

397
408

メリマンス
原 著 材料強弱學
中山光左 訳



始



397408

工學士
山陽鐵道
技師

直村盛之助氏
校閱
岸山憲二氏



材料強弱學

全

中山光左抄譯

大正
11. 12. 20
内交

自序

回顧すれば茫として恰も夢の如し、然り吾ながら烏漕の限りなり。時は明治三十一年四月、山陽鐵道會社運轉士として任に廣島機關庫に就く、將來の希望に鬱勃たる吾、激務に軼掌しながら窈かに期する所無きにあらず。偶々某書に『一日一頁主義』の宣傳に刺戟せられて、素養の徐々に修め得べきを會得し、刻苦寸陰を惜みて敢て怠らざる者期年、其間他日の準備として「メリマンス」原著を得、之に耽讀して得る所不尠、乳臭を顧みずして知友の爲めに之が翻譯に筆を染め、岸山技師の校閱を煩して時の山陽鐵道共攻會誌に投書するの冒險を敢てしたり。超へて明治三十三年二月山陽鐵道汽車課技術練習生として兵庫に轉じ、教養課目の内最も難解とせられたる材料強弱學に興味を増して之を修め、業を終へて糸崎機關庫々内運轉士として任に就き更に譯述を繼續して直村工學士の後援に待ち、漸く之が全譯を了るの光榮を擔ひ

得たり。

爾來茲に二十年、所載の雜誌を深く笈底に藏し來りたるが、近時舊知の數氏之が發兌を慫慂して譲らざるに遭ひ、非才元より之に當らざるを知るに雖遂に再び烏滸を敢てして、茲に諸賢の座右に呈するに到れる者、意筆と伴はざるは當然にして、可惜金玉の文字を變して瓦礫に化し終りたるを恥ず。文中漸次原語の譯せざる者多きを加へたるは、術語は術語として原語の儘記憶するの利益なるを信じたる婆心に過ぎず。強ひて譯字を索めんご欲すれば。願くは之を解釋し得べき字書に任せよ。記して序となす。

共攻會誌に投書したる當時の匿名を記念して

大正十一年十二月

迷裡霧庵主誌

材料強弱學

目次

第一編

彈性強及破壞強

第一章	直覺内力	一
第二章	彈性界限	四
第三章	最大強	六
第四章	伸張	八
第五章	壓縮	一〇
第六章	剪斷	一一
第七章	實内單位内力	一三

第二編

材料の特性

第八章	平均重量	一六
-----	------	----

第九章	試驗機械	一七
第十章	木材	一九
第十一章	煉瓦	二一
第十二章	石材	二二
第十三章	鑄鐵	二四
第十四章	鍊鐵	二五
第十五章	鋼	二八
第十六章	其他ノ材料	三一
第三編 「ビーム」の「モーメント」		
第十七章	「モーメント」の原理	三三
第十八章	支柱の抵抗力	三五
第十九章	彎曲力率	三七
第二十章	安定荷重	四〇
第二十一章	重心	四二

第四編

第二十二章	慣性力率	四四
第二十三章	「カンチレバー、ビーム」及び「シムブル、ビーム」	四七
第二十四章	「ビーム」の定義及定理	五〇
第二十五章	剪斷に對する抵抗	五二
第二十六章	屈曲に對する抵抗	五五
第二十七章	「ビーム」の安全荷重	五七
第二十八章	「ビーム」の歸納的研究	五九
第二十九章	「ビーム」の設計	六〇
第三十章	比較的強弱	六二
第三十一章	I字形の鋼鐵「ビーム」	六四
	強さの均等なる「ビーム」	六四

第五編

第三十三章	柱	六六
	一般的原理	六六

第三十三章 回転半徑.....六八
ラジウス、オプ、チャイレーション
 第三十四章 柱の公式.....七〇
 第三十五章 柱の安全荷重.....七二
 第三十六章 柱の歸納的試験.....七三
 第三十七章 柱の設計.....七五

第六編 軸の變形

第三十八章 環撓の現象.....七六
トーション
 第三十九章 慣性力率の中心點.....七八
 第四十章 環撓の公式.....七九
 第四十一章 傳力用「シャフト」.....八一
 第四十二章 正方形の「シャフト」.....八三
 第四十三章 圓形「シャフト」.....八四

第七編 變形の恢復

第四十四章 彈性係數.....八五
コエフィシエント、オプ、エラスチシチー
 第四十五章 彈力に依りて起る伸張.....八七
エロンゲーション、アンダーテンション
 第四十六章 壓迫によりて起る短縮.....八八
 第四十七章 「カンチレバー、ビーム」の彎曲.....八九
 第四十八章 「シムブル、ビーム」の彎曲.....九一
 第四十九章 拘束せられたる「ビーム」.....九二
 第五十章 軸の環撓.....九四

第八編 材料の「レジリエンス」

第五十一章 總説.....九五
 第五十二章 桿の「エラスチック、レジリエンス」.....九七
 第五十三章 梁の「エラスチック、レジリエンス」.....九九
 第五十四章 「レジリエンス」の極限.....一〇〇
 第五十五章 急荷重.....一〇二
 第五十六章 撃衝によりて起る「ストレッズ」.....一〇三

第九編 應用問題

第五十七章	水管及蒸汽管	一〇四
第五十八章	重ね継手	一〇六
第五十九章	衝頭継手	一〇九
第六十章	温度の變化に伴ふ「ストレス」	一一〇
第六十一章	縮の收縮	一一二
第六十二章	軸の連接	一一三
第六十三章	軸及梁の破壊	一一四

材料強弱學目次終

材料強弱學

書き方のまづい爲め可憐金玉を變じて瓦礫となすのみならず、時に菲才なる譯者が誤解に基く失態があつて讀者をして霧裡に迷はしむる事なきを保せず、願くは大方の識者忌憚なく高教を垂れ玉へと申す、又文中原語の多き爲め少しく變に思はれる處もあるが、苦しい思ひをして無理な譯字をふるより術語は術語として原語の儘腦裡に記憶する方寧ろ利益と信じて斯くの始末、若し夫れ適當の譯字のある者に至りては便りに従ふて双方を用ひた所もあります、

第一編

Elastic and Ultimate Strength

第一章 Direct Stress (直覺内力)

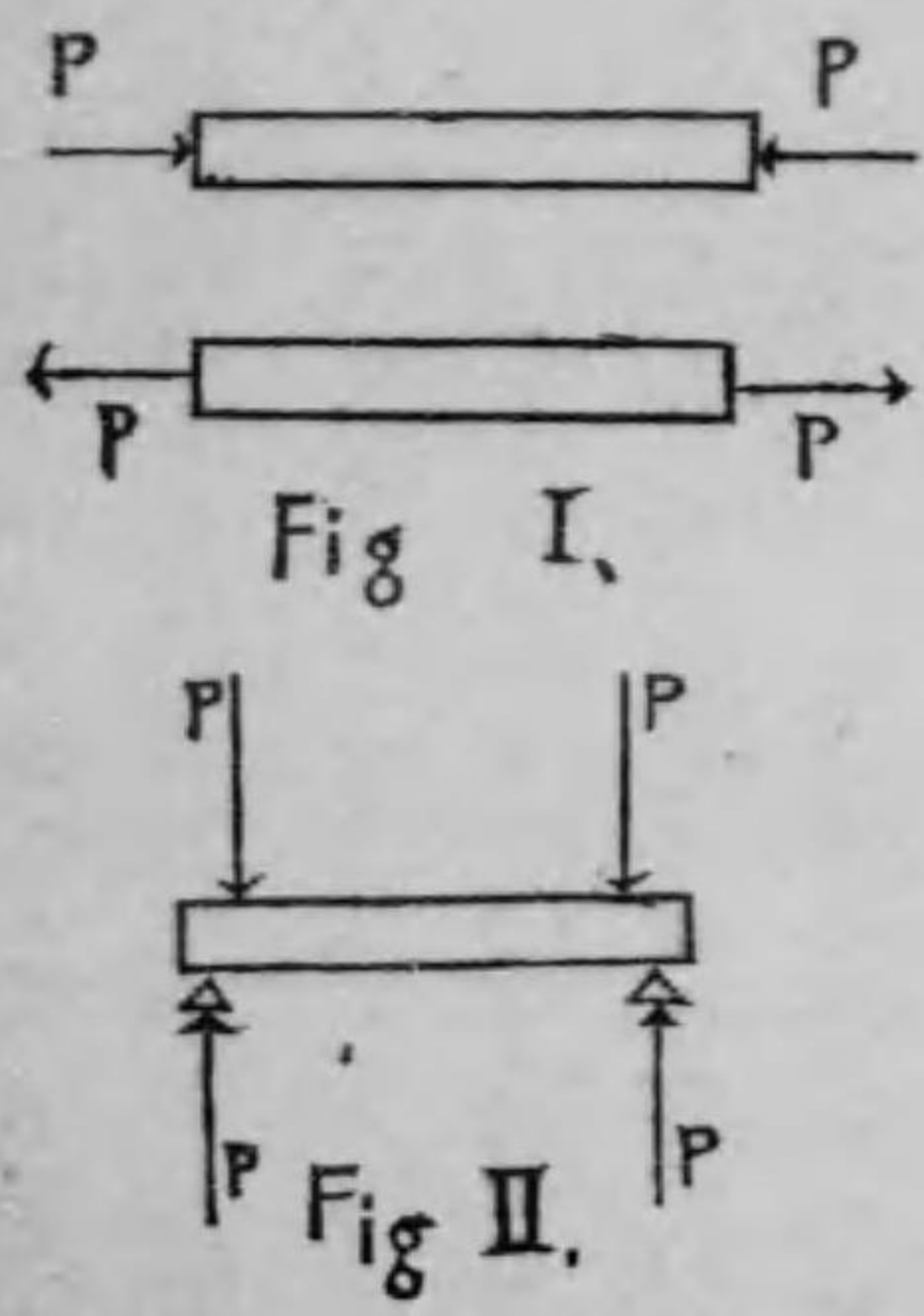
一條の綱を取り其一端を固定して他端に五百磅の重量を垂下した時、綱は此重量の爲に引き切られんとする傾向が出来る、今此綱の中一つの横断面を想像すれば引き切らんとする此外部の力に對して自己の現狀を維持する爲め一種の力が働いて居る、そして其力の方向は慥かに外部の力と正反對で其量は全く等量である、是れは固定したる一端を秤の一端に連ねて見れば綱を引き切らんとする力即ち五百磅に對して秤の他端に方向の反對なる五百磅を加へた時平均するとに依りて証明する事が出来る

此の如く、或る物體に外力の働くとき之と均衡を保つ爲めに其物體内部に起るべき抵抗を想像して「ストレッズ」Stress 内力と命名する、

又例へば、一の棍棒あり一萬二千磅の外力によりて引き伸ばされんとする時、内部に起るストレッズは前に述べた通り矢張り一萬二千磅である、所て此棍棒の横斷面積を三平方吋ありとすれば、一平方吋毎に四千磅の「ストレッズ」を負擔し、横斷面積四平方吋ありとすれば一平方吋毎三千磅の「ストレッズ」を負擔する道理、勿論此場合には全體の「ストレッズ」が全面積一様に分布されてある者と考へるのである、斯様に、外力に對して各單位面積(一平方吋或は一センチメートル)の有する「ストレッズ」を Unit Stress と云ひ、或は單位面積の壓力度 Intensity of Stress per unit area と云ふ、

故に外力一定の場合には、其物體の横斷面積廣ければ各單位面積の負擔すべきストレッズ減少し、狭ければ其負擔増加する、即ち負擔すべき「ストレッズ」の減少すると云ふ事は外力に堪ゆべき餘裕の生ずること、材料の強弱は、或は一口に「斷面積の廣狭に伴ふ」と云つても差支へはない、斯様に「インテンシティー Intensity」を標準として、物體の強弱を計る學問を材料強弱學 Strength of Materials と云ふ、又物體は決して絶體的に強固者でないから外力之に加はれば「ストレッズ」を起すと同時に、多少其形狀を變じたり寸法に違ひが出る、之を「ストレイン」Strain と云ふ、外力愈大なれば「ストレッズ」も從亦て増加し、外力若し其物體固有の最大「ストレッズ」より超過すれば茲に、破壊 Rupture と云ふ、

結果が起る、而して外力「エクステリオル、フォース」(Exterior Force)に三種ある、第一は前に述べた網に於ける如く二力が物體の兩端に、各外方に向つて働く時、物體を双方に引き離さんとする力で、「テンサイルフォース」、Tensile Force 或は「フォースオブ、テンション」Force of Tension と云ふ、之に依て起る變形を伸長Elongation と稱する、第二は第一と全く反對に、壁或は柱に於ける如く、二力が各内方に向て壓迫するので、壓迫力 Force of Compression 或は Compressive Force と云ふ、依て起る變形を壓縮或は短縮 Shortening と云ふ、第三は板に穴を打ち抜く様に、二力甚だ接近して平行に一平面上に働く、剪刀を以て物を切るのと同じ働きをなすので、之を剪斷力 Shearing Force と云ひ、其結果は剪斷 Shear である。此等三種の外力物體に働くとき夫々に應じて起る「ストレッズ」を、「テンサイル、ストレッズ」、「コムプレッション、ストレッズ」、「シヤリング、ストレッズ」と云ひ總稱して、直覺内力 Direct Stress と云ふ、



上に示す圖の如く各外力P磅ありとすれば、全體の「ストレッズ」は同じくP磅である、而してAを横斷面積(平方吋)、Sを「ユニット、ストレッズ」とすれば、

$$\left. \begin{aligned} P &= AS \\ S &= \frac{P}{A} \\ A &= \frac{P}{S} \end{aligned} \right\} \dots \dots (1)$$

と云ふことを知り、隨て A. P. S. 三者其二を知らば他は直ちに計算によりて知ることが出来る、例へば鍊鐵桿の斷面積四平方吋半として、五萬磅の「ユニット、ストレッヌ」となつた時破壊した、とすれば其「テンサイル、ストレッヌ」は、

$$P = AS = 4\frac{1}{2} \times 5,000 = 22,500$$

なるべし、茲で注意して貰ひたいのは、外力と全體の「ストレッヌ」は其量全く相等しく、常に磅或は噸を以て唱へること、幾磅の「ストレッヌ」の許にある」と云ふことは「幾磅の外力加りたり」と同じ事である、是は此後屢々出て來ることだから、一寸書添へ置きます、

問題 一、三萬四千磅の「テンション」の許あるべき鑄鐵桿にして、「ユニット、ストレッヌ」を二千五百磅ならしめんとす、桿の横斷面積幾平方吋を要するや、又之を丸棒とせば其直徑何程なりや、

第二章 Elastic Limit. 彈性界限

普通固體の存在する有様に二ある、一は護謨或は彈條の如く、外力によりて一時其形狀を變ずるも、外力を去れば勿ち原形に復する性質を有する者、所謂彈性或は回復力 Elasticity の充分なる者で、其度合は無論物質によりて差異あるも、斯様な物體を Elastic State (彈性狀態) にあるものと云ひ、二は粘土等の如く外力によりて容易に形を變じ、外力を去るも容易に原形に復することなく、或は全く變形の儘なる者即ち彈性の乏しき者で、之を Plastic State (模倣狀態) にある者と云ふ、以下論ずる所の者は此

始めのものに屬し、殊に「ストレン」を續けて「或る度合に達する迄「エラストイシティー」の完全なる材料」即ち Perfectly Elastic Materials である、

一の桿に「テンサイル、フォース」を加へる時は棒は伸びる、而して漸々力を増して行けば伸張の度合も増し、或る制限に達する迄は伸び方は其外部の力と比例する、假へば斷面積一平方吋長さ百吋の鍊鐵桿ありて、五千磅の「テンション」に耐へた時〇、〇二吋伸びたとすれば、之に五千磅を増して一萬磅としたとき〇、〇四吋伸びる、斯様にして一萬五千磅では〇、〇六吋、二萬磅では〇、〇八吋、三萬五千磅では〇、一〇吋伸びる、が然し此次に加へた五千磅の爲めには、今迄五千磅毎に〇、〇二吋宛伸びた比例を飛び越して、三萬磅でも〇、一三吋から〇、一四吋も伸びる、此例は實際鍊鐵に對する平均の價で、斯の如く、其變形の度がストレッヌの増加に比例せずして遽かに増進し始むる時の「ユニット、ストレッヌ」を稱して、
彈性界限 Elastic limit 或は彈強性 Elastic strength 云ふ、

此章の始めに述べたる如く、「エラストック、ステート」にある物體は外力を去れば忽ち原形に復する者であるが此「エラストック、リミット」より「ストレッヌ」の超過した時には所謂固有の彈性 Elastic properties は損傷せられて、再び原形に復する能力が無くなる、此を不易狀態 Permanent Set になつたと云ふ、夫れであるから機關構造上「或る材料の「ユニット、ストレッヌ」は決して「エラストック、リミット」を超過すべからず」と云ふ事は基本の法則として忘れてはならぬ事柄である、

次に示す表は重に用ふる材料の、平均の「エラスチック、リミット」で學生は須らく腦裡に記憶すべきである、

Table I Elastic Limit.

材料	毎平方時に付磅	
	「テンション」	「コムプレッション」
木材	三〇〇〇	三〇〇〇
鑄鐵	六〇〇〇	二〇〇〇〇
鍊鐵	二五〇〇〇	二五〇〇〇
銅鐵	五〇〇〇〇	五〇〇〇〇

問題 二、木材の角棒にて八萬一千磅の「コムプレッション、ロード」を支持せんとす、「ユニット、ストレス」を「エラスチック、リミット」の三分の一ならしむるには其大さを幾許となすべきや、

第三章 Ultimate Strength 最大強

或る物體が其「エラスティック、リミット」以上の「ストレッツス」の許にある時は、其變形の割合が速かに増進し尋て破壊が起るから、實に危険の状態にあるので、此の如く丁度物體の破壊する時に於ける「ユニットストレッツス」詞を代へて言へば、其材料の堪へ得る最大の「ユニット、ストレッツス」を最大強 Ultimate strength と云ふ、通例「アルティメイト、ストレッツス」は「エラスティック、リミット」の二倍乃至四倍の者で

あるが、或る者にては「テンション」に於ける場合より「コムプレッション」に於ける場合に非常に大なる者がある、夫れから、安全率 Factor of Safety と云ふことは、實際使用して其材料に起る「ユニット、ストレッツス」を以て、「アルチメイト、ストレッツス」を除して得たる商のことで、例へば斷面積六吋平方（三十六平方吋）の木桿で、「テンション」に於ける「アルティメイト、ストレッツス」を一平方時に付一萬磅とする、而して此桿に三萬二千四百磅の力を加へるとすれば、實際の「ユニット、ストレッツス」は、

$$32000 / 36 = 900$$

であるから、此桿の安全率は $10000 / 900 = 11.1$ である、然し安全の點から考へれば、「アルチメイト、ストレッツス」よりは寧ろ「エラスチック、リミット」を基として計算する方が完全である、何故かと言へば、木材の如きは「エラスチック、リミット」は、「アルティメイト、ストレッツス」の三分一足らずであるからである、悉しく言へば、安全率を以て固有の「ストレッツス」を除して得たる數は、安全に使用に堪ゆべき外力なるを以て、此例に於て「アルチメイト、ストレッツス」を取る時 $1000 / 11.1 = 90$ なれど、「エラスチック、リミット」によりて計算すれば $3000 / 11.1 = 270$ となる故愈安全の度を高むる理屈である、

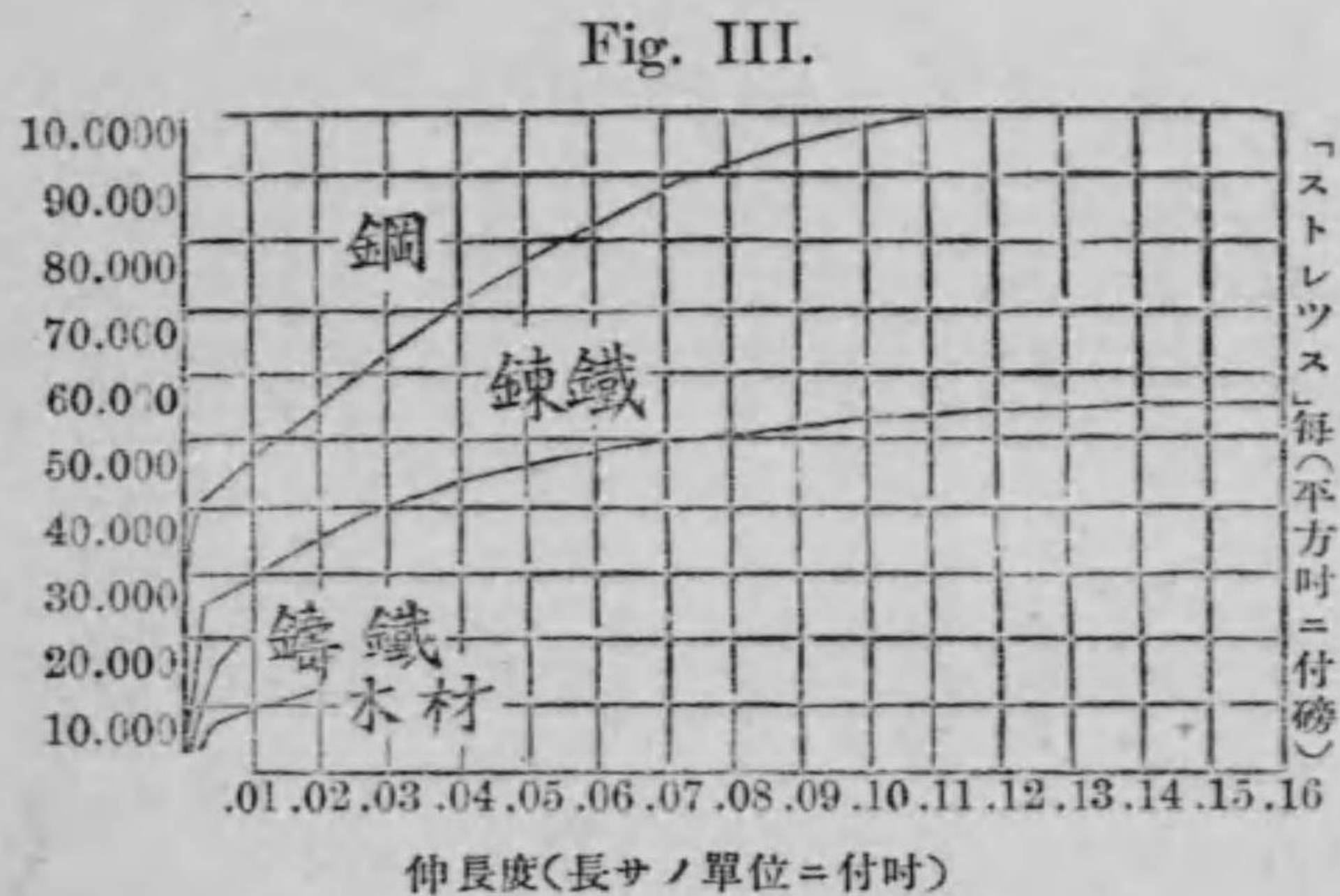
問題 三、直徑二吋二分の一の鍊鐵桿あり 十七萬一千磅のテンションの許に破壊したりと云ふ、アルチメイト、ストレッツス幾許なりや、

問題 四、鍊鐵桿あり二十萬磅の「テンション」を負担せしめんとす、「ファクトル、オブ、セーフティ」を五とすれば其直徑を幾許となすべきや、又同じ條件にて鑄鐵桿の直徑幾許。

第四章 Tension 伸長

一の桿に次第に外力を加ふることによりて、「テンション」を試す時「エラスティック、リミット」に達する迄は「ストレス」の増加と伸長の割合と比例するも、「リミット」を超過すれば其伸長の割合、「ストレス」の増す割合より非常に速かとなることは前に述べたが、伸長するに従ひ同時に断面積減少即ち細くなりて、「ユニット、ストレス」は益多大となり「アルティメート、ストレス」に達することの早くなるのは免れ得ざる事實である。

今此試験の状況を圖形によりて現はすには、次に示すが如く「ユニット、ストレス」を横線とし、伸長を縦線として罫を作り、重量を加へ材料の伸長する毎に、實際の斷面積を以て重量を除して「ユニット、ストレス」とし、元の長さで全くの伸び高を除して單位の伸びとし、各數の相當する線の交點を求め、之を連ねて種々なる曲



線を作れば、各材料特有の性情は一目して明かに知ることが出来る、此圖によりて見れば起點の○より「エラスティック、リミット」に達する迄は各「カーブ」は直線であつて是は「ユニット、ストレス」と「ユニット、エロンゲーション」の比例する事を示し、此「リミット」を超れば遽かに「カーブ」は水平に近づき、爾後「ストレス」の増加よりは伸長の非常な速なることを示す、而して此「カーブ」の終點は即ち其物體破壊するときの「ユニット、ストレス」を示すのである。

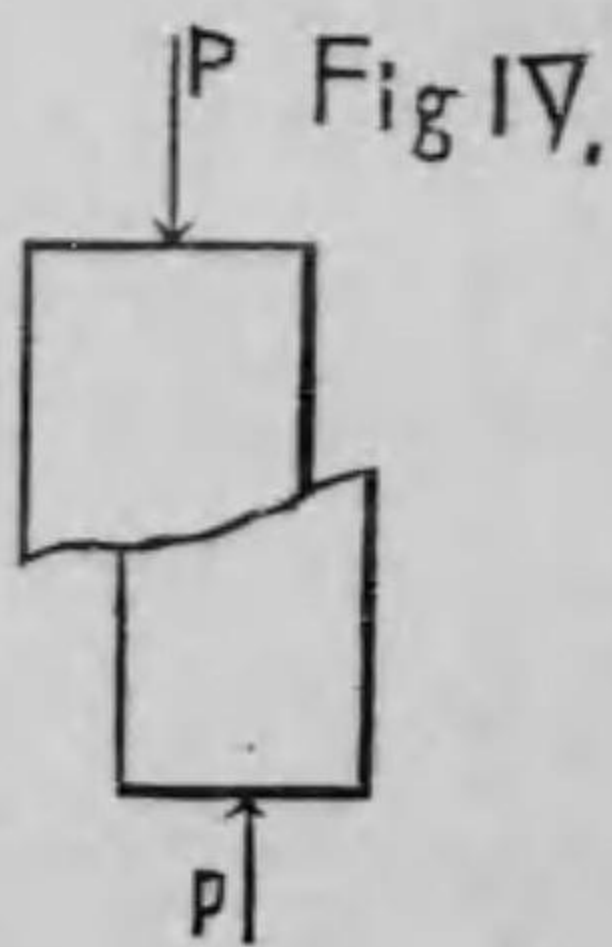
然し此圖は只比較的平均の價値を示すまで、特別の試験によりて得たる「カーブ」は茲に示すものより格別なる値を有すること無論である。

次に示す表は「テンション」に於ける場合に使用さるゝ材料の「アルティメート」、「ストレス」及「アルティメート、エロンゲーション」の平均の價であるが、全く大凡のもので、同じ材料でも其性質によつて非常に差がある、例へば軟鋼 Mild Steel の「アルティメート、テンサイル、ストレス」は六萬磅であつて、鋼線の如きは二百二十五萬磅である然し是等は例外で、後章に解説する所は皆此表を基としてあるから、學生は記憶して居る必要がある。

Table II Tensile strength.

材料	「アルティメート、ストレス」 一平方吋に付磅	「アルティメート、エロンゲーション」 「パーセント」(百分率)
鋼	100,000	1.00
鍊鐵	55,000	1.20
鑄鐵	20,000	0.50
木材	10,000	1.50

第四圖



「コムプレッション」に於ける現象も、「テンション」に於けるものと等しく「エラストティック、リミット」に達するまでは外力に比例して縮み Shortening を増すが、「リミット」以上になれば「ストレッグス」よりは縮みの割合が非常に増すのである。

る、而して若し材料の長さが、厚さの凡そ十倍以下の時は圖に示す如く、斜に滑つて（即ち「シャール」の一種）破壊するが、長さが厚さに比して非常に長きものは、横に屈曲する、而して之は單純の「コムプレッ

Table III Compressive Strength.

材料	「アルティメイト、ストレンジス」一平方吋ニ付（磅）
木材	八〇〇〇
煉瓦	三〇〇〇
石材	六〇〇〇
鑄鐵	九〇〇〇
煉鐵	五五〇〇
鋼鐵	一五〇〇〇

ション」の場合には起るものではない、次に示す表は皆短かき見本によりて試験した者で、長き者は柱 Columns or Struts と稱して第五編に委しく述べてある、此表に依つて見れば木材は「テンション」には強いが、其割に「コムプレッション」には弱い、又鑄鐵は

之に反して、「コムプレッション」の方四倍半程強く、煉鐵は何れも等しく、鋼鐵は至「バーセット」丈け「コムプレッション」に強し。

材料の「コムプレッション」に付ては、第一の公式を適合することが出来る、例へば一邊八吋と十二吋との長方形の斷面積を有する石材が、二十三萬磅の「コムプレッション」の許にありとすれば、其「ユニット、ストレッグス」は、

$$\frac{230000}{8 \times 12} = 2400 \text{ lbs}$$

安全率は $600 / 2400 = 2\frac{1}{2}$ となる、

問題 五、厚さ二吋、幅四吋、長さ八吋の煉瓦は其重量凡四磅半なり、今之を堆積して其最下の煉瓦に於ける「ユニット、ストレッグス」を、「アルチメイト、ストレンジス」の二分の一ならしめんとせば、積み上げたる高さ幾許、

第六章 剪斷 Shear.

「シャールング、ストレッグス」は二つの力が、剪刀の刃の様に働く時其間の物を切斷せんとする爲めに起る「ストレッグス」なることは前に述べた、委しく言へば板に穴を打ち抜くのは、外力が「アルティメイト、ストレンジス」より超過した時である、又二枚の板を「リベット」して此板に「テンション」を加へた時、二枚の板の接する所にある「リベット」の斷面には「シャールング、ストレッグス」が起る、又一の「ボールド」に「テン

「シヤーン」を加ふる時、其頭は剪断される、即ち滑り落ちんとするのである、次に示す表は各材料に就て試験した結果であつて、是又學生の記憶すべき者である、

木材の「シヤーン」は、縦に其繊維に沿ふては弱ひけれども、繊維を横断する方向には随分強ひ、又輾轉したる鍊鐵又は鋼鐵でも、製造の方法によりて纖維質材料の者が有が、矢張縦よりも横の方、「シヤーン」に

Table IV. Shearing Strength

材料	「アルタイムート、ストレンクス」二平方吋に付(磅)	
	木 縦	材 横
鋼 鐵		
鍊 鐵		
鑄 鐵		
材 横	六〇〇	三〇〇〇
木 縦	二〇〇〇〇	五〇〇〇〇
		七〇〇〇〇

對しては丈夫なものである其れで有から材木等の「テンション」の試験に用うる見本 Testpiece or Specimen を作るに、V圖の如き形状とし、その長さは中央部の直径に對して餘程長くして置く必要がある、如何となれば、例

へばの長さを六吋、中央の徑を二吋として兩方を機械で丈夫に掴み、之を引き張る時は「テンサイル、ストレンクス」が起る、而して其「テンション」に依つて、破壊する力は幾許かと云ふに、

$$P = AS = 3.14 \times 1^2 \times 10000 = 31400$$

である、然るに其兩端では纖維に沿ふて「シヤーン」が起り、丁度内徑二吋長さab圓筒が滑り抜ける勘定で

ある、此「シヤーン」の破壊に要する力は、

$$P = AS = 3.14 \times 2 \times 6 \times 600 = 22600$$

である、故に「テンション」の試験を終る前に二萬二千六百磅で已に「シヤーン」が其兩端に起る、故に之を避くる爲上の例にて ab の長さは六吋以上にせねばならぬ。

第七章 實用單位内力 Working Unit Stress.

断面積Aなる物體が、Pなる「ストレンクス」の許にある時、其「ユニット、ストレンクス」SはAを以てPを除する事に依りて得る事、及此Sを「アルタイムート、ストレンクス」或は「エラスティック、リミット」と比較して、其物體の安全の度合を推究することは前に述べた、此手續を Investigation と云ふ。是は實に機械構造應用上の先決問題であつて、非常に熟練を要する爲め、初學者は能く適當なる安全の度合を發見すること困難なるべきも、智識の増進するに従ひ「ユニット、ストレンクス」の適當なるか、過大なるかは、直ちに

判定する様になれる、故に學生は暫く次に示す種々なる場合に對する各材料の安全率の平均値を記憶して設計の基礎となすこと、最良の方法である。

全「ストレンクス」Pに堪へしむべき或る物體を設計するには、先づ安全なりと認むべき「ユニット、ストレンクス」Sを實驗上の規則に照して決定し次に適當なる大サ即ち斷面積を算出するを至當とする、此の

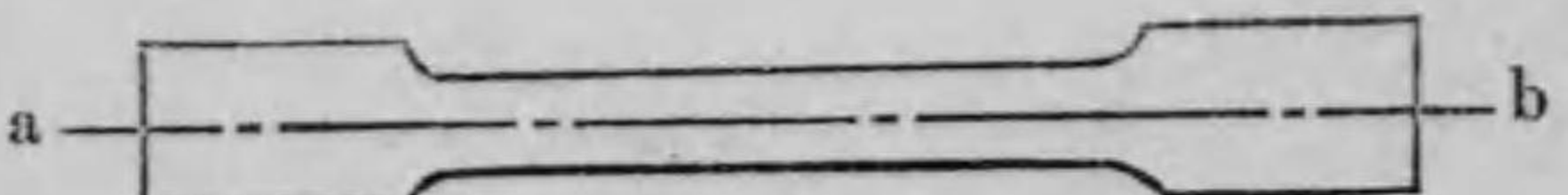


fig. V.

如くにして最初に決定すべき「ユニット、ストレス」を實用單位内力 Working Unit stress と命名する、即ち實用上適當なる、材料の「ユニット、ストレス」と稱するに外ならず、之を撰定するに當り注意すべき要件は次の如してある

- 一、「ウォーキング、ユニット、ストレス」は、決して「エラストイック、リミット」を超過すべからず。
- 二、「ウォーキング、ユニット、ストレス」は、靜荷重 Steady Stress よりは急荷重 Sudden Stress の場合に重きを置き、安全なる丈け小なる値を取るを要す。

第一に對する理由は、第二章の終りに述べたる通りで第二に對する理由は、急劇に働く荷物或は劇動は、靜かに安置せられたる者に比して、大なる「ストレス」を起すべきを以てである。即ち同じ材料を用ひて有るとも鐵道橋梁の如きは、急に重き荷物即ち疾走する列車を受くるを以て、屋根の如き、風雪によりて受くる荷物の外常に一定せる者に比して、低き「ユニット、ストレス」を採れよと云ふのである。

故に此表に示した「ファクトル」を以て、或る材料の「アルタイムト、ストレス」を除すれば、種々なる場合に適當なる「ウォーキング、ユニット、ストレス」を得る、例へば橋梁に用うる短かき木材の支柱に於ては殆ど毎平方時に付、

$$8000/10 = 800$$

Table V. Factor of Safty.

