

ドバイ・メトロプロジェクト高架橋建設におけるプレキャスト部材の広範な利用

大場 成道*1・伊藤 隆吉*2・齋藤 公生*3・山崎 啓治*4

1. はじめに

ドバイ・メトロプロジェクトは、アラブ首長国連邦ドバイの交通渋滞緩和を目的に新交通システムを建設するものである。第1期工事（Red Line）では、約43 kmの高架橋がきわめてかぎられた工期の中で建設される（写真-1）。Red Lineの高架橋建設にあたっては、施工の急速化を図るため、桁をプレキャストセグメントとしたほか、T型橋脚の横梁部分にプレキャスト製埋設型枠を適用した（写真-2）。この結果、プレキャストセグメントをスパンバイスパン



写真-1 スパンバイスパン工法による高架橋建設



写真-2 高架橋橋脚

ン架設する標準支間部では2日で1スパンの架設を達成した。また、橋脚横梁部の構築速度4日/基を実現した。

本文では、ドバイ・メトロプロジェクト第1期工事における主桁プレキャストセグメントの製作と架設について概説するとともに、プレキャスト型枠を用いた橋脚横梁の施工について報告する。

2. 工事概要

近年、急速な発展を遂げるアラブ首長国連邦ドバイでは、インフラ整備が急ピッチで進められている。深刻な交通渋滞緩和には、道路整備はもとより新交通システムの建設、運河の延伸など種々の対策が講じられている。ドバイ・メトロプロジェクトは、交通渋滞緩和を目的とした新交通システムを中東湾岸諸国で初めて建設するものである。その第1期工事として現ドバイ国際空港と自由貿易特区を結ぶRed Lineが発注された（図-1）。Red Line以降もドバイ全体の整備計画に従って、新交通システム網の整備が進められる予定である。Red Lineの大部分は高架化され、市街中心部のみが地下化される。高架橋総延長は43 kmであり、設計から鉄道システム整備を含めた工期は、49ヵ月である。工事概要を以下に示す。

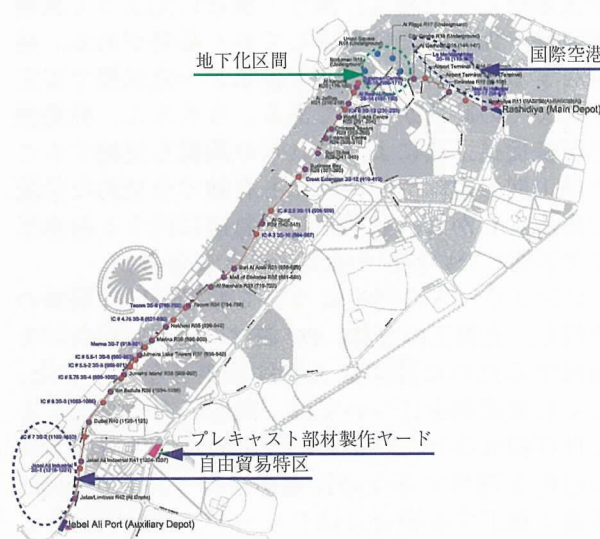


図-1 Red Line 路線図

*1 Narimichi OBA：(株)大林組 海外土木事業部
 *2 Ryukichi ITO：(株)大林組 海外土木事業部
 *3 Kimio SAITO：鹿島建設(株) 土木設計本部
 *4 Keiji YAMAZAKI：鹿島建設(株) 土木設計本部

工 事 名：Dubai Metro Project (Phase-1)
 ドバイ・メトロプロジェクト (第1期工事)
 企 業 者：ドバイ道路交通局 (RTA)
 工事場所：アラブ首長国連邦 (UAE) ドバイ
 工 期：2005年8月～2009年9月 (49ヵ月)
 工事範囲：詳細設計, 施設建設, 受配電設備, 信号・通信設備, 駅務設備, 車両を含む鉄道システム一式, 保守3年間
 土木建築工事範囲：
 地上区間：延長47.7km (高架橋43.0km, ランプ他4.7km), 地上駅舎23駅
 地下区間：延長4.1km (シールド/開削トンネル), 地下駅4駅
 そ の 他：操車場2カ所, 非常避難階段, 電力供給所等

