

PC設計基準の歴史について

角田 與史雄*

1. はじめに

本稿は、わが国におけるプレストレストコンクリート(PC)の設計基準の歴史について概観するものであるが、設計基準は土木構造物と建築構造物とで異なり、土木構造物の中でも道路橋と鉄道構造物とで異なる。また、それらの歴史の変遷にもかなりの違いが見られる。したがって、それらを総括的に述べることは難しく、またかえって分かりにくい内容になる恐れがある。そこで以下では、節目ごとに比較的大きく変化してきた土木学会の設計基準を中心に述べ、他については土木学会との相違点などを補足的に述べるに留めることにする。

2. 初期のPC設計基準

PCの概念は古くからあったが、実用化は1928年にDischinger(独)が付着のない方式で、またFreyssinet(仏)が付着を有する方式で成功したのが事実上の始まりと言われている。その鍵はいずれも緊張材として高強度鋼を用いたことにある。すなわち、緊張材の応力がコンクリートのクリープや乾燥収縮が終了した後も十分に確保できるように、弾性ひずみの非常に大きな材料を緊張材として用いたことが成功のもととなった。

わが国におけるPCの発展は戦後に始まり、PC橋では1951年に架設された長生橋(石川県)が最初である。その2年後には土木学会にプレストレストコンクリート委員会が設置され、1955年に「プレストレストコンクリート設計施工指針」が制定された。同指針の作成に際しては、諸外国の文献や基準類、国内の研究や経験等がもとにされたが、ドイツのPC構造設計施工基準である「DIN 4227」¹⁾が最も参考にされたようである。上記の指針は、緊張方式としてプレテンションとポストテンションの両者を対象とし、また、PCをその設計条件によりフルプレストレッシングとパーシャルプレストレッシングとに分類している。さらに、緊張材(PC鋼材)とコンクリートとの間の付着がある場合のみでなく、付着がない場合(アンボンドPC)も包含して

いる。ただし、PC鋼材としてはPC鋼線のみが対象とされた。このように、同指針はわが国最初のPCに関する基準ではあるが、非常に広い範囲のPCを包含したものであることが分かる。

当時のPCの設計に対する考え方を知らるために、この指針による設計の要点について紹介しておこう。ただし本稿では、使用状態における照査に用いる設計荷重を単に設計荷重と言ひ、破壊安全度の照査に用いる設計荷重を設計終局荷重と呼んで、両者を区別することにする。

設計の基本：設計荷重作用時の応力による照査と、設計終局荷重に対する破壊安全度の照査を行う。

応力照査を行う状態：プレストレスを与えた直後を含む施工時、およびPC鋼材のリラクゼーション、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮によるプレストレスの減少が終了した状態。

PC鋼材の応力：設計荷重作用時は引張強度の60%以下とする。ただし、緊張作業時は降伏強度(残留ひずみ0.002に相当する応力として定義)の80%(ポストテンションで、順次緊張するときは85%)以下とする。

コンクリート応力の計算：全断面有効として計算する。

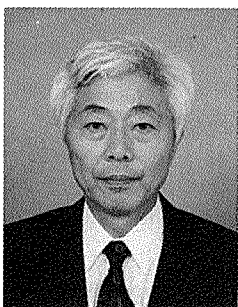
コンクリートの圧縮応力：許容圧縮応力度以下とする。

部材引張部のコンクリートの引張応力：設計荷重作用時に、フルプレストレッシングの場合には、引張応力が生じないように設計する。パーシャルプレストレッシングの場合には、許容曲げ引張応力度以下の引張応力が許される。

部材圧縮部のコンクリートの引張応力：フルプレストレッシングの場合には、施工時には許容曲げ引張応力度以下の引張応力は生じてよいが、全静荷重が作用した後は引張応力は許されない。パーシャルプレストレッシングの場合には、設計荷重作用時にも許容曲げ引張応力度以下の引張応力が作用してよい。ただし、橋に対しては全静荷重に対して引張応力が生じないように設計する。

以上のコンクリート引張応力に関する設計条件は、フルプレストレッシングのPCはもとより、パーシャルプレストレッシングのPCにおいても、使用状態におけるひび割れの発生を許さないという考えを示すものである。

