

プレストレストコンクリート構造の設計

学びやすい構造設計

日本建築学会 関東支部

ご案内

本書の著作権・出版権は日本建築学会関東支部にあります。本書により著書・論文等への引用・転載にあたっては必ず本会の許諾を得てください。

コピーも私的利用の範囲を超えることは法律で禁じられています。

日本建築学会関東支部

序

「構造計算のすすめ方」シリーズの第5巻として、日本建築学会関東支部から「プレストレストコンクリート構造の設計」が発刊されたのは今から45年前の1977年のことです。1988年には大改訂が行われ、以来長らく、その表紙の色から「赤本」の愛称で呼ばれてPC構造に携わる設計実務者に使われてきました。本テキストはこのシリーズの改訂版となる「学びやすい構造設計」シリーズの第10番目になるもので、鉄筋コンクリート構造の設計を学んだ学生やはじめてプレストレストコンクリート構造を設計する実務者を対象に、プレストレストコンクリート構造の構造設計手法に関する解説書として企画されたものです。

本テキストの構成は、プレストレストコンクリート構造をはじめて設計する構造設計者が順に読み進むことで、仮定断面の設定からプレストレストコンクリート構造特有の検討項目を理解し、構造計算書を完成させられるように意図されています。

プレストレストコンクリート構造の魅力と設計方法を理解した技術者が増え、魅力的な大空間建物や環境負荷が小さい高耐久建物が設計されるために、本テキストがその一助となれば幸いです。

最後に、本テキストの発刊に向けた尽力と執筆に努力された、関東支部「講習会用テキスト作成委員会」と「プレストレストコンクリート構造の設計改訂ワーキンググループ」の方々に感謝の意を表します。

2022年5月

日本建築学会関東支部
支部長 高橋 徹

はじめに

本テキストは、鉄筋コンクリート構造の設計を学んだ学生や、はじめてプレストレストコンクリート構造を設計する実務者が、プレストレストコンクリート構造の構造設計手法を学ぶために作成されたものである。

プレストレストコンクリート構造は、梁などの構造体にあらかじめ与えた力（プレストレス力）により外力に抵抗する構造で、コンクリート系構造の宿命であるひび割れを発生させず、さらにたわみを制御することが可能である。他構造と異なり、外力に能動的に抵抗する力を設計者が与えることができるために設計の自由度が大きい反面、過剰なプレストレス力を与えることがない様に施工時に生じる応力に対する検証が求められる。また、終局強度型の設計体系を採用している点も他構造との相違点のひとつである。これらは少なからずプレストレストコンクリート構造の普及の障害となっていると思われるが、部材の終局耐力に対する安全度が陽に検証される点は優れた設計手法であると言える。

本テキストでは、構造設計者がプレストレストコンクリート構造を設計する際に必要となる事項をコンパクトにまとめている。1章では構造設計者が構造種別を選定する際に知識として必要となる、プレストレストコンクリート構造を用いるメリット、仮定断面の設定方法、プレストレストコンクリート構造特有の構造設計フローを紹介した。基本設計段階における設計の勘所を掴んで頂きたい。2章および3章では、場所打ち工法とプレキャスト工法によるプレストレストコンクリート造建物の設計例を題材に、構造計算の流れの中で、プレストレストコンクリート構造特有の項目について具体的な検討方法と解説を示した。構造計算の流れの中で解説が逐次併記されていることで、要点を見落とすことなく、また極力、他基規準を横にらみすることなく設計を進めることができるはずである。PC鋼材やPC定着具といったプレストレストコンクリート構造特有の使用材料についてはカタログ的に掲載しているが、入手のしやすさと現時点における建築指定材料に関する情報も記載しているので注意して欲しい。最初は設計例で使用している材料を参考に選定しておくといい。

そのほか、プレキャストプレストレストコンクリート床板の設計、PC外付け耐震補強やプレストレス技術の活用事例について紹介した。プレストレス技術を応用するためのヒントとして活用して欲しい。

本テキストの作成に際しては、実務経験豊富な構造設計者の考えと要望が取り入れられている。また、第4版となる本テキストは設計実務での活用を強く意識して、その内容は国総研監修の「プレストレストコンクリート技術基準解説」に準拠しているが、2022年3月に大改定が行われた本会「プレストレストコンクリート構造設計施工規準・同解説」とも整合が図られている。多くの構造設計者が本テキストを手に取り、魅力あるプレストレストコンクリート造建物を設計して頂けることを願っている。

