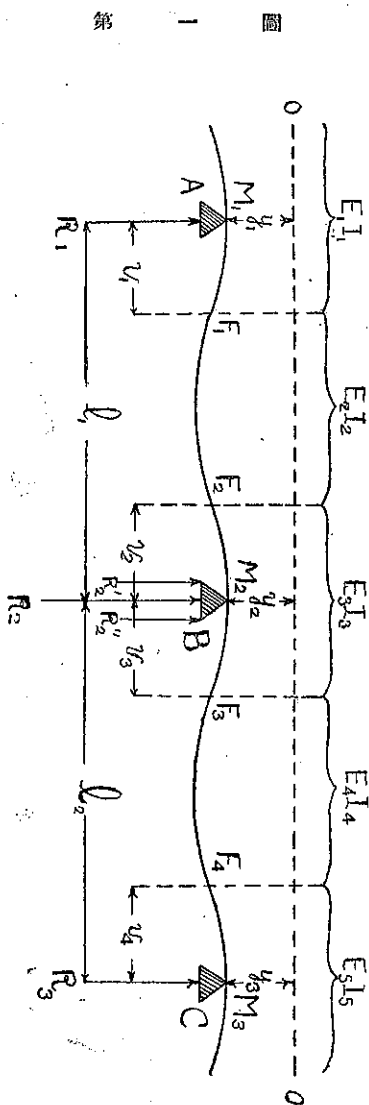


鐵筋混凝土連桁ニ就テ (第八卷第五號所載)

會員工學士坂田時和

本誌第八卷第五號ニ於ケル山田工學士ノ表記ノ御論說並ビニ第九卷第二號ニ於ケル小川工學士ノ之ニ關スル御討議ニ對シイサ、カ卑見ヲ述ベテ大方諸君ノ教ヲ請ケタイト思フ

山田工學士ノ企テハ鐵筋混凝土ノ如ク處々剛性率  $EJ$  ノ違フモノニ等質材ノ理論ヲ其儘適用スルハ決シテ當ヲ得タモノデハナイ第一鐵筋ノ使用量ガ支點上ト支點間トデハ違フ第二ニハ連桁ニハ主トシテ丁形斷面ヲ使用シ而シテ鐵筋混凝土デハ混凝土ノ抗張性ヲ無視スル結果反曲點ノ左右デ惰性率  $J$  ガ著シク違フソコデ氏ハ反曲點ヲ境トシテ  $EJ$  ノ値ヲ分チ新ニ三連力率ノ定理ヲ打建テ之ヲ種々ノ場合ニ應用シヤウト云フノデアル實際問題トシテ惰性率ハ支點ト反曲點トノ間



又ハ反曲點ト反曲點トノ間ニ於テモ決シテ同一デハナイカラ氏ノ折角ノ御研究モ甚シク運用上ノ價值ヲ減ジハシナイカト思フガソレハ先ツ別問題トシ少シ私ガオカシク思フノハ混凝土ノ抗張強無視ノ理由ノ下ニ彈性論ニ關スル基礎公式ヲイデルコトデアアル概念上ヨリスレバ先ヅ我々ハ彈性理論ハ等質材ト均シナミニ鐵筋混凝土ニモ適用シ得ルモノトシテ出發シテ居ル抗張強ヲ無視スルノハ外力ナドガ凡テ分ツテカラ後ノコトデ寧ロ應力計算上ノ一方便乃至ハ實際上ノ一修正ニ過ギヌコレガ爲メニ彎曲力率ナドノ値迄モ立テ直シテカ、ルノハ餘リニ溯リ過ギル觀ガアル桁ノ高サヤ鐵筋量ガ違フカラト云フコトナレバ決シテ差支ハナイ少クトモ氏ノアノ複雑ナ諸公式ナリ計算法ナリガじやすてふふいサレルニハ從來ノ計算方法デハ實際上カウ云フ不都合ガアルト云フ實證ガ擧ゲラレナケレバナルマイト思フ

ふつくす法則ノ成立ツ材料デハ應力度ガ彈性限度ヲ超過シナイ限り次ノ諸式ガ成立ツ

$$\sigma = \frac{M}{J} \rho \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{M}{EJ} \dots\dots\dots (2)$$

$$\partial = \int \frac{M dx}{EJ} \dots\dots\dots (3)$$

無論ふつくす法則ノ成立ツ材料デハ

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \text{定數}$$

デナケレバナラヌEガ定數デアレバJハ處々デ變ツテ居テモ可イ又鐵筋混凝土ニモ鐵筋ト混凝土トノ間ニ完全ナ結合サヘアレバ上ノ諸式ハ等シク用キ得ル普通此等ノ式ハふつくす法則トノ聯想ヲ離レテ之ヲ見又ハ之ヲ書キ下スコトハナイモットモ山田氏ノ場合ニハ一積分外ノEハ變數トナツテ居ルノデアアルガ