引張鉄筋の配置：部材引張部または部材圧縮部のコンクリートに引張応力が生じるときは、その引張力を受け持つだけの引張鉄筋を配置する。ただし、全静荷重が作用する前に部材圧縮部に生じる引張応力に対しては、引張鉄筋の許容応力度を30%増しして引張鉄筋量を算定してよい。また、PC鋼材の許容応力度の範囲内であれば、PC鋼材を引張鉄筋の一部と見なして設計し



* Yoshio KAKUTA

北海道大学大学院
工学研究科 教授

てよい。一方、付着のないPCでは、設計荷重の1.35倍の荷重に対して引張鉄筋の設計を行う。

上記の規定は、フルプレストレッシングとパーシャルプレストレッシングの相違が、単にコンクリートの引張応力を許すかどうかだけではなく、計算上、曲げ引張補強材が緊張材のみでよいか(フル)、緊張材と引張鉄筋の併用とするか(パーシャル)の違いにあることを示している。

せん断応力による照査：設計荷重に対して、全断面有効として求められるせん断応力と直応力とから計算される斜引張応力が、許容斜引張応力度以下となるように設計する。このときの許容斜引張応力度は、フルプレストレッシングの場合、パーシャルプレストレッシングの場合よりも低く(1/2~2/3倍)設定されている。

設計終局荷重：曲げに対しては設計荷重の2倍、せん断に対しては1.75倍とする。

曲げ耐力の計算：終局時の圧縮部コンクリートの応力分布は長方形とし、応力度は28日強度、分布範囲は中立軸から圧縮縁まで、終局ひずみは0.0025とする。終局時のPC鋼材の応力は引張強度、鉄筋は降伏強度とする。付着のないPCの緊張材の応力は設計荷重時の応力に1400 kgf/cm²を加えた値としてよい。

上記の計算方法では、終局時の鋼材引張力の値をあらかじめ仮定したことになるため、特別な場合を除きコンクリートの終局ひずみに関係なく耐力が計算される。その際、鋼材引張力は最大可能値に仮定したことに相当するため、一般に耐力を過大評価する。指針の解説では、荷重係数を2としているが、実質的な安全度として1.75程度を想定していることが述べられている。

せん断破壊安全度の検討：せん断破壊安全度の照査に用いるために、斜引張応力度の最大値と許容値とが定められている。設計終局荷重より計算された斜引張応力が最大値を超えることは許されない。最大値を超えないが許容値を超えるときは、全せん断力を受け持つだけのせん断補強鉄筋を配置する(以下では、これを完全補強と言う)。このときに用いるせん断補強鉄筋の許容応力度は、降伏強度に近い値に設定されている。

上記のように、せん断設計において所定の条件を満たさないときは完全補強を行うという考えは、当時、鉄筋コンクリート(RC)の設計においても一般的であった。

なお、この指針では、パーシャルプレストレッシングによるPCは、重要な構造物には使用しないことを前提としていた。

この指針は、PCの普及および発展が急速に起こりつつある時期に作られたことから大きな反響を呼び、さまざまな意見や要望が寄せられたことは容易に想像される。その一つとして坂らの論文²⁾が興味深い。ここでは内容の紹介は省略する。土木学会では指針制定3年後に早くも指針改訂委員会を設置し、1961年に改訂版が制定された。

そこでは、パーシャルプレストレッシングに対する控え目な方針が改められ、フルプレストレッシングとパーシャルプレストレッシングとが同列に位置づけられた。また、PC鋼材はPC鋼線、PC鋼より線、PC鋼棒の3種に適用が拡大

された。設計法に関しては、フルプレストレッシングの場合であっても、温度、風などの影響を併せ考えるとき、およびまれにしか作用しない荷重に対しては、部材引張部および部材圧縮部に対して許容値以下の引張応力を許すこととし、また、PC鋼材の許容引張応力度はすべての場合について引張強度と降伏強度の両者をもとに与えるよう改められた(たとえば、設計荷重作用時に対する許容引張応力度は、引張強度の60%または降伏強度の75%のうちの小さい値とするなど)。曲げ耐力の計算においては、前述のように鋼材の応力を前もって仮定するのをやめ、コンクリートの終局ひずみをもとに、平面保持の仮定と緊張材の応力-ひずみ曲線より定めることとし、それに伴って、設計終局荷重を曲げとせん断とで同一とし、1.3×(静荷重)+2.5×(動荷重)および1.3×(静荷重)および地震荷重の最も不利な組合せに改められた。また、せん断補強に関しては、斜引張応力が許容値の75%を超える区間に完全補強によるせん断補強鉄筋を配置することとした。

