

# 自己圧着ブレース工法による耐震補強の設計・施工

松本 忠史\*1・山田 政雄\*2・片山 丈士\*3・前田 貴史\*4

## 1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震以降、既存不適格建物の耐震性能を向上させることが被害を最小化するための重要な課題として挙げられ、耐震改修促進法が施行された。しかしながら、耐震化率はいまだに十分とはいえない状況にある。耐震補強の実効を図るには、より施工性・経済性に優れた耐震補強工法の開発が望まれている。とくに工事期間中も建物の使用を妨げることのない「居ながらできる耐震補強」が既存不適格建物の耐震化を進める鍵となっている。

本工法は、施工性・経済性に優れた耐震補強工法を目指し、開発されたものであり、当初、下記に示す内部緊張型において、その施工法を確立したが、その後、中央部分に改良を加えることにより、外部緊張型の施工法に発展してきた。

本稿では、自己圧着ブレース工法の内部緊張型、外部緊張型をそれぞれ採用した2つの建物に関し、その補強概要と施工方法について報告する。

## 2. 自己圧着ブレース工法の概要

従来の耐震壁や鉄骨ブレースの増設による耐震補強では、耐震補強部材と既存建物とを一体化させるためのあと施工アンカー工事が必要となり、これは単に工程が増えるのみならず工事の際の振動、騒音や粉塵等が補強工事の中の大きな障害となっていた。

これらの問題を解決するため、本工法ではプレストレスを導入した多層バネ要素を材端部に配置したプレキャスト鉄筋コンクリート造ブレース（以下、PCaブレースと呼ぶ）を既存骨組構面内に設置し、その後、プレストレスを解放することによって、既存骨組と圧着して一体化を図るものである。この多層バネ要素によって、ブレースが伸び変形を受けても、PCaブレースを既存の柱と梁の交差部に圧着

する（一体化させる）点が本工法の特徴である。このため、本工法では、従来の耐震補強工法で用いられるあと施工アンカーが不要となる。

自己圧着ブレース工法には、プレストレスの導入の仕方が異なる2つの方式がある。一つは、内部緊張型であり、この方式はPCaブレース内にPC鋼棒を配置し、PCaブレース下半分の部分にプレストレスを導入する工法である。もう一つの方式は、外部緊張型であり、この方式はPCaブレースの外部にPC鋼棒を配置し、PCaブレース全長に渡りプレストレスを導入する工法である。外部緊張型は、ブレース全長に渡りプレストレスを導入するため、導入効率が良く、あと工程となるブレース中央部（図-1の◎部）のグラウト充てんが不要となるなど、内部緊張型のデメリットを改善したものである。さらに、外部からの緊張を再度行うことにより、一度配置したブレースを取り外し、他の箇所へ移設することができる工法である。内部緊張型の工法の概要を図-1、ブレース端部の多層バネ要素の概要を図-2に示す。また、地震時の挙動を図-3に示す。さらに、施工手順の概要を図-4に示す。

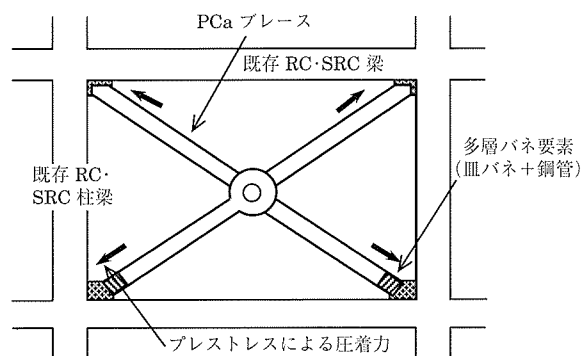
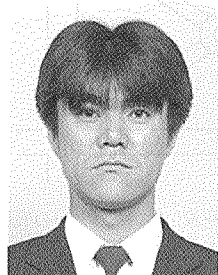
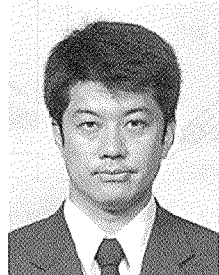


