

る約 18 ヶ月の工程を以て全工事を竣功せしめる事が洛東江平年に於ける合理的な工程編成であると思致します。

(2) 基礎継杭に就て 陸部杭打基礎の内  $A_{bl}$  及  $P_1$  を継杭として設計したる理由に就ては、基底は洗掘に對して支障なき深度に有り、唯基礎杭の先端を粗砂層中に到達せしめる手段と他は一般図に於て明かなる如く基礎底面が平水面以上に有る關係から松杭の天端を腐蝕線以下に打込み、それ以上を鉄筋コンクリート杭として計畫した次第であります。又杭打作業に當り 1200 kg の角錘を使用せし理由に就ては、之は請負人の持合品であり杭の寸法、地質、基礎地盤に對し差支え無きものと認めた物であるが、杭打作業に當りては活錘の落高は出來得る限り制限せしめ各部に無理の生ぜぬ様に注意しました。尙継手其の他打込後の影響を考慮し松杭は特に鴨綠江産の落葉松を選び、打込は垂直に掘付けられたる 2 本構を gauge として作業を成しました。

(3) 井筒ロット割に就て 井筒のロット割に就ては河底の状態、其の他現場材料等の都合に依て 1 ロット長を約 3 m と成し 6 回に分割して施工したものであります。井筒分割長の大小は築島の工法、沈下設備等に直接影響を及ぼす問題であり、安定度にも關係するが、而し 1 ロット長を 4 m として分割施工する場合に於ては工程工費等に對し多少有利である様に思考致します。

(4) 巻石の位置に就て 南鮮地方の河川に於ける流下物は冬季の比較的水位に變動なき時期に最悪の流水を生ずる關係上、之等に對して平水位附近に花崗石の巻を施した物であります。1 ヶ年を通じて増水期は僅か 7, 8, 9 の 3 ヶ月間であり、洪水期に於ける流下物は冬季流水の場合と全く異り洪水面は常に移動を生ずるを以て橋脚に及ぼす影響が僅少なる譯にして此の點が滿洲、並に北鮮地方に於ける初春解氷期の増水と趣きを異にして居るものと思致します。

(5) 構柱並に徑間割に就て 構柱並に徑間割に就ては前に會員中島武氏の討議に於て問題にされた際にも説明せし次第であるが、計畫當時に於ける工費の關係上、止むを得ず選定したものであります。

## 変形ローゼ桁に就て

(第 33 卷 第 2 號 所 載)

會員 横 道 英 雄\*

鉄筋コンクリート工法が最近著しく各種の土木構造物に應用せられ今後益々その偉力を見せるであらうと云ふ事は異論なき事實であります。この秋に當り著者が鉄筋コンクリート下路橋としてローゼ桁に就き論述せられた事は誠に有意義な事でありまして貢獻する所大なるものと敬服する次第であります。然し乍ら鉄筋コンクリートは鋼に關する理論及施行法に比する時は未だに幾多の點に於て疑點多く之を明朗にするには今後の研究に俟つ所頗る多いのでありますから、各種の問題に就き討議する事を最も必要とするであります。次に二三の所感を述べたいと思ひます。

1. 概説 著者はローゼ桁、ランガー桁及ファイレンデル桁の 3 者を比較検討して前者を後二者より優れたものとし、鉄筋コンクリート下路構として今後大いに利用すべきである事を力説せられたのであるが之を直ちに全