3. 高架橋概要

本工事では、すべての高架橋にコンクリート構造が適用されている。上部構造は一部を除き下路式桁橋であり、全長の約70%にあたる30kmが単純桁橋、約30%にあたる残り13kmが1径間ごとに架設された後に連続化される2径間連続桁橋、張出し架設される3径間連続桁橋、およびプラットフォームと一体化された駅部の高架橋などで構成される (表-1, 図-2)。本高架橋の桁断面は、以下の特徴を有する。

① 橋桁内部に、電気・通信ケーブルを配置するスペースを確保できるため、架線が外観を損ねず、美観上優れる。

表-1 橋梁形式と支間数

橋梁形式	支 間 数		
	直線橋	曲線橋	合 計
単純桁橋	786	226	1 012
2径間連続桁橋	34	32	66
3径間連続桁橋	27	21	48
駅部高架橋	85	—	85
単線部高架橋	11	27	38
合 計	943	306	1 249

- ② ウェブが防音壁として機能するため、新たな防音壁の設置が不要となる。
- ③ フランジ上面を避難通路として利用できる。

下部構造には、張出し架設される3径間連続桁橋および地盤条件の悪い箇所を除きT形橋脚が適用されている。本高架橋が地下埋設物が数多く存在する都市内に建設されることから、基礎と埋設物の干渉を極力避けるために、基礎に直径2.2～2.8mの場所打ち1本杭を採用し、杭と円形

