

鐵筋コンクリートに關する 最近の問題一二に就て

東東帝國大學教授 吉田 徳次郎
工 學 博 士

本文はコンクリート講習會に於て講演せられたものであるが、鐵筋コンクリート施工に關する徹底せる最も有益なる新智識として、工事關係者の何人にも參考とすべきものと思はれるので、爰に吉田博士及び日本ホルトランドセメント同業會の好意を得て、コンクリート講習會講演集(第9集)より轉載する事とした、全文を2回に分載し次號を以て終るものである(編者)

鐵筋コンクリートに關する比較的新しい問題のうちで、面白いと思はれます事項を申上げて見度いと存じます。みな、雜誌其の他に發表されて居るものでありまして、多くの方の御承知の事かと存じますが、復習の意味で御聽取りを願ひます。若し、そんな事があつたのかと云ふことが一つでもありましたら、私としては、いくらかお役に立つたと喜ぶ次第で御座います。そして甚だまとまりのつかない事を申し上げるのでありまして、恐縮に存じますが、強いて纏め様と致しますと、いろいろ無理も起つて來ますので、思ひ付いたまゝを時間のあるだけ申上げることに致します。しばらく御靜聽を願ひます。

1. 鐵筋とコンクリートの附着強度に就て

鐵筋とコンクリートとの附着強度に關係する事項は、コンクリートの強度、鐵筋埋込みの長さ鐵筋の端の曲げ方、鐵筋の周圍のコンクリートに於ける應力の性質、鐵筋の歪み、異形鐵筋に於ける様な鐵筋表面の凹凸、鐵筋表面の粗滑、鐵筋の振り、コンクリート打込み中又は打込み後に於ける震動の影響、鐵筋の位置が鉛直であるか、水平であるか試験の方法、セメントの種類、混和物及び骨材の性質、コンクリートの乾濕及び温度の變化等による膨脹及び收縮等であります。是等のうちで、

(1) コンクリートの壓縮強度と附着強度と

の關係

之に就ては、從來附着強度はコンクリートの壓縮強度に、ほぼ比例するものと考へられて居つたのでありますが今ではコンクリートの材齡28日に於ける壓縮強度が約 140kg/cm^2 以上に於ては、コンクリートの壓縮強度の増加による附着強度の増加は甚だ少い事が、試験の結果明らかになつて居ります。それで近來コンクリートの壓縮強度が非常に高くなつて居るからと云つて、直ちに許容附着應力度を高める事は適當でないであり、又許容附着應力度をコンクリートの壓縮強度の分數で示すことも、不適當であり、適度な許容附着應力度は與へられたコンクリートに對し、試験の結果から判斷すべきであると云ふ事になるのであります。

(2) 鐵筋埋込の長さ

之はある限度以上長くしても、附着力はあまり大きくなるものではない事、古くから知られて居つた事ではありますが、今日附着力が(鐵筋の周長) \times (埋込みの長さ) \times (附着應力度)で計算されるために、埋込みの長さを長くさへすれば、附着力を如何程でも大きくすることが出來ると誤解する場合がありますから、注意しなければなりません。

有効な鐵筋埋込みの長さは、大約鐵筋直徑の24倍であります。即ち鐵筋埋込みの長さが直徑の24倍位までは、全附着力は埋込みの長さに比例して増大しますが、鐵筋直徑の24倍

以上に於ては、埋込みの長さを大きくしても附着力はそれ以上あまり大きくならないのであります。鉄筋に弾性變形が起れば、最大附着強度を超過する小さい距離の間に漸次に滑動を生じて、鉄筋全體としての附着力を出すものでありますから、埋込みの長さが、ある限度以上になればそれ以上附着力が増大しない事は當然の事と考へられるのであります。

Abrams氏が“滑動始め”と云ふ語を用ゐたので、附着力を論ずる時米國流では此の語がよく用ゐられますが、所謂“滑動始め”に於ては鉄筋全體が滑動したのであるから“滑動終り”と云ふのが適當であると主張する人もあります。

(3) 鐵筋埋込みの際に於ける鐵筋の位置

之に就ては、私の實驗の結果によりますと丸鋼を水平位置に置いて引抜試験の供試體を作り、引抜き試験をした時の附着強度と、丸鋼を鉛直位置において供試體を作つて試験した時の附着強度との比は、比較的硬練りコンクリートの場合に於て大約 $\frac{1}{2}$ 、普通鐵筋コンクリート工事に使用されるウオーカピリチーのコンクリートに於て大約 $\frac{1}{3}$ であります。

斯く丸鋼を水平位置においてコンクリートを打つか、鉛直位置においてコンクリートを打つかによつて、附着強度に大きい差を生ずる理由は、水平位置の丸鋼の下部のコンクリートのセツトルメント及び材料の分離によつて、丸鋼の下に水膜を生ずる爲めに、丸鋼の下面とコンクリートとがよく附着しない事に因るのであります。それで丸鋼の代りに、角鋼を水平位置に置き、其の相對する2つの面を鉛直にすれば、角鋼を鉛直位置に埋込むだ場合の大約 $\frac{3}{4}$ の附着強度が得られるのであります。

