

# 大学の土木系学科における PC 教育の現状と今後への期待

井上 晋\*

わが国の PC 技術は世界トップクラスに位置し、今や円熟の域に達しようとしている。それは PC 技術が世代から世代へと受け継がれ、それぞれの世代で技術を熟成・発展させてきたことによる結果であることはいうまでもない。しかし一方で、専門的職業人（プロフェッショナル）の減少が近年問題視されており、PC に関しても技術の伝承は喫緊の課題であるといわれている。

一方、土木系学科の教育カリキュラムも近年大きく変化してきている。その根底には土木領域の拡大・多様化に加え、受験者人口の減少や学力レベルの多層化、さらには景気の減退など社会情勢の変化と関連する要因も多く存在する。

このような状況のなか、PC 技術の継続と発展を担う将来の技術者を如何に養成していくかが、PC を教える大学人に課せられた使命であるといってもよいであろう。

ここでは、大学の土木系学科に属する教員の立場から、PC に関する教育の現状や課題について述べるとともに、筆者が所属する大学における事例を紹介しつつ、今後の展望や期待について思うところを記述してみたい。

キーワード：PC 教育、PC 関連科目、教育コンテンツ、就職活動、現場見学会

## 1. はじめに

近年、工学分野における技術の伝承の問題が注目されてきている。土木分野も例外ではなく、将来を担う若手技術者の数とその質を如何に確保していくかが、大学をはじめとする高等教育機関の喫緊の課題であることはいうまでもない。しかしその一方で、大学を取り巻く環境はここ 10 数年の間に激変した。たとえば、受験者人口の減少による入試制度の変化や基礎学力の低下に伴うリメディアル教育（大学教育に必要な基礎学力を補うための補習教育）の必要性、キャリア形成科目や PBL（Project Based Learning：課題解決型学習）科目の導入など、土木系学科の専門教育カリキュラムも大きく変化してきている。これに技術の進展や情報伝達手段の発達による生活様式の変化、さらには社会情勢の変化が密接に絡み合い問題を難しくしている。したがって、大学における PC 教育もこれらと決して無関係ではないが、ここでは、折に触れて言及することとして、大学における PC 教育の現状と課題について述べたいと思う。



\* Susumu INOUE

大阪工業大学 工学部  
教授

## 2. 土木系学科における PC 教育の現状

### 2.1 PC 関連科目の開講状況

土木系の学科を有する 60 校の大学シラバスから、PC 関連科目の開講状況を調査した結果を図 - 1 に示す。なお、これは独自で調査したものであり、本特集号に掲載されているアンケート結果と若干異なる部分があるかもしれないが、その点をご容赦いただきたい。

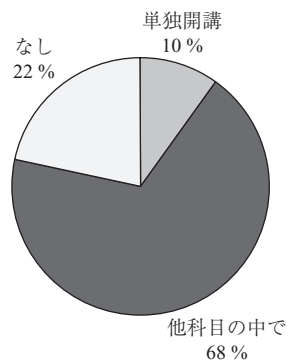


図 - 1 PC 関連科目の開講状況 (60 校)

図 - 1 からわかるように、PC に特化した科目を設けている大学は 6 校 (10%) であり、他科目の中で教えている大学が 41 校 (68%)、教えていない（シラバスから確認できない）大学が 13 校 (22%) であった。すなわち、約 80% の大学では何らかの形で PC が教えられていることになるが、PC 関連科目を単独開講しているのは約 10% にすぎない。

図 - 2 は他科目の中で教えている大学が全 15 コマ中何コマを PC に割いているかを示したものである。単独開講していない大学の大半は、「コンクリート構造学、工学、