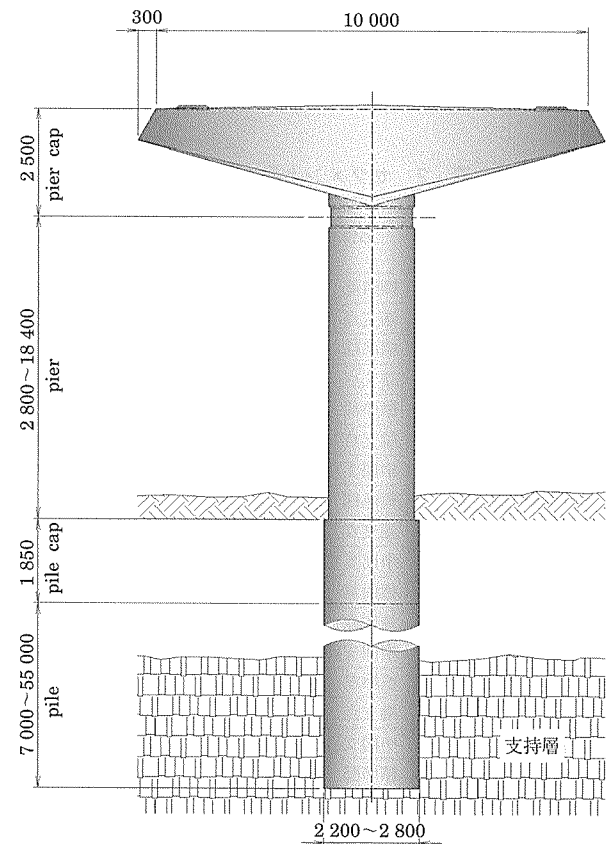


図-3 橋脚・基礎構造図

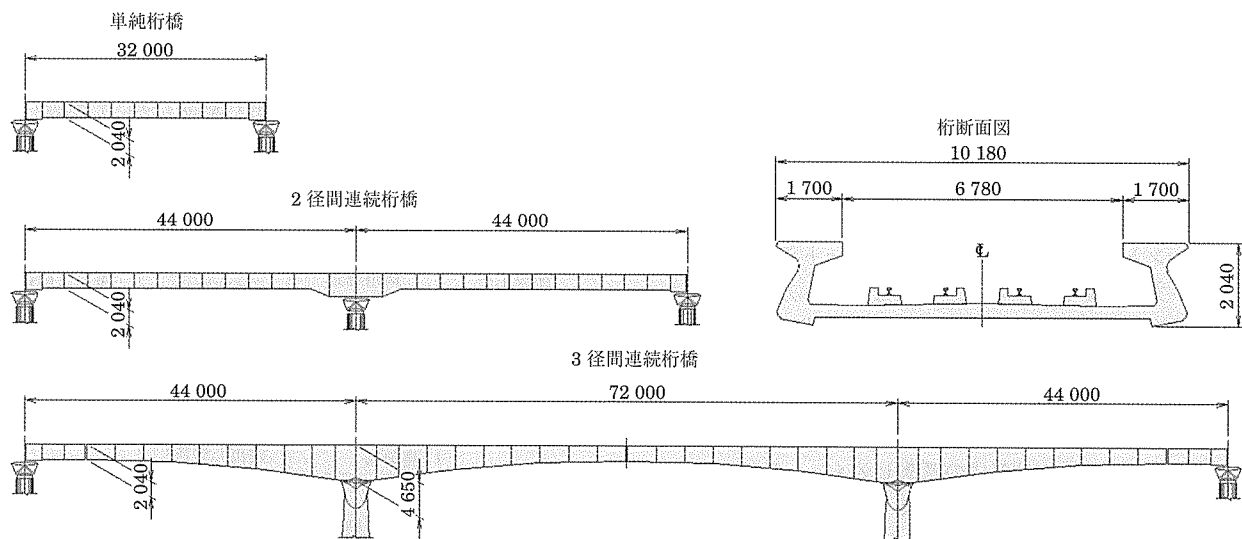


図-2 上部工構造図

断面の橋脚を直接連結する構造としている（図-3）。橋脚横梁部にはプレストレスを導入することで、部材寸法の縮小が図られる一方、美観上の配慮から複雑な3次元曲面を有する形状が採用されている。

4. 上部構造へのプレキャストセグメントの適用

大規模な高架橋建設にあたっては、架設の急速化が図れるプレキャストセグメントが桁に適用された。Red Lineで使用されるプレキャストセグメントは、合計11730個である（表-2）。標準的なセグメントの重量は、50tfから60tf、長さは4.0mである。

表-2 セグメント数と製作方式

橋梁形式	直線 or 曲線	部位	製作方式	型枠装置 (基)	セグメント (個)
単純桁橋	直線	標準部	L	18	5 510
		端支点	S	5	1 572
	曲線	標準部	S	7	1 581
		端支点	S	3	452
2径間 連続桁橋	直線	標準部	L	(4)*	292
		端支点	S	(5)*	34
		中間支点	S	1	68
	曲線	標準部	S	(2)*	288
		端支点	S	(3)*	32
		中間支点	S	(1)**	64
3径間 連続桁橋	直線、 曲線共	標準部	S	8	576
		端支点	S	1	96
		中間支点	S	2	64
駅部 高架橋	直線	標準部	S	2	500
		端支点	S	1	50
		中間支点	S	2	240
単線部 高架橋	直線、 曲線共	標準部	S	2	235
		端支点	S	1	76
合計				53	11 730

※L：ロングラインマッチキャスト方式
 S：ショートラインマッチキャスト方式
 * 単純桁橋の型枠装置を利用
 ** 2径間連続桁直線橋の型枠装置を利用

4.1 プレキャストセグメントの製作

本工事では、Red Line 終点付近に設けた面積500 000㎡の製作ヤードで、全セグメントの製作を行った。したがって、製作ヤードから架設地までのセグメントの運搬には公道を利用した。

セグメントの製作方式は、一般にショートラインマッチキャスト方式とロングラインマッチキャスト方式に大別されるが、本工事では両方式を以下のように使い分けた。セグメント数の多い単純桁橋と2径間連続桁橋の標準部のセグメント（以下、標準セグメント）製作では、直線橋でロングライン方式を曲線橋でショートライン方式を採用した。セグメント数が少ない他形式の標準セグメントの製作には、ショートライン方式を採用した（表-2）。

一方、支点部セグメントの製作にはショートライン方式を採用した。本工事では、支点部セグメントを標準セグメ

ントの製作から独立させることなく、標準セグメントとマッチキャストすることで、支点部セグメントと標準セグメント間の場所打ち調整目地を省略した。スパンバイスパン架設される橋の支点部セグメントについては、別の型枠装置で製作された標準セグメントを支点部セグメントの型枠装置に移動し、マッチキャストセグメントとして活用した。片持ち張出し架設される橋の中間支点セグメントについては、先に製作した支点部セグメントを他の型枠装置にマッチキャストセグメントとして移動し、標準セグメントを製作した。

