

# 鐵筋煉瓦桁に就て

(On the Strength of Reinforced Brick Beams)

會員 工學士 金森 誠之

## 内容梗概

本論文は、鐵筋煉瓦桁として使用するべき適當なる材料たる事を認め、且實施に當り使用するべき算法を創設せん爲め、鐵筋煉瓦桁に對し、各種の試験を施し、其の成績より、鐵筋煉瓦桁の性質を闡明し、其の理論を誘導したるものにして、創設せる各種算法に對し、種々の場合に於ける計算を施し何人にも容易に鐵筋煉瓦桁の設計をなさしめ、併せて算法に對する信頼の程度を明かならしむべくそれぞれ其の算法に對する、起り得べき誤差の割合を明かにせるものなり。

## 目 次

	頁
序 言	2
第一章 緒 論	4
第一節 桁としての鐵筋煉瓦積	4
第二節 合成材としての鐵筋煉瓦桁	5
第三節 鐵筋煉瓦桁設計の基準	7
第四節 鐵筋煉瓦桁の豫備試験	8
第二章 鐵筋煉瓦桁の試験	9
第一節 試験の目的及び試験の種類	9
第二節 供試體	10
第三節 試験の方法	12
第四節 試験成績	15
第五節 我が國に於ける煉瓦及煉瓦積に関する試験記録	29
第三章 鐵筋煉瓦桁の性質と其の理論	48
第一節 中軸線の位置	48
第二節 應力分布の状態	53

第三節 煉瓦積の彈性率	74
第四章 鐵筋煉瓦桁の設計	76
第一節 基本公式及び其の誤差	76
第二節 基本公式に於ける常數 $n$ 及び $m$ 採定	89
第三節 鐵筋煉瓦桁の許容強度	97
第四節 鐵筋煉瓦桁の算法	101
第五節 公式と試験桁の成績との對照	114
第五章 總 括	119
第一節 桁としての鐵筋煉瓦積	119
第二節 鐵筋煉瓦桁の性質	122
第三節 鐵筋煉瓦桁の設計及び施行	123

## 序 言

大正十一年二月 著者は土木學會誌第八卷第一號に於て「鐵筋煉瓦に就て」なる論文を公にし、爾來新聞雜誌等に於て機會ある毎に普通煉瓦積は其抗張力の貧弱よりする危険は大にして、殊に地震の襲來を受くる時は恐るべき慘害の被るべきを説き、其救濟策として鐵筋煉瓦に據らざるべからざるを力説したる所なり、會々大正十二年九月一日、關東一圓は未曾有の大地震に襲はれ、總ての建設物は其の構成材料の如何に拘らず多少の被害を受けたれ共就中煉瓦積の被害は特に酸鼻を極め著者が所説を裏書すべく餘りに殘酷なる、餘りに過大なる犠牲の眼前に展開せられたるは著者の反つて遺憾とする所なり。

第八卷第一號に於ては鐵筋煉瓦を定義し、其合成材としての要件を述べ、實施手段として著者の發明に係る透孔煉瓦を使用すべきを概説したる所なるが當時設計に當り基準すべき理論は取敢へず其の性質相類似せる鐵筋混凝土學に據ることゝせるも、鐵筋煉瓦は鐵筋煉瓦として其の性質を究め理論を誘導創設すべきは新工法として必樞要件なるにより、其の後其の實驗をなし、理論創設に努力することゝせり。

研究の中途關東大地震を受け其の調査其の他の爲め一時中絶を見たるも大震は

世人をして煉瓦積の耐震的價値を體驗せしめ鐵筋煉瓦に對する注目を引き、其の復興の爲め鐵筋煉瓦實施の機運に達せるは鐵筋煉瓦の爲め寧ろ著者の私かに満足する所なり。

大震後俄に煉瓦積の危険を説くもの續出せり、然れ共其の救濟案に言及するものなく、煉瓦積を使用せざるにより其の危険を免れんとするもの、如きが、幾年の歴史を有し、幾多の製産を有するもの一朝にして此れを土木建築材料界より驅逐せんは云ふべくして行ひ難く、彼の瓦葺禁止の例に見る如く、廳ては咽元過ぐれば熱さを忘れて、此の慘害を再びすべきは想像の難からざる所なり、煉瓦積の救濟は煉瓦積に於てなさざるべからず、而かも煉瓦は弱きにあらずして其の抗張力の弱少なるにあり、其れを鐵筋に依りて補ふことにより此の危険より免れ、其の特色特點を活用することを得べきは疑ひの存せざる所なり。

著者は此の際鐵筋煉瓦の性質理論を明かにし、安じて此の實施をなし得べからしむる急務たるを信じ、會々震前よりの研究稍其の緒に就き居れるを以て、鐵筋煉瓦の最も問題とすべき桁に關し、其の實驗並に理論を完結し茲に之を公表し大方諸彦の批判を乞はんとするものなり、實驗は豫備として先づ最初簡單なる方法にて鐵筋と煉瓦積の合成に關する實驗をなし、次に鐵筋煉瓦の性質を明かにすべき精密なる調査をなせしものなり、理論は著者豫期の如く鐵筋混凝土學に於けるものと甚だ相類すれ共、成るべく鐵筋混凝土理論誘導の方法に據らず、別途に創設することに力めたり、然して特に夫々其の理論より設計をなす場合、信賴の程度を明かにすべく誤差の程度を吟味することゝせるは本論文の特色とする所なり本實驗をなすに當り東京帝國大學工學部助教授山中、瀨藤、隅部三氏の與へられたる便宜は著者の深く感謝する所なり。

## 第一章 緒論

### 第一節 桁としての鐵筋煉瓦積

本論に於て桁と稱するは、彎曲さるゝ構造にあるものを稱し、間接に壓力並びに張力を受くるものにして、支點間に架せらるゝ所謂桁は勿論、擁壁、屋壁等彎曲を受くる構造にあるものは總て桁なる字句を以て包括せしむ。

構造物を建設するに當り、使用すべき材料は、一般に強度、耐久等を參考して經濟上より決定さるゝ場合多し、而して從來桁として使用さるゝ材料は主として鐵材、木材又は鐵筋混凝土にして其の他の材料、煉瓦、石材、普通混凝土等は止むを得ざる場合の外使用さるゝ事なし、蓋し材料の性質上より然らしめたるものにして、桁は同時に張壓兩様の應力を生ずるものなれば、煉瓦、石材等に於て其の貧弱なる抗張力により桁を設計する場合甚だ不經濟のものとなればなり。

煉瓦積は其の抗壓力を利用する構造に於ては、經濟的に不適當なる材料にあらざるを以て、茲に其の抗張力を補ふに鐵筋を以てし、其の抗壓力を活用せしめんとする鐵筋煉瓦積なるものを創造し、桁として使用せんには敢て不適當なる材料にあらざるべきを想到すべし。

即ち桁としての鐵筋煉瓦の價值は、鐵筋に依る抗張力補強の程度に依りて定めらる、爲めに鐵筋煉瓦桁に於て、挿入せる鐵筋が煉瓦積の應張力を分擔するに際し成る可く多量なるを要し、煉瓦積の破壊せざる以前に於て鐵筋の強度全部を働かしめ得るを理想とすべし。

鐵筋煉瓦積の應壓力は主として煉瓦積によりて抗すべきを普通とす、されば桁としての鐵筋煉瓦の價值は其の抗張強度に依るべく、又抗壓部分の大なるを要し其の中軸線の位置なるべく下位にあるべきを理想とす。

本論に於ては、此れ等の點を明かにし其の桁として價值を決定すべきが、他の材料との經濟的比較は、其の性質を異にするものにおいて、事情複雑し、甲乙を定むる事困難なれど、鐵筋煉瓦に最も類する鐵筋混凝土との比較に於て、以上の吟味に於て相類する結果を得たりとすれば、型板を要せざる事、仕事の區切り容易なる事、施行迅速なる事等其他煉瓦の特色を加へ、優に桁として適當なる材料と認め得べし。

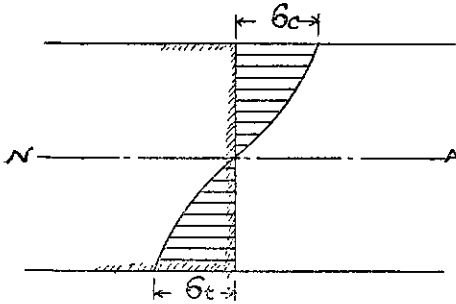
唯鐵筋煉瓦桁の鐵筋混凝土桁に一等を輸すべきは、桁形狀の矩形に限らるゝ事

にあり、されば鐵筋混凝土に於て丁型を有利とする場合に於ては鐵筋煉瓦を用ふるは不利なるべし、此の見地より、任意の形狀に鐵筋煉瓦桁を經濟的に構造し得る發明を見るまでは桁としての鐵筋煉瓦の使用範圍に制限を見るべきは甚だ遺憾とする所なり。

## 第二節 合成材としての鐵筋煉瓦桁

二種類又は二種類以上の材料を合成し桁として働かしむる場合、互に協力合體し、有無相通ずるに於て其の効果を充分發揮し得べし。

今煉瓦積と鐵筋とを合成し桁として使用せんには、其の應張力を鐵筋によりて



第一圖

分擔し、應壓力を煉瓦積によりて分擔し互に協力合體すべきものとなさざるべからず、此の能不能は鐵筋煉瓦桁の運命を決定すべき根本問題とす。

今仔細に此の問題を研覈せん、今假りに桁が彎曲を受けたる場合第一圖に示すが如き状態に應力が分布さるゝものと想像せん、桁上部は其の上端に於て最大

値  $\sigma_c$  を有し下方に向つて漸減する應壓力を生じ、下部は其の下端を最大値  $\sigma_t$  を有し上方に向つて漸減する應張力を生ずべし、然して力學上の法則により、應壓力の總和と應張力の總和と相等しからざるべく上下同一彈性體なる場合には力分布の状態相類し  $\sigma_c$  と  $\sigma_t$  とは相等しき値を有せざるべからず。

煉瓦積桁に於ては爲めに、 $\sigma_c$  が制限値を超過する場合、假令  $\sigma_t$  が制限値の十分の一にも達せざるものなりとも桁の破壊となるものとす。

今此れに鐵筋を挿入して煉瓦積桁を補強せんとするに當り希望すべき要件は  $\sigma_c$  が其の制限値に達せる場合に  $\sigma_t$  が其の制限値又は制限値以下たらしむべき事及び應張力總和を増加し従つて應壓力總和を増加せしめ得べき事とす。

されば應力と變形とは一定の増減關係を有するを以て、鐵筋に成るべく多量の應力を生ぜしむべく其の變形を大にし其の最高値として煉瓦積と同一の變形をなさしめざるべからず。

即ち鐵筋煉瓦桁は鐵筋に煉瓦積と同じき變形を與ふる爲め鐵筋と煉瓦積との附

着力を充分ならしむべきものとす、然る時は鐵筋に於て變形に對する應力の割合煉瓦積に於ける其の割合より大なる爲め應張力總和を増加し、従つて應壓力總和を増加せしむべし。

今茲に煉瓦積に鐵筋を挿入せる桁が彎曲を受けたる場合を想像せんに、鐵筋は事實同一變形量に對し、煉瓦積より其の應力大なるを以て、相當大なる應張力を分擔し、煉瓦積の應張力は煉瓦積の應壓力より鐵筋の應張力を減じたる數となり普通煉瓦桁より著しく其の量を減ずべし、此の場合鐵筋に生じたる應力は其の變形を減少せしめんとする働きをなすべきを以て此れに應ずる爲め煉瓦積との附着はそれを支持すべく充分ならざるべからず。

然るに此の附着力不十分なる場合に於ては鐵筋が其の伸長量を減ずる様滑動し従つて鐵筋の分擔應張力の減少となり、煉瓦積の分擔應張力増加し桁を弱らしむる事となるべし、されば桁中任意の點に於て、桁兩端より其の點に到る迄の鐵筋と煉瓦積との附着力は、各々何れも其の點に於ける鐵筋の應力と同等以上の値を有せざるべからず、又任意二點に於て其の鐵筋に於ける應力の値を異にする場合には其の二點間の鐵筋と煉瓦積との附着力は、其の二點間の應力の差と同等以上の値を有せざるべからず、換言すれば鐵筋の最大應力は煉瓦積との附着力に制限さるゝものにして、鐵筋の應力が其の點と桁端との間に於ける煉瓦積との附着力より超過する場合は鐵筋の滑動を起し、滑動量増加し又は滑動を反復する場合其の摩擦による附着力は著しく減少し、其の最後の極端に於ては全々附着力を失ひ、鐵筋と煉瓦積とが別々に働き、桁の抵抗力率中鐵筋は僅に自己の抵抗力率丈を分擔するに止まり殘餘大部分は煉瓦積の負擔となり普通煉瓦積桁と選ばざるに到るべし、又任意二點間に於ける鐵筋應力の差が、其の間の鐵筋と煉瓦積との附着力より大となるときは、其の差えけ、大なるものゝ點より小なるものゝ點に向つて滑動し、煉瓦積と鐵筋とは別々に伸長し、煉瓦に裂目を生じたる時は滑動量に相當する裂目の擴大を見るべし。

即ち鐵筋と煉瓦積とを合成し桁となさん唯一の方策は其の附着力を充分ならしむるにあり、其の效果は煉瓦積と鐵筋との性質に係るものなるが、幸に鐵筋は煉瓦積に比し、同一變形に於て、多量の應力を生ずべき性質を有せり。

### 第三節 鐵筋煉瓦桁設計の基準

著者は本會誌第八卷第一號に於て、鐵筋煉瓦桁設計の基準は、此れと性質相類する鐵筋混凝土の理論に準據し得べきものとなし、取敢えず新材料に對する設計に應ぜしめたり。

然れ共煉瓦積の性質は混凝土と全く同一のものにあらず、殊に新材料に依らんとする場合其の基準は充分の推敲を要すべく、其の性質を充分明かにし、鐵筋煉瓦は鐵筋煉瓦としての實驗研究に立脚して、其の理論を創設せざるべからざるものとす。

從來設計に當り基準すべき公式なるものに二種あり、其の一は全然實驗より歸納せる所謂實驗式にして、他は理論を基礎として推論せる所謂理論式とす。

今實驗を施す事のこれ等の公式に對する關係を見るに、前者はその根據全く實驗にあるを以て多數にして且廣汎なるを要し、後者に於ては公式を裏書せんとするものなるを以て、多數且廣汎なる事はその信賴の程度を増加せしむべきも、然らざる場合に於ても尙公式は相當の權威を認め得べし。

鐵筋煉瓦桁研究に當り、抗壓、抗剪等の強度を求めんには前者の場合に屬し應力の分布を推定し中軸線位置を推定せんには前者並びに後者の中間に位すべき方法を探らんとす、されば實驗は多數且廣汎ならざるものと雖も相當の信賴を得べく、適當の安全率の下には其の設計には全く不安なきものとす。

從來桁として使用されつゝある諸材料に於ても、其の實驗は主として強度に關し、中軸線の位置、應力分布の狀態に對しては、總て「桁は彎曲の前後に於て同一平面狀態を保持し、其の應力が變形に正比例すべき」假定の下に推定したる理論を適用し、彎曲前後に於ける桁斷面の變化、應力と變形との關係に就ての實驗等甚だ少なく、又其の實驗の結果が前記假定と反する場合ありと雖も結局誘導せる公式は煩雜なる爲め實用さるゝ場合甚だ稀なり、蓋し假令理論として精密にして實際の應力に近かるべき公式を得たりと雖も、其の最終の結果に於て材料の強度に對し四倍乃至五倍と稱するが如き安全を期するものなるを以て、簡單なる假定公式よりの結果と、複雑なる理論公式よりの結果とに於て其の差割と稱するが如き額に達する場合あらざる限り同一結果を得る事となるべければなり。

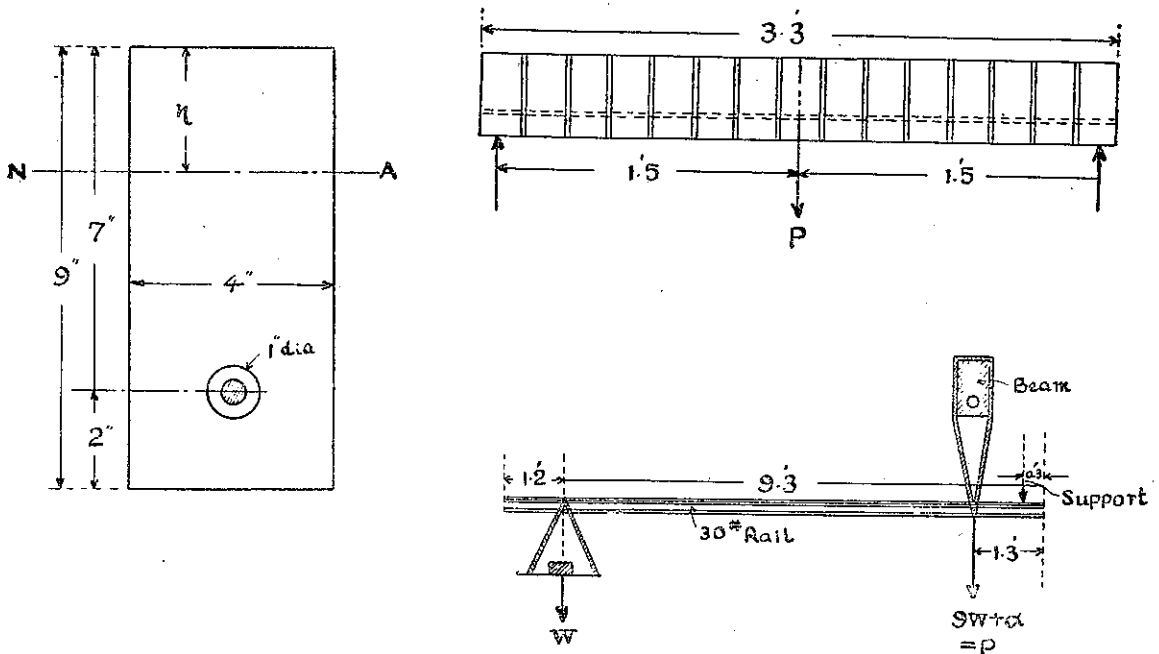
著者は此の見地より、結局實用すべき公式は簡單なる形式に置く事とせり、然

れ共從來鐵筋混凝土其他の桁公式に於て、其の公式誘導中に於ける假定其他による誤差が幾何なるべきかに對し言及せざるは公式として完全せるものと稱すべからざるものとなし新たに樹立せんとする鐵筋煉瓦桁に對しては此の點に推敲を進め其の信頼を増加せしむる事とせり。

#### 第四節 鐵筋煉瓦桁の豫備試験

單に煉瓦積と鐵材とを併用せる桁と、充分鐵材を煉瓦積に附着せしめたる鐵筋煉瓦桁との間に強度上優劣のあるべきは試験を俟たざるも自明の理論なるべけれど、著者は鐵筋煉瓦桁の理論を誘導すべき試験をなすに先ち其の豫備として此の問題に關し試験を施せり。

供試體僅かに二個に過ぎざれど、之れと類似の結果を得べき多數實驗を施すの徒勞を思ひ、本試験に止め第二節記述の事項を裏書する事とせり。



第 二 圖

試験の方法は同一断面の煉瓦桁に於て鐵筋煉瓦となせるもの(甲)と單に鐵筋を併用せるに止る構造となせるもの(乙)とを作り、桁となし此れに荷重を加へ其の破壊せる場合の荷重を比較せるものにして、載荷の方法は、第二圖に示すが如く、桁の中央より綱を下げ、此れに長さ 10.5 尺 の 30 lb 軌條を其の右端(圖に於



て)より1.3尺にて釣し、0.3尺の所に支へを設け、9.3尺の箇所<sup>に</sup>荷重を加へ挺子として載荷  $W$  が、桁に對し  $9W$  として働く構造とせり。

供試體は何れも其の断面煉瓦一枚にして、其の上端より7吋の位置に1"φの孔を設け、これに孔徑の1/2以上以下の徑の鐵筋を入れ甲は1/4"φ鐵筋を通じ乙は7/8"φの鐵筋を通じ、配合の1:3膠泥を入念に注入したるものなり、長さ何れも15段(3.3尺)重量甲11.5貫、乙11.8貫なり。

煉瓦は神奈川縣橋樹郡御幸村御幸煉瓦製造所製品並燒四等(丸孔鑽孔中破損せざらしめん爲め)其の平均強度每平方吋抗張280封度、抗壓1,800封度吸水率平均18%のものを用ゐ、膠泥は淺野セメント株式會社川崎工場製品セメント、砂は多摩川産每平方吋300孔の篩目を通過せる砂を用ゐ、材齡3週にして試験を行へり。

試験の成績は、甲に於て、桁に對し荷重1,681.6封度に達したるとき中央目地下端に微少なる裂目を生じ、2,134.3封度に達したるとき鐵筋著しく伸長し、煉瓦は其の上端に於て壓挫さる、(寫眞第一)乙に於ては荷重桁に對し1,292.2封度に及びたるとき、支點より二枚目の目筋より鐵筋脱出し破壊を見、其の衝動により一枚目及び斜の方向に裂目を生じたり、(寫眞第二)甲は抵抗力率不足に依る破壊にして、龜裂時に於ける破壊箇所の彎曲率の値18,706.3吋封度、最後の破壊時に於ける彎曲率は20,058.7吋封度を算し乙は二枚目より桁端に到る鐵筋と煉瓦積との附着力(5吋の間)が鐵筋の應力より小なりし爲めなるべく、其の時の彎曲率破壊箇所に於て3,420吋封度、剪力同所にて682封度なり。

此の成績より見るに、附着力不充分なる乙桁は挿入せる鐵筋の徑大なるに拘らず、鐵筋の小なる甲桁より弱きものなりしものにして、附着力は桁運命に關し如何に重大なる因子を占むべきかを想ふべし。

本桁の製作に關しては何れも其の施行入念を極めたるものが、鐵筋と其の挿入孔との關係著者が力説する二倍以上たるべきの實驗上の推算には用ゐ難きも實施上鐵筋と煉瓦積との空隙二三以下のものにありては、膠泥を以て完全に附着せしむる事甚だ難く、乙桁と類似の破壊を見るべきは想像に難からざるべし。

## 第二章 鐵筋煉瓦桁の試験

### 第一節 試験の目的及び試験種類

本試験の目的は鐵筋煉瓦桁を實施せんとする爲め、設計の根據すべき理論を誘導せん爲め、桁としての性質を明かにし併せて其の強度を推知せんとするにあり。

試験は主として桁の彎曲に就て之れを行ひ、剪斷、附着を併せ、材料に就ては試験後の桁より採取したるものに就き併せて此れを行へり。

彎曲試験は荷重の變化に伴ふ桁上端及び鐵筋位置に於ける桁側面の伸縮及び破壊時の荷重を測定し、應力分布の状態、中軸線の位置、及び鐵筋煉瓦桁の抵抗率の實際を推知し、參考として普通煉瓦桁に就て同一の試験を行ひ其の比較をなす。

剪斷試験は前項の試験中、剪斷されたるものゝ成績、及び剪斷により破壊さるる様載荷せるものゝ成績により其の状態を推知す。

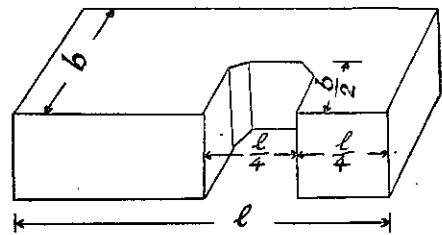
附着力試験は同じく彎曲試験中附着力不足に依り破壊せるものゝ成績及び別に引抜き、壓出による試験を行ひ其の性質を推知す。

煉瓦積及び鐵筋の強度に關する試験は普通の法に於て之れを行ひ、材料の強度を推知し、從來行はれたる試験成績より推知せる強度に照合して、許容強度採定の資料とす。

## 第二節 供試體

### 1. 供試體の材料、

a) 煉瓦 煉瓦は神奈川県橋樹郡御幸煉瓦製造所製品中、燒過二等及び並燒三等を使用す、本煉瓦の原料は他の製造所のものより、砂特に石英を含右する事多し、されば強度優良なるべきも、他の含有物の爲め燒成中一定溫度を超過する時は其の形狀を失ふを以て燒成十二分となし得ず、結局平均強度は一般煉瓦に對し甲乙なかるべし。



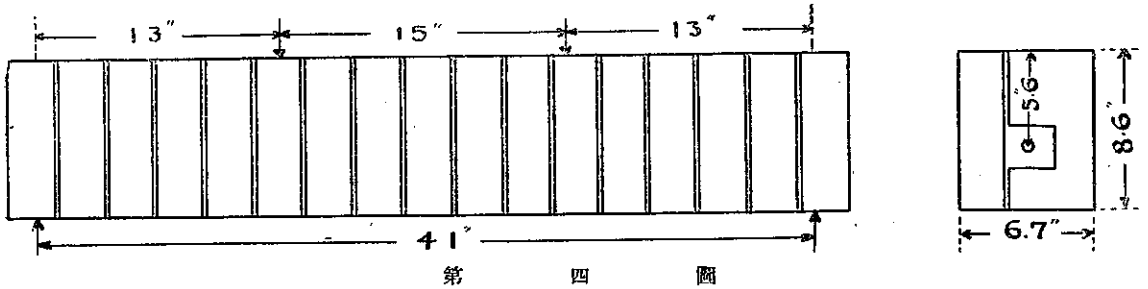
第三圖

鐵筋を挿入する爲使用すべき透孔煉瓦は著者の發明に係る煉瓦（第三圖）を用ひ、小數燒成するときは強度一定せざるを以て、前記普通煉瓦を用ひ正規の形狀に、金剛砂砥を用ひて形成せしめたり。

b) 膠泥 セメントに淺野洋灰株式會社川崎工場製品を用ゐ、砂は多摩川産毎

平方吋約 300 孔の篩目を通過せるものを用ゐ、配合を 1:3 とす。

c) 鐵筋 鐵筋は丸鋼棒を用ひ、市場より購入せるものなれば出所明かならねど、軟鋼と認むべく、鑄は普通鐵筋混凝土に使用する程度なり。



2. 供試體

a) 彎曲試験用 第四圖に示すが如く其の斷面高さ一枚 (8.6 吋) 幅 0.75 枚 (6.7 吋) にして、桁長に直角なる目筋は 5/16 吋とし、半枚と羊羹との目筋は 5/16 吋を基準とし、芋目地を避く。

鐵筋は、桁上端より 5.6 吋の箇所から幅の中心に挿入し、其の徑 3/8 吋、1/2 吋、及び 3/4 吋の三種類とせり。

製作 13 個なるが、試験破壊後尙試験に供し得べき 3 個を加へ 16 個に就き之れを行ふ、其の形狀寸法其他第一表に示す如し。

第一表

番號	長さ		重量 封度	供 試 體		試験時間 時	摘 要
	吋	段數		使用煉瓦	挿入鐵筋		
1	23.0	9	15.3	並燒三等	鐵筋も挿入せず	21	
2	44.7	17	165.0	燒過二等	”	41	
3	30.0	12	111.3	同上	”	28	No. 2. の破壊せし殘部を用ふ。
4	44.4	17	168.7	並燒三等	1-3/8"φ	41	
5	44.4	17	170.2	同上	”	41	
6	44.4	17	168.7	燒過二等	”	41	
7	44.4	17	171.1	同上	”	41	
8	44.4	17	169.1	並燒三等	1-1/2"φ	41	
9	44.4	17	168.7	燒過二等	”	41	
10	44.4	17	168.7	並燒三等	1-3/4"φ	41	
11	44.4	17	168.7	燒過二等	”	41	

12	38.0	15	144.6	同上	”	36	No. 11. の破壊せし殘部を用ふ。
13	44.4	17	170.4	並焼三等	1- $\frac{3}{8}$ " $\phi$	41	中軸線以下抗張力なからしむ。
14	37.4	15	143.2	同上	1- $\frac{1}{2}$ " $\phi$	36	同上
15	44.4	17	173.7	同上	1- $\frac{3}{4}$ " $\phi$	41	同上
16	37.7	15	148.0	同上	”	36	同上. No. 15. の破壊せし殘部を用ふ。

No. 13 乃至 No. 16 は中軸線以下張力を無視せる假定と一致せしめん爲め荷重と荷重との間、即ち荷重による剪力なき部分中央六目地に於て、約中軸線以下たるべき徑  $\frac{3}{8}$  吋挿入桁に於て上端より 2 吋以下、徑  $\frac{1}{2}$  吋徑挿入桁に於て同じく徑  $2\frac{1}{2}$  吋以下、徑  $\frac{3}{4}$  吋挿入桁に於て同じく徑  $3\frac{1}{2}$  吋以下に紙片を挿入し附着を防ぎたるものなり。

b) 其他用 膠泥の供試體を農商務省セメント試験規定に準じ製作したる外總て彎曲試験の破壊片中より採取す。

剪斷試験用は 5 乃至 8 段長、附着力試験用は 3 段長とし、膠泥、煉瓦、煉瓦積用供試體は農商務省セメント試験規定のものと類似の形状とし、鐵筋は正規の徑とする爲其の徑  $\frac{1}{8}$  吋を減ず。

### 3. 材齡

大正十一年九月二十九日及三十日供試體を製作し同年十一月九日及十日試験す、即ち材齡六週間なり。

## 第三節 試験の方法

### 1. 彎曲試験

彎曲試験は、桁に荷重を加へ此れを彎曲せしめ荷重の増加に伴ふ桁の變化並に最後の破壊状態を試験するものにして載荷の方法は帝國大學工學部備付のバックトン載荷機 (20 噸) を使用し、通常徑間を 41 吋とし場合により 36 吋、28 吋又は 21 吋とす。

何れも第四圖に示すが如く、中央より各々 7 吋半の距りに於て相等しき荷重の加はる様とす、即ちバックトンにて  $2P$  を加ふる時桁には二箇所各々  $P$  なる荷重が加はる事となる。

荷重の増加は、煉瓦桁に於ては  $2P$  を 0.1 噸宛、鐵筋煉瓦桁にては 2 噸乃至 3 噸迄 0.2 噸とし、其の後  $2P$  が大となると時 0.5 噸宛とす。

荷重の増加中の観測は、桁各部に於ける裂目其他の精査をなす外、桁上端及び鐵筋挿入位置に於ける煉瓦積層の壓縮及び伸長を測定せり。

該測定は、桁の中軸線の位置並びに鐵筋煉瓦積桁としての種々の性質を研究すべき資料なるを以て、其の測定區間に於ける外力たる彎曲率及び剪力相等しからしむべきを以て、其の區間として荷重と荷重との間中央 13 吋を採る事とせり、自重による彎曲率及剪力相等しからしむる事不可能なれど載荷重に比し僅少なれば其の影響大ならざるべし。

桁上端の壓縮の測定は目地の上端を以て桁の上端として取扱ひし外重大なる問題存せざれど、鐵筋位置に於ける伸長の測定に於て鐵筋自身の伸長を測定すべきや、鐵筋位置に於ける煉瓦積の伸長を測定すべきやは充分考慮せざるべからざる問題とす。

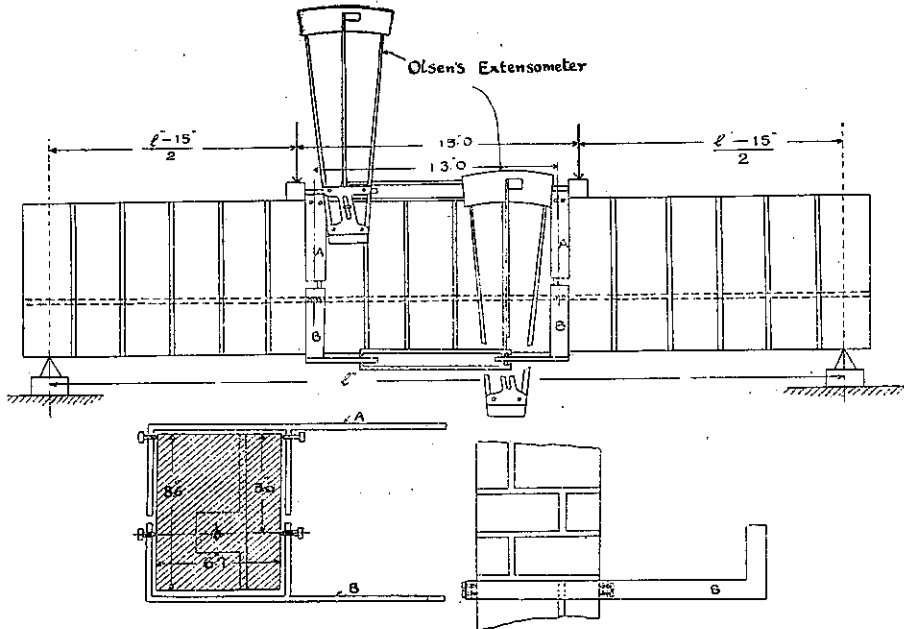
鐵筋混凝土に於ても此の種の測定をなすに同様の問題に遭遇すべきが、大體獨逸にては前者を採り、米國にては後者を採れるが如し、1903 年獨逸にて E. Mörsch 氏が wey B & Freytag A-G 會社にて行へる試験は鐵筋其のものの伸長を測定すべく鐵筋に特殊の金物を固著し其の間の伸長を測定し、1904 年米國にて、A. N. Talbot 氏が其の試験に測定せるは混凝土の鐵筋位置側面の伸長なるが如きは其の一例なり。

此の兩方法の當否を見るに、前者は鐵筋其のものの伸長を測定したるものなれば、鐵筋の應力其他鐵筋の性質を推知すべき方法としては妥當なるも、桁は其の破壊迄鐵筋と煉瓦積とが同一の伸長を見る事なるを以て、煉瓦積の性質を見るべき資料となすは困難なり。

例へば桁の中軸線の位置推定の資料となさん場合、前者の結果を以てすれば、煉瓦積が鐵筋と同一の伸長をなさば起り得べき中軸線の位置を推定せるものにして、荷重の大なる場合鐵筋と煉瓦積との間に移動起り實際と異なる結果を得、従つて應壓側應力分布状態の推定に關しても前者よりの推定は實際と遠ざかる結果を得べし。

後者にありてはこれに反し鐵筋の性質推定に對しては事實と異なる結果を得べき場合もあるべき方法なれど煉瓦積に對しては事實の測定なれば中軸線位置、應壓側應力分布状態等の推定には適當なるべし。

著者は此の兩者を同時に觀測する事により、各々の結果及び兩結果の對照より學術上相當の收獲の得べきを信じたれど載荷機の構造よりする測定器取付の困難並びに測定器の不足のため其の意を果さざりしは甚だ遺憾とする所なるが、著者研究の眼目煉瓦積の性質に關するもの多きを以て後者を採る事とせり。



第五圖

第五圖は測定器取付の方法を示すものにして、ABなるF字型金物を用ひ桁との間に餘裕を存せしめて上下より桁を挟み、測定せんとする箇所へ二個のボルトにて取付け、其の部纖維層の伸縮に従ひ同一の運動をなさしむる事とせり、F字型となせるはバックトンの構造上障礙物なき前方に測定器取付のため突出せしめたる爲めなり、測定器は Olsen's Extensometer 一萬分の一吋讀みを使用す。

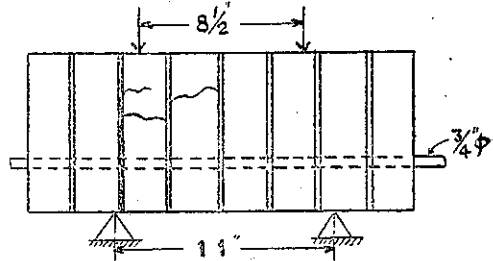
バックトン載荷機の構造上桁に豫め測定金物を取付くる事不可能なる爲め上記F字型金物を使用せるが、位置の正規、測定中の金物自身の廻轉其他の變動なからしむべき緊着等調整甚だ困難にして、二個のボルトを用る充分廻轉其他を防ぎたれど、試験中其の半數は具合悪き爲め失敗を見たり。

寫眞第三は調整前の状態なるが寫眞に見る如く、F字型金物に數箇所の孔を見るは桁高に於て數箇所伸縮を測定せんと企圖せるものなるも上記調整に數時間を要し豫定二日間にて到底試験終了の見込なきを以てこれを止め尙荷重各段に於

て荷重を零とし其の永久變形を觀測する事も省きたり。

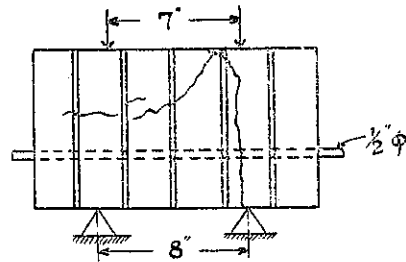
## 2. 剪斷試験

剪斷試験は剪力によりて桁を破壊せしめ其の荷重を求めたるが、剪力にて破壊さるゝ前彎曲其他にて破壊されざらしめん爲め、第六圖に示すが如く、剪斷せしめんとする箇所接近して載荷點及び支點を置き、目地部及び煉瓦部に於て各々其の成績を測定せり、載荷機は前記バクトン式を用ふ。



## 3. 附着力試験

彎曲試験の破壊片中より損傷のなき部分を撰び、膠泥と煉瓦積との附着面にて脱出し得る様支持し、前記載荷機により、鐵筋を壓出又は抜き出すべき荷重を加へ肉眼による最初の滑動時に於ける荷重を測定す。



第六圖

## 4. 材料強弱試験

煉瓦、煉瓦積、膠泥に對しては其の抗張力に對し Michaelis cement testing machine を用ひ、抗壓力に對しては前記載荷機及び Amsler Laffon's testing machine を用ふ。

鐵筋は市場より購入したるものにして且彎曲試験の方法にてても上記の如く鐵筋の應力強度推定曖昧なるを以て、其の性質を明かにする爲め Alfred J. Amsler 會社製 20 噸張力試験機を使用し、荷重を 0.2 噸宛増加せしめ、荷重に相當する伸長を Cambridge 式 Extensometer を用ひ 長 10 cm に就きこれを測定し、彈性率、彈性限度、破壊強度を求む。

## 第四節 試験成績

### 1. 彎曲試験

a) 裂目並に破壊 (第七圖)

No. 1. (煉瓦並燒三等、鐵筋なし)

本桁は長さ煉瓦十七段 44.4 吋に製作したるものなれど運搬中兩端にて持ち上げたる際、約中央なる九段目にて破折したるを以て殘餘九段徑間 21 吋に就きて試験を行ひたり。

荷重  $2P$  を 0.1 噸宛増加せしめたるに荷重 2.35 噸に達したる時向つて左端より(以下左右と稱するは桁に向つて即ち圖に於て紙面に向つての意なり)第三目地にて下端より上方五吋迄、其れより第三煉瓦中に入り桁の上端に及ぶ線にて急激に挫折せり。

破壊箇所に於ける破壊時の彎曲率、自重によるもの及び荷重  $2P$  によるもの總計 8,279 吋封度なり、破壊原因抵抗力率不足に起因せるは明かなり。

No. 2. (煉瓦燒過二等、鐵筋なし)

徑間を 41 吋とし、荷重  $2P$  を 0.1 噸宛増加せしめたるに 0.2 噸に達したるとき左端より第四目地にて急激に挫折す。

破壊箇所に於ける抵抗力率總計 3,800 吋封度なるが、抵抗力率不足に依る破壊なるべし。

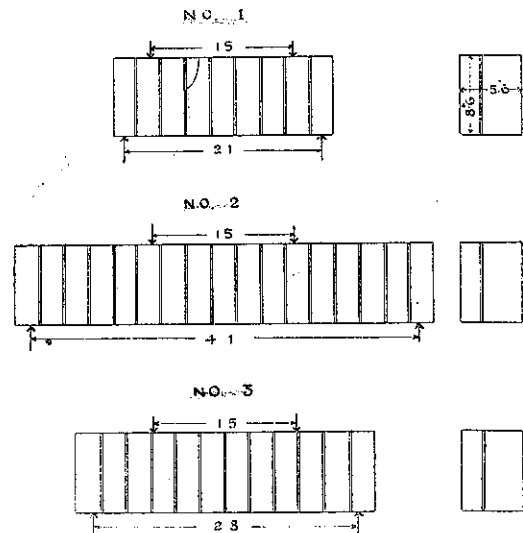
No. 3. (煉瓦燒過二等、鐵筋なし)

No. 2. の破壊品の殘部 21 段に就き徑間 28 吋にて試験を行ひ、荷重  $2P$  を 0.1 噸宛増加せしめたるに、0.8 噸に達したる時左端より第六目にして挫折す。

破壊箇所に於ける抵抗力率總計 6,280 吋封度なるが、抵抗力率不足による破壊なるべし。

No. 4. (煉瓦並燒三等、鐵筋徑 3/8 吋)

徑間を 41 吋とし、荷重  $2P$  を 0.2 噸宛増加せしめたるに、0.8 噸に達したるとき左端より第七目筋の下端にて微裂目を認む①漸次荷重を 0.2 噸宛増加したるに裂目擴大の模様あり、1.92 噸に達したるとき裂目上方 3 吋迄進行し ②、同時に右荷重の下部約 1 吋の箇所にて煉瓦二枚に亘る稍斜の裂目を生じ②、載荷機の構



第七圖の一

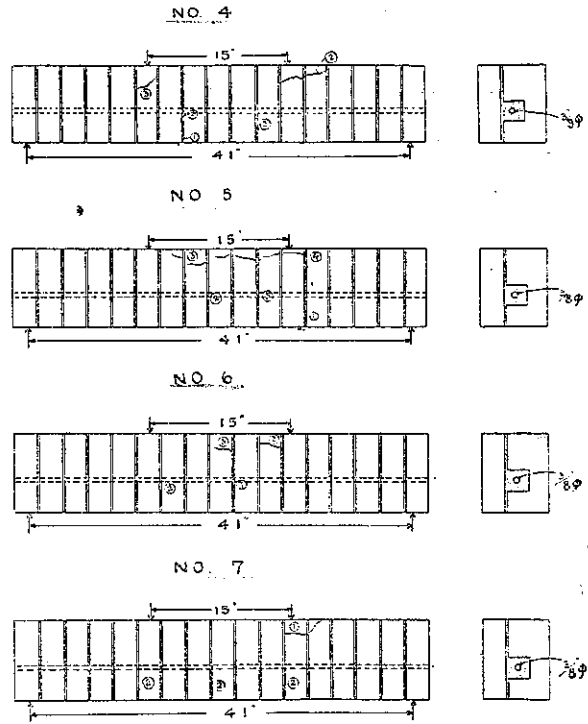


造上荷重低下す、更に荷重を増加したるに再び 1.92 噸に達したとき左端より第五及第十目筋に裂目生じ第五目地の裂目上方 6 吋の箇所より煉瓦中に入り破壊す。鐵筋は著しく伸長したれど切斷さるゝ事なし。

最初微裂目時の其の箇所にて彎曲率總計 11,600 吋封度、破壊時の彎曲率總計 28,000 吋封度なるが、破壊の原因抵抗力率の不足に依るものと認むべく、最初膠泥の抗張力の不足のため微裂目生じ、荷重 1.92 噸に達したるとき鐵筋の彈性限度を超過し著しき伸長となり従つて中軸線上昇し、煉瓦の壓挫を見荷重低下したるなるべし、其の爲め一時破壊の進行中止せるも再び荷重を同値に達せしむると同時に裂目の擴大起り破壊さるゝに到れるものなるべし。

No. 5. (煉瓦並焼三等、鐵筋徑 3/8 吋)

徑間を 41 吋とし荷重 2P を 0.2 噸宛増加せしめたるに、1.42 噸に達したるとき左端より第十二目地の下端に微裂目 ① を認め、裂目の進行又は擴大を見る事なく 2.0 噸に及び、同噸に達すると共に左端より第八目地 ② 及び第十目地 ③ に裂目を生じ、荷重の増加すると共に漸次上方に進行し、2.2 噸に到り上方 4 吋迄進行すると共に裂目擴大し、左端より第七目地乃至第十目筋の上端に水平の裂目を生ず ④。



第七圖の二

破壊の原因は No. 4 桁に類し、膠泥の抗張力、鐵筋の抗張力、煉瓦の抗壓力の順序に其の不足を生じたるが如し、微裂同時の彎曲率總計 20,300 吋封度、破壊時の彎曲率總計 32,000 吋封度なり。

No. 6. (煉瓦焼過二等、鐵筋徑 3/8 吋)

徑間を 41 とし荷重 2P を 0.2 噸宛増加せめたるに、1.97 噸にしたる時、左端より第九目筋の下端に微裂目を生じ荷重の進行と共に裂目上方に進行し、荷重 2.07 噸に到りたる時第六目地に裂目②を生じ、同時に第九及び第十一煉瓦の上端に壓挫③を生ず。

破壊の原因は No. 4. 又は No. 5. と同様にして、膠泥抗張力の不足、鐵筋抗張力の不足、煉瓦積抗壓力不足の順序に起因せるものなるべし、煉瓦積抗壓力不足に對しては No. 4, No. 5, と同様、抗張力不足のため中軸線上昇せし爲め起りしものにして抗張力充分なりせば、尙荷重の増加を見る共壓挫を見る事なかるべし。

微裂目時の彎曲率總計 29,600 吋封度、最後破壊時の彎曲率總計 31,000 吋封度なり。

No. 7. (煉瓦燒過二等、鐵筋徑 3/8 吋)

徑間を 41 吋とし、荷重 2P を 0.2 噸宛増加せしめたるに、2 噸に達する迄肉眼にては何等裂目其他を認むる事なかりしが、同噸に達したる時左端より第十二煉瓦の上端に壓挫を認め①、引續き第五、第八、第十一目地に裂目を生じ、尙荷重を増加し 2.1 噸に達したる時全く破壊す。

破壊の原因は抵抗力率の不足によるは勿論なるが本桁に於ては煉瓦積の抗壓力の不足が最初に起りたるは他の場合と異にす、本桁にては運搬の途中桁に衝動を與へたるが其の際肉眼にて認むべき變化なかりしも、或は何等か弱點を生ぜしめ居たるなるべし。

彎曲率の値總計最初の壓挫時に於て 30,100 吋封度、最後の破壊時に於て 31,600 吋封度なり。

No. 8. (煉瓦並燒三等、鐵筋徑 1/2 吋)

徑間を 41 吋とし、荷重 2P を 0.2 噸宛増加せしめしに、2.79 噸に達したる時左端より第九目地の下端に微裂目を見たるが其の瞬間第十六目地より第十七煉瓦が鐵筋より脱出し破壊を見たり①。

破壊の原因は桁中央に於ける抵抗力率の不足に依れるは其の一因なるが、右端に於ける破壊は鐵筋と煉瓦との附着力の不足に依るものと見るべし、微裂目箇所  
に於ける彎曲率總計 41,600 吋封度、破壊箇所に於ける剪力總計 6,230 封度なり。

No. 9. (煉瓦燒過二等、鐵筋徑 1/2 吋)

徑間を 41 吋とし、荷重 2P を 0.2 噸宛増加せしめしに、2.96 噸に達したる時左端より第十一煉瓦の上端①に壓挫を生じ同時に第九、第六及び第十一目地に微裂目②を生じ更に荷重増加して 3.02 噸に及びたるに第九煉瓦に壓挫を生じ破壊す。

破壊の原因は抵抗力率不足にありて、煉瓦抗壓力の不足及び鐵筋抗張力の不足に依るものなるべし、彎曲率總計第十一煉瓦壓挫の場合同所にて 44,100 吋封度、第九煉瓦壓挫の場合同所にて 44,990 吋封度なり。

No. 10. (煉瓦並燒三等、鐵筋徑 3/4 吋)

徑間を 41 吋とし、荷重 2P を 0.2 噸宛増加せしめたるに 4.5 噸に達したるとき荷重の右方に於て左端より第十四目筋より第十目地に到る間に於て約 30° の方向に斜の裂目を生じたり。

破壊の原因は抗剪力の不足よりする斜抗張力不足に起因す、其の場合の剪力の値裂目の中間にて總計 11,130 封度なり。

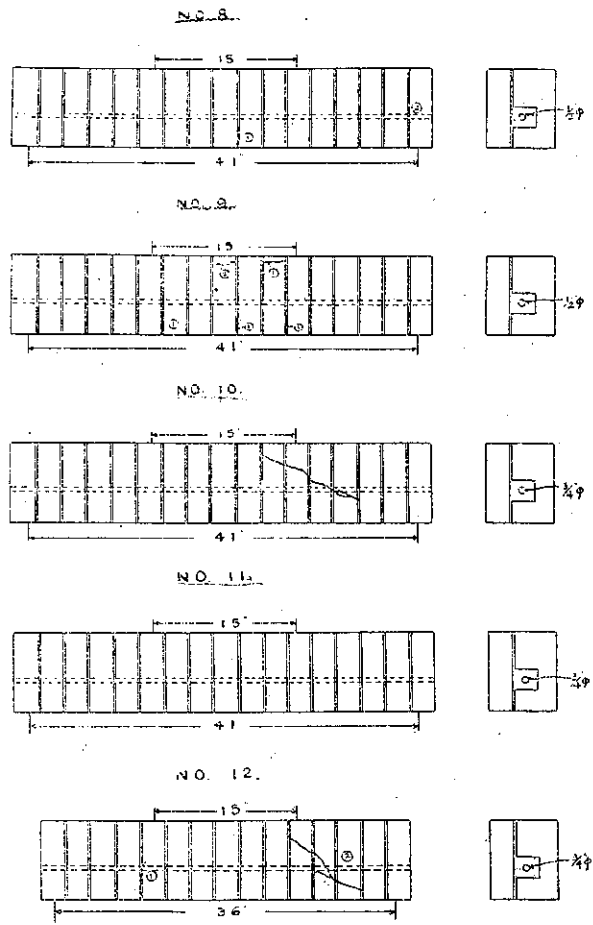
No. 11. (煉瓦燒過二等、鐵筋徑 3/4 吋)

第七圖の三

徑間を 41 吋とし、荷重 2P を 0.2 噸宛増加せしめたるに荷重 3.2 噸に達したる時左端第一目地より第一煉瓦鐵筋より脱出し目筋離脱せり。

原因は鐵筋附着力不足に依るものにして其の剪力の値總計 7,968 封度なり。

No. 12. (煉瓦燒過二等、鐵筋徑 3/4 吋)



No. 11 桁の破壊せし残部十六段に就き徑間を 36 吋とし、荷重 2P を 0.2 噸宛増加せしめたるに、6.0 噸に達したる時左端より第四目筋の下端に微裂目を認め①、6.2 噸に達したる時龜裂擴大並に上方に進行し、6.45 噸に達すると共に裂目上方四吋に及び同時に荷重の右方にて左端より第十三目筋乃至第十目筋の間に於て約 45 度の方向に斜の裂目を生ず。

破壊の原因は最初彎曲率に對し、抗張力不足に起因する裂目の進行中抗剪力の不足起り、斜張力の爲め裂目を生じたるものなり、最初の微裂目時の彎曲率總計 71,340 吋封度最後破壊時に於ける彎曲率總計 76,630 吋封度、剪力總計 14,500 封度なり。

No. 13. (煉瓦並燒三等、鐵筋徑 3/8 吋中央荷重の間桁下端中軸線以下目筋に紙片挿入)

