

ループ継手を有するプレキャスト床版の間詰め部に用いる膨張コンクリート

辻 幸和*

1. はじめに

橋梁の建造において、労働環境の改善や安全性の向上、工期の短縮、品質の保証などの観点により、工場で製作されたプレキャスト床版を採用する例が増えつつある。プレキャスト床版は、現場作業の軽減のほか、型枠の設置・解体時における安全性の確保などの観点からも期待されているのである。

本文では、ループ継手を有するプレキャスト床版における橋軸方向の間詰め部に用いるコンクリートについて、まずコンクリートの品質や打継目部に発生しやすいひび割れに着目して行った実験結果を報告する。その後、継手部が十分な機能を発揮させるためには、間詰め部に用いる膨張コンクリートの品質とループ筋の拘束性状に視点を置いた研究開発の重要性を指摘する。

2. ループ継手を有するプレキャスト床版

プレキャスト床版には、橋軸直角方向にプレストレスを導入するPC床版と導入しないRC床版に大別される。いずれのプレキャスト床版においても、現在一般に採用されているものは、写真-1に示すように橋軸方向の継手部にループ筋を用いていることと、間詰めコンクリートの型枠を兼ねてアゴ部を有している点が、大きな特徴である。

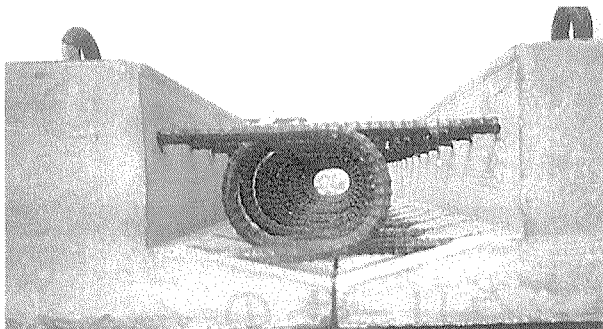


写真-1 ループ継手

継手部の力学的性状に及ぼす間詰め部の形状寸法、ループ筋などの配置方法等の影響については、これまでに多くの研究成果が報告されている。しかしながら、このような継手部の性状を間詰め部に用いる膨張コンクリートの品質とループ筋等による膨張の拘束性状に関連させて検討した報告は、ほとんどなされていない¹⁾。

3. 間詰めコンクリートに関する実験の目的

現在一般的に用いられているようなループ継手が本格的に採用されたのは、日本道路公団の上信越自動車道八木沢高架橋と考えられる²⁾。RCの床版であったが、その設計当時、RCプレキャスト床版そのものの施工実績は極めて少なく、継手強度、コンクリートの品質などについて事前の確認実験が必要となった。すなわち、八木沢高架橋では、工場製作された約120枚のRCプレキャスト床版が、現場において後打ちされる橋軸方向の間詰めコンクリートを介して一体となるため、コンクリートの種類、継手部の状態が完成時の高架橋の品質を大きく左右することになった。

4. 間詰めコンクリートの実験概要

そのため、間詰めコンクリートの充填性および一体性に着目した実験を行った。図-1に、実験項目を示す。

実験には、本工事に用いる図-2に示すループ状の継手を有し、アゴ部が形成されているRCプレキャスト床版を採用した。試験体は、幅が2005mm、長さが925mm、厚さが230mmの床版パネルを2枚1組として作製し、中間に図-2に示した間詰め部を設けた。なお、継手部の耐力