\* 工学士 北海道廳帯廣治水事務所勤務

的に肯定するは少しく尙早な感じがするのは遺憾である。

鉄筋コンクリートに於て一番困難な構造は滑節であらう。出来得る丈け之を除く事は望ましい事である。この意味で著者が上弦材に滑節を有するランガー桁に比し、之を除いたローゼ桁を勝れりとしてゐるのは尤もと思ひます。又このローゼ桁の両端 2 個の滑節を除いて剛節とした著者の所謂「変形ローゼ桁」は同意味で一步進んだものと認められます。然し何故尙進んで垂直材を剛節に依つて結びフィレンデル桁を取らなかつたのであらうか、この點に關して著者があまり多く述べてゐないのは残念であります。成る程剛節と雖も完全な構造は困難な事であらう。然しより以上に鉄筋コンクリートに於ける滑節は困難であり弱點である。之は主としてコンクリートが圧縮強度に比し著しく劣小なり張強度を有してゐるに拘らず、滑節に於て之を補強すれば廻転に對して抵抗を増して目的に反して來ると云ふ事に起因する。滑節であり乍ら原著図-2 の様にするのはそれが從來の慣習であつたにしろそれ自身既に假定に反すると云へる。鋼橋に於て緊鋼にて鉋結せられた節點を滑節と假定し、構造の完全に依りて生ずる応力は 2 次応力として考慮するも鋼がよく之に耐へ得るから實際上に差支なかつた。然るにコンクリートは 2 次応力に依つて繊維張応力を生ずる時は容易に龜裂を生じ、之が或程度以上に進む時は鉄筋を保護する事が出来なくなる。最初からこの張力を豫定して設計すれば遂に剛節に近づいて來るであらう。之はなんと云つてもコンクリートの缺點であつて、コンクリートは圧縮よりも引張りに對して強度を増大する事を最も渴望せられる所であります。近き將來或は現在に比し數倍の引張強度を有するセメントの出現を見るかも知れない。然し乍ら今日に於てはコンクリート内の張応力を出来得る限り制限するの外はない。

著者は「吊材として數本の鋼釘を主構面に直角の方向に一列に配列して用ふる時は殆ど完全な滑節作用をなすであらう」とせられてゐるが、之は廻転モーメントに對して容易にコンクリートに龜裂を生ずるを以て鉄筋を最も抵抗少く挿入すれば滑節として充分であるとせられたからであらう。然しこの際注意すべきはこの龜裂の程度が如何なるものであるか、コンクリートに於けるこの時の引張応力は如何なるものかを檢算すべき事である。長径間の場合は特に重要である。この點に關する著者の數的資料を伺へれば幸であります。滑節を更に完全になすには鑄鋼製の沓を用ひるのが望ましいが之はローゼ桁の如く滑節の數多き場合は實現困難であらう。次の案として吊桁を弦材と全く絶縁し主構面に直角に一列にした鉄筋を以て上下を聯結する。かくすれば、コンクリートの龜裂は檢算するに及ばないが、施行に注意を要する。以上の如く滑節は仲々理論的に作る事が容易でない。之に反し剛節は断面を適當に決め充分に鉄筋を以て補強すれば比較的容易である。故にフィレンデル桁の方が理論的ではないであらうか。筆者はこの點に關し著者説に疑義をもつ者であります。尤も建築構造に於ては耐震的構造として「柔構造」「剛構造」の 2 様の論が對立して居る様ですが、之は今こゝに於て觸れない事にします。只鉄筋コンクリートに於ては滑節よりも剛節の方がより良く適してゐる様に思はれると述べたのであります。

次に著者は上下兩弦材共に曲げモーメントに耐へ、兩弦の断面を適當に加減する事が出来、從て橋の重心を低く出来る事を擧げてローゼ桁の優れてゐる事を力説してゐますが、之はローゼ桁に限らずランガー桁及フィレンデル桁に於ても全く同様である。この點に關しては少しく後述しましたが、他日に尙ほ詳論するの機を得たいと思ひます。

又著者は更らに「構造の簡単な事、吊材の張応力の小さい事」等を擧げてゐますが總て之等はフィレンデル桁に於ても云へる事である。かく云へば筆者はフィレンデル桁を謳歌してゐる様であるが必ずしも左様ではない。只鉄筋コンクリート下路構橋として著者はローゼ桁を第一とし幾多の利點を擧げたに對し、この利點は必ず

しもローゼ桁特有のものでなく他の型式の桁にも共通なものであり、しかも節點の構造から云ふ時は寧ろフィーレンデル桁の方有利に非ずやと思はれ、更らに後者の方が部材断面をより經濟的に設計し得るに非ずやと思はれる事を述べたいのであります。

