

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応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。この時は縦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

茲に M_k^b : 格點 k に於ける吊材に働く曲げモーメント

h_k : 格點 k に於ける吊材の長さ

C_k : k 番目の格間の弦材軸方向力の水平分力

となり、上述せる如く吊材の剛性が弦材に及ぼす影響は極めて小であるから、

$$C_{k+1} \doteq C_k \quad \therefore M_k^b \doteq 0$$

となる。然し乍ら吊材には大なる軸方向張力が働いて居るから、吊材の上下両端に近い部分に僅かの曲げモーメントが働いてもコンクリートに甚しい龜裂を生ずる虞がある。故に此の龜裂が甚しくならぬ様に、著者は吊材の上下両端に近い部分に、径 6 mm の長短不揃 (揃へると此の鉄筋が終る附近に龜裂を生ずる虞がある) の直鉄筋 (鈎のないもの) を挿入した。斯の如くするも此の鉄筋断面のみの断面 2 次モーメントは、約 400 cm^2 に過ぎぬから此の影響を考へる必要はない。

尙此の外にフィーレンデル桁の缺點として擧げ得る事がある。其の 1 つは、フィーレンデル桁の吊材は相當に大なる曲げモーメントが働く爲に断面が可なり大きなものとなり、橋梁全体としての感じを非常に頑固なものにする事であり、其の 2 つは、ローゼ桁の計算は著者の提唱せる簡易計算法による時は甚だ簡單であるが、フィーレンデル桁には簡單な計算法はあつても、所謂略算法であつて断面の假定に役立つ程度に過ぎず、檢算としては非常に煩雜な計算をしなければならぬ事である。

フィーレンデル桁には以上の如き缺點がある爲に著者はローゼ桁が優れりと思つたのであるが、然し之等の缺點も考へ方によつては特に缺點として擧げるべきではないかも知れぬ。即ち施工の困難なる事も振動機其の他の近代的機械力を利用すれば、案外問題にする程の事も無いであらうし、外觀上の問題は各個人の好みにより決定される事であるから、之を缺點として擧げる事は或は當を得ぬ事かも知れず、計算法も著者の知れる範囲内に於ての事であるから、或は著者の知らぬ簡單な精算法があるやも計り難い。此の意味に於て著者は敢てローゼ桁がフィーレンデル桁に優れりと思ふ所以を明かにしなかつたのである。然し乍ら施工の問題はたとへ機械力に依るも、ローゼ桁に比較して困難であることは確かに事實であるし、外觀上の問題も吊材の餘り頑固ならざる方を擇ぶ人が多いと著者は自信する。又計算法も著者がフィーレンデル桁に就て 10 數人の解式を研究した結果より考へて、著者の提唱せる簡易計算法よりも簡單な算法ありと思へぬ。尤も横道氏は目下フィーレンデル桁の解法に就き御研究中の由であるから、今後有力なる簡易計算法を發表さるゝに於ては、フィーレンデル桁の計算に關する缺點は自ら消失するわけである。

次に著者が「吊材として數本の鋼鉚を主構面に直角の方向に一系列……」と述べたのは吊材として裸棒を用ふる場合の事を言つて居るのであつて、横道氏が「次の案として……」と述べて居る事と全く同じ事を言つて居るのであるから、之に關しては説明を要せぬ事と思ふ。

尙著者が列擧したるローゼ桁の鉄筋コンクリート橋としての利點は、必ずしもローゼ桁のみに獨特の利點であると云ふ意味で強調したのではない。兩端の垂直材なきフィーレンデル桁は、吊材が曲げモーメントに抗する以外はローゼ桁と全く等しいのであるから、ローゼ桁に於ける利點はローゼ桁と等型のフィーレンデル桁に於ても大體に於て言へる事は、誰でも直ちに氣の付く事である。

次に著者がローゼ桁の計算が煩雜であつて餘り普及して居らなかつた事を以つて、ローゼ桁の實現を見ぬ理由として居るのは、絶對無二の理由として居るのではなく「理由の一つ」として居るのであるから、此の點誤解なからん事を乞ふ。勿論著者に於てもローゼ桁はフィーレンデル桁の変形 (或は其の逆) の如きものであり、其の計算

