

# プレストレストコンクリート研究裏話

六車 熙\*

## 1. ま え が き

わが国にプレストレストコンクリート(以下、PCと略記)が技術導入されたのは、筆者が大学を卒業する1年前の1952年(昭和27年)である。大学に残された筆者は熟慮のうえPCを研究テーマに選び、恩師の坂 静雄先生(故人)の指導のもとに研究を始めた。こう書けばまことに格好良いが、実状はさにあらず、選んだ理由は別にあった。当時は研究者も数少なく、参考資料もたった2冊の外国専門書 Hoyer: Der Stahlsaitenbeton (1937年)、および Abeles: The Principles and Practice of Prestressed Concrete (1949年)だけ、実験しようにもプレストレス導入用ジャッキさえなかったのである。文献は僅か、実験はなしとくれば、生来、サボリストの筆者には願ってもない話で、即座にPC研究をテーマに選んだ。しかし、その目論見は見事に外れた。旬日を経ずしてセンターホールジャッキが研究室に輸入され、初めて行ったPC梁の実験で、破壊直前まで載荷したひび割れだらけの梁が除荷すると元に完全に復し、ひび割れさえ消えてしまっただけに発生していたのか分からなくなったではないか。これはまさに驚異の構造、これこそ生涯の研究テーマではないかと即座に判断したのである。私事に関する裏話をいきなり書いて申し訳ないが、これが筆者とPCとの出会いであり、以後はすっかりPCの虜になってしまった。必要な材料、実験機器、参考資料もほとんどない状態からの出発であったために、研究には苦勞の絶え間がなかった。それだけに研究にまつわる裏話は多い。ちなみに、「裏話」を辞典で引いてみると「一般には知られていない、うちわの話」とあり、その一部を開陳するのも、搖籃期にあった当時のPC研究の一端を知っていただくのに多少なりとも役立つものと思い、あえて本誌を借りて綴るものである。

## 2. PC鋼棒が消えた 一危険と隣合せの開発研究

いきなり人を驚かすタイトルを記し申し訳ないが、PC技術がわが国に導入された頃の話である。当時のPC鋼材はポストテンション用としてピアノ線が、プレテンション用と

して2本より線が主として使用され、7本よりストランドとPC鋼棒はまだ製造されていなかった。PCは外国で開発された技術であるが、せめてPC鋼材ぐらいは日本独自のものを開発しようではないかという話が日本材料試験協会(現在の日本材料学会の前身)内に設置されていた高張力鋼研究委員会で持ち上がり、1953年8月に委員会内部にPC鋼棒研究小委員会が設置された。対象をPC鋼棒に絞られた理由は、端部定着がねじナットで簡単に行えることから、PCの普及には極めて好都合と考えられたからである。以後、およそ2年間にわたり、海外の文献調査、鋼棒の試作の促進、試作鋼棒によるPC部材の実験を続けたのである。委員の一人に加えられた筆者は、もっぱら海外文献の調査と試作鋼棒によるPC梁の実験係を務める傍ら、これらの研究成果をまとめる目的でPC設計・施工指針の起案を仰せつかった。PC鋼棒が消え失せたのはこのときの話である。

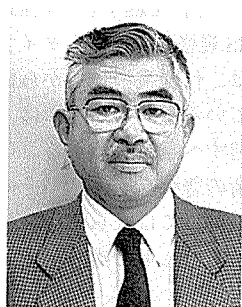
当時のPC鋼棒の品質は、後に日本材料試験協会から出版された「鋼棒使用PC設計施工指針および解説」に次のように規定されていた<sup>1)</sup>。

- (1) 鋼棒直径は12 mm~26 mmとする。
- (2) 鋼棒母体部分の機械的性質の保証値は次の値未満であってはならない。

引張強度	80 kg/mm <sup>2</sup> (785MPa)
0.2%永久伸び応力	60 kg/mm <sup>2</sup> (590MPa)
0.02%永久伸び応力	50 kg/mm <sup>2</sup> (490MPa)
伸び(測定長8d)	5%

引張強度が現行JIS規格のSBPR 785/1 080鋼棒よりも1グレード低いものであった。しかし、開発研究では引張強度が110 kg/mm<sup>2</sup> (1 080MPa、現SBPR 930/1 080鋼棒相当品)まで試作されていた。