図-1 自己圧着ブレース工法の概要



\*1 Tadashi MATSUMOTO

(株)竹中工務店 設計部  
構造部門



\*2 Masao YAMADA

(株)竹中工務店 設計部  
構造部門



\*3 Takeshi KATAYAMA

(株)竹中工務店 設計部  
構造部門



\*4 Takashi MAEDA

(株)ダイワ 研究開発室

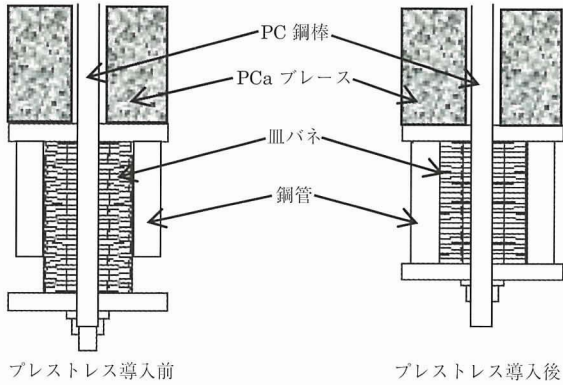


図-2 プレース端部の多層バネ要素の概要

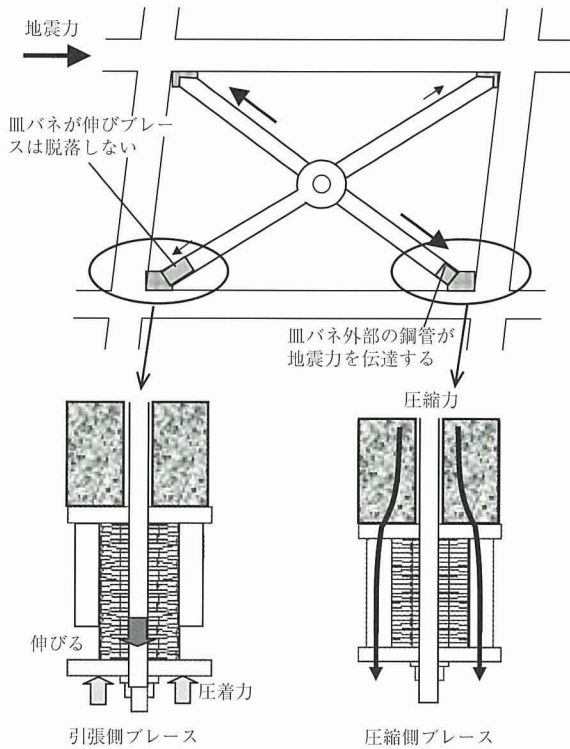


図-3 地震時の挙動

### 3. 施工例-1 (内部緊張型)

#### 3.1 建物概要

建物名称：大阪産業大学7号館  
 建築地：大阪府大東市中垣内3-1-1  
 建築主：学校法人大阪産業大学  
 設計者：株式会社竹中工務店  
 施工者：株式会社竹中工務店  
 工期：2002年8月～2002年10月  
 延床面積：4376.6㎡  
 構造種別：鉄筋コンクリート造  
 規模：地上5階  
 軒高：18.27m  
 建物高さ：19.22m



写真-1 建物外観

#### 3.2 補強計画

本既存建物は、1968年に竣工した大学の校舎である。平面形状は52.5m×15.0mの整形な建物であり、鉄筋コンクリート造5階建、基礎形式は杭基礎である。桁行方向は純ラーメン架構、張間方向は、耐震壁付きラーメン架構となっている。図-5に4階床伏図、図-6に軸組図を示す。耐震診断において、桁行方向は各階とも構造耐震指標 $I_s$ 値