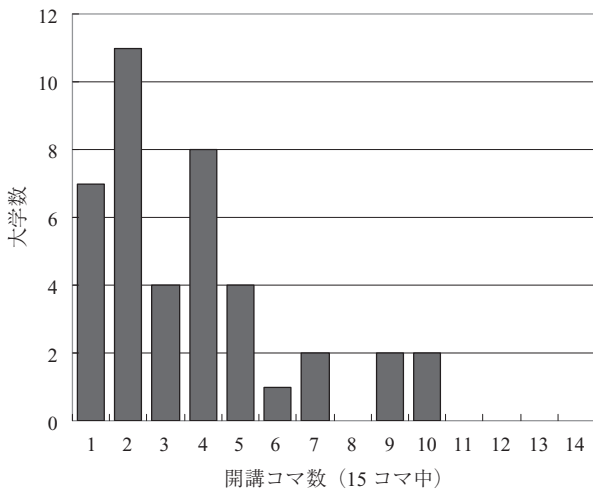


図 - 2 全 15 コマ中に占める PC 関連コマ数の状況 (41 校)

設計」という科目の中で、全 15 コマ中 1 ~ 10 コマ、平均約 4 コマを PC 関連に割いているという結果であった。土木系学科では、通常「材料学」と「鉄筋コンクリート工学」が必修系科目として開講され、「コンクリート構造学」や「コンクリート工学」が選択系科目として開講されていることが多い。後者の選択系科目の内容は担当者の専門分野によって異なることが多く、耐久性や維持管理に関するものから PC 構造や複合構造、耐震に関するものまでさまざまであり、このことが PC 関連授業の開講コマ数の多少に反映されているものと思われる。また、PC の曲げやせん断等の力学特性に関する理論は RC と基本的に同じであり、プレストレスの原理やプレストレスの導入と損失の部分を教えるだけで十分であるという考え方もあるであろう。これらのことから推察するに、PC に関する知識は土木系学生にとって必要であると認めつつも、単独開講までして教えるほどのカリキュラム上の余裕がないことから、「コンクリート構造学」などの選択科目の中で教えているといったところではないだろうか。

なお、調査した各大学のカリキュラムでは、PC 関連科目はほとんどが 3 年次以上に配当されている。これは、「材料学」や「鉄筋コンクリート工学」の必修系科目が 2 年次に配当されることが多く、PC 関連科目はそれらの知識の習得を前提条件とした応用科目に位置づけられていることによるものと思われる。

また、単独開講していない大学では教科書を指定していない場合がほとんどであり、その教育コンテンツに苦勞されている様子がうかがえる。PC に関する書籍は専門的なものが多く、数回の授業で習得させるのは難しいと考えられているようで、このことは、「PC 構造物関連授業の実態に関する調査研究委員会 (平成 20 ~ 21 年)」のアンケートで、ほとんどの大学が、委員会が作成された 1 コマ教材を使ってもよいと回答されていることから推察することができる。また、PC 工学会 (旧 PC 技術協会) が出版している「フレッシュマンのための PC 講座<sup>1)</sup>」を補助教材として使用されている大学が多く見受けられた。した

がって、教育の立場からすれば、PC を理解しやすいコンテンツの開発やテキストの出版を今後考えていく必要があると思われる。

## 2.2 大阪工業大学における PC 教育の現状

### (1) 学生の履修状況

筆者が所属する大阪工業大学工学部都市デザイン工学科においては、現在「プレストレストコンクリート工学」を 4 年次前期に単独で開講している。同学科では従来材料・コンクリート系の科目が多く、筆者が着任した 1995 年度時点では、2 年次に「土木材料学 I」、「同 II」、3 年次に「鉄筋コンクリート工学 I」、「同演習」、「鉄筋コンクリート工学 II」、「同演習」、「土木材料演習 (材料実験)」, 4 年次に「プレストレストコンクリート工学」が開講されていた。これは、建学の精神である「専門的職業人の育成」との関わりが深く、社会に出てすぐに役立つ「実学」を学ばせたいという方針に基づくものであり、結果として PC 業界にも数多くの卒業生を輩出してきている。しかしながら、他大学と同様に、土木関連分野の多様化や社会情勢の変化に伴ってカリキュラムの変更を余儀なくされ、現在は、2 年次に「建設材料学」、3 年次に「鉄筋コンクリート工学」、「同演習」、「コンクリート構造学」、4 年次に「応用コンクリート工学」、「プレストレストコンクリート工学」という形となっている。なお、3 年次の材料実験は「都市デザイン工学演習 I」という科目の中で、内容を 1/3 に圧縮して実施している。このように、1995 年時点に比べて材料・コンクリート系科目は減少したが、それでも他大学に比べるとその開講数はきわめて多いと筆者自身も認識している。以下に大阪工業大学における PC 教育について述べるが、ここではその点を念頭に置いてお読みいただきたい。