法もフィーレンデル桁よりも却つて簡単である事はよく知つて居る。

「ローゼ桁はランガー桁とフィーレンデル桁との中間的存在である爲、却て夫れだけ不徹底であつて他の 2 者に劣るから、餘り普及しなかつたのである。」と述べて居る様であるが、此の點に關しては著者は多少異論を持つて居る。

ランガー桁として設計して置いて 2 次応力の影響に不安を感じ、後になつてローゼ桁として 2 次応力の算定をする位なら、何故最初からローゼ桁として設計せぬのであらうかと思はれる。尤も鋼橋の場合にはランガー桁にすれば設計及製作が簡単であり、しかも上弦は下弦に比較して甚しく繊細である爲 2 次応力は甚だ微小なるものとなるから、寧ろランガー桁が優るとも考へ得ぬでもないが。又フィーレンデル桁として設計及施工に骨を折り、しかも外觀上餘り芳しからぬものを架設する必要があるであらうか？ フィーレンデル桁が經濟的に有利なる如くなるも、之は断面のみ考へた場合の事であつて、各格點を剛節にする爲に用ふる材料及施工の困難を考へれば、断面に於ける多少の減少は問題にならぬ。

鉄筋コンクリートローゼ桁が實現しなかつた直接の理由として、鋼橋としてのローゼ桁がなかつた事を擧げて居る様であるが、之は確かに一理由と思へる。然し少くとも今後には於ては鉄筋コンクリート橋は鋼橋と無關係に、其の独自の立場から考慮すべきであると思ふ。

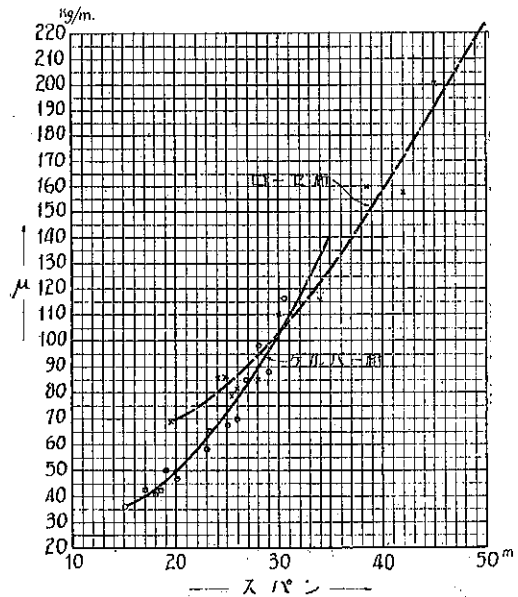
他の型式のものとの比較に就ては追々研究を進める積りであるが、茲に極めて不備なもの乍ら、ゲルバー桁と比較したものがある。鉄筋コンクリート橋の經濟的比較法として、著者は橋面 1m^2 當りのコンクリート容積と鉄筋重量との相乗積 μ を用ひて居る。設計方針により或はコンクリート断面に比較して鉄筋量少く、或はこの逆の場合もあらんも、此の μ は大体に於て一定するものである。此の μ を用ひる事の可否は茲には論ぜず、著者が長野縣にて實施せるローゼ桁とゲルバー桁とに就て得たる μ -曲線を參考までに示せば 圖-3 に見る通りである。之に依ればローゼ桁とゲルバー桁とでは約スパン 30m 位にて

一致して居る。之は橋桁のみに就ての比較であるが、下部工事及取付道路等をも考慮すれば、長スパンにして尙且つローゼ桁が少い工費にすむ事がある。

2. 理論及解式に就て M_0 及 M_u の値の微小なる事は、上下兩弦の廻轉角が殆ど等しく、且つ兩弦の軸方向の歪も大差なかるべき事より想像出来る。又解式の上より考ふるも (1) 式に就き討議中の説明と全く等しい事を言へる。計算例に於ける部材断面其の他のデータを提供しなかつたのは、計算の結果に於て M_0 及 M_u が微小なる値となる事を述べれば足りるので、其の必要を認めなかつた爲である。 M_0 及 M_u は或る特殊な場合にのみ微小なる値となるのではなく、一般に小なる値となるのであつて、著者の示したるは一例に過ぎず、讀者に於て任意のデータのもとに計算するも満足な結果を得る筈である。

次に M_u 及 M_0 が J_u 及 J_0 に比例する事は、吊材と弦材とが滑節により連結せられ、且つ吊材の歪を無視して居る事から、當然そうあるべき事と考へて居たので、無意識