製作ヤード内には、鉄筋材料の荷降ろし・移動および鉄筋籠の移動のために6基のタワークレーンを設置し、製作されたセグメントの移動のために門形クレーンを8基配置した。プレキャストセグメントの製作機械として、ロングラインマッチキャスト方式の型枠装置を18基、ショートラインマッチキャスト方式の型枠装置を35基設備した（表-2）。その他、製作されたセグメントの仕上げを行うエリアと架設までの期間仮置きするエリア（ストックヤード）が設けられた。ストックヤードは、セグメントを2段積みとして、1 750個が仮置き可能な規模である（写真-3）。

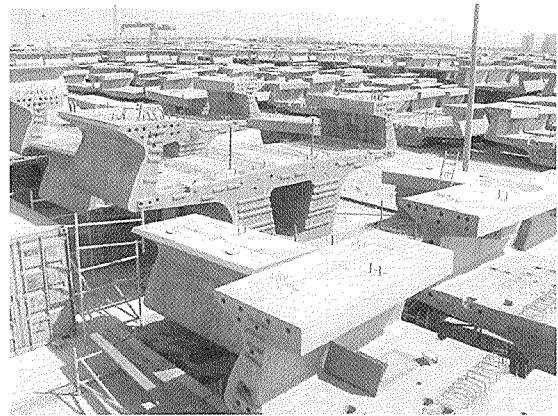


写真-3 セグメントストックヤード

4.2 プレキャストセグメントの架設

本工事では、大部分のセグメントをスパンバイスパン工法にて架設し、一部を片持ち張出し架設工法にて架設した。架設にあたっては、架設条件に応じて種々の架設用機械を

表-3 架設工法と機械

架設工法	適用形式	主要架設機械 (補助機械)	架設支間数
スパン バイスパン	・単純桁橋 ・2径間 連続桁橋 ・駅部 高架橋 ・単線部 高架橋	移動式架設桁 (トランス ポーター)	1 051
		クレーン (セグメント 送出し装置)	150
片持ち 張出し	・3径間 連続桁橋	エレクション ノーズ	27
		クレーン	21
合計			1 249

使用した (表-3)。

スパンバイスパン架設では、ハンガータイプの移動式架設術を主たる架設機械とし、9基の架設術を使用した (写真-4)。本工事で使用した架設術の質量は約4115kNである。架設術によるセグメントの吊上げは、原則として架設の対象となる支間の直下から行うが、直下からの吊上げが困難な支間で、隣接支間からの吊上げを可能とする機能を架設術に付加した。さらに、架設術のセグメント吊上げ可能範囲内へのセグメント搬入が困難な場合には、セグメントを搭載して既設の高架橋上を移動できるトランスポーターを補助機械として使用した (写真-5)。

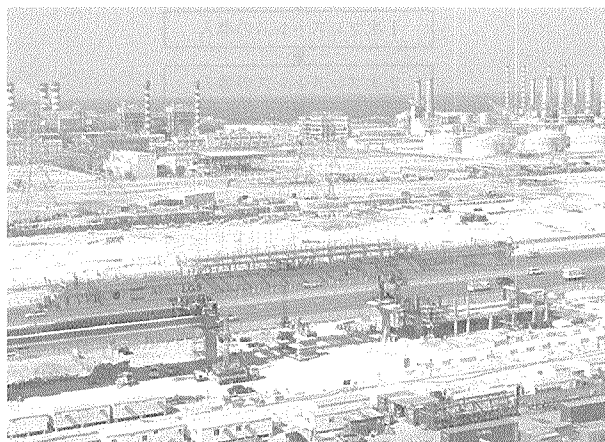


写真-4 移動式架設術



写真-5 トランスポーター

スパンバイスパン架設される高架橋が既設の道路橋の下や高圧電線の下を通過し、架設術の設置が困難な箇所では、設置式支保工とクレーンにより架設した。さらに、架設する支間の支保工上にセグメントを直接吊り込むことが困難な支間では、隣接径間の支保工上にセグメントを吊り込んだ後に、当該径間にセグメントを送り出す装置を併用した。