図 - 3 は手元に記録が残っている 1999 ~ 2012 年度までの実受講者数の変化を示したものである。

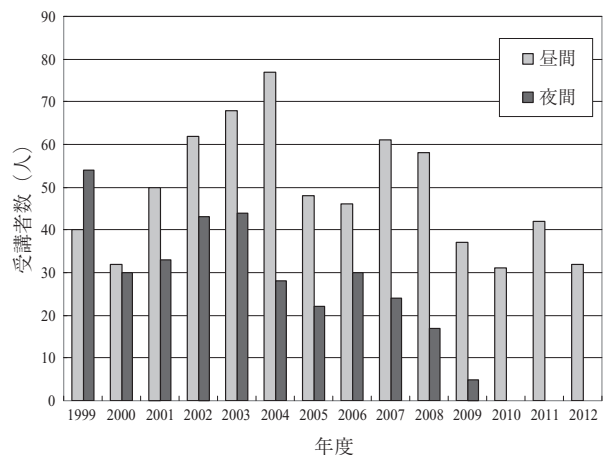


図 - 3 大阪工業大学における PC 工学の受講者の推移

大阪工業大学は夜間課程を有していた時代があり (2005 年度末で募集停止)、同図においては昼間課程と夜間課程を分けて示している。昼間課程での受講者は 2004 年度をピークに減少しており、近年は 30 ~ 40 名程度で推移して

いるが、これは学科の定員が2004年度までは昼間課程で140名程度であったものが2005年度以降100名、さらに現在は90名となっていることと関連しているものと思われる。学年定員に対する受講率という観点に立てば、ピーク時は50%以上であったが、近年は40%程度で推移しているという状況である。このような状況の背景には、就職戦線の早期化と景気の減退による企業間競争の激化が存在していると思われ、4年次の4月以降、授業の出席よりも就職活動を優先する学生が増加し、活動が長期化する場合には受講そのものを途中でやめてしまう学生が多いことと関連している。逆にいえば、PCに関する知識がほとんどない状況で就職活動を開始する学生が多いことになり、開講時期については改善の余地があると考えている。

(2) PC教育の内容

表-1に大阪工業大学のPC工学のシラバス<sup>2)</sup>を示す。内容・方法欄の( )内には、学科のカリキュラムがJABEE(日本技術者教育認定機構)の認定を受けていることから、本科目の学習・教育到達目標を記述している。

教科書としては、拙著「プレストレスコンクリート工学<sup>3)</sup>」を使用しているが、先述の「フレッシュマンのためのPC講座<sup>1)</sup>」や「PC構造物関連授業の実態に関する調