材料	ステイディー ストレス (建物の如き)	ウォーキング ストレス (橋梁の如き)	シヨック (機械の 如き)
木材	八	一〇	一五
煉瓦 及石材	一五	二五	三五
鑄鐵	六	一五	二〇
鍊鐵	四	六	一〇
鋼鐵	五	七	一五

ならぬ、而して斯様な構造物では必ず各部の強さを一様に有たしむること經濟上最も緊要である。如何となれば一部丈け丈夫にするも、他に弱き場所ありては、つまり丈夫な所の材料丈け餘分な勘定になるからだ。

問題 七、八萬二千磅の「ストレス」の許にあるべき鍊鐵製の「ロッド」あり、建築物及橋梁に用ふる場合の各に適當なる「ロッド」の直徑を求む。

第二編 材料の特性

機關構造上重もに使用せらるゝ六ツの材料の平均重量は其比重と共に次表に示すが如し、而して煉瓦の如き普通軟質の者と充分壓搾したる者と、其製造の方法によりて一立方呎の重量少きは百磅内外より多きは百五十磅以上に達する者あるが如く、同一材料にありても品質によりて等差あるは論なしと雖ども、爾後解説する所の例題等皆之に準據すべきを以て、學生は須らく留意記憶するを要す。

又一様の切斷面積を有する桿、梁及び管の平均重量を計算するに、次に示すが如き簡單なる規則にして、記憶に便なるを以て廣く技術者間に使用せらるゝものあり、即ち………

Table VI. Weight.

材料	每立方呎ニ付磅	比	重
木材	四〇、		〇、六
煉瓦	一二五、		二、〇
石材	一六〇、		二、六
鑄鐵	四五〇、		七、二
鍊鐵	四八〇、		七、七
鋼	四九〇、		七、八

斷面積一平方吋、長さ一「ヤード」の重量
鍊鐵を基として………十磅、
木材………鍊鐵の十二分の一、
石材………同上の三分の一、
煉瓦………同上の四分の一、
鑄鐵………同上より六%軽く
鋼鐵………同上より二%重し

例へば斷面の一邊一吋半と三吋にして長さ二十呎の鍊鐵桿は、其斷面積四平方吋半にして其重量は

$$3 \times 1.5 \times \frac{22}{3} \times 10 = 330$$

なるべく、同様なる鋼鐵桿は $330 + (330 \times 0.02) = 337$ 磅鑄鐵桿は $330 - (330 \times 0.06) = 310$ 磅なるが如し、故に反對に毎一「ヤード」の重量を知りて直ちに其斷面積を求め得べし、即ち十五呎の木材にて其重量百二十磅ありとせば、一「ヤード」の重量 $120 \div 5 = 24$ 磅にして、其斷面積は $\frac{10}{12} = 0.83$ 平方吋なるべし。

問題 八、斷面積の一邊十二吋と十八吋にして長さ四呎半の石材の重量幾許、
毎「ヤード」に付九十五磅の鐵道用「レール」の切斷面積は幾平方吋ありや、
長さ十二呎の鑄鐵製水管にして重量一萬磅ありと云ふ、斷面積幾平方吋ありや、

第九章 試験機械 Testing Machine.

材料強弱試験の最も簡單なる者は伸張試験「テンサイル、テスト」にして第六章に述べたる如き見本を用ふ。即ち其兩端を頸狀の機械によりて掴むか、或は螺旋を刻みて之を外力を加ふべき器械に強固に螺定するに便にす、而して外力は槓桿又は螺旋器によりて供給せられ、就中「カバシチー」(「テストイングマシン」の「カバシチー」とは「テンション」或は「コムプレッション」として活用すべき力の磅の數を云ふ)の大なる者は水壓を用ふるなり而して此等の力は靜かに遞加して決して急劇に或は突撃を以て供給せ

ず、漸々増加する力の量と「伸び」「エロゲンション」を記載し「ストレス」の増加よりは伸長の度の速かに増進したる時を以て「エラストイックリミット」となし伸びは常に最初の長さに對し%を以て現はす、此方法によりて種々なる材料の「エラストイック、リミット」「アルチメート、ストレッチングス」及び「アルチメートエロゲンション」を知るの外、柔軟にして伸び易き材料は、其「アルチメートエロゲンション」と斷面積の變化と同一程度を以て伴ふ者にあらざるを以て、破壊後の斷面積の變化も併せて記載するを常とす而して此の如き材料にては其變化急激に起る者にして屢々器械に装置せる秤腕の下降によりて之を知る、

「コムプレッシーヴ、テスト」は煉瓦及石材に限りて行はるゝも、或は金屬にありても其面上一樣なる壓力を受けざることありて安全の度を確むるに困難なる場合には、雙方の試験を用ふることあり、

「セメント」は常に「コムプレッション」の許に使用せらるゝ者なれ共大抵「テンション」によりて試験せらる是れ其方法容易にして且つ却て満足なる結果を得べきを以てなり、

針金或は「セメント」を試験する小なるに機械ありては千乃至二千磅以上の「カバシチー」を有せしむる必要なく金屬に用ふる者は普通五萬十萬或は十五萬磅の「カバシチー」を有す、「ウォーター、タウン」の機械の如きは百萬磅の「カバシチー」を有するも、能く毛髪の如き細微なる者より、斷面十平方吋を有する大なる鋼鐵桿に至る迄精密に試験するを得べし、「フェニクスビル」Phoenixvilleは「カバシチー」の

最大なる者にして實に二百十六萬磅なりとす、又時に「ビーム」の如く之を横へ其上に重量を加へ「撓度」「デフレクション」を検し重量を遞加して破壊するに至れば、此重量を以て比較上の「アルチメート、ストレッチングス」となすことあり、

問題 九、Phoenixville によりて斷面の一邊十吋と二吋八分五、長さ四十七呎の「アイバー」を試験し破壊後の長さ五十七呎、六、斷面積十三平方呎ありたりと云ふ、「アルチメート、エロゲンション」及面積の變化を「パーセンテージ」にて計算せよ、

第十章 木材 Timber.

木材の善良なる者は、其色及纖維組織一樣にして、節なく、樹皮下の軟質なく、風に震揺せられず、自然に凋枯せざる者にして、之を乾燥するには太陽と風との作用に任じ二三年間晒されたるを最良なりとす、又最も重き者は最も強固にして、色の黝黒なる者、木理の稠密せる者は常に比較的良質なりとす、而して其強度は「テンション」「コムプレッション」共に其木理に沿ふて縦の方向に丈夫にして、其横向に比して殆ど四倍なりとす、次表に示す所の者は普通使用せらるゝ數種に就きて選擇し、充分乾燥したる小なる見本によりて試験せる平均の値なるを以て、實際機關構造上に使用せらるゝ大なる者に至りては、此値の五十乃至八十%を採るを適當とす、加之生長の土地伐採の時期及乾燥の方法等は共に品質状態に關係すべきを以て、猶二十五%は計算上餘裕を與へざるべからず、故に此等の不同に應ずる爲め靜

荷重(「スチーデー、ロード」)の場合に於けるも、安全率を十として決して多きに過ぎざるなり。

Table VII. Strength of Timber.

種類	一立方呎に付磅	テンスイルス(二方時に付磅)	コムプレッション(同上)
矢鳩答	二五	八〇〇〇	五〇〇〇
白松	二七	八〇〇〇	五五〇〇
栗	四〇	一二〇〇〇	五〇〇〇
赤松	四二	九〇〇〇	六〇〇〇
姫小松	五四	一五〇〇〇	九〇〇〇
白松	四八	一二〇〇〇	八〇〇〇

木材の「シャールング、ストレングス」は「テッサイル」及「コムプレッション」に比して差異一層多く、其強さは前と反對に、縦に弱くして横に強し、即ち白松は木理を横断しては毎平方呎三千五百磅に堪ゆるも木理に沿ふては、漸く五百磅に過ぎず、栗は同く千五百磅に六百磅、姫小松及松は同じく四千磅と六百磅なり、「エラスチック、リミット」は完全に決定せられたる者稀にして、

善良なる見本により精細なる試験を行ひ、「アルチメイト、スレングス」の約二分一なるを知るも普通の状態にありては三分一とすれば安全なるが如し「アルチメイト、エロゲーション」は實に僅少にして漸く一或は%二の間にあり、

問題 十、断面二吋平方の白^{ホワイトセダー}杉は二十八萬八千磅の「コムプレッション」によりて破壊するとせば、二萬五千磅の「コムプレッション」の許にありて安全率を十ならしむるには、幾許の断面積となすべしや、

第十一章 煉瓦 Brick.

煉瓦は、粘土状の硅酸鹽を主分とし石灰滿掩及鐵の混合より成れる「クレー」によりて製造せらる、而して「クレー」は注意して砂石を去り其容積の約二分一の水を混じ、手^{ハンドスチル}攪機或は洩土機によりて充分攪拌し、手或は特殊の器械によりて長方形の模型に装入す、此の如くにして適當なる形状となし^{陰乾}にしたる者を「グリーン、ブリック」と稱す、「グリーン、ブリック」は燒窯中に堆積せられ其燃料に接する所は一部玻璃状を呈する迄、熱せらるゝこと殆ど二週間、而して取り出されたる煉瓦は之を三等に區分す、一を「アーチ、ブリック」と稱し其周邊燃料の燃焼する位置にありたる者其質硬くして脆し、二を「ボデー、ブリック」と稱し窯の中部にありたる者其質最良なり、三を「ソフト、ブリック」と稱し、堆積の外部にありたる者其質粗惡にして只填料として使用せらるゝに過ぎず、又舗石に用ふる煉瓦 *paving brick* は特殊の窯にて燒かれ屢々天然瓦斯或は油を用ひ、殆ど其堅質を損する迄高度に熱せらる、

普通煉瓦の大きさは、厚二吋巾四吋長八吋四分一にして一個の平均重量四磅半なり、然れ共嘗て述べたる如く壓搾製の者は殆ど五磅半に達することあり、而して其形状整然として各面平行し、組織一樣にして角端尖銳、急に之を擲つ時は恰も金屬の如き音響を發する者に非ざれば決して完全なる煉瓦と稱するを得ず又其他の状態同様なる時、最も重き者最も堅牢良質なり、

普通の煉瓦は之を乾燥したる時、自己重量の十乃至二十%の水を吸収するも、粗惡なる者は二十乃

至三十%を吸収すべく、堅き舗石煉瓦は僅に二或は三%を吸収するのみ、故に霜雪等の作用によりて起る分解に耐ゆる力を検定するには、各種煉瓦の質量によりて異なるべき吸収力試験を以て最良なりとす、即ち吸収力少き者は耐久性に富める者と断定するを得、

又煉瓦の「クラッシング、ストレンジス」(「破碎強」Crushing)は種々にして「ソフト、ブリック」は毎平方吋漸く五百磅に堪へ「プレスト、ブリック」は能く一磅萬に堪ゆ、又「ペーヴィング、ブリック」の最良なる者は一萬五千磅以上に達することあるも、平均毎平方吋に付三千磅となす、而して「クラッシング、テスト」は見本を製造するに當り完全に平行なる表面を保たしむること難くして之を行ふには非常の勞力と費用とを要す、

又「シャーリング」及「テッサイル」の試験は稀に行はるゝ所にして、「アルチメート、テッサイル、ストレンジス」五十磅より五百磅の間にあること、僅に世に知らるゝのみ、

問題 十一、厚さ十七吋高さ五十五呎の壁に於て最下層の「ユニット、ストレッセス」を計算せよ、又安全率は幾許となり居るや、

第十二章 石材 Stone.

砂岩石 Sand stone は讀て字の如く、重に石英質の砂より成り、熱及壓力の天然作用により凝固したる者なり、其色強さ耐久性種々ありと雖ども建築上主要なる材料として弘く利用せらる、一立方呎の

平均重量百五十磅、「アルチメート、コムプレッシヴ、ストレンジス」約五千磅なりとす、普通容易に切断し得て手工に便なりと雖ども「バスダム」砂岩 Baskam sand stone と稱する者は非常に堅質なり、

石灰石 Lime stone は凝固したる殻より成り其質一様ならず、大理石 Marble は天然の作用により石灰石中の不純物を去りて精製せられたる者にして殆ど純粹の炭酸石灰なり、光澤よく、切断し易く最も美麗なる建築材料の一なり、一立方呎の平均重量百六十磅、「アルチメートコムプレッシヴ、ストレンジス」七千磅とす

花崗石 Granite は水成岩の一種にして石英長石及雲母より成る、而して天然の作用により雲母を含むの量多き者は特に片麻石と稱す、手工に容易にして加之堅牢耐久の性に富む、或る種の者は非常に光澤ありて一立方呎の平均重量百六十五磅、「アルチメート、コムプレッシヴ、ストレンジス」一萬二千磅とす、

綠泥石 Tlap 或は玄武岩 Basalt は自然に開裂することなき水成岩にして、其質堅固にして緻密なるも其大塊は容易に開切すること能はざるを以て建築に適せず、只強固にして耐久性に富むを以て現はる、一立方呎の平均重量百七十五磅、「アルチメート、コムプレッシヴ、ストレンジス」一萬六千磅なりとす、以上示す所の「ストレンジス」は各種の小片に就て檢したる値にして大塊は實際上幾分か少し、又石材の品位は單に強さの試験によりて決定すること能はず、是れ其耐久性は氣候の作用に抵抗する所の

能力に非常なる關係を有するに依る、故に腐蝕、耐凍、觸撃試験に重きを置き、殊に實際使用したる状態の許に起る種々なる徴候に注目すること最も緊要なりとす。

問題 十二、底の一邊十二呎と三十呎、頂上の一邊八呎と二十四呎にして、高さ十六呎二分の一の石柱を作らんとす、毎立方「ヤード」六圓參拾五錢を要するとせば全體の費用幾許なりや、

第十三章 鑄鐵 Cast Iron.

鑄鐵は近世の發明に係り、十五世紀の始め英國に於て創製せられたり、先づ熔礦爐によりて鐵礦を熔解し得たる所の者を生鐵 Pig-iron とす、次に生鐵は再び熔礦爐 Cupola によりて熔解せられ模型に注入せらる此れ即ち鑄物にして、梁、柱、管、支柱、其他機關構造上必要なる種々なる材料となす。

生鐵を分つて二種とす、鑄造用及鍛冶用是なり、鑄造用生鐵は碎面暗灰色にして大なる結晶を有し金屬光澤あり、比重七、一乃至七、二にして四乃至六%の炭素を含む、鍛冶用生鐵は碎面淡灰或は銀白色にして、結晶小さく比重七、二乃至七、四にして二乃至四%の炭素を含む、含有炭素の量多き者は比重軽くして熔解し易し、尙此等の生鐵は炭素の外常に一乃至五%の硅素滿俺、磷、の如き不純物を含有す、

鑄鐵の品性及強弱は鐵礦の性質及び之が製鍊の方法によりて差あり、「コールド、プラスト」によりて得たる者は「ホット、プラスト」によりて得たる者より強く、長時間熔解したる者及數回熔解を反覆したる者は其質漸次善良となる、又濃灰色なる「フォージ、ピッグ」は滑かなる鑄物を得るも其質脆く、淡灰色の「ピッグ」は緻密の鑄物を得るも時に孔隙其他不完全の箇所を生ずる事あり、

又鑄鐵は其中に存在せる炭素の多寡を以て、其強弱を推定するの要となすを得べし、

鑄鐵は「コムプレッション」に強くして「テンション」に弱く其「アルチメート、ストレングス」前者は、九萬磅後者は二萬磅なりとす、又「エロンゲーション」は僅に一%なるを以て「コムプレッション」の場合に限りて使用すべく、且つ其「エラスティック、リミット」僅少にして脆弱に、變化の急劇に起ること恰も靱質の材料に於けるが如きを以て、荷重の常に變化する者或は激動を受くる場所には決して使用するを許さず、且つ前掲の「アルチメート、ストレングス」は其品質により時に十乃至二十%を減ぜざるべからず、問題 十三、每一「ヤード」三十一磅の鑄鐵桿ありて「テンション」の許にあり、之を破壊すべし「テンサイルフォース」幾許なるべきや、

第十四章 鍊鐵 Wrought iron.

舊約全書中創世記の一節に曰く、埃及の最も古き「ピラミッド」の一より幾多の鐵片を發見せり、蓋し純良なる礦石を用ひ高熱の火力によりて精製せられたる者なるべしと、依之觀之歐洲及亞細亞古代の人民は其當時已に鍊鐵及鋼鐵に付き多少の智識を有したるが如し、往時英人は高丘の頂に精鍊所を設け隧道を作りて通風を好くし、鐵礦中の炭素其他の不純物を除去して、殆ど純良なる鐵を得たりと云ふ、

近時最も廣く用ひらるゝ、鍊鐵精製の方法は「バットリング、プロセス」と稱し前章述ぶる所の「フォー
ジ、ビッグ」を用ふるにあり、即ち「ビッグ」は反射爐によりて熔解せられ、火焰の酸化作用を受けて不
純物を去り、適宜の小塊となして爐中より取り出さる、而して「スグイザー」によりて燒渣と區分し、轉
輾したる者を「マックバー」と稱す「マックバー」の再び切斷せられ堆積して熱せられ轉輾せられたる者
を「マーチャント、バー」と稱す「マーチャント、バー」の再び同様の操作を経たる者は「ベスト、アイオン」
にして、三度精鍊せられ良る者を「ベスト、アイオン」と云ふ、其質最良なるも價廉ならず、鐵
棒は断面或は圓形或は正方形或は四角形、鐵板は厚さ四分一吋より一吋に至り其幅長等定まり無
く、象形鐵は「アングル」、丁字形、「チャンネル」其他築造に用ふる種々なる形狀を有し、「ビーム」はI字
形、「デッキ」形、及「レール」形等種々ありて何れも轉輾機によりて製作せらる、但し「セープ、アイオ
ン」及「ビーム」は近來軟鋼「マイルド、スチール」を用ひて鍊鐵を用ひず、

鍊鐵は熔化法を用ひざる金屬鐵にして。○、二五%以下の炭素を含み、「テンサイル」及「コムプレッ
シヴ、ストレングス」殆ど相等しく每平方吋五萬磅より六萬磅の間にあり、「エラスチック、リミット」
每平方吋約二萬五千磅にして、「ストレックス」は變形と精密に比例せり、其質緻密にして加之柔靱に「ア
ルチメイト、エロングーション」二十乃至三十「パーセント」に達す、鈍延す雖く鍛接すべく、能く高度の
激動に堪ゆべしと雖ども、燒きを入れること能はず最高の熱にあらざれば熔解し難し、

鍊鐵の「コールド、ベンド、テスト」は其品質を檢する必要な方法にして、太さ四分三吋平方長さ十五
吋の、熱せざる桿を採り壓迫或は鈍撃によりて之を曲ぐるにあり、即ち橋梁等に用ふる者は、其彎曲部
の半徑、桿の太さの三倍にして、兩腕九十度の角を有する迄之を曲ぐるも、龜裂を生ずることなく「リベッ
ト」に用ふる者は、之を曲ぐることに八十度其内面全く相接するに至るも龜裂の生ぜざる者ならざる可
らず、此試験によりて破壊するが如き鍊鐵は、強さ靱性兩つながら乏しき者なり、

「ビッグ、アイオン」の品質竝に精鍊の方法は大に鍊鐵の強弱に關係を有し、又炭素を含む量の多さに
從て強さを増す、例へば「ベスト、アイオン」は「マーチャント、バー」に比して一〇%強く、「コールド、ロ
ーリング」は「エラスチック、リミット」及び「アルチメイト、ストレングス」を増すも靱質及び「アルチメ
イト、エロングーション」を減殺す、又燒きを戻す時は「アルチメイト、ストレングス」を低くするも、「エロ
ングーション」を増すが如し、鐵線は高度の「テンサイル、ストレングス」を有し時としては每平方吋十萬磅
以上に達することあり、

善良なる鍊鐵の「テンション」によりて破壊したる時は分子組織は纖維狀を表はし、「エラスチック、リ
ミット」に超過したる「シヨック」或は「レビテッド、ストレックス」に遭遇したる時は多少結晶狀を呈すべ
し、又「エラスチック、リミット」より僅かに超過したる「ストレックス」は少しく「パーマネント、セット」と
なすも「エラスチック、リミット」は以前に比して却て高きを見る、是れ明かに組織の變化によりて材料の

品質を損したるを證する者にして、曩きに基本の法則として述べたる如く、「ウオーキング、ストレス」は「エラスチック、リミット」以上ならしむるを禁ずる所以なり、故に充分安全なる度合は「ユニット、ストレップス」をして「エラスチック、リミット」の約二分一ならしむるにあり、

鍊鐵の品位を撰むに用ふる一般の方法は、其「テンサイル、ストレンジス」と「アルチメイト、エロゲンシヨウ」の相乗積を以て評價となすにあり、即ち此數は破壊の起るべき仕事の略近程度にして、例へば「テンサイル、ストレンジス」に強さも、「エロゲンシヨウ」の少き者は良質となす能はざるが如し、

問題 十四、一の鍊鐵桿あり、其一端を以て垂下したる時、自己の重によりて破壊の起るは、其長さ幾何なるべきや、

第十五章 鋼 鐵 Steel

鋼鐵は其始め火熱の作用により、純良なる鐵礦より直ちに製出せられ、鍊鐵に必要な程度まで炭素を抽出せざるに止まりしも、近時は専ら熔解法を用ふるに至れり、合衆國に於ける鋼鐵の定義を見るに、

鋼鐵は一種の熔解法によりて製造せられたる鐵にして、能く鈍延すべし、

と、而して其化學的成分は、鐵及炭素にして、其組織は鑄鐵及鍊鐵の中位にあるも、次に示すが如く只比重の少しく高きに止まり、含有炭素の量によりて鍊、鋼、を區別すること困難なりとす、

炭素%	比重	特 性
鑄 鐵 乃二、 至五、	七、二	〔熔解し易さも鈍延する能はず、
鋼 鐵 乃一、〇 至一、五	七、八	〔熔解すべく鈍延すべし、
鍊 鐵 乃〇、〇五 至〇、三〇	七、七	〔熔解し易く鈍延し難し、

鋼鐵製造法に三種あり、坩 埚 式、開 窯 式、オープン・ハース・プロセス「ベッセマー」式プロセス是なり、坩 埚 式にありては鍊鐵或は「プリスタル、スチール」を炭素及熔劑と共に、空氣の進入せざる密閉器中に置きて熔解し、最良なる「ツール、スチール」として用ひらる、開窯式にては「ビッグ、アイオン」を「シーメンズ」窯に於て熔解し鍊鐵の小片を添加し、必要なる炭素の度に至りて止む、「ベッセマー」式は「コムバートル」の中に「ビッグ、アイオン」を入れ通風によりて含有炭素を除き、輝鑲鋼スチールの一種を加へて再び必要なる炭素を收吸せしむるなり、此二式によりて得たる金屬は、鑄造して小塊となし轉輾して必要なる形狀となす、而して開窯式によりて得たる者は銃身装甲(軍艦の)等に用ひ、「ベッセマー」式によりて得たる者は鐵道軌條其他の機關構造に使用す、

鋼鐵の物理上の性質は、製造の方法及化學的成分によりて異なり、就中炭素含有の量は大に強弱に關係す、即ち滿俺は展性を高め、硅素は硬度を増し、燐及硫黃は脆弱ならしむるの傾あり、又適當なる

制限以内にて炭素を含むこと多き者は「アルチメート、ストレングス」強くして「エロゲンション」少し、炭素の量及物理上の性質によりて鋼鐵を分類すること左の如し、

「エッキストラハード、スチール」は炭素の量〇、六乃至一、〇%にして充分焼き入れ得るも鍛接し難く

「ハード、スチール」は炭素の量〇、四乃至〇、七%にして焼き入れ得るも辛ふじて鍛接し能ふ、

「メチアム、スチール」は炭素の量〇、二乃至〇、五%にして僅かに焼き得るも鍛接し得べく、

「マイルド、スチール」は炭素の量〇、〇五乃至〇、四%にして焼き入れ能はざるも容易に鍛接し能ふ、

而して「エッキストラ、ハード」は器具に用ひ、「ハード」は「ピストン、ロッド」其他の機械に、「メチアム」は軌條「タイアー」及銃身に、「マイルド」(或は「ソフト」)は「ビーム」其他の建築材料に用ひらる、

橋梁及家屋等に用ひらるゝ鋼は「アルチメート、ストレングス」毎平方吋六萬乃至七萬磅にして、「エラスチック、リミット」は同三萬乃至四萬磅なりとす、之に比すれば「ハード」及「エッキストラ、ハード」は大に強く、又「ニッケル」との合金は二十七萬七千磅の「テンサイル、ストレングス」を有し、「エラスチック、リミット」十萬磅以上なりと云ふ、

鋼鐵の「コムプレッション、ストレス」は常に「テンサイル、ストレングス」より強し、焼き入れせし鋼鐵に就て得たる結果毎平方吋三十九萬二千磅なりと云ふ、然れ共此比較的試験をなすは費用廉ならざるを以て行はるゝこと稀なり、

又「シャーリング、ストレングス」は「テンサイル、ストレングス」の約四分の三なりとす、

鑄鋼は多く「アクスル、ボックス」「クロスヘッド」及建築工の接合部に用ひられ、〇、二五乃至〇、五%の炭素を含み「テンサイル、ストレングス」は六萬磅より十萬磅の間にあり、

近時鋼鐵は軌條其他の建築材料として全く鍊鐵を壓倒するに至れり、是其價相等しくして却て強固に、且其製品の組織純一なるを以てなり、就中「マイルド」及「メチアム」の如きは其用途益々廣く殆んど底止する所を知らざるなり、

問題 十五、短かき「ピストン、ロッド」あり直径二十吋の「ピストン」に用ひられ、毎平方吋の蒸汽壓力百五十磅なりと云ふ、此鋼の「アルチメート、ストレングス」を毎平方吋九萬磅なりとすれば、「ロッド」の徑を幾許となすべきや、但し安全率は前表によりて求むべし、

第十六章 其他の材料

漆灰 Mortar は一容の石灰と五容の砂より成り、其強さは常に經過する時日と共に増加し、又砂の容量少きに從て増加す、六ヶ月を経たる者にては其「テンサイル、ストレングス」毎平方吋十五磅乃至二十磅、「コムプレッション、ストレングス」同百十五磅乃至三百磅とす、

水硬膠泥 Hydraulic Mortar は「セメント」及砂を種々なる割合に配合したる者にして、強さの増減は前の如く時日に比例して砂の分量に反比をなす、通例三容の砂と一容の「セメント」より成り、純料な

る「セメント」に比して強さ四分の一なりとす、

「セメント」Cement、「ローセデール、セメント」は「ポートルランド、セメント」に比して其色淡にして軽く強さ少しく低さも凝固し易く價廉なり、純粹なる「ローセデール、セメント」の一週間を経たる者は「テンサイル、ストレグス」百二十五磅にして、「ポートルランド、セメント」は三百磅なり一ケ年の後は「ポートルランド」五百磅「ローセデール」三百磅となるべく、「コムプレッシーヴ、ストレグス」は八倍乃至十倍にして時日を経るに比して強さの増加速かなり、

「コンクリート」Concrete は水硬、膠泥及小石より成り往古より羅馬人によりて廣く使用せらる、重に基石及一柱石 Monolithicとして用ひらるゝも、時として其大塊を疊んで恰も石工に於けるが如く使用す、是亦漆灰の如く年を経るに従ひて強さを増し、六ヶ月を経たる時「コムプレッシーヴ、ストレグス」七百磅より千五百磅の間にあり、一ケ年を経たる時は凡そ五〇%を増加す、

綱索 Rope は「マニラ」の麻にて作り其中心に鐵或は綱の線條を包みたる者なり、直徑一吋の者「アルチメート、ストレグス」六千磅を有し、安全なる「ウオーキング、ストレグス」は凡そ八百磅とす、而して「マニラ、ロープ」と稱する者は之に比して少しく強し、

鐵或は綱の索條は直徑一吋の者甲は三萬六千磅乙は五萬磅の「アルチメートストレグス」を有し「ウオーキング、ストレグス」前者は六千磅後者は八千磅とす、

又大略の規則として、綱の強さは直徑の自乗に比例すと云ふ、

「アルミニウム」は銀灰色の金屬にして、柔軟にして、鈍延すべく、比重凡二、六五にして一立方呎の重量百六十八磅に過ぎず、「アルチメート、ストレグス」凡二萬五千磅にして「エロゲーション」低し、其銅との合金は鍊鐵に比して「テンサイル、ストレグス」及び「エロゲーション」非常に高きも建築材料として使用せらるゝことなし、

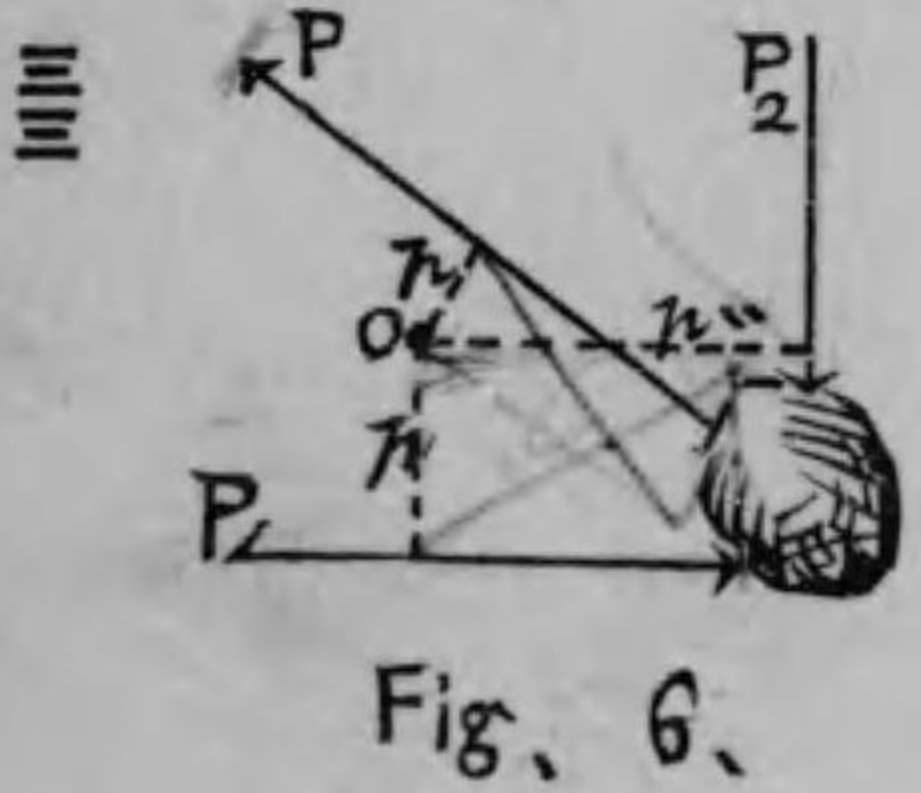
問題 十六、鉛及黃銅の各一方呎の重量、及び「アルチメート、ストレグス」を檢定せよ、

第三編 「ビーム」の「モーメント」

第十七章 「モーメント」の原理

「或る一點に關して力の「モーメント」」とは、其點の周圍に回轉を起因すべき力の傾向を計る量のことなり、即ち「モーメント」とは、力の量と其「レヴァー、アーム」の相乗積にして「レヴァー、アーム」とは其一點より力の方向に下せる垂直距離を云ふ、

今Pを或る力としPを或點Oより引きたる垂直線とすれば、P₁は即ち其點Oに關してPの「モーメント」なり、而してPを磅にて現はしPを呎或は時にて現はす時此「モーメント」は幾磅呎或は幾磅吋なりと稱す、蓋し之を呎磅或



る「セメント」に比して強さ四分の一なりとす、

「セメント」Cement. 「ローセンドール、セメント」は「ポートルランド、セメント」に比して其色淡にして軽く強さ少しく低きも凝固し易く價廉なり、純粹なる「ローセンドール、セメント」の一週間を経たる者は「レンサイル、ストレグス」百二十五磅にして、「ポートルランド、セメント」は三百磅なり一ケ年の後は「ポートルランド」五百磅「ローセンドール」三百磅となるべく、「コムプレッシーヴ、ストレグス」は八倍乃至十倍にして時日を経るに比して強さの増加速かなり、

「コンクリート」Concrete は水硬、膠泥及小石より成り往古より羅馬人によりて廣く使用せらる、重シクに基石及一柱石 Monolithic として用ひらるゝも、時として其大塊を疊んで恰も石工に於けるが如く使用す、是亦漆灰の如く年を経るに従ひて強さを増し、六ヶ月を経たる時「コムプレッシーヴ、ストレグス」七百磅より千五百磅の間にあり、一ケ年を経たる時は凡そ五〇%を増加す、

綱索 Rope. は「マニラ」の麻にて作り其中心に鐵或は綱の線條を包みたる者なり、直径一時の者「アルチメイト、ストレグス」六千磅を有し、安全なる「ウオーキング、ストレグス」は凡そ八百磅とす、而して「マニラ、ロープ」と稱する者は之に比して少しく強し、

鐵或は綱の索條は直径一時の者甲は三萬六千磅乙は五萬磅の「アルチメイトストレグス」を有し「ウオーキング、ストレグス」前者は六千磅後者は八千磅とす、

又大略の規則として、綱の強さは直径の自乗に比例すと云ふ、

「アルミニウム」は銀灰色の金屬にして、柔軟にして、鋸延すべく、比重凡二、六五にして一立方呎の重量百六十八磅に過ぎず、「アルチメイト、ストレグス」凡二萬五千磅にして「エロンゲーション」低し、其銅との合金は鍊鐵に比して「レンサイル、ストレグス」及び「エロンゲーション」非常に高きも建築材料として使用せらるゝことなし、

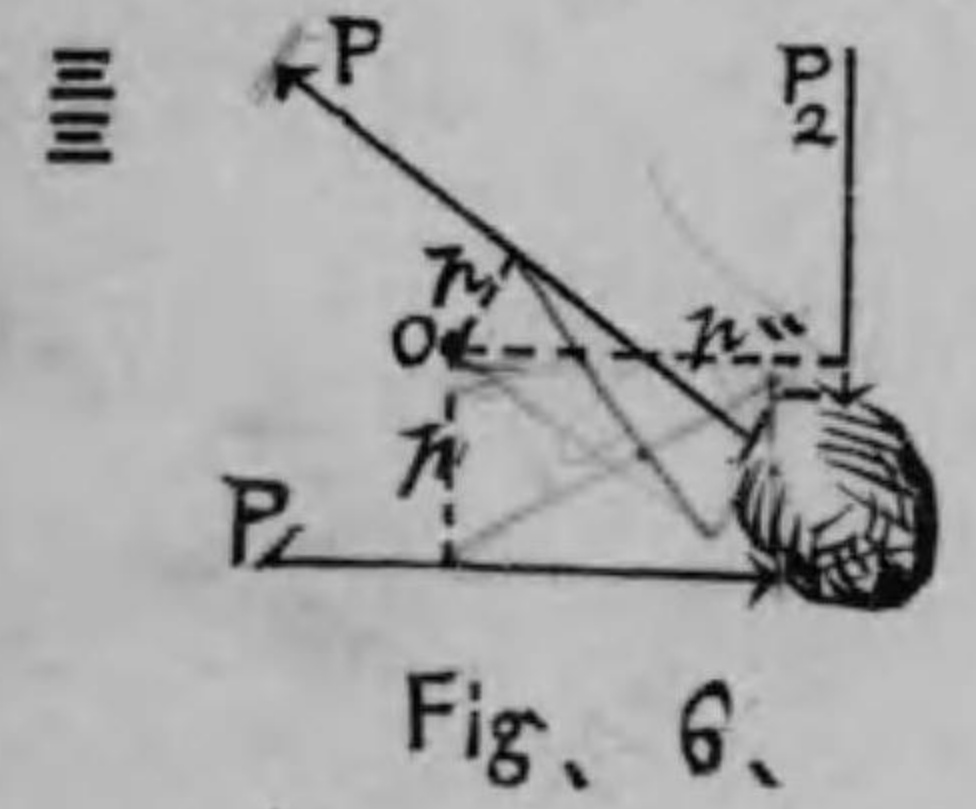
問題 十六、鉛及黃銅の各一方呎の重量、及び「アルチメイト、ストレグス」を檢定せよ、

第三編 「ビーム」の「モーメント」

第十七章 「モーメント」の原理

『或る一點に關して力の「モーメント」』とは、其點の周圍に回轉を起因すべき力の傾向を計る量のことなり、即ち「モーメント」とは、力の量と其「レヴァー、アーム」の相乗積にして「レヴァー、アーム」とは其一點より力の方向に下せる垂直距離を云ふ、

今Pを或る力としPを或點Oより引きたる垂直線とすれば、P₁は即ち其點Oに關してPの「モーメント」なり、而してPを磅にて現はしPを呎或は時にて現はす時此「モーメント」は幾磅呎或は幾磅時なりと稱す、蓋し之を呎磅或



は時磅と唱ふる時は仕事仕事の量と混同すべきを以てなり、

重學に於て最も必要なるは「モーメント」の原則にして次の如し、即ち「一平面上に於ける數力互に平均する時、此等諸力の働く物體は靜止の状態にある者にして、或る一點の周邊を回轉せしむべき傾向を有せず、之を均勢均勢を保つ Be in Equilibrium」と稱す、故に諸力の均勢を保つ時、或る一點に關する「モーメント」の代數的和は常に零に等しかるべし、

而して「レヴァー、アーム」を計る爲めに定められたる一點を、「モーメント」の中心中心と稱し、便宜上此中心の周圍に時計の指針の方向に回轉せしむべき力を正とし、反對に回轉せしむる力を負とす、例へば上圖に於ける P_P 及 P_{P_1} は負の「モーメント」にして P_{P_2} は正の「モーメント」なるが如し、故に此三方の均勢を保つ場合には $P_P + P_{P_1}$ は P_{P_2} と等量なるべく、或は其代數的和は 0 なる可し、此事實は 0 點の位置を何れに取るも常に眞なりとす、

「ビーム」の強さを度る總ての試験は實に此「モーメント」の原則に従ふ者なり、即「ビーム」は自己の重量及び其上に載すべき下向の荷重と、支柱支柱に於ける上向の壓力と、互に平均すべき一の物體にして、靜止の状態にある時其平面上の或る一點に關する此等の諸力は均勢を保ち「モーメント」の代數的和は零なるべし、其他與へられたる荷重に依て起るべき「ビーム」各點の「ストレス」亦此「モーメント」の原則によりて決定せらるゝなり、

問題 十七、前圖に於て諸力均勢にある時 P_1 を五百磅 P_2 を八百六十六磅とし、 P を一呎半 P_1 を三呎半 P_2 を五呎とせば、 P は幾許磅なるべきか、

第十八章 支柱の抵抗力 Reactions of supports.

