2	9223.1		-11387	36334.3	-69223.5	0	42166.9	42168.4
10					20321	24579	-34675	0	0	0	40274.8	40274.8
11						52521	-27123	-37891.6	37891.6	37891.6	87882.6	87882.6
12							86106	8405.5	-14458	-20510.5	-52379.1	-52379.1
8'			-54086.6	-32332.9	-14126.3		26274.7	-3861.3	45554.0	0		-51594.8
9'				-19354.4	-8452.5		15721.5	-2310.4	27257.3	0		-30871.9
10'					-3689.5		6862.4	-1008.5	11897.8	0		-13475.5
11'										0		
12'							-12764.0	1875.8	-22129.6	0		25064.2
8	8 + 8'		4801.4	3338.7	1741.7	14.048	-3239.3	-23717.7	33447.2	14048	29434.0	29434.2
9	9 + 9'			10793.8	770.6		4334.7	34023.9	-41966.2	0	11295.5	11296.5
10	10 + 10'				16631.5	24579	-27812.6	-1008.5	11897.8	0	26799.5	26799.3
11	11 + 11'					52521	-27123	-37891.6	37891.6	37891.6	87882.6	87882.6
12	12 + 12'						73342	10281.3	-36587.6	-20510.5	-27315.0	-27314.9
9'				-2321.9	-1211.2	-9.77	2252.6	17188.7	-23259.2	-9769.0		-20468.6
10'					-631.8	-5.09	1175.0	8966.3	-12132.9	-5095.9		-10677.2
11'						-0.41	9.47	72.3	-978.6	-41.1		-86.1
12'							-2185.4	-16676.0	22565.4	9477.6		19858.0
9	9 + 9'			8471.9	-440.6	-9.77	6587.3	51212.6	-65225.4	-9769.0	-9173.0	-9172.1
10	10 + 10'				15999.7	24573.9	-26637.6	7957.8	-235.1	-5095.9	16122.2	16122.1
11	11 + 11'					52521	-27113.5	-37819.3	37793.7	37850.5	87796.5	87796.4
12	12 + 12'						71156.6	-6394.7	-14022.2	-11032.9	-7457.0	-7456.9
10'					-22.9	-0.40	342.6	2663.4	-3392.2	-508.0		-477.0
11'						-0.01	7.6	59.1	-75.2	-11.3		-10.6
12'							-5121.9	-39820.2	50715.8	7595.8		7131.7
10	10 + 10'				15976.8	24573.5	-26295	10631.2	-3627.3	-5603.9	15645.3	15645.1
11	11 + 11'					52521	-27105.9	-37760.2	37718.5	37839.2	87786.1	87785.9
13	12 + 12'						66034.7	-46214.9	36693.6	-3437.1	-324.6	-325.2

