

鐵の彈性は混凝土に比し遙かに完全にして、且つ彈性極限以内にありては應力變形は應力度に正比例す。故に其範圍内にありては彈性係數は定數にして下の如し。

鍊鐵 28000000 一平方吋ニツキ封度

鋼鐵(中質) 29000000—30000000

今此彈性係數を混凝土の彈性係數に比較するに、若し混凝土の壓力に對する彈性係數を一平方吋につき 2000000 乃至 3000000 封度となすときは、鐵の彈性係數の凡そ十五分の一乃至十分の一なり。歐米に於ては此比を十二内外にとるを普通とす。

E = 混凝土の彈性係數

E_i = 鐵の彈性係數

$$\frac{E_i}{E} = m = 10 \text{ 乃至 } 15 \quad \text{平均 } 12$$

本邦製「セメント」を用ゐたる混凝土なるときは、此彈性係數の比 m は 12 乃至 15 として大差なからんと信ずれども、尙ほ他日の研究をまち其正確なる數を知るを要す。

第五章 鐵筋混凝土に於ける應力

算計に關する原則、及び假定。

第十七節 概説

凡そ構造物の目的たるや、其有する強度又は重量等に

より外力に抵抗せしめ、其間に力の均勢を保持せしむるにあり。若し力の均勢成立せざるときは構造物は運動を起すべし。其構造物の運動とは所謂其破壊を意味するものなり。例へば橋梁の墜落、桁の挫折、擁壁の龜裂、又は其崩壊等の如きは、之れを力學上より觀察するとき其物體の一部若しくは全部が運動を起したるに外ならず。今鐵筋混凝土を以て構造物をつくるに當りても、其主眼となすところは他の普通の構造物に於けると何等の異なるとなきを以て、力の均勢は第一の要點なるは疑を容れず。故に一般構造學の基礎とも稱し得べき力の均勢に関する原則は又鐵筋混凝土よりなる構造物の應力計算に於ける原則なり。

斯の如く力に関する原則は應力計算に必要なりと雖も、尙ほ他に其構造物を構成する物質の性質、狀態、に關し豫じめ假定するところなかるべからず。如何となれば今日吾人が知り得らるべき物質の性狀なるものは其一端若しくは概要に過ぎずして、絶體に精細なる計算をなすに必要なる其性狀は到底知り能はざるが故なり。故に其窺ひ知り得たるところより推定して計算の基く所を定めざるべからず。是れ種々の假定を要する所以にして、其假定たるや、素より其實際の性狀に近似し今日吾人の智識より判して真に近きものたらざるべからざる

は論を俟たざるなり。

第十八節 力の均勢に関する原則

力の均勢に関する原則とは、換言すれば物體をして運動を起さしめざるに必要且つ充分なる條件なり。

凡そ固體の運動は如何に複雑なるものにありても、之れを解析するときは二種を出でず。即ち直線運動、及回轉運動之れなり。此二種の運動を生ぜざるに必要な條件即ち力の均勢に関する原則は下の如し。

原則第一 同一平面内に於ける二つ若しくは二つ以上の力が一固體に働き、其均勢を保つときは、其平面内任意の方向に於ける夫れ等の力の分力の總和は零なり。

原則第二 同一平面に於ける二つ若しくは二つ以上の力が一固體に働き其均勢を保つときは、其平面内任意の點に對する能率の總和は零なり。

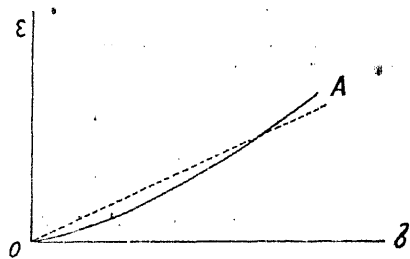
即ち第一の原則は直線運動のなきを示し、第二の原則は回轉運動のなきを示すものなり。

第十九節 混凝土の彈性に関する假定

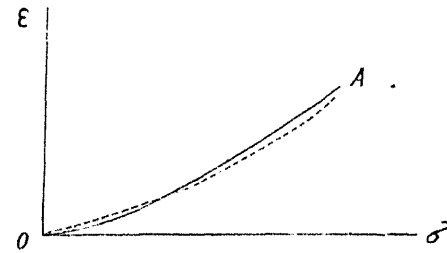
混凝土の壓力に對する彈性に就ては既に述べたるが如く、其彈性は受くる應力度の小なる時に於て著しく、應力度の大なるに隨て充分ならず、其應力度と應力變形との關係は第三十三圖に示せるが如く、曲線にて表示せら