小川氏ハ山田氏ガ第三式ヲ運用サレルニハ先ヅ其前ニ當ツテ一タイ鐵筋混凝土ガふつくす法則ニ從フモノカソレトモば

は氏ノ指數法則乃至ハリッたー氏ノ變形曲線ニ從フモノカラ明言スル必要ガアルト云ハレテ居ルガ私ハ大體ニ於テ以上ノ如ク解釋シテ居ルナホ山田氏ガ應力ト變形トノ關係ヲ直線トシテ居ラレルコトハ第五節ノ惰性率ノ諸式(一九頁)ニ由ツテモ能ク分ル

ケレド小川氏ノ此疑問ニモ相當ノ理由ガアルト思フノハ矢張第五節中ニ山田氏ノ掲ゲラレテ居ル彈性率ノ式デアアル氏ハ彎曲剛率ハ彈性率 $E$ ト惰性率 $J$ トノ相乘積デアアル彈性率 $E$ ノ値ハンノ假定ニ多少ノ相違ハアルガ

$$E = E_0 \left( 1 + n \frac{F_c}{E_0} \right)$$

若シクハ

$$E = \frac{E_c}{n} \left( 1 + n \frac{F_c}{E_0} \right)$$

ヲ使用スルガヨイ 但シ

$E_0$  ハ混凝土ノ彈性率

$E_c$  ハ鐵筋ノ彈性率

$n$  ハ彈比

$F_0$  ハ鐵筋ノ斷面積

$F_c$  ハ混凝土ノ全斷面積

デアアルト云ハレテ居ル(十九頁)ソシテ之ニ乘ズベキ惰性率 $J$ ハ若シ桁ガ單式鐵筋ヲ有スルトキニハ

$$J = \frac{bx^3}{3} + nF_c(h-a-x)^2$$

云々ト云ハレテ居ル處ヲ見ルト惰性率ノ方ハ普通我々が混凝土ノ抗張強ヲ無視シテ使ツテ居ル所ノモノト何等變リハナ

イ一寸珍ラシイ考案デアアル小川氏ニモ $E$ ノ式ハ能ク分ラナカツタラシイ淺學ナ私ニ在ツテハ無論コレハ初對面デアアル既ニ小川氏ノ指摘サレテ居ル通りコレハ原論文百數十頁ヲ通ジテ一ノ根底ヲ爲シテ居ルモノデアアルカラモツト詳シイ説明ヲ山田氏ニ煩ハシタカツタ

カ、ル場合私共ハ $E$ ハ混凝土ノ彈性率 $E_c$ ヲ其儘用キテ居ル混凝土ト鐵トノ間ニ完全ナ結合ガアリ一方ガ他ヨリ早く伸ビテ分離スルト云フ様ナ事ガナケレバ兩者ノ接觸面ニ於テ伸縮ハ同一デアラネバナラヌ

$$\frac{\sigma}{E_c} = \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\sigma = n\sigma_s$$

ダカラ鐵筋ヲ其斷面積ノ $n$ 倍ノ混凝土ヲ以テ代置スレバ可イ又ソレデ事ハ足ル從ツテ

$$F = F_s + nF_c$$

$$J = J_s + nJ_c$$

ト云フ風ニ假想斷面積ヤ假想惰性率ヲ用ウルコトハアルガ假想彈性率ト云フモノハ減多ニ用キナイ無論假想惰性率ニ乘ズベキ彈性率ハ今述ベタ通り混凝土ノソレヲ採ルトニカク一積分外ナガラモ桁ノ諸處デ彈性率ヲ變ヘ又惰性率ニ於テ混凝土ノ抗張強ヲ無視シ之ヲ第三式ニ適用スルコトハふっくす法則假定ニ對スルニ重違反ト云ヘバ云ヘナイコトモナイ又私共ハ可成 $E$ ト $J$ トヲ引離シテ考ヘルコトニツガ道伴トナツテ出テ來ルノハ主トシテ拱ヤらゝめんデアアルガ之等ノモノニアツテモ猶ホ $E$ ハ彈性理論ノ領域内ニ於テハ定數トシ且ツ混凝土ハ全部有效ト見テ居ル例ヘバ獨逸ノ如キ不定構ノ未知數ヲ求ムル場合ナド然ウ規定シテ居ル別ニ深イ理由ハナイ實驗上然ウナノデアアル然ラバ混凝土ハ實際ふっくす法則ニ從フカト云フトサウデナイコトハ周知ノ事實デアアル而シテ實際ニ近イ應力變形關係ヲ示スモノ、一例トシテハばは氏ノ指數法則ガアル