茲に其兩端に近く支柱を有する「シムブル、ビーム」(第四編に詳説すべし)ありて、其長さ二十呎とす、而して左方の支柱を距る六呎の所に P 磅の荷重を置きたりとして R_1 及 R_2 の抵抗力抵抗力を求む、

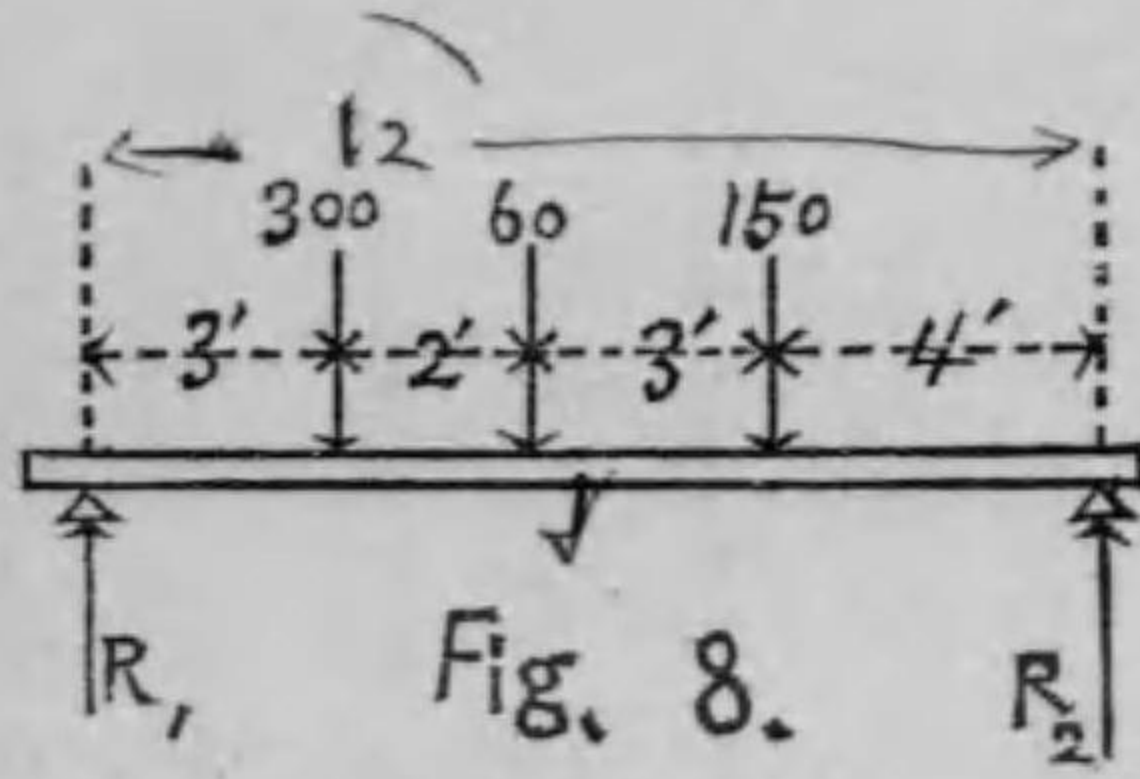
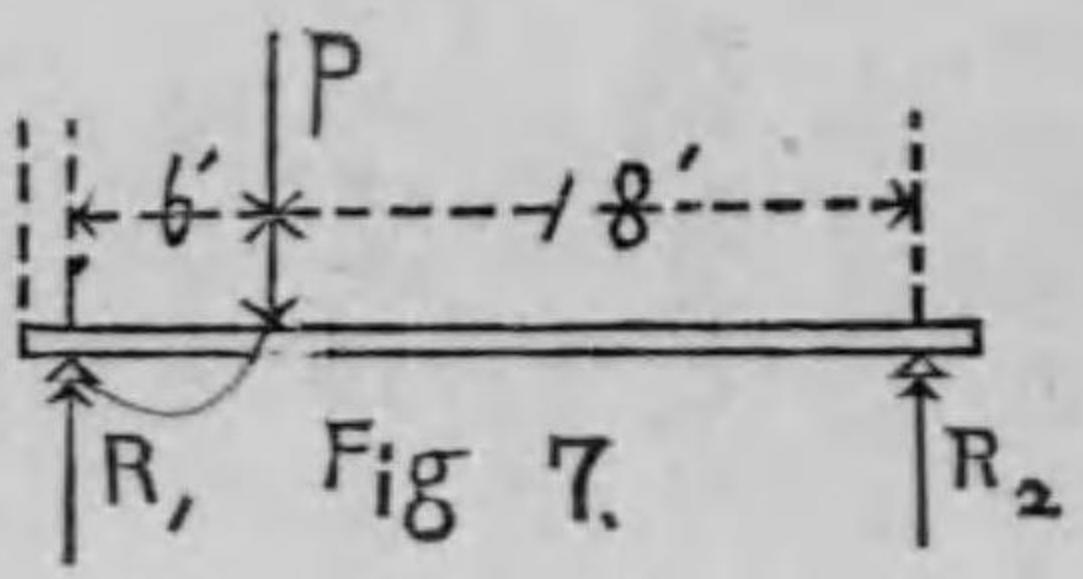
今「モーメント」の中心を右方の支柱に取れば R_1 の「レヴァー、アーム」は二十四呎にして P の「アーム」は十八呎、而して R_2 の「アーム」は 0 なるべし、故に「モーメント」の原則によりて $R_1 \times 24 - P \times 18 = 0$ 或は $R_1 = \frac{P \times 18}{24} = \frac{3}{4}P$ なり、次に「モーメント」の中心を左方の支柱に取れば R_1 の「レヴァー、アーム」は 0 にして、 P の「アーム」は六呎、 R_2 の「アーム」は二十四呎なり、故に前の如くにして、

$-R_2 \times 24 + P \times 6 = 0$ 或は $R_2 = \frac{P \times 6}{24} = \frac{1}{4}P$ を得べし即ち此二つの抵抗力の和は明かに荷重に等しくして「ビーム」は均勢を保つべし、

又「ビーム」自己の重量のみによりて起るべき抵抗は全部の重量共中心に凝集したる者と想像して方程式を作るにあり、例へば「ビーム」の重量を W ありとすれば

$$R_1 \times 24 - W \times 12 = 0 \qquad -R_2 \times 24 + W \times 12 = 0$$

を得て之より $R_1 = \frac{1}{2}W$ 及び $R_2 = \frac{1}{2}W$ なるを知る、



し R_1 を左方の抵抗 R_2 を右方の抵抗とし前の解法によりて

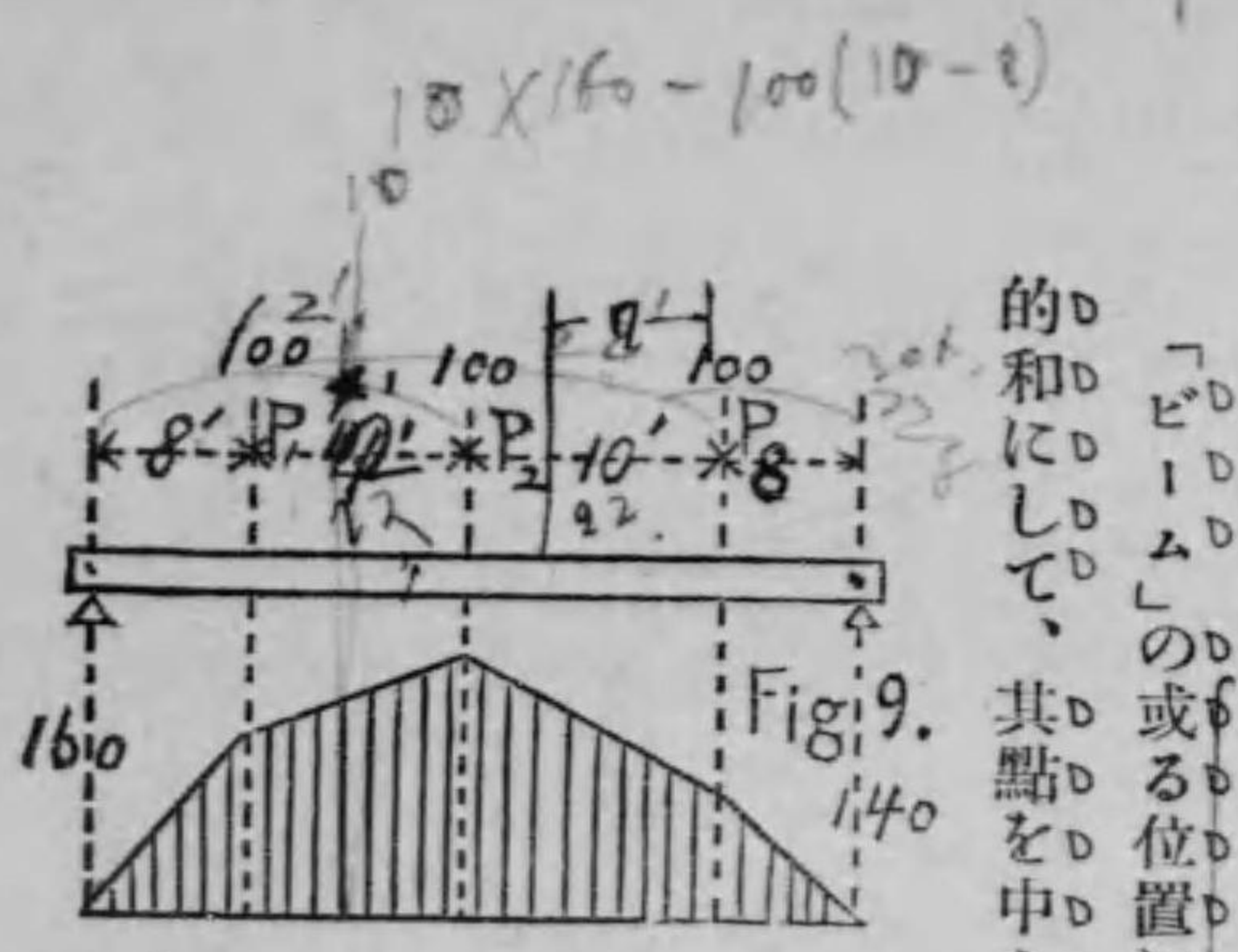
以上述ぶる所により一の「ビーム」上に荷重を置きたる時「ユニフォーム、ロード」及「コンセントレテッド、ロード」の兩者によりて起る抵抗も亦計算し得べし例へば兩支柱間の長サ十二呎にして每一呎の重量三十五磅の「シムプル、ビーム」あり、左方の支柱より三呎、五呎及八呎の所に三百磅と六十磅と百五十磅の荷重を置きたりとせよ、今右の支柱を「モーメント」の中心としの抵抗を計るに、「ビーム」の全重量 $35 \times 12 = 420$ 磅は其中心に凝集したる者と想像し、方程式 $R_1 \times 12 = 420 \times 6 + 300 \times 9 + 60 \times 7 + 150 \times 4$ により $R_1 = 520$ 磅を得、又左の支柱を中心として同様に $-R_2 \times 12 + 420 \times 6 + 300 \times 3 + 60 \times 5 + 150 \times 8 = 0$ により $R_2 = 410$ 磅を得べし、即ち R_1 及 R_2 の合計九百三十磅は明かに「ビーム」自己の重量及三つの荷重の和に等しきなり、

又「モーメント」の原則により「ビーム」の抵抗に關する他の問題を解釋し得べし、例へば長サ十二呎にして每一呎の重量三十磅の「シムプル、ビーム」ありて六百磅の荷重を支ふと云ふ、今左方の抵抗をして右方の二倍ならしめんとせば、左方の支柱を距る幾許の所に此荷重を置くべや、即ち x を左方よりの距離とし

$R_1 = 180 + 50(12 - x)$ 及 $R_2 = 180 + 50x$ なる二方程式を得 R_1 を R_2 に等しくすることによりて之を解き $x = 2.8$ 呎なるを知る、

問題 十八、兩支柱の距離十八呎にして每一呎の重量三十磅の「ビーム」あり、左端より五呎の所に七百磅の重量を置き、右端より八呎の所に五百磅の重量を置きたる時、此全荷重によりて起る抵抗を計算せよ、

第十九章 Bending Moment.

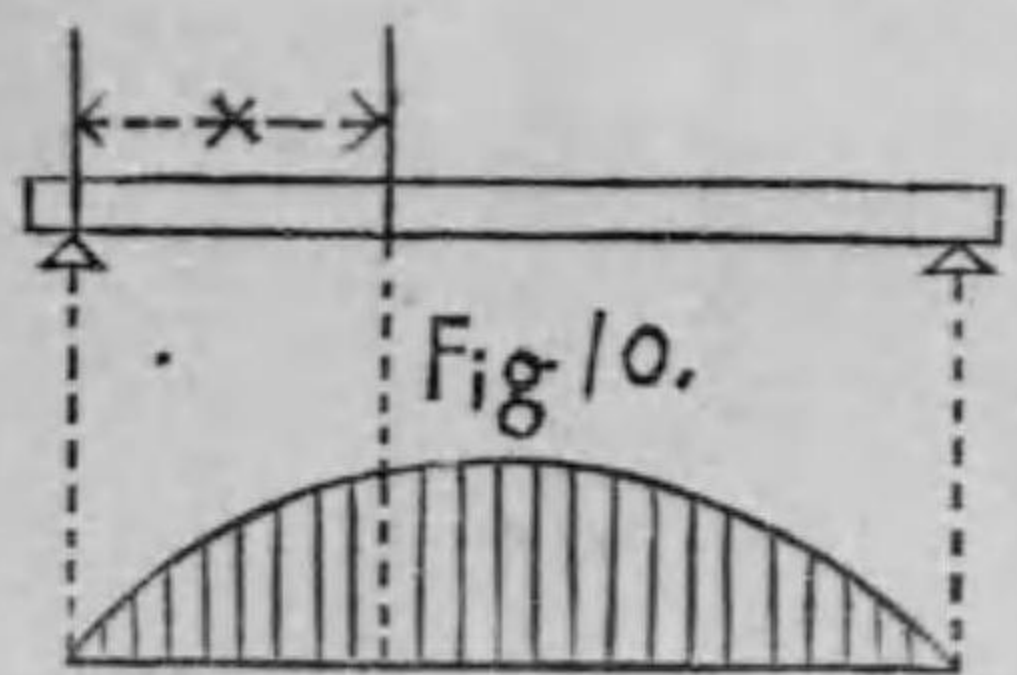


「ビーム」の或る位置に於ける「ベンディング、モーメント」とは其區劃の左方に於ける垂直諸力の代數的和にして、其點を中心として回轉を起すべき諸力の傾向を計る量を云ふ、故に「ビーム」の兩端に於ては一の「ベンディング、モーメント」無きも其他の各區劃には悉く存在せり、「ビーム」の内部に於ける水平の「ストレッス」は全く此「ベンディング、モーメント」によりて起る者にして、「モーメント」の大なる所は從て「ストレッス」大なりとす、

例へば「ビーム」の長さ三十呎にして左方の支柱より八呎十二呎及二十二呎の所に、各百磅の三つの荷重を擔ふこと第九圖の如き時、前章の解説によりて左柱の「リ、アクション」 R_1 は百六十磅、右方の「リ、アクション」 R_2 は百四十磅

なるを知る、今左端を距る四呎の一點を取りて考ふるに、前に云へることによりて「ベンディング、モーメント」は $160 \times 4 = 640$ 磅呎にして八呎の一點にては $160 \times 8 = 1280$ 磅呎なるべし、次に十呎の一點を取りて考ふるに此所にては其左方に上向の「リ、アクション」百六十磅と下向の荷重百磅の二つの垂直力ありて、「アーム」は十呎及二呎なり、故に此所に於ける「ベンディング、モーメント」は $160 \times 10 = 1600$ 磅呎、同様に「ビーム」の中央（左端を距る十五呎）の所にては

$160 \times 15 = 2400$ 磅呎、第三の荷重のある所にては千二百二十磅呎、右の支柱を距る三呎の所にては四百二十磅呎なるべし、此の如くにして得たる各所「ベンディング、モーメント」の値を第九圖中の下方に示せる縦線によりて現はし其頂點を連ぬる時は一の「ダイアグラム」を得べく、「ビーム」の全長を通じて「モーメント」の如何に變化するかを知り得べし、



又長さ l にして其每單位長の量量 w 磅なる「シムプル、ビーム」にありては各「リ、アクション」は $\frac{wl^2}{2}$ なるべし、今左方の支柱を距る x の一點を取りて考ふるに、 x の間にある全重量 wx は其中央 $\frac{x}{2}$ の所に凝集したりと想像すれば $wx \times \frac{x}{2}$ は下向の「モーメント」、又「リアクション」に其「アーム」を乗じたる者 $w \times x \times x$ は上向の「モーメント」なるを以て $\frac{wl^2}{2} \times x - wx \times \frac{x}{2}$ は即ち x に於ける「ベンディング、モーメント」なるべし、例へば w を八十磅とし l を三十呎とする時に於ける「ベン

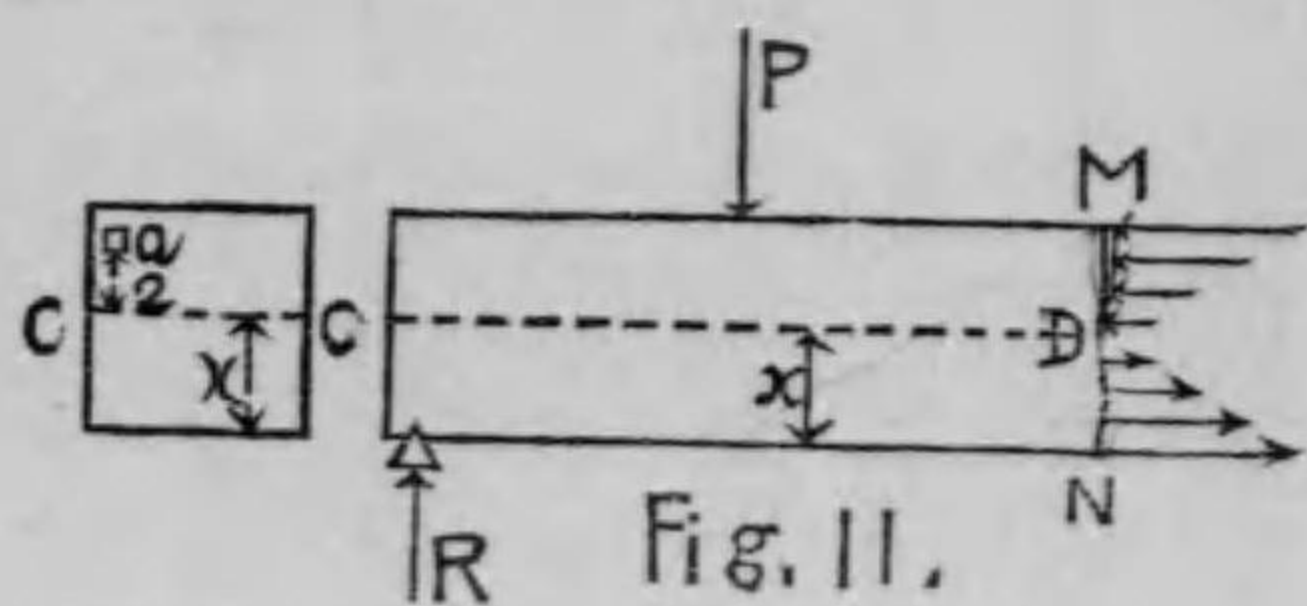
ディング、モーメント」は前式によりて $1200x - 40x^2$ なり故に $x = 15$ とすれば 8000 磅呎、 $x = 0$ とすれば 5000 磅呎、次に $x = 30$ としたる時は再び 5000 磅呎となるべし、次下之に做ふて計算したる「モーメント」を縦線に現はし、其終端を組めば第十圖に於けるが如き「ダイアグラム」を得べし即ち「ユニフォームロード」に於ける「ダイアグラム」は常に普通の「パラボラ」を作るべし、

以上解説する方法により、「ユニフォーム」、「コンセントレテッド」二つの「ロード」を有する「ビーム」の總ての區割に於ける「ベンディング、モーメント」亦容易に求むることを得べく、其「ダイアグラム」は「ユニフォーム」の者を横線の上部に「コンセントレテッド」の者を其下部に畫くを定法とす、

又「ビーム」の最大なる「ベンディング、モーメント」は最大なる「ストレス」の許にある位置を示し、通例其中央に近き所或は「コンセントレテッド、ロード」の直下なるべし、

而して「シムプル、ビーム」に於ける「ベンディング、モーメント」は常に正符なるべく、又上に述べたる如く、種々の混雜を避くる爲め、垂直諸力は常に區割の左方に採りたるも、之を右方に採りたる結果亦必ず同數なる可し、

問題 十九、長サ十二呎、每呎の重量六十磅の「ビーム」あり、左端より四呎の所に百二十五磅の荷重を置きたる時、左柱より二、四、六、八、十呎の各所に於ける「ベンディング、モーメント」を計算し併せて其「ダイアグラム」を作れ、



一の「シムプル、ビーム」ありて其内の或平面MNを通じて切斷し、其右方を除きたりと想像せよ、然らば殘餘の部分をして以前の如く均勢を保たしめんとせば、第十一圖に示すが如く、其平面上更に一種の水平力を加へざるべからず此等の諸力は即ち「ビーム」の内部に於て「ベンディング、モーメント」の爲に起る「ホリゾンタル、ストレス」を表示する者なり、又實驗によりて「ビーム」の側面には「ベンディング」の爲に其長さの變化することなきCDなる一線の現存せる、を知る、此位置に於ては「ストレス」の起ることなきも、此線を境として其上部にある「ビーム」の纖維は常に壓迫せられ、其下部にある者は常に伸長せらる

又此CD線は「ビーム」の長さの方向及幅の方向何れを取るも、總ての縦断面中に發見せらるべし、是即ち「ビーム」の中部に「中立面 Neutral surface」の擴布せるを示す者にして、此中立面と切斷面の交切する所CDを其斷面の中立線或は伸縮中線 Neutral axis と稱す、爰に想像したる如く、MNなる斷面の左方にある「リ、アクション」及此斷面に働く諸水平力は共「ビーム」をして均勢を保たしむるを以て、「リ、アクション」の「モーメント」及Dに關する左方荷重の「モーメント」の代數的和は即ちMNに於ける「ベンディング、モーメント」にして前章述ぶる所の方法により其値を求め得べし、

次に實驗により此水平の「ストレス」は中立線より上下に遠かるに従ひて一樣に其の大きを増すと圖に示すが如きを知る、故にSを以て中立線と上端或は下端との中央に於ける（即ち平均の）「ユニット、ストレス」は S_N なるべし、

「レヂスチング、モーメント」とは此の如く中立線に關係して、其斷面に働くべき「各水平なる「ストレス」の「モーメント」の代數的總和に命名したる術語なりとす、今之を詳説せんに、中立線よりZの距離にある一の小なる單位面積を a とすれば、此所に於ける「ユニット、ストレス」は前に云へる如く S_N なるを以て、 a に於ける全「ストレス」は $S_N a$ なるべし、故にDに關係して此「ストレス」 $S_N a$ の「モーメント」は之に「レザア、アーム」Zを乗じたる者即ち $S_N a Z$ なり、而して「レヂスチング、モーメント」は此等「モーメント」の代數的總和にして Σ を以て總和の符號とすれば、

$$\text{Resisting moment} = \Sigma S_N a Z^2$$

なりとす、然るに $\Sigma S_N a Z^2$ は第二十二章に於て詳論する所の慣性力率 Moment of inertia と稱する者にして、 i を以て現はすを定則とす故に

$$\text{Resisting moment} = \frac{S_N}{c} \Sigma a z^2 \dots \dots \dots (1)$$

此れ各種の切斷面に適用せらるべき一般の公式にして後章「ビーム」の設計上絶へず應用さるゝ者と

Aとして前法を適用すべし、各種轉轍せられたる材料にありては此法によりて製造者の計算したる者、別に技術者の便覽に供する者あり、

附言、三角形の「ビーム」は事實に於て決して使用せらるる者にあらずと雖ども、深さdなる三角形に於てはCは $\frac{1}{2}d$ に等しきこと、亦記憶せざるべからず、

問題 二十一、四吋と四分三吋との長方形の「フランジ」を有する「デッキ、ビーム」あり、其「ウェブ」五吋と二分一吋、楕圓形の頭部深さ一吋にして面積一、六平方吋なる時、頭部頂端と重心との距離幾許なりや、

第二十二章 慣性力率 Moment of inertia

或る平面の慣性力率は、第二十章に於て略述したる如く、或る軸に關係して其各基本面積と其軸との距離の自乗とを相乗したる者の總和 $\int az^2$ にしてIを以て之を現はす、而して「ビーム」の解説にありて其軸は常に断面の重心を過ぎり頂邊及底邊に平行に取らる、

茲に幅b、深さdなる長方形の切断面のIを求めんとす、CC'をbに平行にして重心を過ぎる軸とし、基本面積aの一行はCC'に平行してEE'なる綫を作りてCC'よりzの距離にありとせよ、今深さdに平行なる縦線ghを作りee'をz即

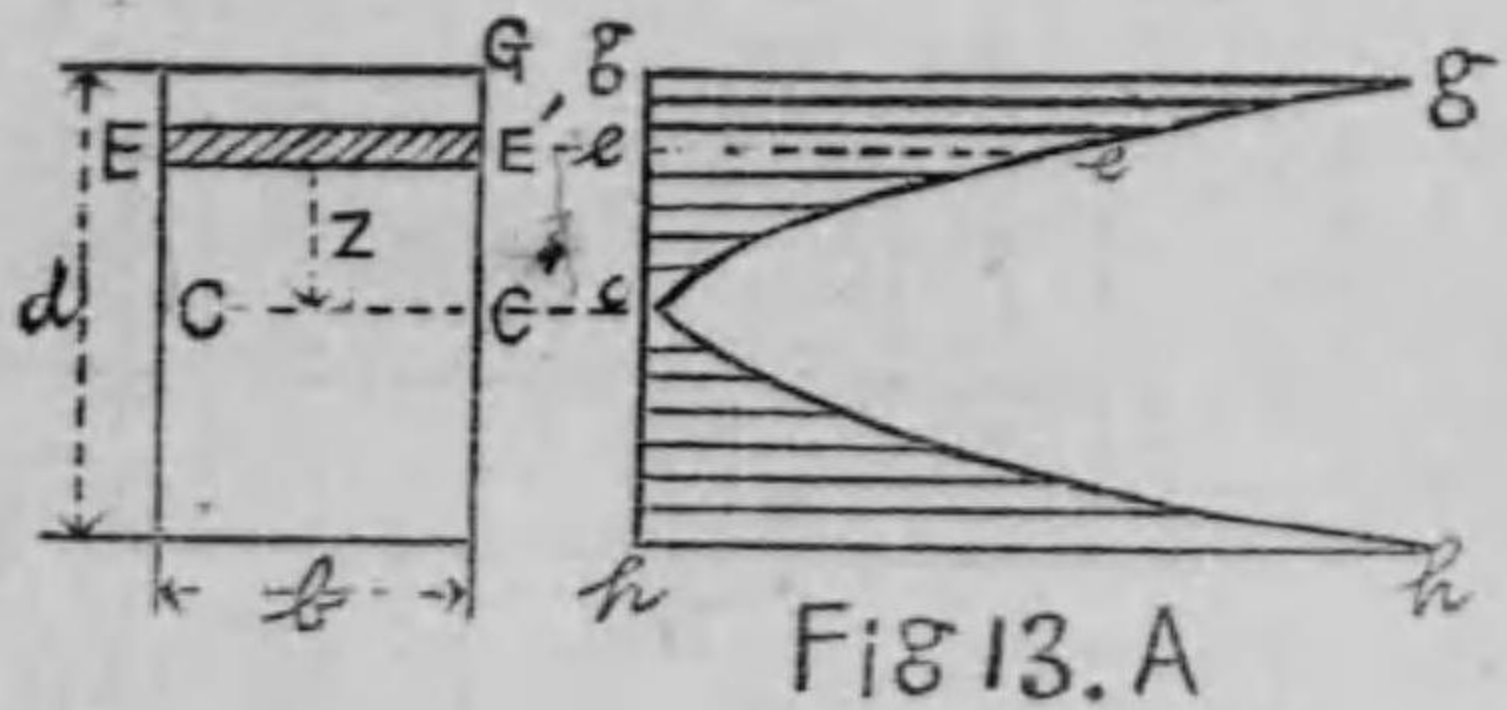


Fig 13. A

ちEの自乗に等しくgg'をCC'の自乗に等しく取れ、然らば基本の相乗積 az^2 はEE'に乗じたる者にして $\int az^2$ はbd面上に直立する立體(第十、三圖、B)によりて表示せられ、種々なる高さee'は $\frac{1}{3}d$ なる陰影部の圖によりて知り得べし、即ち此立體は陰影部に長さbを乗じたる者なるべし、而してee'はee'の自乗に等しく取りたるを以て $\frac{1}{3}d$ なる曲線は「パラボラ」なるべく、其陰影部の面積は $\frac{1}{2}bd$ の三分一に相當す、然るにghはdに等しく、gg'は $\frac{1}{3}d$ の自乗に等しきを以て此陰影部の面積は $\frac{1}{3} \times d \times \frac{1}{3}d^2 = \frac{1}{9}bd^3$ によりて現はし得べし故に

$$I = b \times \frac{1}{9}d^3 = \frac{1}{9}bd^3$$

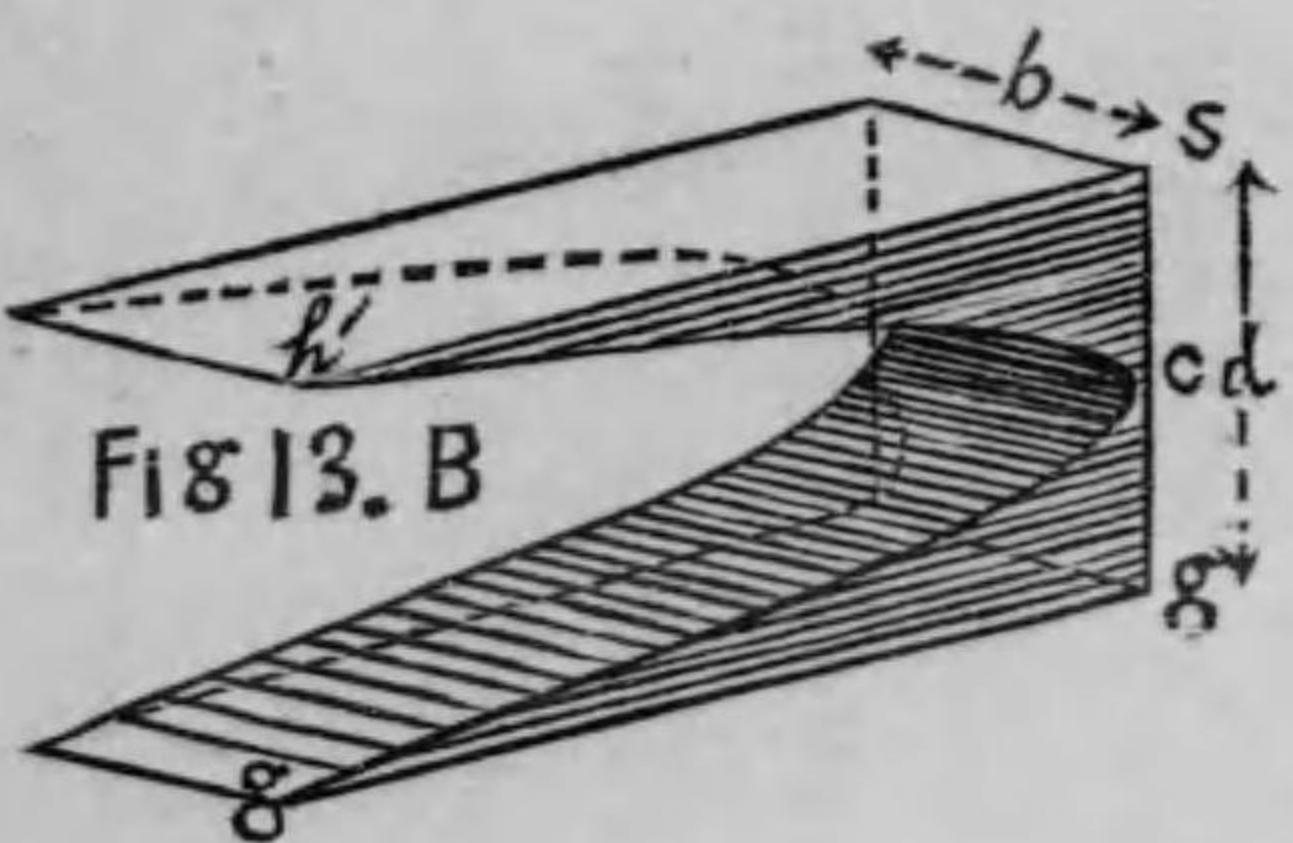


Fig 13. B

の重軸は心を過ぎりたる長方形断面の慣性力率とす
 屢述ぶる如く此力率は面積及距離の自乗の相乗積によりて成れる複成量にして、線單位を相乗するごと四度たり、例へばbを三吋dを四吋とせばIは十六にして之を十六吋四乗(16 inches⁴)となすが如く、常に數單位の四乗を以て現はす者なり、
 又同軸に屬する慣性力率は之を加減し能ふこと、猶他の種々なる量に於けるが如し、例へば中空の長

