

PC技術者と教育

辻 幸和*

1. はじめに

PC技術者が21世紀においても従来に増して活躍するために、企業において、技術者個人において、また学校においてどのような教育システムを構築し活用していくかについては、今日の喫緊の重要な課題である。PC技術がわが国に導入されて50数年が経過し、その間わが国のPC技術者は、欧米の優れたPC技術を効率良く吸収し、改良・改善してきた。またそのようなPC技術は、多くの大規模なプロジェクトに適用され精練されてきた過程を経てきた。そして現在では、世界のトップレベルの技術を獲得するに至っている。

世界のトップレベルに立った今日、わが国のPC技術者は他に模倣するPC技術がなくなってしまったのである。そのため、自ら独創性を発揮して新しいPC技術を開発し、進展していくことが、PC技術者に要請されている。このような技術開発システムを構築していくには、教育が重要な位置を占めると考えられる。本文では、浅学非才を省みず、PC技術者と教育について、継続教育(CPD)に視点を置いて考察してみる。

2. 日本工学会の技術者の育成・確保についての提言

平成13年4月に、(社)日本工学会は「技術者の育成・確保についての7つの提言」を公表した。「国際的に通用する技術者を育成し、それが絶え間ない継続的能力開発を通じて生涯にわたって活躍する。そのような技術者育成・確保の一貫したシステムの構築は、生き甲斐を求める個人にとっても、国際競争力を高めたい企業にとっても、あるいは産業技術力の強化を図る国家にとっても、強く求められている緊急の課題である」との観点から、わが国の104工学系学協会の連携協議体である日本工学会が、7つの提言を行い、先の課題に主体的に対応することを宣言している。その内容は、表-1に示すように、技術者の資質と能力の向上を図る一貫した工学基礎教育、技術者資格、継続的専門能力開

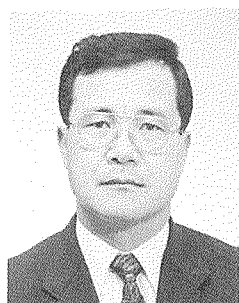
発の教育システムを早急に構築し、運用することにある。これらは、現在のわが国における教育システムのいずれれもが極めて不十分であるとの認識によるものである。

工学基礎教育を担当する大学等高等教育機関の技術者教育を認定するJABEE(日本技術者教育認定機構)の設立と認定のための試行や本審査は、現在大学や工業高等専門学校の関係者の間で大きな注目を浴びている。技術士法の改正とその中の「継続教育(CPD)」の義務づけ、およびAPECエンジニアの登録についても、この提言と軌を一にするものである。そして最後に、日本工学会は図-1に示す技術者育成・能力開発システムを示し、PDE(Professional Development of Engineers)協議会の創設を提言している。

PC技術者としての基礎教育を施し、その資質と能力の向上を図る教育システムも、この日本工学会の提言に沿ったものでなければならないことは、論を待たない。PC技術者も国際化の時代を迎えて、一人ひとりが継続的な能力の開

表-1 日本工学会の技術者の育成・確保についての7つの提言

1. 工学基礎教育、技術者資格、継続専門能力開発を通じて、技術者の資質と能力の向上を図る一貫したシステムを速やかに構築する。
2. このシステムは、国際互換性に留意しつつ力量ある技術者の育成を目指すことが肝要である。
3. 工学基礎教育については、大学等高等教育機関の技術者教育の外部認定を行う技術者教育認定制度の確立・普及を図る。
4. 技術者の能力を客観的に証明する技術者資格制度の普及拡大と活用促進を図る。
5. 技術者の継続専門能力開発システムの構築を急ぎ速やかに運用することが緊急の課題である。
6. 継続専門能力開発システム構築のためには、(1)個別に実施されている高等教育機関での社会人教育、企業内教育等と整合したコンテンツの作成とその供給システムの構築、(2)コンテンツの統一基準の策定とその履修の第三者証明を行う中核組織体(PDE協議会：Professional Development of Engineers)の創設が必要である。
7. 社団法人日本工学会は、会員104学協会の高い専門性と、その連合体としての広い共通性を有しており、PDE協議会の創設等上記の諸課題について積極的に対応すべき責務がある。