片持ち張出し架設される橋は、インターチェンジ等比較的幅員の広い道路を横断する箇所に建設された。本工事で、中間支点セグメントと第1セグメントをクレーンで架

設した。柱頭部仮固定後のカンチレバー架設では、供用中の道路上を横断しセグメントの吊上げ位置が限定される橋ではエレクションノーズを使用した (写真-6)。

一方、横断する道路の建設が橋の建設後となり、セグメント吊上げ位置への制約が比較的少ない橋ではクレーンを使用した。端支点セグメントと側径間セグメントの架設では、設置式支保工とクレーンを使用した。

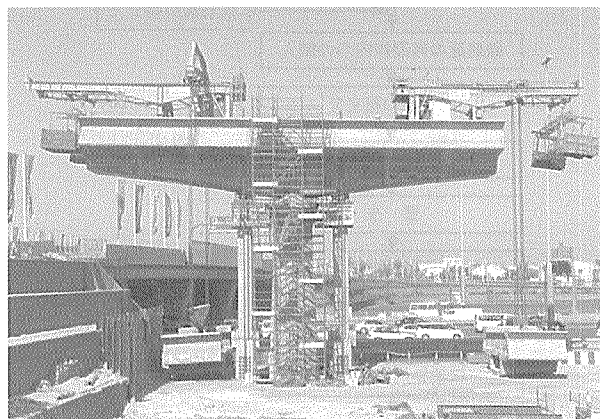


写真-6 エレクションノーズ

5. 橋脚横梁部へのプレキャスト型枠の適用

前述のとおり、橋脚横梁部は景観に配慮した複雑な3次元曲面で構成されている (写真-7)。本横梁の施工には、プレキャスト型枠を設置し内部をコンクリートで充てる工法を採用した。本工法の採用により、複雑な形状の形成が容易になったうえ、架設地での支保工・足場が簡素化され、工事の急速化が実現した。本工事で使用されるプレキャスト型枠は1330個であり、標準的な重量は55tfから65tfである (表-4)。

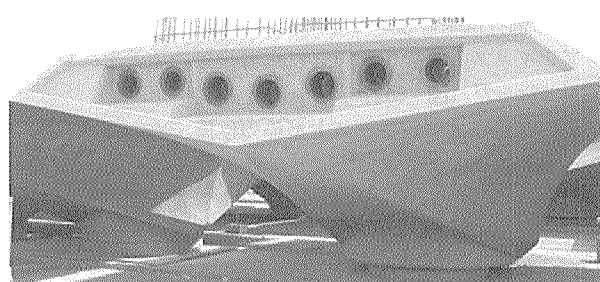


写真-7 プレキャスト型枠

表-4 プレキャスト型枠タイプと製作数

タイプ	適用橋梁形式	部位	型枠数 (基)	製作数 (個)
1	単純桁橋		6	1015
1, 2	2径間連続桁橋	端支点	1	63
2	2径間連続桁橋	中間支点	1	33
1	3径間連続桁橋	端支点	1	32
2	駅部高架橋		1	71
S	単線部高架橋		2	117
合計			12	1330

5.1 プレキャスト型枠の製作

横梁部プレキャスト型枠の製作を、高架橋用プレキャストセグメントと同じ製作ヤード内で行った。プレキャスト型枠の製作手順を図-4に示す。

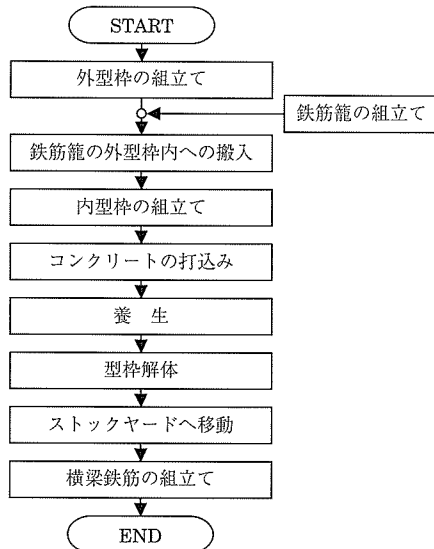


図-4 プレキャスト型枠製作手順

製作ヤードでは、プレキャスト型枠の打設後、横梁用の鉄筋を組み立てたうえで、架設箇所へ搬出した。製作ヤード内には、鉄筋材料の荷降ろし・移動および鉄筋籠の移動のために1基のタワークレーンを設置し、製作されたプレキャスト型枠の移動のために門形クレーンを3基配置した。型枠装置を合計で12基設備した(表-4)。その他、製作されたプレキャスト型枠の仕上げを行うエリアと架設までの期間仮置きするエリア(ストックヤード)を設けた。ストックヤードには、250個のプレキャスト型枠の仮置きが可能である。