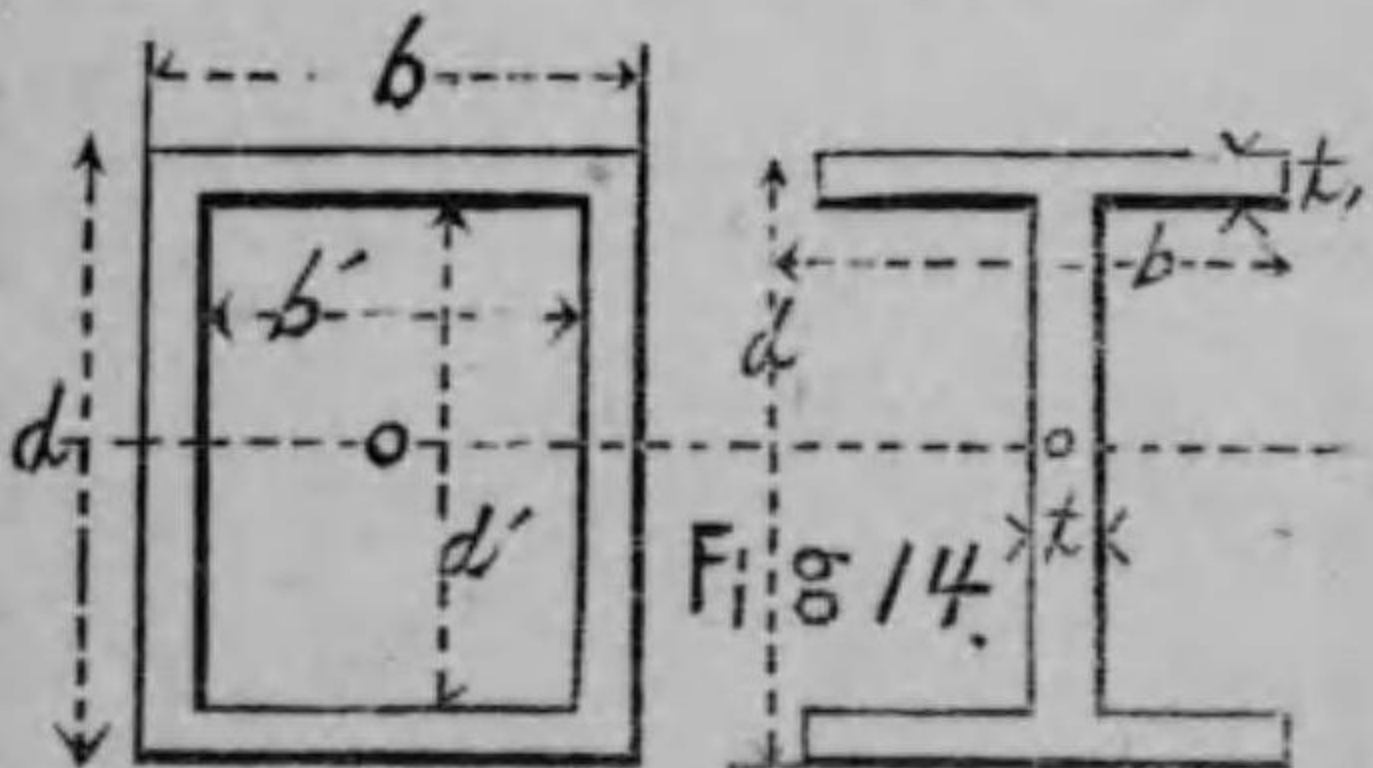


Fig 14

方形あり其厚さ全部一樣にして、外部の幅をb深さをdとし内部の幅をb'深さをd'とする時、此断面のIは外部の者より内部のものを減ずることによりて得らるべし、即ち $I = \frac{1}{12}bd^3 - \frac{1}{12}b'd'^3$ は其面積 $bd - b'd'$ なる長方形の慣性力率なり、普通のI字形の「ビーム」にして上下の「フラッジ」等しき者亦同法を適合すべし、例へばbを「フラッジ」の幅、dを全體の深さ、tを「ウェップ」の厚さ、t₁を「フラッジ」の厚さとする時 $(b-t)(d-2t)$ なる面積の力率をbdなる面積の力率より減じたる者即ち

$$I = \frac{1}{12}bd^3 - \frac{1}{12}(b-t)(d-2t)^3$$

はI字形の「セクション」に於ける慣性力率とす、

丁「セクション」のものにありては、先づ前章の方法によりて「ウェップ」の終端より、重心を過ぎる軸に至る距離Cを求めよ、從て「フラッジ」の端より軸迄の距離C₂を得べし、而してbを「フラッジ」の幅、t₁を其厚さとし、tを「ウェップ」の厚さとせば、面積tcのIは深さ2c幅tなる者の二分一即ち

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{12}t(2c)^3 = \frac{1}{6}tc^3$$

なるべく、又bc₁なる面積のIは、深さ2c幅bなる者の二分一なる。以て、前と同様に $\frac{1}{6}tc^3$ なり故に全體のIは、此等を相加へたる内より $(b-t)(c-t)^3$ なる積(第十五圖中の陰影部)のIを減じたる者、

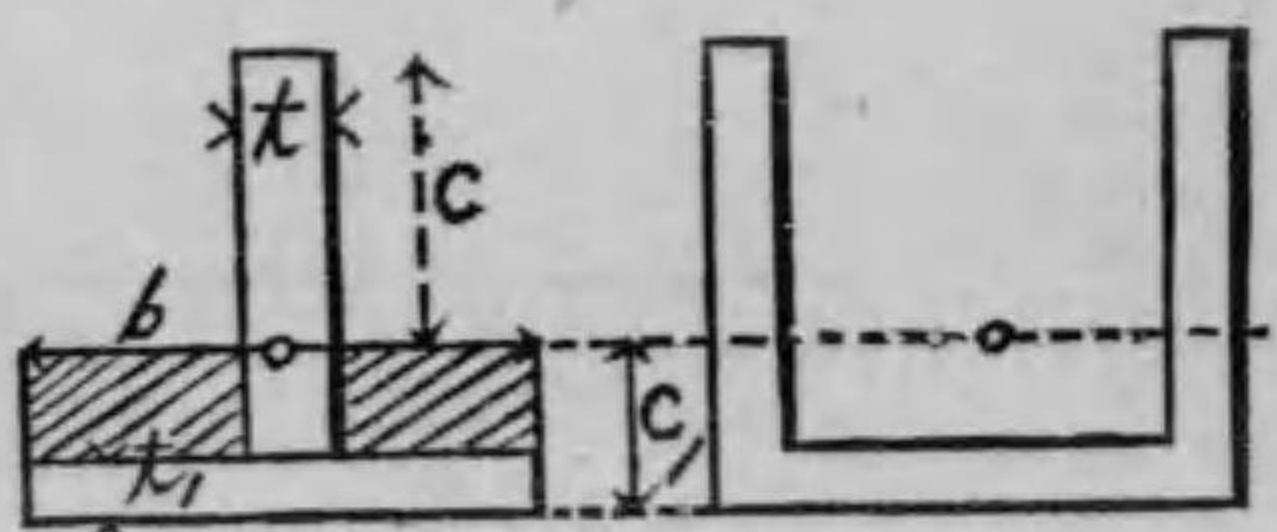


Fig 15

$$I = \frac{1}{12}atc^3 + \frac{1}{12}bc_1^3 - \frac{1}{12}(b-t)(c-t)^3$$

は丁「セクション」の慣性力率なり、「チャンネル」形の断面を有する者にして、兩「ウェップ」の厚さ等しき時亦此式を適用し得べし、

此編述ぶる所は「ビーム」の研究に對する理論上の算式にして、學生は須らく種々なる場合に應用して深く其計算 熟練すべき、實際に於ては鑄鐵製「ビーム」の如き、其角端僅かに圓形なる者に適用さるゝのみ、鍊鐵製及鋼製「ビーム」の如きは「フラッジ」の厚さ正しく一樣ならず、且其角隅整然たる者得難きを以て、此等種々なる形狀に對するIの値は、製造者によりて精算せられたる者

ありて、第三十章に示すが如く、以て技術者算出の勞を省けり、

問題 二十二、鋼のI「ビーム」あり每呎の重量八十磅、深さ二十四吋、「フラッジ」の幅七吋、平均の厚さ八分七吋、「ウェップ」の厚さ〇、五吋なる時製造者算出の「モーメント、オブ、イナーシャ」二〇八八四乗時ありと云、上の算法により之を檢算せよ、

第四編 「カンチレバー、ビーム」及び「シムプル、ビーム」

第二十三章 定義及定理

「シムプル、ビーム」とは普通最も多く使用せらるゝ者にして、其兩端に於て支柱上に静止せる桿を云ひ、「カンチレバー、ビーム」とは桿の中央唯一つの支柱を有する者、或は其一端屋壁等に固定せらるゝ時、其突出したる部分を云ふ、「シムプル、ビーム」に於ては、其下部は常に「テンション」を起し其上部は常に「コムプレッション」を起すこと既記の如し而して「カンチレバー、ビーム」にありては、之と全然反對の事實を示す、「ビーム」の静止の状態に在る者は、其内部に起る「ストレス」は常に其區劃の兩側に働く外力と均勢を保ちて、今之を第十六圖に示す如く二つの部分に分離したる者と想像せば、之が顛墜を防ぐ爲或一種の力を要すること亦前に述べたり、此等の内方即ち「ストレス」は水平及垂直の二力に分解するを得べく、垂直の者は「リアクション」及其上の荷重にして共に「シャフト」を起す者として知られ、水平の者は「テンション」及「コムプレッション」とす、而して「テンサイル、ストレス」の總量は「コムプレッシャー、ストレス」の總量と相等しくして共に水平狀の運動を起し、垂直力の代數的總和は上下動の因となり、水平狀「ストレス」の「モーメント」の合計は垂直力の「モーメント」の合計に等しくして、「ビーム」をして回轉を起さしむる傾向あり、此の如き静力學上の原則「ビーム」の各所何れを開切

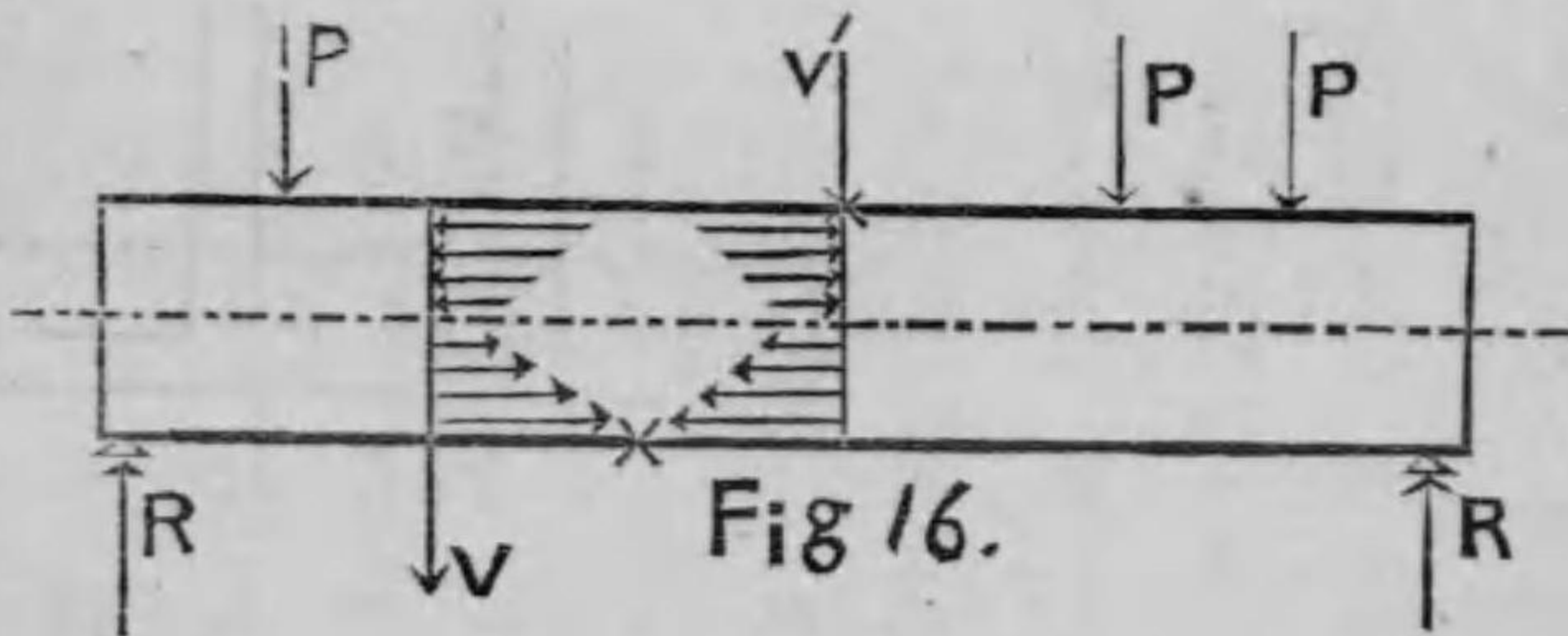


Fig 16.

したりと想像するも之を適用し得る者とす、爾後「ビーム」に付て解説するに當り特別の條件を附記するに非れば其斷面積は常に全長を通じて一樣なる者と知るべし、

又實驗上、長さの變ずることなき「ビーム」の中立面の側にある纖維は常に伸長せられ、他側に在る者は常に壓縮せらるゝこと、及其度合は中立線を遠かる距離に比例して増加する者な こと前述の如し、故に「エラスチック、リミット」以内に於ける種々な「ストレス」も亦中立面を去る距離に比例し

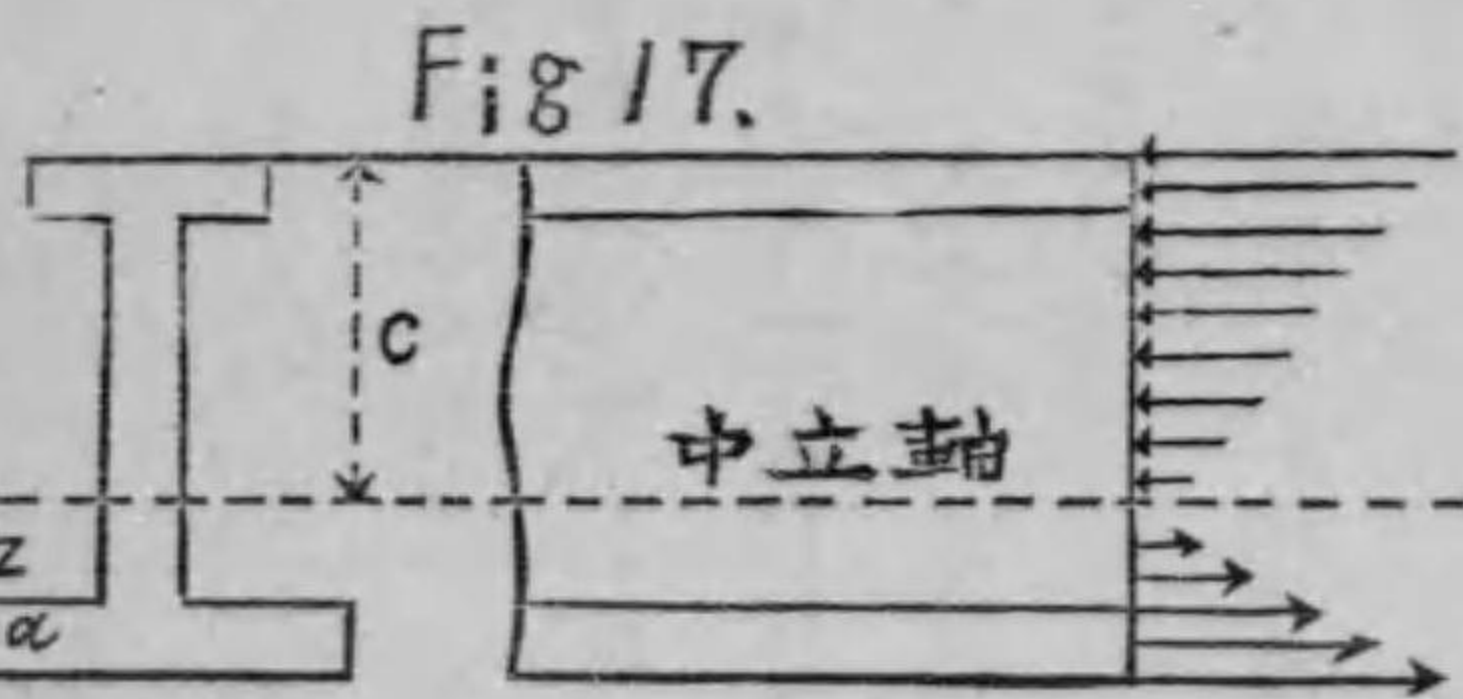


Fig 17.

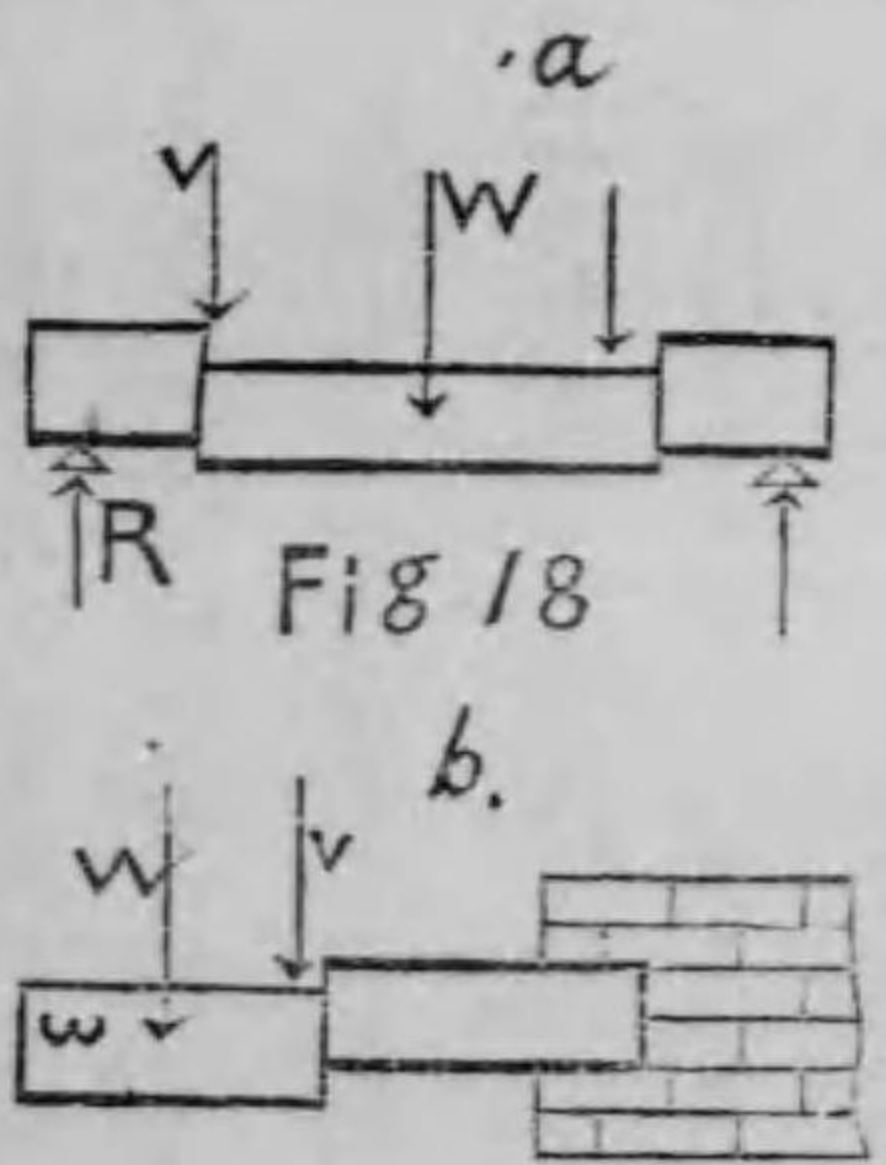
て増加せざるべからず此等の理由により「ビーム」の「中立軸」は其斷面の重心を通過する者なるを知る、例へばS中立線より最遠の纖維に於ける「ユニット、ストレス」としCを其距離とせば、任意の距離Zに於ける「ユニット、ストレス」は $\frac{C}{Z}$ にして、或る單位面積aに於ける全「ストレス」は $\frac{C}{Z} \times a$ なり、故に「セクション」の全部に於ける「ホリゾントタル、ストレス」の代數的和は $\int \frac{C}{Z} \times a$ にして前に言へる静力學の原則により此量は0ならざるべからず、然るにS/Cは値を有するを以て $\int \frac{C}{Z} \times a$ なる單位面積に於ける「モーメント」の和は中立線に關して0なるべし、即ち第二十一章に説明したる如き理由により $\int \frac{C}{Z} \times a$ の0なる時、中立軸は重心を通過せざるべからず、

問題 二十三、長さ二十呎、重量七百磅にして斷面積一〇、二九平方呎なるI

字形「ビーム」あり其材料の種類如何、

第二十四章 「シャー」に對する抵抗 Resistance to shear.

「ビーム」の短かき者にありては、支柱の、一に近き縦断面に於て「シャー」を起すこと往々あり、其原因となるべき力は前に述べたる「リ、アクション」及「ロード」によりて起る「ヴァーチカル、リザルタント」なりとす、而して第十八圖中aに示す如き「シムブル、ビーム」にありては、此分力は「リ、アクション」と「セクション」の間にある重量Wを「リ、アクション」Rより減じたる者で、bに示す如き「カッチレバー、ビーム」にありては「セクション」の左方に於ける「ビーム」の重量wと「ロード」Wとの和 $w+W$ なるべし、



「ヴァーチカル、シャー」とは或る事情の許に「セクション」の左方に於ける垂直力の代数的總和に命じたる稱呼なりとす、即ちa圖に於て「リ、アクション」を六千磅とすれば「支點」の直ちに右に於ける「シャー」は六千磅にして、「ビーム」毎呎の重量百磅とせば支柱の右一呎の所に於ける「シャー」は五千九百磅なり、又b圖に於て毎呎百磅の「ビーム」とする時「集冲荷重」を八百磅とし終端と「セクション」との距離を四呎とせば其「セクション」に於ける「シャー」（以後Vを以て現はす）は

$$800 \times \frac{1}{2} + 100 \times 4 = 2000 \text{ 磅なり、}$$

此等は皆其断面の實體なる者に就て論ずる所にして長さをIとし全重量をwとすれば、「シムブル、ビーム」に於ける最大なる「シャー」は兩支柱の所に起り其量 $\frac{wI}{2}$ なるべく、「カッチレバー」にありては壁の所に起る者最大にして其量 $\frac{wI}{2}$ なるべし、

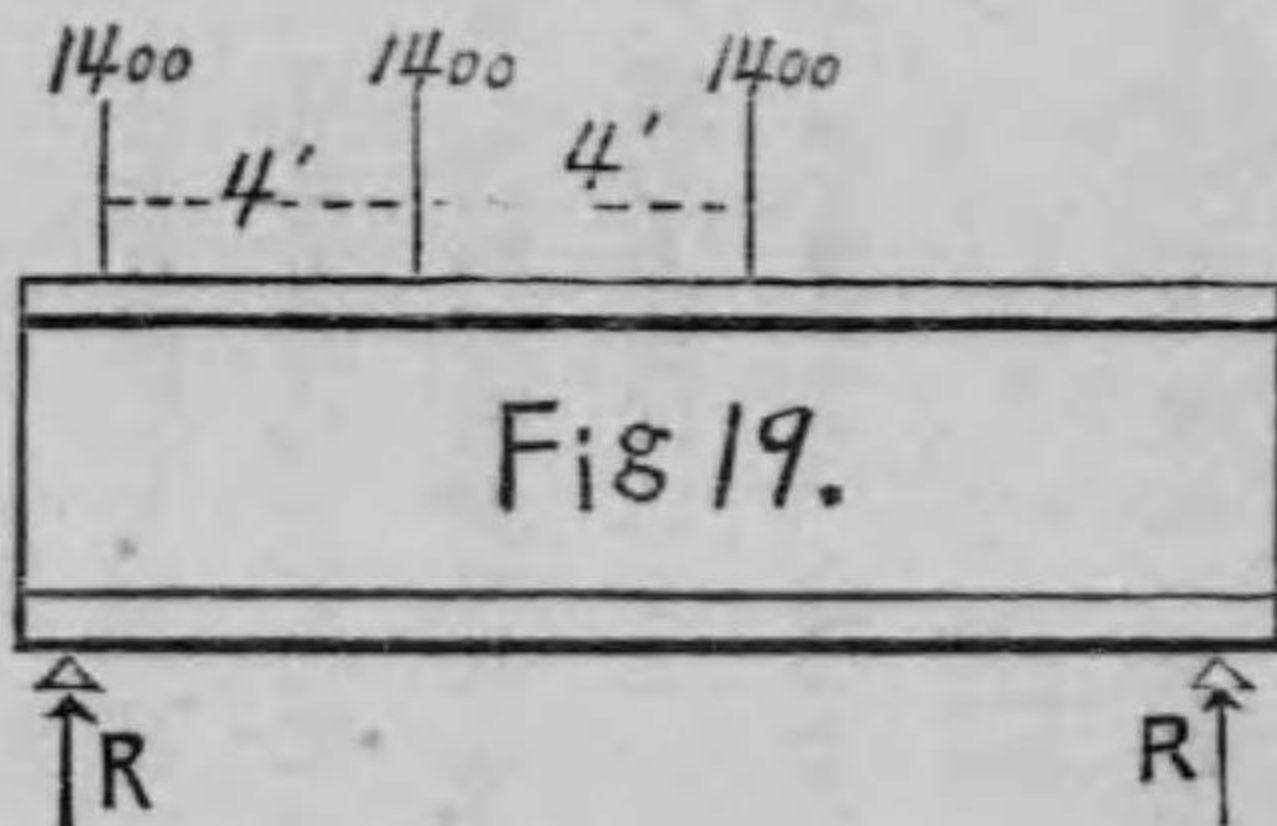
又「ヴァーチカル、シャー」は「クロス、セクション」に於て之と等量の「シャーリング、ストレス」を起す者にして、Aを断面積Sを「ユニット、ストレス」とせば第一章に示したると同様に、

$$V = AS, S = \frac{V}{A}, A = \frac{V}{S} \dots \dots \dots (3)$$

なる方程式を得、是亦「ソリッド、ビーム」に於ける「シャー」の計算に必要な公式とす、例へば毎呎二百五十磅長さ十二呎の鋼鐵製「ビーム」ありて其上に機關車の三個の車輪を支へ、其距離各四尺重量一千四百磅とすれば、最大なる「シャー」は圖に示す如く支柱に接近したる車輪の許に起るべく、第八章の方法によりて「リ、アクション」二十八萬五千磅なるを知る、之をVとす又第八章の方法により「クロス、セクション」Aは二十四平方呎二分一なるを知る、故に毎平方呎に於ける「ユニット、ストレス」は

$$S = \frac{285000}{24.5} = 11600$$

なるべし、又例へば橋梁の床より突出して人道を支ふる木造の「カッチレバー」あり幅六吋厚八吋長七呎にして其上に来るべき最大荷重を七千五百磅とせば、此突出部の起點に於るVは自己の重量及荷重



の合計にして七萬五千九百磅なるべく又斷面積Aは四十八平方吋なるを以てSは毎平方吋百六十磅なるべし、故に第六章により(木材橋梁の安全率一〇)此「シャール」に對する安全率殆ど十九にして充分安全なるを儘め得べし、此章論ずる所は只「クロス、セクション」の一樣なる「ソリット、ビーム」に於て「シャール」の爲めに起るべき「ストレス」の一般の狀況を示したるに過ぎずして、實際にありては「ビーム」は普通水平狀の「テンサイル、ストレス」によりて破裂せらるゝ者なるを以て、吾人は以下數章に於て此等「ベンディング、ストレス」に關する詳細なる解説を與へんとす、

問題 二十四、斷面積三吋平方長五呎半の鑄鐵製「シムブル、ビーム」あり、自己重量の外、其中央に四千磅及一端より二呎半の所に百磅の荷重を擔ふと云ふ、「シャール」に對する安全率幾許なりや、

第二十五章 「ベンディング」に對する抵抗 Resistance to Bending

吾人は第二十章に於て「レジスタチング、モーメント」の如何なる者なるかを知り、又第二十四章により或「セクション」に於ける「インターナル、ストレス」の「レジスタチング、モーメント」は其「セクション」の兩側に於ける外力の「ベンディング、モーメント」に等しきことを知れり、而して又第十九章に於て「ベンディング、

モーメント」の計算法を示したるを以て爾後Mなる文字によりて「ベンディング、モーメント」の記號とすれば

$$\frac{SI}{C} = M \dots \dots \dots (4)$$

を得、是實に「エラスチック、リミット」の超過せざる場合に於ける「ビーム」の屈曲に關して解釋を與ふるに最も必要なる公式にして學生の決して忘る可からざる者とす即ちSは「ビーム」の頂上或は下底に於ける「テンション」及び「コンプレッション」の「ユニット、ストレス」にして、Cは斷面の重心より上端或は下端迄の距離、Iは斷面の慣性力率とす、而してCの如何にして求むべきかは第二十一章に之を詳述し、Iの如何にして決定せらるゝかは第二十二章に之を細説せり、然るに一の定まりたる斷面にありてはI及びCは「不變」なるを以て此公式は「Mは常にSに從つて變化する事」を現はす、詳言すれば此公式によりて「最大なる「コンプレッション」或は「テンサイル、ストレス」は「ベンディング、モーメント」の極大値 Maximum value を有する箇所」に起る者」なるを知る、又「ユニホーム、ロード」Wを擔へる「シムブル、ビーム」に於て全長をIとし、左の支柱を距るxの所に於ける或「セクション」の「ベンディング、モーメント」は第十九章に示すが如く

$$M = \frac{1}{2}wlx - wx \cdot \frac{1}{2}x = \frac{1}{2}w(x^2 - x^2)$$

なり故に今「M」とすれば $M = \frac{1}{2}w(x^2 - x^2)$ にして、之を「シムブル、ビーム」の最大なる「ベンディング、モーメント」とす、然して全重量wを現はすにWを以てすれば、

$$M = \frac{1}{2} w l^2$$

となすを得べく、之を普通使用する方程式となす、而して數多の「コンセントレテッド、ロード」を有する者は精細に計算するに非ざれば「マキシマム、ベンディング、モーメント」を憚むるを得ず、蓋し此の如き場合には此等數個の荷重の中其一の許に於て最大なる「モーメント」を有すべきを以てなり、

「カンチレバー、ビーム」に於て長さ l なる時「マキシマム、ベンディング、モーメント」は常に壁の所に起る者にして、毎呎單位に付 w 磅の「ユニホーム、ロード」に對し其終端より x の「セクション」に於ける「ベンディング、モーメント」は「ロード」 w に其「レバー、アーム」 x を乗じたる者なり、而して第十七章に述べたることにより此「モーメント」は時計の指針と反對の方向に回転を起さしむを以て、或「セクション」の「ベンディング、モーメント」は $M = -\frac{1}{2} w x^2$ なるべく x の次第に増加して l となりたる時を最大なる「モーメント」となすを以て、「カンチレバー」の「マキシマム、ベンディング、モーメント」は

$$M = -\frac{1}{2} w l^2$$

なりとす、此「マイナス」の符號は單に回転の方向を示すに止まるを以て公式(4)により M の値を求むる場合には符號を使用するの要なき者と知るべし、

以上述ぶる如く「ユニホーム、ロード」を擔へる「カンチレバー、ビーム」に於ける「ベンディング、モーメント」は x の自乗に比例して増加する者なるを以て「モーメント」の「ダイアグラム」は普通の「パラボラ」を

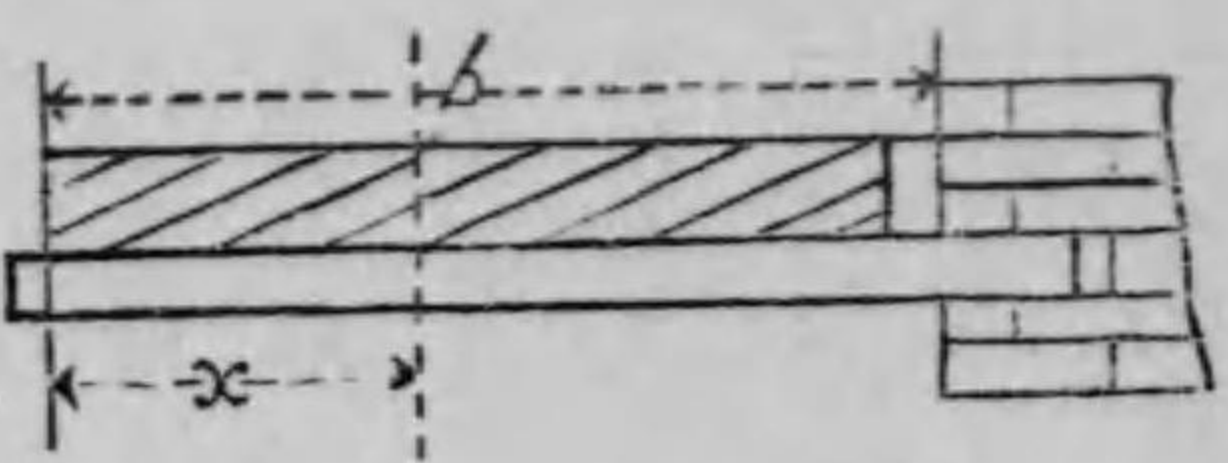
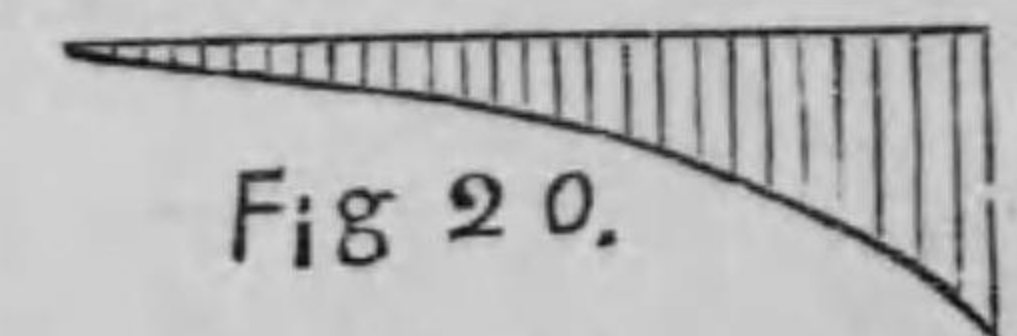


Fig 20.