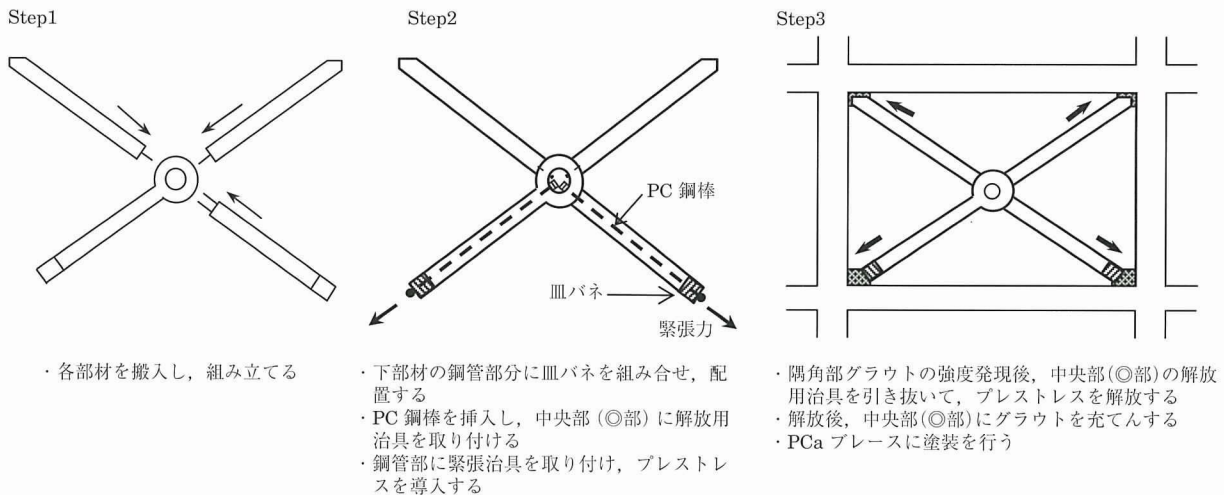


図-4 施工手順の概要

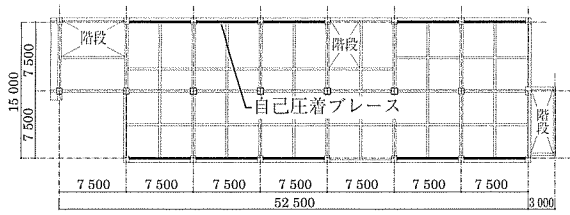


図 - 5 4階床伏図

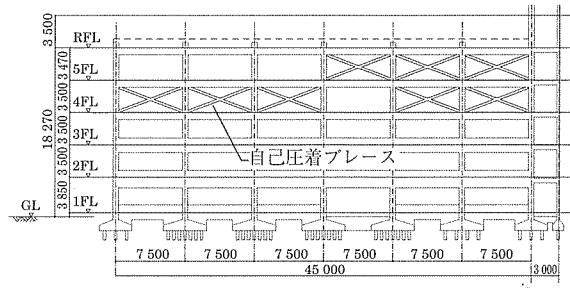


図 - 6 軸組図

が  $I_{s0} = 0.6$  を下回り、張間方向は 1 ~ 3 階で  $I_{s0} = 0.6$  を下回り、補強が必要であると判定された。既存建物は、 $F$  値 = 1.0 の部材が主体であるため、強度型の補強が効果的である。

補強工法の選定に際しては、学校の特殊性を活かし夏休みの集中的な期間で補強工事を完了させることが可能な工法とすることとした。表 - 1 に示すような耐震補強工法の比較により、あと施工アンカー工事が不要であり、短工期施工を可能とする工場製作の PCa 部材である自己圧着ブレース工法を積極的に採用することとした。1 箇所の自己圧着ブレースの負担せん断力は約 1 500 kN であり、耐震補強により、構造耐震指標  $I_s$  値が 0.24 から 0.62 へ上昇した。図 - 7 に内部緊張型の詳細図を示す。PC 鋼棒は 1- $\phi 26$  を用い、導入軸力は 400 kN である。本建物においては、16 構面に採用した。