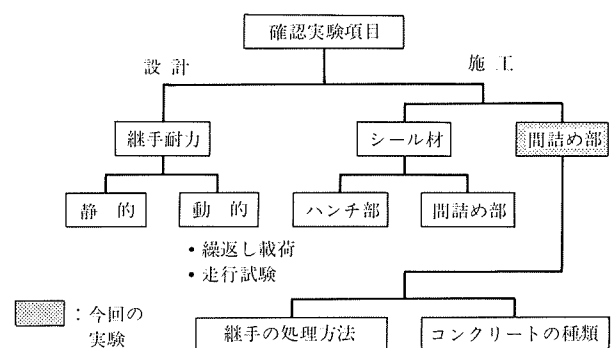


図-1 実験項目

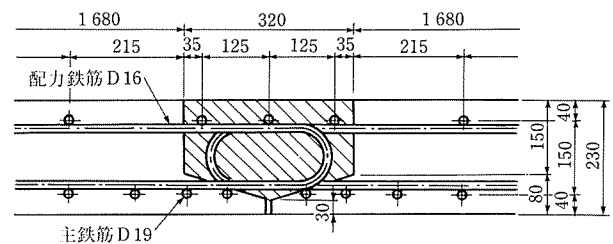


図-2 床版の形状寸法図

* Yukikazu TSUJI : 群馬大学 工学部 建設工学科 教授

については、図 - 1 に示したように、これとは別に行った実験によって確認した。

実験は、間詰めコンクリートの種類および打継目の処理方法の違いが、ひび割れの発生にどのように影響するかを検討するために、表 - 1 に示す 3 種類について行った。試験体の配筋は実際の床版と同様とし、間詰めコンクリートの打込みは、床版の試験体の製作後 14 日後に行った。また、現場での施工順序を考慮して、試験体を H 形鋼のフレームで拘束した後に間詰めコンクリートを打ち込んだ。なお、打継目の目荒しは、パネル作製時の型枠に遅延剤を塗布し、脱型後に水で洗い流して形成した。

表 - 1 試験体の種類

| 供試体 No. | 床版パネル コンクリート | 間詰め部 コンクリート | 打継目の 処理方法 | 試験 材 齢 |
|---------|-----------------|----------------|--------------|-------------|
| 1 | 早 強 コンクリート | 膨 張 コンクリート | 目 荒 し あ | 91 日 1 年 |
| 2 | | | 目 荒 し な | 91 日 1 年 |
| 3 | | 早 強 コンクリート | 目 荒 し あ | 91 日 1 年 |

曲げ強度試験の材齢は 91 日を基本とし、1 年経過後にも、ひび割れの観察と曲げ強度試験を行った。また、曲げ強度試験については、実橋における負の曲げモーメントを受けるアゴ部を上側にした状態と正の曲げモーメントを受けるアゴ部を下側にした状態で、それぞれ行った。

4.1 間詰め部のループ筋の引張ひずみ

間詰め部のループ筋では、写真 - 2 のように貼付したワイヤストレインゲージにより、膨張コンクリートの膨張を拘束して生じる引張ひずみを測定した。その例を、図 - 3 に示す。プレキャスト床版端面から 15 cm の位置においては、約 200 μ の引張ひずみが生じている。この引張ひずみは、拘束鋼材比が 1 % の B 法拘束器具で測定した膨張ひずみの 323 μ に対して、膨張コンクリートが拘束鋼材に対してなす仕事量が拘束の程度に関わらず一定であるとの仮説⁹⁾を採用すると 275 μ となり、約 75 % に相当する。

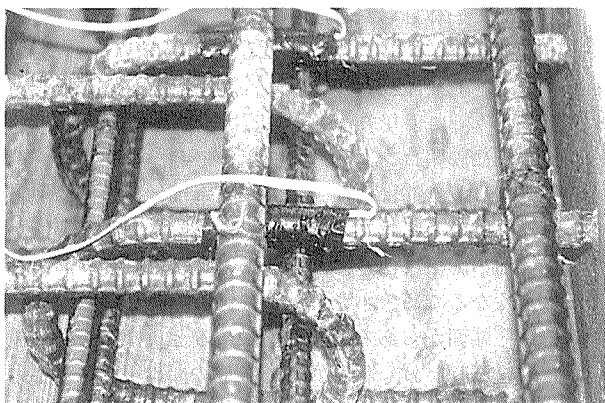


写真 - 2 鉄筋ひずみの測定

ワイヤストレインゲージを貼付した先端のループ筋の付着力により、膨張コンクリートの橋軸方向膨張量を拘束した結果生じた引張ひずみである。ゲージの位置からプレキ

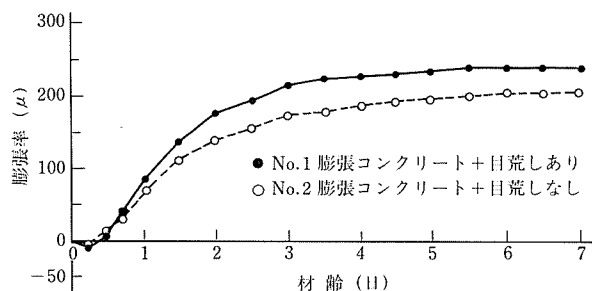


図 - 3 ループ継手鉄筋の引張ひずみ (膨張率)

