

鐵筋コンクリートに関する 最近の問題の一二に就て(2)

東京帝國大學教授 工學博士 吉田 徳次郎

前號には1.コンクリートの壓縮強度と附着強度との關係、2.鐵筋埋込の長さ、3.鐵筋埋込みの際に於ける鐵筋の位置、4.鐵筋端の曲げ方、5.異形鐵筋、6.セメント糊を塗つた鐵筋の附着強度、7.振動機の使用、8.附着強度に對する安全度、9.試験方法、に就て述べられてゐる。

2 鐵筋コンクリート橋に於ける鋼材の節約に就て

最近鐵筋コンクリート橋梁の設計及び架設方法が著しく進歩しまして、目下スウェーデンでスパン 264m の鐵筋コンクリートアチが架造中であります。最近に於て桁橋のスパンの長さについては、著しい變化がありませんが長いスパンの橋が安全確實に、しかも經濟的に架けられる様になつた事は非常な進歩であります。

設計、施工に於ける進歩の主なるものを擧げて見ますと

(1) 高強度のコンクリート及び鐵筋を使用し、高い許容應力度を採用し、部材の斷面及び重量を輕減すること。

(2) 豫め鐵筋に引張を加へて、鐵筋に元引張應力を生ぜしめ、從つてコンクリートに、之に相當する丈の初壓縮應力を起させ、高強度の鐵筋を使用して高い許容引張力度を採るに拘らず、コンクリートの龜裂發生に對する安全度を大ならしめること。

(3) 鐵筋の纜手を熔接して重ね纜手を用ゐる場合よりも、部材の腹部の幅を小さくし又鐵筋を經濟的に使用する事。

(4) 橋梁建設中、其の構造體系を變る事。

(5) コンクリート施工中に起る型枠の沈下及び工事終了後、橋脚及び橋臺の沈下等による影響を避けるため、型枠に豫め荷重を載せ、

コンクリートの打進むに從つて荷重を取り去つて行くとか、橋脚又は橋臺に豫め荷重を加へたりする事等であります。

是等の事項は大きいスパンの橋梁を完全、確實に經濟的に架造する上から行はれるものでありまして、從つて鐵筋コンクリート橋梁に於ける鋼材の節約と重大な關係を有するものであります。

(1) 高強度のコンクリート及び鐵筋の使用

近來高強度のコンクリートを比較的容易に造ることが出来る様になつたのは、セメントが高強度になつた事と、振動機の使用とに依る所が多いのでありまして、適當な施工法によれば、材齡28日に於て、 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上の強度を有せしめることは容易であります。

高強度のコンクリートの使用が鐵筋の使用量に及ぼす影響を考へて見ますに、先づ柱に於ては高強度のコンクリートを使用する程一般に鐵筋量が少くなります。高強度のコンクリートを使用すれば、必要なコンクリート斷面積が減じ、鐵筋斷面積はコンクリートの所要斷面積に應じて規定された最小値を使用するのが經濟的になるといふ關係から、使用鐵筋量も減ずるのであります。

然し版や梁に於ては、高強度のコンクリートを使用して、許容壓縮應力度を大きく採つても、鐵筋の許容引張應力度を大きく採ることが出来なければ、一般に鐵筋量の節約となりません。それは梁の有効高さは、コンクリー

トの許容壓縮應力度の平方根に反比例し、所要鐵筋斷面積はコンクリートの許容壓縮應力度の平方根に比例しますので、コンクリートの許容壓縮應力度を高く採れば、コンクリートの量は減じますが、鐵筋量は増大するからであります。

鐵筋コンクリートに於ける鐵筋の許容引張應力度は、鋼の降伏點強度を規準として之を定めるのでありますから、高い許容引張應力度を許すためには、降伏點強度の高い高強度の鐵筋を使用しなければならないのであります。獨逸などに於ては、高強度の鐵筋を使用して、大いに鐵筋の節約を計つて居るのであります。我が國では今日高強度の鐵筋を入手することが相當困難でありまして、甚だ遺憾に存するのであります。高強度の鐵筋の價格は普通の鐵筋よりも幾分高價であります。鐵筋量が著しく減じますから、全體としては頗る經濟的となり、殊にスパンの大きい橋に於て、其の利益が大きいのであります。目下の處で降伏點の高い鋼を用ゐて鐵筋量を節約する方法としては、イステグバーを應用するのの一方法と考へられます。

戰前の材質の鐵筋であれば、現今の様に鋼材節約を必要とする時に、從來よりも許容應力度を高く採ることは悪くないと思ひますが鋼が不足する關係上、市場にある鐵筋には随分いかかはしいものもあり、工事の都合上目をつぶつて之を使用しなければならないと云ふ様な事情もあるそうで、土木學會鐵筋コンクリート標準示方書の改正に際しては、鐵筋の許容應力度を高めないことになつたのであります。鐵筋コンクリートは其の重量の大きいことが、殊に長スパンの橋梁に於て、缺點となるのでありますから、高強度のコンクリート及び鐵筋を利用して、部材の斷面、從つて固定荷重を減ずれば、單に部材に於ける鐵筋の節約となるのみならず、橋梁全體とし大