### 3.3 補強工事

本工法においては、ブレース部材と既存躯体とが接する箇所は、ブレース端部のみであるため、その接する 4 箇所の仕上げモルタルの除去をブレース搬入前に行う。仕上げモルタルの除去に関しても、従来の工法に比べ、粉塵が少

表 - 1 耐震補強工法の比較

補強案	自己圧着ブレース工法	鉄骨ブレース補強	RC 耐震壁増設
補強概念図			
構造性能	○	○	○
コスト	◎	△	○
工期	○	△	×
施工中の振動・騒音	◎	△	△
総合評価	◎	△	△

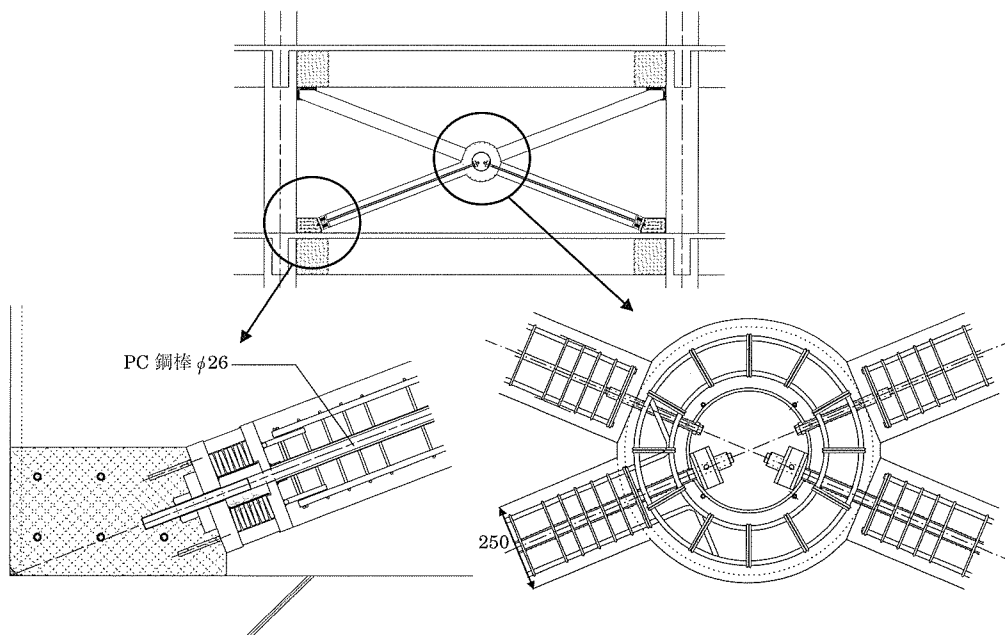


図 - 7 内部緊張型の詳細図

なく、工程を短縮することができた。また、分割され、搬入されたブレース部材は、台車により移動させることが容易である。また、現場施工となるグラウト充てんに関しても、そのボリュームが少なく、かぎりなく乾式の耐震補強工事に近いといえる。図-8で内部緊張型の詳細な工事手順と合わせて、工事状況を説明する。

- ① 4分割されたPCaブレースを搬入し、平置きにして組み立てる。
- ② 組み立てられたブレース脚部からプレストレスを導入する。
- ③ プレストレスが導入され一体となったブレースを建て起こし、所定の位置に設置する。
- ④ 所定の位置に設置された時のブレース脚部の状況。
- ⑤ 所定の位置に設置後、ブレース端部4箇所成型枠を設置し、グラウトを充てんする。グラウト硬化後のブレース頂部の状況。
- ⑥ グラウト硬化後のブレース脚部の状況。
- ⑦ ブレース端部のグラウト硬化後、ブレース中央部でプレストレスを解放する。
- ⑧ 中央部に成型枠を設置し、グラウトを充てんする。
- ⑨ ブレースに塗装を行い、施工完了。