事件は、PC鋼棒の性能確認のためのポストテンション梁の曲げ試験を行うべく、コンクリートの打設、養生を行い、プレストレス導入、グラウトを行って供試梁を作成し終わったときに発生したのである。やっと作業が終わり、手伝いの技術職員、学生等と昼食に出かけ、実験室に帰ってきて供試梁を見ると、大切なPC鋼棒が供試梁から抜き取られ、消え失せている(?)ではないか。一瞬盗難にあったかと思った。当時はスクラップ鉄材の売り値が高く、僅かなスクラップの売却で飲めた時代であったから、そう思うのも不思議ではない。事実はさにあらず、PC鋼棒が定着端ねじ転造部の首下約50mmの母材部で破断してすっ飛び、広い実験室の片隅の鉄筋コンクリート壁に当たって落ちていた。緊張作業中でなく、また、昼食で不在中の出来事であったのが幸いであった。ちなみに、長さの短いねじ転造部分の破断片はナットとともにどこに飛んだのか分からずじまいであった。



\* Hiroshi MUGURUMA

本協会名誉会員  
京都大学名誉教授

飛んだ鋼棒は直ちにメーカーに送り、調査してもらった結果、傷があったとのことであった。当時は鋼棒に限らずストランドでも製造時の素材そのものに傷がよくあったようで、その後も導入完了1~2時間後の破断事故が実験室で何度も発生し、そのたびにぞっとする思いを経験したのである。命がけの研究であったと言えよう。今にして思えば、怪我人一人も出さずにすんだことはまことに幸いであった。この事件後、筆者の研究室では不測の事態を避けるために、PC供試体の製造中も実験中も定着端にドンゴロス（麻袋）を何枚も重ねた緩衝カバーをかけ、かつ材軸方向には絶対に人が立ち入らないよう、徹底した安全管理を行った。今日では製造技術も進み、鋼材の品質も当時とは比べ物にならないほど良質になって、緊張作業中または緊張後のPC鋼材の破断事故は極めてまれと聞いている。それでも危険と隣合せの作業であることには変わらない。安全管理には常に特段の注意を払っていただきたいと願うものである。

### 3. 赤本の話 — 架空の高強度PC鋼棒を規定化

またまた読者を驚かすタイトルで申し訳ない。筆者のPC研究の思い出を語るとき、「赤本」の話をしないわけにはいかない。もともと、赤本とは江戸時代の草双紙のことで、お伽噺を題材とした子供向き絵双紙であった。赤表紙を用いたことからこう呼ばれたのであろう。後に俗受けをねらった低級な本も赤表紙で出版されたことから、後世赤本と言えば低俗本の代名詞になったようである。ここに言う「赤本」とは、前項に述べたPC鋼棒開発と併せて作成された「鋼棒使用PC設計施工指針および解説」のことで、江戸時代の低俗本とは似ても似つかぬお堅い本である。PC鋼棒研究小委員会での2年間にわたる研究成果をまとめてPCの発展・普及に役立てることを目的に起案され、小委員会での審議を経た後、1956年5月に指針案として発表された。その後、小委員会は発展的に解消され、指針案の肉付け（解説の作成）作業は新たに設置されたPC構造研究委員会に引き継がれ、1958年6月に指針および解説としてようやく出版されたのである。そのときの表紙が、写真-1のやや橙色のかかった赤色であったことから、誰言うとなく「赤本」と呼ばれるようになったのである。

指針および解説をまとめる過程で筆者にとってとくに忘れ難い思い出が2つある。PC鋼棒の強度種別を4種類としたこと、および終局強度型耐震設計法を定めたことである。後者については次項で述べることとし、本項では前者の顛末について述べる。「赤本」の第6章PC鋼棒の本文解説には、鋼棒を鋼棒製造方法によって圧延、熱処理、および引抜き鋼棒の3つに分類し、それぞれ4段階の強度種別の品質保証値が示されている。表-1は一例として熱処理鋼棒の品質保証値を示したものである。表中の3種および4種鋼棒は現行JIS規格のSBPR930/1080およびSBPR1080/1230と同等品である。しかし、開発当時は3種鋼棒がやっと試作されたばかりで、4種鋼棒は開発の可能性すら見出せない状況であった。換言すれば、架空の鋼棒であったのである。このようなものを品質保証表に明記するなどは、およそ科学者