Table 9d

Number of Equation	Remark	Coefficients						Constants			Check	
		M ₄	V ₄	H ₄	M ₅	V ₅	H ₅	R	P ₂	P ₃	Sc	Kc
10		15976.8	24573.5	-26295	13684	21894	25452	10621.2	-3627.3	-5603.9	76675.1	76675.3
11			52521	-27105.9	21894	46754	54323	-37760.2	37778.5	37839.2	210757.1	210756.9
12				66034.7	-25452	-27123	-31506	-46214.9	36693.6	-3437.1	-84405.6	-84406.2
13					27405	64514	49487	0	0	0	151532	151532
14						181821	131203	-23843.6	23843.6	23843.6	442906.6	442906.6
15							132851	36235.4	-31027.1	-25768.8	331299.5	331299.5
11'			-37795.8	40443.6	-12047.0	-33674.6	-39147.0	-16336.2	5579.1	8619.2		-117932.1
12'				-43276.9	22521.4	36033.6	41883.5	17480.6	-5969.9	-9223.0		126193.8
13'					-11720.2	-8752.0	-21799.4	-9097.0	3106.8	4799.7		-65671.7
14'						-30002.7	-34878.4	-14554.9	4970.7	7679.4		-105072.7
15'							40546.6	-16920.2	5778.5	8927.3		-122148.1
11	11+11'		14725.2	13337.7	847.0	13079.4	15176.0	-5406.4	48297.6	46458.4	92824.9	92824.8
12	12+12'			22757.8	-2930.6	8910.6	10383.5	-28734.3	30723.7	-12660.7	41788.3	41787.6
13	13+13'				15684.8	45762	27687.6	-9097.0	3106.8	4799.1	85860.3	85860.3
14	14+14'					151818.3	96324.6	-38398.5	28814.3	31523	337833.7	337833.9
15	15+15'						82304.4	18365.2	-25248.6	-16841.5	209151.2	209151.4
12'				-12050.0	-767.2	-11847.0	-13746.0	48999.1	-39217.9	-42080.8		-84078.3
13'					-48.7	-752.3	-872.9	3111.6	-2490.5	-2672.3		-5339.3
14'						-11617.6	-13479.8	48050.2	-38458.4	-41265.9		-82450.1
15'							-15640.6	55752.5	-44623.1	-47880.6		-95710.6
12	12+12,		10677.8	-3697.8	-2936.4	-3362.5	20264.8	-8494.6	-54740.9		-42289.6	-42290.7
13	13+13'			15635.1	45009.7	26314.7	-5985.4	616.3	2127.4		80521.0	80521.0
14	14+14'				140200.7	82844.8	9651.7	-9644.1	-5742.9		255383.5	255383.8
15	15+15'					66663.8	75117.7	-69871.7	-64722.1		113484.7	113484.9
13'					-1280.6	-1016.9	-1164.5	7017.8	-2941.8	-18957.1		-14645.6
14'						-807.5	-924.7	5572.8	-2336.0	-15053.8		-11630.0
15'							-1058.9	6381.5	-2675.0	-17238.2		-13317.6
13	13+13'				14355.5	43992.8	25650.2	1032.4	-2325.5	-16829.7	65875.7	65875.4
14	14+14'					139393.2	81920.1	15224.5	-11980.1	-24796.7	243753.8	243753.8
15	15+15'						65604.9	81499.2	-72546.7	-81960.3	100167.4	100167.3

Table 9e

Number of Equation	Remark	Coefficients						Constants			Check		
		M ₅	V ₅	H ₅	M ₆	V ₆	H ₆	K ₁	K ₂	K ₃	Sc	Kc	
13		14355,5	43992,8	25650,2	-12917	-41333	-24035	516,2	-24212,2	-4395,5			
14			139393,2	81920,1	-41333	-132242	-76880	7612,3	-21970,5	2120,7			
15				65604,9	-24035	-76880	-59671	40749,6	-41441,2	-13892,1			
18					14355,5	43992,8	25650,2	516,2	516,2	516,2			
17						139393,2	81920,1	7612,3	7612,3	7612,3			
16							65604,9	40749,6	40749,6	40749,6			
		M ₅ +M ₆ V ₅ +V ₆ H ₅ +H ₆											
I	13+18	1438,5	2659,8	1615,2				1032,4	-23696,0	-3879,3		-20829,4	
II	14+17		7151,2	5040,1				15224,6	-14358,0	9733,0		25450,7	
III	15+16			5933,9				81499,2	-691,6	26857,5		120254,3	
II'			-4918,0	-2986,5				-1908,9	43814,1	7171,2		38513,8	
III'				-1813,6				-1159,2	26606,7	4355,8		23388,0	
II	II+II'		2233,2	2053,6				13315,7	24456,1	16905,9	63954,5	63954,5	
III	III+III'			4120,3				80340,0	25915,1	31213,1	143642,4	143642,4	
III'				-1888,5				-12244,8	-27087,1	-15546,3		-58820,3	
III	III+III'			2231,8				68095,2	-1172,1	15667,3	84822,2	84822,0	
				1				30,5113	-52518	7,02003		38,0032	
		M ₅ -M ₆ V ₅ -V ₆ H ₅ -H ₆											
I	13-18	27272,5	85325,8	49685,2					-24728,4	-4911,7		132643,4	
II	14-17		271635,2	158800,1					-29583,0	-5491,6		480686,5	
III	15-16			125275,9					-82110,8	-54641,7		196928,7	
II'			-266953	-155447,1					77366,2	15366,9		-414992,3	
III'				-90516,8					45050,3	8984,2		-241650,1	
II	II+II'		4682,2	3353,0					47783,2	9875,3	65693,7	65694,2	
III	III+III'			34759,1					-37140,5	-45693,5	-44721,9	-44721,4	
III'				-2401,1					-34218,4	-7071,9		-47044,7	
III	III+III'			32358,0					-71358,9	-52765,5	-91766,4	-91766,1	
				1					-2,20529	-1,63058		-2,83596	