徑間を 41 吋とし、荷重を 0.2 噸宛増加せしめたるに、1.84 噸に達したる時左端より第十一目筋に於て下端より上方 2 1/2 吋に及び裂目①並に同所にて其の裂目より上方にて下端より 4 吋の箇所より上端より 1 吋迄目筋中にそれより第十一煉瓦の上端にて水平なる裂目を生ず①。

荷重を更に増加せしめて 1.92 噸に達したるとき第十目筋及び第十煉瓦に於て類似の裂目を生じ、第七煉瓦の上部にも水平裂目を生ず。

破壊の原因は抵抗率の不足に依るものなるべく、鐵筋の抗張力不足煉瓦積抗壓力の不足を來せるなるべし、最初の裂目に於ける彎曲率總計 27,300 吋封度、最後破壊の彎曲率總計 28,900 吋封度なり。

No. 14. (煉瓦並燒三等、鐵筋徑 1/2 吋中央荷重間中軸線以下目筋に紙片挿入)

煉瓦十五段長なるを以て、徑間を 36 吋とし、荷重 2P を 0.2 噸宛増加せしめたるに 4.0 噸に及びたる時左端より第四目筋に裂目を生じ、上方に進行し 6 吋に及び、荷重 4.6 噸に達するや該裂目は右方第五煉瓦中に約 20 度の角度を以て斜上方に進行し、同時に右方に於て左端より第十二煉瓦の中央に下端より裂目生じ上方 5 吋に進み左折して第十一煉瓦中に約 15 度の角度に進入せり、鐵筋伸長甚し。

破壊の原因は最初抵抗力の不足より裂目を生じたるが、鐵筋自身の彈性限度超過又は部分的附着力不足のため裂目上方に進行し、中軸線の上昇となり、變則なる應力の分布状態となり、斜張力を生じ破壊せしむるものなるべし、最初の裂目を生じたる時の總彎曲率 47,800 吋封度、最後の破壊時に於ける總彎曲率 54,800

吋封度なり。

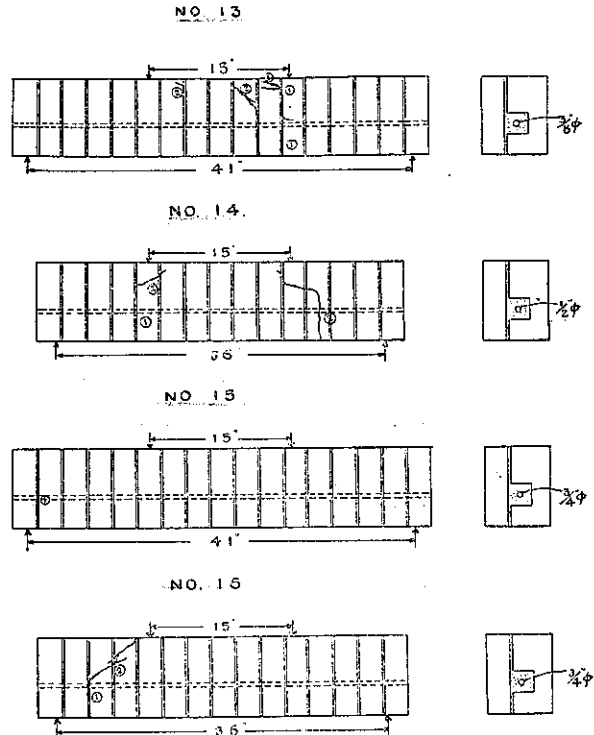
No. 15 (煉瓦並燒三等、鐵筋徑 $3/4$ 吋、中央荷重間中軸線以下目筋に紙片挿入)

徑間を 41 吋とし、荷重  $2P$  を 0.2 噸宛増加せしめたるに、荷重 3.2 噸に及びしとき左端第一目筋より第一煉瓦鐵筋より脱出目筋離脱せり。

破壊の原因は鐵筋と煉瓦積との附着力の不足によるものと認むべく其の場合の剪力 7,262 封度なり。

No. 16. (煉瓦並燒三等、鐵筋徑  $3/4$  吋、中央荷重の間中軸線以下目地に紙片挿入)

No. 15 桁の破壊残部に就き徑間を 36 吋とし、荷重  $2P$  を 0.2 噸宛増加せしめたるに、荷重 3.9 噸に達したる時左端より第三目筋に下筋より上方 4 吋迄裂目生じ、それより第三及び第四煉瓦中に約 45 度の角度を以て斜上方に裂目進行し破壊するに到れり。



第七圖の四

此の原因は抗剪力不足による斜抗張力不足のためにして其の剪力の總計 8,815 封度なり。

No. 1 乃至 No. 16 桁の成績を見るに鐵筋を挿入せるものは挿入せざるものに比し強度著しく増加し、僅かに  $3/8$  吋徑一本即桁斷面積に對し約 0.3% の鐵筋を挿入する事により結局強度抵抗力率に於て約四、五倍せるを見る。

然して抵抗力率は鐵筋量の増加と共に増加し  $1/2$  吋徑挿入のものは  $3/8$  吋徑挿入のものより約 30% の増加を見、 $3/4$  吋徑挿入のものは最大抵抗力率不明なれど  $3/8$  吋徑挿入のものより 100% の増加を見るべし。

破壊の状態は  $3/8$  吋徑挿入のものに於ては鐵筋の抗張の不足を見  $1/2$  吋徑挿入

のものにては鐵筋の抗張力不足、煉瓦積抗壓力の不足約同様に起り、3/4吋徑挿入のものは斜抗張力不足による破壊を主とす。

6. 伸長及び壓縮

前述の如く本試験は Extensometer 取付よりする不工合の爲め其の半數は失敗に終り、成績を得たるは No 5, No 7, No 10, No 11, No 12, No 14, No 15, No 16. の八桁とす。

其の成績は第二表に示す如く荷重の増加と共に煉瓦積の壓縮率及び鐵筋の伸長率何れも増加せるを見る。

前者は、煉瓦積の彈性率が荷重と共に變化すべきものなるを意味し、後者は、後章に於て詳述する如く、鐵筋と煉瓦積との附着力が充分ならざる爲め、煉瓦積桁側の觀測と、鐵筋の實際の伸長とが一致せざる事を意味す。

煉瓦積の壓縮状態を圖示せば、第二圖表の如し。

第 二 表

鐵筋煉瓦桁載荷に伴ふ鐵筋の伸長並に煉瓦積の壓縮成績表

徑間 番號	36 in						徑間 番號	41 in									
	No. 12		No. 16		No. 14			No. 5		No. 7		No. 10		No. 11		No. 15	
荷重 (Ton)	E <sub>t</sub>	E <sub>c</sub>	E <sub>t</sub>	E <sub>c</sub>	E	E <sub>c</sub>	荷重 (Ton)	E <sub>t</sub>	E <sub>c</sub>	E <sub>t</sub>	E <sub>c</sub>	E <sub>t</sub>	E <sub>c</sub>	E <sub>t</sub>	E <sub>c</sub>	E <sub>t</sub>	E <sub>c</sub>
0.2	3	4	2	3	4	4	0.2	6	5	5	4	2	3	3	4	3	4
0.4	8	9	6	7	11	8	0.4	13	11	15	8	5	6	7	9	8	9
0.6	15	15	10	11	22	15	0.6	30	21	30	17	9	11	11	14	15	18
0.8	22	20	18	16	35	21											
1.0	27	26	24	22	46	26	0.8	49	30	50	25	13	16	16	18	24	27
1.2	36	31	33	28	58	33	1.0	63	40	72	37	19	20	23	23	31	36
1.4	45	38	40	35	74	40	1.2	92	52	95	47	25	25	27	27	41	45
			(1.5)	(1.5)													
1.6	53	43			88	44											
1.8	58	47			102	54	1.4	115	63	117	60	30	32	31	31	53	53
2.0	63	55	56	45	116	62	1.6	136	73	142	70	34	37	33	36	63	61
2.2					134	71	1.8	159	85	170	85	40	44	43	40	73	69
2.4					153	78											
2.5	77	65	73	58			2.0	199	102	205	97	47	52	50	44	83	77
2.6					171	87	2.2	255	118	251	105	53	58	58	49	93	84
										(2.1)	(2.1)						
2.8					195	97	2.4							62	53	104	91
							2.5					60	64				
3.0	97	70	90	72	214	108											
3.2							2.6							68	58	117	93
3.5	116	89	113	85	244	120	2.8							74	63	132	105
			3.0											78	78	81	69
					134	97										87	75
																166	119

徑間 番號	36 in						徑間 番號	41 in							
	No. 12		No. 16		No. 14			No. 5		No. 7		No. 10		No. 11	
荷重 (Ton)	$E_t$	$E_c$	$E_t$	$E_c$	$E_t$	$E_c$	荷重 (Ton)	$E_t$	$E_c$	$E_t$	$E_c$	$E_t$	$E_c$	$E_t$	$E_c$
	(3.9)		(3.9)												
4.0	137	103			278	141	3.2								
4.5	159	119			358	177	3.5					94	95		
					(4.6)		(4.6)								
5.0	171	129					4.0					111	110		
5.5	190	143					4.5					129	125		
6.0	219	158													
6.45	246	172													

$E_t$  = 鐵筋部の伸長 (1/10,000吋)       $E_c$  = 上端の壓縮 (1/10,000吋)  
括弧内の數字は其時の荷重を示す

II 剪斷試験

1 乃至 10 に到る10個の試験中、其の支點の位置に依り、兩端共煉瓦部分又は目筋に最大剪力の起さすもの及一端は煉瓦部分に他端は目筋に最大剪力を起さすもの、三種に分ちて試験せり。

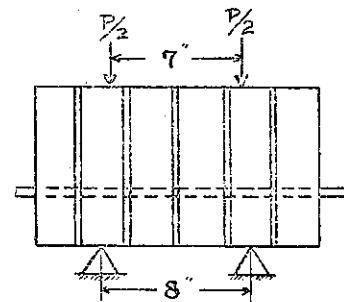
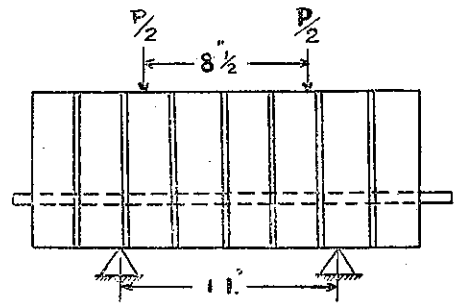
1, 3, 5, 7, 10 の五桁は煉瓦中にて最大剪力を起さしめたる試験なるが、何れも徑間を約8吋とし、第六圖に示したる如く荷重を二個所に支點より約1/2吋離れたる所に置く。

其の成績は第三表に示すが如く、何れも煉瓦中にて裂目生じ鐵筋挿入のものは鐵筋剪斷さるゝ事なく脱出せり。

裂目は其の位置支點に接近して約垂直に起り多少の水平裂目を伴ふものにして、唯7桁に於ては第七圖に示すが如く、大なる水平裂目を伴ひたり。

2, 4, 6 の三桁は目筋中に最大剪力を起さしめたる試験にして、徑間を約6吋とし、荷重を5時間隔とし、支點より1/2吋離れしむ。

其の成績は第三表に示すが如く、何れも支點に近く目筋中に垂直に起り、鐵筋挿入のものに於ては鐵筋剪斷さるゝ事なく脱出せり。



第 六 圖

8, 9 の二桁は一端に於ては煉瓦中、他端に於ては目筋中に最大剪力を起さしめたるものなるが、徑間を 11 吋とし試験設備の關係上荷重區間を  $8\frac{1}{2}$  吋とし、支點より  $1\frac{1}{4}$  吋宛離れしむ。

其の成績は第三表に示すが如く、8 桁は約水平の裂目を生じ、9 桁は多少の水平裂目を伴ひ目筋部にて破壊せり。

### 第 三 表

#### 剪斷試験成績表

番號	煉瓦種類	挿入鐵筋	試験徑間	破壊荷重(噸)	破壊箇所
✓ 1	並燒	0	8"	4.00	煉瓦中にて約垂直に剪斷
2	燒過	0	6"	6.00	目筋にて垂直に剪斷
✓ 3	燒過	0	8"	7.40	煉瓦中にて約垂直に剪斷
4	並燒	$\frac{3}{8}$ "φ	6"	4.25	目筋中にて約垂直に剪斷
✓ 5	並燒	$\frac{3}{8}$ "φ	8"	6.57	煉瓦中にて約垂直に剪斷
6	並燒	$\frac{1}{2}$ "φ	6"	6.48	目筋及煉瓦の各々一部にて約垂直に剪斷
✓ 7	燒過	$\frac{1}{2}$ "φ	8"	5.89	煉瓦中にて約水平に剪斷
8	並燒	$\frac{3}{4}$ "φ	11"	8.70	煉瓦中にて約水平に剪斷
9	並燒	$\frac{3}{4}$ "φ	11"	8.80	目筋中にて垂直に剪斷
10	燒過	$\frac{3}{4}$ "φ	8"	9.16	煉瓦中にて約垂直に剪斷

一般に同一條件にては目筋の抗剪力は煉瓦の抗剪力より少なく、鐵筋の挿入は抗剪力を増加せしむべき傾向を認め得たるも本試験に於ては鐵筋の脱出を見たるを以て充分其の効果を發揮し難かりき。

### III 附着力試験

彎曲試験の破壊品中、裂目其他の故障なきものは其の大部分剪斷試験を用ゐたるを以て本試験に供し得べきもの僅かに 4 個に過ぎず。

### 第 四 表

#### 鐵筋附着力試験成績表

番號	鐵筋徑	煉瓦厚	附着面積□"	試験方法	滑動荷重(キ)	附着力 $\frac{\text{キ}}{\text{□}}"$	備 考
1	$\frac{3}{8}$ "	$7\frac{1}{2}$ "	8.83	推出	5,443	616	推出前に曲る
2	$\frac{3}{8}$ "	"	8.83	引拔	5,555	629	
3	$\frac{1}{2}$ "	"	11.76	"	5,734	487	
4	$\frac{3}{4}$ "	"	14.72	"	7,168	487	
平均						551.7	$3.2 \text{ kg/cm}^2$
5	$\frac{1}{4}$ "	2"4	1.88	引拔	1,160	620	
6	$\frac{1}{4}$ "	4"8	3.76		1,839	489	
平均						554.5	



何れも煉瓦三枚  $7\frac{1}{2}$  吋厚となし、荷重を徐々に加へたるに第四表に示す如く、毎平方吋當り 487 封度乃至 629 封度の荷重に於て鐵筋と膠泥との間に於て滑動を初めたり。

第四表 5, 6 は豫備試験に於ける成績を参考として附記せるものにして 5 は煉瓦一枚、6 は煉瓦二枚より引き抜けるものなり。

#### IV 材料強弱試験

##### a. 煉瓦及び膠泥の強度試験。

煉瓦に對しては並燒三等 8 個、燒過二等 11 個、合計 19 個の試験を行ひたるが其の成績第五表に見るが如し。

### 第 五 表

煉瓦及膠泥強度試験成績表

番號	材料	抗 張 強 度			抗 壓 強 度			摘 要
		荷重(封度)	斷面積(□")	強度(#/□")	荷重(封度)	斷面積(□")	強度(#/□")	
1	煉瓦 並燒三等	294	1.0	294	4,704	1.32	3,564	抗壓強度は抗張強度試験品に就て之を行ふ。
2	”	148	1.0	148	2,419	1.01	1,950	
3	”	350	1.0	350	4,042	2.12	1,902	
4	”	150	1.0	150	3,226	1.32	2,444	
5	”	250	1.0	250	1,546	1.00	1,546	
6	”	119	1.0	119	4,480	2.22	2,018	
7	”	200	1.0	200	2,044	1.43	2,044	
8	”	244	1.0	244	3,136	0.88	3,564	
平均				219.4	15.7		2,379	167.1 kg/cm <sup>2</sup>
1	煉瓦 並燒二等	286	1.0	286	3,226	1.03	2,133	
2	”	328	1.0	328	2,016	0.96	2,100	
3	”	400	1.0	400	3,136	1.11	2,525	
4	”	512	1.0	512	4,637	1.34	2,460	
5	”	213	1.0	213	2,722	1.03	2,643	
6	”	330	1.0	330	7,392	2.26	3,271	
7	”	412	1.0	412	5,600	1.22	4,590	
8	”	383	1.0	383	4,435	2.02	2,443	
9	”	201	1.0	201	3,808	1.23	3,022	
10	”	311	1.0	311	4,032	1.54	2,618	
11	”	193	1.0	193	2,688	1.30	2,135	
平均				324.9	22.83		2,931	206 kg/cm <sup>2</sup>

試体番号	膠泥 (配合 1:3)	封度	強度	平均封度	平均強度	備考
1	476	1.0	476	4,032	1.12	3,600
2	310	1.0	310	4,189	1.32	3,323
3	220	1.0	220	3,696	0.74	4,995
4	312	1.0	312	4,480	1.06	4,226
5	411	1.0	411	3,584	0.78	4,595
6	280	1.0	280	2,217	1.03	2,217
平均			334.8			3,826

抗張強度に就ては毎平方吋煉瓦並燒三等に於て 119 封度乃至 234 封度平均 219.4 封度、燒過二等に於て 201 封度乃至 512 封度平均 324.9 封度膠泥に於て 220 封度乃至 476 封度平均 334.8 封度を示し、燒過二等は並燒三等に比し約 5 割大なるを見、膠泥は約燒過二等と同強度にあるを知る。

抗壓強度に於ては毎平方吋、並燒三等に於て 1,546 封度乃至 3,564 封度平均 2,379 封度、燒過二等に就ては 2,100 封度乃至 4,590 封度平均 2,931 封度、膠泥に於ては 2,217 封度乃至 4,995 封度を示し、並燒燒過の差約 2 割 3 分に過ぎず、膠泥最も大にして燒過二等に對し其の約 3 割大なるを知る。

本試験に於ける膠泥の供試體は農商務省規定に依る試験と同様の製作をなせしを以て普通施行の膠泥より強度大なるべし。

#### b. 煉瓦積抗張強度

20個の供試體を10個宛燒過二等及び並燒三等の桁中より採取せるものにして其の成績第六表に示す如く膠泥と煉瓦との接合面にて切斷せるもの14個にして其の大部分を占め、煉瓦中にて切斷せるもの4個、一部煉瓦一部膠泥中にして切斷せるもの2個、膠泥中にて切斷せるものなし。

### 第六表

煉瓦積附着面に於ける抗張強度試験成績表

煉瓦種類	No.	切斷面積(□")	切斷力(≒)	強度(≒/□")	摘 要
並 燒 三 等	1	1.0	200	200	膠泥と煉瓦との接合面にて切斷
	2	1.0	190	190	”
	3	1.2	262	211	煉瓦中にて切斷
	4	1.0	100	100	膠泥と煉瓦との接合面にて切斷
	5	1.1	140	137	一部接合面一部煉瓦中にて切斷
	6	1.0	150	180	膠泥と煉瓦との接合面にて切斷
	7	1.0	180	180	”

燒 過 二 等	8	1.0	122	122	膠泥と煉瓦との接合面にて切斷
	9	1.0	102	102	”
	10	1.1	170	155	煉瓦中にて切斷
	平均			157.7	
	11	1.0	199	199	膠泥と煉瓦との接合面にて切斷
	12	1.0	90	90	”
	13	1.0	99	99	”
	14	1.1	198	180	一部膠泥と煉瓦との接合面一部 煉瓦中にて切斷
	15	1.0	280	280	膠泥と煉瓦との接合面にて切斷
	16	1.0	162	162	”
	17	1.3	232	178	煉瓦中にて切斷
	18	1.0	210	210	”
	19	1.0	173	173	膠泥と煉瓦との接合面にて切斷
	20	1.0	211	211	”
	平均			173.2	
	總平均			163.0	

並燒三等を用ゐたもの、每平方時に付 100 封度乃至 211 封度平均 157.7 封度、  
燒過二等を用ゐたるもの每平方時に付 90 封度乃至 280 封度平均 173.2 封度に  
して兩種煉瓦の區別により其の差なし總平均每平方時 163 封度となる。

### c. 鐵筋の強度 (第七表)

#### i. 3/8 吋徑

其の徑を 5/16 吋となし測長 10 纏に就て荷重を 0.2 佛噸宛即ち每平方時に付 5,740  
封度宛増加せしめしに、其の伸長 No. 1 に於ては 1 萬分の 15 cm 乃至 1 萬分の  
22 cm 宛伸長し、荷重 1.745 噸即ち每平方時に付 50,082 封度に達せし時著しく  
其の伸長を増加し 2.37 噸即ち每平方時 68,019 封度にて切斷せり、No. 2 に於  
ては同様の試験にて 1 萬分の 16 cm 乃至 1 萬分の 20 cm 宛伸長し、荷重 1.75  
噸即ち每平方時 50,225 封度に達せし時伸長著しく増加し 2.30 噸即ち每平方時  
66,010 封度にて切斷せり。

これより見るに、其の彈性率每平方時 27,000,000 封度乃至 31,000,000 封度、  
彈性限度每平方時約 50,000 封度、結局強度每平方時約 67,000 封度なるを知る、  
本鐵筋は普通のものに比し彈性限度著しく高し。

#### ii. 1/2 吋徑

其の徑を 3/8 吋とし測長 10 纏に就て荷重を 0.2 佛噸宛即ち每平方時に付 4,000  
封度宛増加せしに No. 3 に於ては 1 萬分の 12 cm 乃至 1 萬分の 15 cm 宛伸長  
し、荷重 1.85 噸即ち每平方時 37,000 封度に達せし時著しく其の伸長増加し、

4780 kg

第七表  
鐵筋性質試驗成績表

荷重 kg. ton	5/16" φ (3/8" φ より採取)			3/8" φ (1/2" φ より採取)			5/8" φ (3/4" φ より採取)			備考	
	No. 1 伸長差 #/口	No. 2 伸長差 #/口	No. 3 伸長差 #/口	No. 4 伸長差 #/口	No. 5 伸長差 #/口	No. 6 伸長差 #/口	荷重 #/口	No. 5 伸長差 #/口	No. 6 伸長差 #/口		
0.	0	15	0	0	12	0				0	5
0.2	5,740	15	17	12	14	11	11	5	5	5	
0.4	11,480	32	20	26	12	25	16	11	4	10	
0.6	17,220	52	17	38	13	41	11	15	5	5	
0.8	22,960	9	20	51	12	52	15	20	5	5	
1.0	28,700	89	17	63	13	67	11	25	4	5	
1.2	34,440	106	22	76	15	78	15	29	5	4	
1.4	40,180	123	22	91	12	93	15	34	5	5	
1.6	45,920	150	90	103	12	108	20	39	4	93	
1.8	51,660	240		115	54	128		43	6	44	
2.0	57,400			169				49	5	50	
2.2								54	5	53	
2.4								59	5	61	
2.6								64	4	65	
2.8								68	5	70	
3.0								73	6	74	
3.2								79	5	78	
3.4								84	6	83	
3.6								90	6	88	
3.8								96		93	
4.0								28,760	98	98	
4.2								30,198	103	103	
4.4								31,636	108	108	
4.6								33,074	113	113	
4.8								34,512	118	118	
5.0								35,950	123	123	
5.2								37,388	134	134	
彈性限度	1.745 = 50,023	#/口	1.75 = 50,225	#/口	1.85 = 37,000	#/口	1.86 = 37,200	#/口	5.1 = 36,069	#/口	5.2 = 37,983
破断荷重	2.37 = 68,019	#/口	2.20 = 66,010	#/口	3.0 = 60,000	#/口	2.95 = 59,000	#/口	7.35 = 52,816	#/口	7.3 = 52,4376

3.0 噸即ち每平方吋 60,000 封度にて切斷せり、No. 4 に於ては同様の試験にて、1 分萬の 11 cm 乃至 1 萬分の 15 cm 宛伸長し荷重 1.86 噸即ち每平方吋 37,200 封度に達せし時其の伸長著しく増加し、2.95 噸即ち每平方吋 59,000 封度にて切斷せり。

これより見るに、其の彈性率每平方吋 27,000,000 乃至 36,000,000 封度彈性限度每平方吋約 37,000 封度、結局強度每平方吋約 60,000 封度なるを知る。

### iii. 3/4吋徑

其の徑を 5/8 吋とし測長10纏に就て荷重 0.2 佛噸宛即ち每平方吋に付 1,438 封度宛増加せしに、No. 5 に於ては 1 萬分の 4 cm 乃至 1 萬分の 6 cm 宛伸長し、荷重 5.1 噸即ち每平方吋に付 36,669 封度に達せし時其の伸長著しく増加し、荷重 7.35 噸即ち每平方吋 52,846 封度にて切斷せり、No. 6 に於ては同様の試験にて、No. 5 と同様の伸長をなし、荷重 5.2 噸即ち每平方吋に付 37,388 封度に達せし時、其の伸長著しく増加し、7.3 噸即ち每平方吋 52,487 封度にて切斷せり。

これより見るに、其の彈性率每平方吋 24,000,000 乃至 36,000,000 封度彈性限度每平方吋約 37,000 封度、結局強度每平方吋約 53,000,000 封度なるを知る。

## 第五節 我が國に於ける煉瓦及煉瓦積に関する試験記録

### I. 煉瓦積の抗壓強度

煉瓦積の破壊は、其の抗張強の不足に依る場合多きを以て、從來抗張強度に就ては震災豫防調査會等に於て試験せられたる記録多きも、抗壓強度に關しては、其の試験記録の公表せられたるもの尠し。

第八表は鐵道省、内務省、及び東京高等工業學校にて試験せられたる一部の成績にして、我が國の主なる煉瓦製造所たる大阪窯業株式會社、日本煉瓦製造株式會社等の製品に對するものなり。

本成績に依れば抗壓破壊強度に於て、御幸煉瓦製造所製品燒過一等第一位を占め、每平方吋に付 6,017 封度乃至 8,301 封度平均 6,827 封度、大阪窯業株式會社製品これに次ぎ每平方吋 5,018 封度乃至 7,545 封度平均 6,651 封度にして東京煉瓦株式會社製品每平方吋 592 封度乃至 1,172 封度平均 815 封度にして最低なり



第八表の二 金町煉瓦株式会社製、品

番號	煉瓦寸法(時)		吸水率 %	破 荷 重 ton	強 度 #/□'	龜 裂 荷 重 ton	強 度 #/□'	備 考	強 度 #/□'	龜 裂 荷 重 ton	破 荷 重 ton	強 度 #/□'	備 考
	幅	厚											
1	4.0	2.20	4.0	14.0	3,584						31.2	4,289	燒過煉瓦
2	"	"	"	14.0	3,808						42.3	5,015	"
3	"	2.19	"	14.0	4,480						28.0	3,418	"
4	"	"	"	14.0	5,876						38.8	4,584	"
5	"	2.30	"	16.0	2,660	19.5					43.4	5,071	"
6	"	2.20	"	"	4,704						38.4	4,424	"
7	"	"	"	"	4,032						43.2	4,977	"
8	"	"	"	"	4,256						30.6	3,577	"
9	"	"	"	"	4,032						42.2	5,151	"
10	"	2.19	"	"	4,928						39.0	4,624	"
11	"	"	"	"	4,704						44.8	5,311	"
12	"	"	"	"	4,256						7.011		"
13	"	"	"	"	4,480						2,660		"
14	"	"	"	"	3,860						4.575		"
15	"	"	"	"	4,256								"
16	"	"	"	"	5,600								"
17	"	"	"	"	4,704								"
18	"	"	"	"	4,032								"
19	2.4	"	15.5	7.0	43.4								"
20	"	"	"	6.9	49.3								"
21	"	"	"	7.25	29.0								"
22	"	"	"	15.8	38.8								"
23	"	"	"	16.6	39.5								"
24	4.0	"	16.0	15.6	35.6								"
25	"	"	"	14.6	32.0								"
26	"	"	"	16.6	31.5								"
27	"	"	"	16.9	33.1								"
28	"	"	"	16.1	27.0								"

第八表の三 大坂窯業株式會社製品

番號	煉瓦寸法(吋)				吸水率 %	破壊荷重 ton	強度 #/sq"	總裂荷重 tn	強度 #/sq"
	長	幅	厚	斷面積					
1	4 5/16	4 3/16	2 3/8		6.1	48.9	5,970		
2	4 1/4	4 1/4	2 5/16		3.7	60.0	7,323		
3	"	4 1/4	"		4.5	56.3	7,080		
4	4 3/16	"	2 1/4		3.8	48.2	6,151		
5	"	4 3/16	"		3.6	53.0	6,717		
6	4 1/4	4 1/4	2 3/8		4.5	60.0	7,545		
7	4 3/16	"	2 7/16		8.0	55.6	7,096		
8	4 1/4	4 3/16	2 3/8		3.6	60.0+	7,433		
9	4 3/16	4 3/16	2 3/8		3.9	60.0+	7,543		
10	4 1/4	4 1/4	2 7/16		6.0	60.0+	7,323		
11	4 5/16	4 5/16	2 5/16	18.6	6.6	60.0+	7,235	14.0	1,686
12	4 3/8	"	"	18.9	6.6	58.0	6,877	34.0	4,086
13	4 3/16	4 1/4	2 3/16	19.8	6.0	56.3	7,078	21.0	2,376
14	4 5/16	"	2 1/4	18.3	7.5	58.2	7,123	29.0	3,550
15	"	"	"	18.3	5.3	50.0	6,715	14.5	1,775
16	"	4 5/16	"	18.6	6.5	54.4	6,787	20.0	2,410
17	4 3/8	"	"	18.9	7.0	51.8	6,070	18.0	2,130
18	4 1/4	4 3/16	"	17.8	9.3	39.8	5,018	22.0	2,770
19	"	4 3/8	"	18.6	5.2	58.6	7,054	24.0	2,890
20	4 3/16	4 1/4	2 3/16	17.3	7.95	56.0	7,251	6.0	777
21	4 1/4	4 1/4	4 1/4	18.1	6.59	60.0+	7,425	6.0	743
22	"	4 5/16	"	18.3	8.14	60.0+	7,344	13.0	1,591
23	4 3/16	4 1/4	2 5/16	17.8	7.57	54.0	6,769	15.0	1,888
24	4 1/4	"	2 3/8	17.5	7.52	57.1	7,309	13.0	1,664
25	4 3/16	"	2 1/4	17.8	8.47	42.8	5,386	10.0	1,258
26	4 1/4	"	2 5/16	18.1	8.60	60.0+	74,25	7.0	866
27	4 3/16	"	2 1/4	17.8	6.05	58.0	7,299	10.0	1,256
28	4 1/4	"	2 5/16	18.1	8.24	59.7	7,388	18.0	2,228
最大							7,545		4,086
最小							5,018		743
平均							6,651		1,997

第八表の四

御幸煉瓦製造株式會社製品 (大正三年十二月鐵道省試験)

	煉瓦寸法(吋)				吸水率 %	破壊強度 #/sq"	壓挫強度 #/sq"	
	長	幅	厚	斷面積				
1					9.57	8,301	5,363	燒過一等
2					10.59	6,017	3,534	



3	12.30	7,611	3,689	
4	12.55	6,657	4,225	
5	13.59	6,330	4,593	
6	14.22	6,017	4,864	
平均	12.13	6,327	4,387	
1	10.21	5,537	2,639	燒過二等
2	11.97	5,703	2,480	
3	12.25	5,492	3,448	
4	12.91	5,377	2,688	
5	14.90	5,834	4,345	
6	14.41	4,377	4,481	
平均	12.78	5,553	3,347	
1	11.36	4,717	3,475	燒過三等
2	11.27	5,045	3,691	
3	11.66	4,992	4,352	
4	12.57	4,737	2,944	
5	12.49	3,937	3,691	
6	12.72	4,798	4,306	
平均	12.01	4,704	4,054	
最大		8,301	5,363	
最小		3,973	2,639	
平均		5,695	3,825	

第八表の五 日本煉瓦製造株式會社製品

番號	煉瓦寸法(吋)				吸水率 %	破壊荷重 ton	強度 #/□''	龜裂荷重 ton	強度 #/□''	摘要
	幅	厚	長	斷面積						
1	4.0	2.19	4.00	14.0		3,584				燒過一等
2	"	"	"	"		1,344				二等
3	4 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{8}$	4 $\frac{1}{2}$		47.4	5,961				
4	4 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{7}{16}$	"		54.8	6,788				
5	"	2 $\frac{5}{16}$	4 $\frac{1}{8}$		53.0	6,764				
6	4 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{8}$	4 $\frac{1}{4}$		43.0	5,407				
最大						6,788				
最小						1,344				
平均						4,965				

第八表の六 東京煉瓦株式會社製品

番號	煉瓦寸法(吋)				吸水率 %	破壊荷重 ton	強度 #/□''	龜裂荷重 ton	強度 #/□''	摘要
	幅	厚	長	斷面積						
1	4 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{16}$	4 $\frac{3}{8}$		16.9	852				燒過一等

2	//	4 $\frac{3}{4}$	//	15.9	1,172	燒過二等 //三等甲 //三等乙
2	//	//	//	15.3	592	
4	4 $\frac{3}{4}$	4 $\frac{13}{16}$	4 $\frac{3}{4}$	17.3	644	
最大					1,172	
最小					592	
平均					815	

第九表

煉瓦抗張強度試驗成績表

東京集治監製造煉瓦

種別	乾燥時強度 #/□"	十八時浸水後強度 #/□"	摘要
撰燒過	276	268	供試體5個の平均
並上	146	129	
並中	135	137	
並下	155	133	

日本煉瓦製造株式會社製造煉瓦

種別	乾燥時強度 #/□"	十八時浸水後強度 #/□"	摘要
撰燒過一等	263	273	供試體5個の平均
並二等	178	213	
並三等	194	181	
並四等	166	174	

第十表

煉瓦抗張強度試驗成績表

番號	切斷面積 □"	強度 #/□"	摘要
1	6.11	316	小管集治監製造煉瓦
2	5.57	337	
3	5.57	365	
4	6.11	262	
5	5.66	241	
6	5.57	350	
7	5.57	237	
8	5.85	356	
9	6.11	256	
平均		303	

第十一表

煉瓦抗張強度試驗成績表

番號	強度 #/□"	摘要
1	206	日本煉瓦製造株式會社製品
2	189	
3	273	
4	204	
5	222	
平均	219	

## II. 煉瓦の抗張強度

煉瓦の抗張強度に關しては、震災豫防調査會報告に屢々記載されたるが其の内主なるものは、第九表乃至第十一表に示すが如し。

第九表は、工學博士田邊朔郎氏の下に吉見鎮之助、前澤初治兩氏の行ひたる試験成績にして、小管集治監製造煉瓦及び日本煉瓦製造株式會社製品に就て試験したるものなり、何れも最上級を除き毎平方吋 200 封度以下にして約 150 封度内外の強度たるを知る（同會報告第廿三號參照）

第十表は理學博士大森房吉氏の小管集治監製造煉瓦に就て試験されたる成績にして、毎平方吋 241 封度乃至 365 封度平均 303 封度を示す（同會報告第廿八號參照）

第十一表は工學博士佐野利器氏の日本煉瓦製造株式會社製品に付試験されたる成績にして、毎平方吋 189 封度乃至 273 封度平均 219 封度を示す（同會報告第七十四號參照）

## III. 煉瓦積の抗張強度

煉瓦積の抗張強度の大小は、使用煉瓦、膠泥及び煉瓦と膠泥との附着面の強度中其の最小なるものに依り定めらるゝものとす。

此の問題に關し、精細なる試験の行はれたるは、震災豫防調査會第二十三號所載の工學博士田邊朔郎氏の試験にして、小管集治監製造煉瓦、日本煉瓦製造株式會社製煉瓦を用ひ、多摩川産砂、淺野洋灰會社製セメントの各種配合に於て、煉瓦普通形狀の儘其の中央にて十字に接合し、保存状態、使用水量等各種の條件にて、材齡別に切斷試験せしものなり。

膠泥の配合及材齡別に依る強度は第十二表及び第十三表に示すが如く其の値尠く、配合 1:3 を以てするもの、材齡一箇年に於て 20 封度以下のもの多數を占む。

第十二表 煉瓦積抗張強度試験成績表（集治監製品）

膠泥 配合	煉瓦 種類	材 齡 (日)										摘 要
		7	14	21	28	35	42	60	90	182	365	
1:1	根燒適	23.0	42.6	52.4	57.3	*50.1	*61.5	*79.0	*80.4	*61.5	*72.7	40.4
	並 上	17.3	*33.8	*38.7	*51.5	*47.4	*50.0	*46.9	*41.1	*45.6	*32.2	*30.8
	並 中	15.7	*39.3	*38.7	*33.4	*44.4	*43.7	*40.6	*39.5	*29.8	*33.0	*26.2
	並 下	13.0	*34.9	*40.5	*28.2	32.0	*39.1	*33.4	*36.9	*3.24	*39.2	*33.7

1:2	撰焼過	24.3	33.7	29.4	43.7	28.3	26.0	43.6	47.9	35.4	*59.3	27.7
	並上	12.4	27.9	18.5	*38.3	23.5	26.0	18.6	*35.5	18.0	*28.6	23.3
	並中	11.3	16.9	14.0	17.7	19.0	*29.3	17.6	*29.6	16.5	*27.6	14.5
	並下	7.8	14.0	15.9	17.0	20.2	*26.5	17.9	*29.6	13.4	16.9	12.0
1:3	撰焼過	10.7	15.0	12.8	24.4	21.4	28.2	21.4	20.6	13.8	20.0	16.1
	並上	5.3	11.0	8.5	9.9	17.9	22.0	12.7	14.6	11.8	11.0	10.4
	並中	6.3	9.6	8.8	13.2	15.9	15.9	14.8	17.1	14.1	10.1	12.0
	並下	5.8	11.9	10.6	10.4	17.0	20.3	8.2	16.6	12.6	17.5	8.3
1:4	撰焼過	7.7	15.0	13.5	16.4	23.7	17.2	16.2	25.4	9.8	23.4	10.7
	並上	5.2	8.1	10.4	12.8	13.9	16.4	7.7	23.3	10.4	10.4	7.0
	並中	8.7	8.1	13.3	12.0	12.4	14.6	4.8	25.7	8.0	14.5	6.7
	並下	5.0	7.8	14.9	11.2	11.2	12.9	8.2	15.8	7.2	11.8	9.6



表中の數字は #/□' とし總て供試體 23 個の平均數とす  
煉瓦は充分飽水せしめ且洗滌し接合の厚さ 2 分 5 厘とす





第十三表 煉瓦積抗張強度試験成績表 (日本煉瓦製造株式會社製品)

配合	煉瓦種類	材 齡 (日)											摘 要
		7	14	21	28	35	42	60	90	182	365	720	
1:1	燒 過一等	28.4	36.9	45.6	57.6	62.1	56.9	55.1	56.2	32.8	*89.6	62.5	
	並二等	21.6	32.4	31.2	41.0	*62.4	4.94	*65.7	46.8	31.1	47.2	46.6	
	並三等	20.6	30.0	30.4	30.9	35.0	49.2	38.0	43.0	36.3	*56.9	46.1	
	並四等	18.8	29.9	40.3	43.1	42.7	*40.3	*48.5	55.9	36.7	*47.0	46.3	
1:2	燒 過一等	15.6	22.5	20.3	38.7	37.3	36.3	34.3	47.8	25.5	44.3	36.3	
	並二等	13.1	20.3	20.7	21.9	31.5	38.2	29.0	33.8	23.0	19.5	30.7	
	並三等	12.9	18.5	23.9	18.9	27.3	23.8	30.5	34.2	22.5	21.7	21.6	
	並四等	12.0	17.5	24.6	25.8	25.3	26.7	29.7	31.1	18.4	22.9	19.5	
1:3	燒 過一等	11.3	16.1	33.9	24.0	28.4	42.9	31.8	18.2	18.7	13.9	18.5	
	並二等	10.7	13.3	17.2	19.2	21.4	25.7	18.2	29.4	15.4	8.4	14.4	
	並三等	8.5	13.6	17.8	12.6	18.5	22.2	23.6	18.4	14.1	13.0	11.4	
	並四等	11.3	13.4	12.4	14.4	17.8	26.9	18.2	20.5	12.3	23.1	11.0	
1:4	燒 過一等	11.2	17.4	20.9	20.3	22.2	24.3	23.5	22.0	14.7	25.7	10.6	
	並二等	11.1	13.4	17.7	19.8	17.0	17.7	17.8	18.7	11.1	23.5	11.8	
	並三等	6.0	10.7	15.8	17.5	15.2	17.8	19.4	13.4	7.0	13.2	6.5	
	並四等	6.5	11.8	12.1	18.8	17.7	21.9	14.2	13.5	6.8	9.3	10.2	

表中の數字は #/□' とし總て供試體 22 個の平均數とす  
煉瓦は充分飽水せしめ且洗滌し接合の厚さを 2 分 5 厘とす

第十四表 煉瓦積抗張試験成績表 其の一









供試體の形状	斷面積 (□")	抗張力 (#/□")	摘 要
	9.38	最大 77.0 最小 38.2 平均 55.3	西曆千八百九十八年十二月十四日實驗
	9.4—10.3	最大 82.3 最小 35.8 平均 55.1	最初荷重を加へてより折斷の起るまでの時間 17 秒 實驗期日 同 上
	9.4—10.3	最大 64.1 最小 10.8 平均 69.3	最初荷重を加へてより折斷するまでの時間は 1 分 30 秒より 1 分 57 秒 千八百九十八年十二月十六日實驗
	7.56—8.25	最大 52.9 最小 24.4 平均 43.8	千八百九十八年十二月十四日實驗
	6.9—8.3	最大 71.6 最小 4.72 平均 58.8	荷重を加へてより折斷するまでの時間 52 秒より 1 分 24 秒 千八百九十八年十二月十六日實驗
	10.6	最大 88.7 最小 21.6 平均 53.3	荷重を加へてより折斷するまでの時間 9 秒 千八百九十八年十二月十四日實驗
	10.0—12.0	最大 63.2 最小 34.0 平均 51.2	荷重を加へてより折斷するまでの時間 44 秒 實驗期日 同 上
	10.0—13.0	最大 38.6 最小 32.4 平均 33.7	荷重を加へてより折斷するまでの時間 22 秒より 39 秒 實驗期日 同 上
	10.0—12.0	最大 61.6 最小 19.6 平均 41.3	荷重を加へてより折斷するまでの時間 9 秒より 1 分 34 秒 千八百九十八年十二月十六日實驗
	5.0	最大 101.0 最小 39.2 平均 64.2	實驗期日千八百九十八年十二月十四日
(A) 	9.69	最大 83.9 最小 43.5 平均 69.7	最初荷重を加へてより折斷するまでの時間 35 秒より 1 分 38 秒 材齡 387 日 目筋に於て分離す
(B) 	10.0	最大 169.5 最小 143.6 平均 156.6	最初荷重を加へてより折斷するまでの時間 0 秒より 2 分 15 秒 實驗期日千八百九十九年二月四日 煉瓦の最小斷面積にて破壊す








(C)		9.69	最大 153.4 最小 92.8 平均 124.1	最初荷重を加へてより折斷するまでの時間 1分 34秒~2分55秒 實驗期日千八百九十九年二月四日 最小斷面積の接續點で分離す
(D)		9.69	最大 149.6 最小 142.7 平均 146.2	荷重を加へてより折斷するまでの時間 1分37 秒 實驗期日千八百九十九年二月四日 煉瓦の最小斷面積にて破壊す
(E)		10.0-11.0	最大 127.7 最小 122.7 平均 125.2	荷重を加へてより折斷するまでの時間 1分31 秒~1分48秒 實驗期日千八百九十九年二月八日 煉瓦の最小斷面積にて破壊す
(F)		9.46-9.51	最大 51.3 最小 32.5 平均 41.9	實驗期日千八百九十九年二月二十六日 明かに目地にて分離す 2.95 Kg/cm <sup>2</sup>

第十四表

煉瓦積抗張試驗成績表

其の二

供試體の形状	斷面積 (cm <sup>2</sup> )	抗張力 (#/cm <sup>2</sup> )	摘 要
(G)		9.42-9.51	最大 36.7 最小 29.9 平均 33.3 實驗期日千八百九十九年二月二十六日 目地の處にて明かに分離す
		9.2-12.1	最大 69.6 最小 22.8 平均 44.5 實驗期日千八百九十九年二月二十一日 材齡 385 日 折斷の模様區々
		9.27-10.9	最大 61.6 最小 20.7 平均 43.1 實驗期日千八百九十九年二月二十一日 材齡 385 日 折斷の模様區々別々
		9.27-11.9	最大 57.5 最小 13.1 平均 34.4 實驗期日千八百九十九年二月二十六日 材齡 343 日 折斷の模様區々別々
		9.27-11.4	最大 55.5 最小 13.1 平均 34.1 實驗期日千八百九十九年二月二十六日 材齡 343 日 折斷の模様區々別々
		4.34-6.18	最大 34.6 最小 35.9 平均 57.9 實驗期日千八百九十九年三月十日 材齡 351 日 此の實驗にまつて荷重を漸次加へたるものなり
		8.90-10.4	最大 76.5 最小 33.0 平均 55.6 煉瓦を經て破壊す 煉瓦と膠灰を經て破壊す 供試體製作日千八百九十六年三月二十六日
		9.22-10.5	最大 77.4 最小 28.5 平均 42.2 煉瓦を經て破壊す 明かに目地の所にて分離す 供試體製作日千八百九十八年四月二日

	8.81-10.4	最大 70.2 最小 38.2 平均 49.9	煉瓦を経て破壊す 供試體製作日千八百九十八年三月三十一日
	7.42-10.6	最大 63.2 最小 17.0 平均 39.4	煉瓦を経て破壊す 目地の所にて明かに分離す 供試體製作日千八百九十八年三月三十一日
	4.74-6.50	最大 82.1 最小 13.2 平均 46.1	煉瓦を経て破壊す 千八百九十九年四月五日試験 同地の所にて試験 千八百九十九年三月八日試験 此の試験にまつて荷重を漸次加へたるものなり
	8.93-9.26	最大 153.0 最小 0 平均 100.6	目地の所にて分離す 定置する間に別々に落ちたり
	8.81-9.30	最大 152.0 最小 44.0 平均 100.4	一部は膠灰の所にて破壊し他の一部は目地にて破壊す 明かに目地にて分離す
	9.20-9.75	最大 209.0 最小 23.8 平均 123.9	目地にて分離して煉瓦面は全く抹消せらる 明かに目地にて分離す
	9.05-11.2	最大 233.0 最小 45.0 平均 131.9	膠灰を破て破壊す 目地にて破壊す

第十五表 煉瓦積抗張強度試験成績表

番 號	1	2	3	4	5	平 均	摘 要	
配 合	1:2	128	98	105	125	97	111	強度 #/sq"
	1:3	86	102	82	104	89	93	
	1:4	45	58	53	46	48	50	
	1:5	45	34	32	35	39	36	

田邊博士の成績は斯くの如く其の強度少なきも、震災豫防調査會報告第二十八號所載大森博士試験の成績及び同第七十四號所載の佐野博士試験の成績は、夫々第十四表及び第十五表に示す如く、膠泥の配合 1:3 に於て其の平均毎平方時に付、前者は 33 封度乃至 157 封度後者は 93 封度を示す。

實施煉瓦積中より供試體を採取して試験せるものは、明治廿七年六月に於ける東京大地震に際し倒潰せる附近煙突より採取せるもの、及び明治廿四年濃尾大地震に際し木曾川鐵橋、橋臺橋脚の破壊されたるものより採取せるものは其の一例なるが、前者は其の膠泥中に石灰を混じ且其の調合不完全、石灰の塊粒を混ざる

等現時の膠泥より見れば甚だ不良なるものなれど每平方時に付平均、膠泥部にて切斷せるもの、接合面にて分離せるもの、煉瓦中にて切斷せるもの等の別に於て、最小 35.66 封度、最大 71.66 封度なり（震災豫防調査會報告第五號参照）

後者は第十六表に示すが如く取付中離れたるものを除き每平方時に付 10 封度乃至 93 封度平均 62 封度を示す（震災豫防調査會報告第廿八號参照）

### 第十六表

明治二十四年濃尾大震の爲めに破壊せられたる木曾川橋臺及び  
橋脚煉瓦の抗張強度試験成績表

試験に用ひたる煉瓦片を取りたる箇所	強度(封度)	記 事
第六ヒール	10.3	
第五ヒール	43.0	
同 上	59.0	半ば煉瓦を通して破壊す
第八ヒール	57.6	
第七ヒール・アーチ	141.0	接合面より破壊す
第五ヒール・ウェル上	83.0	煉瓦より破壊す
同 上 中段北側	65.0	接合面より離る
同 上 アーチ北側	163.0	一部煉瓦を通して破壊す
第三ヒール中段南側	0	取附中離る
第二ヒール・アーチ南側	0	同 上
第一ヒール・アーチ南側	—	一平方時に付き63封度に及びても破壊せず
南橋臺ベッド・ストーン下北即	36.0	接合面より綺麗に離る
第二ヒール中段北側	26.0	煉瓦を通して破壊す
同上 アーチ北側	81.0	接合面より綺麗に離る
第二ヒール中段南側	41.0	同 上
南橋臺ベッド・ストーン下南内部	49.0	同 上
第一ヒール中段北側	41.0	同 上
同 上 アーチ北側	93.0	一部煉瓦より一部は膠泥より破壊す
第三ヒール・ベッド・ストーン北下側	63.0	接合面より綺麗に離る
同 上 南側	60.0	同 上
同 上 アーチ北側	54.0	全部煉瓦を通して破壊す
第二ヒール根本北側	12.0	接合面にて破壊す
同 上南側	0	取附中離る
南橋臺中段北側	51.0	接合面より綺麗に離る
第三ヒール中段北側	93.0	全部煉瓦を通して破壊す
第一ヒール根本南側	51.0	接合面より綺麗に離る
第三ヒール・アーチ南側	62.0	同 上
平 均	62.4	



上述の試験は何れも目地に直角なる方向に張力を與へたる試験なるが目筋に平行なる方向に張力を與へたるものは其の値を異にすべし、此の問題に關し、佐野博士の壘積抗張強度と稱し、震災豫防調査會報告第七十四號に發表されたる記述を見るに、煉瓦積が目地に平行なる方向に張力を受けたる場合の弱點は、縦目地及び煉瓦中を通ずるもの、及び縦目地及び横目地を通ずる鋸齒状のものとの二線に存し前者は、上記の抗張強度及び煉瓦の抗張強度の平均を以て其の強度とすべく後者は

$$\text{積疊抗張強度} = \text{接合抗張強度} + \frac{\text{重なるの長}}{\text{一段の高}} \times \text{接合抗剪強度}$$

なりとせり。

煉瓦積を彎曲せしめて其の抗張強度を検せる試験は、内務省利根川改修工事中横利根閘門の使用煉瓦に對して行はれたるが、煉瓦桁として甚だ興味ある問題なり。

煉瓦は、日本煉瓦製造株式會社製品及び大阪窯業株式會社、八王子工場製品、大阪貝塚工場製品を用ゐ、砂は茨城櫻川産を用ゐ、膠泥の配合を 1:3 とし、煉瓦二枚を其の小口に於て接合し、材齡約 7 週乃至 8 週にて供試體を平に架し、中央に載荷し、破壊せしめしものなり。