一方、日本建築学会では1959年に「プレストレストコンクリート設計施工規準(案)」を発表し、1961年にはこれに詳細な解説を付した「プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説」を刊行した。

そこでは、各種の許容応力度の値が独自に定められており、たとえばPC鋼線およびPC鋼より線の許容引張応力度は引張強度の65%(最終定着前は70%)となっている。また、曲げ耐力の計算においては、圧縮部のコンクリートの応力は圧縮強度の83%とし、圧縮合力位置は圧縮縁から中立軸までの距離の42%と仮定される。設計終局荷重は長期と短期に分けて与えられ、長期は1.2×(固定荷重)+2.4×(積載荷重)および2×(固定荷重+積載荷重)、短期は1.2(または1.0)×(固定荷重+積載荷重)+1.5×(地震力)などとなっている。また、せん断破壊を防止するため、せん断耐力が曲げ耐力より大きくなるように設計することが求められている。

上記のほかにも土木学会の指針とは多くの点で相違が見られるが、PCの本質に関しては両学会とも同様な概念によっていたと考えられる。すなわち、当時は鉄筋コンクリート構造物の設計においてはもっぱら許容応力度法が用いられていたが、PCではプレストレスの存在のために荷重と応力とが比例しないため、応力による照査だけでは破壊に対する安全度が不明確なため、当初から許容応力度による照査と破壊安全度の照査を併用する設計法が採用されていたこと、当時のPCの設計においては使用状態でひび割れの発生を許さなかったこと、PC鋼材のリラクゼーション、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮などによるプレストレスの減少を考慮すべきことなど、PCの設計の基本は当時すでに確立されていたと言えよう。

3. 設計基準の発展とひび割れを許すPC

PCはその開発当初から、RCと同様に使用状態において微小なひび割れの発生は許容できるという意見はあったようであるが、設計基準に具体的なかたちで取り上げられたのは、欧州コンクリート委員会(CEB)と国際PC協会(FIP)が

1970年に作成したモデルコード「コンクリート構造物設計施工国際指針」³⁾である。このモデルコードは、CEBが1964年に作成した限界状態設計法に基づくRC構造のモデルコード⁴⁾を、PCを包含するように拡張したものである。そこでは使用状態におけるひび割れ限界状態を

引張応力限界状態：コンクリートの引張応力を許さない

ひび割れ発生限界状態：コンクリートの引張応力は許すが、ひび割れ発生は許さない

ひび割れ幅限界状態：ひび割れ発生を許すが、許容ひび割れ幅以下とする

に分類し、それぞれの限界状態で設計するPCをⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種、そしてRCをⅣ種と呼んだ。これらを従来のPCと比較すれば、フルプレストレッシングおよびパーシャルプレストレッシングのPCがそれぞれⅠ種およびⅡ種に対応し、Ⅲ種は従来のPCとRCの中間領域の構造と行うことができる。それは一般に、Partially Prestressed Concrete (PPC)と言われ、ひび割れ発生を許し、曲げ補強材が緊張材と引張鉄筋の両者からなることを前提として設計される。

一方、わが国では横道英雄博士が1961年頃にRCのひび割れ幅を低減するためにプレストレスを与えるプレストレスト鉄筋コンクリート(PRC)を提唱し、1965年に上姫川橋(主支間48mのπ形ラーメン)を架設するなど実用化に成功していた。PRCは建築分野においても鈴木計夫博士らによって実用化されている。

PRCはPPCの一種であるが、RCを母体に考えていることから、一般にひび割れ分散性(ひび割れ間隔の制御)には異形鉄筋の付着特性を利用し、プレストレスは使用状態における引張鉄筋のひずみを低減するために導入される。すなわち、従来からのPCではコンクリートの引張応力を制御するためにプレストレスが導入されるのに対し、PRCではひび割れが生じている状態での引張鉄筋の応力を制御するためにプレストレスが導入される。

土木学会では前述の「PC指針」の大幅な見直しを行い、1978年に「プレストレスコンクリート標準示方書」を制定した。それは指針制定後の国内外の研究や新技術に基づいたのもちろんであるが、CEB・FIPモデルコードの新しい概念をも参照し、PCをⅠ種～Ⅲ種に分類し、ひび割れを許すⅢ種PCの規定を導入した。そこではひび割れ幅の値を直接照査する代わりに、鋼材引張応力の増加量(鋼材位置のコンクリートの応力が0となる状態からの、コンクリート引張応力を無視して求めた鋼材引張応力の増加量)を、普通の環境状態にある屋内構造で2000 kgf/cm²、厳しい気象作用を受ける屋外構造で1000 kgf/cm²以下に制限することによって、間接的にひび割れ幅を制限する方法が採用された。これらの値はそれぞれ許容ひび割れ幅0.2mmおよび0.1mmを想定したものである。