作る事第二十圖に示すが如し、又「カンチレバー」に二つの以上の「コンセントレテッド、ロード」を置きたる時 P_1 の「モーメント」は $-P_1 a$ にして a を以て二つの「ロード」の間隔とすれば

$$M = -P_1 a - P_2 (a - a) *$$

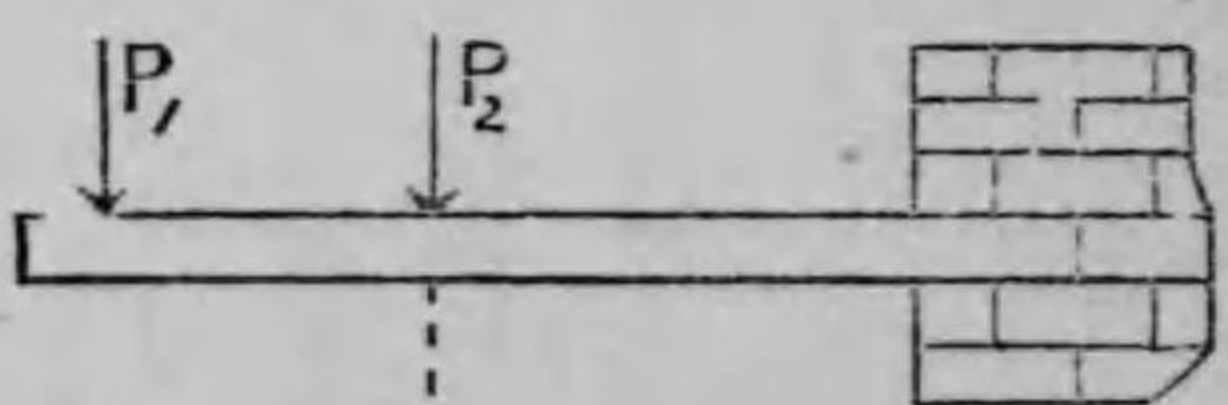
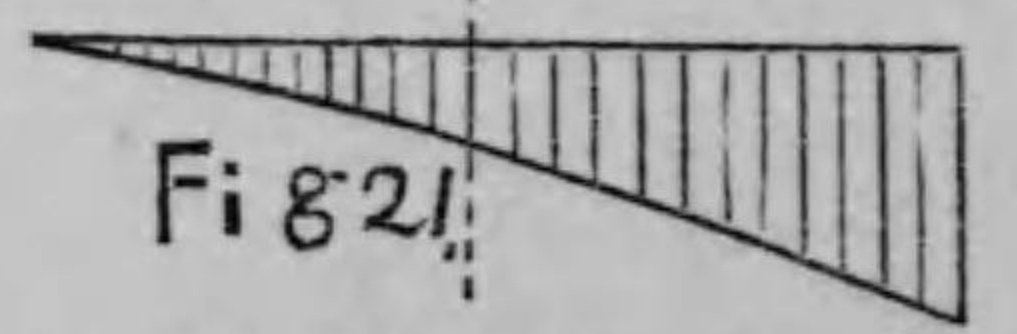


Fig 21.



* なるべく x の l となりたる時 M は最大にして此場合の「ダイアグラム」は直線形なるべし、「シムプルビーム」の「ダイアグラム」は既に第十九章に之を示せり、之に依りて「カンチレバー、ビーム」と「シムプルビーム」との

「モーメント」の異なる所は只一方の「リアクション」を有せざるのみなるを知る、而して之が計算を要せざる丈「シムプルビーム」より簡單なりとす、

問題 二十五、「カンチレバー、ビーム」あり毎呎百二十五の「ユニホーム、ロード」及其終端に於て八百磅の荷重を有す、而して其長さを五呎とする時、每一呎の「セクション」に於ける「ベンディング、モーメント」を計算し、併せて其「ダイアグラム」を作れ、

第二十六章 「ビーム」の安全なる荷重 Safe load of Beams.

「ビーム」の安全なる「ロード」とは第一編に於て述べたる原理に従ひ、安全なりと認め得べき「コム、

「プレッシャー」及「テッ、カイル、ストレッ、ス」の原因となるべき荷重を云ふ、此の如き或る與へられたる「ビーム」に對する「セーフ、ロード」を求むるには、先づ此等の原理によりてSの安全なる價を定むべし、次に公式(4)により及Cを知り而して「マキシマム、ベンディング、モーメント」Mを未知量の項にて代入し、此方程式を解きて「ロード」を得べし、例へば幅二吋深三吋長七十二吋の木材の「カンチレバー、ビーム」あり、而して「ユニット、ストレッ、ス」毎平方吋八百磅となるべき或重量Pを其終端に置くとせよMの最大なる値は $M = \frac{1}{2}Pl$ にして $P \times \frac{1}{2}l$ なり、eは第二十一章によりて一時半、Iは第二十二章によりて四、五四乗吋を得べく、故に公式(4)によりて、

$$M = \frac{SI}{C} = \frac{800 \times 4.5}{1.5} = 72P$$

を得之を解きてPは三十三磅三分一なるを知り、

又鑄鐵製「シムブル、ビーム」あり、幅三吋深さ四吋長さ三十六吋とし、毎平方吋二千磅の「ユニット、ストレッ、ス」を起すべき「ユニホーム、ロード」の重量を求むるに、wを以て「ユニホーム、ロード」毎吋重量とせば全量はwlなるべく、各「リアクション」は $\frac{1}{2}wl$ 、Mは $\frac{1}{2}wl^2$ なるべし、而してeは二吋Iは十六「四乗吋」Iは三十六吋なるを以て、

$$\frac{SI}{C} = \frac{2000 \times 16}{2} = 162w$$

なり之によりて毎吋の重量は $w = 0.88$ にして求むる所の「ユニホーム、ロード」は殆三千五百六十

磅なるを知る、

茲に注意を要するは、SI及Cは皆吋の項によりて現はさるゝを以て若し長さを呎にて與へらるゝ時は之を吋に換算せざる可からざることなり、即ち公式(4)を用ふる時各長さは同一單位に依るべきなり、又公式(4)によりては後段第六十三章に示す場合の外は「ビーム」を破壊すべき「ロード」を求むること能はずと知れ、

問題 二十六、深七吋毎呎二十二磅の鋼鐵製I「ビーム」あり、其斷面の慣性力率五十二、五「四乗吋」にして「スパン」十八呎の「シムブル、ビーム」に使用せんとす、最大なる「ストレッ、ス」Sを毎平方吋一萬二千磅ならしめんとせば、此上に擔はしむべき重量Pは幾許なるべきや、

第二十七章 「ビーム」の歸納的研究 Investigation of beams.

與へられたる荷重によりて起る「ビーム」の最大なる「ユニット、ストレッ、ス」S亦公式(4)によりて發見し得べし此の如く現に使用せられたる「ビーム」の現況果して如何を歸納的に推究する手順を「ビーム」の「イン、ベスチゲーション」と稱す、其方法は先づ與へられたる大きさに依りてI及Cを得、又與へられたる「ロード」によりてMの最大値を得べし故に、

$$S = \frac{MC}{I}$$

を以てSの價を定むる公式とす、Sを得れば從て第一編に於て基本の規則として述べたることによ

り、安全の度の果して倚信するに足るや否やを検するを得べし、但し公式(4)は「エラスチシチー」の規則に準據するを以て「エラスチック、リミット」以上にあるSの値を定むるを得ず、

例へば鑄鐵製「形」の断面を有する者「シムブル、ビーム」として用ひられ、其「スパン」六呎にして其上に八萬磅の「ユニホーム、ロード」を置きたりとせよ、今全體の深さを十六呎、全幅を十二吋とし、「フレンジ」の厚さ二吋「ウエップ」の厚一吋とせば、第二十五章によりMの最大なる値は「ビーム」の中央にありて、

$$\frac{1}{8} \times 80000 \times 6 \times 12 = 720000 \text{ 磅呎}$$

なるを知り、Cは一〇、七吋、Iは二三九二、四乗吋なるを知る故に毎平方吋の「ユニットストレス」は

$$S = \frac{720000 \times 107}{1392} = 5960 \text{ 磅}$$

を得べし、然るに此價は普通建築に使用する如く「の如く置きたる時、「ウエップ」の上端に於ける「コムプレシーザ、ユニット、ストレス」にして、其下底に於ける「テンサイル、ストレス」は第二十一章に云へる如くC₁はCの二分一なるを以て殆ど此半數に等しかるべし、此の如く「コムプレシーザ、ストレス」は安全率殆ど十五にして「テンサイル、ストレス」の者は殆ど七なり、然るに鑄鐵の安全率は十なるを以て此「ビーム」は安全の點に付て決して適當なる設計と云ふべからず、

問題 二十七 二吋平方にして長さ十八呎の木桿あり其兩端を綱にて吊り其上に體量百七十五磅の

一人佇立せり、安全なりや否や、

第二十八章 「ブーム」の設計 Design of Beams.

「ビーム」の長さ l と其上に来るべき荷重を既知の者として其大さを設計するには、先づ實地の要求に適合すべきSの價を定め、既知の荷重によりて「マキシマム、ベンディング、モーメント」Mを求めよ、然らば公式(4)の變形、

$$\frac{I}{C} = \frac{M}{S}$$

によりてI及Cを適當に配置して求められたる大さを得べし、

今長方形の断面を有する「ビーム」とし、幅を b 深さを d とすれば e は $\frac{1}{2}d$ にしてIは $\frac{1}{12}bd^3$ なるべし故に

$$bd^3 = \frac{6M}{S}$$

によりて幅及深さを得べく、其他は從て決定せらるべし、例へば長方形の木材にて全重量八十磅の「ユニホーム、ロード」を支ふ可き長さ六呎の「カンチレバー、ビーム」を作らんとす、Sを毎平方吋八百磅と定むれば、

$$M = 80 \times 3 = 240 \text{ 磅呎} = 2880 \text{ 磅吋}$$

にして前式により $bd^3 = 12.6 \text{ Inches}^3$ なり(b 及 d の相乗積は即ち或吋單位の三累乗なるを以て Inches^3

を用ふること猶Iを現はすに四乗時を以てするが如し、

故にbを一時とすればdを四時六五とし

bを二時とすればdを三時二九とし

bを三時とすればdを二時六八とすべし、

此最後の者を採用し、市場に就て容易に三吋角の者を得べく、是れ恐くは要求に適する者なるべし、
問題 二十八、「スパン」十四呎鑄鐵製の「シムプル、ビーム」あり其中央一萬磅の荷重を擔ふと云ふ、
幅を四吋とする時安全率十ならしむべき深さを求めよ、

第二十九章 比較的強弱 Comparative Strength.

「ビーム」の強弱は或る與へられたる「ユニット、ストレッサ」Sを起さしむべき荷重の多少によりて、
比準し得る者にして、次に示せる四つの場合に於ける強弱の關係を研究せんとす、

- 第一、 其一端にWの重量を負擔せる、「カンチレバー、ビーム」、
 - 第二、 「ユニホーム、ロード」Wを負擔せる「カンチレバー、ビーム」、
 - 第三、 其中央にWの荷重を負擔せる「シムプル、ビーム」、
 - 第四、 「ユニホーム、ロード」Wを負擔せる「シムプル、ビーム」、
- 此等は皆其長さをI幅をb深さをdと定むべし然らば $C = \frac{1}{12}bd^3$ として $I = \frac{1}{12}bd^3$ なり而して第二十五

章に云へる事及公式(4)により

- 第一の者、 $M = Wl, \dots \dots \dots W = \frac{8bd^3}{9l}$
- 第二の者、 $M = \frac{1}{2}Wl, \dots \dots \dots W = \frac{2}{9l} \frac{8bd^3}{9}$
- 第三の者、 $M = \frac{1}{4}Wl, \dots \dots \dots W = \frac{4}{9l} \frac{8bd^3}{9}$
- 第三の者、 $M = \frac{1}{8}Wl, \dots \dots \dots W = \frac{8}{9l} \frac{8bd^3}{9}$

依之觀之此四者の比較的強弱の比は一、二、四、八、の如く、詳言すれば此四種にして其材料全長
及大さ相等しとすれば、第一の者に比して第二の者は二倍強く第三の者は四倍強く、第四の者は八倍
強さを知る、此等の方程式により次の如き長方形の「ビーム」に關する緊要なる法則を定む、

- 一、「ビーム」の強弱は直接に深さの自乗及び幅に從つて變ず、
- 二、「ビーム」の強弱は長さに反比例す、
- 三、荷重の一樣に配布されたる「ビーム」は荷重の集中せる者に比して二倍強し、

第二第三の法則は各種の斷面を有する「ビーム」に適用し得べく、又第二の法則によりて何故に長
形「ビーム」は幅より深さを大にするを常とするかを了解すべし、即ち幅を二倍とすれば強さは二倍
となるべきも深さを二倍とすれば強さは四倍となるべきを以て也、

問題 二十九、幅三吋深六吋長四呎の「ビーム」は、幅二吋深四吋長十呎三分三の者に比して幾倍強きや

轉輾せられたる鍊鐵の「ビーム」は橋梁建物其他築造物として使用せられたるも、今や柔鋼マイルドスチールの「ビーム」は鍊鐵を壓倒して専ら此方面に使用さるゝに至れり、其「アルチメート、ストレングス」は普通每平方吋六萬五千磅とし、「エラスチック、リミット」同三萬五千磅とす、此價は以下解説する例題及問題に適用せらるべし、

此種の「ビーム」は其深さ大さ及重量等の異なる者三十種以上に達するを以て、設計者は屢々其撰擇に煩雜を感ずる事あり、次に示せる表は此等の中最も重き者と最も輕き者に付きて種々なる深さを示すに過ぎざるも倚て利便を得る處亦決して尠少にあらざるべし、

(二吋以下の者略之)

Steel I Beams.

Section Modulus. $\frac{I}{C}$ inches ² .	Moment of Inertia I' inches ⁴ .
198	48.6
174	42.9
127	30.2
117	27.9
102	24.6
88.4	21.2
68.1	17.1
58.9	14.6
38.0	10.1
36.0	9.50
31.7	9.50
24.4	6.89
24.8	7.31
18.9	5.16
17.1	4.75
14.2	3.78
12.1	3.24
10.4	2.67
8.73	2.36
7.27	1.85
6.08	1.70
4.84	1.23
3.55	1.01
3.00	0.77
1.93	6.60
1.71	0.46

Table, VIII,

Depth. inches	Weight per foot. Pounds.	Section area. A sqinches.	Moment of Inertia. I inches ⁴ .
24H	100	29.4	2380
24L	50	23.5	2088
20	75	22.1	1269
20	65	19.1	1170
18	70	20.6	921
18	55	15.9	796
15	55	15.9	511
15	42	12.5	442
12	35	10.3	228
12	31½	9.3	216
10	40	11.8	159
10	25	7.4	122
9	35	10.3	122
9	21	6.3	85.0
8	25¼	7.50	68.4
8	18	5.33	56.0
7	30	5.88	42.2
7	15	4.22	36.2
6	17¼	5.07	26.2
6	12¼	3.61	21.8
5	10¾	4.34	15.2
5	7¾	2.87	12.1
4	10½	3.09	7.1
4	7½	2.21	6.0
3	7½	2.21	2.9
3	5½	1.62	2.5

此表の中第四行にあるIの價は、「アキシス」を重心に取り、「ウエップ」に垂直なる者として計算し、「ビーム」に適用し、第六行にあるIの價は、「アキシス」を重心に取り、「ウエップ」に平行なるものとして計算し次編「ストラット」の解説に用ふ、又第五行にあるI/Cは此量の中に「クロス、セクション」の總ての寸法を含むを以て屢々斷面係數、Section Modulusと稱せられ、I字形斷面の計算上第二十八章に示す所のM/Sに關して必要なるも其手數實に繁雜なるを以て茲に精算して一目瞭然たらしむ、
例へば床に用ひらるべきI「ビーム」にして長二十呎「ユニホーム、ロード」二萬三千五百磅なる時其

大さを選択むに、「ベンディング、モーメント」は

$$M = \frac{1}{8} \times 13500 \times 20 \times 12 = 405000 \text{ ft} \cdot \text{lb}$$

「ウォーキング、ユニット、ストレス」毎平方吋に付

$$S = \frac{1}{2} \times 65000 = 13000 \text{ in}^2$$

なり故に公式(4)により「セクション、モデュラス」は

$$\frac{I}{C} = S = \frac{405000}{1300} = 31.2 \text{ inch}^3$$

を得、表によりて適當なる深さ十吋の者を採用するが如し、

問題 三十、重き十五吋の「I」ビームにて長さ十二呎、「ユニホーム、ロード」四十二噸なる時、其安全率幾許、長六呎とすれば如何、又九呎とすれば如何、但し一噸は二千磅とす、

第三十一章 強弱均等なる「ビーム」、Beam of Uniform strength.

從來説明したる總ての「ビーム」は全長を通じて断面の一樣なる者なりしも、元來「ベンディング、モーメント」は其端に近づくに従ひて減少するものなるを以て、之に由て起る「ユニット、ストレス」も亦同様の状態にあるべきなり、然らば此の如き「ビーム」は實際不要の材料を徒費したる者と云ふを得べし、茲に論ぜんとする強弱均等なる「ビーム」とは、「ユニット、ストレス」 S をして全長を通じて一樣ならしむる者を云ふ、然れ共此の如き「ビーム」は多く鑄鐵製に屬し其他の材料にては稀に製造せらる

所とす、

今其終端に荷重 P を支ふる「カンチレバー、ビーム」に付きて考ふるに、終端より x の所に於ける「ベンディング、モーメント」は Px にして、断面長方形の者とせば公式(4)により

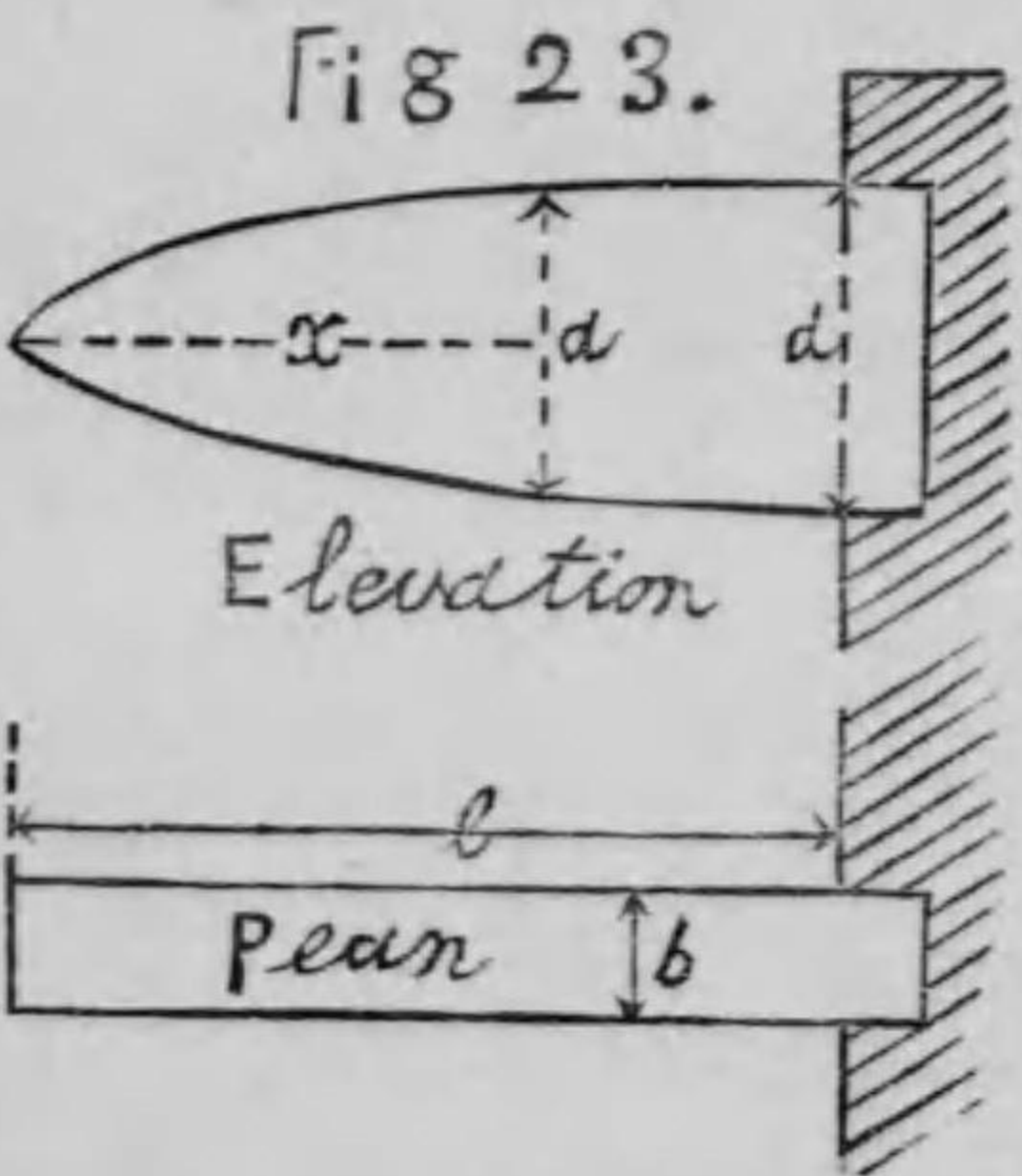
$$M = Px = \frac{SI}{C} = \frac{1}{2} b d^3 s = \frac{1}{2} b d^3 P x$$

にして P 及 S は「コンスタント」なり、故に b なる幅を全部一樣なりとせば、

$$d^3 = \frac{6Px}{S}$$

なるべし、 d^3 は明かに x に従ふて變化すべし、若し $d \propto x$ とし d_1 を壁に於ける厚さとすれば $\frac{6Px_1}{S} = \frac{d_1^3}{1}$ なるを以て $d = d_1 \sqrt[3]{\frac{x}{x_1}}$ ならざるべからず、例へば $x \propto \frac{1}{2} l$ とすれば $d \propto \sqrt[3]{\frac{1}{2} l}$ なるべく $d \propto \sqrt[3]{l}$ とすれば $d \propto \sqrt[3]{\frac{1}{2} l}$ なり、此の如く深さの自乗によりて距離の變化する者なるを以て、其周囲の「カーヴ」は第二十三圖に示すが如く普通の「パラボラ」となるべし、

又單位尺の重量 w 磅の荷重ある長方形の「カンチレバー、ビーム」にありては $M = \frac{1}{2} w x^2$ にして公式(4)により



$$\frac{1}{2}abd^2 = \frac{1}{2}wv^2$$

となるべし故に若し幅 b を一様なる者とせば

$$d^2 = \frac{3wv^2}{ab}$$

にして d_1 を

壁に於ける d の値とすれば $\frac{3wv^2}{ab} = \frac{d_1^2}{a}$ にして従て $d = d_1 \sqrt{\frac{a}{b}}$ を得、

是れ深さは x に従て變ずる事を示し、「ビーム」の側面周邊は第二十四圖の如く三角形を作るべし、

問題 三十一、中央に P なる荷重を有する「ユニホーム、ストレン

グス」の「ビーム」を設計するに中央の深さを d 全長を l とすれば

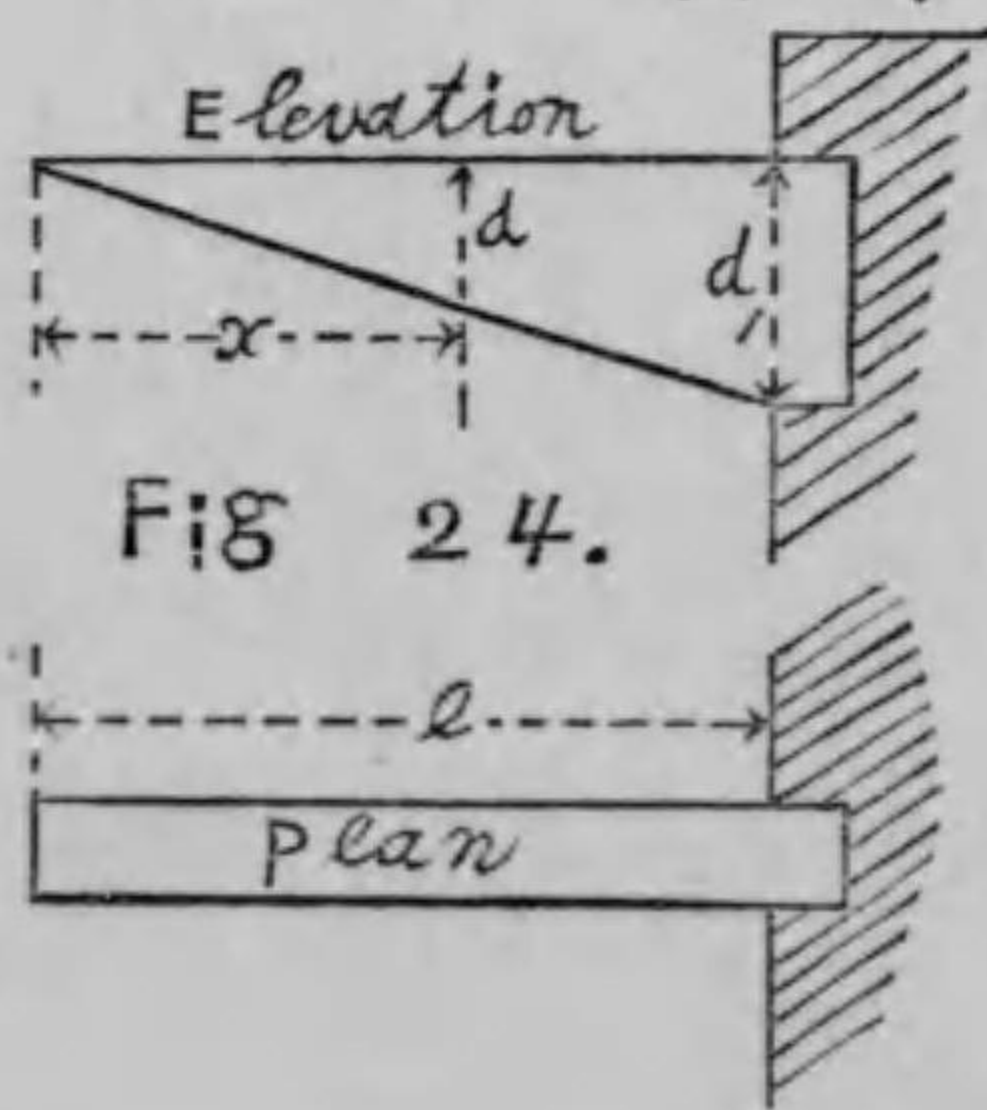
0.21

0.31

0.41

のを所に於ける深さ各幾許なるべきや、

0.11



第五編 柱 Columns or Long struts.

第三十二章 一般の原理 General principles.

「コム、プレッ、ション」の許にあるべき鍊鐵桿にして其長さ若し太さの十倍以上（木材の場合は二十倍以上鑄鐵の場合は五倍以上）なる時之を柱と稱す、短かき桿に於け壓迫の現則は第五章に論じたる

如くにして其破壊は常にCrushingに歸するも、柱にありては一般に其側面に向ふて屈曲する者なるを以て、其「ストレス」の狀況は「ビーム」に於ける「ストレス」と「コムプレッション」に歸する「ストレス」との代數的和にして、一層複雑なりとす、

木材或は鑄鐵の柱は往々中空の者あるも多くは正方形或は圓形の断面を有し、鍊鐵の者は鐵板或は角鐵等にて構成せらる、而して正方形或は圓形の者は其堪力總ての方向に一様なるを以て矩形の者に比して優等なるべく、矩形の者は先づ其薄き方に偏して「ベンディング」を起すこと明かなるを以て之が研究に際しては恰も「ビーム」の深さに命じたる如く厚さの少き部分を d とすべきなり、又例へば普通の「I」字形「ビーム」を「コラム」として使用したる時は、「ウェップ」の面に直角に屈曲し易きを以て、此時の慣性力率は第八表中 E の値に依らざるべからず、蓋し「ニュートラル、アキシス」は「ウェップ」の中央線と一致すべきを以てなり、

短かき「ピストン」にありて其斷面積を A とし荷重を P とすれば其斷面一様に配布されたる「ユニット、ストレス」は P/A なるべし、然れ共柱として用ひられたる者には其平均の「ストレス」は P/A なるべきも「ベンディング」の起りたる時其四部に於ける者は必ず P/A より大ならざるべからず、而して其長さの大なるに従ひて其値益増加すべきを以て短き者の如く大なる荷重を支持し能はざることを明かなり、

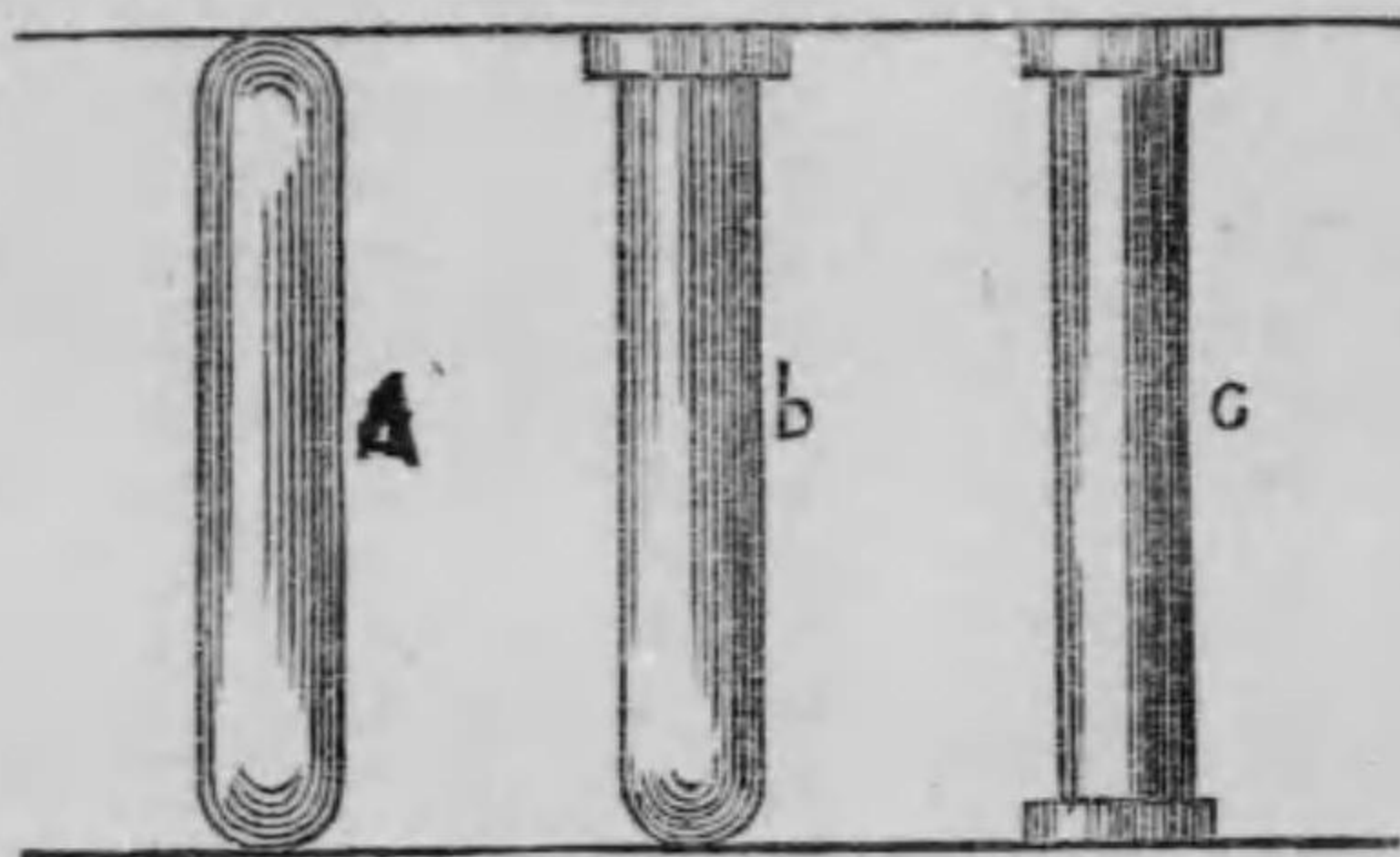


Fig 25.

