

昭和 36 年度改訂・土木学会プレストレスト コンクリート 設計施工指針に対する私見

土木学会では昭和 30 年に PC 設計施工指針を制定し、PC の土木構造物への応用における好指針として用いられてきた。当時は PC に関する研究もその途上であり、指針としてはごく限られた範囲のものであり、不完全な部分も多くあったが、このほど最近の急速な研究成果をとり入れた改正指針が発表され、PC 鋼材使用の範囲が広くなり、また、コンクリートおよびプレストレス導入の管理が重視され、パーシャルプレストレッシングの利用範囲を広くしたこと、PC グラウトの指針が新しく制定されたことなど、数々の改訂が行なわれた。実用段階に至った PC の普及発展にきわめて有意義であると考ええる。しかし、著者らはこれを一読するにおよんで、なお疑問と考えられる条項や解説が二、三ある。もちろん複雑な問題が多いので著者らの誤解もあると思うが、以下に疑問点とこれに対する著者らの私見などを述べ、本改訂指針利用者の参考に資したい。

9 条 PC 鋼線および PC 鋼より線

5 mm および 7 mm の PC 鋼線の品資が表-1 で応力表示されているから、直径の許容差を与えておく必要があると考える。つまり、PC 鋼線品質の合格、不合格は試験荷重と実直径で定められるが、計算に用いる許容引張力は公称直径と表-1 の応力度とから定められるから、許容差を定めてないと品質では合格しても引張力では危険な場合が起りうる。従って、この条または検査の条を設けて許容差を与えるのがよい。2 mm および 2.9 mm では JIS で許容差が与えてあるから、このようなことはない。

10 条 PC 鋼棒

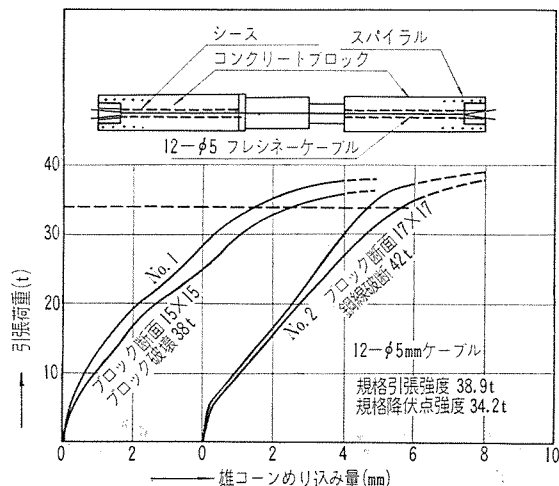
解説に応力計算用断面として転造ねじを造った場合には表-3 に示された断面積（ねじ有効径をもとにして決めてある）を用い、くさび定着の場合には鋼棒母材の直径から断面積を求めて、これを用いることになっているが、このような二本建にするのは、いたずらに複雑化するだけであるから、どちらか一本にまとめた方がよいと考える。たとえば、転造ねじの場合の応力計算用断面積をくさび定着の場合にも適用すれば、応力および、ひずみに関する数値計算には、すべてこれを使用することに

なるので、鋼棒母材直径から求めた断面積を用いた場合と比較して、強度、降伏点、弾性係数などは多少かわるが、断面の設計その他に関する諸計算では応力が必要なのではなく、1本の鋼棒に対する引張力が必要なのであるから結局、応力計算用断面として何を使っても結果は同じである。ただ、PC 鋼棒品質規格値と比較して、その鋼棒が何種にあたるかを定めるときに、たとえば、第 2 種のものが第 3 種となることはあるが、規格数値は応力で示されているから 1本の鋼棒に対する引張力または降伏点引張力に計算すれば、この場合もどの断面積を使用しても同じであるから、さしつかえはほとんどない。

12 条 定着具および接続具

ポストテンション方式に用いる定着具に対して PC 鋼材が規定引張強度を発揮する前に破壊することなく、またいちじるしい変形を生じることがないように要求するのは規定としてやや酷であり、かつ、不十分な規定である。解説においても本条の規定がやや酷であることは述べられているが、現在使用されている種々の定着具に関して耐力試験を行なった結果¹⁾では、PC 鋼材破断までに定着具が完全に破壊することはまずないが、鋼材破断直前には定着具の一部が破壊もしくは破断直前のいちじるしい変形をおこす場合が多く、条文にいう、いちじるしい変形を生ずることのないような構造にすることは困難な場合が多い。とくに、くさび定着機構を持つもので