スナハチ荷重ガ掛ルトソノ大小並ニ桁ノ材質ニモヨルガ中軸ハ動イテ來ル鑄鐵ヤ石ハヤ混凝土デハ應壓側へ動クばは氏ハソノ理由ヲ説明シテ

中軸ハ變形ノ小サイ方即チ強度ノ大キイ方へ動クコレハ彎曲力率ニ抵抗スル爲メニハ強度ノ弱イ方デヨリ多クノ斷面積ヲ要スル爲メデアアル

ト云ツテ居ル小川氏ハ

小ナル彈性率ヲ有スル方面ガ凹窪方面トナル

ト云ハレテ居ルガ(一、二頁)混凝土桁ノ場合ニハ荷重階段ニヨリ彈性率ノ大小ハ交錯スル最初ハ凸起方面ノ方ガ大キイガ後デハ却ツテ小サクナルばは、し、れ兩氏ハ指數法則ニヨル應力分布ヲ定ムルニ當リなう。え氏法則ニ於ケル如ク平面保存ヲ假定シタガゴノ假定ハ一定荷重ニ對シテモ又應剪力ノ影響ヲ除外シタ場合ニ於テモ餘リ正確デナイコトハくらいんろーげる氏ノ實驗ニヨツテ明カデアリ學問上偉大ナ貢獻ヲ逐ゲタゴノ指數法則モ餘リ廣ク用キラレナイ鐵筋混凝土桁ニ對シ指數法則ニ由ル計算方法ヲ具體的ニ示シテ居ルノハざーりが一氏一人位ノモノデアリソレモ氏ハ彼ノ溫度變化ヨリ生ズル應力ヲ計算スル爲メニ之ヲ用キタノデアアルガ其計算ニ必要ナ應張層ノ曲線ガ極メテ不正確デアアルコトモ亦本法則ノ一般的使用ヲ妨ゲル一原因トナツテ居ル第一コンナ面倒ナ式ヲ用ウルヨリハふつくす法則ヲ用キ實驗ト合ハヌ所ハ實驗係數ヲ以テ補正シタ方ガ餘程氣ガ利イテ居ルめかにくすハふえつぷる氏ノ極論シテ居ル通り可成簡單ナ方が可イ

併シ指數法則ハ實際ト合フコトハ能ク合フヨク合フト云ツタ處デばは氏ハ最初桁デ實驗シタノデハナイ實驗ハ直應力デシタ桁デ實驗シタノデハ應力ガ分ラヌ金森工學士ハ或ル一論文ニ於テ  
ばは氏ハ指數法則ヲ何故桁デ打建テナカツタカ

ト云フ意味ノコトヲ云ハレテ居タガ桁ノ實驗デ何ウシテ指數法則ヲ打建テルコトガ出來ヤウ又小川氏ハ彎曲ニヨリ生ズル應力ハ中性軸ニテ零ニシテ極端纖維ニ於テ最大トナル以上ハ斷面ニ於ケル變形ハ中性軸ヨリ極端纖維ニ至ルニ從ツテ變ズルコトハ明カナル所ニシテ云々

ト云ハレテ居ルガ(一二〇頁)力學デハ變形カラ應力ヲ求メルノデ應力カラ變形ヲ求メルコトハナイ要スルニ小川氏ハ $E$ ノ變ル事實ニ專ラ重點ヲ置カレテ居ルト云フノハ氏ハ實際的表示ニ乏シイ山田氏ノ論文ヲ純理論的ナ立場カラ價値付ケヤウト努メラレタカラデアアルソレデ氏ハ或ル斷面ニ於テ $\sigma_{E1}$ ヲ一微小子トシ中軸ヨリノ距離ヲ $\rho$ トスレバ彎曲剛率ハ

$$\int E\sigma^2 dF = E_c J$$

デアツテ $E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ ハ桁ガ荷重ヲ受ケ多少ノ彎曲ヲ生ジタ後デハ全狀況ニ變化ヲ來タス爲メ(?)各斷面ニ於テ最早均等デナクナル又荷重ガ増セバ $E$ ハ減ジテ來ルモツト狭イ範圍ニ於テ $E$ ハ定數デアリ得ナイ