また、破壊安全度の検討には安全係数として従来は荷重係数のみが用いられていたが、本示方書では材料と荷重とに安全係数が導入され、コンクリートおよび鋼材に関する安全係数はそれぞれ1.5および1.1程度、永久荷重および変動荷重に関してはそれぞれ1.4(または0.9)および1.6程度とされた。また、曲げ耐力の計算に用いるコンクリートの応

力-ひずみ曲線は2次放物線と直線の組合せ(または等価な長方形分布)からなり、最大応力は設計圧縮強度の85%、終局ひずみは0.0035、緊張材の応力-ひずみ曲線はPC鋼線、PC鋼より線、PC鋼棒1号に対して最大応力が引張強度の93%からなるトリリニア、PC鋼棒2号は最大応力が引張強度の80%からなるバイリニアが与えられた。せん断設計では、せん断破壊安全度の計算に用いるせん断耐力式が導入され、また、せん断補強では完全補強から脱却し、せん断補強鉄筋以外が受け持つせん断力(俗に、コンクリートが受け持つせん断力と言われる成分)を差し引いたせん断力に対して補強する方法が採用された。

上記のようにこの「PC標準示方書」は、限界状態設計法の思想を部分的に取り入れることにより、後述の限界状態設計法による「コンクリート標準示方書」への橋渡しの役割を果たしたと言える。また、せん断補強における部分補強の考えは、この後の設計基準の改訂からRCにも適用されるようになった。

ところで、前述した日本建築学会の「プレストレスコンクリート設計施工規準・同解説」はその後1975年に大改訂が行われ、さらに1987年および1998年にも改訂が行われている。そこでは新材料や新工法、研究の発展や実績などに対応して内容の大幅な充実が図られるとともに、許容応力度、荷重係数、曲げおよびせん断に対する設計法や設計式など、多くの改良が行われているが、前述した設計の基本的な考え方は現在も受け継がれていると言えよう。

一方、日本建築学会では「プレストレスコンクリート設計施工規準・同解説」とは別に、ひび割れの発生を許すPCに対する基準として、1986年に「プレストレス鉄筋コンクリート(Ⅲ種PC)構造設計・施工指針・同解説」を制定している。これによれば、環境や荷重および建物の用途・種類などの諸条件を考慮して、最大ひび割れ幅制御目標値(0.2mm以下)を定め、設計された断面の最大ひび割れ幅を算定し、目標値を満足していることを確かめることにしている。その際、ひび割れ幅の算定には独自の式が指針の中に与えられている。

他方、鉄道構造物を対象とするPC設計基準としては、日本国有鉄道により1965年に「プレストレスコンクリート鉄道橋設計施工基準(案)」が制定された後、1970年に「建造物設計標準、プレストレスコンクリート鉄道橋」が制定された。その設計の基本は当時の土木学会の指針に準じた内容となっているが、設計終局荷重は $1.3 \times (\text{死荷重}) + 2.5 \times (\text{活荷重} + \text{衝撃})$ および $1.75 \times (\text{死荷重} + \text{活荷重} + \text{衝撃})$ 、ならびに $1.3 \times (\text{死荷重} + \text{地震の最も不利な組合せ})$ となっている。同標準は1983年に、曲げ耐力やせん断耐力の算定法を当時の土木学会「PC標準示方書」に準じて改訂するとともに、せん断補強については部分補強が採用されたが、安全係数は荷重係数のみとしており、設計終局荷重は $1.7 \times (\text{死荷重} + \text{活荷重} + \text{衝撃})$ としている。また、この設計標準ではひび割れを許すPCとしてPRCの存在に触れただけであったが、設計標準とは別に1987年に「PRC設計指針(案)」が制定され、以来、短支間の鉄道橋にPRCが多く採用されている。この実績が、後述の限界状態設計法による鉄道設計標準におけるPRC