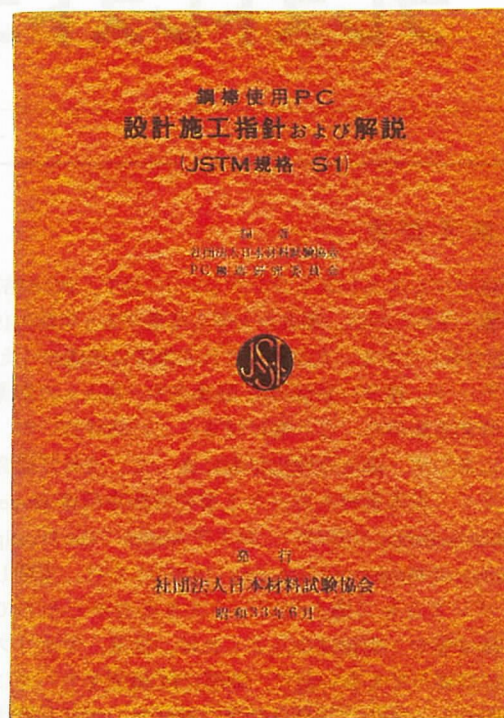


写真-1 日本材料試験協会編「鋼棒使用PC設計施工指針および解説」の表紙

表-1 赤本解説に記載のPC鋼棒品質保証値

種 別	抗張力 (kg/mm <sup>2</sup> )	降伏点 (0.2%永久伸び) (kg/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)
1 種	80以上 (785以上)	65以上 (635以上)	5 以上
2 種	95以上 (930以上)	80以上 (785以上)	5 以上
3 種	110以上 (1080以上)	95以上 (930以上)	5 以上
4 種	125以上 (1225以上)	110以上 (1080以上)	5 以上

注) カッコ内数値 SI 単位換算値 (単位: MPa)  
伸び測定標点間距離は鋼棒公称径の 8 倍

の行うべきことではなく、今日ならば叱責されて然るべき行為である。まして、2種または3種鋼棒でも前項に述べたようにプレストレス導入直後に突然破断するなど、決して品質の優れたものが製品化されていたわけではない。ずいぶん無茶な話である。それにもかかわらずできていないものをあえて記載したのは、基規準によって数値を縛ってしまっただけで開発の自由性を阻害するのではなく、目標を示すことによって開発研究を促進しようとの意図によるものであった。この目論見は見事に当たり、旬日を経ずして4種鋼棒の試作に成功し、今日のPC鋼棒JIS規格品のプロトタイプがすべて出揃ったのである。昨今は、仕様書型規定から性能評価型規定へと変貌しようとしているが、この動きは、上記の経験をもつ筆者にとって歓迎すべきものである。これからの基規準は、新材料、新技術の普及を阻害し、その積重ねが研究開発意欲を削ぐものであってはならず、これを促進するいわゆる向上規準であってほしいと痛感している。

#### 4. PCの耐震設計をいかにするか —終局強度型耐震設計法の提案

少しまともな話を記そう。前項で述べた「鋼棒使用PC設計施工指針および解説」、すなわち「赤本」は、耐震国におけるPCはいかにあるべきかとの視点からまとめられたものであるから、鋼棒以外の鋼材を使用するPCにも当然適用して差し支えないものである。指針本文は52条からなっているが、最も苦労したのは耐震設計をいかにするかであった。当時のコンクリート系構造物の耐震設計は、わが国はもちろん、世界の地震国においても許容応力度に基づく弾性設計が主流であった。しかし、筆者は、破壊的エネルギーをもつ大地震に対して、構造物が崩壊しないことを保証する設計法を採用すべきであり、具体的には終局強度設計によるのが妥当と考えていた。そのための問題の一つに、地震力の大きさをいかに決めるかがあった。地震工学が今日ほど進んでいれば、構造物建設地点での再現周期が200年（または400年）の地震を対象とし、地震発生頻度および地盤条件を考慮して定めるといった格好の良い話ができるが、当時はそう簡単にはいかない。設計用地震力は水平震度0.2と規定され、かつ構造物の設計には弾性設計法が使用されていたことから、これを変えることは困難であった。そのため、水平震度0.2の設計用地震力をそのままにして、これと等価な終局強度設計法を案出せざるを得なかった。そこで考え出したのがPC部材の曲げ破壊に至るまでの力学的特性を勘案して曲げ破壊安全度を決め、それを満足する終局曲げ強度をもつように部材を設計する方法である。すなわち、「赤本」の第50条破壊安全率の項には、次のように規定されたのである。