著者はローゼ桁が今日に至るも其の實現を見ない理由の一つとしてその計算法が非常に複雑であり餘り普及して居らなかつた事を擧げて居られる。或はかゝる事あらんも必ずしもそれ許りでもない様である。何故ならば計算法はフィーレンデル桁の変形に過ぎないのであるから、その解法も大体同様であり却つて餘程簡單と云ふ事が云へるのであります。然るに何故ローゼ桁はあまり普及しなかつたのであらうか、これに就ては筆者は次の様に考へます。

我國に於ては鉄筋コンクリートの隆盛は最近の事に屬し、又從來之は鋼橋の代用として考へられたのでその応用範圍も鋼橋の既存型式以外に出でない上に、鋼橋としてのローゼ桁も無かつたからである。では何故鋼橋としてローゼ桁が考へられなかつたのであらうか、之は畢竟ローゼ桁がランガー桁とフィーレンデル桁の中間的存在である爲、却て夫れ支け不徹底であつて他の2者に劣るからとも考へられる。即ち鋼橋に於ける滑節はピンを用ふる以外は不完全なるに拘らず、之は2次応力を考慮する事に依り許容して來た。かくするも節點に龜裂を生ずる事も稀であり實際上差支ない様であつた。鋼橋に於ける弦材、垂直材間の滑節の從來の構造は考へ様に依つて3部材が滑節で結合されてゐるとも見られ、又は弦材は連続して之に垂直材が滑節に依つて結合せられて居る様であり、或は3部材が不完全乍ら剛節に依り結ばれてゐるとも考へられるものであつて、ランガー桁として設計しても實際は上記の様である爲、2次応力を考慮する必要があつた。鋼橋に於てはローゼ桁及ランガー桁の2種の設計は恐らく節點の構造は大差がないであらう。結局鋼橋に於ては、ランガー桁とフィーレンデル桁の2種を考へる丈けで足り特にローゼ桁として設計するに及ばず又かくしても得る所が少ないのではあるまいか。従て鋼橋としてあまり利用せられなかつたと考へるのであります。かくて鉄筋コンクリート橋としても現れて來なかつたのでありませう。然し鉄筋コンクリートに於ては鋼橋と異なりランガー桁よりローゼ桁の方が一步進んだ優秀なものと云ふことが出来るのであります。從來は鋼橋の型式を單に模倣して居た爲、却てランガー桁の例を見るもローゼ桁を見なかつたのは順序を誤つたものであつて、この時に當り著者が変形ローゼ桁を推薦したのは鉄筋コンクリート本來の使命を指示したものであつて敬服に堪えない所であります。然し之とフィーレンデル桁との比較、鉄筋コンクリートに於ける下路構橋の可否、又は上路橋たるアーチ、ゲルバー桁と橋脚を一体にしたラーメン(突桁を出して吊桁を架した)等との比較に就ては尙ほ慎重に討究すべきであると考へるのであります。

2. 理論及解式に就て 原文は著者が冒頭せられし如く Bleich の著書に僅かの修正を施したものである故特に申述べる事もありませぬ。只著者は変形ローゼ桁の兩端の  $M_0$  及  $M_n$  が微小にして他の部材断面決定にあまり影響なき事を述べ変形ローゼ桁の利點として居られるが、解式を見るに特にこの事を算式にて示してゐないのは残念です。著者は本文 131 頁末に「構造上から考へても、式の形を比較して見ても、此の  $M_0$  及  $M_n$  が餘り大きな値とならぬ事は想像出来るが、更に角實際の計算例に就き検討する事とせやう」と云つて次に一つの例が載せてありますが、構造上如何に考へるのであらうか、又どの式を如何様に比較するのであらうか、又計算例の部材のデータがないので判断に苦しむのでありますし又數種の計算例では物足りない様で、矢張り算式で證明して貰つた方が納得すると思ひます。尤も之は著者に御尋ねするまでもなく、次の様な事で或程度説明が付きませう。

圖-1 に於て部材 I-0-1 に就き 3 曲能率式を作れば

$$o_1' M_{10}^o - 2(o_1' + u_1') M_{01}^o - u_1' M_{10}^u = 6EJ \Delta(\theta_1^o - \theta_1^u)$$