図-1



は、くさびのめり込みによる変形がいちじるしくおこる。たとえば、12-φ5mm フレシネー ケーブル 定着装置耐力試験における雄コーンのめり込み測定結果は図-1 のようになった。この図から明らかなようにコンクリート ブロックの破壊のおこらなかった供試体 No. 2 ではケーブルの降伏点強度規格値 34t 以上においては雄コーンのめり込みがいちじるしくおこることがわかる。くさびのめり込みを少なくするには定着具自身の寸法を大きくすることによって大体解決するが、場合によっては、くさびからくる強圧によって定着具内での鋼材破断がおこって、かえって鋼材引張力が完全に発揮できないことさえおこりうる。すなわち、くさび定着の場合には鋼材の降伏点強度以上の過緊張の際におこる、くさびのいちじるしい変形は、このような局部強圧による鋼材の異常破断をおこさない点で有利に働らくことになる。なお、P C 鋼棒のナット定着、B.B.R.V. 法のように鋼線端部をつぶしてボタン状にした定着方法などでは、上記のいちじるしい変形などに完全定着が可能である。

定着具がP C 鋼材の規格破断強度まで破壊しないことを要求するのは著者は反対である。それは最も条件の悪い場合（たとえばラーメン隅角部で定着されているような場合）でも部材の破壊耐力時のP C 鋼材引張力が破断強度には達することはまずないこと（せいぜい降伏点応力と破断強度の平均値程度である）、コンクリートと鋼材間の付着が存在するのが普通であるから、この場合にはたとえP C 鋼材が、どこかの位置で破断強度に達しても付着応力によって定着具に作用する引張応力は鋼材破断強度よりも小さくなること（ラーメン隅角部などでは部材の破壊断面から柱の巾だけはなれた位置で定着されておれば引張力はかなり小さくなる）、実際には定着部コンクリート ブロックのきれつまたは局部的破壊がおこって定着具自身には鋼材破断応力のような大きな引張力は作用しない場合が多いことなどの理由による。定着具に対する規定を本条文に示されているほど酷にするとすれば、コンクリート ブロックのきれつ、または局部的破壊に対する規定も、さらに酷にする必要があるのではなかろうか。

とくに定着具の変形については、コンクリート ブロックにきれつが発生すると変形がいちじるしくなる。図-1 の供試体 No. 1 はその例を示すもので、きれつの発生しなかった供試体 No. 2 と比較して雄コーンのめり込み変形は、いちじるしい。また、本条に関連した定着具試験規定が 17 条にあるが、定着具変形限度規定値が示されていないのは 12 条に対応して片手落ちであると考ええる。もちろん、試験方法によって定着具変形がかなり異なる（このことは 図-1 から推定できる）から、現

段階ではこれを具体的に決めることは困難であるが、それならば 12 条における「いちじるしい変形をおこさないような構造」という条文をとって、変形に関しては解説でふれておく程度にとどめるのがよいのではなかろうか。そうしないとこの指針の使用者にとって定着具の変形に対する判定規準がないから、判定に苦しむ場合が多くでるものと考ええる。

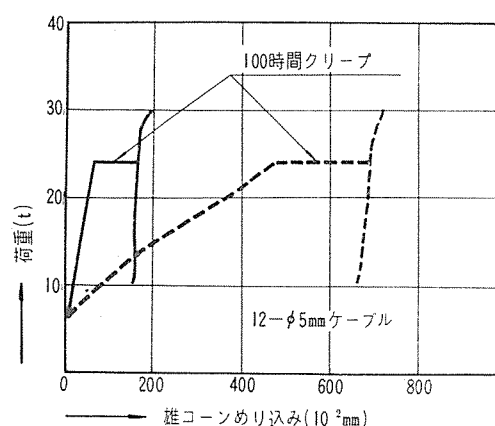
なお、以上述べた事項をもとにして 12 条に対する著者らの改訂案を述べると以下のとおりである。

12 条 定着具および接続具

「ポストテンション方式に用いる定着具は少なくとも 9 条および 10 条に規定する降伏点強度までの引張応力に対しては変形をおこさないか、または、おこしても引張応力に正比例する変形を生じ、かつ、P C 鋼材が 9 条および 10 条に規定する引張強度の少なくとも 90% の引張応力に耐えられるような構造のものでなければならない。」

また、本条に対する解説の中にはクリープに対しても述べておくべきである。定着具に一定持続応力が作用するとかなりの変形（とくにくさび定着ではなくさびのめり込み）がおこるものである。たとえば、図-2 は著者の行なった 12-φ5mm フレシネー ケーブルに 24t の持続荷重を行なったときの、雄コーンのめり込み測定結果（100 時間まで）であるが、100 時間の接続荷重によるめり込み量は荷重を 24t まで漸増していった場合のめり込み量と、ほぼ等しい程度である。なお、本実験では 100 時間持続荷重後は、ほとんどめり込みの進行がなくなったので持続荷重を中止している。