- (1) 破壊曲げモーメントの第1種設計荷重による曲げモーメントに対する比は2以上でなければならない。
- (2) 曲げ破壊モーメントがき裂つモーメントに対する比は1.4以上でなければならない。
- (3) 曲げ破壊モーメントが第1種・第2種合併荷重による曲げモーメントに対する比は1.2以上でなければならない。

ここに、第1種設計荷重とは設計用長期荷重、第1種・第2種合併荷重とは設計用短期荷重のことである。上記の条文のうちとくに耐震設計と深く関係するのは(3)である。安全率1.2という値は、PC部材には高度の弾性的性質と復元性があり、復元性が十分期待できる限界までの荷重が設計用短期荷重（水平震度0.2に対する地震時設計荷重）を上回らない条件から決められたものである。図-1はその説明図で、全長2450mm、断面寸法200mm×200mm、2-φ16mm第3種PC鋼棒（現行JIS SBPR 930/1 080PC鋼棒相当品）を梁中央断面偏心距離40mm、両端支点断面偏心距離0mmの放物線配置したポストテンションPC梁について、支点間距離2250mm、中央曲げスパン750mmの3分点静的片振り載荷試験を行い、得られたたわみ測定結果から、除荷開始荷重 $L_2$ と長期設計荷重まで除荷時の残留たわみ $\delta_D$ または全荷重除荷後の残留たわみ $\delta_0$ との関係を画いたものである。 $L_1$ は曲げ破壊荷重、 $\delta_{\max}$ は曲げ破壊時たわみである。同図から

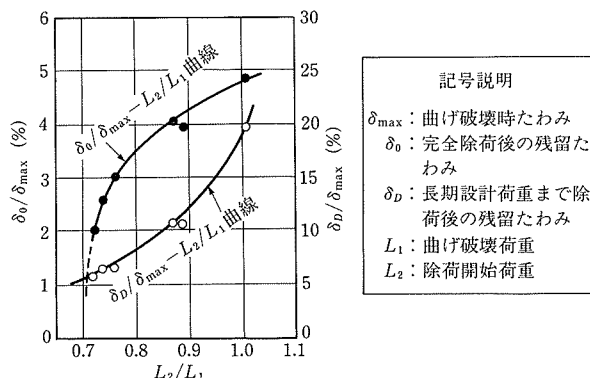


図-1 過大荷重を受けたPC梁の除荷後の残留ひずみ実測結果例

明らかなように $L_2/L_1 \leq 0.7$ であれば完全除荷後の残留たわみはほぼ0である。また、 $L_2/L_1 = 0.8 \sim 0.9$ であっても $\delta_0/\delta_{\max} \leq 5\%$ 、 $\delta_D/\delta_{\max} \leq 12\%$ である。そこで、設計用短期荷重の大きさを

$$L_2 = (G + P + K) = (0.8 \sim 0.9) L_1 \approx 0.85 L_1 \dots \dots \dots (1)$$

$G$ : 固定荷重,  $P$ : 積載荷重

$K$ : 地震荷重(ただし、水平震度0.2)

とすることを条件に、要求曲げ破壊荷重 $L_1$ を次式のように割り出したのである。

$$L_1 = L_2 / 0.85 = (G + P + K) / 0.85 \approx 1.2 (G + P + K) \dots \dots \dots (2)$$

その後、(2)式は1961年制定の日本建築学会「PC設計施工規準」にそのまま受け継がれ、種々の検討を加えた後に次式で示される破壊に対して考慮すべき応力の組合せ（荷重係数）となって、今日まで継承されている。

$$L_1 = 1.2 (G + P + K) = 1.2 (G + P) + 1.2 K \\ = G + P + 0.2 (G + P) + 1.2 K \approx G + P + 1.5 K \dots \dots \dots (3)$$