となる。但し  $M_{10}^o$ ,  $M_{01}^o$ ,  $M_{10}^u$  は撓角撓度法に規定せられるものとし (従て時計方向を+とする) 図の上下兩弦の節點 1 は滑節でも剛節でもよい。上式に於て右邊は後述の如く殆ど零に近い故

$$2(o_1' + u_1') M_{01}^o = o_1' M_{10}^o - u_1' M_{10}^u$$

となり、この式の右邊も亦殆ど零に近い場合が多いので  $M_{01}$  は微小なのである。之はローゼ、フィレンデル兩者に適用される。

次に著者は上下兩弦材の  $M$  は断面二次率に比例して分れると云つて居られるが、本文中特に算式を示してないのは自明の理とせられたからでありませうが、之を一すやつて見ますと、図-2 に於て角等式の一つとして

$$\lambda(\theta_n^o - \theta_n^u) - \lambda(\tan \alpha_n \Delta o_n - \tan \beta_n \Delta u_n) = 0$$

が成立しますが、第 2 項は之を殆ど無視する事が出来ませう故近似的に

$$\theta_n^o = \theta_n^u$$

となりませう。然るに一般に  $\theta = \int \frac{M}{EJ} ds$  なるを以て上式より

$$\frac{M_n^o}{EJ_n^o} \cdot o_n = \frac{M_n^u}{EJ_n^u} \cdot u_n \quad \text{or} \quad \frac{M^o}{M^u} = \frac{v'}{o'}$$

が出て来るのですが、上式はローゼ桁でもフィレンデル桁でも孰れにても同じであ

ります。尤も従来フィレンデルに於てはこの  $v'/o'$  の値を 1 にして居ますが、一般にこれを  $v$  とし解式を求め得ます (之に關しては他日詳論したいと思ひます)。

次に著者は簡易計算法を提唱して或特定荷重状態に就きて (j) 式を解いて  $M_k = A_k H + B_k$  の形になし他の荷重状態に就ては (t) 式に依り  $B_k$  のみ変化せしめて求めてゐるが、之は氏の實計算より生じた努力の結晶を親切に發表せられたものでありまして非常に便利なものとして大いに利用すべき事と存じます。只然し 136 頁の始めに於て著者は若し簡易計算法を用ひぬ時は 6 格間と雖も荷重の移動毎に一々消去法により (j) 式を解くは相當の苦勞であると述べてゐますが、實際はそうでなく、最初は荷重項  $\varepsilon$  を以て解き後に代入すればよい。又全部の  $\varepsilon$  の項をとる必要なく考へる點附近のもの丈採れば實際上差支ないものであります。どちらにしても計算法は適當な便利な方法を用ひればよいでありませう。

次に之は希望であります。フィレンデル桁には略算法があつて Bleich の本等にも出てゐまして最初の断面決定に役立ちますが、同様な事がローゼ桁にても出来るでありませう。著者は如何様にして最初の断面を決定せられたのでありませうか御伺申上げます。この近似計算法は嚴密計算の照査にもなり大いに役立つものでよく嚴密計算中一寸した係数の數値の誤算のため大いに間違つても氣がつかないである事がありまして、筆者も學生時代フィレンデルのタイドアーチを設計しました時に経験しました。

3. 其の他 以上で大体讀後の感想を申述べましたが、最後に著者は本文の結語の中に於てコンクリートゲルバー桁につき言及せられた所がありましたが、筆者も目下 41 m スパンのゲルバー桁施行中でもありますので之に關し少し述べたいと思ひます。

著者は雨後の筈の如く生れ出たるゲルバー桁に於て滑節の箇所に甚しき龜裂を生じたるもの少からざるを聞き、之は一大弱點であると述べてゐますが、如何にもこの部分はゲルバー桁に於ける弱點ではあつても、之は前述の如

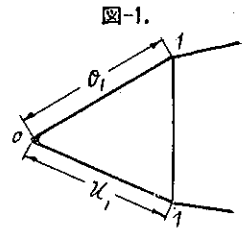


図-1.