査研究委員会(平成20~21年)」で作成された一コマ授業教材も補助教材として活用させていただいている。

第1,2回目は、PCの原理や特徴など、授業の導入部分であり、PCとは何か、どのような構造物に適用されているかなどの基礎知識を学ばせる。ここでは、先述の一コマ授業教材が極めて有効である。第3~5回目はPC特有の内容であり、プレストレスの導入方法、損失の原因となるコンクリートの収縮・クリープ、その他の損失の原因や損失の簡易算定法について学ばせる。第6回目はプレストレス力による応力を含む使用状態の応力度の算定法と照査法、第7回目は曲げ耐力の算定法に関する内容であり、プレストレス力を考慮する以外は基本的にRC工学で習得した理論の復習となる。第8,9回は前半部分の理論に関する演習とテストである。第10,11回はせん断に関する内容であり、曲げと同様RC理論の復習となるが、ここではとくにプレストレスの効果について重点的に教えている。第12回は使用状態におけるひび割れ・たわみの照査について述べ、第13回はPC部材の疲労、第14回はPC特有の定着部における局部応力について説明している。最後の第15回はまとめである。

これらの内容はPC関連科目を単独開講している他大学

表-1 大阪工業大学のPC工学のシラバス<sup>2)</sup>

	テーマ	内容・方法(学習・教育到達目標)
第1回	PCとは?	PCの原理、各種構造物への適用例を説明する(PCの原理が説明でき、その適用例を列挙できる。)
第2回	PCの分類と特徴	PCの分類の方法と特徴を説明する(PCの分類手法を説明でき、PC用材料の特性と、RCと比較した場合のPCの特徴を列挙できる。)
第3回	プレストレスの導入方法	種々のプレストレスの導入方法を説明する(代表的なプレストレス導入方法とその原理が説明できる。)
第4回	コンクリートの収縮とクリープ	プレストレス損失の原因となるコンクリートの収縮とクリープについて説明する(収縮、クリープのメカニズムを理解し、これらに及ぼす各種要因の影響を説明できる。)
第5回	プレストレスの損失	種々要因によるプレストレスの損失量の計算方法を説明する(プレストレスの損失の原因が列挙でき、損失に関する簡単な計算ができる。)
第6回	使用状態の曲げ応力度	プレストレス力や外荷重による断面の曲げ応力度の計算方法と応力度の照査法を説明する(プレストレス力および外荷重による曲げ応力度が計算でき、合成応力度による照査法が説明できる。)
第7回	曲げ耐荷挙動と破壊耐力	PC断面の曲げモーメント作用下での挙動と破壊耐力の計算法を説明する(断面内の応力分布と荷重-変位関係の対応、曲げ破壊耐力の算定法が説明できる。)
第8回	曲げ応力度および曲げ破壊耐力の計算と照査	例題を用いて、PC断面の曲げ応力度、曲げ耐力を算定し、その設計・照査の流れを説明する(与えられた条件を用いてPC断面の曲げ応力度および曲げ耐力を算定することができる。)
第9回	中間のまとめ	プレストレスの導入・損失と曲げに関する理論を応用問題を解くことにより復習する(応用問題の解答とそれに対する解説を通じて、これまでの知識の習熟度を各自確認する。)
第10回	せん断耐荷挙動と破壊耐力	PC部材のせん断耐荷挙動について説明する(PC部材のせん断ひび割れ、せん断破壊性状を説明することができる。)
第11回	せん断破壊耐力	せん断耐力の算定と安全性の照査法について説明する(PC部材のせん断抵抗メカニズムが説明でき、せん断に対するプレストレスの効果を説明することができる。)
第12回	ひび割れとたわみ	ひび割れ幅およびたわみの計算方法、ならびにPRC構造におけるひび割れ幅の制御について説明する(ひび割れ幅やたわみの計算法が説明できる。)
第13回	PC部材の疲労	繰返し荷重下のPC部材の疲労とその照査法について説明する(コンクリートやPC鋼材の疲労特性、疲労に対する設計法が説明できる。)
第14回	局部応力	PC鋼材定着部における局部応力と設計上の留意点について説明する(PC鋼材定着部の設計上の留意点が説明できる。)
第15回	まとめ	PC技術が果たす社会的役割、PC構造物の現状と今後の課題について説明する(PC技術の現状を理解し、問題に直面した際に技術者として取るべき態度を考えることができる。)