Table 10

Case of Loading	M_5+M_6	V_5+V_6	H_5+H_6	M_5-M_6	V_5-V_6	H_5-H_6	M_5	V_5	H_5	M_6	V_6	H_6
1	-7.1322	22.0949	-30.5113				-3.6561	11.04745	-15.2556			
2	44.1645	-13.6730	.52518	33.7585	-11.7845	2.20529	38.9615	-12.7287	1.36523	5.2030	-.94425	-.84005
3	12.6404	-1.11479	-7.02003	7.4614	-3.27687	1.63068	10.0509	-2.19583	-2.69467	2.5895	1.05104	-4.32536
	M_1	V_1	H_1	M_2	V_2	H_2	M_3	V_3	H_3	M_4	V_4	H_4
1	2.11258	-.92852	1.19231	.2900	-.09956	-1.4993	-8.8078	4.73577	-1.0317	-10.0503	10.8704	-3.21652
2	2.39983	-.03078	2.5737	-3.67969	6.26215	-3.2667	-9.5164	15.1643	-15.7635	20.4809	-7.9672	16.08165
3	39.1538	-30.6150	-22.4959	58.6509	-29.7239	22.5373	28.9334	-9.1193	7.7829	-10.5651	4.91088	-.4401
	M_{10}	V_{10}	H_{10}	M_9	V_9	H_9	M_8	V_8	H_8	M_7	V_7	H_7
1												
2	2.28238	-.91940	1.68106	.03335	.48896	-2.02166	-10.3618	7.51519	-3.5805	-6.2112	2.9643	.30664
3	2.28538	-.99188	1.4836	.29552	.08522	-1.8082	-9.9641	6.69031	-2.5758	-8.5782	6.2171	-1.13903

Table 11

Section of Member	1		2		3		4		5	
	1	1305.23	1350	159.99	155	211.26	229	152.16	155	76.18
1'	829.12	847	-484.86	-536	-529.41	-526	-460.88	-493	-213.59	-226
2	1955.03	2030	-245.31	-273	29.00	80+	2.43	2	9.85	10.0
2'	-1215.52	-1280	1090.60	1140	-2.86	-140+	106.74	103	18.94	16
3	964.45	995	-634.43	-697	-880.78	-897	-690.79	-715	-332.14	-346
3'	-93.61	-134	2600.62	2690	634.67	494+	912.45	905	881.50	390
4	-352.17	-376	1365.39	1410	-1005.03	-1340+	-414.08	-443	-235.94	-299
4'	171.32	192	-334.28	-276	2473.49	2600	218.31	298+	377.22	399
5	335.03	312	2597.43	2680	-365.61	-563+	346.87	312	86.32	86
5'	100.81	113	-118.02	-354+	3169.57	340	145.43	-82.5±	201.63	216
11	-1305.23	-1352	-159.99	-157	-211.26	-231	-152.16	-157	-76.18	-79
11'	1960.37	2030	-153.42	-178	85.87	195+	43.98	44	29.62	30
12	5.34	4.0	91.89	94	76.87	53	41.55	42	19.77	20
12'	10.48	12.0	-79.97	-82	-57.33	-55	-42.02	-43	-20.48	-21
13	-124.85	-146	69.60	79	294.04	316	186.99	208	98.07	110
13'	344.05	387	215.45	243	-248.02	-330	-131.23	-148	-81.03	-91
14	-519.29	-540	-56.66	-58	754.15	875	389.59	408	223.84	231
14'	391.21	408	22.24	16±	-826.19	-924	-422.33	-444	-236.80	-245
15	-37.44	-37	25.43	-29.89±	174.09	129±	143.26	142	58.72	59.7
15'	61.67	62	113.72	124	32.02	42+	-155.40	-146	-42.50	-42
16	-100.82	-101	-263.45	-267	0	0	263.45	276	100.82	101
16'	101.38	102	293.47	296	0	0	-293.47	-296	-101.38	-102