六八
茲に「コラム」の終端装置によりて之を三種に區別すること第二十
五圖の如し、

第一種は兩端圓形なるか或は此兩端「ピン」によりて支へられたる
者、a圖の如き機關車の「コネクティング、ロッド」之に屬す、第二種は
其第一端第一種の如の他端は固定せられたる者、b圖の如く「スチ
ムエンジン」の「ピストンロッド」之に屬す、第三種は兩端固定せらるゝ
ことc圖の如く、橋梁家屋等の柱の場合に適用せらるゝ、而してcは
bに比して強くbはaに比して強きは實驗に徴して明白なる事實に
して後段逐次其理に論及すべし、

上圖は只其狀況の一般を示せるに過ぎずして兩端の形狀大さ等適
當なる寸法に依れる者に非ざるを記憶すべし、

問題 三十二、或る確實なる試験によりて外徑二吋三七斷面積一平方吋〇八なる鑄鐵管は、長さ八
呎の時二萬四千八百磅の荷重にて破壊し三呎半の者は三萬八千二百磅にて破壊せりと云ふ六吋或は
八吋の長さを有する者は幾許の荷重に堪へ得べきや、

第三十三章 回轉半徑 Radius of Gyration

「コラム」の討究には絶へず截斷面の回轉半徑と稱する量を使用し之を現はすにrを以てす、而して
其自乗數は斷面積を以て其斷面の慣性力率を除して得べく、

$$r^2 = \frac{I}{A}$$

を以て回轉半徑を求むる基本の公式となす、此回轉半徑なる語は亦「慣性力率」と同じく一の工學上
の熟語にして斷面の回轉に毫も關係なし故に學生はI/Aの平方根として記憶せば足れり、而てrは第
二十二章に示せる方法によりてIを得て容易に計算し得べし例へば矩形のIは $\frac{1}{12}bd^3$ なるを以てbdに
て之を除し

$$r^2 = \frac{1}{12}d^2$$

を得べく、中空矩形の者にありては、

$$r^2 = \frac{bd^3 - b'd'^3}{12bd - b'd'}$$

なるべし、又或るI字形「ビーム」斷面の回轉半徑は第三十章の第八表によりて直ちに之を得べし即
ち重き十吋の「ビーム」にありては、

$$r^2 = \frac{159}{11.8} = 13.5 \text{ inches}^2$$

にして從て $r = 3.68$ なるが如し、又斷面圓形の者は絶へず「コラム」として使用せらるゝ所にしてd
を外徑bを内徑と假定せば實體の者にありては其斷面積 $\frac{1}{4}\pi(b^2 - d^2)$ 及びI $=\frac{1}{64}\pi(b^4 - d^4)$ によりて $r = \frac{1}{4}\sqrt{\frac{b^2 + d^2}{2}}$ を得、

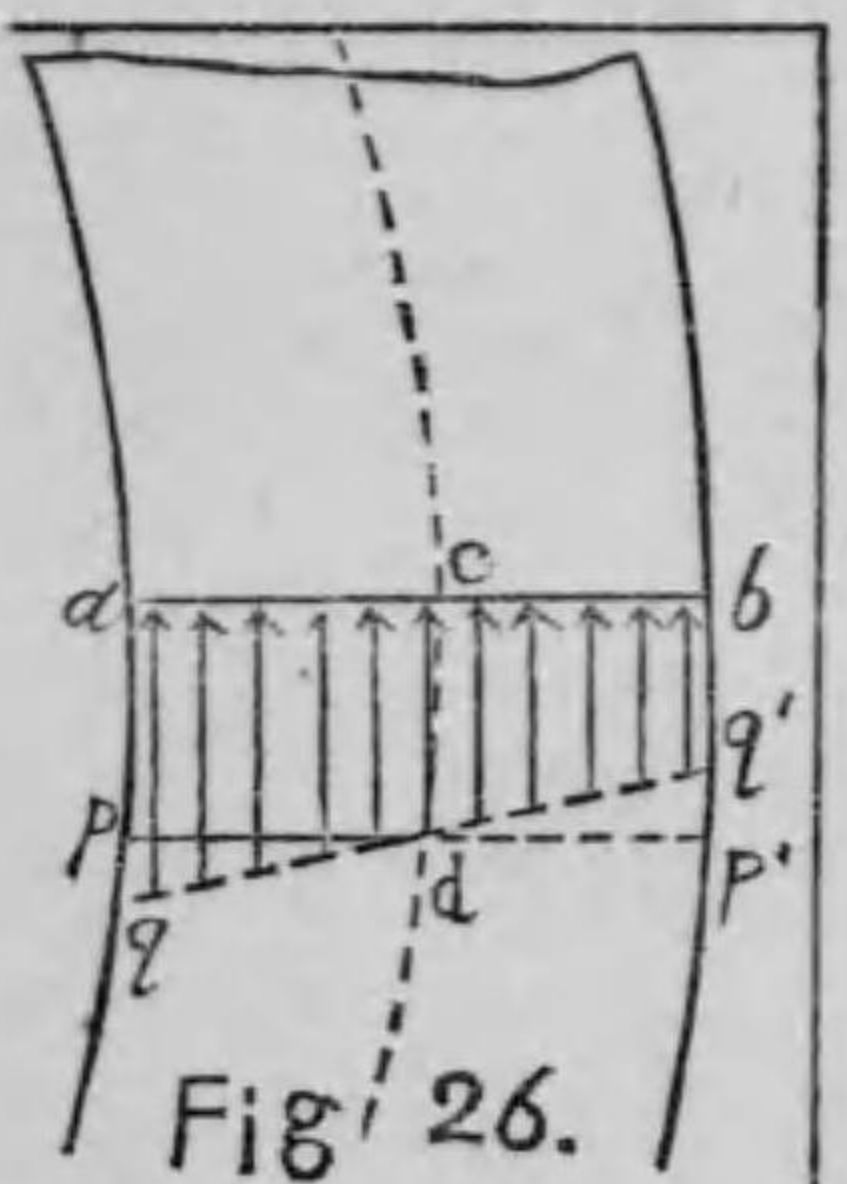
中空の者にありては $I = \frac{\pi}{64}(d^4 - b^4)$ 之を断面積 $F_c(d^2 - b^2)$ にて除し $\frac{\pi}{32}k(d^2 + b^2)$ を得べし。

問題 三十三、中空正方形の断面に於ける回轉半徑を求めよ、

第三十四章 柱の公式 Formula for Columns

柱の破壊は常に「コムプレッション」及「ベンディング」兩「ストレス」の合力に起 因し其變形の狀況非常に複雑にして未だ全然種々なる場合に適合し得べき公式の決定せられたる者なく、只ラッキン氏の公式は最も根據ある合理の者として汎く使用せらるゝなり、

第二十六圖に於ける如くPを直立柱上の荷重としab線によりて其中央を切斷したる平面をaと名けAを以て其断面積とせば、平均の「コムプレッション」、ユニット、ストレス」は $\frac{P}{A}$ にしてed線によりて其値を表はし得べし、然れ共一旦荷重の爲に「ベンディング」の起りたる時は其結果として凸部の「ユニッ



ト、ストレス」はbqにして凹部に近くに從ひて漸々増加し遂にaqに等しきに至るべし、
從て二つの三角形pdq、p'q'd'は共に縦の「ベンディング、ストレス」を表はすこと、「ビーム」に於ける如くなるべし、
故に最大なる「ユニット、ストレス」aqをSにて表はせばapなる部分はed即ち $\frac{P}{A}$ に等しくpqなる「ベンディング」

の部分 s_1 にて表はし $S = \frac{P}{A} + s_1$ として計算し得べし今第二十五章「ベンディング」の公式(4)によりて S_1 の値は cMT なるを知り外力はP其「レヴァー、アーム」は「コラム」中心線の側面に起る「デフレクション」f(後章に詳解あり)によりて、Mなる「ベンディング、モーメント」はPfに等しきを知る故に前式は變じて、

$$S = \frac{P}{A} + \frac{Pcf}{I}$$

となるべし但しcは圖中caの距離とす、

又前章によりてIに代るに回轉半徑の項 $A r^2$ を以てせば前式は $S = \frac{P}{A} + \frac{Pcf}{A r^2}$ となるべく即ち

$$S = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{cf}{r^2} \right)$$

を得べし、之を凹部に於ける最大の「ユニット、ストレス」とす、

又第四十八章に示す「デフレクション」の研究によりて、fの値は「ビーム」の長さの自乗に比例して増加するを以てqを材料の種類及其兩端装置によりて一定せる係數(第九表)とせばcfはqlによりて現はすを得べし故に前式より

$$\frac{P}{S} = \frac{A}{1 + q \frac{b^2}{r^2}} \dots \dots \dots (5)$$

なるべく之をラッキン氏の「コラム」の公式とす、

第九表に於けるqは種々なる試験によりて得たる平均の値にして本編の例題計算等皆之に據る、此表によりて兩端圓形なる者は兩端固定せる者に比してqの値四倍せるを見る是れ前者は後者に對して

強さ僅かに四分一なるを明示する者なり、

Table IX Column Constants q.

材料	両端固定セル者	一端固定し一端圓形の者	両端圓形の者
木材	$\frac{1}{3000}$	$\frac{1.78}{3000}$	$\frac{4}{5000}$
鑄鐵	$\frac{1}{5000}$	$\frac{1.78}{5000}$	$\frac{4}{5000}$
鍊鐵	$\frac{1}{35000}$	$\frac{1.75}{35000}$	$\frac{4}{35000}$
鋼	$\frac{1}{25000}$	$\frac{1.78}{25000}$	$\frac{4}{25000}$

問題 三十四、 $\frac{P}{A} = 500$ とし公式(5)により、

$$\frac{1}{r} = 0, \frac{1}{r} = 50, \frac{1}{r} = 100 \text{ なる各場合の } S \text{ を計算せよ、}$$

第三十五章 「コラム」の安全なる荷重 Safe load for columns,

「コラム」の大きさ及材料の決定されたる時之に適當なる「ウォーキング、ヴァリユー」 S は第七章により之を得べく、 r の値は第三十三章によりて得べく、 q の値は第九表によりて之を知る、最後に公式(5)により、

$$P = \frac{AS^2}{1 + q \frac{L^2}{r^2}}$$

を得 P を安全なる荷重となす、

例へば三吋角長さ五呎の木材の柱に於て最大なる S を毎平方吋八百磅ならしむる爲めに安全なる荷

重を求むるに $b = d = 3''$, $r^2 = \frac{1}{12}d^2 = \frac{9}{4} \text{ inches}^2$

$$P = 3600'' \text{ なるを以て } \frac{L^2}{r^2} = 4900 \text{ 又 } q = \frac{1}{30.0} \text{ なるを以て } q \frac{L^2}{r^2} = 1.6 \text{ 故に } P = \frac{9 \times 800}{1 + 1.6} = 2769 \text{ 磅}$$

今長さを一呎とせば $P = 7200 \text{ 磅}$ 長さ十二呎とせば $P = 700 \text{ 磅}$ なるを以て長さの「セーフ、ロード」に關係する状況の一般を窺ひ得べし、

問題 三十五、中空鑄製の柱を建築に使用せんとす外部五吋角、中空部五吋角長さ十八呎とせば「セーフ、ロード」幾許なりや、

第三十六章 柱の歸納的試験 Investigation of columns,

荷重の定められたる柱の試験とは公式(5)によりて「ユニット、ストレス」 S を計算し之を其材料の「アルチメート、ストレングス」及び「エラスチック、リミット」と比較して「スチーディー、ロード」「ヴァリエープル、ロード」或は「サッデン、ロード」の場合に従ひて安全なるや否やを確むるにあり、即ち S は、

$$S = \frac{P}{A} (1 + q \frac{L^2}{r^2})$$

によりて得らるべく、例へば両端固定せられ三萬八千磅の荷重を荷へる鍊鐵管の柱にし外徑六吋三六内徑六吋〇二長さ十八呎なる時 S 及安全率を求めんに、

$$P = 38000 \text{ 磅} \quad A = \frac{\pi}{4} (6.36 - 6.02)^2 = 3.31 \text{ inches}^2$$

$$q = \frac{1}{35000} \quad I = 18 \times 12 = 216 \text{ inches}^2$$

$$r^2 = \frac{1}{16} (6.36^2 + 6.02^2) = 4.79 \text{ inches}^2 \quad \text{なるを以て}$$

$$S = \frac{38000}{3.31} \left(1 + \frac{216 \times 216}{35000 \times 4.79} \right) = 14700 \text{ 磅}$$

安全率約四にして「スチーデー、ロード」の許に使用するには充分なるも「サ、デン、ロード」或は「シ、ック」を受くる場合には少しく孱弱なるを知る、今 柱の長さを三十六呎とせばは殆んど二萬五千磅となり安全率二、二となるを以て不安心なる値とす、

尙一例を示さ に重き十吋の「ビーム」を橋梁の桁として用ひらるゝあり、其両端を蝶番となし其上に乗る荷重を五千九百磅とせば、第三十章の表により、

$$A = 11.8 \text{ 吋}^2, \quad I = 9.5 \text{ inches}^4 \quad \text{なるを知り}$$

$$r^2 = 0.8 \text{ inch}^2 \quad q = \frac{4}{25000}, \quad I = 300 \text{ 吋}^2$$

$$P = 5900$$

によりSは九千五百磅を得「エラスチック、リミット」の約三分一にして相當の安全値なるを知る、

問題 三十六 三吋角十二呎の木材にて両端固定せられたる柱あり、三千磅の荷重對する安全率を求めよ、又長さを一呎とせば如何、

第三十七章 柱の設計 Design of columns

柱の長さ及荷重を與へられて其大きさを設計せんとせば、先づ適當なる材料及形狀を撰み公式五によりて安全なる「ウオーキング、ザアリュウ」を有するSの値を求め如此にして二三回計算の後適當なる大きさを定むるなり、

例へば長さ二十四呎にして両端固定せられたる正方形の木材にて十萬磅の荷重に堪へ、安全率を十ならしめんとす、

木材の「アルチメート、ストレングス」は八千磅なるを以て「ウオーキング、ストレンス」Sは八百磅なるべし、而して短き者なれば斷面Aは百二十五平方吋を要し、一邊殆ど十一吋の者にて足るべきも實際は之より大ならざるべからざるなり、於是先づ一邊十八吋として計算するにSは八百磅に足らざるを以て少しく大なるを知り、次に十六吋と假定して計算したる結果Sは八百磅より多くなりて其面積少しく小なるSを得たるを以て、十六吋二分一の者適當なりと決定するが如し、

問題 三十七、「スチール」I「ビーム」にて長さ十二呎の者を柱として用ふる時、十萬磅の荷重に堪へしめSを一萬二千磅ならしめんには幾吋の「ビーム」を適當となすや、

第六編 「シャフト」の變形 Strain of Shafts.

第三十八章 環撓の現象 Phenomenon of Torsion.

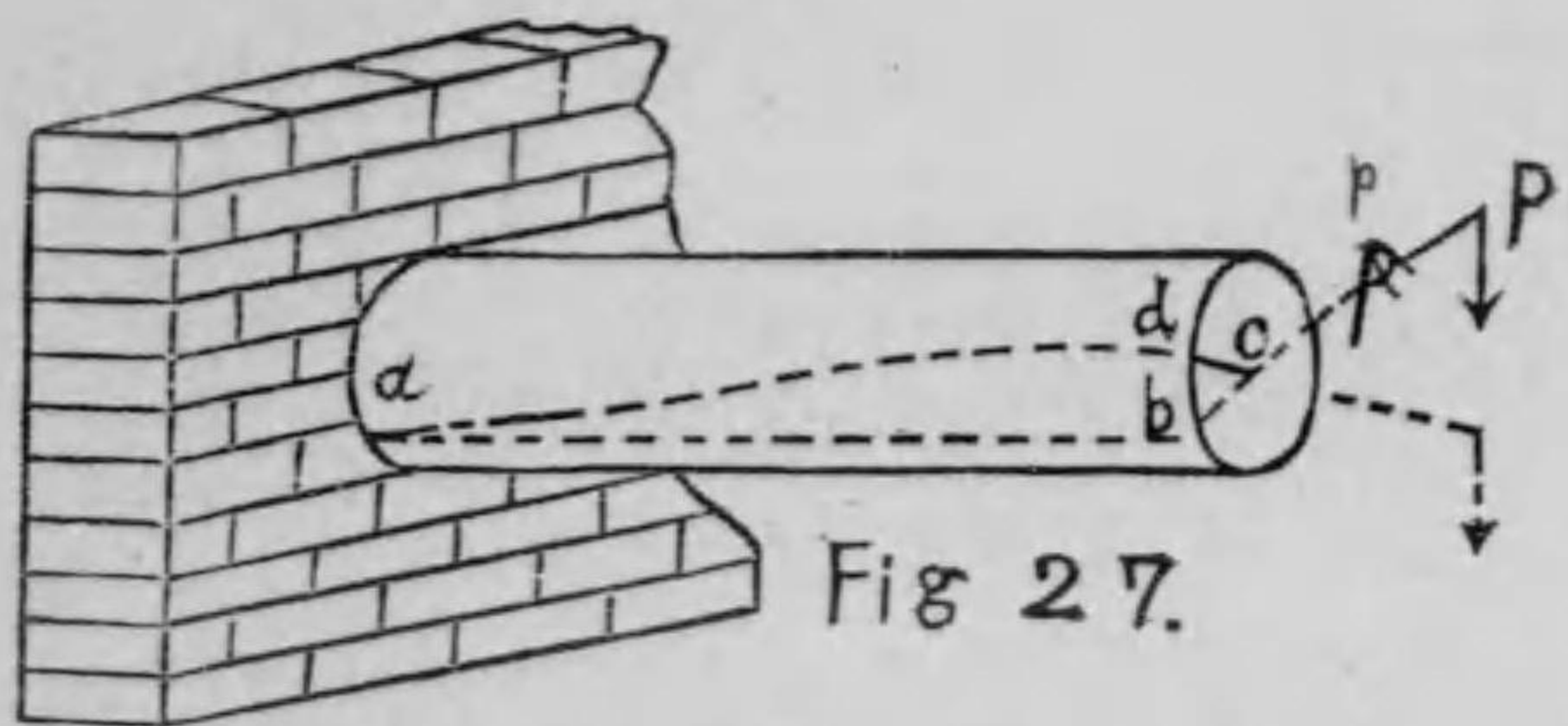


Fig 27.

「トーション」Torsion. とは外力によりて滑車を回轉せんとする時其「シャフト」に起るが如き現象にして之を絞らんとする傾向を有す、其結果材料の總ての横斷面に一種の「シャワーリング、ストレッズ」を起すも其面上の各點に働く力は平行ならざる者とす、茲に一端を固定せる水平狀の桿あり其先端に於て中軸に直角なる一の「レヴァー、アーム」を設け「アーム」の終端にPなる重量を加ふること第二十七圖の如くせよ、然らばebなる半徑線は回轉してedの位置に到らんしと爲めに元來水平狀なりしabなる纖維は螺旋狀を呈してadに示す如くなるべし、而して實驗によれば此の如き「ストレッズ」の「エラスチック、リミット」を超過せざる限りはbed及badなる角は外力Pに正比例し、且つ外力を去る時ed線は原の位置に歸復すべきも、「ストレッズ」にして若し「エラスチック、リミット」以上なる時は此比例を保つ能はずしてPを除去するも「ファイバー」adは原位置に歸すること能はず之を再三重ぬるときは桿は遂に破壊するに至るべし、又Pを以て中心

cよりPに至る距離即ちPの「レヴァー、アーム」とせば環撓の多寡は亦Pに正比例する者とす、而してPに正なる乗積を以て桿の中心線に對するPの環撓力率とす

若し P_1, P_2, P_3 等の諸力各 P_1, P_2, P_3 等の「レヴァー、アーム」を以て「シャフト」に働く時 P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 等の「モーメント」の代數的總和は之を以上三力のA點に對する「ツキスチング、モーメント」の「レザルタント」と稱す、但し時計指針の回轉する方向に働く力を正とし反對の力を負とすること前章述べたるが如く、例へば第二十八圖に於ける如くAより五呎、八呎、十二呎なるB C D三點に於て P_1 三十磅 P_2 六十磅 P_3 百磅の三力を加へ其「レヴァー、アーム」を P_1 二呎半 P_2

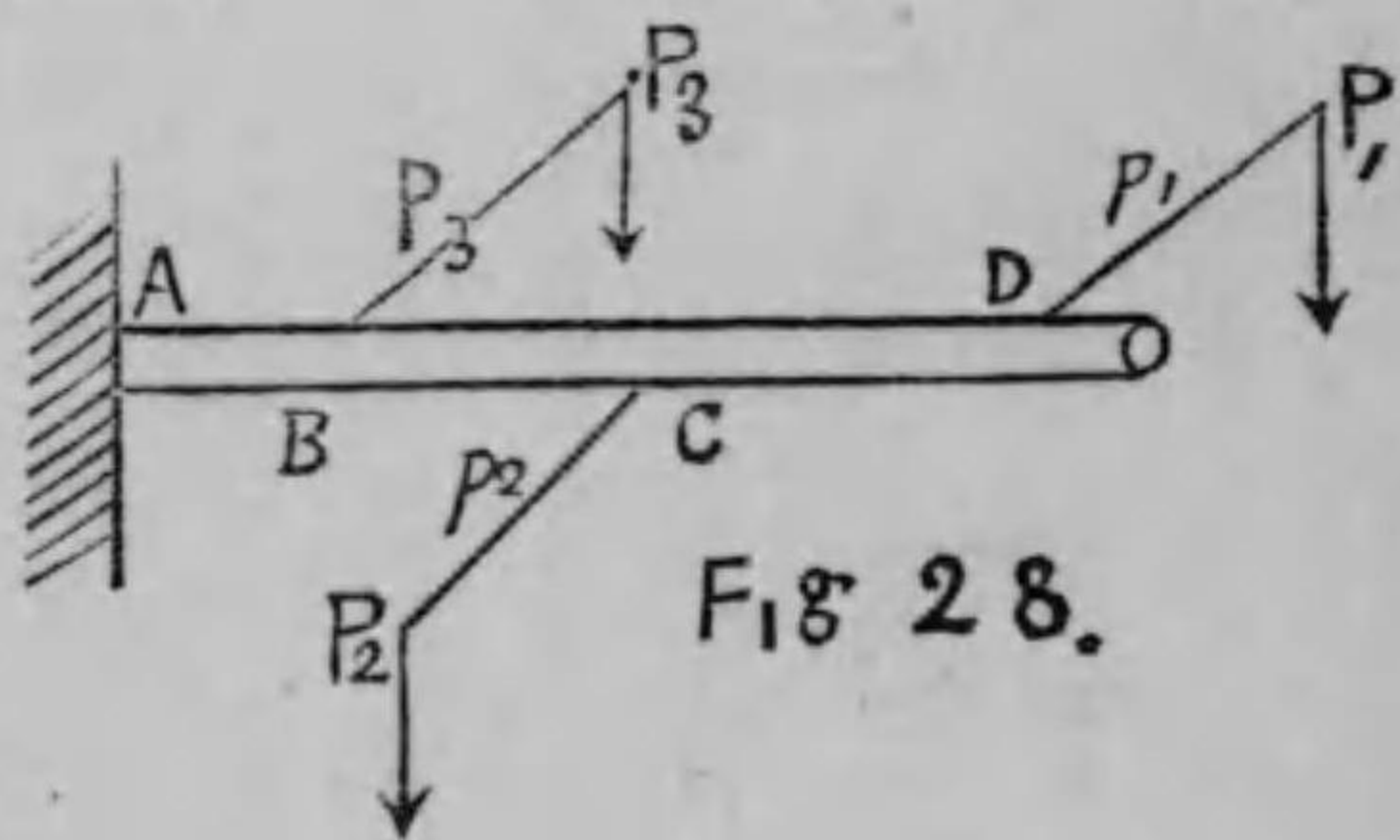


Fig 28.

二呎 P_3 三呎半とせよ、然ればDC間各斷面に於ける「ツキスチング、モーメント」は $+30 \times 2.5 = +75$ 磅呎にしてCB間各斷面に於ける者は $+30 \times 2.5 - 60 \times 2 = -45$ 磅呎AB間の者は $+30 \times 2.5 - 60 \times 2 + 100 \times 3.5 = 205$ 磅呎となるが如くBC間を環撓せんとする傾向は其他の部分に比して全く反對なる可し、

問題 三十八「シャフト」の中心線を距る五吋の所に於て六百磅の力を加へたる時其終端を絞る事三十度なりと云ふ、中心線を距る十二吋の所に於て幾許の力を加ふれば之を絞る事六十度なるべきや

第三十九章 「イナーシャ」の「ポラー、モーメント」 Polar Moment of Inertia.

「ビーム」及「コラム」の研究に於ては常に其横断面の中心線に關する慣性力率を計算したるも、「シャフト」にありては之と異り、其断面の中心點に關して之を求むること必要なり、即ち其断面の各單位面積に乘するに其断面の中心點よりの距離の自乗を以てし、其總和を以て「ポラー、モーメント、オブ、イナーシャ」と稱するなり、換言すれば一截断面に於ける二つの直交せる軸に對する慣性力率の總計にして之を表はすにJを以てしIと區別し易からしむ、例へば第二十九圖に於てaを單位面積としzを中心線ABと單位面積との距離とせば第二十二章によりABに關する慣性力率は $\int z^2$ にして、又yを以てCD軸との距離とせばCDに關するIは $\int y^2$ なるべし、今xを以て中心點cと單位面積aとの距離とせば $z^2 + y^2 = x^2$ なるべきを以て此断面の「ポラー、モーメント、オブ、イナーシャ」Jは $\int x^2$ にして $\int az^2 + \int ay^2$ に等しかるべし、故に第十二章及第二十三章によりて二つの中軸に關するIの各の値を得れば直ちにJを求め得べし今dを以て圓の直径又は正方形の一邊とせば、

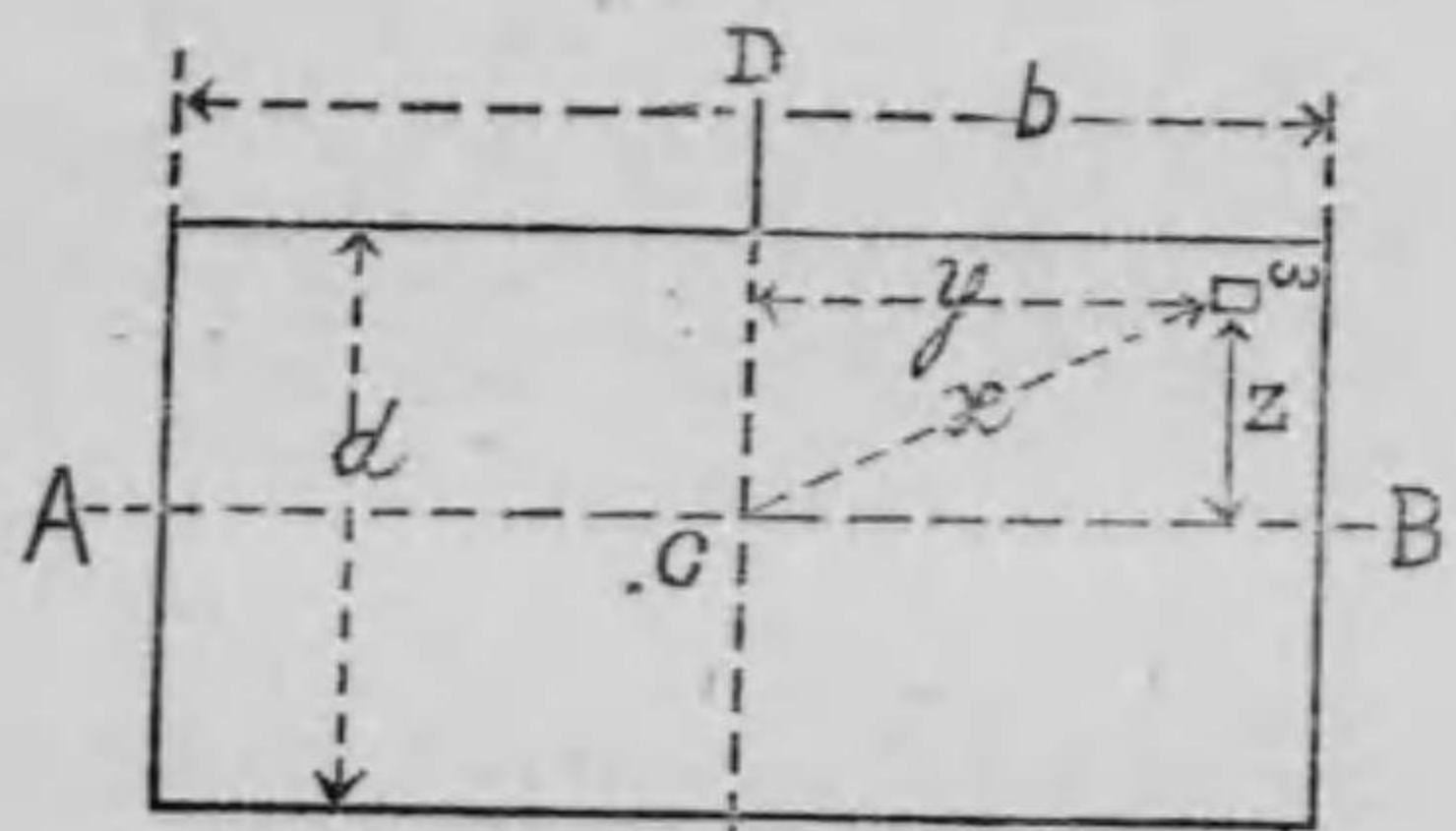


Fig 29.

實體の圓にありては

$$J = \frac{1}{32} \pi d^4$$

實體の正方形にては

$$J = \frac{1}{8} d^4$$

なるべく、中空なる断面にて内部の直径或は一邊をd₁とせば、

中空圓形にありては $J = \frac{1}{32} \pi (d^4 - d_1^4)$

中空正方形にては $J = \frac{1}{8} (d^4 - d_1^4)$

なるべし、而して「シャフト」としては稀に正方形の者を用ふるも概して断面圓形の者を用ふ、

問題 三十九、上圖矩形に於ける「ポラー、モーメント、オブ、イナーシャ」 $\frac{1}{8} bd(b^2 + d^2)$ なることを證明せよ、

第四十章 環撓の公式 Formula for Torsion

「シャフト」を切斷して其相對する兩面に就て考ふるに此兩面は相互に他を環撓せんとする傾向を有し従て断面の各部分に「シャーリング、ストレス」の働作するを發見すべし、而して此等の「ストレス」は其面の中心に於て最も少く周邊に於て最多量にして又各部の「ストレス」は中心より引かれたる「レヴァー、アーム」に對して常に直角に働作する者とす、故に「エラスチック、リミット」下の範圍に於ては「ストレス」の多寡は其「レヴァー、アーム」の長さに正比例する者なり、

今Pなる「レヴァー、アーム」を有するPなる力の働きたる時「ツキスチング、モーメント」はJ_Pにして明かに内部の「レヂスチング、モーメント」に等しかるべく、sを以て断面の中心より最も遠き所即其外端に働く「シャーリング、ユニット、ストレス」とし其距離をCとせば中心よりs₀即ちxに於ける「ストレス」

は s_c なるべく、又中心より x の距離にある単位面積 a の全「ストレス」は s_{xc} なるべし、而して中心に關して此所に於ける「ストレス」の「モーメント」は $s_{xc} x a$ の總和なるべく即 S 及 O は「コンスタント」なるを以て $\int s_{xc} x a$ を以て現はし得べし然るに $\int s_{xc} x a$ は前章述ぶる所の J なるを以て、内部の「シャーリング、レヂスチング、モーメント」は SJ にして「ツェスチング、モーメント」に等しかるべし、

$$\frac{S}{c} P \dots \dots \dots (6)$$

を以て環撓に於ける主成の公式とし、「ビーム」の公式(4)と等しく「シャフト」の歸納的研究及設計に使用せらる、而して此章に於ける S は常に「シャーリング、ユニット、ストレス」を表はし其「實用價」は第六章に示せる「アルチメート、シャーリング、ストレス」と安全率とによりて決定せらるゝ者とす、

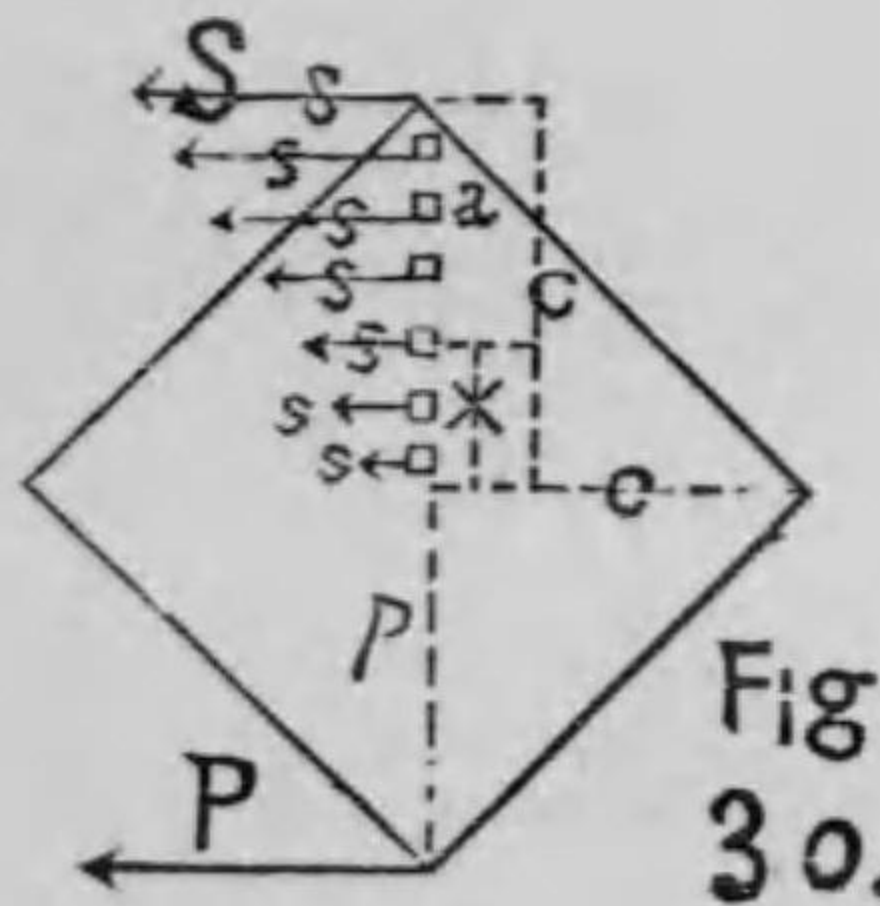


Fig 30.

而して力の輸送に用ゆる「シャフト」は其荷重時々變化し且激衝を受くる者なるを以て S は充分低度の數を採らざるべからず、又 S 「ユニット、ストレス」 S の値の「エラスチック、リミット」以下なる時に限り公式(6)は公式(4)と同一條件の許に運用せらるゝなり、

例へば D_p を三萬時磅とし直徑四吋の圓形「シャフト」に於ける「シャーリ

ング、ストレス」を計算するに $O = 3$ 吋 $J = 2513 \text{ inches}^4$ にして公式(6)によりて S は毎平時に付一萬五千九百磅なるを知るべし、此「シャフト」にして木材なる時は此値は低きに過ぎ鍊鐵或は鋼とすれば大なる安全率を有する者なるべし、

問題 四十 鋼製圓形の「シャフト」にして二千五百時磅の「ウキスチング、モーメント」の許にあり、最大なる S の値を毎平方吋六千磅ならしめんとせば、其直徑を幾許となすべきや、

第四十一章 傳力用「シャフト」 Shaft to Transmit power

仕事 Work とは力 Force と其働作したる距離の相乗積にして例へば十磅の重量が五呎の高所に垂直に揚げられたる時は之を五十呎磅の仕事となしたりと云ふ、此重量にして若し水平狀に動かされたる時力は只摩擦其他の抵抗に打ち勝つに要するのみなるも之亦前と同様に之を動かすに三磅の力を要し五呎の距離に運びたる時茲に十五呎磅の仕事を遂げたりと稱す、

勢力 Power とは或る一定の時間内に遂げられたる仕事の稱呼にして、其單位は普通馬力 Horse Power を用ゆ、一分間に三萬三千呎磅の仕事となしたる「パワー」を一馬力と云ふ、例へば一分間九萬九千呎磅の仕事となしたる勢力は三馬力にして、若し之をなすに二分を要したる時は一馬力半なるが如し、普通原動機によりて起されたる勢力は先づ「ベルト」によりて「シャフト」に傳へ、「シャフト」は仕事をなすに必要な場所に之れを輸送する者にして、爲めに「シャフト」は一種の「ストレス」を起すべし、今日

をして「ベルト」によりて「プーリー」に運ばれたる仕事の量とし、Pを「ベルト」によりて起る「タッセンシアル、フォース」(「プーリー」の半径に直角にして其圓周に接する力)とし、Pを「プーリー」の半径時にてnを一分間の回轉數とせよ、然らば其一回轉の間にPなる力は $\frac{2}{3}\pi P$ 吋の距離を働く者にして其仕事は $P \times \frac{2}{3}\pi P$ 吋磅或は $\frac{2}{3}\pi P^2$ 吋磅 $\times P = \frac{1}{6}\pi P^3$ 呎磅なるべし故に一分間の仕事は $\frac{1}{6}\pi n P^3$ 呎磅にして馬力の數は之を三萬三千にて除して得べし即ち

$$H = \frac{n\pi P^3}{6 \times 33,000} = \frac{n\pi P^3}{198,000}$$

なり而して第四十章によりて「ツキスチング、モーメント」Pは「レヂスチング、モーメント」Sにて等しきを以て之を代入して前式を變化して

$$\frac{S^3}{C} = \frac{198,000 H}{n\pi} \dots\dots\dots (7)$$

之を力の輸送に使用せらるる「シャフト」計算の公式とす圓形の「シャフト」にありてはCは直径の二分一にして正方形の者にありては對角線の二分一に等し、而して此場合Sは常に「シャーリング、ストレス」にして、時時變化する荷重に應ずる爲安全率を高く採るを要し、且Sはnに反比例するを遺却すべからず、即ち「スピード」の緩なるに従ひて「シャフト」に於ける「ストレス」は愈大なり、

問題 四十一、圓形の「シャフト」あり直径一時にして一分間百回轉し輸送する所の力一馬力なりと云ふ、依て起る「シャーリング、ストレス」毎平方吋に付凡三千二百磅なることを證明せよ、

第四十二章 正方形の「シャフト」 Square shafts

正方形の「シャフト」は木材にして水車に用ふる者の外甚だ稀なり、

今dを正方形の一邊とせば第四十一章公式(7)の中Jは $\frac{1}{12}d^4$ にしてCは對角線の二分一 $\frac{1}{2}\sqrt{2}d$ なるを以て之を變化して、

$$H^{\frac{3}{2}} = \frac{267,500}{\pi} H$$

なる簡單なる式を得べく従て式中の未知量只一つなる時は直ちに之を求め得べし、

注意 普通此267,500を以て正方形「シャフト」の計算上「コンスタント」となすも前式を計算したる結果は實際267,246を得べく便宜上之を繰り上げたる者と知るべし、

例へば正方形「シャフト」にし一邊十二吋の木材を用ひ毎分二十五回轉にして百十八馬力を輸送すと云ふ其安全率幾許なりやと云ふに前式に適合して $H = 118HP$ $n = 25$ 、 $d = 12$ なるを以て

$$S = \frac{267,500 \times 118}{25 \times 1728} = 730$$

即ち毎平方吋七百三十磅の「シャーリング、ストレス」を起し其安全率は3000/730即ち殆ど四なるべく木材に對しては低きに過ぐるを知る、

依て今毎分二十五回轉にして百十八馬力を輸送すべき木材の「シャフト」ありSの安全なる値を毎平方吋二百磅ならしめんには其大さ幾許となすべきやを考ふるに同じく前式により

$$S^2 = \frac{267700 \times 118}{35 \times 200} = 6313 \text{ inches}^2$$

を得て一辺十八吋半の材料を用ふべきを知る、

問題 四十二、正方形鑄鐵製の「シャフト」あり毎分十回轉にしてSを毎平方吋千二百磅ならしめんには幾許の力を輸送し能ふか、

第四十三章 圓形「シャフト」 Round shafts

實體圓形「シャフト」にして直徑をdとせば公式(7)は

$$S^2 = 221000 \frac{H}{d^4}$$

なる簡單なる形となるべし之を圓形「シャフト」の歸納的研究及設計に用ふる一般の公式とす

但し 321000は實際 320720にして便宜上繰り上げたること前章に同じ、

例へば毎分二百五十回轉にして九十馬力を輸送すべき鍊鐵「シャフト」の設計をなすに、安全率をして殆んど八ならしめん(或はSは毎平方吋七千磅)とせば、前式にありてdを二吋八分五となすべきを知る、

當時船用機關の「シャフト」として盛に中空鑄鋼「シャフト」を使用す是れ同一の斷面積を有する實體の者に比して遙かに強固なるを以てなり、今外徑をdとし内徑をd₁とせばJの値は $\frac{\pi}{32}(d^4 - d_1^4)$ にしてCはSに等しきを以て前式より $S^2 \frac{d^4 - d_1^4}{d^4} = 321000 \frac{H}{d^4}$

を得べく之を中空「シャフト」計算の公式とす、

爰に「ニッケル、スチール、シャフト」あり毎分五十回轉にして一萬六千馬力を輸送しSを毎平方吋二萬五千磅ならしめんとす外徑十七吋なる時中空の内徑幾許とすべきやを考ふるに、前式中d₁を除くの外盡く已知量なるを以て之を計算して殆んど十一吋を得べく、其斷面積百三十二平方吋毎呎の重量四百四十九磅なりとす、

問題 四十三、中空の「シャフト」あり、實體のものと同じ斷面積を有し、内徑は外徑の二分一に等しき時は、實體の者に比して四十四%強固なるを證せよ、

第七編 變形の恢復 Elastic Deformation.