すなわち、終局強度設計法とはいえ、地震力は従来の弾性設計における値の1.5倍、すなわち0.3の水平震度となっているのである。結果論ではあるが、新耐震設計法における2次設計用地震力のベースシヤ係数最少規定値0.3と同じ値であったことは、当時、予想だになかったことである。これが幸いしてか、1995年兵庫県南部地震では、激震地帯およびその周辺にあったPC建築物は、調査対象建物300棟中、大破5棟、中破1棟、小破7棟に留まり、しかもPC部材が大破したものはこのうちの2棟だけという、他に類例を見ない極めて僅かな被害率であった<sup>2)</sup>。復元性の極めて良い構造であること、終局強度設計法の採用、および結果論ではあるが水平震度が弾性設計におけるその1.5倍の0.3を採用したことの賜と自負している。

#### 5. 私の言うことが法律だ —建築基準法との戦い

日本建築学会では、1958年頃、鉄筋コンクリート構造分科会内にPC構造小委員会を設置し、「赤本」をもとにこれをさらに肉付けする形でPC設計施工規準の検討が行われ、1959年には基準案を発表して各方面の意見を聴取するとともに、さらに約2年をかけて条文の解説をまとめ、1961年に日本建築学会「PC設計施工規準・同解説」として発刊された<sup>3)</sup>。

その審議の過程で問題になったのは建築基準法との絡みであった。わが国には建築基準法、およびこれを補完する



施行令、告示という厄介なものがあり、建築の実務ではこれを守らなければ（というよりは規定どおりに行わなければ）原則として建築確認を得られない状況にあった。もちろん、新技術、新材料については、それがどのようなものであれ内容に応じて使用認可をとらなければならず、それには相当の費用と時間がかかるのが通常であった。そのため、せっかくの開発がお蔵入りとなる場合も多かったのである。PC建築においても、搖籃期には、せっかくPCで設計された建物がやむなく設計変更せざるを得なくなった例もいくつかあった。したがって、日本建築学会がいくら規準を整備しても、法的根拠なしには宝の持ち腐れになるのである。

このような背景から、当時のPC構造推進に携わった人々は、とりあえずPC建築構造物に対する告示を制定するよう関係筋に働きかけたのである。その結果、日本建築学会PC構造小委員会が当時策定中の「PC構造設計施工規準(案)」を土台にして告示案が策定され、1960年2月に建設省告示第223号として制定された。しかし、告示案の審議過程で(3)式の荷重係数を用いた終局強度型設計法については了解が得られず、最後まで論議がもつれたのである。すなわち、当時、他の種別の構造物の耐震設計はすべて弾性設計法によっているので、終局強度設計は許されない、弾性設計法によるべきだという明確な理由づけのない反対意見なのである。終局強度設計を強く推奨していた筆者は、終局強度に基づく耐震設計こそ地震に対する構造物の安全性を直接評価できる点で極めて妥当な方法であることを力説し、理解を求めたが埒があかなかった。前例のない設計法は採用できないとまで言われ、ついに堪忍袋の緒が切れたのである。あなた方はPCがどのような特性をもっているのかご存知なのか、終局強度設計法は構造物や部材の真の破壊強度を直接評価して設計する方法であるので、諸外国では、地震国はもとより、地震のない国までが、PCのみならず他の種別の構造についても終局強度設計を採用しようと研究を進めている現状をどのように考えるのか、初めて実施しようとする前に前例などあるわけがない等々、過激な発言を行ってしまったのである。そして清水の舞台から飛び降りる思いで、真摯に研究している者の意見が法律だと言い放ったのである。審議の場はたちまち騒然となったが、それまで発言のなかった心ある方々の援護射撃もあり、日本建築学会「PC構造設計施工規準(案)」の終局強度に基づく耐震設計法に関する条項がそのまま告示に盛り込まれるに至ったのである。かくて、設計施工規準そのものも学会内部における反対意見を抑えて建設省告示制定の翌年に出版の運びとなり、建築物にもPCが一般的に使用できる道が開かれたのである。

以後、建築分野でのPCの普及は順調に進むかと思っていたが、告示第223号には16m以下という建築物高さ制限が設けられていたこと、RCと較べてやや高価につくことなどから、必ずしもそうとは言えない状況のまま今日に至っている。長大スパン構造に適する構造であること、高強度コンクリートの使用とプレストレス導入による常時使用状態でのひび割れ皆無またはひび割れ幅積極制御により著しく優