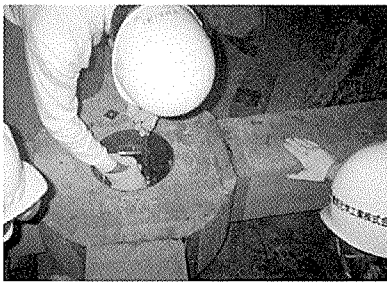
#### 4. 施工例-2 (外部緊張型)

##### 4.1 建物概要

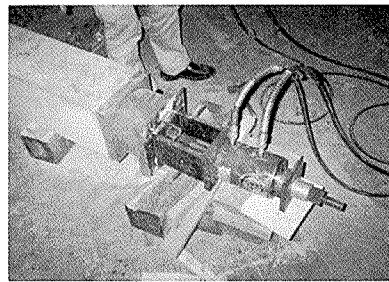
建物名称：大阪産業大学 8号館  
 建築地：大阪府 大東市中垣内3-1-1  
 建築主：学校法人 大阪産業大学  
 設計者：株式会社 竹中工務店  
 施工者：株式会社 竹中工務店



写真-2 建物外観



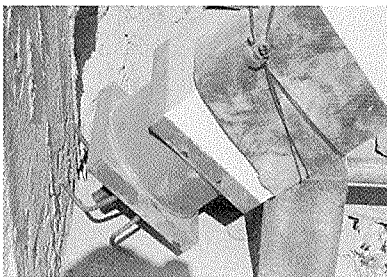
①ブレース部材同士を地組



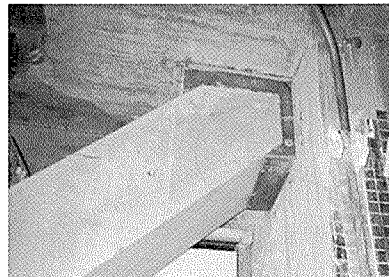
②プレストレス導入



③ブレース建て起こし



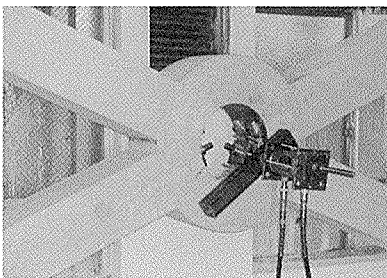
④建て起こし後のブレース脚部



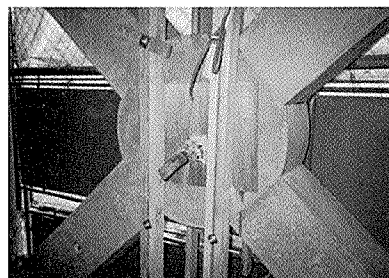
⑤グラウト充てん後のブレース頂部



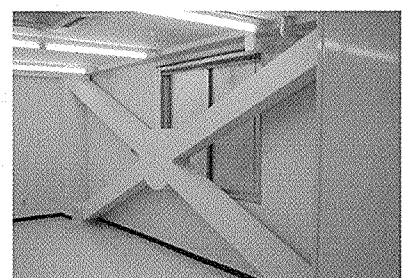
⑥グラウト充てん後のブレース脚部



⑦プレストレス解放



⑧中央部へのグラウト充てん



⑨仕上げ後の自己圧着ブレース

図-8 内部緊張型の施工状況



工 期：2005年3月～2005年11月  
 (耐震補強工事は2005年7月～2005年8月)

延床面積：3 739.1 m<sup>2</sup>  
 構造種別：鉄筋コンクリート造  
 規 模：地下1階・地上3階・塔屋2階  
 軒 高：12.53 m  
 建物高さ：18.84 m