第十七表 日本煉瓦製造株式會社製品 其の一

番號	煉瓦寸法 (吋)			材齡 (日)	荷重 (封度)	左端より破 壞箇所迄の 距離 (吋)	破壊断面状態の割合			6×彎曲率 bh <sup>2</sup> (#)	摘要
	幅 (b)	厚 (h)	斷面積				接合面	煉瓦面	膠泥中		
25	4.0	2.2	8.8	48		8.7	1.0				
26	4.1	2.2	9.02	"	249.50	7.8	.8	.2		294	
27	4.1	2.25	9.225	"		8.7	1.0				
28	4.1	2.2	9.02	"	208.53	7.8	.9	.1		246	
29	4.1	2.25	9.225	"	244.37	8.25	.9	.1		273	
30	4.1	2.2	9.02	"	205.68	7.75	.9	.1		242	
31	4.1	2.25	9.225	"	254.46	8.00	.8	.2		294	
32	4.1	2.2	9.02	"	257.77	7.8	.9	.1		304	
33	4.1	2.3	9.43	"	231.72	8.25	.84	.16		249	
34	4.1	2.2	9.02	"	266.03	8.2	1.0			370	
35	4.15	2.2	9.13	"	297.86	7.75	.7	.3		325	
36	4.15	2.2	9.13	"	259.43	7.9	.7	.3		306	



第十七表 大阪窯業株式會社製品 (大阪貝塚工場) 其の二

番號	煉瓦寸法 (吋)			材 齡 (日)	荷 重 (封度)	左端より破 壞箇所迄の 距離 (吋)	破壊断面状態の割合			6×彎曲率 bh <sup>2</sup> (#)	摘要
	幅 (b)	厚 (h)	斷面積				接合面	煉瓦面	膠泥中		
75	4.2	2.3	9.66	49	266.86	7.85	.80		.2	283	
76	4.2	2.3	9.66	"	223.87	7.76	.75		.25	235	
77	4.15	2.2	9.13	"	313.90	7.75	.97		.03	363	
78	4.3	2.27	9.761	"	289.59	7.76	.89		.11	305	
79	4.15	2.25	9.3375	"	359.86	7.75	.93		.07	399	
80	4.2	2.4	10.08	"	247.60	8.00	.60		.4	246	
81	4.27	2.3	9.821	"	291.16	7.75	.90		.1	255	
82	4.3	2.27	9.761	"	208.58	7.80	.80		.2	220	
83	4.17	2.37	9.8829	"	213.64	7.75	1.0		0	212	
84	4.17	2.37	9.8829	50	300.92	7.91	.20		.8	320	
平均										283.8	

第十七表 大阪窯業株式會社製品 (東京八王子工場) 其の三

番號	煉瓦寸法 (吋)			材 齡 (日)	荷 重 (封度)	左端より破 壞箇所迄の 距離 (吋)	破壊断面状態の割合			6×彎曲率 bh <sup>2</sup> (#)	摘要
	幅 (b)	厚 (h)	斷面積				接合面	煉瓦面	膠泥中		
85	4.26	2.37	10.0962	50	291.41	7.75	.75	.25		283	
86	4.21	2.37	9.9777	"	327.21	7.50	1.00	0		312	
87	4.10	2.20	9.02	"	400.54	7.70	.4	.6		464	
88	4.30	2.30	9.89	"	246.60	7.80	.9	0	.1	255	
89	4.05	2.30	9.315	"	237.92	7.75	.5	.5		258	
90	4.20	2.30	9.66	"	298.69	7.65	.3	.6	.1	306	
91	4.15	2.35	9.7525	"	242.06	8.00	.4	.35	.25	253	
92	4.15	2.35	9.7525	"	292.90	7.70	.95	.05		295	
93	4.30	2.40	10.32	"	276.37	8.30	.2	.8		257	
94	4.20	2.30	9.66	"	223.46	7.80	.5	.5		235	
95	4.15	2.30	9.43	37	235.03	8.20	1.0	0		234	
96	4.10	2.25	9.225	"	270.53	7.40	.95	.05		298	
97	4.10	3.30	9.43	"	263.97	8.20	1.0			285	
98	4.05	2.30	9.315	"	193.70	7.80	1.0			212	
99	4.0	2.25	9.00	"	208.58	8.20	1.0			242	
100	4.0	2.20	8.80	"	130.88	7.80	1.0			219	
101	4.10	2.20	9.02	"	131.71	8.25	1.0			213	
102	4.10	2.15	8.815	"	134.60	7.70	1.0			225	
103	4.10	2.20	9.02	"	202.79	8.25	1.0			283	
104	4.0	2.15	8.60	"	227.43	7.70	1.0			284	

105	4.15	2.30	9.545	"	219.74	7.70	.9			232
106	4.05	2.25	9.1125	40	198.66	7.75	1.0			225
107	4.10	2.15	8.815	"	225.11	8.25	.9			288
108	4.05	2.15	8.7075	"	141.61	7.75	1.0			176
109	4.0	2.30	9.20	"	189.15	8.25	.7			208
110	4.15	2.20	9.13	"	135.00	7.70	1.0			155
111	4.2	2.2	9.24	"	146.57	7.8	1			160
112	4.1	2.1	8.61	"	171.37	7.75	1			127
113	4.05	2.2	8.91	"	160.63	7.7	1			189
114	4.0	2.15	8.60	"	241.64	8.25	1			304
115	4.15	2.2	9.13	"	216.84	7.7	1			250
116	4.05	2.2	8.91	"	204.86	8.25	1			243
117	4.1	2.15	8.815	"	180.06	7.65	1			194
118	4.1	2.15	8.815	"	187.91	7.65	1			231
119	4.1	2.15	8.815	"	164.76	7.75	.93		.2	170
120	4.1	2.25	9.225	"	170.13	7.75	.99		.1	196
121	4.0	2.25	9.000	"	194.11	7.75	.99		.1	223
122	4.2	2.30	9.66	"	212.30	7.75	.97		.3	222
123	4.1	2.20	9.025	"	145.33	7.65	1			167
124	4.05	2.25	9.1125	"	138.31	7.75	1			156
125	3.95	2.20	8.69	"	250.74	7.75	1			305
126	4.15	2.25	9.337	"	150.46	7.75	1			166
127	4.15	2.25	9.3375	"	180.67	7.75	1			199
128	4.0	2.20	8.80	"	187.91	7.7	1			224
129	4.2	2.20	9.24	"	167.82	7.75	1			192
130	4.1	2.20	9.02	"	222.63	7.80	.98		.02	258
131	4.1	2.20	9.02	"	229.24	7.70	.97		.03	266
132	4.2	2.25	9.33	"	168.07	7.75	1			184
133	4.15	2.30	9.545	"	159.80	7.75	1			169
134	4.25	2.30	9.775	"	170.96	7.75	.97	.01	.02	177
135	4.15	2.20	9.13	"	193.69	7.80	.98		.02	226
136	4.05	2.20	8.91	"	175.51	7.80	1			208
137	4.	2.3	9.20	"	179.23	8.2	1			198
138	4.	2.2	8.80	"	125.91	7.75	1			151
139	4.	2.25	9.00	"	112.27	8.2	1			129
140	4.	2.25	9.00	39	317.70	7.7	.9		.1	363
141	4.15	2.25	9.3375	"	249.50	8.0	.75		.25	284
142	4.1	2.25	9.225	"	239.19	7.9	1			269
143	3.9	2.25	8.775	"	292.90	7.75	.96		.04	344
144	4.0	2.3	9.200	"	246.60	8.75	.97		.03	254
145	4.05	2.15	8.7075	"	152.77	.78	.9		.1	175

番號	煉瓦寸法 (吋)			材 齡 (日)	荷 重 (封度)	左端より破 壞箇所迄の 距離 (吋)	破壊断面状態の割合			6×彎曲率 bh <sup>2</sup> (#)	摘要
	幅 (b)	厚 (h)	斷面積				接合面	煉瓦面	膠泥中		
146											
147	4.15	2.2	9.13	39	94.49	7.70	1			108	
148	4.1	2.2	9.02	"	329.37	8.00	.7		.3	277	
149	4.15	2.3	9.545	"	198.24	8.30	.98	.01	.01	227	
150	3.9	2.35	9.165	"	37.20	8.25	1			45	
151	4.15	2.3	9.545	"	184.77	8.30	1			195	
152	4.0	2.3	9.20	"	157.57	8.30	1			172	
153	4.0	2.2	8.80	"	225.94	7.65	1			268	
154	3.9	2.35	8.775	"	293.31	7.70	.7		.3	341	
平均										2300	

其の強度、破壊の状態は第十七表に示すが如く、毎平方吋に付日本煉瓦 139 封度乃至 386 封度平均 277.72 封度、八王子煉瓦 45 封度乃至 363 封度平均 230.0 封度、貝塚煉瓦 399 封度乃至 212 封度平均 283.8 封度を示し、破壊面何れも接合面を主とし、一部膠泥中にて破壊するものあれど一部煉瓦中に入るもの甚だ尠し。

#### IV. 煉瓦積の抗剪強度。

煉瓦積の抗剪強度に關する試験は甚だ少なく、僅かに佐野博士の震災豫防調査會報告第七十四號に報告されたる接合抗剪強度試験を見るのみ。

同試験は目地を 0.3 吋とし、目地部にて剪斷さるゝ様載荷せるものにして、材齡 1 箇年に於ける成績は第十七表に見るが如く、膠泥の配合に依りて其の強度を異にし。

$$\text{抗剪強度 } [\#/ \square'] = 630 \#/ \square'' - 150 \times \frac{\text{砂容積}}{\text{セメント容積}} \text{ にて表はさる。}$$

#### V. 煉瓦積の彈性率。

從來煉瓦積の彈性率を直接必要とする場合少なく、此の試験に關せる我が國に於ける實驗は僅かに大森博士が水平振子の應用として、煉瓦桁の撓度より推定せられたるを見るのみなり。

同記録は、著者は同博士より惠與せられたる、獨逸にて出版されたりと云ふ、「應用地震學に就て」に詳述せられたるものにして、一部震災豫防調査會、英文報告中に記載されたるも、一般に公表なかるべきを以て、茲に其の方法等を略述せ

んに、供試體は其の断面煉瓦二枚より成り、長さ2米、材齡1箇年以上のものを用ゐ、寫眞第四に見るが如く装置し（寫眞に於ては水平振子1個のみを示せど實際は2個なり）中央に載荷し、兩端に於て桁の傾斜を測定し次式により Young's modulus  $E$  を測定せるものなり。

$$E = \frac{3l^3}{64a^4} \times \frac{W}{\delta}$$

但  $l$  = 徑間                       $2a$  = 桁の幅及び高  
 $W$  = 荷重                       $\delta$  = 兩端の傾き (circular measure)

例へば

No. 47. 桁 (八王子煉瓦並上、膠泥配合 1:2,  $l=184.3$  cm  $a=11.25$  cm)

に就て見るに、其の成績は (四回の平均)

荷重 (kg.)	2.36	4.76	11.65	16.54
讀數 (m.m)	9.9	21.6	54.7	79.9
傾斜角 ( $\theta$ )	1."41	3."07	7."78	11."36

の如く、最後の結果に對し上式を適應するに  $E=2.925 \times 10^{10}$  [in c.g.s. unit] となり、撓度が約直線的に増加するを見る、然して、煉瓦柱振動の實驗と、本實驗値を Lord Rayleigh 氏の公式に適應せる結果とを比較するに約近似せるが如し。

本試験を種々の煉瓦桁に適應し、以上の如き算法により求められたる結果は  $E$  最大約  $644,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 、最小約  $182,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  なり。

$E$  の測定に關し直接行ひたる試験は、上記の外見ざるも、他の實驗より  $E$  の値を推定せるものに工學博士物部長穗氏が煉瓦積の振動より其の彈性率を推定されたるものあり。

該論説は、土木學會誌第五卷第三號に所載のものなるが、其の結果を見るに、震災豫防調査會報告第二十八號所載の煉瓦柱より推算せるものは  $E$  の値  $2.27 \times 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  乃至  $1.10 \times 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  平均  $1.50 \times 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  を示し Bulletin of the Imperial Earthquake Investigation Committee Vol. 2 No. 3 所載のものよりの推算は

配 合 (セメント:石灰:砂)	1:0:0	1:0:1	1:0:2	1:0:3	0:4:6
彈性率 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	$14.8 \times 10^5$	$19.0 \times 10^5$	$14.8 \times 10^5$	$17.0 \times 10^5$	$57-1.72 \times 10^5$

を示し、Publication of the Earthquake Investigation Committee No. 12. page 30.

所載のものよりの推算は  $1.94 \times 10^{10} \text{#/cm}^2$   $2.91 \times 10^{10} \text{#/cm}^2$  及び  $3.04 \times 10^{10} \text{#/cm}^2$  を示す。

同博士は、物體の振動を推算するに使用すべき、煉瓦積の  $E$  として、施行の程度を參酌し。

- |                 |                                    |
|-----------------|------------------------------------|
| 1. 粗悪なる材料及施行に對し | $2.0 \times 10^{10} \text{#/cm}^2$ |
| 2. 並煉瓦、中等施行に對し  | $3.0 \times 10^{10} \text{#/cm}^2$ |
| 3. 上煉瓦、上等施行に對し  | $7.0 \times 10^{10} \text{#/cm}^2$ |

を採るべきを説かれたり。

我が國に於ては斯の如く、煉瓦積の彈性率に關し其の試験少なきが、外國に就て見るも甚だ少なく、Österr. Gewerbe-Ausschuss に於け  $27,800 \text{kg/cm}^2$  の試験値は僅かに其の一例にして、鐵筋を併用する場合計算に使用すべき彈性率の比に對する規定に於ても、或は 15 とし 25 とする等なり。即ち

Runderlass, betreffend baupolizeiliche Behandlung ebener massiver  
Decken bei Hochbauten.

Berlin, den. 21, Januar 1909.

Die Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten vom 24. Mai 1907 finden auf ebene Decken aus Ziegelstein mit Eiseneinlagen singemässe Anwendung sofern die statischen Verhältnisse, namentlich die Form und Lage der Eisenstäbe, den voraussetzungen entsprechen, die den genannten II und III Abschnitt zugrunde liegen. *Das Elastizitätsmass des Ziegelkörpers kann dabei zum fünf und zwanzigsten Teile von dem des Eisens angenommen werden. ( $n=25$ ).*

(Aus "Die Leitsätze für Eisenbetonbauten.")

Runderlass des preuss. Staatskommissars für das  
Wohnungswesen vom 23. November, 1918.

Die Eisenbetonbestimmung vom 13 Januar 1916 finden auf ebene Decken aus Ziegelstein mit Eiseneinlagen singemäss Anlage der Eisenstäbe, den Voraussetzungen entsprechen, die diesen Bestimmungen zugrunde liegen.

*Das Elastizitätsmass des Ziegelkörpers ist dabei zum fünfzehnten Teil des Eisens anzunehmen ( $n=15$ ).*

(Aus "Beton-Kalender, 1923")

と稱せるが如く、尙確定せる所説なきが如し。

### 第三章 鐵筋煉瓦桁の性質と其の理論

#### 第一節 中軸線の位置

桁が彎曲さるゝ場合には、其の上部は壓縮され、下部は伸長さるゝものなれば必ず其の中間に、何等伸縮されざる部分あるを想像し得べし、桁に直角なる斷面に於て、其の想像線の中軸線と稱す。

中軸線の位置を測定せんに、直接變化なき部分を求むるは困難なるを以て伸縮を受けたる部分に就て其の量を測定し、一定の假定の下に其の位置を推定せざるべからず、著者は次の假定をなさんとす。

I. 矩形桁に於て、中軸線は水平なる直線なり。

II. 桁の斷面は變形の前後に於て、同一平面状態を保存す。

假定 I. に對し、實驗上其の正否を確むるは、殆んど不可能なる事に屬すれど、假定 II. に對しては、鐵筋混凝土桁に於て Dr.-Ing. Richard Müuer 氏が施せる實驗の成績其他を參考するに、荷重の相當大なる場合には、多少の誤差の存すべきを推察し得べし。

然れ共、其の試験甚だ手数を要すべきと、其の誤差大ならざるべきとの爲め、此の假定を採用せり。

本假定は既に鐵筋混凝土學に於ても、鐵筋混凝土桁の中軸線位置推定に採用されたるものにして、獨逸に於ける Dr. E. Mörsch 氏、Baeh 氏、米國に於ける A. L. Talbot 氏等の諸大家何れも本假定に據り、又現今普通使用さるゝ設計上の算法も總て此の假定に立脚せるものなり。

本假定に據る時は、伸縮何れも、中軸線に向つて直線的に漸減すべきを以て、桁上端の壓縮を  $\varepsilon_c$  とし、鐵筋挿入位置に於ける伸長を  $\varepsilon_t$  とし桁上端より鐵筋挿入位置迄の距離を  $h$  とする時、桁上端より中軸線迄の距離  $\eta$  は

$$\eta : \varepsilon = h - \eta : \varepsilon_t$$

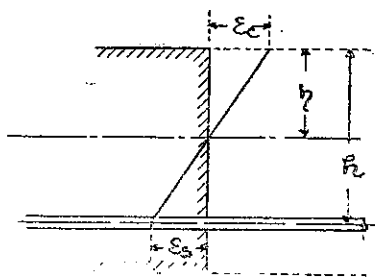
なるにより、

$$\eta = \alpha h \quad \alpha = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_t} \dots \dots \dots (I)$$

を得べし。



これを圖式によりて求むる時は第九圖に示すが如く、 $\varepsilon_t$  及び  $\varepsilon_c$  の値を桁の垂直断面線の左右に採り、其の末端を結ぶ時、其の線と断面線との支點は中軸線の位置なり。



第九圖

第二章、第四節、II に於ける  $\varepsilon_t, \varepsilon_c$  の測定値 (第二表) を本式に適應せんとするに、同表は、載荷後の伸縮量なるを以て、實際の伸縮量は、

これに桁自重、其他設備の荷重による伸縮量を加へたるものならざるべからず。

桁及び設備の自重に依る伸縮量は、第二表の結果より推定すべきが、第一表より見るに、大體伸縮量  $\varepsilon$  は 彎曲率  $M$  の  $m$  次に比例すべきを推察し得べきを以て

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_t &= K_t M^{m_t} \dots (\text{伸長に對し}) \\ \varepsilon_c &= K_c M^{m_c} \dots (\text{同上}) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

と假定し、第二表より、最小自乘法により、 $K$  及び  $m$  の値を求め、桁及び設備に依る伸縮量を推算せんとす、何れも

(2) 式を變形し

$$\log \varepsilon = \log K + m \log M$$

の形となし、最小自乘法を適應するとき

$$\log K = \frac{\sum \log M \cdot \sum (\log M \times \log \varepsilon) - \sum \log \varepsilon \cdot \sum (\log M)^2}{(\sum \log M)^2 - n \sum (\log M)^2} \dots (3)$$

$$\log \varepsilon = \frac{\sum \log M \cdot \sum \log \varepsilon - n \sum \log M \cdot \sum \log \varepsilon}{(\sum \log M)^2 - n \sum (\log M)^2} \dots \dots \dots (4)$$

を得べし。

最小自乘法を適應すべき荷重の區間は成る可く荷重の小なる部分を探らざるべからざれど、其の數少るとき誤差多きを以て、最初5個の價を探り (3) 及び (4) 式より、(2) 式の  $K$  及び  $m$  を求め、(2) 式により、自重及設備の荷重による、伸長を求むる事とせり。

各桁に對する  $K_t, m_t$  及び  $K_c, m_c$  の値は次の如し。

桁番號	$\log_{10} K_t$	$m_t$	$\log_{10} K_c$	$m_c$
5	-8.7149	1.601	-7.8966	1.385
7	-9.1541	1.686	-8.4532	1.441
10	-8.4409	1.264	-7.7883	1.221
11	-7.0275	1.034	-7.2671	1.001
12	-8.3268	1.537	-7.9174	1.324
14	-9.5109	1.783	-7.9739	1.337
15	-8.4766	1.434	-8.5844	1.481
16	-9.7449	1.768	-8.5130	1.453

此の値を用ゐ、(2) 式より、自重及設備の荷重による伸縮を求むるときは次の如し

桁番號	自重及設備の荷重に依る		
	彎曲率 (in. lb)	$\epsilon_c$ ( $\times 10,000$ )	$\epsilon_t$ ( $\times 10,00$ )
5	1,025.0	1.1	1.3
7	1,029.0	0.8	0.9
10	1,019.0	0.8	0.5
11	1,002.0	1.1	1.2
12	781.0	0.8	0.5
14	785.0	0.8	0.5
15	1,044.0	0.8	0.7
16	814.0	0.5	0.3

第二表の値に此の値を加算するときには全伸縮量を示すものにして、其の値第十八表に示すが如し。

依つて此の値を (1) 式に適應する時は、第十九表に示す値を得、圖式による時は第二圖表に示すが如く夫々中軸線の位置を得、(左方に示すは後述計算より求めたる中軸線の位置にして、其の對照に資す)

此の結果より見るに、中軸線の位置は桁中心より、遙かに上方にありて、普通煉瓦桁と全く異りたる性質を有すべきを知るべし、又其の位置荷重の變化に伴ひ、變化するを見るを以て、其の性質一定せず、即ち荷重に對する變形量は、煉瓦積が壓力に對する場合のものと、鐵筋が張力に對するもの (及び或は煉瓦積が張力に對するもの) とは一定の比にあらざるを知る。

然るに鋼材は彈性限度内に於ては、殆んど Hook's Law に従ふものなれば、煉瓦積が Hook's Law に従はざるものなるを推知すべし。





## 第二節 應力分布の状態

桁内部に於ける應力分布の状態は、實驗的には勿論、理論上よりの推定を以てする場合も、其の實狀を適確に知るは、甚だ困難なる問題にして、從來、木材、鐵材等の簡單なる材料を以てする桁に於ても、假定を用ゐる仄かに其の状態を推定するに止まれり、鐵筋煉瓦桁に於ても亦同様の徹に依り、假定に立脚せざるべからざるは著者の遺憾とする所なれ共、止むを得ざる事なるべし。

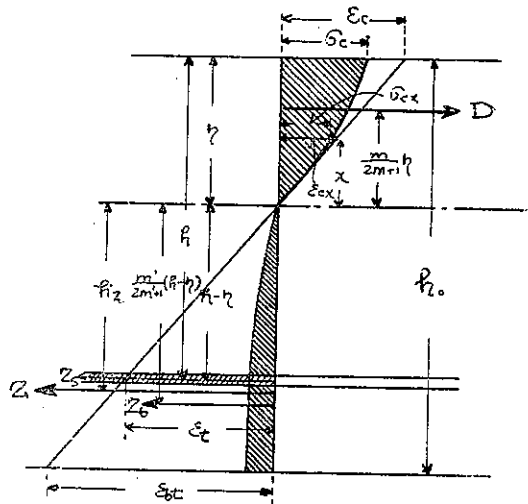
吾人は先づ次の事實を首肯し得べし。

- A. 桁が彎曲されたる場合、其の中軸線以上の纖維層は壓力を受け、以下の纖維層は張力を受く。
- B. 鐵筋の應力は、其の變形に正比例す。
- C. 煉瓦積の應力は、其の變形の増減に従つて、一定の關係の下に増減す。

然して、これに、中軸線位置推定の場合に於ける、I. II の假定を加ふるとき應力分布の状態は、大體第十圖に示すが如き状態にあるを推知すべし。

即ち結局問題とするは、C 項に於ける煉瓦積の應力と變形との關係が如何なる状態にあるべきやに存す。

一般に、Rectangular co-ordinate に表示されたる曲線に於て、其の兩軸の値が相俱に増減する曲線の一部は、 $m$  次の Parabola を以て、其の常數及び  $m$  を増減する事に依り、近似し得らるべし、然して煉瓦積と變形との關係は、相俱に増減する性質を有するにより、 $m$  次の Parabola を以て近似せしむる時は、其の誤差僅少なるべし。



第十圖

今、幅  $b$ 、高  $h$ 、挿入鐵筋斷面  $a$ 、なる桁に於て、 $\sigma_{max}$  を夫々中軸線より任意の距離  $x$  なる箇所に於ける、煉瓦積の單位應壓力、及び煉瓦積の壓縮率と

し、 $\sigma_{cx}$ 、 $\varepsilon_c$  を夫々上端維應力及び上端の壓縮率とし、桁上端より中軸線迄の距離を  $\eta$  とする時、 $\sigma_{cx}$  と  $\varepsilon_{cx}$  との關係を  $m$  次の Parabola として次の如く假定す。

$$\sigma_{cx}^m = e_0 \varepsilon_{cx} \quad \text{但し } e_0 \text{ は常數、}$$

然るに、前記第一節 II の假定により、

$$\varepsilon_{cx} = \frac{\varepsilon_c}{\eta} x$$

なるにより、

$$\varepsilon_{cx}^m = e_0 \frac{\varepsilon_c}{\eta} x \dots\dots\dots (5)$$

なり、依つて應壓力の總和  $D_b$  を求むる時は、

$$\begin{aligned} D_b &= b \int_0^\eta \sigma_{cx} dx \\ &= b \sqrt[m]{e_0 \frac{\varepsilon_c}{\eta}} \int_0^\eta \sqrt[m]{x} dx \end{aligned}$$

$$\therefore D_b = b \frac{m}{m+1} \sqrt[m]{e_0 \varepsilon_c \eta} \dots\dots\dots (6)$$

なり。

煉瓦積の應壓力の總和  $Z_b$  も（鐵筋の面積を煉瓦積と見做す時） $D_b$  と同様の方法に依り、 $m$  に對し  $m'$ 、 $e_0$  に對し  $e_0'$  を採り、桁下端の壓縮率を  $\varepsilon_{bt}$  とすれば

$$Z_b = \frac{m'}{m'+1} \frac{b}{\sqrt[m']{e_0' \varepsilon_{bt}}} (h_0 - \eta) \dots\dots\dots (7)$$

を得、又鐵筋の應張力  $Z_s$  は、其の伸長量を  $\varepsilon_s$ 、彈性率を  $E_s$  とする時、

$$Z_s = a_s E_s \varepsilon_s \dots\dots\dots (8)$$

なるを以て、應張側全體の應張力の總和  $Z$  は

$$Z = a_s E_s \varepsilon_s + b \frac{m'}{m'+1} \sqrt[m']{e_0' \varepsilon_{bt}} (h_0 - \eta) \dots\dots\dots (9)$$

なるを知る。

今桁に於て  $D_b$  及び  $Z$  に依る偶力（抵抗力率）は、 $D_b$  の著力點に於ける  $Z$  の力率なるを以て、此の値を求めんに、 $D_b$  の著力點より中軸線迄の距離は

$$\frac{\int_0^\eta \sigma_{cx} x dx}{\int_0^\eta \sigma_{cx} dx} = \frac{m+1}{2m+1} \eta \dots \dots \dots (10)$$

にして、同様に、 $Z_b$  の着力点より中軸線迄の距離は  $\frac{m'+1}{2m'+1} (h_0 - \eta)$  なるにより、 $Z_s$  の着力点の桁上端迄の距離を  $h$  とする時、 $Z_s$  及び  $Z_b$  の腕長は夫々、 $\left[ h - \frac{m}{2m+1} \eta \right]$  及び  $\left[ \frac{m+1}{2m+1} \eta + \frac{m'+1}{2m'+1} (h_0 - \eta) \right]$  となり、抵抗力率の値  $\mathfrak{R}$  は次式より表はさるべし。

$$\begin{aligned} \mathfrak{R} &= Z_s \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) + Z_b \left[ \frac{m+1}{2m+1} \eta + \frac{m'+1}{2m'+1} (h_0 - \eta) \right] \\ &= (Z_s + Z_b) \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) + Z_b \left[ \frac{m'+1}{2m'+1} h_0 + \frac{m'}{2m'+1} \eta - h \right] \dots \dots \dots (11) \end{aligned}$$

然るに  $Z = (Z_s + Z_b) = D_b$  ならば

$$\mathfrak{R} = D_b \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) + Z_b \left[ \frac{m'+1}{2m'+1} h_0 + \frac{m'}{2m'+1} \eta - h \right] \dots \dots \dots (12)$$

なり、(12) 式に於て、煉瓦積の應張力を無視する時、第二項は除外され、

$$\begin{aligned} w &= D \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) \\ &= \frac{m}{m+1} b \sqrt[3]{e_b \varepsilon_c} \eta \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) \dots \dots \dots (13) \end{aligned}$$

$$\text{or} \quad = \frac{m}{m+1} b \sigma_c \eta \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) \dots \dots \dots (14)$$

となる。

今、自重及び荷重により、桁が  $M$  なる彎曲率を受けたる時、桁内部に生じたる抵抗力率  $w$  は  $M$  と其の値相等しかるべきに依り、

$$M = \frac{m}{m+1} b \eta \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) \sqrt[3]{e_b \varepsilon_c} \eta \dots \dots \dots (15)$$

なるべし、今試験成績より  $M$ ,  $\varepsilon_c$ ,  $\eta$ , を求め、本式に適應する時、未和數  $m$  及び  $e_b$  を求め得べし。

未知數 2 個に對し、數式を有すべきを以て最小自乘法に依るべきが、其の形複雑なるを以て、特殊の便法を用ゐざるべからず。

(15) 式に於て、

$$\frac{1}{m} = p, \quad \eta = \alpha h, \quad bh^2 = c$$

と置く時、該式は

$$M = \frac{c}{1+p} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) (e_b \varepsilon_c)^p \dots\dots\dots (16)$$

となる。

第一法、最小自乗法の原理により、一定  $p$  及び  $e_b$  に對し、各試験値を適應したるとき、其の誤差  $\Delta$  の二乗の和が最小ならしむべき、 $p$  及び  $e_b$  を求む。

$$\Delta = M - \frac{c}{1+p} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) (e_b \varepsilon_c)^p \dots\dots\dots (17)$$

に於て、

$$\frac{\partial \Sigma \Delta^2}{\partial e_b} = 2 \Sigma \Delta \times \Sigma \frac{1}{p} \frac{c}{1+p} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) \varepsilon_c^p e_b^{p-1} \dots\dots\dots (18)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Sigma \Delta^2}{\partial p} = 2 \Delta \Sigma \times & \left[ \Sigma \frac{c}{1+p^2} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) (e_b \varepsilon_c)^p - \frac{c}{1+p} \alpha^2 \frac{1}{(2+p)^2} (e_b \varepsilon_c)^p \right. \\ & \left. - \frac{c}{1+p} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) (e_b \varepsilon_c)^p \log e(e_b \varepsilon_c) \right] \dots\dots\dots (19) \end{aligned}$$

の兩式は零ならざるべからざるを以て、

(18) 式に於て

$$2 \times \Sigma \frac{1}{p} \cdot \frac{c}{1+p} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) \varepsilon_c^p e_b^{p-1} \neq 0 \text{ なるにより}$$

$\Sigma \Delta = 0$  即ち

$$e_b^p = \frac{1+p}{c} \cdot \frac{\Sigma M}{\Sigma \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) \varepsilon_c^p} \dots\dots\dots (20)$$

(19) 式より

$$\begin{aligned} \Sigma \frac{c}{1+p} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) (e_b \varepsilon_c)^p - \frac{c}{1+p} \alpha^2 \frac{1}{(2+p)^2} (e_b \varepsilon_c)^p \\ - \frac{c}{1+p} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) (e_b \varepsilon_c)^p \log e(e_b \varepsilon_c) = 0 \dots\dots\dots (21) \end{aligned}$$

を得、(21) 式に (20) 式を代入するときは未知数は  $p$  のみとなり、

$$\begin{aligned} f(p) = \frac{1}{1+p} - \frac{1}{2(2+p)^2} \cdot \frac{\Sigma \alpha^2 \varepsilon_c^p}{\Sigma \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) \varepsilon_c^p} - \frac{\Sigma \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) \varepsilon_c^p \log e \varepsilon_c}{\Sigma \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) \varepsilon_c^p} \\ - \Sigma \log e \frac{1+p}{c} \cdot \frac{\Sigma M}{\Sigma \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) \varepsilon_c^p} = 0 \dots\dots\dots (22) \end{aligned}$$



を得、(22) 式は其の儘にては解き得ざるを以て、近似値  $p_1$  を與へ、Newton の近似法により、實根を  $p$  誤差を  $\Delta p$  とする時、

$$p = p_1 + \Delta p_1$$

となり  $\Delta p_1$  は

$$\Delta p_1 = \frac{-f(p_1)}{f'(p_1)} \dots\dots\dots (23)$$

として求め得、

$p$  を求めたる時  $e_0$  は (20) 式にて求む

第二法、最初に Newton の近似法を用ひる數式を簡單になし、最小自乘法を適應せんとす。(本法は Friedrich Kohrausch 氏も實驗物理學上採用せり)

即ち (16) 式

$$M = f(p, e_0) = \frac{c}{1+p} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p}\right) (e_0 e_0)^p$$

に於て  $p$  及び  $e_0$  を正規の値とし、 $p_1, e_{01}$  を其の近似値とし、 $\Delta p, \Delta e_0$  を夫々其の誤差とする時は、

$$p = p_1 + \Delta p \quad e_0 = e_{01} + \Delta e_0 \quad \dots\dots\dots (24)$$

にして、(16) 式に  $p_1, e_{01}$  を與へたる時の誤差  $R$  は次式に依つて表さるべし、

$$R = f(p_1 + \Delta p, e_{01} + \Delta e_0) - f(p_1, e_{01}) = M - f(p_1, e_{01}) \quad \dots\dots\dots (25)$$

然るに、 $\Delta p, \Delta e_0$  の二次以上を無視し展開する時は、 $M$  即ち  $f(p, e_0)$  の値は

$$f(p_1 + \Delta p, e_{01} + \Delta e_0) = f(p_1, e_{01}) + \Delta p \left. \frac{\partial f(p, e_0)}{\partial p} \right|_{p_1, e_{01}} + \Delta e_0 \left. \frac{\partial f(p, e_0)}{\partial e_0} \right|_{p_1, e_{01}} \dots\dots\dots (26)$$

となる。但し  $\left. \frac{\partial f(p, e_0)}{\partial p} \right|_{p_1, e_{01}}$  は  $\left. \frac{\partial f(p, e_0)}{\partial e_0} \right|_{p_1, e_{01}}$  内に  $e_{01}, p_1$  の値を代入したる値とす。

本式を (25) 式に代入する時、

$$R = A\Delta p + B\Delta e_0 \quad \dots\dots\dots (27)$$

を得、

$$\text{但 } A = \left. \frac{\partial f(p, e_0)}{\partial p} \right|_{p_1, e_{01}} \quad B = \left. \frac{\partial f(p, e_0)}{\partial e_0} \right|_{p_1, e_{01}} \quad \text{なり}$$

$R, A$  及び  $B$  の値を算出する時は、

$$\left. \begin{aligned}
 R &= M - \frac{c}{1+p_1} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p_1}\right) (e_{b1}\varepsilon)^{p_1} \\
 A &= \frac{c}{1+p_1} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p_1}\right) \varepsilon^{p_1} e_{b1}^{p_1-1} \\
 B &= \frac{c}{1+p_1} \left(\frac{\alpha}{2+p_1}\right)^2 (e_{b1}\varepsilon)^{p_1} + \frac{c}{1+p_1} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2+p_1}\right) e_{b1}\varepsilon \left(\log(e_{b1}\varepsilon) - \frac{1}{1+p_1}\right)
 \end{aligned} \right\} (28)$$

を得べきにより (28) 式により、荷重の各段に於て  $R$ ,  $A$  及び  $B$  を算出し、(27) に代入し、最小自乗法を適應し、 $\Delta p$  及び  $\Delta e_b$  を求むるときは、(24) 式に依り、 $p$  及び  $e_b$  を求め得べし、

第一第二何れの方法によるも、 $e_b$  及び  $p$  に對する近似値を求めざるべからず。  
 a.  $m$  の近似値。

$m$  の値は直ちに近似數を求むる事得ざれば、 $e_b$  が常數ならざるべからざる性質を利用し大體、1.0 乃至 2.0 の間にあるものと豫定し、其の間に於て、(15) 式を變形し、

$$e_b = \left[ \frac{M}{b} \cdot \frac{m+1}{m} \cdot \frac{1}{\eta \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) \sqrt{\varepsilon_0}} \right]^{\frac{1}{m}} \dots\dots\dots (29)$$

となし、 $e_b$  を計算したる時、荷重の各段に於て、 $e_b$  が同一又は類似の値となるべき  $m$  の値を探り求むべき値とせり。

今、 $m$  の値を  $m'$  とせる時、 $e_b$  が常數ならずして、 $\sigma_0$  に依つて變ずる値となる場合を考へんに、此の場合の  $e_b$  は  $e_b' = K\sigma_0^q$  と置く關係にありとすれば、 $\sigma_0$  と  $e_b$  との關係は  $\sigma_0^m = e_b' \varepsilon_0$  なるを以て、

$$\begin{aligned}
 \sigma_0^m &= K\sigma_0^q \\
 \text{or} \quad \sigma_0^{m'-q} &= K\varepsilon_0 \dots\dots\dots (30)
 \end{aligned}$$

となり、 $m'$  より  $q$  丈け減じたるものを  $m$  の値とする時は、 $e_b$  に對し、 $K$  なる常數を與ふる事となり、豫定の式と一致する事となるべし、即ち、 $e_b$  を常數ならしめざる  $m$  の値は明かに不適合なるを知る。

今  $m$  に對し、假りに、1.0, 1.25, 1.50, 1.75, 及び 2.0 の値を與へ、(29) 式により  $e_b$  の値を算出し、其の適否を撰ばんとするに、其の結果は第廿表に示すが如し此の常數に近きや否やを見ん爲め、荷重を横軸に採り、0.2 噸に於ける  $e_b$  の値を 1.0 とし、これに對する荷重各段に於ける  $e_b$  の比を縦軸に採り、圖示する時は、第三圖表を得、

第二十表の一

No. 5

摘要

Load Bending- (Ton) Moment (in #)	$e^0$ (#/□') <sup>m</sup> $\left[ \frac{1}{1,000,000} \right]$				比				$\sigma_c$ (#/□')							
	m=1	m=1.25	m=1.5	m=1.75	m=2.00	比	m=1	m=1.25	m=1.50	m=1.75	m=2.0	比				
0.2	3,937	1.84	1.00	5.11	1.00	14.2	1.00	39.2	1.00	107.2	1.00	96	88	82	73	75
0.4	6,849	1.70	0.93	5.39	1.03	17.4	1.22	55.2	1.45	171.6	1.60	167	153	143	136	130
0.6	9,761	1.47	0.80	5.24	1.02	18.5	1.30	65.5	1.71	228.0	2.14	257	234	219	208	200
0.8	12,673	1.46	0.79	5.61	1.10	21.4	1.51	82.4	2.15	310.7	2.90	356	324	302	297	275
1.0	15,585	1.39	0.75	5.69	1.11	23.0	1.62	92.4	2.43	373.7	3.49	447	427	380	360	346
1.2	18,997	1.37	0.74	5.97	1.16	25.4	1.79	103.3	2.83	464.3	4.34	568	514	481	457	438
1.4	21,409	1.24	0.67	5.59	1.09	24.9	1.75	110.0	2.80	513.2	4.80	653	600	558	530	511
1.6	24,301	1.30	0.78	6.03	1.18	27.7	1.95	128.6	3.28	603.7	5.68	748	681	631	601	591
1.8	27,233	1.26	0.63	6.01	1.13	28.2	1.98	133.3	3.40	692.6	6.47	839	763	710	674	679
2.0	30,145	1.22	0.66	6.03	1.18	30.0	2.12	145.3	3.71	703.4	6.61	977	888	827	784	752
2.2	33,057	1.19	0.65	6.07	1.18	30.8	2.17	153.7	3.92	778.4	7.25	1,100	1,000	931	883	847

第二十表の二

No. 7

摘要

Load Bending- (Ton) Moment (in #)	$e^0$ (#/□') <sup>m</sup> $\left[ \frac{1}{1,000,000} \right]$				比				$\sigma_c$ (#/□')							
	m=1	m=1.25	m=1.5	m=1.75	m=2.0	比	m=1	m=1.25	m=1.50	m=1.75	m=2.0	比				
0.2	3,911	2.40	1.00	6.75	1.00	19.3	1.00	52.6	1.00	146.6	1.00	100	91	85	81	78
0.4	6,853	2.85	1.19	6.58	1.42	31.9	1.66	105.0	2.01	349.8	2.93	206	187	175	166	159
0.6	9,765	2.07	0.88	7.55	1.12	27.8	1.44	100.3	1.90	301.6	2.46	293	267	249	236	226
0.8	12,677	1.97	0.82	7.77	1.15	30.2	1.53	120.3	2.29	403.1	3.18	400	354	335	321	303

Load Bending- (Ton) Moment	$e_0$ (寸/□') m $\left[ \frac{e_0}{1,000,000} \right]$										$\sigma_c$ (寸/□')									
	m=1.0	比	m=1.25	比	m=1.50	比	m=1.75	比	m=2.0	比	m=1.0	比	m=1.25	比	m=1.50	比	m=1.75	比	m=2.0	比
1.0	15,589	1.67	0.69	6.83	1.02	28.4	1.47	118.2	2.24	485.1	3.30	492	447	412	395	379				
1.2	18,801	1.63	0.69	7.42	1.10	32.5	1.69	139.3	2.65	603.7	4.11	609	554	516	489	468				
1.4	21,413	1.47	0.64	6.70	1.00	30.3	1.56	134.5	2.50	603.4	4.11	694	621	588	557	531				
1.6	24,326	1.44	0.60	6.81	1.01	31.5	1.66	144.9	2.85	673.7	4.58	788	717	668	633	607				
1.8	27,237	1.33	0.56	6.45	0.96	30.8	1.60	146.6	2.86	693.6	4.73	883	803	747	703	680				
2.0	30,149	1.31	0.55	6.69	0.98	32.6	1.69	159.8	3.04	787.4	5.36	1,003	912	849	805	772				
2.1	31,605	1.36	0.56	6.97	0.99	35.3	1.83	177.4	3.38	893.8	6.12	1,114	1,012	941	893	856				

第二十表の三

No. 10

摘要

第二十表の四  
No. 11

Load Bending- (Ton) Moment	$e_b$ (#/□') <sup>m</sup> $\left\{ \frac{1}{1,000,000} \right\}$				比				$\sigma_c$ (#/□')	摘要						
	m=1.0	m=1.25	m=1.50	m=1.75	m=2.0	m=2.25	m=2.50	m=2.75								
0.2	3,914	2.01	1.00	5.42	1.00	14.5	1.00	33.7	1.00	101.9	1.00	82	75	70	67	64
0.4	6,826	1.80	0.90	5.49	1.01	17.2	1.19	52.3	1.35	159.2	1.56	143	131	123	117	112
0.6	9,733	1.73	0.86	5.83	1.03	19.6	1.35	65.4	1.63	217.6	2.14	204	187	175	167	160
0.8	12,650	1.87	0.93	6.82	1.26	24.7	1.70	88.7	2.29	317.1	3.11	276	253	237	226	217
1.0	15,563	1.90	0.95	7.36	1.36	28.4	1.96	103.9	2.81	413.0	4.05	356	325	304	289	278
1.2	18,473	1.94	0.97	7.78	1.44	31.4	2.17	125.4	3.24	499.1	4.90	422	386	361	344	330
1.4	21,386	1.97	0.98	8.21	1.51	34.4	2.37	143.1	3.70	588.1	5.77	483	447	418	393	382
1.6	24,293	1.96	0.98	8.56	1.53	36.9	2.54	158.5	4.10	677.8	6.65	564	516	482	459	441
1.8	27,210	2.02	1.00	9.06	1.67	40.4	2.79	179.0	4.63	788.9	7.74	642	586	549	522	501
2.0	30,122	2.03	1.03	9.64	1.78	44.1	3.01	197.4	5.10	914.4	8.97	724	661	617	587	564
2.2	33,031	2.03	1.03	9.90	1.83	46.8	3.23	219.0	5.66	1,023.1	10.04	808	737	690	654	629
2.4	35,946	2.10	1.04	10.25	1.89	49.2	3.39	234.5	6.06	1,131.5	11.01	879	802	750	712	685
2.6	38,858	2.08	1.03	10.32	1.90	50.6	3.49	246.4	6.37	1,201.3	11.71	950	867	811	770	740
2.8	41,770	2.06	1.02	10.40	1.92	52.0	3.59	237.3	6.65	1,278.5	12.55	1,021	932	872	827	796
3.0	44,682	2.02	1.00	10.34	1.91	52.7	3.63	265.2	6.86	1,338.8	13.14	1,092	997	933	885	851
3.2	47,594	1.98	0.99	10.31	1.90	53.4	3.68	274.2	7.00	1,399.8	13.74	1,164	1,062	994	943	907

第二十表の五  
No. 12

Load Bending- (Ton) Moment	$e_b$ (#/□') <sup>m</sup> $\left\{ \frac{1}{1,000,000} \right\}$				比				$\sigma_c$ (#/□')	摘要						
	m=1.0	m=1.25	m=1.50	m=1.75	m=2.0	m=2.25	m=2.50	m=2.75								
0.2	3,133	1.56	1.00	3.97	1.00	10.1	1.00	25.3	1.00	62.7	1.00	65	59	56	53	51
0.4	5,485	1.49	0.96	4.31	1.09	13.8	1.26	36.5	1.40	108.2	1.72	118	103	101	96	93

0.6	7,837	1.43	0.91	4.63	1.17	15.2	1.50	49.0	1.95	159.8	2.50	180	163	153	146	149
0.8	10,189	1.44	0.92	5.08	1.23	17.5	1.73	60.2	2.40	208.3	3.34	236	217	202	192	185
1.0	12,541	1.39	0.95	5.13	1.28	18.7	1.85	67.7	2.66	246.7	3.92	271	266	249	237	228
1.2	14,393	1.47	0.94	5.72	1.44	22.0	2.18	84.4	3.34	324.5	5.73	364	332	310	295	284
1.4	17,245	1.40	0.90	5.60	1.41	22.6	2.24	89.6	3.54	357.4	5.70	422	334	359	342	329
1.6	19,597	1.43	0.91	5.93	1.49	24.9	2.46	102.5	3.95	411.1	5.58	438	444	416	395	374
1.8	21,949	1.47	0.94	6.31	1.59	27.1	2.68	114.5	4.51	437.9	7.60	546	498	466	443	425
2.0	24,301	1.53	0.93	6.72	1.69	29.2	2.92	121.7	4.90	544.7	8.61	581	533	498	474	455
2.5	30,181	1.45	0.92	6.74	1.69	30.9	3.06	141.1	5.53	648.0	10.30	738	674	629	598	574
3.0	36,061	1.45	0.92	7.10	1.79	34.3	3.39	164.1	6.50	790.5	12.62	897	818	766	727	699
3.5	41,941	1.53	0.93	7.82	1.99	39.3	3.89	196.8	7.89	938.0	15.73	1,095	969	906	861	827
4.0	47,821	1.54	0.93	8.26	2.08	42.4	4.20	221.1	8.95	1,149.5	18.39	1,286	1,125	1,051	998	969
4.5	53,701	1.50	0.95	8.16	2.05	43.8	4.34	234.7	9.26	1,255.1	19.86	1,383	1,264	1,080	1,121	1,073
5.0	59,581	1.54	0.98	8.62	2.17	47.3	4.70	258.5	10.21	1,428.5	22.70	1,538	1,402	1,310	1,243	1,196
5.5	65,461	1.52	0.97	8.74	2.20	49.1	4.86	276.4	10.93	1,556.4	24.30	1,692	1,540	1,439	1,367	1,315
6.0	71,341	1.54	0.98	9.07	2.28	52.2	5.16	301.6	11.80	1,737.4	27.50	1,832	1,715	1,603	1,516	1,459
6.45	76,633	1.55	0.98	9.31	2.34	55.2	5.46	326.3	12.91	1,914.2	30.40	2,060	1,878	1,754	1,666	1,597

第二十表の五  
No. 14

I rad Bending- (Ton) Moment (in #)	$e_0$ (#/□') <sup>m</sup> $\left[ \frac{1}{1,000,000} \right]$						$e_0$ (#/□'')									
	m=1.0 比	m=1.25 比	m=1.50 比	m=1.75 比	m=2.0 比	m=2.5 比	m=1.0 m=1.25, m=1.50, m=1.75, m=2.0	m=2.5 比	m=3.0 比	m=3.5 比	m=4.0 比	m=4.5 比				
0.2	3,137	1.73	1.00	4.48	1.00	11.4	1.00	29.3	1.00	75.6	1.00	72	66	61	58	56
0.4	5,489	1.96	1.13	5.89	1.31	18.3	1.61	55.7	1.90	167.2	2.21	142	129	120	115	100
0.6	7,841	1.67	0.97	5.55	1.26	19.0	1.67	64.2	2.19	210.3	2.78	211	172	179	171	163
0.8	10,193	1.66	0.96	6.07	1.35	22.0	1.93	79.2	2.70	282.9	3.74	286	260	243	231	221
1.0	12,545	1.72	0.99	6.34	1.53	26.4	2.32	100.4	3.43	337.6	5.13	368	335	312	297	285
1.2	14,897	1.69	0.98	7.02	1.57	28.1	2.46	112.3	3.83	453.3	6.00	447	407	380	360	346

摘要

摘要

1.4	17,249	1.67	0.97	7.11	1.59	80.1	2.64	125.3	4.28	528.9	7.00	531	483	450	427	410
1.6	19,601	1.67	0.97	7.37	1.65	91.9	2.80	138.0	4.71	601.1	7.95	603	549	512	485	466
1.8	21,933	1.58	0.91	7.20	1.61	92.3	2.83	144.4	4.93	635.6	8.41	675	615	573	543	521
2.0	24,305	1.54	0.89	7.15	1.60	92.8	2.88	153.8	5.25	680.9	9.01	748	681	635	602	577
2.2	26,657	1.47	0.85	7.04	1.57	93.0	2.89	153.4	5.24	721.6	9.54	830	747	698	660	633
2.4	29,069	1.50	0.87	7.33	1.64	95.4	3.10	169.2	5.77	818.9	10.83	915	834	776	736	706
2.6	31,361	1.50	0.87	7.49	1.67	97.3	3.26	179.3	6.12	890.3	11.90	1,020	925	862	815	782
2.8	33,713	1.37	0.79	7.34	1.61	97.1	3.25	186.1	6.35	933.5	12.35	1,090	995	926	876	841
3.0	36,065	1.39	0.80	7.37	1.65	97.2	3.26	187.4	6.39	981.9	12.72	1,170	1,084	991	937	899
3.5	41,945	1.46	0.85	7.84	1.75	41.7	3.66	222.3	7.60	1,171.5	15.50	1,369	1,237	1,152	1,090	1,046
4.0	47,835	1.43	0.83	8.02	1.79	43.4	3.80	237.5	8.11	1,312.3	17.36	1,550	1,411	1,314	1,212	1,193
4.6	54,881	1.30	0.75	7.53	1.68	42.7	3.75	241.3	8.24	1,393.0	18.11	1,781	1,619	1,503	1,416	1,369