れた耐久性が期待できること、プレストレス導入によって部材接合部の一体性が保証できる点で組立て構造に最適の構造であること、高度の復元性があるので大地震を受けた後の残留変形が著しく小さいことなど、RC構造と比較して数々の長所がある構造であるだけに残念でならない。近年は高さ制限もなくなり、1981年の新耐震設計法の施行によって保有水平耐力設計法が定着し、PCにおける終局強度設計法についてもアレルギーはなくなったと考えている。ただ、建築分野ではPC構造の講義が行われている教育機関は極めて少なく、より一層の発展を願うためには、PC技術協会が中心となって、社会に巣立った若い建築技術者に対するPCの手ほどき講習(社会人教育)を根気よく実施するなどの強力な施策が必要と痛感している。

## 6. ポケットの中にくさび —ストランドというPC鋼材があるそうだが？

1957年にサンフランシスコで開催された世界PC会議の折の話である。筆者は恩師の坂 静雄先生の抱持ちでこの会議に出席する機会を与えられた。当時は外国旅行、外貨換金が厳しく制限されていた時代で、自由に国外に出ることもままならなかった。当時としては破格の1日12ドルの旅行費用と航空券とを文部省から支給され、プロペラ機に揺られること30時間、無事サンフランシスコに到着したのである。会議は3日間、英語での研究発表をたっぷり聞かされたが、筆者の語学力では何を言っているのかさっぱり分からず、スライドに映し出された図表から内容を計り知るのが精一杯であった。会議終了の翌日には現場見学が行われ、いくつかのPC建物と2カ所のプレキャスト工場を見て回った。工場では、長さ200mにも及ぶ長いプレテンベッドで盛んにDTスラブを製作していた。最も長スパンのDTスラブは24mもあり、トレーラーに積み込んで出荷する場面も見学することができた。DTスラブを見たのも、プレテンション鋼材として7本よりストランドが使用されているのを見たのも初めてである。とくに長スパンDTスラブではデフレクターを用いてストランドを折線状に配置しているのには驚いた。当時のわが国ではストランドは使用されておらず、筆者はストランドという呼び名さえ知らなかったのである。これは良い土産ができたと思いきや、DTスラブの寸法、ストランドのサイズ、定着くさびなどの話を苦勞して聞き出し、人目のないのを幸いにくさび定着具1セットをポケットに頂戴(実は失敬)して工場を辞したのである。その後、カリフォルニア工科大学、ワシントン大学など西海岸の有名大学を訪問した後、くさび定着具1セットとともに1ヵ月間の旅を終えて帰国したのである。

話は帰国して直後に開催された日本材料試験協会PC構造研究小委員会のことである。筆者は国際会議出席報告を行い、DTスラブのこと、プレストレス導入にはわが国ではお目にかかったこともない7本よりストランドという太径の新しいPC鋼材を使用していたことなどを紹介した後、折から出席していた鋼材メーカー各社にストランドというPC鋼材をご存知かと尋ねたのである。返ってきたのは、日本でも製造しアメリカにも輸出していますよとの返事であった。

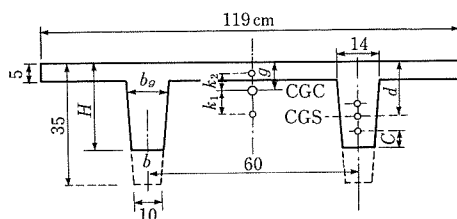
日本ではPC部材製造にまだ使用されていなかったとはいえず、質問した筆者はこの返事に口あんぐり、自らの不明を悟ったのである。まことに赤面の至りであった。

わが国でも7本よりストランドが製造されていることを知った恩師坂 静雄先生は、アメリカのDTスラブをわが国でも規格化して普及させるべく、規格断面諸元および荷重表の計算を筆者に指示された。これらは後にPC技術協会規格(1959年)となり、JIS規格化の基となったのである。当時の記録を遺すために、以下に付録としてその全文を挙げてあるので参照されたい。ちなみに、わが国でのストランドの使用が始まったのは、サンフランシスコ国際会議の翌年の1985年のことである。