5.2 橋脚横梁の施工

プレキャスト型枠を利用した橋脚横梁の施工を、以下の手順で行った(図-5)。

橋脚完成後にプレキャスト型枠の位置・方向を調整するための鋼製リングを橋脚に取り付ける(写真-8)。鋼製リ

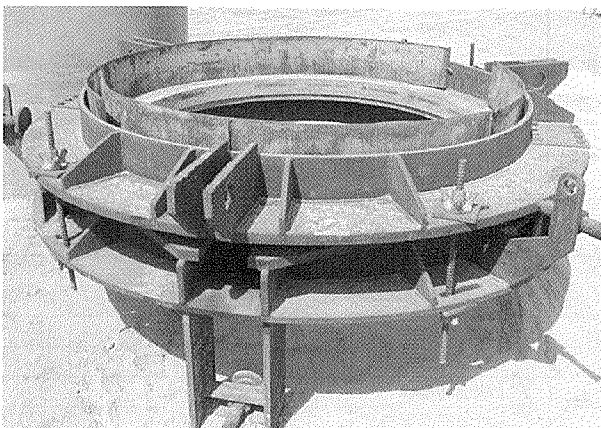


写真-8 鋼製リング

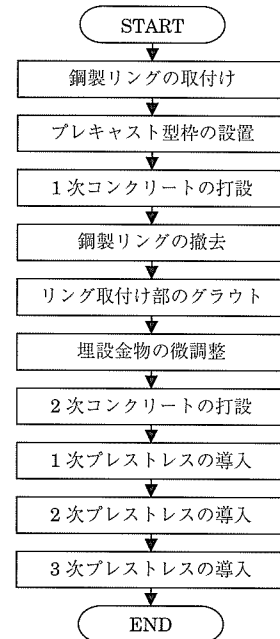


図-5 橋脚横梁の施工手順

ング調整後にプレキャスト型枠をクレーンで橋脚頂部に設置する(写真-9)。プレキャスト型枠内に1次コンクリートを打設しプレキャスト型枠の姿勢を固定する。前述のとおり、鉄筋の組立ておよび埋設金物等の取付けはストックヤードで完了しているため、同部材の姿勢を測量によって確認した後に2次コンクリートを打設する。橋脚施工完了から横梁の2次コンクリート打設までに要する期間は約4日である。

2次コンクリートの打設後に1次プレストレスを導入し、高架橋架設の進行に従って、2次および3次プレストレスを導入する。



写真-9 プレキャスト型枠の設置

6. おわりに

ドバイ・メトロプロジェクト1期工事では、高架橋建設にあたり上部構造にプレキャストセグメントを、橋脚横梁

部にプレキャスト型枠を採用した。

セグメントの製作にはショートラインマッチキャスト方式とロングラインマッチキャスト方式を併用した。支点部セグメントの製作では、標準部セグメントとのマッチキャストを図り場所打ち間詰め部を省略した。セグメントの架設には、スパンバイスパン架設に移動式架設桁を、片持ち張出し架設にエレクションノーズを使用した。

橋脚横梁にプレキャスト型枠を利用し、複雑な曲面で構

成される横梁の施工を急速化した。プレキャスト型枠の製作では、プレキャスト型枠内への事前の鉄筋組立てまでを行った。横梁の施工では姿勢調整用鋼製リングを利用して、プレキャスト型枠の位置・方向を調整した。

本報告が今後の同種工事の計画に参考となれば幸いである。

【2008年7月24日受付】

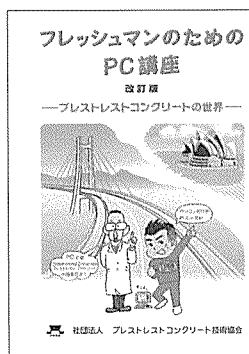


新刊図書案内

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）郵送代 400円/冊

体裁：A4判、140頁

申込先：(社)プレストレストコンクリート技術協会