#### 4.2 補強計画

本既存建物は、7号館と同じ1968年に竣工した大学の校舎である。平面形状は69.8 m × 16.0 mの整形な建物であり、鉄筋コンクリート造3階建、基礎形式は杭基礎である。架構形式も7号館と同様に、桁行方向は純ラーメン架構、張間方向は、耐震壁付きラーメン架構となっている。図-9に2階床伏図、図-10に軸組図を示す。耐震診断において、桁行方向は各階とも構造耐震指標  $I_s$  値が  $I_{s0} = 0.6$  を下回

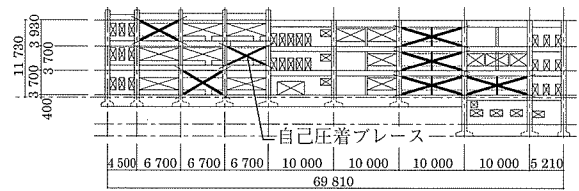


図-10 軸組図

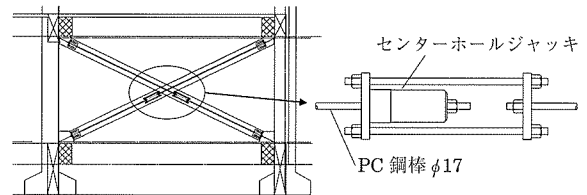


図-11 外部緊張型の詳細図

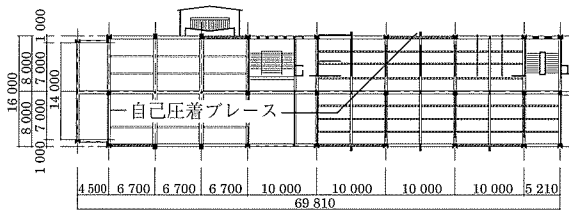


図-9 2階床伏図

り、張間方向は1階で  $I_{s0} = 0.6$  を下回り、補強が必要であると判定された。この建物においても、既存建物は、 $F$  値 = 1.0 の部材が主体であるため、強度型の補強が効果的である。

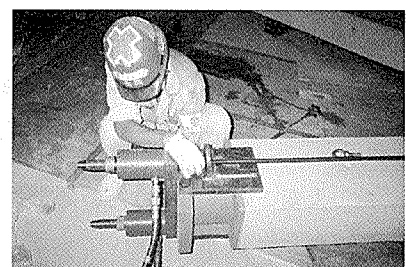
補強工法の選定は7号館と同様の理由により、自己圧着ブレース工法を積極的に用いることとした。1箇所の自己圧着ブレースの負担せん断力は約2 000 kNであり、耐震補