Load Bending-Moment (Ton) (in #)	$\sigma_c \left( \frac{\#}{\text{sq. in.}} \right)$															
	$m=1.0$	$m=1.25$	$m=1.50$	$m=1.75$	$m=2.0$	$m=1.0$	$m=1.25$	$m=1.50$	$m=1.75$	$m=2.0$	$m=1.0$	$m=1.25$	$m=1.50$	$m=1.75$	$m=2.0$	
0.2	3,950	1.99	1.00	5.32	1.00	14.3	1.00	38.4	1.00	99.8	1.00	82	75	70	67	64
0.4	6,863	1.90	0.95	5.86	1.10	18.5	1.29	56.4	1.47	176.1	1.76	150	137	129	122	118
0.6	9,780	1.42	0.72	4.84	0.91	16.3	1.14	54.8	1.42	183.8	1.84	210	193	180	172	165
0.8	12,692	1.27	0.64	4.64	0.87	17.5	1.22	60.1	1.57	216.0	2.16	277	253	233	226	217
1.0	15,604	1.17	0.59	4.47	0.84	17.1	1.20	64.4	1.63	242.8	2.43	336	307	288	274	264
1.2	18,516	1.15	0.58	4.61	0.87	18.4	1.29	73.5	1.91	289.4	2.91	460	375	351	334	321
1.4	21,428	1.17	0.59	4.85	0.91	20.5	1.43	84.9	2.21	359.9	3.52	490	447	419	398	383
1.6	24,340	1.13	0.60	5.15	0.97	22.2	1.55	95.1	2.43	407.8	4.09	565	517	483	459	442
1.8	27,252	1.17	0.59	5.24	0.99	23.3	1.63	102.6	2.67	452.8	4.51	632	579	541	514	495
2.0	30,164	1.16	0.59	5.34	1.00	24.3	1.70	110.1	2.87	497.0	4.93	700	640	598	569	547

第二十表の六  
No. 15

第二十表の七  
No. 16

Load Bending-Moment (Ton) (in #)	$e_0$ (#/□')/mm $\left[ \frac{1}{1,000,000} \right]$		$\sigma_c$ (#/□')		摘要											
	m=1.0 比	m=1.25 比	m=1.0, m=1.25, m=1.5, m=1.75, m=2.0	$\sigma_c$ (#/□')												
2.2	33,076	1.18	0.60	5.63	1.06	26.2	1.83	122.4	3.19	565.3	5.66	780	713	667	635	609
2.4	35,988	1.22	0.63	5.89	1.11	28.0	1.96	134.9	3.51	639.7	6.41	865	789	737	702	674
2.6	38,900	1.24	0.63	6.16	1.16	30.2	2.11	147.0	3.83	718.6	7.20	951	868	810	770	741
2.8	41,812	1.28	0.65	6.53	1.23	32.8	2.29	165.3	4.30	825.0	8.37	1,061	966	903	859	825
3.0	44,724	1.32	0.67	6.82	1.28	35.1	2.45	179.1	4.66	916.8	9.19	1,156	1,052	983	932	898
3.2	47,636	1.35	0.18	7.12	1.34	37.4	2.62	195.4	5.09	1,015.0	10.20	1,257	1,145	1,068	1,014	974
0.2	3,166	2.06	1.00	5.16	1.00	13.0	1.00	32.7	1.00	81.8	1.00	64	58	55	52	50
0.4	5,518	1.93	0.94	5.61	1.09	16.7	1.28	43.5	1.48	141.1	1.72	119	103	101	97	93
0.6	7,870	1.86	0.91	6.00	1.16	19.3	1.48	61.4	1.88	196.5	2.40	172	157	147	140	135
0.8	10,232	1.79	0.87	6.25	1.21	21.5	1.65	74.1	2.27	265.4	3.12	234	214	209	190	183
1.0	12,574	1.68	0.82	6.35	1.21	22.8	1.75	83.3	2.55	303.9	3.72	297	271	251	241	232
1.2	14,926	1.61	0.78	6.33	1.21	24.0	1.85	92.2	2.82	351.4	4.30	359	327	303	291	280
1.5	18,454	1.60	0.78	6.51	1.26	26.5	2.04	107.8	3.30	432.1	5.23	444	405	373	360	345
2.0	24,334	1.71	0.83	7.56	1.47	33.1	2.55	144.4	4.42	639.1	7.69	605	552	517	491	472
2.5	30,214	1.68	0.82	7.90	1.53	36.8	2.83	169.5	5.18	781.9	9.56	767	698	658	620	596
3.0	36,094	1.63	0.79	7.99	1.55	38.8	2.98	187.3	5.73	903.5	11.05	916	834	730	741	712
3.5	41,974	1.64	0.80	8.37	1.62	45.9	3.53	213.3	6.52	1,074.0	13.13	1,035	938	923	876	843
3.9	46,673	1.63	0.80	8.59	1.66	44.9	3.45	232.9	7.12	1,209.0	14.78	1,232	1,222	1,047	993	955



第三圖表に於て、横軸に平行なるは常數にして、上向するものは (30) 式に於ける  $q$  が正なるにより、假定  $m$  より少なる  $m$  が  $e_0$  を常數ならしめ、下向するものは  $q$  が負なるにより、假定  $m$  より大なる  $m$  が  $e_0$  を常數ならしむべきものなるを知る。

依つて、 $e_0$  を常數なりとする假定に適合すべき値を  $m$  の近似値として第三圖表より求むれば各桁に對し次の如き結果を得。

桁番號	No. 5	No. 7	No. 14	No. 10	No. 11	No. 12	No. 15	No. 16
近似値	1.25	1.25	1.25	1.25	1.00	1.00	1.00	1.00

b).  $e_0$  の近似値

$e_0$  の値は、 $m$  の値に従つて定まるべきものなるが、上記近似  $m$  に對する桁各段に於ける  $e_0$  の値を算出し其の平均を採り  $e_0$  の近似値となさんとす。

$e_0$  の値は第十九表に示すが如く、同一  $m$  に對しても、荷重の大小によりて異なるものなるが、此の平均として採るべき値の區間に就ては充分の考慮を要すべし。

從來此の種の問題に對し、種々の議論の存する所なるが、著者は以下の見界に於て、許容強度の前後、約其の5割の應力を生ずべき荷重の區間に對する  $e_0$  の値の平均を採つて其の値となさんとす。

即ち、一般に設計に當り、材料の強度として採用すべき値は、許容強度と稱し破壊強度、又は彈性限度に於ける強度を幾割か減額せるものとす。

此の減額せる理由を研覈せんに

1. 材料の一部にても、許容強度にて破壊さるべき場合あるやも知れざる爲め、
2. 設計に際し使用する理論は、事實と遠かり、計算以上の應力の生ずべき場合あるやも知れざる爲め、
3. 設計に際し、採用せる荷重以上の荷重が、實際に加はる場合起るやも知れざる爲め、

の顧慮より出でたるものなるが、第二、第三、に對する顧慮は、特別なる場合に於て、第二に對しては、理論は一般に安全なる側を有し、第三の場合は、普通補強を施して後、載荷すべきものなるにより、許容強度として、減額すべき主眼は第一の場合にあるものとす。

されば、材料に生ずべき應力は、第二、第三に於ける場合を除き、常に許容強度

と同等以下、にあるものとして、許容強度を超過すべき場合甚だ稀なるべし。

然るに本問題に於ける  $e_0$  の使用すべき目的を見るに、特殊なる學研の場合を除き、桁の設計の基準たるべき、理論中に使用せんとするものなれば、著しく許容強度を超過せる應力に對する  $e_0$  又は著しく許容強度より小なる  $e_0$  に對しては、問題外に置くも差支へなかるべし。

依つて著者は先づ (15) 式より  $\sigma_0$  を算出し、煉瓦積の許容強度を毎平方吋 400 封度 (第四章參照) とし、此の前後 5 割即ち毎平方吋 200 封度乃至 600 封度の應力  $\sigma_0$  を與へたる荷重の區間に就き、其の平均を探り、 $e_0$  の近似値とせり。第二十表中ゴシツク數字は此の區間にして其の値は次の如し。

桁番號	$e_0$ (#/口") <sup>m</sup> $\frac{1}{1,000,000}$	桁番號	$e_0$ (#/口") $\frac{1}{10^6}$
No. 5	5.622	No. 12	1.458
No. 7	7.355	No. 14	6.754
No. 10	7.740	No. 15	1.278
No. 11	1.910	No. 16	1.710

斯くして得たる、近似値を用ひ、最小自乘法を適用せんとするに當り、前值二種の方法中第一法は理論的に優り、其の誤差第二法よりも少なかるべきも、其の計算の手數頗る複雑なる缺點を有するを以て、第二方法を採用する事とせり。

依つて (28) 式に上記の近似値を代入し、 $R, A, B$  の値を求め、(27) に依り最小自乘法を適應すれば、 $e_0$  及び  $m$  を得べきものにして其の結果は第廿一表に示すが如し。

No.s	$e_{01}$	$\Delta e_0$	$e_0$	$p_1$ (m)	$\Delta p$	$p$	$m$
5	5,622,000	-1,090,955	4,531,045	0.8 (1.25)	+0.076	0.876	1.14
7	7,335,300	+3,421,000	10,756,300	0.8 (1.25)	+0.14	0.66	1.52
10	7,740,000	+1,978,500	9,720,000	0.8 (1.26)	-0.0041	0.795	1.26
11	1,910,000	-211,400	1,698,600	1.0 (1.0)	+0.14	1.14	0.88
12	1,458,000	+54,500	1,512,500	1.0 (1.0)	-0.052	0.948	1.06

14	6,754,000	+424,000	7,178,000	0.8 (0.8)	-0.001	0.801	1.25
15	1,278,000	-107,300	1,170,700	1.0 (1.0)	+0.087	1.087	0.92
16	1,710,000	+42,450	1,752,450	1.0 (1.0)	-0.033	0.997	1.01

其の算法の一例として No. 5 桁に對する計算を示す時は次の如し。

No. 5		$e_0' = 5,622,000$ (#/□') <sup>1.25</sup>			$m = 1.25$			
荷重	$A \times 10^4$	$\frac{B}{10^3}$	$R$	$A^2 \times 10^8$	$AB \times 10$	$AB \times 10^4$	$\frac{B^2}{10^6}$	$\frac{BR}{10^3}$
0.6	14.35	17.90	-322	205.9	256.9	-4,621	320.4	-5,764
0.8	17.73	26.35	+223	314.4	467.2	+3,954	694.3	5,876
1.0	21.68	36.42	+357	470.0	789.6	+7,740	1,326.4	13,002
1.2	25.39	47.22	+1057	644.7	1,198.9	+26,786	2,229.7	49,817
1.4	28.86	57.51	+1140	832.9	1,859.7	+32,900	3,307.4	65,561
$\Sigma$				2,467.9	4,372.3	+66,750	7,578.2	128,942

$$\Sigma AB \times \Sigma BR = 56,176,902,400$$

$$\Sigma B^2 \times \Sigma AR = 52,592,740,200$$

$$[D] = \Sigma AB \times \Sigma BR - \Sigma B^2 \times \Sigma AR = +3,583,962,200$$

$$\Sigma AB \times \Sigma AR = 2,918,703$$

$$\Sigma A^2 \times \Sigma BR = 3,171,182$$

$$[E] = \Sigma AB \times \Sigma AR - \Sigma A^2 \times \Sigma BR = -252,479$$

$$(\Sigma AB)^2 = 191,143.88$$

$$\Sigma A^2 \times \Sigma B^2 = 194,429.04$$

$$[F] = (\Sigma AB)^2 - \Sigma A^2 \times \Sigma B^2 = -3,285.16$$

$$\Delta e_0 = \frac{[D]}{[F]} = -1,090,955$$

$$\Delta p = \frac{[E]}{[F]} = +0.076$$

$$e_0 = 5,622,000 - 1,090,955 = 4,531,045$$

$$P = \frac{1}{1.25} + 0.076$$

$$= 0.876 \quad m = 1.14$$

即ち  $m$  の値は 0.88 乃至 1.52 の間にあるべきを知る。

尙正確なる値を得んとすれば、更にこれ等の  $e_s, m$  の値を近似値に採り、再び最小自乗法を適應すれば可なるべきも、鐵筋煉瓦桁一般の性質として其の平均等を以て、鐵筋煉瓦桁の  $e_s$  及び  $m$  とせんには本實驗は其の試驗數小に過ぐべきを以て、此の  $m$  が 1.0 乃至 1.50 の間にあるべしとする 概念に於て、止めんとす。

煉瓦積の應壓力の分布状態が斯くして定まりたる時は、鐵筋に於ける應力は、(11) 式に於て、煉瓦積の應張力を無視する場合、容易に、その應張力  $\sigma_s$  を算出し得べし、即ち (8) 式及び (11) 式より、

$$\begin{aligned} M &= \alpha_s E_s \varepsilon_s \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) \\ &= \alpha_s \sigma_s \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) \end{aligned} \quad (31)$$

$$\sigma_s = \frac{M}{\alpha_s \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)} \quad (32)$$

なるを求め得。

鐵筋側に於て (31) 式に於て  $M$  及び  $\varepsilon_s$  の値を實驗より得、 $m$  を求め得べしと雖も、前述の如く、煉瓦積の鐵筋位置の伸長と、鐵筋の伸長とが相等しからざるにより、此の目的に使用し難し。

今 (32) 式により、試驗桁に於ける荷重各段に對する  $\sigma_s$  の値は  $m$  の値を 1.0, 1.25, 1.50 と假定し算出する時は、第廿二表 (1), (2), (3) 欄に示すが如き値を得。

第廿二表の一

No. 5

Load (Ton)	(1)	(2)	(3)	(4)	(7)	(5)	(6)	(8)
	$\sigma_s$ (#/□")			$E_s \varepsilon_s$	(2)-(4)	$\varepsilon_s$ (in) 13'' に付 ( $\times 10^4$ )		(6)-(5)
	式より計算					實測	$m=1.25$ の $\sigma_s$ より計算	
	$m=1.00$	$m=1.25$	$m=1.50$					
0.2	7,510	7,620	7,690	1,679	5,941	7.3	32.766	25,466
0.4	13,100	13,200	13,400	3,289	9,911	14.3	56.76	42,460
0.6	18,300	18,600	18,700	7,199	11,401	31.3	79.98	48,680

0.8	23,600	23,800	24,000	11,569	12,231	50.3	102.34	52,040
1.0	28,900	29,100	29,400	15,939	13,161	69.3	125.13	55,830
1.2	34,700	35,100	35,300	21,459	13,641	93.3	150.93	57,630
1.4	39,200	39,600	39,900	26,749	12,851	116.3	170.28	53,980
1.6	44,500	44,900	45,300	31,579	13,321	137.3	193.07	55,700
1.8	49,900	50,300	50,700	36,869	13,431	160.3	216.29	55,900
2.0	54,800	55,200	55,600	46,069	9,131	200.3	237.36	37,060
2.2	59,900	60,300	60,700	58,949	1,351	256.3	259.29	2,900

第廿二表の二

No. 7

Load (Ton)	$\sigma_s$ (#/□')			$E_s \epsilon_s$	(2)-(4)	$\epsilon_s$ (in) 13''に付( $\times 10^4$ )		(6)-(5)
	式より計算					實測	$m=1.25$ の $\sigma_s$ より計算	
	$m=1.0$	$m=1.25$	$m=1.50$					
0.2	7,460	7,550	7,620	1,360	6,190	5.9	32.465	26,565
0.4	12,600	12,700	12,800	3,657	9,043	15.9	64.61	48,710
0.6	18,000	18,100	18,300	7,107	10,993	30.9	77.33	46,930
0.8	23,100	23,300	23,500	11,707	11,593	50.9	100.19	49,290
1.0	28,400	28,700	28,900	16,767	11,933	72.9	123.41	50,510
1.2	34,200	34,400	34,700	22,057	12,343	95.9	147.92	52,020
1.4	38,900	39,200	39,500	27,117	12,083	117.9	168.56	50,660
1.6	44,200	44,600	44,900	32,867	11,733	142.9	191.78	48,880
1.8	49,500	50,000	50,300	39,307	10,693	170.9	215.00	44,100
2.0	54,500	55,000	55,400	47,357	7,643	205.9	236.50	30,600
2.1	56,800	57,000	57,600	53,937	-937	251.9	245.10	-6,800

第廿二表の三

No. 10

Load (Ton)	$\sigma_s$ (#/□')			$E_s \epsilon_s$	(2)-(4)	$\epsilon_s$ (in) 13''に付( $\times 10^4$ )		(6)-(5)
	式より計算					實測	$m=1.25$ の $\sigma_s$ より計算	
	$m=1.0$	$m=1.25$	$m=1.50$					
0.2	1,970	2,000	2,040	575	1,425	2.5	8.600	6,100
0.4	3,420	3,470	3,530	1,265	2,205	5.5	14.921	9,421
0.6	4,850	4,930	5,000	2,185	2,745	9.5	21.199	11,699
0.8	6,300	6,400	6,500	3,105	3,295	13.5	27.520	14,020
1.0	7,600	7,710	7,790	4,485	3,225	19.5	33.153	13,653
1.2	8,930	9,060	9,150	5,865	3,195	25.5	33.958	13,458
1.4	10,390	10,640	10,700	7,015	3,625	30.5	45.752	15,252
1.6	11,860	12,040	12,160	7,935	4,105	34.5	51.772	17,272

1.8	13,280	13,480	13,580	9,315	4,165	40.5	57.964	17,464
2.0	14,700	14,920	15,150	10,925	3,995	47.5	64.156	16,653
2.2	16,120	16,360	16,530	12,305	4,055	53.5	70.348	16,848
2.5	18,250	18,520	18,750	13,915	4,605	60.5	79.636	19,133
3.0	21,590	21,910	22,130	18,055	3,855	78.5	94.213	15,713
3.5	25,110	25,430	25,730	21,735	3,745	94.5	109.564	15,064
4.0	28,630	29,050	29,340	25,645	3,405	111.5	124.915	13,415
4.5	32,140	32,620	32,940	29,735	2,835	129.5	140.266	10,766

第廿二表の四

No. 11

Load (Ton)	(1)	(2) $\sigma_s$ (#/□")			(4)	(1)-(4)	(5) $\varepsilon_s$ (in) 13' に付 ( $\times 10^4$ )		(6)-(5)
	$m=1.0$	式より計算			$E_s \varepsilon_s$		實測	$m=1.0$ の	
		$m=1.25$	$m=1.50$				$\sigma_s$ より計算		
0.2	1,940	1,970	2,000	966	974	4.2	8.342	4,142	
0.4	3,330	3,430	3,480	1,886	1,494	8.2	14.534	6,334	
0.6	4,820	4,890	4,970	2,806	2,014	12.2	20.726	8,526	
0.8	6,170	6,260	6,360	3,956	2,214	17.2	26.531	9,331	
1.0	7,520	7,630	7,700	5,566	1,954	24.2	32.336	8,136	
1.2	8,920	9,050	9,150	6,486	2,434	28.2	38.356	10,156	
1.4	10,330	10,480	10,590	7,406	2,924	32.2	44.419	12,219	
1.6	11,680	11,850	11,970	9,016	2,664	39.2	50.224	11,024	
1.8	13,020	13,210	13,340	10,166	2,854	44.2	55.936	11,786	
2.0	14,340	14,550	14,690	11,776	2,564	51.2	61.662	10,462	
2.2	15,730	15,880	16,040	13,616	2,114	59.2	67.639	8,439	
2.4	17,120	17,280	17,450	14,536	2,534	63.2	73.616	10,416	
2.6	18,500	18,680	18,860	15,916	2,534	69.2	79.550	10,350	
2.8	19,890	20,080	20,280	17,296	2,594	75.2	85.527	10,327	
3.0	21,280	21,480	21,690	18,906	2,374	82.2	92.504	10,304	
3.2	22,660	22,880	23,100	20,286	2,374	88.2	97.438	9,238	

第廿二表の五

No. 12

Load (Ton)	(1)	(2) $\sigma_s$ (#/□")			(4)	(1)-(4)	(5) $\varepsilon_s$ (in) 13' に付 ( $\times 10^4$ )		(6)-(5)
	$m=1.0$	式より計算			$E_s \varepsilon_s$		實測	$m=1.0$ の	
		$m=1.25$	$m=1.50$				$\sigma_s$ より計算		
0.2	1,560	1,580	1,600	805	755	3.5	6.708	3,208	
0.4	2,690	2,740	2,770	1,955	735	8.5	11.567	3,067	

0.6	3,790	3,840	3,880	3,565	225	15.5	16.297	797
0.8	4,900	4,970	5,020	5,175	-275	22.5	21.070	-1,430
1.0	6,030	6,120	6,180	6,325	-295	27.5	25.929	-1,571
1.2	7,090	7,160	7,230	8,395	-1,305	36.5	30.487	-6,013
1.4	8,210	8,290	8,370	10,465	-2,255	45.5	35.303	-10,197
1.6	9,290	9,380	9,460	12,305	-3,015	53.5	39.947	-13,553
1.8	10,400	10,500	10,600	13,455	-3,055	58.5	44.720	-13,780
2.0	11,570	11,740	11,850	14,605	-3,035	63.5	49.751	-13,749
2.5	14,370	14,510	14,651	17,825	-3,455	77.5	61.791	-15,709
3.0	17,090	17,250	17,420	22,425	-5,335	97.5	73.487	-24,013
3.5	19,780	19,980	20,160	26,795	-7,015	116.5	85.054	-31,446
4.0	21,510	22,270	22,990	31,625	-10,115	137.5	92.493	-45,007
4.5	25,210	25,570	25,820	36,685	-11,475	159.5	108.403	-51,097
5.0	27,030	23,370	28,650	39,445	-12,415	171.5	116.229	-55,271
5.5	30,730	31,170	31,470	43,815	-13,085	190.5	132.139	-58,361
6.0	33,340	33,800	34,140	50,485	-17,145	219.5	143.362	-76,138
64.5	35,640	36,150	36,490	56,695	-21,055	246.5	153.252	-93,248

第廿二表の六

No. 14

Load (Ton)	(1)	(2)	(3)	(4)	(7)	(5)	(6)	(8)
	$\sigma_s$ (#/□')			$E_s \epsilon_s$	(2)-(4)	$\epsilon_s$ (in) 13' に付 ( $\times 10^4$ )		(6)-(5)
	式より計算					實測	$m=1.25$ の $\sigma_s$ より計算	
	$m=1.0$	$m=1.25$	$m=1.50$					
0.2	3,430	3,480	3,520	1,035	2,445	4.5	14.964	10,464
0.4	5,810	5,880	5,940	2,645	3,235	11.5	25.284	13,784
0.6	8,240	8,330	8,400	5,175	3,155	22.5	35.819	13,319
0.8	10,640	10,750	10,830	8,165	2,585	35.5	46.225	10,725
1.0	12,990	13,120	13,220	10,695	2,425	46.5	56.416	9,916
1.2	15,370	15,520	15,620	13,455	2,065	53.5	66.736	8,236
1.4	17,710	17,870	18,020	17,135	735	74.5	76.841	2,341
1.6	20,120	20,310	20,480	20,355	-45	88.5	87.333	-1,167
1.8	22,540	22,750	22,940	23,575	-825	102.5	97.825	-4,675
2.0	24,950	25,190	25,400	26,795	-1,605	116.5	103.317	-8,183
2.2	27,370	27,620	27,850	30,935	-3,315	134.5	118.766	-15,734
2.4	29,690	29,970	30,150	35,305	-5,335	153.5	128.871	-24,629
2.6	32,000	32,260	32,500	39,445	-7,135	171.5	133.718	-32,782
2.8	34,400	34,680	34,940	44,965	-10,285	195.5	149.124	-46,376
3.0	36,190	37,100	37,370	49,335	-12,235	214.5	159.530	-54,970
3.5	42,800	43,150	43,470	56,235	-13,085	244.5	185.545	-58,955
4.0	48,800	49,200	49,560	64,055	-14,855	273.5	211.560	-66,940

4.5 56,000 56,460 56,870 82,455 -25,995 358.5 242.778 -115,722

第廿二表の七

No. 15

Load (Ton)	(1)	(2)			(4)	(5)	(6)	
	$\sigma_s$ (#/□ <sup>2</sup> )			$E_s \epsilon_s$	(1)-(4)	$\epsilon_s$ (in) 13'' に付 ( $\times 10^4$ )		
	式より計算					實測	$m=1.0$ の	
	$m=1.0$	$m=1.25$	$m=1.50$				$\sigma_s$ より計算	
0.2	1,970	2,000	2,030	851	1,119	3.7	8.471	4,771
0.4	3,350	3,400	3,450	2,001	1,349	8.7	14.405	5,705
0.6	4,790	4,890	4,940	3,611	1,179	15.7	20.597	4,897
0.8	6,191	6,283	6,373	5,681	510	24.7	26.622	1,922
1.0	7,850	7,800	7,880	7,291	359	31.7	32.895	1,195
1.2	9,030	9,170	9,260	9,591	-561	41.7	38.829	-2,871
1.4	10,350	10,500	10,610	12,351	-2,001	53.7	44.505	-9,195
1.6	11,700	11,370	11,990	14,651	-2,951	63.7	50.310	-13,390
1.8	13,100	13,290	13,420	16,951	-3,851	73.7	56.330	-17,370
2.0	14,500	14,710	14,860	19,021	-4,521	82.7	62.350	-20,350
2.2	15,820	16,060	16,210	21,551	-5,731	93.7	68.026	-23,674
2.4	17,140	17,390	17,560	24,081	-6,941	104.7	73.702	-30,998
2.6	18,430	18,700	18,880	27,071	-8,641	117.7	79.249	-33,451
2.8	19,720	19,910	20,100	30,521	-10,801	132.7	84.796	-47,304
3.0	21,000	21,200	21,400	34,431	-13,431	149.7	90.300	-59,400
3.2	22,260	22,680	22,900	38,341	-16,031	166.7	95.718	-70,982

第廿二表の八

No. 16.

Load (Ton)	(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	
	$\sigma_s$ (#/□ <sup>2</sup> )			$E_s \epsilon_s$	(1)-(4)	$\epsilon_s$ (in) 13'' に付 ( $\times 10^4$ )		
	式より計算					實測	$m=1.00$ の	
	$m=1.0$	$m=1.25$	$m=1.50$				$\sigma_s$ より計算	
0.2	1,580	1,620	1,640	559	1,021	2.3	6.794	4,494
0.4	2,700	2,760	2,790	1,449	1,251	6.3	11.610	5,310
0.6	3,840	3,900	3,950	2,369	1,471	10.3	16.512	6,212
0.8	4,940	5,020	5,070	3,749	1,191	16.3	21.242	4,942
1.0	6,020	6,100	6,160	5,589	431	24.3	25.886	1,586
1.2	7,460	7,210	7,280	7,659	-199	33.3	32.073	-1,222
1.5	8,790	8,910	9,000	9,269	-479	40.3	37.797	-2,503
2.0	11,530	11,640	11,760	12,919	-1,419	56.3	49.579	-6,721
2.5	14,252	14,388	14,526	16,359	-2,607	73.3	61.234	-12,016



3.0	17,030	17,190	17,350	20,769	-3,739	90.3	73.229	-17,071
3.5	19,710	19,890	20,010	26,059	-6,349	113.3	84.753	-28,547
3.9	21,810	22,230	22,440	30,889	-9,079	134.3	93.783	-40,517

然るに一方鐵筋の彈性率を  $E_s$  とする時は其の應張力  $\sigma_s$  は

$$\sigma_s = E_s \cdot \epsilon_t \dots \dots \dots (33)$$

なるにより、測定  $\epsilon_t$  を、鐵筋の伸長となし、 $E_s$  の値を  $3.0 \times 10^7 \text{ #/sq"}$  として、 $\sigma_s$  を求むる時は、第廿一表 (4) 欄に示す値を得べし。

此の兩計算の結果を比較するに、荷重の小なる部分に於ては、(32) 式より算出せる値が大にして、荷重の大なる部分に於ては其の反對となるを見る。

此の何れが正しきかを檢せんは、荷重の小なる部分に於ては、鐵筋と煉瓦積とが、相密着し、同一の伸長をなすべきにより、其の眞の値は、(33) 式より算出せる、(4) 欄に示す値たるべく、(32) 式の値は過大なる値を與へたるものにして、鐵筋以外の應張力をも含有せるものなるを知るべし。

鐵筋以外の値とは、(31) の假定に於て明かなるが如く、煉瓦積の應張力にして其の値は少なくとも各桁に於て、近似  $m$  に對する (32) より  $\sigma_s$  の値と、(33) より  $\sigma_s$  との値との差にて表さるべし、第二十一表 (7) 欄は此の値を示し、第二圖表は荷軸を横軸に採り、兩應力を縦軸に採りたるものにして縦線を施せる部分は煉瓦積の應張力の大きさは此の値以上たるべきを表はすものなり。

されば、No. 14, No. 15, 及び No. 16 の各桁に於ては其の應張側の目地に紙片を挿入せるものなるにより、煉瓦積の應張力たるべき値は甚だ小なり、No. 12 桁に於ても、此の値の小なるは、同桁は No. 11 桁の破壊品を使用せるものなれば、其の破壊に際し、桁に何等かの變化を與へしものなるべし。

荷重の大なる部分に於て、(33) 式よりの値の方反つて大となれるは、煉瓦積の伸長と鐵筋の伸長とが相一致せざる事を意味するものにして、No. 14 桁に於て、(33) 式よりの値  $80,000 \text{ #/sq"}$  以上の應力を示すが如き不合理を來せるものなり。

煉瓦積が全く應張力なき場合は、(32) 式は實際の  $\sigma_s$  を表はすものなれば、其の場合に於ける實際の伸長は  $\frac{\sigma_s}{E_s}$  にて表さるべし。

今假りに、各桁に於て、其の近似  $m$  に對する (32) 式よりの  $\sigma_s$  に對し、此の値を求むるに、第二十一表 (6) 欄に示すが如く此の値と、測定  $\epsilon_t$  との差は同表

(8) 欄に示すが如し、此の負號となりたる部分は少なくも、鐵筋の滑動量を示す。

前記、煉瓦積の應張力、及び此の滑動量に關し、それ等實際の大き、及び應張力を失ひたる荷重、滑動を初めたる荷重は其の推定困難なるものにして、第二十一表に於て、(7) 欄の値の漸減は、事實煉瓦積應張力の漸減なるべきや、鐵筋が滑動せる爲め、大なる  $\sigma_s$  を與へ此の漸減となれるやを問題とし、(8) 欄に於て負號となりたる部分に於ても、尙鐵筋と煉瓦積との間に摩擦力が殘留せる場合もあるべし。

これと同様の現象は、鐵筋混凝土桁に於ても見る所にして、此の問題に關し、William Fry Scott 氏の研究、及び之れに對する A. N. Talbot 氏、Joseph T. Maguire 氏等の討議 (Transaction of the American Society of Civil Engineers Vol. LXXIII. Sept. 1911) は甚だ興味あるものとす、W. F. Scott 氏は 1904 年の Talbot 氏の實驗、及び Lanza 氏の實驗 (Proceeding, American Soc. for Testing material vol. VI) の桁の成績に對し、著者の第二十一表 (5) 及び (6) 欄に相當するものを圖示し (5) を見掛けの伸長 (6) を實際の伸長となし其の曲線の交點即ち同表 (8) 欄に於て零となるべき點を以て、鐵筋と混凝土との附着力の降伏點となしたるものなるが、夫は上記の如く明かに誤にして、同討議の難點となり居れるが如し、然れ共、Scott 氏は鐵筋と混凝土との伸長の關係に對し、桁が彎曲の前後に於て同一平面状態を保持せざるものとして、鐵筋と混凝土とが充分附着せる場合に於ては、鐵筋の變形を、混凝土に傳達する状態は、鐵筋より遠かるに従ひ漸減するものなり、と想像せるが Scott 氏の意見の如く、漸減して、鐵筋と、桁表面との間にて零となり、鐵筋の伸長が桁表面に表れざる場合ありと想像せるが如きは、混凝土の應張力を無視し、恰も應張側は鐵筋のみ働くが如き誤解に基くものなるべけれど、鐵筋煉瓦に於ける此の種問題に對し、參考すべき意見とす。

要するに、鐵筋位置に於ける、煉瓦積表面の伸長と、鐵筋の伸長との關係は、甚だ複雑なる問題にして、容易に闡明し難し、唯 (32) 式より推定せる  $\sigma_s$  の値は實際の値より大なるは明かなる事實なり。

### 第三節 煉瓦積の彈性率

物質の彈性率とは最初 Young 氏が Hook's Law に従ふべき物質に對し、物質

の單位應力を其の場合の變形率にて除したる商を以て、其の物體に對する彈性率とせるを濫觴とし、爾來彈性率は此の觀念の下に取扱はれ居れり。

されば、彈性率は『Hook's Law』に従ふ事を前提とせるものにして、混凝土の研究以前に於ては種々の金屬、木材等總て該法則に従ふものなれば、彈性率の根本定義に對し、何等疑點の存する所なかりしものなりしが、Hook's Law に従はざる物質を取扱ふに到り其の定義に對し、更に何等かの定義を加ふるにあらずば彈性率の意味正確ならざるものとなれり。

煉瓦積は、中軸線位置の推定の節に於て前述せる如く、應力と變形との比は常に一定の比をなさざるものなれば、狹義に於ては、彈性率が存せざるものとも解釋し得べきものにして、これが彈性率と類似の性質にあるものを、此の彈性率と稱せんには更に、定義を加へざるべからず。

定義に2種の方法あり、其の1は

定義 I. 煉瓦積の彈性率とは、煉瓦積の應力を其の場合に於ける、變形量を原長にて除したる數にて除したる商を云ふ。

定義 II. 煉瓦積の彈性率とは、煉瓦積の應力の微少なる變化を、其の變化に對する變形量の微少なる變化を原長にて除したる數にて除したる商を云ふ。

定義 I は其の方法 Young 氏の彈性率を求むる方法と同一にして、定義 II は微少なる、應力及び變形の變化に於ける區間に於ては Hook's Law に従ふべきを以て、其の性質 Young 氏の彈性率と相類するものなり。

此の何れの方法に依るも、其の値、應力の如何に依りて異なるものなれば、其の場合の應用を併せ指示せざるべからざるものにして、Hook's Law に従へる物質の彈性率と其の性質を異にし、これ等定義の撰擇は學研上の目的に依り、區別せざるべからざるものとす。

即ち、物體の振動を究め又は物體內の音響の速度を求むるが如き場合には定義 II を便とし、本問題の如く柱を論じ柱を吟味するが如き場合には、定義 I を便とす、例へば、柱に於て彈性率を與へ、應力を與へ、其の場合の伸縮を求めんとする場合の如きは、定義 I の彈性率を與へられし時は、直ちに彈性率を以て應力を割る事により求め得べきが如し。

應力と其の變形との關係に關し著者は第二節に於て

$$\sigma_{cc}^m = e_{cc} \varepsilon_{cc}$$

を假定したり、本式に於て  $m=1$  の場合には、煉瓦積が Hook's Law に従ふ事を意味し、 $e_b$  は直ちに其の弾性率たる事を知るを得べし、今定義 I に従つて煉瓦積の弾性率  $E_B$  を求めんに定義より煉瓦積の應壓力を  $\sigma_c$  とし、其の場合の變形率を  $\varepsilon_c$  とする時

$$\sigma_c = E_B \varepsilon_c \quad \text{なり}$$

此の兩側を  $m$  乗する時

$$\sigma_c^m = E_B^m \varepsilon_c^m$$

$$\dots \quad E_B^m \varepsilon_c^m = e_b \varepsilon_c \quad \text{or} \quad (E_B \varepsilon_c)^{m-1} E_b = e_b$$

$$\dots \quad E_B = \frac{e_b}{\sigma_c^{m-1}} \dots \dots \dots (34)$$

となる

定義 II に依つて煉瓦積の弾性率  $E_b$  を求めんに、定義により

$$\frac{d\sigma_c}{d\varepsilon_c} = E_b$$

然るに  $\sigma_c^m = e_b \varepsilon_c$  なるを以て

$$m\sigma_c^{m-1} d\sigma_c = e_b d\varepsilon_c$$

$$\dots \quad E_b = \frac{e_b}{m\sigma_c^{m-1}} \dots \dots \dots (35)$$

依つて  $E_B$  と  $E_b$  との關係を示せば

$$E_B = mE_b \dots \dots \dots (36)$$

となる。

$e_b$  及び  $m$  の値は第廿表に示すが如し、同表より  $\sigma_c$  が 200#/□" 乃至 600#/□" の間に於ける  $E_B$  の平均値を探らんに、此の平均は

$$E_B \left( \begin{matrix} 200\#/ \square'' \\ \text{乃至} \\ 600\#/ \square'' \end{matrix} \right) = \frac{e_b \int_{200}^{600} \sigma_c^{1-m} d\sigma_c}{\int_{200}^{600} d\sigma_c}$$

$$= \frac{1}{(2-m)^{400}} \left[ (600)^{2-m} - (200)^{2-m} \right]$$

なれば其の値は次の如し。

桁番號	No. 5	No. 7	No. 10	No. 11	No. 12	No. 14	No. 15	No. 16
$E_B$ (#/□")	1,971,004	494,789	2,073,276	3,473,637	1,058,750	1,626,535	1,933,996	1,635,036

平均 1,783,378

鐵筋の彈性率を 30,000,000 #/□" として其の比を求むるに

桁 番 號	No. 5	No. 7	No. 10	No. 11	No. 12	No. 14	No. 15	No. 16
$E_b/E_s$	15	61	15	9	29	19	16	19

平均 17

No. 11, 及び No. 16 は夫々 No. 10 及び No. 15 と相等しき値を示さざるべからざるに、異なる値となれるは既に此の種の研究に使用し得ざるものたるを知る。

## 第四章 鐵筋煉瓦桁の設計

### 第一節 基本公式及び其の誤差

鐵筋煉瓦の應力分布の状態は、第三章に於て、適當なる假定の下に、第二章に於ける試験成績より、推知し得たるを以て、茲に進んで、設計に當り使用すべき公式を誘導せんとす。

然れ共、基本公式誘導に際し立脚すべき、第三章は既に假定に於て出發し、更に其の性質を異にせる煉瓦積全體を包括せしめて、一公式の下に律せんとするには又適當の假定を追加せざるべからざるを以て、其の公式より算出せる結果は、必ずしも一致するものにあらず、其處に多少の誤差の存すべきは、覺悟せざるべからざる所とす。

之は獨り鐵筋煉瓦桁公式に於ける缺點にあらずして、總ての材料に於ける桁公式の不備とする所にして、唯其の誤差を安全側にあらしむべき假定を用ひ、其の使用に不安なからしめたるものなり、著者は、鐵筋煉瓦桁に於ても、同じく安全側の假定を用ふると共に進んで、其の誤差の程度を明かにし、公式に對する信頼を大ならしめんとす。

次に鐵筋煉瓦は甚だ特殊なる場合を除き、總て矩形桁なるを以て、本章に於ては矩形桁に就てのみ之を論ずる事とし、又實驗は單式鐵筋挿入なるを以て、應壓側鐵筋挿入の場合に就ては、理論上よりは、鐵筋混凝土に準じ、容易にこれを誘導し得べきを以て、其の研究は、他日其の實驗をなし得たる機會に譲り、單式鐵筋挿入の場合に就て之を論ぜんとす。

#### 1. 中軸線の位置

中軸線の正確なる位置は、第三章に論ぜる方法を用ひ、實驗上定むるは眞に近かるべきも、設計に當り、此の方法を採るは困難なるを以て、計算より推定すべき公式を求めざるべからず。

今、桁断面に於て、壓力の總計と、張力の總計とが、相等しからざるべからざるの原理より、中軸線の位置を定めんに、前者は第三章 (6) 式、後者が第三章 (9) 式に於て求められたるを以て、

$$b \frac{m}{m+1} \sqrt{e_b \varepsilon_c \eta} = \alpha_s E_s E_t + b \frac{m'}{m'+1} \sqrt{e_b \varepsilon_{bt}} (h_0 - \eta)$$

$$\text{or } b \frac{m}{m+1} \sigma_c \eta = \alpha_s \sigma_s + b \frac{m'}{m'+1} \sigma_t (h_0 - \eta) \dots\dots\dots (37)$$

然るに、 $\varepsilon_c : \varepsilon_t = \eta : (h - \eta)$  なるにより、

$$\varepsilon_c = \varepsilon_t \frac{\eta}{h - \eta} \dots\dots\dots (38)$$

又  $\varepsilon_c = \frac{1}{e_b} \sigma_c^m$   $\varepsilon_t = \frac{\sigma_s}{E_s}$  なるにより (38) 式に代入すれば

$$\frac{1}{e_b} \sigma_c^m - \frac{\sigma_s}{E_s} \frac{\eta}{h - \eta} \dots\dots\dots (39)$$

を得べきに依り、これを (37) 式に代入すれば、

$$b \frac{m}{m+1} \sigma_c \eta = \alpha_s \sigma_c^m \frac{E_s}{e_b} \frac{h - \eta}{\eta} + b \frac{m'}{m'+1} \sigma_t (h_0 - \eta)$$

となり、これに

$$\frac{\sigma_c^{m-1}}{e_b} E_s = n \dots\dots\dots (40)$$

即ち、煉瓦積の彈性率 (定義 I に對する) が、鐵筋の彈性率に對する比に相當する値を、 $n$  と置く時、

$$\eta^2 + 2 \frac{(m+1) n \alpha_s}{2m b} \eta - \left[ \frac{(m+1)}{mb} \dots\dots + \frac{m+1}{m} \frac{m' \sigma_t}{(m'+1) \sigma_s} (h_0 - \eta) \eta \right] = 0 \quad (41)$$

を得、本式を解く事により  $\eta$  を得べきが、末項は、煉瓦積の應張力を無視するときには零となるべきを以て、本式を簡單ならしむる爲末項を無視し、これを解くときは、

$$\eta = \frac{(m+1) \alpha_s n}{2m b} \left[ \sqrt{1 + \frac{4m b h}{(m+1) n \alpha_s}} - 1 \right] \dots\dots\dots (42)$$

を得、本式は中軸線推定に關する基本公式なり。

本式は  $\frac{\alpha_s}{bh} = p$  即ち鐵筋斷面積が、桁断面中、鐵筋挿入位置以上の面積 (以下

有効面積と稱す) に對する割合を  $p$  とし  $\frac{\eta}{h} = \alpha$  とする時は、

$$\alpha = \frac{(m+1)}{2m} n p \left[ \sqrt{1 + \frac{4m}{(m+1) n p}} - 1 \right] \dots\dots\dots (43)$$

を得

誤差の程度、(42) 又は (43) 式に於ける誤差は、

$$\frac{m+1}{m} \cdot \frac{m'}{m'+1} \cdot \frac{\sigma_t}{\sigma_c} (h_0 - \eta) \eta = 0 \dots\dots\dots (44)$$

とするにあり。

今 (41) 式に於て、問題を簡單にする爲め (44) 式に含まるゝ  $\eta$  に對し、一定の數を與へて常數と見做すときは (41) 式は次の如くなる。

$$\eta^2 + b\eta - c = 0 \dots\dots\dots (45)$$

$$b = \frac{(m+1) n a_s}{mb}$$

$$c = \frac{(m+1)}{mb} n a_s h + \frac{m+1}{m} \cdot \frac{m'}{m'+1} \cdot \frac{\sigma_t}{\sigma_c} (h_0 - \eta') \eta'$$

但し  $\eta'$  は (42) よりの  $\eta'$  とす。

(45) 式に於て、其の定數項負なる爲め正負兩根を有し正根を  $+\eta_0$ 、負根を  $-\gamma$  とする時、方程式論により、根と係數との間に次の關係あり。

$$\left. \begin{aligned} \eta_0 \gamma &= c \\ \eta_0 + (-\gamma) &= -b \text{ or } \gamma - \eta_0 = b \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (46)$$

今  $c$  に於て

$$\Delta c = \frac{m+1}{m} \cdot \frac{m'}{m'+1} \cdot \frac{\sigma_t}{\sigma_c} (h_0 - \eta') \eta'$$

を減ずる事に依り、 $\eta_0$  に對する影響を見るに、(46) 式より、

$$(\gamma - \eta_0 + \eta_0) \eta_0 = c \text{ or } (b + \eta_0) \eta_0 = c$$

なるを以て、 $c$  を減ずる事は  $\eta_0$  を減ずる事となる、換言すれば、中軸線が、實際より上方にありとする誤差を生ずる事となる。

此の誤差の程度を検せんは、 $\Delta c$  を無視せる爲めに  $\eta_0$  に對し  $\Delta \eta_0$ 、 $\gamma$  に對し  $\Delta \gamma$  なる誤差を生じたりとすれば、

$$(\gamma - \Delta \gamma) - (\eta_0 - \Delta \eta_0) = b$$

$$(\gamma - \Delta \gamma)(\eta_0 - \Delta \eta_0) = c - \Delta c$$

となり。

$$\Delta\eta_0 (\gamma + \eta_0) - [\Delta\eta_0]^2 = \Delta c \dots\dots\dots(47)$$

$$\Delta\eta_0 \sqrt{b^2 - 4c} - [\Delta\eta_0]^2 = \Delta c \dots\dots\dots(48)$$

(48) 式を解く事により  $\Delta\eta_0$  を求むる事を得れど、(42) 式よりの  $\eta'$  に對し  $\Delta\eta_0$  が如何なる割合にあるかを見んに、 $[\Delta\eta]^2$  を無視する時其の割合  $F_\eta$  は

$$F_\eta = \frac{\Delta\eta}{\eta'} = \frac{\Delta c}{c + \eta'^2} \dots\dots\dots(49)$$

となる、これに夫々其の値を與ふる時は、

$$F_\eta = \frac{\Delta\eta}{\eta'} = \frac{\frac{m+1}{m} \cdot \frac{m'}{m'+1} \cdot \frac{\sigma_t}{\sigma_c} (h_0 - \eta') \eta'}{\frac{m+1}{mb} n\alpha_s h + \frac{m+1}{m} \cdot \frac{m'}{m'+1} \cdot \frac{\delta_t}{\delta_c} (h_0 - \eta') \eta' + \eta'^2}$$

$$F_\eta = F_\alpha = \frac{\frac{m+1}{m} \cdot \frac{m'}{m'+1} \cdot \frac{\sigma_t}{\sigma_c} (\beta - \alpha) \alpha}{\frac{m+1}{m} n p + \frac{m+1}{m} \cdot \frac{m'}{m'+1} \cdot \frac{\sigma_t}{\sigma_c} (\beta - \alpha) \alpha + \alpha^2} \dots\dots(50)$$

但し  $h_0 = \beta h$

となり誤差の割合を示す。

本式に於て見る如く、誤差の程度は、 $\beta$  の増加と共に増加し、 $p$  の増加と共に減少し、 $\frac{\sigma_t}{\sigma_c}$  の増加と共に増加すべき性質を有す。

$\frac{\sigma_t}{\sigma_c}$  の値は、何れの場合に於ても、1.0 より小なる値なるが、普通其の破壊前に於て、0.1 ならしむべく設計す。

今誤差の大體の見當を見る爲め、 $\beta$  を 1.5 とし、 $\frac{\sigma_t}{\sigma_c}$  を 0.1 とし、 $m$  及び  $m'$  を 1.0 として、 $\alpha$  及び  $p$  に對する普通の範圍とし  $\alpha = 0.2 \sim 0.6$ ,  $p = 0.1 \sim 1.0\%$  として (50) 式を適應すれば、誤差の程度は次の如くなる。

$F_\alpha =$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \backslash p(\%) \end{array} \right.$	0.1	1.0
	0.2	0.224	0.046
	0.6	0.116	0.059

即ち 2 割以上の誤差を生ずる場合甚だ稀なり。

## 2. 煉瓦積の應壓力

第三章、第二節 (14) 式に示すが如く鐵筋煉瓦桁の抵抗力率  $\mathfrak{R}$  は

$$\mathfrak{R} = \frac{m}{m+1} b \sigma_c \eta \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)$$



にて表さる、依つて彎曲率  $M$  を受たる時、煉瓦積、上端維層に生すべき應力  $\sigma_c$  は次式によりて表さるべし。

$$\sigma_c = \frac{M}{\frac{m}{m+1} b \eta \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)} \dots\dots\dots (51)$$

$$= \frac{M}{\frac{m}{m+1} b h^2 \alpha \left( 1 - \frac{m}{2m+1} \alpha \right)} \dots\dots\dots (52)$$

$$\text{但 } \alpha = \frac{\eta}{h}$$

此の  $\eta$  又は  $\alpha$  に對し、計算に用ふべき値は、(42) 式又は (43) 式に於て求めたる値とす。

(52) 式の  $\alpha$  に對し、(43) 式を代入するときは

$$\sigma_c = \frac{1}{K} \cdot \frac{M}{b h^2}$$

$$K = \frac{1}{2(2m+1)(m+1)} \left[ [(2m+1) + (m+1)np] \sqrt{[(m+1)np]^2 + 4m(m+1)np} - (m+1) [(m+1)(np)^2 + (4m+1)np] \right] \dots\dots\dots (53)$$

を得べし

### 誤差の程度

(51) 式乃至 (53) 式に對する誤差は、(51) 式誘導の際に於て、煉瓦積の應張力を無視せる爲めに起り、更に  $\eta$  を求むるに際し、同様の原因に依りて生じたる誤差が、本式に影響を及ぼせる爲めに起る。

前者は、第三章第二節 (12) 式に於て

$$Z_b \left[ \frac{m'+1}{2m'+1} h_0 + \frac{m'}{2m'+1} \eta - h \right] = 0 \dots\dots\dots (54)$$

とせる爲めに生すべき誤差なるが、此の性質を検せん、 $Z_b$  は常に正にして、括弧内の値は、 $h_0 = \beta h$ ,  $\eta = \alpha h$  とするとき、

$$\frac{m'+1}{2m'+1} \beta + \frac{m'}{2m'+1} \alpha - 1 \dots\dots\dots (56)$$

となり、此の値が正なる時、(54) は  $D_b$  即ち  $\sigma_c$  を大とすべき誤差となり、(51) 式によりて算出せる  $\sigma_c$  は實際の  $\sigma_c$  より大なる値を與ふる事となれば、安全側の假定となる。

(56) 式に見る如く、 $\beta$  及び  $\alpha$  が増加する程、安全側の誤差が大となり、

$$\beta = 1 + \frac{m'}{m'+1} (1-\alpha) \dots\dots\dots(57)$$

の関係にある時、誤差なく、

$$\beta < 1 + \frac{m'}{m'+1} (1-\alpha) \dots\dots\dots(58)$$

の関係にある時、反つて危険側の誤差となる、一般に (58) の場合少し、

今此の該差の程度の見當を見んに、(12) 式

$$\mathfrak{B} = D_b \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) + Z_b \left[ \frac{m'+1}{2m'+1} h_0 + \frac{m'}{2m'+1} \eta - h \right]$$

に於て、左側、第一項と第二項との割合に依り之を見るに、

$$F_\sigma = \frac{\sigma_t}{\sigma_c} \frac{\left( \frac{m'+1}{2m'+1} \beta + \frac{m'}{2m'+1} \alpha - 1 \right) (\beta - \alpha)}{\left( 1 - \frac{m}{2m+1} \alpha \right) \alpha} \dots\dots\dots(59)$$

となり安全側に於ては  $\beta$  の増加と共に増加する外  $\frac{\sigma_t}{\sigma_c}$  の増加と共に増加し危険側にては此の反対となるを見る。