* Yukikazu TSUJI

本協会常務理事、
編集委員会 委員長
群馬大学工学部 建設工学科 教授

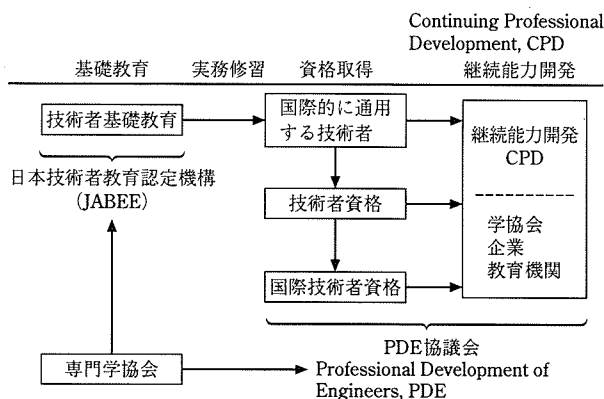


図-1 日本工学会が提言した技術者の育成・能力開発システム

発を求められている。そのためには、大学などの高等教育機関と企業、そして(社)プレストレストコンクリート技術協会などが連携をとって、PC技術者の養成・確保の一貫した教育システムを構築し、運用していかなければならない。

3. PCについての大学教育

PC技術の基礎教育は、大学などの高等教育機関で一般に行われている。PCに関する大学学部の教育を調査した結果は、これまで入手できていないが、PCのみの講義課目を開設している大学は、わが国にはほとんどないと思われる。鉄筋コンクリート工学の講義の最後に、数コマのPCの講義が行われているのが大半である。このような講義時間では、PCに関する基礎としてのPC鋼材の種類と力学的性状の特徴、定着装置の種類と特徴、プレストレスング、PCグラウトの品質と注入作業などを、簡単に紹介するだけが大半である。もちろん、このようなPCの基礎的事項を最初に習得することが、PC技術者には必要である。

4. PCの力学的性状についての教育

PCの基礎的事項として重要な力学的性状を教える例としては、図-2に示す偏心圧縮載荷時の応力状態の算定が挙げられる。この図は、プレストレスの大きさと作用位置(偏心距離)がPCの力学的性状に及ぼす影響を示す基本である。そして、この例は、構造力学や応用力学等の中で講義されることも多い。

しかしながら、この偏心圧縮載荷は、いわゆるフルプレストレス状態のPCに限ってプレストレスの導入効果が定量的に表示できるのである。とくに近年注目を浴びているPPC(PPRC)における各構成材料の挙動を把握するには、偏心圧縮載荷の力学だけでは不十分であると考えられる。

PPC(PPRC)において緊張材にあらかじめ緊張力を導入した場合の力学的性状を示すには、図-3の膨張コンクリートを

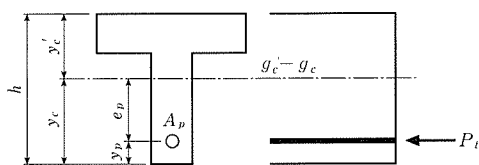


図-2 プレストレス力による応力

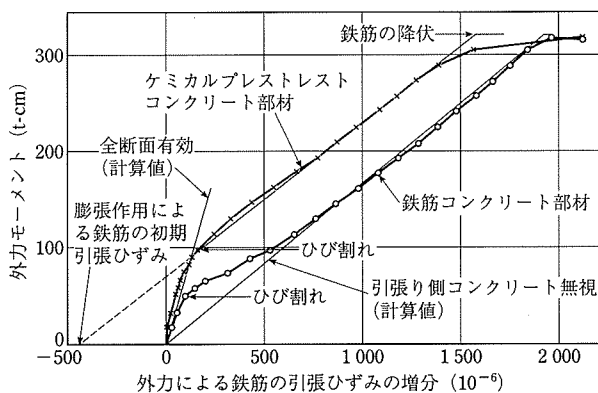


図-3 ケミカルプレストレスコンクリート部材における曲げモーメントと引張鉄筋のひずみの増分との関係

を鉄筋コンクリートに適用した例を挙げたい。すなわち、ケミカルプレストレスとケミカルプレストレスレインが導入されたときの曲げひび割れ発生荷重と曲げひび割れ幅の改善が、好例と考えられる。この曲げ性状を大学教育で履修させるには、なかなか困難である。事実、(社)土木学会において「膨張コンクリート設計施工指針」を制定する際に、委員会の委員の方に理解していただくことも、非常に困難であった。

図-3より、次のように膨張コンクリートを利用して鉄筋を膨張させたことによる部材の曲げ性状が改善されるのである。

- ① ケミカルプレストレスの導入により、曲げひび割れ発生モーメントが増加するため、全断面有効として計算できる範囲が大きくなる。
- ② 外力モーメントによる鉄筋の引張ひずみは、曲げひび割れの発生後も小さくなる。そのひずみの減少量は、膨張作用により引張鉄筋に生じる初期ひずみであるケミカルプレストレスレインとほぼ同じである。
- ③ 曲げひび割れ幅は、一般に、膨張作用により引張鉄筋に生じるケミカルプレストレスレインに相当する分だけ、通常の鉄筋コンクリートに比べて小さい。
- ④ 釣合い鉄筋比以下の部材の曲げ破壊モーメントは、コンクリートの強度が膨張作用により著しく低下しない限り等しい。