DTスラブの製造で問題となるのはプレテンベッドにおけるストランドのくさび定着である。筆者はくさびの専門家ではないので詳しいことは知らないが、くさびそのものの

材質や形状、寸法を的確に決めることは容易ではなく、なかなか思うようなものができなかったと記憶している。そこで登場したのが筆者のアメリカ土産のたった1セットのくさび定着具である。何かの参考になればとこれを鋼材メーカー各社に披瀝し、研究に必要なならば壊そうが削ろうが勝手にしていただいて結構と申し上げて持ち帰ってもらったのである。その後、このくさびがどのような運命を辿ったのかは定かではなく、ついに筆者の手元に返ってこなかった。後日の話では、すっかり形がなくなるまで分解調査し、たいへん参考になったとのことであった。アメリカ渡航記念のつもりで持ち帰った1セットのくさび定着具が、思わぬところで役に立ったのである。DTスラブを知り、ストランドを知り、持ち帰ったくさびが大いに役立ったことなど、筆者にとっては見聞を広めることがいかに大切かを身をもって知ることでできた初めての海外旅行であった。

【付 録】ダブルT (DT) スラブの諸表 (プレストレストコンクリート技術協会規格断面)



#### DT断面の性質

H (cm)	b (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	W (kg/m)	g (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	S <sub>1</sub> (cm <sup>3</sup> )	S <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> )	k <sub>1</sub> (cm)	k <sub>2</sub> (cm)	G/2bgI (cm <sup>-2</sup> )
35	10.00	1 315	316	11.62	145 330	12 510	6 220	9.50	4.73	0.00158
30	10.67	1 212	291	9.85	96 290	9 770	4 780	8.05	3.94	0.00182
25	11.33	1 102	265	8.09	58 440	7 220	3 460	6.56	3.14	0.00224
20	12.00	985	236	6.38	31 200	4 890	2 290	4.96	2.32	0.00275

#### DTスラブの荷重表

導入直後のプレストレス力は破断強度の65% (ストランド1本につきφ9.3mmでは5.915t、φ10.8mmでは8.05t)、長期有効率は0.8とする。ストランド配置間隔は4cm、ただしデフレクテッドストランドの中央部では2cmとする。最下段ストランドのカバーは5~6cmとする。

##### (A) 平行ストランドの場合 φ9.3mm, C=5cm

H (cm)	d (cm)	n	M (kg・m)	DTの荷重 (自重+その他のDL+LL) kg/m							
				l=5m	l=6m	l=7m	l=8m	l=9m	l=10m	l=11m	l=12m
35	22	5	7 150				1 168	893	706	572	473
	24	4	6 480				1 058	810	640	518	428
	26	3	5 430		1 210	888	680	537	435	359	
	28	2	4 000	1 285	889	653	500	395	320		
30	19	4	4 960	1 590	1 100	810	620	490	397	328	
	21	3	4 280	1 380	952	700	536	424	343		
	23	2	3 230	1 040	720	529	405	320			
25	14	4	3 430	1 100	762	560	429	339	275		
	16	3	3 140	1 000	696	512	392	310			
	18	2	2 475	790	550	404	310				(自重以下)
20	11	3	1 970	630	437	322	246				
	13	2	1 695	542	376	277					

##### (B) デフレクテッドストランドの場合 φ9.3mm, C=5cm, DT35では C=6cm

H (cm)	d (cm)	n	M (kg・m)	DTの荷重 (自重+その他のDL+LL) kg/m							
				l=5m	l=6m	l=7m	l=8m	l=9m	l=10m	l=11m	l=12m
35	25	5'	8 570	×	×	1 400	1 070	846	685	566	477
	26	4'	7 240			1 183	906	716	580	479	403
	27	3'	5 700			1 268	930	713	563	456	376
30	22	4'	6 090		1 352	995	761	601	487	402	338
	23	3'	4 850	1 550	1 078	792	606	479	388	321	
	24	2'	3 420	1 135	789	580	444	351			
	17	4'	4 560	1 460	1 013	745	570	451	365	302	
25	18	3'	3 710	1 190	825	607	464	367	297		
	19	2'	2 660	852	592	435	333				
	13	3'	2 540	812	564	415	317				(自重以下)
20	14	2'	1 880	600	417	307					