の規定へと発展するもになったと思われる。

一方、道路橋を対象としたPC設計基準に関しては、1968年に「プレストレストコンクリート道路橋示方書」が刊行された後、1978年にはRCに対する示方書と統合して、「道路橋示方書・同解説、Ⅲコンクリート橋編」が制定された。ここではRC、PCともに設計荷重作用時に対する照査と設計終局荷重に対する照査を行うこととし、設計終局荷重としては、 $1.3 \times (\text{死荷重}) + 2.5 \times (\text{活荷重} + \text{衝撃})$ 、 $1.7 \times (\text{死荷重} + \text{活荷重} + \text{衝撃})$ 、 $1.3 \times (\text{死荷重} + \text{地震の影響})$ などとなっている。また、せん断補強鉄筋の設計には部分補強を採用している。

「道路橋示方書」はその後、1990年および1996年には改訂されているが、ひび割れを許容するPCについては規定されていない。

しかし、高速道路に関しては1986年に「PRC道路橋設計要領(案)」が作成され、さらに1991年に完成した観音寺高架橋で合計23径間にPRCが採用されたのを契機に、1993年に「PRC道路橋設計マニュアル(案)」が作成され、以来、PRC道路橋が多く見られるようになった。

4. 限界状態設計法による設計基準

RCは鋼とコンクリートからなる複合構造であり、一般にコンクリートにひび割れが生じてから鉄筋の効果が現れるため、その力学的挙動は極めて複雑であるが、コンクリートの引張応力を無視する弾性応力理論が考案されたことによって世界中に普及したと言って過言ではなからう。しかし、複合構造を弾性理論で設計するにはさまざまな矛盾を避けることができない。とは言え、狭義の終局強度設計法もまた欠陥があり、20世紀前半には合理的な設計法を目指す論争が絶えず行われた。この歴史的な難問に一つの答えを提供したのが限界状態設計法である。そこでは構造物に要求されるさまざまな性能について、それぞれ限界状態を設定し、条件が満たされているかどうかを個別に照査する方法であり、要求性能をできるだけ直接的に照査する。

一方、PCはひび割れに関する照査と破壊安全度の照査を並行して行ってきたので、元来、限界状態設計法に馴染みやすい構造と言える。

限界状態設計法は、前述のようにCEBが1964年にRCに対するモデルコードを公表して以来、高い評価を受けただけでなく、コンクリート構造物以外の構造物にも適用できる汎用的な設計法としての評価も受けた。

土木学会ではコンクリート構造物の設計法を許容応力度法から限界状態設計法に変えるための検討を1968年から行ってきたが、その成果に基づいて1986年に限界状態設計法に基づく「コンクリート標準示方書設計編」が作成された。それまでの「コンクリート標準示方書」が無筋コンクリートおよびRCを対象としていたのに対し、PC、SRC(鉄骨鉄筋コンクリート)などを包含するものとなった。そこでは各限界状態の性格と照査に用いる荷重の相違に基づいて、限界状態が終局限界状態、使用限界状態および疲労限界状態の3種に分類され、安全係数としては、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数および構造物係数の5種の部分安全係数が導入された。

また、設計荷重作用時のPC鋼材の応力は、従来、引張強度の60%以下かつ降伏強度の75%以下が用いられてきたが、限界状態設計法の採用により信頼性が増したこと、およびリラクゼーション率など設計に用いる諸元値との整合性が損なわれることがないことなどから、引張強度の70%に引き上げられた。また、先の「PC標準示方書」で採用されたⅠ種～Ⅳ種という構造体の呼称は廃止し、設計に使用するひび割れ限界状態(引張応力発生、ひび割れ発生、ひび割れ幅)による分類としている。

一方、日本国有鉄道の民営化に伴い、わが国の鉄道コンクリート構造物の共通の設計基準として1991年に制定され翌年刊行された「鉄道構造物等設計標準・同解説」は上述の「コンクリート標準示方書」に準じて限界状態設計法に基づかれているが、プレストレストコンクリート構造に関しては、使用限界状態においてひび割れの発生を許さない「PC構造」と、使用限界状態においてひび割れの発生を許容し、異形鉄筋の配置とプレストレスの導入により、ひび割れ幅の制御をする「PRC構造」とに分類し、それぞれに対して具体的な設計方法を与えている。

土木学会の「コンクリート標準示方書設計編」は1991年の改訂に続き、1996年に再び改訂を行ったが、ひび割れを許すPCの設計に対する一般技術者の理解を高めるには鉄道設計標準の方法が優れていると判断し、PC構造・PRC構造という分類方法が採用された。ただし、ひび割れ幅の算定式は、異形鉄筋以外の鋼材(PC鋼材など)によりひび割れ分散性を図る場合にも適用可能にしてあり、PRC以外のPPCの使用にも道を開いている。