第四十四章 彈性係數 The coefficient of Elasticity.

諸君の記憶する如く吾人は第一編に於て、一の桿に遞次に外力を加ふる時は其内部に「ストレッズ」を起し、若し「エラスチック、リミット」以下の範圍内なる時は其伸長は「ストレッズ」に比例することを述べたり、此彈性の規則は桿の伸長及「ビーム」の彎曲に關する計算に適合し得る所にして、材料「テンション」の彈性係數とは實に此「ユニット、ストレッズ」と「ユニット、エロンゲーション」の比の事なり例へば長さ一吋斷面一平方吋の桿にして「ユニット、ストレッズ」Sの許にありて起る伸長をsとすれ

$$E = \frac{S}{e} \dots\dots\dots (8)$$

にしてEは即ち弾性係数なり、

若し又桿の断面積をAとし外力Pによりて曳かれたりとせば「ユニット、ストレッズ」Sは $\frac{P}{A}$ にて現はすべく、其初めの長さをlとし、伸び高をeとすれば、「ユニット、エロンゲーション」sはe・lにて表はすを得べし、

「コムプレッション」に關する弾性係数は、同様に「ユニット、ストレッズ」と、之によりて起る「ユニット、シヨートニング」との比にして、一般に弾性係数とは「ユニット、ストレッズ」と變形單位との比のことなり、

同一の材料にて「エラスチック、リミット」以内にありてはEはS及sに比例して増減するを以て一定不變なるべく、「エラスチック、リミット」以上には正當なる弾性係数なし、又同じ「ユニット、ストレッズ」の許に於ける各種材料のEはsの減するに從て増加すべきを以て弾性係数は「エラスチック、リミット」以内に於て各種材料の強度 Stiffness を計る標準となし得べし

「テンション」及「コムプレッション」の弾性係数は實際相等しくして各種材料の平均値は次表に示すが如し、

(Table X)
Coefficient of Elasticity

材料	每平方吋磅に付
鋼	三〇〇〇〇〇〇〇
錬鐵	二五〇〇〇〇〇〇〇
鑄鐵	一五〇〇〇〇〇〇〇
木材	一五〇〇〇〇〇〇〇

又「ジャー」に對する弾性係数は此表に示す者の約三分一として可なり、而して此表によりて鋼は四種の内最も堅牢にして錬鐵よりは二〇%、鑄鐵よりは二倍、木材よりは二十倍強さを知る、換言すれば同一の「ストレッズ」の許にありて鋼に比して木材は二十倍多く伸縮し、鑄鐵は二倍錬鐵は二〇

%多く伸縮するなり、

問題 四十四、一吋角にして長さ二吋の桿あり五千磅の「テンション」によりて〇、〇〇〇〇四吋伸長したりと云、弾性係数幾許なりや、

第四十五章 張力によりて起る伸長 Elongation under tension.

桿の断面積をA長さをlとし張力Pの許にありて伸長eを得たりとせば、前に述べたる如く「ユニット、ストレッズ」Sは $\frac{P}{A}$ にして「ユニット、エロンゲーション」sはe・lなるを以て弾性係数は

$$E = \frac{S}{s} = \frac{Pl}{Ae}$$

なるべし、故に $\frac{Pl}{A}$ にして「エラスチック、リミット」以内なる時は

$$e = \frac{Pl}{AE}$$

なるべく、之を張力Pに對する「エラスチック、エロンゲーション」とす、例へば長さ三十呎の鍊鐵桿あり「エラスチック、リミット」迄外力を加へたりとせば幾許の伸長をなすやと云ふにAは毎平方吋に付二萬五千磅、Eは二千五百萬、Iは三百六十吋なるを以て公式によりeの〇、三六吋なるを知るが如し、

問題 四十五、太さ二吋×二吋にして長さ三十呎の鋼製「アイ、バー」あり九萬磅の張力によりて得たる伸長幾許なりや、

第四十六章 壓迫によりて起る短縮 Shortening under Compression.

断面A長さlの桿ありPなる壓迫によりて起る短縮をeとす、桿の短かき者にして側面の彎曲起らざる場合にありては、「ユニット、ストレッス」Sは断面上一樣に配布せらるゝ者なるを以て、其短縮の法則は「テンション」に於ける伸長と異なることなく

$$e = \frac{Pl}{AE}$$

なるべし、但し「ユニット、ストレッス」P/Aは前章に述ふるが如く其材料の「エラスチック、リミット」以内なるべきこと必要なる條件なりとす、

例へば直徑一吋長さ五吋の鑄鐵桿あり、十萬磅の壓迫に遭ふ時Pは十萬、Aは〇、七八五平方吋、Iは五吋にしてEは毎平方吋千五百萬なるを以て公式によりてeは〇、〇〇二四吋なるを知る 然れ共此

計算は毫も價値なき者なりとす、如何となれば此「ユニット、ストレッス」P/Aは鑄鐵の「エラスチック、リミット」に於ける値の殆ど二倍なるを以てなり、故に若しPを三千磅となしたる時公式は適當に應用し得て短縮は〇、〇〇一三吋なるを知る、

問題 四十六、長さ十八吋にして重量二十四磅の鍊鐵桿あり、七千二百五十磅の壓迫によりて起る短縮幾許なりや、

第四十七章 「カンチレバー、ビーム」の彎曲 Deflection of cantilever beams

「ビーム」の彎曲を計算する公式を説明せんとせば、勢高尚なる數理(微積分)を引用せざるべからざるを以て本編にては只其形式及一般の説明に止めんとす、

今長さlなる「カンチレバー」の終端に於てPなる荷重を置きたる時、依て起る彎曲の多寡を現はすにfを以てすべし、而して其彎曲は「ビーム」の長さ及荷重の増加に伴ふて或割合を以て増加する者なることは容易に想像し得べき事實にして其關係は公式

$$f = \frac{Pl^3}{3EI}$$

によりて明瞭なるべし、

但し式中Eは第四十四章に示したる彈性係數にしてIは第二十二章

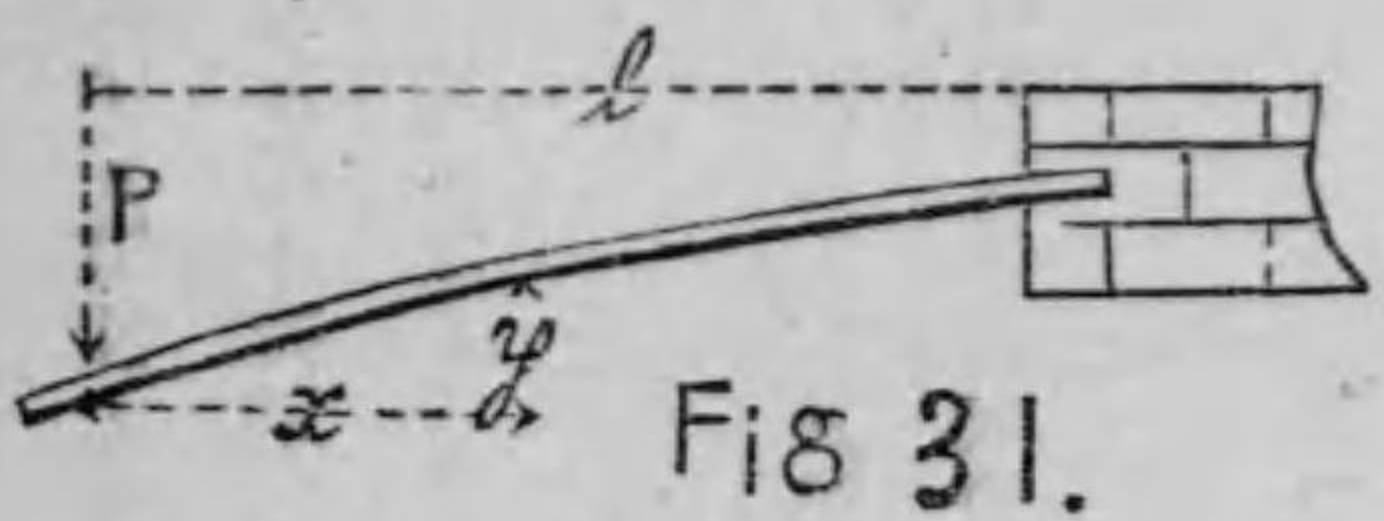


Fig 31.

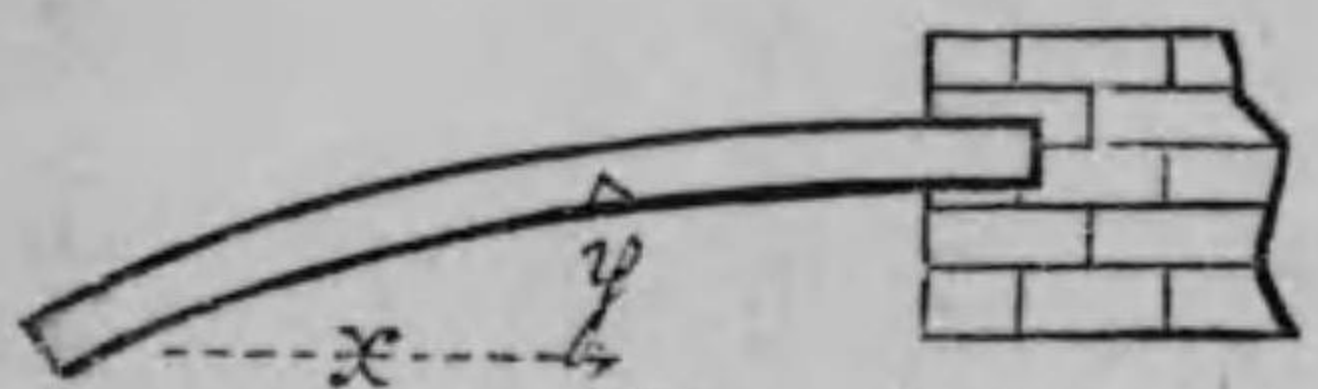


Fig 32.

に示す慣性力率なりとす、即ち彎曲は長さの三乗及荷重に比例す、例へば長さ二倍となれるは彎曲八倍となり荷重二倍となれば彎曲も二倍となるが如し、
又 w なる「ユニホーム、ロード」の其上にある時は、

$$f = \frac{w l^3}{8EI}$$

にして、其終端「シムブル、ロード」を有する者に比して彎曲僅に八分三なるを見る、例へば太さ二吋角長さ六呎の鑄鐵製「カンチ、レバー」あり、其終端百磅の荷重を置く時彎曲幾許なりやと云ふに

$$P = 100\text{lbs}, \quad l = 72", \quad E = 15000000,$$

$$I = \frac{1}{12} b^3 = 1 \frac{1}{8} \text{inches}^4 \text{なるを以て公式により}$$

$$f = 0.622 \text{inch}$$

なるが如し、

又例へば幅 b 厚さ d なる断面長方形の者にありては I の値は $\frac{1}{12} b d^3$ なるを以て、此の如き「ビーム」にありては彎曲は厚さの三乗及幅に反比例す、然るに「ビーム」の強さは彎曲の大きさに反比例なるを以て上述の數節を摺括して

「ビーム」の強さは幅に比例し、
厚さの三乗に比例し

長さ、に反比例す、

と云ふを得べし、

問題 四十七、厚さ八吋長六呎の鋼鐵 I 「ビーム」あり二十四萬磅の「ユニフォーム、ロード」を支ふる「カンチ、レバー」として使用せらるゝ時、其彎曲幾許なりや、

第四十八章 「シムブル、ビーム」の彎曲 Deflection of simple beams.

長さ l なる「シムブル、ビーム」ありて其中央に P なる荷重を置く時、双方の「リ、アクション」は各 $\frac{1}{2}P$ なるべし、今此「ビーム」を顛倒したる者と想像せば長さ $\frac{l}{2}$ にして其終端に $\frac{1}{2}P$ の荷重を擔へる二個の「カンチレバー、ビーム」に等しと云ふを得べし、故に第四十七章の公式を適用して l の代りに $\frac{l}{2}$ 及 P の代りに $\frac{1}{2}P$ を置けば

$$f = \frac{Pl^3}{48EI}$$

を得べく之を中央に荷重ある「シムブル、ビーム」の彎曲を計算する公式とす、

次に毎尺單位に付 w の荷重ありとすれば、全荷重は wl にして之を前公式中 W に代入して計算せば、「ビーム」の中央に於ける彎曲は $f = \frac{5wl^3}{384EI}$ にして同重量を其中央に置きたる者に比して僅かに八分五なるを見る、

此公式及び前章の公式は共に、荷重より起る水平狀の「ストレッニス」は「エラスチ

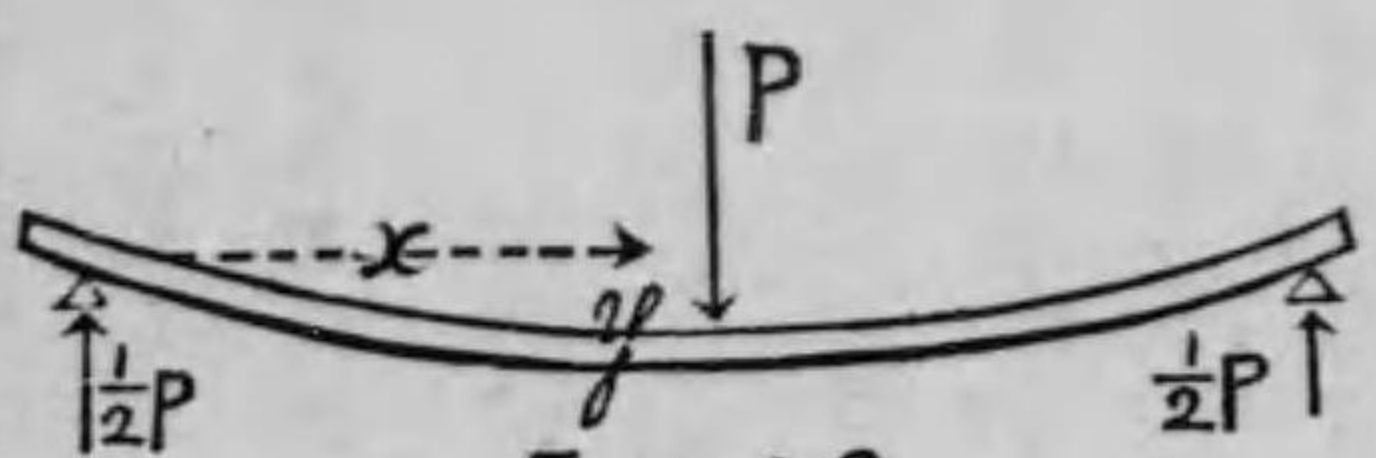


Fig 33.

ック、リミット」以内に於ける場合を論ずる者にして、第二十五章公式四によりP及WをSと代入して表
示し得べし、即ち中央に荷重ある「シムプル、ビーム」に於ては $\frac{1}{2}Pl \parallel \frac{5}{8}Wl$ 又「ユニホーム、ロード」を
有する者にありては $\frac{1}{2}Wl \parallel \frac{5}{8}C$ なるべきを以て

「シムプル、ロード」Pにては $f = \frac{5}{32} \frac{Pl^2}{EI}$

「ユニホーム、ロード」Wにては $f = \frac{5}{384} \frac{Wl^4}{EI}$

なるべく、是によりて同一なる「ユニホーム、ロード」の許に起る「シムプル、ビーム」の彎曲は、長さの
自乗に比例するを知る

問題 四十八、二吋角長六呎の樑棒あり其中央に五十磅の荷重あり今又百磅を加へて、〇、二六吋
及〇、三吋の彎曲を生じたりと云ふ、弾性係數Eを計算せよ、

第四十九章 拘束せられたる「ビーム」 Restrained beams.

「ビーム」の一端壁側に固定せられて水平状に突出し他端に支柱を有する時、固定せられたる一端を
拘束せられたりと稱す、此場合に於て支柱に於ける「リアクション」は「シムプル、ビーム」に於ける者より
小にして、長さ一毎單位尺の磅の「ユニホーム、ロード」ある時「エラスチックリミット」以内に於て僅に $\frac{1}{2}Pl$
なりとす(證明は微積分を要するを以て略)故に支柱より計りてxの距離に於ける或断面の「ベンディング、モーメント」は $\frac{1}{2}Pl \parallel$
 $\frac{1}{2}Wl$ にして換言すれば $\frac{1}{2}Pl$ の所にありては「ベンディング、モーメント」皆無にして、 $\frac{1}{2}Pl$ なる時正符の最大

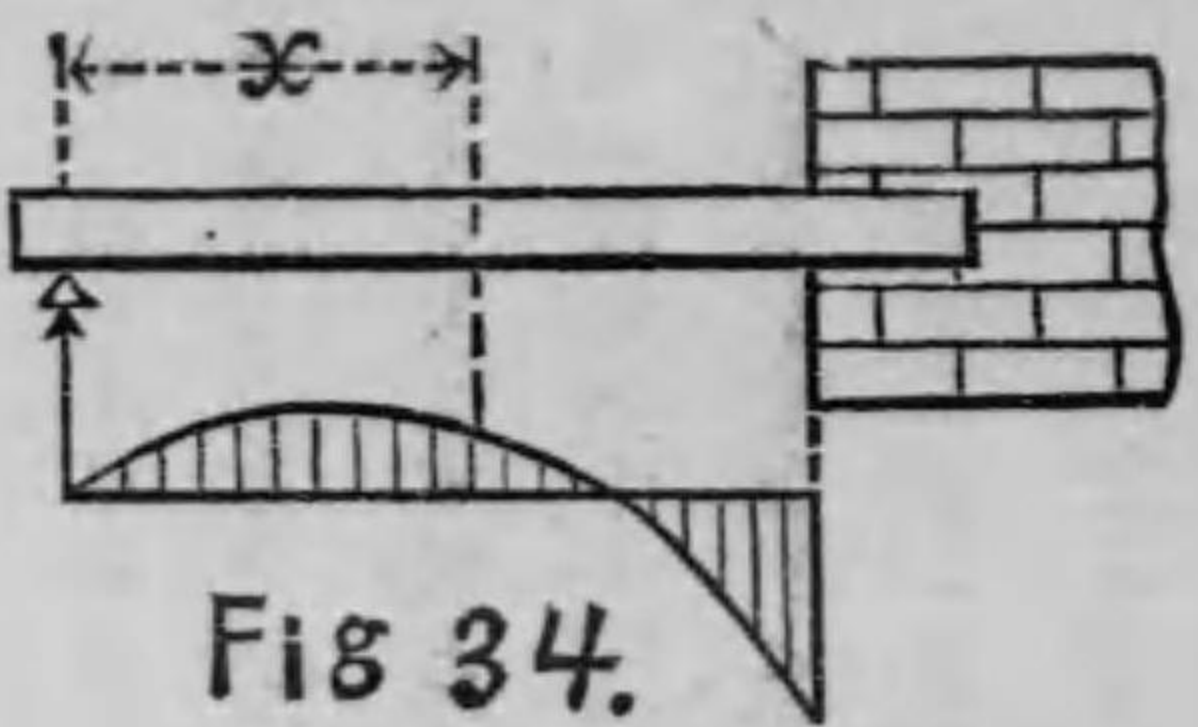


Fig 34.

なる「モーメント」は $\frac{1}{2}Pl$ なるべく、 $\frac{1}{2}Pl$ なる時負符の最大なる「モーメント」
は $\frac{1}{2}Pl$ にして其「ダイアグラム」は第三十四圖に示すが如し、又最大なる彎曲
は $f = \frac{1}{384} \frac{Wl^4}{EI}$ にして $w = 0.42151$ なる所に起る者とす、
両端固定せられて「ユニホーム、ロード」を擔へる「シムプル、ビーム」にありて
は兩壁の所に於て「 $\frac{1}{2}Pl$ 」の負の「ベンディング、モーメント」あり、中央に於ては $\frac{1}{2}Pl$
の正の「モーメント」ありて、中央に於ける彎曲は

$f = \frac{1}{384} \frac{Wl^4}{EI}$

なり但し此場合に於けるWは「ユニホーム、ロード」の總量wlなりとす、即ち此
等拘束せられたる「ビーム」にありては其下底の一部は「テンサイル、ストレス」
を起し一部は「コンプレッション、ストレス」を起すを以て、第二十五章によりて
前者は正の「ベンディング、モーメント」となり、後者は負の「モーメント」となるなり、
又「シムプルビーム」に於ては最大なる「ベンディングモーメント」は $\frac{1}{2}Pl$ なれ共兩端
固定せられたる者にては僅に $\frac{1}{2}Pl$ なりとす、故に兩者同大なれば拘束せられた
る者は大なる荷重に耐へ、同量の荷重なれば拘束せられたる者は其大さを小に
するを得べし、即ち「ビーム」は其兩端固定し得る場合には建設上經濟なること

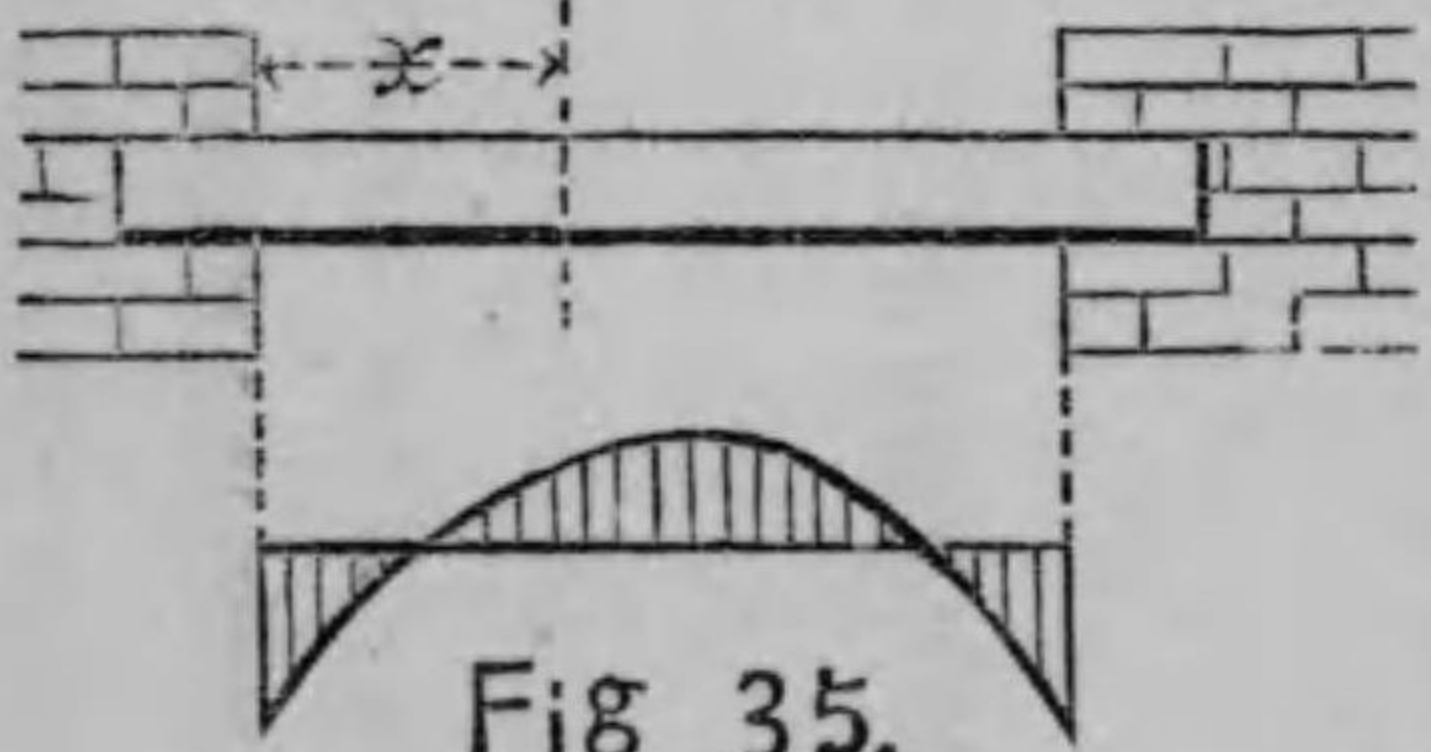


Fig 35.

論なきなり

問題 四十九、一端固定せられ他端支柱上に安置せる「ビーム」にして、中央にある荷重の爲めに起る支柱の「リ、アクション」を $\frac{1}{2}P$ なりとせば正負兩「ベンディング、モーメント」各幾許なりや、且つ其「ダイアグラム」を作れ、

第五十章 「シャフト」の環撓 Twist in Shafts.

長さ l の「シャフト」あり毎分 n 回転の速度にて、 H 馬力を輸送する時「シャフト」の一端は他端に對して環撓せらるべく、其角度を D とせば「エラスチック、リミット」以内にては

$$D = 3560000 \frac{Hl}{n^2 J}$$

とす、但し J は第三十九章に示せる「ポラーモーメント、オブ、イナーシャ」にして F は第四十四章に示せる所の「シャ」に對する彈性係數なりとす、而して l は吋にて現はし J は四乗吋 F は每平方吋に付磅にて現はす者とす、

例へば外徑十七吋内徑十一吋長さ百二十五呎の鋼製中空「シャフト」あり毎分五十回転の速度にて千六百馬力を輸送すと云、環撓の角度を求むるに公式により、

$$l = 1500Hl, n = 50, F = 10000000,$$

$$J = 6765 \text{inch}^4 \text{ なるを以て}$$

$$D = 25.3 \text{度}$$

を得るが如し而して此「シャフト」にして若毎分二十五回転にして同量の仕事を遂ぐるとせば、公式の關係により環撓角度は前者に二倍し、從て内部に起る「ストレス」も亦前者の二倍なるを知り、又其角度は「シャフト」の長さに比例することを見るべし、

問題 五十、直徑十六吋長さ百二十五呎の實體「シャフト」(鋼鐵)あり毎分二十五回転にして八千馬力を輸送す、環撓の角度幾許なりや、

第八編 材料の「レジリエンス」 Resilience of materials.

第五十一章 總 說 Fundamental ideas.

力度の終始等一なる力 P ありて e なる距離を通じて加へられたる時、遂げたる仕事を現はすには P_e なる積を以てすべし、然れ共茲に一の桿ありて試験機械によりて試験さるゝに當り、外力は終始等一に遞加せられて O より P に達し而して e なる伸長を生じたりとせば遂げられたる仕事を現はすには $\frac{1}{2}Pe$ を以てせざるべからず、蓋し遞次に増加されたる力の平均値は $\frac{1}{2}P$ なるべきを以てなり、即ち前者にありては仕事は高さ P にして e なる底を有する四角形によりて表はすべく、後者は高さ P 底 e なる三

角形によりて表はすべし即ち此三角形の面積は四角形の二分一なるべし、扱外力の終始一様にOよりPに遞加せられたる時は、内部の「ストレックス」も亦等一にOよりSに遞加せられたる者にして、此等「ストレックス」の遂げたる仕事を「桿の「レジリエンス」と稱するなり、而して此内部の仕事は明かに外部の仕事に等しきを以て、此場合「レジリエンス」は外部の仕事乃 P_e を以て現はすなり、

材料の「ストレンジス」とは外部の力に抵抗する度量(キャパシティー)を云ひ、材料の「スチッフネス」とは變形に抵抗する度量を云ひ、材料の「レジリエンス」とは仕事に抵抗する度量を云ふ、故に「レジリエンス」大なりとは、外部の仕事に抵抗する度量大なりとの謂にして、「エラスチック、レジリエンス」とは「ストレックス」の「エラスチック、リミット」に達せし時に遂げられたる仕事に抵抗する内部の仕事を云ひ、「アルチメート、レジリエンス」とは材料破壊の起る際限に遂げられる内部の仕事を云ふ、

又「アルチメート、ストレンジス」は普通「エラスチック、ストレンジス」の二乃至三倍なれ共、「アルチメート、エロンゲーション」は「エラスチック、エロンゲーション」に比して非常に大にして、「アルチメート、レジリエンス」は「エラスチック、レジリエンス」に比して其差更に大なる者とす、

而して「レジリエンス」は仕事の如く呎磅又は吋磅を以て現はすも後者を用ふる場合殊に多し、例へば一の桿あり其「ストレックス」はOより五千磅に遞加せられたる時O、五吋伸びたりとせば「レジリエンス」は千二百五十吋磅なりと云ふが如し、

問題 五十一、一呎の重量三十磅の鍊鐵桿ありて毎平方吋に付五千磅の「ストレックス」を起してO、五吋伸長したり「レジリエンス」幾許なりや、

第五十二章 桿の「エラスチック、レジリエンス」

長さl断面Aの桿に張力Pを加へて爲めに「エラスチック、リミット」に等しき「ユニット、ストレックス」S及伸長eを得たりとせよ然らば此桿の「エラスチック、レジリエンス」は前章によりて P_e なるべし、今PはSAに等しくeは $\frac{Pl}{AE}$ 即 $\frac{S}{E}l$ に等しきを以て各此値を P_e に代入して其結果をKとすれば

$$K = \frac{S}{E} A l \dots \dots \dots (9)$$

となりて桿の「エラスチック、レジリエンス」は其長さ及斷面積即ち其容積に正比例するを知るべし、例へば斷面一時平方長さ一時の桿にありてはAlは一立方吋にして此桿の「エラスチック、レジリエンス」は

$$\frac{S}{E} Al$$

に等しきを見るべし、而して此量は「モデュラス、オブ、レジリエンス」(假りに反撥係數と譯す)と唱ふる者にしてKを以て現はし或る與へられたる材料にありては一定不變の量なりとす、

各種材料張力の許にある時、Sの値は第二章に之を示し又Eの値は第四十四章に之を示したり、此等の定數を採りて各材料のKの値を計算するに

木材………三吋 磅

鑄鐵... 一吋 磅
 鍊鐵... 十二吋 磅
 鋼... 四十二吋 磅

之によりて「エラスチック、リミット」以内に於て仕事に抵抗する度量は四種の内鋼最大にして鑄鐵最小なるを見る、以上述ぶる所によりて、或る與へられたる大きさを有する桿の「エラスチック、レジリエンス」は其體積に反撥係数を乗ずる事によりて得らるゝ者とす、例へば茲に断面五平方吋長さ十吋又は断面二平方吋長さ二十五吋即ち五十立方吋の木材ありとすれば、兩者の「エラスチック、レジリエンス」は各百五十吋磅にして、其意味は「エラスチック、リミット」に達する「ストレス」を起さしむる爲外部の仕事は百五十吋磅なりと云ふに等し、

又前公式(8)によりて、或る材料の「エラスチック、リミット」より少なる「ユニット、ストレス」 S を起さしむべき仕事の量を算出し得べし、例へば直徑二吋長さ十八呎の鍊鐵桿をして毎平方吋に付一萬二千磅の「ストレス」を起さしむるに要する外部の仕事幾許なりやと云ふに、公式中

$$F = 12500, E = 25000000,$$

$$A = 3.14, l = 216 \text{ なるを以て}$$

$$K = \frac{12500^2 \times 3.14 \times 216}{2 \times 25000000} = 2120$$

即ち二千二百二十吋磅を得、今此桿にして毎分二百五十回此「ストレス」を起すとせば、一分間外部の仕事は

$$2120 \times 250 = 530000 \text{ 吋磅} = 44200 \text{ 馬磅} = 1.34 \text{ H.P.}$$

なるべし、

「又ユニット、ストレス」 S_1 の許にある桿にして外部の荷重を増加したる爲「ストレス」 S_2 に昇りたりとせば「レジリエンス」は

$$K = (S_2^2 - S_1^2) \frac{Al}{2E}$$

なりとす但し S_2 の値は「エラスチック、リミット」を超過すべからず、

問題 五十二、長さ十呎にして重量四百九十磅の鋼鐵桿あり一秒間毎平方吋に付四千磅の「ストレス」より九千磅に達したりと云爲めに幾許の仕事を要したりや又幾馬力となるや、

第五十三章 「ビーム」の「エラスチック、レジリエンス」(彎曲耐力)

長さ l なる「シムプル、ビーム」あり其中央に静止する荷重 P によりて彎曲 f を生じたりとせば、爲めに要せる仕事は $\frac{1}{2}Pf$ なるべく、此仕事の量は即ち「ビーム」の「レジリエンス」に等しき者とす、而して f の値は第四十八章に示したる如く水平狀の「ユニット、ストレス」の項にて現はし P の値は第二十五章公式(4)に従ひ S の項にて現はす時 Pf は

$$K = \frac{S_1 I}{A I C^2} = \frac{S_1}{S E} \frac{r^2}{A I}$$

となるべし、但し式中 I は断面の慣性力率にして之を同値の $A r^2$ の項にて置き換へたる者とす、又 A は断面積 r は回轉半徑なること第三十三章に示せり、同理により「ユニホーム、ロード」に關する「レジリエンス」は

$$K = \frac{S_1}{S E} \frac{r^2}{A I}$$

にして集中せる荷重を有する「ビーム」に比して彎曲五倍なるを知る、

又断面長方形にして深さ d なる「ビーム」にありては e は $\frac{d}{2}$ に等しく r^2 は $\frac{d^3}{12}$ に等しく r^2 は $\frac{1}{12}$ となるべきを以て、其中央に荷重を置く時は長方形の桿に起る「テンサイル、ストレッズ」に比して「レジリエンス」は九分一にして、荷重の分布せる者は九分五なるを知る（學生は計算により之を確むる亦趣味あるべきを以て茲に之を説明せず）

問題 五十三、長さ二十四呎の重さ二十吋の「I」字形「ビーム」あり毎平方吋に付五百より八千磅に増加すべき回轉荷重によりて起る彎曲幾許なりや、

第五十四章 彎曲の極限 Ultimate Resilience.