圖-3. μ -曲線



的に其の理由に就き説明しなかつたのである。

著者の提案せる簡易計算法の根據に就ては何等言及して居らぬ様であるが、其の後此の計算法が理論的に成立する事の証明を試みて、満足なる結果を得て居る。之に就ては紙數の關係上茲には割愛し、何れ稿を改めて本會誌上に發表する積りである。尙著者が「G 格間のものとも雖も……」と述べたるは、比較上の事を言つて居るのである。一度著者の提唱せる簡易計算法によらずして計算し、然る後に簡易計算法によりて解を求め、其の計算の如何に簡易にして如何に正確に一致するかを比較していただきたい。格間數の多いもの程此の計算法の利用價值を認めらるゝ事と思ふ。

次にローゼ桁の断面假定法を示せとの事であるが、此の爲には (g) 式をスパン中央に於て應用すると便利である。先づ假定せる静荷重と與へられたる活荷重とを以て、スパン中央に於ける單純桁としての曲げモーメント M を算定し、次に

$$H = \eta \cdot \sigma_c \cdot A^0$$

茲に η : 係數 (拱矢, J^0/J^u 等に關係あり, 拱矢 $= l/8$, $J^0/J^u \doteq 1/10$ の場合に約 0.75)

σ_c : コンクリートの許容圧縮応力

A^0 : 上弦の断面積

により H を假定して $M - Hh$ を求めれば (g) 式より、

$$M^u + M^o = M - Hh$$

となり、又前述せる如く

$$M^u : M^o \doteq J^u : J^o$$

なる關係があるから、 $M - Hh$ を $J^u : J^o$ の比に按分して M^u 及 M^o を求め、此の M^u , M^o 及 H を用ひて假定断面を検査し、斯の如くして得たる断面を改めて假定断面として本計算に入るのである。此の断面假定法による時は殆ど最後の決定断面に近いものを得る。 η の値に就ては更に研究を進める積りである。

3. 其の他 鉄筋コンクリートゲルバー桁の滑節の部分も、「設計及施工を充分にする時は何等心配する所なし」と述べて居られるが、其の自信の程には敬服の外ない。然し今日に於ては各府縣皆立派な技術者が居て、設計、施工に於て横道氏の述べて居る程度の注意はして居る様であるが、しかも設計荷重に達せずして種々の不満足なる結果を見るは何を語るものであらう？ 鉄筋コンクリートの応力計算法は未だ研究の餘地あり、其の内部には吾々の計算を以ては算定し得ぬ力が働いて居る事であらうし、又現場に於ては吾々の想到し得ぬ失敗もあり得るのである。殊にゲルバー桁の滑節の部分の計算は甚だ曖昧であつて全く氣安めに過ぎず、又施工も此の部分は最も困難であつて完全を期し難いのであるから、計算上正しければ安心であるとは考へられぬ。此の邊が學生が練習問題を扱ふ氣持と、吾々設計者が現實の橋梁を設計する心構との違ひではないかと思ふ。著者が實施せるゲルバー桁は 20 橋に近く、何れも設計荷重に充分耐え得る様に設計した積りであるし、又幸にして未だ一橋も滑節の箇所へ龜裂を生じたものはないが、然し「何等心配する所なし」と確言し得る程の自信を持ち得ぬ事を残念に思ふ。横道氏も現在スパン 41 m のゲルバー桁を施工中との事であるが、北海道はコンクリート橋梁工事の餘り進歩して居らぬ由聞いて居たので、曩に時報欄に於て此の事を知つた時には秘かに心配したのであつた。「何等心配する所なし」とは思ふが、無事竣功してその偉容を永久に稱へられん事を祈つて止まぬ次第である。

次に長スパンの鉄筋コンクリート橋として上路橋を用ひ得る場合は特別な場合であらう。洪水位と河岸高との差の大なる場合、或は架橋地點附近に人家なくして高盛土の可能なる場合には上路橋を用ひ得るが、斯る場合は非

常に稀である。又數スパンある場合と雖も側スパンを短スパンとなし得る場合は少い。下路橋にすれば緩勾配となし得る取付道路を、上路橋として急勾配となすに忍びぬであらう。尤も公道橋としては事情の許す限り上路橋が好ましい事は事實であるが。