ヤスト床版端面まではまだ 15 cm あり、この間の付着力によっても膨張量は拘束されるため、端面においては 100 % の 275 μ の引張ひずみがループ筋には生じていたと推測したのである。すなわち、膨張コンクリートの膨張エネルギーをループ筋と橋軸直角方向に配置した主鉄筋により有効に拘束できたために、プレキャスト床版と間詰めコンクリートとの打継ぎ面においてはケミカルプレストレスが、ループ筋にはケミカルプレストレインがそれぞれ有効に導入され、打継目の一体性が確保されたのである。

4.2 ひび割れの観察

間詰めコンクリートのひび割れの長さと幅を、コンクリートの打込み後 91 日間にわたり観察した。床版パネルと間詰めコンクリートとの打継目では、間詰め部に膨張コンクリートを用いた試験体 No. 1 および No. 2 においては、材齢 91 日までひび割れの発生を認められなかった。これに対して試験体 No. 3 においては、間詰め部の早強コンクリートが収縮して材齢 56 日でひび割れの発生が認められた。その後、材齢 91 日までに図 - 4 に示すように、打継目の両端に幅が 0.04~0.06 mm、長さが 3~4 mm のひび割れの発生が認められた。

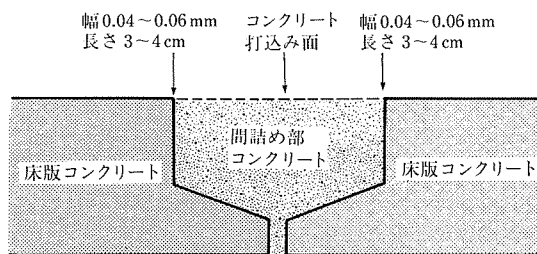


図 - 4 打継ぎ部のひび割れ (材齢 91 日における早強コンクリートのひび割れ)

4.3 加圧漏水

間詰めコンクリートとプレキャスト床版の打継目において、間詰めコンクリートの材齢が 90 日の時点で、写真 - 3 に示す加圧漏水試験を行った。実験は、コンプレッサー、水量測定シリンダー、圧力室から構成される装置により、6 時間連続して水圧 0.3 MPa で打継部を加圧するもので、時間ごとの圧入水量を測定した。また、間詰め部の打継目の無い個所でも測定を行い、各試験体との相違を比較した。

加圧漏水実験の結果を図 - 5 に示す。試験体 No. 1 と No. 2 では、同じような傾きで時間ごとの圧入水量が増加し、6 時間経過時の累積の圧入水量はそれぞれ 66 cc と 74 cc とな

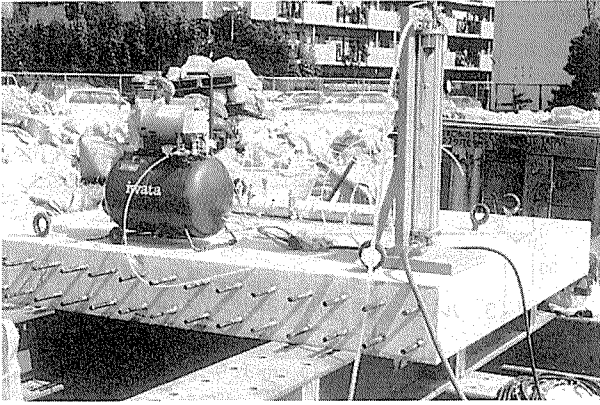


写真-3 加圧漏水実験

った。これらの値は、打継目の無い個所での圧入水量 56 cc と大きな差は認められなかった。

試験体 No.3 の圧入水量は、最初の 1 時間で 110 cc となり、以後時間とともに増加を続け、6 時間後の累積圧入水量は 308 cc と、No.1 と No.2 の 4.2~4.7 倍を示した。これより、間詰めコンクリートの種類の相違が及ぼす影響は顕著であり、膨張コンクリートの優位性が、前述したひび割れの発生状況からとともに、確認された。なお、膨張コンクリートを用いた場合における目荒しの有無の違いによる差は、加圧漏水実験ではほとんど認められなかった。

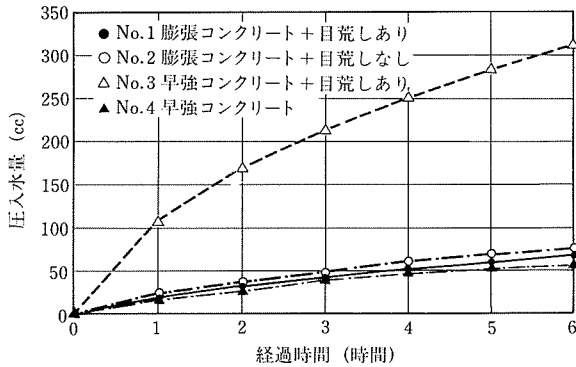


図-5 加圧漏水実験の結果

4.4 曲げひび割れ性状

加圧漏水実験の後、試験体より橋軸方向に切り出した梁により曲げ強度試験を行った。また、大気中で暴露の影響を知るために、間詰めコンクリートの材齢 1 年において、同様な試験を行った。試験は、間詰めアゴ部を上側にして 2 点载荷にて行った。なお、材齢 1 年ではアゴ部を下側にした梁についても行った。