勘 誤 表

第 一 卷 第 三 期

- P. 62, The formula " $f = \dots$ " should be marked formula (1).
- P. 63, last line. The exponent " $1-m$ " should read " $1-m$ ".
- P. 64, lines 14 and 15. The sentence "For columns . . . of that column" should read "For columns of equal diameters, the lengths of all the short columns are equal, then the number of short columns that make up each column is Proportional to the length of that column".
- P. 65, line 2. For "These data" read "Test data".
- P. 65, The formula " $(3r)$ " should read " $(3f)$ ".
- P. 66, line 5. For "of tests" read "of these tests".
- P. 69, line 5. For "results aranged" read "results of tests aranged".
- P. 70, first equation. For " $(\frac{1}{2\pi})^2$ " read " $(\frac{1}{2\pi})^4$ ".
- P. 71, equaion A (6). For " (b_3-a_1) " read " (b_3-b_2) ".
For " D_2 " read " R_2 ".
- P. 72, line 3. For "vector D" read "vector D_1 ".
- P. 72, line 4. For "magnitude R_4 " read "magnitude R_2 ".
- P. 72, line 11. For " $R_2=$ " read " $R^2=$ ".

國內灌輸科學知識的最大定期刊物

科學

每月一日出版已歷十有四年

論述最新穎資料最豐富

凡對於科學有興趣者不可不讀

凡願追蹤近世科學之進步而免致落伍者

更不可不讀

十五卷開始內容刷新並不加價

本刊內附設：

1. 科學諮詢欄... 人人可問，逐月發表答案
2. 自修學程欄... 函授性質，無需學費
3. 科學教育欄... 討論中學校科學問題
4. 新書介紹欄... 凡有科學新著盡量介紹

零售每册大洋二角五分郵費國內二分
外一角六分

預定全年連郵國內三元
國外四元六角 分售處·各埠商務印書館

預定半年連郵國內一元五角五分
國外二元四角 上海慕爾鳴路中國科學公司

定閱詳章函索即寄 南京成賢街本社
北平農礦部地質調查所

總發行所 中國科學社刊物經理部

上海亞爾培路五三三號

君欲知人能防水平乎？請看

華北水利月刊

內容：介紹治水名著
披露河海要聞

刊期：每月准出一冊
有時並發專號

關心水利者不可不看
研究工程者不可不看
職司建設者不可不看
經營農田者不可不看

編輯兼
發行者

價目

每冊	三角五分
半年	一元八角
全年	三元五角
國外	稍加郵費
廣告	取費極廉

天津義租界五馬路十一至十三號

華北水利委員會

電報掛號三零五五無線電一二零一

中華民國二十年六月出版

交大唐院季刊

第一卷 第四期

發行者 交通大學唐山土木工程學院

編輯者 交通大學唐山土木工程學院

廣告費				
右表均以一期計算 半年九折全年八折	底頁裏面	封皮裏面		
	加底頁裏面	底頁外面		全面
	八角	四元		五元
	八角	二元		三元
	五角	一元		六角
	九角	一元	四分之一	
			八分之一	

價目表		
國外	國內	
四角五分	三角五分	一册
八角	六角	半年
一元四角	一元	全年

定閱廣告各費
均請預先惠交