尚ほ試験の結果によると、附着強度は鐵筋の降伏點以上の應力度でも以下でも、あまり變りがない様であります。

(4) 鐵筋端の曲げ方

之に就ては餘り小さい半徑に曲げれば、コ

ンクリートの挫屈が起るから、鐵筋礎着の目的を十分達することが出来ません。梁に於ては普通鐵筋が0.25mm位も滑動すれば、梁は破壊するのでありますから、コンクリートが挫屈して鐵筋が滑動を起せば、鈎の存在による鐵筋礎着の効果を發揮させることの出来ない事は明白であります。然し曲點に於ける半徑を十分大きくすれば、いくらでも其の効力を増加することが出来るかと云ふと、そうではありません大きい半徑に曲げた時は、それが直線である時の長さ以上には有効に働かないのであります。そして前に述べた様に、鐵筋埋込み長さの或る限度以上は有効に働かないのでありますから、端の曲點の半徑を非常に大きくしても、端の礎着をさほど有効ならしめることが出来ない事になります。然らば鐵筋端に鈎形をつけて、鐵筋を礎着する場合其の曲點の半徑を何程にするのが最も有効であるかと云ふ事になりますが、残念ながらは未だよくわかつて居りません。其のわけは鈎を取圍むコンクリートの強度、鈎が十分コンクリートで取圍まれて居るか、換言すれば鈎とコンクリートとの間に間隙がないかどうか等の問題が非常に複雑であるからであります。それで今日の處では經驗上適當と考へられる半徑、即ち鐵筋直徑 $1-\frac{1}{2}$ 倍位の半徑の鈎形を作つておくより致し方ない事になるのであります。

(5) 異形鐵筋

之と丸鋼との引抜き試験に於ける様子の差については申上げる迄ありませんが、持續荷重による引抜き試験の場合にも非常な差がありまして、持續荷重の場合にも、異形鐵筋は普通の鐵筋に較べて非常に安全度の高いものであります。即ち普通の鐵筋を埋込んだ引抜き試験供試體にスプリングで荷重を加へますと、所謂“滑動始め”の最大荷重で急激に引抜けますが、異形鐵筋では引抜けることが無かったのであります。

現今出来て居る異形鐵筋は、凡て最大附着

力を發揮させると云ふ理想には甚だ遠いものでありまして、今日の處で理想に近いものは丸鋼にネジを切つたものであります。然し實際の場合に丸鋼にネジを切つて使用することはまづ不可能であります。ネジを切つた丸鋼の附着強度に關する試験の結果は、きめが細かく楔作用をしない様な粗面を有せしめる事が出来れば、附着強度を大いに高め得ることを示して居ります。それが鐵筋表面にサンドブラストをかけるのが有効であると云ふ人もあります。

2本の丸鋼を握合せて作るイステグバーは高い許容引張應力度を採つて使用し得るものであります。附着強度は一寸考へられる程大きなものではなく2本の丸鋼を並べたものと殆ど相等しい附着強度を有するものであります。

附着力に對する安全度を大きくするには、直径の小さい鐵筋を使用するのが最もよいのでありますから、小徑の丸鋼3本又は4本を一束にして用ゐる方法も場合によつては、適當であると考へられるのであります。

異形鐵筋の使用については、多少の不便はあるとしても、鐵筋コンクリート部材の附着力による急激な破壊に對して、非常に大きい安全度を有するものでありますから、地震の多い我國に於て異形鐵筋の使用を薦めることは悪くないと思ふのであります。

(6) セメント糊を塗つた鐵筋の附着強度

之は私の實驗の結果によりますとセメント糊を塗らないものよりも、約30%大きくなつて居ります。但し塗つたセメント糊が剥げ落ちたりすることの無い爲めに、セメント糊を刷毛で薄く塗ること、塗つてからセメントを十分硬化させるために適當な養生をすること、浮錆の上には決してセメント糊を塗らない事等の注意が大切であります。

セメント糊を塗ることは、尠くとも附着強度を害さないものでありますから、セメント糊を鐵筋に塗つてから、鐵筋を使用すること

は次の様な場合に有利であると考へられます
(イ)海岸の鐵筋コンクリート工事に於ける様に、鐵筋の貯藏中に潮風のために鐵筋が錆易い時、

(ロ)海中に使用される鐵筋コンクリートに於て、鐵筋の防錆を確實にせんとする時、又はコンクリート被りを幾分減ぜんとする時、

(ハ)長いスパンの鐵筋コンクリート桁橋などの場合に生ずる龜裂に對し、鐵筋の防錆を安全にせんとする時、

(ニ)嚴寒の際に施工する鐵筋コンクリート工事に於て、鐵筋の温度が非常に低い時は、鐵筋の周圍のコンクリート中の水分が凍つて、附着強度が著しく減ずる惧れがあります。此の時セメント糊を塗つてあれば、此の影響を緩和しうると考へられます。

(ホ)比較的貧配合のコンクリート中に鐵筋を配置する時、例へば鐵筋コンクリートアーチの鐵筋を1:3:6配合のコンクリート橋臺に碇着する様な場合等であります。

(7) 振動機の使用

之に就ては之れが附着強度に如何なる影響を及ぼすかと云ふ事が、重大な問題であつたのであります。コンクリート打込み後約9時間以内であればいつ振動を加へても附着強度に對して有利である事が、實驗の結果判明した事は振動機の使用について非常に幸な事でありまして。そして振動を直接に鐵筋に與へるのが最も効果的であるのであります。

Tuthill及びDavis兩氏の實驗の結果によりますと15×15cm圓 壻に鐵筋を鉛直位置に埋込む時、コンクリートを打つてから4時間後に再び振動を加へたものは振動を加へなかつたものよりも30%乃至50%高い附着強度を示して居ります。

上述の事から考へますと、水平位置の鐵筋の下に生ずる水膜に因る附着強度の減少も、コンクリートを打込んでから相當時間後に振動を加へることによつて、餘程避け得るもの