においてもほぼ同様であり、他の科目の中で時間を割いてPCを教える場合は、第5回目までの項目を中心に、あとは時間数に応じて適宜項目を追加する形で実施すればよいと思われる。

教える側の立場からいえば、受講者が表-1の( )内に示した学習・教育到達目標のすべての項目を達成してくれればということはないが、少なくとも第1～5回目の項目について確実に達成できればよいと考えている。すなわち、PCとは何か、RCとどこが同じでどこが違うのかを理解し、PC特有のプレストレスの導入と損失に関する概略の知識さえあれば十分であろう。受講した学生によるアンケートのここ数年間の結果によれば、本講義の到達目標の達成度については5段階評価で約3.9、総合的に見てこの授業をとってよかったと思うかどうかについては5段階評価で約4.4という数値であり、履修した学生からは比較的よい評価が得られている。ただし、この数値は、前述のように本講義が4年次前期配当の選択科目であり、かつ、主たる受講者が構造系の研究室に所属する学生であるところが多い。

### 3. 現状の課題と今後への期待

#### 3.1 現状における課題

前章でPC教育の現状を述べたが、形態を問わずPC関連科目を開講する大学はここ10数年の間にむしろ増加しているように思われる。これはPC技術が熟成・一般化し、社会基盤施設の建設に欠くことのできないものとなっていることを示すものである。しかし一方で、将来PC構造物の設計・施工・維持管理に携わりたいと考える学生は必ずしも多くはなく、筆者の大学ではむしろ減少の傾向にある。その理由は種々考えられるが、就職戦線の早期化や専門教育カリキュラムの変更、さらには土木系学生のモチベーションの低下と密接な関係があるのではないだろうか。

近年においては、就職戦線の早期化に伴い、ほとんどの大学でキャリア形成を含めた具体的な就職指導を1年次から開始している。筆者の大学を例にとると、1年次の「キャリアデザインⅠ」という科目でキャリア形成の手順を学ぶとともに、コミュニケーション能力・プレゼンテーション能力の基礎を身につけさせている。次いで、2年次の「キャリアデザインⅡ」で専門教育の目的と意義を学び、卒業生の講演などを通じて自身の職業適性を知ることにより目的意識を高めさせる。3年次では専門科目の授業を通じてそれぞれの領域の知識を深めさせるとともに、キャリア形成科目や就職講演会、企業説明会を通じて公務員、ゼネコン、コンサルタントなどおおよその業種を絞り込ませる。そして、3年次後期の12月以降、企業訪問・OB訪問・面談等で具体的な進路を決定していくというスケジュールである。

このスケジュールはすべての大学や高等教育機関にあてはまるわけではないが、これによれば学生は3年次の1月時点で就職希望先を具体的にあげることができるようになっているのが望ましく、PC関連業界を選択肢の一つとして考えてもらうためには、少なくとも3年次後期終了時点

でPCに関する基本的な知識があるのが望ましいといえる。したがって、就職指導という観点からは、PCに関する概略の知識は3年次終了時点までに習得させておくことが望ましく、また、PC関連業界から見れば、この時点までに学生に対する認知度を上げておく必要があるともいえる。

PC教育の課題のもう一つとして、大学における専門教育カリキュラムがここ10数年の間に時代の要請を反映すべく変更を余儀なくされてきている点も見逃すことはできない。

従来、工学系専門学科では比較的多くの選択科目が用意されており、学生は自分の将来の進路に応じて科目の取捨選択が可能であるとともに、卒業に必要な単位数を大幅に超える単位を修得する優秀な学生も多数存在した。しかしながら、卒業要件(必要単位数)の見直し、卒業研究の単位化、年間履修単位の上限の設定など、制度上の変化に加え、冒頭で触れたりメディア科目(主として高校の数学、物理)、キャリア形成科目、PBLやED(Engineering Design: エンジニアリング・デザイン)に関する科目の導入がなされ、結果として学生が選択できる専門選択科目の単位数が減少している。また一方で、多種多様な入試制度により入学する学生が混在するため、学力レベルの多層化が生じるとともに、勉学に対するモチベーションそのものも低下傾向にある。したがって、モチベーションを高めたいうで、学生が多くの選択科目の中からPC関連科目を積極的に選択するような方策を考えていく必要がある。