図-6 には、試験体 No.1 の曲げ強度実験後のひび割れ図を示す。(a) では、材齢 91 日における負の曲げモーメントを受けてひび割れが進展した様子を示し、(b) では材齢 1 年における負の曲げモーメント（アゴ部が上側）、および正の曲げモーメントを受ける状態でのひび割れ図を示している。材齢 1 年では、斜めひび割れが少し顕著に認められた。

ひび割れは、打継目の鉛直部より発生した。その時の発生荷重は、材齢 91 日、1 年とも 30 kN であった。なお、材

齢 1 年まで放置した影響はほとんど認められなかった。また、試験体 No.2 のひび割れ発生荷重は、20 kN であった。これらの荷重を梁の引張縁に作用する応力度に換算すると、それぞれ 3.47 MPa および 2.31 MPa となる。この換算値を実橋に作用する設計応力度の 2.79 MPa と比較すると、試験体 No. 1 > 実橋 > 試験体 No.2 となる。したがって、間詰め部に膨張コンクリートを使用し、かつ打継部に目荒らしの処理を行うことで、実橋においても十分にひび割れに耐えられることが確認された。なお、試験体 No.3 においては、梁の切り出し時にすでにひび割れが生じていた。

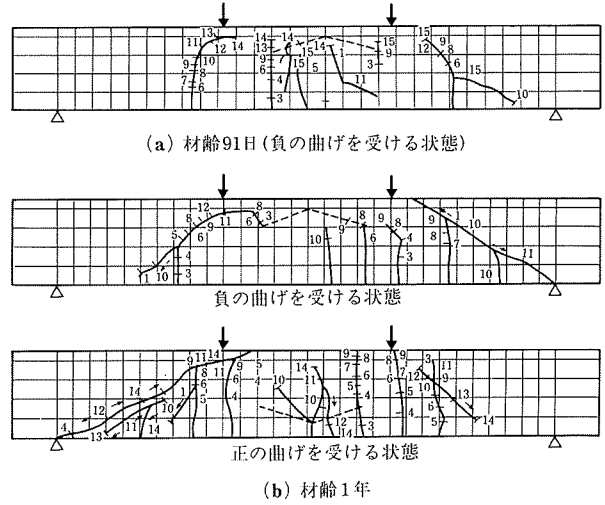


図-6 ひび割れ図

5. 間詰め部の膨張コンクリートの膨張性状

間詰め部に膨張コンクリートを用いた場合の膨張性状に関連する既往の実験結果を紹介する⁶⁾。図-7は、断面が 15 × 15 cm、その図心に呼び名が D 19 mm の異形鉄筋を 1 本配置した長さが 50 cm と 150 cm の梁の例である。鉄筋の膨張ひずみは、コンクリートと鉄筋との付着を阻害しないように、半割に切断してみぞ切り加工を施した鉄筋の内部にワイヤストレーンゲージを貼った後、切断面を接着剤で貼り合わせて一体とした鉄筋を用いたものである。コンクリートの打込み時を基点としている。コンクリート表面の膨張率は、材齢 1 日を基点とし、ゲージ長が 6 cm のコンタクト型ひずみ計により求めた。

間詰め部に膨張コンクリートを用いると、コンクリートとの付着により鉄筋は伸び、その膨張率は付着力の増加とともに鉄筋端部から離れるほど大きくなっている。コンクリート表面の膨張率は逆に、端面から離れるほど鉄筋の拘束が大きくなるため、小さくなっている。そして、鉄筋の膨張率は、端面からある距離以上離れると、ほぼ一定の値を示している。なお、端面から 2.5 cm の間の平均付着応力度は約 4 MPa であったが、端面から離れるに従って付着応力度は減少し、約 15 cm 離れた所では約 0.7 MPa を示した。

このように、鉄筋による内的一軸拘束を受ける鉄筋コンクリート梁において、コンクリート表面の拘束方向膨張率の分布を図-8に示す。幅が 10 cm、高さが 40 cm の矩形断