いに鐵筋の節約をなし得ることになるのであります。

猶、許容應力度に就ては、鐵筋の節約上から次のことが考へられます。橋が架けられてしまへば、其の死荷重は増加しないのであります。活荷重は將來増加する傾向にあります。又活荷重によつて起る應力度は彈性理論で計算して差支へないが、死荷重によつて起る應力度は塑性理論によつて計算するのが適當であると考へられるのでありますから、死荷重及び活荷重に對して同一な許容應力度を用ゐて設計した橋のほんとの安全度は、活荷重と死荷重との比によつて大分異なるわけであります。それで活荷重に比して死荷重の非常に大きい鐵筋コンクリート橋に對しては、死荷重の影響と、活荷重の影響とを別に考へて各々に對して適當な許容應力度を定めることも、鐵筋節約の一つの方法であると思はれます。

(2) 鐵筋に豫め引張應力を生ぜしめる方法

之は鐵筋に豫め引張力を加へて元引張應力を起させ、從つて引張應力を生ずべき部分のコンクリートに之に相當する丈の壓縮應力を生ぜしめ、鐵筋に高い許容引張應力度を採る事により、コンクリートの龜裂に對する危険を避けんとするものであります。

鐵筋の許容引張應力度を高くとることに就ての重要な缺點は、引張應力側のコンクリートに大きい龜裂を生ずる恐れがあると云ふ事にあるのであります。此の方法によつてコンクリートに龜裂の生ずる恐れを尠くすることが出来れば、安心して高い許容引張應力度を採用し鐵筋の節約をすることが出来る譯であります。

鐵筋コンクリートの圓形水槽の場合には、鐵筋に元引張應力を作用させる方法が、古くから用ゐられたのであります。橋梁に應用することが考へられたのは比較的近年のこと

で、有名なのはM.Freyssinet氏の方法と Dischinger 教授の方法とであります。

Freyssinet氏の方法の要点は、コンクリートを打つ前に、豫め鉄筋を引張り次にコンクリートを打ち、コンクリートが相當に硬化して鉄筋に加へた引張力に相當する壓縮力を完全に受け得る様になつた時、鉄筋に於ける引張力を除去つてコンクリートに壓縮應力を起させるのであります。斯くすれば曲げモーメントが或る値以上になつた時に、初めて引張側のコンクリートに引張應力が働くことになりますから、初めからコンクリートに引張應力が働く場合に較べて鉄筋に高い引張應用度が起つても、コンクリートに龜裂を生ずる危険が著しく小さくなり、又龜裂が出たとしても之は非常に小さいものとなる譯であります

Dischinger教授の方法に於ては、引張力を加へる鋼材はコンクリート中に埋込まずに梁の腹部の外に配置します。そしてコンクリートが所要の強度に達した時に、水壓機其の他によつて、此の鋼材に引張力を加へ、橋梁の荷重により引張應力を生ずるコンクリートの部分に壓縮應力を生ぜしめます。然ればコンクリートに龜裂を發生させる危険を避け得る事は Freyssinet氏の場合と同じであります。たゞ鉄筋が出してありますから、コンクリートのクリープの爲めに、コンクリートに於ける壓縮應力度が減じた時、再び水壓機其の他によつて鉄筋に引張力を加へ、コンクリートのクリープによる元壓縮應力度の減少を修正する點が異なるのであります。コンクリートのクリープにより梁は撓みを生じますから、死荷重による梁の撓みが無くなる迄、時々水壓機を働かせればよいのであります。再び引張力をかける時其の程度はエキテンソメーターに依るか、又は引張力を加へた時に於ける撓みの測定によりて定めます。Dischinger教授は此の方法によつて、スパン 150m までの桁橋を築造できると申して居り、現にスパンが

69m 懸吊梁のスパンが 31.5m のゲルバー式 Hitler 橋が出来て居ります。

尙ほ高い許容引張應力度を採ることによつて、コンクリートに生ずる龜裂のために、鉄筋が腐蝕する惧れに對しては、梁に全死荷重が働いた時引張主鉄筋の下に鉄網を張り、其の上にグナイト工を施すことが頗る有効であります。