#### 3.2 今後の展望と期待

筆者の大学を含め4年次でPC関連科目を開講している大学や、PC関連科目を提供していない大学では、前節で述べた課題に対し、講義とは別の形態でPCに関する知識を提供することを考える必要があるであろう。

講義以外でPCに関する知識を提供する場としては、現場見学会の開催やOBをはじめとしたPC技術者による講演会の開催が挙げられる。

現場見学会は、講義のみでは体験することのできない構造物の建設過程を自分の目で見て体感することにより、PC技術のみならず土木技術の素晴らしさを知るとともに、目的意識を高揚させるための絶好の機会であり、実施年次を問わず有効である。たとえば筆者の大学では、1年次前期の基礎ゼミナールという科目の中で、オリエンテーションを兼ねて近辺の土木関連施設の見学を行っている。本年度を例にとれば、阪神高速道路震災資料保管庫～北淡震災記念公園野島断層保存館～淡路夢舞台～明石海峡大橋・橋の科学館というコースで実施し、見学場所に関するレポートを提出させたが、土木技術が社会に対して果たす役割を入学直後の学生に理解させ、モチベーションを高めさせるためにはきわめて効果が高いと考えている。また、2、3年次においても、教員個人レベルで随時見学会を実施しているが、新たな取り組みとして、2年次の「キャリアデザインⅡ」の中で、OBと連携することにより現場見学を授業の一環として実施したほか、夏休みを利用して希望者による学生海外研修旅行を実施した。

本年度の海外研修先はドイツとし、行程の中でWesel近

郊のライン川に架かる複合斜張橋の見学をさせていただいた。その際には、箱桁内の斜材定着部まで見ることができ、また、現地の設計者や技術者から直接話を聞くことができた。写真 - 1 はその際の様子である。参加者は主に3年次の学生であったが、その中にはPC橋を含め橋梁に興味を持ち、大学院に進学して知識を深めようとする者、PC関連業界を主たる対象として就職活動を始める者が少なからず出てきたことから、モチベーションを高める方策としての見学会の価値はきわめて高いと思われる。



写真 - 1 海外研修旅行での複合斜張橋の見学

一方、PC技術を知るという意味では、スポット的な講演会も有効である。それは、コンクリート関連科目の中で1コマを利用してもよいし、就職指導の中での業界研究会・企業説明会などでPC技術がどのような仕事に役立てられているのかを説明するのもよい。また、これらの場合の講師としては、学生に親近感を持たせる意味からもOBが望ましいといえる。筆者の大学では、3年次後期の「コンクリート構造学」の最後の授業時に、PC業界で活躍しておられる本学卒業生にお願いし、実際の業務内容やPC技術が社会的にどのような役割を果たしているかについて講演をしていただいた。

なお、見学会、講演会ともに、その窓口は教員個人となることが一般的である。しかしながら、PC関連授業を開講していない大学では、教員が卒業生や知り合いを通じて依頼すること自体も困難な場合がある。したがって、そのような大学には、PC工学会やPC建設業協会の各支部が仲介をして見学会や講演会の開催の協力をすることや、各大学の業種・企業説明会などに積極的に出席し、PCを関連業界からピアールしていくことも必要ではないだろうか。さらに、橋梁をはじめとするPC構造物の建設現場に積極的にインターンシップの学生を受け入れていただくこともきわめて効果的であると思われる。

さて、ここまでは、主として学部学生を対象としたPC教育について述べてきた。以下では、大学院生に関するPC教育について若干触れてみたいと思う。ただし、ここでは対象をコンクリート系の研究室に所属する大学院生に限定して述べる。