##### (C) φ10.8mmストランド使用のとき

MおよびDTの荷重を1.36倍する。ただし、×印のところは導入プレストレスの緑応力が制限を超過するから使用しない。

##### 1- 説明

- H 全 高
- b ステム下幅
- A 断面面積
- W 1m当り重量
- g 上辺からコンクリート重心までの距離
- I 重心軸に対する断面の2次モーメント
- S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> 断面係数 S<sub>1</sub>が上辺応力用
- k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> 核半径
- G/2bgI この値にせん断力を乗ずると重心軸のせん断応力がえられる
- C 下辺から最下段緊張材重心までの距離
- d 上辺から緊張材重心までの距離
- n 片側STEMのストランド数
- M 下側に引張応力を生じない範囲で耐えうる曲げモーメント
- l 張 間

##### 2- 設計に使用する例

- 張間 l=8m 仕上げ固定荷重 80 kg/m<sup>2</sup>
- 積載荷重(事務室床) 300 kg/m<sup>2</sup>
- 合 計 380 kg/m<sup>2</sup>
- DT1本当り 380×1.2=456 kg/m
- DT自重 DT35との合計 772 kg/m
- DT30 747 kg/m

l=8mと、この荷重に対し適当なDTを表から決める。

(A)から 平行ストランドDT35-4φ9.3

(B)から 曲げ下げストランドDT30-4'φ9.3

(C)から φ10.8mmストランドを使用するときは換算荷重 w'=747÷1.36=550 kg/mに対し、(A)からDT30-3φ10.8でほぼよい。または(B)からDT25-4'φ10.8

##### 3- ダブルTの表示

DTX-nφY-dZ

- X 全高 (cm)
- n 片側ストランド数、曲げ下げの場合はn'とする。
- Y ストランド直径(mm)または呼称
- Z 上辺から緊張材重心までの距離(cm)、(A)、(B)規格によるときはdZは省略してよい。

## 7. PCほど興味をそそる構造はない — 結言に代えて

ここに披瀝した筆者のPC研究裏話は、あまり人に語ることもなく今日まで秘めてきた駆け出し時代のつたない経験のほんの一部である。拙文で恥じ入るばかりであるが、笑って呼んでいただければ身に余る光栄である。あれから40余年、地震国でのアンボンド工法の耐震安全性に関する8年間に及ぶ論争、PPC構造の開発普及、高強度コンクリートにおける高性能減水剤やシリカフュームなどの混和剤(材)の使用、横拘束コンクリートの開発、わが国ではいまだ実現していないがコンクリート系構造としてのPC-PPC-RCの統一的取扱い問題など、まだまだ書きたい話は多くある。その中であって一言述べておきたいことは、コンクリートに導入するプレストレスの役割が、開発当初のコンクリートの引張抵抗力の増大に留まらず、今やコンクリート系構造物におけるより経済的または力学的により合理性

を追求するためのツールとなりつつあるということである。換言すれば、プレストレス導入理念はどんどん拡大し、変遷しているのである。詳細は文献<sup>4)</sup>を参照いただくとして、考えれば考えるほど興味ある使い方や新しい構造が生まれる可能性を秘めた技術と言えよう。来るべき21世紀を目前に、世界は更なる飛躍を図るべく新材料、新技術の開発に拍車をかけている。わが国のPCも既往の概念に囚われることなく、地震国にふさわしい新材料、新技術の開発がますます盛んとなることを期待して止まない。

### 参 考 文 献

- 1) 日本材料試験協会 編：鋼棒使用PC設計施工指針および解説(JSMS規格 S-1)，1958.6
- 2) 日本建築学会 編：阪神・淡路大震災調査報告，建築編-2，プレストレストコンクリート造建築物，pp.1～92，1998.8
- 3) 日本建築学会 編：PC構造設計施工規準・同解説(初版本)，1961.10
- 4) 六車：プレストレス導入理念の拡大と応用，PC技術協会第20回技術講習会「PC技術の役割と発展」テキスト，pp.15～25，1992.2

【1999年12月3日受付】

### ◀ 刊行物案内 ▶

## プレストレストコンクリート橋脚の 耐震設計ガイドライン

(平成11年11月)

頒布価格：3 000円(送料500円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会