プレストレストコンクリート構造の設計 作成関係者

講習会用構造テキスト作成委員会

委員長 竹内 徹
幹事 田村 和夫 福井 剛
委員 石井 正人 河合 直人 隈澤 文俊 澤本 佳和 塩原 等
田村 修次 福元 敏之 毎田 悠承

プレストレストコンクリート構造の設計 改訂ワーキンググループ

主査 福井 剛
幹事 今村 雅泰 早野裕次郎
委員 柴前田英樹 小田将太郎 小俵 慶太 片江 拓 加藤 誠一
河原 孝 黒澤亮太郎 小西 智貴 佐藤 信夫 清水 隆
染谷 俊章 鷹嶋 啓美 竹下 修 竹山 博史 寺田 直人
鳥屋 隆志 中川 明徳 中村 昌弘 塙 亨 藤田 貢
鱒沢 曜 三村 清貴 森田 明 渡辺 祐一

執筆者

1. プレストレストコンクリート構造を設計するにあたって
染谷 俊章 福井 剛 中川 明徳
 2. 場所打ちプレストレストコンクリート造建物の設計 (ポストテンション方式)
中村 昌弘 柴前田英樹 加藤 誠一 佐藤 信夫 寺田 直人
 3. プレキャスト PC 造の設計 (ポストテンション方式)
今村 雅泰 小俵 慶太 清水 隆 鷹嶋 啓美 森田 明
渡辺 祐一
 4. PRC 部材の設計 (ポストテンション方式)
竹下 修 小田将太郎 片江 拓 藤田 貢
 5. プレストレストコンクリート合成床板の設計 (プレテンション方式)
竹下 修 鳥屋 隆志 小田将太郎 片江 拓 黒澤亮太郎
藤田 貢 鱒沢 曜 三村 清貴
 6. プレストレス技術の応用例
鳥屋 隆志 黒澤亮太郎 鱒沢 曜 三村 清貴
- 付 1. PC 鋼材各種定着工法
小西 智貴
- 付 2. 特記仕様書と監理項目
小西 智貴

プレストレストコンクリート構造の設計

—学びやすい構造設計—

目 次

1. プレストレストコンクリート構造を設計するにあたって

1.1	プレストレストコンクリートの基礎知識	1
1.1.1	プレストレストコンクリート構造を使うメリット	1
1.1.2	プレストレストコンクリート構造の分類	3
1.1.3	プレストレストコンクリートの原理	4
1.1.4	プレストレストコンクリートの特性	6
1.2	プレストレストコンクリート構造の工法と使用材料	8
1.2.1	プレストレスの導入方式	8
1.2.2	場所打ち PC 工法とプレキャスト PC 工法	9
1.2.3	プレストレストコンクリートの材料	10
1.2.4	材料の許容応力度	13
1.3	プレストレストコンクリート構造の設計	15
1.3.1	構造設計フロー	15
1.3.2	応力の組合せ	15
1.3.3	仮定断面寸法の決定方法	17
1.3.4	設計上の留意点	20

2. 場所打ちプレストレストコンクリート造建物の設計（ポストテンション方式）

2.1	一般事項	24
2.1.1	建物概要	24
2.1.2	設計方針	24
2.1.3	伏図, 軸組図	26
2.1.4	使用材料と許容応力度	28
2.1.5	仮定荷重	30
2.2	準備計算	32
2.2.1	仮定断面	32
2.2.2	C , M_0 , Q の算定	34
2.2.3	PC 梁の断面諸係数	36
2.2.4	PC 鋼材の配置	36
2.2.5	各位値における PC 鋼材の引張力	38
2.2.6	プレストレスによる荷重項	40
2.2.7	柱軸力算定	47
2.2.8	地震力算定	48

2.3	応力算定	49
2.3.1	鉛直荷重時応力	49
2.3.2	プレストレス導入による不静定応力	52
2.3.3	プレストレス導入時応力	54
2.3.4	設計荷重時応力	54
2.3.5	地震時応力	58
2.4	層間変形角, 剛性率, 偏心率	59
2.4.1	層間変形角, 剛性率	59
2.4.2	偏心率	59
2.5	断面算定	60
2.5.1	PC 梁の断面算定	60
2.5.2	RC 柱の断面算定	75
2.6	梁の長期たわみに対する検討	76
2.6.1	使用上の支障に関する検討	76
2.6.2	PC 梁の長期たわみに対する検討 (その 1)	76
2.6.3	PC 梁の長期たわみに対する検討 (その 2)	78
2.7	保有水平耐力計算	82
2.7.1	梁部材の荷重-変形曲線	82
2.7.2	柱部材の荷重-変形曲線	86
2.7.3	せん断保証設計	88
2.7.4	部材種別の判定	90
2.7.5	柱梁接合部のせん断力に対する検討	94
2.7.6	保有水平耐力の検証	97
2.8	その他の設計	101
2.8.1	梁貫通孔の検討	101

3. プレキャスト PC 造建物の設計 (ポストテンション方式)