図-2



17 条 定着具および接続具の試験

解説において定着具の試験の方法に関してP C 鋼材両端に定着具をとりつけ、これを試験機台座に支持させて引張試験を実施するとなっているが、これはきわめて問題である。定着具だけを台座に支持させて引張る場合に

は定着機構によっても異なるが、とくにくさび定着のものではくさびからくる押し広げ力によって、くさび受けが変形をおこしやすくなり、場合によっては、くさび受けが破壊したり、くさびが、くさび受けから抜けおちたりして、実際使用の場合とはいちじるしく異なった破壊の状況を呈し、定着耐力もきわめて悪くなるのが往々にしておこる。やはりコンクリートブロックにとりつけた定着具を引張って試験をすべきである。PC鋼材の定着は単に定着具だけではなく、コンクリートブロックの協力もあわせ考えて、始めて経済的な定着具を作ることができるのである。この点を再検討される必要がある。現在使用している各種定着装置においてさえも解説に述べられている方法で試験すれば不合格となることが明らかなものもあるが、コンクリートブロック中に埋め込んで実験すれば十分に耐力を発揮する。もちろん、定着具の破壊またはPC鋼線の破断前にコンクリートブロックの破壊がおこることは許されない。したがって、コンクリートブロックが本条の試験に適するような寸法のものを用いなければならない。

なお、以上の引張試験以外に疲労試験およびクリープ試験（持続載荷試験）を行なう必要があるが、これらについてはさらに研究を要するし、また、指針においても定着具の試験に関しては、あくまでも漸定的なものであると考えられるから、ここでは指針解説に述べられている事項についてだけの討論にとどめる。

18条 引張装置のキャリブレーション

引張装置の荷重計の機能と精度を確かめることが解説で指示されているが、計量器使用公差令とJIS B 7505とでは精度も異なっているので、許容精度を与えておくのがよい。つまりキャリブレーションを行なうときの目標を与える必要があると考える。またキャリブレーションの具体的な方法も解説しておくのがよいように思われる。

20条 プレストレッシングの管理

導入力を正確に与えるためには導入力になるべく近い容量の荷重計を使用することが必要である。つまり大容量の荷重計で小さな荷重を測定したのでは、キャリブレーションを厳重に行なっても大きな誤差が出るので、この点についての規定または解説を行なう必要があると考える。

34条 継 目

(1) 項で継目のコンクリートまたはモルタルの圧縮強度は母材の強度以上でなければならないとしているが、

目地強度は導入時に設計強度の70% (19条)、4週強度で設計強度以上あればよいから、必ずしも母材の強度以上を必要とはしない。もちろん4週以後の強度の余力は母材と同じであるのがよい。従って(1)項は「……同一材令でブロックまたは部材コンクリートと同等以上の圧縮強度かつ、設計荷重時に設計強度以上……」とすればよい。

37条 応力度計算上の仮定

本条解説中に断面応力度の計算は便宜上コンクリートも引張に対して抵抗するものとして計算しても、コンクリートが引張に対して抵抗しないと考えて計算しても断面の応力度およびPC鋼材引張応力度にはあまり変化がないと述べているが、一般の橋梁に使用されるようなウェブ厚さが薄く、かつ、T形断面に近いような断面を使用する場合には必ずしも上記の両者に大差がないとはいえない。とくに、コンクリートの許容引張応力が大きくなれば、その差はますます大きくなり、中立軸（コンクリート応力が0となる位置）が上に移動して、いちじるしい差がでてくるものと考えられる。

39条 PC鋼材の応力度の計算

解説(1)式は一般の曲線配置PC鋼材を持つ部材に対しては σ_{cbg} の値をどのようにとればよいのか示していない。この点を明記しないと使用者側が(1)式を用いることが困難となる場合があると思う。

44条 コンクリートのクリープおよび乾燥収縮

解説(5)式は静定部材に対するクリープによるプレストレス減少計算式であるが、不静定部材の場合にはどうするかを多少解説しておく必要があるのではないかと。(5)式を用いて不静定架構の場合に対する計算も可能（ただし、近似的に）である。

50条および51条について

50条および51条にはそれぞれフルプレストレッシングまたはパーシャルプレストレッシングの場合の部材設計方法が示してあるが、どういう場合にはフルプレストレッシングにし、また、どんな部材はパーシャルプレストレッシングにするか、その区分がはっきりは決めてない。たとえば1等橋はフル、それ以外はパーシャルでよいといった一般区分を明記すべきである。