るゝものなり。然りと雖も實際計算を行ふに當りては、之れを(1)の式の如き曲線と考ふるときは非常に錯雜を極むるか故、普通安全應力度附近若しくは彈性極限以内にありては、應力と應力變形の關係は一の直線を以て表はすと假定するものあり。即ち鐵の如き物質と同様に「フック」氏の法則を適用して可なりと唱ふるものあり。又一部論者は之れと異なり、「バツハ」氏が實驗上示せる曲線に近似せる拋物線を以て之れに代用するを可とすと説くものあり。或は又一本の直線とせず(1)の曲線に近似せる二條の直線を以て表示せんとするものありて、今日と雖も學者間に於ける所説は相一致せず、今日尙ほ鐵筋混凝土を用ゐたる構造物の應力計算の法式に數種あるは、主として此彈性に關する假定の相異に起因するもの多し。今此等の假定を圖にて示すときは第三十四圖第三十五圖及び第三十六圖の如し。

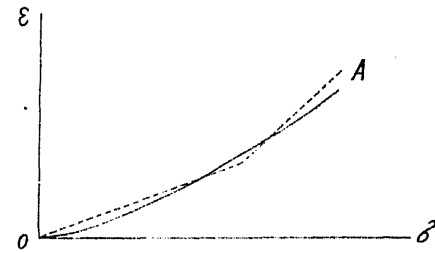
第三十四圖



第三十五圖



第三十六圖



第三十四圖の如く、混凝土の壓力に對する彈性は直線を以て表示し、應力度と應力變形とは互に相正比例すと假定するものは、「マザース、ノエマン」(Mazas-Neumann)、「メララン」、「オステンフェルド」、「サンデルス」、「コンシデール」等の諸氏にして、第三十五圖の如く假定するは、「クツテル」氏、又第三十六圖の如く假定するは、「テューラー」氏なり。

尙ほ又混凝土の張力に對する彈性に關しても學者により各見る所を異にし、「マザースノエマン」氏の如きは之れを壓力に對するものと同様なりと假定し、「メララン」「サ

ンデルス」氏の如きは壓力に對するものを表示する直線と異なりたる直線を以て表示し得べしと假定し、「オステンフェルド」氏の如きは二種の直線にて之れを表示せり。

かくの如く彈性に關して假定するところは學者により各相異なれりと雖も、本論に於ては計算を出來得る丈け簡易ならしめ且つ事實に甚しく遠かるを避け、尙ほ構造物の安全の度を増さんが爲め下の如く假定す。

混凝土の壓力に對する普通の安全應力度範圍内にありては、應力度と應力變形は正比例をなし、隨て彈性係數は定數とす。

即ち第三十四圖の如く直線を以て表示するものにして、鐵に於けるが如く「フック」氏の法則を適用するなり即ち。

$$\frac{\sigma}{\epsilon} = E \dots\dots\dots (2)$$

にして若し $\epsilon_1 = \sigma_1$ のときの應力變形

$\epsilon_2 = \sigma_2$ のときの應力變形

となすときは

$$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

なる關係が成立す。

第二十節 鐵筋混凝土の等質。

鐵筋混凝土は全然異なりたる性狀の物質を集めて一

體となしたるものなり。故に理論上決して等質の固體なりと稱すること能はざるは論を俟たず。然れども若し之れを異質の物體と考ふるときは其物體內に於ける應力分布、及び其他の詳細なる事項に至りては殆ど之れを窺ひ知ること能はざるを以て、其應力の計算等も殆んど手を下すこと能はざるなり。幸にして若し鐵筋混凝土内の鐵條は細き物の多數よりなり混凝土中に略ぼ一樣に配置せらるゝこと「モニエー」式に於けるが如く、且つ其鐵の量も混凝土の全量に比し遙かに少きものによりては、之れを一の等質の物體と見做すも殆んど可なり。若し之れに反し、混凝土中にある鐵材にして其斷面も非常に大に、其數も少なく、且つ一樣に配置せられざるときは其全體を一の等質のものと稱するは少しく當を得ざるなり。

現今鐵筋混凝土に於ける諸の構法を見るに、其の多數は細小なる鐵條を一樣に混凝土中に配置したるものなるが故、本論に於ては實際上の點より鐵筋混凝土を一の等質のものと假定す。

第二十一節 混凝土及び鐵の共同變形。

鐵筋混凝土の應力計算の基礎として種々の假定を述べ來りしが、尙ほ爰に鐵筋混凝土中にありては鐵と混凝土とは共同變形をなすものと假定せざるべからず。即ち

鉄筋混凝土が應力を受け、鐵若しくは混凝土の何れか其一が或る變形をなすときは、其部分に直接に接せる他の一方の物體も同様の變形をなすものと假定するものなり。今第三十七圖に於て、A B C D なる鉄筋混凝土あり、今或る應力を受け其内にある鐵條 E F が E G 丈け短縮したりとせば、E F に直接沿ひたる混凝土の部も亦同じく E G 丈け短縮するを意味す。換言すれば鐵と混凝土とは能く相附着し互に相離れず、終始相從ひ、決して個々別々なる變形をなさずと假定するなり。