①の効果は、図-2で述べた偏心圧縮載荷と同じ力学の問題であり、理解が容易である。しかしながら、②および③のプレストレスングの効果を理解させることは、現在でも、学部の鉄筋コンクリートの講義を受講した者だけでなく、当研究室の卒業研究の学生でもこのような実験を行わなかった者には、非常に困難である。

④の現象については、載荷前にケミカルプレストレスレインが生じている引張鉄筋は、載荷による降伏点強度までの余裕が少ないため、曲げ引張破壊モーメントは小さくなると主張された大学教員も多かったのは事実である。部材断面内の内力と外力の理解が十分でないための主張であった。

PPC(PPRC)では、図-3に示した力学的性状より複雑である。PC鋼材にプレストレスレインが緊張ひずみとして導入され、鉄筋にはプレストレスングによる初期応力および初期ひずみも考慮しなければならないためである。その場合でも図-3で述べた部材断面内の内力と外力の理解ができていれば、PPC(PPRC)の力学的性状も容易に把握できるのである。

このようなPPC(PPRC)の力学的性状を把握する教育は、大学教育に含まれると考えるが、現状のカリキュラムでは大きな困難が伴っている。企業内での教育に委ねざるを得ないのが現状である。

5. 企業内でのPC技術教育

企業内におけるPC技術教育は、① 設計、② 現場での施工、③ 工務(施工計画、積算など)、④ 営業、⑤ 研究・開発に分かれて、一般に行われている。定期採用者技術研修や中堅技術者技術研修などにおける①～⑤の企業内研修

は、それぞれの企業が独自の教育プログラムを定めて実施している。その場合にはまた、OJT (on the job training) が重要な役割を占める。また、海外留学や国際会議の出席、海外視察団への参加などの海外技術研修、国内の技術発表会や技術講習会などへの参加も、適宜採り入れられている。

企業内でのPC技術教育や自己継続教育に対応して、(社)プレストレストコンクリート技術協会(PC技術協会)や(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会(PC建設業協会)において、技術資料、書籍、スライド、VTR、映画等を制作し、発行している。PC技術協会の隔月刊行の本誌「プレストレストコンクリート」はもちろん、書籍などでも表-2に示すものが用意され、発刊されている。

表-2 プレストレストコンクリート技術協会および建設業協会発行の書籍等

プレストレストコンクリート技術協会
・「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－」1997年4月，140pp.
・「PC定着工法－2000年版」(初版－16工法，1977年11月)，2000年12月，214pp.
・「最新PC橋架設工法」1990年4月，147pp.
プレストレスト・コンクリート建設業協会
・「プレストレストコンクリート年報」
・「プレストレストコンクリート，スライド，総括編，道路橋編，鉄道橋編」1987年
・「やさしいPC橋の設計」(1991年10月第1版)，1995年3月，改訂版，263pp.
・「PCグラウト&プレグラウトPC鋼材施工マニュアル」(1986年11月初版)，改訂版，1999年11月，117pp.

とくにPC建設業協会で作成されたプレストレストコンクリートのスライドは、特筆すべきものである。著者に限らず、大学や高専などの講義にこのスライドが使われた先生方は多いと聞いている。このスライドの改訂が望まれる。

6. 継続教育 (CPD)

継続教育 (CPD: Continuing Professional Development) の制度が、最近注目されている。土木学会においても技術推進機構を窓口にして、平成13年4月より開始された。

ISO規格などの国際技術標準の導入や技術者資格の国際的相互承認の進展などに見られるように、建設分野にも国際化の大波が押し寄せている。わが国のPC技術者が国際的にも活躍できる環境を整備するためには、わが国の技術士、建築士やPC技士などの技術者資格と諸外国のそれらとの相互承認を進め、国際化に対応していくことが必要になっている。また近年は、わが国のPC技術者についても、これら資格取得後において最新の技術や知識を継続的に習得し、自己の能力の維持・向上を目指すことと、高い職業倫理観の涵養に努めることが要請されている。

こうした背景を踏まえて、「技術士法」が平成12年に改正された。その中で、資質や能力を一層向上させるために、資格の取得後においても研鑽を図ることが、技術士の責務として明文化された。