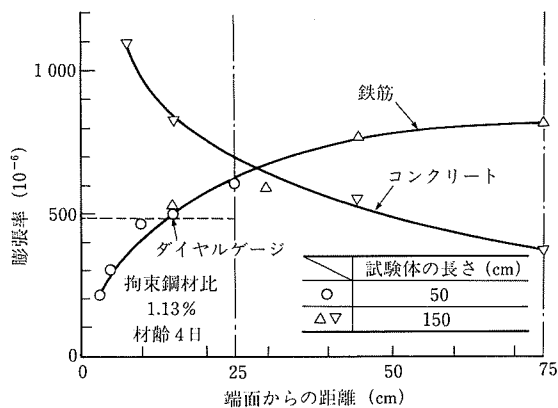


図-7 鉄筋およびコンクリートの拘束方向の膨張分布

面に、呼び名が D 16 mm の異形鉄筋 4 本を断面对称に配置している。コンクリート表面の膨張率は、ゲージ長 20 cm のコンタクト型ひずみ計により測定した。試験体の長さは 270 cm であって、端面から膨張率の測定範囲の中央位置までの距離を基準とし、拘束方向の膨張率が梁高さ方向と拘束方向の軸方向にどのように分布するかを示している。

試験体端面に近い断面では、鉄筋位置から離れるにしたがってコンクリートの拘束方向膨張率は大きくなっている。鉄筋との付着による拘束作用が小さくなるためである。そして、材齢 7 日においては、端面から 50 cm 程度離れると、断面内の膨張率はほぼ一様と考えてよいことが認められる。しかしながら、材齢が経過して 28 日の場合には、端面から 50 cm の位置では、鉄筋位置から離れるとコンクリートの膨張率は大きくなっており、断面内の拘束方向の膨張率が一様となる端面からの距離は、材齢が経過するほど大きくなっている。

鉄筋などの拘束鋼材との付着による拘束作用を期待する内的一軸拘束状態では、付着による拘束が十分に期待できない試験体端面近傍が存在する。そのため、図-7 および図-8 に示したように、鉄筋およびコンクリートの拘束方向の膨張率が、拘束方向の軸方向に、あるいは軸直角方向に分布することが確かめられた。

拘束鋼材を軸方向のみに配置するだけでなく、これに直角方向にも配置すると、この方向の拘束作用により、軸方向のコンクリートの膨張分布が緩和されるのである。図-9 は、図-8 の場合に、 $\phi 5$ mm のスターラップを 10 cm ピッチで配置した場合である。材齢 28 日においても、端面から

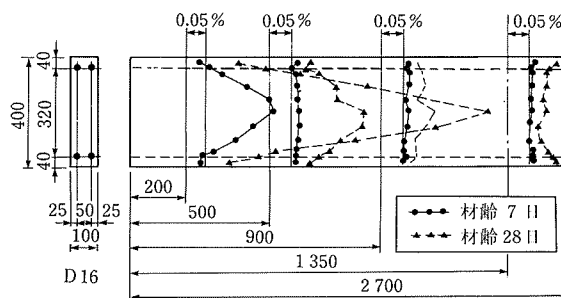


図-8 コンクリートの拘束方向の膨張分布

50 cm の位置でのコンクリートの拘束方向膨張率は、断面高さの各位置ではほぼ等しい値となっている。

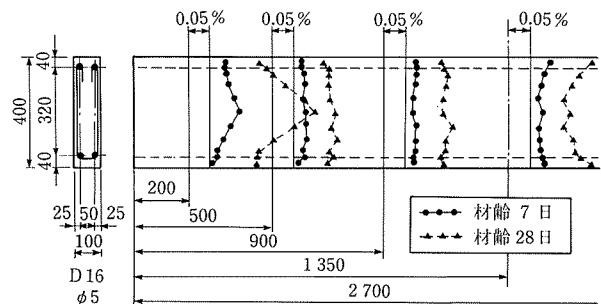


図-9 コンクリートの拘束方向の膨張分布 (スターラップを配置)

6. 間詰め部の形状寸法とループ筋等の配置方法

間詰め部における軸方向の膨張性状は、ループ筋による内部拘束状態と考えられる。ループ筋は端部を切断した直線状の鉄筋のような図-7や図-8の例よりは、拘束作用が大きいとも考えられるが、膨張コンクリートの材齢初期における拘束にループの形状は大きく寄与しないと考えた方がよい。そのため、橋軸直角方向にも主鉄筋を配置して、この方向の膨張も拘束することにより、ループ筋の付着による膨張の拘束を有効に生じさせることが必要となる。プレキャスト床版の打継ぎ面の摩擦による拘束も期待できるが、この拘束を期待するためには、主鉄筋との協働による拘束作用についても十分な検討が必要である。