大学院生が行う研究は、通常その指導教員が専門とする分野に関連したものであることが多く、その意味では、教員がPCに携わっているかどうかによって、PCに対する興味の深さも異なってくるであろう。また、学部在籍中にPCに対する知識を習得しているかどうか大きな要因となり、その意味では学部におけるPC教育の重要性は高い。しかし、土木系の大学院生は通常、土木学会の学生会員となっていることが多く、年次学術講演会などへの参加を通じて専門分野の研究の現状や業界の状況を知ることができる。本PC工学会も会員種別として学生会員を2012年度より制度化したが、日が浅くまだ認知度が低いことからその数は残念ながら2013年1月現在で3名である。たとえば日本コンクリート工学会(JCI)には多数の学生会員が在籍し、年次講演会での発表も盛んに行われている。大学院生の意識の高揚と自己研鑽の場としての学会活動は研究・教育の観点からも非常に重要である。したがって、PC技術を広く知ってもらい、また将来のPC技術者の質と量を確保するためにも、学生会員の数を増やすための努力や、シンポジウムをはじめとする各種行事への学生の参加を促す努力が必要であろう。

たとえば、昨年大津で開催された「第21回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム」における学生の講演者は18名、参加者は17名(うち聴講のみの参加14名)という数字であり、その数値は学生会員数から考えても悪いものではない。これは、大津シンポジウムより学生の聴講のみの参加を認め、その参加費を事前申し込み1000円、当日受付2000円とした効果が大きい。また、学生講演者のうち、非会員は16名であったが、これは連名者の教員が会員であり、大学院生が行っている研究の成果を発表させたものである。つまり、学生が自発的に、あるいは指導の一環としても参加しやすい状況を作ることが重要であると考えられる。

なお、大津シンポジウムは筆者の地元開催ということもあり、大学院生による研究発表を1件行うとともに、技術展示会にも出展し、研究内容を紹介させていただいた(ほかにも京都大学、立命館大学、金沢大学が出展)。写真 - 2はそのブースの様子である。展示会での説明や応対も



写真 - 2 大津シンポジウムでのブースの様子

4名の大学院生に任せたが、参加した学生はシンポジウムでの発表、聴講、技術展示におけるブースの運営や見学などによってPCに関して何かしら得るものがあったはずである。このことがPCに対するモチベーションの高揚につながってくればと感じている。なお、蛇足ではあるが、そのうちの1名は2013年4月よりPC技術に携わる仕事をすることが決定している。

#### 4. おわりに

本稿では、大学の土木系学科におけるPC教育の現状と課題、今後の展望と期待について、主として大阪工業大学の状況を例に述べさせていただいた。筆者自身が長年PCを研究対象としてきたことから、記述内容がすべての大学

や教員にあてはまるわけではないかもしれない。しかし、PC教育の第一歩は教える側がPCに興味を持つことではないかと考えている。したがって、PCの面白さを学生のみならず、教員にも知っていただくことがPCに携わる者の使命であり、そのことが大学におけるPC教育の鍵を握っているのではないだろうか。

#### 参考文献

- 1) PC技術協会：フレッシュマンのためのPC講座 [改訂版], 2007
- 2) 大阪工業大学：2012 SYLLABUS 工学部都市デザイン工学科, 2012
- 3) 小林和夫, 井上晋：プレストレストコンクリート工学, 国民科学社, 2006

【2013年2月23日受付】



刊行物案内

## 第 21 回 プレストレストコンクリートの 発展に関するシンポジウム 論 文 集 (平成24年10月)

本書は、平成24年10月に大津市（大津プリンスホテル）で開催された標記シンポジウムの講演論文集です。

CD版論文集：定価：12,000円、会員特価 8,000円／送料500円  
 体 裁：プラスチックCDケース入り  
 書籍版論文集：定価：12,000円、会員特価 8,000円／送料500円  
 体 裁：B5判、箱入り