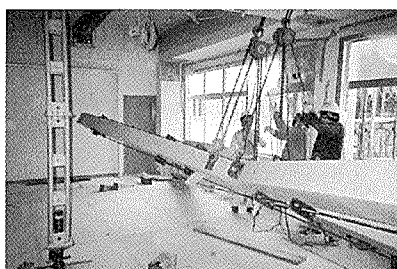
①ブレース部材を地組



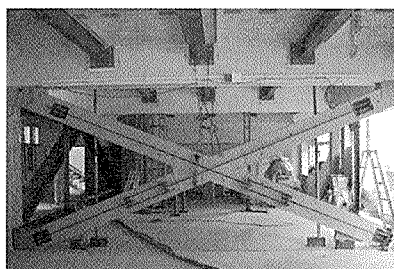
②皿バネセット



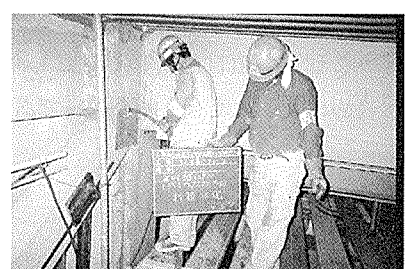
③プレストレス導入



④ブレース建て起こし



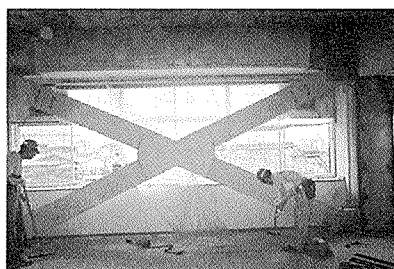
⑤所定の位置に配置



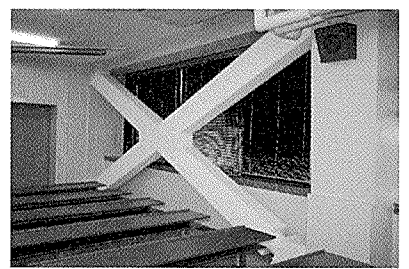
⑥無収縮モルタル充てん



⑦プレストレス解放



⑧自己圧着ブレース設置完了



⑨仕上げ後の自己圧着ブレース

図-12 外部緊張型の施工状況

強により、構造耐震指標  $I_s$  値が 0.36 から 0.60 へ上昇した。図 - 11 に外部緊張型の自己圧着プレースの詳細図を示す。PC 鋼棒は 2- $\phi$  17 を用い、導入軸力は 350 kN である。本建物においては、14 構面に採用した。

#### 4.3 補強工事

基本的な補強工事における特徴は、内部緊張型と同じであるため、ここでは、外部緊張型の施工状況について図 - 12 で詳細な工事手順と合わせて説明する。

- ① 5 分割された PCa プレースを搬入し、平置きにして組み立てる。
- ② 皿バネを組み合せプレース脚部にセットする。
- ③ 組み立てられたプレース脚部にプレストレス導入治具をセットし、プレース全長にプレストレスを導入する。
- ④ プレストレスが導入され一体となったプレースを建て起こし、所定の位置に設置する。
- ⑤ 所定の位置に配置された状況。

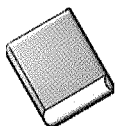
- ⑥ 所定の位置に設置後、プレース端部 4 箇所型枠を設置し、グラウトを充てんする。
- ⑦ プレース端部のグラウト硬化後、プレストレスを解放する。
- ⑧ プレースの設置完了。
- ⑨ プレースに塗装を行い、施工完了。

#### 5. おわりに

自己圧着プレース工法は、京都大学渡邊教授、河野准教授の発案、指導によりナガイ設計事務所、(株)ダイワとともに共同で開発した工法であり、ここに、長年のご協力に心より御礼申し上げます。

最後に、大阪産業大学 7 号館、8 号館の耐震補強工事にご協力いただいた多数の皆様へ、心より感謝の意を表します。

【2007 年 4 月 30 日受付】



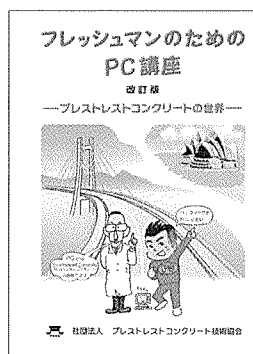
新刊図書案内

## フレッシュマンのための PC 講座・改訂版

— プレストレストコンクリートの世界 —

大変ご好評をいただいております「フレッシュマンのための PC 講座」も平成 9 年に第一版が発刊されてから約 10 年が経過いたしました。

その間に、基準値・規格値をはじめとした技術基準が従来単位系から SI 単位系に移行しました。また、プレレストレストコンクリート構造物においても、複合構造等の新しい構造物が誕生しています。そこで、これらの項目を新しく見直して、改訂版を発刊することにいたしました。これからの技術者を育てるためには、大変有意義な図書であると確信しておりますので、是非有効利用されることをお勧めいたします。



#### 主な改訂項目

- ・従来単位系から SI 単位系に変更しました。
- ・PC を利用した構造物の紹介に、最近の新しい構造物を盛り込みました。

発 刊 日：2007 年 3 月

頒 布 価 格：会員 3,000 円（非会員 3,600 円）郵送料 400 円／冊

体 裁：A4 判、140 頁

申 込 先：(社)プレレストレストコンクリート技術協会