PC技術協会では、会員の資質や能力の向上を図り、高い倫理観をもって社会に貢献するため、平成5年よりプレストレストコンクリート技士(PC技士)の技術者資格制度を

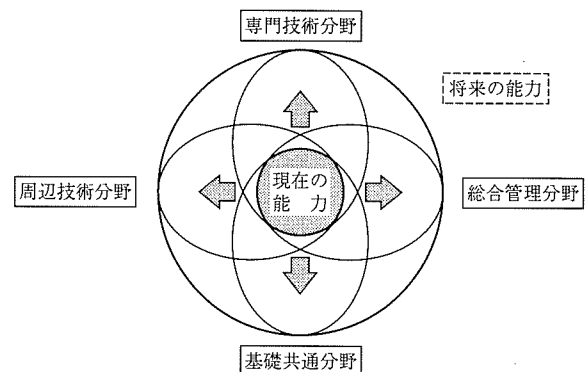
創設して、平成12年度末までに6961名の試験合格者と6606名のPC技士登録を認定している。このPC技士の制度においても、次に述べる土木学会で開始された継続教育制度の創設および実施が求められる。

6.1 土木学会の継続教育制度の概要

土木学会の継続教育制度は、技術推進機構が窓口になって実施している。その継続教育制度において、「継続教育記録簿」に記入された土木技術者の学習記録に基づいて、それを土木学会が個人情報として登録、管理し、さらに土木技術者の求めに応じて継続教育記録に関する証明書を発行することを、その骨子としている。この継続教育記録は、技術士、土木施工管理技士、RCCM、APECエンジニアなどの技術者資格を有する者が自己の継続教育の証として活用することができるものである。

継続教育制度をもう少し詳しく述べると、①継続教育プログラムの提供、②継続教育の記録、および③継続教育の証明の3本柱から構成されている。①継続教育プログラムの提供については、土木学会の常置委員会や支部が主催する講習会や研究発表会などの行事、技術推進機構が独自に企画し主催する講習会などを、継続教育プログラムとして認定し、公表している。②継続教育の記録については、土木学会が発行する「継続教育記録簿」に自己の継続教育実施のつど、学習記録として所定の事項をなるべく時系列的に記入する。そして、継続記録の登録を希望する者は、年に1回を目安に「継続教育記録簿」のコピーを提出すると、土木学会技術推進機構ではそれに基づき、個人情報として登録し、管理する。③継続教育の証明については、登録された「継続教育記録簿」に基づき技術者の求めに応じて、継続教育記録に関する証明書を発行する。

土木学会で実施している継続教育のイメージは、図-4のように示されている。この図の4つの教育分野である基礎共通、専門技術、周辺技術、総合管理それぞれについて、種々の教育形態を活用して、自己の能力の拡充を図るものである。



図の内側の円は「現在の能力」を、外側の円は「将来の能力」を表す。

図-4 土木学会の継続教育のイメージ

6.2 CPD (継続教育) 単位の取得

継続教育の制度では、継続教育内容の定量化を図ることが重要である。土木学会では、教育形態に応じてCPD(継続教育)単位を定めている。基本的には、CPDとして実際

に費やした時間に教育内容のグレードに応じた「時間重み係数（CPDF）」を乗じて定めたものと、1件あたりについてCPD単位を定めたものに大別している。そして、CPD単位を教育形態に対応した表で示している。

取得すべきCPD単位の目標については、(社)日本技術士会では5年間に250単位、(社)全国土木施工管理技士会連合会では5年間に30単位とし、土木学会では、年間50単位を目標にCPD単位を取得することを勧めている。その際に、特定の教育分野や教育形態に極端に偏らないように、バランスの良い単位の取得に留意させている。

6.3 PC技術者の継続教育

PC技術者にも、土木技術者と同様に、前述したような継続教育が要請されてきた。PC技術者は、種々の講習会、講演会、研修会、シンポジウムなどを受講し、技術活動の成果を発表することなどを通じて、継続的に自己の知識や技術の幅を広げていかなければならない。そして、倫理観の涵養に常に努め、自らの責任において技術的に的確な判断を下して適正に業務を実施することにより、PC技術者とし

ての社会的使命を果たしていかなければならない。

PC技術者の継続教育を確実に実施するためには、PC技術協会にも土木学会のようなCPD（継続教育）制度を創設することも検討すべき時期にきていると思われる。PC技術協会がPC建設業協会とともに、継続教育プログラムや情報交換の場を提供するだけでなく、「継続教育記録簿」を発行して、継続教育の記録を登録し、管理して、継続教育記録の証明を行う制度である。そして、PC技士の更新には、所定のCPD（継続教育）単位を取得していることを条件とすることも、併せて検討することが望まれる。

7. おわりに

国際化が進む21世紀を迎え、PC技術者としての大学などにおける基礎教育、企業内での実務教育、および継続教育（CPD）について、日頃考えている事項を述べた。本拙文は、PC技術者がその社会的な使命を適正に果たして、これまで以上に高い社会的評価を得るための発露であるとのご理解をいただければ幸いである。

【2001年11月13日受付】