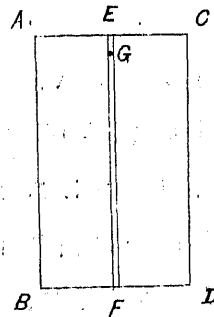
此の假定は果して正確なるものなりや否やは目下充分明ならずと雖も、敢て事實に甚しく離れたることにあらざることは實驗の證する所なり。之の假定の結果として下の如き關係の成立するを見るなり。

- 今 ϵ = 混凝土の應力變形
- σ = 混凝土に於ける應力度
- ϵ_i = 鐵の應力變形
- σ_i = 鐵に於ける應力度
- E = 混凝土の彈性係數
- E_i = 鐵の彈性係數

となすときは(2)により

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad ; \quad \epsilon_i = \frac{\sigma_i}{E_i}$$

第三十七圖



而して若し鐵と混凝土が同處にあるときは本節の假定により

$$\epsilon = \epsilon_i$$

即ち

$$\frac{\sigma}{E} = \frac{\sigma_i}{E_i}$$

$$\frac{\sigma_i}{\sigma} = \frac{E_i}{E} = m \dots \dots \dots (3)$$

$$\sigma_i = m\sigma \dots \dots \dots (4)$$

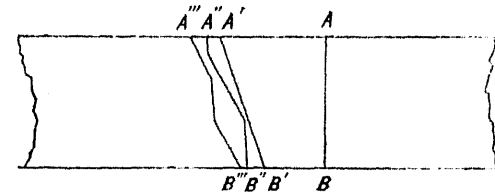
即ち兩者の受くる應力度は各自の彈性係數の比にありて、鐵に於ける應力度は混凝土に於ける應力度の m 倍なり。

第二十二節 横斷平面の不變。

鉄筋混凝土の應力計算に於ては、他の普通のものに於けるが如く、横斷平面は不變なりと假定せざるべからず。即ち外力を受けざる以前に同じ横斷平面内にありし分子は、外力を受け變形をなしたる後と雖も又一の平面内にありと假定するなり。

今第三十八圖に示す如く、A B を以て外力を受けざる以前の一の横斷平面となすときは、其

第三十八圖



物體が後ちに變形をなし A B も其位置を變ずと雖も復



た A' B' の如き平面をなし、決して A'' B'', 又は A''' O D B''' の如き形をなさないを意味す。

此假定は事實に少しく遠ざかりあるは明なり。如何なる構造を有するものと雖も、之れに荷重を加ふるに當り、其構造物の断面に一様に若しくは一様に變化する割合を以て之れを分布することは到底望む能はず。故に其受くる應力變形も隨て必ず不規則なるは明なり。鉄筋混凝土の場合にありても、實驗の結果によれば、横斷平面は決して不變のものにあらず、殊に混凝土と鐵と相接觸せる附近にありては甚だ不規則なる變形をなすものの如し。然りと雖も若し其横斷平面は不變ならずとせば、果して如何なる法則の下に變形をなすものなるかは殆んど之れを窺ひ知ること能はず。故に寧ろ之れを不變のものと假定し、計算の基礎となし、且つ其計算を簡易ならしむるに若かざるなり。

第二十三節 混凝土の抗張強度の無視。

混凝土の抗張強度は既にのべたるが如く其抗壓強度に比し遙かに少し。故に之れを無視すべきや否やは鉄筋混凝土に於ける應力計算法に大なる影響を與ふるものなり。此點に關しては學者間にも所論區々に分れ、「コンシデール」、「メラン」、「オステンフェルド」、「サンデル」、「チユーリー」氏の如きは之れを無視せず、之れに反し「リッ