實際に於ける、該差の見當は、安全側に於て假りに  $\beta$  を甚だ大として 1.5 とし  $m$  及  $m'$  を 1.0 とし  $\alpha=0.2\sim0.6$  として、 $\frac{\sigma_t}{\sigma_c}$  を 0.1 とすれば、 $\alpha=0.2$  に對し 0.161,  $\alpha=0.6$  に對し、0.035 となるべし。

危険側に於て、 $\beta$  を 1.1 とし、 $m$  及び  $m'$  を 1.0 とし、 $\frac{\sigma_t}{\sigma_c}$  を 1.0 とし、 $\alpha=0.2\sim0.6$  とすれば  $\alpha=0.2$  に對し  $-0.098$ ,  $\alpha=0.6$  に對し  $-0.011$  となるべし、

されば實際に於ては安全側に於て2割、危険側に於て1割以上の誤差を生ずべき場合なかるべし。

次に、 $\alpha$  に對する誤差の (52) 式に對する影響を見るに、

$$J = \alpha \left( 1 - \frac{m}{2m+1} \alpha \right)$$

として、 $J$  に對する影響を見れば可なり。

今、 $\alpha$  に對し  $+\Delta\alpha$  丈け減少せしむべき誤差を生じたる時  $J$  に對し  $\Delta J$  丈けの誤差を生ずるものとすれば、

$$J + \Delta J = (\alpha - \Delta\alpha) \left[ 1 - \frac{m}{2m+1} (\alpha - \Delta\alpha) \right]$$

$$\dots \Delta J = - \left[ \Delta \alpha \left( 1 - \frac{2m}{2m+1} \alpha \right) + \Delta \alpha^2 \frac{m}{2m+1} \right] \dots \dots \dots (60)$$

$\Delta \alpha^2$  の項を無視する時は、

$$\Delta J = - \Delta \alpha \left( 1 - \frac{2m}{2m+1} \alpha \right)$$

$$\dots F_J = \frac{\Delta J}{J} = - \frac{\left( 1 - \frac{2m}{2m+1} \alpha \right)}{\left( 1 - \frac{m}{2m+1} \alpha \right)} \frac{\Delta \alpha}{\alpha}$$

$$\text{or } F_J = - \frac{1+2m(1-\alpha)}{1+m(2-\alpha)} F_a \dots \dots \dots (61)$$

(60) 式より  $\alpha$  を減少せしむる事は、(52) 式の分母を小とし、 $\sigma_c$  を大とすべき假定たるを知り (61) 式より煉瓦積の應張力を無視する影響は  $\alpha$  に對するものより  $\sigma_c$  に對するものゝ方小なるを知る。

今誤差の大體の見當を見る爲め、 $F_a$  と同様の場合を採りて檢するに

$$F_J = \begin{cases} \alpha \backslash p(\%) & 0.1 & 1.0 \\ 0.2 & 0.206 & 0.042 \\ 0.6 & 0.087 & 0.044 \end{cases}$$

なるを知る。

即ち (51) 乃至 (53) 式より求めたる  $\sigma_c$  の値は、安全側にありて、其の程度 2 3 割を越ゆる事なかるべき誤差なるべし。

### 3. 鐵筋の應張力

第三章、第二節 (31) 式に示すが如く、鐵筋煉瓦桁に於ける、鐵筋の應張力  $\sigma$  は、

$$\sigma_s = \frac{M}{a_s \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)} \dots \dots \dots (32)$$

$$= \frac{M}{a_s h \left( 1 - \frac{m}{2m+1} \alpha \right)} \dots \dots \dots (62)$$

$$\alpha = \frac{\eta}{h}$$

$\alpha$  の値は (43) 式にて求めたる値とす。

(62) 式に (43) 式の値を代入するときは

$$\left. \begin{aligned} \sigma_s &= \frac{1}{K'} \cdot \frac{M}{bl^2} \\ K' &= 1 - \frac{1}{2(2m+1)} \left[ \sqrt{(m+1)^2 n^2 p^2 + 4m(m+1) np} - (m+1) np \right] \end{aligned} \right\} \dots (63)$$

を得べし。

／誤差の程度

(63) 式に對する誤差は、(32) 式誘導に際し、煉瓦積の應張力を無視せる爲めに起り、更に、 $\eta$  を求むるに際し、同様の無視をなせる爲めに生ぜる誤差が、本式に影響する爲めに生ず。

前者は第三章、第二節 (11) 式

$$\Sigma = Z_s \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right) + Z_b \left[ \frac{m+1}{2m+1} \eta + \frac{m'+1}{2m'+1} (h_0 - \eta) \right] \dots \dots \dots (11)$$

に於て、左側第二項を無視せる爲めに生ずべき誤差なるが、此の値は常に正なるを以て、 $Z_s$  即ち  $\sigma_s$  を大とすべき誤差となり、(32) 式等によりて算出せる  $\sigma_s$  は實際より大なる値を與へ、安全なる側の誤差として表はるべきなり。

此の誤差の程度を見る爲め、(11) 式に於ける、第一項に對する第二項の割合を見るに、

$$F_s = \frac{\frac{m+1}{2m+1} \alpha + \frac{m'+1}{2m'+1} (\beta - \alpha)}{1 - \frac{m}{2m+1} \alpha} \cdot \frac{Z_b}{Z_s}$$

然るに、

$$Z_b = \frac{m'}{m'+1} b (h_0 - \eta) \sigma_s \quad Z_s = a_s \sigma_s$$

なれば、

$$F_s = \frac{\sigma_t}{\sigma_s} \frac{m'}{p(m'+1)} \frac{(\beta - \alpha) \left[ \frac{m+1}{2m+1} \alpha + \frac{m'+1}{2m'+1} (\beta - \alpha) \right]}{1 - \frac{m}{2m+1} \alpha} \dots \dots \dots (64)$$

となる。

即ち、誤差は、 $p$  の増加と共に減少し  $\beta$  の増加と共に増加すべき性質を有し、相當大なる値を與ふる場合あり。

$\frac{\sigma_t}{\sigma_s}$  の値は、荷重の低き部分に於ては、煉瓦積の彈性率 (張力に對する) と鐵

筋の弾性率との比に等しかるべきが、荷重の増加せる最後に於て、鐵筋が 15,000 #/sq. in. に達せる場合、煉瓦積が、50 #/sq. in. の應張力を受くるものと假定すれば、 $\frac{\sigma_i}{\sigma_s}$  の最小値として 1/300 を與ふべし、依つて、弾性比を假りに 25 とし  $\frac{\sigma_i}{\sigma_s}$  に對し 1/25 及び 1/300 を採り、 $\beta$  を 1.5 とし、 $p$  に對し 0.1%、 $\alpha$  に對し 0.2 及び 0.6 を採り、 $m$  及び  $m'$  を 1.0 とする時、其の誤差の割合次の如くなるべし。

$$F_s = \begin{cases} \sigma_i/\sigma_s \backslash \alpha & 0.2 & 0.6 \\ 1/25 & 25.9 & 22.4 \\ 1/300 & 1.8 & 2.1 \end{cases}$$

即ち、鐵筋少なくして、0.1% の如き場合には、數十倍と稱するが如き莫大なる安全側の誤差を生ずる場合あり。

普通の挿入量 1% 内外にありては、約 2 割乃至 3 割の誤差のあるべきものとの概念を得べし。

次に  $\alpha$  に對する誤差の、(63) 式等に對する影響を見るに、

$$J = 1 - \frac{m}{2m+1} \alpha$$

として、 $J$  に對する影響を見れば可なり。

今、 $\alpha$  に對し  $\Delta\alpha$  丈の誤差を生じたる時、 $J$  に對し  $\Delta J'$  丈の誤差を生ずるものとすれば、

$$J + \Delta J' = 1 - \frac{m}{2m+1} (\alpha - \Delta\alpha)$$

$$\Delta J' = + \frac{m}{2m+1} \Delta\alpha \dots\dots\dots (65)$$

$$F_{J'} = \frac{\Delta J'}{J} = \frac{\frac{m}{2m+1} \Delta\alpha}{1 - \frac{m}{2m+1} \alpha}$$

$$= \frac{m\alpha}{m(2-\alpha)+1} F_\alpha \dots\dots\dots (66)$$

(65) 式より、 $\alpha$  を減少せしむる事は、(62) 式の分母を増加せしめ、 $\sigma_s$  を小と

すべき危険なる假定たるを知り、(66)式より、煉瓦積の應張力を無視する事が、 $\alpha$ に對する影響より、 $\sigma_s$ に對する影響の方小なるを知る。

今誤差の大體の見當を見る爲め、 $F\alpha$ と同様の場合を採りて檢するに、

$$F J' = \begin{matrix} \alpha \backslash p(\%) & 0.1 & 1.0 \\ 0.2 & 0.016 & 0.0033 \\ 0.6 & 0.029 & 0.015 \end{matrix}$$

となり、其の値非常に僅少なり。

4. 應剪力

a. 垂直應剪力

桁を垂直に剪斷せんとする垂直應剪力の桁断面に於ける分布の状態は、實驗上よりこれを推定する事難きに依り、從來の材料に依れる桁と同様の假定を用ひ、桁断面に均等に分布せらるゝものと假定し、鐵筋混凝土桁の場合と同様に、鐵筋と煉瓦積とは夫々其の彈性率に比例して配布さるゝものと假定す。

然る時、剪力  $Q$  を受けたる時、鐵筋に於ける應剪力  $\tau_s$  及び煉瓦積に於ける應剪力  $\tau_b$  は次式に依りて表さるべし。

$$\tau_b = \frac{Q}{bh_0 + na_s} \dots\dots\dots (67)$$

$$\tau_s = \frac{Q}{\frac{bh_0}{n} + a_s} \dots\dots\dots (68)$$

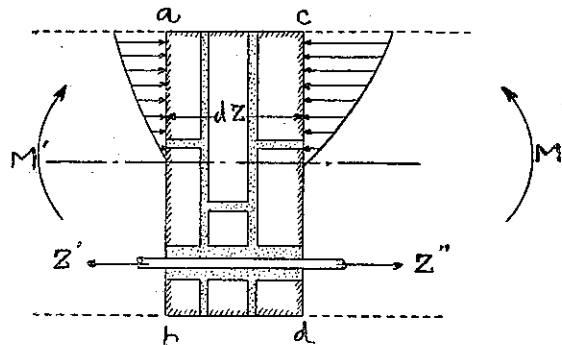
但し  $n = \frac{E_s}{E_b}$

本式に對する誤差は檢する事を得ず。

b. 水平應剪力

第十一圖に於て見る如く、彎曲を受けたる桁に於て、断面  $a-b$  及び  $c-d$  を想像するに、これ等兩断面に於ける應力が相等しからざる時は其の差によりて、桁を水平に剪斷せんとする、水平剪力を生ずべし。

今、兩断面に  $M'$  及び  $M''$  の彎曲率を受けたる場合の水平剪力の値を定めんに、中軸線より任意の距離  $w$  に於て、垂直距離  $ac$  の



第十一圖

に働く剪力  $\Delta f_v$  は桁幅を  $b$  とし、 $x$  點に於ける兩面の應壓力を  $\sigma'_{cx}$  及び  $\sigma''_{cx}$  とする時、

$$\Delta f_v = (\sigma'_{cx} - \sigma''_{cx}) b dx$$

なるべし、本式に

$$\sigma_{cx} = \sigma_c \sqrt{\frac{x}{\eta}}$$

及び、(51) 式の關係を代入する時、

$$\Delta f_v = \frac{(M' - M'')}{\frac{m}{m+1} \eta^{\frac{m+1}{m}} \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)} x^{\frac{1}{m}} dx$$

となるべし、依つて、中軸線より  $\eta'$  の距離にある點の剪力を求むるときは

$$\begin{aligned} \sum_{\eta'}^{\eta} \Delta f_v &= \frac{M' - M''}{\frac{m}{m+1} \eta^{\frac{m+1}{m}} \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)} \int_{\eta'}^{\eta} x^{\frac{1}{m}} dx \\ &= \frac{M' - M''}{\eta^{\frac{m+1}{m}} \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)} (\eta^{\frac{m+1}{m}} - \eta'^{\frac{m+1}{m}}) \dots \dots \dots (69) \end{aligned}$$

を得べし。

故に應剪力は、中軸線に近づくに従ひ増加し、中軸線に於て最大にして、其の値は

$$f_{v,x} = \frac{M' - M''}{h - \frac{m}{2m+1} \eta} \dots \dots \dots (70)$$

となる。

今、 $a-b$ ,  $c-a$  斷面を非常に接近せしめて考ふるときは  $M' - M''$  の値は  $dM$  となり、 $f_{v,x} = \frac{dM}{h - \frac{m}{2m+1} \eta}$  となるを以て、此の場合に於ける、單位應剪力  $\tau_B$

は此の値を、幅  $b$ 、長さ  $dl$  にて除したるものなるにより、

$$\begin{aligned} \tau_B &= \frac{dM|dl}{b \left( h - \frac{m}{m+1} \eta \right)} \quad \frac{dM}{dl} = Q \text{ ならば} \\ \tau_B &= \frac{Q}{b \left( h - \frac{m}{m+1} \eta \right)} \dots \dots \dots (71) \end{aligned}$$

但し、 $\eta$  は (42) 式より算出す。

となるべし

誤差の程度

この誤差は、(51) 式の場合の誤差及び (42) 式の場合に於ける誤差の影響にして (51) 式に關するものは、(51) 式と全く同様の割合に起り、(42) 式に關するものは (66) 式と全く同様の割合に起る。

後者は非常に小なる危険側の誤差なるを以て、結局安全側の誤差たる場合多し。

5. 鐵筋と煉瓦積との附着應力

第十一圖の場合に於て、 $a-b, c-d$  の兩斷面に於ける、鐵筋の應張力相等しからざる時、鐵筋が其の小なる側に移動せんとすべし、此の移動を阻止すべく、鐵筋と煉瓦積との間に附着應力を生ずべし。

今、兩斷面に  $M$  及び  $M'$  の彎曲率を受けたる場合に起るべき附着應力を求めんに、移動せんとする力を  $f_A$  とするとき、兩斷面に生じたる鐵筋の應張力を  $Z_s'$  及び  $Z_s''$  とすれば、

$$f_A = Z_s' - Z_s''$$

となり、 $Z_s$  に (32) 式を代入する時、

$$f_A = \frac{M - M'}{h \left( 1 - \frac{m}{2m+1} \alpha \right)}$$

となる。

今、兩斷面を、非常に接近せしめて考ふる時は、 $M - M'$  は  $dM$  となり、單位附着應力は、長さ  $dl$ 、及附着面を乗じたるものにて除したるものなるべし。

故に、煉瓦と膠泥との附着面を  $u_m$  とする時、其の面に働く附着應力  $\tau_{ma}$  は

$$\tau_{ma} = \frac{dM/l}{u_m \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)} \quad \frac{dM}{dl} = Q \text{ ならば}$$

$$\tau_{ma} = \frac{Q}{u_m \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)} \dots \dots \dots (72)$$

同様にして鐵筋と膠泥との附着面を  $u_s$  とするとき、其の面に働く附着應力  $\tau_{sa}$  は



$$\tau_{sa} = \frac{Q}{u_s \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)} \dots\dots\dots (73)$$

なるを知る。

### 誤差の程度

(72) 式及び (73) 式に對する誤差は、(32) 式及び (42) 式の誤差に依る影響にして其の割合、(32) (62) (63) 式の場合と同一なり。

次に桁全體に就て考ふるに、徑間  $l$  なる桁に於て、支點より  $x$  なる點に於ける彎曲率を  $M_x$  とするとき、 $M_x$  より生ずる鐵筋の應張力  $Z_x$  に對し、鐵筋は附着力に依りて、此の力に抗せざるべからず、されば兩支點より其の點までの鐵筋と煉瓦積との附着應力は、 $Z_x$  と等しからざるべからず。

今、鐵筋の長さを  $l_s$  とし、 $\frac{1}{2}(l_s - l)$  を  $d$  とする時、鐵筋と膠泥との間に就て考ふるときは、

$$\dots\dots (x+d) \tau_{sa} u_s = \frac{M_x}{h \left( 1 - \frac{m}{2m+1} \alpha \right)}$$

or

$$\tau_{sa} = \frac{M_x}{(x+d) u_s \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)} \dots\dots\dots (74)$$

となるべし。

(74) 式と (73) 式との比較に於ては

$$\frac{M_x}{(x+\alpha)} \leq Q$$

に従つて、(74) 式又は (73) 式に依り附着力に對する吟味をなすべし。

(74) 式を満足すべき強度あるときは桁全體としては破壊さるゝ事なかるべし。

## 第二節 基本公式に於ける、常數 $n$ 及び $m$ の探定

本章第一節に於て誘導せる、基本公式の常數  $m$  及び  $n$  の値は、第三章に於て見る如く、其の値區々にして、設計に當り、實際の値を採らんには、先づ使用せんとする材料に就て、試験を施し調査せざるべからず。

然れ共、設計に際し、使用材料に就て其の性質を調査するが如きは、頗に堪へず、到底行ふべからざる所なるを以て、これ等の値に對し、適當なる手段の下に一定の値を採定し、設計に資せざるべからず、先づこれ等値の採定に先ち、 $m$  及び  $n$  の變化が基本公式に如何なる影響のあるべきやを研覈せんとす。

I.  $m$  及び  $n$  の値の基本公式に對する影響。

A. 中軸線位置算出公式に對する影響。

中軸線位置算出の公式 (42) 式

$$\alpha = \frac{m+1}{2m} np \left[ \sqrt{1 + \frac{4m}{(m+1)np}} - 1 \right]$$

に於て、 $m$  及び  $n$  の採定値の大小が、 $\alpha$  に對する影響は  $\frac{d\alpha}{dn}$  及び  $\frac{d\alpha}{dm}$  の正負に係るを以て先づ  $\frac{d\alpha}{dn}$  に就て吟味せんに、

$$\frac{d\alpha}{dn} = -\frac{m+1}{2m} p + \frac{\frac{(m+1)^2}{2m^2} np^2 + \frac{m+1}{m} p}{2\sqrt{\left(\frac{(m+1)np}{2m}\right)^2 + \frac{m+1}{m} np}} \dots (75)$$

となり、此の値の正負は

$$\frac{m+1}{2m} p \leq \frac{\frac{(m+1)^2}{2m^2} np^2 + \frac{m+1}{m} p}{2\sqrt{\left(\frac{(m+1)np}{2m}\right)^2 + \frac{m+1}{m} np}} \dots (78)$$

によりて、 $\frac{d\alpha}{dn} \leq 0$  となるべし、

然るに、(78) 式の関係は、變形して

$$0 \geq \left( \frac{m+1}{m} p \right)^2$$

の関係となるを以て、 $\frac{d\alpha}{dn}$  は 0 より大なるを知る、即ち、 $\alpha$  は  $n$  の増加と共に増加すべき値なり

又  $\frac{d\alpha}{dm}$  に就て吟味せんに、

$$\frac{d\alpha}{dm} = + \frac{np}{2m^2} - \frac{\frac{(m+1)}{2m^3} n^2 p^2 + \frac{np}{m^2}}{2\sqrt{\left(\frac{(m+1)}{2m} np\right)^2 + \frac{m+1}{m} np}} \dots\dots(79)$$

とより此の値の正負は

$$\frac{np}{2m^2} \geq \frac{\frac{(m+1)}{2m^3} n^2 p^2 + \frac{np}{m^2}}{2\sqrt{\left(\frac{(m+1)}{2m} np\right)^2 + \frac{m+1}{m} np}} \dots\dots(80)$$

によりて  $\frac{d\alpha}{dm} \geq 0$  となるべきものなるが、(80) 式の關係は、變形する時

$$0 \geq \left(\frac{np}{m}\right)^2$$

の關係となるを以て、 $\frac{d\alpha}{dm}$  は 0 より小なるを知る、即ち  $\alpha$  は  $m$  の増加と共に減少すべき値なり。

依つて、 $n$  を大に採る時は、中軸線の位置を下方にありとし、 $m$  を大に採る時は上方にありとする結果を得べし。

### B. 煉瓦積の應壓力算出公式に對する影響。

煉瓦積の應壓力  $\sigma_c$  を算出すべき公式 (51), (52), 又は (53) 式に對する、 $n$  及び  $m$  の値の影響は、其の分母に對する影響より求めんとす。

今、(52) 式に就て見るに、

$$\sigma_c = \frac{M}{\frac{m}{m+1} bh^2 \alpha \left(1 - \frac{m}{2m+1} \alpha\right)}$$

に於ては、其の分母中に直接  $n$  を含まず  $n$  は  $\alpha$  に影響し、従つて  $\sigma_c$  に影響する事となるべし。

然るに、 $n$  の  $\alpha$  に對する影響は、 $n$  の増大は、 $\alpha$  の増大なるべきは、前項にて叙述せし所にして、又  $\alpha$  の  $\sigma_c$  に對する影響は、本章第一節 II に於て、叙述せし如く、 $\alpha$  を減少せしむる事は、 $\sigma_c$  を大とすべき、即ち安全側なるを以て、 $n$  を小とする事は、 $\sigma_c$  を大とする安全側の影響たるを知る。

$m$  に就て見るに、(53) 式の分母中、 $m$  を含める。

$$K = \frac{1}{2(2m+1)(m+1)} \left[ \left\{ (2m+1) + (m+1)np \right\} \sqrt{\left\{ (m+1)np \right\}^2 + 4m(m+1)np} - (m+1) \left\{ (m+1)(np)^2 + (4m+1)np \right\} \right]$$

に於て、 $\frac{dK}{dm}$  を探る時

$$\begin{aligned} \frac{dK}{dm} &= \frac{1}{2(2m+1)^2(m+1)} \cdot \frac{1}{\sqrt{(m+1)^2 n^2 p^2 + 4m(m+1)np}} \times \\ &\left[ 2(m+1)(2m^2 + 2m + 1)n^2 p^2 + (m+1)^2 m n^3 p^3 + 2(2m+1)^2 np \right] \\ &- \frac{1}{2(2m+1)} \left[ m n^2 p^2 + (4m+1)np \right] \dots\dots\dots (81) \end{aligned}$$

となるを以て、

$$\begin{aligned} 4 \left( 2 + \frac{1}{m} \right)^2 &\geq \left( 1 + \frac{1}{m} \right)^2 \left( 24 + \frac{32}{m} - \frac{7}{m^2} + \frac{6}{m^3} - \frac{1}{m^4} \right) n^2 p^2 \\ + 2 \left( 1 + \frac{1}{m} \right)^3 &\left( \frac{2}{m} + \frac{1}{m} + \frac{3}{m^2} \right) n^3 p^3 + \left( 16 + \frac{24}{m} + \frac{1}{m^2} - \frac{18}{m^3} - \frac{11}{m^4} + \frac{2}{m^5} \right) np \dots\dots (82) \end{aligned}$$

に従つて、 $\frac{\partial K}{\partial m} \geq 0$  となる

然るに通常  $np$  は 1.0 より小なる數なれば、(82) 式の右側は、左側より大となり  $\frac{\partial K}{\partial m}$  は正となる。従つて、 $K$  の値は  $m$  の値の増加と共に増加すべきものにして換言すれば、 $m$  の過大なる採定は  $\sigma_s$  を減少せしむべき危険なる側の假定たるを知る。

**C** 鐵筋の應張力算出公式に對する影響。

鐵筋の應張力  $\sigma_s$  を算出すべき公式、

(32) 又は (62) 式に對する、 $n$  及び  $m$  の値の影響は、其の分母に對する影響より求めんとす。

此の場合にても、 $n$  は、 $\alpha$  に影響し、従つて、 $\sigma_s$  に影響すべきものなるが、 $\alpha$  の  $\sigma_s$  に對する影響は、本章第一節 III に於て叙述せし如く、 $\alpha$  の増大は (62) 式の方母を減少し、 $\sigma_s$  を増加せしむべきを以て、 $n$  の過大なる採定は、 $\sigma_s$  を大とすべき安全なる側の假定たるを知る。

$m$  に就ては、(63) 式の方母、

$$K' = 1 - \frac{1}{2(2m+1)} \left[ \sqrt{(m+1)^2 n^2 p^2 + 4m(m+1)np} - (m+1)np \right]$$

に於て、 $\frac{\partial K'}{\partial m}$  を採る時、

$$\frac{\partial K'}{\partial m} = \frac{np}{2(2m+1)^2} \left[ m - \frac{(m+1)mn^2p^2 + (4m^2 + 4m + 2)np}{\sqrt{(m+1)^2 n^2 p^2 + 4m(m+1)np}} \right] \dots\dots\dots (83)$$

となるを以て、

$$0 \geq - \left[ 4m(m+1)^2 np + 2(2m^2 + 2m + 1) \right] \dots\dots\dots (84)$$

に従つて、 $\frac{\partial K'}{\partial m} \geq 0$  となるものなれば、 $\frac{\partial K'}{\partial m}$  は負にして、 $m$  の増加と共に  $K'$  は減少すべきを知る。

即ち、 $m$  の値を過大に採定する事は、 $\sigma_s$  に過大なる値を與ふべき安全側の假定たるを知るべし。

#### D. 水平應剪力及鐵筋と煉瓦積との附着力算出公式。

前節に述べたる如く、B. 及び C. 項より推定し得べし。

#### 2. 常數 $n$ 及び $m$ の採定。

常數  $n$  及び  $m$  は、實驗を基礎として、合理的に、且安全側の誤差を生ずべく採定せざるべからず。

然るに、前項に於て見る如く、 $n$  及  $m$  の値の増減に依り、煉瓦積の應壓力  $\sigma_s$  に對する影響と、鐵筋の應張力  $\sigma_s$  に對する影響とは安危相反する結果を齎すべきものにして、 $n$  を小とする事は  $\sigma_s$  に對し、安全側なれ共、 $\sigma_s$  に對し危険側となり、 $m$  を小とする事は  $\sigma_s$  に對し安全側なれ共  $\sigma_s$  に對し、危険側となる。

されば、一方を安全ならしめんとすれば、一方に危険となり、其の採定甚だ苦心の存する所なれ共、煉瓦積は鐵筋に比し、強度其他に關し、其の値一定せず、従つて危険多きものにして、其の性質其他に關する研究尠く、不安の多きものなれば、成る可く、煉瓦積側を安全ならしむべく、これ等の値を採定するは至當なるべし。

又、誤差の性質を見るに、 $\sigma_s$  を計算すべき公式は、前述の如く、煉瓦積の應張力を無視する事により、數倍又は數十倍と稱するが如き、安全側の誤差を生じ、 $\sigma_s$  の煉瓦積應張力を無視による誤差は危険側なりと雖も其の程度甚だ僅少にして、

數%に過ぎざるものなれば、 $\sigma_s$  は普通大なる安全側にあるべきにより、此の點に於ても、危險側を、 $\sigma_s$  にあらしむべく採定せざるべからず。

**A.**  $m$

實驗より得たる  $m$  の値は、0.88 乃至 1.52 とす。

此の間に於て、 $\sigma_s$  に安全側なるべく、且算式を簡單ならしむる爲め、 $m$  の値を 1.0 とす。

**B.**  $n$

$n$  は中軸線の位置を推定すべき公式に要すべき値にして、 $\alpha$  と  $n$  の關係は (41) 式より。

$$\alpha^2 + 2 \frac{m+1}{2m} np \alpha - \left[ \frac{m+1}{m} np + \frac{m+1}{m} \cdot \frac{m'}{m'+1} \cdot \frac{\sigma_s}{\sigma_c} (\beta - \alpha) \alpha \right] = 0$$

となるべきが、基本式を求めたる場合と同じく末項を無視する時は、

$$n = \frac{m}{m+1} \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)p} \dots\dots\dots (85)$$

となるべし、本式に於て、 $m$  を 1.0 とし、試験より得たる  $\alpha$  の値を代入し、 $n$  を求むる時は、其の  $n$  の性質は、 $m$  を 1.0 とし、此の  $n$  の値を用ゐ、(43) 式より  $\alpha$  を算出する時は、(85) 式と (43) 式とは同一の式なれば、必ず試験より得たる  $\alpha$  と合致すべきものなり。

若し試験に於て  $\alpha$  の値が何れの場合に於ても一定せるものならば、此の方法により  $n$  を求むる時は算法其他に於て、何等誤差を含まざる結果を得べきも、 $\alpha$  の値は荷重の變化と共に變化すべきものなるにより、それ等の平均を採り、(85) 式を適應する事とせり。

此の平均として採る  $\alpha$  の値は、其の區間を、別項記載の理由により、 $\sigma_c$  が 200#/in<sup>2</sup> 乃至 600#/in<sup>2</sup> の値を與ふべき荷重の間とせり。

$\alpha$  に對する此の平均値は第廿三表、觀測欄、平均に示すが如し。

此の値に對し、(85) 式を適應し、 $m=1$  として、 $n$  を求むる時は、同表、計算欄、上段に示す値を得べし、其の値は桁によりて異り、20 乃至 39.6 平均 25.3 となる。

一般に使用すべき、 $n$  の値としては、各種多様の桁に於て、多數の實驗を施し此の方法より  $n$  を求むる時は、(43) 式を一種の實驗式として取扱ひたるものと

14.1 Kg/cm<sup>2</sup>  
42.2 Kg/cm<sup>2</sup>

して、合理的の  $n$  の値を得べし。

### 第二十三表

試験桁に於ける  $\alpha$  と  $n$  との関係

No.	5		7		14		10		11		12		15		16					
	Load	$\alpha$	Load	$\alpha$	Load	$\alpha$	Load	$\alpha$	Load	$\alpha$	Load	$\alpha$	Load	$\alpha$	Load	$\alpha$				
観内	0.6	0.42	0.4	0.36	0.6	0.41	0.6	0.57	0.6	0.58	0.8	0.49	0.6	0.54	0.6	0.53				
	0.8	0.39	0.6	0.34	0.8	0.39	0.8	0.57	0.8	0.53	1.0	0.49	0.8	0.53	0.8	0.50				
	1.0	0.38	0.8	0.34	1.0	0.37	1.0	0.52	1.0	0.50	1.2	0.46	1.0	0.54	1.0	0.48				
	1.2	0.36	1.0	0.33	1.2	0.36	1.2	0.50	1.2	0.50	1.4	0.46	1.2	0.52	1.2	0.47				
	1.4	0.35	1.2	0.33	1.4	0.35	1.4	0.51	1.4	0.50	1.6	0.45	1.4	0.50	1.5	0.47				
測誤			1.4	0.33	1.6	0.35	1.6	0.52	1.6	0.47	1.8	0.45	1.6	0.49	2.0	0.45				
					1.8	0.35	1.8	0.53	1.8	0.48	2.0	0.47	1.8	0.49						
							2.0	0.53												
平均	0.38		0.338		0.369		0.531		0.508		0.467		0.516		0.483 平均					
計	平均に對する相當 $n=25$ に對する $\alpha$		39.6		29.3		20.6		26.7		23.3		18.2		24.4		20.0		25.3	
算			0.313		0.390		0.518		0.518		0.518		0.518		0.518					

然れ共此の場合に於ては、其の實驗數少なきを以て、此の數に對する信頼の程度些し。

されば、此の數を參考として、別途に求めん爲め、後述、第二節、第廿四表に於て、 $n$  を 15 乃至 30 とし、 $m$  を 1.0 乃至 2.0 とし、 $\frac{m}{m+1} b h^2 \alpha \left(1 - \frac{m}{2m+1} \alpha\right)$  及び  $h a_s \left(1 - \frac{m}{2m+1} \alpha\right)$  を算出せるもの、内、 $m$  を 1.0 とせるものに於て、それ等の中間の値を與ふべき  $n$  を求むるに、 $n$  を 25 とせるものは、約其の中間に位せるを以て、前述の平均とは或は偶然の一致なるべきも、 $n$  の値を 25 と探定する事にせり。

されば之は一種の公式に對する實驗値にして、煉瓦積の彈性率と、鐵筋の彈性率との比に對しては、更に吟味を要すべきものとす。

應剪力及び鐵筋と煉瓦積との附着力算出公式に對しても便宜上  $m=1$ ,  $n=25$  と採る、

#### 誤差の程度

今、此の探定値に對する、誤差を吟味せん、此の影響の割合は、基本公式に於て見る如く、桁の寸法、 $b$ 、及び  $h_0$  又は  $h$  に無關係にして、(81) 式及び、(83) 式に見る如く、 $p$  即ち鐵筋量によりて増減すべきを知る。

今試験桁に於て、 $n$  を 15 乃至 30 とし、 $m$  を 1.0 乃至 2.0 とし、(43) 式より  $\alpha$  を算出し、(52) 式に於ける分母、及び (62) 式に於ける分母を算出するに第廿四表に示す結果を得。

今、 $n$  を 25 とし、 $m$  を 1.0 とせるもの、値を 1.0 とし、其他の  $m, n$  に對するもの、此の値に對する割合を見るに、同表に示す如く、(52) 式の分母に於て、0.824 乃至 1.238, (62) 式の分母に於て 0.977 乃至 1.022 なるを見る。

然るに、本試験桁に於ける  $p$  の値は、0.294% 乃至 1.125% にして、普通使用する鐵筋量は、此の範囲内にあり、 $n$  の値は、一般に、15 乃至 30 を脱する場合なかるべく、 $m$  の値も亦 1.0 乃至 2.0 を脱する場合なかるべきを以て、第二十四表は、一般の場合を包括せるものと見るべし。

されば、一般に、本章第一節の公式に於て、 $m$  を 1.0 とし、 $n$  を 25 とする時は、 $\sigma_c$  を算出する場合に、安危約 20% の誤差を生じ、 $\sigma_s$  を算出する場合、安危約 2% の誤差を生ずる場合あるものと知るべし。

第二十四表

$m$	$\alpha$				$\frac{m}{m+1}bh^2\alpha\left(1-\frac{m\alpha}{2m+1}\right)$				$h\alpha_s\left(1-\frac{m}{2m+1}\alpha\right)$							
	$n^{3/8}''\phi$	$n^{1/2}''\phi$	$n^{3/4}''\phi$	$n''\phi$	$3/8''\phi$ 割合	$1/2''\phi$ 割合	$3/4''\phi$ 割合	$n''\phi$ 割合	$3/8''\phi$ 割合	$1/2''\phi$ 割合	$3/4''\phi$ 割合	$n''\phi$ 割合				
1.00	15	0.25	0.32	0.44	24.07	0.824	30.02	0.832	39.43	0.873	0.5649	1.022	0.9802	1.027	2.111	1.031
	20	0.29	0.36	0.47	27.51	0.942	33.28	0.934	41.62	0.921	0.5563	1.007	0.9659	1.012	2.186	1.067
	25	0.31	0.39	0.52	29.21	1.000	35.64	1.000	45.15	1.000	0.5525	1.000	0.9549	1.000	2.047	1.000
	30	0.34	0.42	0.54	31.88	1.085	37.94	1.065	46.49	1.030	0.5464	0.989	0.9439	0.988	2.030	0.991
1.25	15	0.25	0.31	0.43	26.54	0.909	32.14	0.902	42.47	0.940	0.5611	1.016	0.9747	1.021	2.096	1.023
	20	0.28	0.35	0.46	29.33	1.006	35.71	1.001	44.34	0.993	0.5544	1.003	0.9604	1.006	2.069	1.010
	25	0.30	0.38	0.50	31.24	1.069	38.28	1.074	47.86	1.060	0.5501	0.996	0.9482	0.993	2.032	0.992
	30	0.32	0.41	0.52	30.06	1.029	40.83	1.146	49.40	1.094	0.5458	0.988	0.9373	0.982	2.017	0.984
1.50	15	0.23	0.30	0.41	26.49	0.907	33.58	0.942	43.73	0.963	0.5630	1.019	0.9659	1.012	2.094	1.015
	20	0.27	0.35	0.45	30.60	1.048	33.34	1.076	47.14	1.045	0.5537	1.002	0.9537	1.000	2.057	1.004
	25	0.29	0.37	0.49	32.61	1.116	40.16	1.127	50.40	1.116	0.5495	0.995	0.9451	0.990	2.020	0.986
	30	0.31	0.40	0.50	34.54	1.182	42.86	1.203	51.18	1.133	0.5445	0.981	0.9330	0.977	2.010	0.982
1.75	15	0.23	0.30	0.40	28.16	0.964	35.40	0.993	45.11	0.993	0.5710	1.033	0.9692	1.015	2.090	1.021
	20	0.26	0.33	0.45	31.23	1.069	33.45	1.079	49.61	1.099	0.5537	1.002	0.9571	1.002	2.042	0.997
	25	0.28	0.37	0.49	33.34	1.141	42.32	1.187	52.97	1.174	0.5488	0.993	0.9396	0.984	2.002	0.978
	30	0.30	0.40	0.50	35.40	1.212	45.11	1.266	53.78	1.191	0.5440	0.985	0.9283	0.970	1.993	0.973



$m$	$n$	$3/8''\phi$	$1/2''\phi$	$3/4''\phi$	$3/8''\phi$ 割合	$1/2''\phi$ 割合	$3/4''\phi$ 割合	$3/8''\phi$ 割合	$1/2''\phi$ 割合	$3/4''\phi$ 割合						
2.00	15	0.22	0.29	0.39	28.20	0.995	35.87	1.006	46.06	1.020	0.5594	1.012	0.9734	1.019	2.089	1.020
	20	0.26	0.32	0.44	32.60	1.116	39.05	1.096	50.73	1.123	0.5520	0.999	0.9616	1.007	1.039	0.996
	25	0.28	0.35	0.46	34.79	1.191	42.12	1.182	52.52	1.164	0.5470	0.990	0.9482	0.993	2.020	0.986
	30	0.29	0.37	0.48	35.87	1.228	44.11	1.238	54.27	1.202	0.5445	0.986	0.9396	0.984	2.000	0.977

本計算に於て四捨五入の關係上 1% 内外の誤差を有するものあり

鐵筋の附着力、及び、水平剪力算出公式に對しては  $\sigma$ 。算出の場合と同様の方法にて其の誤差を推知し得べし。

### 第三節 鐵筋煉瓦の許容強度

基本公式より、鐵筋煉瓦桁を設計せんとする場合に要すべき値は、煉瓦積の許容抗壓強度、 $B_c$ 。鐵筋の許容抗張強度、 $S_s$ 。煉瓦積の許容抗剪強度、 $B_s$ 。鐵筋の許容抗剪強度、 $S_s$ 。及び 鐵筋と膠泥との附着力  $SM_c$ 。膠泥と煉瓦積との附着力  $MB_c$  とす。

此の内、鐵筋に關するものは、鐵筋混凝土學に於て、既に充分の研究を経たる所なれば、夫れ等の値を採用し得べきを以て、主として煉瓦積に關する吟味を要すべし。

然るに、煉瓦積の殆んど主體たるべき煉瓦は、其の強度區々にして、製造所に於て異なる値を有するは勿論、同一製造所に於ても、一定の値を豫期し難し。

製造所は各々、燒過何等、並燒何等、等種々の階級を設くれ共、其の標準は燒成の程度、形狀、並びに色彩に據るものなれば、等級は必ずしも強度の順位を定むるものにあらず、加之、各製造所相互の間に於て、其の等級に連絡を存せず一般煉瓦としての、強度を其の等級より推知し得ざる場合多し。

されば、從來煉瓦の強度に對する區別甚だ膜然たるものにして、法令に於てすら、これを一律の下に取扱ひ、何等區別を設けざる有様にて、従つて、煉瓦一般に對しての信頼の程度を減殺し居れり、一方使用せんとする検査に際しても特殊なる大工事にあらざる場合は、單に金屬性清音を發し、其の色彩一樣なるものと稱するが如き、標準を以てし、會々其の吸水率を検査する場合ありと雖も吸水率と、強度との關係を明かになさず膜然たる 検査をなすに止まれり。

此の爲めに、劣等の煉瓦を用ゐたる事が、失敗の主因たる場合に於ても、煉瓦積を一般的に危險なりとする、結論を生み、一方甚だ劣等なる煉瓦を使用する場

合に於ても、一般煉瓦の強度を豫期する危険を生ずる場合も起るものにして、煉瓦積に於て、其の許容強度を採定せんには、先づ煉瓦の強度による區分なし、其の區分を容易に識別し得る方法を求むるは急務なるべし。

著者は、鐵筋煉瓦に對し、特に其の必要を認め、其の研究を進めんとするものなれ共、今日に於ては大體次の基準により、煉瓦を區別せんとす。

- A. 優良煉瓦、其の抗壓強度每平方吋 2,500#/□" を有するもの。
- B. 普通煉瓦、燒過又は選燒と名稱するものに屬し、其の色彩黒調を帶び、打ち叩きて發する音響は高く、吸水率比較的少きもの。
- C. 劣等煉瓦、並燒と名稱するものに屬し其の色彩黄調を帶び、打ち叩きて發する音響は低く、吸水率比較的大なるもの。

の3區別にして、鐵筋煉瓦に使用すべき煉瓦は、B種以上を可とす。

#### ① 煉瓦積の許容抗壓強度

煉瓦積の抗壓強度は、膠泥の強度及び煉瓦積の強度に係り、其の小なる側の値に制限さるゝ外、接合の状態に依りて左右さるゝものなるべし、されば一般に煉瓦積の強度は、其の個々の強度より低きものと考へざるべからず。

煉瓦の抗壓強度は、第二章に於て叙述せる如く、著者並に從來の試験成績を一括するに、第廿五表に示すが如き値を示す。

第 二 十 五 表  
煉瓦抗壓強度一覽表

煉瓦種類	強 度 #/□"			試験數	摘 要
	最 小	最 大	平 均		
御幸煉瓦 並三等	1,546	3,564	2,379	8	著者の實驗
同 燒二等	2,100	4,590	2,931	8	”
八王子 燒過	833	1,686	1,239	51	*内務省 微龜裂を生じたる時
”	1,971	7,235	2,932	51	同 破壊
金 町 燒過	2,660	7,011	4,565	39	同
大坂窯業 燒過	743	4,086	1,997	18	*同 微龜裂を生じたる時
”	5,018	7,545	6,351	28	同 破壊
御幸煉瓦 燒一等	3,564	5,363	4,387	6	*鐵道省 龜裂

煉瓦種類	強 度 #/□"			試験数	摘 要
	最 小	最 大	平 均		
御幸煉瓦 焼一等	6,017	8,301	6,827	6	鐵道省 破壊
同 焼二等	2,480	4,481	3,347	6	*同 龜裂
”	5,377	5,834	5,553	6	同 破壊
同 焼三等	2,944	4,352	4,054	6	*同 龜裂
”	3,937	5,045	4,704	6	同 破壊
日本煉瓦 焼過	1,344	6,788	4,965	6	高等工業
東京煉瓦 焼過	592	1,172	815	4	内務省
最 大	5,377	8,301	6,827		
最 小	592	1,172	815		
半 均			3,548		* 印を除く

著者の實驗を除き、總て燒過階級に屬するものなるが、其の最大 5,834#/□"、最小 592#/□" 平均 3,548#/□" を示し、破壊強度に於て 2,000#/□" を示すもの僅かに、東京煉瓦株式會社製品に過ぎず同製品に於ても、供試體 4 個に過ぎざるを以て、特殊なる場合なるやも知れず。

膠泥の強度に關しては、著者の實驗に於ては、配合、1:3 にて 2,217#/□" 乃至 4,995#/□" 平均 3,826 #/□" を示せるが、混捏の方法、水量、其他の條件にて、其の値を異にするものなるが、農商務省告示による規定に於て、配合 1:3 材齡 4 週に於て、 $120^{kg}/\square^{cm}[1,707\#/□"]$  と規定すれば、適當の材齡に於て 2,000#/□" 以上の値を有すべきを豫期し得べし。

されば、以上の値を參酌し、適當の安全率を採り、鐵筋煉瓦設計に當り採るべき許容強度は次の如く定む。

- A. 優良煉瓦を用ゐ、膠泥の配合を 1:3 以上とし、入念に施行したるもの  

$$\frac{500\#/□"}{35.2\ kg/cm^2}$$
- B. 普通煉瓦を用ゐ、膠泥の配合を 1:3 とし、普通に施行せるもの  

$$\frac{400\#/□"}{28.1\ kg/cm^2}$$
- C. 劣等煉瓦を用ゐ、膠泥の配合を 1:3 とし、稍粗惡なる施行をなせるもの  

$$\frac{300\#/□"}{21.1\ kg/cm^2}$$

市街地建築物法施行規則第二百條に規定せるものは、 $22^{kg}/\square^{cm}[314.4\#/□"]$  にして、煉瓦積全體を律せんとする場合として妥當なる値なるべし。

## II. 煉瓦積の許容抗剪力

煉瓦積の抗剪力に關する値は、第二章にて叙述せし如く、佐野博士の試験成績に於ては、膠泥の配合 1:2 にて  $360\#/o''$  乃至  $480\#/o''$ 、平均  $414\#/o''$ 、配合 1:3 にて、 $205\#/o''$  乃至  $390\#/o''$  平均  $313\#/o''$  を示す、著者の實驗に於ては、並燒三等煉瓦中に於て  $93\#/o''$  燒過二等煉瓦中に於て  $172\#/o''$  配合 1:3 の膠泥中に於て  $139\#/o''$  を示し、佐野博士の値より遙かに少なり。

此の値に就ては、更に多數の實驗を俟ちて定むべきなれど、今日に於ては、安全を採り、 $30\#/o''$  を許容強度とす。  $2.1\text{kg}/\text{cm}^2$

## III. 煉瓦積と鐵筋との附着力

煉瓦積と鐵筋との附着力は、煉瓦積と膠泥、膠泥と鐵筋、とに分つべきは前述の如くなるが、煉瓦積と膠泥との間の附着力は、煉瓦積の抗剪力に類似すべきものなるにより、許容強度を  $30\#/o''$  とす。

鐵筋と膠泥との附着力は、鐵筋混凝土に於て、充分調査せられたる所にして、現今、 $50\#/o''$  を許容強度となせり。  $3.52\text{kg}/\text{cm}^2$

著者の實驗に於ては、最大  $629\#/o''$  最小  $487\#/o''$  平均  $554\#/o''$  を示し  $50\#/o''$  に對し、約 10 の安全率を有せり。

本實驗は、或は特殊なる場合として、此の値を得たるものなるべけれ共、鐵筋と膠泥との附着力に關し、1904 年、Dr. E. Mörsch 氏が、螺旋鐵筋を施せる場合、附着力の値を増加する事を實驗せるが、或は、鐵筋煉瓦の構造に於ては、其の附着力を増加せるにあらざるやを想像すべし、更に多數の調査を要すべきものとす。

今日に於ては、從來の鐵筋混凝土等に於ける値を採り、許容強度を  $50\#/o''$  とす。

## IV. 煉瓦積の彈性率

煉瓦積の彈性率を要すべき場合は、垂直應剪力を算出すべき場合とす。

其の値は、區々にして、煉瓦積の應壓力が  $200\#/o''$  乃至  $600\#/o''$  を與ふる間に於ける平均として、鐵筋の彈性率に對し、其の比、9 乃至 61 を與へ、平均 17 を示す。

從來の試験に於ける値は、大森博士の實驗に於て、約 47 乃至 約 160 を示し物部博士の推算よりの採定、43 乃至、150 を示す。

此の正確なる値は、更に調査を要すべきものなれば、今日に於ては、假りに、鐵筋との彈性比を、便宜 25 とす。

#### V. 煉瓦積の許容抗張力

第二章に於て叙述せる如く、其の値僅少にして、田邊博士の成績に於けるが如きは、過少なりと雖も、安全率を相當に採る時は、 $3\#/o''$  内外の値を示し、信頼し能はざるものなれば、鐵筋煉瓦設計に當りては無視すべきものとす。

#### VI. 鐵筋の許容強度

鐵筋混凝土に於ける、成績を參酌し、次の如く許容強度を採定す。

- a. 抗張強度  $15,00\#/o''$
- b. 抗剪強度  $11,000\#/o''$

### 第四節 鐵筋煉瓦桁の算法

#### I. 彎曲率に對する算法

彎曲率と桁の寸法及び其の鐵筋量との關係に於ける變數は、

彎曲率  $M$  又は抵抗力率  $\mathfrak{M}$

桁の幅  $b$

桁の高  $h$ 、鐵筋の被覆を除ける  $h$

鐵筋量  $a_s$

煉瓦積の應壓力  $\sigma_c$ 、又は煉瓦積の許容抗壓強度  $B_c$

鐵筋の應張力  $\sigma_s$ 、又は鐵筋の許容抗張強度  $S_s$

にして、これ等の内の一部を既知とし他を求めんとす。

a)  $M$ 、 $b$ 、 $h$ 、及び  $a_s$  を知りて、 $\sigma_c$  及び  $\sigma_s$  を求む。

之は基本公式より直ちに求め得べきものにして、 $m=1.0$  とする時は次の如くなる。

$$\sigma_c = \frac{2M}{bh^2\alpha\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right)} \dots\dots\dots (86)$$

$$\sigma_s = \frac{M}{a_s h\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right)} \dots\dots\dots (87)$$

但し

$$\alpha = \frac{na_s}{bh} \left[ \sqrt{1 + \frac{2bh}{na_s}} - 1 \right] \dots\dots\dots(88)$$

$\frac{a_s}{bh} = p$  とすれば

$$\alpha = np \left[ \sqrt{1 + \frac{2}{np}} - 1 \right] \dots\dots\dots(89)$$

又は

$$\left. \begin{aligned} \sigma_s &= \frac{1}{K} \cdot \frac{M}{bh^2} \\ K &= \frac{1}{6} \left[ (3 + 2np) \sqrt{n^2 p^2 + 2np} - 2n^2 p^2 - 5np \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(90)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_s &= \frac{1}{K'} \cdot \frac{M}{a_s h} \\ K' &= 1 - \frac{1}{3} \left[ \sqrt{n^2 p^2 + 2np} - np \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(91)$$

此の計算に於て、

$$\sigma_c < B_c; \quad \sigma_s < S_t \dots\dots\dots(92)$$

なる様、 $b, h,$  及び  $a_s$  を定む。

①  $b, h, a_s, B_c$  及び  $S_t$  を知りて、 $\mathfrak{M}$  を求む、

$$\mathfrak{M}_B = B_c \frac{\alpha}{2} \left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right) bh^2 \dots\dots\dots(93)$$

$$\mathfrak{M}_s = S_t \left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right) a_s h \dots\dots\dots(94)$$

但し  $\alpha$  は (88) 式又は (89) 式より求む、

$$\text{又は} \quad \mathfrak{M}_B = \frac{B_c}{6} \left[ (3 + np) \sqrt{n^2 p^2 + 2np} - 2n^2 p^2 - 5np \right] bh^2 \dots\dots\dots(95)$$

$$\mathfrak{M}_s = S_t \left[ 1 - \frac{1}{3} (\sqrt{n^2 p^2 + 2np} - np) \right] a_s h \dots\dots\dots(96)$$