カク一般ニ桁ノ彈性率ガ斷面ニ於テ異リ(斷面ノ各點ニ於テノ意ナラン)又桁長ノ方向ニ於テモ異ルトキハ其桁ハ初メヨリ曲度ヲ有スルモノト同一狀態ト考フルヲ得ルナリ況ンヤ前記ノ如ク荷重ヲ受ケテ實際少シク彎曲ヲ起セル桁ニ更ニ他ノ荷重加ハルトスレバ $E$ ノトキハ曲度ヲ有スル桁トシテ理論上

$$\frac{d^2}{ds^2}(y - y_1) - \frac{M}{EJ} = 0 \quad y_1 = \text{初ヨリノ彎}$$

ニヨリテ處理スルヲ以テ至當トス云々

ト云ハレテ居ル(一二二頁)私ニハ此式ハ分ラナイ曲度ヲ有スル桁ニ於テ若シ直應力サヘ作用シナケレバ

$$\frac{\Delta \sigma}{ds} = 0$$

デアアルカラ

但シ

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\Delta d\phi}{\rho} = \frac{1}{\rho'} - \frac{1}{\rho}$$

$\rho$  ハ桁ノ曲半径

$\rho'$  ハ彎曲半径

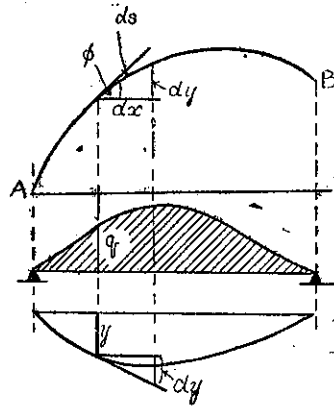
其處デ  $E$  ガ定數デアリ且ツ桁ノ寸法ガ  $\rho$  ニ比シテ非常ニ小ナレバ

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI}$$

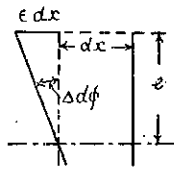
トナルガ  $E$  ラ定數トシナイデ氏ノ示サレテ居ル様ナ形ノ式ガ出テ來ルノハ不思議デアル例ヘバば氏は氏ノ指數法則デ第二式ガ何ウナルカト云フト一定ノ斷面一定ノ荷重階段ニ於テハ

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{\rho} = \frac{\Delta d\phi}{e} \dots \dots \dots (5)$$

第二圖



第三圖



凝土又ハ石材ナドノ合成材デハ

$$E = \frac{ds}{de} = \frac{1}{m a e^{m-1}} \dots \dots \dots (6)$$

ト云フ風ナ全ク違ツタ形トナツテ來ル無論平面保存ヲ假定シテノ上デアアルソレトモ氏ノ撓ミヲ何度ニテモ仕切ラウト云ハレルノハ  $E$  ガ撓ミニ伴フ應力乃至變形ノ爲メニ材質上又ハ其他カラ根本的ナ影響ヲ受ケルトデモ云フノデアラウカ私共ハ荷重ノ増スニ從ツテ  $E$  ノ減ズル事實ハ能ク知ツテ居ルガコレガ如何ナル原因ニ由ルカト云フコトハ從來餘リ深ク詮索シナカツタ合金トカ混

データシカニ荷重ノ増スニ從ツテ  $E$  ハ減ズル恐ラクコレハ組織ノ構成ニヨルモノデアラウ併シ必ズシモ組織ガ弛ム譯デハナイ普通我々ハ力学ニ於テハ等質ヲ假定スル併シ多クノ物質ハ Homogen デアツテモ Isotrop デナハナイ反對ニ Anisotrop デアル張金ヲ引張ツテサへ密度ハ表面ノ方ガ内部ヨリモ大キクナリ又カノ方向ト之ニ直角ナ方向トデハソノ動作ガ

遠フ併シ力學上デハ總テ Top ナ物體ヲ考ヘル而シテ力ヲ受ケル微小子ガ何箇ノ分子カラ成ツテ居ルカト云フ様ナコトハ敢テ問ハナイ且ツ變形ガ微變形デアレバ Superposition ト云フコトヲスル即チ爰ニ或ル一系ノ力Pニ對シテpト云フ變形ガアリ他ノ一系ノ力Qニ對シテqト云フ變形ガアレバ P+Qニ對スル變形ハ直チニ以テ p+qト爲シ方向ガ同一デアレバ加減シ方向ガ違ヘバ平衡四邊形ニヨリ合成スルコレハ桁ノ撓度ナドニ對シテモ同ジコトデ若シ應力ガ彈性限度ヲ超過シナケレバ鐵筋混凝土桁ニ於ケル彈性撓度ハ荷重ト共ニ加減シ得ラレナケレバナラヌ氏ノ云ハレル如キ途中硬化ハナイ筈ト思フ