(3) 熔接の利用

鉄筋の繼手として、重ね繼手が使用できることは、鉄筋の組立及びコンクリートの施工上甚だ便利なことでありますが、他方梁の引張主鉄筋に重ね繼手を用ゐると、其の部分に於けるコンクリート打ちが困難になり、柱の壓縮鉄筋に於ては鉄筋の位置をずらさなければならぬ様な不都合が起り、尙ほ又大きい直徑の鉄筋を使用する場合には、重ね繼手の爲めに鉄筋量が大幅増加する缺點もあります。然るに鉄筋の繼手を熔接すれば、以上の様な缺點を避ける事が出来た。

元來鉄筋の節約を計る上からは、なるべく長物を使用するのが有利であります。鉄筋の長さは市場販賣寸法の制限を受ける場合も多いので、欲する長さの鉄筋が手に入らない事が尠くありません。斯の如き場合には鉄筋の組立前に於て適當な熔接をなし所要の長さの鉄筋を作り、長さの不足による無意味な繼手の重ね長さを節約し、及び斷片などの利用を圖ることが鉄筋の節約上極めて大切であります。

又近來大きいスパンの桁橋が容易に出来る様になつた原因の1つは、熔接の利用により鉄筋の配置が樂になり、梁の腹部の幅を小さくすることが出来て、死荷重を減じ得ることになるのであります。

現今熔接の利用に就ては、多少の困難と不安とのあることが缺點であります。然し多くの現場に於て熔接が盛に利用される様になれば、此の缺點は漸次除かれるものと思はれま

す。それは鉄筋コンクリートが利用された初期に於ては、いろいろな困難や不安があつたのでありますが、今日では安全に容易に利用されて居るのでありまして、熔接の利用についても同じ様なものであらうと想像できるからであります。

故に鉄筋コンクリート工事の現場に於て、熔接の設備をすることを、ミキサーを備へると同様に必要なことであると考へるに到り鉄筋工は必ず鉄筋の熔接が出来ることを鉄筋工の条件と考へる様になれば、鉄筋の節約のみならず、鉄筋コンクリートの進歩發達を一層促進することが出来ると信ずるのであります。

(4) 施工中に構造體系を變へる事

橋梁工事の施工中に構造體系を變へると云ふのは、例へば連続梁橋を架設する時橋脚の上で梁を切つておいて單純梁を作りコンクリートの收縮、支承の沈下等が終つた後に、不靜定な連続梁を仕上げるとか、無鉸アーチの場合に一時的鉸を用ゐてコンクリートの收縮其の他による2次應力の影響を除くとかの類であります。

鉄筋コンクリートは單體的の構造を造ることが容易であり、之によつて極めて經濟的に構造物を建設し得る特長を有するものでありますが、單體的の構造物は一般に不靜定構造となり、コンクリートの收縮、溫度變化、支承の不齊等沈下等の影響を受けることが大きいのであります。之がために多量の鉄筋を必要とする事にもなるのでありますから、施工中に於て構造體系を變へて是等の影響を出来るだけ除く様に勉めることが鉄筋節約上から云つても、極めて大切な事になるのであります。

(5) 支承の沈下の響影を除く様にする事

(4)に述べた様に施工中に於て構造體系を變へることも、支承の沈下の影響を小さくする方法であります、更に進んで橋脚や橋臺に

豫め是等に加はる荷重を加へ、沈下が全く終つた後に、上部構造を載せれば不齊等沈下の影響に對して非常に安全であることは明白であります。

斯の如くして不靜定構造に於て甚だ恐ろしい支承の不齊等沈下を除くことが出来れば、安心して經濟的な不靜定構造を採用し鉄筋の節約をなし得るわけであります。

尙鉄筋コンクリート橋に於ける鉄筋の節約に關しては、鉄筋使用量の尠い型式を採用することが最も大切であり、又一般の鉄筋コンクリート構造物の鉄筋節約に關する事項に従はなければならぬ事は勿論であります。是等の點についてはもう時間がありませんから省略致します。

最後に申上げ度いことは鉄筋をある限度以上に節約しようとするか、又は全く鉄筋を使用しないで、普通の鉄筋コンクリート橋梁と同じ程度の安全度を有する橋梁を造らうとすれば、普通の鉄筋量を使用する場合に較べて設計施工に於て非常な苦心と勞力を要すること、又はも從來の鉄筋コンクリート構造よりも幾分高くなることは誠に當然と考へられるのであります。それは比較的容易に安全に經濟的に構造物建造の目的を達する事が出来ればこそ鉄筋コンクリートが今日の様利用される様になつたのである事を考へれば明白の事であります。それで鉄筋コンクリートアーチを使用し度い所であるが、現在鉄筋が手に入らないから無筋のコンクリートアーチにすると云ふならば、鉄筋コンクリートアーチと同程度の安全度を有するアーチを作るには非常な苦辛と努力とを要し、工費も幾分高くなるのも當然であるから單に鉄筋を使用しないのであるから工費は廉くなる筈などと考へる人がないでもないのであります。此の點特に御注意を願ひ度いと思ふのであります。

(終)