3.1	一般事項	102
3.1.1	建物概要	102
3.1.2	構造計画, 設計方針および応力解析概要	102
3.1.3	施工概要	106
3.1.4	準拠図書	106
3.1.5	建物形状	108
3.1.6	使用材料および材料の許容応力度	110
3.1.7	荷重および外力	112
3.2	準備計算	113
3.2.1	仮定断面	113
3.2.2	長期荷重による PCa 梁の C , M_0 , Q_0 の算出	116
3.2.3	PC 鋼材の初緊張力およびプレストレスによる PCa 梁の	

固定端モーメントの算出	118
3.2.4 柱軸力の算定	126
3.2.5 地震時水平力の算出	128
3.3 応力解析	129
3.3.1 PCa 梁自重および PCa 合成床板自重による応力	130
3.3.2 トッピングコンクリートおよび仕上げ+積載荷重による応力	133
3.3.3 鉛直荷重時の応力	136
3.3.4 地震時応力	137
3.3.5 プレストレスによる不静定応力	138
3.4 層間変形角, 剛性率, 偏心率	140
3.4.1 層間変形角	140
3.4.2 剛性率	140
3.4.3 偏心率	141
3.5 断面算定	142
3.5.1 PC 梁の断面算定	142
3.5.2 PC 柱の断面算定	154
3.5.3 柱梁接合部のせん断力に対する検討	168
3.5.4 梁の長期たわみに対する検討	170
3.6 その他の設計	173
3.6.1 1階柱脚場所打ちコンクリート部の設計	173
3.6.2 柱ブラケットによる工法, および設計方法	176
3.7 保有水平耐力計算 (ルート 3b) にて設計する場合	178
3.7.1 梁部材の復元力特性	178
3.7.2 柱部材の復元力特性	181
3.7.3 部材種別および D_s 値の判定	187
3.7.4 保有水平耐力の検証	194
3.7.5 柱梁接合部のせん断力に対する検討	198

4. アンボンド PC 部材の設計

4.1 アンボンドスラブの設計	200
4.1.1 設計方針	200
4.1.2 スラブの仮定および仮定荷重	200
4.1.3 スラブの曲げモーメント	202
4.1.4 PC 鋼材の配置および荷重キャンセル率の仮定	202
4.1.5 PC 鋼材量の算定	204
4.1.6 鉄筋量の算定	206
4.1.7 ひび割れ幅の算定	206
4.2 PRC 小梁の設計	212
4.2.1 設計方針	212

4.2.2	単スパン梁の設計	214
4.2.3	連続スパン小梁の設計	226
4.3	フラットスラブ構造（アンボンド PRC 構造）	238
4.3.1	建物および構造概要	238
4.3.2	スラブ厚と仮定荷重	238
4.3.3	設計用応力	240
4.3.4	断面算定	242
4.3.5	曲げひび割れ幅の検討	250
4.3.6	たわみの検討	252

5. プレストレストコンクリート合成床の設計

5.1	プレストレストコンクリート合成床工法の概要	254
5.2	PC 合成床板設計例	257
5.2.1	設計方法	257
5.2.2	PC 合成床グリッド部分の概要	257
5.2.3	設計条件	257
5.2.4	使用材料および許容応力度	258
5.2.5	仮定断面および断面の諸定数	259
5.2.6	各荷重による応力	260
5.2.7	PC 合成床の曲げ応力に対する設計	261
5.2.8	スパン方向およびスパン直交方向の場所打ちコンクリートの配筋設計	263
5.2.9	プレキャスト PC 板の配筋設計	263
5.2.10	PC 合成床板の曲げ破壊安全度の検討	264
5.2.11	せん断に対する検討	264
5.2.12	たわみに対する検討	267

6. プレストレス技術の応用例

6.1	PC 部材を用いた耐震補強	270
6.1.1	PC 部材を用いた耐震補強の背景	270
6.1.2	PC 部材を用いた耐震補強方法	270
6.1.3	PC 部材を用いた耐震補強の利点	277
6.2	プレキャスト PC 外フレーム工法の設計	278
6.2.1	一般事項	278
6.2.2	PC 外フレーム架構の設計	280
6.2.3	既存建物との接合部の設計	298
6.2.4	その他の検討	304
6.2.5	補強後の耐震診断結果	305
6.3	その他の応用例	306
6.3.1	外ケーブル工法	306

6.3.2	PC 技術を活用した免震レトロフィット	307
6.3.3	PC スラブによる建物の連結	308
6.3.4	地盤アンカー工法	309

付 1. PC 鋼材各種定着工法

1.1	PC 鋼材（規格，その他概要）およびシース	311
1.2	各種プレストレッシング定着工法	316
1.3	PC 鋼棒用定着具・接続具	321

付 2. 特記仕様書と監理項目

2.1	PC 工事特記仕様書	324
2.2	PC 構造の監理項目	329