本算法は、既に施行せられたる桁は、幾何の抵抗力率あるべきやを知り、又は桁の寸法及び鐵筋量を豫定し、 $\mathfrak{M}_s$  及び  $\mathfrak{M}_B$  を求め、

$$\mathfrak{M}_s > M \quad \mathfrak{M}_B > M \dots\dots\dots(97)$$

なる様、寸法を増減す。

第二十六表 鐵筋煉瓦桁の抵抗力率

幅 12 吋に付

徑 鐵筋断面(吋) 煉瓦 $h(m)$	鐵筋断面(吋)																				摘要	
	$1/4'' \phi$	$3/8'' \phi$	$1/2'' \phi$	$5/8'' \phi$	$3/4'' \phi$	$7/8'' \phi$	$1'' \phi$	$1/4'' \phi$	$3/8'' \phi$	$1/2'' \phi$	$5/8'' \phi$	$3/4'' \phi$	$7/8'' \phi$	$1'' \phi$	$1/4'' \phi$	$3/8'' \phi$	$1/2'' \phi$	$5/8'' \phi$	$3/4'' \phi$	$7/8'' \phi$		$1'' \phi$
枚	$R_B$ [ '# ] $B_G=300^{\#}/\square''$										$R_B$ [ '# ] $B_G=350^{\#}/\square''$					$R_B$ [ '# ] $B_G=400^{\#}/\square''$						
	半枚	3.1	4.031	5.449	6.539	7.403	8.061	8.615	8.995	4.702	6.359	7.628	8.637	9.404	10.050	10.494	5.374	7.265	8.718	9.871		10.748
一枚	5.6	10.386	14.394	17.668	20.152	22.092	24.555	26.305	17.117	16.793	20.613	23.511	26.474	28.647	30.689	13.848	19.192	23.558	26.869	30.256	32.740	35.073
一枚半	10.1	26.258	37.091	46.455	54.535	61.696	68.122	73.447	30.624	43.278	54.198	63.624	71.978	79.476	85.688	35.010	49.454	61.940	72.713	82.261	90.830	97.930
二枚	14.6	48.354	68.734	86.717	103.501	117.987	133.872	142.663	56.412	80.190	101.170	120.751	137.535	156.184	166.440	64.472	91.645	115.623	138.002	157.183	178.496	190.218
二枚半	19.4	73.163	104.327	132.780	158.523	181.556	203.234	221.525	85.358	121.715	154.910	184.943	211.815	237.107	258.446	97.552	139.108	177.040	211.364	242.075	270.979	295.367
三枚	24.2	103.307	147.581	188.603	225.539	260.375	292.000	320.462	120.525	172.178	220.142	263.187	303.771	340.667	273.872	137.742	196.775	251.591	300.785	347.167	389.334	427.283
三枚半	28.7	133.438	192.743	246.601	298.528	343.973	385.487	425.518	155.677	224.867	288.868	345.949	401.302	449.735	496.438	177.917	256.991	330.135	395.371	458.630	513.982	567.358
四枚	33.5	169.634	246.446	313.108	379.769	432.291	496.932	547.434	197.965	287.820	365.293	443.064	504.339	579.754	138.672	226.246	328.593	417.477	506.359	576.788	662.576	729.312
四枚半	38.0	205.337	304.106	369.086	462.658	535.435	608.213	673.193	239.560	354.791	430.601	539.767	624.674	709.586	785.392	273.782	405.475	492.115	616.877	713.914	810.950	897.590
五枚	42.8	244.298	359.407	464.921	557.246	649.571	735.301	814.436	285.015	419.308	512.408	650.120	757.832	857.851	950.175	325.731	479.209	619.895	742.994	866.094	980.401	1,085.915
枚	$R_B$ [ '# ] $S_3=13,000^{\#}/\square''$										$R_B$ [ '# ] $S_3=14,000^{\#}/\square''$					$R_B$ [ '# ] $S_3=15,000^{\#}/\square''$						
	半枚	3.1	1.807	3.900	6.734	10.218	14.339	19.136	24.583	1.946	4.200	7.252	11.004	15.442	20.208	26.474	2.730	6.000	10.960	15.720		22.059
一枚	5.6	3.328	7.250	12.584	19.188	27.001	36.062	46.176	3.584	7.812	13.552	20.664	29.078	38.836	49.728	5.120	11.160	19.360	29.519	41.539	55.480	71.038
一枚半	10.1	6.110	13.390	23.348	35.685	50.427	67.600	86.788	6.580	14.420	25.144	38.430	54.308	72.800	93.464	9.400	20.600	35.920	54.899	77.578	103.997	133.517
二枚	14.9	9.037	20.007	34.957	53.633	75.646	101.517	131.079	9.786	21.546	37.646	57.764	81.788	108.326	141.162	13.980	30.780	53.780	82.518	116.837	156.176	201.655
二枚半	19.4	11.908	26.247	45.968	70.603	100.204	134.446	173.225	12.824	28.266	49.504	76.034	107.912	144.788	186.550	18.320	40.380	70.718	108.617	154.156	206.839	266.493
三枚	24.2	14.896	32.915	57.707	88.855	126.113	169.650	218.556	16.044	35.448	62.146	95.690	135.814	182.700	235.363	22.919	50.640	88.778	136.700	194.015	260.993	336.232
三枚半	28.7	17.706	39.195	68.809	105.950	150.722	202.709	261.547	19.063	42.210	74.102	114.100	162.216	218.302	281.666	27.239	60.300	105.860	162.996	231.874	311.852	402.370
四枚	33.5	20.722	45.747	80.665	124.332	176.891	238.186	307.346	22.316	49.266	86.870	133.896	190.498	256.503	330.993	31.879	70.378	124.100	191.275	272.133	366.431	472.828
四枚半	38.0	23.556	52.117	91.793	141.492	201.734	271.661	350.558	25.368	56.126	98.851	152.376	217.252	292.558	377.521	36.239	80.178	141.000	217.675	310.352	417.930	539.307
五枚	42.8	26.546	58.696	103.714	160.013	227.955	307.307	397.033	28.538	63.210	111.692	172.354	245.490	330.946	427.574	40.839	90.298	159.556	246.214	350.691	472.763	610.805

第二十六表は、煉瓦半枚厚乃至五枚厚、鐵筋徑、1/4吋乃至1吋(1/8吋飛び)を挿入せる場合に於ける、著者の特許透孔煉瓦使用英式積疊法に依れる場合(即ち鐵筋間隔9吋)に對する  $B_c$  及び  $S_t$  の値を算出したるものにして、 $B_c$  は 300#/sq. 350#/sq., 400#/sq. とし  $S_t$  は、13,000#/sq., 14,000#/sq., 15,000#/sq. とす、(佛式積疊法によるときは  $6\frac{3}{4}$ 吋間隔となる。)

設計に當りては、 $B_c$  及び  $S_t$  を豫定し  $B_c$  及び  $S_t$  中、同一煉瓦厚、同一鐵筋に相當するもの、内其の小なる側の  $B_c$  を採り、 $M$  より大ならしむる様にして、其の寸法を定む。

c)  $M$ ,  $B_c$  及び  $S_t$  を知りて、 $b$ ,  $h$  及び  $\alpha_s$  を求む。

此の場合には式の數より、未知數の數の方2個多ければ、 $bh^2$  を一つの未知數と見做し、適宜  $b$  と  $h$  とを定むる事として、其の一を減じ、 $\alpha$  を一定の限界の下に豫定して、式數と未知數の數とを同じからしむ、然る時

$$bh^2 = \frac{2M}{B_c \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right)} \dots\dots\dots (98)$$

$$\alpha_s h = \frac{M}{S_t \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right)} \dots\dots\dots (99)$$

より、 $bh^2$  及び、 $\alpha_s$  を求め得。

$\alpha$  を與ふべき方法は、鐵筋混凝土學に於ける、 $\alpha$  の採り方を用ふる時は、

桁が彎曲されて、煉瓦積の應壓力が、其の許容抗壓力に達したる時、鐵筋に於ける應張力が、同じく許容抗張力に達すべき様  $\alpha$  を定むる事となし。

$$nB_c : S_t = \alpha : (1 - \alpha)$$

なれば  $\alpha$  を、

$$\alpha = \frac{nB_c}{S_t + nB_c} \dots\dots\dots (100)$$

式より求め得べし

然るに、 $\alpha$  は、(8)式に於ても見る如く、桁断面と鐵筋量との比  $p$  にて定まる値なれば(98)式及び(99)式より



$$p = \frac{B_c \alpha}{2S_c} \dots \dots \dots (101)$$

として、直ちに求め得べし、されば、(100) 式より定めたる  $\alpha$  に對し、(98) 式より、 $b$  及び  $h$  を求める時は、(99) 式を用ふる事なく直ちに、

$$\alpha_s = pbh \dots \dots \dots (102)$$

として求め得べし、算法遙かに簡單なり。

從來鐵筋混凝土學に於ては、此の  $\alpha$  を定むる事は、經濟的方法なる如く説くものあれど、之は 兩材料に對し、最高能力を發揮せしめ得べき場合たるに過ぎず、經濟的には更に吟味を要すべきものとす。

#### d) 經濟的鐵筋量

一定斷面積の桁に於て、其の抵抗力率は鐵筋量の増加と共に増加すれ共、其の單位當り價額も亦、鐵筋量と共に増加すべきを以て、經濟的に鐵筋量を定めんには、單位抵抗力率當り、價額を最小ならしめざるべからず。

桁の抵抗力率は、其中軸線の位置により、鐵筋の應力從つて、 $\Sigma_0$  によりて制限さるゝものと、煉瓦積の應力、從つて  $\Sigma_0$  によりて制限さるゝものとあり、今後者に就て吟味せんに、桁の單位當り價額を  $C$  とし、 $c_1$  及び  $c_2$  を夫々、煉瓦積及び鐵筋の單位當り價額とし、煉瓦積の鐵筋被覆厚の價額を無視する時、

$$C = c_1 bh + c_2 \alpha_s$$

なるべし、 $c_2 = R c_1$  とする時上式は

$$C = (1 + Rp) c_1 bh \dots \dots \dots (103)$$

なるべし、然るに

$$\Sigma_0 = \frac{B_c}{6} \left[ (3 + np) \sqrt{n^2 p^2 + 2np} - 2n^2 p^2 - 5np \right] bh^2$$

なるにより、單位抵抗力率當り價額  $C_u$  は

$$C_u = \frac{6(1 + Rp) c_1}{B_c [(3 + np) \sqrt{n^2 p^2 + 2np} - 2n^2 p^2 - 5np] h} \dots \dots \dots (104)$$

なるべく、此の最小値は  $p$  に關し、

$$\frac{\partial C_u}{\partial p} = R \left[ (3 + np) \sqrt{n^2 p^2 + 2np} - 2n^2 p^2 - 5np \right]$$

$$- (1 + Rp) \left[ n \sqrt{n^2 p^2 + 2np} + (3 + np) \frac{n^2 p + n}{\sqrt{n^2 p^2 + 2np}} - 4n^2 p - 5n \right] = 0 \dots \dots (105)$$

より求め得べし。

(105) 式は、四次式にして、解式に手数を要し、且  $R$  は正確なる値ならざるを以て、圖式を以てするも、其の誤差は許容範囲にあるを以て、簡單の爲め圖式を用ふる事とせり。

第五圖表は、此の曲線にして、横軸に  $np$  を採り、曲線  $A$  は、 $\Sigma_3$  式中、常數  $\frac{B_0}{6}$  を除外したる

$$(3+np)\sqrt{n^2p^2+2np}-2n^2p^2-5np$$

を表はし、曲線  $B$  は、(104) 式中常數、 $\frac{6c_1}{B_0}$  を除外せる、

$$\frac{1+Rp}{(3+np)\sqrt{n^2p^2+2np}-2n^2p^2-5np}$$

を表せるものにして、 $R$  に對し、曲線に附記せる如く、20, 25 及び 30 を採りたるものなり。

$R$  の値は、時及び場所に依りて異れど大體、1 立方尺當り、煉瓦積 1 圓、鐵筋 25 圓にして、約 25 附近なるべし。

此の曲線より見るに、 $p$  の増加と共に  $C_u$  は最初著しく其の値を減じ、 $np$  が 0.2 ( $p=0.8\%$ ) に到りて其の低下の割合減少し。

$$R=20 \text{ の時} \quad np=0.3(p=2.0\%)$$

$$R=25 \text{ の時} \quad np=0.4(p=1.6\%)$$

$$R=30 \text{ の時} \quad np=0.3(p=1.2\%)$$

附近を最低値として、其の後  $p$  の増加と共に、 $C_u$  の値を増加すべし、されど増加の割合甚だ少なし。

(100) 式より定めたる  $\alpha$  従つて定まる  $p$  が、經濟的に如何なる地位にあるべきやを見んに、 $B_0$  及び  $f_s$  に對し、種々の値を採り、夫れ等に對する、 $\alpha$ ,  $p$  及び  $np$  を算出すれば、第二十七表に示す結果を得、第五圖表中點線を以て示せるはこれ等に對する  $np$  の値なり。

第二十七表及び第五圖表に見る如く、何れも經濟的鐵筋量以下にして、(100) 式よりの鐵筋量は經濟的に過少なるを知るべし。

されば、 $R$  に依りて、一定せざれ共、經濟的鐵筋量は、 $\Sigma_3$  に對し、1.5% 内

外にして、此の場合、 $\sigma_b$  が  $B_c$  に達するも尙、 $\sigma_s$  が  $S_t$  以下なるを以て、鐵筋

第二十七表

$S_t$	$B_c$	$\alpha$	$p$	$np$	
15,000 #/□''	500 #/□''	0.45	0.75 %	0.187	は、全能力を發揮し居らざるものなるは止むを得ざるべし、従つて、此の場合の桁の寸法は、 $S_t$ に依りて定めらるべきを以て $S_t$ に對する吟味は要せざるべし。
	400 #/□''	0.40	0.53 %	0.133	
	300 #/□''	0.31	0.31 %	0.078	
14,000 #/□''	500 #/□''	0.47	0.84 %	0.209	
	400 #/□''	0.42	0.60 %	0.150	
	300 #/□''	0.33	0.35 %	0.882	
13,000 #/□''	500 #/□''	0.49	0.94 %	0.235	
	400 #/□''	0.44	0.71 %	0.177	
	300 #/□''	0.35	0.40 %	0.100	

此の經濟的關係より  $p$  を定め、従つて  $\alpha$  を定むる時は算式は甚だ簡單なる形式となるべし。

例へば、 $p=1.0\%$  とする時、 $\alpha=0.5$  となり、桁の寸法及鐵筋量は

$$bh^2 = \frac{4.8M}{B_c}; \alpha_s = 0.01bh^2$$

となり、 $p=1.8\%$  とする時、 $\alpha=0.6$  となり、

$$bh^2 = \frac{M}{0.24B_c}; \alpha_s = 0.018bh^2$$

となるべし、此の場合に於ける  $\sigma_b$  と  $\sigma_s$  との關係は

$$\sigma_s = \frac{\alpha}{2p} \sigma_b$$

なるを以て、

$$p=1.0\% \text{ の時} \quad \sigma_s = 25 \sigma_b$$

$$p=1.8\% \text{ の時} \quad \sigma_s = 16.6 \sigma_b$$

にして、 $\sigma_b = B_c = 500 \text{ #/□''}$  とすれば

$$p=1.0\% \text{ の時} \quad \sigma_s = 12,500 \text{ #/□''} < S_t$$

$$p=1.8\% \text{ の時} \quad \sigma_s = 8,333 \text{ #/□''} < S_t$$

なるを知る。

今、 $p=1.0\%$  乃至  $2.0\%$  の場合に於ける、 $\alpha$ 、 $\frac{\alpha}{2}\left(1-\frac{\alpha}{3}\right)$  及び、其の場合に於ける  $\frac{\sigma_t}{\sigma_c}$  の値を求めれば、第二十八表に示すが如し。

第二十八表

p (%)	$\alpha$	$\frac{\alpha}{2}\left(1-\frac{\alpha}{3}\right)$	$\sigma_t/\sigma_c$	$f_s$ (#/□")			摘要
				$B_c=300\#/□"$	$B_c=400\#/□"$	$B_c=500\#/□"$	
1.0	0.500	0.208	25.0	7,500	10,000	12,500	
1.1	0.514	0.213	23.4	7,020	9,360	11,700	
1.2	0.533	0.219	22.2	6,660	8,880	11,100	
1.3	0.546	0.223	21.0	6,300	8,400	10,500	
1.4	0.557	0.226	19.9	5,970	7,960	9,950	
1.5	0.570	0.231	18.3	5,490	7,320	9,150	
1.6	0.580	0.234	18.1	5,430	7,240	9,050	
1.7	0.591	0.238	17.4	5,220	6,960	8,700	
1.8	0.600	0.240	16.7	5,010	6,680	8,350	
1.9	0.608	0.242	16.0	4,800	6,400	8,000	
2.0	0.620	0.246	15.5	4,650	6,200	7,750	

### e) 煉瓦積の應張力を考慮せる鐵筋量

煉瓦積の應張力は、算式上除外し、桁の抵抗力率を定むべきは前述せる所なるが、此の假定は、煉瓦積の應壓力及び鐵筋の應張力に對し、安全側にあるべきも、事實上、桁に於ては煉瓦積は應張力を分擔し、其の分擔量が、煉瓦積の應張強度以上に達するときは、張力破壊の爲め、桁に龜裂を生ずべし、此の場合桁としては、龜裂を生ずるを、鐵筋の抗張力及び煉瓦積の抗壓力に依りて、何等危険なきも、其の裂目より、濕氣其他の進入して、鐵筋を腐蝕せしむるが如き場合を想像し得べし。

此の點に關しては、鐵筋混凝土學に於ても重要な問題として、種々討議研究を重ねられる所なるが、混凝土に於ても同様の事情にあるものにして、鐵筋が  $\sigma_s$  なる應力を受けたる時、其の場合の伸長  $\epsilon_s$  と等量の伸長に對する煉瓦積の應力は其の抗張強度を超過する場合此の危険を生ずべし。

今煉瓦積の張力に對する彈性率を  $E_B$  とする時、鐵筋に  $\sigma_s$  なる應力を生じたる時の煉瓦積の應張力  $\sigma_t$  は、

$$\sigma_i = \frac{E_b'}{E_s} \sigma_s \quad \text{or} \quad \sigma_i = \frac{1}{n'} \sigma_s$$

となるべきものなれば、假りに  $n'=25$  とし、 $\sigma_s=10,000\#/ \square''$  とする時、 $\sigma_i=400\#/ \square''$  となり遙かに其の許容強度を超過する事となるべし。

鐵筋混凝土に於ても、混凝土の應張力は、此の場合と類似せし状態にあり、同様の危険にあるべきものなるが、佛國に於て、*Considère* 氏は、種々の實驗の後「混凝土が鐵筋を有する場合其の伸長に際し局部的斷面收縮をなさざる爲め純混凝土に比し、遙かに大なる伸長に堪え得べき」ものとし、1902年 *E. Mörsch* 教授の行ひたる實驗に於ても、鐵筋混凝土は、純混凝土に比し、約三倍の伸長度を示し、*Considère* 氏の意見を裏書せり。

然れ共、他方に於て、米國に於て、*Turneure* 氏が、水斑點によりて、毛狀龜裂を顯出して、其の場合の伸長量は鐵筋の有無に關せざるを實證し、*Considère* 氏の説を駁せる外、1903年に於ける *Kleinlogel* 氏の實驗、*Bach* 教授の所論等 *Considère* 氏の説を反駁すべき、實驗又は理論を存し、混凝土學上一定の確説なきが如し。

鐵筋煉瓦に關し著者は此の點に就て、充分闡明する所あらんとし、微裂目の檢出の手段として、水斑點に據らんとし、又は、桁下端に適當なる彈性率を有する金屬箔を張り、龜裂による電流の増減よりする電氣的方法を以て測定せんとする等、種々の方策を講じたれど、何れも、實驗上、又は理論上、正確なる檢出をなし能はず、失敗に歸せるが、肉眼を以てするものに據れば、普通煉瓦積よりは遙かに其の伸長量大なり。

要するに、此の問題は判然し難き所なれ共、鐵筋が、 $15,000\#/ \square''$  と稱するが如き應力を受けたる場合には、煉瓦積又は混凝土に於ては當然、其の強度を超過すべきものにして、其の生じたる、裂目は、鐵筋と瓦煉積又は混凝土との附着力充分なる場合に於ては、甚だ微少なるものなれど、部分的滑動により、其の裂目が擴大し、鐵筋の保護上危険を及ぼすものなるべし、鐵筋煉瓦に於ては、其の裂目、目地部に起る場合多きを以て、化粧目地を載荷後行ふ事とするは一策なり。

此の見解よりする鐵筋量は、鐵筋に生ずべき應力を可及的、小量にするを要し、經濟上許す限り多量の鐵筋を挿入すべきものにして、少なくとも、1% 以上の鐵筋を挿入する事を得策とすべし。

今参考の爲め、各種煉瓦厚並に鐵筋量の組合せに於ける、鐵筋と煉瓦積の斷面割合を求むれば、第二十九表に示すが如し。

第二十九表

煉瓦積厚 ( $b=9''$ )	鐵筋徑						
	$1/4''$	$3/8''$	$1/2''$	$5/8''$	$3/4''$	$7/8''$	$1''$
斷面積 $bh$	0.091 口''	0.1104	0.1983	0.3063	0.4418	0.6013	0.7854
半 枚	27.9 口''	0.176	0.396	0.703	1.100	1.583	2.155
一 枚	50.4	0.097	0.219	0.390	0.603	0.877	1.193
一枚半	90.9	0.054	0.121	0.216	0.338	0.486	0.662
二 枚	134.1	0.036	0.078	0.146	0.229	0.329	0.448
二枚半	174.6	0.028	0.063	0.112	0.176	0.253	0.344
三 枚	217.8	0.023	0.051	0.090	0.142	0.203	0.276
三枚半	258.3	0.019	0.043	0.076	0.119	0.171	0.233
四 枚	301.5	0.016	0.037	0.065	0.102	0.146	0.199
四枚半	342.0	0.014	0.032	0.057	0.090	0.122	0.176
五 枚	385.5	0.013	0.029	0.051	0.080	0.114	0.156

II 剪力に對する算法

a) 垂直剪力

$\tau_b$  = 煉瓦積の應剪力

$\tau_s$  = 鐵筋の應剪力

$Q$  = 剪力

とし  $n=25$  とする時は (67) 及び (68) 式より

$$\tau_b = \frac{Q}{bh_0 + 25a_s} \dots\dots\dots (106)$$

$$\tau_s = \frac{Q}{\frac{bh_0}{25} + a_s} \dots\dots\dots (107)$$

$B_s$  = 煉瓦積の許容抗剪力

$S_s$  = 鐵筋の許容抗剪力

$Q_v$  = 許容垂直剪力

とする時は

$$Q_v = B_s [bh_0 + 25a_s] \dots\dots\dots (108)$$

$$Q_v = S_s \left[ \frac{bh_0}{25} + a_s \right] \dots\dots\dots (109)$$

なり、各種煉瓦厚及び各種鐵筋量に對する桁幅一尺當り、許容剪力は第三十表に示すが如し。

第三十表  
鐵筋煉瓦の抗剪力(垂直)  
幅 12 吋に付

		鐵筋徑							摘 要
煉瓦厚		1/4"φ	3/8"φ	1/2"φ	5/8"φ	3/4"φ	7/8"φ	1"	
煉瓦積 ( $b_1 + 25c_1$ )	半 枚	52.0	54.1	56.6	60.6	65.1	70.4	76.6	本表に煉瓦積の抗剪力を乗ず 許容抗剪力 = $30 \frac{\#}{\square''}$
	一 枚	109.6	111.7	114.2	118.2	122.7	128.0	134.2	
	一枚半	163.6	165.7	168.2	172.2	176.7	182.0	188.2	
	二 枚	221.2	223.3	225.8	229.8	234.3	239.6	245.8	
	二枚半	275.2	277.3	279.8	283.8	288.3	293.6	299.8	
	三 枚	332.8	334.9	337.4	341.4	345.9	351.2	357.4	
	三枚半	386.8	388.9	391.4	395.4	399.9	415.2	411.4	
	四 枚	444.4	446.5	449.0	453.0	457.5	462.8	469.0	
	四枚半	498.4	500.5	503.0	507.0	511.5	516.8	523.0	
	五 枚	556.0	558.1	560.6	564.6	569.1	574.4	580.6	
鐵筋 ( $c_2 + 25c_3$ )	半 枚	2.081	2.163	2.277	2.424	2.604	2.817	3.063	本表に鐵筋の抗剪力を乗ず 許容抗剪力 = $11,000 \frac{\#}{\square''}$
	一 枚	4.385	4.467	4.581	4.728	4.908	5.121	5.367	
	一枚半	6.545	6.627	6.741	6.888	7.068	7.281	7.527	
	二 枚	8.849	8.931	9.045	9.192	9.372	9.585	9.831	
	二枚半	11.009	11.091	11.205	11.352	11.532	11.745	11.991	
	三 枚	13.313	13.395	13.509	13.656	13.836	14.049	14.295	
	三枚半	15.473	15.555	15.669	15.816	15.996	16.209	16.455	
	四 枚	17.777	17.853	17.973	18.120	18.300	18.513	18.759	
	四枚半	19.937	20.019	20.133	20.280	20.460	20.673	20.919	
	五 枚	22.241	22.323	22.437	22.584	22.764	22.977	23.223	

b) 水平剪力

(71) 式に於て  $m=1.0$  とする時

$Q_H$  = 許容水平剪力

$$\tau_v = \frac{Q}{bh \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right)} \dots \dots \dots (110)$$

$$Q_H = B_s bh \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \dots \dots \dots (111)$$

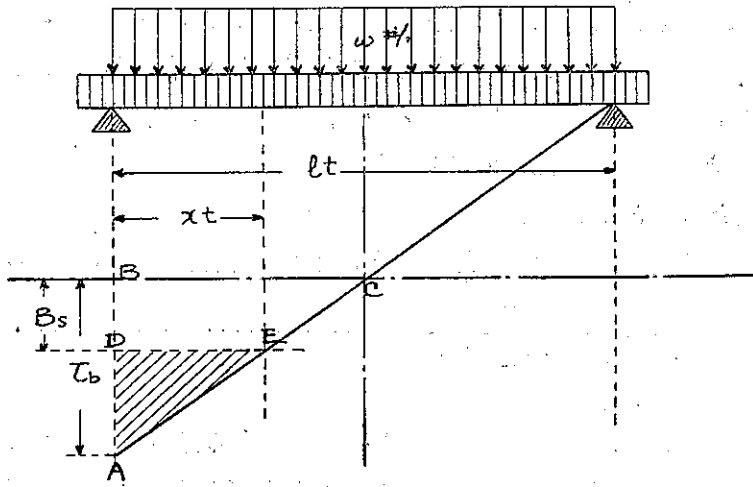
となり、各種煉瓦厚、鐵筋量の組合せに對する此の値は第三十一表に示すが如し。

第三十一表  
鐵筋煉瓦桁抗剪力 (水平)  
幅 12 吋に付

鐵筋徑	$1/4''\phi$	$3/8''\phi$	$1/2''\phi$	$5/8''\phi$	$3/4''\phi$	$7/8''\phi$	1''	摘 要	
煉瓦厚									
$\left( \frac{S}{R} \right) \eta$	半 枚	15.987	15.294	14.790	14.375	14.011	13.714	13.490	本表に煉瓦積の抗 剪力を乗ずべし 許容抗剪力 $= 30 \# / \square''$
	一 枚	29.288	28.414	27.658	27.003	26.376	25.838	25.340	
	一枚半	53.732	52.433	51.302	50.226	49.263	48.418	47.622	
	二 枚	79.934	78.350	76.849	75.516	74.178	72.761	71.926	
	二枚半	104.619	102.771	101.035	99.306	97.882	96.365	95.060	
	三 枚	130.911	128.878	126.846	125.087	123.189	121.559	119.935	
	三枚半	155.736	153.490	151.239	149.150	147.218	145.292	143.522	
	四 枚	182.162	179.721	177.285	175.034	172.782	170.716	168.655	
	四枚半	207.054	204.075	201.734	199.181	197.053	194.712	192.371	
	五 枚	233.447	230.574	227.937	225.299	222.663	220.265	217.868	

(110) 式より計算したる  $\tau_b$  が  $B_s$  より大なるときは、其を補ふ爲め煉瓦目地中に緊索を挿入し、補強す。

緊索の寸法及び其の員數の定め方は、鐵筋混凝土の場合と同様にして、唯鐵筋混凝土の場合と異り、挿入すべき位置が目地中に限定さるゝを以て、其の様に設計せざるべからず。



第十二圖



今單式桁に於て、等布荷重を受けたる場合に就て其の算法を示さんに、其の應剪力分布の状態は第十二圖に示すが如く其の支點に於て最大  $\tau$ 、中央に於て零なる三角形  $A B C$  を以て表さる此れに對し、鐵筋煉瓦積に於て負擔し得べき剪力は  $B_s$  なるにより、繫索によりて補はざるべからざる部分は三角形  $A D E$  にして、 $D E$  の區間に補強を要すべきなり。

$D E$  の長さは、桁の徑間を煉瓦  $l$  枚厚長とし  $D E$  の長さを煉瓦  $x$  枚厚長とし煉瓦厚を  $t$  とする時。

$$DE = xt = \frac{\tau_b - B_s}{\tau_b} lt \dots\dots\dots (112)$$

$$x = \frac{\tau_b - B_s}{\tau_b} l \dots\dots\dots (113)$$

なるにより、第一目筋中に挿入すべき鐵筋量は

$$a_{s1} = (\tau_b - B_s) \left[ 1 - \frac{1}{2x} \right] bt \dots\dots\dots (114)$$

$q$  番目の目筋中に挿入すべき鐵筋量は

$$\begin{aligned} a_{sq} &= (\tau_b - B_s) \left[ 1 - \frac{2q-1}{2x} \right] bt \\ &= \frac{(\tau_b - B_s)^2}{\tau_b} \left[ 1 - \frac{2q-1}{2x} \right] bt \dots\dots\dots (115) \end{aligned}$$

にて求め得べし。

(115) 式にては、煉瓦目筋毎に鐵筋の挿入量を變ずる方法なれど、全部同一寸法の鐵筋を挿入せんとせば、 $a_{s1}$  の鐵筋量にて、 $D E$  の  $1/2$  點迄毎目筋に同一の鐵筋を挿入し、次に二枚目毎とし  $D E$  の  $2/3$  點迄進み、 $2/3$  點より三枚目、 $3/4$  點より四枚目と漸次其の間隔を大にすべし。

c) 煉瓦積と鐵筋との附着力

煉瓦積と鐵筋との附着力の内、煉瓦積と膠泥との附着應力  $\tau_{ma}$  は (72) 式より

$$\tau_{ma} = \frac{Q}{u_m l \left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right)} \dots\dots\dots (116)$$

を得べし、 $\tau_{ma}$  は  $u_m$  を加減する事により任意に定め得べき値なるにより、の爲めに桁の強度を制限さるゝ事なからしむるを得策とす、されば、鐵筋と膠泥

との附着力と煉瓦積と膠泥との附着との比は、5:3 にあれば、 $u_m$  を  $u_s$  の  $5/3$  倍以上たらしむるを要す、今  $1/4''$  乃至  $1''$  徑の鐵筋に關し、鐵筋の保護其の他を考慮し、其の挿入のため煉瓦積に設くべき孔の寸法を定むる時は、大體次の如くなる。

鐵筋徑	$1/4''\phi$	$3/8''\phi$	$1/2''\phi$	$5/8''\phi$	$3/4''\phi$	$7/8''\phi$	$1''\phi$
孔寸法	$1''\phi$	$1 1/8''\phi$	$1 1/4''\phi$	$1 3/8''\phi$	$1 1/2''\phi$	$1 3/4''\phi$	$2''\phi$

鐵筋と膠泥との附着力  $\tau_s$  に關しては、(73) 式より

$$\tau_{sa} = \frac{Q}{u_s h \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right)} \dots\dots\dots (117)$$

を得、鐵筋と膠泥との許容附着力を  $S_a$  とする時、許容剪力  $Q_a$  は次式に依りて求め得べし。

$$Q_a = S_a u_s h \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \dots\dots\dots (118)$$

各種煉瓦厚及び各種鐵筋量の組合せに於ける、許容剪力 (桁幅 1 呎に付) の値は第三十二表に示すが如し。

第三十二表  
鐵筋と煉瓦積との附着力  
鐵筋一本に付

煉瓦厚	鐵筋徑 $1/4''\phi$	$3/8''\phi$	$1/2''\phi$	$5/8''\phi$	$3/4''\phi$	$7/8''\phi$	$1''$	摘要	
$\left(\frac{3}{8} - 1\right) \eta^{0.75}$	半枚	2.227	3.217	4.149	5.042	5.895	6.732	7.569	本表に鐵筋と膠泥との附着力を乗ずべし
	一枚	4.108	5.977	7.759	9.470	11.037	12.684	14.213	
	一枚半	7.514	11.030	14.392	17.615	20.726	23.768	26.720	
	二枚	11.205	16.481	21.559	26.485	31.203	35.718	40.356	許容附着力 = $50 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
	二枚半	14.665	21.619	28.344	34.863	41.181	47.305	53.335	
	三枚	18.351	27.110	35.585	43.870	51.827	59.673	67.392	
	三枚半	21.831	32.283	42.428	52.309	61.937	71.323	80.526	
	四枚	25.535	37.806	49.735	61.387	72.692	83.303	94.623	
	四枚半	29.025	42.929	56.594	69.856	82.903	95.533	107.934	
	五枚	32.724	46.503	63.944	79.016	93.677	108.108	122.240	

(74) 式に於ては、 $m=1.0$  とする時、

$$\tau_{sa} = \frac{M}{(x+a)u_s \left(h - \frac{1}{3}\eta\right)} \dots\dots\dots (119)$$

にして、許容彎曲率を  $\sigma_s$  とするとき

$$\sigma_s = S_a(x + \alpha) u_s h \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \dots\dots\dots (120)$$

を得べし。

此の値は、鐵筋の終端を鉤状となす事により、増加し得べきものなるが、鐵筋煉瓦に於ては、其の部分の煉瓦を除き、混凝土となすか、坐鐵及びナットを用ふるを可とす。

坐鐵及びナットを用ふる事の效果は、鐵筋混凝土に於ても見る所にして、1909年、乃至 1921 年、Duff, A. Abrams 氏が、A. N. Talbot 氏指導の下に、Illinois 大學に於て行ひたる實驗を徴するも、此の爲めに、約十割の附着力を増加せしを見る。

### 第五節 公式と試験桁の成績との對照

#### A. 中軸線の位置

中軸線の位置を定むべき公式は、試験に於ける中軸線位置の觀測の平均を採り、其の常數を定めたるものなれば、當然、試験結果と、公式よりの推定とが、其の平均に於て一致すべきものなり。

#### B. 應力

##### a) 煉瓦積の應壓力

試験桁の實際の應壓力を正確に知らんは、殆んど不可能なるものなれば、觀測壓縮量を採り、中軸線位置を算出し、(14) 式より

$$\sigma_a = \frac{M}{\frac{m}{m+1} b \eta \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)}$$

として、 $m$  を 1.0, 1.25, 1.50, 1.75 及び 2.00 に依り算出し、一方公式 (89) より  $\alpha$  を算出し、(86) 式より、 $\sigma_c$  を算出し、之れを圖示する時は第六圖表を得

同圖表に就て見るに、 $\sigma_c$  が 500#/sq" を與ふる迄の間に於て、公式より算出せる  $\sigma_c$  は、No. 5, No. 7, No. 10 に就ては  $m$  の何れに對しても大にして、其の他の桁にては、 $m$  を 1.0 とせるものを除き大なり。

##### b) 鐵筋の應張力

a) の場合と同じく、實驗の應張力が (32) 式、 $\sigma_s = \frac{M}{a_s \left( h - \frac{m}{m+1} \eta \right)}$  に於て、

$\eta$  を觀測より算出し、 $m$  を 1.0 乃至 2.0 の何れかにあるものとして、算出せるものなりとし、一方公式 (89) 及び (88) 式より、 $\sigma_s$  を算出せるものと比較するに、何れの桁に對しても、公式より算出せるもの大なれど、其の差僅少なり、之れを圖示するときは、 $m$  の各々に對する値も近似し全部殆んど一致し、其の區別困難なり、其の一例として、No. 14. に就て示せるもの第七圖表に示すが如く  $\sigma_s = 15,000 \# / \square''$  附近迄、殆んど一致せるを見る。

c) 桁の破壊

前節に敘述せる算法に従ひ、第三節に於ける許容強度を與へ、試驗桁に對し、其の抵抗力率、抗剪力、及び附着力を算出するときは、第三十三表に示すが如き値を得べし。

第三十三表

挿入鐵筋徑 (")	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	
斷面積 [ $\square''$ ]	57.62	57.62	57.62	
$bh$ [ $\square''$ ]	37.52	37.52	37.52	
$a_s$ [ $\square''$ ]	0.1104	0.1963	0.4418	
$p$ [%]	0.294	0.523	1.178	
$\alpha$	0.317	0.396	0.527	
$\eta$ ["]	1.78	2.22	2.95	
$bh^2 \frac{\alpha}{2} \left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right)$	29.78	36.11	45.63	
$a_s h \left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right)$	0.552	0.954	2.039	
抵抗力率 (%#)	$B_s = \begin{cases} 300 \# / \square'' \\ 400 \# / \square'' \\ 500 \# / \square'' \\ 13,000 \# / \square'' \\ 14,000 \# / \square'' \\ 15,000 \# / \square'' \end{cases}$	8,934	10,833	13,689
		11,912	14,444	18,252
		14,890	18,055	22,815
		7,716	12,402	26,507
		7,728	13,356	28,546
		8,280	14,310	30,535
$bh \left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right)$	33.5	32.5	30.9	
$a_s h \left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right)$	5.89	7.63	10.87	

		$a_s + \frac{b\lambda_0}{n}$	2.415	2.5011	2.746
		$n a_s + b\lambda_0$	60.38	62.53	68.67
抗 剪 力 ( $\pm$ )	水平	$B_s = 30\#/\square''$	1,005	975	927
	垂直	$B_s = 30\#/\square''$	18,112	18,759	20,801
		$S_s = 11,000\#/\square''$	26,567	27,512	30,213
附着力 ( $\#$ )		$S_a = 50\#/\square''$	294.5	381.5	513.5

本表より推察すべなき桁の破壊状態は、彎曲率に於て見るに徑 3/8 吋鐵筋を挿入せるものは、 $p=0.294$  なるを以て、第二十七表を參酌し、鐵筋側に於て、先に破壊さるべきを知り、徑 1/2 吋鐵筋挿入せるものは、同様にして、鐵筋側、煉瓦積側同等の危険にある事、徑 3/4 吋鐵筋挿入せるものは、煉瓦積側に危険のある事を知る。

試験桁に就て見るに、其の彎曲率による破壊の状態は、第二章第四章に於て叙述せる如く、3/8 吋徑鐵筋挿入のものは、鐵筋側、1/2 吋徑鐵筋挿入のものは、煉瓦積側、鐵筋側區々に、先づ破壊し、豫想と一致せり唯 3/8 吋徑鐵筋挿入のものは、剪力によりて破壊せる爲め、此の對照をなし得ず。

強度上に於て、抵抗力率と彎曲率との對照は、第三十四表に見るが如く、3/8 吋徑鐵筋挿入のものに於ては、微裂目當時に於て、約 3.0 破壊時に於て約 4.0 の

第三十四表

鐵筋徑	桁番號	破壊彎曲率 $M$	$M/A$	$M/B$	$M/C$	$M/D$	備考
3/8"	4	11,600	1.6	1.5	1.4	微龜裂ヲ生ジタル時	$A = \text{筋} \text{に於て}$ $B_0 = 300\#/\square''$ とせる値 $= 7,176\#$ $B = \text{筋} \text{に於て}$ $B_0 = 400\#/\square''$ とせる値 $= 7,728\#$ $C = \text{筋} \text{に於て}$ $B_0 = 500\#/\square''$ とせる値 $= 8,280\#/\square'$
	5	20,300	2.8	2.6	2.5		
	6	29,600	4.0	3.8	3.6		
	7	30,000	4.1	3.9	3.7		
	13	27,300	3.8	3.5	3.3		
	平均		3.4	3.1	2.9		
	4	28,000	3.9	3.6	3.4		
	5	32,000	4.5	4.2	3.9		
	6	31,000	4.3	4.0	3.8		
	7	31,600	4.4	4.1	3.8		
	13	28,900	4.0	3.7	2.5		
	平均		4.2	3.9	3.7		

1/2"	9	44,100	4.0	3.6	3.3	3.1	微生ト 龜裂 ナル	A=筋 <sub>b</sub> に於て B <sub>c</sub> =300#/□' とセル値 =10,833' #
	14	47,800	4.4	3.9	3.6	3.3		B=筋 <sub>s</sub> に於て S <sub>t</sub> =13,000#/□' とせる値 =12,402' #
	平均		4.2	3.8	3.5	3.2		
	8	41,600	3.8	3.3	3.1	2.9	破 壞 シ タル 時	C=筋 <sub>s</sub> に於て S <sub>t</sub> =14,000#/□' とせる値 =13,356
	9	44,900	4.1	3.7	3.4	3.2		D=筋 <sub>s</sub> に於て S <sub>t</sub> =15,000#/□' とせる値 =14,310' #
	14	54,800	5.1	4.4	4.1	3.9		
平均		4.3	3.8	3.5	3.3			
3/4"	10	66,540	4.9	3.6	2.9		破 壞 シ タル 時	A=筋 <sub>s</sub> に於て S <sub>t</sub> =13,000#/□' とせる値 =13,689' #
	11	45,592	3.3	2.5	2.0			B=筋 <sub>s</sub> に於て S <sub>t</sub> =14,000#/□' とせる値 =13,252' #
	12	76,630	5.6	4.2	3.4			C=筋 <sub>s</sub> に於て S <sub>t</sub> =15,000#/□' とせる値 =22,815' #
	15	47,636	3.5	2.5	2.1			
	16	46,678	3.4	2.6	2.0			
	平均		4.1	3.1	2.5			

安全率にありしを見、1/2 吋徑鐵筋挿入のものに於ては、約 3.0 乃至 4.0 の安全率にありしを見、3/4 吋徑鐵筋挿入のものに於ては、抵抗力率不足の破壊にあらざれど、約 2.5 以上、4.0 以上、の安全率にありしを見る。

剪力に對しては、水平抗剪力に依りて先に破壊さるべき性質なる事は、第三十二表に於て、之れを認むべきが、試験に於ては、斜裂目として、表はれたり。

No. 8 No. 11 及び No. 15 桁の、支點より第一番目の目地にて離脱せしは、垂直剪力に依る破壊の如きも、實際に於ける破壊の順序は、目筋を左右に引き離れたるが如き状態にて切斷されたるものにして、其の場合の、其れ等の點に於ける、彎曲率は、No. 8—7,260' #, No. 11—11,933' # No. 15—11,946' #, にして、鐵筋の此の點より桁端に到る長さは 5' なるを以て (119) 式を適用するに、No. 8—190.4#/□' No. 11—219.4#/□' No. 15—219.4#/□' となり許容 50#/□' の四倍に達するを以て、鐵筋の脱出となり、此の破壊を見しものなるべし。

今、試験桁に於ける許容抗剪力と、破壊剪力との比較は、第三十五表に見るが如く、徑 3/4 吋鐵筋挿入のもの及び、No. 8 桁以外は、彎曲率による破壊なれば本表以上の抗剪力を有すべし。

即ち、徑 3/8 吋鐵筋挿入のものに於ては約、2.3 以上の安全率、徑 1/2 吋鐵筋挿入のものにては、4.8 以上の安全率を有し、徑 3/4 吋鐵筋挿入のものに於ては、10.7 の安全率を有し、單位抗剪力 30#/□' とする事が寧ろ過少の觀あり。

附着力に對する、對照は同三十四表に見るが如く、徑 3/8 吋鐵筋挿入のものに於ては、8.0 以上の安全率、徑 1/2 吋鐵筋挿入のものに於ては、12.3 以上の安全

第三十五表

鐵筋徑	桁番號	剪力破壞個所 又ハ最大剪力 Q[#]	Q/Q <sub>a</sub>	Q/Q <sub>H</sub>	備考
3/2"	4	2,230	7.6	2.2	Q <sub>a</sub> [附着力=對スル許容剪力] =294.5#
	5	2,542	8.6	2.5	
	6	2,396	8.1	2.4	Q <sub>H</sub> [水平剪力=對スル許容剪力] =1,005.0
	7	2,431	8.3	2.4	
	13	2,241	7.6	2.2	
	平均		8.0	2.3	
1/2"	8	6,230	16.0	6.4	Q <sub>a</sub> =381.5
	9	3,460	9.0	3.5	Q <sub>H</sub> =975
	14	4,547	12.0	4.7	
	平均		12.3	4.8	
3/4"	10	11,130	20.0	12.0	Q <sub>a</sub> =513.5
	11	7,968	15.0	8.6	Q <sub>H</sub> =927.0
	12	14,500	27.0	15.6	
	15	7,282	13.0	7.8	
	平均		18.2	10.7	

率、徑 3/4 吋鐵筋挿入のものにては 18.2 以上の安全率を有し、鐵筋混凝土の場合より遙かに安全にして、此の場合に於ては、單位附着力を 100#/吋とするも危険なきが如し。

大正十二年春三月乃至五月、帝都上野公園に於て、發明品博覽會開催さるゝに際し、著者は鐵筋煉瓦の實際の能力を世人に紹介する爲め、本試験に用ゐし、斷面を用ゐ、鐵筋 3/4 吋徑丸棒一本を挿入し、徑間 12 尺を架け渡し、之れに、重量約 600 封度の壁體を釣して出品せり。

最大彎曲率、28,458 吋封度最大剪力 678 封度なるも、何等異狀なかりしは寫真第五に示すが如し。

第三十三表と對照するに、本桁は、許容抵抗力率を超過せるものなるを知る。

其他實際本算法を用ゐて設計せしものは、何等危険なく、本鐵筋煉瓦構造の、第一番目の施行たりし、印幡沼逆水門に於けるものは、過般の大地震に於て、附近堤防の數尺沈下を見し程度の震力を受けしに何等、微裂目さへ生ぜざりしは、著者の意を疆うする所なり。

寫真第六は、味の素工場に於ける高さ 12 尺の擁壁施行中の光景を示す。

## 第五章 總 括

## 第一節 桁としての鐵筋煉瓦

鐵筋煉瓦は、桁として適當なる材料なり。

凡そ、桁として使用すべく材料の適否を定むべき基準は、桁に適當なる強度を與へたる場合に於ける 1. 價額、2. 死荷重の大小、3. 施行の難易、4. 施行の遅速、5. 耐久、並に 6. 美觀、の 6 項目になし比較上定むべきものとす。

從來、普通煉瓦積の桁として使用されざるは、其の抗張力が、貧弱なる事に起因するものにして、假令、耐久又は美觀の點に於て、得點を有するも、桁として適當の強度を有せしむべく寸法する時は、著しく、工費を増加し、莫大の死荷重を與ふべければなり。

鐵筋煉瓦は、煉瓦積の抗張力を補ひしものなれば、煉瓦積に比し、より適當なるは論を俟たざる所なるが、一般に桁として、其の適否を定めんには、更に吟味を要すべし。

比較上より、此の吟味をなさんに、從來桁として使用せる材料は、各々其の特徴を有し、其の活用上、使用の目的、使用の個所、其他によりて、適否自ら別れ比較甚だ曖昧なるものとなれば、鐵筋煉瓦と性質約相類する、鐵筋混凝土を桁として適當なる材料と見做し、之れとの比較をなさんとす。

1. 價額、價額は、其の單價と寸法とによりて、定まるべきものなるが、矩形桁に就て之れを見るに、其の高さを  $h_0$  とし幅を  $b$  とし、單價を  $c$  とするとき其の單位長に於ける價額は  $cbh_0$  なり、然るに所要寸法は、一般に抵抗力率によりて死命を左右さるべきを以て、單位抵抗力率當りの價額を經濟上の比較の基準となさんとす。

今抵抗力率を  $Kbh_0$  なる形式となす時單位當り價額は、

$$\frac{cbh_0}{Kbh_0^2} = \frac{c}{Kh_0}$$

となるべし。

即ち、 $c$  の小なる程及び  $K$  の大なる程安價となるべし、 $h_0$  に就ては、桁は同一斷面積に於て、高さを許す限り高くする程安價なるを意味す。

鐵筋煉瓦と鐵筋混凝土とに於て、其の  $h_0$  を等しくし、鐵筋の被覆厚を同様と



見做し、煉瓦積と、鐵筋とに同時に許容應力が働くものとすれば、 $K$ の價は $\alpha$ 即ち

$\frac{nc}{f+nc}$ に係り、夫々此の値は

	$f$	$c$	$n$	$\alpha$
鐵筋煉瓦	15,000	500	15	0.33
鐵筋混凝土	15,000	400	25	0.40

となり 
$$K = \frac{c}{2} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)$$

なるにより、 $K$ の値は鐵筋煉瓦、69.3 鐵筋混凝土 73.5 となり、鐵筋煉瓦積の方、約 6% の高價となるべし。

に就ては、併せて死荷重の大小、工期の遲速等、鐵筋煉瓦に有利なる影響を有すべきものあれど、其れ等を除外し、更に、時期、場所等に依りて異れど、假りに、大正十三年、東京市外を標準とする時、其の 1 立方坪に要すべき工費を計上する時は、第三十六表に示すが如く、鐵筋費を等量に使用するものとして除外すれば 鐵筋煉瓦 250 圓、 鐵筋混凝土 180 圓 並に型板費を算すべし、型板費は同表に見る如く、板其他を三回使用するものとするも、1 面坪に對し 11 圓を要し、壁體等に於ては、壁 1 面坪に付型 2 面坪を要すべきを以て、假りに壁厚を 1 尺とする時、1 立坪に對し、壁 6 面坪なれば型 12 面坪を要し、其の費用 132 圓を算し、鐵筋混凝土、1 立坪の價額 312 圓となり、鐵筋煉瓦積の方 29% の安價となるべし、されば  $K$  に於ける不廉を消去して尙餘りあるべし。

即ち價額の點よりは鐵筋煉瓦は桁として適當なる材料なり。

第三十六表 工費比較表

材 料	單位	員數	單價	金額	摘 要	
煉 瓦 積	煉 瓦	枚	3,300	0.04	132.00	平 均 單 價
	洗 砂	坪	0.25	40.00	10.00	
	セメント	樽	4.0	4.50	18.00	"
	小 計				160.00	
	煉瓦工	人	5.5	4.00	22.00	1 日 1 人 600 枚積
	人 夫	人	22.0	2.50	55.00	手傳煉瓦工 1 人に付 4 人
	小 計				77.00	
	計				237.00	
	雜 費				13.00	工費の約百分の五
	合 計				250.00	

混 凝 土	砂	利	坪	0.9	55.00	49.50	配合 1:2:4
	砂			0.5	40.00	20.00	”
	セメント		樽	13.0	4.50	54.00	”
	小計					123.00	
	施行費					50.00	
	合計					173.00	工費の約百分の五
型 板 一 面 坪 費	雜費					7.00	
	合計					180.00	
	板		面坪	0.4	5.00	2.00	三回使用
	支柱其他		才	0.6	25.00	1.30	”
	小計					3.30	
	大工		人	1.0	4.00	4.00	製作取付取外し共
	人夫		人	1.0	2.50	2.50	手傳人夫
	小計					6.50	
	合計					9.80	
	雜費及釘跡其他					1.20	
合計					11.00		