56条 曲げ破壊モーメント計算上の仮定

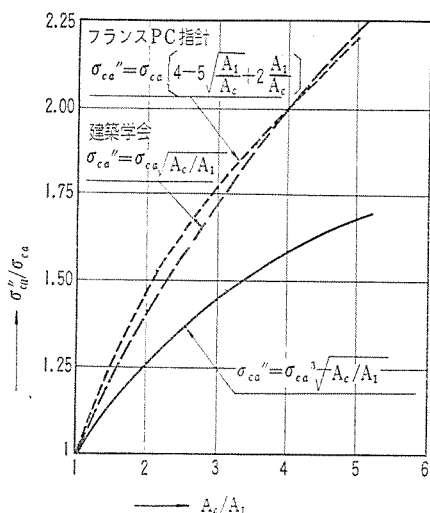
条文(4)項において、付着のない場合にだけ曲げ破壊時PC鋼材引張力を数値で与えているのはいけな

それは、付着のない場合には条文のような引張応力になるとは限らないからである。実験によれば付着のない場合の曲げ破壊耐力は付着のある場合の 80~90% になり、80% 以下のことはまずおこらぬこと、および、80~85% 程度の場合もまれにしかおこらないことなどが明らかであるから、付着のない場合でも付着があるとして計算した曲げ破壊耐力の 80% をもって、付着のない場合の耐力とする方がよいと考える^{2),3)}。

60 条 コンクリートの許容支圧応力度

許容支圧応力度 σ_{ca}'' 計算式 (16) 式はやや小さい値をあたえる。他の指針にあげられている許容支圧応力度と (16) 式とを比較すると 図-3 のようになる⁴⁾。もちろん、安全度を高くする意味からは小さい許容支圧応力度をあたえる式を採用するのがよいが、実際にはコンクリートブロックの割裂補強鉄筋が十分に配置される場合が多いから、割裂補強筋があればブロックのきれつおよび破壊耐力がいちじるしく増大し、許容支圧応力としてはコンクリートブロックのきれつまたは破壊耐力の増大率に比例して大きくとつても、さしつかえないように考えられる。たとえば、割裂補強筋も 49 条に従って理論的に必要量を計算し、これを配置した場合には、配置しない場合の 1.5~2 倍以上のブロックきれつ、および破壊耐力が得られる⁵⁾。学会条文に定められている (16) 式はこのような補強筋のないコンクリートブロックに対するものであり、補強筋を入れることを前提にすれば

図-3



少なくとも土木学会式の 1.5 倍の値を許容支圧応力度とするのがよいと思われる。これは、図-3 からわかるように建築学会式とはほぼ一致するか、またはやや下まわる程度となる。

63 条 P C 鋼材の許容引張応力度

3 条記号によれば σ_{pu} および σ_{py} はそれぞれ P C 鋼材の引張強度および降伏点応力度であるから、設計前に P C 鋼材の試験が可能であれば σ_{pu} , σ_{py} に試験値を採用しても、さしつかえないことになる。従って「ただし σ_{pu} および σ_{py} は 9 条および 10 条にかかげる引張強度および降伏点応力度とする」と明確にした方がよいと考える。

また (19) 式においてプレストレスング中における P C 鋼材の許容応力は $0.8\sigma_{pu}$ または $0.9\sigma_{py}$ の小さい方で与えられているが、20 条プレストレスングの管理にも述べられているように、引張力にはかなりの導入誤差が避けられない。さらに解説で、場合によっては (19) 式の応力度を一時的にこえてもよいとされているので降伏応力をこえることもありうるわけである。一時的に降伏応力をこえても必ずしも危険ではないが、鋼材とくに鋼棒の品質については、製法により降伏点付近に性状の差があるから、これらの点についての解説を行なっておくのがよいと考える。なお、実際に使用される P C 鋼材の品質は一般に規定値をかなり上まわっているが、これは規定値を確保するために得られる値であるから、この値を許容値の定め方に見込むわけにはいかない。

そ の 他

P C 鋼棒の曲げ配置を行なう場合の曲率の制限および曲げ加工、等についても条文のどこかで規定するのがよいと考える。また、プレストレスングの管理の条で定められている許容誤差の根拠となった実験結果を、何らかの機会に公表して頂けたら、この種の資料が少ない折から非常に参考になるものと考えられる。

註

- 1) 未発表
- 2) 坂・六車：日本建築学会論文報告集，第 60 号，33.10
- 3) G. Kani：Spannbeton in Entwurf und Ausführung，1955
- 4) 坂・岡田・六車：プレストレスト コンクリート p. 301
- 5) 同 上 p. 320

1961.11.10・受付

昭和 36 年度改訂・土木学会プレストレスト コンクリート設計施工指針

御希望の会員は直接土木学会へ申込んで下さい。本会会員には割引（土木学会会員のみ）の特典がありますからその旨を明記のこと。

頒 価：250 円（〒 50 円） 会員外 350 円（〒 50 円）

申込先：東京都新宿区四谷一丁目 土木学会
Tel. 351-5138 番（代表） 振替東京 16828 番