「アルチメート、レジリエンス」其材料の破壊すべき外部の仕事に等しくして「エラスチック、レジリエンス」に比して非常に大に鍊鐵或は鋼にありては時に五百倍に達することあり、然れ共「エラスチック、リミット」以上に起る變形増加の狀況を確認すること能はざるを以て、之を計算すべき公式を定むることを得ず、

扱第四章に示したる如き「ストレッズ」に従ひて起る伸長の變化を記する「ダイアグラム」により、其曲線と伸長の軸とによりて圍まれたる面積を求むれば、之により各材料の毎立方吋に於ける最大の「レジリエンス」を示すを得べく、從て之に材料の容積を乗じて其全量を知り得べし、曩に第十四章に於て、鍊鐵及鋼の性質を檢定する略法として、其「アルチメート、ストレンジス」と「アルチメート、エロンゲーション」との相乗積を以てすることを述べたる者、其積は乃ち「アルチメート、レジリエンス」の近似數となるを以ての故なりとす、

而して今「ストレッズダイアグラム」によりて導かれたる面積を採りて計算せば益々眞値に近接する數を得べく $K = \frac{S_1}{S E} \frac{r^2}{A I}$ を以て其公式とす、但し S_e は「エラスチック、リミット」 S_t は「アルチメート、ストレンジス」 S は「アルチメート、エロンゲーション」とす、例へば鍊鐵の試験片により $S_e = 25000$; $S_t = 55000$; $\alpha = 13\%$ とせば $K = 8100$ を得べく此數は鍊鐵の毎立方吋に於ける最大なる「レジリエンス」の數(吋磅)なりとす、

問題 五十四、第二章及第四章に記する處を應用して「テンション」に於ける木材の「アルチメート、レジリエンス」は鍊鐵に比して殆五十分大なることを證せよ、

張力ありて一の桿に加はり○より起りて遞次或度に達したる時、依て起る「ストレス」は○より漸次 S に昇り伸長は○より漸次 e に及ぶべし、今此 e に等しき伸長を生ずべき同量の外力を一時に桿に加へたる時之を「サッドゥン、ロード」と稱するなり、其伸長の起るや一旦 e 以上に達し、桿は爲めに荷重と共に、彈ね歸り尋て一種の振動を起すべし、而して暫時其振動を反覆する間漸次に伸長の度を減じ遂に e を得るに至りて靜止すべし、故に最初に桿の内部に起るべき「ユニット、ストレス」は從て一時 S 以上に昇ること明かなり、今 P を遽かに加へたる荷重とし y を最初の伸長とせよ、然らば此時に於ける外部の仕事は P_y なるべく又伸長 y を生じたる時の内部の「ストレス」を Q とすれば依て起る内部の仕事乃ち「レジリエンス」は $\frac{1}{2}Qy$ なるべし然るに外部の仕事は内部の仕事に等しかるべきを以て

$$\frac{1}{2}Qy = Py \text{ or } Q = 2P$$

にして、之に依て「サッドゥン、ロード」P によりて起りたる内部の最初の「ストレス」は P の二倍を遞次に加へたる者に等しきを知る、

次に前に述べたる如く上下の振動を起したる後桿の靜止したる時は荷重は P にして伸長は e なるべきを以て若し「エラスチック、リミット」以内なる時

$$\frac{y}{e} = \frac{Q}{P} = 2 \text{ or } y = 2e$$

なるべし、之に依て「サッドゥン、ロード」によりて起る最初の伸長は荷重の遞加せられたる者に比して二倍なるを知る、

最後に桿の斷面を A とせば荷重の遞加せられたる時の「ユニット、ストレス」S は $\frac{P}{A}$ に等しかるべきも、「サッドゥン、ロード」によりて起る「ユニット、ストレス」は $2\frac{P}{A}$ にして即ち 2S なるべし、之に依て「サッドゥン、ロード」によりて起る「ストレス」は靜止せる荷重に比して二倍なるを知る、

以上論ずる所により嘗て述べたる如く荷重の時々變化する場合材料の安全率は靜止せる荷重を擔へる者に比して高く採らざるべからざる理由を確め得べし、

問題 五十五、長さ十八呎斷面 12×12 の「シムプル、ビーム」あり中央に三萬磅の荷重を負へり、今此荷重にして急激に加へられたる時は果して安全なりや否やを計算によりて證明せよ、

第五十六章 撃衝によりて起る「ストレス」 Stress due to Impact.

撃衝 Impact とは或る高所より荷重の墜落して生ずる結果のことにして材料損傷の一大原因となり之によりて起る桿又は「ビーム」の最初の變形は「サッドゥン、ロード」に比して甚だ大なる者とす、

而して「エラスチック、リミット」以内に於ては之を計算すること難からずと雖ども本編にては只桿の一端に於ける撃衝に就て論ぜんとす、今 h なる高さより P なる荷重墜落して桿の一端に加はり、其瞬間の伸長を y とせよ然らば外部の仕事は $P(h+y)$ にして、内部の「ストレス」は O より Q に昇りレ

ジョリエッス Q_y を得べし故に $Q_y = P(h+y)$ なるべく、又荷重 P によりて生ずる伸長を e とせば屢論する如く $\epsilon = \frac{1}{E} \frac{Q_y}{A}$ なるを以て此等の諸式を解きて Q B y を得べし

$$Q = P(1 + \sqrt{\frac{2E}{e} + 1})$$

$$y = e(1 + \sqrt{\frac{2E}{e} + 1})$$

之を撃衝によりて起る最初の「ストレッサ」及伸長とす、故に E なる時此公式は $Q = P$ 及 $y = e$ となりて前章「サッドン、ロード」に依りて得たる者と等しかるべし、今 $E = e$ とせば $Q = 2P$; $y = 2e$ となり $h = 1.2e$ とせば $Q = 6P$; $y = 6e$ なるべし、然るに實際 e なる伸長は甚だ小なる數なるを以て此結果によりて僅かの撃衝も大なる損傷の原因となることを想像し得べし、

但し茲に述べたる Q 及 y の値は材料の慣性によりて起る状態を計算以外に置きたる以て未だ精密なりと言ふべからず他日、材料力學 *Mechanics of materials* の編に於て之を詳説するの期あるべし、

問題 五十六、「スプリング」の試験をなすに十五「オンス」の重量を靜かに其端に置きて〇、四吋の伸長を得たりと云、今同一の荷重を七吋の高所より落したる時「スプリング」の最初の伸長幾許なりや、

第九編 應用雜題 *Miscellaneous Application*

第五十七章 水管及蒸汽管 *Water and Steam pipes*

管中に於ける水或は蒸汽の壓力は上下左右に論なく各方向に一樣なる者にして、爲めに管は縦の方向に張り裂けんとす、而して此外力は管の側壁内に於ける抵抗即ち管の半徑線に直角なる「ストレッサ」の原因となるなり、今 P を毎平方吋に於ける水或は蒸汽の壓力とし d を管の直徑 l を其長さとして、或る直徑的半面に於ける全壓力は $\frac{1}{2}Pl$ にして P を以て之を現はす即ち管を張り裂かんとする外力全量なり、又 t を管の厚さとし S を「テッサール、ストレッサ」とせば全抵抗内力は $\frac{1}{2}Pl$ なるべし、而して長さ l に比して厚さの小なる時は $\frac{1}{2}Pl \frac{1}{S} l$ 或は $\frac{1}{2}Pl \frac{1}{S} l$ にして之を水管或は蒸汽管を計算する公式とす、即ち

$$t = \frac{Pl}{2S}$$

を得て之に依りて管の厚さは其直徑及壓力に比例するを知る、

蒸汽管は鍊鐵製の者最も多く、水管は普通鑄鐵製を用ふるも時に鍊鐵を用ふることあり、而して水管の「ラム」に使用せらるる者は常に激動を受け又蒸汽管は高壓に耐へざるべからざるを以て其安全率を高く採らざるべからざるなり、

例へば直徑十八吋にして毎平方吋に付三百五十磅の壓力に耐へ得る蒸汽管の厚さを幾許となすべきやと云ふに、安全率を十とすれば、「ウォーターキング、ユニット、ストレッサ」は五千五百磅なるべきを以て、公式により

$$t = \frac{Pd}{2t} = \frac{250 \times 18}{2 \times 5600} = 0.45 \text{ in.}$$

即ち凡二分の一時として可なるが如し、

同様に此公式によりて或る與へられたる管の耐へ得べき毎平方吋の壓力、或は與へられたる壓力の許に起るべき管壁の「ユニット、ストレッヌ」等を求め待べし、

即ち

$$P = \frac{2t}{d}, \quad S = \frac{Pd}{2t}$$

問題 五十七、直徑十二吋厚さ八分の五吋にして毎平方吋百三十磅の壓力の許にある鑄鐵製水管の安全率幾許なりや、

第五十八章 重子継手 Riveted Lap Joint

重子継手とは單に一鈹の上に他の鈹を重ねること、第三十六圖の如き者にして、「リベット」の單列なる者と複列なる者とあり、而して此手段によりて「リベット」したる雙方の鈹に張力を加ふる時は、鈹は「テンサイル、ストレッヌ」を起し「リベット」は「シャーリング、ストレッヌ」を起すべし、先づ シングルリベット 單列重子 ラップジョイント 継手に就て説明せんに、

Pを一鈹より一本の「リベット」を通じて他の鈹に及ぼす「テンサイル、ストレッヌ」とし、aを二本の「リベット」中心間の距離即ち「ピッチ」とし、dを「リベット」の直徑、tを鈹の厚さとせば、鈹は爲めに「E」の斷

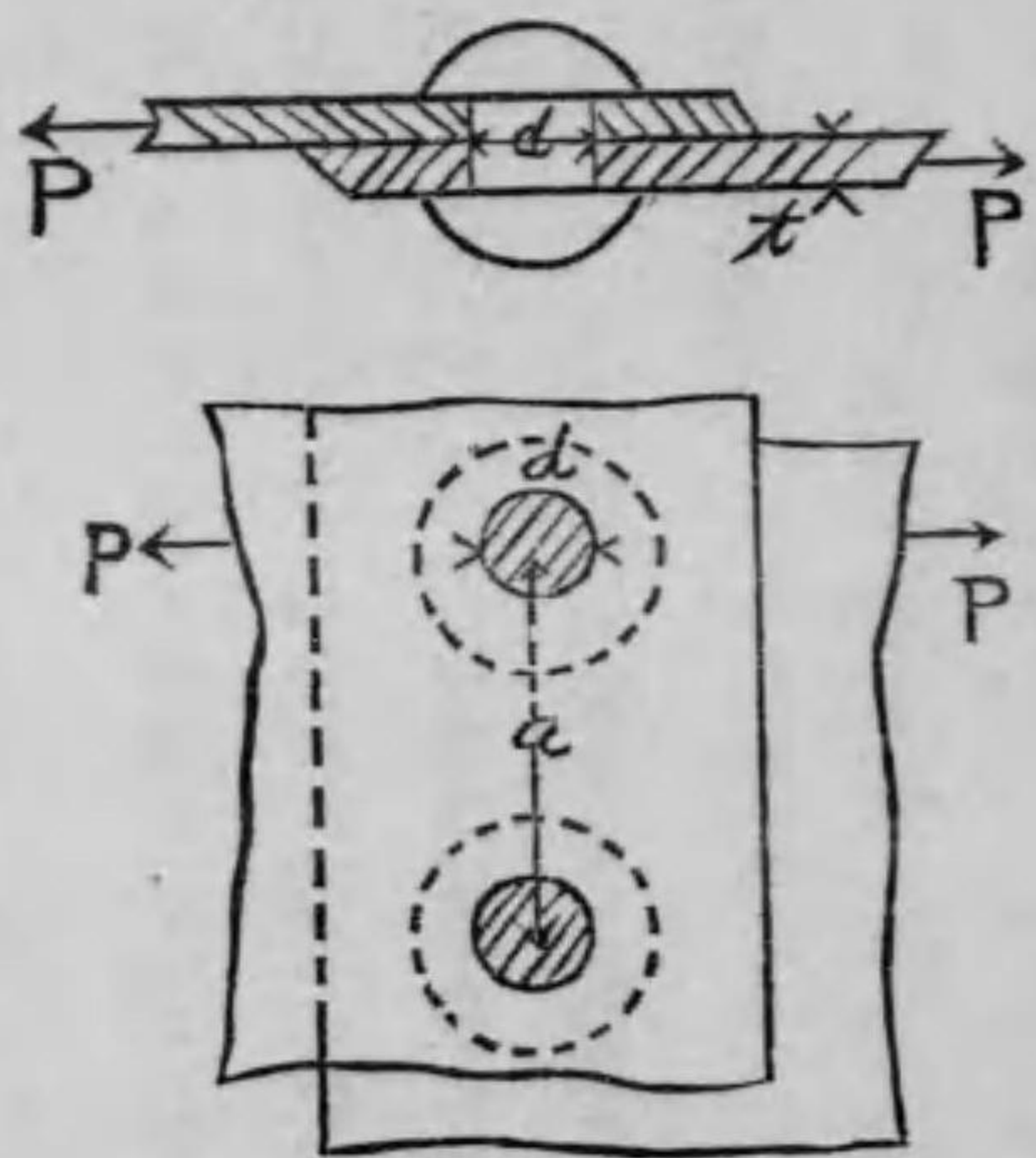


Fig 36.

面に於て引き裂かれんとすべく其面積は $(E \cdot t)$ なり、同時に「リベット」の斷面「 W 」には「シャーリング、ストレッヌ」を起すべし、故に「テンション」及「シャー」に對する「ユニット、ストレッヌ」を S_t 及 S_s とすれば

$$P = (t \cdot ab) S_t \text{ にして又 } P = (W \cdot E) S_s \text{ なり、}$$

例へば鋼製にして、縦に單列の継手を有する蒸汽釜あり其直徑を三十吋、「リベット」の直徑を四分三吋、「ピッチ」を二吋、鈹の厚さを二分一時とす若し内部の壓力每平方吋百三十磅なる時「テンション」及「シャー」に對する「ユニット、ストレッヌ」各幾許なりやと云ふに「ピッチ」に等しき長さに於ける全壓力は $P = 130 \times 2 \times 30 = 7800$ 磅なるを以て、「テンション」に對しては每平方吋

$$S_t = \frac{7800}{1 \times (2 - \frac{3}{4})} = 12500 \text{ 磅}$$

$$S_s = \frac{7800}{0.785 \times \frac{9}{16}} = 17700 \text{ 磅}$$

なるを以て適當の値の殆ど二倍の「ストレッヌ」を有す、是れ設計の不完全を示す者にして「リベット」の

徑少に失するなり、

次に複列重子継手に就て述べんに、一列の「リベット」は互に他列「リベット」の中間に位し其状

恰も鋸齒の如く「テンション」Pに對しては之を二つの「リベット」に分擔する者とす、故に

$$P = t(a-d)S_t, \quad P = \frac{1}{2}\pi d^2 S_s$$

を以て歸納的研究に用ふる公式とす、今前例題に示したる條件によりて複列の者に應用するに

$$S_t = \frac{7500}{t(a-d)} = 12500, \quad S_s = \frac{7500}{\frac{1}{2}\pi \times \frac{9}{16}} = 8900$$

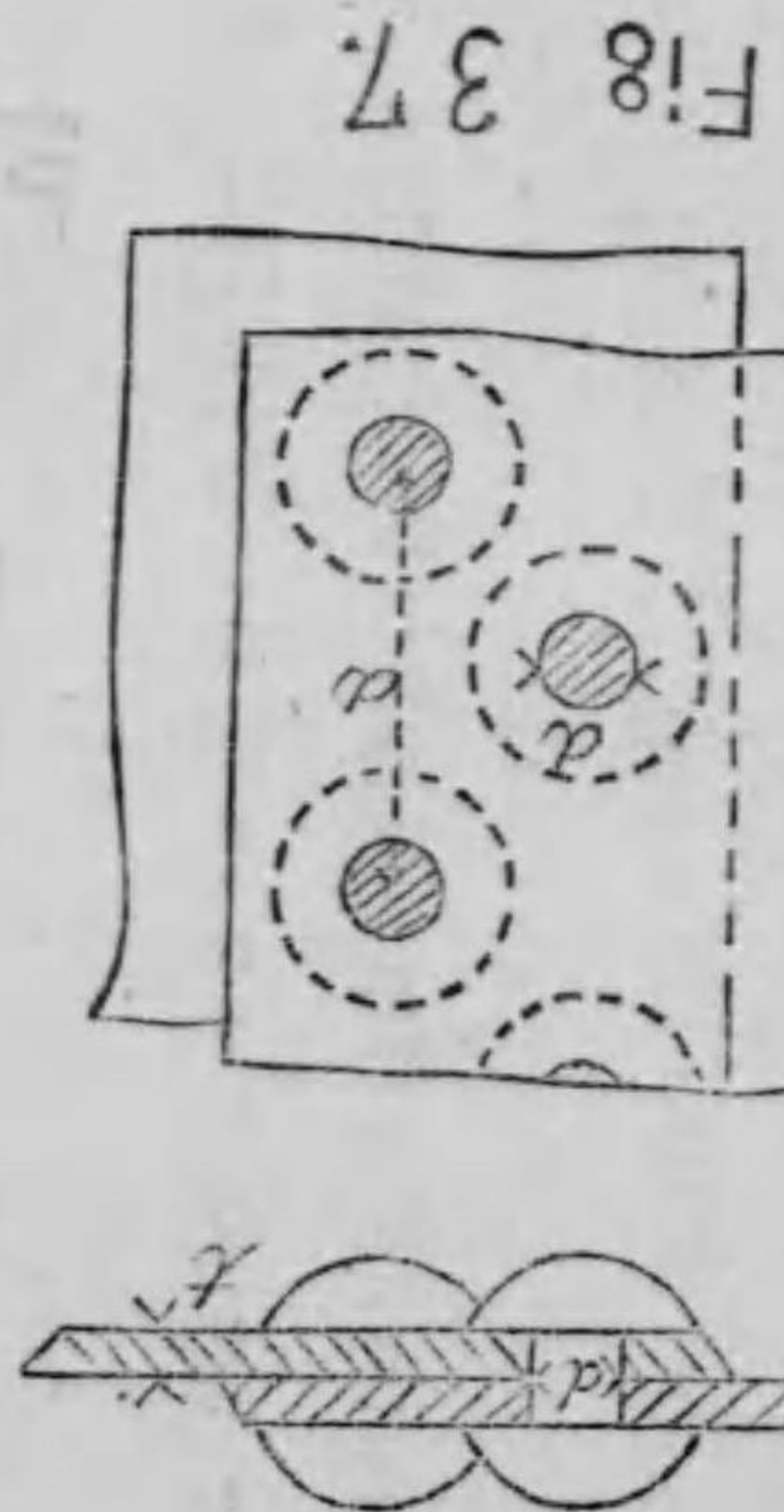


Fig 37

即ち「シャール」に對する者は「テンション」に對する「ユニット、ストレッサ」の約四分三、 $S_t = \frac{3}{4} S_s$ にして激動を受くることなき場合には適當の値なりとす、

要するに「ジョイント」の強さは、鋲に於ける「テンサイル、ストレッサ」と「リベット」に於ける「シャール」グ、ストレッサ」と互に一致するを最良とす、故に鋲の厚さ及「リベット」の直徑を與へられて其「ピッチ」を求むる公式として

$$\begin{aligned} \text{單列に對しては} & \quad a = d + 0.59 \frac{P}{t} \\ \text{複列に對しては} & \quad a = d + 1.18 \frac{P}{t} \end{aligned}$$

最も廣く使用せらるゝなり

問題 五十八、徑三十吋厚さ二分一吋の鋼鐵水管あり、「リベット」の徑四分三吋の者を用ひ複列継手となさんとす、「ピッチ」幾許となすべしや、

第五十九章 衝頭継手 Riveted Butt Joint,

衝頭継手とは接合せんとする鋲の兩端を相接觸せしめ其一面又は上下兩面に「バット、ストラップ」と稱する覆鋲を重ね共に「リベット」したる者にして、覆鋲二枚の者にありては其厚さを主鋲の二分の一とす、而して鋲に張力を加ふる時は上下兩覆鋲と主鋲の接する所に於て「リベット」の二ヶ所の斷面に「シャール」グ、ストレッサ」を起すべく之を「ダブル、シャール」と稱す、

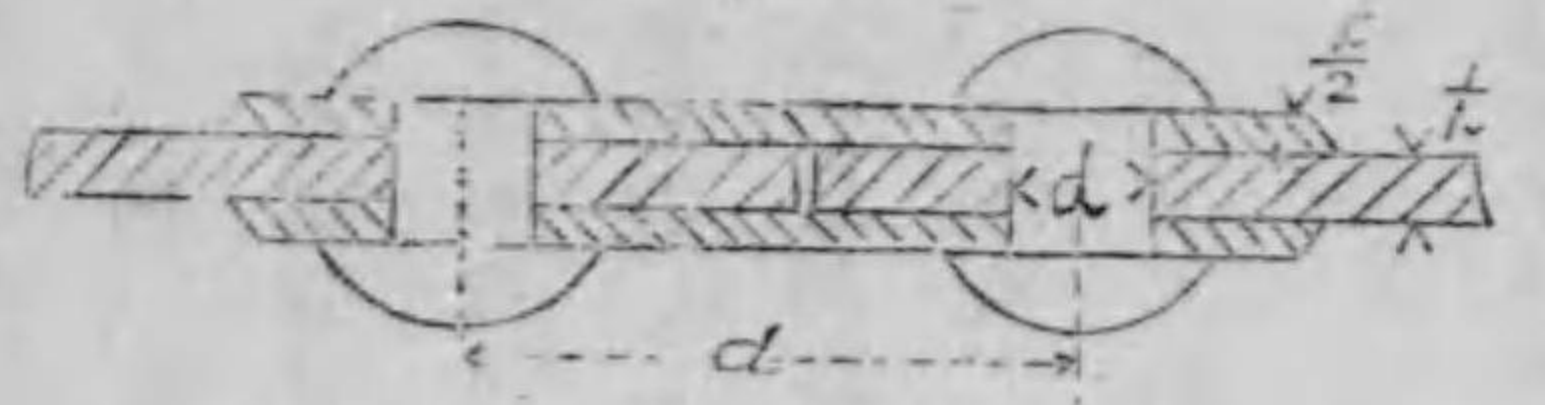
今Pを以て一本の「リベット」を通じて加へられたる張力とし、dを「リベット」の直徑aを「ピッチ」を鋲の厚さとせば

$$\begin{aligned} P &= t(a+d)S_t \\ P &= \frac{3}{4}\pi d^2 S_s \end{aligned}$$

にして其結果複列の「ラップ、ジョイント」に於ける者と相等し、

又継手の効率とは實體鋲の強弱と継手の強弱との比のことにして、「テンション」と「シャール」との強さ

Fig 38



相等しき者にありては

$$\frac{CA-D'SI}{14SI} = \frac{a-d}{a} = 1 - \frac{d}{a}$$

なりとす、例へば「リベット」の径四分三吋「ピッチ」二吋の継手の効率は $1 - \frac{d}{a} = 0.75$ にして、即ち實體
 鉄に比して其強さ六十二%半なりとす、單列重子継手は其効率約六十%にして普通の衝頭継手は七十
 乃至七十五%なり、又三列以上の「リベット」を用ふる者は往々にして八十%以上の効率を有すること
 あり、然れ共「シャー」と「テンション」とに於ける強さの等しからざる者にありては、各に對して二様
 の効率あるは勿論にして、此の如き場合には二ツの内小なる者に頼らざるべからず、

問題 五十九、厚さ二分一吋にして二枚の覆板を有する「バット、ジョイント」あり、「リベット」の径八分
 七吋「ピッチ」二吋八分七なる時継手の効率を計算せよ、

第六十章 温度の變化に伴ふ「ストレス」 Stress due to Temperature,

放置されたる桿に熱を加ふる時は其温度昇騰するに従ひ膨脹して長さを増し、之を冷却すれば收縮
 して其長さを減ずべし、今若し此桿の兩端を固定し決して伸縮し能はざる状態を採らしめ、之に温度の
 變化を與ふれば爲めに其内部に「ストレス」を起すべし、而して各材料によりて温度の變化に伴ふ伸
 縮の度を異にすべく、温度一度の昇騰に對し其伸長の尺度と原尺との比を膨脹係數と稱し、華氏寒暖
 計に依れる者次の如し、

煉瓦又は石材.....	0.0000050
鑄鐵.....	0.0000062
鍊鐵.....	0.0000067
鋼.....	0.0000065

即ち一千吋の鑄鐵桿に華氏一度の昇騰に對して0.00062吋伸長し百度の昇騰に對しては0.62
 吋伸長すと云ふが如し、一般にCを以て膨脹係數とすればt度の昇騰に對する伸長sは

$$s = Ct$$

なるべし、然るに第四十四章に於て「ユニット、エロンゲーション」sに依りて起る「ユニット、ストレス」
 Sは $S = \frac{E}{L} s$ にしてEは彈性係數なることを述べたり故に、

$$S = CEt$$

を以て固定せられたる桿のt度熱せられたる爲めに起る「ユニット、ストレス」を得る公式とす、

而して外力によりて伸長を生ずる時、其「ストレス」は「テンサイル、ストレス」にして、收縮を生ず
 る時、「ストレス」は「コムプレッション」なりしも、温度の變化によりて固定桿に起る「スト
 レス」は全く其狀況を異にし、伸長を起す場合即ち温度の昇騰に依りて起る者は「コムプレッション、ス
 トレス」にして、温度の下降によりて起る「ストレス」は「テンサイル、ストレス」なることを忘るべ

からず、例へば建物の兩壁を支持する爲めに設けられたる鍊鐵桿あり、毎平方吋一萬磅の「ユニット、ストレッズ」を有する迄螺旋によりて締付けられたり今温度五十度の下降によりて起る「ストレッズ」幾許なりやと云ふに、

$$S = CEI = 0.0000067 \times 50 \times 25000000 = 8400$$

なるを以て桿の全「ストレッズ」は毎平方吋 $10000 + 8400 = 18400$ 磅の「テンサイル、ストレッズ」なるべし、之に反し温度五十度昇騰したる時は $10000 - 8400 = 1600$ 磅となるべし、而して何れの場合に論ずる温度の變化に依りて起る「ユニット、ストレッズ」は、桿の長さ及其斷面積には毫も關係せざる者なりとす、
問題 六十、四吋角にして長六呎の鑄鐵桿ありて動かざる兩壁間に固定せらる、華氏四十度の昇騰に對して壁の受くる壓力幾許なりや、

第六十一章 「フープ」の收縮 Shrinkage of Hoops,

汽笛に用ふる縮及車輪の「タイヤ」は汽笛或は車輪の直徑より微かに其徑を小にし、熱を加へて膨脹せしめ之を拵め込みたる後、徐々に冷却して收縮せしめ、以て強固に其位置を保たしむる者とす、爲めに「フープ」又は「タイヤ」は其内部に「テンサイル、ストレッズ」を起す、

今Dを「シリンダー」の外徑としdを「フープ」の内徑とす而して「フープ」の厚さ小なる者においてハ收縮の爲めにDを變ずることなくしてdはDに等しくなるに止まるべし、即ち「フープ」の「ユニット、

エロケーション」は $\frac{D-d}{d}$ にして依て起る「ユニット、ストレッズ」は

$$S = \frac{E}{d} \frac{D-d}{d}$$

なるべし、鋼の「フープ」に於ける普通の規定は $\frac{D-d}{d}$ を $\frac{1}{1500}$ と等しくなすにあり、即ち「シリンダー」の外徑は「フープ」の内徑より千五百分一大にするにあり、之によりて收縮後に於ける「ユニット、ストレッズ」は

$$S = \frac{D-d}{d} E = \frac{1}{1500} \frac{D}{d} E = \frac{E}{1500} = \frac{30000000}{1500} = 20000$$

を得べし、然れ共「フープ」厚さ大なる者において、ハ其收縮によりて幾分「シリンダー」の徑を變ずべきを以て、上述の如き簡單なる計算を適用すること能はず、其説明は暫く之を他に譲らん、

問題 六十一、直徑十八吋の「シリンダー」あり薄き鍊鐵の「フープ」を用ひんとす、「フープ」に於ける「テンサイル、ストレッズ」幾許なりや、

第六十二章 「シャフト」の連接

第三十九圖に示す如く「シャフト」の中間「フラジ、カップリング」によりて連接せらるゝ時「シャフト」の「トーション」の爲めに「ボルト」の斷面に「シャーリング、ストレッズ」を起すべし、今實體「シャフト」の直徑をDとしnを「ボルト」の數、dを其徑としhを「シャフト」の中心より「ボルト」の中心に至る距離とせば「シャフト」の強さと「ボルト」の強さ相等しき時 $\frac{(D+n)d^2}{n(D \times \frac{3}{4}d)^2}$ によりて「ボルト」の數

を求め得べし(但し證明は略之)

例へばD八吋、d一吋、h十二吋とせば公式によりnは十一、一を得て十二本の

「ボールド」を用ふべきを知り、前例にてdを一時半とせばnは五、〇一を得て五

本又は六本の「ボールド」を用ふべきを知る、

又圖中CDに示すが如き場合は、實際上決して使用せられざるべしと雖、此の如き

「ボールド」にありては「シャーリング」と共に「ベンディングストレス」を起すべく、二

つの「フレンジ」の距離大なるに従て「ストレス」を増すべきを以て「ボールド」の

太さを増さざるべからず、

問題 六十二、直徑十六吋の鋼製實體傳力用「シャフト」あり、毎分五十回轉

に「一萬六千馬力を輸送せしめん」とす、「フレンジ、カップリング」を設計せよ、

第六十三章 「シャフト」及「ビーム」の破壊

第二十五章及び第四十章に於て述べたる「ビーム」及び「シャフト」の公式(4)及び(6)は材料の「エラス

チック、リミット」以内の「ユニット、ストレス」に限り示したるなれ共破壊したる「ビーム」及び「シャフト」

に就て「破壊係數なる者を檢定し、其時の「ユニット、ストレス」を採りて此公式に應用せば、「ビーム」

及び「シャフト」の破壊すべき「ロード」を知るを得べし、次表は實際試験したる破壊係數の平均値にし

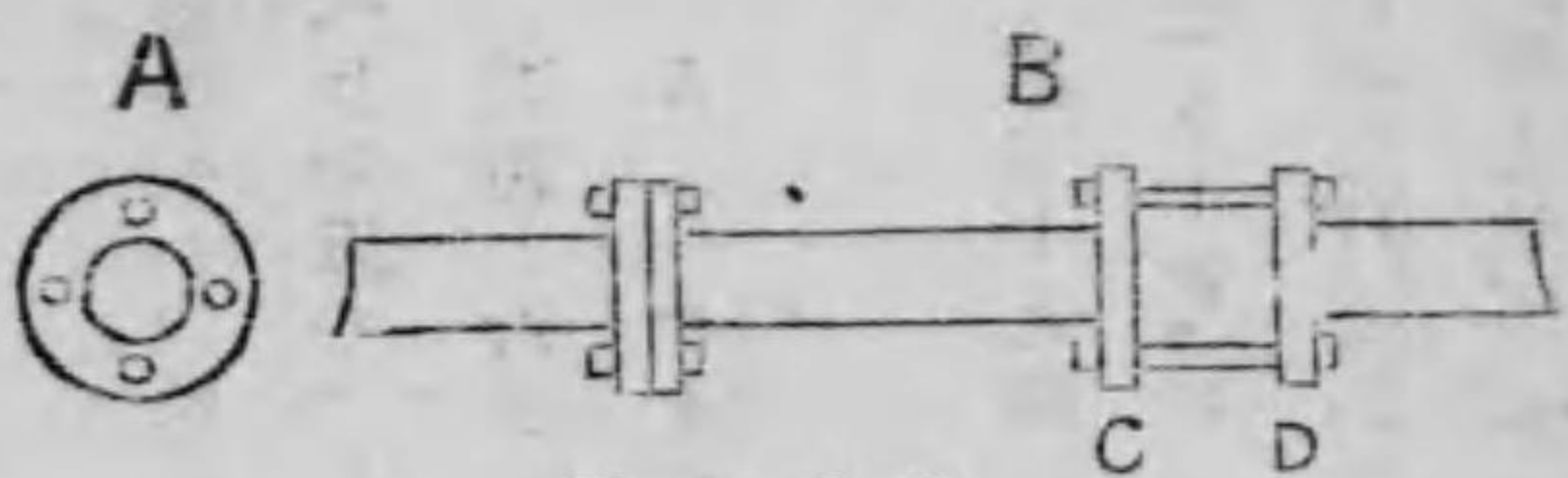


Fig 39.

て、鍊鐵及び軟鋼の「ビーム」は非常に大なる荷重の外、限りなく彎曲するに止まるを以て適當なる係數なく、石材の「シャフト」は決して使用することなきを以て其値を記さざるなり、

例へば長さ六呎の正方形鑄鐵「シムプル、ビ

ーム」あり自己の重量によりて破壊すべき太

さを求めんとするに、を以て正方形の一邊と

せば斷面「平方吋、長さ一「ヤード」の鑄鐵の

重量は35.5磅なるを以て此「ビーム」の重量は

138.8磅なり、而して「ベンディング、モーメント」

は1/24即ち109.5磅吋にしてcは1/24、Iは1/24

Table XI Modulus of Rupture.

材料	ビーム 每平方吋 ニ付磅	シャフト 每平方吋 ニ付磅
木材	九〇〇〇	二〇〇〇
石材	二〇〇〇	
鑄鐵	三五〇〇〇	二五〇〇〇
鍊鐵		五〇〇〇〇
鋼	一二五〇〇〇	七五〇〇〇

なるを以て公式(4)により

$$\frac{2500 \times 4^3}{24} = 169.24$$

之を解ひて3.11吋なるを知るが如し、但し此の如く破壊の場合に此等の公式を應用するは全く實験の結果に外ならずして決して道理ある原理の存するにあらざるなり、

問題 六十三、直徑一、四吋なる鋼の「シャフト」あり一端を固定し他端に力を加へて之を捻切らん

とす、「レヴァー、アーム」を四呎とせば幾許の力を要するや、

大正十一年十二月十二日印刷
大正十一年十二月十五日發行



材料強弱學

定價金壹圓五拾錢

著者 中山光左

長野縣上水内郡芹田村鐵道省官舎第本號

發行兼印刷者 大日本法令出版株式會社

長野縣長野市壽町縣廳東門通リ

印刷所 大日本法令出版會社印刷部

397
408

終