2. 死荷重、鐵筋煉瓦積は、其の強度上、鐵筋混凝土より、其の寸法を約 6% 増加せしむるも、單位重量に於て、10% 以上を減ずべきを以て、死荷重の點よりは、桁として適當なる材料なり。

3. 施行の難易、屋壁、擁壁等に於ては鐵筋煉瓦は、鐵筋混凝土より遙かに、其の施行容易なれど、T 型桁の如き場合には、現今の施行方法を以てせんには甚だ困難なり。

即ち、鐵筋煉瓦積は、矩形桁又は床板に適し、壁體に於ては特に恰好なる材料なれど、特殊の形狀の桁には適せざる場合あり。

4. 施行の遲速、鐵筋煉瓦は積疊の完結は、即ち全部の竣工にして、鐵筋混凝土が、型板の製作、取付、取外しを要し、其の硬化を待つべく、少なくとも三週を要すべきに比し、遙かに優良なる材料たるべし。

5. 耐久、鐵筋煉瓦は、鐵筋混凝土に類する、風雨、火氣等に對する耐久力を有し、桁として適當なる材料なり。

6. 美觀、煉瓦積の美觀上の得點は、歴史は雄辯に物語るものなるが、單に其の表裝に就て考ふるも鐵筋煉瓦に於ては、表裝用煉瓦を用ふる事により、直ちに其の壯麗を整ふべきも、鐵筋混凝土に於ては、型板取外しの儘の状態にては、到底美觀上使用し能はざるものにして、更に之れに、張付煉瓦を用ゐ、又は膠泥仕

上げとなさざるべからず、此の爲めに工期、工費に影響する所少なからざる値を有すべし、即ち煉瓦積は美觀上桁として優秀なる材料なり。

要するに、煉瓦は、強度従つて價額及死荷重の問題より、桁として適せざりしも、本論に於ける、理論並に實驗より、鐵筋混凝土に伯仲すべき強度を得べきを知り、上述の如く、桁として適當なる材料たるべきの結論を得たるなり。

## 第二節 鐵筋煉瓦桁の性質

1. 鐵筋煉瓦桁の抵抗力率は、同一寸法に於ける煉瓦桁より、著しく大にして同一寸法、同一鐵筋量に於ける鐵筋混凝土桁の抵抗力率に類す。
2. 鐵筋と煉瓦積との組合せに於て、附着力の大小に依り、桁としての強度に著しき差異を生ず、爲めに鐵筋と煉瓦積との附着力を充分ならしめんには、膠泥と鐵筋との附着力を、鐵筋と膠泥との附着力と同等又は同等以上たらしむる事に依り、最大能力を發揮し得せしむべし。
3. 煉瓦積は桁として使用せる場合の實驗に徴するに、其の應力と變形との關係は Hook's Law に從はず、従つて一定の彈性率を有せず。

煉瓦積に毎平方吋に付 200 封度乃至 600 封度の應力を生ぜしむべき状態に於ては、其の彈性率の値は、494,789#/□、乃至 2,073,276#/□、平均 1,783,378#/□を示せり。

4. 鐵筋煉瓦桁の中軸線の位置は一定ならず、荷重の増加と共に上昇す。
5. 鐵筋煉瓦桁に於て、煉瓦の種類を變ずるも、強度其他に對して著しき差異を認めず。
6. 鐵筋煉瓦桁に於ては、經濟的有効に鐵筋混凝土より多量の鐵筋を挿入する事を得。
7. 鐵筋煉瓦桁は同一寸法、同一鐵筋量の鐵筋混凝土より、中軸線の位置下方にあり。
8. 鐵筋煉瓦桁は、普通煉瓦桁の如く、急激に破壊する事なく、龜裂後尙適當の荷重に耐へ、破壊徐々なり。
9. 鐵筋煉瓦桁は、挿入せる鐵筋量小なる時は、鐵筋側に於て先づ破壊し、鐵筋量大なる時は、煉瓦積側で先に壓挫す、其の境は鐵筋量約 0.5% 内外にあるが如し。

10. 鐵筋煉瓦は、抗剪力を超過せる剪力を受くるとき、約  $45^\circ$  の傾きに於て斜めの方向に裂目を生ず。
11. 鐵筋煉瓦桁に於て應張側目地を切斷し置くも、鐵筋に變化のあらざる限り、其の間隙を擴大さるゝ事なし、然して、間隙を擴大さるゝ彎曲率は、普通鐵筋煉瓦桁と差異なし。
12. 鐵筋煉瓦桁に於て、中軸線以下の煉瓦積は荷重の小なる場合に於ては小部分の應張力を分擔すれ共、荷重大となる時は、分擔力を失ふ。
13. 鐵筋煉瓦に挿入せる鐵筋は荷重の大なるとき、其の位置に於ける煉瓦積と伸長量を異にす。
14. 鐵筋煉瓦桁に於て、鐵筋と煉瓦積との附着力は、適當なる構造に於ては鐵筋混凝土の場合のものより大なり。
15. 鐵筋煉瓦桁の應壓力分布の状態は中軸線を其の頂點とする  $m$  次の Parabola により近似せしむる時は  $m$  の値は約 1.0 乃至 1.5 の間にあるべし。

### 第三節 鐵筋煉瓦桁の設計及施行

1. 鐵筋煉瓦桁に於て、鐵筋は應張側に成る可く外側へ挿入すべし。  
著者の鐵筋煉瓦構造に於ては、鐵筋の被覆厚は、半枚厚にて約  $1\frac{1}{2}$ "、一枚厚以上にては約  $3\frac{3}{4}$ " となる。
2. 鐵筋煉瓦桁に於て、鐵筋の間隔は英式積疊法を以てすれば約 9 吋となり佛式積疊法を以てすれば約  $6\frac{1}{2}$  吋となる。
3. 挿入すべき鐵筋の量は、煉瓦積の容積の 1% 以上なる時、經濟的なり。
4. 彎曲率を與へられて鐵筋煉瓦桁の寸法を定めんには、第二十六表より求め得べし、(但し單筋矩形桁の場合とす以下同じ)。
5. 鐵筋煉瓦桁に於て、其中軸線の位置を定めんとすれば、次式によるべし。

$$\eta = \frac{(m+1)\alpha_s n}{2mb} \left[ \sqrt{1 + \frac{4mbh}{(m+1)n\alpha_s}} - 1 \right]$$

但し、 $\eta$  = 桁上端より中軸線迄の距離

$h$  = 桁上端より鐵筋位置迄の距離

$b$  = 桁幅、 $\alpha_s$  = 鐵筋斷面積

$m$  = 1.0 乃至 1.5 の常數

$n=15$  乃至  $30$  の常數、

(以下總て本符號による)

本式は  $\eta$  を小とする約  $10\%$  内外の誤差を有す。

通常  $m=1.0$   $n=25$  とし

$$\eta = \frac{25a_s}{b} \left[ \sqrt{1 + \frac{2bh}{25a_s}} - 1 \right] \dots\dots\dots (A)$$

とす。

6. 鐵筋煉瓦桁に於て彎曲率  $M$  を受けたる場合の煉瓦積最端纖維層の應壓力  $\sigma_c$  は次式によりて求め得べし。

$$\sigma_c = \frac{M}{\frac{m}{m+1} b \eta \left( h - \frac{m}{2m+1} \right)}$$

本式は、 $\sigma_c$  を過大ならしむる約  $10\%$  内外の誤差あるべし。

通常  $m=1.0$   $n=25$  とし

$$\sigma_c = \frac{2M}{b \eta \left( h - \frac{1}{3} \eta \right)} \dots\dots\dots (B)$$

とす。

本式は上式に對し、 $m$  及び  $n$  の假定の爲め  $\sigma_c$  を過大とし、又は過小とすべき約  $20\%$  内外の誤差を生ずる事あり。

7. 鐵筋煉瓦桁に於て、彎曲率  $M$  を受けたる場合の、鐵筋の應張力  $\sigma_s$  は次式によりて求むべし。

$$\sigma_s = \frac{M}{a_s \left( h - \frac{m}{2m+1} \eta \right)}$$

本式は  $\sigma_s$  を過大ならしむる、數十割の誤差を生ぜしむる事あり。

通常  $m=1.0$   $n=25$  とし

$$\sigma_s = \frac{M}{a_s \left( h - \frac{1}{3} \eta \right)} \dots\dots\dots (C)$$

とす。

本式は、上式に對し、 $m$  及び  $n$  小の假定の爲め  $\sigma_s$  を過大とし、又は過とす

べき 3% 内外の誤差を生ずる事あり、然れ共上式に於て、 $\sigma_s$  を過大ならしむべき大なる誤差を有すべきを以て、實際に對し過小ならしむる誤差を生ぜざるべし。

8. 設計に當り、[B] 式より算出したる、 $\sigma_s$  の値は、煉瓦及び膠泥の可否により 300#/□、乃至 500#/□ を超過すべからず、又 [C] 式より算出したる  $\sigma_s$  の値は 13,000#/□、乃至 15,000#/□ を超過すべからず。
9. B 式及び C 式を用ゐ、8 項によりて鐵筋煉瓦桁の寸法を定むる時は、本試験の破壊と對照し、3 乃至 5 の安全率にある事を知る。
10. 鐵筋煉瓦桁に於て剪力  $Q$  を受けたる場合の、煉瓦積の應剪力  $\tau_b$  及び 鐵筋の應剪力  $\tau_s$  は次式によりて求むべし。

$$\text{垂直剪力} \begin{cases} \tau_b = \frac{Q}{bh_0 + 25a_s} \dots\dots\dots (D) \\ \tau_s = \frac{Q}{\frac{bh_0}{25} + a_s} \dots\dots\dots (E) \end{cases}$$

$$\text{水平剪力} \quad \tau_b = \frac{Q}{b\left(h - \frac{\eta}{3}\right)} \dots\dots\dots (F)$$

11. 設計に當り、[D] 及び [F] 式より算出したる  $\tau_b$  の値は、30#/□ を、[E] 式より算出したる  $\tau_s$  の値は、11,000#/□ を超過すべからず、此の超過を見る時は目筋中に繫索として鐵筋を挿入すべし。
12. [D], [E] 及び [F] 式を用ゐ、11 項によりて鐵筋煉瓦桁の寸法を定むる時は本試験の破壊と對照し、6 乃至 15 の安全率にあるを知る。
13. 鐵筋を挿入すべく、煉瓦積に設くべき孔の大きさは、少なくも鐵筋の斷面積の二倍の面積を保たしめ、鐵筋と煉瓦積との間隙は少なくも、3/8吋たるべし。  
此の場合に於ては、鐵筋と膠泥との附着力充分なる時は、鐵筋と煉瓦積との間に滑動を起す事なし。
14. 鐵筋煉瓦桁に於て、剪力  $Q$  を受けたる時の煉瓦積と鐵筋との間に生ずべき附着應力  $\tau_{sa}$  は次式によりて求むべし。

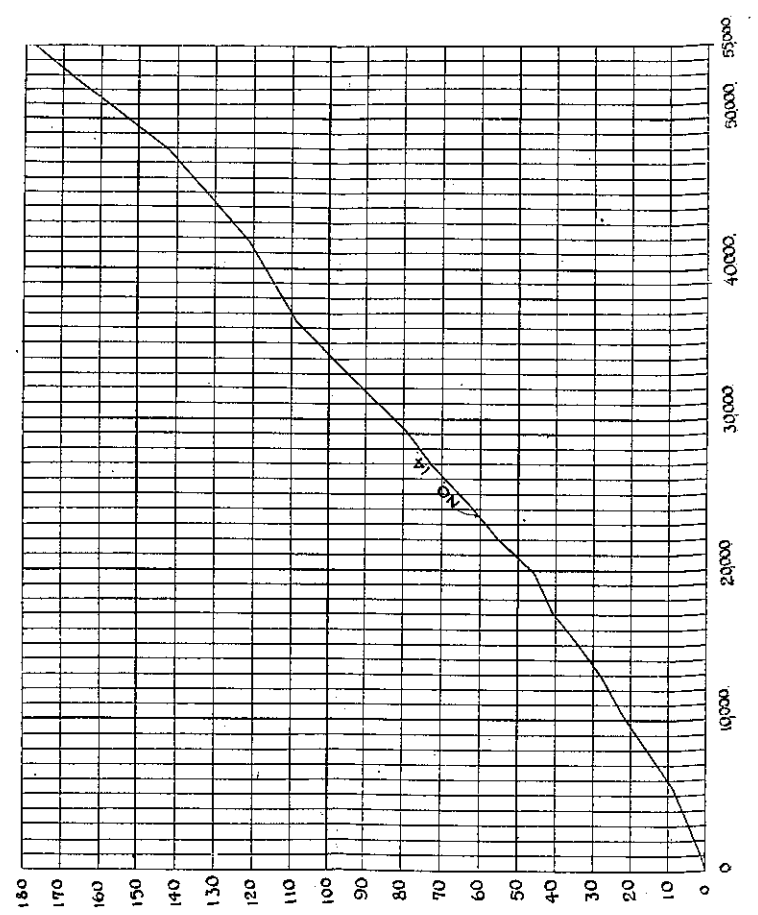
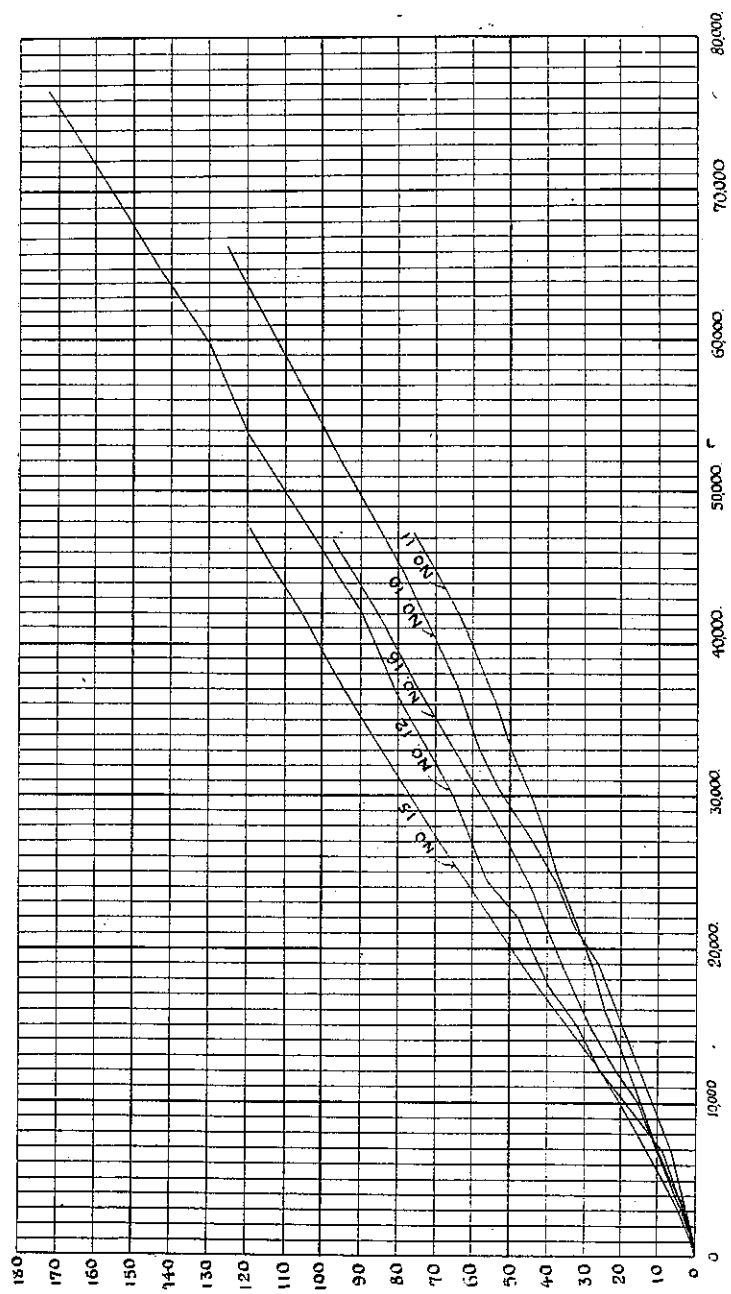
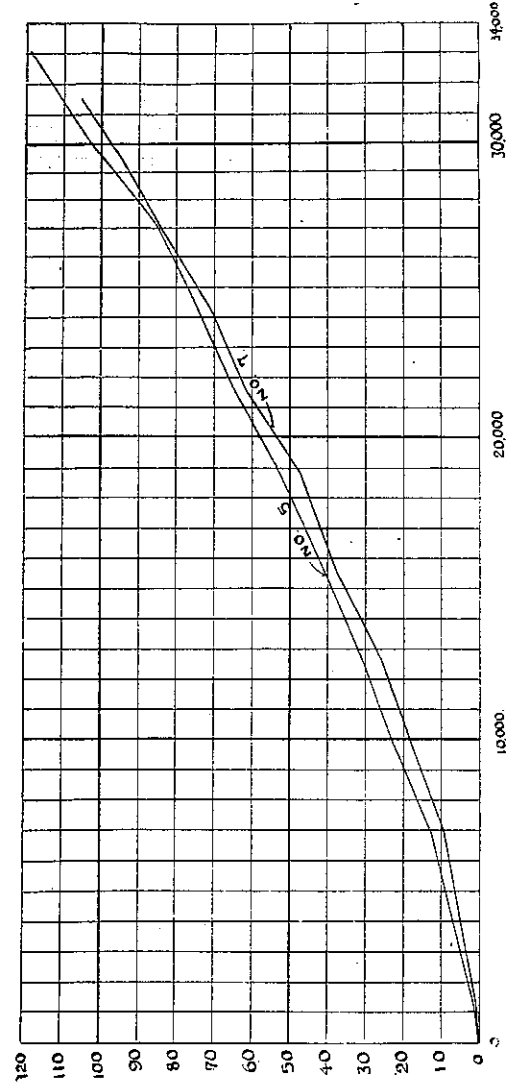
$$\tau_{sa} = \frac{Q}{u_s\left(h - \frac{\eta}{3}\right)} \dots\dots\dots (G)$$

但し  $u_s$  は鐵筋の表面積。

15. 設計に當り、〔G〕式より算出したる、 $\tau_{sa}$  の値は  $50\%/\sigma$  を超過すべからず。
16. 〔G〕式を用ゐ、15 項によりて鐵筋煉瓦の寸法を定むる時は、本試験の破壊と對照し、13 乃至 27 の安全率にあるを知る。
17. 水平剪力及附着力に對する算法の誤差の程度は、鐵筋の  $\sigma$  に對する誤差に類すべし。
18. 鐵筋の終端は、nut 及び坐鐵を用ゐ、又は、他の構造物に固着すべし。

(完)

第一圖表

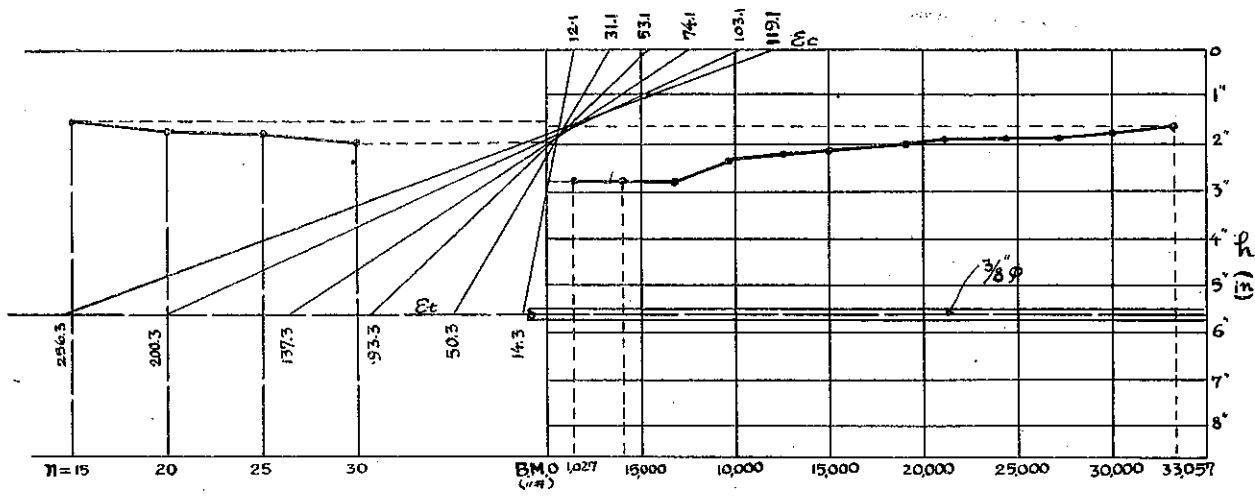


(本機台圖第十卷二附圖)

160-1

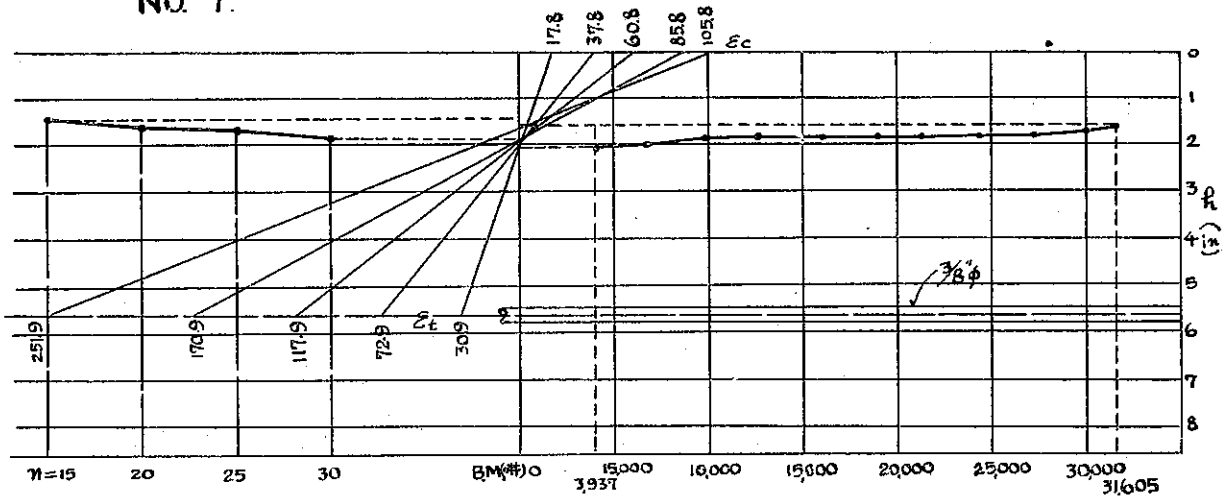


NO. 5



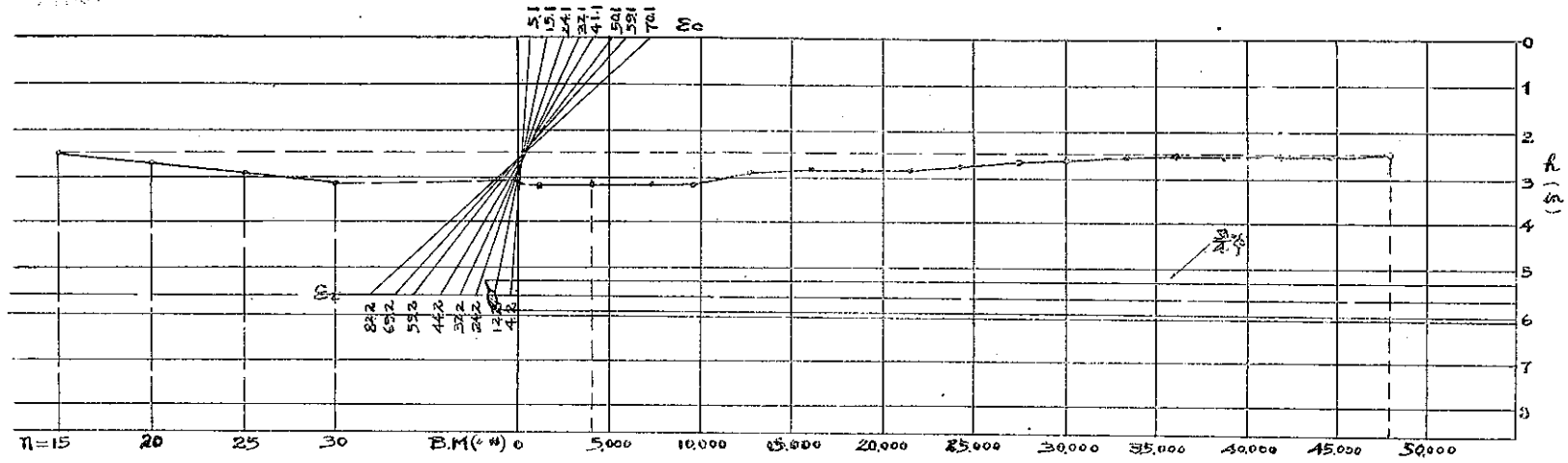
第二圖表 (其一)

NO. 7



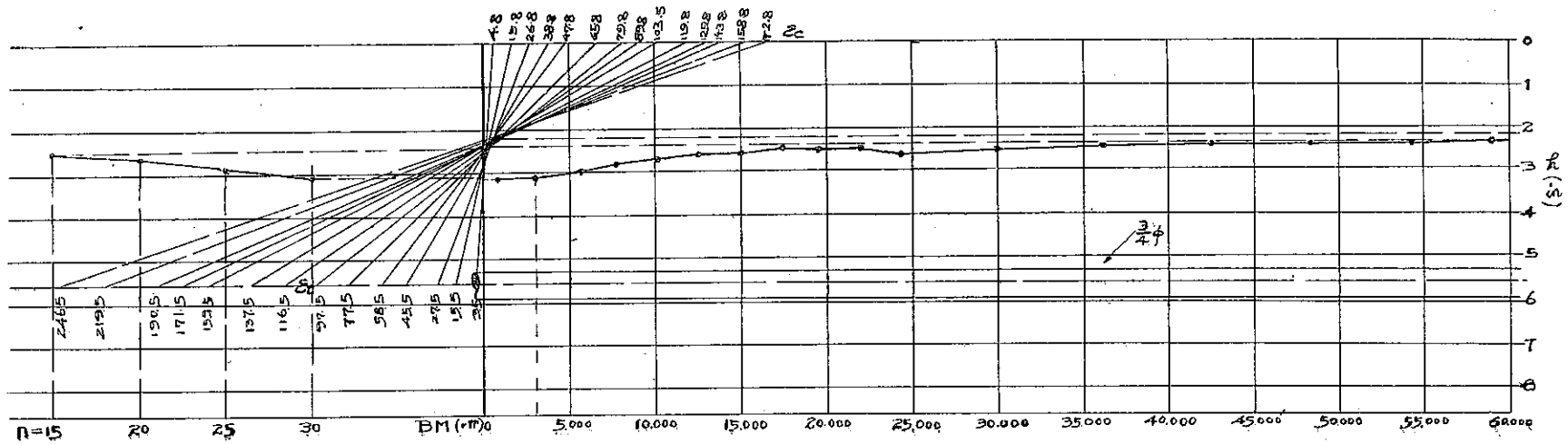
日本機令號第十一卷第一號附圖

NO. 11.

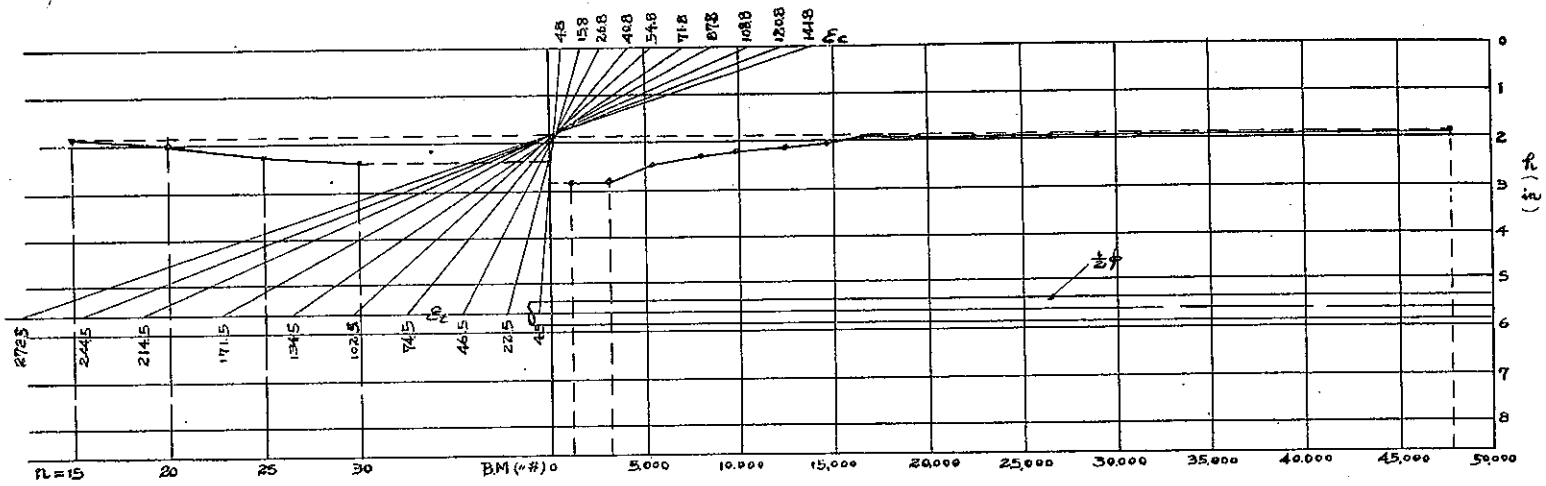


第二圖表(其二)

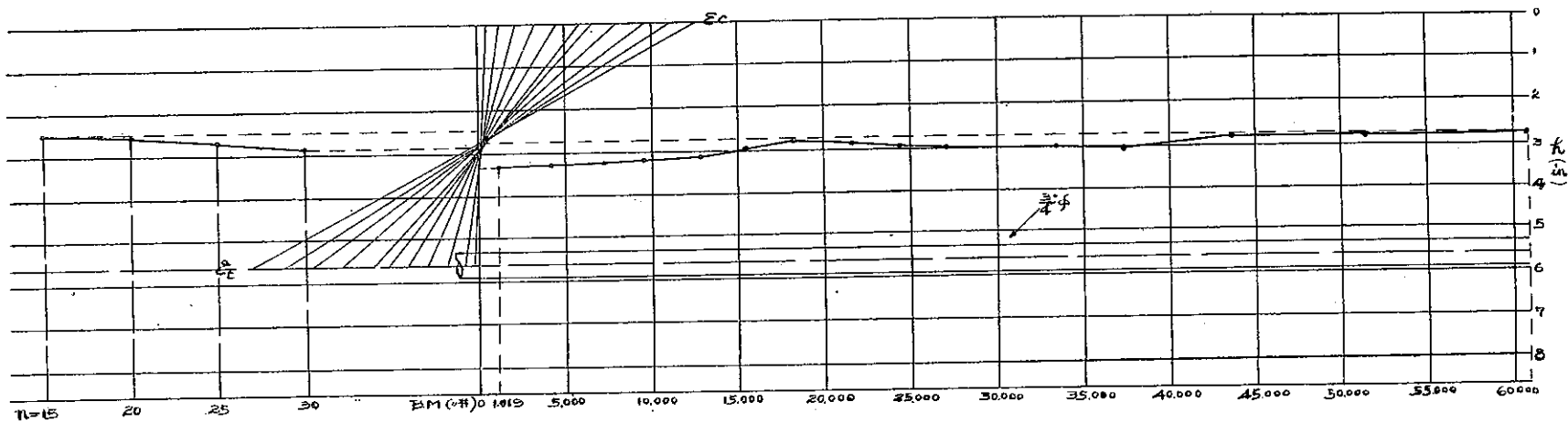
NO. 12.



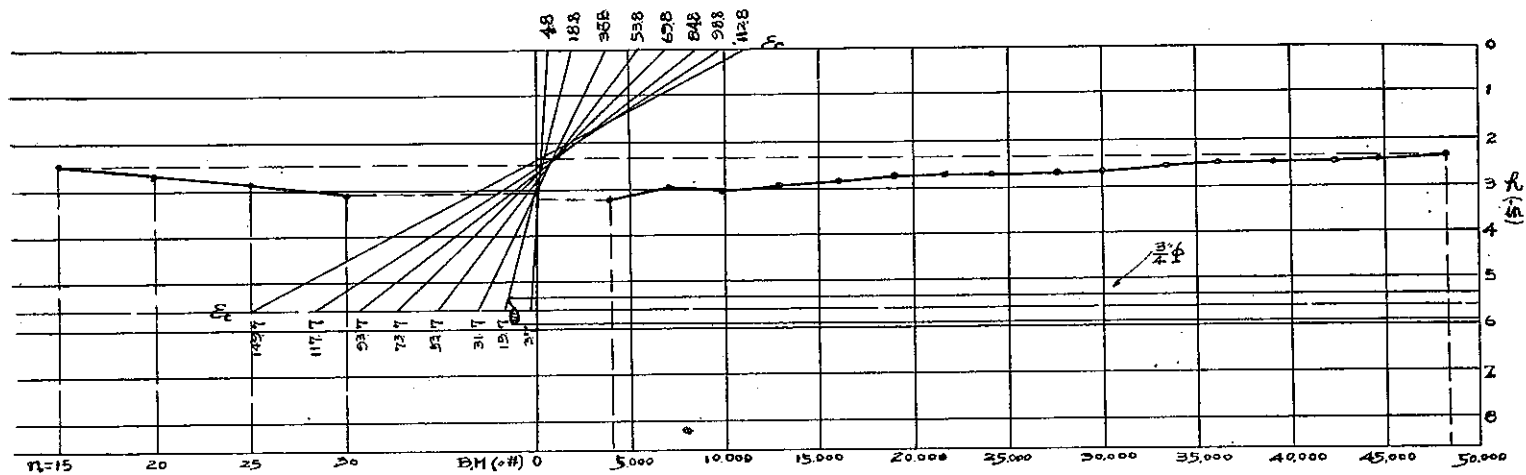
NO. 14.



NO. 10.

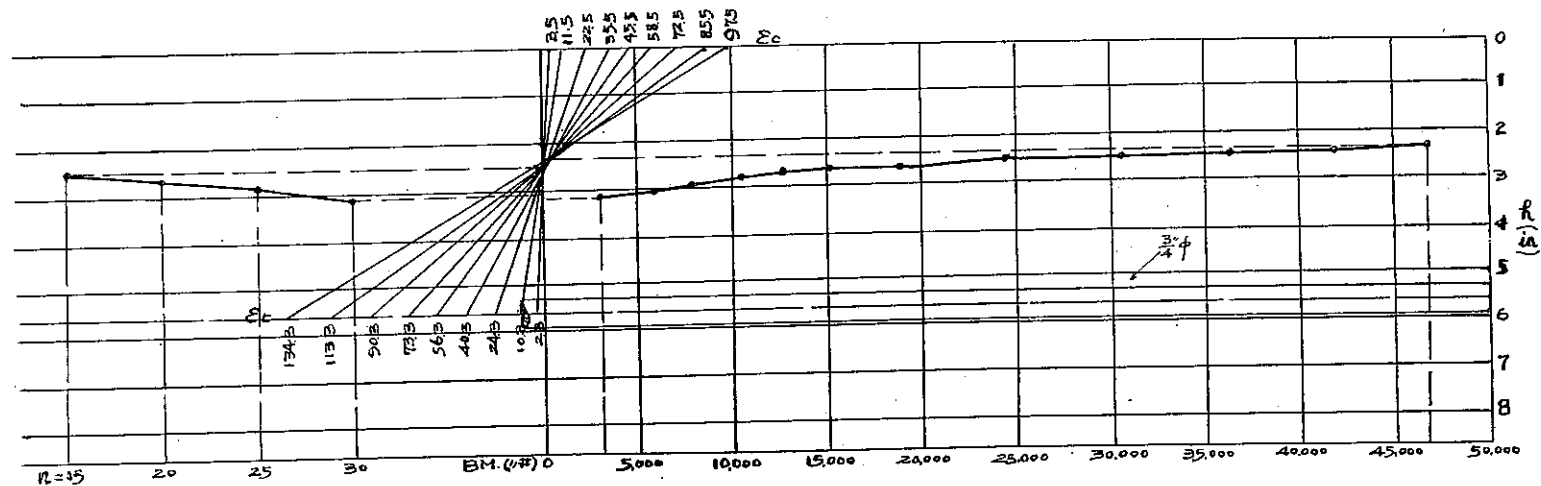


No. 15.



第二圖表 (其四)

No. 16.

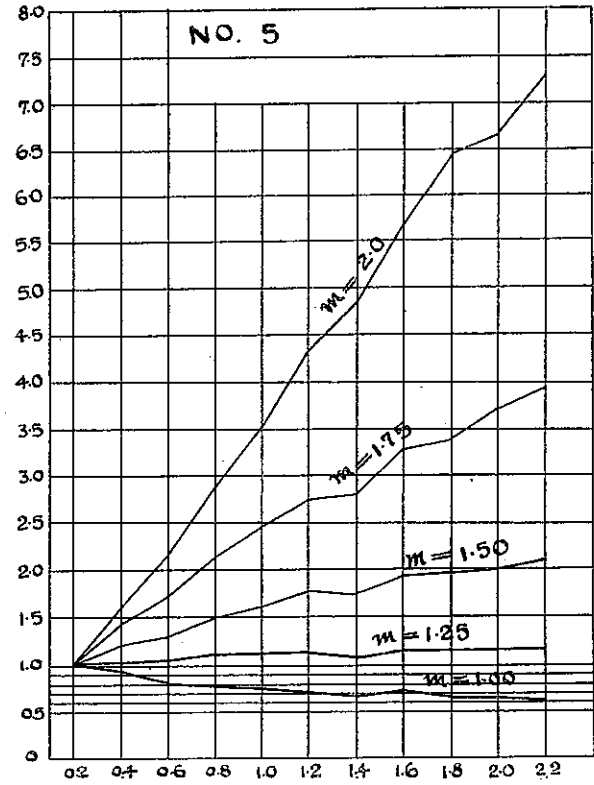
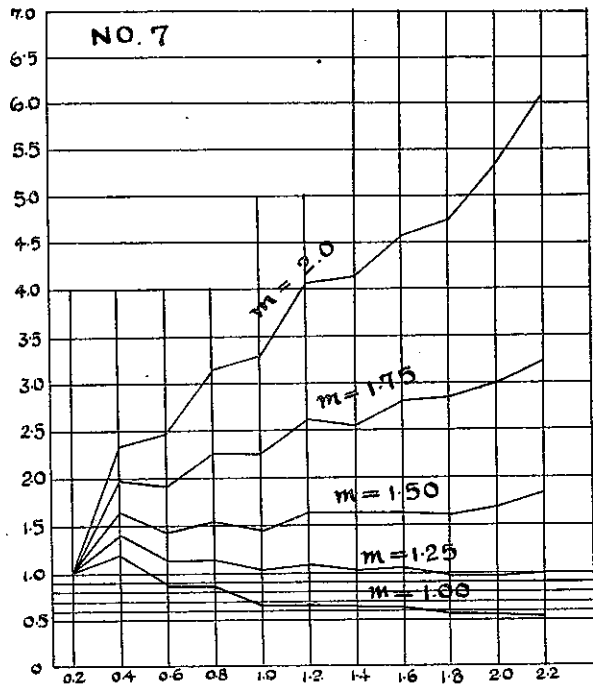


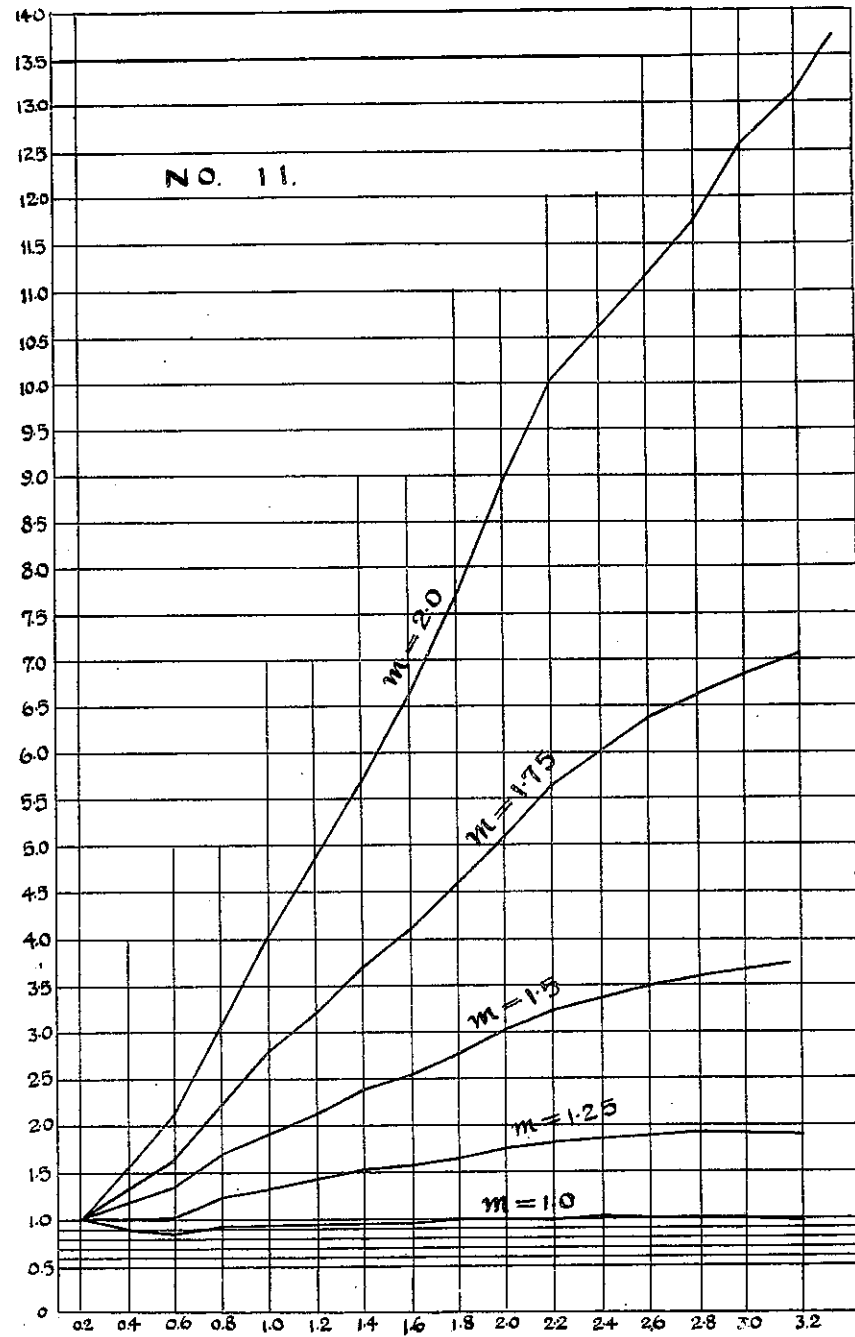
(圖解說明書) 第十卷 (土木)

161-1

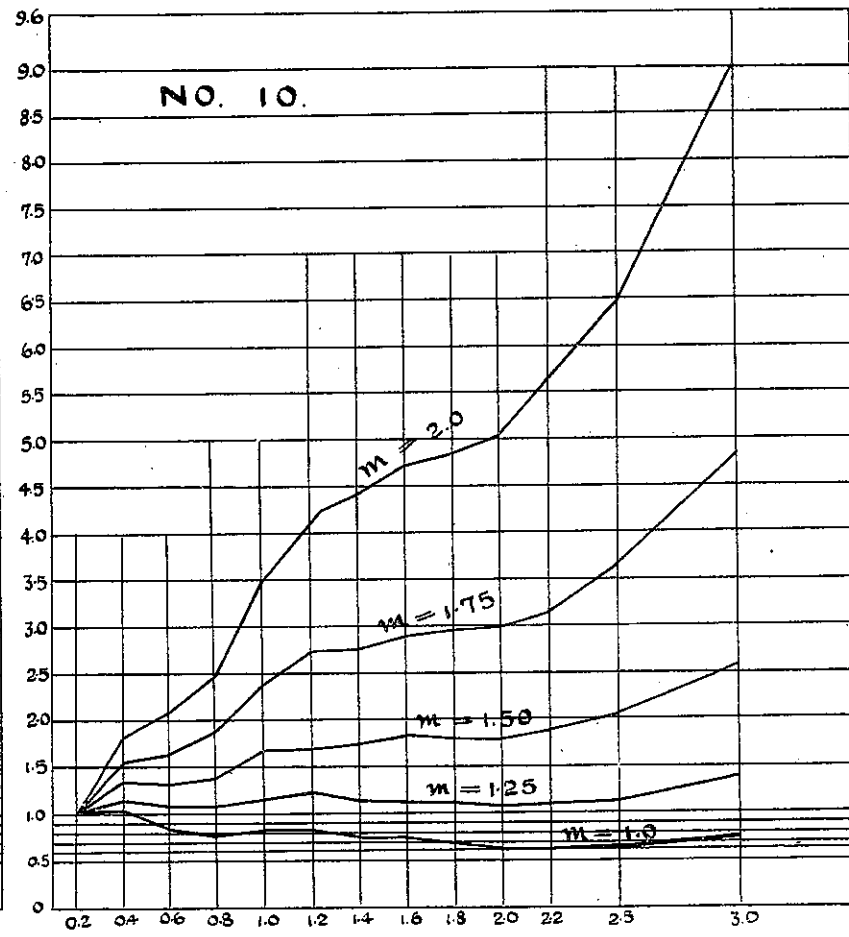
第三圖表(其一)

(土木學會誌第十一卷第一號附圖)

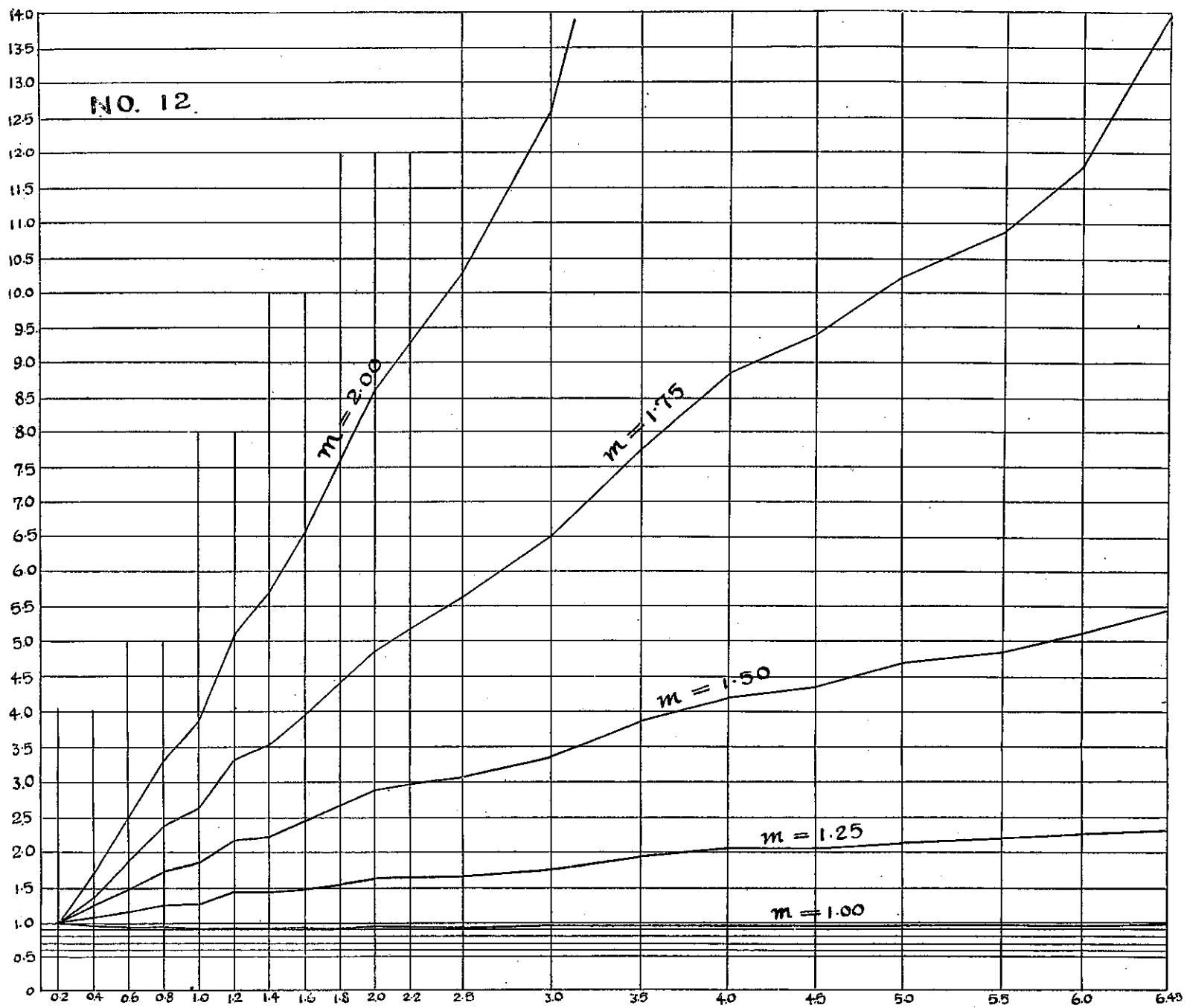




第三圖表 (其二)