ループの形状寸法が不適切であり、ループ筋の直線部が短い場合には、これらの付着力による膨張作用の拘束が不十分になり、膨張コンクリートだけが膨張して、ループ筋に導入されるケミカルプレストレンが不十分となる。このような状態は、膨張エネルギーの大きい膨張コンクリートを用いても生じる。膨張コンクリートに応じた適切なループ筋の形状寸法とそれに直角方向に配置される主鉄筋の量と配置方法は、実験等により選定することが重要である。

7. おわりに

プレキャスト床版の間詰め部に膨張コンクリートを用いて接合部の性能を向上させる工法が開発され、実用化されている。ループ筋とそれに直角方向に配置される主鉄筋が錯綜するため、また接合部の長さの短縮化や形状の簡略化を図るためなどの新たな研究開発も活発になされている。これらの開発において、間詰め部の膨張コンクリートが主としてループ筋により橋軸方向に確実に拘束されて、プレキャスト床版との打継ぎ面にケミカルプレストレンと鉄筋の膨張率であるケミカルプレストレンが有効に導入されていることを確認するための視点が不可欠であることを提案したい。

本文で紹介した間詰めコンクリートに関する実験は、日

本道路公団の上信越自動車道八木沢高架橋の建設に際して実施されたものである。日本道路公団の森山 陽一氏，(株)サクラダの小森 武氏，(株)宮地鉄工所の佐藤 徹氏，および(株)八洋コンサルタントの諸氏に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

1) 前田研一・橋 吉弘・柳澤則文・志村 勉・梶川康男：合成桁斜張橋・プレキャスト床版の設計法とループ状重ね継手の耐久性に関する研究，構造工学論文集 Vol.36A，pp.1305～1312，1990 .3

2) 前田研一・志村 勉・橋吉 弘・越後 滋：プレキャスト床版合成桁斜張橋の設計と施工，土木学会論文集 No.522/VI-28，

pp.57～67，1995.9

3) 小森 武・森山陽一・佐藤 徹・辻幸 和：RCプレキャスト床版の間詰めコンクリートに関する一考察，土木学会第50回年次学術講演会講演概要集VI，1995.9

4) 小森 武・狩野晴行・梶野凡生・仁川弘幸：八木沢高架橋における省力化への取り組み，サクラダ技報，No.9，pp.17～24，

5) 辻 幸和：コンクリートにおけるケミカルプレストレスの利用に関する基礎研究，土木学会論文報告集，第235号，pp.111～124，1975.3

6) 辻 幸和：内のおよび外の一軸拘束を受ける膨張コンクリートの膨張特性，土木学会論文集 第378号/V-6，pp.279～282，1987.2

【2002年4月8日受付】



刊行物案内

フレッシュマンのためのPC講座

プレストレストコンクリートの世界

頒布価格：3 000円(送料400円)

体 裁：A4判，140頁

内容紹介

＝基礎編＝

- 基礎 編1 PCとは何か
- 基礎 編2 PCはどんなものに利用できるか
- 基礎 編3 プレストレスの与え方について考えてみよう
- 基礎 編4 プレストレスは変化する
- 基礎 編5 荷重と断面力について考えてみよう
- 基礎 編6 部材に生じる応力度について考えてみよう
- 基礎 編7 プレストレス量の決め方について考えてみよう
- 基礎 編8 PCに命を与えるには(プレストレスシグとその管理)
- 基礎 編9 PCを長生きさせよう

○申込み先：

(社)プレストレストコンクリート技術協会 事務局
〒162-0821 東京都新宿区津久戸町4番6号 第3都ビル5F
TEL：03-3260-2521 FAX：03-3235-3370

＝PC橋編＝

- PC橋 編1 PC橋にはどんなものがあるか
- PC橋 編2 PC橋を計画してみよう
- PC橋 編3 PC橋を設計してみよう
- PC橋 編4 現場を見てみよう

＝PC建築編＝

- PC建築 編1 PC建築とは
- PC建築 編2 PC建築にはどんなものがあるか
- PC建築 編3 プレキャストPC建築の設計について考えてみよう
- PC建築 編4 PC建築でオフィスを設計してみよう

資 料 PCを勉強するときの参考図書
索 引