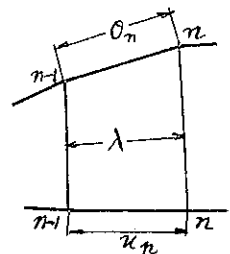


図-2.

き滑節としての困難にあるのではないのであります。即ち滑節作用は鉛板を挿入するか鑄鋼製の沓を用ひるか等に依りて行はしめる。故に滑節作用は略々完全に近い。只この部分に於て主桁の腹部に往々龜裂を生じてゐるのでありますが、之は設計及施行を充分にする時は何等心配する所はない。只他の部分に比し桁高が半減してゐる故それに対応して充分の腹部幅を保たしめ剪断力を制限以内に止める等の考慮を拂ひ、施行に當りてはコンクリートの打継ぎに注意する等適宜の注意を以てすればよいのでありませう。しかもこの所謂ゲルバー桁の弱點は 1 径間置きに 2 個あるわけですが、下路構橋は多數の滑節なる弱點を有してゐます。

次に長径間の鉄筋コンクリート橋として如何なる型式を選ぶべきかと云ふ問題は仲々異論があつて、一概に云はれないのでありませう。普通長径間を必要とする時は特別の場合を除き全長 100 m 以上で 3 径間以上のものが多い様である。この時は縱断勾配に依りて或程度迄桁高を増加し得る様であるから上路橋を用ひ得る。この事に關しては簡単に論じられませんが別に改めて紙面を費さなくてはなりません。

以上纏りませんが感じた事を申述べ討議に代へました。御叱正の程御願申上ます。

著者 會員 中 島 武\*

小論文「変形ローゼ桁に就て」に對し、早速討議を寄せられたる會員横道氏に感謝の意を表する。以下討議の順序に従ひお答へしやう。

1. 概説 吊材をも剛節により弦材に取付くる事は、一寸考へれば鉄筋コンクリート橋には甚だ合理的の如く思へるが、之を現場に移して施工する時には少からず困惑を感じる事と思ふ。剛節と考へ得る構造とする爲には、各格點に相當に大なるハンチを設け、此のハンチに沿ひて少からぬ鉄筋を挿入しなければならぬ。斯の如くなす時は、下弦の各格點は下弦、横桁及吊材の主鉄筋の外にハンチの鉄筋が交錯して、コンクリートの填充が甚だ困難になり、完全な施工を期待し難い。ローゼ桁に於て施工に困難を感じる點は兩端のみであり、しかも此の部分は剛節とするも滑節となすも応力に殆ど差異ないのであるから、施工の不完全により 2 次応力を生ずる虞が少い。然るにフィレンデール桁に於ては、各格點毎に施工の困難を感じ、しかも各格點の施工の不完全は直ちに弦材に好ましからぬ影響を與へる。尤もローゼ桁に於て吊材を滑節により弦材に連結せりと假定せる爲に、甚しき 2 次応力を生ずる虞ある場合は、之を剛節としなければならぬ事に議論の餘地はないが、著者の實施せるローゼ桁の内の一つを茲に引例すれば、

$$J^u \doteq 60\,000\,000 \text{ cm}^4, J^o \doteq 8\,950\,000 \text{ cm}^4, J^h \doteq 119\,800 \text{ cm}^4$$

$$\therefore J^h/J^u \doteq 1/500, J^h/J^o \doteq 1/75$$

となり、しかも  $J^h$  はコンクリート断面をも考慮したる値であつて、吊材のコンクリート断面の全部が有効に働くとは考へられず、鉄筋断面のみを考ふる時は、 $J^h \doteq 7\,250 \text{ cm}^4$  であり、此の場合は  $J^h/J^u \doteq 1/8\,300$ ,  $J^h/J^o \doteq 1\,240$  となる。之はスパン 38.0 m のもの 1 例であつて、更に大なるスパンとなれば、 $J^h/J^u$  及  $J^h/J^o$  を更に小なる値とする事が出来る。何れにしても吊材の剛性が弦材に甚しい 2 次応力を生ぜしむる事は考へられぬ。又吊材に働く曲げモーメントは、

$$M_k^h \doteq h_k(C_{k+1} - C_k)$$

\* 長野縣道路技師 工学士