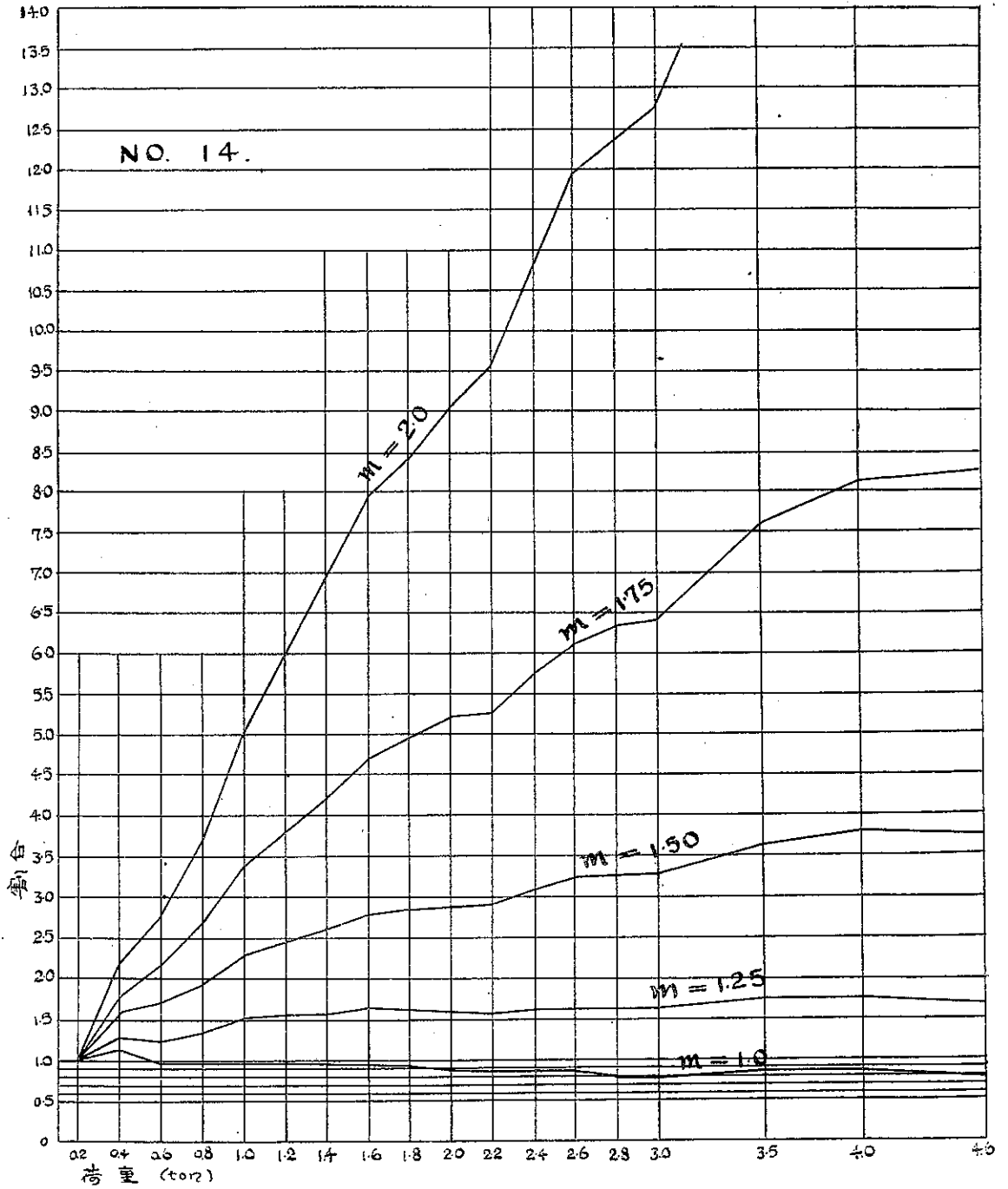


(圖表) (單位) (厘米)



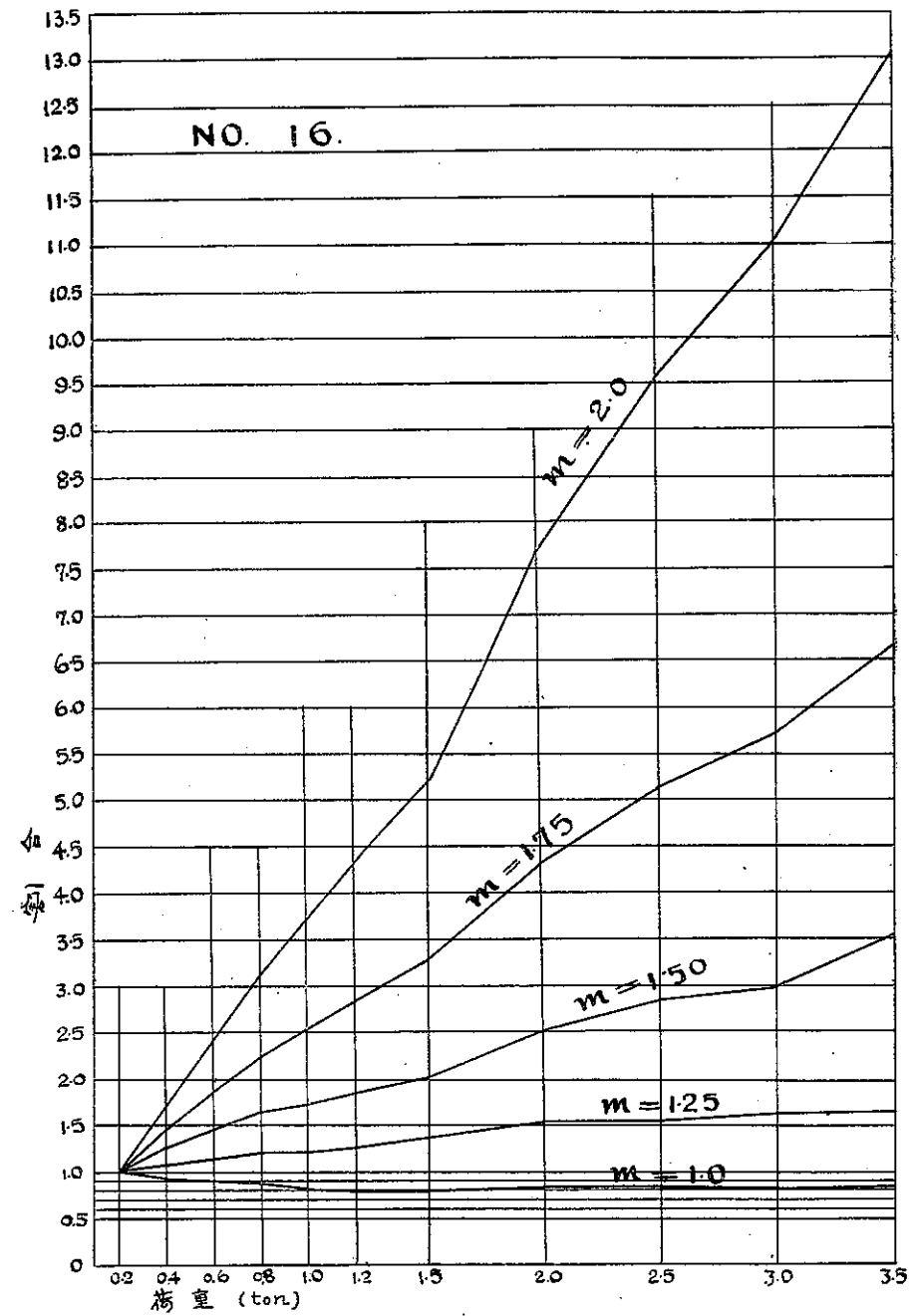
第三圖表(其三)

第三圖表 (其四)

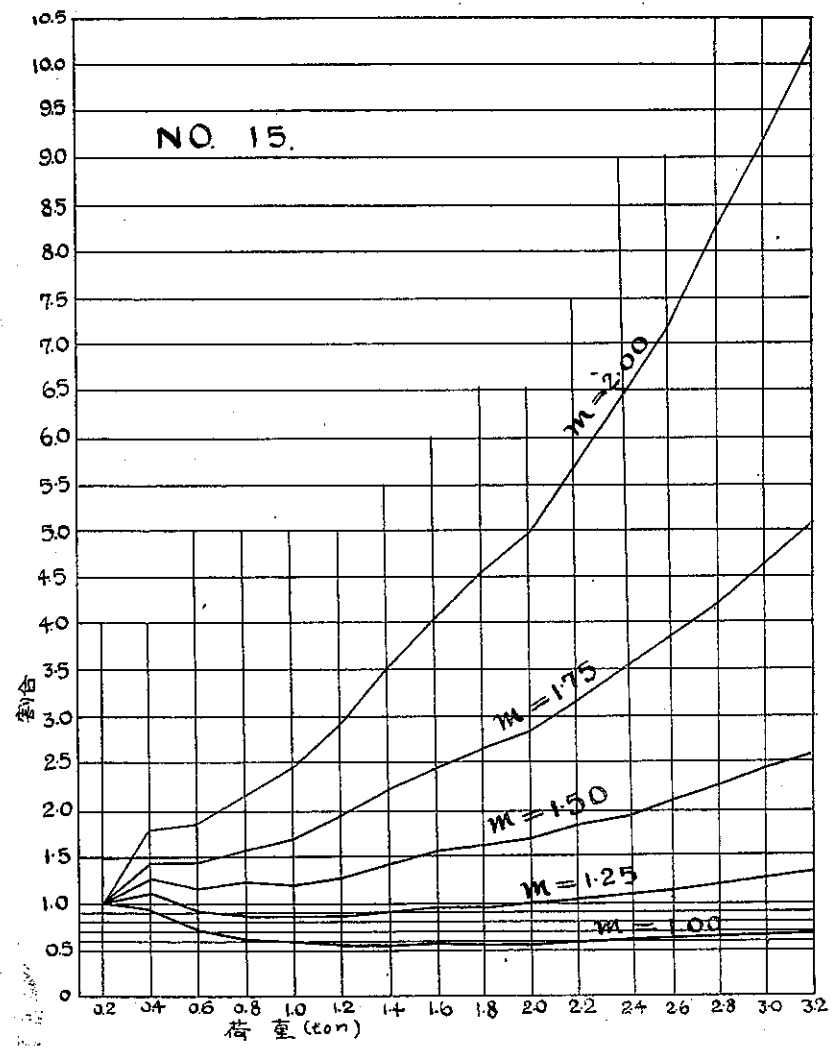


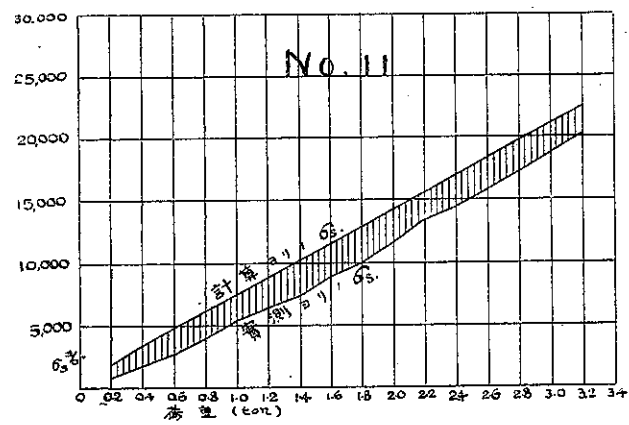
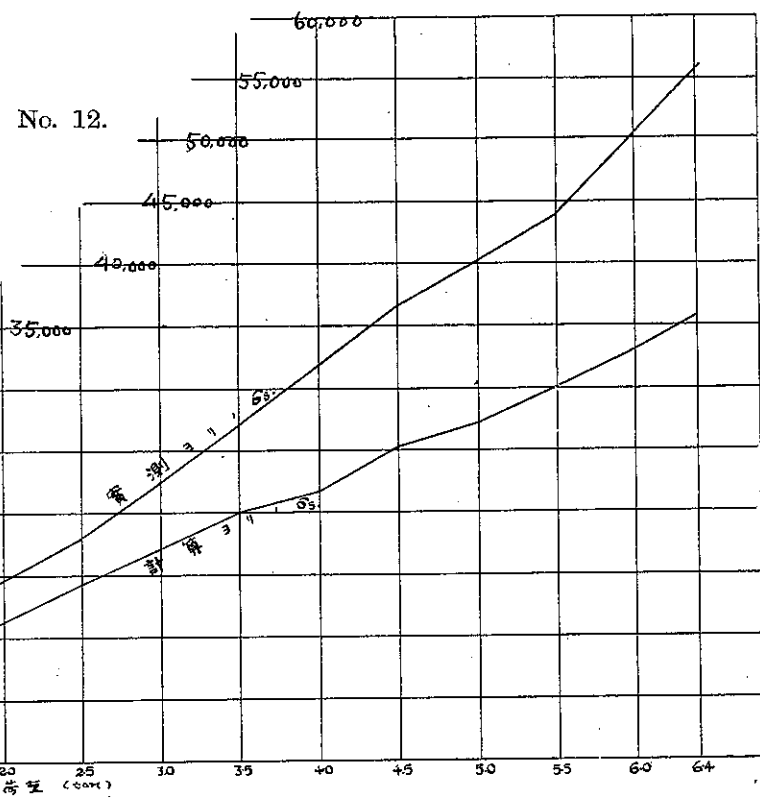
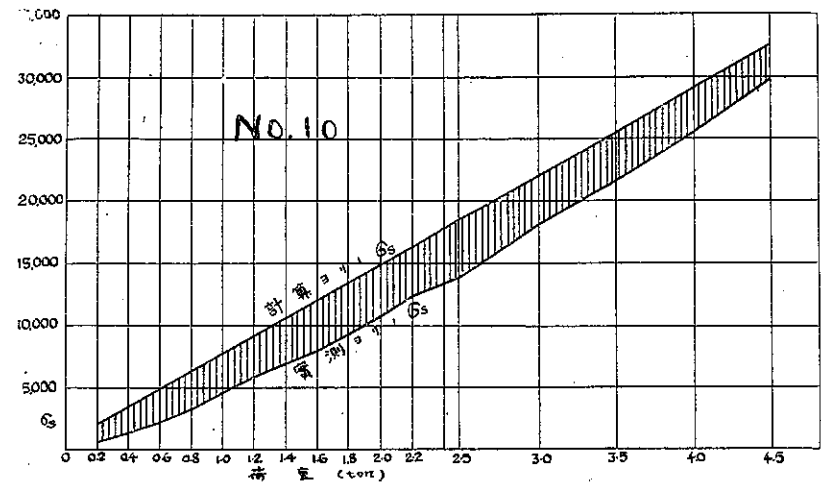
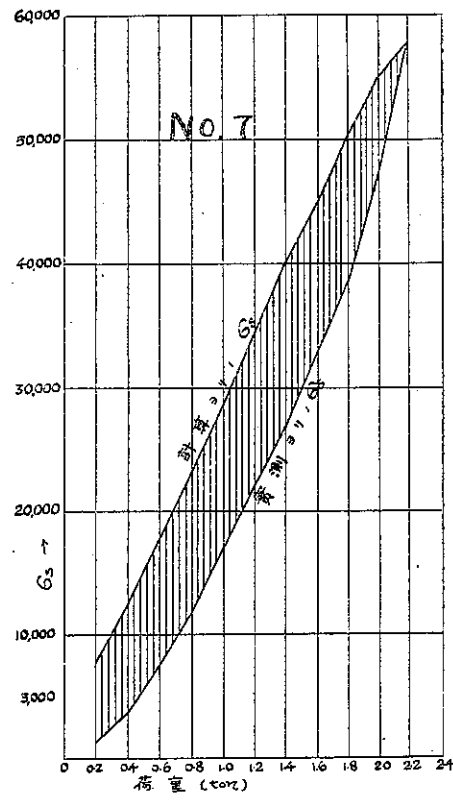
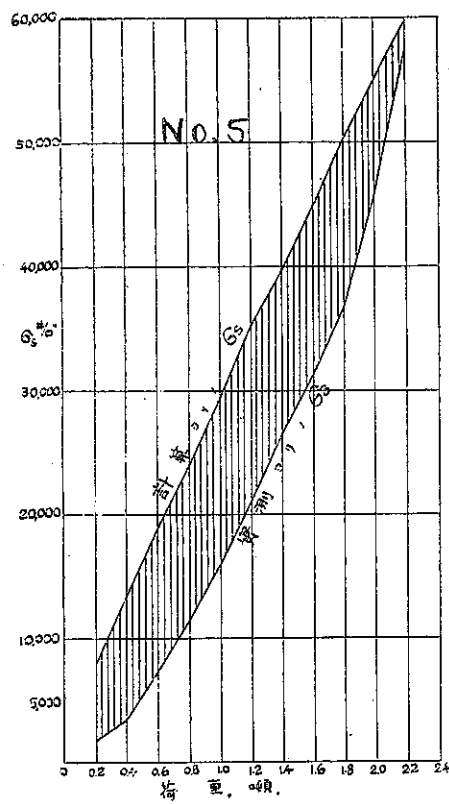
(圖一) 第一卷會議十一





第三圖表 (其五)

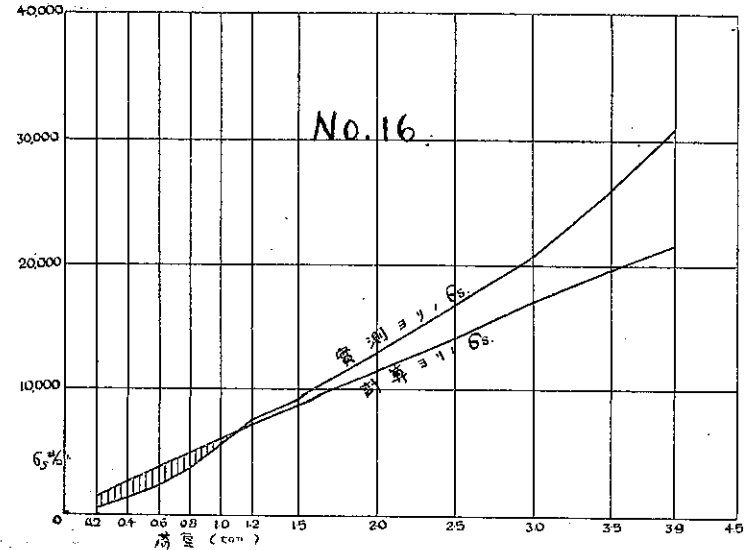
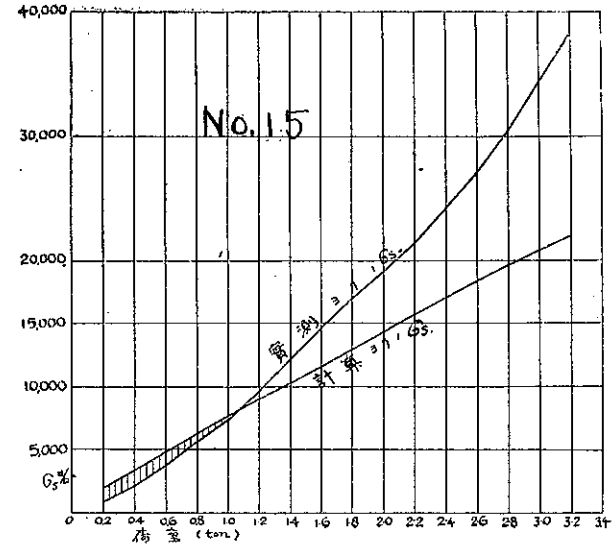
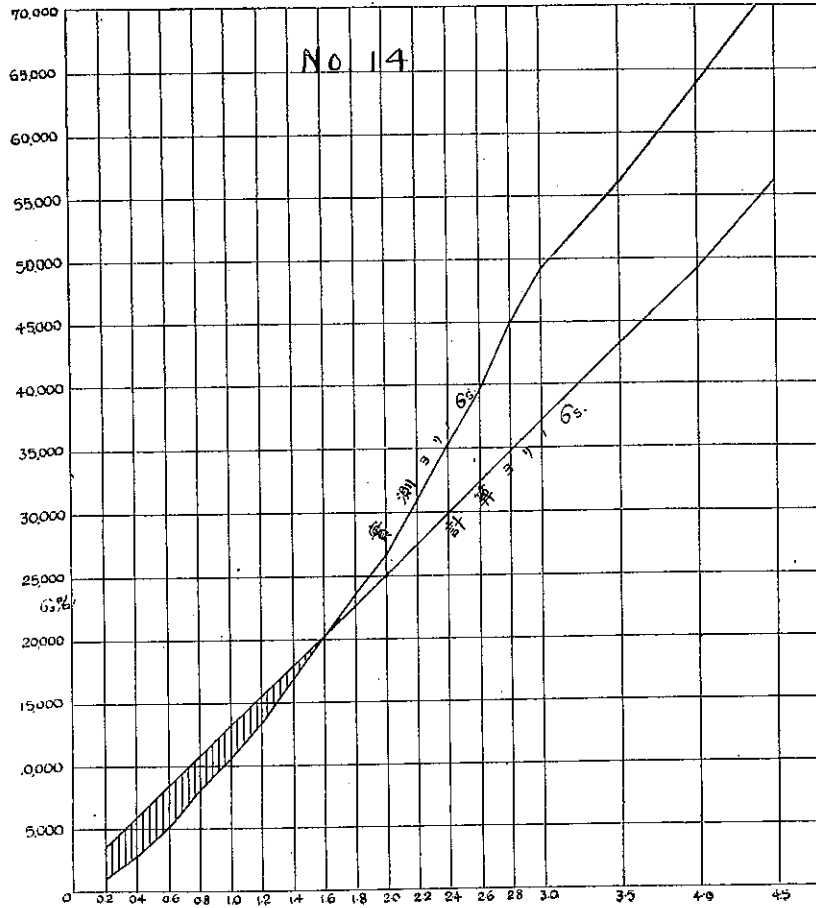




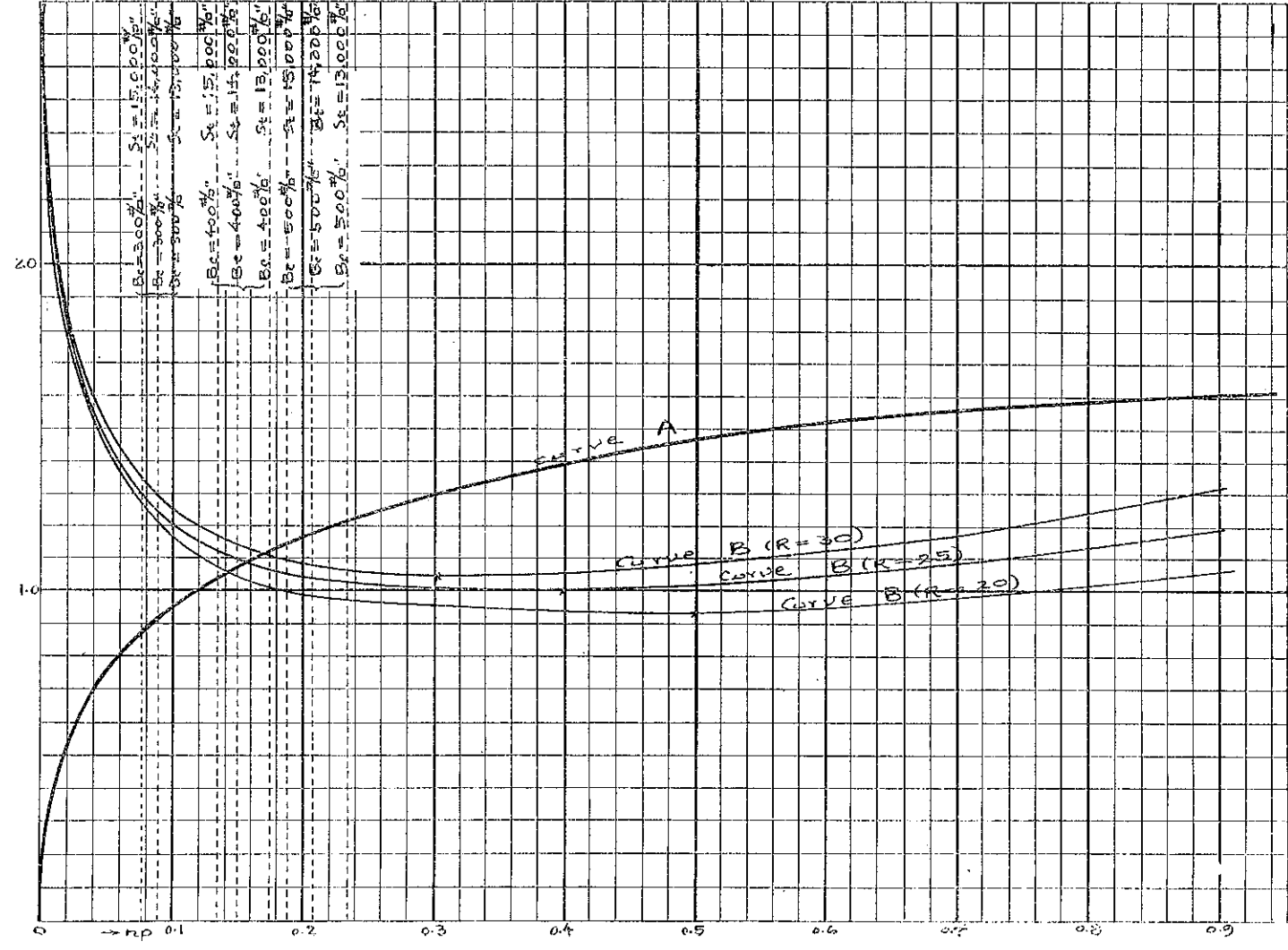
(十ニ至一ノ圖)

第四圖表(其二)

NO. 14.

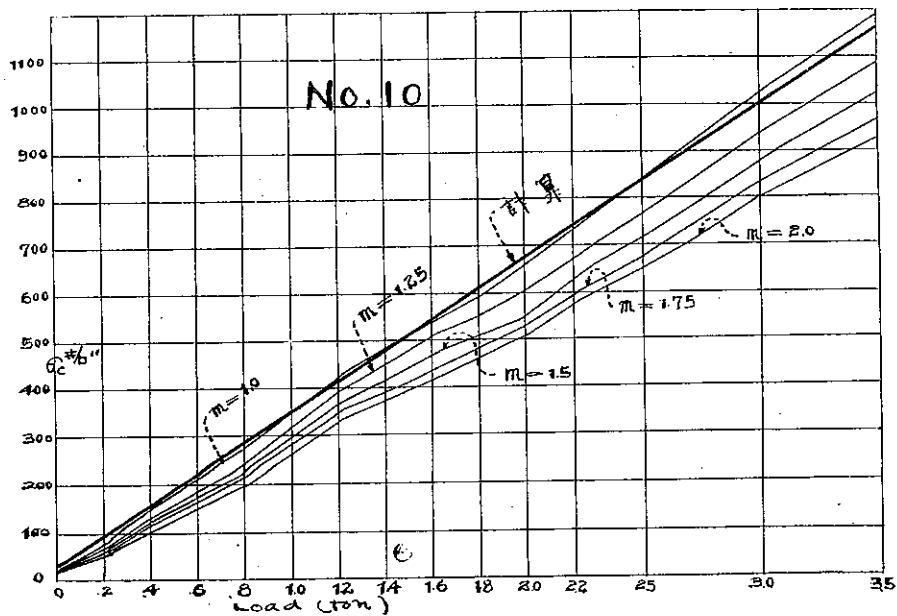
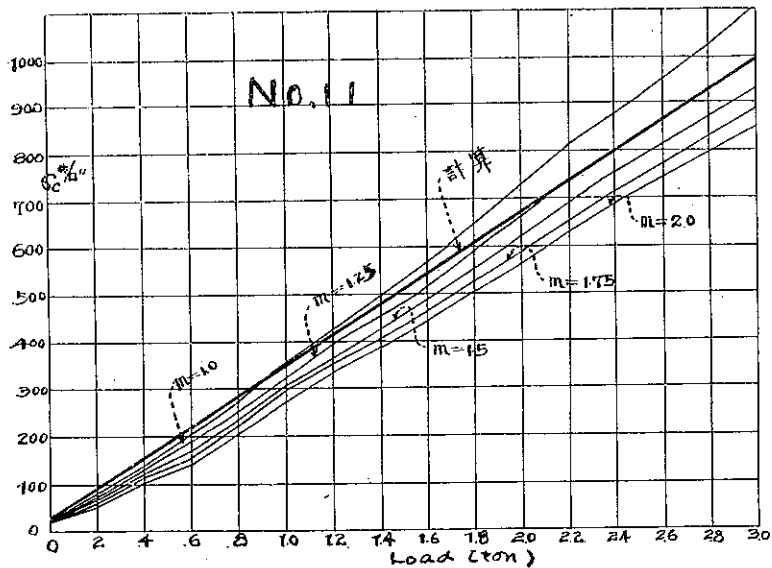
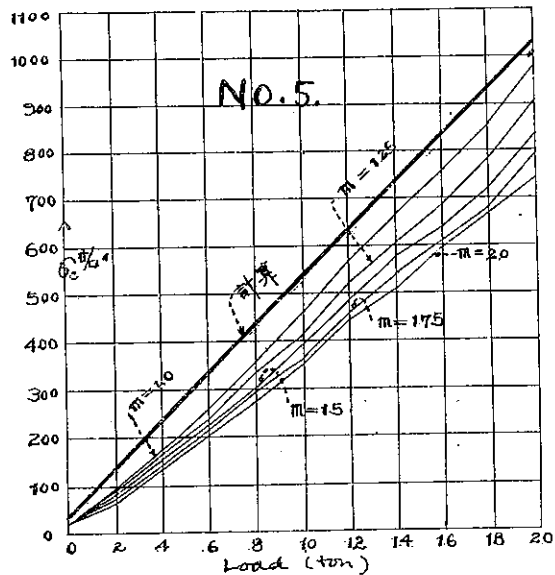
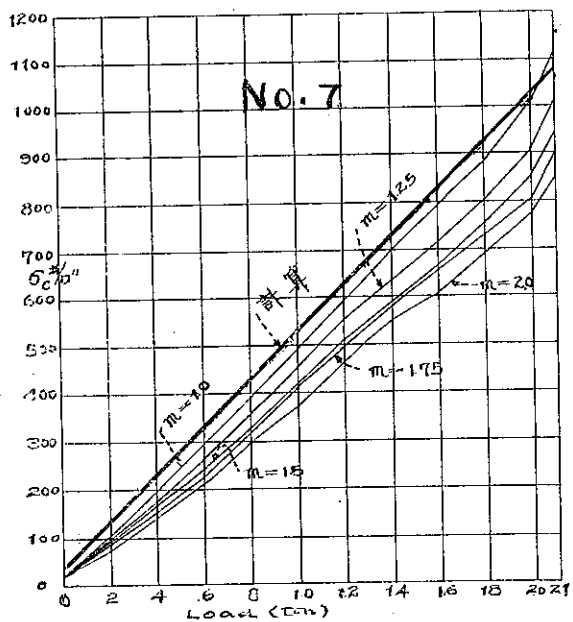


第五圖表 經濟的 P-數

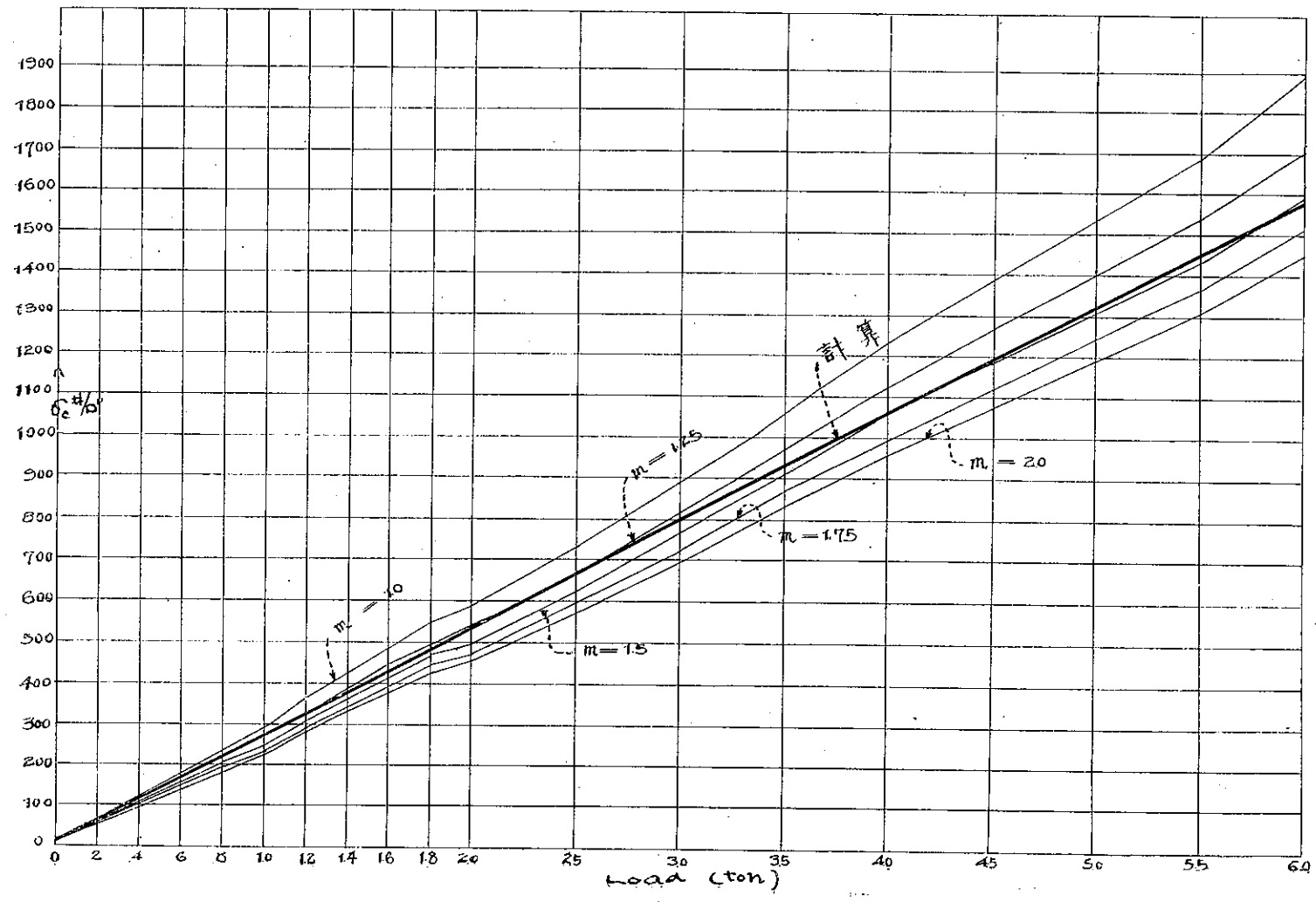


（土木學會誌第十二卷第一號附圖）

第六圖表(其一)



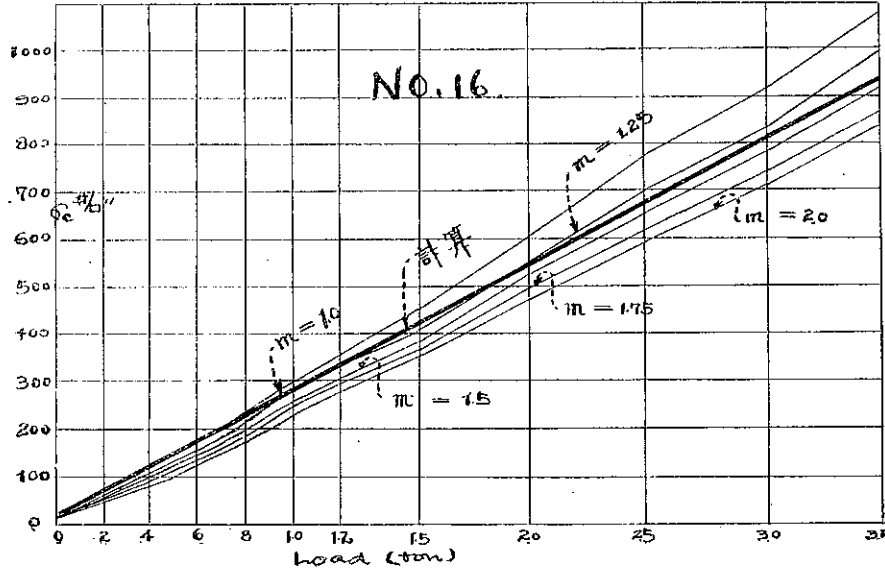
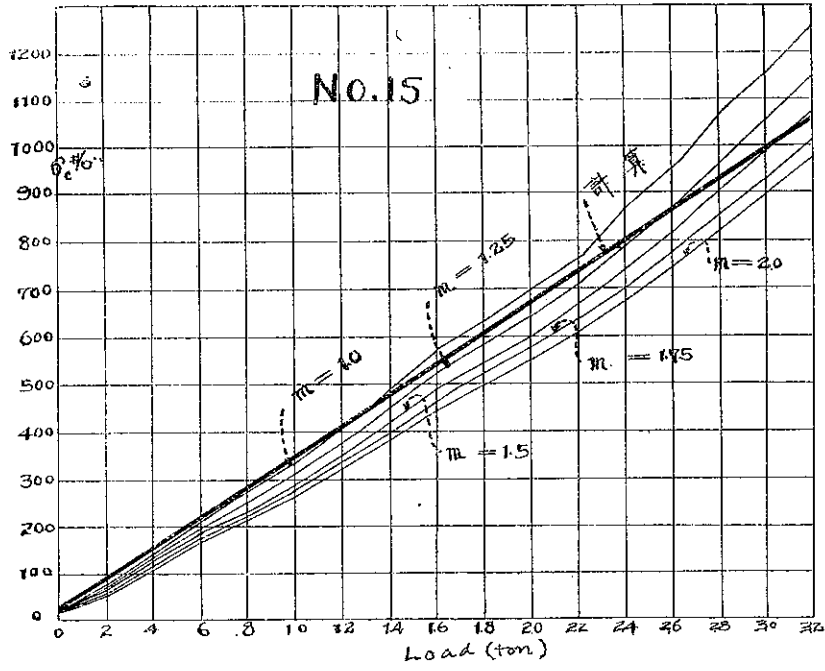
No. 12.



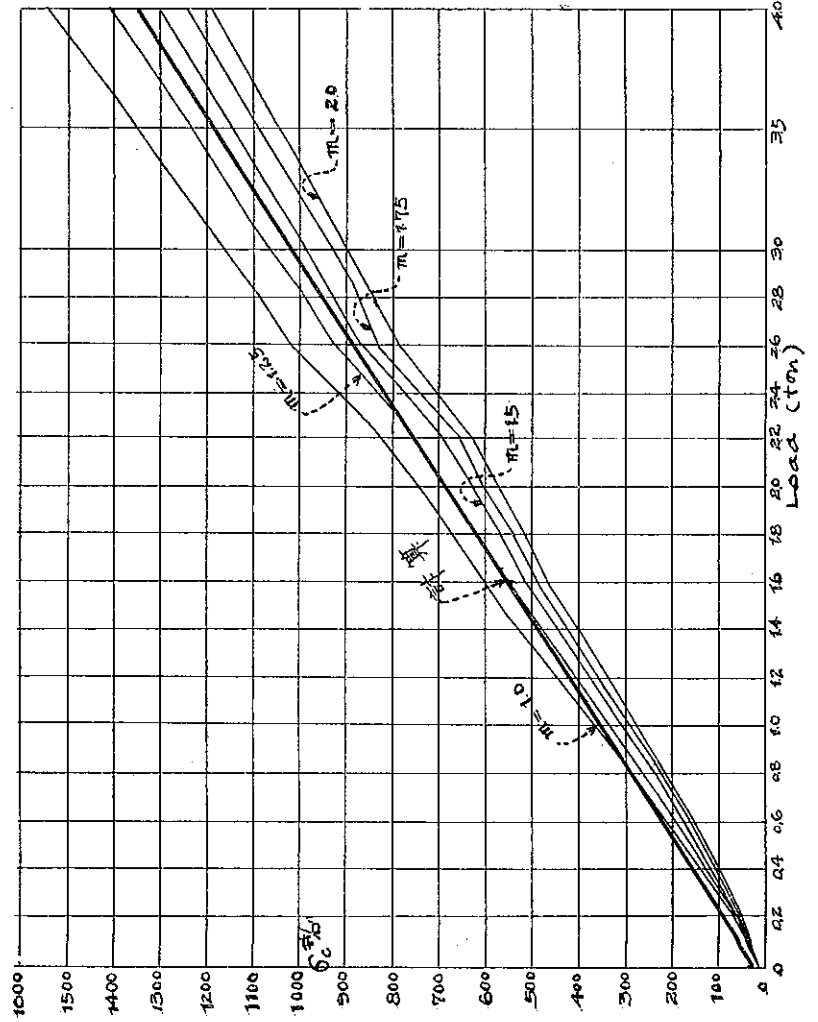
第六圖表(其二)

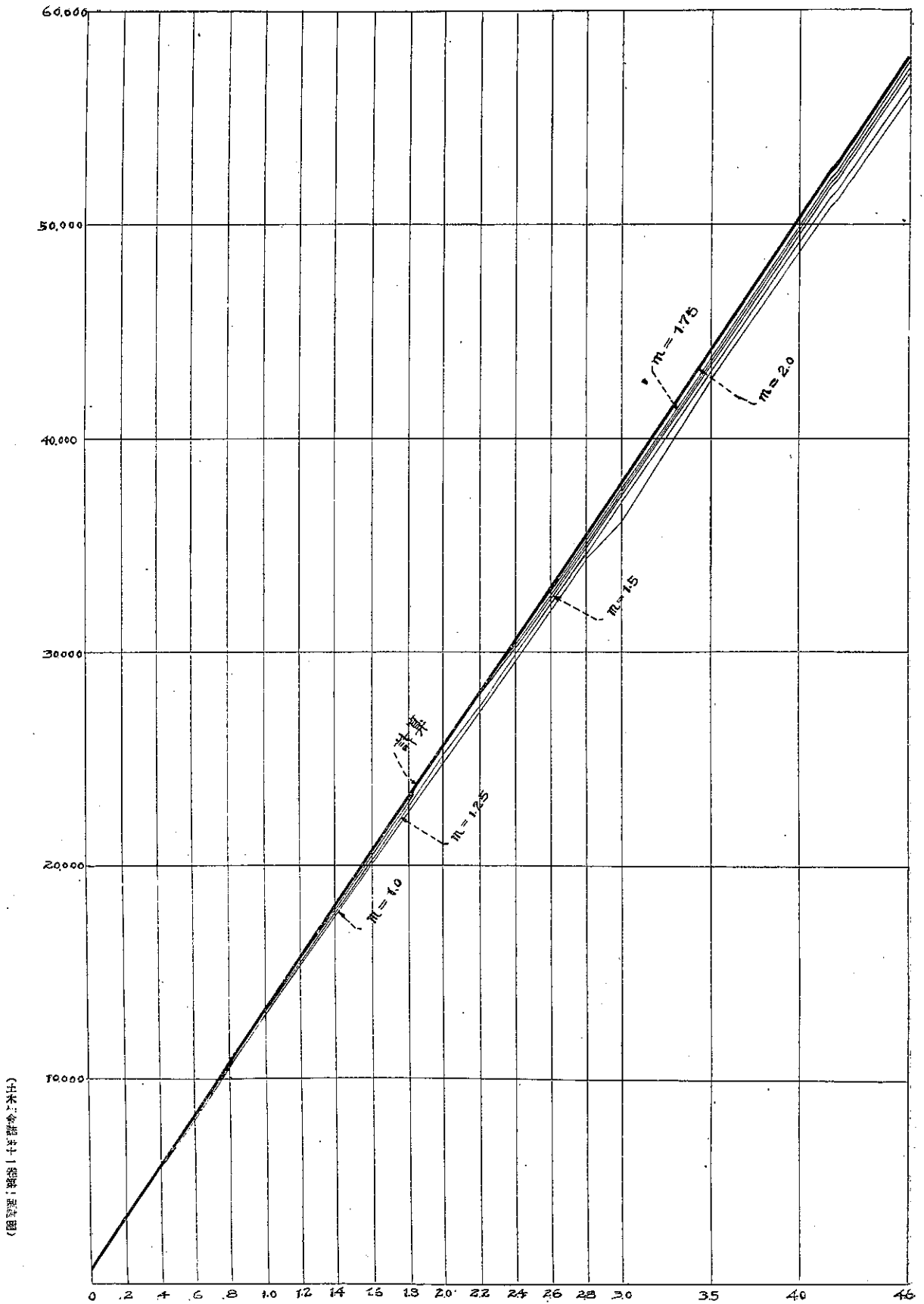
(土木學會誌第十一卷第一號附圖)

第六圖表 (其三)



No. 14

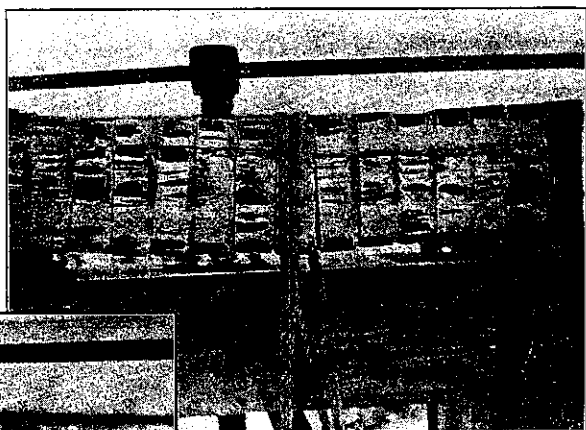




(出米ノ金額表) (米價ノ変動)

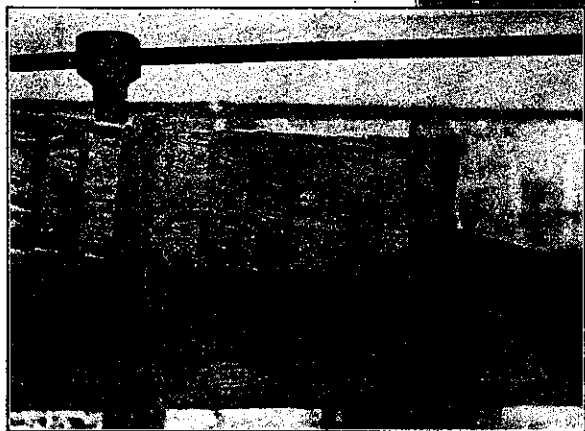
161-17



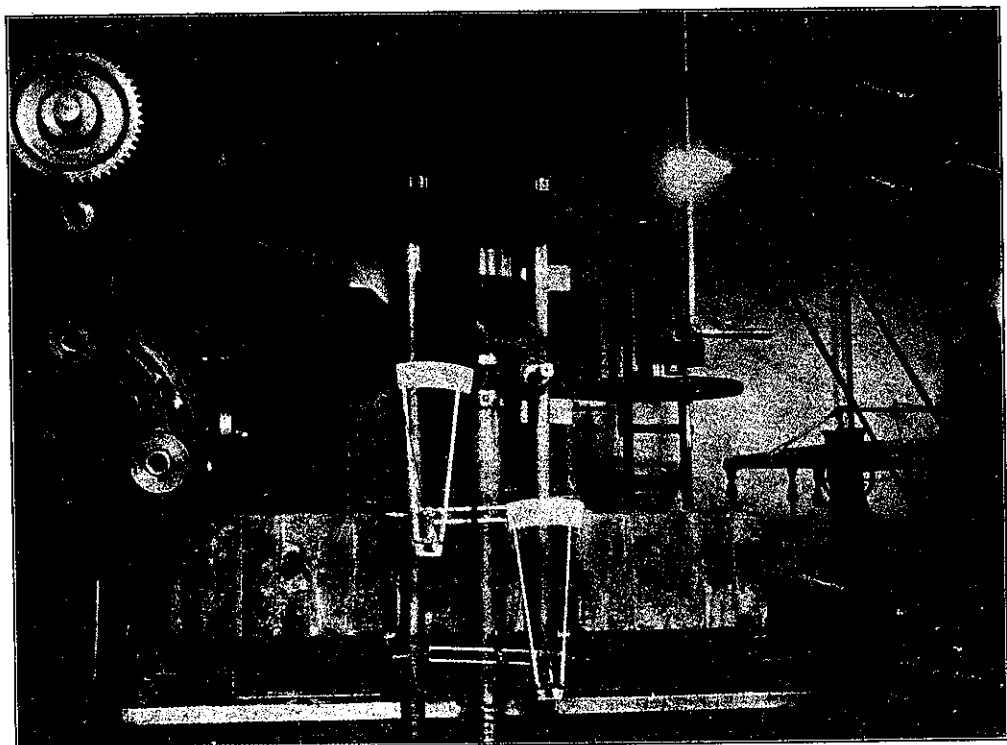


寫真第一

寫真第二

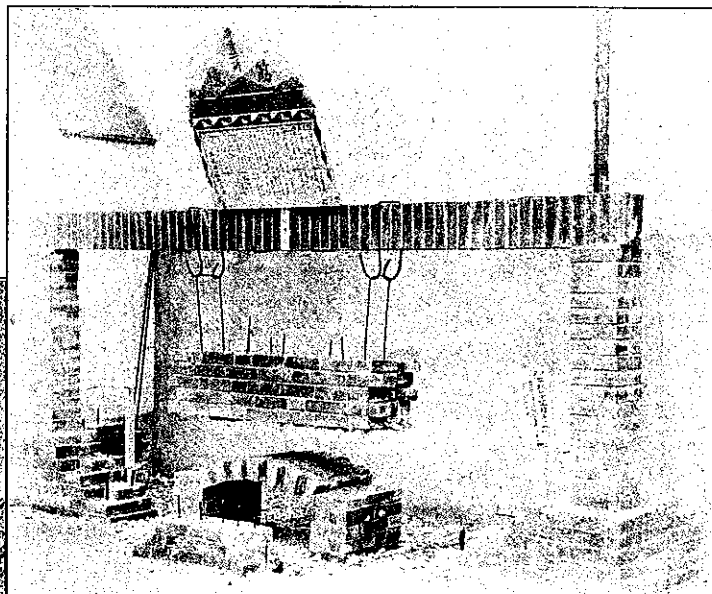
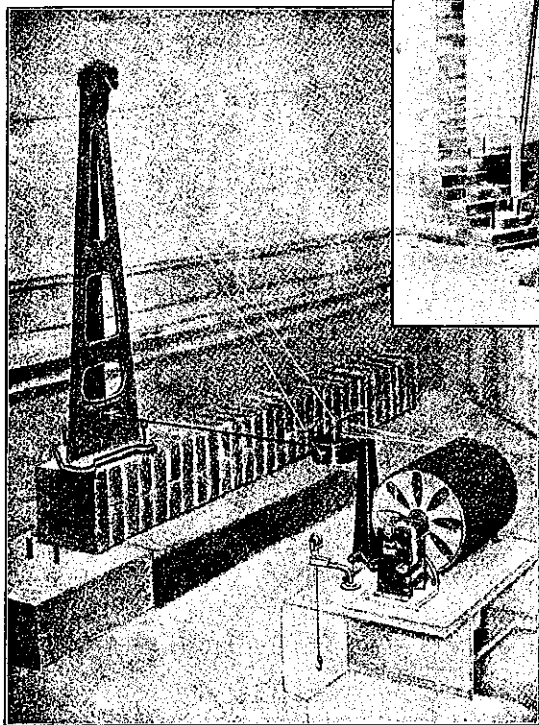


寫真第三

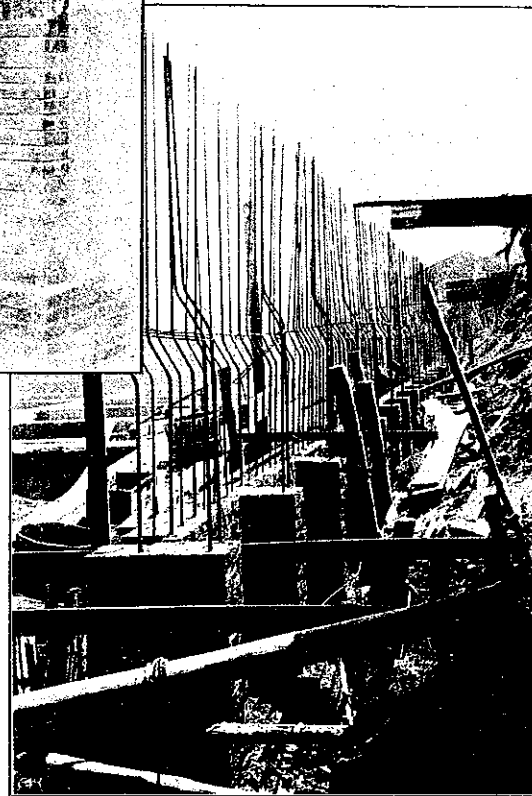


(土木學會誌第十一卷第一號附圖)

寫真第四



寫真第五



寫真第六