テル」、「コアニエー及びテデスコ」氏の如きは皆な之れを無視せり。而し彼の「コンシデール」氏の如きは自己の實驗の結果より推し、混凝土は鐵と併せ用ふるときは、單獨に働く場合に比し遙かに高度の張力に抗し得べしと論じ、之れが證として其實験を示せり。即ち鉄筋混凝土の桁に荷重を加へ、其一部に普通の混凝土の抗張強度以上の應張力度を受けしめたるに、毫も裂離するを認めず、然るに更に其部分より混凝土の一片を切り採り、之れに張力を加へたるに、さきに受けたる應張力度よりも少き普通の破壊抗張應力度にて切斷せりと云へり。然るに「ターノール」(Turneaure) 氏は又自己の實驗よりして「コンシデール」氏の主張せるところを駁せり。即ち氏は「コンシデール」と同様なる試験をなしたるも更に注意を加へ、試験の際迄供試體を水中に浸し置き後ち之れを取り出してよく水分を拭ひ取り、之れに「コンシデール」氏の如く荷重を加へたるに應張力を受けたる部分の或る場所より水の浸出するを認めたり。氏は之れを見て之れ必ず其應張力に耐へずして龜裂を生じたるに外ならず而して其裂目の肉眼にて見る能はざるは鐵の存在するが故なりとなし、其部分より混凝土の一片をとり、(水の浸出したる部分を含み)之れに張力を加へたるに、殆んど何等の抵抗を見ずして切斷せりと云へり。

以上述べたるが如く、學者間の諸論は種々相異なれり
と雖も、元來其抗張強度は非常に小にして之れに信頼す
るは安全ならざるが故、本論に於ては凡て之れを無視し、
混凝土は張力に毫も耐へざるものと假定す。

第二十四節 固有應力の無視。

固有應力とは所定の荷重又は溫度等の變化を受くる
以前に起る應力を云ふ。

鉄筋混凝土にありては此固有應力なるものは主とし
て「セメント」の硬化に従ひて生ずるものなり。

抑も「セメント」に水を加へて之れを捏ね然る後硬化せ
しむるときは、其容積に變化を生じ甚だしきは遂に龜裂
を生ずるものあるは既に世人の知るところなり。若し
純「セメント」にあらずして之れに砂を加へて膠泥となす
ときは、其硬化に原因する容積の變化は純膠灰の場合に
比し遙かに少きものなりと雖も、決して皆無にあらず。
而して鉄筋混凝土に於ては鐵には何等の變化をも生ぜ
ざるが故鐵の部分と混凝土の部分との間に不均衡を來
たし、鐵は混凝土の變化を牽制するが如き作用をなし、爲
めに應力を生ずるに至るなり。

此固有應力は「コンシデール」氏の實驗によれば、水中に
て硬化せしめたるものと空氣中に於て硬化せしめたる
者とは全く其趣を異にし、水中にありて硬化したるもの

にありては、混凝土は膨脹し、而して鐵條は之れを牽制す
るが故混凝土には應壓力を生じ、鐵には應張力を生ずべ
く、空氣中にありて硬化したるものにありては、之れに
反し混凝土は收縮する傾向あり、鐵は之れを牽制するを
以て混凝土には應張力を生じ、鐵には應壓力を生ずべし。
而して通常混凝土には壓力をうけしめ、鐵には張力をう
けしめ、且つ混凝土の硬化は之れを空氣中に於てなすか
或は半乾半濕の状態にありてなさしむること多きを以
て、斯の如き原因に基く固有應力は殆んど之れを考ふる
に及ばざること多し。若し又之れを考ふるの必要ありと
するも其詳細なることに至りては未だ充分之れを明に
すること能はざるのみならず、其度も大なるものにあら
ざるを以て本論に於ては凡て之れを無視す。

第二十五節 鐵及び混凝土の溫度に 對する同一變形。

如何なる物體と雖も寒暖に應じて伸縮するものなり。
今若し鉄筋混凝土を構成する鐵及び混凝土の兩者が溫
度の同一變化により各相異りたる率にて伸縮するとき
は、兩者は相牽制し其間に更に應力を生ずべし。實驗の
結果によるときは鐵及び混凝土の溫度に對する膨脹率
は次の如し。

鐵 攝氏一度につき 0.0000122

華氏一度につき 0.00000670

混凝土 攝氏一度につき 0.0000100 乃至 0.0000145

(普通の配) 華氏一度につき 0.00000545 乃至 0.00000795

上の數字の示すが如く、混凝土と鐵との膨脹率は殆んど相等し。又假令其間に多少の差ありと雖も重要視する程度のものにあらず。故に鐵と混凝土は溫度に對し同一變形をなすものと假定す。

第六章 壓力をうくるものの 應力計算。

概説。

本章に於て述べんとするものは、柱の如く單に其斷面に直角に壓力のみをうくるもの應力計算にして、其壓力若くは壓力の合力が其斷面の重心に働く場合に限るものとす。而して其働く點が斷面の重心にあらざる場合には單壓力の外に彎曲力率を生ずるを以て後章更に述ぶる所あるべし。

第二十六節 一般計算法。

P = 壓力

A = 横斷面の總面積

a = 鐵の總斷面積

σ = 混凝土に於ける應力度