5. 各種工法および各種構造に関する設計基準

PCのこれまでの多様な発展と応用は、各種のPC工法の開発に支えられたと言ってもよいであろう。日本建築学会では当初から、「プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説」の巻末に各工法に関する必要事項を掲載していたのに対して、土木学会では各工法ごとに詳細な設計施工指針を作成してきた。それらの改訂を兼ねて1991年に「プレストレストコンクリート工法設計施工指針」を制定し、共通指針を付すことで全体を一つの基準に統合した。

また、各種の部材や構造の設計に対する必要事項は、一般に各設計基準の中に条項を設けて規定されており、必要に応じて加除が行われている。最近の例では、「道路橋示方書・同解説、Ⅲコンクリート橋編」では1990年の改訂時に「斜張橋」、1996年の改訂時には「プレキャストセグメント橋」の章が追加されている。

その他の設計基準としては、本プレストレストコンクリート技術協会が「PPC構造設計規準(案)」、「外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準(案)」などを制定している。また、新素材の適用に関するものの例としては、土木学会の「連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案)」(1996年)などがある。

6. おわりに

冒頭に述べたように、各機関が制定しているPC設計基準

表-1 土木学会の主なPC設計基準

- プレストレストコンクリート設計施工指針，昭和30年制定，1955.6
- 同上，昭和36年度改訂，1961.8
- プレストレストコンクリート標準示方書，昭和53年制定，1979.1
- コンクリート標準示方書，昭和61年制定，設計編，1986.10
- 同上，平成3年版，設計編，1991.3
- 同上，平成8年制定，設計編，1996.3
- 各工法毎の設計施工指針，コンクリートライブラリー第15号，1966.7，第17号，1967.7，第21号，1968.12，第22号，1968.12，第23号，1969.9，第29号，1970.12，第30号，1971.10，第31号，1972.5，第32号，1972.5，第33号，1972.5，第36号，1974.3，第60号，1986.9
- プレストレストコンクリート工法設計施工指針，コンクリートライブラリー66，1991.3

表-2 日本建築学会の主なPC設計基準

- プレストレストコンクリート設計施工規準(案)，建築雑誌，74-874，1959.10
- プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説，1961.10
- 同上，1975.1
- 同上，1987.1
- 同上，1998.11
- プレストレスト鉄筋コンクリート(Ⅲ種PC)構造設計施工指針・同解説，1986.1

は，形態や内容，経緯や背景などにかかなりの相違があることから，土木学会の基準を中心に述べたため，内容に偏りがあることをお許しいただきたい。なお，土木学会，日本建築学会，道路橋および鉄道構造物における主なPC設計基準を表-1～4に示し補足とする。

最後に，19世紀に考案され，20世紀に実用化され大きく発展したPC技術が，21世紀にますますの発展を遂げること

表-3 PC道路橋の主な設計基準

- プレストレストコンクリート道路橋示方書，日本道路協会，1968
- 道路橋示方書，Ⅰ共通編・Ⅲコンクリート橋編，日本道路協会，1988
- 同上，1990
- 同上，1996
- PRC道路橋設計要領(案)，高速道路調査会，1986
- PRC道路橋設計マニュアル(案)，高速道路技術センター，1993

表-4 PC鉄道構造物の主な設計基準

- プレストレストコンクリート鉄道橋設計施工基準(案)，日本国有鉄道，1965
- 建造物設計標準プレストレストコンクリート鉄道橋，日本国有鉄道，1970，同解説，1974
- 同上，1983
- PRC設計指針(案)，日本国有鉄道，1987
- 鉄道構造物等設計標準・同解説，運輸省鉄道局監修，1992

を祈念して締めくくりとしたい。

参 考 文 献

- 1) DIN 4227, Spannbeton-Richtlinien für Bemessung und Ausführung, Ausgabe Oktober 1953
- 2) 坂，岡田，六車：学会制定のプレストレストコンクリート設計施工指針について，土木学会誌，Vol.41, No.6, 1956
- 3) プレストレストコンクリート技術協会・日本コンクリート会議日本語版(監)：コンクリート構造物設計施工国際指針，CEB・FIP
- 4) 尾坂 訳：終局強度理論によるコンクリート設計施工基準，日本セメント協会，1966

【2000年8月11日受付】