ソレデ若シ彎曲力率サヘ分ツテ居レバ第二式又ハ第五式カラ

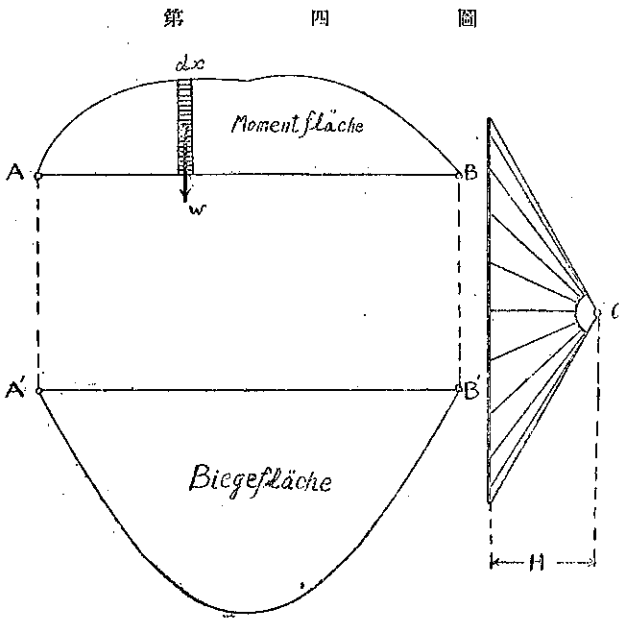
$$w = \frac{M}{EJ} \quad \text{又} \quad w = \frac{\epsilon}{e} = \frac{\alpha \sigma_m}{e}$$

ナル荷重ヲ各斷面ニ於テ計算シモ一氏ノ法則ニ依ツテ撓度曲線ヲ作ルコトガ出來ルソノ撓度曲線ガ果シテ實際ノ撓度ト符合スルカ何ウカ若シ符合スレバ山田氏ノ如ク彎曲力率迄正シテカ、ル必要ハナイノデアアル指數法則ナドヲ以テソノ檢査ヲ試ミルコトハ容易ノ業デハナイガふくす法則ナレバ左程困難ナル仕事デハナイ今或ル點ニ對スル彎曲力率面積ノ靜力率ヲ  $\int_0^x M dx = S \sigma_s$

$$\delta = \frac{S}{EJ} \dots \dots \dots (7)$$

$$EJ = \frac{S}{\delta} \dots \dots \dots (8)$$

$$J = \frac{S}{\delta E} \dots \dots \dots (9)$$



第 四 圖



デアルカラ第八式ニヨリ  $EJ$ ヲ檢證スルコトモ出來レバ第九式ニヨリ  $J$ ヲ檢證スルコトモ出來ル無論  $J$ ノ檢證ニ於テハ  $E$ ハ直應力ニ對スル既定成績カラ適當ノ値ヲ採ルハ無論實測スルカクテ  $J$ ガ分レバ鐵筋ノ惰性率ハコノ場合コン混凝土ノ抗張強ヲ無視シテ

$$J_s = J - J_0 = nF_s J_s^2$$

但シ  $J$ ハ中軸ヨリ緣維迄ノ距離デアル中軸ノ位置ハ實驗カラ取りソレニヨツテ  $J$ ナリ  $J_0$ ヲ測レバ

$$n = \frac{J_s}{F_s J_s^2}$$

デ  $n$ ノ値ヲ檢證スルコトモ出來ル無論初龜裂附近ノ話デアル又  $EJ$ ヲ檢證スルコトモ出來ナイデハナイ荷重ガ増セバ  $E$ ハ漸次減ズル代リニ中軸ガ釣リ上ゲラレテ  $J$ ハ漸次増シテ來ルモットモ私ハコノ場合ニハ混凝土ノ全斷面ヲ有效トシテ話スノデアル而シテ大體ニ於テ  $EJ$ ニ對シテ トスルコトガ出來ルヨシ荷重ノ増減ニ伴ヒ増減シテモ或ル荷重範圍デハ定數トナルダカラ彈性率ハ桁ノ初龜裂附近ニ於テ適當ナ値ヲ定ムレバ可イト云フノガ私共ノ考ナノデアル

トニカク私共ハ  $E$ ト  $J$ トヲ可成引離サウトスル然ルニ山田氏ハコノ積ヲ Flexural rigidity 小川氏ハ之ヲ Moment of elasticity 又ハ Moment of stiffness ト呼ビ可成之ヲ引離スマイト努メラレル私ハ小川氏ノ論文ヲ二回通讀シタガ其骨子又ハ根柢トモ稱スベキハ  $E$ ト  $J$ トヲ不可分トスルニ在ル如ク見受ケラレル獨逸書デハ餘リ名前ガ見當ラヌガソレデモ一々ニ關スルモノデハ Stetigkeitssatz ト云フ様ナ名前ヲ付ケテ居ル併シ事實ニ於テハ Stetigkeitssatz ト云ツタ方ガ適當デア

ル無論嚴重ニ云ヘバ實驗ト理論トハナカナ合ハヌ之ヲ合セルニハ餘程ノ苦心ガ要ツタ併シ合ハヌノハ理論ガ不完全ナカラデハナイ幾ラムツカシイ理論ヲ引張り出シテ來タ處デ合ハヌコトハ同ジデアラウト思フ

鐵筋混凝土桁ニ於ケル撓度實驗ノ如キハ今日迄ニ諸學者ノ手ニ依ツテ幾度カ試ミラレテ居ル併シ彼等ハモノニシヤウト思ツテ試ミタ譯デハナイ寧ロ最初カラモノニナラヌコトヲ豫期シドレ位喰違フカラ實證スルタメニ實驗シタニ過ギヌ撓度トシテハ稀ニ

$$\delta = \frac{Q p l^3}{EJ}$$

ト云フ様ナ式ヲ與ヘテ居ル  $O$  ハ實驗係數デアル

$$EJ = \text{定數}$$

トスレバ

$$\frac{Opl^3}{\delta} = \text{定數} = I_{area}$$

ソレデ各種荷重階段ニ對シテ *area* 曲線ヲ描イテ見レバ凡ソ  $E$  ノ變化ヲ知ルコトガ出來ル

第一式乃至第三ノ如キハ等質材ト雖モ應剪力ノ影響ガアレバ成立タナイ桁ノ撓度ハ二因子カラ成立ツ

$$\delta = \delta_1 + \delta_2$$

$\delta_1$  ハ彎曲力率カラ來ルモノ  $\delta_2$  ハ應剪力カラ來ルモノデ、ヲ無視スレバ撓度實驗カラ計算シタ  $E$  ハ實際ノ  $E$  ヨリモ小サク出ル場合ニヨツテハ 30% 位モ違フ此事實カラ彎曲力率ニ對スル  $E$  ハ純張力又ハ純壓力ニ對スル  $E$  ヨリモ遙カニ小サイト云フ誤解ガ一時アツタ換言スレバ  $\delta_2$  ヲ考慮スルコトニ依ツテ初メテ兩者ノ間ニ餘リ差ガナイコトガ證據立テラレタノデアツタ但シムックす法則ニ從フ材料デノ話デアル

又コレハ私ノホンノ想像デハアルガてーとまーや氏ノ如キハ第一式及ビ第二式ヲ誘導スルニ當リ純彎曲力率ヲ用キナイデ桁ノ軸ニ平行スル一外力  $N$  ヲ採ツテ居ルコノ場合式ハ

$$\frac{d^2y}{dx^2} = + \frac{M}{J(E - \frac{N}{F})} \dots \dots \dots (10)$$

ト云フ風ニ少シ面倒臭イ形トナル但シ  $F$  ハ斷面積何故コンナコトヲシタカト恠マレルノデアアルガ是ハ應剪力ノ入込ムコトヲ避ケタノデアアル應剪力ガアツテハ我々ガ金科玉條ノ如ク取扱ツテ居ル諸公式モ嚴密ニハ合ハナクナル併シ我々ハ之等ヲ理論上不完全トシテ應剪力ノ影響ヲ公式中ニ持込シタリハシナイトニカク第三式ハ等質材ト雖モ決シテ絶對的ノモノデハナイダカラ鐵筋混凝土桁ナドニ對シテハヨシドンナ理想的ナ公式ヲ使用シテモ實際トノ照合ガ必要デアリ又必ズ修正ガ要ルコト、思フ (五月二十四日稿) (完)